



Pedro Henrique Pires da Rocha Machado Fagundes

**A influência do ruído gerado por aeroportos no
valor venal de imóveis circunvizinhos: estudo de
caso do aeroporto de Congonhas**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental
da PUC-Rio

Orientador: Prof. Celso Romanel

Coorientador: Prof. Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

Rio de Janeiro
Maio de 2022



Pedro Henrique Pires da Rocha Machado Fagundes

**A influência do ruído gerado por aeroportos no
valor venal de imóveis circunvizinhos: estudo de
caso do aeroporto de Congonhas**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio.
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo.

Prof. Celso Romanel

Orientador

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – PUC-Rio

Prof. Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

Coorientador

CEFET/RJ

Profa. Simone Feigelson Deutsch

UNIRIO

Prof. Flávio Maldonado Bentes

Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho

Rio de Janeiro, 26 de maio de 2022

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Pedro Henrique Pires da Rocha Machado Fagundes

Ficha Catalográfica

Fagundes, Pedro Henrique Pires da Rocha Machado

A influência do ruído gerado por aeroportos no valor venal de imóveis circunvizinhos: estudo de caso do aeroporto de Congonhas / Pedro Henrique Pires da Rocha Machado Fagundes; orientador: Celso Romanel; co-orientador: Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega. – 2022.

120 f.; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2022.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Civil e Ambiental – Teses. 2. Congonhas. 3. Planejamento urbano. 4. Imóveis. 5. Fator ruído. 6. Desvalorização I. Romanel, Celso. II. Nóbrega, Marcelo de Jesus Rodrigues III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. IV. Título.

CDD: 624

Agradecimentos

Em primeiro lugar a Deus, porto seguro nos momentos de adversidades e tribulações.

À minha família pelo amor, carinho, apoio, orientação e incentivo em perseguir meus ideais. Obrigado pela imensa contribuição em meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Também de suma importância foi a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, como instituição, me acolhendo de braços abertos.

Não poderia deixar de agradecer também a todos os professores do departamento de Engenharia Civil e Ambiental, em especial os meus orientadores Celso Romanel e Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega pelo suporte no desafio apresentado e pela disposição em ajudar.

Agradeço também ao Engenheiro Gilberto Adib Couri, pela amizade e pela grande contribuição em minha formação profissional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

Fagundes, Pedro Henrique; Romanel, Celso (orientador); Nobrega, Marcelo de Jesus Rodrigues (coorientador). **A influência do ruído gerado por aeroportos no valor venal de imóveis circunvizinhos: estudo de caso do aeroporto de Congonhas**, 2022, 120 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

É notório que o planejamento urbano deve levar em consideração diversos fatores, visando um único objetivo: o desenvolvimento sustentável das cidades. O caso brasileiro é problemático. Num intervalo de 50 anos, o país transformou-se de rural em urbano, com a população urbana atual em mais de 80% dos habitantes. O expoente máximo deste rápido processo de urbanização brasileiro foi a cidade de São Paulo. No final no século XIX possuía em torno de 50 mil habitantes, chegando a 1922 com uma população estimada em 580 mil pessoas. Vinte anos mais tarde a cidade já contava com 1,3 milhões de habitantes e, atualmente, já passa dos 10 milhões. Este rápido crescimento gerou impactos negativos em diversos setores, dentre eles o aeroportuário. O segundo aeroporto mais movimentado da capital paulista, Congonhas, foi inicialmente projetado para operar com uma pequena pista de pouso, em uma área rural, isolada à época, sendo posteriormente incorporada na mancha urbana. O ruído gerado por aeronaves, cada vez maiores e mais potentes, começou a gerar efeitos negativos na comunidade lindeira, afetando-a de diversas formas. O objetivo deste trabalho consiste em investigar como a percepção do ruído aeroportuário de Congonhas, pela população, afeta o planejamento urbano das áreas adjacentes, bem como sua influência no valor venal dos imóveis. Foi desenvolvido o fator ruído que atende ao problema estudado, incorporando característica operacionais reais. Os resultados mostram que o ruído do aeroporto de Congonhas tem influência direta na formação dos valores de venda dos imóveis pesquisados.

Palavras-chave

Aeroporto; Congonhas; planejamento urbano; imóveis; fator ruído; desvalorização.

Extended Abstract

Fagundes, Pedro Henrique; Romanel, Celso (advisor); Nobrega, Marcelo de Jesus Rodrigues (coadvisor). **The influence of noise generated by airports on the market value of surrounding properties: a case study of Congonhas airport**, 2022, 120 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The importance of environmental noise in urban planning in modern metropolises is widely known and discussed. However, in Brazil, it's role is still very incipient.

The Legislative of the city of São Paulo (the largest metropolis in the country and famous for its endless traffic jams) approved, only on 07/21/2016, Law 16,499 that obliges the Municipal Executive Power to draw up the "Map of Urban Noise in the City of São Paulo" (the same has not yet been completed). By way of comparison, keeping due proportions, the "Noise Map of the city of Lisbon" was presented in December 2000, meeting the guidelines of the Portuguese and European legal frameworks (Câmara Municipal de Lisboa, 2011) and since then, has already undergone several updates.

Urban environmental noise (popularly known as "noise pollution" when excessive) has several generating sources (cars, motorcycles, buses, trucks) from which airplanes and, consequently, airports stand out negatively.

In Brazil, the five busiest airports are: Guarulhos, Congonhas, Brasília, Santos Dumont and Galeão. Of these, Congonhas is the one with the greatest urban conurbation in its surroundings, encompassing the neighborhoods of: Campo Belo, Jardim Aeroporto, Jabaquara Park, Jabaquara, Planalto Paulista, among others.

The negative effects of environmental noise on the human body are undeniable and numerous. In 2011, the World Health Organization (WHO), in its guide Burden of disease from environmental noise, classified and sought to quantify these harmful consequences, having concluded by five main groups: cardiovascular diseases, delay in cognitive development in children, mental disorder. sleep, tinnitus and discomfort. In this work, we will focus on one of them, the nuisance.

When looking for a property to live in, it is natural that people look for acoustic comfort, peace. People annoyed by noise can experience a variety of negative responses, such as anger, disappointment, dissatisfaction, withdrawal, helplessness, depression, anxiety, distraction, agitation or exhaustion (WHO, 2011).

Mostly, properties that present high and recurrent noise are avoided and their acquisition is depreciated by potential buyers.

As a result, it is extremely important to understand and quantify, in accordance with the precepts of ABNT/NBR 14653-2 - 2011 - Property Valuation - Urban Real Estate, studying the specific case of Congonhas airport, the correlation between the annoyance generated by the noise of the airport and the market value of residential properties adjacent to it, so that an eventual real estate appraisal, as well as urban planning, can be carried out as precisely as possible.

Congonhas airport is undoubtedly one of the oldest in the country. As he explains (Santos, 1985) in 1935, the only airport infrastructure available in São Paulo was still Campo de Marte, with some hangars, workshops and an improvised wooden shed, where passengers were sheltered and Mail's cargo and suitcases were stored.

Given the growing demand, the capital of São Paulo needed a new airport. Renovations, projects and expansions were carried out so that, in 2016, Congonhas received an average of 582 daily movements, between landings and take-offs, and more than 20.7 million passengers, connecting São Paulo to 35 locations.

Currently, air transport within the national territory is mostly regulated by the National Civil Aviation Agency (ANAC). Therefore, in order to promote quality of life and logistics for residents in the vicinity of airports, also called aerodromes, the regulatory agency prepared several documents called RBAC's (Brazilian Civil Aviation Regulations), among which RBAC 161 stands out.

RBAC 161, in addition to conceptualizing terms, acronyms, abbreviations and symbols, defines two types of Noise Zoning Plans (PZR's): the Basic Noise Zoning Plan (PBZR) and the Specific Noise Zoning Plan (PEZR).

Based on the DNL metric – Day-Night Average Sound Level – the PBZR is summarized in a cartographic map with only two identified noise curves (65 dB and 75dB), which aim to delimit the areas of incidence of airport noise. As for the

PEZR, as it is a specific, more complete and comprehensive plan, it has five noise curves (65dB, 70dB, 75dB, 80dB and 85dB), calculated using a computer program. Based on these curves, specific tables of land use and occupation are defined (more – PEZR - or less – PBZR – restrictive).

After registration of the PZR with ANAC, the aerodrome operator must seek actions to make land use compatible with the municipality covered by the noise curves, as well as with the surrounding community, notifying ANAC, municipalities and interested bodies whenever uses incompatible with the approved PZRs are identified (ANAC, 2013).

Congonhas airport, due to its complexity and the housing characteristics of its surroundings, has a PEZR (PEZR Congonhas 2019).

Created in the 70s by the FAA (Federal Aviation Administration) to replace the NEF (Noise Exposure Forecast), the DNL metric (also known as Ldn) has been widely used in European and American countries, with great success, in the assessment of airport noise in communities.

It is characterized by being an average, weighted through a logarithmic equation, of the sound emissions of daytime and nighttime noise measured over a 24-hour period. Due to its nature more harmful to health (greater susceptibility to generate nuisance), in this metric, night noise is penalized by 10 dB, that is, ten decibels are added to the value actually measured.

In compliance with NBR 10151/2019 - Acoustics - Noise assessment in inhabited areas, aiming at the comfort of the community - Procedure, the night period should not be considered after 10:00 pm and should not end before 7:00 am. If the following day is a Sunday or a public holiday, it must not end before 9:00.

The methodology to calculate the number of highly annoyed people consists of dividing the population into groups (classes) according to noise exposure (by exposure time) (Schultz, 1978).

The first mathematical equation that sought to correlate the DNL metric and the percentage of annoyed people in the community was developed by Schultz in 1978.

In his study, Schultz drew on eleven social surveys and 161 data, showing that when characterized as a percentage of highly irritated people due to DNL

(which he called Highly Annoyed (%HA)), these were remarkably consistent with each other, thus developing a third-order polynomial equation:

$$\%HA = 0,8533DNL - 0,0401DNL^2 + 0,00047DNL^3$$

With regard to real estate valuation, NBR 14653 is divided into seven parts, with relative independence from each other, they are:

- Part 1: Assessing assets – Part 1: General procedures;
- Part 2: Asset Valuation – Part 2: Urban real estate;
- Part 3: Assessing assets – Part 3: Rural properties;
- Part 4: Asset Valuation – Part 4: Ventures;
- Part 5: Evaluation of goods – Part 5: Machinery, equipment, installations and industrial goods in general;
- Part 6: Assessing assets – Part 6: Natural and environmental resources;
- Part 7: Asset Valuation – Part 7: Heritage Sites.

Part two is the one that deals specifically with the valuation of urban properties, and we will focus on it.

There are four methods for evaluating urban properties: Direct Comparison of Market Data (MCDDM), Involutive, Income and Evolutionary.

MCDDM is the method chosen as the preferred method. To identify the market value, whenever possible, it should be used.

Through this method, the treatment given to the elements, to be taken to the formation of value, must be done through descriptive statistics, when the treatment by factors is used, and inferential statistics when the scientific treatment is used. (Ministry of Planning, Development and Management, 2017).

The MCDDM calculation procedure, according to Treatment by Factors, seeks to correct the values of the comparative elements, taking them to levels similar to those of the property, based on pre-established homogenization factors. (Chebib Awad, 2017).

According to NBR 14.653-2 (2011), the Treatment by Factors is applicable to a sample composed of market data with the characteristics closest to those of the

property being appraised, and must be calculated by scientific methodology and justified from a theoretical and practical.

The Brazilian Institute of Engineering Assessments and Expertises of the state of São Paulo (IBAPE/SP, 2011), a national reference, provides that the set of factors applied to each sample element will be considered homogenizing when, after applying the respective adjustments, it is verified that the set of new homogenized values has a lower coefficient of variation of the data than the original set. They should reflect, in relative terms, the behavior of the market, within a given spatial and temporal scope, taking into account:

- Price elasticity;
- Location;
- Form factors (tested, depth, area or multiple fronts); - standard constructive and depreciation factors.
- Standard constructive and depreciation factors.

The main factors used in the valuation of urban properties are:

- Supply factor;
- location factor (transposition);
- Area factor;
- Finishing factor;
- Physical depreciation factor.

In this area, the present work addressed the hypothesis that aeronautical noise generated by the operation of Congonhas airport influences the market value of residential properties in adjacent neighborhoods, which are affected by it; seeking the elaboration of a “noise factor”.

Initially, a real estate survey was carried out in the neighborhoods adjacent to Congonhas airport. In this, it was found that the residential occupation of the region is intense. Most residential buildings in these neighborhoods are multi-family, consisting of apartments of medium construction standard and majority size ranging between 30 m² and 100 m².

Comparing the position of the collected elements (apartments) with the plan of the PEZR Congonhas 2019, it appears that the residents of these residences, especially in the regions close to the headwaters of the airport runway, are intensely exposed to aeronautical noise (as a reference values between 65 dB – 80 dB were observed). Furthermore, all owners and/or brokers contacted stated that there is no soundproofing in their apartments in order to mitigate external noise. This contradicts the PEZR Congonhas 2019 recommendation itself, which does not recommend residential occupancy for DNL measurements above 65 dB or, when there is an occupancy between 65 dB and 75 dB, it recommends noise level reduction measures (RR) of the order of, by less, 25 dB. For values above 75 dB, occupancy is not recommended under any circumstances.

The DNL measurement inside each of the properties studied was not possible, however the information of the lack of acoustic protection confirms that the reduction in the noise level does not occur in the way it would be necessary.

To validate this hypothesis, a paradigm situation was proposed based on a homogeneous sample of apartments (with 31 elements) collected on the market. This sampling was treated scientifically, through Inferential Statistics, using the program of multiple linear regression and artificial neural networks – “Infer 32”.

The hypothesis that the venal value of the elements surveyed is influenced by three explanatory variables was studied: area, location and noise. The area and location variables were quantified according to the traditional methodology (useful area and fiscal index respectively), while the noise variable was created and represented by the noise associated with the Congonhas airport operation (referring to the PEZR noise curve) divided by useful area of the researched apartment (dB/m^2); so that larger apartments would be proportionally less devalued by noise than smaller apartments. This is due to the fact that devaluation is directly associated with the nuisance that noise is capable of generating inside the apartment. Such annoyance, according to Schultz, is greater the longer the noise exposure time. In larger apartments, mainly due to the greater existence of rooms and walls, this exposure time would be shorter.

The regression equation obtained for the model validated that aeronautical noise has an influence on the formation of venal values of residential apartments in neighborhoods adjacent to Congonhas airport.

In possession of the model's regression equation, the calculation of the noise factor was effectively performed. The values of each comparative element were corrected for the paradigm situation, and the graph was drawn (Vap X R), which represents the formation of the apartment's value as a function of the noise variable. The calculation of the factor exponent was performed using the Excel program to deduce the trend line with the highest coefficient of determination. In the end, the calculated exponent of -0.178 led to the highest coefficient of determination (R^2) for the model, thus reaching the equation for determining the noise factor (FR).

$$FR = \left[\frac{\text{Noise of the searched element}}{\text{Noise of the property evaluating}} \right]^{0,178}$$

Where:

FR = Noise* Factor;

*Noise measured in (dB/m²): based on the noise curves of the PEZR Congonhas 2019 and the useful area of the researched element.

In addition, due to the lack of literature reference, it was proposed to divide the factors used in the evaluation of residential properties into three large groups:

- Human factors - related to the human perception of comfort and habitability;
- Physical factors - related to the physical characteristics of the properties and
- Market factors - related to moments of market crisis, high investments (or not) in a certain region, etc.

The calculated noise factor was classified within the class of human factors.

Keywords

Airport; Congonhas; urban planning; real estate; noise factor.

Sumário

1	Introdução	22
1.1.	Motivação	22
1.1.1.	Considerações Iniciais	22
1.1.2.	O Papel do Ruído no Planejamento Urbano Brasileiro	23
1.1.3.	O Aeroporto como Fonte Emissora de Ruído	25
1.1.4.	Os Efeitos Negativos do Ruído Ambiental no Corpo Humano e o Valor Venal dos Imóveis	26
1.2.	Objetivos	28
1.3.	Organização do Trabalho	29
2	Revisão bibliográfica	30
2.1.	O Aeroporto de Congonhas	30
2.1.1.	Resumo Histórico	30
2.2.	O Ruído Aeronáutico	32
2.2.1.	O caso do Aeroporto de Congonhas	33
2.3.	Os Efeitos do Ruído no Corpo Humano	35
2.3.1.	Diferença entre Ruído e Som	35
2.3.2.	Efeitos Prejudiciais do Ruído	36
2.4.	Normatização e Legislação de Ruído – Estado da Arte	38
2.4.1.	Resolução Conama Nº 001	39
2.4.2.	NBR 10151/2019	39
2.4.3.	NBR 10152/2017	41
2.4.4.	RBAC 161 e os Planos de Zoneamento de Ruído (PZR's)	41
2.4.5.	Lei Federal nº 10.257/2001 - “Estatuto da Cidade”	43
2.4.6.	Legislação Municipal – Cidade de São Paulo	45
2.5.	A Intensidade e o Incômodo do Ruído Aeronáutico	49
2.5.1.	A Métrica DNL	49
2.5.2.	A equação de Schultz	50
3	Avaliação de Imóveis	54
3.1.	Contexto Histórico da Avaliação de Imóveis no Brasil	54
3.2.	NBR 14653/2011	54

3.2.1. Parte 2 – Métodos de Avaliação	55
3.3. Elementos que influenciam no valor do imóvel urbano residencial	59
3.4. Agrupamento e classificação dos principais fatores utilizados na avaliação de imóveis urbanos residenciais	60
4 Modelagem e Desenvolvimento do Fator Ruído – Caso do Aeroporto de Congonhas	62
4.1. Pesquisa Imobiliária e Metodologia	63
4.2. Tratamento Estatístico dos Dados de Mercado	70
4.2.1. Variáveis Explicativas Estudadas	70
4.2.2. Equação de Regressão	71
4.2.3. Informações Relevantes para a Composição do Modelo	73
4.3. Cálculo do Fator Ruído	79
4.3.1. Correção dos Valores dos Apartamentos	79
4.3.2. Gráfico (Dispersão de Pontos) e Fator Ruído	80
5 Resultados e Discussão	82
5.1. Aplicação do Fator Ruído	85
6 Conclusões	87
6.1. Sugestões para trabalhos futuros	88
Referências Bibliográficas	90
Anexo A: Planta do PEZR Congonhas 2019	94
Apêndice A: Relatório Inferencial Completo	95

Lista de Figuras

Figura 1: População urbana e rural no mundo, 1950-2050 (fonte: adaptado de [ONU, 2019]).	22
Figura 2: Percentual da população residindo em áreas urbanas para os países selecionados, 1950-2050 (fonte: adaptado de [ONU, 2019]).	23
Figura 3: Mapa global de ruído da cidade de Lisboa. (fonte: adaptado de [Câmara Municipal de Lisboa, 2019]).	24
Figura 4: Escala de decibéis. (fonte: adaptado de [Explicatorium, 2019]).	25
Figura 5: Ranking de Aeródromos (Pousos + Decolagens + Cruzamentos + TGL) (fonte: adaptado de [DECEA, 2018]).	26
Figura 6: Nível de incômodo gerado pelo ruído urbano, comparação entre centro da cidade de Curitiba e um bairro circunvizinho (fonte: adaptado de [Da Paz et al, 2005]).	27
Figura 7: Incômodo gerado pelo ruído do Aeroporto de Congonhas (fonte: adaptado de [Gazeta de Pinheiros, 2018]).	27
Figura 8: Vista aérea do aeroporto de Congonhas, 1936 (fonte: adaptado de [Estadão, 2013]).	32
Figura 9: Reportagem enfatiza o contentamento dos moradores com a diminuição de voos no Aeroporto de Congonhas em 2020 (fonte: adaptado de [Folha de S.Paulo, 2020]).	34
Figura 10: Vista aérea do aeroporto de Congonhas, 2021, ênfase para a proximidade do aeroporto com as edificações (fonte: adaptado de [UOL, 2020]).	34
Figura 11: Ilustração da captação do som pelo ouvido humano (fonte: adaptado de [Estudopratico, 2021]).	35
Figura 12: Representação da projeção em níveis de ruído na decolagem de aeronaves (fonte: adaptado de [Valim, 2006]).	37
Figura 13: Principais distúrbios indicados pelos moradores, comparação entre centro da cidade de Curitiba e um bairro circunvizinho (fonte: adaptado de [Da Paz et al, 2005]).	37

Figura 14: Percepção dos ruídos mais incômodos pelos moradores, comparação entre centro da cidade de Curitiba e um bairro circunvizinho (fonte: adaptado de [Da Paz et al, 2005]).	38
Figura 15: Croqui das curvas de ruído em um PBZR (fonte: adaptado de [ANAC, 2013]).	42
Figura 16: Mapa de Ruído Piloto da cidade de São Paulo, ruído diurno (fonte: adaptado de [INAD SP, 2018]).	48
Figura 17: Mapa de Ruído Piloto da cidade de São Paulo, ruído noturno (fonte: adaptado de [INAD SP, 2018]).	49
Figura 18: Exemplo de medição de DNL. Destaque para penalidade noturna em cinza (fonte: adaptado de [COPPE UFRJ, 2016]).	50
Figura 19: Curva original de Schultz .	51
Figura 20: Curvas do percentual de pessoas altamente incomodadas por ruídos de aeronaves em algumas cidades/países europeus (fonte: adaptado de [Schreckenber <i>et al</i> , 2010]).	52
Figura 21: Quanto cada elemento pode ser responsável por influenciar o preço de um imóvel residencial (fonte: adaptado de [Revista ZAP Imóveis, 2013]).	60
Figura 22: As três grandes classes de fatores para avaliação imobiliária de imóveis urbanos. Destaque para o fator ruído independente (fonte: [Autor, 2021]).	63
Figura 23: Localização do bairro do Campo Belo em relação a pista do aeroporto de Congonhas (fonte: [Autor, 2021]).	64
Figura 24: Localização do bairro do Jabaquara em relação a pista do aeroporto de Congonhas (fonte: [Autor, 2021]).	64
Figura 25: Exemplos de edifícios de padrão construtivo médio nos bairros de Campo Belo e Jabaquara respectivamente. (fonte: [Autor, 2021]).	64
Figura 26: Exemplos de edifícios de padrão construtivo médio nos bairros de Campo Belo e Jabaquara respectivamente. (fonte: [Autor, 2021]).	64
Figura 27: Gráfico do Valor Estimado x Preço Observado (fonte: [Autor, 2021]).	Erro! Indicador não definido.
Figura 28: Gráfico de Resíduo x Valor (fonte: [Autor, 2021]).	74
Figura 29: Gráfico de Resíduos Normalizados x Amostragem (fonte: [Autor, 2021]).	75

Figura 30: Gráfico de Kolmogorov-Smirnov (fonte: [Autor, 2021]).....	77
Figura 31: Gráfico de Autocorrelação (fonte: [Autor, 2021]).....	78
Figura 32: Plano Valor x Área x Localização (fonte: [Autor, 2021]).	78
Figura 33: Plano Valor x Área x Ruído (fonte: [Autor, 2021]).	79
Figura 34: Gráfico Vap x R (fonte: [Autor, 2021]).	81

Lista de Tabelas

Tabela 1: Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período (fonte: adaptado de [NBR 10151, 2019]).	41
Tabela 2: Usos Residenciais Compatíveis e Incompatíveis com o Ruído Aeroportuário nas Áreas Abrangidas pelo PEZR do Aeroporto de Congonhas (fonte: adaptado de [ANAC, 2013])	43
Tabela 3: – Cálculo do %HA em função do DNL utilizando-se a equação de Schultz (fonte: [Autor, 2021]).	52
Tabela 4: – %HA das agências EAP, OECD e NRC (fonte: adaptado de [Regazzi, 2015]).	53
Tabela 5: – Características da Situação Paradigma .	66
Tabela 6: – Elementos compartivos coletados e aproveitados	68
Tabela 7: – Tabela de Correlações Parciais (fonte [Autor, 2021]).	73
Tabela 8: Tabela da Análise da Variância, teste F de Senedecor	73
Tabela 9: Tabela da Significância dos Regressores, teste t de Student (fonte [Autor, 2021]).	74
Tabela 10: – Tabela de Normalidade do Modelo, teste de Kolmogorov-Smirnov (fonte [Autor, 2021]).	76
Tabela 11: – Correção dos valores dos elementos amostrais (fonte [Autor, 2021]).	80
Tabela 12: Usos Residenciais Compatíveis e Incompatíveis com o Ruído Aeroportuário nas Áreas Abrangidas pelo PEZR do Aeroporto de São Paulo / Congonhas (fonte: adaptado de [ANAC, 2019])	83
Tabela 13: As três grandes classes de fatores para avaliação imobiliária de imóveis urbanos. Principais fatores classificados (fonte: [Autor, 2021])	84
Tabela 14: Características físicas, regionais e de validade temporal para qual o fator ruído foi calculado (fonte: [Autor, 2021]).	85
Tabela 15: Valor do fator ruído para medição de ruído entre 0,400 e 2,500 (dB/m ²) (fonte: [Autor, 2021]).	86

Lista de Siglas e Símbolos

Nomenclatura

<i>ABNT</i>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<i>ANAC</i>	Agência Nacional de Aviação Civil
<i>AU</i>	Variável Área Útil [m ²]
<i>CONAMA</i>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<i>DNL</i>	Day Night Level [dB]
<i>EIV</i>	Estudo de Impacto de Vizinhança
<i>EPA</i>	Environmental Protection Agency
<i>FR</i>	Fator ruído [dB/m ²]
<i>IBAPE</i>	Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia
<i>INFRAERO</i>	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
<i>INMETRO</i>	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
<i>ISO</i>	International Organization for Standardization
<i>LAeqD</i>	Day Equivalent Sound Level
<i>LAeqN</i>	Night Equivalent Sound Level
<i>Loc</i>	Variável localização [R\$/m ²]
<i>MCDDM</i>	Método Comparativo Direto de Dados de Mercado
<i>NB</i>	Norma Brasileira
<i>NBR</i>	Norma Brasileira
<i>NEF</i>	Noise Exposure Forecast
<i>NPS</i>	Nível de Pressão Sonora
<i>NRC</i>	National Research Council
<i>OECD</i>	Organization for Economic Cooperation and Development
<i>OMS</i>	Organização Mundial da Saúde
<i>ONU</i>	Organização das Nações Unidas

<i>PBZR</i>	Plano Básico de Zoneamento de Ruído
<i>PEZR</i>	Plano Específico de Zoneamento de Ruído
<i>PGV</i>	Planta Genérica de Valores
<i>PSIU</i>	Programa Silêncio Urbano
<i>PZR</i>	Plano de Zoneamento de Ruído
<i>R</i>	Variável Ruído [dB/m ²]
<i>RBAC</i>	Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil
<i>SINDUSCON</i>	Sindicato da Indústria da Construção Civil
<i>SINAPI</i>	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos
<i>Vap</i>	Variável Valor do Apartamento [R\$]
<i>%HA</i>	Percentage of Highly Annoyed
<i>%HAP</i>	Percentage of Highly Annoyed People

“O conhecimento é a única coisa que não podem nos roubar”.

1 Introdução

1.1. Motivação

1.1.1. Considerações Iniciais

Analisando-se a nível global, de acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), em 1950, mais de dois terços (70%) das pessoas de todo o mundo residiam em áreas rurais. Em 2007, pela primeira vez na história, a população urbana global excedeu a população rural global e, desde então, o número dos moradores das cidades do mundo continua crescendo mais rápido do que a população rural (figura 1). Prevê-se que, em direção ao fim da “Agenda para o Desenvolvimento Sustentável”, em 2030, a parcela da população mundial que vive nas áreas urbanas atinja a valores superiores a 60% [ONU, 2019].

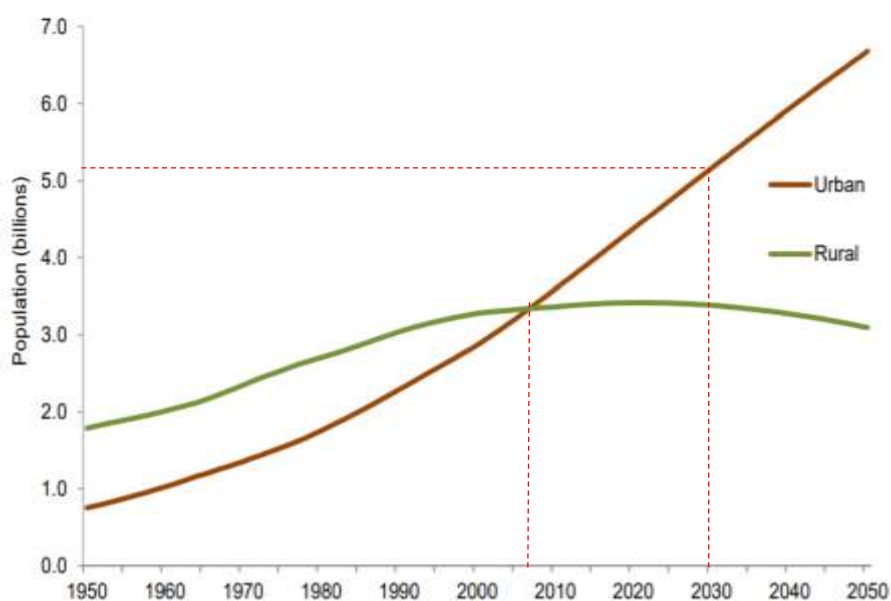


Figura 1: População urbana e rural no mundo, 1950-2050 (fonte: adaptado de [ONU, 2019]).

Observando-se, em específico, a América Latina, constata-se que o percentual de pessoas vivendo nas grandes cidades é maior do que a média mundial, 80% em todo o continente (no Brasil este número é de aproximadamente 85% de sua população). Segundo projeção da ONU (2018), por já possuir grande parte da população residindo em manchas urbanas, nosso país, até 2050, terá um pequeno

incremento desse valor, alcançando 91% de sua população morando nas grandes cidades (figura 2).

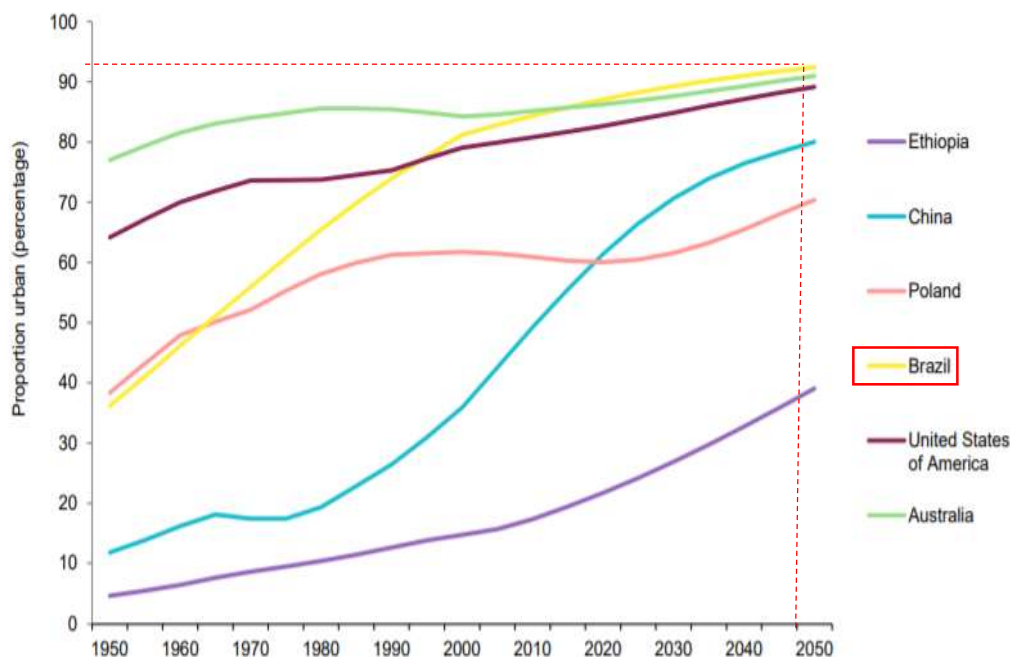


Figura 2: Percentual da população residindo em áreas urbanas para os países selecionados, 1950-2050 (fonte: adaptado de [ONU, 2019]).

O expoente máximo deste rápido processo de urbanização brasileiro foi a cidade de São Paulo. No final no século XIX esta possuía em torno de 50 mil habitantes, chegando a 1922 com uma população estimada em 580 mil pessoas. Vinte anos mais tarde a cidade já contava com 1,3 milhões de habitantes e, atualmente, já passa dos 10 milhões. Este crescimento, rápido, desenfreado e sem o devido planejamento, agrava os problemas já existentes e ocasiona o surgimento de outros, tais como: poluições ambientais (atmosférica, visual e também o ruído urbano).

1.1.2. O Papel do Ruído no Planejamento Urbano Brasileiro

É amplamente sabido e discutido a importância do ruído no planejamento urbano das metrópoles modernas. Contudo, no Brasil, seu papel ainda é muito incipiente. Quando esta componente não é devidamente levada em consideração, os problemas ambientais são potencializados. Por exemplo, avenidas com várias faixas de rolamento limitadas por calçadas estreitas deixam a fachada de casas e

edifícios a poucos metros do fluxo de veículos. Os espaços entre os edifícios são transformados em campo sonoros fechados, corredores acústicos, onde as reflexões múltiplas das ondas sonoras e a falta de áreas de dispersão elevam o nível de pressão sonora (NPS) a valores acima dos limites estabelecidos pela legislação [Guedes, 2005]. Nesta seara, o mapa de ruídos coloca-se como ferramenta adequada para estudo do problema, pois mostra a distribuição geográfica da poluição sonora, indicando a localização das principais pontos críticos, possibilitando a introdução de medidas de gestão e de redução de ruídos em espaços urbanos [Garavelli *et al*, 2010].

O Legislativo da cidade de São Paulo (maior metrópole do país e famosa por seus engarrafamentos infundáveis) aprovou, apenas em 21/07/2016, a Lei nº 16.499 que obriga o Poder Executivo Municipal a elaborar o “Mapa do Ruído Urbano da Cidade de São Paulo” (o mesmo ainda não foi finalizado).

A título de comparação, guardadas as devidas proporções, o “Mapa de Ruído da cidade de Lisboa” (figura 3) foi apresentado em dezembro de 2000, indo ao encontro das orientações dos quadros legais português e europeu [Câmara Municipal de Lisboa, 2011] e, desde então, já sofreu diversas atualizações.

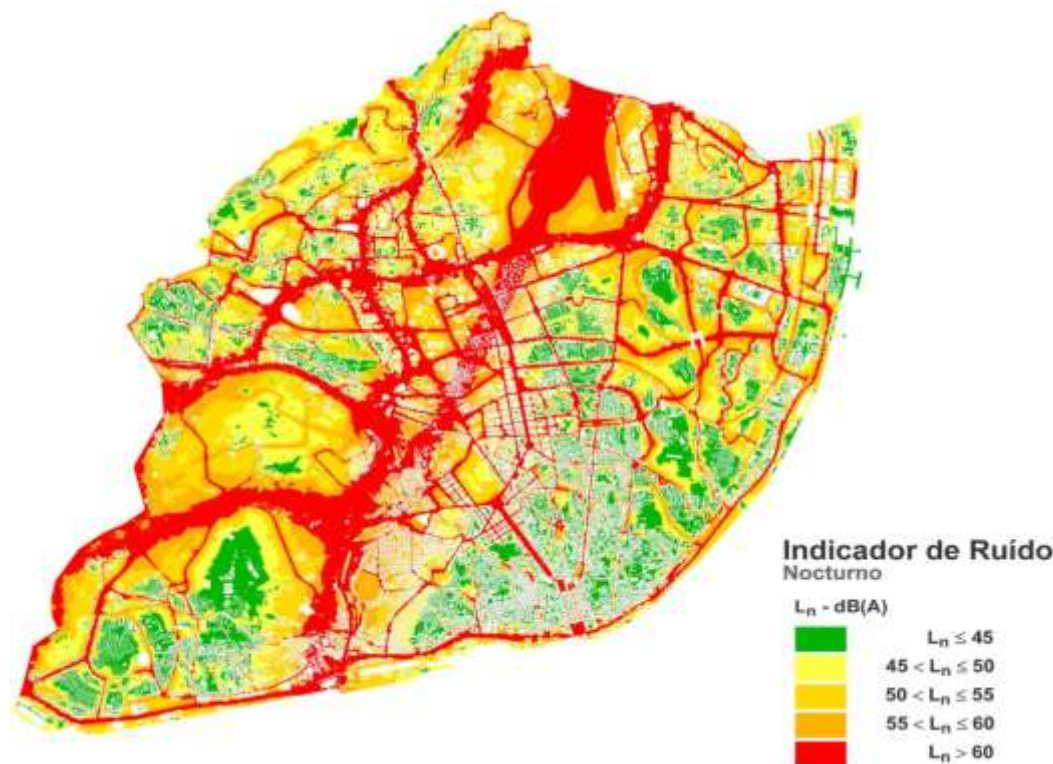


Figura 3: Mapa global de ruído da cidade de Lisboa. (fonte: adaptado de [Câmara Municipal de Lisboa, 2019]).

1.1.3. O Aeroporto como Fonte Emissora de Ruído

O ruído ambiental urbano (popularmente conhecido por “poluição sonora” quando excessivo), conforme já exemplificado, possui diversas fontes geradoras (rodovias, ferrovias, tráfego aéreo, construções, além do barulho causado pela vizinhança, conforme figura 4). Destas, destaca-se negativamente o tráfego aéreo (ruído aeronáutico).

O ruído aeronáutico é oriundo das operações de circulação, aproximação, pouso, decolagem, subida, taxiamento e teste de motores de aeronaves. Caracteriza-se por ser um ruído intermitente, ou seja, não estacionário, com elevados níveis sonoros na sua fonte, podendo causar efeitos adversos sobre a população exposta a níveis excessivos desse tipo de ruído. Assim sendo, de acordo com a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), os distúrbios gerados pelo ruído aeronáutico dependem, precipuamente, de duas características: as sonoras (nível de pressão acústica, distribuição das frequências de banda larga, duração do ruído) e as psicossociais, ou fatores não-acústicos, relacionados à percepção do ruído pelo indivíduo [ANAC, 2019]. Em resumo, quanto maior e mais movimentado for o aeroporto e mais próximo o mesmo se localizar da mancha urbana, maior tende a ser o efeito negativo do ruído sobre a população.

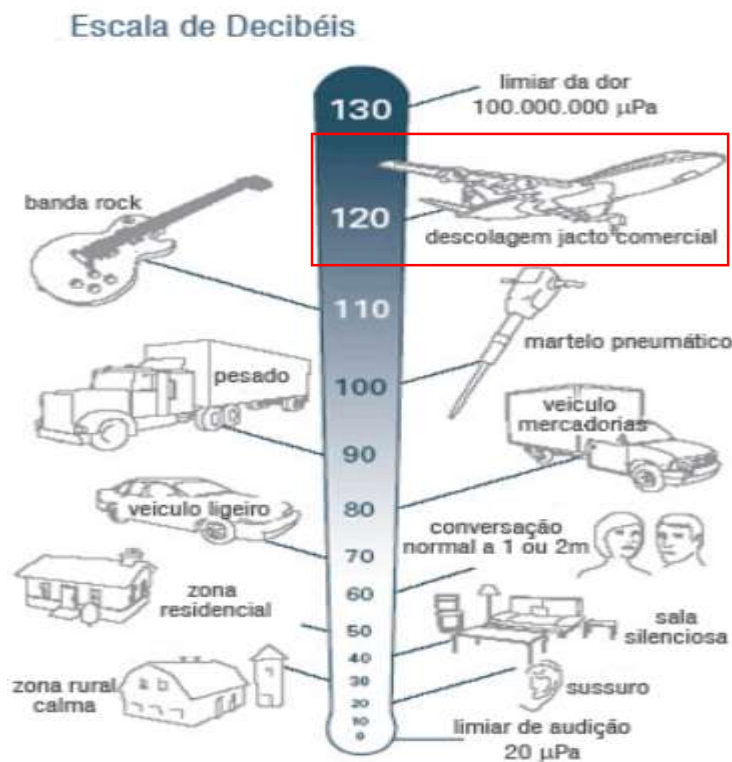


Figura 4: Escala de decibéis. (fonte: adaptado de [Explicatorium, 2019]).

No Brasil, os cinco aeroportos mais movimentados são: Guarulhos, Congonhas, Brasília, Santos Dumont e Galeão (figura 5). Desses, Congonhas é o que apresenta maior conurbação urbana em seu entorno, englobando os bairros de Campo Belo, Jardim Aeroporto, Parque Jabaquara, Jabaquara, Planalto Paulista, dentre outros.











		Variação Anual	
		2017/2018	
1º	Guarulhos	 299.961	▲ 10,59%
2º	Congonhas	 228.866	▲ 2,18%
3º	Brasília	 164.485	▲ 3,77%
4º	Santos Dumont	 117.740	▼ -0,35%
5º	Galeão	 116.717	▼ -8,16%
6º	Campinas	 111.472	▼ -1,15%
7º	Confins	 102.134	▲ 1,53%
8º	Campo de Marte	 87.044	▲ 5,37%
9º	Porto Alegre	 85.963	▲ 3,10%
10º	Salvador	 83.558	▲ 2,27%

Figura 5: Ranking de Aeródromos (Pousos + Decolagens + Cruzamentos + TGL) (fonte: adaptado de [DECEA, 2018]).

1.1.4. Os Efeitos Negativos do Ruído Ambiental no Corpo Humano e o Valor Venal dos Imóveis

Os efeitos negativos do ruído ambiental no corpo humano são incontestáveis e inúmeros. No ano de 2011 a Organização Mundial da Saúde (OMS), em seu guia “*Burden of disease from environmental noise*”, classificou e buscou quantificar essas consequências prejudiciais, tendo concluído por cinco grupos principais: doenças cardiovasculares, atraso no desenvolvimento cognitivo de crianças, distúrbio do sono, zumbidos e incômodo.

Neste trabalho, focaremos em um deles, o incômodo (figura 6).

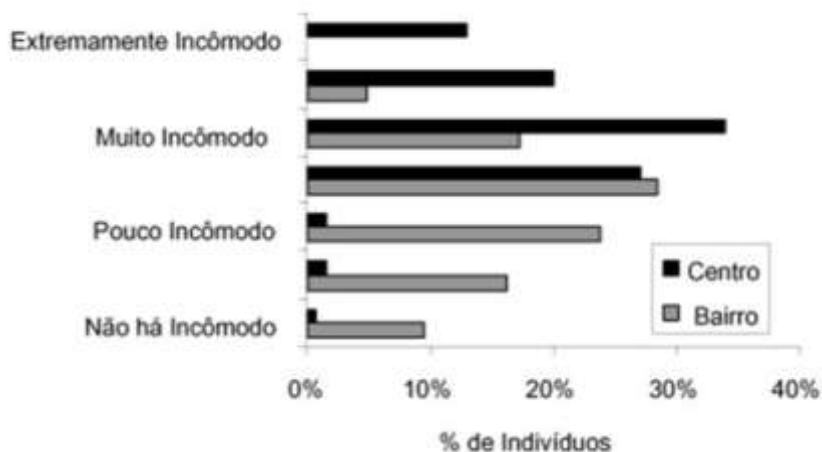


Figura 6: Nível de incômodo gerado pelo ruído urbano, comparação entre centro da cidade de Curitiba e um bairro circunvizinho (fonte: adaptado de [Da Paz et al, 2005]).

Ao procurar um imóvel para habitar e residir, é natural que as pessoas busquem conforto acústico, sossego. Pessoas incomodadas com ruído podem experimentar uma variedade de incômodos, respostas negativas, tais como raiva, decepção, insatisfação, retraimento, desamparo, depressão, ansiedade, distração, agitação ou exaustão [OMS, 2011].

Majoritariamente, imóveis que apresentam ruídos elevados e recorrentes são evitados e sua aquisição preterida pelos possíveis compradores (figura 7).



Figura 7: Incômodo gerado pelo ruído do Aeroporto de Congonhas (fonte: adaptado de [Gazeta de Pinheiros, 2018]).

Em virtude disso, faz-se de suma importância entender e quantificar, de acordo com os preceitos da ABNT/NBR 14653-2 – 2011 - Avaliação de Bens - Imóveis Urbanos, estudando-se o caso específico do aeroporto de Congonhas, a correlação entre o incômodo gerado pelo ruído do aeroporto e o valor venal dos imóveis residenciais lindeiros ao mesmo, de forma que uma eventual avaliação imobiliária, bem como o planejamento urbano, possa ser realizada o mais precisamente possível.

1.2. Objetivos

Esta dissertação busca realizar a divisão dos fatores que influenciam o valor venal dos imóveis em três grandes grupos: fatores humanos – relacionados a percepção humana de conforto e habitabilidade, fatores físicos – relacionados as características físicas dos imóveis e fatores mercadológicos – relacionados a momentos de crises de mercado, investimentos elevados (ou não) em determinada região, etc.

Ao analisar a literatura existente, no caso de imóveis urbanos, percebe-se claramente que fatores mercadológicos e físicos já foram vastamente estudados e discutidos, porém os fatores humanos não.

Em virtude disso, à luz do grande impacto causado pelo ruído gerado pelas aeronaves nos imóveis lindeiros ao aeroporto de Congonhas, subsidiando-se do PEZR Congonhas 2019 e utilizando, precipuamente, a equação de Schultz, faz-se necessário a propositura de um fator (fator ruído) que possa caracterizar e homogeneizar os imóveis da região, no quesito incômodo ao ruído, quando da realização de uma avaliação imobiliária residencial.

O auxílio ao planejamento urbano também é de suma importância, tendo em vista que, de maneira indireta, o fator proposto mapeia o incômodo gerado pelo ruído de acordo com os tipos de imóveis existentes na região.

Os seguintes objetivos foram cumpridos ao longo do desenvolvimento deste trabalho:

- (i) Divisão dos fatores que influenciam o valor venal dos imóveis em três grandes grupos: fatores humanos, fatores físicos e fatores mercadológicos.

- (ii) Propositura de um fator (fator ruído) que possa caracterizar e homogeneizar os imóveis da região, no quesito incômodo ao ruído, quando da realização de uma avaliação imobiliária residencial.

1.3. Organização do Trabalho

O presente trabalho encontra-se dividido em seis capítulos, organizados da seguinte maneira. O primeiro capítulo destina-se à introdução do tema. O segundo capítulo apresenta uma revisão detalhada da literatura no que diz respeito ao surgimento do Aeroporto de Congonhas e o ruído por ele produzido, a legislação atual do município de São Paulo sobre ruído urbano, bem como as principais referências a nível nacional. Ademais, também aponta fatos sobre o ruído aeronáutico e seus efeitos no corpo humano, bem como importantes observações sobre a avaliação imobiliária a nível nacional. O terceiro capítulo está focado nos métodos de avaliação de imóveis e divisão dos fatores que influenciam o valor venal em três grandes grupos: fatores humanos, fatores físicos e fatores mercadológicos. O quarto capítulo expõe a pesquisa imobiliária realizada, situação paradigma definida, a metodologia e as variáveis utilizadas no programa computacional Infer 32 para a obtenção da equação de regressão do modelo e o desenvolvimento do fator ruído. O quinto capítulo destina-se à apresentação dos resultados do trabalho, incluindo a aplicação do fator ruído desenvolvido. Finalmente, o capítulo seis resume os principais resultados obtidos na pesquisa e apresenta as conclusões do trabalho, seguido de um anexo e de um apêndice que complementam as informações apresentadas na dissertação.

2 Revisão bibliográfica

2.1. O Aeroporto de Congonhas

2.1.1. Resumo Histórico

Segundo nos ensina Crouch (2008), a história da aviação tem início em 23 de outubro de 1906, no campo de Bagatelle, Paris, França, quando Alberto Santos-Dumont conseguiu: taxiar, decolar, voar nivelado e pousar com um aparelho que se deslocava com recursos próprios [Crouch, 2008].

A aviação comercial brasileira, por sua vez, começou a se desenvolver formalmente a partir do ano de 1927, quando a primeira empresa a transportar passageiros no Brasil, Condor Skyndkat, com sede em Berlim, iniciava, em 22 de fevereiro, sua primeira linha regular.

Nesta seara, constata-se que o aeroporto de Congonhas é, sem dúvida, um dos mais antigos do país. Santos (1985) explica que em 1935 a única infraestrutura aeroportuária disponível em São Paulo ainda era o “Campo de Marte”, com alguns hangares, oficinas e um improvisado barracão de madeira, onde se abrigavam os passageiros e se guardavam cargas e malas dos Correios [Santos, 1985].

Face à crescente demanda desenvolvimentista, a capital paulista necessitava de um novo aeroporto:

- 1935: Um estudo técnico foi realizado pelo Governo de São Paulo, em 1935, para a escolha do melhor local para a construção do novo aeroporto. A região de Congonhas foi escolhida por suas condições naturais de visibilidade e de drenagem, longe das áreas de enchente do Rio Tietê [Infraero, 2019].

- 1936: Com destino à cidade do Rio de Janeiro partiu de São Paulo um aeroplano, em 1936, do “Campo da Vasp”, como era conhecido o aeródromo, e a cidade ganhou um novo aeroporto na região da Vila Congonhas, distrito de Campo Belo (figura 8). O nome Aeroporto de Congonhas foi uma homenagem ao Visconde de Congonhas do Campo, Lucas Antônio Monteiro de Barros, primeiro governante da Província de São Paulo após a Independência do Brasil [Infraero, 2019].

- 1940: Mais tarde o Governo do Estado de São Paulo incorporou áreas complementares através de desapropriações e, em 1940, estabeleceu que todas as

atividades exercidas no novo aeroporto seriam dirigidas por um administrador nomeado pelo Governo. No final dos anos 1940 foi iniciada a obra das três pistas previstas no novo projeto do aeroporto, mas apenas a pista principal foi concluída. Estudos técnicos mostraram ser essa pista suficiente para atender às especificações aeroportuárias norte-americanas da então *Civil Aviation Authority* – CAA [Infraero, 2019].

- 1954: Em 1954 foi inaugurado o Pavilhão de Autoridades, para embarque e desembarque de governantes. Este pavilhão conserva até hoje vários elementos artísticos, como um painel dos artistas Di Cavalcanti e Clóvis Graciano [Infraero, 2019].

- 1957: Desde 1957, o Aeroporto Internacional de São Paulo – Congonhas já era o terceiro aeroporto do mundo em volume de carga aérea. Por isso, nessa época começa-ram os estudos para a implantação de um novo aeroporto em São Paulo e alterações no terminal de passageiros de Congonhas. Desses estudos surgiu o Aeroporto de Viracopos, em Campinas, e foi iniciada a ampliação da Ala Norte do aeroporto paulista, para abrigar o embarque e o desembarque internacional, e a reforma da pista principal [Infraero, 2019].

- 1970: Em Congonhas, em 1970, eram realizadas 350 operações de voos diariamente, envolvendo 1.500 carros no pátio, 12.000 passageiros e 25.000 acompanhantes. O resultado era um total congestionamento, que exigiu novas ampliações. Nessa época, um salão com vista para a pista de embarque e desembarque dos aviões era palco de inúmeras festas de formatura, casamento e bodas [Infraero, 2019].

- 1985: Com a construção do Aeroporto Internacional de São Paulo em Guarulhos, em 1985, e a transferência dos voos comerciais internacionais para o novo aeroporto, Congonhas passou a receber apenas voos internacionais da aviação executiva [Infraero, 2019].

- 1990: A partir da década de 1990, Congonhas tornou-se o aeroporto mais movimentado do país. Desde então, o fluxo de passageiros e aeronaves cresceu sistematicamente, o que tornou necessário reformá-lo para atender ao aumento da demanda [Infraero, 2019].

- 2000: A Infraero iniciou as obras do edifício-garagem, em 2000, com a participação do poder público municipal, que foi inaugurado em 2005, com 60 mil m² e cinco pavimentos [Infraero, 2019].

• 2016: Em 2016, Congonhas recebeu em média 582 movimentações diárias, entre pousos e decolagens, e mais de 20,7 milhões de passageiros, interligando São Paulo a 35 localidades [Infraero, 2019].



Figura 8: Vista aérea do aeroporto de Congonhas, 1936 (fonte: adaptado de [Estadão, 2013]).

2.2. O Ruído Aeronáutico

O ruído aeronáutico proveniente dos aeroportos é gerado pelos equipamentos em solo e pelas operações de aeronaves [Carvalho, 2010].

O ruído muitas vezes é dito o mais significativo entre os efeitos adversos associados à atividade aeroportuária. O nível de ruído que chega ao solo perto dos aeroportos, emitido por aeronaves, depende de muitos fatores, tais como modelo de aeronave, tipo de turbina, potência, configuração das asas, distância da trajetória, além das características da região tais como topografia do terreno e clima da região, que afetam a propagação do som [Barreto, 2015].

Conforme Bentes (2013), o estudo do ruído aeroportuário perpassa diferentes áreas do conhecimento, que vão desde a física e a engenharia mecânica, mais especificamente focada no fenômeno acústico, até questões relacionadas ao

meio ambiente, bem como diferentes legislações aplicadas em diferentes regiões e/ou países [Bentes, 2013].

A Norma ISO 2204/1973, classifica os ruídos segundo a variação de seu nível de intensidade com o tempo, como: contínuo, cujas variações de nível são desprezíveis (aproximadamente 3 dB), apresentando maior duração durante o período de observação; intermitente, que apresenta uma variação contínua de um valor aplicável (aproximadamente 3 dB) no período de observação e de impacto ou impulso, seus picos de energia acústica de duração são inferiores a um segundo.

Assim sendo, conclui-se que a aeronave, em si, é uma fonte de ruído contínuo - aquele cuja variação de nível de intensidade sonora é muito pequena em função do tempo - mas, considerando que esta também é uma fonte móvel, os receptores (indivíduos em geral) são expostos ao ruído aeronáutico somente durante o período de tempo que durar a proximidade da fonte. Deste modo, a aeronave é uma fonte de ruído contínuo, mas o aeroporto é uma fonte de ruído intermitente [Barreto, 2015].

Idealmente, quando da construção, ou ampliação, do aeroporto, todas essas variáveis deveriam ser estudadas, quantificadas e planejadas, de maneira a mitigar os impactos ambientais e na saúde da população, o que nem sempre ocorre com precisão. Assim sendo, em países europeus majoritariamente, diversos estudos para a redução do ruído emitido por aeronaves, já estão sendo realizados. Conforme afirma Dewitte, devido ao fato de os aeroportos estarem localizados perto ou dentro das cidades, uma quantidade cada vez maior de pessoas sofre com a poluição sonora dos aviões, tendo isto resultado em restrições ao tráfego aéreo. Dessa forma, para ser possível acomodar a necessidade de tráfego aéreo e as restrições de poluição sonora, aeronaves mais silenciosas são necessárias [Dewitte, 2016].

2.2.1. O caso do Aeroporto de Congonhas

Não resta dúvida que, no Brasil, os principais atingidos pelos ruídos dos aviões são os vizinhos do aeroporto de Congonhas, na capital paulista. O aeroporto, inicialmente projetado para operar com uma pequena pista de pouso, em uma área rural, à época, isolada (figura 8), acabou, com o rápido desenvolvimento da cidade, englobado pela mancha urbana. O barulho atinge casas, escolas e até mesmo

hospitais, incomodando e prejudicando a saúde de pessoas que residem ou transitam no entorno.

Durante o ápice da pandemia de SARS-CoV-2 (vírus que provoca a Covid-19), no ano de 2020, o fechamento do aeroporto e a baixíssima quantidade de voos diários foi, por diversas vezes, comemorada pelos moradores que residem em seu entorno (figura 9).



Figura 9: Reportagem enfatiza o contentamento dos moradores com a diminuição de voos no Aeroporto de Congonhas em 2020 (fonte: adaptado de [Folha de S.Paulo, 2020]).



Figura 10: Vista aérea do aeroporto de Congonhas, 2021, ênfase para a proximidade do aeroporto com as edificações (fonte: adaptado de [UOL, 2020]).

2.3. Os Efeitos do Ruído no Corpo Humano

2.3.1. Diferença entre Ruído e Som

É usual que os conceitos de som e ruído sejam confundidos e, de fato, o fenômeno físico capaz de gerar ambos é o mesmo (variações em maior ou menor intensidade da pressão do ar, que provocam uma resposta sensitiva no sistema auditivo) – figura 11. Apesar disso, o som está geralmente associado a sensações prazerosas, como a música. O ruído, por sua vez, é visto como um som indesejado (barulho de motores, máquinas, animais, buzinas etc).

De acordo com Heilig, mesmo que o termo indesejado possa ser considerado subjetivo (por exemplo, uma pessoa pode considerar um determinado som indesejado e outra pessoa não compartilha desta opinião), todo som gerado por uma aeronave é comumente considerado indesejado. Portanto, os termos “som da aeronave” e “ruído da aeronave” são usados indistintamente [Heilig, 2020].

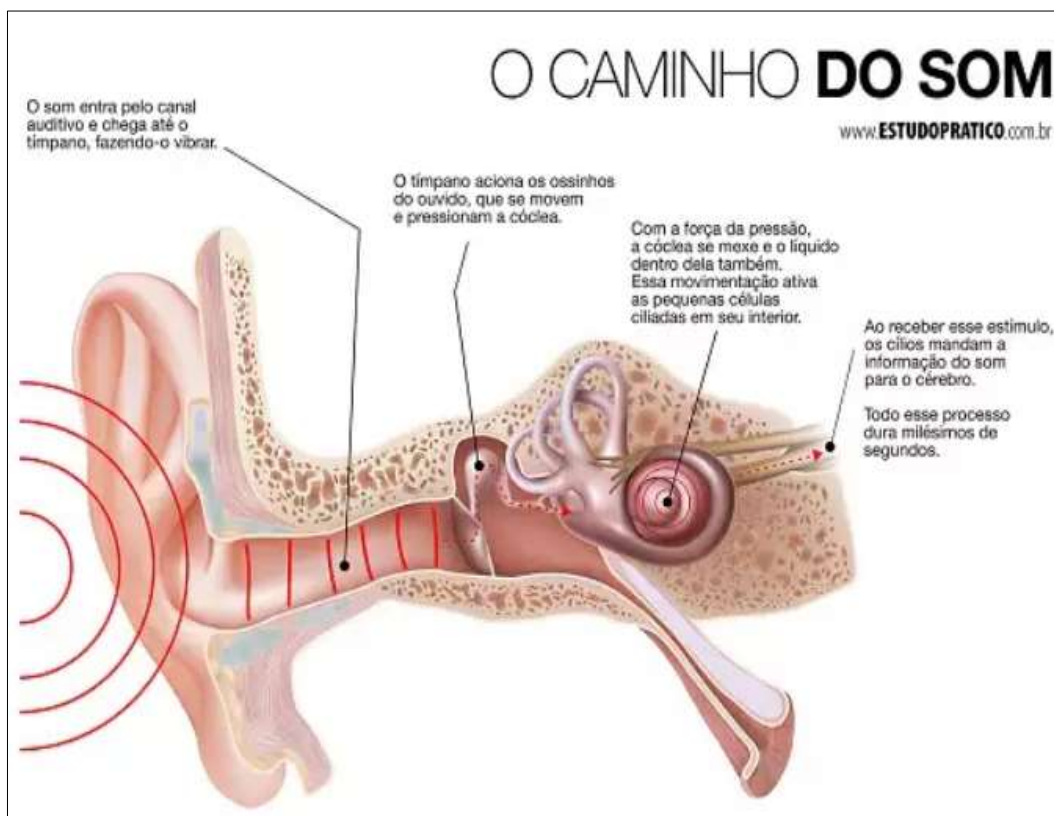


Figura 11: Ilustração da captação do som pelo ouvido humano (fonte: adaptado de [Estudopratico, 2021]).

2.3.2. Efeitos Prejudiciais do Ruído

Os efeitos negativos do ruído ambiental no corpo humano não são recentes. Cruz e Costa (1994) confirmam que o interesse dos sons ambientais sobre as pessoas existe desde a Roma antiga, quando veículos puxados por animais andando pelas primeiras vias pavimentadas, incomodavam as pessoas dentro de suas casas durante conversas informais e o sono [Cruz e Costa, 1994].

Para a OMS, o ruído aeronáutico é o terceiro tipo de poluição que mais prejudica o ser humano. No ano de 2011, em seu guia “*Burden of disease from environmental noise*”, classificou e buscou quantificar essas consequências prejudiciais, tendo concluído por cinco grupos principais: doenças cardiovasculares, atraso no desenvolvimento cognitivo de crianças, distúrbio do sono, zumbidos e incômodo.

Além disso, afirma que pessoas incomodadas com ruído podem experimentar uma variedade de respostas negativas, tais como raiva, decepção, insatisfação, retraimento, desamparo, depressão, ansiedade, distração, agitação ou exaustão [OMS, 2011].

As diretrizes da Organização Mundial da Saúde juntamente com a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico– OMS/OCDE [apud Valim, 2006] apontam que:

- Até 55 dB: é aceitável segundo a OMS (para o ruído próximo do limite da área do aeroporto, e durante o dia);
- Entre 55 e 60 dB (A): é esperado o registro de incômodo;
- Entre 60 e 65 dB (A): o incômodo aumenta consideravelmente;
- Acima de 65 dB (A): é esperado ocorrência de sintomas e sérios danos à saúde;

A título de exemplificação, a figura a seguir (figura 12) representa o alcance no solo dos níveis de ruído produzidos durante o procedimento de decolagem de uma aeronave do tipo Boeing 707/DC8 e DC-10/Tristar. Verifica-se que o nível de pressão sonora pode ultrapassar bastante o nível a partir do qual a OMS considera que é esperado a ocorrência de sintomas e sérios danos à saúde.

Observando-se em especial o Boeing 707/DC8, verifica-se que, mesmo após 12 milhas (aproximadamente 20 quilômetros) do início da corrida de decolagem e a 4000 pés de altura (aproximadamente 1,25 quilômetros), o nível de pressão sonora

no solo (em torno de 95dB) ultrapassa bastante o nível a partir do qual a OMS considera que é esperado a ocorrência de sintomas e sérios danos à saúde (acima de 65 dB).

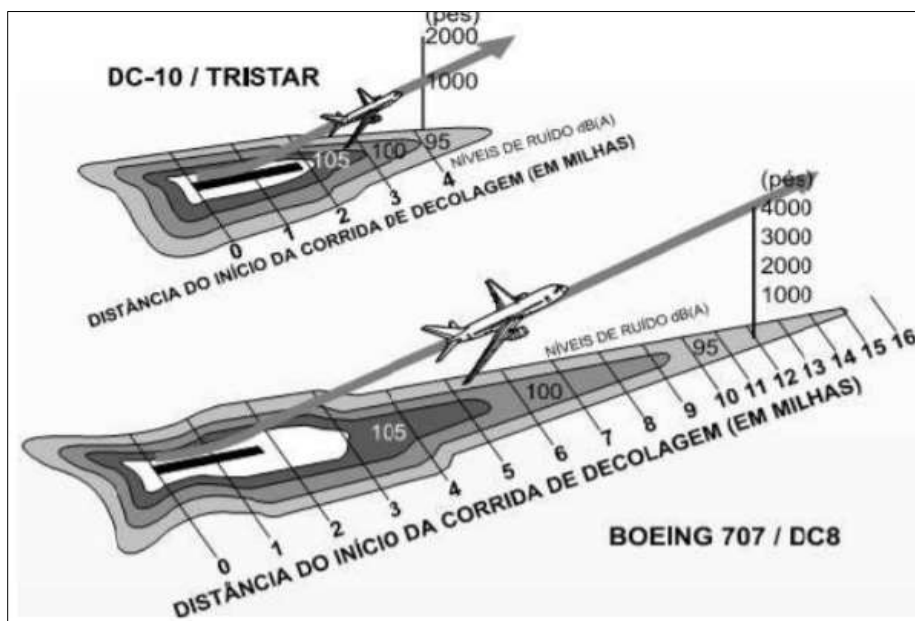


Figura 12: Representação da projeção em níveis de ruído na decolagem de aeronaves (fonte: adaptado de [Valim, 2006]).

Da Paz et al, por sua vez, em um estudo levado a cabo na cidade de Curitiba, no ano de 2005 (figura 13), comparando o centro da cidade e um bairro adjacente, obteve como conclusão que, para ambas as zonas estudadas, a irritabilidade e a baixa concentração são os efeitos orgânicos de maior ocorrência em função do ruído ambiental. Em adição, o ruído oriundo do dos aviões, em percentual acumulado (bairro + centro), foi indicado como o segundo tipo de ruído que causa maior incômodo, apenas atrás do tráfego de veículos (figura 14).

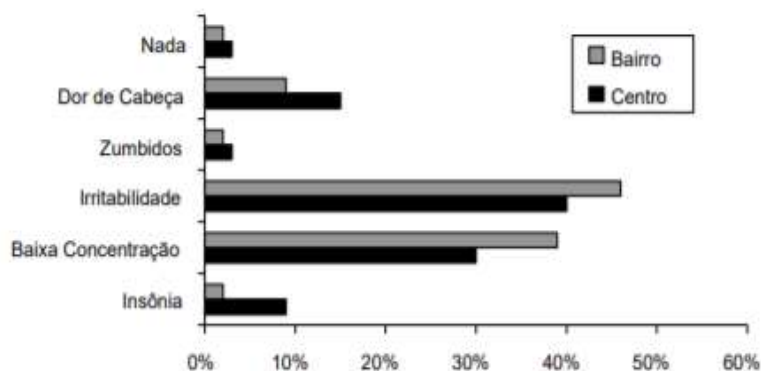


Figura 13: Principais distúrbios indicados pelos moradores, comparação entre centro da cidade de Curitiba e um bairro circunvizinho (fonte: adaptado de [Da Paz et al, 2005]).

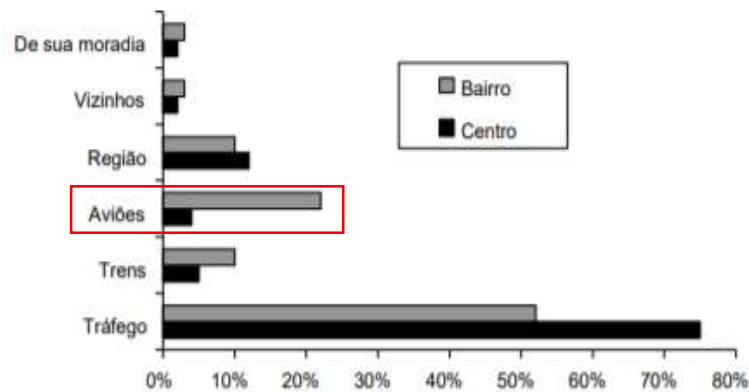


Figura 14: Percepção dos ruídos mais incômodos pelos moradores, comparação entre centro da cidade de Curitiba e um bairro circunvizinho (fonte: adaptado de [Da Paz et al, 2005]).

2.4. Normatização e Legislação de Ruído – Estado da Arte

Para avaliar o ruído no Brasil existem seis referências que foram desenvolvidas com o intuito de proteger a população de seus níveis elevados.

São elas:

- A Resolução CONAMA N.º 001: é a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente que visa controlar a poluição sonora que possa afetar o meio ambiente.
- Norma NBR 10151/2019 - Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento: regulamenta os limites à comunidade a níveis aceitáveis de exposição de ruído frequente.
- Norma NBR 10152/2017 - Acústica – Níveis de Pressão Sonora em Ambientes Internos e Edificações: estabelece a intensidade sonora máxima que pode ser suportada pelos ocupantes de um determinado espaço urbano.
- Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC's): define os tipos de Planos de Zoneamento de Ruído.
- Lei federal nº 10.257/2001 - “Estatuto da Cidade”: regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal.
- Leis municipais: criadas e aprovadas pela Câmara de Vereadores de cada município, de acordo com as especificidades locais.

2.4.1. Resolução Conama N° 001

De acordo com a resolução CONAMA nº001 de 8 de março de 1990 (principal referência de legislação sobre ruído em comunidade), remetendo a norma ABNT NBR 10151, temos que [Barreto, 2015]:

I - A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução.

II - São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior aos ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10.151 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

2.4.2. NBR 10151/2019

A NBR 10151/2019, publicada em 31 de maio de 2019, cancelou e substituiu a NBR 10151/2000. A versão vigente da norma é mais completa, estabelecendo procedimentos mais detalhados do que sua versão anterior (alguns procedimentos deixam de ser estabelecidos por interpretação do avaliador passam a ser regulados pela norma).

A NBR 10151/2019, em suas 24 páginas, estabelece os procedimentos técnicos a serem adotados na execução de medição de níveis de pressão sonora em ambientes internos e externos de edificações:

- Procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo;
- Procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações provenientes de transmissão sonora aérea ou de vibração da edificação, ou ambos;
- Procedimento para avaliação de som total, específico e residual;
- Procedimento para avaliação de som tonal, impulsivo, intermitente e contínuo;

- Limites de níveis de pressão sonora para ambientes externos às edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo e requisitos para avaliação em ambientes internos.

Apesar de cada localidade possuir suas próprias regulações sobre o controle de poluição sonora, tal controle é regido em todo território nacional por normas federais sempre que estas são mais restritivas do que os parâmetros estaduais e municipais. Ou seja, é necessário que sejam adotados os níveis estabelecidos pela NBR 10151; tais determinações possuem força de lei.

Assim sendo, esta norma fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, estabelece condições físicas para a medição de ruído, aplica correções nos níveis medidos (de acordo com a duração, característica espectral e fator de pico) e faz uma comparação dos níveis corrigidos, com um critério que leva em conta os vários fatores ambientais. A NBR 10151 também estabelece os procedimentos de medição e avaliação da acústica e os limites de níveis sonoros em ambientes externos.

O método de avaliação envolve as medições do nível de ruído, na escala de compensação A, em decibel (comumente chamado dB (A)).

A NBR 10151 estabelece instrumentos para avaliar a influência sonora de atividades sobre as cidades, já que fornece os níveis de ruído recomendáveis para áreas urbanas de acordo com o período do dia (noturno de 22:00 às 7:00 para dias de semana e 22:00 às 9:00 para domingos e feriados) e com as características da zona em questão, assim, a NBR 10151. 30 A tabela 1 apresenta os níveis de ruído para cinco tipos de áreas urbanas e um tipo de área rural, totalizando seis áreas com usos e ocupações do solo distintos, definidas pela própria NBR 10151.

Desta forma justifica, no caso do ruído aeronáutico, a adoção do tempo de avaliação para o período diurno associado à métrica LAeqD e o período noturno associado à métrica LAeqN (ambos associados a métrica DNL, explicitada no item 2.5.1).

Tabela 1: Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período
(fonte: adaptado de [NBR 10151, 2019]).

Tipos de áreas habitadas	RL _{Aeq} Limites de níveis de pressão sonora	
	Período diurno	Período noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

2.4.3. NBR 10152/2017

A NBR 10152/2017 foi publicada no dia 24 de novembro de 2017 (versão corrigida em 31 de março de 2020). Esta é a 2ª edição da Norma, em substituição à 1ª Edição de 1987. A NBR 10152 busca regulamentar os níveis de ruído que interferem no conforto acústico dos moradores de determinado ambiente.

De acordo com a referida norma, cada ambiente deve observar um determinado nível de ruído, de acordo com suas características específicas de utilização. Assim sendo, escritórios, shoppings, terminais rodoviários e, em específico, aeroportos, são espaços que devem ser edificados seguindo as diferentes especificações da NBR 10152.

Além de especificar o nível de ruído recomendado, segundo o tipo e o uso de cada construção, a NBR 10152 fornece parâmetros que devem ser seguidos para medir o ruído de um ambiente quanto ao tempo, descritores de níveis sonoros e posicionamento de microfones e outros equipamentos de captação do som (tal como o sonômetro).

2.4.4. RBAC 161 e os Planos de Zoneamento de Ruído (PZR's)

Atualmente o transporte aéreo em território nacional é majoritariamente regulamentado pela ANAC. Assim sendo, de forma a promover qualidade logística

e de vida aos moradores nas redondezas dos aeroportos, também denominados aeródromos, a agência reguladora elaborou diversos documentos denominados de RBAC's (Regulamento Brasileiro da Aviação Civil), dentre esses destaca-se o RBAC 161.

O RBAC 161, além de conceituar termos, siglas, abreviaturas e símbolos, define dois tipos de Planos de Zoneamento de Ruído (PZR's): o Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR) e o Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR). Após o registro do PZR na ANAC, seja Básico ou Específico, o operador do aeródromo deve buscar ações de compatibilização do uso do solo com o município abrangido pelas curvas de ruído, bem como com a comunidade de entorno, notificando a ANAC, os municípios e os órgãos interessados sempre que forem identificados usos incompatíveis com os PZR aprovados [ANAC, 2013].

2.4.4.1. Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR)

Baseado na métrica DNL – Day-Night Average Sound Level – o PBZR resume-se em um mapa cartográfico com apenas duas curvas de ruído identificadas (65 dB e 75dB), as quais objetivam delimitar as áreas de incidência de ruído aeroportuário (figura 15).

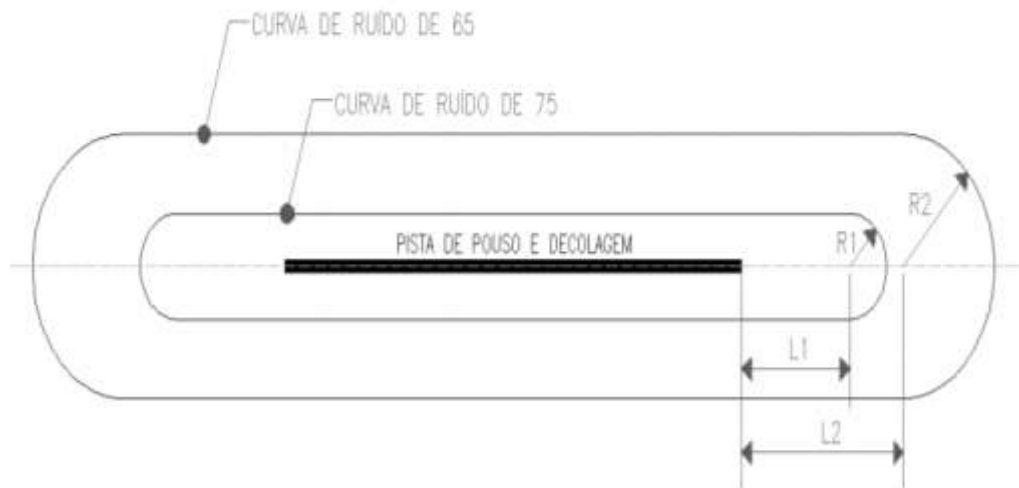


Figura 15: Croqui das curvas de ruído em um PBZR (fonte: adaptado de [ANAC, 2013]).

2.4.4.2. Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR)

O PEZR, por ser um plano específico, mais completo e abrangente, baseado na mesma métrica DNL do PBZR, apresenta cinco curvas de ruído (65 dB, 70dB,

75dB, 80dB e 85dB), calculadas por meio de programa computacional. Tais curvas não podem ser genéricas, assim sendo, devem ser calculadas com base no sistema específico de pistas de pouso e decolagem existentes e previstos no planejamento, ao final do seu horizonte, para a expansão da infraestrutura aeroportuária, considerando a estimativa do número de movimentos e tipos de aeronaves. Com base nessas curvas, são definidas tabelas específicas de ocupação e uso do solo (tabela 2).

O aeroporto de Congonhas, devido a sua complexidade e as características habitacionais de seu entorno, possui um PEZR (PEZR Congonhas 2019).

Tabela 2: Usos Residenciais Compatíveis e Incompatíveis com o Ruído Aeroportuário nas Áreas Abrangidas pelo PEZR do Aeroporto de Congonhas (fonte: adaptado de [ANAC, 2013]).

Uso do Solo	Nível de Ruído Médio Dia-Noite (DNL) (dB)					
	< 65 ARA-6	65-70 ARA-5	70-75 ARA-4	75-80 ARA-3	80-85 ARA-2	> 85 ARA-1
Usos Residenciais						
Residências unifamiliares e multifamiliares	S	N (1)	N (1)	N	N	N
Alojamentos temporários (hotéis, motéis, pousadas e empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N (1)	N (1)	N	N
Locais de permanência prolongada (presídios, orfanatos, asilos, quartéis, mosteiros, conventos, apart-hotéis, pensões e empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N (1)	N	N	N

Convenções:

< 65 – Abaixo de 65dB(DNL).

> 85 – Acima de 85dB(DNL).

S (Sim) – Usos do solo e edificações relacionadas compatíveis, sem restrições.

N (Não) – Usos do solo e edificações relacionadas não compatíveis.

25, 30, 35 – Usos do solo e edificações relacionadas geralmente compatíveis. Medidas para atingir uma Redução de Nível de Ruído (RR) de 25, 30 ou 35dB devem ser incorporadas ao projeto e à construção ou reforma (do volume ou de acabamentos) das edificações onde houver permanência prolongada de pessoas.

ARA-5 – Área de Ruído Aeroportuário nº 5.

Notas:

(1) Sempre que os órgãos determinarem que os usos devam ser permitidos, devem ser adotadas medidas para atingir uma RR de, pelo menos, 25dB.

2.4.5. Lei Federal nº 10.257/2001 - “Estatuto da Cidade”

O “Estatuto da Cidade”, como é conhecida a Lei Federal nº 10.257/2001, busca regulamentar os artigos 182 e 183 da Constituição Federal (que versam sobre

a Política Urbana). Dessa forma, seus preceitos básicos são o planejamento participativo e a função social da propriedade.

O Estatuto é dividido em cinco capítulos, quais sejam:

- I - Diretrizes Gerais (artigos 1º a 3º);
- II - Dos Instrumentos da Política Urbana (artigos 4º a 38º);
- III - Do Plano Diretor (artigos 39º a 42º);
- IV - Da Gestão Democrática da Cidade (artigos 43º a 45º); e
- V - Disposições Gerais (artigos 46º a 58º).

Seu principal objetivo é a definição clara de instrumentos para que a cidade alcance seu desenvolvimento urbano. Dentre estes instrumentos, destaca-se planejamento municipal e, em especial, o plano diretor (Capítulo III).

O plano diretor define uma série de ferramentas urbanísticas que têm no combate à especulação imobiliária e na regularização fundiária dos imóveis urbanos seus pontos focais. Assim sendo, o Estatuto exige que o plano diretor, ao menos, delimite as áreas em que se poderão aplicar:

- O parcelamento, edificação e utilização compulsórios de imóvel;
- O direito de preempção;
- O direito de outorga onerosa do direito de construir;
- O direito de alterar onerosamente o uso do solo;
- Operações urbanas consorciadas;
- O direito de transferir o direito de construir.

Ademais, como bem pontua Freitas, o “Estatuto da Cidade” introduziu no nosso ordenamento jurídico um instrumento da mais alta relevância para as questões relacionadas com a poluição sonora, que é o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) [Freitas, 2002].

De acordo com os objetivos do “Estatuto da Cidade”, o EIV visa auxiliar os municípios, complementando a atuação do zoneamento, para garantir o exercício do direito às cidades sustentáveis. Caracteriza-se por ser um relatório multidisciplinar no qual se faz um levantamento dos impactos negativos e positivos

causados por empreendimentos e atividades urbanas (dentre estes, o impacto gerado pelo ruído).

2.4.6. Legislação Municipal – Cidade de São Paulo

Na cidade de São Paulo há o Programa Silêncio Urbano (PSIU), que reúne a legislação sobre emissão de ruídos, a fiscalização e o canal de denúncias. Sua base legal é a Lei 16.402/2016. A referida legislação apresenta 3 artigos principais, 146, 147 e 148:

“Art. 146. Fica proibida a emissão de ruídos, produzidos por quaisquer meios ou de quaisquer espécies, com níveis superiores aos determinados pela legislação federal, estadual ou municipal, prevalecendo a mais restritiva.

§ 1º As medições deverão ser efetuadas pelos agentes competentes na forma da legislação aplicável, por meio de sonômetros devidamente aferidos, de acordo com as normas técnicas em vigor.

§ 2º Não estarão sujeitos às proibições desta lei os sons produzidos pelas seguintes fontes:

a) aparelhos sonoros usados durante a propaganda eleitoral, conforme o disposto na legislação própria;

b) sirenes ou aparelhos sonoros de viaturas quando em serviços de socorro ou de policiamento;

c) detonações de explosivos empregados no arrebetamento de pedreiras e rochas ou nas demolições, desde que em horário e com carga previamente autorizados por órgão competente;

d) manifestações em festividades religiosas, comemorações oficiais, reuniões desportivas, festejos ou ensaios carnavalescos e juninos, passeatas, desfiles, fanfarras, bandas de música, desde que se realizem em horário e local previamente autorizados pelo órgão competente ou nas circunstâncias consagradas pela tradição;

e) sinos de templos, desde que os sons tenham duração não superior a 60 segundos, e apenas para a assinalação das horas e dos ofícios religiosos; e carrilhões, desde que os sons tenham duração não superior a 15 (quinze) minutos, a cada 4 (quatro) horas e somente no período diurno das 7h às 19h.

§ 3º A fiscalização de ruído proveniente de veículos automotores seguirá o disposto em legislação própria.

Art. 147. Os estabelecimentos que comercializem bebida alcoólica e que funcionem com portas, janelas ou quaisquer vãos abertos, ou ainda, que utilizem terraços, varandas ou espaços assemelhados, bem como aqueles cujo funcionamento cause prejuízo ao sossego público, não poderão funcionar entre 1h e 5h. (Regulamentado pelo Decreto nº 57.443/2016)

§ 1º A fiscalização da infração ao disposto no “caput” deste artigo independe de medição por sonômetro.

§ 2º Não se considera infração a abertura de estabelecimento para lavagem ou limpeza, desde que tais atos não gerem incomodidade.

§ 3º O estabelecimento poderá funcionar no horário referido no “caput” deste artigo, desde que providencie adequação acústica e não gere nenhuma incomodidade.

Art. 148. Sem prejuízo das penalidades definidas pela legislação federal e estadual em vigor, aos responsáveis pelo uso não residencial serão aplicadas as seguintes penalidades pelo descumprimento do disposto nos arts. 146 e 147 desta lei: (Regulamentado pelo Decreto nº 57.443/2016)

I - na primeira autuação, multa e intimação para cessar a irregularidade;

II - na segunda autuação, multa, no dobro do valor da primeira autuação, e nova intimação para cessar a irregularidade;

III - na terceira autuação, multa, no triplo do valor da primeira autuação, e fechamento administrativo;

IV - desobedecido o fechamento administrativo, será requerida a instauração de inquérito policial, com base no art. 330 do Código Penal, e realizado novo fechamento ou embargo de obra, com auxílio policial, se necessário, e, a critério da fiscalização, poderão ser utilizados meios físicos que criem obstáculos ao acesso, tais como emparedamento, defensas de concreto, tubos de concreto, dentre outros.

Parágrafo único. A ação fiscalizatória relativa ao uso irregular, nos casos em que não houver a licença a que se refere o art. 136 desta lei, seguirá o disposto na Seção I deste Capítulo, sem prejuízo das sanções previstas neste artigo.”

Os artigos acima expostos podem ser assim explicados:

- Artigo 146: é o que proíbe a emissão de ruídos com níveis superiores aos determinados pela legislação federal, estadual ou municipal. Serve para qualquer meio que possa produzir sons, e a ordem de prevalectimento das leis se inicia pela mais restritiva.

- Artigo 147: de acordo com ele, os estabelecimentos que comercializam bebida alcoólica, que não possuem adequação acústica e que causem algum prejuízo ao sossego público não podem funcionar entre 1h e 5h. A abertura do espaço para limpeza não é infração, a não ser que gere incômodo.

- Artigo 148: este é o artigo que define as penalidades pelo descumprimento dos itens anteriores.

Isto posto, verifica-se que a referida legislação não impõe qualquer tipo de limite, valor ou método de medição para os níveis de ruído, sendo extremamente subjetiva. Além disso, os fiscalizadores não podem fiscalizar obras; aparelhos sonoros de viaturas, ambulâncias e semelhantes; residências; veículos; dentre outros.

Ademais, outra importante ferramenta no planejamento urbano, o Mapa de Ruído, só teve sua elaboração aprovada pelo Legislativo da cidade de São Paulo em 21/07/2016. A Lei no 16.499/2016 obriga o Poder Executivo Municipal a elaborar o “Mapa do Ruído Urbano da Cidade de São Paulo” (o mesmo ainda não foi finalizado); tendo sido regulamentada pelo Decreto nº 58.737, em 2 de maio de 2019.

O mapa de ruído é uma importante ferramenta de planejamento urbano para o estudo, diagnóstico e controle do ruído ambiental. É uma representação gráfica dos níveis sonoros de uma região, em um determinado momento, com possibilidades de diversos formatos como perspectivas, cortes, fachadas e plano horizontal (como planta baixa). Através dessa ferramenta é possível quantificar o nível de ruído existente (figuras 16 e 17), identificar as fontes emissoras e as áreas com níveis acima do admitido, verificar o número de pessoas e de edificações sensíveis (habitações, escolas e hospitais) afetadas, criar diferentes cenários futuros e prever o impacto de novas estruturas e atividades [Cortês e Niemeyer, 2019].

A nível mundial, a elaboração de Mapas de Ruído não é recente, remontando o início do século 2000.

O maior avanço na gestão, controle e avaliação do ruído ambiental foi dado pelos países europeus com a Diretiva Europeia 2002/49/EC, que requereu a

avaliação acústica através da elaboração de mapas estratégicos de ruído em aglomerados com mais de 250.000 habitantes, bem como dos correspondentes planos de ação.

Apesar disso, um adequado plano de gestão de ruído urbano tem de contabilizar diversos fatores de ordem técnica, funcional, urbanística, temporal e financeira. A frágil correlação entre os mapas de ruído e a percepção sonora pelos cidadãos em grandes cidades têm, ainda, dado origem a nova investigação sobre mapas qualitativos e paisagens sonoras no sentido de melhor traduzir o fenômeno sonoro em espaço urbano e melhor desenhar soluções de controle de ruído [Bento Coelho e Alarcão, 2004].

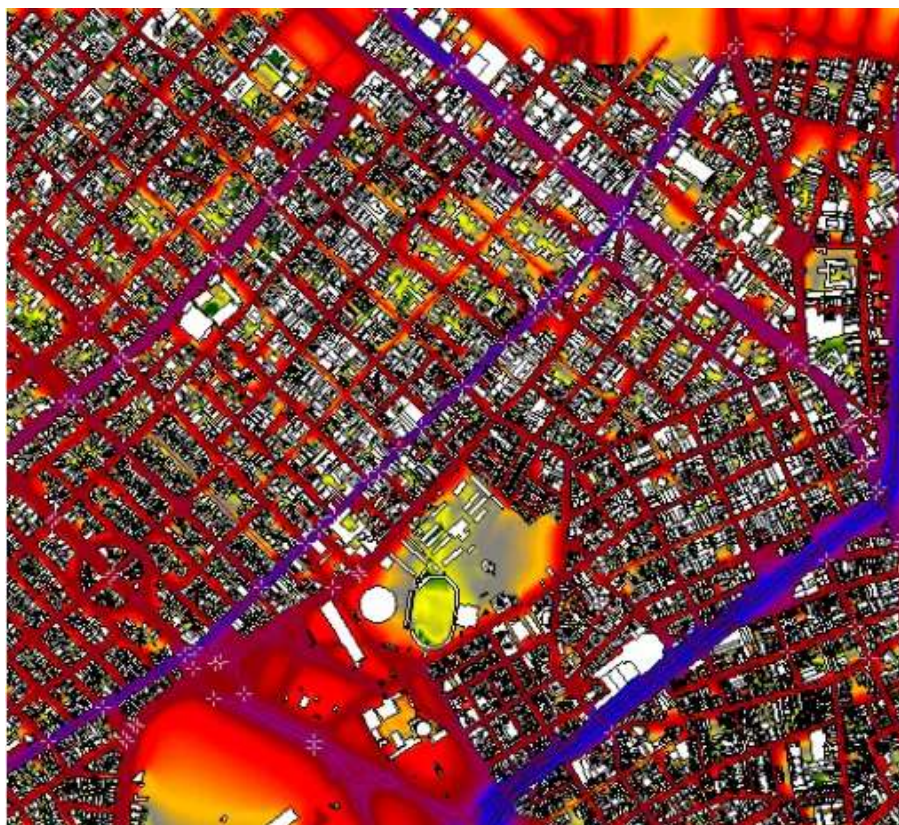


Figura 16: Mapa de Ruído Piloto da cidade de São Paulo, ruído diurno (fonte: adaptado de [INAD SP, 2018]).



Figura 17: Mapa de Ruído Piloto da cidade de São Paulo, ruído noturno (fonte: adaptado de [INAD SP, 2018]).

2.5. A Intensidade e o Incômodo do Ruído Aeronáutico

2.5.1. A Métrica DNL

Criada na década de 70 pela FAA (*Federal Aviation Administration*) em substituição a NEF (*Noise Exposure Forecast*), a métrica DNL (também conhecida como Ldn) vem sendo amplamente utilizada em países Europeus e Americanos, com grande sucesso, na avaliação da intensidade do ruído aeroportuário em comunidades (conforme já mencionado, é a métrica utilizada pela ANAC na confecção dos Planos de Zoneamento de Ruído (PZR's)).

Caracteriza-se por ser uma média, ponderada através de equação logarítmica, das emissões sonoras de ruído diurno e noturno medidas durante um período de 24 horas (figura 18). Devido ao seu caráter mais prejudicial à saúde (maior suscetibilidade a gerar incômodo), nesta métrica, o ruído noturno é penalizado em 10 dB, ou seja, acrescenta-se dez decibéis ao valor efetivamente medido, conforme evidenciado na equação (1).

Em atendimento a NBR 10151/2019 - Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, o período noturno não deve ser considerado depois das 22:00h e não deve terminar antes das 7:00h. Se o dia seguinte for domingo ou feriado, não deve terminar antes das 9:00h.

$$DNL = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{24} \left(15 \cdot 10^{\frac{L_{AeqD}}{10}} + 9 \cdot 10^{\frac{L_{AeqN} + 10}{10}} \right) \right] \quad (1)$$

Ruído Diurno
Ruído Noturno
Penalização

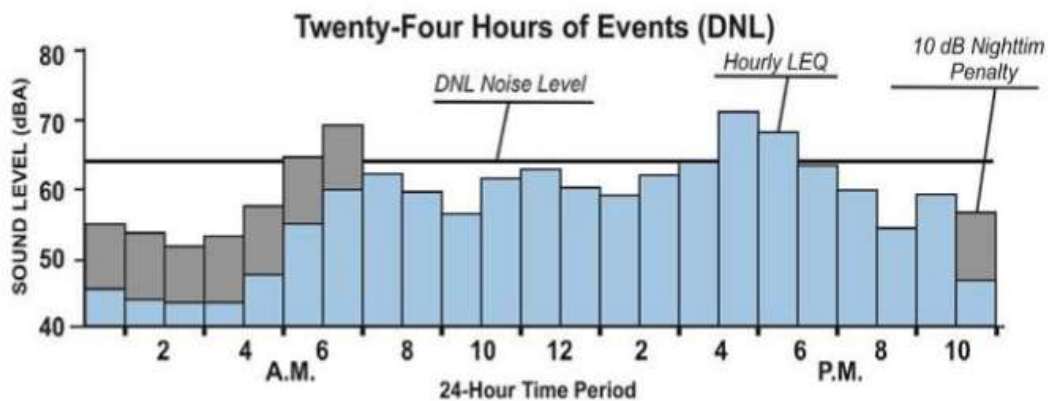


Figura 18: Exemplo de medição de DNL. Destaque para penalidade noturna em cinza (fonte: adaptado de [Bentes, 2013]).

2.5.2. A equação de Schultz

A intensidade do ruído gerado (quantificada pela métrica DNL) e o número de pessoas por ele incomodadas não podem ser correlacionados de maneira linear.

A metodologia para calcular o número de pessoas altamente incomodadas pelo ruído consiste em dividir a população em grupos (classes) de acordo com exposição sonora (por tempo de exposição) [Schultz, 1978].

A primeira equação matemática que buscou correlacionar a métrica DNL e o percentual de pessoas incomodadas da comunidade foi desenvolvida por Schultz em 1978. A partir de levantamentos associados ao ruído aéreo, tráfego urbano, tráfego de autoestradas e tráfego de ferrovias, concluiu que a relação estatística entre a percentagem da população incomodada e o nível de ruído é essencialmente independente da fonte de ruído.

Em seu estudo, Schultz se baseou em onze pesquisas sociais e 161 dados (figura 19), demonstrando que, quando caracterizados como porcentagem de pessoas altamente irritadas em função do DNL (denominada por ele de *Highly Annoyed* (%HA) ou *Highly Annoyed People* (%HAP)), como na figura 20) estes eram notavelmente consistentes entre si, desenvolvendo assim, como estimativa, a seguinte equação polinomial de terceira ordem descrito pela equação (2) – percebe-se que em torno de 65 dB, a curva torna-se mais acentuada (figura 19):

$$\%HA = 0,8533DNL - 0,0401DNL^2 + 0,00047DNL^3 \quad (2)$$

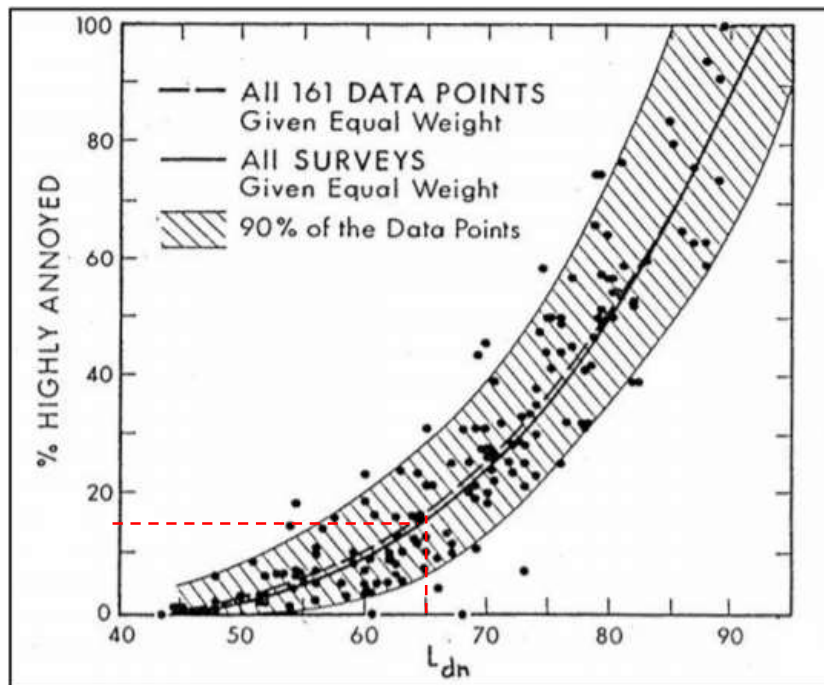


Figura 19: Curva original de Schultz (fonte: adaptado de [Schultz, 1978]).

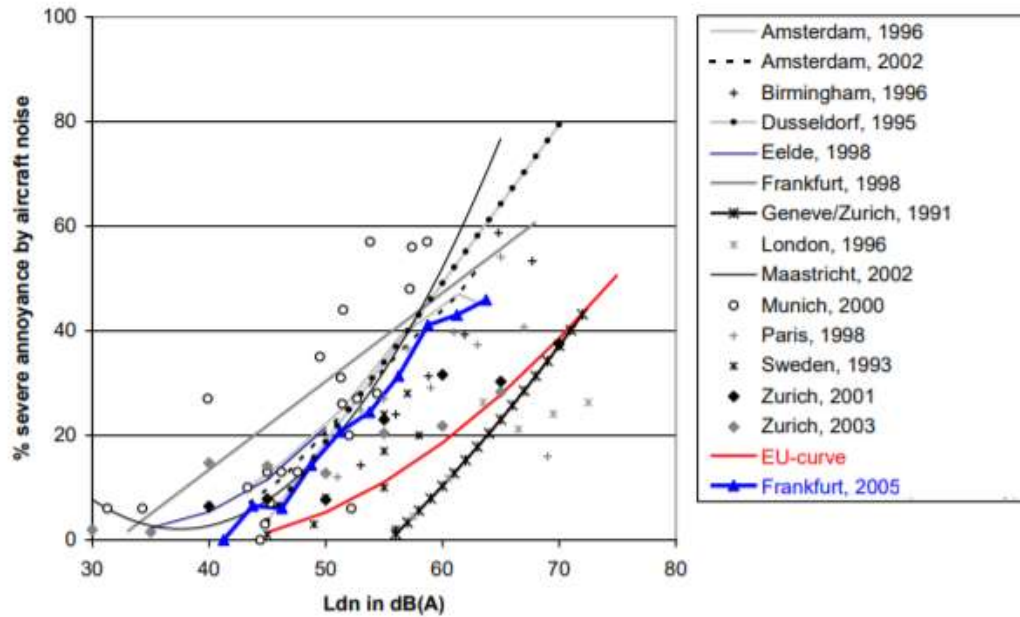


Figura 20: Curvas do percentual de pessoas altamente incomodadas por ruídos de aeronaves em algumas cidades/países europeus (fonte: adaptado de [Schreckenber *et al*, 2010]).

Depois do estudo de Schultz diversos outros foram realizados ao redor do mundo (destacam-se os dados das seguintes agências: *Environmental Protection Agency – EPA*, *National Research Council - NRC*, *Organization for Economic Cooperation and Development – OECD*).

Apesar disso, devido a sua simplicidade de aplicação e boa precisão, estando de acordo com as normativas brasileiras no que diz respeito a equipamentos e critérios de avaliação (tais como o RBAC 161) a equação de Schultz é amplamente utilizada (tabelas 3 e 4).

Tabela 3: – Cálculo do %HA em função do DNL utilizando-se a equação de Schultz (fonte:

[Autor, 2021]).

	Schultz							
DNL	50	55	60	65	70	75	80	85
%HA	1.2	3.8	8.4	15.1	24.5	36.7	52.3	71.4

Tabela 4: – %HA das agências EAP, OECD e NRC (fonte: adaptado de [Regazzi, 2015]).

Nível de Ruído	Percentual de %HAP das agências		
	EPA	OECD	NRC
DNL			
50	7,2	0	2, 259
55	16,2	10	4, 577
60	25,2	20	8, 672
65	34,2	30	15, 173
70	43,2	40	24, 493
75	52,2	50	36, 866

3 Avaliação de Imóveis

3.1. Contexto Histórico da Avaliação de Imóveis no Brasil

De acordo com Delaqua (2007), os primeiros trabalhos dos quais se têm relatos sobre a avaliação de imóveis no Brasil, datam do início do século XX, por volta do ano de 1918.

Na década de 50, por sua vez, surgem as primeiras normas de avaliação de imóveis organizadas por entidades públicas e institutos voltados para a engenharia de avaliações. Um exemplo disso é o IBAPE, que surgiu em 1957, em São Paulo. Devido as grandes desapropriações em massa de imóveis, os profissionais ligados a essa instituição tinham o objetivo de criarem leis e tecnologias para a realização das avaliações. Porém, foi apenas em 1977 que a ABNT publicou a primeira norma brasileira para avaliação de imóveis urbanos, a NB 502. Em 1980 esta norma sofreu uma primeira revisão e foi registrada no INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) como NBR 5676. Esta norma tinha como novidade o estabelecimento de níveis de precisão na avaliação [Delaqua, 2007].

Atualmente, a avaliação de imóveis urbanos no Brasil é regida pela NBR 14653-2, publicada em fevereiro de 2011. Esta norma é uma atualização da antiga NBR 5676 e da NBR 14653-2 de 2004, que a substituiu.

3.2. NBR 14653/2011

A NBR 14653/2011 está dividida em sete partes, com relativa independência entre si, são elas:

- Parte 1: Avaliação de bens – Parte 1: Procedimentos gerais;
- Parte 2: Avaliação de bens – Parte 2: Imóveis urbanos;
- Parte 3: Avaliação de bens – Parte 3: Imóveis rurais;
- Parte 4: Avaliação de bens – Parte 4: Empreendimentos;

- Parte 5: Avaliação de bens – Parte 5: Máquinas, equipamentos, instalações e bens industriais em geral;
- Parte 6: Avaliação de bens – Parte 6: Recursos naturais e ambientais;
- Parte 7: Avaliação de bens – Parte 7: Patrimônios históricos.

A parte dois é a que trata especificamente da avaliação de imóveis urbanos, sendo sobre ela que nos debruçaremos.

3.2.1. Parte 2 – Métodos de Avaliação

Na parte 2 da NBR 14653/2011, são descritos quatro métodos para a avaliação de imóveis urbanos: Involutivo, Evolutivo, Da Renda e Comparativo Direto de Dados de Mercado (MCDDM); podendo ser simplificada e explicitados:

- Método Involutivo: é o método mais utilizado por construtoras e incorporadoras. Ele consiste na precificação da propriedade de acordo com o aproveitamento do terreno. O profissional deve levar em conta todos os rendimentos projetados que a construtora terá com salas comerciais, apartamentos, quitinetes, indústrias, entre outros exemplos; a depender do projeto a ser implantado.

- Método Evolutivo: também denominado método do custo de reprodução, ou método do custo. Utiliza como fundamento para avaliação realizações de benfeitorias. É um método analítico que consiste na obtenção do valor do imóvel por meio do cálculo direto, ou indireto, dos valores do terreno e das benfeitorias, devendo ser considerada, também, a conjuntura do mercado. Em geral, utiliza-se o método evolutivo quando da avaliação de imóveis industriais/logísticos, podendo-se utilizar o método comparativo ou o método involutivo para avaliar o terreno e avaliar as benfeitorias pelo método do custo, dado que as plantas industriais guardam poucas semelhanças entre si, o que inviabiliza a utilização do método comparativo direto para formar o valor do imóvel;

- Método da Renda: o método da renda fundamenta-se no preceito de que o valor de um empreendimento é determinado por sua capacidade de gerar renda, por exemplo, aluguel. Esse método ajusta o valor do imóvel e de suas partes constitutivas de acordo com a capitalização presente da renda líquida, seja ela real

ou presumida. O método exige que sejam determinados o período de capitalização e a taxa de desconto a ser aplicado nos fluxos de caixa (ou seja, baseia-se no método do fluxo de caixa descontado);

- Método Comparativo Direto de Dados de Mercado: o MCDDM é o método escolhido como preferencial. Segundo recomendação normativa, para a identificação de valor de mercado, sempre que possível, deve-se utilizá-lo. A avaliação baseia-se nas principais características do imóvel. São considerados fatores tais como: vocação do imóvel (para qual uso o mesmo se destina), sua localização, confrontantes, zoneamento, entre outros elementos. Após levantados, esses dados são comparados com os mesmos de outros imóveis similares, e assim atribuído um valor ao imóvel avaliando. Por meio desse método o tratamento dispensado aos elementos, para serem levados à formação do valor, deve ser feito através da estatística descritiva, quando utilizado o tratamento por fatores, e da estatística inferencial quando utilizado o tratamento científico [Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, 2017].

3.2.1.1. MCDDM - Tratamento por Fatores

O procedimento de cálculo do MCDDM, conforme Tratamento por Fatores, procura corrigir os valores dos elementos comparativos levando os mesmos a patamares semelhantes ao do imóvel avaliando com base em fatores de homogeneização pré-estabelecidos. [Chebib Awad, 2017].

Segundo a preconiza NBR 14.653-2/2011, o Tratamento por Fatores é aplicável a uma amostra composta por dados de mercado com as características mais próximas possíveis das do imóvel avaliando, devendo ser calculados por metodologia científica e justificados do ponto de vista teórico e prático.

Dessa forma, de acordo com Awad, é importante a compreensão de que os fatores são relações pré-estabelecidas que buscam justificar variações dos preços em relação as características físicas e/ou de localização. Essas relações são apresentadas na forma de equações ou até mesmo em tabelas parametrizadas. No anexo B da referida norma, que descreve os procedimentos para a utilização do Tratamento por Fatores, observa-se que os mesmos não podem ser utilizados fora do campo para o qual foram calculados, em relação às características físicas, regionais e validade temporal [Chebib Awad, 2017].

O Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia do estado de São Paulo (IBAPE/SP, 2011), referência nacional, dispõe que o conjunto de fatores aplicado a cada elemento amostral será considerado como homogeneizante quando, após a aplicação dos respectivos ajustes, se verificar que o conjunto de novos valores homogeneizados apresenta menor coeficiente de variação dos dados que o conjunto original. Devem refletir, em termos relativos, o comportamento do mercado, numa determinada abrangência espacial e temporal, com a consideração de:

- Elasticidade de preços;
- Localização;
- Fatores de forma (testada, profundidade, área ou múltiplas frentes);
- Fatores padrão construtivo e depreciação.

Assim, os principais fatores e metodologias utilizados na avaliação de imóveis urbanos residenciais são:

- Fator oferta: busca quantificar o “desejo de vender” e o “desejo da negociação ser realizada”. Deverá ser verificada no mercado a variação entre os elementos efetivamente negociados e os em oferta.
- Fator localização (transposição): busca quantificar a “nobreza” da região em que os imóveis pesquisados estão instalados. Quando existir, deverão ser utilizados os índices fiscais municipais referentes à localização. Caso contrário deverá justificar-se a quantificação do fator localização por metodologias específicas.
- Fator área: busca quantificar a relação entre as áreas dos imóveis pesquisados. O fator de área deverá ser definido através de uma análise criteriosa do respectivo banco de dados e deverá ser devidamente fundamentada tecnicamente. Também é possível a utilização de fórmulas consagradas para correção de área, existentes na bibliografia, desde que devidamente justificadas.
- Fator de acabamento: busca quantificar o padrão construtivo dos imóveis pesquisados. Para o ajustamento do atributo são usualmente utilizados os valores unitários publicados pelo SINDUSCON regional, SINAPI ou outra publicação oficial. As tabelas publicadas contemplam, de modo geral, os padrões baixo, normal e alto, admitindo-se o uso do padrão mínimo e

popular. Estas tabelas poderão ser ampliadas para muito alto, luxo e super luxo, desde que os valores atribuídos a essas novas classes sejam devidamente justificados.

- Fator de depreciação física: busca quantificar a deterioração dos imóveis pesquisados. Para ajustamento do atributo poderão ser calculados os índices de depreciação, preferencialmente pelo Critério de Ross-Heidecke, verificando a relação entre os índices do elemento avaliando e dos pesquisados.

3.2.1.2. MCDDM - Tratamento Científico

Diferentemente do tratamento por fatores, o MCDDM por tratamento científico utiliza evidências empíricas, pelo uso de metodologia científica, que direcione à indução de modelo validado para o comportamento do mercado.

Assim sendo, para inferir o comportamento do mercado pelo tratamento científico, podem ser utilizadas equações de regressão por meio da estatística inferencial, desde que devidamente justificadas do ponto de vista teórico e prático.

Em suma, segundo o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, (2018), o tratamento científico deduz uma equação de regressão a partir dos dados de mercado pesquisados, através da estatística inferencial.

A análise da regressão 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.

Com base em uma amostra extraída do mercado, os parâmetros populacionais são estimados por inferência estatística com o auxílio de software específico.

A representação gráfica de um modelo de regressão linear simples é uma reta que passa mais próxima dos pontos observados, dispostos em um plano formado por dois eixos cartesianos. Quando o modelo é composto por duas variáveis independentes, os pontos estão dispostos no espaço, formado por três eixos cartesianos, assim as relações são descritas por um modelo de regressão múltipla, comuns no campo da Engenharia de Avaliações [Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, 2018].

3.3. Elementos que influenciam no valor do imóvel urbano residencial

O imóvel urbano comercial é uma propriedade cuja finalidade é auxiliar o proprietário, ou inquilino, em suas atividades empresariais, oferecendo estrutura para que essas ações possam ser realizadas. Dessa forma os imóveis comerciais não são habitados, sendo utilizados como local de passagem e trânsito de pessoas; onde são desenvolvidas atividades ou oferecidos serviços.

O imóvel residencial, por sua vez, possui como finalidade exclusiva, a moradia. No presente trabalho se restringirá a análise de imóveis urbanos residenciais, ou seja, aqueles que podem ser habitados de maneira permanente.

São muitos os elementos que podem influenciar no preço de um imóvel urbano residencial. Além de aspectos relacionados à demanda de mercado, como a lei da oferta e da procura, o comprador, na hora de realizar sua aquisição, sempre busca observar a questão financeira e documental (conferindo e formulando o melhor contrato), atrás de elementos que, no longo prazo, valorizem seu bem.

Nesta seara, a Revista ZAP Imóveis realizou, no ano de 2013, uma simulação de quanto cada elemento pode ser responsável por influenciar o preço de um imóvel residencial (figura 21). Como resultado constatou-se, dentre outros, que os três fatores mais significativos na formação do preço são: a localização (25%), segurança (15%) e vagas de garagem (15%).

Fatores que influenciam no preço do imóvel

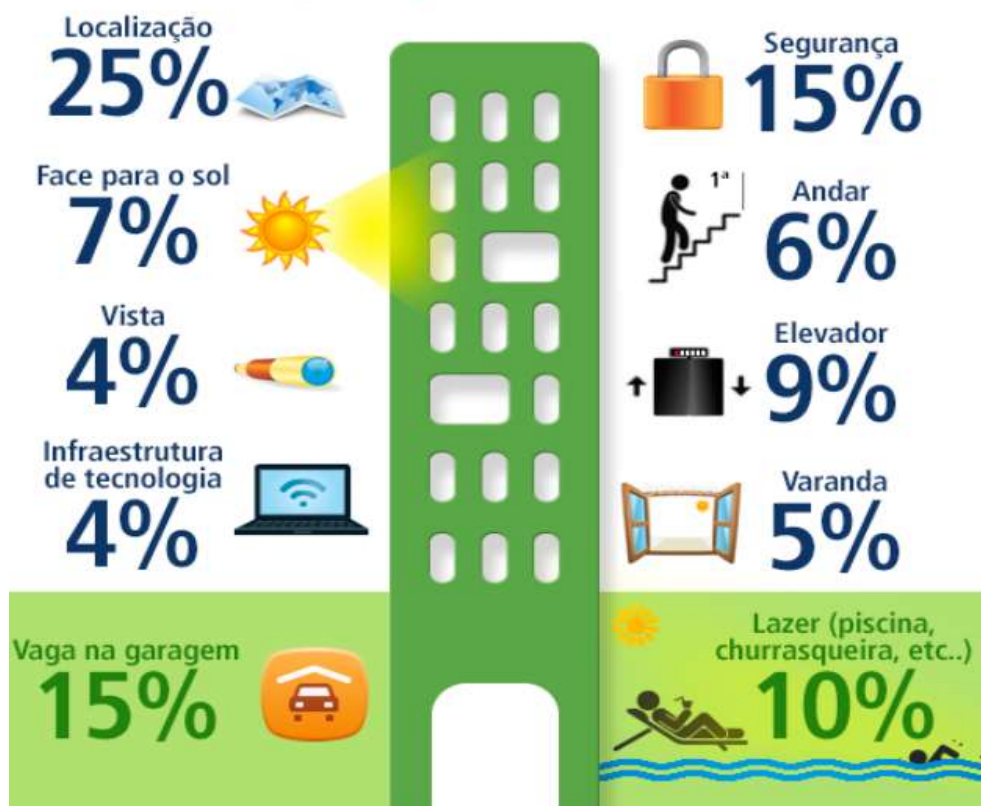


Figura 21: Quanto cada elemento pode ser responsável por influenciar o preço de um imóvel residencial (fonte: adaptado de [Revista ZAP Imóveis, 2013]).

Desta necessidade da quantificação de elementos, a priori, variados, manifesta-se a necessidade da avaliação imobiliária.

3.4. Agrupamento e classificação dos principais fatores utilizados na avaliação de imóveis urbanos residenciais

Analisando-se a literatura existente, é possível se constatar que, apesar dos fatores utilizados na avaliação de imóveis urbanos pelo MCDDM serem amplamente aproveitados, difundidos, formulados e, por vezes, tabelados, os elementos que os originam não são classificados.

De fato, muitos dos fatores existentes estão intrinsecamente correlacionados à própria estrutura física do imóvel (edificação), buscando quantificar variações no tamanho, na qualidade dos materiais utilizados e na existência ou não de patologias e/ou vícios construtivos (fator área, acabamento e depreciação; por exemplo). Esses

fatores são tais que, sem o imóvel em si (estrutura física específica), não existiriam. Por óbvio, não é sensato discutir tamanho de área ou padrão de construção sem que a edificação já esteja concretamente erigida.

No lado oposto, existem fatores que se descolam completamente da estrutura física da edificação. O fator oferta, por exemplo, é usado para descontar valores excedentes devido à especulação do mercado e tornar os dados disponíveis homogêneos quanto à fonte da informação. Em suma, busca adequar os valores de cada imóvel conforme a lei da oferta e procura; sendo assim uma variável puramente mercadológica.

Numa terceira via, por sua vez, podemos encontrar fatores mais subjetivos, de difícil quantificação, tal como o fator localização. Logicamente, para a qualificar a localização de um imóvel é necessário considerar algumas variáveis, tais como: o acesso às principais vias; a proximidade de comércio e serviços; a tranquilidade e segurança do bairro; o ruído urbano existente na localidade, dentre outros. Ou seja, características relacionadas a percepção humana de conforto e habitabilidade. Devido a complexidade da quantificação destas variáveis que compõe o fator localização, o mesmo acaba por ser simplificado, vindo a adequar, de maneira genérica, as diferenças de melhor ou pior posição dos imóveis da amostra em relação ao endereço do imóvel avaliando (geralmente, para sua quantificação, utiliza-se os valores da planta genérica de valores (PGV) do município – onde os parâmetros aplicáveis dependem da tipologia do imóvel); o que, em muitos casos, não corresponde a percepção real.

Assim sendo, de maneira a se facilitar o estudo, a qualificação e a quantificação dos diferentes fatores que influenciam o valor venal dos imóveis urbanos residenciais, propõe-se a divisão dos fatores em três grandes grupos: fatores humanos – relacionados a percepção humana de conforto e habitabilidade, fatores físicos – relacionados as características físicas dos imóveis e fatores mercadológicos – relacionados a momentos de crises de mercado, investimentos elevados (ou não) em determinada região, etc.

4 Modelagem e Desenvolvimento do Fator Ruído – Caso do Aeroporto de Congonhas

Conforme explicitado, em casos específicos, principalmente os fatores classificados como fatores humanos, de caráter mais subjetivo, não conseguem ser corretamente mensurados pelas métricas tradicionais de quantificação dos fatores. No caso dos imóveis vizinhos ao aeroporto de Congonhas, isso fica mais claramente evidenciado.

Neste caso, o ruído urbano provocado pela operação das aeronaves que utilizam o aeroporto, extremamente incômodo e prejudicial para a saúde da população local, apesar de compor a variável localização, não é concretamente levado em conta quando da quantificação do fator localização pelo método tradicional da utilização dos valores da PGV.

A PGV foi primeiramente implantada no Brasil na cidade de São Paulo, em 1952; denominada de “Planta Genérica de Valores de Terrenos”. Inicialmente, São Paulo registrou os valores dos metros quadrados de terreno por face de quadra, incluindo “fatores de correção” relativos à localização de cada lote na quadra (se de esquina, encravado, vila, dentre outros).

Atualmente, em geral, os municípios adotam para o cálculo do valor venal dos imóveis na PGV o custo de construção por metro quadrado e, com base no tipo e padrão da edificação, aplicam fatores de correção. Comumente, os fatores utilizados nas correções são relativos à depreciação pela idade e estado de conservação da construção, os quais podem reduzir o valor original da edificação. Também é usual a aplicação de índices que visam a correção da inflação para atualizar o valor do imóvel, o que, muitas vezes, nada significa em relação ao seu real valor, pois o mercado imobiliário não segue, a rigor, a inflação.

Fica evidenciado que os valores da PGV não conseguem capturar a importância do ruído urbano, por exemplo, no valor dos imóveis nas localidades em que o mesmo se apresenta de maneira mais relevante (caso dos imóveis lindeiros ao aeroporto de Congonhas), motivo este pelo qual faz-se necessário quantificar, nestas localizações, o ruído urbano como um fator independente, separando-o da variável localização que intrinsecamente compõe.

O fator ruído, depois de separado da localização, enquadra-se na mesma categoria, ou seja, dos fatores humanos (figura 22).

Assim sendo, em função da lacuna conceitual para o fator ruído, definido especificamente para imóveis vizinhos ao aeroporto de Congonhas, no município de São Paulo, aborda-se neste capítulo os procedimentos adotados e os tratamentos estatísticos realizados para defini-lo.

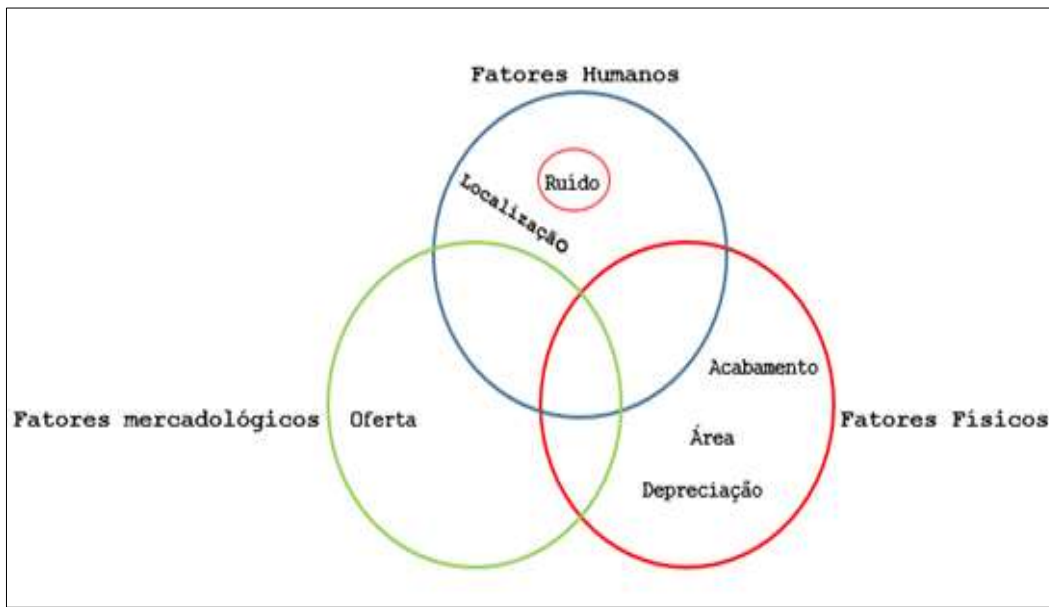


Figura 22: As três grandes classes de fatores para avaliação imobiliária de imóveis urbanos.

Destaque para o fator ruído independente (fonte: [Autor, 2021]).

4.1. Pesquisa Imobiliária e Metodologia

O aeroporto de Congonhas apresenta diversos bairros em seu entorno (Campo Belo, Jardim Aeroporto, Parque Jabaquara, Jabaquara, Planalto Paulista, dentre outros). Destes, os mais afetados pelo ruído aeronáutico são aqueles próximos às cabeceiras da pista, onde os aviões, durante o procedimento de aterrissagem e decolagem, aproximam-se de maneira mais intensa dos edifícios. Dessa forma, optou-se por concentrar a pesquisa imobiliária no bairro do Jabaquara e Campo Belo, não se limitando, porém, a estes.

Apesar de localizarem-se próximos a cabeceiras opostas, os bairros do Jabaquara e Campo Belo (figuras 23 e 24) apresentam uma ocupação semelhante próximo à região do aeroporto. Ambos apresentam edificações majoritariamente residenciais, com predominância de apartamentos de classe média (padrão médio) – figuras 25 e 26.



Figura 23: Localização do bairro do Campo Belo em relação a pista do aeroporto de Congonhas (fonte: [Autor, 2021]).



Figura 24: Localização do bairro do Jabaquara em relação a pista do aeroporto de Congonhas (fonte: [Autor, 2021]).



Figura 25: Exemplos de edifícios de padrão construtivo médio nos bairros de Campo Belo e Jabaquara respectivamente. (fonte: [Autor, 2021]).



Figura 26: Exemplos de edifícios de padrão construtivo médio nos bairros de Campo Belo e Jabaquara respectivamente. (fonte: [Autor, 2021]).

Isto posto, foi realizada uma pesquisa imobiliária de apartamentos de padrão construtivo médio, de maneira que fosse possível caracterizar a situação paradigma objeto de estudo (tabela 5). Os dados de mercado foram coletados de forma criteriosa, tendo sido todos os elementos comparativos examinados de maneira individualizada com base na pesquisa de mercado e análise técnica. Para cada um

dos elementos foram coletadas informações sobre área, localização, número de vagas, estado de conservação e ruído.

A seguir, listam-se as considerações mais pertinentes deste processo:

- Os elementos comparativos foram coletados nos anos de 2019 e 2021. No ano de 2020, devido a pandemia de SARS-CoV-2, vírus causador da COVID 19, o número de apartamentos anunciados se reduziu muito e o contato com proprietários e corretores tornou-se difícil.
- Para os elementos comparativos coletados (nos anos de 2019 e 2021), não se considerou qualquer tipo de correção monetária.
- Da pesquisa realizada, foram aproveitados 31 elementos;
- A limitação da amplitude de valores unitários amostrais em cada padrão foi, no máximo, de 100% para mais e 50% para menos, da média amostral.
- Os proprietários e/ou corretores de imóveis contactados não autorizaram a divulgação de seus telefones ou do endereço completo dos apartamentos, de maneira que foi apresentada apenas o bairro e a rua em que os mesmos se localizam. A divulgação de imagens internas também não foi autorizada.
- Todos os proprietários e/ou corretores contactados afirmaram não existir proteção acústica em seus apartamentos
- Todos os elementos, por serem imóveis ofertados, sofreram um desconto de 10% em seu valor (a título de fator oferta, buscando quantificar o “desejo de vender” e o “desejo da negociação ser realizada”).
- A amostra estudada apresentou-se bastante homogênea, de maneira que todos os elementos estudados apresentavam a mesma quantidade de vagas (1 vaga) e aproximadamente o mesmo padrão de conservação, todos podendo ser considerados como bom.

Tabela 5: – Características da Situação Paradigma (fonte: [Autor, 2021]).

Situação Paradigma		
Variáveis	Ap. Médio	Variação
Área Útil (m²)	59	36-90
Índice Fiscal (R\$/m²)	405	238-793
Padrão	Médio	-
Conservação	Boa	-
Vagas	1	-
Ruído	1,2312	0,793-1,806

A partir do valor médio das variáveis coletadas para estes elementos amostrais (tabela 6), é possível definir a situação paradigma que será estudada:

Depois de definido o campo amostral e a situação paradigma a ser estudada, procedeu-se da seguinte maneira:

- Foi realizado o cálculo do tratamento científico, com base na Inferência Estatística, e definição da equação da regressão.
- Em cada elemento comparativo foi efetuada a correção da influência da área e localização, buscando neutralizar a influência dessas características na formação final do valor de cada elemento.
- Para o cálculo, cada elemento foi avaliado (utilizando a equação obtida na Inferência Estatística) com as características da situação paradigma e o ruído do próprio elemento.
- Por fim, foi calculado o fator ruído para o padrão estudado (padrão médio).

Tabela 6: – Elementos compartilhados coletados e aproveitados (fonte: [Autor, 2021]).

Elemento	Tipo	Valor Obtido	Fator Fonte	Valor do Imóvel	Padrão	Conservação	Área Útil	Vagas	Índice Fiscal	DNL	Ruído	Rua	Bairro
1	Apartamento	R\$ 480.000,00	0,90	R\$ 432.000,00	Médio	Boa	80	1	437	80	1,000	Av. Pedro Bueno	Jabaquara
2	Apartamento	R\$ 550.000,00	0,90	R\$ 495.000,00	Médio	Boa	90	1	491	75	0,833	Rua Des. Alípio Bastos	Jabaquara
3	Apartamento	R\$ 340.000,00	0,90	R\$ 306.000,00	Médio	Boa	55	1	487	75	1,364	Rua das Aroeiras	Jabaquara
4	Apartamento	R\$ 320.000,00	0,90	R\$ 288.000,00	Médio	Boa	57	1	487	75	1,316	Rua das Aroeiras	Jabaquara
5	Apartamento	R\$ 360.000,00	0,90	R\$ 324.000,00	Médio	Boa	55	1	487	75	1,364	Rua das Aroeiras	Jabaquara
6	Apartamento	R\$ 335.000,00	0,90	R\$ 301.500,00	Médio	Boa	62	1	295	65	1,048	Rua das Grumixamas	Jardim Oriental
7	Apartamento	R\$ 315.000,00	0,90	R\$ 283.500,00	Médio	Boa	49	1	300	65	1,327	Rua Santa Rita Doeste	Vila do Encontro
8	Apartamento	R\$ 430.000,00	0,90	R\$ 387.000,00	Médio	Boa	60	1	374	65	1,083	Av. Engenheiro Armando de Arruda Pereira	Jabaquara
9	Apartamento	R\$ 285.000,00	0,90	R\$ 256.500,00	Médio	Boa	41	1	306	70	1,707	Rua dos Buritis	Jardim Oriental
10	Apartamento	R\$ 200.000,00	0,90	R\$ 180.000,00	Médio	Boa	40	1	238	65	1,625	Rua Porcelana	Vila do Encontro
11	Apartamento	R\$ 540.000,00	0,90	R\$ 486.000,00	Médio	Boa	82	1	793	70	0,854	Rua Barão de Vallim	Campo Belo
12	Apartamento	R\$ 560.000,00	0,90	R\$ 504.000,00	Médio	Boa	82	1	793	65	0,793	Rua Barão de Vallim	Campo Belo
13	Apartamento	R\$ 350.000,00	0,90	R\$ 315.000,00	Médio	Boa	50	1	744	75	1,500	Rua Baronesa de Bela Vista	Vila Congonhas
14	Apartamento	R\$ 530.000,00	0,90	R\$ 477.000,00	Médio	Boa	72	1	744	75	1,042	Rua Baronesa de Bela Vista	Vila Congonhas
15	Apartamento	R\$ 255.000,00	0,90	R\$ 229.500,00	Médio	Boa	48	1	319	65	1,354	Rua das Grumixamas	Jabaquara
16	Apartamento	R\$ 370.000,00	0,90	R\$ 333.000,00	Médio	Boa	68	1	314	65	0,956	Rua das Grumixamas	Jabaquara

17	Apartamento	R\$ 360.000,00	0,90	R\$ 324.000,00	Médio	Boa	70	1	295	65	0,929	Rua das Grumixamas	Jabaquara
18	Apartamento	R\$ 320.000,00	0,90	R\$ 288.000,00	Médio	Boa	54	1	281	75	1,389	Rua das Aroeiras	Jabaquara
19	Apartamento	R\$ 310.000,00	0,90	R\$ 279.000,00	Médio	Boa	55	1	270	75	1,364	Rua das Aroeiras	Jabaquara
20	Apartamento	R\$ 297.000,00	0,90	R\$ 267.300,00	Médio	Boa	54	1	282	75	1,389	Rua das Aroeiras	Jabaquara
21	Apartamento	R\$ 300.000,00	0,90	R\$ 270.000,00	Médio	Boa	54	1	282	75	1,389	Rua das Aroeiras	Jabaquara
22	Apartamento	R\$ 340.000,00	0,90	R\$ 306.000,00	Médio	Boa	55	1	487	75	1,364	Rua das Aroeiras	Jabaquara
23	Apartamento	R\$ 265.000,00	0,90	R\$ 238.500,00	Médio	Boa	54	1	232	65	1,204	Rua Porcelana	Jabaquara
24	Apartamento	R\$ 198.000,00	0,90	R\$ 178.200,00	Médio	Boa	36	1	230	65	1,806	Rua Porcelana	Jabaquara
25	Apartamento	R\$ 322.000,00	0,90	R\$ 289.800,00	Médio	Boa	63	1	232	65	1,032	Rua Porcelana	Jabaquara
26	Apartamento	R\$ 398.000,00	0,90	R\$ 358.200,00	Médio	Boa	67	1	300	70	1,045	Rua dos Buritis	Jabaquara
27	Apartamento	R\$ 320.000,00	0,90	R\$ 288.000,00	Médio	Boa	48	1	316	70	1,458	Rua dos Buritis	Jabaquara
28	Apartamento	R\$ 330.000,00	0,90	R\$ 297.000,00	Médio	Boa	67	1	300	70	1,045	Rua dos Buritis	Jabaquara
29	Apartamento	R\$ 380.000,00	0,90	R\$ 342.000,00	Médio	Boa	55	1	330	70	1,273	Rua dos Buritis	Jabaquara
30	Apartamento	R\$ 350.000,00	0,90	R\$ 315.000,00	Médio	Boa	58	1	330	70	1,207	Rua dos Buritis	Jabaquara
31	Apartamento	R\$ 490.000,00	0,90	R\$ 441.000,00	Médio	Boa	63	1	764	70	1,111	Av. Miruna	Indianópolis

4.2. Tratamento Estatístico dos Dados de Mercado

4.2.1. Variáveis Explicativas Estudadas

Conforme mencionado, todos os elementos estudados apresentavam a mesma quantidade de vagas (1 vaga) e aproximadamente o mesmo padrão de conservação, todos podendo ser considerados como bom. Dessa forma, a quantidade de vagas e o estado de conservação não foram consideradas variáveis explicativas para a formação do modelo.

4.2.1.1. Área e Localização

Para as variáveis área e localização, utilizou-se a metodologia clássica, de forma que estas variáveis foram assim representadas:

- Área Útil (m^2) = variável quantitativa representada pela área útil do apartamento pesquisado.
- Localização ($R\$/m^2$) = variável quantitativa representada pelo Índice Fiscal da PGV do Município de São Paulo.

4.2.1.2. Ruído

Para a variável ruído, não existe na literatura qualquer referência. Assim sendo, a mesma foi desenvolvida.

Inicialmente, a posição dos elementos coletados foi cotejada, de maneira visual, com a planta do PEZR Congonhas 2019 (anexo A). Conforme já mencionado, o PEZR apresenta, segundo a métrica DNL, cinco curvas de ruído (65 dB, 70dB, 75dB, 80dB e 85dB), calculadas por meio de programa computacional. Dessa forma, para cada elemento obteve-se um valor de ruído associado a operação do aeroporto. Os valores encontrados para as amostras variam entre 65-80 dB; a curva de 85 dB localiza-se dentro dos limites do aeroporto, de forma que nenhum dos elementos pesquisados foi por ela abrangido.

Apesar disso, não é razoável que valor do imóvel tenha correlação direta com o ruído discriminado na planta do PEZR em si, mas sim com o incômodo que o mesmo é capaz de gerar dentro do apartamento. Conforme demonstra a equação de Schultz (equação 2) o incômodo deve ser mensurado de acordo com a exposição sonora (por tempo de exposição). Assim sendo, é razoável que pessoas que habitam

apartamentos maiores estejam menos tempo expostas a elevados graus de ruídos oriundos da operação de aeronaves. Apartamentos maiores possuem, habitualmente, mais cômodos e, conseqüentemente, mais paredes (dentro de um apartamento, as paredes são o principal isolante de ruídos externos; no Brasil, como as paredes são geralmente executadas em alvenaria cerâmica, isto fica mais evidenciado). Além disso, apartamentos maiores costumam ter mais moradores, de maneira que sons internos ao apartamento, mais frequentes, tais como barulhos de eletrodomésticos e aparelhos de televisão, sobrepõem-se aos ruídos externos, mitigando a sensação de incômodo.

De maneira ilustrativa: para dois apartamentos (um maior e outro menor) presentes na mesma faixa de ruído (65 dB, por exemplo), o maior seria menos desvalorizado pelo incômodo gerado pelo ruído de operação do aeroporto do que o menor.

Dessa forma, a variável ruído foi assim representada:

- Ruído (dB/m²) = variável quantitativa representada pelo ruído associado à operação do aeroporto de Congonhas dividido pela área útil do apartamento pesquisado.

4.2.2. Equação de Regressão

Para a Estatística Inferencial, foi utilizado o programa de regressão linear múltipla e de redes neurais artificiais – “Infer 32”. O modelo pesquisado escolhido apresentou os seguintes atributos e características:

Variáveis Independentes (X):

- X1 = Área Útil [AU] (m²) = Variável quantitativa. À medida que aumenta a Área de Útil (m²), aumenta o valor do apartamento.
- X2 = Localização [Loc] (R\$/m²) = Variável quantitativa. À medida que aumenta a o Índice Fiscal aumenta o valor do apartamento.
- X3 = Ruído [R] (dB/m²) = Variável quantitativa. À medida que aumenta o Ruído diminui o valor do apartamento.

Variável Dependente (Y):

- Y1 = Trata-se do valor do apartamento [Vap] (R\$).

Equação de Regressão:

Foi adotado o seguinte modelo de equação de regressão (figura 27):

$$[VAp] = 179817 + 3384,4x[AP] - 4,0541x10^7/[Loc] + 71060/[R] \quad (3)$$

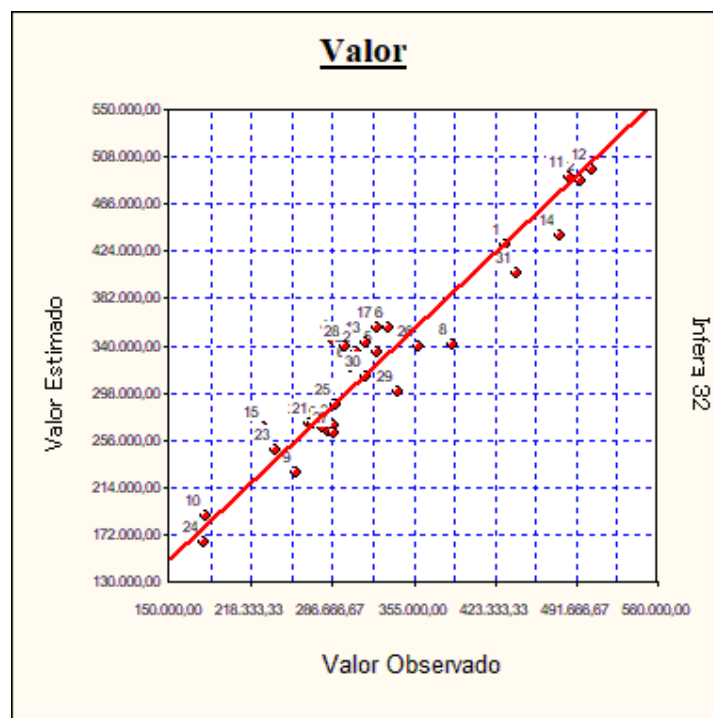


Figura 27: Gráfico do Valor Estimado x Preço Observado (fonte: [Autor, 2021]).

Observa-se que o modelo estudado, apresentou indicadores e coeficientes satisfatórios. Também é possível constatar que todas as variáveis estudadas foram consideradas na formação do modelo, inclusive a variável ruído.

- **Coefficiente de correlação (R) 0,9518**
- Valor t calculado: 16,13
- Valor t tabelado (t crítico): 2,771 (para o nível de significância de 1,00 %)

- Coeficiente de determinação (R^2): 0,9060
- **Coeficiente R^2 ajustado: 0,8955**

4.2.3. Informações Relevantes para a Composição do Modelo

Além disso, do tratamento estatístico realizado, também destacam-se as seguintes informações relevantes:

Correlações Parciais (tabela 7)

Tabela 7: Correlações Parciais (fonte [Autor, 2021]).

	Valor	Área	Localização	Ruído
Valor	1,0000	0,8748	-0,7698	0,8008
Área	0,8748	1,0000	-0,5150	0,9480
Localização	-0,7698	-0,5150	1,0000	-0,3920
Ruído	0,8008	0,9480	-0,3920	1,0000

Análise da Variância (tabela 8)

Por meio do teste F de Snedecor, aceita-se a hipótese de existência da regressão; com o nível de significância se enquadrando no Grau III da NBR 14653-2.

Tabela 8: Tabela da Análise da Variância, teste F de Senedecor (fonte [Autor, 2021]).

Fonte de erro	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado
Regressão	$2,0098 \times 10^{11}$	3	$6,6993 \times 10^{10}$	86,73
Residual	$2,0856 \times 10^{10}$	27	$7,7247 \times 10^8$	
Total	$2,2183 \times 10^{11}$	30	$7,3946 \times 10^9$	

- **F Calculado: 86,73;**
- F Tabelado: 4,601 (para o nível de significância de 1,000 %);
- Significância do modelo igual a $5,6 \times 10^{-12}$ %

Significância dos Regressores (bicaudal) – (tabela 9, figura 28)

Por meio do teste t de Student, aceita-se a hipótese de que os coeficientes são importantes na formação do modelo; com o nível de significância se enquadrando no Grau III da NBR 14653-2.

(Teste bicaudal - significância 10,00%)

• **Coefficiente t de Student: t (crítico) = 1,7033**

Tabela 9: Tabela da Significância dos Regressores, teste t de Student (fonte [Autor, 2021]).

Variável	Coefficiente	t Calculado	Significância	Aceito
Área	b1	8,450	$4,6 \times 10^{-7} \%$	Sim
Localização	b2	7,698	$2,8 \times 10^{-6} \%$	Sim
Ruído	b3	2,541	1,7%	Sim

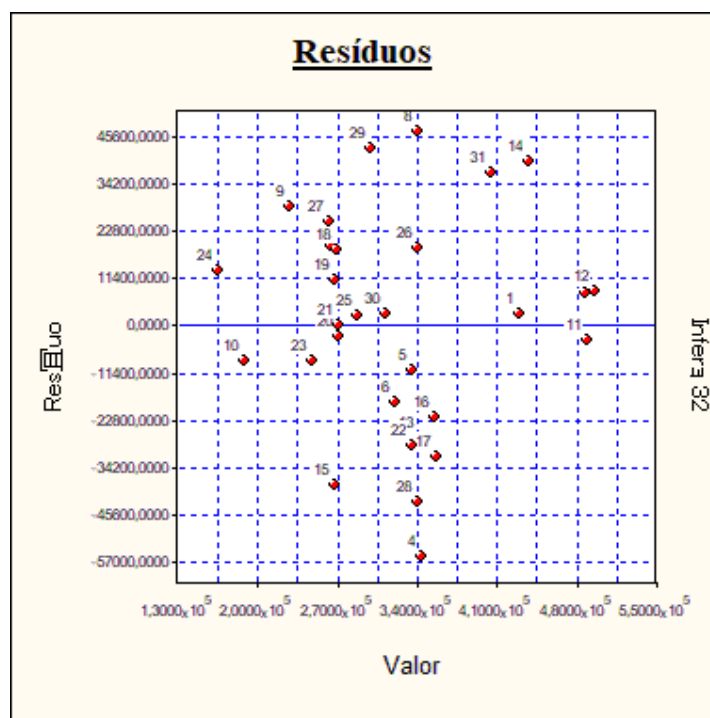


Figura 2822: Gráfico de Resíduo x Valor (fonte: [Autor, 2021]).

Estatística dos Resíduos

- Número de elementos: 31;
- Graus de liberdade: 30;
- Valor médio: $1,6044 \times 10^{-14}$;
- Variância: $6,7280 \times 10^8$;
- Desvio padrão: 25938,4521;
- Desvio médio: 21092,6661;
- Variância (não tendenciosa): $7,7247 \times 10^8$;
- Desvio padrão (não tendencioso) : 27793,4859;
- Valor mínimo: -55478,0916;

- Valor máximo: 46903,6253;
- Amplitude: $1,0238 \times 10^5$;
- Número de classes: 5;
- Intervalo de classes: 20476,3433.

Presença de *Outliers*

Nenhuma amostragem foi encontrada fora do intervalo. Todas as amostragens foram utilizadas e não foi constatada presença de *outliers*.

- Critério de identificação de *outlier*: intervalo de $\pm 2,00$ desvios padrões em torno da média (figura 29)

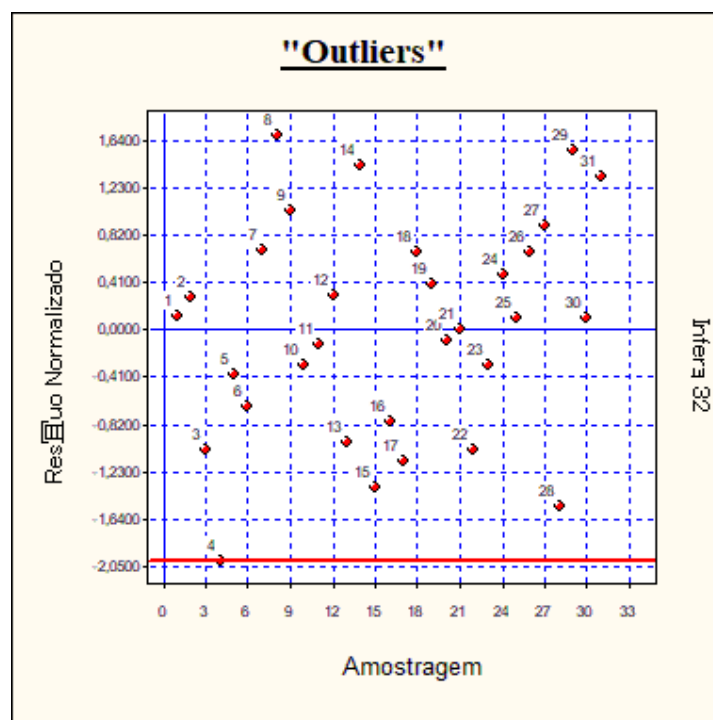


Figura 29: Gráfico de Resíduos Normalizados x Amostragem (fonte: [Autor, 2021]).

Teste de Kolmogorov-Smirnov – (tabela 10, figura 30)

Segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov, a um nível de significância de 1 %, aceita-se a hipótese alternativa de que há normalidade; com o nível de significância se enquadrando no Grau III da NBR 14653-2.

O teste de Kolmogorov-Smirnov tem valor aproximado quando é realizado sobre uma população cuja distribuição é desconhecida, como é o caso das avaliações pelo MCDDM:

- **Maior diferença obtida: 0,0639;**
- Valor crítico: 0,2942 (para o nível de significância de 1 %).

Tabela 10: – Tabela de Normalidade do Modelo, teste de Kolmogorov-Smirnov (fonte [Autor, 2021]).

Amostra	Resíduo	F(z)	G(z)	Dif. esquerda	Dif. Direita
4	-55478,0916	$2,296 \times 10^{-2}$	0,0323	0,0229	$9,2956 \times 10^{-3}$
28	-42434,7712	0,0634	0,0645	0,0311	$1,1092 \times 10^{-3}$
15	-38161,8254	0,0849	0,0968	0,0203	0,0119
17	-31788,3568	0,1264	0,1290	0,0295	$2,6652 \times 10^{-3}$
22	-28809,1280	0,1500	0,1613	0,0209	0,0113
3	-28809,1280	0,1500	0,1935	0,0113	0,0435
13	-26919,5611	0,1664	0,2258	0,0271	0,0594
16	-22174,9263	0,2125	0,2581	0,0133	0,0455
6	-18527,7366	0,2525	0,2903	$5,5576 \times 10^{-3}$	0,0378
5	-10809,1280	0,349	0,3226	0,0583	0,0260
10	-8581,8416	0,379	0,3548	0,0561	0,0239
23	-8348,6393	0,382	0,3871	0,0271	$5,1534 \times 10^{-3}$
11	-3422,1266	0,451	0,4194	0,0639	0,0316
20	-2671,0636	0,462	0,4516	0,0423	0,0101
21	28,9363	0,500	0,4839	0,0488	0,0165
25	2655,2022	0,538	0,5161	0,0541	0,0219
30	2866,3370	0,541	0,5484	0,0249	$7,3170 \times 10^{-3}$
1	3142,7090	0,545	0,5806	$3,3731 \times 10^{-3}$	0,0356
2	7849,7423	0,611	0,6129	0,0305	$1,7098 \times 10^{-3}$
12	8177,2004	0,616	0,6452	$2,7990 \times 10^{-3}$	0,0294
19	11096,3217	0,655	0,6774	$9,9811 \times 10^{-3}$	0,0222
24	13463,2052	0,686	0,7097	$8,5301 \times 10^{-3}$	0,0237
18	18540,5463	0,748	0,7419	0,0379	$5,7048 \times 10^{-3}$
26	18765,2287	0,750	0,7742	$8,2795 \times 10^{-3}$	0,0239
7	19434,8550	0,758	0,8065	0,0163	0,0486
27	25288,2572	0,819	0,8387	0,0121	0,0201
9	28781,0132	0,850	0,8710	0,0110	0,0211
31	37069,8521	0,909	0,9032	0,0378	$5,6329 \times 10^{-3}$
14	39801,4446	0,924	0,9355	0,0207	0,0115
29	43071,8477	0,939	0,9677	$3,9105 \times 10^{-3}$	0,0283
8	46903,6253	0,954	1,0000	0,0134	0,0457

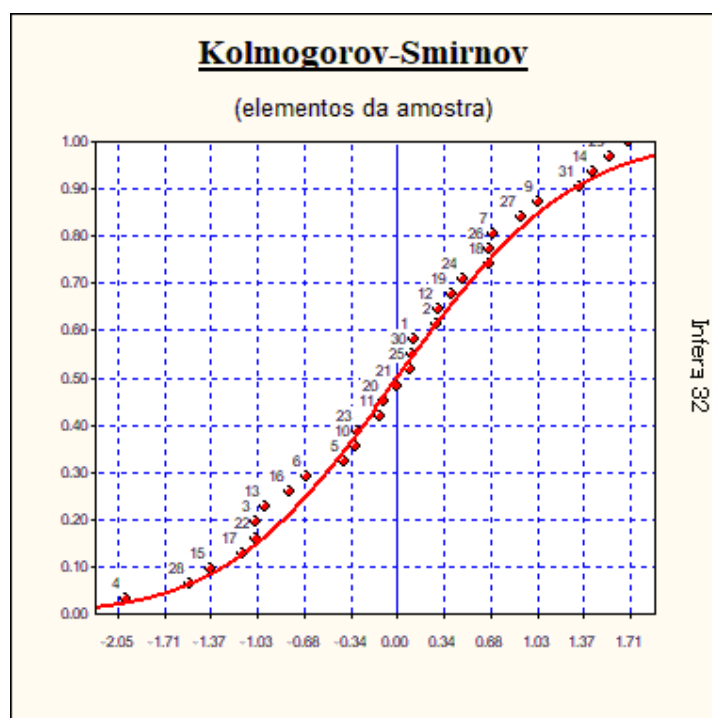


Figura 3023: Gráfico de Kolmogorov-Smirnov (fonte: [Autor, 2021]).

Autocorrelação – (figura 31)

Pelo teste de Durbin-Watson, não existe autocorrelação no modelo; com o nível de significância se enquadrando no Grau III da NBR 14653-2:

- Estatística de Durbin-Watson (DW) : **1,9148**.
(Nível de significância de 1,0%)
- Autocorrelação positiva (DW < DL) : DL = **1,15**;
- Autocorrelação negativa (DW > 4-DL) : 4-DL = **2,85**;
- Intervalo para ausência de autocorrelação (DU < DW < 4-DU): DU = 1,46
4-DU = 2,54.

Se os pontos estiverem alinhados e a amostra estiver com os dados ordenados no gráfico de autocorrelação, pode-se suspeitar de sua existência. Verifica-se que não é o que ocorre no presente caso.

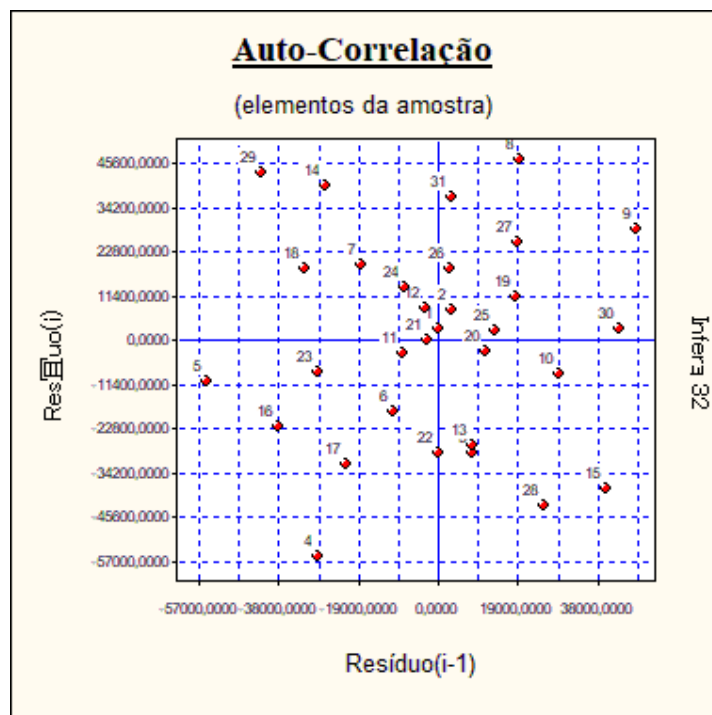


Figura 31: Gráfico de Autocorrelação (fonte: [Autor, 2021]).

Gráficos da Regressão (3D) – (figuras 32 e 33)

Limites dos eixos dos gráficos:

- Valor: [178.200; 504.000]
- Área: [36; 90]
- Localização: [230; 793]
- Ruído: [0,793; 1,806]

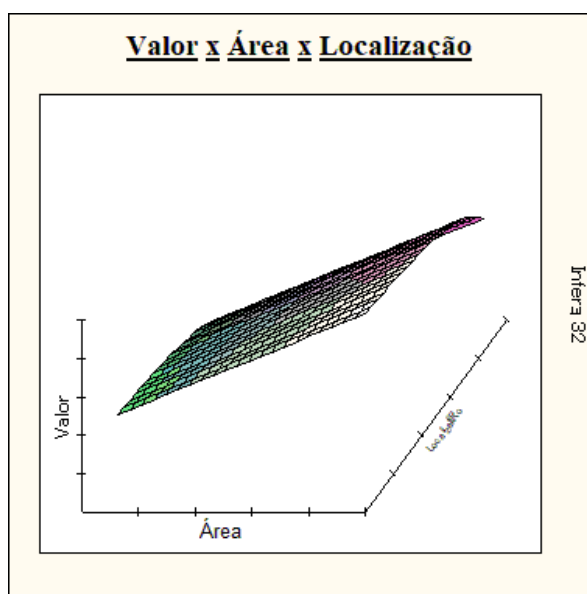


Figura 242: Plano Valor x Área x Localização (fonte: [Autor, 2021]).

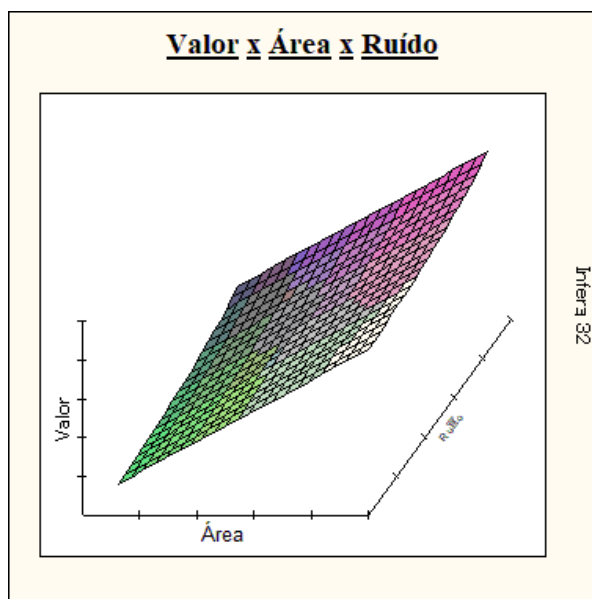


Figura 33: Plano Valor x Área x Ruído (fonte: [Autor, 2021]).

4.3. Cálculo do Fator Ruído

O cálculo do expoente do fator foi realizado com a utilização do programa Excel para dedução da linha de tendência com maior coeficiente de determinação, calculado com base no gráfico de dispersão entre o ruído aferido para os elementos comparativos (dB/m^2) e os valores dos apartamentos (R\$), neutralizados no que diz respeito as demais variáveis descritas anteriormente (área e localização).

4.3.1. Correção dos Valores dos Apartamentos

Fazendo-se uso da equação 3, os valores de cada elemento comparativo foram corrigidos para a situação paradigma (apresentada na tabela 5), com exceção do ruído (tabela 11). Dessa forma, as variáveis médias da situação paradigma relativas a área útil e localização foram inseridas na fórmula obtida no tratamento estatístico (equação 3), ao passo que o ruído foi inserido na mesma equação com o valor do próprio elemento.

Tabela 11: – Correção dos valores dos elementos amostrais (fonte [Autor, 2021]).

Elemento	Área Útil	Localização	Ruído	Valor Corrigido
1	59	405	1,000	R\$ 351.973,24
2	59	405	0,833	R\$ 366.185,24
3	59	405	1,364	R\$ 333.023,91
4	59	405	1,316	R\$ 334.918,84
5	59	405	1,364	R\$ 333.023,91
6	59	405	1,048	R\$ 348.693,55
7	59	405	1,327	R\$ 334.481,55
8	59	405	1,083	R\$ 346.507,09
9	59	405	1,707	R\$ 322.534,10
10	59	405	1,625	R\$ 324.642,47
11	59	405	0,854	R\$ 364.154,95
12	59	405	0,793	R\$ 370.558,16
13	59	405	1,500	R\$ 328.286,57
14	59	405	1,042	R\$ 349.130,84
15	59	405	1,354	R\$ 333.388,32
16	59	405	0,956	R\$ 355.252,93
17	59	405	0,929	R\$ 357.439,39
18	59	405	1,389	R\$ 332.076,44
19	59	405	1,364	R\$ 333.023,91
20	59	405	1,389	R\$ 332.076,44
21	59	405	1,389	R\$ 332.076,44
22	59	405	1,364	R\$ 333.023,91
23	59	405	1,204	R\$ 339.947,70
24	59	405	1,806	R\$ 320.269,55
25	59	405	1,032	R\$ 349.786,78
26	59	405	1,045	R\$ 348.927,81
27	59	405	1,458	R\$ 329.640,10
28	59	405	1,045	R\$ 348.927,81
29	59	405	1,273	R\$ 336.746,10
30	59	405	1,207	R\$ 339.791,53
31	59	405	1,111	R\$ 344.867,24

4.3.2. Gráfico (Dispersão de Pontos) e Fator Ruído

Depois dos elementos corrigidos, foi traçado o gráfico (Vap X R) (figura 34) que representa a formação do valor do apartamento em função da variável ruído. Neste, pode-se observar que o expoente o calculado de -0,178 conduz ao maior coeficiente de determinação para o modelo.

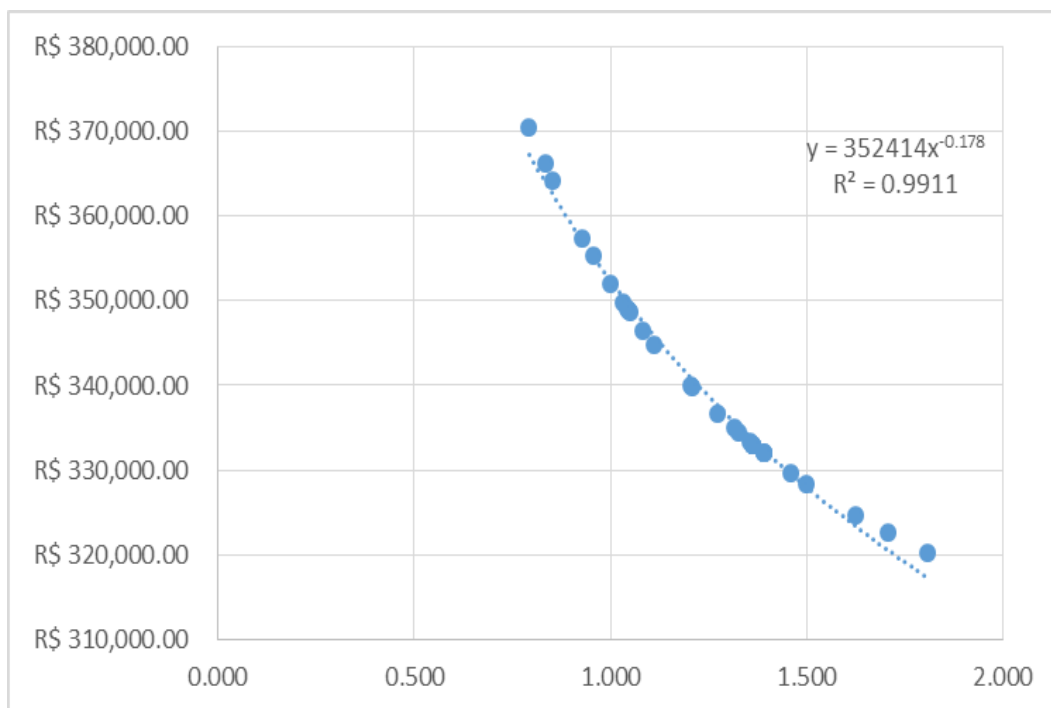


Figura 254: Gráfico Vap x R (fonte: [Autor, 2021]).

Nesse sentido, conclui-se que fator ruído pode ser descrito pela equação (4):

$$FR = \left[\frac{\text{Ruído do elemento pesquisado}}{\text{Ruído do imóvel avaliando}} \right]^{0,178} \quad (4)$$

onde:

FR = Fator Ruído*;

*Ruído medido em (dB/m²): tomando-se por base as curvas de ruído do PEZR Congonhas 2019 e a área útil do elemento pesquisado.

5 Resultados e Discussão

Este capítulo tem o objetivo de apresentar uma análise dos resultados obtidos. Adicionalmente, será apresentado também um breve estudo sobre a possibilidade de aplicação do fator ruído atingido.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa imobiliária nos bairros limieiros ao aeroporto de Congonhas. Nesta, constatou-se que a ocupação residencial da região é intensa. A maioria das edificações residenciais destes bairros são multifamiliares, compostas por apartamentos de padrão construtivo médio e tamanho majoritário variando entre 30 m² e 100 m².

Cotejando a posição dos elementos coletados (apartamentos) com a planta do PEZR Congonhas 2019 (anexo A), constata-se que os moradores dessas residências, principalmente nas regiões próximas às cabeceiras da pista do aeroporto, ficam intensamente expostos ao ruído aeronáutico (como referência observou-se valores entre 65 dB – 80 dB). Ademais, todos os proprietários e/ou corretores contactados afirmaram não existir proteção acústica em seus apartamentos de forma a mitigar ruídos externos. Isto contraria a própria recomendação do PEZR Congonhas 2019 que não recomenda ocupação residencial para medições DNL acima de 65 dB ou, quando existente a ocupação entre 65 dB e 75 dB, recomenda medidas de redução de nível de ruído (RR) da ordem de, pelo menos, 25 dB (tabela 12). Para valores acima de 75 dB a ocupação não é recomendada em nenhuma hipótese.

A medição DNL no interior de cada um dos imóveis estudados não foi possível, porém a informação da inexistência de proteção acústica confirma que a redução no nível de ruído não ocorre da maneira que seria necessária.

Nesta seara, constata-se que a legislação do município de São Paulo é falha e a fiscalização municipal insuficiente para proteger, de maneira adequada, a população dos diversos tipos de ruídos urbanos (dentre eles o aeronáutico). A título de exemplificação, o Mapa de Ruído da cidade de São Paulo, só teve sua elaboração aprovada pelo Legislativo em 21/07/2016. A Lei nº 16.499/2016 obriga o Poder Executivo Municipal a elaborar o “Mapa do Ruído Urbano da Cidade de São Paulo” (o mesmo ainda não foi finalizado).

Tabela 12: Usos Residenciais Compatíveis e Incompatíveis com o Ruído Aeroportuário nas Áreas Abrangidas pelo PEZR do Aeroporto de São Paulo / Congonhas (fonte: adaptado de [ANAC, 2019])

Uso do Solo	Nível de Ruído Médio Dia-Noite (DNL) (dB)					
	< 65 ARA-6	65-70 ARA-5	70-75 ARA-4	75-80 ARA-3	80-85 ARA-2	> 85 ARA-1
Usos Residenciais						
Residências unifamiliares e multifamiliares	S	N (1)	N (1)	N	N	N

Notas:

(1) Sempre que os órgãos determinarem que os usos devam ser permitidos, devem ser adotadas medidas para atingir uma RR de, pelo menos, 25dB.

A exposição a níveis excessivos de ruído, tais como os constatados, é extremamente prejudicial à saúde humana e pode ocasionar diversas respostas negativas no indivíduo tais como raiva, decepção, insatisfação, retraimento, desamparo, depressão, ansiedade, distração, agitação, exaustão; dentre outras patologias.

Constatada a relevância e a magnitude do ruído aeronáutico, ocasionado durante a operação do aeroporto de Congonhas, procedeu-se ao estudo da hipótese da influência deste no valor venal dos imóveis dos bairros adjacentes.

Tomando-se por base o MCDDM com Tratamento por Fatores, descrito na NBR 14653-2/2011, observou-se que, na literatura existente, não existe qualquer referência à investigação específica do ruído urbano na avaliação imobiliária. Assim sendo, de maneira a se facilitar o estudo, a qualificação e a quantificação dos diferentes fatores que influenciam o valor venal dos imóveis urbanos residenciais, propôs-se a divisão dos fatores em três grandes grupos (tabela 13): fatores humanos – relacionados a percepção humana de conforto e habitabilidade, fatores físicos – relacionados as características físicas dos imóveis e fatores mercadológicos – relacionados a momentos de crises de mercado, investimentos elevados (ou não) em determinada região, etc. Onde o fator ruído foi classificado dentro da classe dos fatores humanos.

De maneira a quantificar o fator ruído criado e categorizado, fez-se uso do tratamento científico, por meio de Estatística Inferencial, para o padrão médio de apartamento pesquisado

Tabela 13: As três grandes classes de fatores para avaliação imobiliária de imóveis urbanos.

Principais fatores classificados (fonte: [Autor, 2021]).

Classe	Fatores
Fatores Humanos	Localização <i>Ruído</i>
Fatores Físicos	Acabamento Área Depreciação
Fatores Mercadológicos	Oferta

Inicialmente, estudou-se a hipótese do valor venal dos elementos pesquisados ser influenciado por três variáveis explicativas: área, localização e ruído; sendo definida a situação paradigma. As variáveis área e localização foram quantificadas segundo a metodologia tradicional (área útil e índice fiscal respectivamente), ao passo que a variável ruído foi criada e representada pelo ruído associado à operação do aeroporto de Congonhas (referente a curva de ruído do PEZR) dividido pela área útil do apartamento pesquisado (dB/m^2); de maneira que apartamentos maiores seriam, proporcionalmente, menos desvalorizados pelo ruído do que apartamentos menores. Isto se deve ao fato de que a desvalorização está diretamente associada ao incômodo que o ruído é capaz de gerar dentro do apartamento. Tal incômodo, segundo Schultz (equação 2) é tão maior quanto maior o tempo de exposição ao ruído. Em apartamentos maiores devido, principalmente, a maior existência de cômodos e paredes, este tempo de exposição seria menor.

Observou-se que todas as variáveis estudadas foram importantes na formação da equação de regressão do modelo (equação 3), confirmando a hipótese de que o ruído aeronáutico, para a situação paradigma estudada, possui influência na formação dos valores venais dos apartamentos residenciais dos bairros adjacentes ao aeroporto de Congonhas.

De posse da equação de regressão (equação 3), os valores de cada elemento comparativo foram corrigidos para a situação paradigma. Após, foi traçado o gráfico (Vap X R) (figura 35). Este gráfico representa a formação do valor do apartamento em função da variável ruído. Neste, pode-se observar que o expoente o calculado de -0,178 conduz ao maior coeficiente de determinação para o modelo, podendo-se chegar assim à equação do fator ruído (FR) (equação 4).

5.1. Aplicação do Fator Ruído

De acordo com o anexo B da NBR 14653-2/2011, os fatores não devem ser aplicados fora do campo para o qual foram calculados, em relação às características físicas, regionais e de validade temporal (figura 36)

Devem ser utilizados fatores de homogeneização calculados conforme 8.2.1.4.2, por metodologia científica, que reflitam, em termos relativos, o comportamento do mercado com determinada abrangência espacial e temporal.

Os fatores de homogeneização não podem ser utilizados fora do campo de aplicação para o qual foram calculados, em relação às características quantitativas e qualitativas do imóvel, tipologia, região e validade temporal do estudo que gerou os fatores.

Figura 35: Excerto do anexo B da NBR 14653-2/2011 (fonte: adaptado [NBR 14653-2, 2011]).

Assim sendo, de forma a se resumir as condições para as quais o fator ruído desenvolvido pode ser aplicado, apresentam-se os seguintes parâmetros (tabela 14):

Tabela 14: Características físicas, regionais e de validade temporal para qual o fator ruído foi calculado (fonte: [Autor, 2021]).

Características Físicas	
Área Útil (m²)	36-90
Índice Fiscal (R\$/m²)	238-793
Tipo	Apartamento
Padrão	Médio
Conservação	Boa
Vagas	1
Característica Regional	
<i>Imóveis de bairros adjacentes ao aeroporto de Congonhas e abrangidos pelas curvas de ruído do PEZR Congonhas 2019</i>	
Característica Temporal	
<i>Elementos amostrais coletados nos anos de 2019 e 2021</i>	

Além disto, de forma a se facilitar a utilização do fator em si, apresenta-se a tabela (tabela 15) com os valores do fator ruído para o intervalo de medição de ruído (dB/m²) entre 0,400 e 2,500. É aconselhável que para valores intermediários a fórmula seja aplicada diretamente.

Tabela 15: Valor do fator ruído para medição de ruído entre 0,400 e 2,500 (dB/m²) (fonte: [Autor, 2021]).

Ruído (dB/m ²)	Pesquisado																					
	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700	1.800	1.900	2.000	2.100	2.200	2.300	2.400	2.500
0.400	1.000	1.041	1.075	1.105	1.131	1.155	1.177	1.197	1.216	1.233	1.250	1.265	1.280	1.294	1.307	1.320	1.332	1.343	1.355	1.365	1.376	1.386
0.500	0.961	1.000	1.033	1.062	1.087	1.110	1.131	1.151	1.169	1.185	1.201	1.216	1.230	1.243	1.256	1.268	1.280	1.291	1.302	1.312	1.322	1.332
0.600	0.930	0.968	1.000	1.028	1.053	1.075	1.095	1.114	1.131	1.148	1.163	1.177	1.191	1.204	1.216	1.228	1.239	1.250	1.260	1.270	1.280	1.289
0.700	0.905	0.942	0.973	1.000	1.024	1.046	1.066	1.084	1.101	1.116	1.131	1.145	1.159	1.171	1.183	1.195	1.205	1.216	1.226	1.236	1.245	1.254
0.800	0.884	0.920	0.950	0.977	1.000	1.021	1.041	1.058	1.075	1.090	1.105	1.118	1.131	1.144	1.155	1.166	1.177	1.187	1.197	1.207	1.216	1.225
0.900	0.866	0.901	0.930	0.956	0.979	1.000	1.019	1.036	1.053	1.068	1.082	1.095	1.108	1.120	1.131	1.142	1.153	1.163	1.172	1.182	1.191	1.199
1.000	0.850	0.884	0.913	0.938	0.961	0.981	1.000	1.017	1.033	1.048	1.062	1.075	1.087	1.099	1.110	1.121	1.131	1.141	1.151	1.160	1.169	1.177
1.100	0.835	0.869	0.898	0.923	0.945	0.965	0.983	1.000	1.016	1.030	1.044	1.057	1.069	1.081	1.092	1.102	1.112	1.122	1.131	1.140	1.149	1.157
1.200	0.822	0.856	0.884	0.909	0.930	0.950	0.968	0.985	1.000	1.014	1.028	1.041	1.053	1.064	1.075	1.085	1.095	1.105	1.114	1.123	1.131	1.140
1.300	0.811	0.844	0.871	0.896	0.917	0.937	0.954	0.971	0.986	1.000	1.013	1.026	1.038	1.049	1.060	1.070	1.080	1.089	1.098	1.107	1.115	1.123
1.400	0.800	0.833	0.860	0.884	0.905	0.924	0.942	0.958	0.973	0.987	1.000	1.012	1.024	1.035	1.046	1.056	1.066	1.075	1.084	1.092	1.101	1.109
1.500	0.790	0.822	0.850	0.873	0.894	0.913	0.930	0.946	0.961	0.975	0.988	1.000	1.012	1.023	1.033	1.043	1.053	1.062	1.071	1.079	1.087	1.095
1.600	0.781	0.813	0.840	0.863	0.884	0.903	0.920	0.935	0.950	0.964	0.977	0.989	1.000	1.011	1.021	1.031	1.041	1.050	1.058	1.067	1.075	1.083
1.700	0.773	0.804	0.831	0.854	0.874	0.893	0.910	0.925	0.940	0.953	0.966	0.978	0.989	1.000	1.010	1.020	1.029	1.038	1.047	1.055	1.063	1.071
1.800	0.765	0.796	0.822	0.845	0.866	0.884	0.901	0.916	0.930	0.944	0.956	0.968	0.979	0.990	1.000	1.010	1.019	1.028	1.036	1.045	1.053	1.060
1.900	0.758	0.788	0.815	0.837	0.857	0.875	0.892	0.907	0.921	0.935	0.947	0.959	0.970	0.980	0.990	1.000	1.009	1.018	1.026	1.035	1.042	1.050
2.000	0.751	0.781	0.807	0.830	0.850	0.868	0.884	0.899	0.913	0.926	0.938	0.950	0.961	0.971	0.981	0.991	1.000	1.009	1.017	1.025	1.033	1.041
2.100	0.744	0.775	0.800	0.822	0.842	0.860	0.876	0.891	0.905	0.918	0.930	0.942	0.953	0.963	0.973	0.982	0.991	1.000	1.008	1.016	1.024	1.032
2.200	0.738	0.768	0.794	0.816	0.835	0.853	0.869	0.884	0.898	0.911	0.923	0.934	0.945	0.955	0.965	0.974	0.983	0.992	1.000	1.008	1.016	1.023
2.300	0.732	0.762	0.787	0.809	0.829	0.846	0.862	0.877	0.891	0.903	0.915	0.927	0.937	0.948	0.957	0.967	0.975	0.984	0.992	1.000	1.008	1.015
2.400	0.727	0.756	0.781	0.803	0.822	0.840	0.856	0.870	0.884	0.897	0.909	0.920	0.930	0.940	0.950	0.959	0.968	0.977	0.985	0.992	1.000	1.007
2.500	0.722	0.751	0.776	0.797	0.816	0.834	0.850	0.864	0.878	0.890	0.902	0.913	0.924	0.934	0.943	0.952	0.961	0.969	0.978	0.985	0.993	1.000

6 Conclusões

O presente trabalho abordou a hipótese do ruído aeronáutico gerado pela operação do aeroporto de Congonhas influenciar o valor venal dos imóveis residenciais de bairros adjacentes, que por ele são afetados; buscando a elaboração de um “fator ruído”.

Para a validação desta hipótese, foi proposta uma situação paradigma baseada em uma amostra de apartamentos (com 31 elementos), homogênea e coletada a mercado. Esta amostragem foi tratada cientificamente, por meio de Estatística Inferencial, utilizando-se o programa de regressão linear múltipla e de redes neurais artificiais – “Infer 32”. A equação de regressão obtida para o modelo, validou que o ruído aeronáutico possui influência na formação dos valores venais dos apartamentos residenciais dos bairros adjacentes ao aeroporto de Congonhas.

De posse da equação de regressão do modelo, o cálculo do fator ruído foi efetivamente realizado. Os valores de cada elemento comparativo foram corrigidos para a situação paradigma, tendo sido traçado o gráfico (Vap X R), que representa a formação do valor do apartamento em função da variável ruído. O cálculo do expoente do fator foi realizado com a utilização do programa Excel para dedução da linha de tendência com maior coeficiente de determinação. Ao final, o expoente calculado de -0,178 conduziu ao maior coeficiente de determinação (R^2) para o modelo, podendo-se chegar assim à equação de determinação do fator ruído (FR).

Além disto, devido a inexistência de referência literária, propôs-se a divisão dos fatores utilizados nas avaliações de imóveis residenciais em três grandes grupos: fatores humanos – relacionados a percepção humana de conforto e habitabilidade, fatores físicos – relacionados as características físicas dos imóveis e fatores mercadológicos – relacionados a momentos de crises de mercado, investimentos elevados (ou não) em determinada região, etc. O fator ruído calculado foi classificado dentro da classe dos fatores humanos.

Conclui-se, portanto, que para a situação paradigma de apartamento estudada e proposta neste trabalho, o ruído da operação do aeroporto de Congonhas tem influência direta na formação dos valores de venda dos elementos pesquisados.

Além disso, é possível afirmar que à medida que aumenta o ruído (quantificado em dB/m^2), o valor venal do apartamento diminui. A constatação desta desvalorização proporcionada pelo ruído comprova a ineficiência das autoridades públicas em proteger, de maneira adequada, a população dos diversos tipos de ruídos urbanos (dentre eles o aeronáutico). Em verdade, a desvalorização nada mais é do que o reflexo do incômodo gerado por ruídos elevados e recorrentes; o que leva estes imóveis a serem evitados e terem sua aquisição preterida pelos possíveis compradores.

Por fim, é importante ratificar que o Fator Ruído deduzido e a classificação dos fatores proposta não estão expressamente previstos na NBR 14653/2011-2 (que nacionalmente disciplina a avaliação de imóveis urbanos). Apesar disso, a metodologia utilizada está em consonância com a referida norma, de maneira que os resultados alcançados complementam, qualitativamente, esta.

6.1. Sugestões para trabalhos futuros

Os seguintes pontos poderiam ser implementados em trabalhos futuros:

- (i) Validação da influência do ruído gerado pela operação de outros aeroportos nacionais no valor dos imóveis residenciais adjacentes.
- (ii) Validação da influência do ruído gerado pela operação de outros tipos de aeronaves, tais como helicópteros, no valor dos imóveis residenciais adjacentes.
- (iii) Utilização de Mapas de Ruído de outros países, europeus por exemplo, para avaliar a influência de diversas fontes de ruído, tal como o tráfego veicular, no valor de imóveis residenciais.
- (iv) Realização da medição de ruído no interior dos apartamentos, utilizando-se a métrica DNL, para posterior comparação destes valores com os expostos em plantas e Mapas de Ruído.
- (v) Aumento da abrangência da situação paradigma estudada para além do apartamento residencial de padrão médio, estudando-se também padrão baixo e superior.
- (vi) Aumento da abrangência da situação paradigma estudada para além dos imóveis residenciais, estudando-se também imóveis de caráter comercial.

- (vii) Agrupamento dos fatores utilizados na avaliação de imóveis comerciais e terrenos dentro das classes desenvolvidas neste trabalho (fatores humanos, fatores físicos e fatores mercadológicos).

Referências Bibliográficas

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento: Referências**. Rio de Janeiro, RJ, 2019.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653 - 2: Avaliação de bens – Parte 2: Imóveis urbanos: Referências**. Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento da Aviação Civil (RBAC) no 161 - Resolução ANAC nº 281, de 10 de setembro de 2013, publicada no Diário Oficial da União de 13 de setembro de 2013**. Seção 1, p. 14-15, 2013.
- AWAD, M. M. C.. **Dedução do fator área em unidades padronizadas: apartamentos**. XIX Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. 21 a 25 de agosto de 2017.
- BARRETO, T.O.. **Impacto ambiental sonoro da aviação regular em grandes aeroportos com ênfase no aeroporto de Guarulhos**. Dissertação (Graduação em Engenharia Mecânica) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <www.minerva.ufrj.br>. Acesso em 20 jun. 2020.
- BENTES, F. M. **Contribuições à análise de sensibilidade do ruído de aeronaves de carga utilizando simulação computacional e sistemas de informação geográfica**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <www.minerva.ufrj.br>.
- BENTO COELHO, J. L. E ALARCÃO, D. **Cartografia de Ruído em Grandes Cidades**. Guimarães, Portugal, 2004.
- CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA. **Plano Director Municipal de Lisboa – Revisão do PDM – Julho de 2011 – Versão Final** . 2011.
- CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA. **Mapa Global de ruído da cidade de Lisboa – Período Nocturno, 2019**. Disponível em <https://www.lisboa.pt/fileadmin/cidade_temas/ambiente/qualidade_ambiental/imagens/LN.jpg> . Acessado em 21 de nov. de 2019.

- CARVALHO, L.A. **Ferramenta de auxílio à aplicação da abordagem equilibrada em aeroportos brasileiros**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <www.minerva.ufrj.br>. Acesso em 20 jun. 2020.
- CORTÊS, M.M; NIEMEYER, M.L.. **Mapa de ruído como ferramenta de avaliação sonora: situação atual e prospecção do efeito da verticalização no Bairro de Petrópolis, Natal/RN**. XVII ENANPUR. 27 a 31 de maio de 2019.
- COSTA, S.S. da; CRUZ, L.M.; OLIVEIRA, J.A.A.. **Otorrinolaringologia - Princípios e Prática**. Ed. Artes Médicas. Porto Alegre. 1994. p. 12-56.
- CROUCH, T.D. **Asas**. Editora Record, Rio de Janeiro, 2008.
- DA PAZ ET AL. **Estudo comparativo da percepção do ruído urbano**. Revista da Saúde Pública, vol 39, n. 3, 2005.
- DECEA, Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo – Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA)**. 2018.
- DELAQUA, R.R. **Aplicação de métodos combinados de avaliação imobiliária na elaboração da planta de valores genéricos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Departamento de Cartografia, São Paulo, 2007.
- DEWITTE, F.H.V. **Aircraft Noise Shielding Assessment. The creation of a software tool to predict aircraft noise shielding**. Dissertação de Mestrado (em Engenharia Aeroespacial). Technische Universiteit Delft, Alemanha, 2016.
- ESTADÃO, O Estado de S. Paulo. **Como era São Paulo sem o aeroporto de Congonhas**. Disponível em <<https://acervo.estadao.com.br/noticias/acervo,como-era-sao-paulo-sem-o-aeroporto-de-congonhas,8967,0.htm>>. Acessado em 21 de jan. de 2021.
- ESTUDOPRATICO. **Ossos do ouvido e suas funções**. Disponível em <<https://www.estudopratico.com.br/ossos-ouvido-funcoes/>>. Acessado em 21 de jan. de 2021.
- EXPLICATORIUM. **Escala de decibéis**. Disponível em <[Http://www.explicatorium.com/cfq-8/nivel-sonoro.html](http://www.explicatorium.com/cfq-8/nivel-sonoro.html)>. Acessado em 21 de nov. de 2019.
- FOLHA DE S. PAULO. **Vizinhos do aeroporto de Congonhas comemoram silêncio provocado pela diminuição de voos**. Disponível em <<https://agora.folha.uol.com.br/sao-paulo/2020/04/vizinhos-do-aeroporto-de->

congonhas-comemoram-silencio-provocado-pela-diminuicao-de-voos.shtml>

Acessado em 21 de jan. de 2021.

FREITAS, G.P.. **Poluição sonora, aspectos legais**. Santos. Editora Unisanta, Universidade Santa Cecília, 2002.

GAZETA DE PINHEIROS. **Voos Continuam perturbando o silêncio na região**. Disponível em < <https://www.gazetadepinheiros.com.br/2018/08/03/voos-continuam-perturbando-o-silencio-na-regiao/> >. Acessado em 21 de nov. de 2019.

GUEDES, I. C. M.. **Influência da Forma Urbana em Ambiente Sonoro: Um estudo do Bairro Jardins em Aracaju (SE)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005.

HEILIG, M.A. **Aircraft Noise: Modelling & Measuring. Using aircraft noise measurements for noise model prediction improvement**. Dissertação de Mestrado (em Engenharia Aeroespacial). Technische Universiteit Delft, Alemanha, 2020.

IBAPE SP, Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia – São Paulo. **Norma para avaliações de imóveis urbanos do IBAPE/SP**. São Paulo, 2011.

INAD SP, International Noise Awareness Day São Paulo. **Mapa de Ruído Piloto**. Disponível em < <http://www.mapaderuidosp.org.br/mapa-de-ruído/mapa-piloto-sp/mapa-online-2018/>>. Acessado em 21 de nov. de 2019.

INFRAERO, Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. **Histórico do Aeroporto de Congonhas**. Disponível em < <https://www4.infraero.gov.br/aeroportos/aeroporto-de-sao-paulo-congonhas-deputado-freitas-nobre/sobre-o-aeroporto/historico/>>. Acessado em 21 de nov. de 2019.

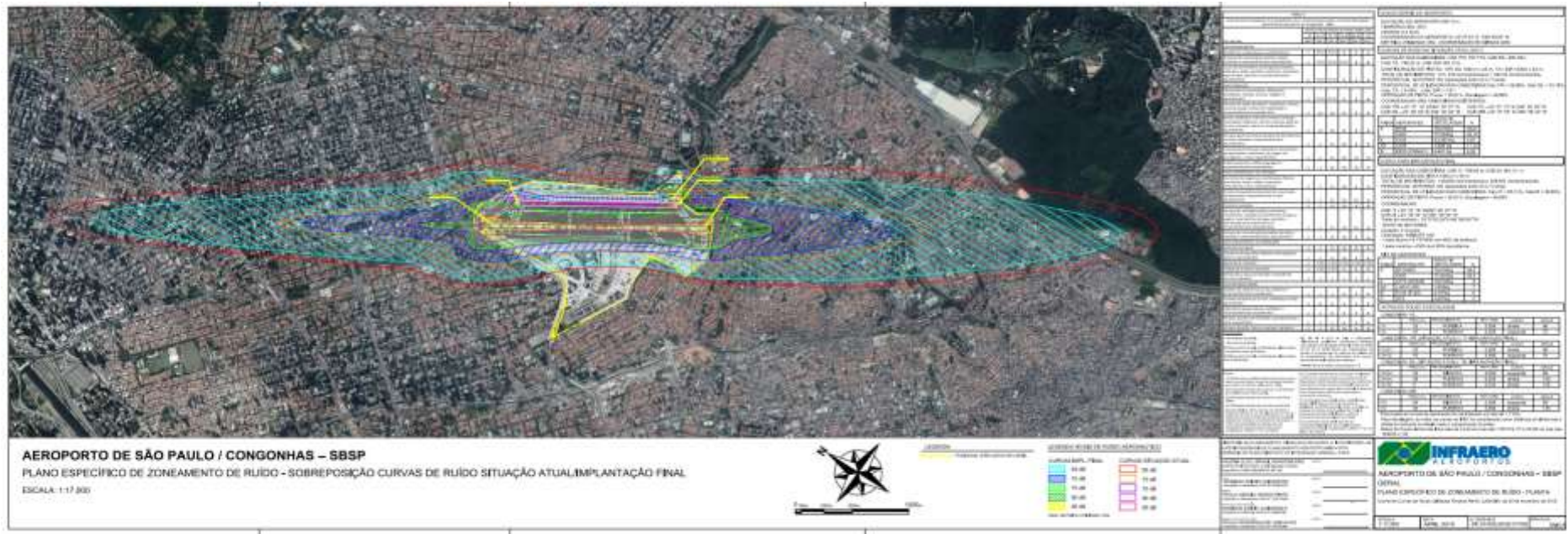
MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO. **Manual de avaliação de imóveis do patrimônio da União**. Revisão maio de 2017.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO. **Manual de avaliação de imóveis do patrimônio da União**. Revisão setembro de 2018.

OMS, Organização Mundial da Saúde. **Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe**. 2019.

- OMS, Organização Mundial da Saúde. **Guidelines for community noise**. World Health Organization, Berglund, Birgitta; Lindvall, Thomas; Schwela, Dietrich H. Genebra, p. 150. 1999.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **World Urbanization Prospects: The 2019 Revision, Highlights**. 2019.
- REGAZZI, R. D. **Controle de ruído em helipontos**. 39 slides. Disponível em <https://www.3rhsec.com/files/Apresentacao_Helipontos_Metrologia_e_Normalizacao_EVAL_Regazzi_rev_C.pdf>. Acessado em 21 de nov. de 2019.
- REVISTA ZAP IMÓVEIS. **Fatores que influenciam no preço do imóvel**. Disponível em <<https://revista.zapimoveis.com.br/entenda-quais-sao-os-fatores-que-influenciam-no-preco-do-imovel/>>. Acessado em 21 de nov. de 2019.
- SANTOS, R.R.. **Aeroportos: do campo de aviação à área terminal**. Editora Contar. 1985.
- SCHULTZ, T.J.. **Synthesis of Social Surveys on Noise Annoyance**. Journal of the Acoustical Society of America: p. 377-405, Agosto de 1978.
- SCHRECKENBERG ET AL. **Aircraft noise and quality of life around Frankfurt Air-port**. International Journal of Environmental Research and Public Health: p. 3390, Agosto 2010.
- UOL. **Aeroporto mais disputado do país, Congonhas é abandonado durante crise**. Disponível em <<https://economia.uol.com.br/todos-abordo/2020/04/22/congonhas-abandonado-durante-crise.htm>>. Acessado em 25 de mai. de 2020.
- VALIM, F.C. **Análise das Diferentes Formas de Atenuação do Ruído Aeronáutico**. 155p. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília. 2006.

Anexo A - Planta do PEZR Congonhas 2019



Apêndice A: Relatório Inferencial Completo

Infer 32 - Modo de Estatística Inferencial.

Data : -

Data de realização : -

Engº Responsável : -

Amostra

Nº Am.	Valor	Área	Localização	Ruído
1	432.000,00	80,00	437,00	1,00
2	495.000,00	90,00	491,00	0,833
3	306.000,00	55,00	487,00	1,364
4	288.000,00	57,00	487,00	1,316
5	324.000,00	55,00	487,00	1,364
6	301.500,00	62,00	295,00	1,048
7	283.500,00	49,00	300,00	1,327
8	387.000,00	60,00	374,00	1,083
9	256.500,00	41,00	306,00	1,707
10	180.000,00	40,00	238,00	1,625
11	486.000,00	82,00	793,00	0,854
12	504.000,00	82,00	793,00	0,793
13	315.000,00	50,00	744,00	1,500
14	477.000,00	72,00	744,00	1,042
15	229.500,00	48,00	319,00	1,354
16	333.000,00	68,00	314,00	0,956
17	324.000,00	70,00	295,00	0,929
18	288.000,00	54,00	281,00	1,389
19	279.000,00	55,00	270,00	1,364
20	267.300,00	54,00	282,00	1,389
21	270.000,00	54,00	282,00	1,389
22	306.000,00	55,00	487,00	1,364
23	238.500,00	54,00	232,00	1,204
24	178.200,00	36,00	230,00	1,806
25	289.800,00	63,00	232,00	1,032
26	358.200,00	67,00	300,00	1,045
27	288.000,00	48,00	316,00	1,458
28	297.000,00	67,00	300,00	1,045
29	342.000,00	55,00	330,00	1,273
30	315.000,00	58,00	330,00	1,207
31	441.000,00	63,00	764,00	1,111

Modelos Pesquisados

Foram pesquisados 50 modelos, dos quais reproduz-se, a título de exemplificação, 10 deles:

Nº Modelo	Correlação	r ² ajustado	F Calculado	Regressores	Nº de "Outliers"	Normalidade
1	0,9527	0,8973	88,4147	2 em 3	1	Sim
2	0,9527	0,8973	88,4009	2 em 3	1	Sim
3	0,9526	0,8972	88,2338	2 em 3	1	Sim
4	0,9525	0,9006	136,9310	2 em 2	1	Sim
5	0,9518	0,8955	86,7258	3 em 3	0	Sim
6	0,9514	0,8945	85,8316	3 em 3	1	Sim
7	0,9510	0,8938	85,1295	2 em 3	0	Sim
8	0,9509	0,8937	85,0365	2 em 3	0	Sim
9	0,9509	0,8936	84,9954	2 em 3	1	Sim
10	0,9508	0,8934	84,7653	2 em 3	0	Sim

Nº Modelo	Auto-Correlação
1	Não há
2	Não há
3	Não há
4	Não há
5	Não há
6	Não há
7	Não há
8	Não há
9	Não há
10	Não há

MODELOS

- (1) : [Valor] = b0 + b1*[Área] + b2*Ln([Localização]) + b3*1/[Ruído]
 (2) : [Valor] = b0 + b1*[Área] + b2*Ln([Localização]) + b3*Ln([Ruído])
 (3) : [Valor] = b0 + b1*[Área] + b2*Ln([Localização]) + b3*[Ruído]
 (4) : [Valor] = b0 + b1*[Área] + b2*Ln([Localização])
 (5) : [Valor] = b0 + b1*[Área] + b2*1/[Localização] + b3*1/[Ruído]
 (6) : [Valor] = b0 + b1*[Área] + b2*1/[Localização] + b3*Ln([Ruído])
 (7) : Ln([Valor]) = b0 + b1*Ln([Área]) + b2*1/[Localização] + b3*[Ruído]
 (8) : Ln([Valor]) = b0 + b1*Ln([Área]) + b2*1/[Localização] + b3*Ln([Ruído])
 (9) : [Valor] = b0 + b1*[Área] + b2*1/[Localização] + b3*[Ruído]
 (10) : Ln([Valor]) = b0 + b1*Ln([Área]) + b2*1/[Localização] + b3*1/[Ruído]

Observações :

(a) Regressores testados a um nível de significância de 10,00%

(b) Critério de identificação de outlier :

Intervalo de +/- 2,00 desvios padrões em torno da média.

(c) Teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, a um nível de significância de 1%

(d) Teste de auto-correlação de Durbin-Watson, a um nível de significância de 1,0%

Descrição das Variáveis

Variável Dependente :

- Valor

Variáveis Independentes :

- Área
- Localização
- Ruído

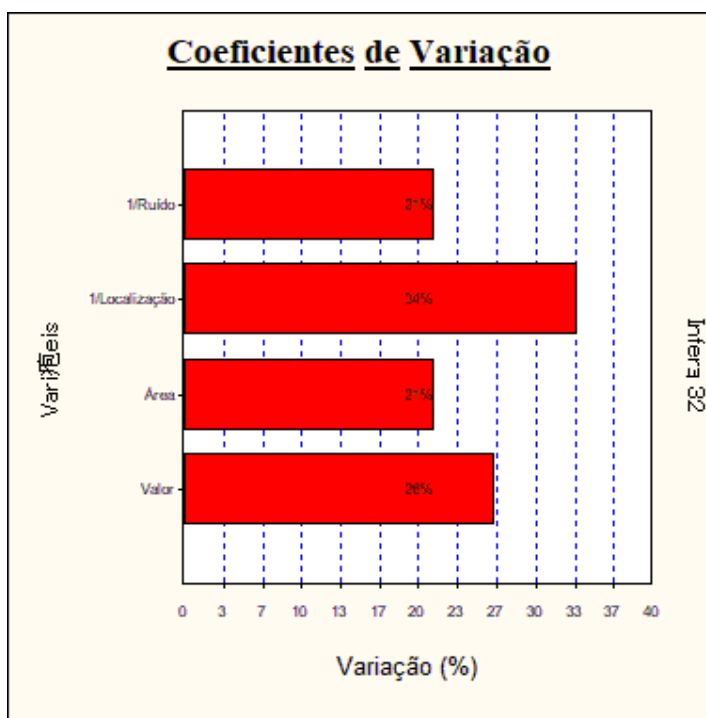
Estatísticas Básicas

Nº de elementos da amostra : 31
 Nº de variáveis independentes : 3
 Nº de graus de liberdade : 27
 Desvio padrão da regressão : 27793,4859

Variável	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação
Valor	325161,29	85991,9092	26,45%
Área	59,48	12,6698	21,30%
1/Localização	$2,8660 \times 10^{-3}$	$9,6349 \times 10^{-4}$	33,62%
1/Ruído	0,8474	0,1814	21,41%

Número mínimo de amostragens para 3 variáveis independentes : 24.
 Número mínimo de amostragens se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau III.

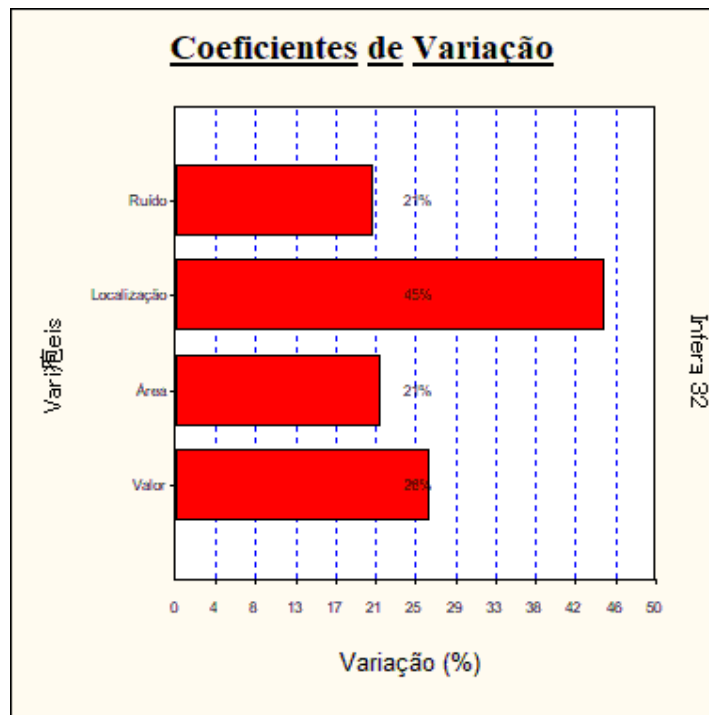
Distribuição das Variáveis



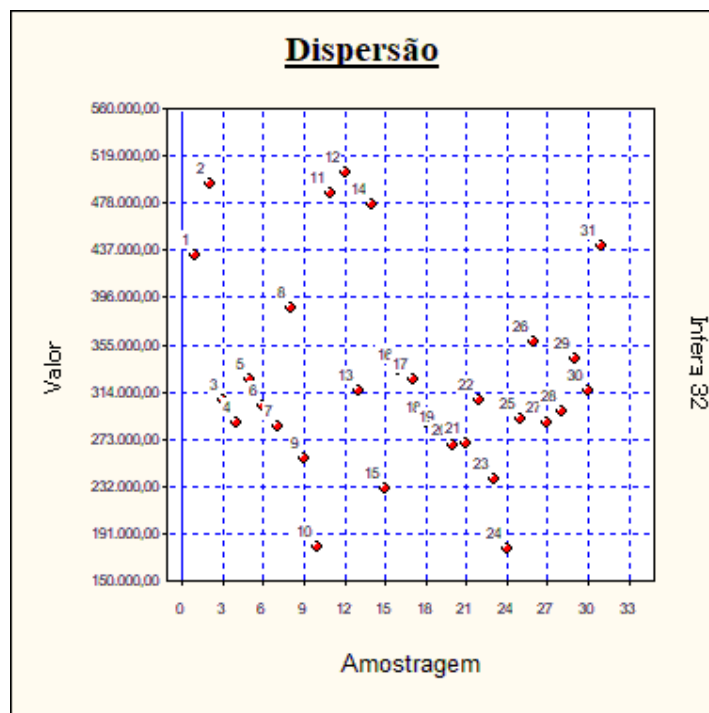
Estatísticas das Variáveis Não Transformadas

Nome da Variável	Valor médio	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo	Amplitude total	Coefficiente de variação
Valor	325161,29	85991,9092	178200,00	504000,00	325800,00	26,4459
Área	59,48	12,6698	36,00	90,00	54,00	21,2996
Localização	404,52	180,7609	230,00	793,00	563,00	44,6857
Ruído	1,231	0,2545	0,793	1,806	1,013	20,6708

Distribuição das Variáveis não Transformadas



Dispersão dos elementos



Dispersão em Torno da Média

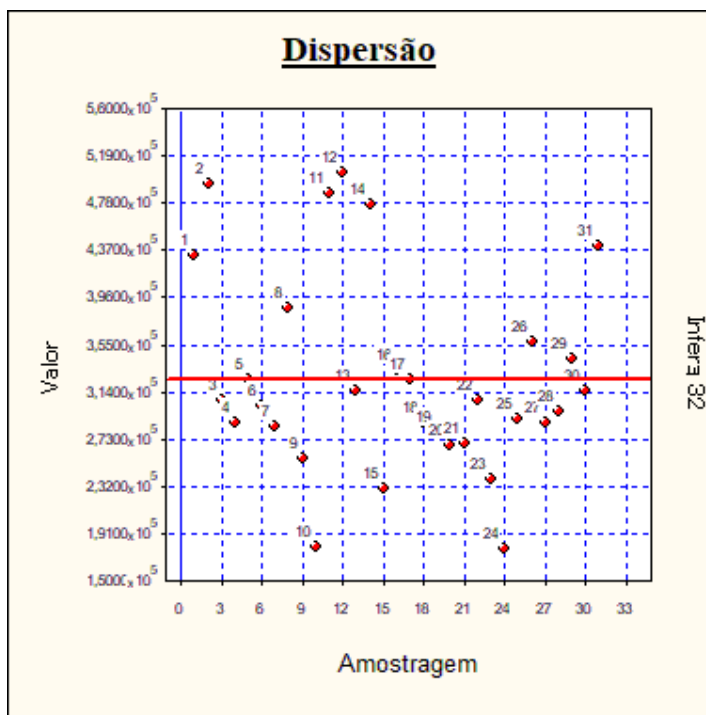


Tabela de valores estimados e observados

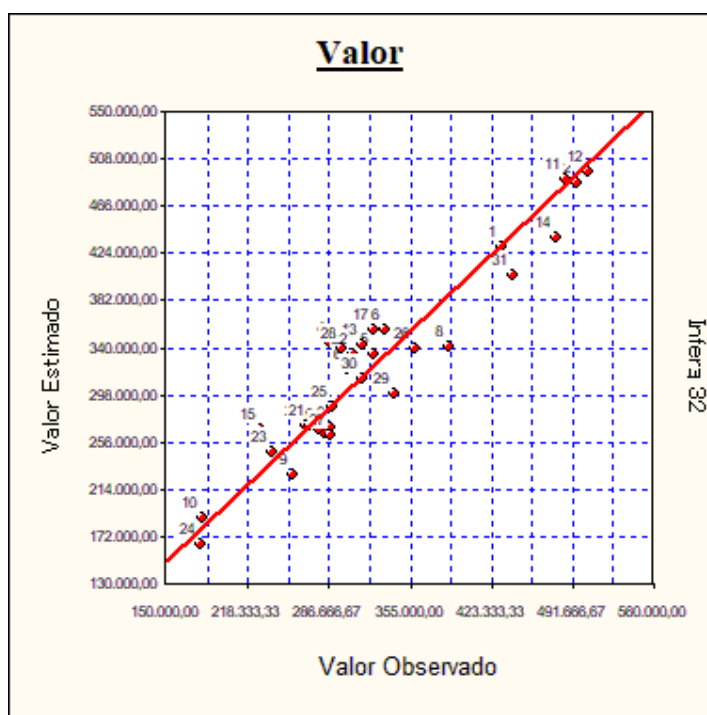
Valores para a variável Valor.

Nº Am.	Valor observado	Valor estimado	Diferença	Varição %
1	432.000,00	428.857,29	-3.142,71	-0,7275 %
2	495.000,00	487.150,26	-7.849,74	-1,5858 %
3	306.000,00	334.809,13	28.809,13	9,4147 %
4	288.000,00	343.478,09	55.478,09	19,2632 %
5	324.000,00	334.809,13	10.809,13	3,3362 %
6	301.500,00	320.027,74	18.527,74	6,1452 %
7	283.500,00	264.065,14	-19.434,86	-6,8553 %
8	387.000,00	340.096,37	-46.903,63	-12,1198 %
9	256.500,00	227.718,99	-28.781,01	-11,2207 %
10	180.000,00	188.581,84	8.581,84	4,7677 %
11	486.000,00	489.422,13	3.422,13	0,7041 %
12	504.000,00	495.822,80	-8.177,20	-1,6225 %
13	315.000,00	341.919,56	26.919,56	8,5459 %
14	477.000,00	437.198,56	-39.801,44	-8,3441 %
15	229.500,00	267.661,83	38.161,83	16,6282 %
16	333.000,00	355.174,93	22.174,93	6,6591 %
17	324.000,00	355.788,36	31.788,36	9,8112 %
18	288.000,00	269.459,45	-18.540,55	-6,4377 %
19	279.000,00	267.903,68	-11.096,32	-3,9772 %
20	267.300,00	269.971,06	2.671,06	0,9993 %
21	270.000,00	269.971,06	-28,94	-0,0107 %
22	306.000,00	334.809,13	28.809,13	9,4147 %
23	238.500,00	246.848,64	8.348,64	3,5005 %
24	178.200,00	164.736,79	-13.463,21	-7,5551 %
25	289.800,00	287.144,80	-2.655,20	-0,9162 %
26	358.200,00	339.434,77	-18.765,23	-5,2388 %
27	288.000,00	262.711,74	-25.288,26	-8,7806 %

28	297.000,00	339.434,77	42.434,77	14,2878 %
29	342.000,00	298.928,15	-43.071,85	-12,5941 %
30	315.000,00	312.133,66	-2.866,34	-0,9099 %
31	441.000,00	403.930,15	-37.069,85	-8,4059 %

A *variação (%)* é calculada como a diferença entre os valores observado e estimado, dividida pelo valor observado.

As *variações percentuais* são normalmente menores em valores estimados e observados maiores, não devendo ser usadas como elemento de comparação entre as amostragens.



Uma melhor adequação dos pontos à reta significa um melhor ajuste do modelo.

Modelo da Regressão

$$[\text{Valor}] = 179817 + 3384,4 \times [\text{Área}] - 4,0541 \times 10^7 / [\text{Localização}] + 71060 / [\text{Ruído}]$$

Modelo para a Variável Dependente

$$[\text{Valor}] = 179817 + 3384,4 \times [\text{Área}] - 4,0541 \times 10^7 / [\text{Localização}] + 71060 / [\text{Ruído}]$$

Regressores do Modelo

Intervalo de confiança de 80,00%.

Variáveis	Coefficiente	D. Padrão	Mínimo	Máximo
Área	b1 = 3384,3850	1444,0339	1487,3533	5281,4167
Localização	b2 = -4,0541x10 ⁷	6,5668x10 ⁶	-4,9167x10 ⁷	-3,1914x10 ⁷
Ruído	b3 = 71060,2698	93936,1715	-52343,9611	1,9446x10 ⁵

Correlação do Modelo

Coeficiente de correlação (r): 0,9518
 Valor t calculado: 16,13
 Valor t tabelado (t crítico): 2,771 (para o nível de significância de 1,00 %)
 Coeficiente de determinação (r²) ...: 0,9060
 Coeficiente r² ajustado: 0,8955

Classificação : Correlação Fortíssima

Tabela de Somatórios

	1	Valor	Área	Localização	Ruído
Valor	1,0080x10 ⁷	3,4994x10 ¹²	6,2818x10 ⁸	26976,6012	8,9173x10 ⁶
Área	1844,0000	6,2818x10 ⁸	1,1450x10 ⁵	5,0964	1628,1293
Localização	0,0888	26976,6012	5,0964	2,8249x10 ⁻⁴	0,0732
Ruído	26,2715	8,9173x10 ⁶	1628,1293	0,0732	23,2523

Análise da Variância

Fonte de erro	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado
Regressão	2,0098x10 ¹¹	3	6,6993x10 ¹⁰	86,73
Residual	2,0856x10 ¹⁰	27	7,7247x10 ⁸	
Total	2,2183x10¹¹	30	7,3946x10⁹	

F Calculado : 86,73

F Tabelado : 4,601 (para o nível de significância de 1,000 %)

Significância do modelo igual a 5,6x10⁻¹²%

Aceita-se a hipótese de existência da regressão.

Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau III.

Correlações Parciais

	Valor	Área	Localização	Ruído
Valor	1,0000	0,8748	-0,7698	0,8008
Área	0,8748	1,0000	-0,5150	0,9480
Localização	-0,7698	-0,5150	1,0000	-0,3920
Ruído	0,8008	0,9480	-0,3920	1,0000

Teste t das Correlações Parciais

Valores calculados para as estatísticas t :

	Valor	Área	Localização	Ruído
Valor	∞	9,381	-6,268	6,947
Área	9,381	∞	-3,122	15,48
Localização	-6,268	-3,122	∞	-2,214
Ruído	6,947	15,48	-2,214	∞

Valor t tabelado (t crítico) : 2,771 (para o nível de significância de 1,00 %)

As variáveis independentes Área e Ruído são fortemente correlacionadas. O modelo pode apresentar multicolinearidade.

Significância dos Regressores (bicaudal)

(Teste bicaudal - significância 10,00%)

Coefficiente t de Student : t(critico) = 1,7033

Variável	Coefficiente	t Calculado	Significância	Aceito
Área	b1	8,450	$4,6 \times 10^{-7}\%$	Sim
Localização	b2	-7,698	$2,8 \times 10^{-6}\%$	Sim
Ruído	b3	2,541	1,7%	Sim

Os coeficientes são importantes na formação do modelo.

Aceita-se a hipótese de β diferente de zero.

Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau III.

Significância dos Regressores (unicaudal)

(Teste unicaudal - significância 10,00%)

Coefficiente t de Student : t(critico) = 1,3137

Variável	Coefficiente	t Calculado	Significância
Área	b1	2,344	1,3%
Localização	b2	-6,174	$6,7 \times 10^{-5}\%$
Ruído	b3	0,756	23%

Tabela de Resíduos

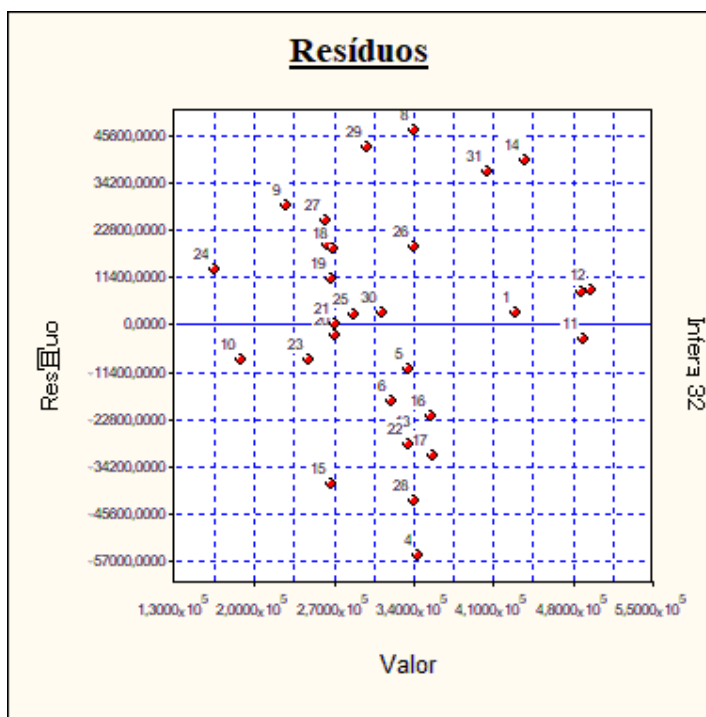
Resíduos da variável dependente [Valor].

Nº Am.	Observado	Estimado	Resíduo	Normalizado	Studentizado	Quadrático
1	$4,3200 \times 10^5$	$4,2885 \times 10^5$	3142,7090	0,1130	0,1371	$9,8766 \times 10^6$
2	$4,9500 \times 10^5$	$4,8715 \times 10^5$	7849,7423	0,2824	0,3348	$6,1618 \times 10^7$
3	$3,0600 \times 10^5$	$3,3480 \times 10^5$	-28809,1280	-1,0365	-1,0888	$8,2996 \times 10^8$
4	$2,8800 \times 10^5$	$3,4347 \times 10^5$	-55478,0916	-1,9960	-2,0870	$3,0778 \times 10^9$
5	$3,2400 \times 10^5$	$3,3480 \times 10^5$	-10809,1280	-0,3889	-0,4085	$1,1683 \times 10^8$
6	$3,0150 \times 10^5$	$3,2002 \times 10^5$	-18527,7366	-0,6666	-0,6987	$3,4327 \times 10^8$

7	2,8350x10 ⁵	2,6406x10 ⁵	19434,8550	0,6992	0,7292	3,7771x10 ⁸
8	3,8700x10 ⁵	3,4009x10 ⁵	46903,6253	1,6875	1,7737	2,1999x10 ⁹
9	2,5650x10 ⁵	2,2771x10 ⁵	28781,0132	1,0355	1,0966	8,2834x10 ⁸
10	1,8000x10 ⁵	1,8858x10 ⁵	-8581,8416	-0,3087	-0,3312	7,3648x10 ⁷
11	4,8600x10 ⁵	4,8942x10 ⁵	-3422,1266	-0,1231	-0,1357	1,1710x10 ⁷
12	5,0400x10 ⁵	4,9582x10 ⁵	8177,2004	0,2942	0,3631	6,6866x10 ⁷
13	3,1500x10 ⁵	3,4191x10 ⁵	-26919,5611	-0,9685	-1,1012	7,2466x10 ⁸
14	4,7700x10 ⁵	4,3719x10 ⁵	39801,4446	1,4320	1,5341	1,5841x10 ⁹
15	2,2950x10 ⁵	2,6766x10 ⁵	-38161,8254	-1,3730	-1,4405	1,4563x10 ⁹
16	3,3300x10 ⁵	3,5517x10 ⁵	-22174,9263	-0,7978	-0,8500	4,9172x10 ⁸
17	3,2400x10 ⁵	3,5578x10 ⁵	-31788,3568	-1,1437	-1,2357	1,0104x10 ⁹
18	2,8800x10 ⁵	2,6945x10 ⁵	18540,5463	0,6670	0,7022	3,4375x10 ⁸
19	2,7900x10 ⁵	2,6790x10 ⁵	11096,3217	0,3992	0,4240	1,2312x10 ⁸
20	2,6730x10 ⁵	2,6997x10 ⁵	-2671,0636	-0,0961	-0,1011	7,1345x10 ⁶
21	2,7000x10 ⁵	2,6997x10 ⁵	28,9363	1,0411x10 ⁻³	1,0954x10 ⁻³	837,3117
22	3,0600x10 ⁵	3,3480x10 ⁵	-28809,1280	-1,0365	-1,0888	8,2996x10 ⁸
23	2,3850x10 ⁵	2,4684x10 ⁵	-8348,6393	-0,3003	-0,3203	6,9699x10 ⁷
24	1,7820x10 ⁵	1,6473x10 ⁵	13463,2052	0,4844	0,5296	1,8125x10 ⁸
25	2,8980x10 ⁵	2,8714x10 ⁵	2655,2022	0,0955	0,1049	7,0500x10 ⁶
26	3,5820x10 ⁵	3,3943x10 ⁵	18765,2287	0,6751	0,7015	3,5213x10 ⁸
27	2,8800x10 ⁵	2,6271x10 ⁵	25288,2572	0,9098	0,9388	6,3949x10 ⁸
28	2,9700x10 ⁵	3,3943x10 ⁵	-42434,7712	-1,5267	-1,5864	1,8007x10 ⁹
29	3,4200x10 ⁵	2,9892x10 ⁵	43071,8477	1,5497	1,5787	1,8551x10 ⁹
30	3,1500x10 ⁵	3,1213x10 ⁵	2866,3370	0,1031	0,1048	8,2158x10 ⁶
31	4,4100x10 ⁵	4,0393x10 ⁵	37069,8521	1,3337	1,4479	1,3741x10 ⁹

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1813359/CA

Resíduos x Valor Estimado



Este gráfico deve ser usado para verificação de homocedasticidade do modelo.

Gráfico de Resíduos Quadráticos

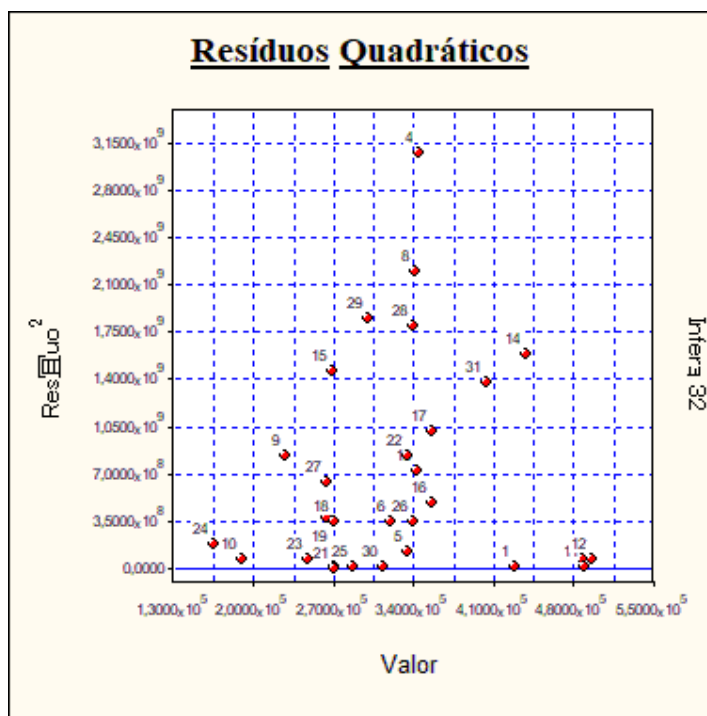


Tabela de Resíduos Deletados

Resíduos deletados da variável dependente [Valor].

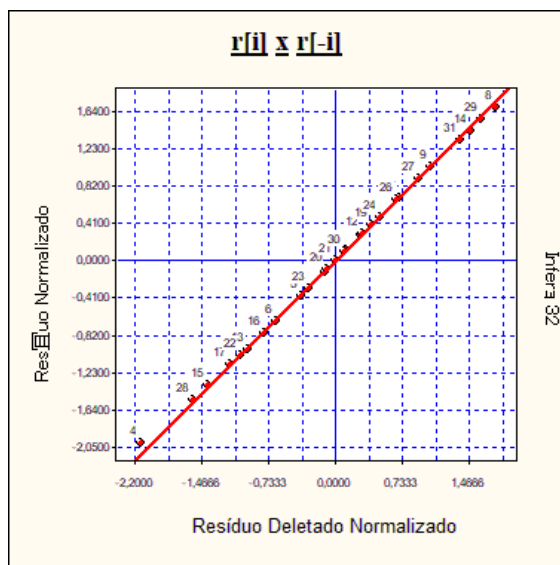
Nº Am.	Deletado	Variância	Normalizado	Studentizado
1	4622,1716	8,0162x10 ⁸	0,1109	0,1346
2	11036,9983	7,9885x10 ⁸	0,2777	0,3293
3	-31791,5650	7,6696x10 ⁸	-1,0402	-1,0927
4	-60650,0411	6,7277x10 ⁸	-2,1388	-2,2363
5	-11928,1325	7,9722x10 ⁸	-0,3828	-0,4021
6	-20357,4367	7,8768x10 ⁸	-0,6601	-0,6919
7	21137,4719	7,8638x10 ⁸	0,6930	0,7227
8	51818,4356	7,0870x10 ⁸	1,7618	1,8518
9	32278,5722	7,6645x10 ⁸	1,0395	1,1009
10	-9875,0235	7,9892x10 ⁸	-0,3036	-0,3256
11	-4160,9274	8,0164x10 ⁸	-0,1208	-0,1332
12	12455,0782	7,9827x10 ⁸	0,2894	0,3571
13	-34800,4276	7,6615x10 ⁸	-0,9725	-1,1057
14	45681,1958	7,3225x10 ⁸	1,4708	1,5757
15	-42006,7148	7,4053x10 ⁸	-1,4023	-1,4713
16	-25173,2239	7,8071x10 ⁸	-0,7936	-0,8455
17	-37111,6076	7,5681x10 ⁸	-1,1555	-1,2485
18	20548,2507	7,8753x10 ⁸	0,6606	0,6955
19	12516,6267	7,9684x10 ⁸	0,3930	0,4174
20	-2956,8914	8,0188x10 ⁸	-0,0943	-0,0992
21	32,0327	8,0218x10 ⁸	1,0216x10 ⁻³	1,0749x10 ⁻³
22	-31791,5650	7,6696x10 ⁸	-1,0402	-1,0927
23	-9496,1480	7,9913x10 ⁸	-0,2953	-0,3149
24	16097,7459	7,9385x10 ⁸	0,4778	0,5225
25	3202,5629	8,0186x10 ⁸	0,0937	0,1029
26	20260,8498	7,8756x10 ⁸	0,6686	0,6948

27	26925,4378	7,7600x10 ⁸	0,9077	0,9367
28	-45816,8957	7,2741x10 ⁸	-1,5733	-1,6348
29	44701,0128	7,2813x10 ⁸	1,5961	1,6261
30	2965,0405	8,0186x10 ⁸	0,1012	0,1029
31	43687,5265	7,3990x10 ⁸	1,3628	1,4794

Resíduo x Resíduo Deletado

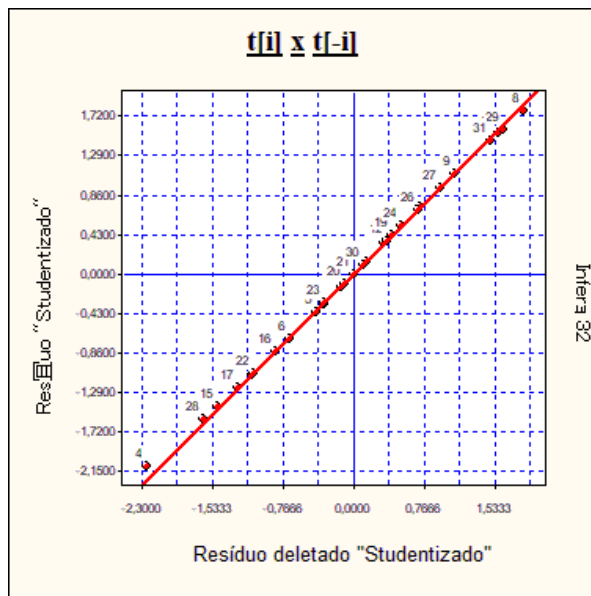


Resíduos Deletados Normalizados



As amostragens cujos resíduos mais se desviam da reta de referência influem significativamente nos valores estimados.

Resíduos Deletados Studentizados



As amostragens cujos resíduos mais se desviam da reta de referência influem significativamente nos valores estimados.

Estatística dos Resíduos

Número de elementos: 31
 Graus de liberdade: 30
 Valor médio: $1,6044 \times 10^{-14}$
 Variância: $6,7280 \times 10^8$
 Desvio padrão: 25938,4521
 Desvio médio: 21092,6661
 Variância (não tendenciosa): $7,7247 \times 10^8$
 Desvio padrão (não tend.): 27793,4859
 Valor mínimo: -55478,0916
 Valor máximo: 46903,6253
 Amplitude: $1,0238 \times 10^5$
 Número de classes: 5
 Intervalo de classes: 20476,3433

Momentos Centrais

Momento central de 1ª ordem : $1,6044 \times 10^{-14}$
 Momento central de 2ª ordem : $6,7280 \times 10^8$
 Momento central de 3ª ordem : $-1,9245 \times 10^{12}$
 Momento central de 4ª ordem : $-6,2083 \times 10^{10}$

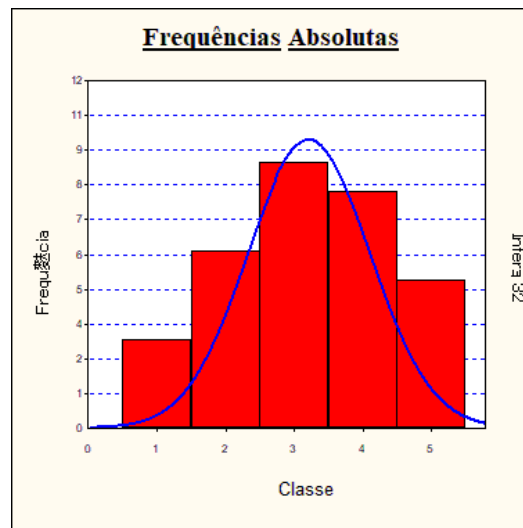
Coeficiente	Amostral	Normal	t de Student
Assimetria	-0,1102	0	0
Curtose	-3,0000	0	Indefinido

Distribuição assimétrica à esquerda e platicúrtica.

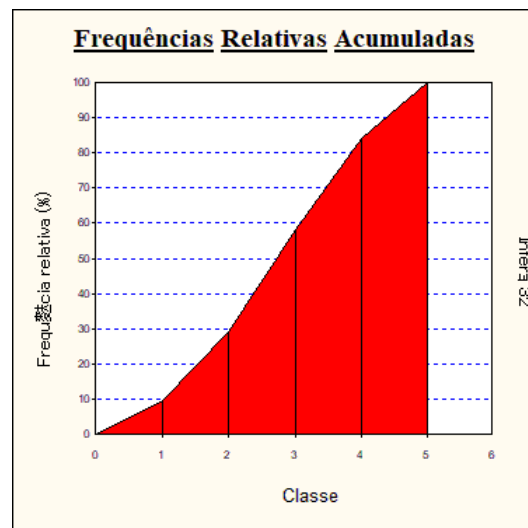
Intervalos de Classes

Classe	Mínimo	Máximo	Freq.	Freq.(%)	Média
1	-55478,0916	-35001,7482	3	9,68	-45358,2294
2	-35001,7482	-14525,4048	6	19,35	-26171,4728
3	-14525,4048	5950,9385	9	29,03	-2793,2905
4	5950,9385	26427,2819	8	25,81	15326,9196
5	26427,2819	46903,6253	5	16,13	39125,5566

Histograma



Ogiva de Frequências



Amostragens eliminadas

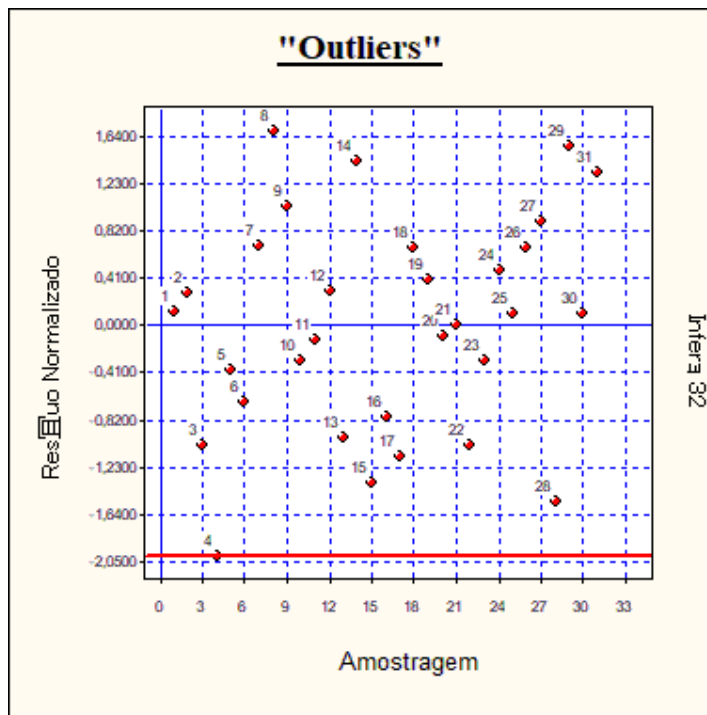
Todas as amostragens foram utilizadas.

Presença de Outliers

Critério de identificação de outlier :
Intervalo de +/- 2,00 desvios padrões em torno da média.

Nenhuma amostragem foi encontrada fora do intervalo. Não existem outliers.

Gráfico de Indicação de Outliers



Efeitos de cada Observação na Regressão

F tabelado : 6,326 (para o nível de significância de 0,10 %)

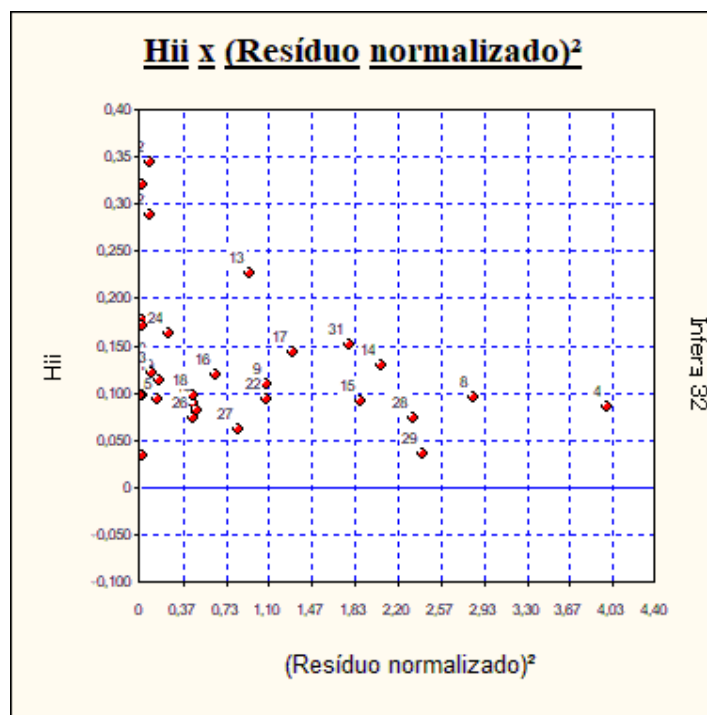
Nº Am.	Distância de Cook(*)	Hii(**)	Aceito
1	2,2131x10 ⁻³	0,3200	Sim
2	0,0113	0,2887	Sim
3	0,0306	0,0938	Sim
4	0,1015	0,0852	Sim
5	4,3197x10 ⁻³	0,0938	Sim
6	0,0120	0,0898	Sim
7	0,0116	0,0805	Sim
8	0,0824	0,0948	Sim
9	0,0365	0,1083	Sim
10	4,1328x10 ⁻³	0,1309	Sim
11	9,9488x10 ⁻⁴	0,1775	Sim
12	0,0172	0,3434	Sim
13	0,0887	0,2264	Sim
14	0,0869	0,1287	Sim

15	0,0522	0,0915	Sim
16	0,0244	0,1191	Sim
17	0,0639	0,1434	Sim
18	0,0133	0,0977	Sim
19	$5,7533 \times 10^{-3}$	0,1134	Sim
20	$2,7352 \times 10^{-4}$	0,0966	Sim
21	$3,2100 \times 10^{-8}$	0,0966	Sim
22	0,0306	0,0938	Sim
23	$3,5266 \times 10^{-3}$	0,1208	Sim
24	0,0137	0,1636	Sim
25	$5,6731 \times 10^{-4}$	0,1709	Sim
26	$9,8069 \times 10^{-3}$	0,0738	Sim
27	0,0142	0,0608	Sim
28	0,0501	0,0738	Sim
29	0,0235	0,0364	Sim
30	$9,4714 \times 10^{-5}$	0,0332	Sim
31	0,0935	0,1514	Sim

(*) A distância de Cook corresponde à variação máxima sofrida pelos coeficientes do modelo quando se retira o elemento da amostra. Não deve ser maior que F tabelado.
Todos os elementos da amostragem passaram pelo teste de consistência.

(**) H_{ii} são os elementos da diagonal da matriz de previsão. São equivalentes à distância de Mahalanobis e medem a distância da observação para o conjunto das demais observações.

Hii x Resíduo Normalizado Quadrático



Pontos no canto inferior direito podem ser "outliers".
Pontos no canto superior esquerdo podem possuir alta influência no resultado da regressão.

Distribuição dos Resíduos Normalizados

Intervalo	Distribuição de Gauss	% de Resíduos no Intervalo
-1; +1	68,3 %	64,52 %
-1,64; +1,64	89,9 %	93,55 %
-1,96; +1,96	95,0 %	96,77 %

Teste de Kolmogorov-Smirnov

Amostr.	Resíduo	F(z)	G(z)	Dif. esquerda	Dif. Direita
4	-55478,0916	2,296x10 ⁻²	0,0323	0,0229	9,2956x10 ⁻³
28	-42434,7712	0,0634	0,0645	0,0311	1,1092x10 ⁻³
15	-38161,8254	0,0849	0,0968	0,0203	0,0119
17	-31788,3568	0,1264	0,1290	0,0295	2,6652x10 ⁻³
22	-28809,1280	0,1500	0,1613	0,0209	0,0113
3	-28809,1280	0,1500	0,1935	0,0113	0,0435
13	-26919,5611	0,1664	0,2258	0,0271	0,0594
16	-22174,9263	0,2125	0,2581	0,0133	0,0455
6	-18527,7366	0,2525	0,2903	5,5576x10 ⁻³	0,0378
5	-10809,1280	0,349	0,3226	0,0583	0,0260
10	-8581,8416	0,379	0,3548	0,0561	0,0239
23	-8348,6393	0,382	0,3871	0,0271	5,1534x10 ⁻³
11	-3422,1266	0,451	0,4194	0,0639	0,0316
20	-2671,0636	0,462	0,4516	0,0423	0,0101
21	28,9363	0,500	0,4839	0,0488	0,0165
25	2655,2022	0,538	0,5161	0,0541	0,0219
30	2866,3370	0,541	0,5484	0,0249	7,3170x10 ⁻³
1	3142,7090	0,545	0,5806	3,3731x10 ⁻³	0,0356
2	7849,7423	0,611	0,6129	0,0305	1,7098x10 ⁻³
12	8177,2004	0,616	0,6452	2,7990x10 ⁻³	0,0294
19	11096,3217	0,655	0,6774	9,9811x10 ⁻³	0,0222
24	13463,2052	0,686	0,7097	8,5301x10 ⁻³	0,0237
18	18540,5463	0,748	0,7419	0,0379	5,7048x10 ⁻³
26	18765,2287	0,750	0,7742	8,2795x10 ⁻³	0,0239
7	19434,8550	0,758	0,8065	0,0163	0,0486
27	25288,2572	0,819	0,8387	0,0121	0,0201
9	28781,0132	0,850	0,8710	0,0110	0,0211
31	37069,8521	0,909	0,9032	0,0378	5,6329x10 ⁻³
14	39801,4446	0,924	0,9355	0,0207	0,0115
29	43071,8477	0,939	0,9677	3,9105x10 ⁻³	0,0283
8	46903,6253	0,954	1,0000	0,0134	0,0457

Maior diferença obtida : 0,0639

Valor crítico : 0,2942 (para o nível de significância de 1 %)

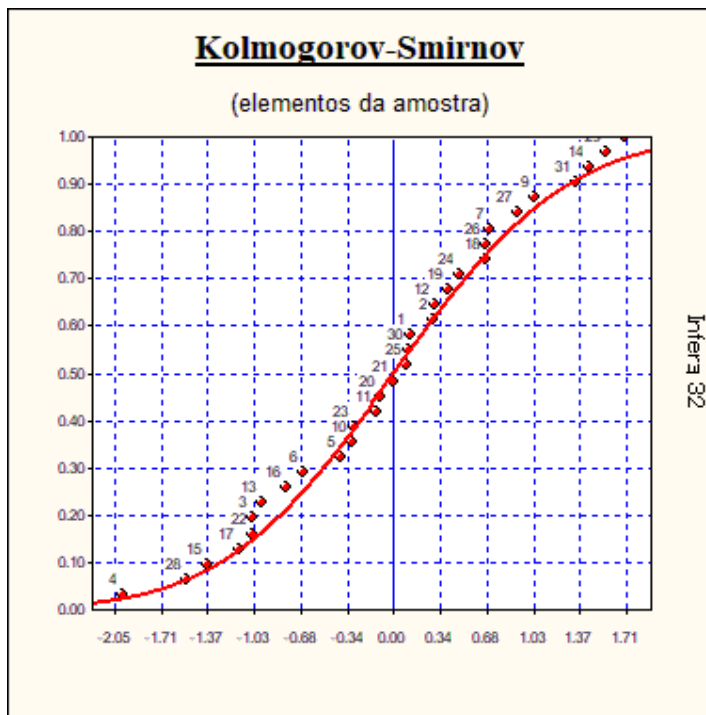
Segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov, a um nível de significância de 1 %, aceita-se a hipótese alternativa de que há normalidade.

Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau III.

Observação:

O teste de Kolmogorov-Smirnov tem valor aproximado quando é realizado sobre uma população cuja distribuição é desconhecida, como é o caso das avaliações pelo método comparativo.

Gráfico de Kolmogorov-Smirnov



Teste de Sequências/Sinais

Número de elementos positivos ...: 17
 Número de elementos negativos ..: 14
 Número de sequências: 15
 Média da distribuição de sinais: 15,5
 Desvio padrão: 2,784

Teste de Sequências

(desvios em torno da média) :

Limite inferior: -0,3154
 Limite superior ..: -0,6843
 Intervalo para a normalidade : [-2,3268 , 2,3268] (para o nível de significância de 1%)

Pelo teste de sequências, aceita-se a hipótese da aleatoriedade dos sinais dos resíduos.

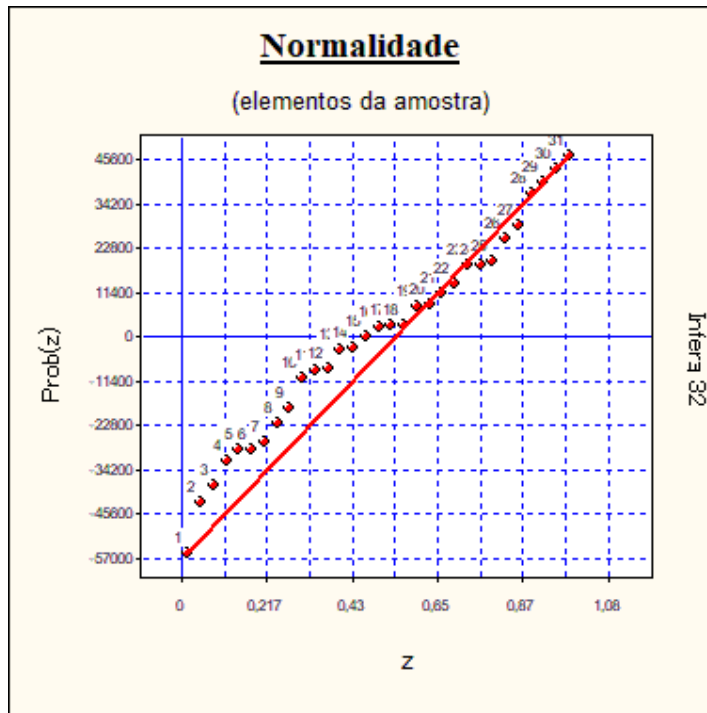
Teste de Sinais

(desvios em torno da média)

Valor z (calculado): 0,5388
 Valor z (crítico): 2,3268 (para o nível de significância de 1%)

Pelo teste de sinais, aceita-se a hipótese nula, podendo ser afirmado que a distribuição dos desvios em torno da média segue a curva normal (curva de Gauss).

Reta de Normalidade



Autocorrelação

Estatística de Durbin-Watson (DW) : 1,9148
(nível de significância de 1,0%)

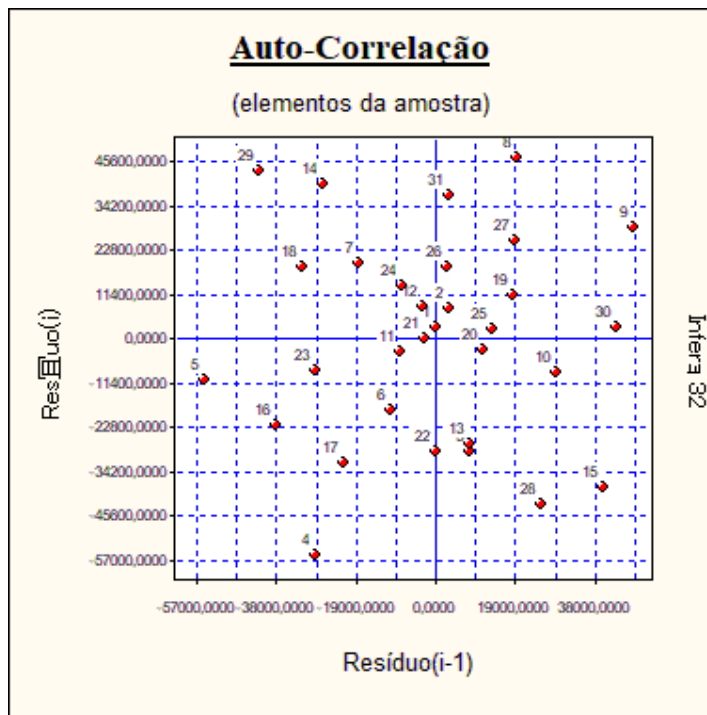
Autocorrelação positiva (DW < DL) : DL = 1,15
Autocorrelação negativa (DW > 4-DL) : 4-DL = 2,85

Intervalo para ausência de autocorrelação (DU < DW < 4-DU)
DU = 1,46 4-DU = 2,54

***Pelo teste de Durbin-Watson, não existe autocorrelação.
Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau III.***

A autocorrelação (ou auto-regressão) só pode ser verificada se as amostragens estiverem ordenadas segundo um critério conhecido. Se os dados estiverem aleatoriamente dispostos, o resultado (positivo ou negativo) não pode ser considerado.

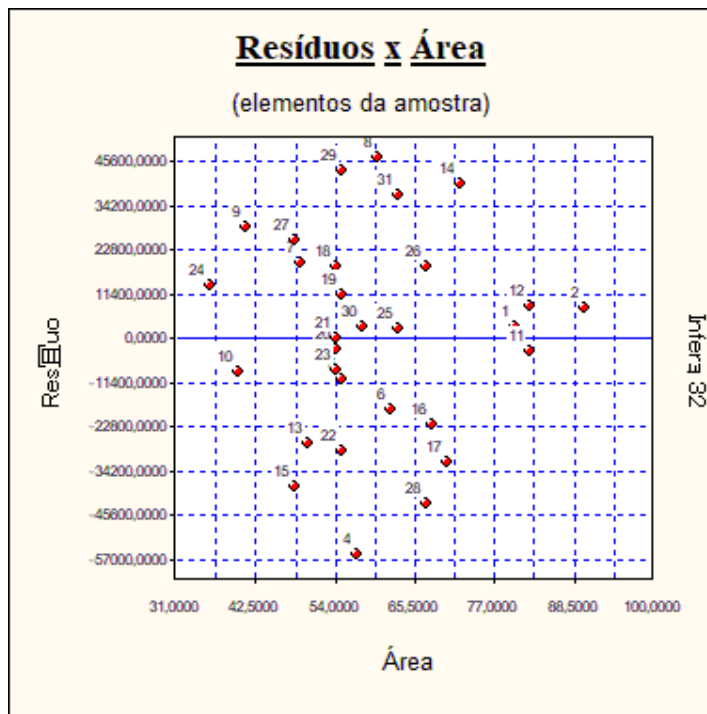
Gráfico de Auto-Correlação

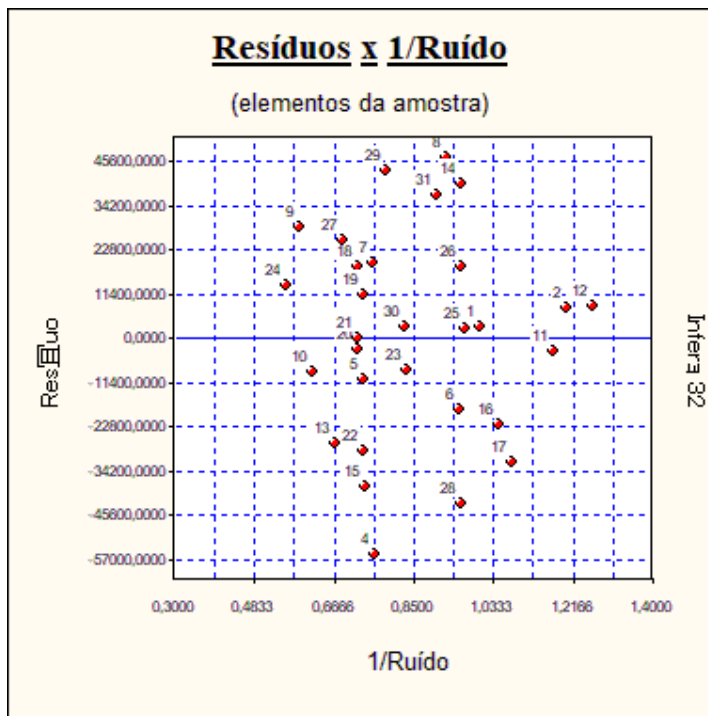
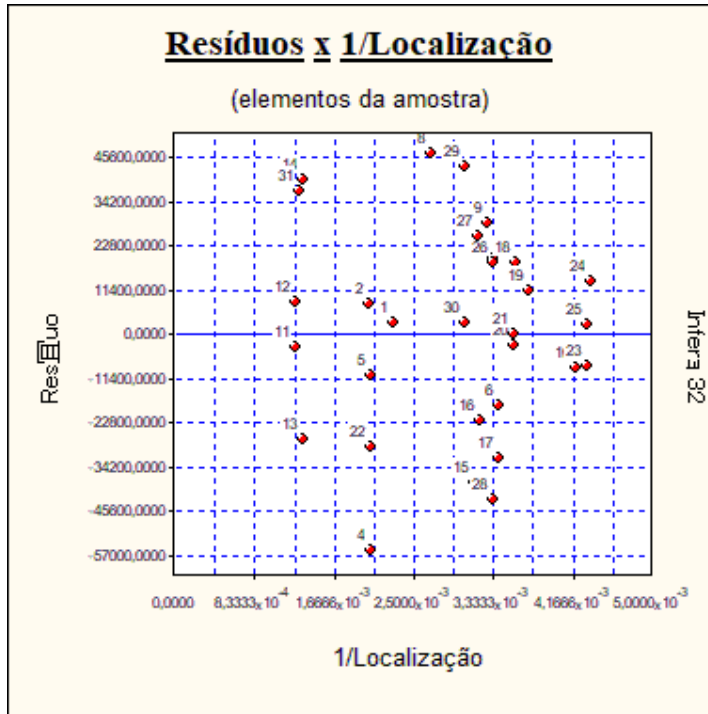


Se os pontos estiverem alinhados e a amostra estiver com os dados ordenados, pode-se suspeitar da existência de auto-correlação.

Resíduos x Variáveis Independentes

Verificação de multicolinearidade :





Resíduos x Variáveis Omitidas

Não existem informações neste ítem do relatório.

Estimativa x Amostra

Nome da Variável	Valor Mínimo	Valor Máximo	Imóvel Avaliando
Área	36,00	90,00	0,00
Localização	230,00	793,00	0,00
Ruído	0,793	1,806	0,000

Algumas das características do objeto sob avaliação encontram-se fora do intervalo da amostra.

Formação dos Valores

Variáveis independentes :

- Área= ???
- Localização ..= ???
- Ruído= ???

Falta informar o valor de algumas variáveis independentes do objeto sob avaliação.

Avaliação da Extrapolação

Falta informar o valor de algumas variáveis independentes do objeto sob avaliação.

Intervalos de Confiança

Não foram indicadas algumas características para o objeto sob avaliação.
Não é possível estabelecer os limites do intervalo de confiança.

Variação da Função Estimativa

Varição da variável dependente (Valor) em função das variáveis independentes, tomada no ponto de estimativa.

Variável	dy/dx (*)	dy % (**)
Área	3384,3850	0,0000%
Localização	$4,0541 \times 10^{1007}$	0,0000%
Ruído	$-7,1060 \times 10^{1004}$	0,0000%

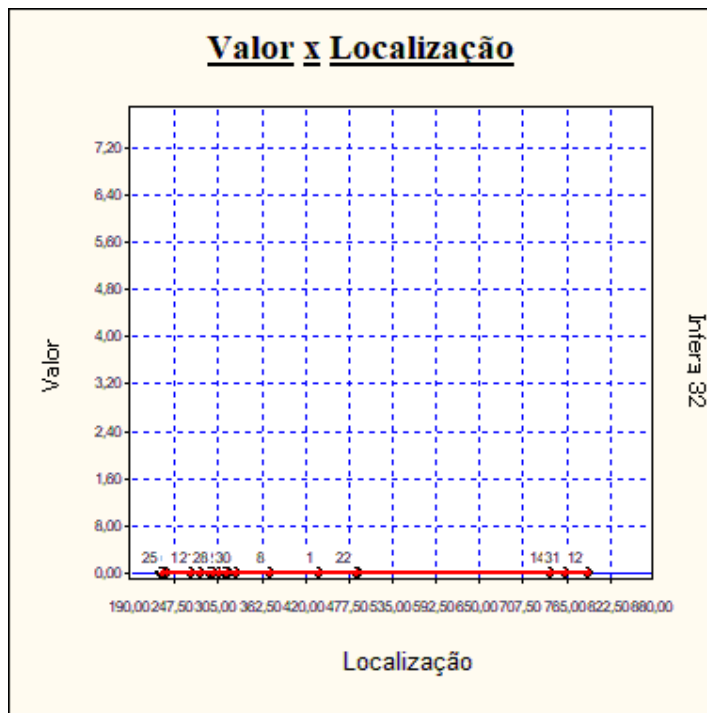
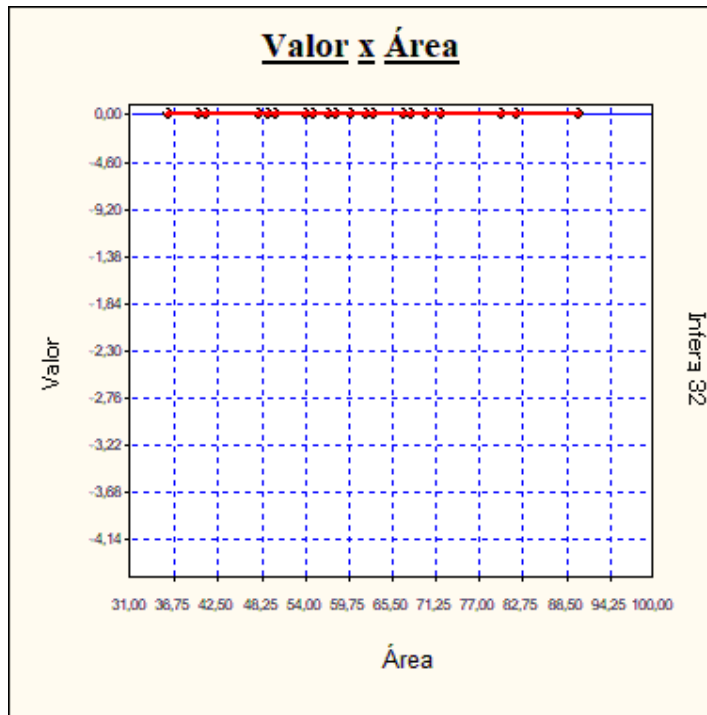
(*) derivada parcial da variável dependente em função das independentes.

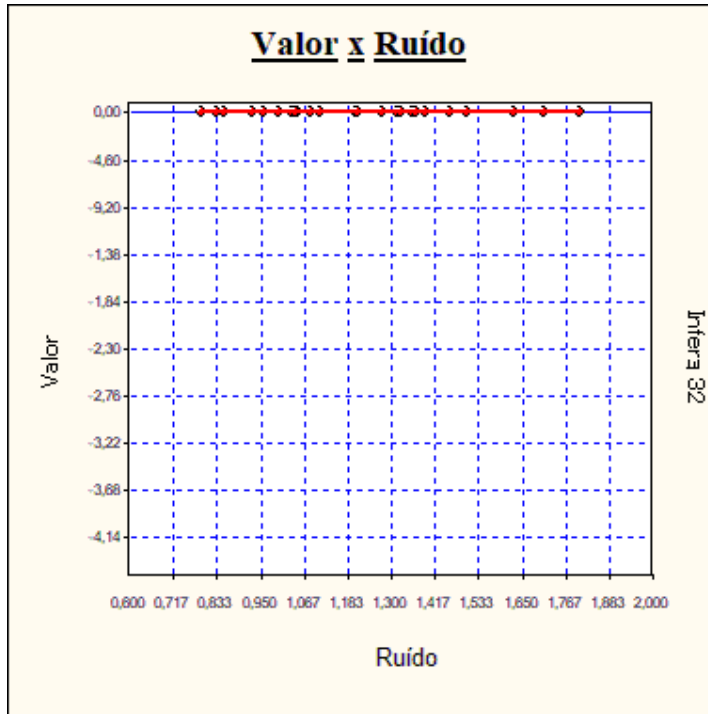
(**) variação percentual da variável dependente correspondente a uma variação de 1% na variável independente.

Gráficos da Regressão (2D)

Calculados no ponto médio da amostra, para :

- Área = 59,4838
- Localização = 348,9081
- Ruído = 1,1799

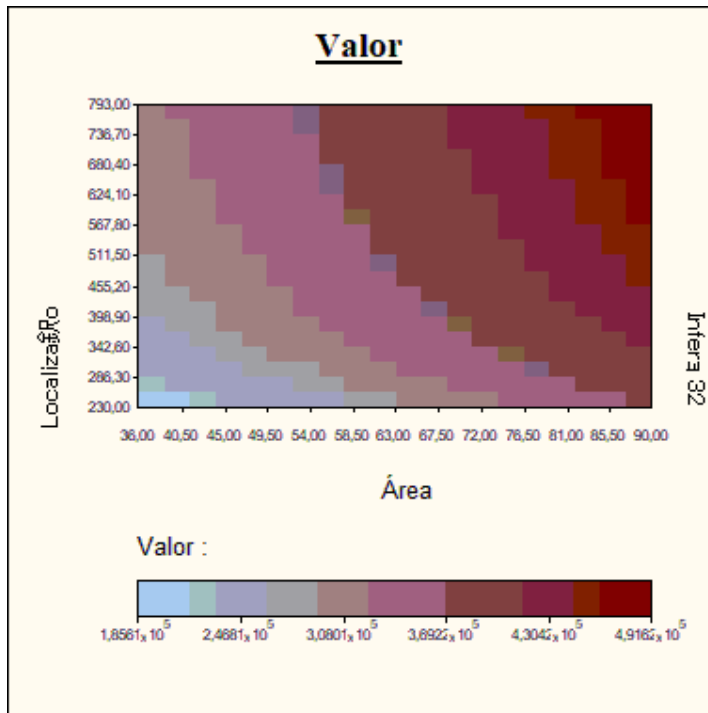


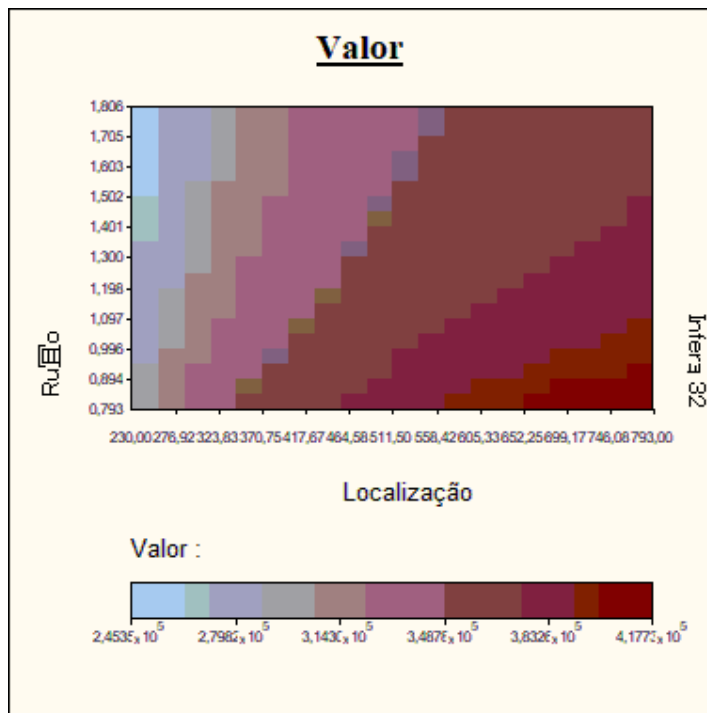
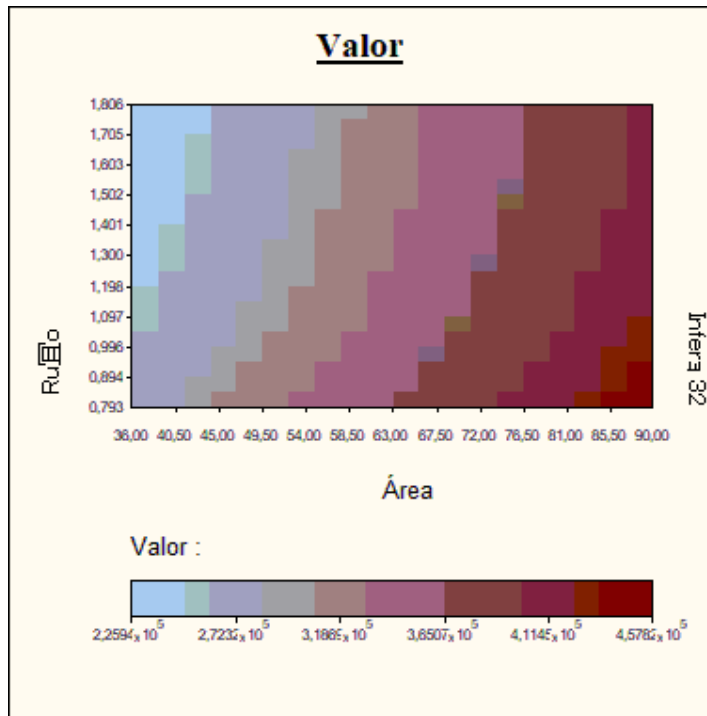


Curvas de Nível

Calculados no ponto médio da amostra, para :

- Área = 59,4838
- Localização = 348,9081
- Ruído = 1,1799





Gráficos da Regressão (3D)

Calculados no ponto médio da amostra, para :

- Área = 59,4838
- Localização = 348,9081
- Ruído = 1,1799

Limites dos eixos dos gráficos :

- Valor : [$1,7820 \times 10^5$; $5,0400 \times 10^5$]
- Área : [36,0000 ; 90,0000]

- Localização : [230,0000 ; 793,0000]
- Ruído : [0,7930 ; 1,8060]

