



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTE E  
GESTÃO TERRITORIAL

Vanessa Espíndola

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DO MODELO DE TENDÊNCIA HIERÁRQUICA  
NA ELABORAÇÃO DE PLANTAS DE VALORES GENÉRICOS**

Florianópolis  
2020

Vanessa Espíndola

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DO MODELO DE TENDÊNCIA HIERÁRQUICA NA  
ELABORAÇÃO DE PLANTAS DE VALORES GENÉRICOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria Benciveni Franzoni

Coorientador: Prof. Dr. Norberto Hochheim

Florianópolis

2020

#### Ficha de identificação da obra

Espíndola, Vanessa

Análise do desempenho do modelo de tendência hierárquica na elaboração de plantas de valores genéricos / Vanessa Espíndola ; orientador, Ana Maria Benciveni Franzoni, coorientador, Norberto Hochheim, 2020.  
101 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2. Modelo de Tendência Hierárquica. Planta de Valores Genéricos. Método Comparativo de Dados de Mercado. . I. Benciveni Franzoni, Ana Maria. II. Hochheim, Norberto. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. IV. Título.

Vanessa Espíndola

Análise do desempenho do Modelo de Tendência de Hierárquica na Elaboração de Plantas de  
Valores Genéricos

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora  
composta pelos seguintes membros:

Profa. Dra. Liane Ramos da Silva  
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Lia Caetano Bastos  
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Claudia Monteiro De Cesare Kennedy  
Corpo docente do *Lincoln Institute of Land Policy*

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado  
adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia do Transporte e Gestão Territorial.

---

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

---

Profa. Dra. Ana Maria Benciveni Franzoni  
Orientadora

Florianópolis, 2020

Este trabalho é dedicado à minha família, meu porto seguro, o alicerce da minha jornada.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por toda inspiração, iluminação e força em todos os momentos da minha vida acadêmica e pessoal.

Aos meus pais, Rosilene e João Batista, que são meus alicerces e por jamais terem medido esforços para que eu pudesse concluir meu mestrado. O esforço imensurável e o amor incondicional de vocês não me deixaram desistir, serviram de motivação para eu levantasse todas as vezes que eu tropecei nessa jornada com tantos obstáculos.

Aos meus irmãos Mayse e Carlos Eduardo por nunca negarem qualquer pedido de ajuda e por entenderem minhas falhas. Vocês sabem o quanto contribuíram para eu chegar até aqui. Ao meu irmão Ruan Carlos por alegrar meus dias e me fazer sorrir no momento de tensão.

Ao meu marido Jonas pelo apoio incondicional, por todos os dias que estive ao meu lado me ajudando e aprendendo comigo e por entender minhas ausências. Pela paciência nos meus momentos de nervosismo, de estresse e de chatice. Seu incentivo e sua compreensão nos momentos mais turbulentos fizeram a diferença. Sua companhia e alegria para celebrar cada conquista foram fundamentais.

À minha orientadora professora Ana Maria B. Franzoni, por toda segurança que me passou e dedicação ao longo deste trabalho. Ao meu coorientador professor Norberto Hochheim, agradeço por compartilhar comigo um pouco da sua experiência e conhecimento que foram fundamentais para esse trabalho. Sua orientação segura engrandeceu esta pesquisa.

À minha tutora Marina Kracik, uma amiga especial, por toda sua dedicação, sua ajuda e companheirismo foram ferramentas fundamentais para a conclusão dessa pesquisa.

A competitividade de um país não começa nas indústrias ou nos laboratórios de engenharia. Ela começa na sala de aula. (Lee Iacocca, s.d)

## RESUMO

Os modelos multiníveis ou modelos lineares hierárquicos foram desenvolvidos para análise de dados que possuem uma estrutura de grupo, ou seja, uma estrutura de hierarquia, sendo que o mercado imobiliário possui esta característica de dados agrupados, uma vez que terrenos pertencem a bairros, que por sua vez pertencem a zonas de planejamento do município. Este estudo tem como objetivo geral, analisar o desempenho do Modelo de Tendência Hierárquica na elaboração de Plantas de Valores Genéricos. A regressão hierárquica é uma técnica alternativa utilizada em um conjunto de dados que possuem hierarquia natural, desta forma é possível considerar a variação entre as variáveis de diferentes níveis e de mesmo nível. Assim é possível modelar a importância da vizinhança na determinação do preço do terreno, dado que se pode agrupar estes terrenos em um grupo de nível inferior e a vizinhança em grupo de nível superior. Para este estudo, foram desenvolvidos modelos de avaliações de terrenos utilizando técnica de regressão hierárquica para bairros e zonas dos municípios de Imbituba. O modelo de avaliação de regressão linear foi utilizado como parâmetro comparativo para verificar o desempenho de modelos hierárquicos. Para a coleta de dados utilizou-se de pesquisa de mercado e visitas técnicas à Prefeitura de Imbituba/SC, com o intuito de empregar o método comparativo de dados de mercado. Pode-se concluir que o modelo hierárquico apresentou uma pequena vantagem aos demais modelos empregados na pesquisa.

**Palavras-chave:** Modelo de Tendência Hierárquica. Planta de Valores Genéricos. Método Comparativo de Dados de Mercado.

## ABSTRACT

Multilevel models or hierarchical linear models were developed for data analysis that have a group structure, that is, a hierarchy structure, and the real estate market has this characteristic of grouped data since land belongs to neighborhoods and due to its neighborhoods belong to the planning zones of the municipality. This study aims to analyze the performance of the Hierarchical Trend Model in the elaboration of Generic Value Plants. Hierarchical regression is an alternative technique used in a set of data that has a natural hierarchy, so it is possible to consider the variation between variables at different levels and at the same level. Thus it is possible to model the importance of the neighborhood in determining the price of the land, given that these lands can be grouped in a lower level group and the neighborhood in a higher level group. For this study, land valuation models were developed using the hierarchical regression technique for neighborhoods and municipal areas, and the land price linear regression assessment model was used as a reference for the techniques used to predict property values as a comparative parameter to the technique proposal. For data collection, market research and technical visits were made to the city of Imbituba, in order to employ the comparative method of market data. It can be concluded that the hierarchical model presented a small advantage over the other models used in the research.

**Keywords:** Hierarchical Trend Model. Generic Values Plant. Comparative Method of Market Data.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura de camadas das redes neurais.....	33
Figura 2 - Fluxograma contendo as etapas de elaboração do trabalho de dissertação. ....	48
Figura 3 – Fotos históricas de Imbituba. ....	50
Figura 4 - Aspectos históricos – Imbituba.....	51
Figura 5 - Localização de Imbituba.....	52
Figura 6 – Comparativo anual da movimentação de cargas no Porto de Imbituba. ....	53
Figura 7 - Mapa do município de Imbituba dividido nas cinco zonas de planejamento. ....	57
Figura 8 – Bairros do município de Imbituba.....	59
Figura 9 - Dados coletados distribuídos por regiões de Planejamento de Imbituba.....	61
Figura 10 - Dados coletados distribuídos por bairros de Imbituba.....	62
Figura 11 - Histograma da variável ln (VU).....	67
Figura 12 - Distribuição da variável ln (VU) por bairro. ....	68
Figura 13 - Comparativo do poder de predição dos modelos de Regressão Hierárquica.....	74
Figura 14 – Q-Q Plot do Modelo de Regressão Hierárquica com Inclinação e Intercepto Aleatório.....	75
Figura 15 - Resíduos do Modelo de Regressão Hierárquica com Inclinação e Intercepto Aleatório.....	76
Figura 16 - Poder de Predição do Modelo de Regressão Hierárquica com Inclinação e Intercepto Aleatório.....	77
Figura 17 - Comparativo do poder de predição dos modelos de regressão.....	81
Figura 18 - Planta de valores genéricos – 20 bairros.....	83
Figura 19 - Planta de valores genéricos – 30 bairros.....	86
Figura 20 - Evolução das normas de avaliações de imóveis no Brasil.....	97
Figura 21 – Síntese do processo de avaliação. ....	99

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Publicações utilizando modelo de regressão hierárquica para análise de dados....	35
Quadro 2 - Bairros por zonas de planejamento. ....	58
Quadro 3 - Descrição das variáveis do Nível 1. ....	63
Quadro 4 - Descrição da variável de Nível 1 de localização.....	64
Quadro 5 – Variáveis de Nível 2. ....	65
Quadro 6 - Descrição das variáveis do Modelo Hedônico Hierárquico.....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatística Descritivas – Variáveis Qualitativas. ....	66
Tabela 2 - Estatística Descritivas – Variáveis Quantitativas. ....	66
Tabela 3 – Modelo ANOVA. ....	69
Tabela 4 - Parâmetros do Modelo para variáveis de Nível 1 com intercepto aleatório.....	70
Tabela 5 – Parâmetros estimados variáveis de Nível 1 e Nível 2 com intercepto aleatório.....	71
Tabela 6 - Parâmetros estimados do Modelo com variáveis de Nível 1 e Nível 2 com inclinações aleatórias.....	73
Tabela 7 - Teste de normalidade dos resíduos - Shapiro Wilk.....	76
Tabela 8 – Estatística modelo linear múltipla. ....	78
Tabela 9 - Estatística modelo linear com dicotômicas. ....	79
Tabela 10 - Estatística preditiva dos modelos. ....	80
Tabela 11 - Desempenho das avaliações em massa. ....	81
Tabela 12 - Comparação entre modelos hierárquicos. ....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas  
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICISA Indústria Cerâmica de Imbituba S/A  
IPTU Imposto Predial e Territorial Urbano  
ITBI Imposto de Transmissão de Bens e Imóveis  
LABTRANS Laboratório de Transportes e Logística  
MLP *Multi-Layer Perceptron*  
NBR Norma Brasileira  
PDM Plano de Diretor Municipal  
PMI Prefeitura Municipal de Imbituba  
PVG Planta de Valores Genéricos  
ZH Zonas Homogêneas  
ZP Zona de Planejamento

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	15
1.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA .....	18
1.3 OBJETIVOS .....	19
<b>1.3.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>19</b>
1.4 JUSTIFICATIVA.....	20
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	21
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>23</b>
2.1 IMPOSTO PREDIAL E TERRITORIAL URBANO (IPTU).....	23
2.2 PLANTA DE VALORES GENÉRICOS.....	24
2.3 TÉCNICAS PARA O CÁLCULO DO VALOR DO BEM.....	26
<b>2.3.1 Regressão linear .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.2 Regressão Espacial.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.3 Krigagem .....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.4 Redes Neurais.....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.5 Regressão Hierárquica .....</b>	<b>34</b>
2.3.5.1 <i>Modelos Hierárquicos com dois níveis de agregação.....</i>	39
2.4 MÉTODOS DE VALIDAÇÃO PARA AVALIAÇÃO EM MASSA.....	42
<b>3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....</b>	<b>45</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	45
3.2 ETAPAS DA PESQUISA.....	46
3.3 ÁREA DE ESTUDO.....	49
<b>3.3.1 Planta de Valores Genéricos no Município de Imbituba .....</b>	<b>54</b>
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS .....</b>	<b>56</b>
4.1 Definição das variáveis e base de dados .....	56

	16
<b>4.1.1 Base de dados .....</b>	<b>60</b>
<b>4.1.2 Análise dos modelos estimados .....</b>	<b>68</b>
4.1.2.1 <i>Modelo ANOVA ou Modelo Nulo .....</i>	68
4.1.2.2 <i>Estimativas de primeiro nível – interceptos aleatórios. ....</i>	69
4.1.2.3 <i>Estimativas de segundo nível – interceptos aleatórios. ....</i>	71
4.1.2.4 <i>Estimativas de primeiro e segundo nível com inclinações aleatórias. ....</i>	72
4.1.2.4.1 <i>Verificação de pressupostos .....</i>	75
4.1.2.5 <i>Análise de regressão dos modelos lineares. ....</i>	78
4.1.2.6 <i>Análise comparativa do desempenho dos modelos .....</i>	80
<b>4.1.3 Análise do desempenho nas avaliações em massa.....</b>	<b>81</b>
<b>4.1.4 Vantagens da adoção do modelo Hierárquico.....</b>	<b>84</b>
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....</b>	<b>87</b>
5.1 CONCLUSÕES .....	87
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....	88
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE A - Normas de avaliações de imóveis .....</b>	<b>96</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

As características específicas de um terreno, como a área, a geometria e a localização, exercem um papel de grande importância na formação do preço deste bem. Fatores como infraestrutura da região e os serviços urbanos de uso coletivo, além das demais amenidades urbanas podem ser consideradas variáveis de influência no valor final dos terrenos. Porém, devido à pouca disponibilidade de informações secundárias sistemáticas e especializadas a respeito do mercado imobiliário brasileiro, estes dados têm sido pouco utilizados (AGUIAR; SIMÕES, 2010).

Por sua vez, as transformações rápidas e constantes do espaço urbano produzem mudanças nos fatores que influenciam a formação dos preços dos terrenos. Assim, mudanças nas características da vizinhança e novos empreendimentos podem afetar direta ou indiretamente o valor dos imóveis localizados nas suas áreas de influência. Em virtude desse cenário, a avaliação de imóveis costuma adotar uma perspectiva hedônica para fazer essa avaliação, em que a precificação do bem leva em consideração as características que o mesmo possui (TRIVELLONI, 2005).

Dessa forma, os modelos hedônicos avaliam a relação entre o valor e estas características que são avaliadas de forma conjunta. Cada atributo é responsável em adicionar um valor ao preço total do conjunto. Campos (2014, p. 11) conceitua o modelo de preços hedônicos como sendo “[...] uma função que relaciona o preço de um bem heterogêneo aos seus atributos”.

O modelo de preços hedônicos está entre os mais utilizados para a formação dos preços de imóveis (AGUIAR; SIMÕES, 2012). Ele surgiu na década de 1960 com Lancaster (1966), a partir das suas críticas à abordagem neoclássica, no qual a escolha do bem era determinada por propriedades inerentes ao próprio bem (FÁVARO, 2007). Entretanto, o trabalho de Lancaster (1966) propõe que a utilidade não seja uma função direta dos bens que os consumidores adquirem, mas, sim, das características desses bens.

A modelagem de preços hedônicos não indica a metodologia de estimação do preço em função dos atributos do bem complexo, ela analisa os fatores determinantes dos preços desses bens. Diante disso, empregam-se diferentes metodologias encontradas na literatura, tais como regressão linear múltipla, redes neurais, entre outras (AGUIAR; SIMÕES, 2012).

Os conceitos, métodos e procedimentos gerais para os serviços técnicos de avaliação de bens estão consolidados e formalizados por meio da Norma Brasileira (NBR) número 14653, publicada primeiramente em 2001 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (SANTOS JUNIOR, 2014) e depois cancelada e substituída pela NBR 14653-:2019 (ABNR, 2019).

A NBR 14.653-1 orienta quanto aos principais procedimentos para a realização das avaliações e apresenta os métodos a serem empregadas para a avaliação de um bem. A norma instrui quanto à escolha correta da metodologia a ser utilizada, para que esta seja compatível com a natureza do bem avaliado, e com a finalidade da avaliação e dos dados de mercados disponíveis.

Segundo Gomide (2008), a avaliação imobiliária é baseada em quatro pilares básicos, que são: o objetivo da avaliação, as informações sobre o imóvel avaliado, as informações do mercado em que o imóvel avaliado está inserido e o tratamento científico aplicado aos dados coletados.

A avaliação de imóveis pode ser utilizada para diversas finalidades, seja ela, para comprar ou vender um bem, identificação de valores para uma partilha, determinação de investimentos econômicos e determinação de valores para a cobrança tributária (PAIVA; ANTUNES, 2017). Para Prunzel et al. (2016, p. 2) “A correta avaliação dos imóveis urbanos é um requisito básico para a implantação de uma planta de valores, influenciando diretamente na arrecadação tributária do município”.

Conforme Raslanas (2000) e Blight (2003), a avaliação de imóveis tem grande importância para a economia de um país, região ou município, sendo um elemento fundamental para o bom funcionamento da economia e da sociedade moderna. Porém, sem avaliações precisas, os escassos recursos disponíveis podem ser alocados incorretamente e podem causar efeitos financeiros negativos, gerando um desequilíbrio econômico que compromete o bom funcionamento das administrações públicas. De Cesare (2012, p. 23) ainda acrescenta que:

As avaliações de imóveis desenvolvidas para fins tributários são fundamentais para garantir a capacidade dos impostos de gerar receita, a equidade fiscal e a confiança no sistema tributário. Deveria haver, portanto, fortes exigências quanto ao grau de acurácia das estimativas na medida em que o valor dos imóveis é um elemento preponderante na distribuição da carga tributária.

De acordo com Silva (2006), no que tange a tributação imobiliária, existe uma carência de procedimentos que viabilizam a modernização do aparelhamento fiscal dos municípios, além da falta de um quadro técnico alocados nas prefeituras exclusivamente para a avaliações de imóveis. A resolução desses problemas possibilitaria ao contribuinte um tratamento mais justo

na distribuição da carga tributária, que, por conseguinte, resultaria em maior justiça tributária.

Uma alternativa para a melhor determinação da Planta de Valores Genéricos (PVG) é a utilização da avaliação em massa, na qual a obtenção dos valores dos imóveis leva em consideração as características intrínsecas e extrínsecas dos imóveis avaliados. Silva (2000, p. 17) define que a avaliação em massa consiste “[...] na determinação de valores para todos os imóveis situados dentro de um determinado perímetro, pelo emprego de procedimentos avaliatórios, que devem ser respaldados legalmente”.

A norma de avaliações sugere que para a identificação do valor de mercado, sempre que possível, seja utilizado o método comparativo de dados de mercado (ABNT, 2011). Este método “identifica o valor de mercado do bem por meio de tratamento técnico dos atributos dos elementos comparáveis, constituintes da amostra” (ABNT, 2019, p. 8).

Para a realização desta pesquisa utilizou-se o Método Comparativo de Dados do Mercado com o emprego da inferência estatística aplicando a técnica de regressão hierárquica, que consiste no estudo do relacionamento entre as variáveis (dependentes e independentes), respeitando e tratando a hierarquia natural dos dados, terrenos em bairros ou em zonas de planejamento ao mesmo tempo em que permite a modelagem conjunta dos diferentes níveis de agregação e as variáveis independentes medidas em todos os níveis analisados.

Sendo assim, nesta pesquisa considerou-se que cada terreno está localizado em um bairro e que, por sua vez, está localizado em uma Zona de Planejamento (ZP) única dentro do município. Cada terreno inserido dentro de um bairro ou ZP possui seus atributos individuais, assim como cada uma dessas regiões possui seus atributos locais.

Com este procedimento, pretende-se analisar o desempenho do Modelo de Tendência Hierárquica na elaboração de Plantas de Valores Genéricos, de forma alternativa às técnicas utilizadas, quando o conjunto de dados apresentar uma estrutura hierárquica. E, dessa forma, buscar entender se modelo hierárquico contribui para melhorar a acurácia das estimativas de valores dos terrenos urbanos, permitindo vários tipos de análises de mercado, como o comportamento e as tendências do mercado imobiliário, necessidades de investimentos em regiões prioritárias da área urbana e utilização desses valores para compor a PVG municipal.

## 1.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

A atualização e a correta identificação dos valores dos imóveis permite acompanhar as mudanças na sociedade, estabelecendo a importância do valor da propriedade para entender a dinâmica das cidades e a correta utilização dessa informação pelo poder público (SILVA, 2006), uma vez que diferentes órgãos governamentais e de iniciativa privada utilizam o valor da propriedade como parâmetro importante para as tomadas de decisões (PELLI NETO, 2006).

A estimativa dos valores dos bens utilizados para fins tributários é fundamental para que se possa assegurar a equidade na distribuição da carga tributária e, para tanto, esta estimativa deve possuir um grau razoável de acurácia de seus valores. A estimativa desses valores tem sido pauta de alguns municípios, cujo objetivo é melhorar esse processo com a implantação de ações, tais como: a obtenção de uma amostra representativa; a capacitação de equipes de trabalho; e a definição e a aplicação de métodos de avaliação capazes de gerar estimativas de valor eficientes para cada segmento imobiliário, entre outras medidas (DE CESARE, 2012).

As Plantas de Valores Genéricos dos municípios, para Florencio (2010), em sua maior parte estão desatualizadas ou atualizadas por índices de inflação, o que ocasiona distorções no cálculo das mesmas. Ainda, de acordo com o mesmo autor, pode-se verificar que os principais aspectos que explicam essas distorções são as dificuldades em quantificar e qualificar os diversos atributos como características físicas, locais e econômicas no qual definem o valor do imóvel.

Com a falta de dispositivos adequados para a obtenção dos valores dos imóveis, algumas prefeituras acabam sendo forçadas a manterem seus valores fiscais (base de cálculo) muito abaixo dos valores de mercado, com o objetivo de evitar contestações quanto aos valores dos imóveis. Esta escolha busca evitar que a distorção no lançamento do IPTU não seja tão notória aos contribuintes. No entanto, essa decisão pode gerar problemas de arrecadação ao município (SILVA, 2006).

Para De Cesare (2012), o desempenho ruim das avaliações para fins tributários, pode ter relação com uso inadequado da técnica avaliatória, ao acesso limitado às informações do mercado, o extenso período entre as avaliações o que dificulta a atualização dos valores sem causar maiores impactos ao sistema, sem contar omissão de atributos importantes..

Diante do problema de falta de elementos amostrais em determinadas regiões da área de aplicação de uma PVG que reflitam a realidade do mercado, analisou-se o uso do Modelo de Tendência Hierárquica na elaboração de plantas de valores genéricos a fim de aprimorar a

qualidade das estimativas de valores dos terrenos urbanos.

Para que seja possível alcançar dados que reflitam a realidade do mercado, há a necessidade da aplicação de técnicas estatísticas que permitam maior objetividade e assertividade na sua predição. Dessa forma, uma alternativa é o emprego de tratamento científico por meio da aplicação de procedimentos estatísticos, para que esses possam predizer o valor do imóvel com base nas suas características (DALAQUA, 2007).

Na presente dissertação será apresentado o modelo linear hierárquico como uma técnica alternativa para estimação dos valores venais dos terrenos utilizados na elaboração das Plantas de Valores Genéricos municipais, bem como um conjunto de dados com estrutura hierárquica, tendo em vista que esse tipo de modelagem é mais apropriado já que os modelos de regressão multinível ou hierárquicos englobam a estrutura hierárquica das observações, no qual permitem a modelagem conjunta dos diferentes níveis de agregação e das variáveis independentes medidas em todos os níveis analisados (HOX, 2018 ).

A estrutura hierárquica é facilmente observada ao verificar que cada terreno está localizado em um bairro, o qual está em uma Zona de Planejamento (ZP) única dentro do município. Destaca-se também que cada terreno inserido dentro de um bairro ou ZP possui seus atributos individuais, assim como cada uma dessas regiões possui seus atributos locais.

Assim, a pergunta de pesquisa do presente trabalho é: Qual o desempenho do Modelo de Tendência Hierárquica na elaboração de Plantas de Valores Genéricos?

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Analisar o desempenho do Modelo de Tendência Hierárquica na elaboração de Plantas de Valores Genéricos, de forma alternativa às técnicas utilizadas, quando o conjunto de dados apresentar uma estrutura hierárquica.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver modelos de avaliações de terrenos utilizando técnica de regressão hierárquica para bairros e zonas dos municípios;
- Desenvolver modelo de avaliação de regressão linear de preço de terrenos como referência das técnicas empregadas para predição dos valores de imóveis; e,

- Comparar técnicas de regressão quanto à acurácia das estimativas.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

A correta elaboração e a atualização da Planta de Valores Genéricos, conforme Hornburg (2009), permitem às prefeituras tributarem os imóveis de forma mais justa, uma vez que os seus valores estariam mais próximos dos valores praticados no mercado.

Dessa forma, a determinação do valor da propriedade baseado no valor de mercado permite que a cobrança dos impostos seja feita com mais justiça e equidade fiscal (GONZÁLEZ, 1996). Assim, a utilização de modelos para a formação dos valores de imóveis é importante para evitar o subjetivismo e para a obtenção de valores que representem o mercado imobiliário (HORNBERG, 2009).

De acordo com Pelli Neto (2006), os modelos de avaliações em massa podem ser utilizados como uma ferramenta de gestão pública, à medida que os seus resultados têm a capacidade de serem empregados para estudos no âmbito da demanda habitacional, na elaboração de planos diretores municipais, em estudos que visam à identificação da viabilidade econômica para a concepção de novos empreendimentos imobiliários, além de embasar os cálculos para fins de tributação, especialmente o Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU) e o Imposto de Transmissão de Bens Imóveis (ITBI).

Segundo Zancan (1996, p. 19),

na elaboração da Planta de Valores um dos principais problemas encontrados é a utilização de métodos inadequados ou ultrapassados que não contemplam as variáveis necessárias para caracterizar cada imóvel, defrontando-se com valores completamente diferentes da real situação do mercado imobiliário, induzindo assim a injustiça fiscal.

O município de Imbituba, é composto por diferentes regiões, as quais sofrem valorizações e desvalorizações de formas diferentes. Diante disso, o uso da interferência estatística que possa prever os valores imobiliários das regiões com diferentes características pode ser uma ferramenta importante para a garantia da justiça tributária, uma vez que o valor obtido com o emprego desses métodos pode representar de forma mais precisa o valor do mercado para cada uma das regiões.

A utilização do modelo hierárquico na análise da variação do preço dos terrenos de Imbituba é justificada devido ao reconhecimento da diferença de preço destes em função dos atributos da sua localização. Dessa forma, torna-se apropriado utilizar subdivisões espaciais da cidade para agrupar os imóveis nela contidos, pois, uma vez dentro de um mesmo bairro, os

imóveis/terrenos estão sujeitos a externalidades de localização semelhantes, as quais afetam seu preço.

Cichulska e Cellmer (2018) realizaram uma análise de preços do mercado imobiliário na Polônia com o objetivo de apresentar a possibilidade de aplicação do modelo de regressão hierárquica para explicar a relação entre os preços e os atributos dos imóveis, e para tanto fizeram uma comparação com o modelo clássico de regressão. Esse estudo revelou que o desempenho do modelo hierárquico obteve valores mais eficientes, visto que, ao se agrupar os indivíduos (imóveis) em grupo através das suas características, foi considerado a dependência das observações entre membros de um mesmo grupo. Como resultado obteve uma diminuição dos resíduos quando comparados ao método de regressão clássica.

Nesse contexto, o presente estudo visa contribuir ao analisar o desempenho do Modelo de Tendência Hierárquica na elaboração de Plantas de Valores Genéricos de maneira a minimizar os resíduos, em um modelo no qual as características espaciais são levadas em consideração por meio da hierarquia natural dos dados.

Outrossim, a pesquisa contribui de forma a apresentar alternativas viáveis e factíveis de procedimentos que podem ser utilizados no âmbito da avaliação em massa de imóveis, a fim de encontrar modelos mais eficazes para estimar o valor dos imóveis para fins tributários.

## 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O Trabalho está estruturado em cinco capítulos, conforme detalhado a seguir:

Capítulo 1 – Introdução: É apresentado o tema de pesquisa e o contexto no qual este está inserido. Este capítulo tem a função de apresentar a importância e a relevância do tema, justificando a realização do trabalho, esclarecendo as vantagens e os benefícios da elaboração da Planta de Valores Genéricos utilizando métodos científicos. Apresenta-se o objetivo, escopo e limitações do estudo.

Capítulo 2 – Revisão da Literatura: Abrange a revisão de literatura sobre Plantas de Valores Genéricos (PVG); Regressão Linear; Regressão Hierárquica.

Capítulo 3 – Metodologia: Esse capítulo contém a apresentação das etapas da pesquisa, a forma de coleta de dados, e a identificação da área de estudo.

Capítulo 4 – Resultados: São apresentados os resultados obtidos com a aplicação do modelo de regressão hierárquica ou multinível para a avaliação de terrenos.

Capítulo 5 – Conclusões e Recomendações: Por fim, é verificado o atendimento aos objetivos da pesquisa, e, também, são apresentadas as principais conclusões sobre questão central da pesquisa, bem como recomendações para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 IMPOSTO PREDIAL E TERRITORIAL URBANO (IPTU)

Com a Constituição de 1988, os municípios ganharam não apenas mais autonomia para gerir seus territórios (BRASIL, 2010), mas também passaram a ser responsáveis pela geração de recursos financeiros de forma a serem capazes de promover a sustentação das atividades administrativas. Tais recursos são viabilizados através da arrecadação de impostos, que se baseiam em informações disponíveis no cadastro urbano do município e da avaliação em massa dos imóveis (ZANCAN, 1995).

Nos municípios brasileiros as principais fontes de arrecadações fiscais provêm da cobrança de impostos, tais como Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) (SANTOS, 2020) e Imposto de Transmissão de Bens Imóveis Inter-Vivos (ITBI), sendo que estes impostos devem ser calculados baseados nas Leis Tributárias estabelecidas por cada município (PAIVA; ANTUNES, 2017).

Segundo Möller (2005), o IPTU é um tributo que incide sobre a propriedade imobiliária e é de competência dos municípios, sendo calculado sobre um percentual do valor venal dos imóveis com a incidência de alíquotas, obedecendo o princípio da capacidade econômica do contribuinte. O imposto é cobrado de pessoas físicas e jurídicas, as quais mantêm propriedade localizada em zona ou extensão urbana.

As condições a serem obedecidas para a cobrança do imposto sobre a propriedade imobiliária estão previstas no Código Tributário Nacional (CNT) representado pela Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966, pelos seus artigos 32 a 34 (BRASIL, 1966).

Entende-se por Valor Venal, o “valor mais provável pelo qual o imóvel será transacionado, calculado com base nos preços praticados no mercado imobiliário” (PELLI NETO, 2006, p. 1). O valor venal do terreno é determinado com base na planta de valores genéricos no município, pois, por meio dela, consegue-se estabelecer o valor unitário do terreno de cada logradouro (SÁ, 2013), que por sua vez é obtida através da determinação individual do valor do imóvel por meio de métodos de avaliação em massa (TRISTÃO, 2003).

Assim, em todas as definições de avaliações o conceito é baseado na arte de estimar valor, ou seja, na expressão determinar/identificar o valor o que torna necessário o entendimento da definição de valor em avaliações.

Por sua vez, a NBR 14.653 -1 conceitua o valor de um bem como sendo um conceito econômico abstrato pois decorre de várias características “[...] entre as quais se destacam sua raridade e sua utilidade para satisfazer necessidades e interesses humanos, e sofre influências por suas características singulares e condições de oferta e procura (ABNT, 2019, vii).

A mesma norma ainda traz a definição para valor de mercado: “quantia mais provável pela qual se negociaria voluntariamente e conscientemente um bem, numa data de referência, dentro das condições do mercado vigente” (ABNT, 2019, p.7). Já para Macanhan (2002) e González (1997), os termos valor e valor de mercado são sinônimos, uma vez que suas definições são parecidas e a norma não faz distinção entre os dois termos.

Assim, sendo o valor do bem fonte para a tributação, a origem das avaliações confunde-se historicamente com a cobrança de impostos sobre a propriedade imobiliária, uma vez que esse tributo tem origem milenar. Diante disso, as metodologias de avaliação em massa foram concentradas no sentido de se alcançar os valores territoriais e prediais dos imóveis, também chamados de valores venais (LIPORINI, 2007).

Para que o IPTU, responsável por arrecadar grande parte dos recursos financeiros municipais, seja cobrado de forma justa, é necessário que se faça uma correta avaliação dos imóveis que serão tributados. Contudo, na concepção de Hornburg (2009), muitas vezes as avaliações desses imóveis são feitas sem o emprego de um método científico adequado, utilizando-se apenas de métodos empíricos.

Visando a determinação de valores de forma mais precisa e diminuindo a subjetividade dos valores determinados emprega-se métodos de Engenharia de Avaliações que se constitui de um conjunto de conhecimentos técnico-científicos especializados aplicados à avaliação de bens (TRIVELLONI, 2005).

Para Hornburg e Hochheim (2017 p. 134), “na engenharia de avaliações, os modelos estatísticos são de uma importância para a elaboração da Planta de Valores Genéricos (PVG), que permite com que as prefeituras possam determinar o IPTU com máxima equidade”.

## 2.2 PLANTA DE VALORES GENÉRICOS

Para a ABNT (2011, p. 6), uma planta de valores é a “representação gráfica ou listagem dos valores genéricos de metro quadrado de terreno ou do imóvel numa mesma data”.

A planta de valores genéricos, segundo Averbeck (2003), é a representação gráfica da distribuição espacial dos valores médios dos imóveis em cada região da cidade, normalmente apresentados por face de quadra, a qual tem como principal função permitir a definição de uma

política de tributação imobiliária que seja justa e tenha equidade.

Para Montanha (2006) e Silva (2006), a planta de valores genéricos contribui como uma ferramenta para a gestão pública, pois, além de ser um instrumento muito utilizado como base para a cobrança dos impostos municipais, ela também desempenha um importante papel para o planejamento do território. Assim, a planta de valores genéricos auxilia nas tomadas de decisões, contribuindo para a criação de indicadores de desenvolvimento urbano e para a realização de ações regularizadoras quanto ao uso e ocupação do solo, processos de desapropriação e de apropriação de imóveis.

Segundo Hornburg (2009), a planta de valores genéricos é elaborada utilizando metodologia de avaliações em massa de imóveis, cuja função principal é determinar o valor de imóveis sob um determinado conjunto de condições.

As avaliações de imóveis podem ser definidas como sendo a determinação técnica do valor do imóvel ou de um direito sobre este imóvel, bem como a determinação de indicadores da viabilidade de sua utilização econômica para uma determinada finalidade, situação e data (ABNT, 2019).

De acordo com Zancan (1995), a avaliação de imóveis é a determinação do valor do mercado de um imóvel, ou seja, é o preço mais provável que este imóvel atingiria em uma transação de compra e venda, levando-se em consideração suas características, em virtude do mercado naquele momento.

A avaliação em massa pode ser entendida como sendo o processo de definição para a obtenção de modelos matemáticos, os quais são gerados a partir da coleta de dados do mercado imobiliário, testados e validados por meio de estatística e, posteriormente, aplicados na avaliação de um conjunto de imóveis de uma população (AVERBECK, 2003). Em resumo, a avaliação de imóveis é a definição técnica do valor de um bem no mercado imobiliário, utilizando-se de métodos próprios de Engenharia de Avaliações.

De acordo com Liporini (2007) e Erbel (1987), a avaliação em massa de imóveis urbanos difere da avaliação de imóveis individuais, uma vez que esta tem como objetivo a determinação sistemática em larga escala dos valores dos imóveis, por meio de metodologias e de critérios de avaliação que obtenham maior eficiência, produtividade, precisão e baixo custo.

Segundo Mccuskey et al. (1997), para a realização da avaliação em massa ou individual, os métodos são na sua essência os mesmos, contendo algumas diferenças relacionadas às análises dos dados do mercado e ao controle da qualidade.

De acordo com Averbeck (2003), com a finalidade de realização de uma avaliação em massa, estabelece-se um estudo do universo dos imóveis que compõem a população,

envolvendo tipologias, quantidades, distribuição espacial, além do estudo das características físicas e locais que os distinguem, como infraestrutura urbana, áreas, relevo (para terrenos), e padrões construtivos (para edificações), entre outros.

Ainda para Averbeck (2003), o processo necessário para a criação de uma Planta de Valores Genéricos requer a compreensão básica da população dos imóveis da cidade, dado que o modelo adotado deve permitir a avaliação de todos os imóveis e, ao final da avaliação, o produto deve ser o valor individual de cada imóvel.

Para a avaliação em massa de imóveis, na concepção de Silva (2006), geralmente são utilizados os seguintes métodos: método comparativo de dados de mercado e método comparativo de custo de reprodução de benfeitorias. Sendo o método comparativo de dados de mercado, segundo Dalaqua (2007), utilizado para se estimar o valor dos terrenos e o de custo de reprodução para as edificações. Já para Pelli Neto (2006), o método comparativo é tido como sendo o mais adequado para a identificação dos valores dos imóveis, pois é simples e utiliza-se de menos subjetividade para a obtenção dos seus valores.

Por sua vez, a NBR 14653-2 fixa as diretrizes para avaliação de imóveis urbanos e, com bases nelas, são realizados os procedimentos de avaliação de imóveis para a elaboração da planta de valores genéricos (ABNT, 2011).

Em resumo, a avaliação de imóveis tem como função a identificação do valor de um bem, através da utilização de métodos de avaliações apresentados na Norma 14.653-2, empregando métodos científicos que visam diminuir o subjetivado na obtenção dos valores e explicando o comportamento do mercado com mais rigor, de forma a atender aos níveis de exigência expostos pela norma.

E ainda, quando falamos de avaliações pra fins tributários, o ideal é que estas avaliações sejam realizadas em curtos intervalos de tempo, tendo em vista a o dinamismo do mercado imobiliário, isto é, a valorização ou desvalorização de zonas ou tipos de imóveis. Estas avaliações deveriam ser feitas, se possível, de forma anual, ou no máximo a cada três ou cinco anos (DE CESARE, 2012).

### 2.3 TÉCNICAS PARA O CÁLCULO DO VALOR DO BEM

A avaliação de imóveis leva em consideração as características dinâmicas do mercado, com a necessidade de determinar os efeitos de diversos fatores sobre o valor do mercado dos imóveis. Esses fatores de influência podem ter impacto direto sobre o nível de explicação da variável dependente (Valor). Diante disso, surge a necessidade de se encontrar uma ferramenta

adequada e que permita explicar o fenômeno de estudo (ŻRÓBEK; WIŚNIEWSKI, 1999 apud SILVA, 2006).

Diante do exposto, a avaliação de imóveis utiliza modelo por meio do uso da matemática e da estatística para explicar a relação entre o valor da propriedade real (variável explicada/dependente) e os fatores que a moldam (variáveis independentes) (KOKOT; GNAT, 2019).

Ao se adotar o método comparativo de dados de mercado, a norma NBR 14.653 – 2, no item 8.2.1.4, orienta como realizar o tratamento dos dados obtidos com a pesquisa de mercado para verificar o equilíbrio da amostra. A norma ainda, apresenta a definição sobre o tratamento científico: “tratamento de evidências empíricas pelo uso de metodologia científica que leve à indução de modelo validado para o comportamento do mercado” (ANBT, 2011, p. 10).

Ainda, a mesma norma prevê, no item 8.2.1.4.3 – Tratamento Científico, a utilização de quaisquer modelos para inferir o comportamento do mercado e a formação de valores, desde que tenham seus pressupostos explicitados e testados. A norma ainda cita outras ferramentas além da regressão linear, tais como: a utilização de redes neurais artificiais e a análise envoltória de dados e outros mais.

Os tratamentos científicos mais empregados em avaliações de imóveis apoiam-se nas ferramentas de análises estatísticas, que, por meio da sua aplicação, visam minimizar os efeitos da subjetividade. Com o emprego das ferramentas estatísticas, pretende-se analisar a realidade local através de dados que a representem de forma mais fidedigna.

Para Baptistella (2005), os métodos estatísticos são os procedimentos de modelagem matemática mais utilizados para a avaliação imobiliária. Sendo o modelo de regressão linear múltipla normalmente empregado pelos avaliadores, e os resultados da sua aplicação têm sido eficientes e com boa precisão.

Entretanto, o modelo de regressão linear múltipla não leva em consideração a hierarquia dos dados e todas as variáveis são analisadas como pertencentes a um único nível. Para Uyar e Brown (2007), os imóveis estão localizados em unidades urbanas e essas unidades podem apresentar características distintas, o que gera uma estrutura de dados hierarquizados. Assim, todos os dados em um mesmo nível poderiam gerar testes estatísticos mal estabelecidos e, conseqüentemente, com más interpretações (HOX, 2018).

De acordo com ABNT (2011), outras ferramentas analíticas para a indução do mercado podem ser utilizadas para a realização do tratamento dos dados desde que devidamente

justificadas. Além da regressão espacial, são citadas as técnicas de análise envoltórias de dados, redes neurais e regressão espacial.

Para Baptistella (2005), o método de avaliação por redes neurais artificiais apresenta como vantagem a dispensa de linearidade entre as variáveis, se for o caso, e a facilidade de implementação do método (BAPTISTELLA, 2005).

As metodologias para a estimação do valor de um bem estão apresentadas nos subcapítulos a seguir, com destaque para o modelo de regressão hierárquicos aplicado nesta pesquisa de dissertação.

### 2.3.1 Regressão linear

Em função das diversidades dos imóveis, a avaliação de seu valor exige o uso de algum tipo de ponderação das características diferenciadoras dos elementos. Um dos procedimentos para realizar essa ponderação é a inferência estatística por meio da análise de regressão linear.

O modelo clássico de regressão, conforme Rosimere (2004), é datado de 1809 a 1921, a partir de trabalhos desenvolvidos por Gauss, e desde então vem sendo empregado em larga escala em pesquisas científicas.

A regressão linear é uma técnica estatística cujo objetivo é modelar e investigar a relação entre duas ou mais variáveis. Através da análise de regressão pode-se construir uma modelagem de sistemas de interesse em termos de suas características (MONTGOMERY e RUNGER, 2008).

Por meio do relacionamento entre as variáveis (dependentes e independentes), tem-se como antever um valor de uma variável específica, com base em uma coleção de variáveis, conforme apontam Johnson e Wichern (2002), ou seja, esta técnica procura encontrar “um bom ajuste entre os valores preditos pelo modelo e os valores observados da variável dependente” (HORNBERG, 2009, p. 15).

Os modelos lineares podem ser simples quando consideram um único regressor ou preditor (x) e uma variável dependente ou variável resposta (y). Quando o modelo apresentar mais de um regressor, é chamado de modelo múltiplo.

Um modelo de regressão múltipla, conforme Montgomery e Runger (2008), pode ser descrito como mostra a Equação 1

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + e \quad (1)$$

Onde,

- $Y$  = Variável dependente;
- $\beta_0 \dots n$  = Coeficientes de regressão ou regressores;
- $x_{1\dots n}$  = Variáveis independentes ou explicativas;
- $e$  = Resíduo ou Erro aleatório não explicado.

Para a estimação dos coeficientes de regressão do modelo, um dos métodos mais empregados é método dos mínimos quadrados, cuja função consiste em minimizar os resíduos do modelo de regressão linear, calculados como a diferença entre os valores calculados e os valores observados (RODRIGUES, 2012).

Dessa forma, a análise de regressão linear permite criar um modelo estatístico com a finalidade de encontrar um bom ajuste entre os valores preditos pelo modelo e os valores observados, que são as variáveis dependentes. Com isso, é possível descrever o relacionamento da variável dependente, o valor do bem, com as variáveis independentes, quais sejam, aquelas que influenciam na formação do valor.

Na geração de modelos de regressão, são revistos alguns pressupostos estatísticos, tais quais, a verificação de normalidade dos resíduos; a homocedasticidade; a independência dos resíduos; a ausência de pontos atípicos e a ausência de multicolinearidade entre as variáveis independentes; para que, em seguida, seja verificado se o modelo obtido é realmente adequado para explicar a variável resposta em questão (JOHNSON; WICHERN, 2002).

- Normalidade dos resíduos: os resíduos têm distribuição normal;
- Independência e ausência de pontos atípicos: ausência de pontos atípicos em relação aos outros dados em análise, o que acarreta uma irregularidade no modelo.
- Inexistência de multicolinearidade: não pode existir nenhuma relação exata entre quaisquer variáveis independentes;
- Homocedasticidade: a variância dos erros é constante;
- Inexistência de autocorrelação: o resíduo de uma observação não é correlacionado com o resíduo de outra observação.

Segundo De Cesare (2012), no que tange a avaliação de imóveis quando utilizado o método comparativo de dados de mercado, a técnica de regressão linear é umas das mais utilizadas “[...] para identificar os principais fatores que influenciam a determinação dos preços e estimar o valor de mercado das propriedades não transacionadas no período na área de

avaliação de imóveis.” (DE CESARE 2012, p. 47).

Hornburg (2009) e Michael (2004) afirmam que os modelos econométricos têm sido os mais utilizados, sendo de suma importância na busca por modelos de avaliação, pois estes consideram as reais condições e os fatores locais do mercado imobiliário. Por outro lado, segundo González (2002), a regressão linear apresenta alguns inconvenientes que resultam na diminuição da precisão das estimativas, indicando, assim, a necessidade de aperfeiçoamento. Além disso, Hornburg e Hochheim (2017, p. 2) complementam apontando que “uma grande dificuldade que se tem na utilização de modelos econométricos, na busca de modelos de avaliação, está em considerar a variável localização que pode valorizar ou desvalorizar os imóveis”.

### **2.3.2 Regressão Espacial**

Quando o conjunto de dados extraídos do mercado não apresentar independência espacial das informações, os modelos obtidos com a regressão clássica não são capazes de explicar com fidelidade o comportamento do mercado imobiliário, podendo gerar avaliações tendenciosas, inconsistentes ou ineficientes (DANTAS, 2002). Logo, para corrigir este problema utiliza-se da metodologia denominada Econometria Espacial, que usa como ferramenta estatística a Inferência Espacial.

De acordo com Silva, Hochheim e Silva (2016), para a utilização de modelos de regressão espacial parte-se do princípio de que existe dependência espacial das amostras, demonstrado pela autocorrelação.

A ABNT (2011, p. 42) define a regressão espacial como sendo “a técnica utilizada quando se deseja explicar a variabilidade observada em uma determinada variável dependente em relação às variáveis independentes, levando-se em conta a posição geográfica de cada uma das observações e as suas influências sobre os vizinhos”.

Ainda segundo a mesma norma, “está é uma técnica recomendada quando for constatada a existência de autocorrelação espacial entre os dados observados” (ABNT, 2011, p. 42).

Uma vez aplicada a regressão espacial, seus pressupostos básicos devem ser atendidos e devem obedecer aos mesmos pressupostos da regressão linear clássica, conforme apresentado no Anexo A da NBR 14653-2 (ABNT, 2011).

Segundo ABNT (2011, p. 42) a técnica de regressão espacial “tem se mostrado especialmente útil em avaliações em massa, plantas de valores genéricos, estudos de velocidade de vendas e de demandas habitacionais entre outros”.

### 2.3.3 Krigagem

O semivariograma é a principal ferramenta empregada para estudar a dependência espacial em estudos geoestatísticos, permitindo, segundo Seidel e Oliveira (2013), medir a magnitude e a forma de tal dependência espacial através de uma representação gráfica. Landim (2000) complementa, que o uso desta ferramenta para a estimativa por krigagem não requer que os dados tenham distribuição normal, mas a presença de distribuição assimétrica, com muitos valores anômalos, deve ser considerada, pois a krigagem é um estimador linear.

O mapeamento das áreas de transição de valores de uma planta de valores genéricos pode ser feito por meio da estimativa de superfícies de ajuste, as quais descrevem a área de estudo com base em um processo de interpolação. E um dos interpoladores utilizados pela geoestatística, é a krigagem.

Para Silva (2006, p. 55), “a krigagem ou *kriging* é considerada um dos mais poderosos métodos de interpolação espacial”, na qual consiste em um conjunto de técnicas de estimação e predição de superfícies utilizadas para aproximar dados, que utiliza a correlação entre os elementos amostrados, isto é, verifica se um ponto geográfico tem maior semelhança com os pontos vizinhos quando comparado aos elementos mais distantes (ISAACS; SRIVASTAVA, 1989).

Outro conceito sobre krigagem é dado por Vieira (2000), que a considera um método de interpolação geoestatística que avalia a Teoria das Variáveis Regionalizadas, na qual usa a dependência espacial entre amostras vizinhas, expressa no semivariograma, para estimar valores em posições não-amostradas.

Na concepção de Soares (2002, apud HORNBERG, 2009, p. 31) a krigagem é:

É o uso de médias móveis para evitar a superestimação. Ela difere de outros métodos de interpolação pela maneira como os pesos são atribuídos às diferentes amostras. Na krigagem, o procedimento é semelhante ao de interpolação por média móvel ponderada, exceto que os pesos são determinados a partir de uma análise espacial, baseada no semivariograma experimental.

Para Machado et al. (2010), os métodos de krigagem usam a dependência espacial expressa no semivariograma entre amostras vizinhas para estimar valores em qualquer posição

dentro do campo, sem tendência e com variância mínima, o que os faz ser ótimos estimadores no estudo da distribuição espacial.

Segundo Trivelloni (2005, p. 53), “o semivariograma é uma ferramenta básica de suporte às técnicas de krigagem, pois permite representar quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço”.

Assim, a principal diferença entre a krigagem e outros métodos de interpolação convencionais é a maneira como se determina os pesos para o cálculo do valor a ser interpolado (BETTINI, 2007). Na krigagem o peso decorre da relação entre a distância da observação e o ponto de interesse, a continuidade espacial e o arranjo geométrico do conjunto amostral. Portanto, para estimar as ponderações atribuídas às diferentes amostras, realiza-se uma análise espacial pautada no semivariograma experimental e considera as direções na interpolação – isotropia e anisotropia (CAMARGO; FUCKS; CÂMARA, 2004).

#### **2.3.4 Redes Neurais**

A rede neural artificial, para Braga, Carvalho e Ludermir (2000), consiste em um modelo matemático que se assemelha às estruturas neurais biológicas, usando a capacidade computacional adquirida por meio do aprendizado e da generalização.

Para Pelli Neto (2006, p. 39), “as redes neurais artificiais foram desenvolvidas a partir de uma tentativa de reproduzir em computador um modelo que simule a estrutura e funcionamento do cérebro humano”.

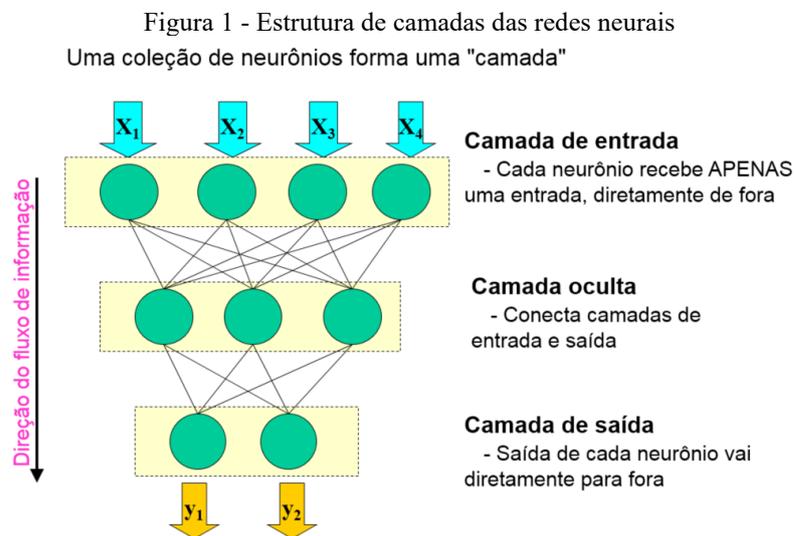
De acordo com Haykin (2001), as redes neurais artificiais possuem como características a tolerância a falhas, adaptabilidade a novas condições, e resolução de problemas com base no conhecimento passado e reconhecimento de padrões. Nesse modelo, o desempenho é otimizado de forma gradativa, por meio de um processo iterativo, à medida que interage com o meio externo (REZENDE, 2003).

As redes neurais artificiais, na concepção de Russel e Norvig (2004), têm origem na estrutura do cérebro humano, com o objetivo de apresentar características similares a ele, como aprendizado, associação, generalização e abstração. Assim como no cérebro, as mesmas são compostas por diversos elementos que fazem o processamento dos dados através das intercomunicações das informações por meio de processadores altamente interconectados, que efetuam um número pequeno de operações simples e transmitem seus resultados aos processadores vizinhos.

Conforme Fernandes (2005), as redes neurais artificiais podem ter diferentes definições, entretanto todas possuem os elementos considerados fundamentais, que são eles: neurônio, arquitetura e aprendizagem. Onde, para Fernandes (2003 apud MOREIRA, SILVA e FERNANDES, 2010 p. 7) o “neurônio é a unidade computacional básica da rede; a arquitetura é a estrutura de conexão entre os neurônios; e a aprendizagem é um processo de adaptação da rede em computar uma determinada função ou em realizar uma dada tarefa”.

Segundo Pelli Neto e Moraes (2006, p. 5), as redes neurais podem ser definidas de várias formas, contudo a definição mais simples, ampla e aplicável a qualquer área da ciência é “o nome dado a um conjunto de métodos matemáticos e algoritmos computacionais especialmente projetados para simular o processamento de informações e aquisição de conhecimento do cérebro humano”.

Conforme Fernandes (2005), a estrutura das redes neurais é tipicamente organizada em camadas. Estas são compostas por uma camada de entrada (*inputs*) e uma camada de saída (*outputs*), e entre elas podem existir um número variável de camadas intermediárias. As formas como elas estão dispostas e o número de neurônios por camada, dá-se o nome de arquitetura da rede neural (PELLI NETTO; MORAIS, 2006). A Figura 1, apresenta a estrutura de camadas que formam a estrutura de uma rede neural.



Fonte: Adaptado de Angunhuman Saha, (2018, p. 6).

Para Silva (2003), a organização dos neurônios em uma rede neural se deve ao problema que se quer solucionar, e essa organização passa a ser um fator importante na escolha do algoritmo de aprendizagem. O número de entradas e saídas e de camadas intermediárias se

dará em virtude da complexidade do problema, quanto mais complexo o problema maior será a quantidade de neurônios utilizados (PELLI NETO, 2006).

As redes neurais, de acordo com Russel e Norvig (2004), podem ser classificadas conforme a quantidade de camadas que compõem a estrutura da mesma, que são conhecidas por redes neurais de alimentação direta de uma única camada, ou redes *perceptron*, e redes neurais de alimentação direta de várias camadas, ou redes *perceptron multi-camadas* (MLP – *Multi-Layer Perceptron*).

Segundo Fernandes (2005), a estrutura de rede neural mais utilizada é MLP, a qual utiliza o algoritmo de aprendizagem *backpropagation*, que se apoia na retropropagação dos erros, com o intuito de realizar os ajustes dos pesos formadores das camadas intermediárias (HAYKIN, 2001). Este é um algoritmo bastante utilizado pois apresenta pouca dificuldade para o seu desenvolvimento (BAPTISTELLA, 2005).

Para a ABNT (2011, p. 47), as redes neurais artificiais do tipo multicamadas

permitem obter respostas com modelos lineares e não lineares e melhorar o desempenho gradativamente, na medida em que interagem com o meio externo, quando se deseja estudar o comportamento de uma ou mais variáveis independentes em relação à outra variável dependente.

Para Silva (2003, p.13), “redes neurais aprendem por experiência, da mesma forma que uma criança aprende a andar, falar, associar objetos e nomes, através de exemplos ou tentativa e erro”. O processo de aprendizado das redes neurais tem como objetivo a convergência para uma solução que será obtida através do ajuste do vetor de pesos  $w$  (PELLI NETO, 2006).

Na concepção de Baptistella (2005), um único neurônio não é capaz de resolver nenhum problema prático. Contudo, alguns neurônios quando conectados de forma adequada e com os pesos das conexões devidamente ajustados são capazes de resolver complexos problemas não determinísticos.

### 2.3.5 Regressão Hierárquica

Os modelos multiníveis ou hierárquicos tiveram origem no campo da educação no final da década de 70 com o intuito de descobrir a relação do desempenho de alunos em uma dada escola. Desde então têm sido empregados em diversas áreas do conhecimento onde se pretende realizar análises de estudos que integram indivíduos dentro dos seus grupos ou contextos sociais, examinando os efeitos combinados tanto das variáveis individuais como das

de grupos (CRUZ, 2010).

No contexto atual, muitas pesquisas na área da educação ainda são desenvolvidas utilizando o modelo hierárquico, porém devido à grande abrangência de problemas com formas de estruturas de dados agrupados, a análise de regressão hierárquica vem crescendo (SANTOS et al., 2000) e está sendo utilizada em áreas como na demografia, sociologia, saúde e epidemiologia, educação, desporto e avaliações de imóveis (CRUZ, 2010), conforme indicados no Quadro 1.

Quadro 1 - Publicações utilizando modelo de regressão hierárquica para análise de dados.

<b>Título</b>	<b>Autor (es) data da publicação</b>	<b>Ano</b>	<b>Área</b>	<b>País</b>
Cost assessment of urban sprawl on municipal services using hierarchical regression	Eric Gielen, Gabriel Riutort-Mayol, José Luis Miralles i Garcia e José Sergio Palencia Jiménez	2019	Economia urbana	Espanha
Analysis of Prices in the Housing Market using Mixed Models	Aneta Cichulska, M.Sc. e Radosław Cellmer, assoc. prof., PhD	2018	Avaliações de imóveis	Polônia
Decomposição Espacial nos Preços de Imóveis Residenciais no Município de São Paulo	Rodger Barros Antunes Campos e Eduardo Simões de Almeida	2017	Economia urbana	Brasil
Dois ensaios sobre economia urbana: mercado imobiliário residencial e corporativo no município de São Paulo	Rodger Barros Antunes	2014	Economia urbana	Brasil
The Predictive Performance of Multilevel Models of Housing Sub-markets: A Comparative Analysis	Chris Leishman, Greg Costello, Steven Rowley and Craig Watkins	2013	Avaliações de imóveis	Inglaterra
A influência da localização no preço dos imóveis: uma aplicação do modelo hierárquico para o mercado de Belo Horizonte (2004-2010)	Marina Aguiar e Rodrigo Simões	2011	Economia urbana	Brasil
Modelos Multi-nível: Fundamentos e Aplicações	Cláudia Catarina Mendes Silva da Cruz	2010	Educação	Portugal
Modelos multinível de coeficientes aleatórios e os efeitos firma, setor e tempo no mercado acionário Brasileiro.	Luiz Paulo Lopes Fávero e Débora Confortini	2010	Economia	Brasil
Localização e dinâmica intraurbana: uma análise hierárquica multinível do mercado imobiliário residencial formal em Belo Horizonte/MG	Marina Aguiar e Rodrigo Simões,	2010	Economia urbana	Brasil
Preços Hedônicos no Mercado Imobiliário Comercial de São Paulo: A Abordagem da Modelagem multinível com Classificação Cruzada	Luiz Paulo Lopes Fávero	2010	Economia urbana	Brasil
A two-stage hierarchical regression model for meta-analysis of epidemiologic nonlinear dose-response data.	QinLiu, NancyR.Cook, AnnaBergström e Chung-ChengHsieh	2009	Saúde	Estados Unidos
Six-Minute Walk Distance in Persons With Parkinson Disease: A Hierarchical Regression Model	Michael J. Falvo MS e Gammon M. Earhart PT, PhD	2009	Saúde	Estados Unidos
Análise multinível aplicada aos dados do NELS:88	Jacob Arie Laros e João Luiz Pereira Marciano	2008	Educação	Brasil

<b>Título</b>	<b>Autor (es) data da publicação</b>	<b>Ano</b>	<b>Área</b>	<b>País</b>
Construção de Modelos de Regressão Hierárquicos: uma Experiência de Avaliação na Educação de Jovens e Adultos	José Gonçalves Moreira Neto, Eduardo de São Paulo e Luiz Alexandre Rodrigues da Paixão	2008	Educação	Brasil
Modelo Linear Hierárquico: um método alternativo para análise de desempenho escolar	Sandra Maria Conceição Pinheiro	2005	Educação	Brasil
Eficácia escolar: Regressão Multinível com Dados de Avaliação em Larga Escala	Girlene Ribeiro de Jesus e Jacob Arie Laros	2004	Educação	Brasil
The Hierarchical Trend Model for Property Valuation and Local Prices Indices	Marc K. Francke e Gerjan A. Vos	2004	Avaliações de imóveis	Holanda
Construção de um Modelo de Regressão Hierárquico para dados O SIMAVE-2000	Tufi Machado Soares e Márcia Cristina Meneghin Mendonça	2003	Educação	Brasil
Modelação hierárquica ou multinível. Uma metodologia estatística e um instrumento útil de pensamento na investigação em Ciências do Desporto	José A. Maia, Vítor P. Lopes, Rui G. da Silva, André Seabra, João V. Ferreira, Manuel V. Cardoso	2003	Ciência do Desporto	Portugal
A hierarchical regression approach to meta-analysis of diagnostic test accuracy evaluations	Carolyn M. Rutter e Constantine A. Gatsonis2	2001	Saúde	Estados Unidos

Fonte: Elaborado pela autora.

Trabalhos aplicando modelos hierárquicos para a obtenção de valores de imóveis foram feitos anteriormente aqui no Brasil, a maioria na área de economia com um viés mais voltado para avaliar o efeito do mercado imobiliário na economia urbana, como por exemplo os trabalhos de Aguiar e Simões (2011) e Antunes (2014). Já no exterior, principalmente o trabalho de Marc K. Francke, em 2004, tem um direcionamento para a tributação imobiliária, compartilhando do mesmo objetivo dessa pesquisa, que busca no modelo hierárquico uma alternativa para realizar avaliações mais precisas de modo que possam contribuir para a obtenção de uma planta de valores mais acurada.

Modelos de regressão hierárquica são ferramentas estatísticas capazes de tratar adequadamente problemas de interferência em amostras que possuem uma estrutura hierárquica (MOREIRA NETO, 2008).

O modelo multinível (GOLDSTEIN, 2011), também, chamado de modelo hierárquico (BRYK; RAUDENBUSH, 2002), modelo de efeitos mistos ou ainda modelo de efeitos aleatórios (LAROS e MARCIANO, 2008), levam em consideração a estrutura de agrupamento dos dados. No modelo de regressão hierárquico o intercepto e o coeficiente de inclinação são considerados parâmetros aleatórios, e dependem da influência do nível mais alto da hierarquia, como consequência pode-se obter uma série de regressões para cada grupo com seus próprios coeficientes.

Empregando-se a técnica de regressão hierárquica em uma população que possui uma estrutura de níveis, segundo Laros e Marciano (2008), a estimação do erro padrão do modelo passa a ser mais confiável, uma vez que leva em consideração a variação entre as variáveis de diferentes níveis e de mesmo nível.

Ao se assumir a independência das observações, quando essas não são, os estimadores dos erros padrões das análises estatísticas convencionais são muito menores, o que torna os resultados obtidos falsamente significativos. Isso é, uma consequência da dependência entre as observações é a subestimação dos erros padrões dos coeficientes da regressão (CRUZ, 2010).

Para Ferrão (2002), a utilização do modelo de regressão hierárquica possibilita a melhor compreensão do processo de análise dos dados devido à decomposição da variância dos erros nos diversos níveis. Uma vez que indivíduos do mesmo grupo tendem a ter características semelhantes, passa a haver uma dependência das observações entre membros de um mesmo grupo.

Diante do exposto a regressão tradicional não pode ser a mais adequada uma vez que não leva em consideração essa dependência das observações. Quanto maior a dependência, mais o modelo de regressão hierárquico se torna necessário, e isto pode ser visto por meio da correlação intraclasse ( $\rho$ ), o que representa a homogeneidade em mesmo grupo, e, ao mesmo tempo, a heterogeneidade entre grupos distintos (LAROS; MARCIANO, 2008).

A correlação intraclasse pode ser interpretada como sendo a medida do grau de dependência dos indivíduos, a qual é uma estatística que permite medir a magnitude do efeito do grupo, ou seja, mede a correlação existente entre as unidades do nível 1 dentro de um mesmo grupo do nível 2, isto se tratando de um modelo com dois níveis de hierarquia (CRUZ, 2010).

Assim sendo, a modelagem hierárquica tem como sua principal vantagem a correção do problema de hierarquia natural dos dados (FÁVERO, 2011). Para Cruz (2010), modelos de regressão hierárquica possibilitam que as estimativas dos coeficientes de regressão e da sua variação sejam mais bem pressupostas, isso se deve ao fato de poder analisar a variância quando essa não é homogênea.

A modelagem de preços de mercado pode ser melhor explicada adotando-se o modelo de regressão hierárquica uma vez que seus dados podem ser definidos por um agrupamento hierárquico, como por exemplo: terrenos em bairros e bairros em distritos. Terrenos situados em uma determinada região tendem a compartilhar aspectos sociodemográficos e amenidades urbanas daquela localidade, e como essa região representa um nível hierárquico estes terrenos tendem a ser mais similares entre si em comparação a todos os outros que fazem parte das demais regiões do município e, portanto, a hierarquia dos dados viola a premissa de

independência entre as observações, isso corrobora para a aplicação do modelo hierárquico frente ao modelo de regressão tradicional (FÁVERO, 2011).

Ao se trabalhar com a estrutura de agrupamento dos dados é possível obter-se modelos mais flexíveis e estruturados, dado que se pode trabalhar de forma mais detalhada as informações de cada elemento da amostra, fornecendo uma equação para grupo de nível 2, a qual permite que se façam análises individuais de cada um destes grupos, além de possibilitar a formulação e os testes de hipóteses relativas a efeitos entre os níveis e permitindo a partição da variabilidade da variável resposta nos diversos níveis (MOREIRA NETO, 2008).

Segundo Hox, Moerbeek e Schoot (2018):

O modelo de regressão multinível pressupõe que exista um conjunto de dados hierárquicos, geralmente composto por elementos separados em grupos, com uma única variável de resultado ou resposta que é medida no nível mais baixo e variáveis explicativas em todos os níveis existentes (2018, p. 8, tradução nossa).

O modelo hierárquico, como descrito anteriormente, pode apresentar variáveis preditoras também chamadas de variáveis explicativas em diferentes níveis, o qual exige do pesquisador uma definição clara dos níveis a serem utilizados em seu modelo. Essa definição de nível está dividida no nível micro (indivíduos) e no nível macro (grupos), o que implicará na especificação de duas equações, uma para cada um dos níveis. Os modelos multiníveis podem ser formulados de duas maneiras: (1) apresentando as equações separadas uma para cada um dos níveis e (2) combinando todas as equações por substituição em uma única equação, também chamada de modelo hierárquico propriamente dito (HOX; MOERBEEK; SCHOOT, 2018).

Os modelos hierárquicos, assim como os modelos clássicos de regressão, também visam determinar melhores preditores (variáveis independentes) de um critério (variável dependente) e/ou examinar efeitos moderadores do relacionamento entre variáveis. E, assim como nos modelos clássicos, também devem atender alguns pressupostos básicos para as suas variáveis independentes tais como: (i) normalidade dos resíduos; (ii) linearidade dos resíduos; (iii) homoscedasticidade dos resíduos e (iv) ausência de multicolinearidade. É necessário estimar a multicolinearidade (correlação) entre as variáveis independentes (DIAS et al., 2015). A multicolinearidade pode impactar no modelo de regressão, restringindo o poder preditivo de qualquer variável independente que for associada com outras variáveis independentes (ABBAD; TORRES, 2002).

A estrutura dos modelos hierárquicos baseia-se num conjunto de pressupostos tais como a existência de uma distribuição normal que, para não obter estimativas enviesadas dos parâmetros do modelo, não devem ser violados. Nesses modelos, assume-se que os resíduos

tenham uma distribuição normal, e para tanto é utilizado a máxima verossimilhança restrita (REML) para estimar os parâmetros, pois a máxima verossimilhança (ML) enviesada as estimativas de variância do modelo (ZUUR et al, 2009).

Para Hox, Moerbeek e Schoot (2018), os modelos multiníveis podem ser compostos por vários níveis de agregação, porém, à medida que se incluem mais níveis no modelo a regressão passa a ficar mais complexa de se estimar e de se avaliar.

### 2.3.5.1 Modelos Hierárquicos com dois níveis de agregação.

Neste estudo o modelo hierárquico considerado possui apenas dois níveis de hierarquia. Neste modelo as unidades do 1º nível (terrenos) estão agrupadas segundo as unidades do 2º nível (zonas de planejamento ou bairros). Cada unidade do terreno é representada pelo índice  $i$  e, o índice  $j$  representa cada unidade de zona de planejamento ou bairro. Suponha que  $x$  represente uma variável do terreno e  $w$  uma variável da zona de planejamento ou bairro.

A construção do modelo hierárquico, segundo Hox, Moerbeek e Schoot (2018), deve seguir três etapas:

**1ª. etapa:** obtenção do modelo ANOVA com efeitos aleatórios também chamado de modelo nulo apresentando na Equação 4, nesse modelo não é considerado qualquer variável explicativa. Esse modelo tem como função principal estimar a correlação intraclasses ( $\rho$ ) (Equação 5), ele mede o grau de homogeneidade dentro dos grupos. É a proporção da variação do nível do grupo em relação a variação total.

Nível 1

$$y_{ij} = \beta_{0j} + e_{ij} \quad (2)$$

Nível 2

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad (3)$$

Substituindo 3 em 2, temos o modelo nulo apresentado na Equação (4), para a regressão hierárquica.

Modelo ANOVA

$$y_{ij} = \gamma_{00} + u_{0j} + e_{ij} \quad (4)$$

Onde:

$y_{ij}$  é valor da variável dependente para o  $i$ -ésimo indivíduo do  $j$ -ésimo grupo ( $i = 1, \dots, N_i, j = 1, \dots, K$ )

$\gamma_{00}$  é valor médio da variável  $y$  (a chamada média global);

$e_{ij}$  é o componente aleatório do nível 1;

$u_{0j}$  é o componente aleatório do nível 2.

$$\rho = \frac{\sigma_{u0}^2}{(\sigma_{u0}^2 + \sigma_0^2)} \quad (5)$$

Onde:

$\rho$  é coeficiente de correlação

$\sigma_{u0}^2$  é a variância dos resíduos  $u_{0j}$  do nível 2

$\sigma_0^2$  é a variância dos resíduos  $e_{ij}$  do nível 1

Nesse modelo também é obtido a *deviance* inicial ou *deviance* de referência que pode ser utilizada para comparar modelos, uma vez que ela mede o grau de falta de ajustes do modelo, ou seja, quanto menor for o valor da *deviance*, melhor será o modelo (PUENTE PALACIOS; LAROS, 2009).

**2ª. etapa:** obtenção do modelo ANCOVA apresentado na Equação 9, que que é o desdobramento da equação ANOVA, porém agora com variáveis explicativas de primeiro nível, ou seja, no nível do indivíduo. Ao se inserir variáveis de nível 1, aceita-se que haja variações de intercepto entre os grupos, apesar de não ocorrer diferenças em termos de inclinação. A inserção das variáveis de nível 1 decorre do maior número de observações permitindo que os coeficientes gerados nesta etapa da regressão sejam mais acurados. Espera-se, ainda, que haja uma contribuição das variáveis explicativas na redução da variância desse nível.

Para tanto, supõe-se que essas variáveis sejam fixas ou não variam entre grupos, ou seja, sem componentes aleatórios entre as unidades do nível 2. Dessa forma, este modelo é construído a partir do modelo nulo, mas incluindo tanto na parte fixa como na aleatória as variáveis consideradas. Nesse caso, os componentes de variância correspondentes aos coeficientes são fixados em zero.

Nível 1

$$y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}x_{ij} + e_{ij} \quad (6)$$

Nível 2

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad (7)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} \quad (8)$$

A Equação 8, está supondo a mesma inclinação para todas os bairros ou zonas de planejamento, já a Equação 7 apresenta intercepto com efeito aleatório (podendo variar entre os bairros ou as zonas).

Modelo ANCOVA

$$y_{ij} = \gamma_{00} + \beta_{1j}x_{ij} + u_{0j} + e_{ij} \quad (9)$$

Onde:

$\gamma_{00}, \gamma_{10}$  são os coeficientes de regressão

$x_{ij}$  é variável explicativa de nível 1

$\beta_{0j}$  é a variável resposta de modelo de regressão linear onde as variáveis explicativas correspondem as características do grupo j.

**3ª. etapa:** pode-se chamar de modelo hierárquico propriamente dito. O mesmo pode ser visto na Equação 12, onde são acrescentadas as variáveis do nível 2 (grupo). Nesta fase são considerados que tanto o intercepto quando as inclinações podem sofrer influências das variáveis de nível 2. A Equação 12, apresenta a equação de regressão completa para o modelo hierárquico considerando efeito aleatório só no intercepto, porém considerando variáveis no nível 1 e 2. Considerando o intercepto aleatório variando apenas entre as zonas ou bairros, contudo ele pode ter também efeitos aleatórios em coeficientes de variáveis do nível 1.

Nível 1

$$y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}x_{ij} + e_{ij} \quad (10)$$

Nível 2

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}w_{j+} + u_{0j} \quad (11)$$

Modelo Hierárquico

$$y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{01}w_j + \beta_1x_{ij} + u_{0j} + e_{ij} \quad (12)$$

Onde:

$w_j$  variável explicativa de nível 2.

A parte aleatória ou estocástica do modelo representa os diversos efeitos aleatórios que influenciam o preço dos terrenos, atuando tanto ao nível do terreno como ao nível da zona ou bairro, e que não são captados pela parte determinística do modelo.

Agora considerando variáveis explicativa de nível 2 com intercepto aleatório e inclinação aleatória.

$$y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}x_{ij} + e_{ij} \quad (13)$$

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}w_j + u_{0j} \quad (14)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j} \quad (15)$$

Substituindo-se (14) e (15) na equação (13), tem-se o modelo hierárquico com intercepto e inclinações aleatórias em coeficientes de variáveis do nível 1 apresentado na Equação 16.

$$y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{10}x_{ij} + \gamma_{01}w_j + u_{0j} + u_{1j}x_{ij} + e_{ij} \quad (16)$$

Esse modelo tem variáveis que contém efeitos fixos e aleatórios, sendo designado por modelo misto (MONETTE et al, 2002).

$$\gamma_{00} + \gamma_{10}x_{ij} + \gamma_{01}w_j \quad (17)$$

E uma parte aleatória:

$$u_{0j} + u_{1j}x_{ij} + e_{ij} \quad (18)$$

## 2.4 MÉTODOS DE VALIDAÇÃO PARA AVALIAÇÃO EM MASSA

Visando obter modelos com uma boa qualidade de desempenho, uma etapa importante

do processo de avaliação em massa de imóveis é validação dos resultados, cujo intuito é verificar o grau de aderência entre os valores calculados pelos modelos e os valores observados. Quanto mais próximos estejam os valores obtidos com o modelo dos valores observados no mercado melhor será a qualidade da avaliação (TRIVELLONI, 2005).

Para analisar o desempenho das avaliações em massa de imóveis, deve-se conferir se as mesmas cumprem as condições da *International Association of Assessing Officers* (IAAO) para serem consideradas de boa qualidade (TRIVELLONI, 2005).

A análise do desempenho das avaliações pode ser dividida em três etapas que são elas (IAAO, 2013):

- Nível de avaliação global: é obtido empregando-se a mediana das razões da avaliação;
- Coeficiente de dispersão (COD): utilizado para avaliar a uniformidade de uma avaliação, que representa o desvio percentual médio da razão mediana;
- Equidade vertical da avaliação: utilizado com o objetivo reconhecer diferenças sistemáticas na forma que são avaliados os imóveis de alto e baixo valor, verificando se existe regressividade ou progressividade nas avaliações.

Os indicadores de performance global e de uniformidade da avaliação são baseados no valor de mercado observado ( $P_o$ ) e no valor calculado pelo modelo ( $P_c$ ) (IAAO, 2013). A Equação 19 apresenta o cálculo do indicador.

$$Ratio = R = \frac{P_c}{P_o} \quad (19)$$

Os valores recomendados para a mediana das razões recomendados pelo IAAO, devem estar entre o intervalo de 0,90 e 1,10 do nível desejado para as avaliações.

O coeficiente de dispersão ou COD é obtido seguindo as cinco etapas a seguir:

- 1 diminui-se de cada razão de avaliação a mediana de todas as razões;
- 2 é tomado o valor absoluto das diferenças anteriores;
- 3 calcula-se a média dos valores absolutos;
- 4 divide-se a média anterior pela mediana das razões de avaliação;
- 5 multiplica-se por 100.

- Os valores considerados ideais para o COD são os seguintes:
- Menores a 10 para imóveis residenciais em áreas muito homogêneas;
- Menores que 15 para imóveis residenciais em áreas heterogêneas;

- Menores que 20 para terrenos baldios.

O índice que mede a equidade vertical é chamado de PRD (do inglês *Price Related Differential*) ou Diferencial Relativo ao Preço. Para o cálculo do PRD, basta dividir a média das razões de avaliações pela sua média ponderada. O intervalo recomendado para esse índice vai de 0,98 a 1,03. Valores menores a 0,98 sugerem progressividade enquanto os maiores que 1,03 sugerem regressividade na avaliação (IAAO, 2013).

Logo, espera-se que para um bom modelo, os índices de avaliação estejam no intervalo recomendado para cada um dos índices calculados.

### 3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Conforme Silva (2001, p. 20), a pesquisa “é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos”.

Uma das etapas da pesquisa é a compreensão da metodologia científica utilizada. Segundo Tartuce (2006), a metodologia científica pode ser entendida como um estudo metódico e lógico dos métodos científicos, que levam em consideração os fundamentos da pesquisa, sua validade e sua relação com as teorias científicas.

Creswell (2010), ainda salienta que a metodologia da pesquisa é uma das etapas mais concretas do estudo, a qual abrange as estratégias de investigação e os meios de coleta utilizados, sua análise e a interpretação proposta dos dados encontrados.

Dessa forma, esta pesquisa desenvolve-se conforme esses pressupostos e segue os procedimentos descritos nos próximos subtópicos, iniciando pela classificação da pesquisa, passando pelas etapas da pesquisa e finalizando com a área de estudo.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa caracteriza-se como exploratória, descritiva e aplicada. No que tange a sua classificação como pesquisa exploratória, justifica-se pelo fato dela buscar a construção de conceitos, desenvolvendo uma visão geral aproximada de um fato, tendo ainda como objetivo a aproximação do pesquisador ao problema, para torná-lo mais explícito. Apresenta características de um estudo descritivo, por descrever as características existentes de um contexto ou fenômeno específico, além de estabelecer relações entre variáveis (GIL, 2002). Ao findar-se como aplicada, onde, segundo afirmação de Barros e Lehfeld (2000, p. 78), uma pesquisa aplicada apresenta como objetivo “[...] contribuir para fins práticos, visando à solução mais ou menos imediata do problema encontrado na realidade”.

Este trabalho utilizou-se de pesquisa bibliográfica, uma vez que fez uso de material já publicado para sua fundamentação e trazer novos conhecimentos a pesquisadora e, também, de pesquisa documental, pois com base nos documentos e dados coletados na prefeitura e nas imobiliárias foi possível elaborar um banco de dados empregado na elaboração das plantas de valores genéricos.

E ainda, classifica-se como estudo de caso, pois “envolve o estudo profundo e

exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento” (SILVA; MENEZES, 2005, p. 21).

Este trabalho utiliza métodos quantitativos de pesquisa, incluindo a inferência estatística e outros métodos numéricos para a elaboração de modelos matemático que serão posteriormente analisados com base em seus resultados. Segundo Silva (2002, p. 20) uma pesquisa quantitativa é aquela que “considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão etc.)”.

### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Para o desenvolvimento dessa pesquisa tem-se 12 etapas, representadas na Figura 2 e detalhadas a seguir.

- **Delineamento da pesquisa:** foram definidos o escopo do trabalho, todos os métodos e objetivos a serem alcançados com essa pesquisa.
- **Realização de pesquisa bibliográfica:** essa etapa consistiu em reunir a maior quantidade e qualidade de conteúdo acerca do problema formulado. Nesse momento, também se caracterizou os elementos essenciais à construção do tema proposto, se conheceu e se definiu melhor os conceitos que se relacionaram a pesquisa. Foram também examinados os conceitos referentes à avaliação de imóveis, normas de avaliações, métodos para identificação do valor do bem, regressão de tendência hierárquica.
- **Determinação das variáveis para o modelo de avaliação:** essa etapa teve como propósito selecionar as variáveis relevantes para explicar a formação dos valores que integraram o modelo de avaliação.
- **Realização de visita técnica à prefeitura:** o objetivo dessa etapa foi conhecer como é feita a planta de valores do município, compreender como o município está dividido, conhecer a sua configuração espacial e a existência de mapas que pudessem ser utilizados na pesquisa para a inserção dos dados georreferenciados e a organização do cadastro técnico do município. Por meio dessa visita a prefeitura, se teve acesso aos *shapefiles* do município para a elaboração dos mapas e ainda foi possível elaborar algumas variáveis para caracterizar as regiões do município.

▪ **Realização de pesquisa de mercado:** essa etapa teve como objetivo levantar um conjunto de amostras representativas de terrenos em oferta de forma a explicar os preços destes imóveis. Para essa etapa foram utilizadas diferentes fontes de coleta tais como: pesquisa em sites de imobiliárias, visita de campo para coleta de dados, e sites de internet com anúncios de terrenos. Estes dados foram coletados durante o ano de 2019.

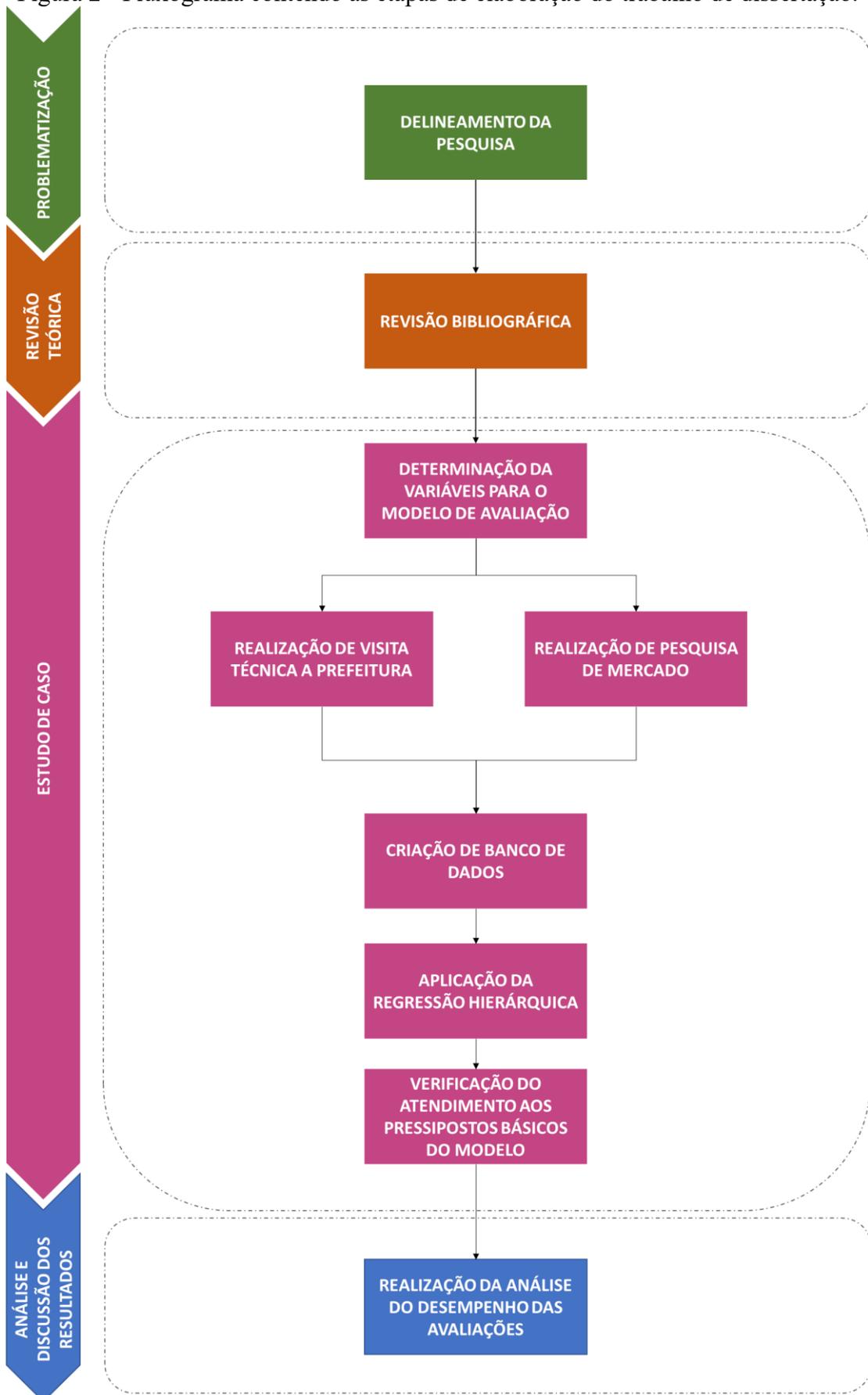
▪ **Criação do banco de dados:** após o levantamento dos dados e a determinação das variáveis para o modelo de avaliação elaborou-se um banco de dados contendo todos os dados dos terrenos coletados. Para essa etapa da pesquisa foi construída uma planilha em Excel, sendo que cada linha da planilha representava um terreno e as suas respectivas variáveis atribuídas a ele. Todos os dados coletados também foram georreferenciados em um arquivo do Google *Earth*, que depois foram transformados em um arquivo XLM, que foram utilizados na elaboração dos mapas no QGIS.

▪ **Aplicação da regressão hierárquica:** trata da aplicação da metodologia de regressão hierárquica para obtenção de um modelo validado para o comportamento do mercado. O modelo deve ter seus pressupostos testados e validados. Nessa fase foram formulados modelos através do RSudio, que é um *software* de análise de dados de código aberto e gratuito, e que apresenta um pacote estatístico que permite a modelagem de dados hierárquicos, através do pacote lmer.

▪ **Verificação dos pressupostos do modelo:** uma vez obtido um modelo que explique o comportamento do mercado com a obtenção do valor dos terrenos e ao atendimento a todos os pressupostos básicos necessários, foi feita uma análise desses valores com base nos pré-requisitos necessários para a elaboração de uma planta de valores e ao nível de acurácia dos valores obtidos e, por fim, foram apresentados e discutidos esses resultados.

▪ **Realização da análise do desempenho das avaliações:** essa etapa visou verificar a performance obtida com a avaliação, ou seja, o qual próximo os valores calculados pelo modelo chegaram dos valores observados na pesquisa de mercado. Quanto mais próximos esses valores tiverem um do outro melhor a qualidade da nossa avaliação.

Figura 2 - Fluxograma contendo as etapas de elaboração do trabalho de dissertação.



Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.3 ÁREA DE ESTUDO

Para a elaboração da pesquisa foi escolhido o município de Imbituba, situada no Estado de Santa Catarina, cujo perfil é essencialmente urbano. Salienta-se que o IPTU incide sobre todo o território Imbitubense, sendo que as áreas do município apresentam características distintas, o que torna pertinente a aplicação de diferentes técnicas para a obtenção de modelos para a formação de preços imobiliários de imóveis urbanos, com a finalidade de se saber se algumas das técnicas tem um melhor desempenho diante das características das áreas de aplicação.

O município de Imbituba, tem sua origem entre os anos de 1670 a 1720, logo após a fundação do município de Laguna e o povoado de Vila Nova. Foi fundado por um pequeno grupo de pescadores e agricultores açorianos e também alguns escravos vindos de Laguna e posteriormente, no ano de 1715, por colonizadores vindos de São Vicente atraídos pela pesca (IBGE, 2018).

Passados alguns anos da criação do povoado de Imbituba, naquele momento chamada de Vila Nova de Santana o Governo Português incentivou a pesca da baleia, que por algum tempo se tornou a principal atividade econômica da região. A organização da armação da pesca da baleia, a quarta no Brasil, tinha como finalidade a extração do óleo desses animais que posteriormente seria utilizado como insumo para geração da iluminação pública de algumas cidades (IMBITUBA, 2014), como Rio de Janeiro e São Paulo, e, também, no melhoramento da argamassa dando-lhe mais resistência, que seria utilizado para construções de edificações (IBGE, 2018).

Com a extinção da pesca da baleia em 1829, e incentivado pela descoberta do carvão mineral no sul do estado, uma companhia de engenharia inglesa iniciou a implantação do porto na cidade em 1871. O Porto seria responsável por escoar o carvão mineral catarinense, que chegaria à cidade através da Estrada de Ferro Dona Tereza Cristina (IMBITUBA, 2014).

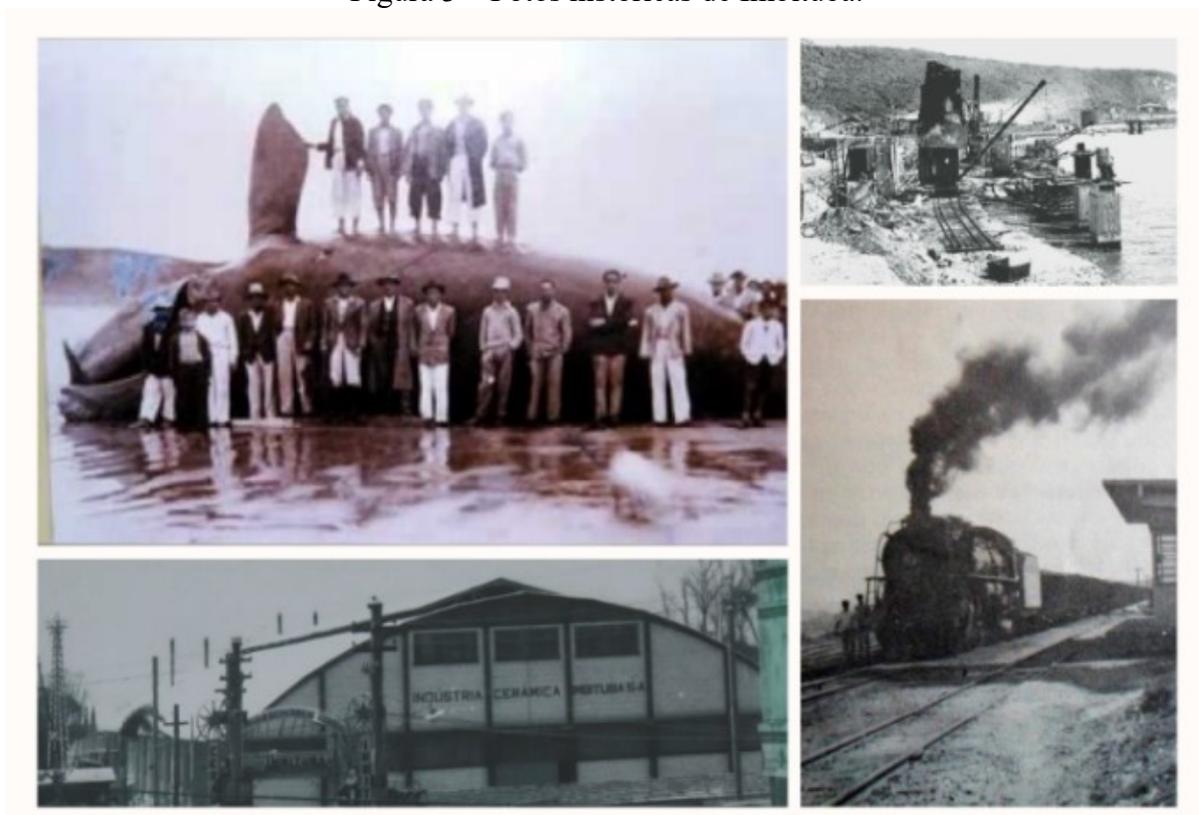
Com o advento da Primeira Guerra Mundial, o estado expande as suas atividades carboníferas, o que impulsiona as atividades portuárias e ferroviárias em Imbituba, estimula o desenvolvimento da cidade, levando a sua emancipação no ano de 1923, deixando de ser freguesia de Laguna (LABTRANS, 2017).

A cidade passa por duas emancipações uma em 1923 quando deixa de ser freguesia de Laguna e assim permanece até 1930, quando o então governador provisório do sul de Santa Catarina extinguiu a cidade. A segunda emancipação ocorreu somente em 21 de junho de 1958 (IMBITUBA, 2014).

Experimentou um crescimento econômico com a fundação da Indústria Cerâmica de Imbituba S/A - ICISA, estabelecida no município por Henrique Lage, no ano 1919. Com a ICISA, a cidade chegou a ser tornar um dos ícones industriais de Santa Catarina no século XX, e, por quase 90 anos, a empresa foi reconhecida no mercado de revestimentos cerâmicos e possuía parcerias nacionais e internacionais (IMBITUBA, 2014).

A Figura 3, apresenta imagens da história de Imbituba, referentes a pesca da baleia, o antigo cais do porto, a ferrovia D. Tereza Cristina e Indústria Cerâmica de Imbituba S/A – ICISA.

Figura 3 – Fotos históricas de Imbituba.



Fonte: Adaptado de Imbituba (2018).

A cronologia dos aspectos históricos da cidade de Imbituba é apresentada na Figura 4, onde se pode perceber a importante participação da atividade portuária na criação do município e atualmente uma importante participação na economia.

Figura 4 - Aspectos históricos – Imbituba.



Fonte: Elaborado pela autora.

O município de Imbituba, está localizado ao sul de Santa Catarina, abrange uma área territorial de 182 km<sup>2</sup>, fica distante aproximadamente 90 km da capital Florianópolis, e segundo

dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2019, teve sua população estimada em 44.853 habitantes. A Figura 5, apresenta a localização do município.

Figura 5 - Localização de Imbituba.

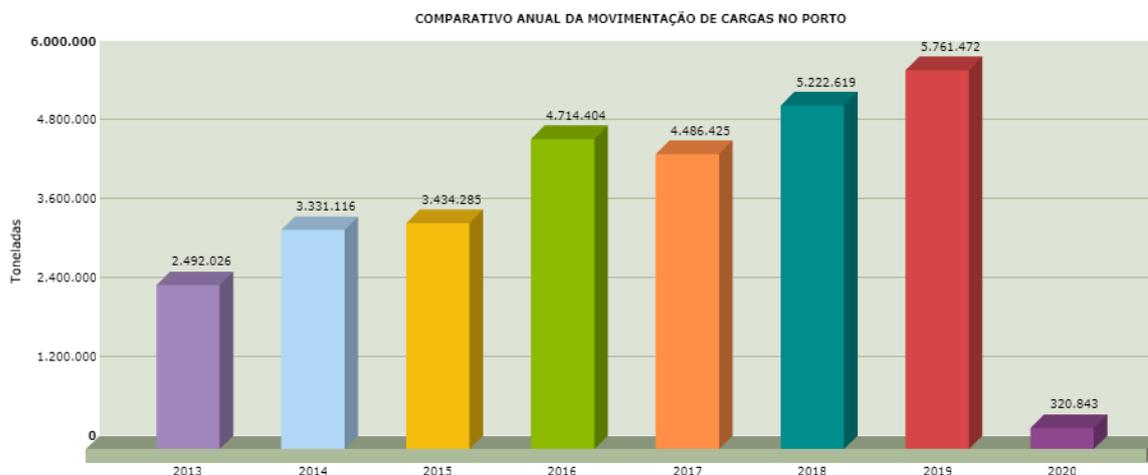


Fonte: Elaborado pela autora.

Com a gestão do Porto feita pelo Estado, o setor tem contribuído com desenvolvimento econômico da região que juntamente com o distrito industrial tem coloca a cidade como uma das regiões mais promissoras de Santa Catarina.

Apesar do setor terciário ser o principal meio da economia local (IMBITUBA, 2014), o Porto bateu o recorde de movimentação em de 2019 como apresentado na Figura 6, gerando impacto econômico, e atraindo novos olhares para a cidade (SCPar, 2020).

Figura 6 – Comparativo anual da movimentação de cargas no Porto de Imbituba.



Fonte: SC Par Imbituba (2020).

No passado, a cidade ganhou destaque por meio da pesca da baleia, atualmente o cenário é bem diferente, pois o município se destaca pelos esforços na conservação da espécie, sendo considerada a capital nacional da Baleia Franca. Imbituba também é reconhecida internacionalmente por suas belezas naturais. O turismo de temporada, juntamente com as outras atividades econômicas do município, ajuda a incrementar a economia local (IMBITUBA, 2014).

O Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Imbituba (PDDSI) foi instituído pela Lei Municipal Complementar nº 2.623, de 19 de março de 2005, e é o instrumento de planejamento e gestão territorial específico do município (IMBITUBA, 2005). O Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Imbituba, em seu art. 63, define áreas e zonas do município, a saber:

Art. 63. A Área Urbana do município caracteriza-se pelo processo de urbanificação indicado no Mapa 11, parte integrante desta Lei Complementar;  
Parágrafo único. Para todos os fins, a Área Urbana do município abrange todo seu território (BRASIL, 2005a, p.19).

A área urbana está dividida em quatro áreas sendo elas: Área Urbana Atual; Área Urbana de Expansão; Área Urbana de Produção Primária; e, Área Urbana de Proteção Ambiental AUPAM. Cada uma das áreas urbanas possui subdivisões e estão indicadas no Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Imbituba.

Com o aumento da atividade portuária, a cidade de Imbituba, que anteriormente tinha seu coração no setor terciário, passa a abrir espaço para o setor industrial, que altera não somente a paisagem urbana, mas também o preço do sistema de terras (LEMOS, 1988). A cidade passa a ganhar novos contornos urbanos, o espaço físico passar a demandar de uma nova

infraestrutura, novo serviços e conjuntamente com esses fatores, o espaço passa a sofrer externalidades tanto negativa quanto positiva.

### 3.3.1 Planta de Valores Genéricos no Município de Imbituba

No ano de 2006, a Lei Complementar de nº 3.018/2006 aprovou a planta de valores genéricos para fins de determinação do valor venal dos imóveis sujeitos ao IPTU no município de Imbituba e, para tanto, foram adotados critérios para a divisão territorial do Município em Distritos Cadastrais existentes no Cadastro Imobiliário;

“...onde cada Distrito está subdividido em Zonas Homogêneas (ZH), tendo por base características urbanísticas comuns, que resultam na homogeneização dos valores unitários básicos dos imóveis. A partir das análises das Zonas Homogêneas existentes, permitiu-se codificá-las e corrigir as distorções dos valores. Para cada imóvel identificado nas Zonas Homogêneas será atribuído o valor correspondente.” (IMBITUBA, 2006, p. 15).

Em 2010, a Lei Complementar nº 3822/2010 alterou o Anexo I-A da Lei Complementar n. 3.018/2006, e em 2013 uma nova Lei Complementar agora Lei Complementar nº 4318/2013, alterou os valores unitários básicos de terrenos, para cada Zona Homogênea dos Distritos Cadastrais do Município em 50%.

Desde então a Planta de Valores do Município (PVG) não teve mais atualização, entretanto o município pretendia no ano de 2020 revisar o Plano Diretor Municipal, entrando em pauta a atualização da PVG do município, contudo a nova situação que o mundo vive em função da pandemia adiou o assunto para o próximo ano.

Os valores do metro quadrado dos terrenos da PVG, são estabelecidos por zonas homogêneas e ajustado mediante a correção, quando for o caso. Segundo consta na Lei Complementar de nº 3.018/2006, são estabelecidos com base para a formação desses valores os seguintes elementos:

- I – Localização do imóvel no perímetro da área urbana do Município;
- II – Equipamentos urbanos existentes;
- III – Serviços públicos disponíveis;
- IV – Valores praticados no mercado imobiliário

Para o cálculo do valor venal do terreno do Município para fins de lançamentos de impostos é utilizada a fórmula a seguir:

$$\text{Vt} = (\text{Vu} \cdot \text{At}) \cdot \text{T1} \cdot \text{T2} \cdot \text{T3} \cdot \text{T4} \cdot \text{T4}$$

Onde:

- $V_t$  = Valor do terreno;
- $V_u$  = Valor unitário básico do metro quadrado de terreno;
- $A_t$  = Área do terreno.
- $T_1$  = Fator de correção quanto à situação do terreno;
- $T_2$  = Fator de correção quanto à topografia;
- $T_3$  = Fator de correção quanto à pedologia;
- $T_4$  = Fator de homogeneização de área territorial;
- $T_5$  = Fator de pavimentação

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Visando verificar o desempenho do modelo de tendência hierárquica foi realizada a comparação de diferentes modelos utilizando técnicas distintas, quais sejam: regressão linear clássica, regressão linear com variáveis dicotômicas para caracterizar os bairros e as zonas de planejamento (ZP) do município e, por fim, o modelo de regressão hierárquica.

Para o modelo de regressão linear com dicotômicas e para o modelo de regressão hierárquica foram testados dois cenários, onde um foi considerado os bairros para agrupar os dados e o outro com as zonas de planejamento do município, com o intuito de buscar a segmentação que melhor explique o mercado da região de estudo.

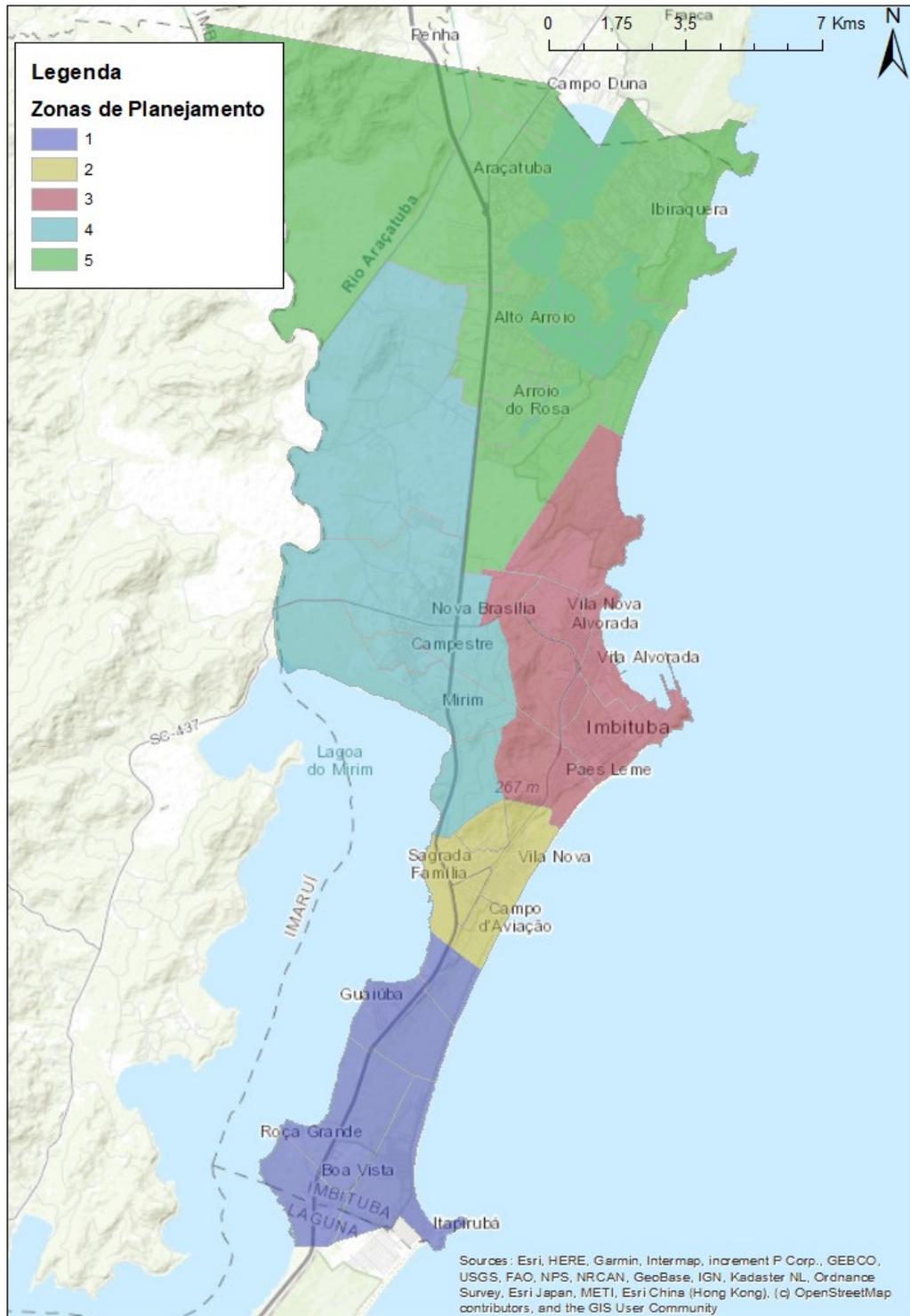
### 4.1 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS E BASE DE DADOS

A unidade espacial tem grande importância na determinação do preço do terreno e, para tanto, é necessário que seja estabelecida a sua vizinhança. O Município de Imbituba está dividido geograficamente em 30 bairros e cinco ZP segundo o Plano de Diretor Municipal (PDM, 2005), portanto as amenidades (CE) serão definidas para cada um dos bairros e das zonas utilizadas na amostra, formando as vizinhanças.

Para a descrição das características do espaço onde os terrenos estão localizados, foram considerados (a) acesso, (b) água, (c) esgoto, e (d) posto de saúde.

As informações necessárias para elaboração do modelo foram geradas pelo *software Google Earth* e QGIS. Os dados referentes aos terrenos estão todos georreferenciados e o dado está associado ao seu preço de oferta e às suas características intrínsecas (CI). A informação sobre localização e acessibilidade (LA) apresenta-se na forma de pontos. Sendo que o resultado é a distância euclidiana entre dois pontos (i.e. entre o imóvel e o ponto de referência - centro da cidade). Já a informação sobre as características extrínsecas (CE) é agrupada em polígonos, ou seja, em zonas de planejamento e em bairros do município, como mostram as Figuras 7 e 8, e detalha o Quadro 2.

Figura 7 - Mapa do município de Imbituba dividido nas cinco zonas de planejamento.



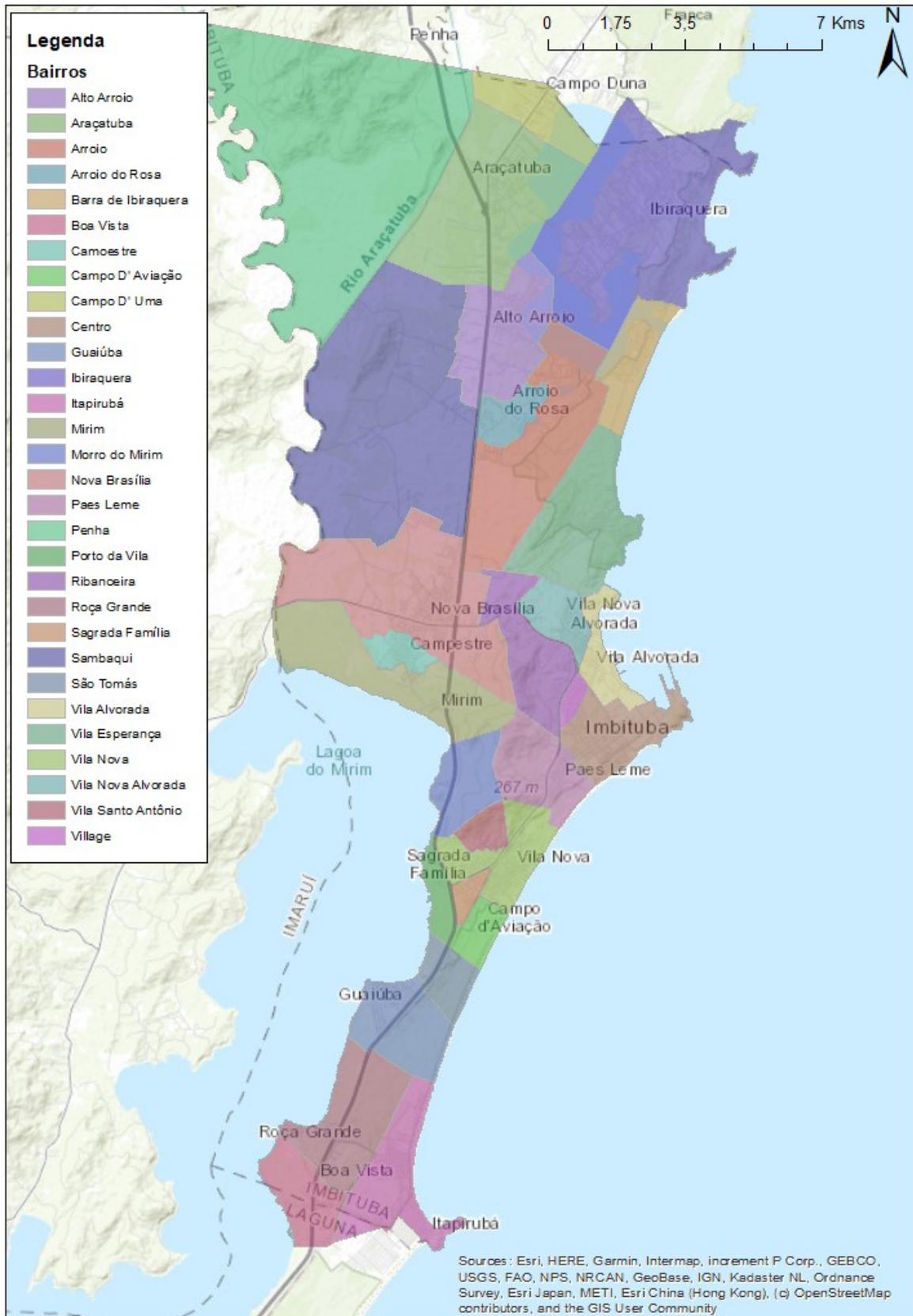
Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 2 - Bairros por zonas de planejamento.

<b>ZONA DE PALENJAMENTO</b>	<b>BAIRRO</b>
Zona I	Itapirubá
	São Tomáz
	Guaiuba
	Roça Grande
	Boa Vista
Zona II	Vila Nova
	Vila Santo Antônio
	Campo D' Aviação
	Sagrada Família
	Porto da Vila
Zona III	Centro
	Paes Leme
	Vila Esperança
	Vila Nova Alvorada
	Vila Alvorada
	Ribanceira
Zona IV	Village
	Mirim
	Nova Brasília
	Sambaqui
	Campestre
Zona V	Morro do Mirim
	Ibiraquera
	Arroio
	Alto Arroio
	Penha
	Arroio do Rosa
	Barra de Ibiraquera
	Araçatuba
Campo D' Una	

Fonte: Elaborado pela autora. com base no PDM de Imbituba.

Figura 8 – Bairros do município de Imbituba.



Fonte: Elaborado pela autora

#### 4.1.1 Base de dados

A base de dados do mercado imobiliário referente ao primeiro nível do modelo hierárquico é proveniente de uma pesquisa de mercado. Para a composição da base de dados para o segundo nível utilizou-se os dados provenientes do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010), bem como de dados retirados do cadastro imobiliário da Prefeitura Municipal de Imbituba e de pesquisas de internet em sites específicos.

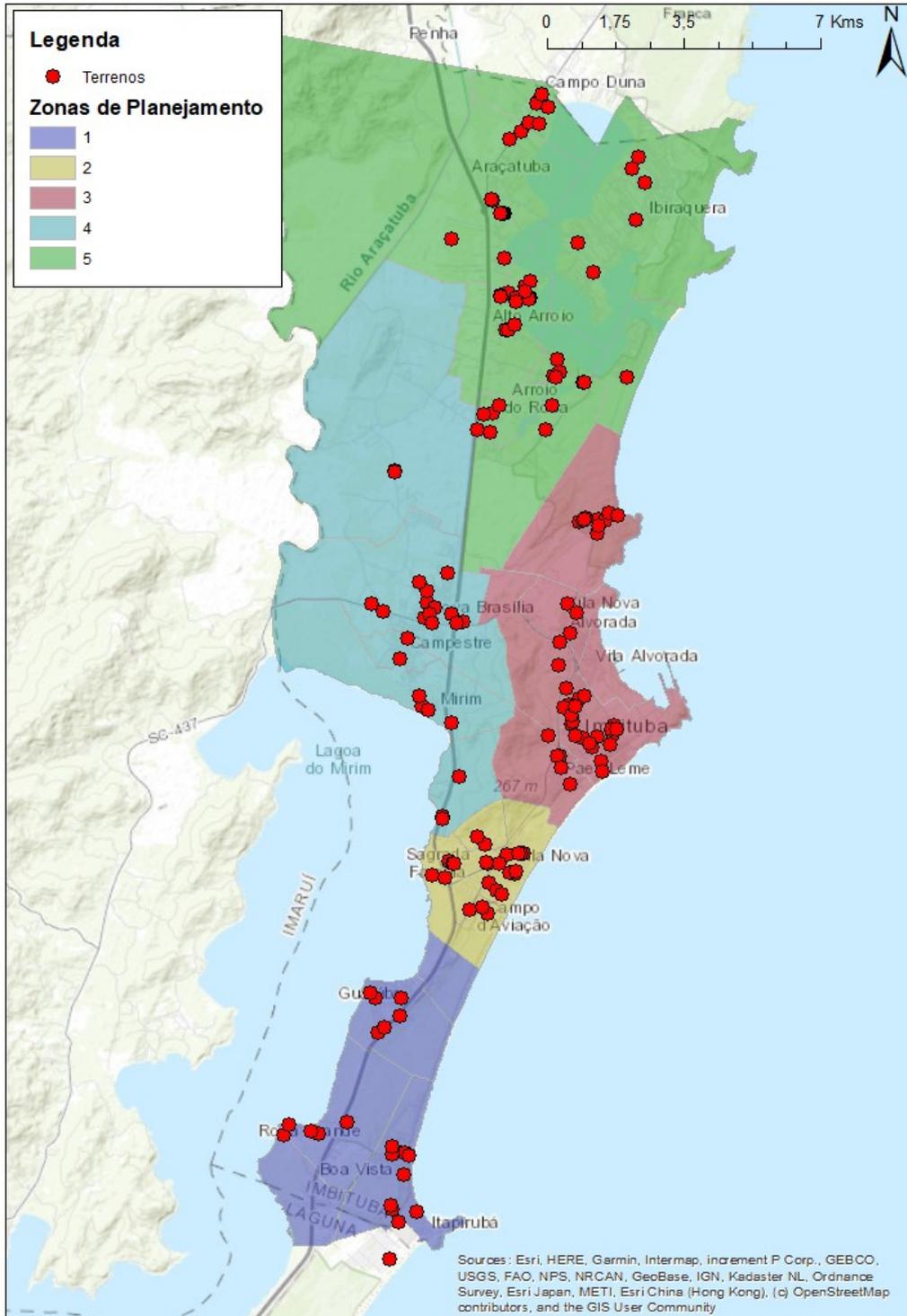
Para a composição de algumas variáveis do modelo se buscou dentro do cadastro municipal informações de infraestrutura urbana, tais como a identificação de ruas pavimentadas.

##### Variáveis de Nível I

- Preço dos terrenos

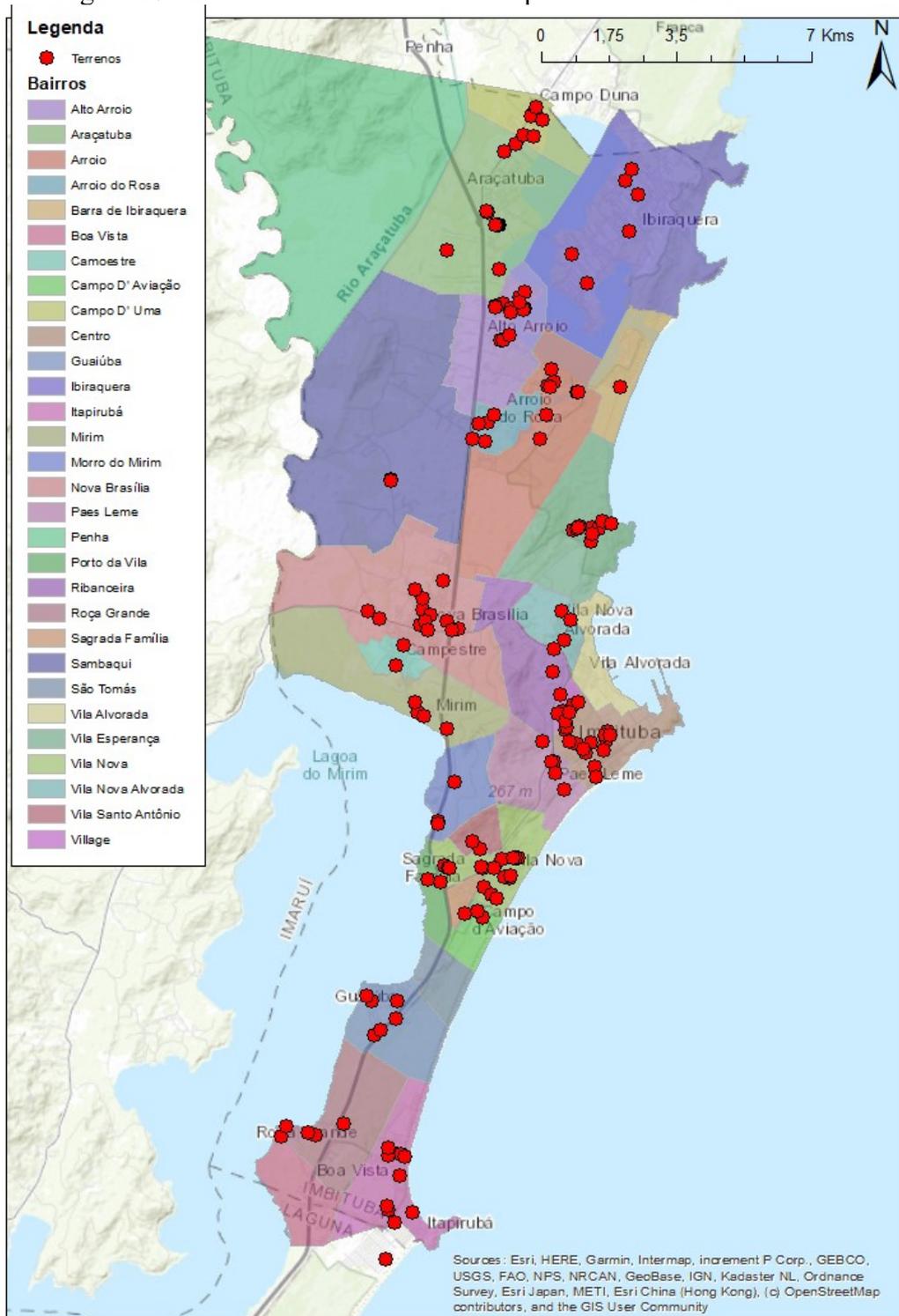
A base de dados do mercado imobiliário referentes ao primeiro nível do Modelo Hierárquico Linear (MHL) foi proveniente de uma pesquisa de mercado, por meio de sites de imobiliárias, contatos diretos com proprietários e sites de vendas na internet. Foram coletados 171 dados durante o ano de 2019. As Figuras 9 e 10 apresentam os dados coletados distribuídos nas zonas de planejamento e os dados distribuídos pelos bairros.

Figura 9 - Dados coletados distribuídos por regiões de Planejamento de Imbituba.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 10 - Dados coletados distribuídos por bairros de Imbituba.



Fonte: Elaborado pela autora.

Salienta-se que este trabalho apresenta um banco de dados que contempla as zonas de planejamento e bairros, com números e distribuições adequadas de observações.

▪Caraterísticas intrínsecas (CI)

As informações que compõe as características intrínsecas dos terrenos foram obtidas por meio das informações descritas nos anúncios de vendas, da observação local quando da visita do terreno, com o auxílio do *Google Earth* e do cadastro imobiliário municipal. A área total dos terrenos é medida em metros quadrados e testada em metros, enquanto posição na quadra, topografia, geometria, rua pavimentada são variáveis qualitativas (*dummy*).

Variáveis qualitativas do tipo *dummy* indicam a presença ou ausência de uma qualidade ou atributo. Uma forma de tornar esse atributo quantificável é construir as variáveis artificiais do tipo binárias que assumem valores 1 ou 0 (indicando a sua presença ou indicando ausência de um atributo). A descrição das variáveis relacionadas às características intrínsecas pode ser observada no Quadro 3.

Quadro 3 - Descrição das variáveis do Nível 1.

Variável	Abreviatura	Unidades	Descrição	Comportamento esperado
Área Total	A	Metros quadrados (m <sup>2</sup> )	Variável quantitativa contínua.	Ao se aumentar a área total do terreno diminua-se também o valor unitário do terreno, uma vez que temos a razão entre preço e área.
Posição na quadra	PQ_E	Variável <i>dummy</i>	Eles representam a posição do terreno em relação a quadra. Assume valor “1” para terrenos de esquina e valor “0” para terreno no meio da quadra.	Quando o terreno for de esquina maior será o seu valor total.
Topografia	TOP_P	Variável <i>dummy</i>	Assume valor “0” terrenos em declive ou aclave e valor “1” para terrenos planos.	Quanto mais plano o terreno for maior será o seu valor.
Testada	TES	Largura em metros (m) do terreno	Variável quantitativa contínua.	Ao se aumentar a largura, maior será o valor do terreno
Geometria	GEO_R	Variável <i>dummy</i>	Assume valor “1” para terrenos com geometria regular e valor “0” para terrenos com geometria irregular.	Quanto mais regular for o terreno, maior será o seu valor.

Variável	Abreviatura	Unidades	Descrição	Comportamento esperado
Rua pavimentada	PAV	Variável <i>dummy</i>	São atribuídos valores “0” quando não existe pavimentação na rua onde o terreno avaliado estiver alocado, e “1” quando existe pavimentação na rua onde o terreno avaliado estiver alocado, sem se importar com a tipo de pavimentação existente, asfáltica ou lajota	Quando existir pavimentação na rua espera-se que o valor total do terreno aumente.

Fonte: Elaborado pela autora.

#### ▪ Localização e Acessibilidade (LA)

A distância em que os terrenos encontram-se dos serviços urbanos importantes normalmente influencia no preço do bem, por isto as medidas de acessibilidade são utilizadas no modelo e, para tanto, ela é computada como uma variável explicativa medindo-se as distâncias euclidianas ao centro da cidade onde se concentram os mais importantes serviços urbanos do município, como bancos, serviços públicos e comércios. Essas medidas são em metros, buscando captar o efeito do custo do deslocamento no preço dos imóveis.

O Município de Imbituba concentra todos os serviços públicos no centro da cidade, assim como a maior parte das clínicas médicas particulares e serviços de saúde pública, com exceção das unidades básicas de saúde. Tornando assim o centro municipal uma variável de localização importante. O Quadro 4 apresenta a descrição da variável localização.

Quadro 4 - Descrição da variável de Nível 1 de localização.

Variável	Abreviatura	Unidade	Descrição	Comportamento esperado
Distância do centro da cidade	DIST_C	Distância em metros (m) do terreno ao polo valorizador	Variável quantitativa contínua.	Ao se aumentar a distância, diminui o valor total do terreno.

Fonte: Elaborado pela autora.

#### Variáveis de Nível II.

#### ▪ Amenidades (A)

Amenidades são contraponto aos atributos que caracterizam os indivíduos. Elas podem

ser consideradas como sendo elementos que caracterizam o espaço como: bens públicos, qualidade ambiental, infraestrutura e outros (SILVA NETO, 2011).

Quanto às amenidades, são consideradas as seguintes variáveis: a) acesso, b) centros de saúde, c) água, e d) esgoto para cada um dos bairros e para as ZP. O critério para formação dessas variáveis pode ser observado no Quadro 5.

Quadro 5 – Variáveis de Nível 2.

VARIÁVEL	INDICADOR/FÓRMULA	FONTE
Acesso	Possibilidade de acesso [(extensão das vias pavimentadas / extensão de todas as vias) x 100]	SEDURB
Disponibilidade de água tratada	Percentual de moradias da ZP/BR ligadas à rede de água [(Total de residências atendidas/Total de domicílios) x 100]	CENSO 2010
Disponibilidade de rede de esgoto	Percentual de moradias da ZP/BR ligadas à rede de esgoto [(Total de residências atendidas/Total de domicílios) x 100]	CENSO 2010
Centro de saúde	Centros de Saúde por 1.000 habitantes [(número de centros de saúde/ população) x 1000]	CNES

Fonte: Elaborado pela autora.

O Quadro 6 apresenta as variáveis utilizadas no modelo de predição do valor do terreno. As variáveis estão expostas de acordo com o seu nível dentro do modelo.

Quadro 6 - Descrição das variáveis do Modelo Hedônico Hierárquico.

Atributo	Natureza	Nível	Descrição	Fonte
Preço		Dependente	Unidade monetária	Pesquisa de mercado
Área Total	CI	Terreno	Medido em m <sup>2</sup>	Pesquisa de mercado
Posição na quadra	CI	Terreno	Variável <i>dummy</i> : 1 se é esquina, 0 se é meio de quadra	Google Earth
Topografia	CI	Terreno	Variável <i>dummy</i> : 1 se é ondulado, 0 se é plano.	Google Earth
Testada	CI	Terreno	Medido em metros	Google Earth
Geometria	CI	Terreno	Variável <i>dummy</i> : 1 se é regular, 0 se é irregular.	Google Earth
Rua pavimentada	CI	Terreno	Variável <i>dummy</i> : 1 se pavimentado, 0 caso contrário.	Base de dados PMI
Distância do centro da cidade	LA	Terreno	Distância euclidiana (m)	Google Earth
Acesso	A	Bairro/ZP	Porcentagem de via pavimentada no bairro	Várias
Centro de Saúde	A	Bairro/ZP	Número de centro de saúde a cada 1000 habitantes	CNES
Água	A	Bairro/ZP	Porcentagem de unidades atendidas com água tratada no bairro	IBGE

Atributo	Natureza	Nível	Descrição	Fonte
Esgoto	A	Bairro/ZP	Porcentagem de unidades atendidas com rede de esgoto	IBGE

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 1 e na Tabela 2 pode-se observar que a média dos preços de venda dos terrenos ficou em torno de R\$ 437,50/m<sup>2</sup> e a área média dos terrenos da amostra em torno de 2024 m<sup>2</sup>. Da amostra total cerca de 70 terrenos estão localizados em ruas pavimentadas, o qual representa 41% da amostra, o que pode ser considerado um valor interessante, tendo em vista que apenas 25% do município possui pavimentação.

O valor de 25% foi verificado medindo-se a extensão de ruas pavimentadas dos bairros e fazendo a relação com a extensão total de ruas no município.

Tabela 1 – Estatística Descritivas – Variáveis Qualitativas.

Variável	Categoria	Frequência Absoluta	Frequência Relativa
PQ_E	0	130	76,93
	1	39	23,07
TOP_P	0	18	10,65
	1	151	89,35
GEO_R	0	27	15,97
	1	142	84,03
PAV	0	99	49,00
	1	70	41,00

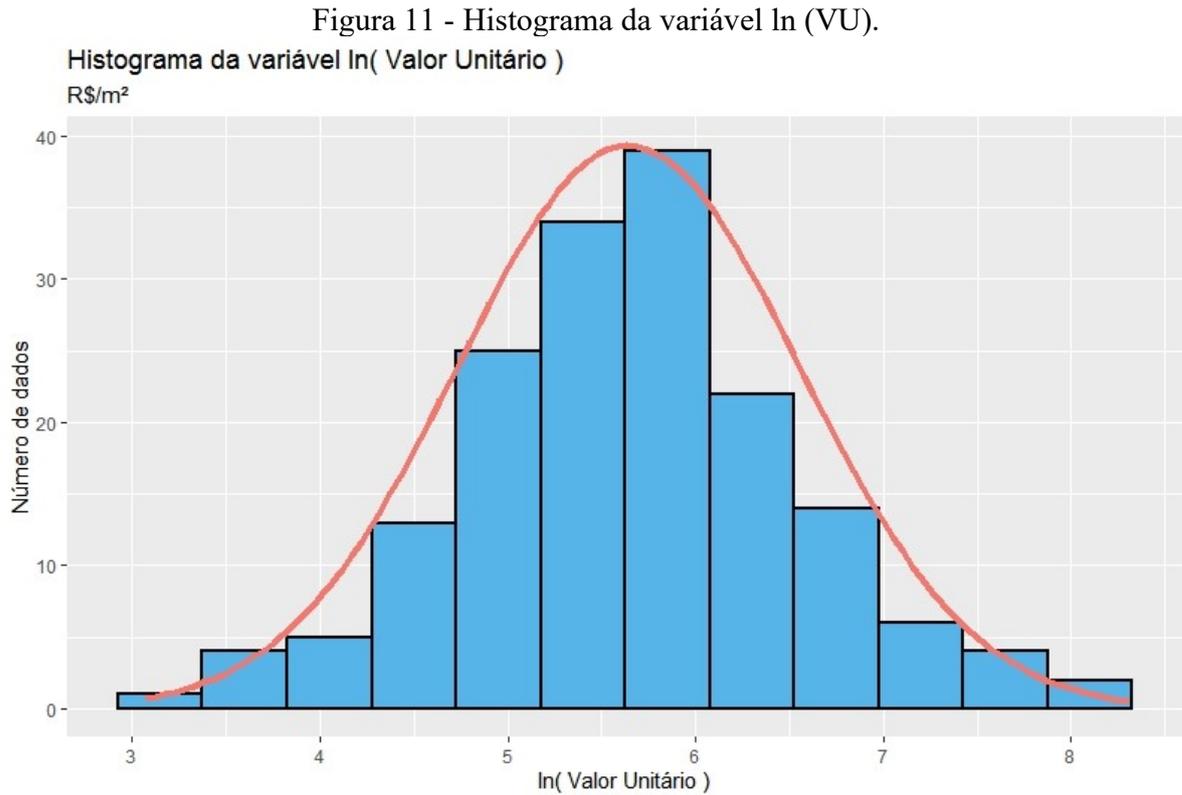
Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 2 - Estatística Descritivas – Variáveis Quantitativas.

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
VU (R\$/m <sup>2</sup> )	437,50	552,39	21,50	4054,10
A (m <sup>2</sup> )	2024,00	5927,37	225,00	60000,00
TES (m)	27,09	41,04	9,00	400,00
DIST_C (m)	8914,60	6142,92	11,80	23000,00
ACESSO (%)	26,21	20,26	0,00	72,82
ÁGUA (%)	83,22	18,90	18,38	100,00
ESGOTO (%)	6,12	6,33	0,00	29,59
C_SAU	0,88	0,85	0,00	3,98

Fonte: Elaborado pela autora.

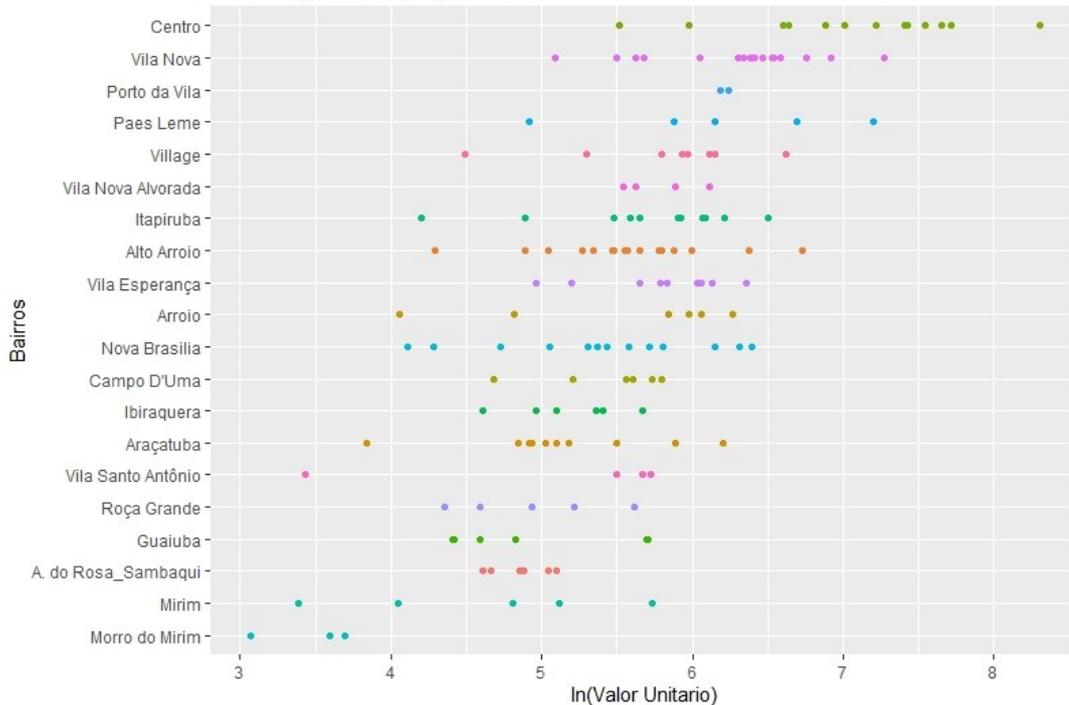
A variável ln (VU) resultou em uma distribuição que se aproxima de uma normal, conforme apresentada na Figura 11.



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 12 mostra graficamente a distribuição da variável  $\ln(VU)$  em cada bairro, a qual apresenta uma tendência de aumento de preços unitários dos terrenos na área mais central do município, como é o caso dos bairros do Centro, Vila Nova e Paes Leme. Essa tendência de preços pode ser justificada em virtude das características dos bairros e da região onde esses terrenos estão inseridos.

Figura 12 - Distribuição da variável  $\ln(VU)$  por bairro.  
Distribuição de  $\ln(VU)$  por BR



Fonte: Elaborado pela autora.

Neste trabalho, foi feito um estudo no mercado imobiliário da Município de Imbituba/SC, com o intuito de modelar este mercado por meio da análise de regressão hierárquica, e estimar ou calcular o valor de venda dos terrenos de forma mais objetiva, reduzindo arbitrariedades desnecessárias.

O modelo matemático foi elaborado com o auxílio do RStudio, um *software* livre, que, por meio de linguagem de programação, permite fazer cálculos e gráficos estatísticos. Dentro dos pacotes do *software* R utilizou-se o pacote nlme para os cálculos dos modelos hierárquicos.

#### 4.1.2 Análise dos modelos estimados

Para o modelo de regressão hierárquica testou-se dois agrupamentos dos dados de nível 2, um com terrenos e outro com as zonas de planejamento ou bairros.

##### 4.1.2.1 Modelo ANOVA ou Modelo Nulo

O primeiro modelo estimado é o ANOVA, também chamado de modelo de intercepto único, onde não são incluídas variáveis explicativas nos níveis. O modelo testa a existência de variância diferenciada entre os grupos, no caso os bairros e zonas. Nesse modelo é atribuído o

efeito aleatório para as zonas e depois para bairros. A

Tabela 3, apresenta os resultados do modelo ANOVA.

Modelo ANOVA:

Nível 1

$$y_{ij} = \beta_{0j} + e_{ij} \quad (20)$$

Nível 2

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad (21)$$

Tabela 3 – Modelo ANOVA.

ZP		Bairros	
Efeito aleatório	Variância	Efeito aleatório	Variância
ZP: Var ( $\sigma_{u0}^2$ )	0,074	Bairros: Var ( $\sigma_{u0}^2$ )	0,222
Terrenos: Var ( $\sigma_e^2$ )	0,915	Terrenos: Var ( $\sigma_e^2$ )	0,735
Deviance	464,36	Deviance	445,18
Coefficiente de Intracorelação	7,53%	Coefficiente de Intracorelação	23,21%

Fonte: Elaborado pela autora.

Dos resultados do modelo ANOVA apresentados na Tabela 3, as variações no preço de oferta dos terrenos podem ser divididos em duas componentes de variância (terrenos e bairros):  $\sigma_{u0}^2 = 0,222$  e  $\sigma_e^2 = 0,735$ , onde a correlação intraclasses ( $\rho$ ) pode explicar a variação do preço devidos as diferenças entre os bairros em 23,21% e os outros 76,79% acontece devido as diferenças dos terrenos dentro dos bairros. Já nas ZP 7,53% da variação do preço se devem pelas diferenças entre as zonas.

#### 4.1.2.2 Estimativas de primeiro nível – interceptos aleatórios.

Em seguida, foram incluídas as variáveis explicativas apenas no nível 1, as quais permitem estudar a variabilidade do nível 1, ou seja, as diferenças entre os terrenos de um mesmo bairro ou de uma mesma zona, e para isso é necessária a inclusão de variáveis de nível

1. Para verificar a significância das mesmas, foram sendo retiradas (uma por vez) aquelas que não apresentaram significância.

As variáveis que apresentaram um p-valor acima de 30% no modelo, foram excluídas que são elas: TOP\_P, TES, GEO\_R. A Tabela 4, apresenta os parâmetros das variáveis que foram significativas para o modelo ANCOVA.

Modelo ANCOVA com variáveis de nível 1 selecionado para os terrenos de Imbituba:

Nível 1

$$\ln(VT) = \beta_{0j} + \beta_{1j} \ln(A) + \beta_{2j} PAV + \beta_{3j} PQ\_E + \beta_{4j} \frac{1}{DIST\_C} + e_{ij} \quad (22)$$

Nível 2

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad (23)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} \quad (24)$$

$$\beta_{2j} = \gamma_{20} \quad (25)$$

$$\beta_{3j} = \gamma_{30} \quad (26)$$

$$\beta_{4j} = \gamma_{40} \quad (27)$$

Tabela 4 - Parâmetros do Modelo para variáveis de Nível 1 com intercepto aleatório.

Efeito Fixo	ZP				BR			
	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t	p-valor	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t	p-valor
Intercepto	7,773	0,316	24,53	< 2e-16 ***	7,645	0,302	25,34	2e-16 ***
Log(A)	0,608	0,045	13,51	< 2e-16 ***	0,631	0,041	15,17	2e-16 ***
PAV	0,537	0,103	5,19	1,44e-07 ***	0,458	0,096	4,74	4,84e-16 ***
PQ_E	0,194	0,112	1,72	0,122	0,177	0,105	1,69	0,0947
DIST_C	0,382	0,093	4,07	0,313	0,157	0,102	1,54	0,1253
Efeito Aleatório	Componente da variância	Desvio-padrão				Variância	Desvio-padrão	
ZP	0,0379	0,1948			BR	0,1981	0,4450	
Terrenos	0,3645	0,6038			Terrenos	0,2638	0,5137	
Deviance	307,39				Deviance	283,58		
ICC	9,42%				ICC	42,87%		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Fonte: Elaborado pela autora.

Os coeficientes  $\beta$  tiveram um comportamento esperado na equação, uma vez que quanto maior a área maior será o valor total do terreno. Terrenos localizados em ruas

pavimentadas tendem a ser mais valorizadas, assim como terrenos de esquina. Em contrapartida terrenos distantes do centro administrativo terão valores menores.

#### 4.1.2.3 Estimativas de segundo nível – interceptos aleatórios.

Com o modelo ANCOVA encontrado, foram adicionados variáveis explicativas de segundo nível, ainda considerado apenas o intercepto como sendo aleatório. Assim como realizado na etapa anterior de inclusão de variáveis de primeiro nível, foram sendo verificadas as significâncias das variáveis de nível 2 inseridas no modelo e foram sendo retiradas (uma por vez) aquelas que não apresentaram significância.

As variáveis de nível 2 que apresentaram p-valor superior a 30% foram retiradas do modelo, que são elas: ÁGUA, ESGOTO, C\_SAU. A Tabela 5, apresentam os parâmetros das variáveis que foram significativas para o modelo.

Modelo com variáveis de nível 1 e nível 2 selecionado para os terrenos de Imbituba:

##### Nível 1

$$\ln(VT) = \beta_{0j} + \beta_{1j}\ln(A) + \beta_{2j}PAV + \beta_{3j}PQ_E + \beta_{4j}\frac{1}{DIST_C^3} + e_{ij} \quad (28)$$

##### Nível 2

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}ACESSO + u_{0j} \quad (29)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} \quad (30)$$

$$\beta_{2j} = \gamma_{20} \quad (31)$$

$$\beta_{3j} = \gamma_{30} \quad (32)$$

$$\beta_{4j} = \gamma_{40} \quad (33)$$

Os parâmetros  $\beta_{1j}$ ,  $\beta_{2j}$ ,  $\beta_{3j}$  e  $\beta_{4j}$  foram considerados como fixos.

Tabela 5 – Parâmetros estimados variáveis de Nível 1 e Nível 2 com intercepto aleatório.

Efeito Fixo	ZP				BR			
	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t	p-valor	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t	p-valor
Intercepto	7,441	0,367	20,26	< 2e-16 ***	7,172	0,342	20,94	2e-16 ***
Ln(A)	0,608	0,045	13,58	< 2e-16 ***	0,635	0,041	15,40	2e-16 ***
PAV	0,507	0,104	4,89	2,54E-06 ***	0,426	0,096	4,42	1,82e-05 ***
PQ_E	0,204	0,113	1,81	0,072 .	0,205	0,104	1,96	0,0523 .

	ZP				BR			
DIST_C	0,356	0,093	3,81	2,90E-04 ***	0,109	0,102	1,07	0,2880
ACESSO	0,011	0,006	1,84	0,144	0,014	0,005	2,86	0,0103 *
<b>Efeito Aleatório</b>	<b>Componente da variância</b>	<b>Desvio-padrão</b>				<b>Componente da variância</b>	<b>Desvio-padrão</b>	
ZP	0,019	0,138			BR	0,1345	0,3668	
Terrenos	0,364	0,603			Terrenos	0,2626	0,5125	
Deviance	303,140				Deviance	275,58		
ICC	4,95 %				ICC	33,87%		
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1								

Fonte: Elaborado pela autora.

Após a inclusão da variável do nível de grupo no modelo a intracorreção diminuiu em ambos os grupos, ou seja, diminuiu também a diferença entre os grupos. A variável acesso aumenta o valor do terreno, o que significa que quanto mais ruas dos bairros estiverem pavimentadas maior será o valor dos terrenos naquela região. A correlação intraclasse passou para 33% da variabilidade total devida as diferenças entre bairros, e para zonas passou para 3,88%. Isso significa que a variável acesso teve importância na explicação do valor total dos terrenos.

#### 4.1.2.4 Estimativas de primeiro e segundo nível com inclinações aleatórias.

O modelo de regressão com coeficientes aleatórios difere do modelo anterior supracitado na forma de definir o declive  $\beta_{1j}$ . No modelo onde tem apenas interceptos aleatórios  $\beta_{1j}$  é constante. Enquanto no modelo de inclinações aleatórias interpreta-se como uma variável ( $\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j}$ ). Logo, cada grupo terá sua própria inclinação (estimam-se tantas inclinações quanto grupos).

Foi testado um modelo de inclinações aleatórias para variáveis de primeiro e segundo nível do modelo. O teste deu-se adicionando inclinações aleatórias à parte aleatória da entrada com todas as variáveis. Como não há nenhum teste de significância para os efeitos aleatórios, utilizou-se o termo de erro (Variância) para analisar a significância da inclinação da variável no modelo. Quando o valor estimado da variância era muito pequeno, admitiu-se que não há variação da inclinação da variável analisada entre os grupos e, portanto, a estimativa da inclinação pode ser descartada.

Uma forma de validar as análises dos efeitos aleatórios é utilizando a função ranova, que fornece uma tabela semelhante a ANOVA para efeitos aleatórios. Ele verifica se o modelo

se torna significativamente melhor se um determinado efeito aleatório for descartado (formalmente conhecido como testes de razão de verossimilhança), se esse for o caso, o efeito aleatório não será significativo.

Modelo com variáveis de nível 1 e nível 2 selecionado para os terrenos de Imbituba:

Nível 1

$$\ln(VT) = \beta_{0j} + \beta_{1j}\ln(A) + \beta_{2j}PAV + \beta_{3j}PQ\_E + \beta_{4j}\left(\frac{1}{DIST\_C}\right) + e_{ij} \quad (34)$$

Nível 2

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}ACESSO + u_{0j} \quad (35)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j} \quad (36)$$

$$\beta_{2j} = \gamma_{20} \quad (37)$$

$$\beta_{3j} = \gamma_{30} \quad (38)$$

$$\beta_{4j} = \gamma_{40} \quad (39)$$

Tabela 6 - Parâmetros estimados do Modelo com variáveis de Nível 1 e Nível 2 com inclinações aleatórias.

Efeito Fixo	ZP				BR			
	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t	p-valor	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t	p-valor
Intercepto	7,493	0,367	20,41	1,60e-11 ***	7,464	0,408	18,30	6,24e-12 ***
LnA)	0,600	0,054	11,05	8,99e-05 ***	0,595	0,058	10,25	8,22e-07 ***
PAV	0,518	0,102	5,08	1,08e-06 ***	0,439	0,095	4,60	8,97e-06 ***
PQ_E	0,212	0,112	1,89	0,061 .	0,185	0,102	1,81	0,072 .
DIST_C	0,363	0,089	4,08	1,59e-04 ***	0,155	0,102	1,53	0,129
ACESSO	0,011	0,005	2,23	0,070 .	0,014	0,005	2,92	0,009 **
<b>Efeito Aleatório</b>	<b>Componente da variância</b>	<b>Desvio-padrão</b>				<b>Componente da variância</b>	<b>Desvio-padrão</b>	
ZP	0,087	0,296			BR	0,765	0,875	
Terrenos	0,361	0,601			Terrenos	0,248	0,498	
Ln(A)	0,004	0,061			Ln(A)	0,022	0,149	
Deviance	303,14				Deviance	275,58		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Fonte: Elaborado pela autora.

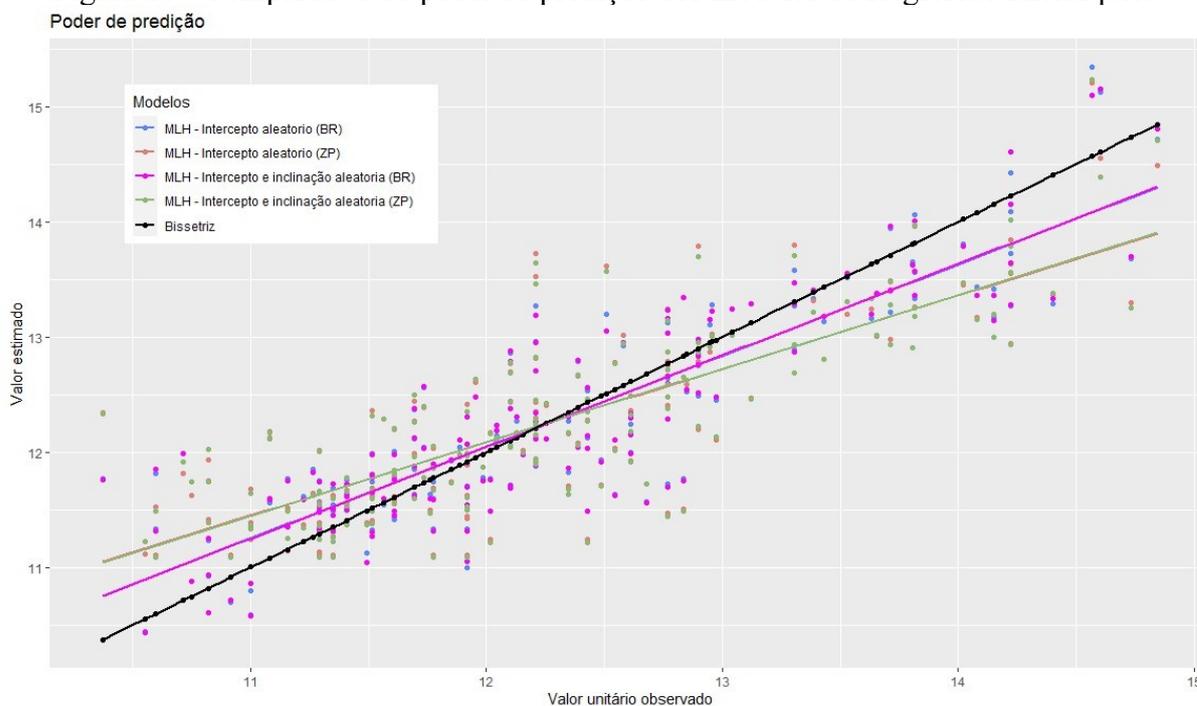
O efeito aleatório que se mostrou mais significativo no modelo foi a variável ln(A),

que permitirá estimar uma inclinação para cada bairro ou para cada zona.

O agrupamento em zonas e bairros com o intuito de se identificar uma configuração mais macro ou micro explicaria melhor o mercado, e com base na Figura 13, que apresenta o gráfico comparativo do poder de precisão dos modelos de regressão hierárquica, se percebeu que um agrupamento em bairros explica melhor o mercado com base na nossa amostra.

Os modelos, apenas com intercepto, tiveram um desempenho muito semelhante graficamente aos modelos com intercepto e inclinação para os dois agrupamentos, tanto que as retas ficaram sobrepostas, ficando visível além da bissetriz, apenas duas retas, que são as retas com inclinação e intercepto aleatório para bairros e zonas.

Figura 13 - Comparativo do poder de predição dos modelos de Regressão Hierárquica.



Fonte: Elaborado pela autora.

O modelo linear de intercepto e inclinação aleatória para bairros (reta magenta) apresentou um menor distanciamento do bissetriz, o que nos leva a concluir que esse seria o modelo com melhor ajuste, logo, esse será o modelo adotado para a comparação com o modelo linear de dicotômicas com diferenciação para bairros e o modelo linear múltiplo sem distinção de região.

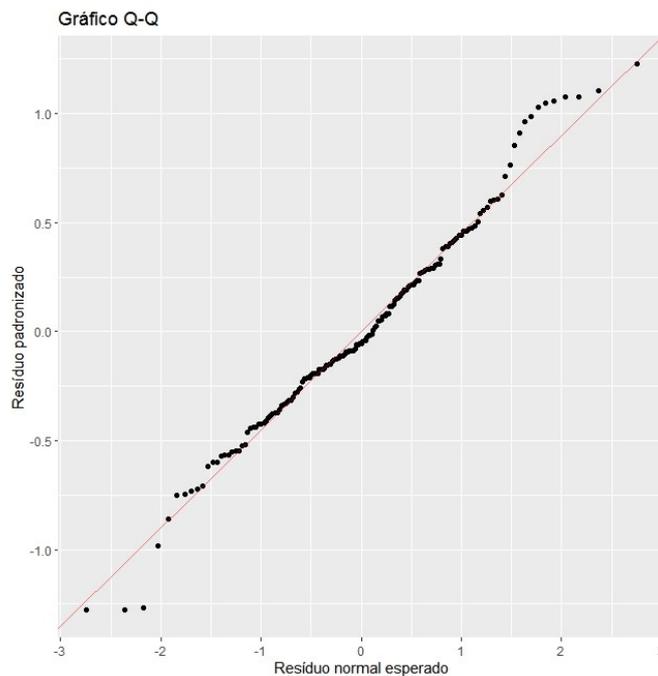
A Equação 40 apresenta o modelo de predição obtido para explicar o mercado de imóveis de Imbituba.

$$\ln(VT) = 7,493 + 0,600\text{Log}(A) + 0,518PAV + 0,212PQ\_E + 0,0363\left(\frac{1}{\text{DIST\_C}}\right) + 0,011ACESSO + (u_{0j} + u_{1j} * \text{Log}(A) + e_{ij}) \quad (40)$$

#### 4.1.2.4.1 Verificação de pressupostos

A normalidade pode ser verificada por meio de um gráfico mostrando os resíduos normais esperados versus resíduos padronizados que devem ser gerados aleatoriamente em uma distribuição normal. Se o pressuposto da normalidade é válido, os pontos no gráfico estarão dispostos em uma linha reta. A Figura 14, apresenta o gráfico para verificação da normalidade no modelo de Regressão Hierárquica com Inclinação e Intercepto Aleatório.

Figura 14 – Q-Q Plot do Modelo de Regressão Hierárquica com Inclinação e Intercepto Aleatório.



Fonte: Elaborado pela autora.

O gráfico apresentado na Figura 15, não revela qualquer indicação que contrarie o pressuposto da normalidade dos resíduos. Além do teste gráfico também foi realizado teste estatístico de normalidade de Shapiro-Wilk (SW) para verificar se os resíduos possuem uma distribuição normal. Onde é formulada a hipótese  $H_0$  para uma amostra que provém de uma população normal e  $H_1$  a amostra não provém de uma população normal. A Tabela 7, apresenta a estatística do teste.

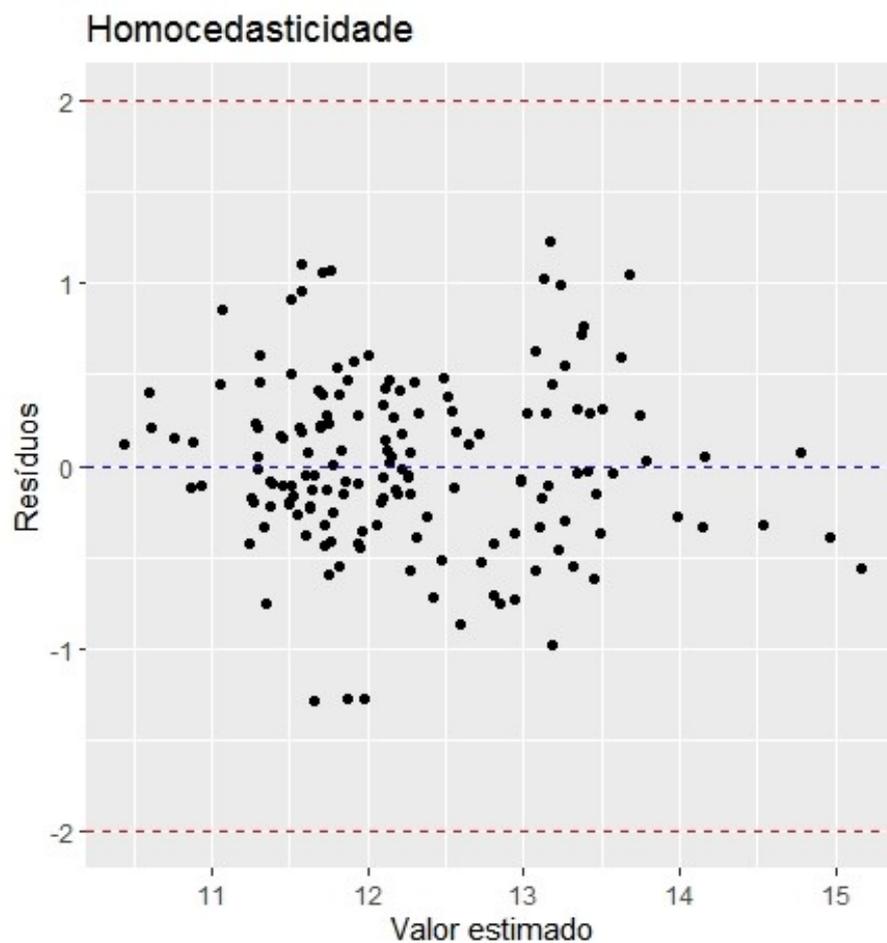
Tabela 7 - Teste de normalidade dos resíduos - Shapiro Wilk.

<b>TESTE DE NORMALIDADE</b>	
<b>DADOS DO PROCESSO</b>	
Estatística: Shapiro-Wilk	0,985
P-valor	0,087

Fonte: Elaborado pela autora.

Assim, pode-se afirmar com nível de significância de 5% que a amostra provém de uma população normal. A Figura 15, apresenta o gráfico de dispersão dos resíduos em função valor estimado.

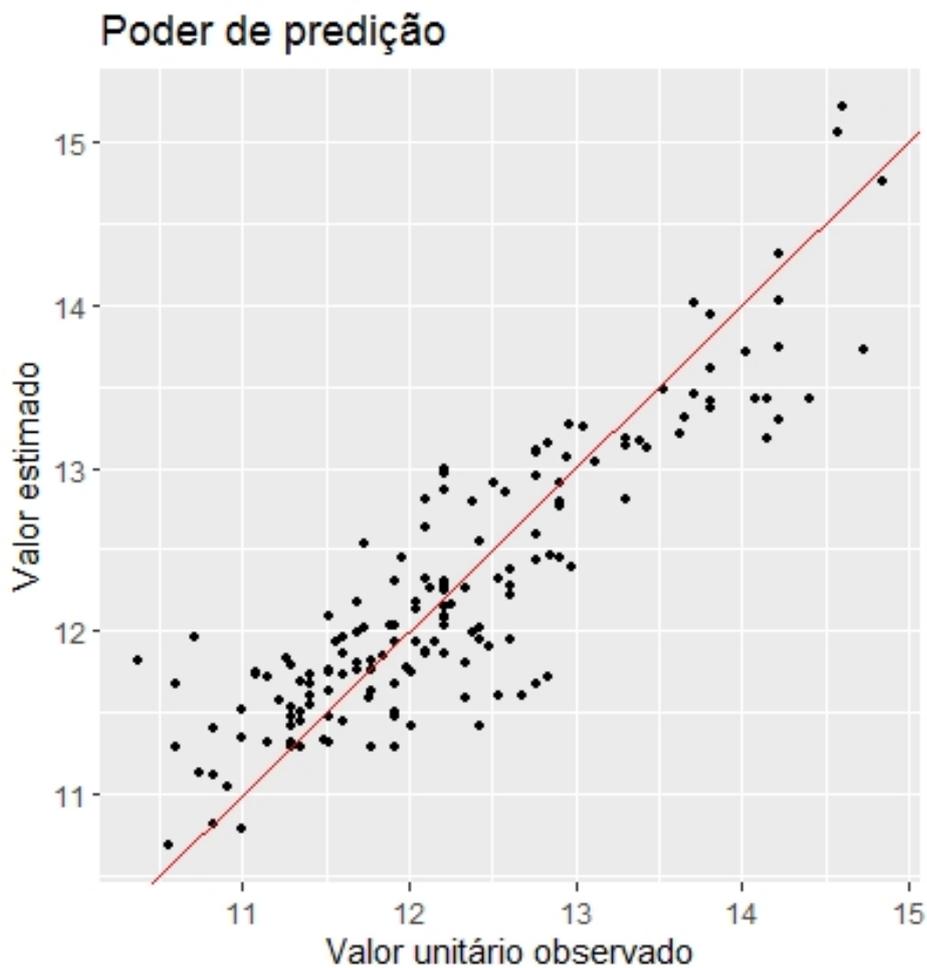
Figura 15 - Resíduos do Modelo de Regressão Hierárquica com Inclinação e Intercepto Aleatório.



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 15, mostra que os resíduos se apresentam distribuídos aleatoriamente, o que permite dizer que os pressupostos homocedasticidade não são violados pelo modelo gerado. A Figura 16, mostra o poder de predição do modelo adotado para a avaliação de terrenos no Município de Imbituba/SC que, segundo a NBR 14653-2: 2011, pode ser verificado por meio do gráfico de valor observados na abscissa versus valor estimados pelo modelo na ordenada, que deve apresentar pontos próximos da bissetriz do primeiro quadrante, ou seja, quanto mais os pontos se aproximarem da bissetriz (reta vermelha), maior será o poder de predição do modelo.

Figura 16 - Poder de Predição do Modelo de Regressão Hierárquica com Inclinação e Intercepto Aleatório.



Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se afirmar que o modelo apresentou um bom poder de predição. Os pontos amostrados encontram-se próximos da reta bissetriz e aleatoriamente distribuídos.

#### 4.1.2.5 Análise de regressão dos modelos lineares.

Além da utilização da técnica de regressão linear hierárquica, utilizou-se ainda a regressão linear múltipla (LM) para obtenção de dois modelos. O primeiro modelo sem a separação de áreas da cidade e o segundo modelo empregando-se variáveis dicotômicas para representar os bairros do município.

Os diferentes modelos obtidos com técnicas diferentes permitem realizar uma análise comparativa dos seus resultados, contribuindo de forma a apresentar uma nova alternativa de modelagem do mercado para avaliações de imóveis. A Tabela 8, apresenta as estatísticas para o modelo linear múltiplo.

Tabela 8 – Estatística modelo linear múltipla.

LM					
	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t	p-valor	
Intercepto	7,531	0,308	24,49	< 2E-16	***
Log(A)	0,599	0,043	13,88	< 2E-16	***
PAV	0,399	0,103	3,89	1,46E-04	***
PQ	0,287	0,112	2,57	1,11E-02	*
DIST_C	0,288	0,086	3,34	1,03E-03	**
ACESSO	0,012	0,003	3,95	1,18E-04	***
R <sup>2</sup> ajustado	0,636				
F	59,10				

Fonte: Elaborado pela autora.

A Equação 41 apresenta o modelo de predição obtido para explicar o mercado de imóveis de Imbituba utilizando regressão linear múltipla.

$$\ln(VT) = 7,531 + 0,599 \text{Log}(A) + 0,399 \text{PAV} + 0,287 \text{PQ}_E + 0,288 \left( \frac{1}{\text{DIST}_C} \right) + 0,012 \text{ACESSO} + e_{ij} \quad (41)$$

A Tabela 9, exhibe as estatísticas do modelo linear múltiplo com dicotômicas, onde cada bairro que formou um grupo no modelo hierárquico, aqui virou um variável *dummy* pra representá-lo.

Tabela 9 - Estatística modelo linear com dicotômicas.

LM Dicotômicas					
Efeito Fixo	Coefficiente	Erro-padrão	Valor t	p-valor	
Intercepto	8,709	0,322	27,02	< 2E-16	***
Ln (A)	0,657	0,043	15,38	< 2E-16	***
PAV	0,437	0,099	4,43	1,83E-05	***
PQ_E	0,150	0,107	1,40	1,65E-01	
Sqrt (DIST_C)	0,172	0,146	1,18	2,41E-01	
ACESSO	0,021	0,004	4,64	7,95E-06	***
BRA. do Rosa_Sambaqui	-2,551	0,441	-5,78	4,46E-08	***
BRAlto Arroio	-1,577	0,471	-3,35	1,03E-03	**
BRArçatuba	-2,095	0,535	-3,92	1,38E-04	***
BRArroio	-2,031	0,496	-4,09	7,12E-05	***
BRCampo D'Uma	-1,982	0,570	-3,48	6,63E-04	***
BRGuaiuba	-1,971	0,401	-4,91	2,45E-06	***
BRBiraquera	-1,771	0,576	-3,08	2,52E-03	**
BRItapiruba	-1,753	0,484	-3,62	4,03E-04	***
BRMirim	-2,231	0,409	-5,46	2,05E-07	***
BRMorro do Mirim	-2,865	0,438	-6,54	1,03E-09	***
BRNova Brasilia	-1,489	0,331	-4,49	1,43E-05	***
BRPaes Leme	-0,785	0,273	-2,88	4,56E-03	**
BRPorto da Vila	-1,199	0,439	-2,73	7,09E-03	**
BRRoça Grande	-2,336	0,483	-4,83	3,44E-06	***
BRVila Esperança	-1,326	0,265	-5,01	1,57E-06	***
BRVila Nova	-1,021	0,252	-4,05	8,36E-05	***
BRVila Nova Alvorada	-1,147	0,333	-3,45	7,47E-04	***
BRVila Santo Antônio	-1,919	0,341	-5,62	9,61E-08	***
BRVillage	-1,121	0,242	-4,64	7,95E-06	***
R <sup>2</sup> ajustado	0,734				

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o modelo linear com dicotômicas, o bairro utilizado como referência foi centro, e como esperado, todos os bairros tiveram seus coeficientes com valores negativos, o que mostra que eles valem menos que o bairro referência. Isso pode ser visto na Tabela 9.

A equação 42 apresenta o modelo de predição obtido para explicar o mercado de imóveis de Imbituba utilizando regressão linear múltipla com dicotômicas.

$$\ln(VT) = 8,709 + 0,657\text{Log}(A) + 0,437\text{PAV} + 0,150\text{PQ\_E} + 0,172\sqrt{\text{DIST}_C} + 0,021\text{ACESSO} + \beta_{1\dots N}\text{BR} + e_{ij} \quad (42)$$

Tanto o modelo sem dicotômicas como o modelo com dicotômicas não apresentaram

um bom valor de adequação do modelo, ficando em 73% para o modelo linear com dicotômicas e 63% para o linear geral.

#### 4.1.2.6 *Análise comparativa do desempenho dos modelos*

A Tabela 10 apresenta a média, o desvio padrão, o primeiro e o terceiro quartil dos erros dos modelos. Todos os valores da tabela estão em porcentagem.

Os números mostram que caracterizar a cidade por áreas, no nosso estudo por bairro, já há um ganho na melhoria preditiva do modelo, isso pode ser visto do modelo 1 para o modelo 2, quando adicionamos variáveis dicotômicas ao modelo linear múltiplo. A média e desvio padrão de modelo 2 foram menores do que o modelo 1.

Tabela 10 - Estatística preditiva dos modelos.

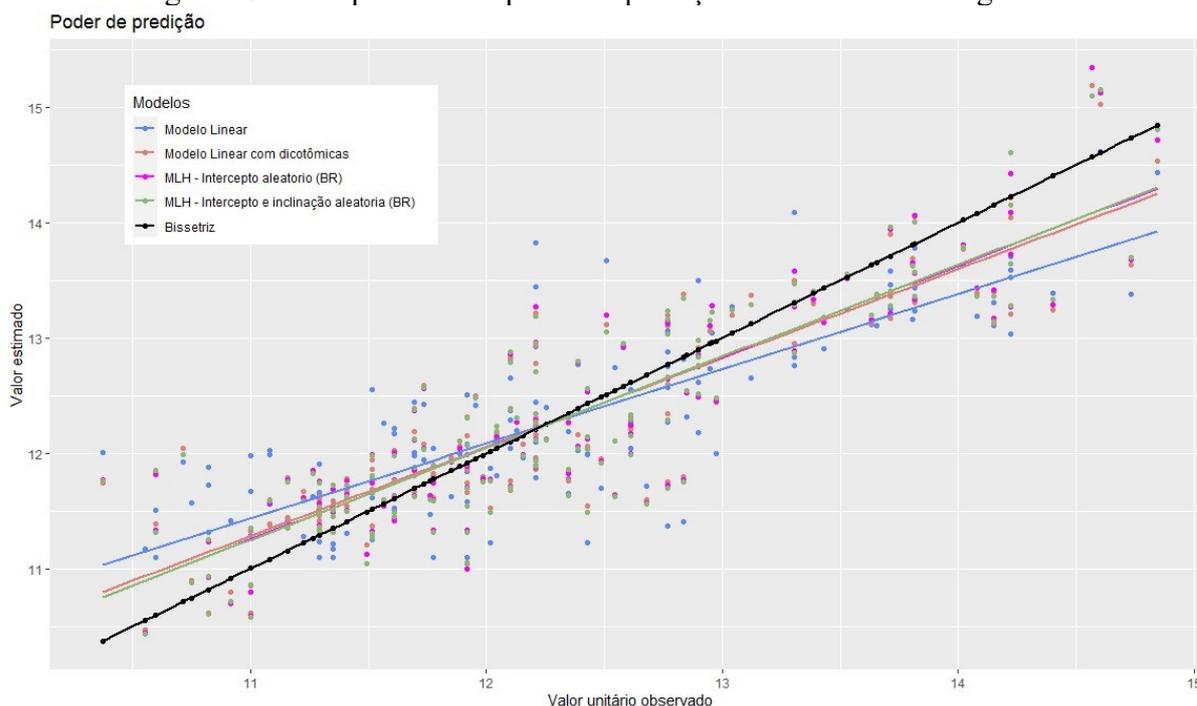
	Média	SD	Q25%	Q75%
<b>Modelo 1 (LM)</b>	3,72	19,54	1,53	5,51
<b>Modelo 2 (LM c/ dicotômica)</b>	2,99	12,17	1,19	3,95
<b>Modelo 3 (MLH c/ intercepto aleatório)</b>	3,03	9,63	1,25	4,09
<b>Modelo 4 (MLH c/ intercepto e inclinação aleatória)</b>	2,97	9,10	1,16	3,91

Fonte: Elaborado pela autora.

Os modelos 3 e 4 também tiveram ganho de precisão quando comparado ao modelo 2, mas entre si a diferença foi bem pequena. Porém, não podemos ignorar o ganho do modelo 4, que teve a menor média e desvio padrão dos erros. A média ficou cerca de 2,97%, muito próximo da média dos erros do modelo de dicotômicas, a maior diferença está no desvio padrão, onde o modelo linear hierárquico fica menor.

A Figura 17 mostra o gráfico comparativo do poder de predição dos quatros modelos apresentados na Tabela 10. Através da imagem podemos confirmar que o modelo 3 e 4 são muito parecidos, pois as retas de predição praticamente se sobrepõem.

Figura 17 - Comparativo do poder de predição dos modelos de regressão.



Fonte: Elaborado pela autora.

A análise gráfica permite concluir que os modelos hierárquicos e o modelo linear com dicotômicas tiveram um desempenho muito semelhante, as três retas no gráfico praticamente se sobrepõem, ficando a reta verde do modelo de regressão hierárquica com interceptos e inclinações aleatórias em alguns momentos destacada. O modelo de regressão linear representada na reta azul teve o maior afastamento da bissetriz.

#### 4.1.3 Análise do desempenho nas avaliações em massa

Com o objetivo de verificar a qualidade da avaliação obtida com os quatro modelos supracitados realizou-se a análise do desempenho desses modelos, o resultado dessa avaliação pode ser visto na Tabela 11.

Tabela 11 - Desempenho das avaliações em massa.

	Desempenho global	COD	PRD
<b>Modelo 1 (LM)</b>	1,000	51,5	1,394
<b>Modelo 2 (LM c/ dicotômica)</b>	1,015	38,6	1,228
<b>Modelo 3 (MLH c/ intercepto aleatório)</b>	1,002	39,7	1,180
<b>Modelo 4 (MLH c/ intercepto e inclinação aleatória)</b>	1,041	36,8	1,223

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o parâmetro de desempenho global todos os modelos obtiveram desempenho dentro do intervalo recomendado, que é de 0,90 e 1,10.

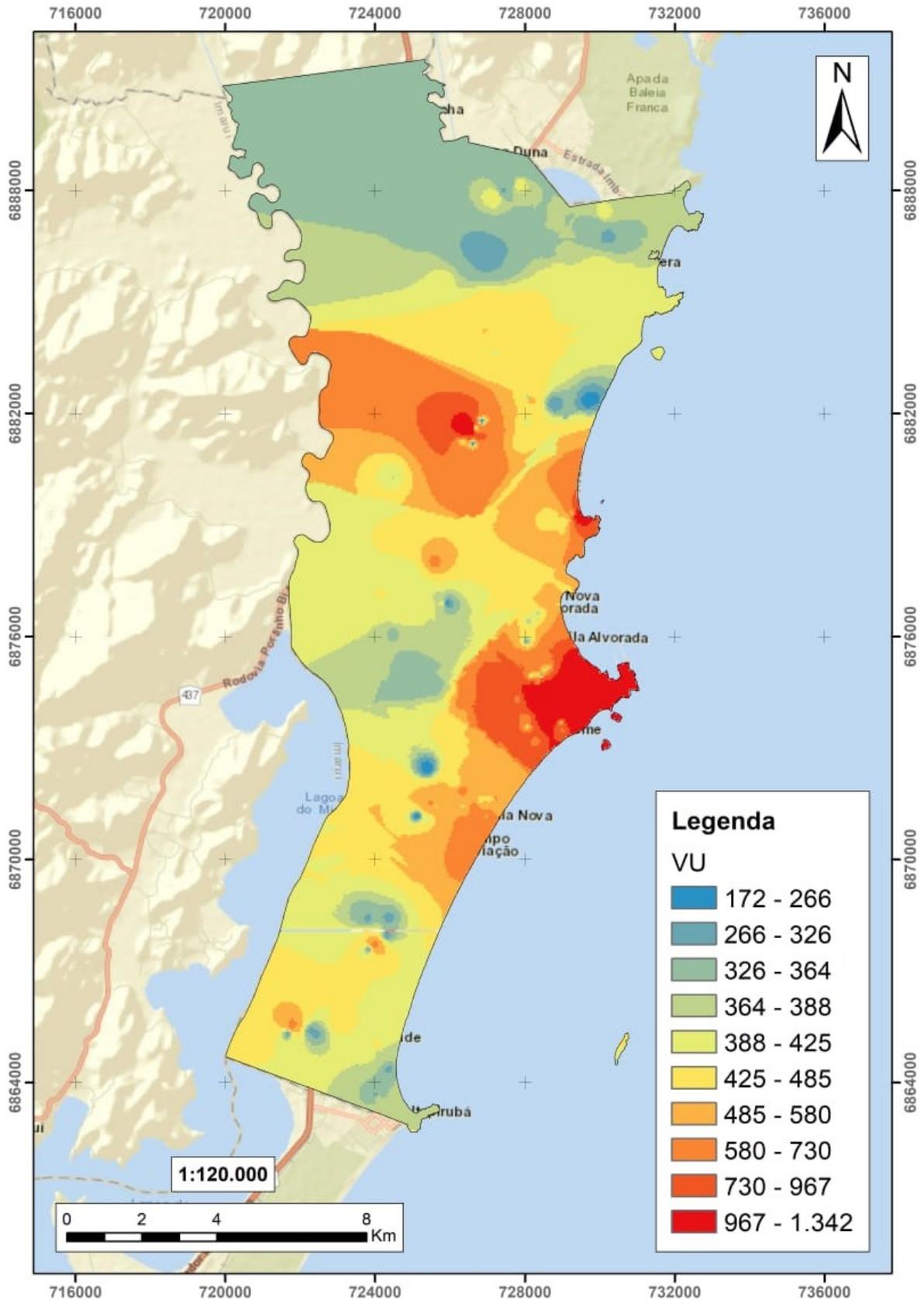
Para o coeficiente de dispersão, ou também chamado COD, os valores obtidos pelos modelos também não atenderam o intervalo de valores considerados ideais para terrenos baldios, que deveria ser menor que 20%. O maior valor encontrado foi de 36,8% para o modelo 4.

Verificou-se a equidade vertical da avaliação e novamente os quatro modelos obtiveram valores fora do intervalo considerado recomendado para esse índice, que é de 0,98 até 1,03. Todos os quatro modelos possuem valores superiores a 1,03, o que sugere regressividade na avaliação. Isso vai corroborar com os resultados gráficos apresentados para os modelos, os quais apresentaram uma tendência de regressividade nas estimativas.

A Figura 18 apresenta a PVG do modelo gerado através da regressão hierárquica com interceptos e inclinações aleatórias. Para a obtenção dessa planta, foi utilizado um terreno paradigma com área 360 m<sup>2</sup>, meio de quadra, em rua pavimentada. A técnica utilizada para a gerar graficamente a planta foi a Interpolação.

Foi utilizado a Interpolação IDW (*Inverse Distance Weighting*), no português a ponderação do Inverso das Distâncias, que tem como métrica de que as coisas mais próximas entre si são mais parecidas do que as mais distantes. Quando existir uma região do mapa onde não existam valores, o IDW usará os valores amostrados à sua volta, que terão um maior peso do que os valores mais distantes, ou seja, cada ponto possui uma influência no novo ponto, que diminui na medida em que a distância aumenta, daí seu nome (JACOK e YOUNG, 2006).

Figura 18 - Planta de valores genéricos – 20 bairros.



Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.1.4 Vantagens da adoção do modelo Hierárquico

Quando empregado o modelo de regressão para elaboração de plantas de valores genéricos, usualmente é utilizado o modelo de regressão com efeitos fixos. Nesse tipo de modelo, a heterogeneidade dos dados em virtude da sua distribuição espacial é modelada por meio do emprego de variáveis dicotômicas representando o bairro onde se encontra cada imóvel, no modelo hierárquico, essa heterogeneidade é tratada com a inclusão de níveis de hierarquia.

Para a criação das dicotômicas utilizadas no modelo de efeito fixo, é necessário que existam dados para uma determinada região, e esses dados ainda precisam atender a norma NBR 14.653-02 (ABNT, 2011), quando esses forem em pequeno número, a norma definiu um critério de micronumerosidade em cada grupo para variáveis *dummies*. De acordo com o Anexo A da NBR 14.653-02, no mínimo 3 dados de cada característica devem ser efetivamente utilizados. De acordo com Bell et al. 2018 (apud BELL; FAIRBROTHER; JONES, 2019, p. 1061), um modelo de efeitos aleatórios fornece estimativas mais confiáveis nestes casos.

No modelo de regressão hierárquica que faz uso de efeitos aleatórios, as variáveis do grupo favorecem a previsão de valores para regiões onde não foram coletadas amostras, uma vez que se tem os dados para as variáveis de grupo para todas as regiões do município. As variáveis de nível dois ainda ajudam a estimar o quanto o investimento em infraestrutura básica poderia aumentar o valor dos imóveis em um determinado bairro ou região, ou ainda a criação de mais parques ou áreas verdes.

Assim sendo, buscou-se testar tal informação rodando dois modelos hierárquicos, o primeiro modelo com todas as amostras coletadas para 20 bairros do município e o segundo modelo sem dois bairros da amostra, totalizando 18 bairros. Para o teste foram retirados os terrenos dos bairros de Araçatuba, na região norte do município, e Itapirubá, na região sul.

De posse dos dois modelos estimou-se os valores unitários dos terrenos. Para ambos os modelos foram utilizados a mesma quantidade de amostras. Para os bairros que retiramos no segundo modelo, utilizamos um terreno paradigma afim de obter os seus valores unitários, utilizando é claro as informações da variável de grupo específica para cada bairro no nosso modelo utilizamos a variável ACESSO.

Com os valores unitários obtidos nos dois modelos foi possível fazer uma comparação dos seus resultados. A Tabela 12 apresenta o comparativo entre os dois modelos supracitados, e reforça a ideia que é possível estimar valores em regiões do município onde se conhece apenas as características do grupo.

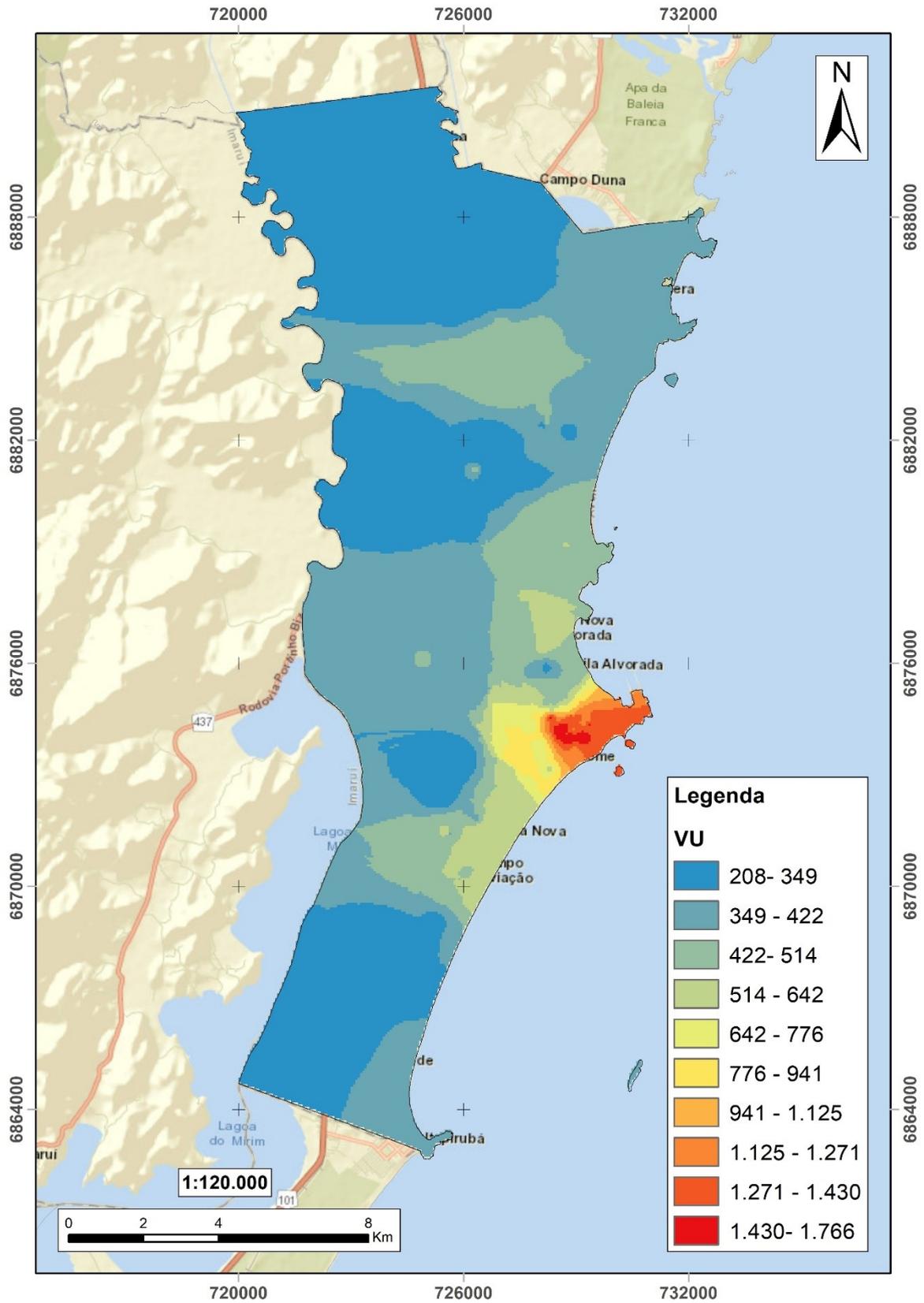
Tabela 12 - Comparação entre modelos hierárquicos.

ID	Bairro	Modelo completo		Modelo sem dois bairros		Variação
		VT Paradigma	VU paradigma	VT Paradgma	VU paradigma	
TERR 12	Itapirubá	11,833404	382,7185789	11,5248343	281,1055602	-27%
TERR 127	Itapirubá	11,8313583	381,9364506	11,5229665	280,5809956	-27%
TERR 129	Itapirubá	11,8309806	381,7922326	11,5226216	280,48426	-27%
TERR 130	Itapirubá	11,8334994	382,7550952	11,5249214	281,130049	-27%
TERR 131	Itapirubá	11,833404	382,7185789	11,5248343	281,1055602	-27%
TERR 134	Itapirubá	11,8327757	382,4781994	11,5242606	280,9443503	-27%
TERR 20	Itapirubá	11,8332176	382,6472418	11,5246641	281,057719	-27%
TERR 26	Itapirubá	11,8312933	381,911635	11,5229071	280,5643505	-27%
TERR 49	Itapirubá	11,8311658	381,8629569	11,5227908	280,5316994	-27%
TERR 62	Itapirubá	11,8330368	382,5780791	11,524499	281,0113354	-27%
TERR 86	Itapirubá	11,8310416	381,8155094	11,5226773	280,4998733	-27%
TERR 01	Araçatuba	11,6410326	315,7429817	11,7430434	349,6523594	11%
TERR 02	Araçatuba	11,6410906	315,7613012	11,7430964	349,6708823	11%
TERR 03	Araçatuba	11,6410906	315,7613012	11,7430964	349,6708823	11%
TERR 04	Araçatuba	11,6400973	315,4478011	11,7421894	349,3538894	11%
TERR 05	Araçatuba	11,6400973	315,4478011	11,7421894	349,3538894	11%
TERR 06	Araçatuba	11,6400973	315,4478011	11,7421894	349,3538894	11%
TERR 07	Araçatuba	11,6400973	315,4478011	11,7421894	349,3538894	11%
TERR 08	Araçatuba	11,6400973	315,4478011	11,7421894	349,3538894	11%
TERR 09	Araçatuba	11,6401443	315,4626532	11,7422324	349,3689075	11%
TERR 148	Araçatuba	11,640338	315,5237471	11,7424092	349,430684	11%
TERR_161	Araçatuba	11,6412088	315,7986263	11,7432043	349,7086214	11%
TERR 38	Araçatuba	11,6401443	315,4626532	11,7422324	349,3689075	11%

Fonte: Elaborado pela autora.

Além da comparação entre os dois modelos, foi possível fazer uma estimativa de valor unitário para todos os bairros do município, mesmo aqueles em que não foi possível coletar dados. Utilizou-se o modelo completo apresentado no Estimativas de primeiro e segundo nível com inclinações aleatórias.4.1.2.4 e com os dados referentes a cada bairro, e ainda uma distância média entre o bairro o polo valorizador situado no centro da cidade. Com base na estimativa dos valores unitários foi possível desenvolver uma Planta de Valores Genéricas, com uma estimativa para todos os bairros do município, como mostra a Figura 19.

Figura 19 - Planta de valores genéricos – 30 bairros.



Fonte: Elaborado pela autora.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

### 5.1 CONCLUSÕES

A presente dissertação teve como objetivo principal analisar o desempenho do Modelo de Tendência Hierárquica na elaboração de Plantas de Valores Genéricos, de forma alternativa as técnicas utilizadas, quando o conjunto de dados apresentar uma estrutura hierárquica.

Nesse sentido, realizou-se uma pesquisa sobre os conceitos de modelo linear hierárquico para aplicá-lo na avaliação de imóveis, com o intuito de obter valores venais para contribuir para PVG dos municípios. Isso porque existe lacuna a ser preenchida com relação a interação das características do ambiente com os preços dos imóveis. Buscou-se compreender de que forma essa relação pode afetar os valores desses imóveis, ou seja, qual o efeito dessa vizinhança.

O segundo objetivo foi cumprido através do desenvolvimento de modelos de avaliações de terrenos utilizando técnica de regressão hierárquica para bairros e zonas dos municípios.

Foram elaborados o modelo linear hierárquico com interceptos aleatórios e o modelo linear hierárquico com intercepto e inclinações aleatórias para duas segmentações espaciais. uma macro, considerando as zonas, e outra micro, onde a divisão das áreas se deu através dos bairros. Pôde-se concluir que os modelos hierárquicos para bairros tiveram resultados superiores em termos de poder de predição do modelo. Logo, a segmentação por bairros explicaria melhor o mercado da região.

Para o cumprimento do terceiro objetivo, que era a comparação das técnicas de regressão quanto ao seu poder de predição, além da Regressão Hierárquica, foram obtidos modelos para a Regressão Linear Múltipla e a Regressão Linear com Dicotômicas, de forma a permitir a comparação dos modelos hierárquicos para bairros e os modelos lineares clássicos quanto a acurácia de cada modelo.

Ao se fazer a análise comparativa dos modelos hierárquicos para bairros e os modelos lineares clássicos, concluiu-se que o modelo de regressão hierárquica com intercepto e inclinação aleatória teve melhor desempenho com menor média dos erros e desvio padrão, entretanto esse resultado ligeiramente superior ainda é insuficiente para eleger uma melhor técnica, necessitando de mais estudo, ou seja, ampliar a amostra em estudo e fazer a comparação entre mais grupos.

Quando empregado o modelo de regressão para elaboração de plantas de valores genéricos, usualmente é utilizado o modelo de regressão com efeitos fixos. Nesse tipo de modelo a heterogeneidade dos dados em virtude da sua distribuição espacial é modelada por meio do emprego de variáveis dicotômicas representando o bairro onde se encontra cada imóvel, no modelo hierárquico, essa heterogeneidade é tratada com a inclusão de níveis de hierarquia.

Logo, foi possível verificar que a regressão hierárquica se mostrou adequada na elaboração da PVG, primeiramente porque é possível perceber que existem dentro do contexto de avaliações de imóveis uma hierarquia de dados ou conjunto de dados que podem ser agrupados.

Além disso, a regressão hierárquica mostrou ser uma técnica interessante na estimação dos valores unitários no processo de avaliação de imóveis para a elaboração da planta de valores genéricos, pois é possível estimar valores para regiões do município onde não se obtiveram amostras, entretanto existem variáveis de grupos que caracterizam essas regiões que permitem o cálculo de estimativa de valores para essas regiões através dos terrenos paradigmas.

Independentemente da técnica empregada na avaliação de imóveis para a PVG, salienta-se a importância da reavaliação anual da planta municipal, isto porque as alterações nas cidades ocorrem continuamente e provaram mudanças mercadológicas em virtude das valorizações ou desvalorizações imobiliárias provocadas pelo crescimento natural das cidades. A atualização dos valores venais das plantas são a única forma de manter a justiça tributária, ajustando o imposto ao novo valor do imóvel.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Desse modo por se tratar de um assunto extenso e bastante interessante, sugere-se como trabalho futuro a continuação desse tema explorando um terceiro nível de agregação para o modelo e a influências de outras variáveis não mencionadas nesse trabalho.

Recomenda-se ainda explorar mais os resultados obtidos nas regiões do município onde não foram coletados dados de imóveis, com o intuito de firmar o uso dessa técnica de regressão hierárquica para a geração de plantas de valores municipais, uma vez que tenham sido possíveis de ser estabelecidas variáveis de nível dois para todos os bairros. Além realizar a previsão de um modelo utilizando a regressão hierárquica, mas agora agrupando em Zonas Homogênea.

## REFERÊNCIAS

- ABBAD, Gardênia; TORRES, Cláudio Vaz. Regressão múltipla stepwise e hierárquica em Psicologia Organizacional: aplicações, problemas e soluções. **Estudos de Psicologia (Natal)**, v. 7, n. SPE, p. 19-29, 2002.
- AGUIAR, M. M.; SIMÕES, Rodrigo. A influência da localização no preço dos imóveis: uma aplicação do modelo hierárquico para o mercado de Belo Horizonte (2004-2010), in ‘. **Anais do XV Seminário sobre a Economia Mineira**, 2012.
- AGUIAR, M.; SIMÕES, R. Localização e dinâmica intraurbana: uma análise hierárquica multinível do mercado imobiliário residencial formal em Belo Horizonte/MG. **Anais do XXXVIII Encontro da ANPEC**, Salvador, BA, dezembro de 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-1**: Avaliação de bens Parte 1: Procedimentos gerais. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2**: Avaliações de bens. Parte 2: Imóveis Urbanos. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 54 p.
- AVERBECK, Carlos Etor. **Os Sistemas de Cadastro e Planta de Valores no Município: Prejuízos da desatualização**. 2003. 203 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- BAPTISTELLA, Marisa. **O uso de Redes Neurais e Regressão Linear Múltipla na Engenharia de Avaliações: Determinação dos Valores Venais de Imóveis**. 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- BARROS, A. J. S; LEHFELD, N. A; S. **Fundamentos de metodologia científica: um guia para iniciação científica**. 2ed. São Paulo: MAKRON, 2000.
- BELL, Andrew; FAIRBROTHER, Malcolm; JONES, Kelvyn. Fixed and random effects models: making an informed choice. *Quality & Quantity*, [S.L.], v. 53, n. 2, p. 1051-1074, 7 ago. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11135-018-0802-x>.
- BETTINI, C. **Conceitos básicos de geoestatística**. In: MEIRELLES, M. S. P.; CÂMARA, G.; ALMEIDA, C. M. (Ed.). *Geomática: modelos e aplicações ambientais*. cap. 4. Brasília: Embrapa, 2007.
- BLIGHT, Michael. **An alternate method for residential property valuation**: using econometric modeling of socio-economic and hedonic variables. In : PRRES (Pacific Rim Real Estate Society) – Conference 2003, Brisbane – Australia
- BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. P. L. F.; LUDERMIR, T. B. **Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações**. Rio de Janeiro: RJ - Livros Técnicos e Científicos, 2000.
- BRASIL (Município). **Lei Complementar nº 2623/2005, de 19 de março de 2005**. Lei Complementar Nº 2623, de 19 de março de 2005. Imbituba, SANTA CATARINA, 19 mar. 2005. p. 1-75. Disponível em:

<<http://www.legislador.com.br/LegislatorWEB.ASP?WCI=LeiTexto&ID=316&inEspecieLei=2&nrLei=2623&aaLei=2005&dsVerbete=>>. Acesso em: 16 out. 2018.

BRASIL. Celso Santos Carvalho. **Ministério das Cidades: Aliança das Cidades (Org.). O Estatuto da Cidade: Comentado**. São Paulo, 2010. 120 p.

BRASIL. Constituição (1966). **Lei nº 5172, de 25 de outubro de 1966**. Lei Nº 5172, de 25 de outubro de 1966.

BRYK, A. e RAUDENBUSH, S. (1992). **“Hierarchical Linear Models: applications and data analysis methods”**. London: Sage Publications.

CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S. D.; CÂMARA, G. **Análise espacial de superfícies**. Brasília: Embrapa, 2004.

CAMPOS, Rodger Barros Antunes. **Dois ensaios sobre economia urbana: mercado imobiliário residencial e corporativo no município de São Paulo**. 2014. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

CICHULSKA, Aneta; CELLMER, Radosław. Analysis of Prices in the Housing Market Using Mixed Models. **Real Estate Management And Valuation**, [s.l.], v. 26, n. 4, p.102-111, 1 dez. 2018. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.2478/remav-2018-0040>.

CRESWELL, J. W. Projeto de Pesquisa - Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CRUZ, Cláudia Catarina Mendes Silva da. **Modelos Multi-nível: Fundamentos e Aplicações**. 2010. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Matemática, Estatística e Computação, Universidade Aberta, Lisboa, 2010.

DALAQUA, Roberto Ruano. **Aplicação de métodos combinados de Avaliação Imobiliária na elaboração da Planta de Valores Genéricos**. 2007. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2007.

DE CESARE, Cláudia M. **Avaliação em massa de imóveis para fins fiscais: Discussão, análise e identificação de soluções para problemas e casos práticos** / Claudia M. De Cesare e Egláisa Micheline Pontes Cunha. Organização: Claudia M. De Cesare e Egláisa Micheline Pontes Cunha. Brasília: Ministério das Cidades, 2012. 116 p.: il. color.; 24cm. Programa Nacional de Capacitação das Cidades e Lincoln Institute of Land Policy.

DIAS, Deise Taiana Ávila; BETTEGA, Jaime; CAMARGO, Maria Emilia; TONI, Deonir de. Regressão Hierárquica: um estudo sob a ótica da bibliometria do ano 2005 a 2014. **Mostra de Iniciação Científica, Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão**, [S.L.], v. 4, n. 2015, p. 1-18, 1 dez. 2015. Universidade Caixias do Sul. <http://dx.doi.org/10.18226/35353535.v4.2015.36>.

ERBEL, H. K. D. **Sistema catastrales**. México, Editorial Concepto, 1987. 283 p.

FÁVERO, Luiz Paulo Lopes. **Mercado Imobiliário: Técnicas de precificação e comercialização**. 2 ed. São Paulo. Saint Paul Editora, 2007.

FÁVERO, Luiz Paulo Lopes. Preços hedônicos no mercado imobiliário comercial de São Paulo: a abordagem da modelagem multinível com classificação cruzada. **Estudos**

**Econômicos (São Paulo)**, [s.l.], v. 41, n. 4, p.777-810, dez. 2011. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-41612011000400005>.

FERNANDES, A. M. R. **Inteligência artificial: noções gerais**. Florianópolis: visual books, 2005.

FERRÃO, M.E. **Introdução aos modelos de regressão multinível em educação**. Campinas: Komedi. 2003.

FLORENCIO, L de A. **Engenharia de avaliações com base em modelos GAMLSS, 2010**. 125 f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDSTEIN, Harvey. **Multilevel statistical models**. John Wiley & Sons, 2011.

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira. **Engenharia Legal: novos estudos**. São Paulo: Liv. e E d. Universitária de Direito, 2008.

GONZÁLEZ, M. A. S. Análise da evolução recente dos aluguéis em Porto Alegre. Anais do XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. Gramado, 1997.

GONZÁLEZ, M. A. S. **Aplicação de técnicas de descobrimento de conhecimento em base de dados e de inteligência artificial em avaliações de imóveis**. 2002. 300 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

GONZÁLEZ, M. A. S. Desenvolvimento de Planta de Valores com Sistemas de Informações Geográficas e ITBI. In: **Anais do 2º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico**, 1996.

HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. Porto Alegre: Bookman, 2001. 900 p.

HOCHHEIM, N. **Engenharia de avaliações**. Florianópolis, 2016. (Apostila).

HORNBURG, Ricardo André. **Avaliação em Massa com uso combinado de Regressão Espacial e da Geoestatística** (Estudo de Caso: Navegantes\_SC). 2009. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

HORNBURG, Ricardo André; HOCHHEIM, Norberto. **Avaliação em massa de imóveis usando geoestatística e krigagem bayesiana (um estudo de em Balneário Camboriú/SC)**. Rec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [s.l.], v. 13, n. 1, p.133-151, 7 mar. 2017. Universidade Federal de Goiás. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v13i1.42347>.

HOX, Joop J.. **Multilevel Analysis: Techniques and Applications**. 3. ed. New York: Routledge, 2018. 320 p.

HOX, Joop J.; MOERBEEK, Mirjam; SCHOOT, Rens van de. **Multilevel Analysis: Techniques and Applications**. 3. ed. New York: Routledge, 2018. 364 p.

IAAO (International Association of Assessing Officers). **Standards on ratio studies**. Mirrouri: IAAO. 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades: Imbituba (SC)**. História e fatos. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/imbituba/historico>. Acesso em: 01 out 2018.

IMBITUBA, Fotos Antigas (Org.). Fotos Antigas Imbituba. Disponível em: <[pt-br.facebook.com/FotosAntigasDeImbituba](https://br.facebook.com/FotosAntigasDeImbituba)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

IMBITUBA, **Fotos Antigas de. Fotos antigas de Imbituba**. 2018. Disponível em: <[pt-br.facebook.com/FotosAntigasDeImbituba](https://br.facebook.com/FotosAntigasDeImbituba)>. Acesso em: 19 nov. 2018.

IMBITUBA. **Imbituba**. 2014. Disponível em: <<http://www.imbituba.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaItem/49263>> Acesso em: 01 out 2018.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 2002. 5. ed.

KOKOT, Sebastian; GNAT, Sebastian. Simulative Verification of the Possibility of using Multiple Regression Models for Real Estate Appraisal. **Real Estate Management and Valuation**, [s.l.], v. 27, n. 3, p.109-123, 1 set. 2019. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.2478/remav-2019-0029>.

LANDIM, P.M.B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático, 2, 2000.

LAROS, Jacob Arie; MARCIANO, Joao Luiz Pereira. Análise multinível aplicada aos dados do NELS:88. **Estudos em Avaliação Educacional**. [s.i.], p. 263-278. mar. 2008.

LIPORINI, A. S. Avaliações em massa com ênfase em Planta de Valores. In: ALONSO, Nelson Roberto Pereira (Coord.). **Engenharia de Avaliações**. 1 ed. São Paulo: PINI, 2007.

MACANHAN, Vanessa Bawden de Paula. **A avaliação de imóveis pelos métodos econômico-financeiros**. 2002. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2002.

MACHADO, R.L.; CEDDIA, M.B.; CARVALHO, D.F. de; CRUZ, E.S. da; FRANCELINO, M.R. **Spatial variability of maximum annual daily rain under different return periods at the Rio de Janeiro state, Brazil**. *Bragantia*, v.69, p.77-84, 2010.

McCLUSKEY, W. J.; DEDDIS, W. G.; MANNIS, A.; McBURNEY, D.; BORST, R. A. Interactive application of computer assisted mass appraisal and geographic information systems. **Journal of Property Valuation and Investment**. v. 15, n. 5, p. 448-465, 1997.

MICHAEL, Rosemeri. **Avaliação em massa de imóveis com uso de interferência estatística e análise de superfície de tendência**. 2004. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MÖLLER, Luiz Fernando Carvalho. **Parâmetros para análise do comportamento da Tributação Imobiliária Municipal**. 2005. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal

de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MONETTE, G.; SHAO, Q.; KWAN, E (2002) **A First Look at Multilevel Models York University**. [s.l: s.n.]. Disponível em:  
<<http://www.math.yorku.ca/~georges/OptPortFontDeflts.pdf>>.

MONTANHA, Enaldo Pires. **Geoprocessamento e Plantas de Valores Genéricos - Uma discussão das Tendências e Vantagens da Associação dessas Tecnologias**. 2006. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

MONTGOMERY, Douglas. C.; RUNGER, George. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2008.

MOREIRA NETO, José Gonçalves. Construção de modelos de regressão hierárquicos: uma experiência de avaliação na educação de jovens e adultos / José Gonçalves Moreira Neto; Eduardo de São Paulo; Luiz Alexandre Rodrigues da Paixão. – Brasília: **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**, 2008. 18 p.: il. – (Série Documental. Textos para Discussão, ISSN 1414-0640; 31).

MOREIRA, Daniela Souza; SILVA, Ramicés dos Santos; FERNANDES, Anita Maria da Rocha. Avaliação de Imóveis utilizando análise multicritério e redes neurais artificiais. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 30., 2010, São Carlos. **Anais**. São Carlos: Abepro, 2010. p. 1 - 15.

PAIVA, Caio dos Anjos; ANTUNES, Alzir Felipe Buff Ara. Geração de Planta de Valores Genéricos A partir do Cadastro Territorial Urbano. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 3, p.505-518, 21 mar. 2017.

PELLI NETO, A., MORAIS, G, R, “RNA sob dupla ótica – Modelando a análise envoltória de dados (EDO-DEA) para aplicação nas avaliações de imóveis urbanos”, XII COBREAP – Congresso Brasileiro de Avaliações e Perícias, Fortaleza / CE, 2006.

PELLI NETO, Antônio. **Redes Neurais Artificiais Aplicadas às Avaliações em Massa Estudo de caso para a cidade de Belo Horizonte / MG**. 2006. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

PRUNZEL, Jaqueline et al. MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA APLICADOS À AVALIAÇÃO DE TERRENOS URBANOS-CASO DO MUNICÍPIO DE ITAQUI-RS. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22, n. 4, p. 651-664, 2016.

PUENTE-PALACIOS, Katia Elizabeth; LAROS, Jacob Arie. Análise multinível: contribuições para estudos sobre efeito do contexto social no comportamento individual. **Estudos de Psicologia (Campinas)**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 349-361, 2009. Trimestral. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-166X2009000300008&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-166X2009000300008&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 18 jan. 2020.

RASLANAS, S. Analysis of property valuation methodology of the republic of Lithuania. *Property Management*, **Vilnius**, n. 4, p. 44-54, 2000.

RAUDENBUSH, Stephen W.; BRYK, Anthony S.. **Hierarchical Linear Models: applications and analysis methods**. 2. ed. London: Sage Publications, 2002. 510 p.

REZENDE, S. O. **Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações**. Barueri: Manole, 2003.

RODRIGUES, Sandra Cristina Antunes. **Modelo de regressão linear e suas aplicações**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade da Beira Interior.

RUSSEL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

SÁ, Ademir Roque da Silva e. Avaliação Imobiliária método comparativo de dados do mercado – tratamento científico. **Revista Especialize On Line**, Goiânia, v. 01/2013, n. 005, p.1-20, jul. 2013. Semestral. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online-busca?autor=Ademir+Roque+da+Silva+e+S%E1&palavrasChave=>>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

SAHA, A. Introduction to Artificial Neural Network Models. Disponível em: <https://engineering.purdue.edu/people/mireille...1/.../NNtutorial.p>. Acesso em: 13 de out de 2018.

SANTOS, Carlos A. de S. Teles; FERREIRA, Leila D. A.; OLIVEIRA, Nelson F.; DOURADO, Maria Inês C.; BARRETO, Maurício L.. Modelagem Multinível. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 22, p. 89-98, 2000. Semestral.

SANTOS, Lívio Augusto de Carvalho. **O IPTU como instrumento de desenvolvimento sustentável dos municípios**. Revista de Direito Tributário e Financeiro, [s. l], v. 6, n. 1, p. 102-118, 28 jul. 2020.

SC PAR IMBITUBA (Santa Catarina). Sc Par Imbituba. **Estatísticas 2020**. 2020. Disponível em: <http://www.portodeimbituba.com.br/site/stats.php?ano=2019>. Acesso em: 17 jan. 2020

SEIDEL, E. J.; OLIVEIRA, M. S. **Proposta de uma generalização para os modelos de semivariogramas exponencial e gaussiano**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 34, n. 1, p. 125-132, 2013.

SILVA NETO, Odilon Saturnino. **Formação dos Preços de Imóveis em Recife: uma visão a partir da Percepção do Comprador**. 2011. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SILVA, Caroline Bernardo; HOCHHEIM, Norberto; SILVA, Everton da. Estudo da Variável localização em modelos de regressão linear, espacial e geoestatísticas em avaliações de imóveis. In: CONGRESSO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL, 12., 2016, Florianópolis. **Anais do COBRAC**. Florianópolis: Cobrac, 2016. p. 1-20.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. atual. – Florianópolis: UFSC, 2005.138p.

SILVA, Everton da. **Cadastro Técnico Multifinalitário: Base Fundamental para Avaliação em Massa de Imóveis**. 2006. 220 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SILVA, Juliana Mendes N. **Redes Neurais Artificiais: Rede Hopfield e Redes Estocásticas**. 2003. 40 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2003.

TARTUCE, T. J. A. Métodos de pesquisa. Fortaleza: UNICE – Ensino Superior, 2006. Apostila.

TRISTAO, J. A. M. **A Administração tributária dos municípios brasileiros: Uma avaliação do desempenho da arrecadação.** 2003. 172 f. Tese (Doutorado em Organização, Recursos Humanos e Planejamento.) EAESP/FGV, São Paulo, 2003.

TRIVELLONI, Carlos Alberto Peruzzo. **Método para determinação do valor da localização com uso de técnicas interferenciais e geostatísticas na avaliação em massa de imóveis.** 2005. 172 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

UYAR, Bulent; BROWN, Kenneth. Neighborhood affluence, school-achievement scores, and housing prices: cross-classified hierarchies and HLM. **Journal of Housing Research**, v. 16, n. 2, p. 97-116, 2007.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In. NOVAES, R. F. ; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E G. R. Tópicos em ciências do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1.p.2-54.

ZANCAN, E. C. **Avaliações de Imóveis em Massa para Efeitos de Tributos Municipais.** Florianópolis: Editora ROCHA, 1 ed., 1996.

ZANCAN, Evelise Chemale. **Metodologia para Avaliação em Massa de Imóveis para efeito de cobranças de tributos municipais - Caso dos apartamentos da cidade de Criciúma, SC.** 1995. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

ZUUR, Alain F. et al. **Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R.** New York: Springer, 2009. 574 p.

## APÊNDICE A - Normas de avaliações de imóveis

No Brasil, as primeiras normas de avaliações surgiram na década de 50 e foram organizadas por entidades públicas e institutos voltados à engenharia de avaliações. No ano de 1977, surge a primeira norma de avaliação de imóveis urbanos, a NBR 5676, da ABNT. Nessa versão da norma, foram estabelecidos os níveis de precisão de avaliações (ABNT, 2004).

No ano de 1989, com o registro da norma de avaliações no INMETRO, a norma passa a ter níveis de rigor e não mais níveis de precisão que devem ser atendidos. A NBR 14.653 é a atual versão da norma, a qual é constituída de sete partes, sob o título geral ‘Avaliações de bens’, essa norma teve seu projeto iniciado no ano 1998 e 2001 entrou em vigor (ABNT, 2004).

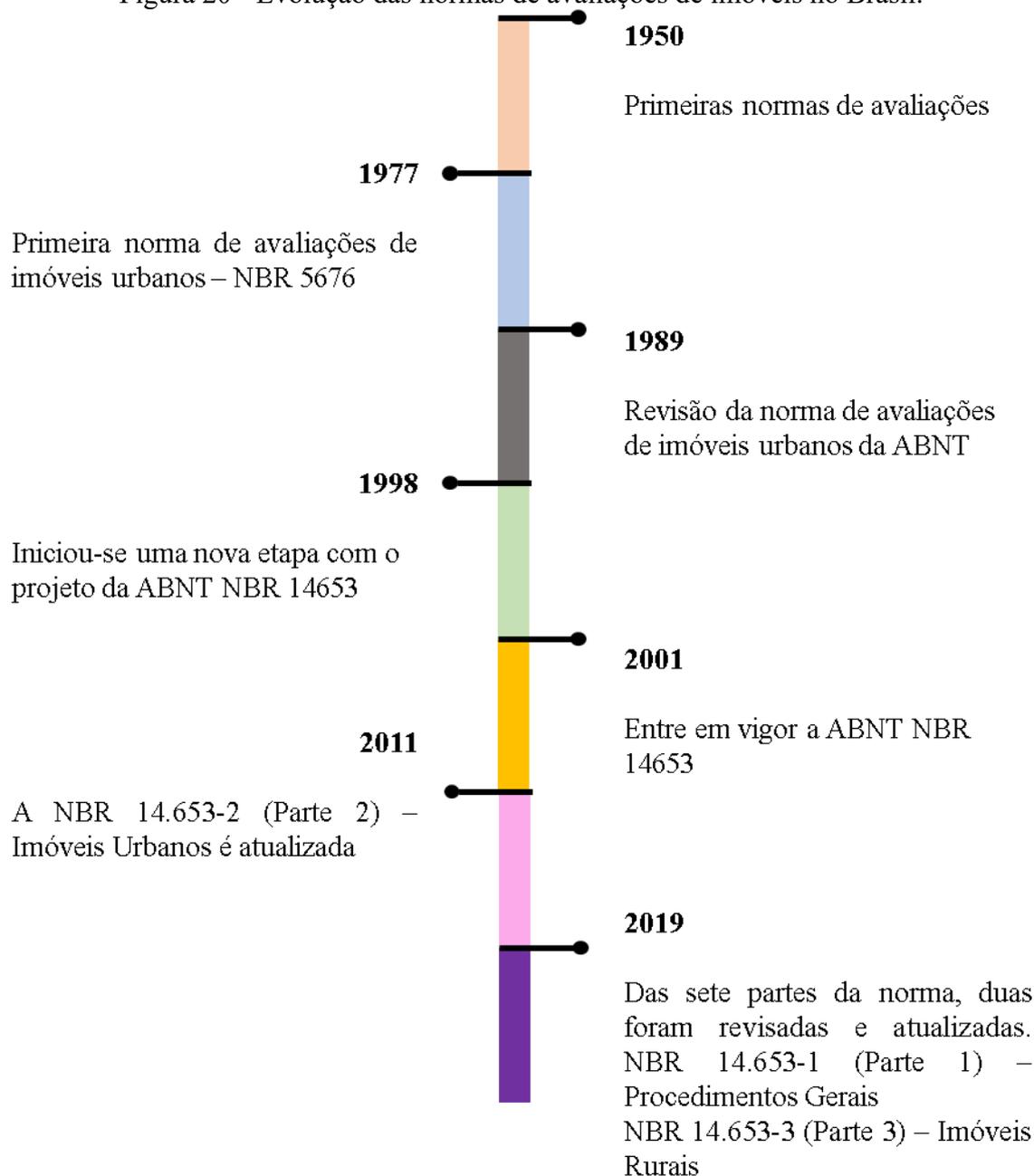
A NBR 14.653 está dividida em sete partes, sendo relevantes para o nosso estudo as partes 1, e 2, que se relacionam estritamente à avaliação de bens imóveis e às suas respectivas etapas (ABNT, 2019).

Os cadernos que constituem a norma:

- NBR 14.653-1 (Parte 1) – Procedimentos Gerais: trata de procedimentos gerais, aplicados a todos os tipos de imóveis e empreendimento sujeitos ao processo de avaliação.
- NBR 14.653-2 (Parte 2) – Imóveis Urbanos: estabelece as regras a serem seguidas na avaliação de bens imóveis urbanos.
- NBR 14.653-3 (Parte 3) – Imóveis Rurais e seus componentes: relaciona os procedimentos utilizados para a avaliação de imóveis rurais.
- NBR 14.653-4 (Parte 4) – Empreendimentos: dispõe sobre os procedimentos técnicos para a avaliação de empreendimentos.
- NBR 14.653-5 (Parte 5) – Máquinas, equipamentos, instalações e bens industriais em geral.
- NBR 14.653-6 (Parte 6) – Recursos naturais e ambientais.
- NBR 14.653-7 (Parte 7) – Bens de patrimônios históricos e artísticos (ABNT, 2001, p.2).

Assim, a Figura 20 apresenta a evolução das normas de avaliação ao longo dos anos.

Figura 20 - Evolução das normas de avaliações de imóveis no Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora.

A NBR 14.653 – 2 é a norma de avaliações utilizada para embasar tecnicamente as avaliações de imóveis urbanos; nela, são fixadas algumas diretrizes para a avaliações de bens, além de apresentar algumas metodologias em função da natureza do bem avaliado, da finalidade da avaliação e da disponibilidade, da qualidade e da quantidade de informações coletadas no mercado (ABNT, 2011).

## A. Métodos de avaliações de imóveis

Para Bráulio (2005), os métodos de avaliações podem ser definidos como sendo as diferentes vias utilizadas com o intuito de se obter o valor de um imóvel, e cada via utilizada é tida como sendo um método diferente de avaliação.

A escolha do método deve ocorrer em virtude das características do bem avaliado, assim como o objetivo por ele pretendido. Os procedimentos avaliatórios são divididos em função das suas finalidades, que são: de identificar o valor de um bem, de seus frutos e direitos, o seu custo, bem como aqueles para determinar indicadores de viabilidade (ABNT, 2011).

A NBR 14653-1, no item 7.2, relaciona e define os métodos para identificar o valor de um bem, de seus frutos e direitos.

**Método comparativo direto de dados de mercado:** Identifica o valor de mercado do bem por meio de tratamento técnico dos atributos dos elementos comparáveis, constituintes da amostra.

**Método involutivo:** Identifica o valor de mercado do bem, alicerçado no seu aproveitamento eficiente, baseado em modelo de estudo de viabilidade técnico-econômica, mediante hipotético empreendimento compatível com as características do bem e com as condições do mercado no qual está inserido, considerando-se cenários viáveis para execução e comercialização do produto.

**Método evolutivo:** Identifica o valor do bem pelo somatório dos valores de seus componentes. Caso a finalidade seja a identificação do valor de mercado, deve ser considerado o fator de comercialização.

**Método da capitalização da renda:** Identifica o valor do bem, com base na capitalização presente da sua renda líquida prevista, considerando-se cenários viáveis. (ABNT, 2019, p. 19).

A NBR 14653, no item 7,3, relaciona e define os métodos para identificar o custo de um bem.

**Método comparativo direto de custo:** Identifica o custo do bem por meio de tratamento técnico dos atributos dos elementos comparáveis, constituintes da amostra.

**Método da quantificação de custo:** Identifica o custo do bem ou de suas partes por meio de orçamentos sintéticos ou analíticos a partir das quantidades de serviços e respectivos custos diretos e indiretos viáveis (ABNT, 2019, p. 15).

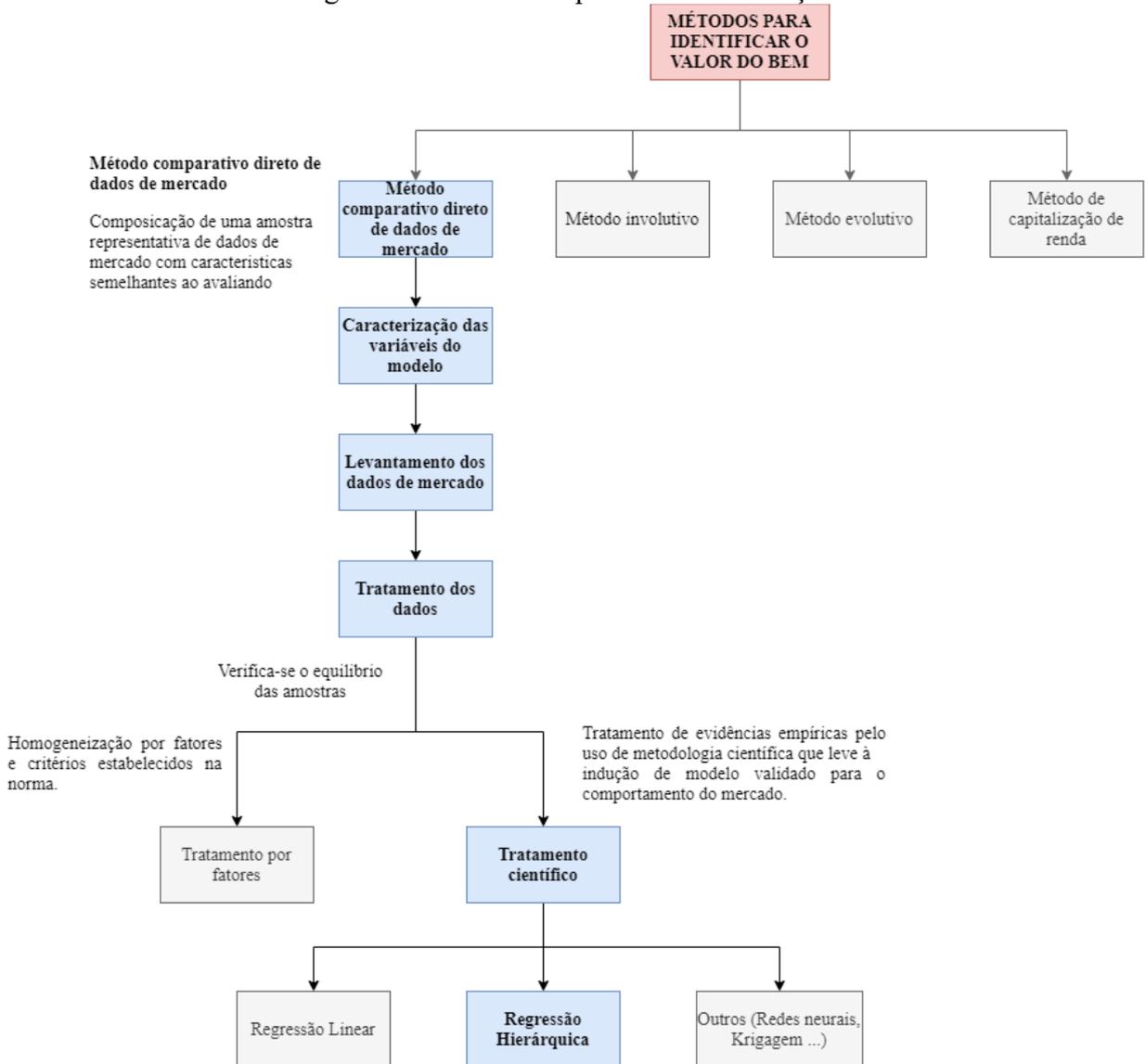
A NBR 14653-1 também relaciona e define os métodos para identificar indicadores de viabilidade da utilização econômica de um empreendimento, a saber

Os procedimentos avaliatórios usuais com a finalidade de determinar indicadores de viabilidade da utilização econômica de um empreendimento são baseados no seu fluxo de caixa projetado, a partir do qual são determinados indicadores de decisão baseados no valor presente líquido, taxas internas de retorno, tempos de retorno, entre outros (ABNT, 2019, p. 8).

Essa norma recomenda a utilização do método comparativo de dados de mercado sempre que possível, não descartando o uso combinado de outros métodos. O método comparativo está alicerçado na análise de amostra sobre o preço de imóveis cujas características

são semelhantes aos imóveis que se pretende avaliar. Contudo, para o emprego do método, é necessário a existência de transações do mesmo tipo de imóvel, na mesma época e localização espacial e em quantidade suficiente para possibilitar a análise dos valores, ou seja, uma amostra de dados do mercado imobiliário (MACANHAN, 2002; DALAQUA, 2007). A Figura 21, apresenta uma síntese do processo de avaliações.

Figura 21 – Síntese do processo de avaliação.



Fonte: Elaborado pela autora a partir da ABNT (2004).

## B. Método comparativo de dados de mercado

O método comparativo baseia-se na análise de amostras sobre os preços de propriedades imobiliárias semelhantes às quais se deseja avaliar, ou seja, o valor do imóvel avaliando é determinado por meio da comparação entre os dados de mercado relativos à imóveis

que possuem características semelhantes, ou seja, àquele que é o objeto de avaliação (HOCHHEIM, 2016).

A NBR-14653-2 orienta para a utilização do método comparativo sempre que possível, e, na impossibilidade do seu uso, pode-se optar por outro método que seja adequado ao tipo de avaliação realizada (ABNT, 2011).

Segundo (Hochheim (2006, p. 10), a aplicação do método comparativo de dados de mercado pode ser desenvolvida em três etapas, a saber:

- Caracterização do imóvel avaliando;
- Pesquisa de dados relativos a imóveis semelhantes ao imóvel avaliando;
- Cálculo do valor do imóvel avaliando.

Para que seja possível aplicar essa metodologia é necessário que exista um conjunto de dados que possa ser tomado estatisticamente como amostra do mercado imobiliário.