



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E**  
**CONTABILIDADE – FEAAC**  
**PROGRAMA DE ECONOMIA PROFISSIONAL – PEP**

**CLAYTON SEMIR LIMA BUSTAMANTE**

**AVALIAÇÃO IMOBILIÁRIA PARA FINS TRIBUTÁRIOS: UM ESTUDO DO**  
**MÉTODO EVOLUTIVO APLICADO NO CÁLCULO DO IPTU DE FORTALEZA-CE**

**FORTALEZA**

**2020**

**CLAYTON SEMIR LIMA BUSTAMANTE**

**AVALIAÇÃO IMOBILIÁRIA PARA FINS TRIBUTÁRIOS: UM ESTUDO DO  
MÉTODO EVOLUTIVO APLICADO NO CÁLCULO DO IPTU DE FORTALEZA-CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Economia Profissional – PEP, da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia. Área de Concentração: Economia do Setor Público.

Orientador: Prof. Emerson Luís Lemos Marinho

Coorientador: Prof. Dr. Frederico Augusto Gomes de Alencar

**FORTALEZA**

**2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- B99a Bustamante, Clayton Semir Lima.  
Avaliação imobiliária para fins tributários: um estudo do método evolutivo aplicado no cálculo do IPTU de Fortaleza-Ce / Clayton Semir Lima Bustamante. – 2020.  
58 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Mestrado Profissional em Economia do Setor Público, Fortaleza, 2020.  
Orientação: Prof. Dr. Emerson Luís Lemos Marinho.  
Coorientação: Prof. Dr. Frederico Augusto Gomes de Alencar.
1. Avaliação de imóveis. 2. Método evolutivo. 3. Tributação Imobiliária Municipal. 4. Base de cálculo do IPTU. I. Título.

CDD 330

---

**CLAYTON SEMIR LIMA BUSTAMANTE**

**AVALIAÇÃO IMOBILIÁRIA PARA FINS TRIBUTÁRIOS: UM ESTUDO DO  
MÉTODO EVOLUTIVO APLICADO NO CÁLCULO DO IPTU DE FORTALEZA-CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Economia Profissional – PEP, da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia. Área de Concentração: Economia do Setor Público.

Aprovada em: **26 de março de 2020.**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Emerson Luís Lemos Marinho (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Frederico Augusto Gomes de Alencar (Coorientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Marcelo Lettieri Siqueira  
Receita Federal

À Deus.

À minha mãe, Clara Semiramis Girão Lima.

À minha esposa, Elizabeth, e aos meus filhos,  
Bianca, Kael e Luke.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus, por me fazer acreditar no impossível.

À minha mãe, Clara Semiramis, pelos incentivos nas horas mais difíceis.

À minha esposa, Elizabeth, por seu grande amor e sua valorosa dedicação.

Aos meus filhos, Bianca, Kalel e Luke, por serem a grande motivação da minha vida.

À minha sogra, Elane, pelos apoios pertinentes nas horas adversas.

À minha avó afetiva, Eliane, por suas palavras carinhosas que enaltecem minha confiança.

Ao Professor Frederico Alencar (Fred), por suas orientações cirúrgicas e fundamentais para execução deste trabalho.

Aos colegas da Secretaria das Finanças de Fortaleza, em especial, aos amigos Augusto Oliveira e Sandro Bandeira, pelo suporte e estímulo na realização desse trabalho.

## RESUMO

O Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU) é um tributo com enorme potencial para ajustar o equilíbrio das finanças municipais. Para isso, é fundamental mensurar corretamente sua base de cálculo (valor venal), uma vez que fornece subsídios para o desenvolvimento de políticas tributárias. No entanto, Fortaleza utiliza o método evolutivo de avaliação de imóveis com grande teor de subjetividade, aplicando uma sistemática de cálculo que segue padrões e fatores associados a uma antiga realidade de mercado, divergindo, muitas vezes, das normas técnicas brasileiras de avaliações, impactando negativamente na arrecadação e na justiça fiscal. Por isso, é necessário realizar um estudo sobre a metodologia da avaliação em massa para efeitos da tributação imobiliária da capital cearense, com o objetivo de destacar as principais irregularidades existentes, bem como apresentar uma nova sistemática de cálculo adequada às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para executar com retidão o método evolutivo, seguindo os preceitos da norma brasileira NBR 14.653, utilizou-se do embasamento teórico da modelagem hedônica de preço, associada a técnica econométrica de estimação por meio de regressão linear, para estimação o valor unitário do terreno do ano de 2020. A mesma metodologia também foi usada para aferição do custo unitário de construção para o referido ano. Entre as 13 tipologias de imóveis usadas no corrente processo de avaliação em massa, o estudo se restringiu ao tipo casa, uma vez que esta representa cerca de 50% das unidades cadastradas na Prefeitura. Na análise dos resultados, o novo método apresentou-se eficiente em relação ao mercado imobiliário, podendo perceber uma significativa discrepância entre a avaliação vigente e os valores calculados pela nova metodologia. Com efeito, fica evidente a necessidade de revisar a atual forma de avaliação em massa, qualificando a base de valor do IPTU para uma tributação mais justa, relevante e capaz de melhorar o fortalecimento da autonomia municipal e o financiamento dos serviços públicos demandados.

**Palavras-chave:** Avaliação de imóveis. Método evolutivo. Tributação Imobiliária Municipal. Base de cálculo do IPTU.

## ABSTRACT

The Urban Property and Territorial Property Tax (IPTU) is a tax with enormous potential to adjust the balance of municipal finances. For this, it is essential to correctly measure its basis of calculation (venal value), since it provides subsidies for the development of tax policies. However, Fortaleza uses the evolutionary method of evaluating properties with a high content of subjectivity, applying a calculation system that follows patterns and factors associated with an old market reality, diverging, many times, from the Brazilian technical standards of valuations, negatively impacting tax collection and tax justice. Therefore, it is necessary to carry out a study on the methodology of mass appraisal for the purposes of real estate taxation in the capital of Ceará, with the objective of highlighting the main existing irregularities, as well as presenting a new calculation system suitable to the standards of the Brazilian Association of Standards Techniques (ABNT). To correctly execute the evolutionary method, following the precepts of the Brazilian standard NBR 14.653, we used the theoretical basis of hedonic price modeling, associated with the econometric estimation technique by means of linear regression, to estimate the unit value of the land of the year 2020. The same methodology was also used to measure the unit construction cost for that year. Among the 13 types of properties used in the current mass appraisal process, the study was restricted to the type of house, since it represents about 50% of the units registered with the City Hall. In the analysis of the results, the new method proved to be efficient in relation to the real estate market, being able to perceive a significant discrepancy between the current assessment and the values calculated by the new methodology. Indeed, the need to revise the current form of mass assessment is evident, qualifying the IPTU value base for a fairer, more relevant taxation, capable of improving the strengthening of municipal autonomy and the financing of the public services demanded.

**Keywords:** Property valuation. Evolutionary method. Municipal Real Estate Taxation. Calculation basis of IPTU.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de disposição da amostra de terrenos.....	28
Figura 2 - a) Gráfico de análise da normalidade dos resíduos (terreno); b) Gráfico resíduos padronizados vs valores ajustados.....	33
Figura 3 - Gráficos de análise da normalidade dos resíduos.....	38
Figura 4 - Gráfico dos resíduos padronizados vs valores ajustados (CUB).....	38
Figura 5 - Mapa de distribuição espacial das amostras de casa.....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das variáveis adotadas no modelo hedônico de terrenos.....	28
Tabela 2 - Modelo de preço hedônico ajustado (terreno).....	31
Tabela 3 - Outros resultados do modelo hedônico (terreno).....	32
Tabela 4 - Teste de homocedasticidade (terreno).....	33
Tabela 5 - Teste de independência dos resíduos (terreno).....	34
Tabela 6 - Fator de inflação da variância (terreno).....	34
Tabela 7 - Descrição das variáveis adotadas no modelo hedônico do CUB.....	35
Tabela 8 - Modelo de preço hedônico ajustado (CUB).....	36
Tabela 9 - Outros resultados do modelo hedônico (CUB).....	37
Tabela 10 - Teste de homocedasticidade (CUB).....	39
Tabela 11 - Teste de Independência dos resíduos.....	39
Tabela 12 - Matriz de correlação entre variáveis independentes (CUB).....	40
Tabela 13 - Fator de inflação da variância (CUB).....	40
Tabela 14 - CUB estimados para situação paradigma.....	41
Tabela 15 - Medidas de desempenho das avaliações em massa de casas.....	44
Tabela 16 - Resultados das medidas de desempenho das avaliações em massa de casas.....	45
Tabela 17 - Matriz de correlação entre variáveis do modelo preços hedônicos do terreno.....	56
Tabela 18 - Depreciação do Método de Hoss-Heidecke.....	58

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>ASPECTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Avaliação em massa dos imóveis de Fortaleza.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Base de dados do modelo proposto.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3</b>	<b>Modelo de preço hedônico.....</b>	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Modelagem.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4.1</b>	<i>Modelagem para o cálculo do valor unitário do terreno.....</i>	<i>27</i>
<b>3.4.2</b>	<i>Modelagem para o cálculo do custo unitário básico da construção (CUB).....</i>	<i>35</i>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>47</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>50</b>
	<b>APÊNDICE A – APRESENTAÇÃO DE TODOS OS RESULTADOS GERADOS NA MODELAGEM DO TERRENO.....</b>	<b>55</b>
	<b>APÊNDICE B – TABELA 17.....</b>	<b>56</b>
	<b>APÊNDICE C – APRESENTAÇÃO DE TODOS OS RESULTADOS GERADOS NA MODELAGEM DO CUB.....</b>	<b>57</b>
	<b>ANEXO A – TABELA 18.....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo dados divulgados pelo Instituto Brasileiro Geográfico e Estatístico<sup>1</sup> (IBGE), Fortaleza é a quinta capital do Brasil em termo populacional, com cerca de 2,4 milhões de habitantes, estando entre as dez primeiras em densidade demográfica, com mais de 7.700 habitantes por km<sup>2</sup>. Neste contexto, fica evidente a complexidade no processo de elaboração e execução de políticas públicas, na organização do território municipal e, principalmente, no levantamento de recursos para fazer frente a essas e outras demandas sociais.

Sobre o aspecto econômico, a capital cearense apresenta o 10º maior PIB do país e o 2º maior do Nordeste, posicionando-se em situação privilegiada nesse cenário de recuperação econômica. Entretanto, essa riqueza se concentra numa pequena parte da população, na qual 7% do total dos habitantes localizados nos 10 bairros mais ricos se apropriam de 26% da renda pessoal global da cidade. Por outro lado, esse mesmo percentual é verificado nos 44 bairros mais pobres, que juntos somam quase metade da população de Fortaleza (49%), expondo, nesses dados, seu alto grau de desigualdade social<sup>2</sup>.

Cabe ao Poder Público, por meio dos tributos, a tarefa fundamental de restabelecer o equilíbrio social, arrecadando recursos daqueles mais favorecidos economicamente para serem aplicados na melhoria da qualidade de vida das pessoas mais carentes. Nesse sentido, a Secretaria das Finanças do Município de Fortaleza (SEFIN), órgão responsável por lançar e arrecadar todos os impostos de sua competência, apresentou balanço onde arrecadou de receita própria cerca de 1,9 bilhões em 2019<sup>3</sup>.

Vale ressaltar a importância de se analisar a composição desse volume de arrecadação com objetivo de verificar o seu impacto na distribuição de renda. Nesse sentido, observa-se que a SEFIN arrecadou cerca de meio milhão de Imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana (IPTU), equivalente a 26,5% do total da receita própria, representando 6% da receita total. Já o imposto sobre serviços (ISS) ficou próximo dos R\$ 880 milhões, compondo 46,5% da receita própria, e 11% da receita total.

Sendo assim, o volume arrecadado com os tributos administrados pela Prefeitura de Fortaleza deriva principalmente da tributação indireta (ISS), a qual, segundo Torres (2018), permite que o ônus financeiro seja repassado a terceiros, contribuindo para o véis regressivo do sistema tributário. Tal raciocínio é justificado por Giambiagi (2011) ao afirmar que os

---

<sup>1</sup> Dados disponíveis em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama>>, acessados em: 14 jan. 2020.

<sup>2</sup> IPECE Informe – nº 42 – outubro de 2012.

<sup>3</sup> Informações disponíveis em: <<https://transparencia.fortaleza.ce.gov.br/>>, acessado em: 14 jan. 2020.

impostos indiretos oneram as pessoas de menor rendimento, em vez de se concentrar na pequena parcela da população com renda de alta representatividade no PIB, agravando a falta de equidade.

O IPTU, ao contrário senso, por se tratar de imposto direto que possibilita a correta aplicação do princípio da capacidade contributiva, ameniza a inequidade tributária. Desse modo, contribui positivamente pela busca do equilíbrio desejável entre eficiência e equidade (*second best*) inerente a teoria da tributação ótima, conforme relata Siqueira (2005).

Contudo, estudos apontam que o imposto predial ainda está distante de alcançar tal potencial. Isto porque, na análise de Carvalho Jr. (2006), as administrações municipais não avaliam corretamente os imóveis, permitindo que a base de cálculo do imposto (valor venal) seja regressiva, uma vez que, a defasagem em relação ao mercado é maior para os imóveis mais valorizados em relação aos de valores mais baixos, passando a ter alíquotas efetivas menores, quanto maior for o valor verdadeiro de mercado das unidades imobiliárias.

Observa-se, dessa maneira, o quão é relevante a realização de estudos adequados, por parte dos governos locais, sobre a peculiar base econômica de incidência do imposto imobiliário, para que se possa aplicar corretamente a exação, e promover uma eficiente arrecadação. Neste contexto, Rezende (2001) entende que a imobilidade da base tributária é o motivo principal para que esse tributo seja historicamente o mais utilizado pelos governos locais em todo mundo.

Ademais, por ser um imposto que incide sobre a propriedade, sua arrecadação não sofre os efeitos da conjuntura econômica de forma direta, como no caso do ISS, do ITBI (Imposto de Transmissão de Bem Imóvel), do FPM (Fundo de Participação dos Municípios) e da quota-parte do ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias), sendo quase insensível aos ciclos econômicos<sup>4</sup>.

Nota-se, todavia, que os municípios não aplicam o tratamento necessário para mensuração da base de valor do tributo predial, diminuindo significativamente o seu papel frente as finanças públicas.

Em Fortaleza, por exemplo, o volume arrecadado de IPTU ocupa a 10ª colocação no país, ficando atrás de cidades como Belo Horizonte, Salvador, Curitiba, Goiânia e Porto Alegre. Ao analisar individualmente o gravame em relação às despesas correntes, fica mais clara a inexpressividade da arrecadação, uma vez que ela não corresponde a 10% da despesa

---

<sup>4</sup> Multi Cidades – Finanças dos Municípios do Brasil/publicação da Frente Nacional de Prefeitos. V14 (2019). Vitória, ES: Aequus Consultoria, 2019, p. 94.

com pessoal, bem como não representa 15% dos gastos com a Saúde, nem 24% do dispêndio com a Educação, contribuindo somente com 5% no adimplemento das despesas totais.

Ressalta-se, todavia, que a Prefeitura de Fortaleza, nos últimos 10 anos, visando melhorar sua tributação imobiliária, realizou diversas ações como o recadastramento de imóveis, o georreferenciamento do cadastro imobiliário, a modernização de sistemas informatizados, as mudanças legislativas no processo de arrecadação / execução das receitas e atualizações na Planta Genérica de Valores Imobiliários (PGVI).

Esta última, merece um destaque negativo, pois, apesar promover duas atualizações (2009 e 2013), ainda apresenta grande defasagem em seus valores, principalmente por desrespeitar as diretrizes da portaria nº 511/2009, do Ministério das Cidades, tornando-se uma das principais causas da ineficiência arrecadatória.

Outro ponto determinante para a redução da eficácia do IPTU é a aplicação incorreta do método de avaliação na determinação do valor venal dos imóveis. Os municípios brasileiros têm como referência normativa as regras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) no processo de avaliação em massa para fins fiscais.

Tal norma sugere quatro metodologias de avaliação: Método Comparativo de Dados de Mercado, Método Involutivo, Método Evolutivo e Método de Renda. A própria norma estabelece a preferência pela adoção do uso do primeiro método pois consiste em utilizar um modelo econométrico de determinação do preço de imóveis com base em uma amostra de ofertas e transações imobiliárias, sendo utilizado em países como Estados Unidos, Canadá e Reino Unido.

Não obstante a ABNT selecione o método comparativo como prioridade para ser adotado nas avaliações de imóveis, De Cesare (2004) concluiu que é o Método Evolutivo que predomina nos países da América Latina, a exemplo do Brasil, Argentina e Chile. Esse método consiste em calcular o custo de reprodução do imóvel, no qual se estima separadamente o valor do terreno e da edificação e aplicam os respectivos fatores de correção, inclusive o de comercialização para fins de ajuste ao mercado de imóveis.

Seguindo a tendência latina, a capital cearense também escolheu essa sistemática de avaliação, a qual vem sendo aplicada pela SEFIN<sup>5</sup>, desde 1978, praticamente sem alterações em seus atributos, pesos e parâmetros.

Percebe-se, porém, que pela ausência de uma norma cogente, a exemplo da “Standart on Mass Appraisal of Real Property”, elaborada pela “International Association of

---

<sup>5</sup> A base de cálculo está definida no Anexo IV, da lei nº 8.703/03.

Assessing Officers”, adotada em países como Estados Unidos e Canadá, não são realizadas medidas de desempenho para mensurar a qualidade dos resultados produzidos pelo modelo de avaliação em massa, bem como para verificar a pertinência, a significância e a influência das variáveis aplicadas.

Acredita-se, portanto, que a utilização de fatores e pesos elaborados ainda na década de 70, muitas vezes extraídos sem uma análise crítica ou com grande nível de subjetividade, não acompanham a dinâmica do Mercado Imobiliário, gerando uma avaliação não representativa dos valores reais.

É evidente que a escolha e os ajustes do método de avaliação são cruciais para a correta mensuração da base tributária. Isto porque, com o método distorcido, ainda que se tenha uma PGVI elaborada a preço de mercado, a tributação do IPTU se comportará ineficiente e injusta.

Nesse sentido, observa-se que o imposto predial de Fortaleza está sujeito a deformidades, uma vez que a fórmula de cálculo segue padrões e fatores aplicáveis a uma antiga realidade imobiliária, desconsiderando as inovações produzidas na dinâmica do mercado ao longo do tempo.

De fato, uma política tributária consistente e capaz de otimizar a distribuição do ônus tributário, está condicionada à apuração de uma base de valor confiável e aceita pelos agentes do mercado imobiliário, sendo necessário, no mínimo, a adoção dos padrões e rigores estabelecidos pelas normas da ABNT.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a forma de avaliação imobiliária aplicada nos imóveis de Fortaleza para fins tributários, mais precisamente o método evolutivo utilizado no cálculo da base econômica do IPTU. Desse modo, o trabalho visa destacar as possíveis irregularidades presentes no atual processo de mensuração do valor venal, bem como apresentar uma sistemática de cálculo adequada às normas da ABNT, com a finalidade de atenuar as prováveis distorções verificadas.

Além dessa introdução, a presente pesquisa aborda mais quatro seções. A segunda seção compreende uma revisão da literatura, abordando estudos relevantes inerentes à base de cálculo do IPTU, aos métodos de avaliação imobiliária para fins fiscais e às normas aplicadas no processo de mensuração do valor venal.

Na terceira seção é apresentado o método de avaliação utilizado no município de Fortaleza, detalhando seus componentes e evidenciando seus problemas, além de elaborar uma proposta de avaliação baseada no mesmo método, mas ajustada às diretrizes das normas

técnicas da ABNT. Por fim, será exibida a acurácia dos resultados na seção seguinte, cabendo a última seção relatar sobre as considerações finais do trabalho.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O IPTU é um imposto que incide sobre a propriedade imobiliária urbana, cuja competência para instituí-lo é dos governos locais, destacando-se como um importante tributo na consolidação da autonomia municipal. Tal afirmação pode ser verificada em diversos estudos como Oliveira Júnior (2014), Carvalho Jr. (2017) e Martins (2019), dos quais se pode inferir a existência de um grande potencial para se tornar na principal fonte de receita para a manutenção da infraestrutura e dos serviços urbanos.

Gruber (2009) relata que nos Estados Unidos o imposto predial é a principal fonte de financiamento dos governos locais, o que não é verificado na grande maioria dos países da América Latina, conforme conclui De Cesare (2012). Nesse cenário, entende-se que esse baixo retrospecto da tributação imobiliária no fortalecimento dos entes municipais se deve, principalmente, a problemáticas vinculadas ao aspecto quantitativo da exação sobre imóveis, mais precisamente em relação à base de cálculo do tributo.

Isto posto, necessita-se, de início, realizar algumas reflexões sobre tal instituto para fins de estabelecer um entendimento consistente da situação exposta. Sendo assim, de forma propedêutica, tem-se como regra matriz de incidência do IPTU a propriedade predial e territorial urbana, nos termos do art. 156, inciso I da Constituição Federal brasileira. Já o art. 146, inciso III, alínea “a”, do citado texto constitucional, reserva à lei complementar a competência para estabelecer normas gerais em matéria de legislação tributária, inclusive no que tange à base de cálculo. Por consequência, o Código Tributário Nacional (lei 5.172/66), em seu art. 33, elege o valor venal do imóvel como referência de mensuração.

A doutrina de Martins (1985) é precisa em firmar o liame da relação lógica entre hipótese de incidência (ter propriedade de bem imóvel urbano) e base de cálculo (valor venal). Isto porque, assevera a necessária possibilidade de dimensionamento do conteúdo econômico presente na essência da regra matriz de geração do imposto. Logo, escolhido o fato econômico, é indispensável que o cerne da descrição desse fato seja passível de mensuração.

Com efeito, a base de cálculo é a eleição de critério para medir o fato prescrito em lei, cujo vínculo, na visão de Falcão (2013), lhe atribui uma verdadeira e autêntica expressão econômica. Por fim, conclui Barros (2012) que após dimensionado o valor da matéria tributária, aplica-se a alíquota com o objetivo de determinar a prestação pecuniária devida.

Do exposto, Furlan (2010) atribui elogios ao legislativo ao determinar a base de cálculo do IPTU, uma vez que, consistindo no fato a ser tributado a propriedade imobiliária, nada mais coerente do que seu valor venal para permitir sua mensuração. De acordo com Lopes

Filho, isso deve em virtude de o legislador não escolher outras opções para dimensionar economicamente os imóveis no sentido de aferir o poder contributivo de seu proprietário, a exemplo do valor locatício, como bem descreve Baleeiro (2012).

Fernandes (2005) ressalta que a lei estabeleceu apenas um conceito aberto (valor venal), sem definir precisamente a base de cálculo do imposto predial, cabendo, dessa forma, ao legislador municipal dispor sobre os critérios de avaliação, fixando os elementos / parâmetros a serem utilizados pela autoridade lançadora no processo de mensuração do valor venal de imóvel urbano.

Assim, cada ente competente estabelecerá, discricionariamente, o método que lhe for mais conveniente e oportuno para quantificar a matéria tributária, tendo como limite de referência o valor de venda da unidade imobiliária praticada no mercado.

Torna-se inevitável, nesse contexto, discorrer sobre o conceito de valor venal para sedimentar a compreensão da base de cálculo do IPTU. De início, é importante realçar a distinção que Harada (2012) aponta entre o conceito doutrinário e legal. Isto devido ao fato daquele representar a fronteira intransponível do montante a ser mensurado. Já o conceito legal se baseia nos critérios objetivos para apuração a que se vincula o fisco municipal.

No entendimento do jurista, portanto, a administração tributária está obrigada a cumprir a definição legalista, ajustando-se ao conceito doutrinário nos casos em que este for extrapolado.

No âmbito do direito tributário, o entendimento da doutrina sobre valor venal, a exemplo de Carrazza (2004), Coelho (2014), Melo (2016) e Machado (2018), é precisamente sintetizado por Baleeiro (2015) ao elucidar que valor venal é aquele alcançado pelo imóvel no processo de compra e venda à vista, segundo as condições usuais do mercado imobiliário.

É possível concluir, então, que as locuções “valor venal” e “valor de mercado” são idênticas, e por isso, complementa Barreto (2009), que tais valores são derivados tanto por forças econômicas caracterizada pela lei da oferta e procura, como por influências de fatores psicológicos ou subjetivos, os quais o torna no máximo um valor provável de venda.

Sabendo da imprecisão matemática do cálculo do valor venal para fins de IPTU, Caliendo (2019) relata a necessidade de previsão legal da forma de estimação do preço da propriedade, com o intuito de possibilitar a contestação por parte do contribuinte nos casos de discrepância entre a valorização inicialmente definida em lei e a realmente transacionada no mercado.

Nessa conjectura, é inevitável realizar um processo de avaliação para encontrar a base de cálculo da exação imobiliária. Na execução dessa tarefa, existem diversos municípios

nos quais as avaliações são fundamentadas em percepções de um grupo de estudo ou comissão, muitas vezes com viés político. Ademais, outra grande parte dos fiscos municipais se restringe apenas em aplicar correções pela inflação ou somente realizar ajustes subjetivos em cima de valores históricos de origem desconhecida, conforme relata Zancan (1996).

No entanto, devido à enorme importância de se determinar corretamente o valor da propriedade imobiliária para os diversos fins, inclusive o tributário, são elaboradas normas e diretrizes em nível nacional e internacional, as quais se dedicam a estabelecer procedimentos e parâmetros que visam estimar os valores dos imóveis à nível de mercado.

No âmbito mundial, existem duas instituições que produzem normas com padrões globais de avaliação, a saber: o Conselho Internacional de Padrões de Avaliação (sigla em inglês é IVSC), e a Associação Internacional de Oficiais Avaliadores (sigla em inglês é IAAO). Esta última, dedicada à elaboração de normas direcionadas aos entes públicos responsáveis pelos processos de avaliação em massa para fins tributários.

No Brasil, a entidade que se destina a elaborar especificamente normas de avaliação é o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia – (IBAPE), com sede em São Paulo e Filial em todos os estados. Além deste, existe a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que é o órgão responsável pelas normatizações técnicas no Brasil.

Devido ao grau de complexidade e aos necessários conhecimentos especializados, a avaliação de imóveis é considerada um trabalho eminentemente técnico. Por consequência, a ABNT já editou diversas normas de avaliação, das quais são relevantes para o presente trabalho a NBR 14.653 – 1 – avaliação de bens – parte 1: procedimentos gerais e a NBR 14.653 – 2 – avaliação de bens – parte 2: Imóveis urbanos.

A primeira norma citada fixa as diretrizes para a avaliação de bens em geral, quanto à classificação da sua natureza; instituição de terminologia, definições, símbolos e abreviaturas; descrição das atividades básicas; definições de metodologias básicas; especificação das avaliações; e requisitos básicos de laudos e pareceres técnicos de avaliação. Já a segunda se destina a prescrever os comandos para avaliação de imóveis urbanos, de acordo com os preceitos descritos na NBR 14.653 – 1, com o propósito de identificação do valor de mercado.

Esta última norma fornece quatro métodos possíveis para determinar o valor da propriedade urbana. Contudo, Thofehrn (2010) descreve que a aplicação da melhor metodologia depende de três condições: 1) a natureza do bem avaliando, principalmente se suas características são específicas ou comuns; 2) a identificação de qual finalidade se pretende alcançar com a avaliação, com objetivo de definir o nível de rigor desejável; e 3) a

disponibilidade, quantidade e qualidade de informações fornecidas pelo mercado, a exemplo dos dados de ofertas e transações imobiliárias.

Dantas (2005) especifica quais são as opções metodológicas para se determinar o valor de um bem nos termos da NBR 14.653 - 2. De início, o autor afirma que tal norma técnica recomenda, sempre que possível, a utilização do método comparativo direto de mercado. Essa forma de avaliação consiste na apuração do valor venal por meio da comparação com um conjunto de dados de mercado estabelecidos em uma amostra, os quais possuem características assemelhadas ao do imóvel avaliando.

É observada a aplicação de quatro fases, a saber: 1) vistoria do imóvel avaliando; 2) identificação das possíveis variáveis influenciadoras da formação do valor; 3) investigação do mercado imobiliário que disponibilizará as informações e os dados necessários; e 4) tratamento dos dados, no que tange aos atributos heterogêneos existentes entre si e em relação ao avaliando, podendo realizar tratamento por fatores ou por procedimento científico.

No tratamento científico, as tendências do mercado são pesquisadas por inferência estatística aplicada em modelos de regressão linear. Em suma, este método se baseia no estudo do comportamento de uma variável (valor venal) que depende de outras variáveis (área, localização, padrão, idade, etc.) responsáveis pela sua formação. Já no tratamento por fatores, as discrepâncias existentes entre os dados de mercado e o imóvel avaliando são homogeneizadas por fatores devidamente fundamentados, realizando um estudo estatístico descritivo dos resultados posteriormente.

O segundo método é o involutivo, o qual consiste na estimativa do valor de mercado do bem embasado no seu aproveitamento suficiente, devidamente fundamentado em modelo de estudo de viabilidade técnico-econômica, por intermédio de um empreendimento hipotético compatível com os atributos do bem e com as condições do mercado no qual está inserido, considerando cenários viáveis para execução e comercialização do produto.

No método da capitalização da renda o valor do bem é estimado com base na capitalização presente da sua renda líquida prevista, considerando-se cenários viáveis para sua utilização, sendo esta a terceira metodologia possível de ser aplicada.

Enfim, a NBR 14.653 – 2 inovou ao descrever um quarto método possível de ser utilizado na avaliação imobiliária, o qual denominou de evolutivo. A metodologia, em breve síntese, é baseada na suposição de que o custo e o valor são fortemente relacionados e visa apurar o custo de reproduzir o mesmo imóvel. A composição do valor total do imóvel avaliando é obtida por meio da soma do valor do terreno e do valor do custo de reprodução das benfeitorias devidamente depreciado (custo de reedição).

Diante disso, como a finalidade é determinar o valor de mercado, é recomendado a aplicação do fator de comercialização, o qual consiste, segundo Bonin e Hochheim (2013), na razão entre o valor de mercado do imóvel e seu custo de reprodução depreciado. Logo, podendo assumir peso maior, menor ou igual a 1, evidenciando o comportamento do mercado.

Destaca-se que a estimação do valor do terreno deve ser feita pelo método comparativo de dados de mercado, ou, em sua impossibilidade, pelo método involutivo. Já a estimativa do custo de reedição deve ser apurada com base no método comparativo direto de custo ou pelo método da quantificação de custo, bem como em métodos técnicos de depreciação.

Nesse cenário, é fundamental enfatizar a peculiaridade existente no processo de mensuração da base de cálculo do IPTU. Isto devido ao imenso número de avaliações que devem ser realizadas uniformemente em um curto espaço de tempo. Entende-se, portanto, que a avaliação em massa dos imóveis é a técnica mais recomendada para obtenção do melhor resultado, sem deixar de considerar a ressalva de González (2006) no que tange a possibilidade de uma menor precisão em virtude da quantidade de imóveis tributados.

No entendimento de Averbeck (2003), avaliação em massa é o processo de determinação de modelos matemáticos, baseados nos reais valores locais, processados e aprovados estatisticamente e utilizados na avaliação de uma quantidade de imóveis de uma população.

Percebe-se que o Brasil é carente de uma norma padrão que aborde especificamente o processo de avaliação em massa com finalidade fiscal. Nem mesmo a NBR 14.653 – 2 destinou alguma seção em particular sobre esse assunto, restringindo-se apenas a definir o termo “planta de valores” (representação gráfica ou listagem de valores genéricos de metro) e a recomendar a vistoria por amostragem nas avaliações em massa realizadas a partir de dados cadastrais.

No cenário internacional, essa problemática não é observada nos países membros da IAAO, uma vez que ela normatiza diversos padrões no ramo da avaliação em massa para fins tributários. Tal entidade conceitua esse procedimento como um processo de avaliação de um grupo de propriedades em uma data determinada e com a utilização de dados comuns, métodos padronizados e testes estatísticos.

Não obstante se verifique certa omissão normativa exclusiva para os casos das avaliações em massa para fins fiscais, não se pode deixar de aplicar as demais normas. Entretanto, verifica-se que grande parte das recomendações da NBR 14.653 é desrespeitada pelos municípios. Como exemplo, cita-se o caso da norma preferir o método comparativo de

dados de mercado, mas a grande maioria dos municípios brasileiros, tradicionalmente, emprega o método evolutivo.

Vale ressaltar que existem fortes críticas à eficácia deste método em estimar corretamente os valores para a maior parte dos imóveis, principalmente pelo fato do custo ser apenas um dos fatores que pode influenciar a formação do valor venal, mas não o único. Ainda assim, por ser considerado de fácil aplicação, é comumente utilizado pelos governos locais.

Percebe-se, entretanto, que raramente os municípios respeitam de forma integral as regras destinadas a esse método de avaliação, o que justifica, em grande parte, as distorções existentes nos resultados. Em resumo, Silva e Loch (2009) apontam outros aspectos capazes de promoverem essas deformidades, a saber:

- 1) Os valores de referência dificilmente são calculados por procedimentos científicos, apresentando grande viés político que os distanciam do valor de mercado;
- 2) Os pesos dos fatores que ponderam os valores unitários (terreno e construção) não resultam de análise mercadológica, sendo muitas vezes elaborados de forma subjetiva.

Diante disso, muitos trabalhos vêm sendo produzidos visando a promoção do conhecimento no ramo da avaliação em massa para fins tributários, utilizando não somente as técnicas disponíveis da Engenharia de Avaliação, mas principalmente as diretrizes estabelecidas pela ABNT, com a finalidade de apresentar um respaldo científico que permita fornecer mais qualidade, segurança, confiabilidade e transparência.

A título de exemplos, tem-se importantes estudos como: 1) Dantas (2003), no qual foi aplicado o modelo espacial ao mercado habitacional de Recife -PE; 2) Carvalho Jr. (2011), o qual propôs novos fatores de correções e valores para a PGV da cidade do Rio de Janeiro - RJ, utilizando-se de modelo de preços hedônicos; 3) Crestani (2017), o qual aplicou o método evolutivo seguindo os preceitos da ABNT para o município de Ibiaçá / RS; 5) Silva *et al.* (2018), o qual elaborou uma correção na PGV do município de Jaboatão dos Guararapes / PE; 6) Bandeira (2019), que colaborou como o estudo sobre a aplicação de regressão espacial na avaliação dos terrenos de Fortaleza, e Nunes *et al.* (2019), os quais sugeriram um modelo de regressão linear múltipla para avaliar apartamentos em Fortaleza.

Em Fortaleza, hodiernamente, adota-se o uso das normas técnicas de avaliação apenas para fins de apuração do ITBI, cujo tributo possui a mesma base de cálculo do IPTU (valor venal). Apesar disso, os métodos de avaliação utilizados, em suma, são distintos. No caso

do Impostos sobre a transmissão de bem imóvel, é aplicada, em suma, a técnica de comparação direta dos dados de mercado.

Já no imposto predial, o critério utilizado foi o método evolutivo sem o cumprimento de importantes determinações estabelecidas pela ABNT, as quais, em sequência, serão discutidas nesse estudo, juntamente com a elaboração de uma proposta de um modelo de avaliação que adequado aos padrões exigidos pela norma.

### 3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para definir o valor venal dos imóveis urbanos com finalidade tributária, considerando um cenário de limitação de tempo, de recursos escassos, de grande heterogeneidade e quantidade de propriedades, muitos governos locais aplicam o processo de avaliação em massa. Tal sistemática se apresenta como uma boa opção para determinar, em larga escala, os valores dos imóveis em uma justa proporcionalidade, utilizando-se modelos genéricos. Nessa forma de avaliação, o método mais praticado no mundo é o comparativo de dados de mercado, com apoio da análise de regressão.

No Brasil, o padrão ainda adotado é o método evolutivo, principalmente baseado em uma PGVI, que contém os valores unitários dos terrenos e das benfeitorias, corrigidos pelas características específicas de cada imóvel por meio de fatores de ponderação pré-determinados, nos quais, de acordo com Silva (2006), geralmente são definidos em função do Cadastro de Imóveis e da legislação tributária. A avaliação em massa dos imóveis de Fortaleza também segue este padrão, onde o valor de venda é obtido pelo somatório dos valores do terreno e das benfeitorias existentes, conforme será detalhado em sequência.

#### 3.1 Avaliação em massa dos imóveis de Fortaleza

Para compreender o cálculo do valor venal do IPTU, é necessário, primeiramente, expor algumas considerações sobre a PGVI vigente. A última tabela de valores foi elaborada, em 2003, com base nas opiniões proferidas por uma comissão composta por técnicos e políticos, que arbitraram tanto o valor de cada metro quadrado (m<sup>2</sup>) de terreno por face de quadra inserida no cadastro imobiliário, como também o valor unitário da edificação por padrão/tipologia construtiva.

Posteriormente, tais unidades de valores passaram por duas atualizações (em 2009 e 2013), as quais apenas elevaram os preços unitários da PGVI, atribuindo percentuais de aumento distintos em função do tipo (terreno, residencial e não residencial) e do valor venal do imóvel.

Sobre esse relato, é importante frisar o alto grau de subjetividade na determinação dos valores unitários, uma vez que são frutos de discussões de pontos de vistas pessoais, sem verificação de estudos técnicos ou científicos, valendo-se apenas do arbitramento frente a um mercado grande e complexo.

Ademais, os ciclos de avaliação são irregulares, tanto em função dos longos períodos de defasagem, como pelo fato das duas atualizações terem distorcido a sistemática da planta. Isso porque, após a aplicação de diferentes aumentos nos valores unitários (terreno e construção), estes deixaram de ser genéricos em relação a um imóvel paradigma, passando a ser individual, admitindo mais de um valor para a mesma face de quadra.

Nessa conjuntura, não é difícil deduzir que o resultado da avaliação em massa será insatisfatório por não representar o valor de mercado, proporcionando graves iniquidades e redução da receita tributária. Outrossim, não se observa o respeito ao item 8.2.4, da NBR 14.653 – 2, o qual exige que o valor do terreno seja determinado pelo método comparativo de dados de mercado. Pois, dessa forma, seria possível o uso de tratamento científico capaz de abordar maior objetividade na avaliação e melhoramento na qualidade do cálculo do valor unitário do terreno.

Em seguida, explana-se o atual modelo de avaliação em massa utilizado em Fortaleza, o qual está descrito no anexo IV, da lei nº 8.703/03, conforme visto na equação (1).

$$Vv = \{ [0.8415814466 \times (\sqrt[6]{At \times Tp \times Tp}) \times At] \times Fi \times Vt \times Fl \} + (Au \times Ve \times Fd) \quad (1)$$

onde:

Vv – Valor venal;

At – Área do terreno;

Tp – Testada principal;

Au – Área edificada da unidade;

Ae – Área total edificada;

Fi – Fração ideal = (Au/Ae);

Vt – Valor do m<sup>2</sup> do terreno;

Fl – Fator de correção do lote;

Ve – Valor do m<sup>2</sup> da edificação;

Fd – Fator de depreciação.

Como se pode observar, essa fórmula é composta pela soma de dois modelos pré-determinados. O primeiro calcula o valor do terreno por meio de uma expressão matemática, a qual contém o preço unitário do lote padrão (Vt), ponderado por fatores de valorização/desvalorização, derivado de suas características físicas (Fl). Adota-se um único lote padrão para toda cidade, com 12 metros de testada e 396 m<sup>2</sup> de área. A equação dentro do colchete visa estabelecer uma área territorial fictícia para os lotes de dimensão divergente do padrão, aumentando ou diminuindo a área tributada. Como consequência, as glebas terão o valor unitário do lote severamente elevado, podendo extrapolar o valor de mercado.

O fator do lote consiste em características extrínsecas e intrínsecas do terreno, sendo no total de 12 aspectos responsáveis pela sua valorização ou desvalorização em relação ao lote padrão, de acordo com a média dos pesos estabelecidos na legislação. No entanto, esses pesos e atributos foram fixados de forma subjetiva há mais de 30 anos.

Percebe-se até uma certa coerência entre seus valores, todavia não foram utilizados tratamentos objetivos para sua formação. Além do mais, alguns atributos empregados estão ultrapassados e outros mesmo significantes se quer foram ponderados. Assim sendo, pode-se depreender que tais pesos e atributos dificilmente expressam o comportamento do mercado, prejudicando uma avaliação correta e justa.

No que tange ao modelo pré-determinado de edificação, os valores são auferidos pela multiplicação entre o custo unitário de construção, a área edificada e o fator de depreciação. Aparentemente mais simples, percebe-se que o custo unitário da edificação é definido em função de 17 características construtivas, cada uma sendo ponderadas de acordo com seus atributos, cuja média define um dos 12 padrões construtivos para cada uma das 13 tipologias.

Semelhante ao modelo do terreno, estes pesos e atributos também são alvos de fortes críticas, uma vez que também foram produzidos subjetivamente, ou seja, sem critério científico. Nesse caso, tanto as tipologias construtivas como os demais atributos do padrão de construção estão em grande parte dissociadas do mercado.

Tal fato fica mais evidente quando se analisa as publicações dos custos de construções calculados por entidades renomadas como o Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON) e a Caixa Econômica S/A associada ao IBGE. Por consequência, as incoerências apontadas na aferição do custo da edificação também deturpam o resultado da avaliação, gerando consequências negativas sobre a carga tributária.

Com relação ao fator de depreciação, este é genericamente aplicado em razão da idade de construção do imóvel, independentemente do tipo de construção. No caso concreto, deprecia-se 5% do custo unitário a cada cinco anos de idade, limitado a 50%. Tal sistemática não respeita as diretrizes da NBR 14.653-2, necessitando que seja aplicado critérios mais objetivos que permitam realizar a corrosão da base de cálculo dentro e patamares técnicos normalmente aceitos pelo mercado.

Em breve síntese, destacou-se os principais problemas inerentes ao processo de avaliação em massa presentes no atual modelo de avaliação da base de cálculo do IPTU. Observa-se, claramente, que essa sistemática não está consonância com as normas técnicas aplicada ao método evolutivo.

Na próxima seção, dar-se-á início a elaboração de uma proposta de mensuração massiva de imóvel, utilizando a metodologia evolutiva de avaliação, em conformidade com os preceitos técnicos sugeridos pela ABNT e aceitos pelo mercado.

### **3.2 Base de dados do modelo proposto**

O levantamento de dados de uma pesquisa é uma das fases mais delicadas do processo de avaliação imobiliária. Considerando que o presente trabalho segue as determinações da ABNT, e esta instituição não apresenta normas específicas para avaliação em massa, foram utilizadas as regras disponíveis que melhor se adequam em tal processo, com suporte do embasamento doutrinário especializado, inclusive em relação ao tratamento dos dados de mercado representativos da população.

Dessa forma, tendo em vista as dificuldades de custos e prazos, bem como as adversidades intrínsecas na coleta de dados do mercado, optou-se em colher informações do Observatório Imobiliário da SEFIN. Este consiste em um sistema de informações de armazenamento permanente de dados, alimentados de forma contínua com transações e ofertas envolvendo vários tipos de imóveis.

Ressalta-se a qualidade dessas informações, uma vez que são registrados, com elevado nível de confiança, dados de diversas fontes (periódicos, sites, e de campo) sobre as negociações imobiliárias, inclusive relacionadas ao recolhimento de ITBI, fornecendo características que refletem no processo de formação do preço dos imóveis, como as dos tipos econômicas, físicas e de localização.

Os dados do Cadastro Imobiliários da SEFIN também subsidiaram a pesquisa, principalmente por serem fundamental para base de lançamento do IPTU, conforme enfatiza Loch (2007). É importante evidenciar o grande processo de modernização cadastral que vem sendo implantado em Fortaleza desde 2013. Os dados cadastrais passaram por dois significativos processos de atualizações, cobrindo cerca de dois terços do total cadastrados.

Além disso, todas as unidades foram georreferenciadas, corrigindo vários aspectos relacionados à duplicidade de informações, às dimensões do imóvel e à infraestrutura urbana fornecida. Destaca-se, também, a existência de uma intensa atividade de recadastramento, que diariamente promove diversas atualizações, contribuindo para manutenção da qualidade das informações que subsidiaram o processo de avaliação imobiliária.

Em razão do cálculo do valor venal realizado pelo fisco de Fortaleza englobar imóveis edificados com treze tipologias distintas, sendo cada uma subdividida em doze padrões

construtivos, decidiu-se restringir o escopo deste trabalho à análise das avaliações apenas do tipo casa, cuja benfeitoria é predominante no cadastro da SEFIN.

### 3.3 Modelo de preço hedônico

No processo de escolha do modelo a ser aplicado, considerou-se as características do mercado imobiliário, a exemplo da heterogeneidade. Diante desse aspecto, é possível afirmar que os preços praticados no mercado são influenciados pelos valores dos imóveis de diferentes características (próprias, locacionais e econômicas).

Nesse sentido, segundo Wooldridge (2008), um modelo que explica o preço de um bem em relação a seus atributos é denominado de modelo de preço hedônico. Tal modelo é bastante utilizado no ramo da Engenharia de Avaliações para determinar o valor de mercado.

González (2002), também reforça que na avaliação pelo método comparativo de mercado, utilizando análise de regressão, é comum o uso do modelo hedônico de preços, que visa relacionar as características relevantes para o mercado com os preços praticados, por meio de uma função hedônica.

Esta função, conforme destaca Freitas (2018), é principalmente estruturada no tipo de modelo log-linear, visto que, em geral o preço aparece na forma logarítmica, relacionando o preço dos imóveis com seus componentes com finalidade de determinar a contribuição marginal de cada atributo, nos termos da equação (2):

$$\ln P_i = X_{ij}\beta + \varepsilon_i \quad (2)$$

Onde  $P_i$  é o preço do imóvel (variável dependente);  $X_{ij}$  é a matriz de características do imóvel (variável independente);  $\beta$  são os coeficientes do modelo, geralmente estimados pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO); e  $\varepsilon_i$  são os erros aleatórios.

A análise de regressão desse modelo exige o cumprimento de determinados pressupostos de validade para realizar estimativas confiáveis, os quais são ressaltados por Gujarati (2011) e ratificados pela ABNT, conforme apresentados a seguir:

- a) O número de observações deve exceder o número de coeficientes a ser estimado (micronumerosidade);
- b) os resíduos devem seguir a distribuição normal;
- c) os resíduos devem possuir média zero;
- d) A variância dos resíduos é constante (homocedasticidade);

- e) há independência entre os resíduos (não autocorrelacionados);
- f) não há colinearidade entre qualquer variável independente.

Em função do nível de cumprimento desses pressupostos e da análise das demais medidas do processo de regressão linear, a ABNT estabeleceu formas de fundamentação que se deve basear o avaliador, graduado em três níveis, sendo o a mínima fundamentação nivelada com grau I e a máxima com grau III.

Em suma, utilizou-se do embasamento teórico da modelagem hedônica de preços, associada a técnica econométrica de estimação por meio da análise de regressão linear, com o intuito de ajustar a heterogeneidade dos imóveis de forma objetiva. Desse modo, consegue-se estimar o preço unitário do terreno e o custo básico de construção, os quais são exigidos pela norma técnica NBR 14.653-2 para realizar a avaliação dos imóveis pelo método evolutivo.

### **3.4 Modelagem**

Observando as regras da ABNT sobre avaliação pelo método evolutivo e considerando a necessidade de se proceder com a avaliação em massa da tipologia casa, verificou-se, de início, a necessidade de elaborar uma modelagem referente à parte territorial para fins de estimação do preço unitário por m<sup>2</sup> dos terrenos.

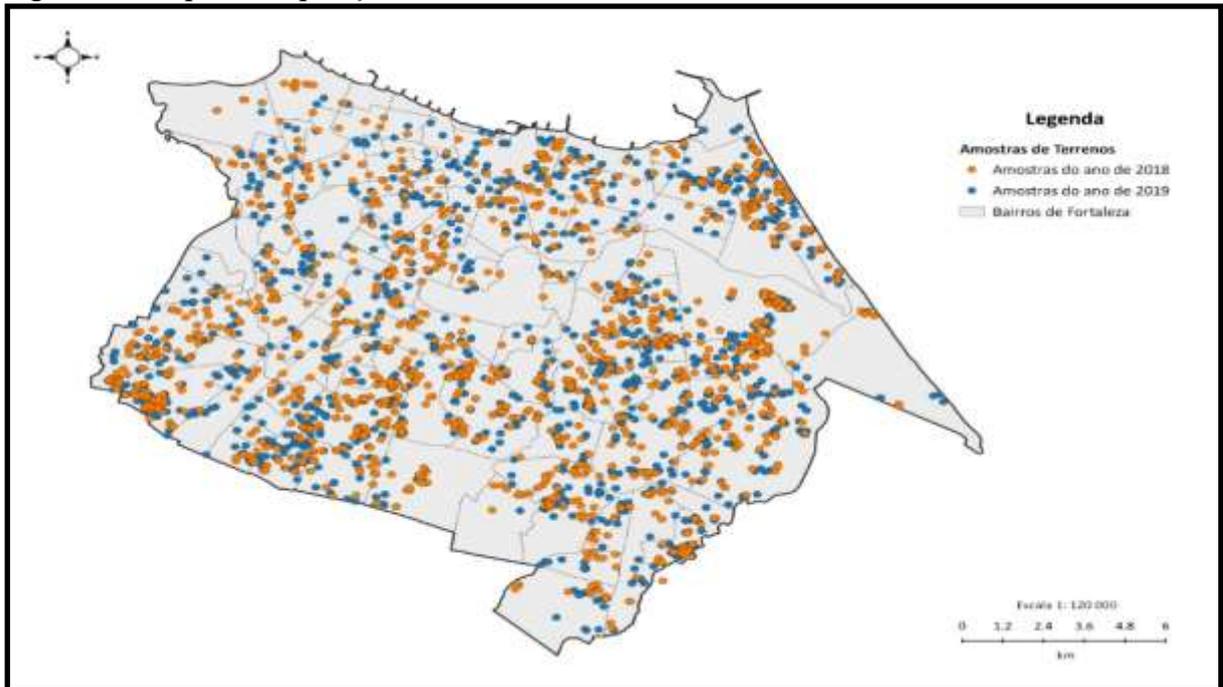
Em seguida, deu-se prosseguimento ao desenvolvido de um modelo relacionado à edificação, devidamente ajustado as normas técnicas e aos padrões construtivos utilizados pela SEFIN, com o objetivo de definir o custo do m<sup>2</sup> de construção para cada padrão de casas.

Ressalta-se que, no modelo proposto, foi adotado o valor unitário para o Fator de Comercialização, dada a sua complexidade de mensuração, uma vez que a NBR 14.653-2 não detalha precisamente os critérios a serem cumpridos nesse processo.

#### ***3.4.1 Modelagem para o cálculo do valor unitário do terreno***

Seguindo as diretrizes da NBR 14.653-2, utilizou-se o método comparativo de mercado para aferir a parte relacionada ao valor do terreno pertencente à avaliação evolutiva. Sendo assim, para estimar o modelo de preços hedônicos dos terrenos foi considerada uma amostra representativa formada por 3.506 observações, elaborada por meio de uma amostragem aleatória simples sobre a base mercadológica disponibilizada pela SEFIN, referentes aos anos de 2018 e 2019, cujos terrenos se encontram distribuídos por toda a cidade, conforme o mapa exposto na figura 1.

Figura 1 – Mapa de disposição da amostra de terrenos



Fonte: Elaborado pelo autor

Na parte determinística da equação, adotou-se a variável dependente preço unitário do terreno, cuja escala de medição sofreu transformação logarítmica. Também foram utilizadas 21 variáveis independente, todas devidamente descritas na tabela 1.

Tabela 1 – Descrição das variáveis adotadas no modelo hedônico de terrenos

Variável	Nome	Descrição
$E^2$ , $E^3$ , $N^3$ , $E\_N$ , $E\_N^2$ , $E^2\_N$	Variáveis Espaciais	Representadas por um polinômio de tendência do terceiro grau, com o objetivo de filtrar as variações dos preços a grande escala espacial, composto pelas coordenadas UTM dos centroides dos imóveis ( $E^2$ , $E^3$ , $N^3$ , $E*N$ , $E*N^2$ e $E^2*N$ ), padronizadas em termos de média geral dos lotes existentes na cidade ( $X_m$ , $Y_m$ ) e convertida para Km. Ou seja, $E = (X - 550.173,35) / 1000$ e $N = (Y - 9.582.962,63) / 1000$ , segundo Dantas (2014).
Lot_cond	Loteamento em Condomínio	Variável <i>dummy</i> positiva que assume valor 1 (um) se o terreno está em condomínio fechado e zero em caso contrário. Essa variável foi colhida junto ao cadastro imobiliário do Município.
Tip_inc	Tipo Incorporação	Variável <i>dummy</i> positiva que assume valor 1 (um) se o terreno tem potencial para incorporação imobiliária e zero em caso contrário. Essa variável foi colhida junto ao cadastro imobiliário do Município.

Continua

Continuação

Tabela 1 – Descrição das variáveis adotadas no modelo hedônico de terrenos

Variável	Nome	Descrição
Aven	Avenida	Variável <i>dummy</i> positiva que assume valor 1(um) se o dado está situado em avenida ou rodovia e zero em caso contrário.
Núm_frent	Número frentes	Variável quantitativa discreta positiva que indica o número de frentes do terreno, limitado a 5.
Rend	Renda	Variável <i>proxy</i> positiva de macrolocalização, representada pela renda média do chefe da família, em salários mínimos, ajustada a uma superfície de tendência construída pelo processo de <i>Krigeagem</i> , tomando-se como base os dados de renda média do responsável no setor censitário, divulgada pelo censo do IBGE (2010), segundo Dantas (2014).
Area_terx	Área Terreno	Variável quantitativa continua negativa que indica a área territorial em metro quadrado.
Perc_pres	Percentual área de Preservação	Variável <i>proxy</i> positiva representando a área de preservação (ZPA1) que atinge o imóvel, segundo o plano diretor do Município de Fortaleza (PDPFor) (em m <sup>2</sup> ). Em casos de zero absoluto, para não inviabilizar sua transformação logarítmica, considerou-se 0,01.
Inf_ajus	Infraestrutura ajustada	Variável quantitativa discreta que representa a soma dos elementos de infraestrutura, presentes em qualquer um dos trechos de logradouro para qual o imóvel tem frente, a saber: água, esgoto, galeria pluvial, sarjeta, iluminação pública e pavimentação. Essa variável foi ajustada da seguinte forma: a) valor 1 (um) se esta soma é menor igual a 3; b) 2 (dois) se esta soma é 4; c) 3 (três) se esta soma é 5 e d) 4 (quatro) se esta soma é 6.
Ind_aprov_max_eq	Índice de aproveitamento máximo equivalente	Variável <i>proxy</i> positiva que representa o índice de aproveitamento onde está situado o imóvel segundo plano diretor.
Den_com_tre	Densidade comercialização no trecho de logradouro	Variável <i>proxy</i> positiva de densidade de comercialização no trecho de logradouro onde está situado o imóvel. Representa o percentual de imóveis comerciais em relação ao total de imóveis no trecho de logradouro. Em casos de zero absoluto, para não inviabilizar sua transformação logarítmica, considerou-se 0,01.
Den_vert_ker_200	Densidade de verticalização kernel 200	Variável <i>proxy</i> positiva de densidade de verticalização onde está situado o imóvel. Representa o percentual de lotes ocupados no bairro, com edifícios acima de cinco pavimentos.

Continua

Tabela 1 – Descrição das variáveis adotadas no modelo hedônico de terrenos

Variável	Nome	Descrição
Ano_2019	Ano 2019	Variável <i>dummy</i> em relação ao tempo de coleta da natureza do evento (transação, oferta, avaliações de ITBI), que assume valor 1 (um) se o dado amostral for de 2019 e zero se for 2018.
Orig_oferta	Oferta	Variável <i>dummy</i> agrupada representando os dados coletados em OFERTA. Agrupada com TRANSAÇÃO. Quando OFERTA e TRANSAÇÃO são iguais a 0 (ZERO) simultaneamente, indica que o dado é uma avaliação de ITBI.
Orig_transação	Transação	Variável <i>dummy</i> agrupada representando as TRANSAÇÕES do mercado imobiliário ou valor declarado pelo contribuinte nas declarações de ITBI quando essa declaração esteja dentro do limite de mais ou menos 5% do avaliado pelo ITBI. Agrupada com OFERTA. Quando OFERTA e TRANSAÇÃO são iguais a 0 (ZERO) simultaneamente, indica que o dado é uma avaliação pura de ITBI.
Vbt_IPTU_2014	Valor Básico de Terrenos IPTU 2014	Variável <i>proxy</i> positiva indicando o valor unitário (R\$/m <sup>2</sup> ) base do terreno para o lançamento do IPTU, referente ao ano 2014.
Pu	Preço Unitário (R\$/m <sup>2</sup> )	Variável dependente, que pode ser fornecida como o valor estimado de avaliação do metro quadrado para cada terreno.

Fonte: Elaborado pelo autor

É importante destacar a relevância da localização do imóvel na formação do seu preço. Essa variável espacial normalmente ocasiona problemas de multicolinearidade e autocorrelação espacial. Uma das alternativas para correção desses problemas, de forma objetiva, é a técnica da análise de superfície de tendência (Trend Surface Analysis – TSA).

A superfície de tendência é fundamentada em equações polinomiais, as quais são utilizadas para estimar os valores dos pontos em todas as localizações através de coordenadas geográficas, tendo como resultado uma modificação da função hedônica de preços, onde variáveis independentes passam a ser representadas por combinações de coordenadas.

Neste estudo, a sistemática de cálculo da TSA aplicada foi baseada nos trabalhos de Dantas (2014), incluindo-se uma superfície de tendência de ordem cúbica, com a finalidade de filtrar as oscilações dos preços a grande escala espacial, não incluindo os efeitos microlocalizativos. Visando amenizar os problemas mais graves de multicolinearidade, normalmente encontrados nos modelos de avaliação de imóveis, foram utilizadas as

coordenadas transformadas em termos de desvios em relação à média geral dos lotes existentes na cidade.

Ainda com relação a especificação do modelo, tiveram transformação logarítmica as variáveis Renda, Área terreno, Densidade comercialização trecho e Valor básico de terrenos 2014, uma vez que apresentaram melhores resultados após o procedimento de linearização.

É importante ressaltar, também, que não foi constatado problema de micronumerosidade, visto que o número de observações foi bem maior que o número de parâmetros a serem estimados, conforme exigência do item A2 da NBR 14.653-2, atendendo o maior grau de fundamentação.

Após proceder com a regressão linear, foram gerados os resultados estatísticos do modelo de preços hedônicos para terrenos que poderão ser visualizados no Apêndice A, sendo que os principais se encontram na tabela 2, a seguir:

Tabela 2 – Modelo de preço hedônico ajustado (terreno)

Variável	Escala	Coefficientes	Desvio Padrão	Estat. t	P-valor
Constante		4,770349*	0,0790645	60,33	0,000
E2	x	-0,0043555*	0,0004073	-10,69	0,000
E_N	x	0,0001162	0,0000623	1,87	0,062
E3	x	0,0001463*	0,0000326	4,48	0,000
E2_N	x	-0,0000176	0,0000072	-2,44	0,015
E_N2	x	0,0000106*	0,0000009	11,48	0,000
N3	x	0,0000007*	0,0000001	12,20	0,000
Lot_cond	x	0,5892814*	0,0472253	12,48	0,000
Tip_inc	x	0,1136012*	0,0214229	5,30	0,000
Aven	x	0,245846*	0,0218280	11,26	0,000
Núm_frent	x	0,0772127*	0,0125897	6,13	0,000
Rend	Ln(x)	0,1994415*	0,0148571	13,42	0,000
Area_ter	Ln(x)	-0,0325386*	0,0090985	-3,58	0,000
Perc_pres	x	-8,973308*	1,4442816	-6,21	0,000
Inf_ajus	x	0,0394151*	0,0067427	5,85	0,000
Ind_aprov_max_eq	x	0,1604592*	0,0179268	8,95	0,000
Den_com_tre	Ln(x)	0,0274133*	0,0051540	5,32	0,000
Den_vert_ker_200	x	0,0170313	0,0072972	2,33	0,020
Vbt_IPTU_2014	Ln(x)	0,3461044*	0,0154377	22,42	0,000
Ano_2019	x	-0,0584961*	0,0149925	-3,90	0,000
Orig_oferta	x	0,1299794*	0,0186159	6,98	0,000
Orig_transação	x	0,1571376*	0,0309412	5,08	0,000
Pu	Ln(x)				

Fonte: Elaborado pelo autor

Notas: a) Prefixo “LN” antes da variável indica a transformação com logaritmo natural / b) \*Todos os estimadores foram estatisticamente significantes ao nível de 1%.

Com base nos resultados da tabela 2, verifica-se que os sinais dos coeficientes dos regressores estão conexos com o comportamento do mercado imobiliário, uma vez que existe a

perspectiva da elevação do preço unitário dos terrenos a partir do aumento do padrão socioeconômico do setor censitário onde está localizado, do número de frentes e da infraestrutura disponível.

Também se espera uma valorização para os terrenos loteados em condomínio, os que tenham frente para avenida, os que possui índice de aproveitamento máximo equivalente, ou os que apresente potencial de incorporação. Do mesmo modo, são mais onerados os terrenos situados em zonas comerciais ou em lugares com muitos prédios de mais de cinco pavimentos.

Seguindo a coerência do mercado, observa-se que os terrenos de maior área possuem o seu valor unitário menor, bem como os que detêm parte de sua metragem em área de preservação ambiental. Além disso, é confirmado que os valores das ofertas são superiores aos de transações efetivamente negociadas.

Percebe-se, no que tange à análise de significância individual dos parâmetros, que todos os *p-valor* foram inferiores a 10%, quando utilizado o teste *t* de *student*, indicando que todas as variáveis independentes se tornaram estatisticamente significantes. Dessa forma, foram respeitados os preceitos da NBR 4.653-2 com grau de fundamentação III.

O poder de explicação é de aproximadamente 72%, restando somente 28% de variabilidade não explicada, o que é aceitável em se tratando de um processo de estimação de avaliação em massa. O coeficiente de correlação (0,848) demonstrou uma forte correlação entre a variável dependente e as independentes atuando conjuntamente, conforme verificado na tabela 3.

Tabela 3 – Outros resultados do modelo hedônico (terreno)

<b>Discriminação</b>	<b>Valor</b>
Nº de observações	3.506
Estatística F	427,46
Probabilidade associada à F	0,0000
Coeficiente de determinação	0,7204
Coeficiente de determinação ajustado	0,7187

Fonte: Elaborado pelo autor

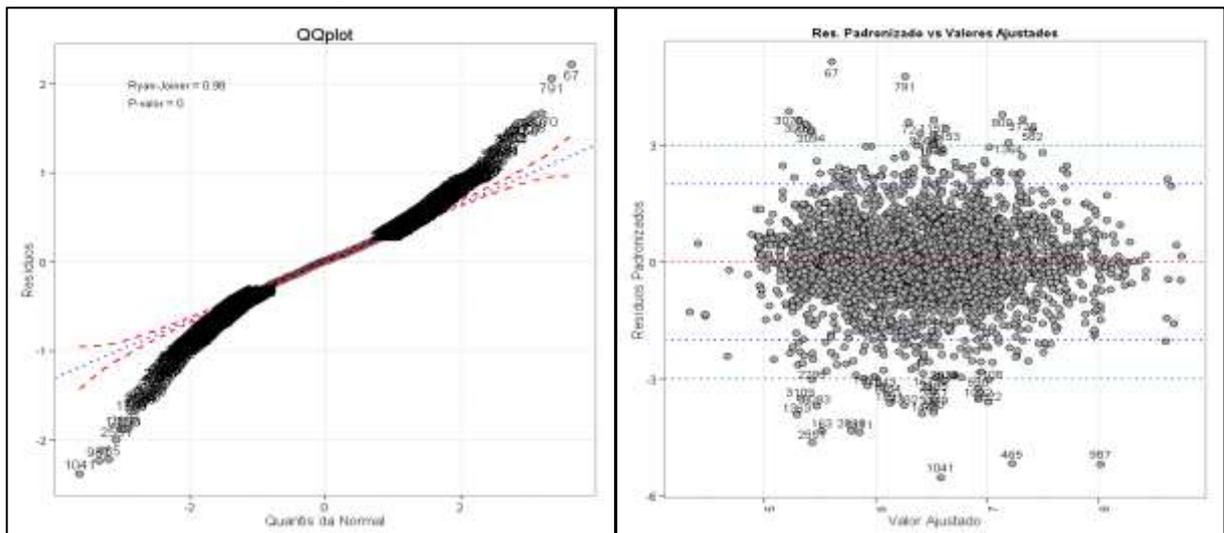
Na referida tabela, também se observa que o teste de significância global do modelo (F de Fisher – Snedecor) apresentou, em um nível de significância de 1%, o F calculado > o F crítico (tabelado), rejeitando a hipótese nula de todos os coeficientes serem zero, atestando a existência de relação linear. Portanto, aceita-se a equação de preços hedônicos com nível III de fundamentação, nos termos da NBR 14.653-2.

Para apurar a qualidade do modelo de regressão, segue-se com a análise dos pressupostos básicos relacionados ao comportamento dos resíduos.

Os erros, primeiramente, foram investigados em relação à normalidade por meio da interpretação do gráfico QQ-plot (figura 2), cuja análise indica que os resíduos têm uma distribuição aproximadamente normal. Pode-se observar sinais de fuga à normalidade, porém toleráveis, dado ao tamanho da amostra e à variabilidade sempre presente nos tipos de modelo hedônico (heterogeneidade dos imóveis). Portanto, considera-se respeitado tal pressuposto.

O próximo requisito a ser averiguado na regressão de preços hedônicos é a questão da homogeneidade da variância dos resíduos, a qual deverá ser constante (homocedasticidade). A figura 2, também, apresenta o gráfico das dispersões dos resíduos padronizados *versus* valores ajustados, no qual é percebido uma distribuição aleatória, não sendo visualizado qualquer padrão sistemático ou tendencioso. Portanto, é possível considerar o aspecto homocedástico do modelo.

Figura 2 – a) Gráfico de análise da normalidade dos resíduos (terreno); b) Gráfico resíduos padronizados vs valores ajustados



Fonte: Elaborado pelo autor

Para ratificar que a variância dos resíduos é constante, também foi realizado o teste teórico de Breusch-Pagan, o qual apresentou *p-valor* de 9,74%. Como este é maior que 5%, a hipótese nula não é rejeitada, não sendo violado o pressuposto da homocedasticidade, conforme se verifica na tabela 4.

Tabela 4 – Teste de homocedasticidade (terreno)

Teste Breusch-Pagan	
Estatística	p-valor
2,75	9,74%
Ho = Variância constante	<i>p-valor</i> > 5% - não rejeita Ho <i>p-valor</i> < 5% - rejeita Ho

Fonte: Elaborado pelo autor

Outro ponto a ser analisado é a independência entre os resíduos. Neste caso, o problema de autocorrelação pode ser detectado por meio do teste estatístico de Durbin-Watson. Tal teste não rejeitou a hipótese nula de independência dos erros, uma vez que o *p-valor* de 6,33% foi maior do que 5%. Logo, não foi verificado problema de autocorrelação, sendo respeitado o pressuposto da independência dos resíduos, de acordo com a tabela 5.

Tabela 5 – Teste de independência dos resíduos (terreno)

Teste de Durbin-Watson	
Estatística	P-valor
1,94	6,33%
Ho = os resíduos são independentes	P-valor > 5% - não rejeita P-valor < 5% - rejeita

Fonte: Elaborado pelo autor

Em se tratando do pressuposto de colinearidade/multicolinearidade, foi elaborada a matriz de correlação das variáveis independentes, exposta no Apêndice B, apresentando as dependências lineares de primeira ordem entre elas, não se observando valores superiores a 80%, revelando baixa correlação, enquadrando-se nos padrões exigidos pela norma técnica.

Além da análise da citada matriz, realizou o exame do Fator de Inflação da Variância (FIV), o qual fornece para cada preditor um teste mais abrangente, segundo Doane e Seward (2008). Os resultados se encontram listados na tabela 6, podendo-se considerar que os regressores são independentes, dado que não foi verificado FIV maior que 10, valor este indicado por pesquisadores como uma inflação da variância relevante para análise.

Tabela 6 – Fator de inflação da variância (terreno)

Variável	FIV	Variável	FIV	Variável	FIV
E <sup>2</sup>	4,05	Tip_inc	1,88	Ind_aprov_max_eq	2,23
E_N	5,77	Aven	1,27	Ln_den_com_tre	1,29
E <sup>3</sup>	4,17	Num_frent	1,40	Den_vert_ker_200	1,67
E <sup>2</sup> _N	4,12	Ln_rend	2,13	Ln_vbt_IPTU_2014	4,08
E_N <sup>2</sup>	6,17	Ln_area_ter	2,43	Ano_2019	1,03
N <sup>3</sup>	5,09	Perc_pres	1,06	Orig_oferta	1,45
Lot_cond	1,21	Inf_ajus	1,44	Orig_transação	1,22

Fonte: Elaborado pelo autor

Pela exposição dos resultados apresentados na análise do modelo de preços hedônicos desenvolvido, pode-se concluir pela sua validade para fins de estimação dos valores unitários dos terrenos presentes no cadastro imobiliário da SEFIN. Diante disso, ao multiplicar o valor da predição com a respectiva área territorial, tem-se o valor da parte referente ao terreno

que compõe o método evolutivo. No próximo tópico, será relatado o procedimento de avaliação da parte relacionada ao custo de reedição da benfeitoria.

### 3.4.2 Modelagem para o cálculo do custo unitário básico da construção (CUB)

O custo de reedição de benfeitorias pode ser calculado, segundo o item 8.3.1 da NBR 14.653-2, por meio do método da quantificação do custo. Assim, é possível ser apropriado pelo custo unitário básico de construção produzido de acordo com a NBR 12.721. Contudo, existem entidades que apuram e divulgam mensalmente ao mercado tal informação. Uma delas é o SINDUSCON, o qual divulga o CUB para vários projetos com três tipos de padrões (alto, médio e baixo). Outra forma de se obter o custo básico é consultando a tabela SINAPI, elaborada tecnicamente pela Caixa Econômica e atualizada pelo IBGE.

Como o propósito é avaliar as benfeitorias do tipo casa seguindo os padrões de acabamento da legislação do IPTU de Fortaleza (baixo, normal, alto e luxo), decidiu-se realizar uma modelagem de preços hedônicos, com uso da análise de regressão linear, tendo como base os dados do CUB disponibilizados pelos entes especializados citados anteriormente.

Desse modo, foram colhidas as informações publicadas para o Estado do Ceará pelo SINDUSCON<sup>6</sup> e SINAPI<sup>7</sup>, sobre o CUB de projetos residenciais mensalmente elaborados nos meses dos anos de 2018 e 2019, compondo uma amostra de 984 observações. Neste caso, fica afastado o problema de micronumerosidade, atendendo o grau III de fundamentação da norma técnica.

Para o ajustamento do modelo, considerou-se como variável dependente o CUB, cuja escala foi transformada para logarítmica. Foram utilizadas cinco variáveis explicativas (ver descrição na tabela 7), cuja variável área construída também foi logaritmizada, visto que foi apresentado melhores resultados.

Tabela 7 – Descrição das variáveis adotadas no modelo hedônico do CUB

Variável	Nome	Descrição
Pav	Pavimentos	Variável quantitativa discreta negativa, que indica o número de pavimentos da edificação.
Custo	Custo	Variável <i>dummy</i> que assume valor 1 (um) para os custos do SINAPI e zero para os custos do SINDUSCON.
Area_cons	Área construída	Variável quantitativa contínua negativa, a qual consiste na metragem da área construída total em m <sup>2</sup> .

Continua

<sup>6</sup> Disponibilizada no site: <<https://sindusconce.com.br/cub/>>.

<sup>7</sup> Disponibilizada no site: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/647>>.

Tabela 7 – Descrição das variáveis adotadas no modelo hedônico do CUB

Variável	Nome	Descrição
Padrão	Padrão construtivo	Variável <i>dummy</i> que representa os padrões existente na SEFIN, que varia de 1 a 12 classes, assumindo 2 para o padrão mínimo (classe 1, 2 e 3); 5 para o padrão baixo (classe 4, 5 e 6); 8 para o padrão normal (classe 7, 8 e 9); e 11 para o padrão alto (classe 10, 11 e 12).
Area_ter	Área terreno	Variável quantitativa contínua positiva, a qual consiste na metragem da área do terreno em m <sup>2</sup> .

Fonte: Elaborado pelo autor

As variáveis, individualmente, foram testadas quanto a hipótese de os valores calculados para  $t$  serem ou não diferentes de zero, a um nível de 1% no teste de  $t$  de *Student*. Após proceder com a regressão linear, foram gerados os resultados estatísticos do modelo de preços hedônicos para o CUB que poderão ser visualizados no Apêndice C, sendo que os principais se encontram na tabela 8, a seguir:

Tabela 8 – Modelo de preço hedônico ajustado (CUB)

Variável	Coefficientes	Desvio Padrão	Estatística t	P-valor
Constante	8,943181	0,077742	115,04	0,000
Pav	- 0,313196	0,014644	- 21,39	0,000
Custo	- 0,344163	0,015482	- 22,23	0,000
Ln_area_cons	- 0,436583	0,021582	- 20,23	0,000
Padrão 5	0,042864	0,009901	4,33	0,000
Padrão 8	0,275650	0,012816	21,51	0,000
Padrão 11	0,486414	0,023454	20,74	0,000
Area_ter	0,003718	0,000328	11,35	0,000

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota: Prefixo “LN” antes da variável indica a transformação com logaritmo natural.

Analisando a tabela 8, nota-se que todos os  $p$ -valores foram bem inferiores a 10%, quando utilizado o teste  $t$  de *student*, indicando a significância estatísticas de todos os regressores. Portanto, a relevância dos coeficientes das variáveis explicativas está mais do que cumprindo as regras da NBR 4.653-2, visto que se enquadra no maior grau de fundamentação estabelecido pela norma e por como

As variáveis que participam do modelo apresentam coeficientes com sinais coerentes com a lógica do setor da construção civil, uma vez que há uma expectativa de aumento do custo para padrões construtivos maiores. Também se espera uma majoração desse custo quando se tem como referência projetos de construção voltados para terrenos maiores. Seguindo conexo com o mercado, percebe-se que quanto maior a área construída menor será custo, o qual

também se verifica uma redução quando tabelados pelo SINAPI. Além disso, foi constatado sua diminuição com o aumentando o número de pavimentos.

A regressão apresenta um bom poder de explicação da ordem de 68,8%, restando 31,2% de variabilidade não explicada, o que é compreensível por se tratar necessariamente de vários projetos básicos distintos. O coeficiente de correlação (0,830) demonstrou uma forte dependência linear entre a variável dependente e as independentes atuando conjuntamente. O teste de significância global do modelo (f de Snedecor) rejeitou, a um nível de significância de 1%, a hipótese nula de não haver regressão, garantindo a existência do modelo com grau III de fundamentação determinado pela ABNT, conforme exibido na tabela 9.

Tabela 9 – Outros resultados do modelo hedônico (CUB)

<b>Discriminação</b>	<b>Valor</b>
Nº de observações	984
Estatística F	308,02
Probabilidade associada à F	0,0000
Coeficiente de determinação	0,6884
Coeficiente de determinação ajustado	0,6862

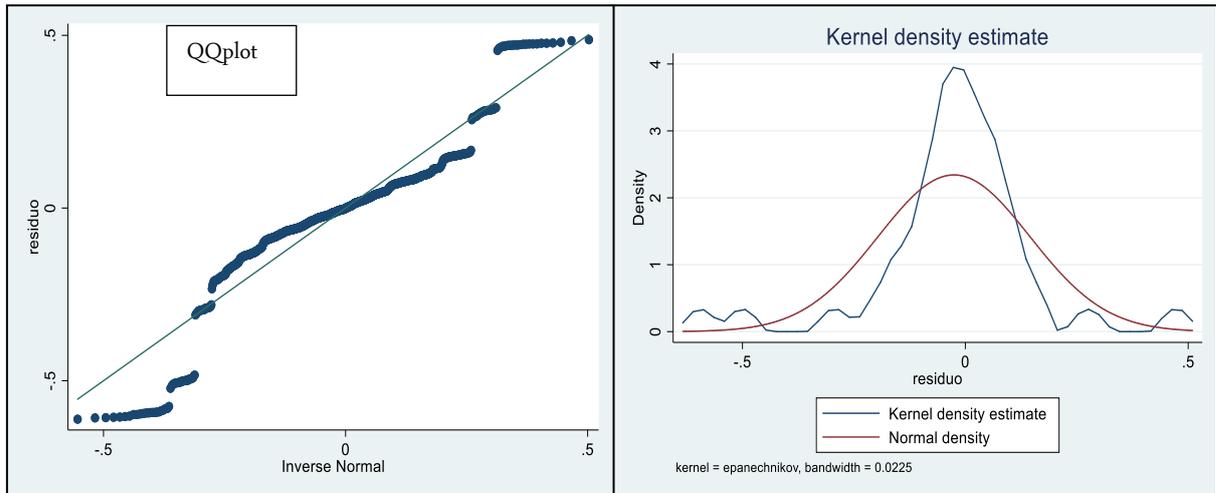
Fonte: Elaborado pelo autor

Segue-se com a análise da regressão, passando a verificar os resíduos em relação aos pressupostos essenciais estabelecidos tanto na doutrina como no Anexo A da norma NBR 14.653-2.

No que diz respeito a distribuição normal dos erros, a norma técnica relaciona alguns procedimentos para sua verificação. Dentre eles consta a análise do gráfico de resíduos padronizados *versus* valores ajustados, o qual deve apresentar pontos aleatoriamente dispostos, compondo a maioria no intervalo  $[-2; +2]$ , o que exatamente se observa na figura 4.

A doutrina também elege outras formas de revelar a normalidade dos resíduos, como através a interpretação dos gráficos QQ-plot e da estimativa de densidade de Kernel (Figura 3). Nesse sentido, nota-se que os erros possuem uma distribuição semelhante à curva normal, observando sinais de fuga à normalidade, porém toleráveis em se tratando de modelo de preços hedônicos. Portanto, tal pressuposto se considera ratificado.

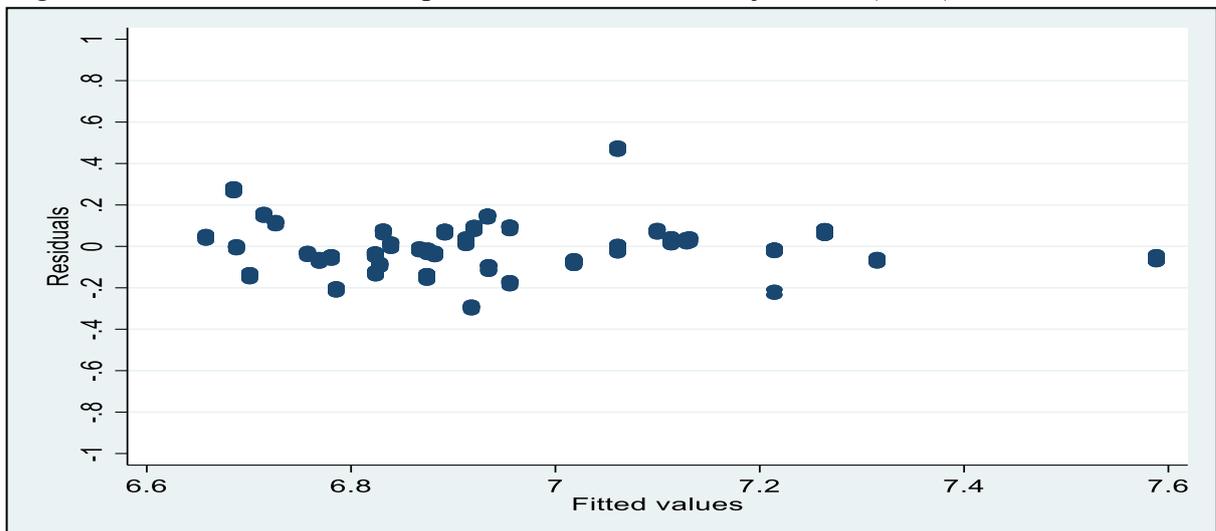
Figura 3 – Gráficos de análise da normalidade dos resíduos



Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto à variância constante dos resíduos (homocedasticidade), a NBR 14.653-2 sugere investigá-la por meio da análise do gráfico dos resíduos padronizados *versus* valores ajustados. Assim sendo, a figura 4 apresenta o gráfico com pontos dispostos aleatoriamente, não apontando qualquer padrão definido ou tendencioso. Logo, é possível considerar que o modelo é homocedástico.

Figura 4 – Gráfico dos resíduos padronizados vs valores ajustados (CUB)



Fonte: Elaborado pelo autor

Existem diversos testes teóricos para confirmar a homogeneidade da variância dos resíduos, dos quais foi utilizado o teste de Breusch-Pagan, o qual apresentou  $p$ -valor de 19,29%. Sendo este valor maior que 5%, a hipótese nula de afirmação da variância constante não pode ser rejeitada, concluindo-se pela não violação do pressuposto da homocedasticidade, conforme se destaca na tabela 10.

Tabela 10 – Teste de homocedasticidade (CUB)

<b>Teste Breusch-Pagan</b>	
<b>Estatística</b>	<b>p-valor</b>
1,70	19,29
Ho = Variância constante	p-valor > 5% - não rejeita Ho p-valor < 5% - rejeita Ho

Fonte: Elaborado pelo autor

No que se refere à verificação da existência de autocorrelação entre os resíduos, a norma técnica propõe examinar o gráfico dos resíduos coletados com os valores ajustados. Entretanto, como os dados amostrais são randômicos, isto é, a coleta da amostra foi realizada aleatoriamente em uma mesma data, não faz sentido ordenar os elementos amostrais em relação aos valores ajustados, para se observar o problema da autocorrelação. Assim, a independência dos erros pode ser garantida pela aleatoriedade da amostra.

O problema de autocorrelação, contudo, pode ser detectado por meio do teste estatístico de Durbin-Watson, o qual não rejeitou a hipótese nula de independência dos resíduos, uma vez que resultou no p-valor de 47,88% (superior a 5%). Neste caso, o pressuposto da independência dos erros foi respeitado, segundo dos dados da tabela 11.

Tabela 11 – Teste de Independência dos resíduos

<b>Teste Durbin-Watson</b>	
<b>Estatística</b>	<b>p-valor</b>
2,08	47,88%
Ho = os resíduos são independentes	p-valor > 5% - não rejeita Ho p-valor < 5% - rejeita Ho

Fonte: Elaborado pelo autor

Para examinar a multicolinearidade, segundo as normas da ABNT, deve-se averiguar a matriz das correlações, que reflete as dependências lineares de primeira ordem entre as variáveis explicativas, merecendo atenção para os resultados maiores que 0,80. Nesse contexto, foi produzida a matriz (ver tabela 12), não sendo observado valores acima de 80%, com exceção da correlação existente entre as variáveis Ln\_área\_cons e a área\_ter.

A própria norma técnica, no entanto, autoriza negligenciar a ocorrência de multicolinearidade nos casos em que os atributos correlacionados seguem aos padrões estruturais do modelo, como no presente caso.

Tabela 12 – Matriz de correlação entre variáveis independentes (CUB)

	<b>Pav</b>	<b>Custo</b>	<b>Ln_area_c</b>	<b>Padrao_5</b>	<b>Padrao_8</b>	<b>Padrao_11</b>	<b>Area_ter</b>
Pav	1,0000						
Custo	0.1619	1,0000					
Ln_area_cons	-0.3087	-0.3837	1,0000				
Padrao_5	-0.0396	-0.0570	-0.1390	1,0000			
Padrao_8	0.0682	-0.0455	0.1904	-0.4144	1,0000		
Padrao_11	-0.1383	-0.2233	0.5701	-0.2365	-0.1383	1,0000	
Area_ter	-0.0037	-0.3957	0.8895	-0.1839	0.1679	0.6424	1,0000

Fonte: Elaborado pelo autor

Investigando a multicolinearidade por meio da análise do VIF (tabela 13), observa-se, que a maioria dos regressores apresenta baixa correlação, com exceção das mesmas variáveis já citadas, as quais apresentaram valor em torno de 10.

Tabela 13 – Fator de inflação da variância (CUB)

<b>Variável</b>	<b>VIF</b>
Area_ter	10,07
Ln_area_cons	9,22
Padrao_11	2,23
Pavimentos	2,01
Padrao_8	1,54
Padrao_5	1,42
Custo	1,26

Fonte: Elaborado pelo autor

Isso pode significar que as demais variáveis explicam cerca de 90% da variabilidade dos regressores área construída e área territorial. Todavia, pesquisadores revelam que tal magnitude de relacionamento, não necessariamente provoca uma instabilidade nas estimativas de mínimos quadrados. Ademais, no caso em tela, a ausência dos preditores incorrerá em erro de estimação do modelo, o que não é desejável. Portanto, é permitido afirmar que o pressuposto da não existência de relações lineares perfeitas entre as variáveis independentes não foi desrespeitado.

Pode-se garantir, portanto, que o modelo se encontra bem ajustado, sem violar os pressupostos exigidos pelas normas técnicas e em consonância com os ensinamentos da doutrina, sendo capaz de estimar o custo unitário básico para edificações do tipo casa, pertencentes ao cadastro de imóveis da SEFIN.

Fundamentado na NBR 12.721/2006, ressalta-se que, no processo de estimação, elegeu-se como unidade paradigma a tipologia casa com as seguintes características: 1) um pavimento; 2) área construída de 100 m<sup>2</sup>; 3) área territorial de 200 m<sup>2</sup>; 4) Tipo de custo SINDUSCON; e 5) padrão construtivo variando entre mínimo, baixo, normal e alto, conforme

a legislação tributária. Ressalva-se que a unidade paradigma não incluiu os custos indiretos, visto que a NBR 14.653-2 fornece regras voltadas principalmente para as avaliações individuais e não massivas, tendo como resultado obtido os valores que se encontram na tabela 14, a seguir:

Tabela 14 – CUB estimados para situação paradigma

Tipo	Padrão											
	Mínimo			Baixo			Normal			Alto		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Casa	R\$ 1.576,81			R\$ 1.645,87			R\$ 2.077,27			R\$ 2.564,65		

Fonte: Elaborado pelo autor

Para realizar o cálculo do custo de reedição da benfeitoria segundo a NBR 14.653-2, faz-se necessário subtrair do custo de reprodução (produto entre o CUB e a área construída total) o valor referente à depreciação física. Fiker (2019) afirma que o método de Ross – Heidecke é o mais usado no ramo de avaliações para aferir o percentual da perda de valor sofrida por um imóvel em função do seu desgaste físico. Conforme Dantas (2014), essa redução considera a idade da benfeitoria e o estado de conservação, podendo ser efetuado por meio da equação 3:

$$d = [0,5 ((x/n) + (x/n)^2) + (1 - 0,5 ((x/n) + (x/n)^2))] \cdot C \cdot (1 - r) \quad (3)$$

onde:

d – Percentual de depreciação da benfeitoria;

x – Idade real ou aparente da construção;

n – Vida útil estimada em 60 anos;

r – Percentual correspondente ao valor residual estimado em 20%;

C – Coeficiente de Heidecke, obtido por meio da tabela no Anexo A.

Após calculada a depreciação para todas as casas, nos termos da equação 3, o custo de reedição da benfeitoria é definido por meio da equação 4, a saber:

$$CB = CT (1 - d) \quad (4)$$

onde:

CB – Custo de reedição da benfeitoria;

CT – Custo de reprodução da construção;

d – Percentual de depreciação.

Por fim, para se determinar o valor venal do imóvel em relação ao ano de 2020, utilizando o método evolutivo de acordo os preceitos das normas técnicas de avaliação, deve-se executar a soma entre o valor do terreno e o custo de reedição da benfeitoria, ambos

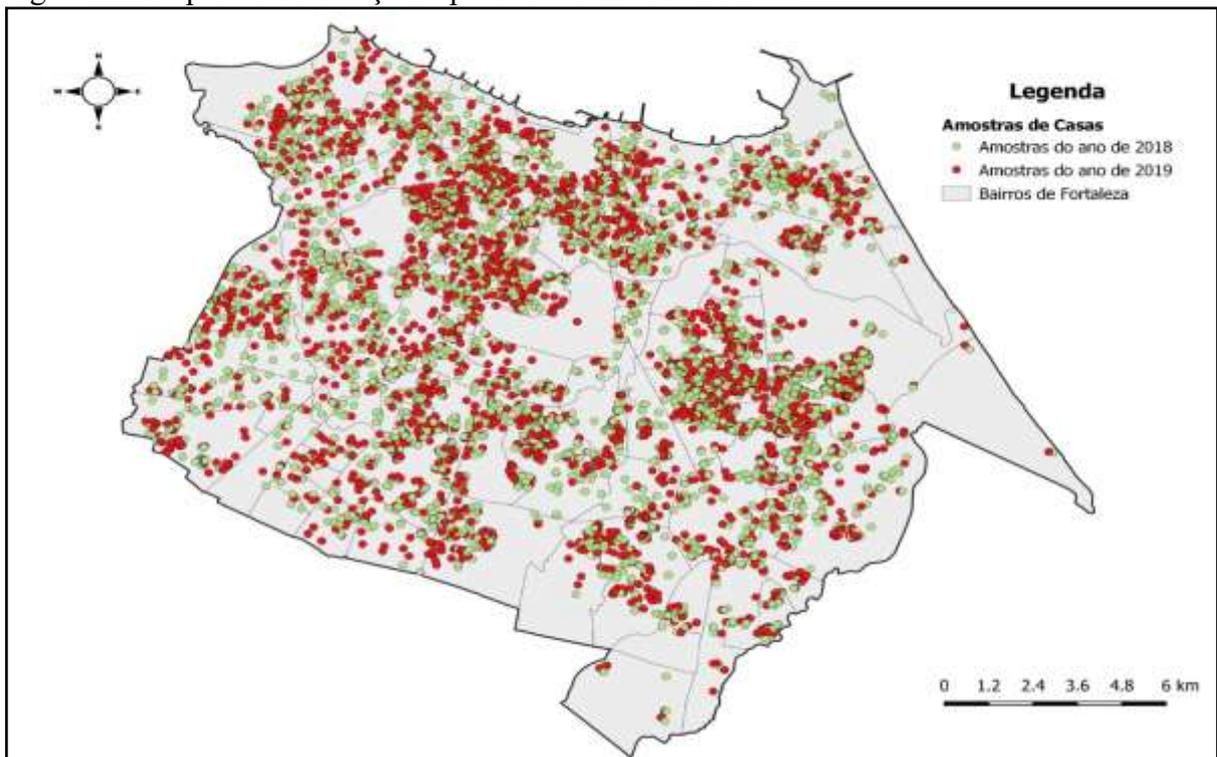
calculados de acordo com a sistemática desenvolvida neste estudo. Em se tratando de a avaliação em massa, o cálculo deverá ser aplicado para todos os imóveis do tipo casa pertencentes ao cadastro imobiliário da SEFIN.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Calculado os valores venais dos imóveis, torna-se necessário realizar a análise de desempenho dos resultados dessas avaliações, cujo o exame, segundo *Bandeira et al. (2019)*, se constitui basicamente em comparar os valores avaliados com os respectivos valores de mercado, visando validar o método aplicado. Esta validação consiste em testar o modelo de avaliação por meio de uma amostra independente, com o objetivo de verificar a capacidade do modelo em estimar valores para um grupo de imóveis não utilizados no desenvolvimento do método.

Nesse caso, foi produzida uma amostra independente e representativa do mercado, composta por 6.768 dados colhidos nos anos de 2018 e 2019, referentes a casas selecionadas de forma aleatória do Observatório Imobiliário da SEFIN, e dispersos geograficamente por toda a cidade, conforme visto no disposto na figura 5.

Figura 5 – Mapa de distribuição espacial das amostras de casa



Fonte: Elaborado pelo autor

Foram, também, disponibilizadas pela SEFIN as informações do lançamento do IPTU referente ao ano de 2020, mais precisamente os dados sobre a base de cálculo dos imóveis do tipo casa, com o objetivo de realizar a comparação entre o método de avaliação em massa vigente em Fortaleza, e a metodologia desenvolvida por este estudo.

Como a ABNT é carente de orientação nos sentidos de apurar a acurácia dos resultados produzidos pelos métodos de avaliação, utilizou-se a medição de dois aspectos sugeridos pelo art. 30, da portaria nº 511/2009, do Ministério das Cidades, a saber: Nível e Uniformidade das avaliações. Tais medidas também são usadas por entidades internacionais para fins de mensurar o grau de eficiência das avaliações para fins tributários, a exemplo da IAAO (*International Association of Assessing Officers*).

Em suma, Silva *et al.* (2015) explicam que o aspecto relacionado ao nível representa a porcentagem pela qual as unidades imobiliárias são avaliadas em relação ao valor de mercado. Já a Uniformidade consiste no tratamento tributário isonômico em relação às propriedades individuais. Para proceder com a análise dessas medidas, o Manual de apoio para as diretrizes do Cadastro Territorial Multifinalitário (2010) sugere o uso da mediana e do coeficiente de dispersão da mediana (COD).

Dessa forma, segundo Bandeira e Augusto (2019), a mediana das razões entre o valor avaliado e o preço de venda indica o nível no qual os imóveis estão sendo avaliado diante do mercado, revelando sua proximidade ou não do patamar desejado ou exigido. Por outro lado, o COD representa o desvio percentual do grau em que cada imóvel foi avaliado em relação à mediana do valor avaliado dividido pelo valor de mercado, indicando a variabilidade das avaliações.

A norma americana elaborada pelo IAAO estabelece limites aceitáveis para medidas citadas, servindo de parâmetro para os entes tributários. Tais marcos admissíveis foram abrandados pela norma brasileira, visto que o Governo Federal propôs patamares adaptados à realidade do mercado nacional, conforme resumo exibido na tabela 15.

Tabela 15 – Medidas de desempenho das avaliações em massa de casas

Medidas	Limites aceitáveis	
	IAAO (2017)	Portaria nº 511/2009
Nível (Mediana)	0,90 – 1,10	0,7 – 1,00
Uniformidade (COD)	≤ 10 - 15%,	≤0,30%

Fonte: Elaborado pelo autor

Ressalta-se, também, que foram descartados, no processo de definição da amostra, os valores venais de imóveis, cujos dados não correspondiam com os do cadastro imobiliário, por estes se encontrarem desatualizados.

Para viabilizar a análise comparativa de desempenho das avaliações, cada imóvel da amostra, tanto teve o seu valor venal calculado de acordo com o modelo desenvolvido neste trabalho, como pelo método de avaliação da SEFIN, aplicado para o ano de 2020.

Foram realizados, primeiramente, os testes de desempenho em relação ao método de avaliação atual aplicado no lançamento do IPTU para casas do ano de 2020. Em seguida, foi efetuado o mesmo procedimento para metodologia proposta por este estudo, cujos resultados se apresentam destacados na tabela 16.

Tabela 16 – Resultados das medidas de desempenho das avaliações em massa de casas

Medidas	Valores		Limites aceitáveis	
	ATUAL	PROPOSTO	IAAO (2017)	Portaria nº 511/2009
Nível (Mediana)	0,2409	0,9877	0,90 – 1,10	0,7 – 1,00
Uniformidade (COD)	32,23%	27,10%	≤ 10 - 15%,	≤0,30%

Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se, com base nos valores aceitáveis de referência, que o método evolutivo aplicado segundo as normas da ABNT (modelo proposto), apresenta grau de eficiência melhor em relação ao modelo de avaliação vigente na Prefeitura de Fortaleza.

No que diz respeito ao nível de avaliação, já era possível de se imaginar um fraco desempenho no método atual, uma vez que é notória a defasagem de mercado, no que tange ao valor do metro quadrado do terreno e da construção constantes na PGVI. Entretanto, essa defasagem é expressiva ao ponto de ser praticamente impossível recuperar o valor de mercado se utilizando da mesma metodologia usada desde 1978. Isso devido ao modelo contemporâneo ser pautado sobre pesos e atributos ultrapassados, sendo a maioria deles mensurada com grande teor de subjetividade, que dificilmente consegue captar o comportamento do mercado de imóveis.

Observa-se, de maneira satisfatória, que o modelo evolutivo desenvolvido neste estudo, seguindo as diretrizes das normas técnicas de avaliação de bens da ABNT, atende, em relação ao nível valorativo, não só os preceitos da norma brasileira, como também os rigores de precisão da norma americana. Vale reforçar que tal precisão adquirida foi baseada em método científico, determinando o valor imobiliário com alta taxa de objetividade. Logo, em relação ao nível, o método proposto é eficientemente superior ao modo de avaliação hodierna.

Quanto à uniformidade, o método proposto se apresenta mais justo em relação ao atualmente aplicado. Este, inclusive, mostrou um desempenho inaceitável até para os padrões da norma brasileira, dado que superou os 30% do coeficiente de dispersão (COD). Já o método sugerido possui acurácia de uniformidade dentro dos limites nacionalmente aceitos, mas ainda longe da qualidade exigida pela norma americana, podendo apresentar casos de iniquidade horizontal indesejáveis.

Porém, em um processo de avaliação em massa, a variabilidade do nível de avaliação entre os imóveis já é esperada na visão de muitos autores, principalmente devido a sua expressiva heterogeneidade. A literatura cita duas causas principais para esse fenômeno. A primeira se refere ao grau de atualização das informações do cadastro imobiliário. Este quanto mais desfasado, menor será a uniformidade da avaliação. O segundo motivo se trata das imperfeições inerentes ao mercado de imóveis, principalmente por existir confidencialidade de informações, ou apresentar diversas transações informais.

Nesse sentido, pode-se afirmar que as distorções de uniformidade não são decorrentes apenas dos erros da modelagem, entretanto, estes devem ser sempre minimizados visando atingir o patamar admissível pelas normas.

Contudo, ficou constatado que o modelo de avaliação atual possui um baixo desempenho, principalmente em relação ao nível de comparação com o mercado, não sendo apropriado implantar uma política tributária adequada em termo de justiça fiscal e arrecadação financeira. Ao contrário da qualidade dos resultados do modelo proposto, que permite produzir avaliações representativas do mercado e aptas para melhorar a tributação do IPTU e a autonomia financeira do município.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi baseado na análise da metodologia tradicional de avaliação em massa para fins tributários aplicado no Brasil, a qual consiste em considerar, separadamente, o valor de terrenos e de edificações para determinar a base de cálculo do IPTU de Fortaleza. É por meio desse método de avaliação que ocorre a geração de recursos derivados da tributação incidentes sobre as propriedades imobiliárias, compondo a receita própria do município.

Como foi exposto, a metodologia atual é baseada no método evolutivo composto por um modelo determinístico produzido no final da década de 70, cuja avaliação é apurada a partir do tratamento de fatores sobre do metro quadrado do terreno e da construção definidos em uma PGVI. Destacou-se que o IPTU está aquém do seu potencial de contribuição para o equilíbrio financeiro, principalmente devido aos problemas na técnica de avaliação, fundada em atributos, padrões e fatores elaborados com alto nível de subjetividade e dissociados do mercado.

Neste contexto, foi desenvolvida uma proposta de avaliação em massa de imóveis do tipo casa, assentada no mesmo método evolutivo, mas seguindo os preceitos das normas técnicas de avaliação produzidas pela ABNT, com destaque para NBR 14.653-2. Sendo assim, aplicou-se o método comparativo de mercado para determinar o valor venal do terreno e o custo de construção dos imóveis. Atribuiu-se o valor unitário para o Fator de Comercialização, visto que sua determinação é complexa e de fácil contestação, além da norma técnica não definir diretrizes mais precisas sobre a temática.

Para cálculo da parte territorial, foram coletados dados do mercado de terrenos referente aos anos de 2018 e 2019, oriundos do Observatório Imobiliário da SEFIN. Em sequência, foi estabelecida uma amostra aleatória e representativa. A partir dessa amostra, por meio do processo de análise de regressão linear, utilizando a técnica do MQO, obteve-se o modelo de preços hedônicos para estimar o valor unitário do terreno.

Tal modelo foi submetido a análises e testes estatísticos, sendo constatada a sua validade, uma vez que não descumpriu os pressupostos básicos exigidos pela norma técnica e pela literatura especializada. Desse modo, verificou-se que não há problema de micronumerosidade, que as variáveis explicativas são independentes e os resíduos seguem distribuição normal, são homocedástico e independentes.

Em relação à determinação do custo unitário da construção, foram utilizadas as informações relativas ao CUB publicado mensalmente nos anos de 2018 e 2019 pelo SINDUSCON e pelo SINAPE, relativos a projetos básicos do tipo casa.

Estes dados compuseram uma amostra que serviu de base para elaboração de um modelo de preço hedônico, utilizando-se da análise de regressão linear, sob técnica do MQO. Tal modelo também foi plenamente validado após os exames de existência, significância, e controle dos resíduos no que diz respeito a normalidade homocedasticidade e não autocorreção.

Foi estimado o CUB para uma unidade paradigma, sendo escalonado em 4 padrões construtivos distintivos (mínimo, baixo, normal e alto), seguindo as orientações da NBR 12.721/2006. Por fim, aplicou-se a depreciação pelo método Ross-Heidecke para determinar o custo de reedição.

Efetuuou-se a avaliação do método evolutivo somando os valores estimados das partes territorial e edificada. Coletou-se, também, os valores venais das propriedades que tiveram lançamento de IPTU para o ano de 2020. Diante das avaliações dos modelos (atual e propostos), realizou-se um exame de acurácia, visando verificar os desempenhos de predição do valor de mercado.

Como a ABNT não apresenta formas de averiguação da efetividade das avaliações, a análise de desempenho se restringiu basicamente a duas medidas: o nível e a uniforme das avaliações. Tais medidas são padronizadas pela norma americana de avaliação, e sugeridas pelo Governo Federal, via Ministério da Cidade, para mensurar a qualidade dos trabalhos.

Nesse sentido, foi colhida do Observatório Imobiliário da SEFIN uma amostra aleatória, representativa e independente, referente aos valores do mercado de casas colhidos nos anos de 2018 e 2019, para fins comparação de desempenho.

Os resultados apontaram que o modelo proposto representa melhor o mercado imobiliário em relação ao modelo atual, visto que este, em termos de nível, alcança menos de um quarto do valor de mercado, enquanto o sugerido se comporta bastante representativo, atingindo 98,77%. Em relação ao aspecto da uniformidade, o modelo vigente é inferior ao proposto, uma vez que este, diferentemente do aplicado, enquadrrou-se no padrão recomendado pela norma brasileira. Ressalta-se, no entanto, a necessidade de proceder com revisões no modelo desenvolvido neste trabalho, com a finalidade de alcançar ajustes mais aceitáveis internacionalmente, em termos de uniformidade.

Destaca-se, também, que o método elaborado neste trabalho não levou em consideração o Fator de Comercialização, sendo este um importante meio de representar a tendência de valorização ou desvalorização das propriedades perante o mercado local. Assim, recomenda-se que novos estudos sejam produzidos no sentido a melhorar o método estudado, aplicando o fator de comercialização de forma a compreender objetivamente o comportamento da oferta e da demanda por casa em Fortaleza.

Sugere-se, ainda, que seja realizado novos trabalhos nos sentidos de expandir o modelo de preços hedônicos para o CUB das demais benfeitorias. Isso complementaria o presente estudo no sentido de verificar qual o nível de avaliação e uniformidade de todos os imóveis da cidade em relação ao mercado.

Neste contexto, é possível afirmar que a base de valor do lançamento do IPTU não vem cumprido a exigência legal de representar o valor de mercado. Isso, não só por questões de defasagem mercadológica da planta genérica de valores, mas sobretudo em função da escolha de aplicar o método de avaliação em desconformidade com as normas técnicas vigentes.

Necessita-se, portanto, revisar a metodologia atual para que se possa realizar avaliações mais eficientes, consistentes e não tendenciosas, capazes de viabilizar corretamente um significativo ajuste na política tributária, o qual eleve o nível de arrecadação e proporcione uma maior justiça fiscal.

No entanto, é válido enfatizar a necessidade de escalonar as possíveis alterações da política fiscal fundamentada na nova base de valor. Isso devido ao significativo nível de defasagem existente, que deverá ser recuperado gradativamente, considerando a capacidade contributiva de cada cidadão.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Avaliação de bens – Parte 1:** procedimentos gerais. NBR 14.653-2. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Avaliação de bens - Parte 2:** imóveis urbanos. NBR 14.653-2. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios.** NBR 12.721-2. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- ACTION STAT PRO. Empresa EstatCamp. Versão 3.6.331.450, 2019.
- AVERBECK, C. E. **Os sistemas de cadastro e planta de valores no município:** prejuízos da desatualização. 2003. 203f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- BALEEIRO, A. **Direito tributário brasileiro.** Atualização de Misabel Abreu Machado Derzi. 13. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2015.
- BALEEIRO, A. **Uma introdução à ciência das finanças.** Revisada e atualizada por Hugo de Brito Machado Segundo. 18. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2012.
- BANDEIRA, S. R. V. **Regressão espacial e avaliação de terrenos:** estudo de caso para a cidade de Fortaleza - CE. 2019. 67f. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia) – Programa de Economia Profissional, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- BANDEIRA, R. S. V.; OLIVEIRA, Antônio Augusto F. de; PRADO, João Freire; SOUZA, Heverton Alves de. Acurácia das Predições de Avaliação em Massa de Terrenos Urbanos por Modelos Espaciais. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - COBREAP, 20., 2019, Salvador. **Anais...** Salvador: IBAPE, 2019.
- BARRETO, A. F. **Curso de direito tributário municipal.** São Paulo: Saraiva, 2009.
- BONIN, M. S.; HOCHHEIM, N. Fatores de comercialização de casas em Florianópolis. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - COBREAP, 17., 2013, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: IBAPE, 2019.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Texto constitucional originalmente publicado no Diário Oficial da União de 5 de outubro de 1988. Brasília, 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2020.
- BRASIL. **Lei no 5.172, de 25 de outubro de 1966.** Dispõe sobre o Sistema Tributário Nacional e institui normas gerais de direito tributário aplicáveis à União, Estados e

Municípios. Brasília, 1966. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-5172-25-outubro-1966358971-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 13 set. 2019.

BRASIL. Ministério de Estado das Cidades. **Portaria Ministerial no 511, de 07 de dezembro de 2009**. Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros. Brasília, 2009. Disponível em: <[https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-511-2009\\_217279.html](https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-511-2009_217279.html)>. Acesso em: 22 nov. 2019.

CALIENDO, P. **Curso de direito tributário**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2019.

CARRAZZA, R. A. **Curso de direito constitucional tributário**. 20. ed. São Paulo: Malheiros, 2004.

CARVALHO, P. de B. **Curso de direito tributário**. 24. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

CARVALHO JR., P. H. B. DE. **Property tax performance and potential in Brazil**. 2017. Thesis (Doctorate in Tax Policy) - Faculty of Economic and Management Sciences, University of Pretoria, South Africa, 2017. Disponível em: <[https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/62689/Carvalho\\_Property\\_2017.pdf?sequence=1](https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/62689/Carvalho_Property_2017.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 27 dez. 2019.

CARVALHO JR, P. H. B. **O sistema avaliatório municipal de imóveis e a tributação do IPTU no Rio de Janeiro**. 2011. 101f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Faculdade de Ciências Econômicas, Centro de Ciências Sociais, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

CARVALHO JR., P. H. B. **IPTU no Brasil: Progressividade, Arrecadação e Aspectos Extra-Fiscais**. Textos para discussão, n. 1251, Brasília: IPEA, 2006.

COELHO, S. C. N. **Curso de Direito Tributário Brasileiro**. 13. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2014.

CRESTANI, N. Avaliação de imóveis pelo método evolutivo para efeito de cálculo do IPTU: estudo de caso de imóveis no município de Ibiaçá- RS. **Revista Especialize Online IPOG**, Goiânia, v. 1, n. 14, Ano 8, dez. 2017.

CUNHA, Egláisa Micheline Pontes; ERBA, Diego Alfonso. (Org.). **Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial Multifinalitário nos municípios brasileiros** - Manual de Apoio – CTM. Brasília: Ministério da Cidades, 2010.

DANTAS, R. A. **Prestação de serviços de assessoria na atualização da planta genérica de valores de Fortaleza**. Relatório de Atividades. Secretaria das Finanças do Município de Fortaleza, 05 de abril de 2014.

DANTAS, R. A. **Engenharia de Avaliações: uma introdução à metodologia científica**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2005.

- DANTAS, R. A. **Modelos espaciais aplicados ao mercado habitacional um estudo de caso para a Cidade do Recife**. 2003. 131f. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia – PIMES, Centro de Ciências Sociais e Aplicadas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.
- DE CESARE, C. M. **Avaliação em Massa de Imóveis para Fins Fiscais**. Brasília/ DF: Ministério das Cidades, 2012b. Disponível em:  
<<http://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/ea1468fd0a8d251313d624c08825c2fe.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2019.
- DE CESARE, C. M. **Valuación de inmuebles para fines fiscales**. Impuesto a la propiedad inmobiliaria. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy, 2004 (Working Paper).
- DOANE, David P.; SEWARD, Lori E. **Estatística Aplicada à Administração e à Economia**. McGraw Hill, 2008.
- FALCÃO, A. de A. **Fato gerador da obrigação tributária**. 7. ed. São Paulo: Noeses, 2013.
- FERNANDES, C. E. **IPTU: texto e contexto**. São Paulo: Quartier Latin, 2005.
- FREITAS, V. K. **Avaliação de imóveis por meio de regressão espacial: aplicação no caso de porto alegre**. Colaboração: Silvia Mary Corttelletti. Coletânea de Artigos de Avaliação de Imóveis. Brasília: CAIXA, 2018.
- FURLAN, V. **IPTU**. 2. ed. São Paulo: Malheiros, 2010.
- GIAMBIAGI, Fábio; ALÉM, Ana Cláudia. **Finanças Públicas – Teoria e Prática no Brasil**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- GONZÁLEZ, M. A. S. **Metodología para la tasación de inmuebles**. 1. ed. Barquisimeto: Editora SGE, 2006.
- GONZÁLEZ, M. A. S. **Aplicação de técnicas de descobrimento de conhecimento em base de dados e de inteligência artificial em avaliações de imóveis**. 2002. 299f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- GRUBER, J. **Finanças Públicas e Política Pública**. 2. ed. São Paulo: LCT, 2009.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- HARADA, K. **IPTU: doutrina e prática**. São Paulo: Atlas, 2012.
- IAAO – INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ASSESSING OFFICERS. Standard on Mass Appraisal of Real Property. 2017. [www.iaao.org](http://www.iaao.org).
- LOCH, Carlos; Erba, Diego Afonso. **Cadastro técnico Multifinalitário rural e urbano**. Cambridge, MASS.: Lincoln, Institute of Land Policy, 2007.

LOPES FILHO, J. M. **Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU) e Imposto Territorial Rural (ITR)**. São Paulo: Atlas, 2015.

MACHADO, H. de B. **Curso de direito tributário**. 39. ed. São Paulo: Malheiros, 2018.

MARTINS, I. G. S.; BARRETO, A. F. **Manual do imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana**. São Paulo: RT, 1985.

MARTINS, V. S. **Obtenção do índice de esforço fiscal na arrecadação do IPTU dos Municípios do Estado do Ceará utilizando o modelo de fronteira estocástica**. 2019. 46f. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia) – Programa de Economia Profissional, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MELO, J. E. S. de. **IPTU / ITBI: teoria e prática**. 1. ed. São Paulo: IOB SAGE, 2016.

NUNES, D. B.; BARROS NETO, J. P.; FREITAS, S. M. Modelo de regressão linear múltipla para avaliações do valor de mercado de apartamentos residenciais em Fortaleza. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 1., p. 89-104, jan./mar. 2019.

OLIVEIRA JÚNIOR, L. A. O. **Potencial de arrecadação do IPTU: Análise nacional e do município de Santo André**. 2014. 26f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Políticas Públicas) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2014.

PERUCCHI, R. T. **Avaliação de imóveis pelo método evolutivo para efeito de cálculo do IPTU, estudo de caso dos Bairros Comerciarío, Michel e São Luiz, Criciúma- SC**. 2013. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma, 2013.

REZENDE, F. **Finanças Públicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001

SILVA, E.; SILVA, R; NUBIATO, E. Atualização da planta de valores genéricos do município de Jboatão dos Guararapes – PE. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL – COBRAC, 13., 2018, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2018.

SILVA, E.; SILVA, L. R.; ZANCAN, E. C.; FERMO, G. O. Atualização dos valores unitários de edificações visando minimizar as distorções na cobrança do IPTU em Criciúma – SC. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 67/2, 2015.

SILVA, E; LOCH, C. Evaluación Masiva de Inmuebles en las Municipalidades Brasileñas: situación y tendencias para modernización. *In*: BOO, I. D.; GONZÁLEZ, F. B. **Modelos de valoración inmobiliaria en Iberoamérica**. Madrid: Instituto de Estudios Fiscales – Ministerio de Economía y Hacienda, 2009.

SILVA, Everton da. **Cadastro Técnico Multifinalitário: Base Fundamental para Avaliação em Massa de Imóveis**. 2006. 219f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SIQUEIRA, Marcelo Lettieri; RAMOS, Francisco S. Incidência Tributária. *In*: ARVATE, Paulo; BIDERMAN, Ciro (org.). **Economia do Setor Público no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. p. 156-172.

THOFEHRN, R. **Avaliação em massa de imóveis urbanos**: para cálculo de IPTU e ITBI. São Paulo: Pini, 2010.

TORRES, R. L. **Curso de direito financeiro e tributário**. 20. ed. Rio de Janeiro: Renovar, 2018.

WOIDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria**: uma abordagem moderna. 4. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

ZANCAN, E. C. **Avaliação de imóveis em massa para efeitos tributários municipais**. Florianópolis: Rocha, 1996.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – APRESENTAÇÃO DE TODOS OS RESULTADOS GERADOS NA MODELAGEM DO TERRENO

```
. regress ln_Pu e2 e_n e3 e2_n e_n2 n3 lot_cond tip_inc aven num_frent ln_rend lnarea_ter perc_pres
inf_ajus ind_aprov_max_eq ln_den_com_tre den_vert_ker_200 ano_2019 orig_oferta orig_transacao
ln_vbt_iptu_2014
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	3,506
				F(21, 3484)	=	427.46
Model	1685.18076	21	80.2467028	Prob > F	=	0.0000
Residual	654.041	3,484	187727038	R-squared	=	0.7204
				Adj R-squared	=	0.7187
Total	2339.22176	3,505	.667395651	Root MSE	=	.43327

	lnpreco	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
e2		-.0043555	.0004073	-10.69	0.000	-.0051541 -.0035568
e_n		.0001162	.0000623	1.87	0.062	-5.96e-06 .0002383
e3		.0001463	.0000326	4.48	0.000	.0000823 .0002102
e2_n		-.0000176	7.20e-06	-2.44	0.015	-.0000317 -3.46e-06
e_n2		.0000106	9.22e-07	11.48	0.000	8.78e-06 .0000124
n3		6.92e-07	5.67e-08	12.20	0.000	5.81e-07 8.03e-07
lot_cond		.5892814	.0472253	12.48	0.000	.4966894 .6818734
tip_inc		.1136012	.0214229	5.30	0.000	.0715985 .1556039
aven		.245846	.021828	11.26	0.000	.203049 .2886429
num_frent		.0772127	.0125897	6.13	0.000	.0525288 .1018966
ln_rend		.1994415	.0148571	13.42	0.000	.1703121 .228571
ln_area_ter		-.0325386	.0090985	-3.58	0.000	-.0503776 -.0146996
perc_pres		-8.973308	1.444282	-6.21	0.000	-11.80503 -6.141584
inf_ajus		.0394151	.0067427	5.85	0.000	.0261951 .0526351
ind_aprov_max_eq		.1604592	.0179268	8.95	0.000	.1253111 .1956073
ln_den_com_tre		.0274133	.005154	5.32	0.000	.0173081 .0375185
den_vert_ker_200		.0170313	.0072972	2.33	0.020	.0027241 .0313385
ano_2019		-.0584961	.0149925	-3.90	0.000	-.0878911 -.0291011
orig_oferta		.1299794	.0186159	6.98	0.000	.0934802 .1664785
orig_transacao		.1571376	.0309412	5.08	0.000	.0964728 .2178023
ln_vbt_iptu_2014		.3461044	.0154377	22.42	0.000	.3158365 .3763723
_cons		4.770349	.0790645	60.33	0.000	4.615332 4.925367

## APÊNDICE B – TABELA 17

Tabela 17 – Matriz de correlação entre variáveis do modelo preços hedônicos do terreno

	E2	E_N	E3	E2_N	E_N2	N3	lot_cond	tip_inc	aven	num_frent	LN_rend	LN_area_ter	perc_pres	inf_ajus	ind_aprov_max_eq	LN_den_com_tre	den_vert_ker_200	LN_vbt iptu_2014	ano_2019	orig_oferta	orig_transacao	
E2	1																					
E_N	-0,07	1																				
E3	0,71	-0,27	1																			
E2_N	-0,22	0,73	-0,05	1																		
E_N2	0,23	-0,74	0,36	-0,52	1																	
N3	0,02	0,62	-0,02	0,58	-0,78	1																
lot_cond	-0,14	0,02	-0,06	0,04	-0,05	0,04	1															
tip_inc	0,03	0,00	0,13	0,09	0,00	0,11	-0,12	1														
aven	0,08	0,06	0,15	0,15	-0,04	0,11	-0,08	0,19	1													
num_frent	0,07	-0,03	0,12	0,05	0,03	0,03	-0,08	0,33	0,14	1												
LN_rend	0,10	0,18	0,33	0,37	-0,12	0,40	0,01	0,16	0,10	0,08	1											
LN_area_ter	0,11	-0,09	0,23	0,04	0,10	0,00	-0,15	0,66	0,27	0,51	0,15	1										
perc_pres	-0,02	-0,04	0,00	-0,02	0,03	-0,09	-0,01	-0,01	0,05	0,01	-0,05	0,12	1									
inf_ajus	-0,18	0,14	-0,09	0,26	-0,17	0,32	0,03	0,20	0,19	0,18	0,28	0,17	-0,04	1								
ind_aprov_max_eq	-0,38	0,31	-0,25	0,44	-0,33	0,43	-0,05	0,07	0,04	0,04	0,34	0,00	-0,08	0,36	1							
LN_den_com_tre	-0,22	0,07	-0,10	0,15	-0,09	0,11	-0,13	0,16	0,22	0,16	0,13	0,20	-0,04	0,31	0,25	1						
den_vert_ker_200	0,00	0,24	0,05	0,27	0,00	0,17	-0,04	0,05	0,01	0,00	0,41	0,03	-0,02	0,15	0,34	0,08	1					
LN_vbt iptu_2014	-0,07	0,32	0,18	0,55	-0,17	0,44	-0,17	0,17	0,27	0,13	0,65	0,16	-0,06	0,38	0,60	0,30	0,54	1				
ano_2019	0,03	-0,02	0,07	0,00	0,06	-0,02	-0,01	0,07	0,04	0,06	0,03	0,10	0,01	0,07	0,03	0,05	0,01	0,06	1			
orig_oferta	0,03	0,09	0,07	0,14	-0,10	0,21	-0,17	0,33	0,12	0,20	0,16	0,32	0,03	0,19	0,19	0,16	0,09	0,25	0,08	1		
orig_transacao	-0,04	0,01	-0,02	0,03	-0,01	-0,02	0,07	-0,13	-0,01	-0,07	0,01	-0,13	-0,02	-0,11	-0,06	-0,10	-0,01	-0,04	0,01	-0,39	1	

Fonte: Elaborado pelo autor

## APÊNDICE C – APRESENTAÇÃO DE TODOS OS RESULTADOS GERADOS NA MODELAGEM DO CUB

```
. regress lnvalor i.pavimentos i.custo mês lnarea_construida i.padrao_construtivo area_terreno
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	1,032
Model	37.1476549	8	4.64345686	F(8, 1023)	=	253.05
Residual	18.7717545	1,023	.018349711	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.6643
				Adj R-squared	=	0.6617
Total	55.9194094	1,031	.05423803	Root MSE	=	.13546

lnvalor	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
2.pavimentos	-.2023099	.0119859	-16.88	0.000	-.2258297 -.1787902
1.custo	-.3503442	.0163223	-21.46	0.000	-.3823732 -.3183151
mês	.0025357	.0006092	4.16	0.000	.0013404 .0037311
lnarea_construida	-.2072349	.0104685	-19.80	0.000	-.2277771 -.1866927
padrao_construtivo					
5	.0463185	.0104404	4.44	0.000	.0258315 .0668056
8	.2608431	.0134507	19.39	0.000	.2344491 .2872371
11	.4996296	.0247139	20.22	0.000	.4511338 .5481254
area_terreno	.0008836	.0002378	3.72	0.000	.0004171 .0013501
_cons	7.841671	.0337266	232.51	0.000	7.775489 7.907852

## ANEXOS

## ANEXO A – TABELA 18

Tabela 18 – Depreciação do Método de Hoss-Heidecke

<b>Estado</b>	<b>Condição Física</b>	<b>Classificação</b>	<b>Coefficiente (C)</b>
1	Novo – não sofreu nem necessita reparos	Ótimo	0,00
1,5		Muito bom	0,0032
2	Regular – requereu ou recebeu reparos pequenos	Bom	0,0252
2,5		Intermediário	0,0809
3	Requer reparações simples	Regular	0,181
3,5		Deficiente	0,332
4	Requer reparações importantes	Mau	0,526
4,5		Muito mau	0,752
5	Sem valor – valor de demolição (residual)	Demolição	1,0

Fonte: Dantas (2014)