



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

MURILO DAMIAN RIBEIRO

**RISCO DE INUNDAÇÃO E SEUS IMPACTOS NO VALOR DE
MERCADO DE IMÓVEIS NA BACIA DO RIO TUBARÃO/SC**

FLORIANÓPOLIS

2021

MURILO DAMIAN RIBEIRO

**RISCO DE INUNDAÇÃO E SEUS IMPACTOS NO VALOR DE
MERCADO DE IMÓVEIS NA BACIA DO RIO TUBARÃO/SC**

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

Orientador Prof. Dr. Norberto Hochheim

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, 2022, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ribeiro, Murilo Damian

Risco de inundação e seus impactos no valor de mercado de imóveis na bacia do rio Tubarão/SC / Murilo Damian Ribeiro; orientador, Norberto Hochheim, 2022.
117 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2. Avaliação Imobiliária. 3. Risco de Inundação. 4. Engenharia de Avaliações. I. Hochheim, Norberto. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. III. Título.

MURILO DAMIAN RIBEIRO

**RISCO DE INUNDAÇÃO E SEUS IMPACTOS NO VALOR DE
MERCADO DE IMÓVEIS NA BACIA DO RIO TUBARÃO/SC**

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

Profa. Liane Ramos da Silva, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Profa. Vivian da Silva Celestino Reginato, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Prof. Joel Avruch Goldenfum, Dr.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Certificamos que esta é a **VERSÃO ORIGINAL E FINAL** do trabalho de conclusão
que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia de
Transportes e Gestão Territorial.

Prof. Dra. Ana Maria Benciveni Franzoni

Coordenadora do Programa

Prof. Dr. Norberto Hochheim

Orientador e Moderador

Florianópolis, 19 de novembro de 2021.

DEDICATÓRIA

Ao querido irmão Carlos, que ao longo de nossa caminhada, lembrou-me constantemente, através de seu exemplo, que a fome pelo conhecimento, a luz da bondade e a fé em mim mesmo nunca deveriam arrefecer, deste modo mudanças seriam sempre casa de oportunidades e não de medo.

Aos meus estimados pais, Valdeia e Sergio, por sustentarem com suas mãos o peso das dúvidas, angústias e medos do eterno menino.

AGRADECIMENTOS

Confesso que, em meio à pandemia do novo coronavírus, a qual eu combatia na linha de frente, junto aos meus companheiros da Defesa Civil de Tubarão/SC, ao passo que também perdia amigos queridos para COVID-19, admito que o desenvolvimento desta pesquisa se tornou mais que fatigante. Desta maneira, muitas pessoas foram demasiadamente importantes neste processo, há muitos(as) a quem agradecer. Pessoas que fortaleceram meu espírito com palavras e gestos de incentivo e carinho, evocando novamente meu foco para essa etapa acadêmica tão importante. Desta forma, espero não esquecer ninguém.

Meus pais me influenciaram com bons exemplos a todo momento, valores de honradez, humildade e perseverança. Agradeço-lhes, Deinha e Serginho, que tem tanto zelo e amor por mim, e que sempre me apoiaram em tudo nessa vida.

Ao meu grande amigo e exemplo de ser humano, Carlinhos, que sempre estive vigilante e pronto para estender a mão, seu apoio foi definitivo para conclusão deste trabalho.

À minha companheira, Jessica, que de tudo é atenta, e com seu amor, paciência e inteligência me deu suporte para que eu pudesse seguir firme em meu objetivo.

À equipe da Defesa Civil de Tubarão, amigos com quem pude nos últimos sete anos partilhar das alegrias e tristezas que essa profissão tão honrada proporciona.

Ao meu orientador, Professor Dr. Norberto Hochheim, que me guiou pelos diversos caminhos a serem percorridos, com paciência e cuidado. Sua orientação foi um aprendizado constante.

Ao PPGTG, programa de pós-graduação que me possibilitou ter o contato com diversas pessoas espetaculares e, assim, agregar conhecimento humano e científico para minha jornada acadêmica e profissional.

Ao IPH – Instituto de de Pesquisas Hidraulicas do Rio Grande do Sul, que na pessoa do Prof. Dr. Joel Avruch Goldenfum e na pessoa da Me. Franciele Vanelli, forneceram dados hidrológicos vitais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos(às) professores(as), Prof. Dr. Joel Avruch Goldenfum, Prof. Dra. Liane Ramos da Silva e a Prof. Dra. Vivian da Silva Celestino Reginato, membros da banca de Qualificação e Defesa de Mestrado, pelos conselhos, sugestões e interesse em contribuir para o desenvolvimento deste projeto.

Encerro e acredito não ter esquecido de alguém, agradecendo a todos amigos que somaram de forma indireta este trabalho, e me ensinam um pouco todo dia.

“(...) que a importância de uma coisa não se mede com fita métrica nem com balanças nem com barômetros etc. Que a importância de uma coisa há que ser medida pelo encantamento que a coisa produza em nós. Assim um passarinho nas mãos de uma criança é mais importante para ela do que a Cordilheira dos Andes.”

– Manoel de Barros

RESUMO

Os eventos de inundação são responsáveis por um número elevado de perdas humanas e materiais todos os anos, causando prejuízos de ordem econômica em diversos setores da economia, entre eles o mercado imobiliário. Este estudo objetivou investigar os impactos que a existência do risco de eventos de inundação tem sobre o valor de mercado de imóveis localizados na planície de inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão. Para tanto, utilizou-se 102 dados de mercado de imóveis de tipologia casa, coletados entre os meses de março e abril de 2021, no município de Tubarão/SC. A proposta metodológica consistiu em investigar estes impactos por meio da modelagem do mercado imobiliário local, com uso de regressão linear múltipla, em que a variável tempo de retorno foi avaliada quanto à significância e considerada para a geração do modelo. Os resultados revelaram que o risco de inundações afeta significativamente o valor dos imóveis situados na planície em estudo. Observou-se que o valor de mercado dos imóveis localizados em zonas com maior risco de inundação (TR = 25 anos) sofrem, em geral, uma desvalorização de aproximadamente 17%, quando comparado aos imóveis em zonas com menor risco de inundação (TR = 100 anos). Como produto final para este estudo, gerou-se superfícies de valores unitários para os imóveis da área em estudo, utilizando-se o interpolador de krigagem ordinária, para dois diferentes cenários. Verificou-se que a superfície de valores unitários gerada ao se considerar o tempo de retorno de 100 anos para toda a área em estudo, causou o incremento no valor unitário de praticamente todos os imóveis estudados. O método proposto permitiu avaliar a área em estudo e constatar que a existência do risco de inundação tem impacto significativo no valor de mercado de imóveis de Tubarão/SC e, assim, medidas de contenção e minimização de inundações bem planejadas tendem a trazer benefícios tanto aos munícipes, que estarão menos expostos ao risco, como também ao município, que poderá aumentar sua arrecadação com os tributos em que a base de cálculo é valor dos imóveis.

Palavras-Chave: Avaliação de Imóveis. Risco de Inundação. Valor Imobiliário.

ABSTRACT

Flood events are responsible for a high number of human and material losses every year, causing economic losses in various sectors of the economy, including the real estate market. This study aimed to investigate the impacts that the existence of the risk of flood events has on the market value of properties located in the floodplain in the Tubarão River Basin. For that, 102 data from the market of housing typology properties were used, collected between the months of March and April 2021, in the municipality of Tubarão/SC. The methodological proposal consisted of investigating these impacts by modeling the local real estate market, using multiple linear regression, in which the payback time variable was evaluated for significance and considered for the generation of the model. The results revealed that the risk of flooding significantly affects the value of properties located on the plain under study. It was observed that the market value of properties located in areas with higher risk of flooding (TR = 25 years) suffer, in general, a devaluation of approximately 17%, when compared to properties in areas with lower risk of flooding (TR = 100 years). As a final product for this study, unit value surfaces were generated for the properties in the study area, using the ordinary kriging interpolator, for two different scenarios. It was found that the surface of unit values generated when considering the return time of 100 years for the entire area under study, caused an increase in the unit value of practically all the properties studied. The proposed method made it possible to evaluate the area under study and to verify that the existence of the risk of flooding has a significant impact on the market value of properties in Tubarão/SC and, thus, well-planned flood containment and minimization measures tend to bring benefits both to the citizens, who will be less exposed to risk, as well as the municipality, which will be able to increase its collection with taxes in which the calculation base is the value of the properties.

Keywords: Property Appraisal. Flood Risk. Real Estate Value.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da zona de elementos expostos.....	30
Figura 2 - Parâmetros que envolvem uma análise de risco	32
Figura 3 - Matriz de avaliação de risco.....	33
Figura 4 - Diferença entre alagamento, enchente (cheia) e inundação.....	37
Figura 5 - Crescimento da população urbana e rural no Brasil	40
Figura 6 - Informações sobre a população urbana no Brasil	42
Figura 7 - Evolução urbana e ocorrência de inundações	43
Figura 8 - Áreas de inundação de Tubarão (TR 25).....	45
Figura 9 - Áreas de inundação de Tubarão (TR 50).....	45
Figura 10 - Áreas de inundação de Tubarão (TR 100).....	46
Figura 11 - Manchas de inundação sobrepostas sobre a área em estudo.....	46
Figura 12 - Fluxograma para elaboração do mapa de risco a inundação	47
Figura 13 - Exposição à inundação versus posição geográfica.....	47
Figura 14 - <i>Floodplain</i> , <i>Floodway</i> e <i>Flood Fringe</i>	49
Figura 15 - Curva probabilidade x danos e cálculo do valor esperado anual (VEA)..	52
Figura 16 - Modelo Homocedástico (a) e Heterocedástico (b)	57
Figura 17 - Esquema contendo as etapas metodológicas.....	62
Figura 18 - Localização do município de Tubarão (SC)	66
Figura 19 - Bacia hidrográfica do rio Tubarão	69
Figura 20 - Influência da forma da bacia na captação da água da chuva	71
Figura 21 - Classificação da declividade da bacia hidrográfica do rio Tubarão.....	72
Figura 22 - Declividade no município de Tubarão	72
Figura 23 - Classificação climática segundo Köepen	73
Figura 24 - Localização dos postos pluviométricos da bacia do rio Tubarão	74
Figura 25 - Distribuição da precipitação média mensal ao longo de um ano	75
Figura 26 - Distribuição espacial dos dados da amostra coletada	78
Figura 27 - Histogramas da variável valor total em escala direta e logarítmica	84
Figura 28 - Gráfico <i>boxplot</i> do valor total em escala direta e logarítmica.....	85
Figura 29 - Matriz de correlações visuais das variáveis independentes.....	87
Figura 30 - Gráficos de linearidade das variáveis	92
Figura 31 - Histograma de resíduos padronizados e gráfico <i>boxplot</i>	94

Figura 32 - Gráfica dos resíduos versus valores ajustados.....	95
Figura 33 - Matriz de correlações visuais das variáveis independentes.....	97
Figura 34 - Gráfico indicativo de ausência de pontos outiliers	99
Figura 35 - Gráfico indicativo de ausência de pontos influenciantes.....	100
Figura 36 - Valorização percentual média em função do tempo de retorno	104
Figura 37 - Superfície de valores unitários para a condição original	106
Figura 38 - Superfície de valores unitários para condição de TR = 100 anos	107
Figura 39 - Comparação entre os dois cenários propostos no estudo	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros geomorfológicos das sub-bacias do Rio Tubarão.....	70
Tabela 2 - Vazões mínimas, médias e máximas da estação 8458000.....	75
Tabela 3 - Resumo das classes de uso e ocupação do solo existentes na RH9	76
Tabela 4 - Estatísticas básicas da variável valor total	83
Tabela 5 - Coeficientes de assimetria e curtose da variável explicada	84
Tabela 6 - Matriz de correlações numéricas das variáveis do modelo	86
Tabela 7 - Estatísticas dos regressores do modelo clássico.....	89
Tabela 8 - Análise de variância do modelo clássico de regressão	90
Tabela 9 - Estatísticas do modelo clássico de regressão.....	90
Tabela 10 - Distribuição dos resíduos padronizados.....	93
Tabela 11 - Testes formais de normalidade dos resíduos.....	94
Tabela 12 - Testes formais de homocedasticidade dos resíduos.....	95
Tabela 13 - Teste dos Multiplicadores de Lagrange.....	96
Tabela 14 - Matriz de correlações numéricas das variáveis independentes	97
Tabela 15 - Valor dos fatores de inflação da variância.....	98
Tabela 16 - Imóvel padrão considerado neste estudo.....	101
Tabela 17 - Imóvel padrão para construção da superfície de valores	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estudos que abordam risco de inundação e mercado imobiliário	25
Quadro 2 - Principais agravantes antrópicos relacionados com os desastres.	34
Quadro 3 - Classificação dos desastres.	34
Quadro 4 - Danos humanos, materiais e ambientais.	35
Quadro 5 - Tipos de prejuízos	36
Quadro 6 - Classificação das zonas de risco	48
Quadro 7 - Classificação das medidas intensivas	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMUREL - Associação dos Municípios da Região de Laguna
ANA - Agência Nacional de Águas
APRD - Curso Administração e Planejamento para Redução de Desastres
BHRT - Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão
BHRTCL - Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar
CEPED - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres
DC - Defesa Civil
DEDC - Departamento Estadual de Defesa Civil
DNR - Department of Natural Resources
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDNDR - International Decade for Natural Disaster Reduction
ISDR - International Strategy for Disaster Reduction
PMT - Prefeitura Municipal de Tubarão
SDS - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável
SDS - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável
SEDEC - Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	QUESTÃO DE PESQUISA	21
1.2	OBJETIVOS	21
1.2.1	Objetivo Geral	21
1.2.2	Objetivos Específicos	21
1.3	DELIMITAÇÃO E MOTIVAÇÃO DA PESQUISA	21
1.4	ESTRUTURA DA PESQUISA	22
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1	ESTUDOS ANTERIORES SOBRE O TEMA DA PESQUISA.....	24
2.2	DESASTRES NATURAIS E SEUS RISCOS	29
2.2.1	Risco e os Componentes do Risco	30
2.2.2	Classificação dos Desastres Naturais	33
2.2.3	Diferenciação de Dano e Prejuízo	35
2.2.4	Alagamento, Enchente e Inundação	36
2.2.5	Características das Inundações	38
2.2.6	Danos Relacionados às Inundações	39
2.3	PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NO BRASIL	40
2.3.1	Urbanização e seus Impactos nas Inundações	42
2.3.2	Risco de Inundação	44
2.3.3	Controle de Inundações Urbanas	49
2.3.4	Medidas de Controle e Prevenção de Inundações	50
2.3.5	Custo-Benefício de Projetos de Controle de Inundações	51
2.4	ENGENHARIA DE AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS	54
2.4.1	Modelo Clássico de Regressão Linear	54
2.4.2	Inferência Estatística em Regressões Lineares	56
2.4.3	Pressupostos Básicos da Inferência Estatística	56
2.4.3.1	Homocedasticidade	57
2.4.3.2	Autocorrelação	57
2.4.3.3	Normalidade	58
2.4.3.4	Linearidade	59
2.4.3.5	Multicolinearidade.....	59
3	MATERIAIS, MÉTODO E ÁREA DE ESTUDO	60

3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	60
3.2	ESTRATÉGIA METODOLÓGICA.....	61
3.3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	65
3.3.1	Considerações Iniciais.....	65
3.3.2	Breve Histórico do Município de Tubarão e do Rio Tubarão.....	66
3.3.3	Características Sócio-Econômicas de Tubarão.....	67
3.3.4	Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão.....	68
3.3.4.1	Hidrografia.....	68
3.3.4.2	Geomorfologia.....	70
3.3.4.3	Clima.....	73
3.3.4.4	Pluviometria e Fluviometria.....	74
3.3.4.5	Solo Urbano.....	76
3.3.4.6	Qualidade da Água.....	76
3.4	COLETA DE DADOS DO MERCADO IMOBILIÁRIO.....	77
3.4.1	Descrição das Variáveis da Amostra.....	79
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.....	83
4.1	ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS DA AMOSTRA.....	83
4.1.1	Análise da Variável Dependente.....	83
4.1.2	Correlação das Variáveis Independentes.....	85
4.2	MODELO CLÁSSICO DE REGRESSÃO LINEAR.....	88
4.2.1	Estatísticas dos Regressores do Modelo.....	89
4.2.2	Estatísticas do Modelo de Regressão.....	90
4.2.3	Pressupostos Básicos do Modelo de Regressão.....	92
4.3	VALORIZAÇÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE RETORNO.....	100
4.3.1	Estimativas para Tempo de Retorno - TR = 25 anos.....	102
4.3.2	Estimativas para Tempo de Retorno - TR = 50 anos.....	102
4.3.3	Estimativas para Tempo de Retorno - TR = 100 anos.....	103
4.3.4	Medidas de Controle x Valorização dos Imóveis.....	103
4.4	SUPERFÍCIE DE VALORES PARA ÁREA EM ESTUDO.....	105
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
5.1	CONCLUSÕES.....	109
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	110
	REFERÊNCIAS.....	111

1 INTRODUÇÃO

No decorrer das últimas décadas, o Brasil presenciou um crescimento bastante significativo da sua população urbana e, adicionalmente, verificou-se que esse crescimento se concentrou principalmente nas regiões metropolitanas.

O processo de urbanização no Brasil, acentuado a partir da década de 1960, foi um dos principais vetores de eventos de inundação registrados em nosso país. Esses eventos causam diversos problemas, como perdas humanas, problemas de saúde pública, prejuízos econômicos, perda de qualidade de vida, entre outros.

Conforme Abreu (2019), as perdas econômicas decorrentes das inundações urbanas geram prejuízos da ordem de bilhões de reais, acarretando em gastos por parte do poder público e da população em geral. O autor menciona que os gastos com inundações urbanas no Brasil foram estimados entre US\$ 1 e 2 bilhões por ano.

Em pesquisa realizada pela Universidade de São Paulo (USP) acerca dos eventos de inundação, constataram-se prejuízos na ordem de R\$ 336 milhões ao ano na cidade de São Paulo, destacando que a cidade já possuía 749 pontos de alagamentos, e que cada ponto formado, após uma chuva forte, provoca um prejuízo diário da ordem de R\$ 1 milhão ao país (ARANTES, 2013).

Segundo Sousa (2018), as inundações são responsáveis por um número elevado de perdas humanas e materiais todos os anos. Conforme o autor, avalia-se que, no Brasil, os desastres naturais mais recorrentes são as secas e inundações.

O controle das inundações conta com dois tipos de ações distintas, porém, se associadas de forma correta, complementam uma à outra. Amaral *et al.* (2009) diferenciam tais ações afirmando que as medidas estruturais são aquelas que envolvem obras de engenharias que geralmente são de alto custo e que as medidas não estruturais são referentes a políticas direcionadas ao planejamento de uso do solo, gerenciamento de zoneamento, educação ambiental e planos de defesa civil.

Sendo assim, medidas estruturais são essencialmente as obras construtivas de engenharia e as medidas não estruturais são os regulamentos, planos, leis, políticas, decretos, entre outros, visando a prevenção e possível convivência com a problemática, buscando, na medida do possível, reduzir danos ou consequências.

Observa-se, assim, que o problema das inundações urbanas é uma matéria complexa já que contempla ações amplas e multidisciplinares sobre a bacia hidrográfica em estudo, sendo que ações isoladas acabam por apenas transferir as

inundações para outros pontos. Para efetiva mitigação do problema, deve-se associar alternativas estruturais e não-estruturais, visando a harmonia das ações.

Desta forma, o controle e a minimização destes impactos, principalmente os de ordem econômica, causados por inundações, dependem tanto da consciência da população dos que habitam uma planície inundável, como também do poder público.

Conforme constatam Tucci e Bertoni (2003), o controle de enchentes é um processo permanente, não basta que se estabeleçam regulamentos e que se construam obras de proteção, é necessário estar atento às potenciais violações da legislação na expansão da ocupação do solo das áreas de risco.

Os prejuízos de ordem econômica afetam diretamente o setor imobiliário. Conforme revisão apresentada no quadro 01 do tópico 2.1, que aborda o estado de arte da pesquisa, estudos em todo mundo mostraram que imóveis expostos a risco de inundação, sofrem, em geral, desvalorização em seu valor de mercado.

Considerando-se que as inundações urbanas são cada vez mais frequentes e que, via de regra, o poder público não trata este tema como deveria e, ainda, devido ao fato de que há poucos estudos no Brasil que relacionam risco de inundação e valor dos imóveis, conforme pode ser visto no tópico 2.1, esta pesquisa objetivou investigar o impacto do risco de inundação sobre o valor de mercado de imóveis localizados na bacia do rio Tubarão, no município de Tubarão/SC.

Sendo assim, partindo dessa premissa, quando um imóvel está localizado em uma região com risco alto de inundação, acredita-se que esse elemento possa causar um impacto negativo significativo no valor de mercado desse imóvel e, portanto, a implantação de sistemas de contenção e/ou minimização de desastres decorrentes de inundações poderia, em princípio, minimizar este impacto.

Esta pesquisa justifica-se como relevância teórica por estar relacionada ao estudo de fatos e situações em um contexto regional. Trata-se de um estudo que busca incrementar conhecimentos sobre os impactos do risco de inundação sobre o valor de mercado de imóveis, incluindo considerações práticas relacionadas aos efeitos da adoção de medidas de contenção e minimização destes riscos.

Espera-se, ainda, que essa pesquisa contribua para que o poder público municipal perceba a importância, em termos de arrecadação, quando adota medidas funcionais de contenção e minimização de riscos relacionados às inundações.

1.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Como questão de pesquisa, propõe-se compreender se imóveis localizados em regiões com maior risco de inundação, em Tubarão/SC, têm seus valores de mercado impactados, quando comparado com imóveis em regiões de menor risco.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho objetiva investigar os impactos que a existência do risco de eventos de inundação tem sobre o valor de mercado de imóveis localizados na planície de inundação na bacia do rio Tubarão, em Tubarão/SC.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Propor um método em que seja possível determinar a valorização de um imóvel em função do tempo de retorno de cheias para a região em que ele está inserido;
- b) Fornecer subsídios para as decisões de implantação das ações de controle de cheias face a valorização do mercado imobiliário tubaronense;
- c) Construir superfícies de valores, contendo os valores estimados para os imóveis da região em estudo, considerando diferentes tempos de retorno de cheias.

1.3 DELIMITAÇÃO E MOTIVAÇÃO DA PESQUISA

Conforme Rudio (1999, p. 72), a delimitação de uma pesquisa deve ater-se à definição do campo de observação, e essa comporta, além do local (recorte espacial) e circunstância (recorte temporal), a população que será estudada.

Nesse sentido, o presente trabalho de pesquisa propõe-se investigar os impactos que a existência do risco de eventos de inundação tem sobre o mercado imobiliário existente na planície de inundação da bacia do rio Tubarão.

Como consequência, será possível estimar a valorização imobiliária ao se implantar sistemas de contenção e/ou minimização de desastres decorrentes de inundações e os benefícios, aos municípios, advindos desta implantação.

Para atingir os objetivos propostos, foram utilizados 102 dados de mercado de imóveis de tipologia casa, coletados entre os meses de março e abril de 2021, em portais da internet e com corretores de imóveis, no município de Tubarão/SC.

Com relação à coleta de dados de mercado, a NBR 14.653-2 (2011) informa que esta tem como objetivo a obtenção de uma amostra representativa para explicar o comportamento do mercado no qual o imóvel avaliando esteja inserido e constitui a base do processo avaliatório. Nesta etapa, o engenheiro de avaliações investiga o mercado, coleta dados e informações confiáveis preferencialmente a respeito de negociações realizadas e ofertas, contemporâneas à data de referência da avaliação, com suas principais características econômicas, físicas e de localização.

A norma recomenda, ainda, que se busque a maior quantidade possível de dados de mercado, com atributos comparáveis aos do bem avaliando, mas não define a quantidade exata. Considerando que se está utilizando 102 dados de mercado referente aos bairros do município de Tubarão, pode-se gerar um modelo de regressão, respeitando a situação mais desfavorável e desejável para a NBR 14.653-2 (2011), com aproximadamente 16 variáveis independentes.

Segundo a NBR 14.653-2 (2011), o grau III de fundamentação é o mais difícil de se atingir por apresentar critérios mais rígidos de pontuação. Este grau de fundamentação é, portanto, o mais desfavorável e o desejável pelos avaliadores.

Como motivação, destaca-se que a escolha do Município de Tubarão é influenciada pelas suas características importantes dentro do cenário nacional, sendo cortado por um rio de consideráveis dimensões, que tem sua origem na Serra Catarinense, e escoar com grande declividade até chegar as planícies tubaronenses, onde, além da baixa declividade sofre influência direta de maré devido sua ligação com o oceano. Tais fatos decorreram em diversas inundações ao longo da história do Município, a última ocorrida no ano de 1974, noticiada em cadeia nacional.

Adiciona-se o fato do pesquisador deste trabalho de dissertação, ser ex-servidor da Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil do município de Tubarão, e ter tido contato direto durante sete anos, aproximadamente, com a população atingida pelos eventos de cheia, alagamento e inundação.

1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

O presente estudo está organizado em cinco capítulos, da seguinte forma:

No Capítulo 1 apresentou-se uma breve introdução sobre o trabalho, sua proposta, contextualização e justificativa do tema abordado, evidenciando sua importância, definição de objetivos, delimitação e motivação para esta pesquisa.

No Capítulo 2 foi realizada a revisão bibliográfica envolvendo os conceitos abordados nesta pesquisa, a saber: estado da arte de estudos relacionados ao tema; os desastres naturais e seus riscos, abordando temas como classificação de desastres, dano e prejuízo; o processo de urbanização no Brasil e seus impactos nos eventos de inundação, em que se aborda a gestão de riscos e as medidas de controle e prevenção de inundações e, por fim, conceitos relacionados a avaliação de imóveis, abordando regressão linear múltipla, inferência estatística e pontos essenciais relacionados aos pressupostos básicos do modelo de regressão.

No Capítulo 3 foi fundamentada a metodologia e são apresentados os métodos, classificação da pesquisa e roteiro metodológico adotado neste trabalho. Neste capítulo é exposta, ainda, a descrição dos dados que compõem a amostra.

No Capítulo 4 foram apresentados os resultados da pesquisa referentes à análise exploratória dos dados e aplicação da metodologia proposta para determinar os impactos no valor de mercado dos imóveis, em Tubarão, quando são adotadas medidas de controle e minimização de riscos decorrente de inundações urbanas.

No Capítulo 5 foi realizado o fechamento deste trabalho, apresentando as considerações finais, as limitações e as recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ESTUDOS ANTERIORES SOBRE O TEMA DA PESQUISA

A partir da revisão da literatura, como resumida no quadro 1, diversos são os autores que utilizaram o método dos preços hedônicos para estimar o efeito do risco de inundação sobre o valor de mercado dos imóveis, utilizando, na grande maioria das vezes, uma variável dicotômica para identificar se os imóveis contidos na amostra de dados estavam ou não em uma planície susceptível à inundação.

Utilizado para mensurar o valor marginal ou a contribuição dos atributos no preço de diversos tipos de produtos, o método dos preços hedônicos ou preços implícitos, com base na hipótese de Lancaster (1966), explica que um bem possui atributos, e são os valores de cada atributo que trarão utilidade ao interessado, e não o bem por si só.

Os estudos, em sua grande maioria, conforme quadro 01, constataram que o valor de mercado dos imóveis sofre considerável redução quando estão em locais com alto risco de inundação. Contudo, parte destes estudos (e.g. Eves, 2002 e Armbruster *et al.*, 2018) observaram que um desconto no preço devido aos riscos de inundação, quando houver, é maior após uma inundação do que antes dela.

No Brasil, são incipientes as pesquisas nesta direção. Observou-se um único trabalho que procura identificar o impacto das cheias sobre o valor de mercado de imóveis, da forma como se pretende abordar neste trabalho de pesquisa.

Lezcano (2004), utilizou 159 dados de imóveis residenciais referente aos municípios de Curitiba, Pinhais e Colombo (Paraná). Entre as variáveis consideradas, estava o período de retorno relativo às inundações. Os resultados revelaram que o risco de inundação afeta significativamente o valor dos imóveis situados em planícies de inundação. Uma alteração do período de retorno de 10 para 100 anos levou a uma valorização de cerca de 17% no preço dos imóveis.

O tema carece, então, de se verificar em outras regiões o impacto relativo ao risco de inundações sobre o valor de mercado dos imóveis. O atributo inundação é, portanto, elemento balizador da pesquisa. Esse estudo busca avaliar a influência exercida pelas inundações na formação do valor de mercado de um bem imóvel.

No quadro 01, podem-se observar outros trabalhos que abordam os impactos das inundações sobre o valor de mercado de imóveis ao redor do mundo.

Quadro 1 - Estudos que abordam risco de inundação e mercado imobiliário

Autores	Resumo do Trabalho
Donnelly (1989)	Neste trabalho, o autor utilizou dados de 345 casas vendidas em La Crosse (Wisconsin - EUA). Utilizou-se, entre as variáveis, uma de inundação, dada pelo produto da localização em área inundável (0/1) e o imposto predial. O estudo concluiu que, para um imóvel localizado em áreas inundáveis, o preço de venda reduz 12% se comparado às áreas não inundáveis.
Shilling <i>et al.</i> (1989)	Os autores utilizaram dados de 114 casas vendidas em Baton Rouge (Luisiana - EUA). Neste trabalho, dentre todas as variáveis adotadas, estava se a propriedade localizava-se ou não em uma planície de inundação. Os coeficientes encontrados resultaram significativos ao nível de 10% e, usando modelos de preços hedônicos, mostraram que o valor da propriedade aumentava à medida que o risco de inundação diminuía.
Griffith (1994)	O trabalho utilizou 3.724 dados de vendas de imóveis em Abilene (Texas). Entre as variáveis adotadas estava zonas de frequência da inundação (10, 25, 50, 100, 200, e 500 anos de retorno). O autor obteve 3 modelos log-lineares onde a variáveis relacionadas à inundação utilizaram-se assim: 1) se a casa estava na área inundável de 100 anos (0/1); 2) frequência da inundação; e 3) índice do prêmio de seguro de cheia e se a exigência da compra do seguro foi reforçada. Todas variáveis apresentaram coeficientes significativos.
Bartosova <i>et al.</i> (2000)	Os autores utilizaram um sistema GIS para avaliar os efeitos do risco de inundação em valores de propriedade residencial, visando fornecer medidas mais precisas dos riscos de inundação e um cálculo mais completo das características de localização, utilizando como área de estudo a bacia do rio Menomonee, entre as cidades de Wauwatosa e Milwaukee, Wisconsin (EUA). O trabalho corrobora com a hipótese de que o aumento do risco de inundação diminui os valores para propriedades residenciais. Os autores mencionam, ainda, que

	ao contrário de outros estudos que concluem que há impactos uniformes dentro da planície de inundação, eles encontraram efeitos decrescentes com risco reduzido.
Shultz e Fridgen (2001)	Os autores utilizaram dados de 4.500 imóveis vendidos nas cidades de Fargo (North Dakota - EUA) e Moorhead (Minnesota - EUA). Eles utilizaram o método de preços hedônicos para avaliar o impacto da localização em planícies de inundação de 100 e 500 anos de retorno no valor de mercado de residências. Considerando o modelo resultante, observaram que o fato de uma residência estar localizada na planície de inundação de 100 anos de retorno reduziria o seu valor de mercado esperado em US\$ 8.990. Já no caso de estar localizada na planície de inundação de 500 anos de retorno, a residência aumentaria o seu valor em US\$ 3.100.
Eves (2002)	Este estudo analisa, utilizando dados de imóveis da Austrália, as vendas de casas residenciais em áreas propensas a inundações e compara os movimentos de preços dessas casas com outras semelhantes em áreas adjacentes que não são afetadas pelas inundações. O autor do trabalho concluiu que a redução do preço devido aos riscos de inundação, se houver, é maior após uma inundação do que antes.
Bin et al. (2008)	Este estudo emprega o método do preço de propriedade hedônico para examinar os efeitos do risco de inundação sobre os valores das propriedades costeiras no Condado de Carteret, na Carolina do Norte (EUA). Os resultados indicam que a localização dentro de uma zona de inundação reduz o valor da propriedade. Os diferenciais de preços para o risco de inundação e o valor capitalizado dos prêmios de seguro de inundação são aproximadamente equivalentes.
Zhang (2018)	O autor examina que o impacto sobre o valor de mercado de casas unifamiliares é afetado se esta estiver em uma planície de inundação, usando dados de vendas de casas na área Metropolitana de Fargo-Moorhead (EUA) entre 2000 e 2013. Uma regressão de quantis é aplicada para investigar como ocorre o impacto das inundações sobre os imóveis, usando uma distribuição condicional dos preços. Os resultados

	<p>mostram que a localização dentro de uma planície de inundação reduz o valor da propriedade. Além disso, verificaram que o impacto negativo dos riscos de enchentes sobre os valores das propriedades é mais forte entre as casas de preços mais baixos e mais fraco entre as casas de preços mais altos.</p>
<p>Armbruster et al. (2018)</p>	<p>O trabalho investiga os efeitos das inundações no valor da terra e da habitação no mercado imobiliário suíço. Os autores aplicaram um modelo de preço hedônico aos dados de mercado de imóveis na Suíça, combinando com mapas de risco de inundação. Os autores constataram que a introdução de políticas de minimização de riscos em determinadas regiões ocasiona um aumento nos preços das propriedades. Os autores perceberam, ainda, que os valores dos imóveis dentro de zonas de inundação têm reduzido seus valores após eventos de cheias, como a enchente de 2007.</p>
<p>Indaco et al. (2019)</p>	<p>Os autores analisaram os efeitos do seguro contra inundações no mercado de habitação para duas áreas urbanas costeiras nos Estados Unidos, sendo Miami (2008-2015) e Virginia Beach (2000-2016). Perceberam que havia reduções de preços para propriedades que estavam contidas em uma zona de inundação. Os autores concluíram que o seguro obrigatório na zona de inundação aumentarão em uma média de cerca de \$ 3.500,00 por ano e levarão a uma redução no valor das habitações de cerca de \$ 64.000,00.</p>
<p>Komarek et al. (2020)</p>	<p>O trabalho investiga o comportamento do mercado imobiliário residencial, face às inundações em cidades costeiras, devido a elevação dos níveis do mar no sudeste da Virgínia (EUA). A referida pesquisa utiliza, também, dados dos impactos de tempestades extremas, como o furacão Ida e Irene. Os resultados diferenciam entre alto risco (TR = 100), e áreas de baixo risco (TR = 500). Os autores concluíram que há desvalorização dos imóveis localizados nas planícies com menor tempo de retorno da inundação, e que há uma redução dos valores destes imóveis após à ocorrência da inundação.</p>

Fonte: o autor.

Todos os autores citados no quadro 01 constam nas referências desse trabalho e podem ser consultados, caso haja interesse, para maiores detalhes.

Os trabalhos descritos foram de grande importância para embasamento teórico desta pesquisa, visto que todos obtiveram resultados condizentes com o esperado, ou seja, através do método dos preços hedônicos, como fez Shilling *et al.* (1989) por exemplo, onde se pôde observar que o valor de um imóvel que está situado dentro de área sujeita a risco de inundação é menor do que um imóvel que está fora da área de risco de inundação.

Assim, vislumbrou-se a possibilidade de empregar no modelo explicativo os diferentes tempos de retorno de inundação que, no entendimento deste autor, é um atributo que poderá melhorar o poder de predição do modelo, já que a inundação tende a atingir diferentes níveis nos diversos bairros do município de Tubarão, assim o valor de mercado dos imóveis tenderão a variar conforme o tempo de retorno.

Observa-se, portanto, que no Brasil o tema aqui apresentado demanda estudos mais aprofundados e que, de certa forma, dado que eventos de inundações são recorrentes, é do interesse de prefeituras as conclusões a que se pode chegar.

2.2 DESASTRES NATURAIS E SEUS RISCOS

“O desastre é a vivência de uma crise e, portanto, mostra-nos o limite de uma determinada rotina e a necessidade de construção de uma nova dinâmica social.” (VALÊNCIO et al., 2009)

Segundo Pott e Estrela (2007), a partir da segunda metade do século XX, a humanidade pôde observar os efeitos colaterais do sistema derradeiro da Revolução Industrial, que não teve cuidado pela qualidade do ambiente, por objetificar apenas a produtividade com foco no crescimento econômico, resultando em um processo acelerado e desenfreado de urbanização. A contaminação das águas, ar, contaminação por produtos químicos nocivos, e a perda de milhares de vidas fizeram com que os governantes - com incentivo científico e popular - buscassem maneiras de responder e prevenir desastres, e assim, evitar que se repetissem.

Em face disso, empenhado à criação de soluções para redução do risco de perigos naturais, os anos que seguiram ao ano de 1990 foram declarados pelas Nações Unidas como a Década Internacional para Redução de Desastres Naturais (*International Decade for Natural Disaster Reduction – IDNDR*), fortalecendo os programas de prevenção e redução de acidentes naturais.

Uma das ações derivada da IDNDR foi a implantação da Estratégia Internacional para Redução de Desastres (*International Strategy for Disaster Reduction – ISDR*), voltada para promover maiores envolvimento e comprometimentos públicos, disseminação de conhecimentos e parcerias para implementar medidas de redução de riscos (KOBAYAMA et al., 2006).

A conceituação adotada pela ISDR (2009) considera desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos.

A Defesa Civil Nacional trata, em seu glossário, o desastre como sendo resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado (CASTRO, 1998).

Os critérios utilizados no Relatório Estatístico Anual do EM-DAT (*Emergency Disasters Data Base*) sobre Desastres de 2007 (Scheuren *et al.* 2008) consideram a ocorrência de pelo menos um dos seguintes critérios:

- a) 10 ou mais óbitos;
- b) 100 ou mais pessoas afetadas;
- c) declaração de estado de emergência;
- d) pedido de auxílio internacional.

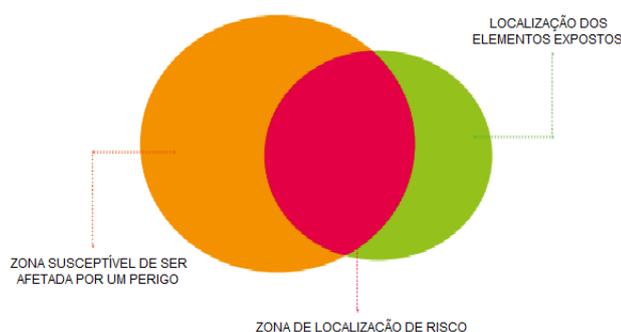
No Brasil, o estado de Santa Catarina tem grande experiência no reconhecimento e enfrentamento de desastres. O estado destacou-se, por exemplo, no cenário nacional, quando em 2007 lançou uma campanha, premiada pela ONU, chamada “percepção de risco: a descoberta de um novo olhar”, que objetivava aumentar a percepção de risco de adolescentes e adultos frente aos desastres ocasionados por fenômenos naturais e pela ação humana, tendo como propósito a redução da vulnerabilidade social frente aos desastres (DEFESA CIVIL, 2008).

2.2.1 Risco e os Componentes do Risco

Em sentido amplo, o termo “risco” pode ser compreendido sob olhar matemático, na qual define ser a probabilidade da ocorrência de evento num tempo e espaço, de forma aleatória, e como este evento pode, de certa forma, afetar a vida das pessoas (CASTRO *et al.*, 2005).

A associação das expressões pode ser compreendida a partir da intersecção das zonas de suscetibilidade e de ocupação (área urbanizada e etc.), área esta que deve ser analisada quanto a possibilidade de risco e perigo, conforme figura 01.

Figura 1 - Localização da zona de elementos expostos.



Fonte: adaptado de Julião (2009)

Outra definição vem do Glossário da Estratégia Internacional para Redução de Desastres (EIRD/ONU, 2004), que classifica o risco de desastre como a probabilidade de consequências prejudiciais ou perdas esperadas (óbitos, doenças, agravos, danos às propriedades imóveis e meios de subsistência, interrupção das atividades econômicas ou degradação ambiental) resultado de interações entre ameaças (ou perigos) naturais ou tecnológicas e condições de vulnerabilidade.

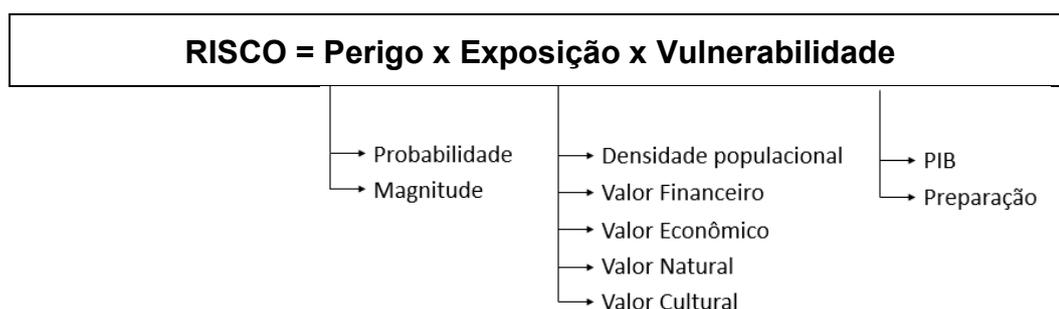
Por fim, adotando a definição de Crichton (1999), tem-se que risco é a probabilidade da ocorrência de dano, resultante do produto de três componentes: ameaça/perigo, vulnerabilidade e exposição. O crescimento ou decréscimo do risco é proporcional à variação destes elementos, ou seja, havendo aumento de uma das variáveis, haverá o aumento do risco. Assim, Kron (2002) propõe determinar o risco a partir da análise de três componentes, definidos como:

Ameaça/Perigo (*Hazard*), que é a ocorrência de um evento natural numa determinada região, como uma inundação, por exemplo. A probabilidade do evento ocorrer e a sua magnitude são consideradas para avalia o do grau de risco.

Exposi o (*Exposure*), que   o valor presente em uma área específica, incluindo popula o, uso da terra, infraestrutura, econômica e ecológica e etc. Mesner e Meyer (2005) explicam que esses c culos podem ser feitos, no entanto, fornecem uma avalia o incompleta da vulnerabilidade, uma vez que cada elemento potencialmente em risco pode estar mais ou menos exposto (no sentido físico), ou seja, deve-se considerar a distância em que o elemento físico está do evento iminente.

Vulnerabilidade (*Vulnerability*), que   resistência ou capacidade de enfrentamento a um desastre, considerando, por exemplo, a renda *per capita* e medidas de prote o da região (sistema de alerta, medidas estruturais...).

Convencionalmente, adaptado de Kron (2002), o risco   expresso por:



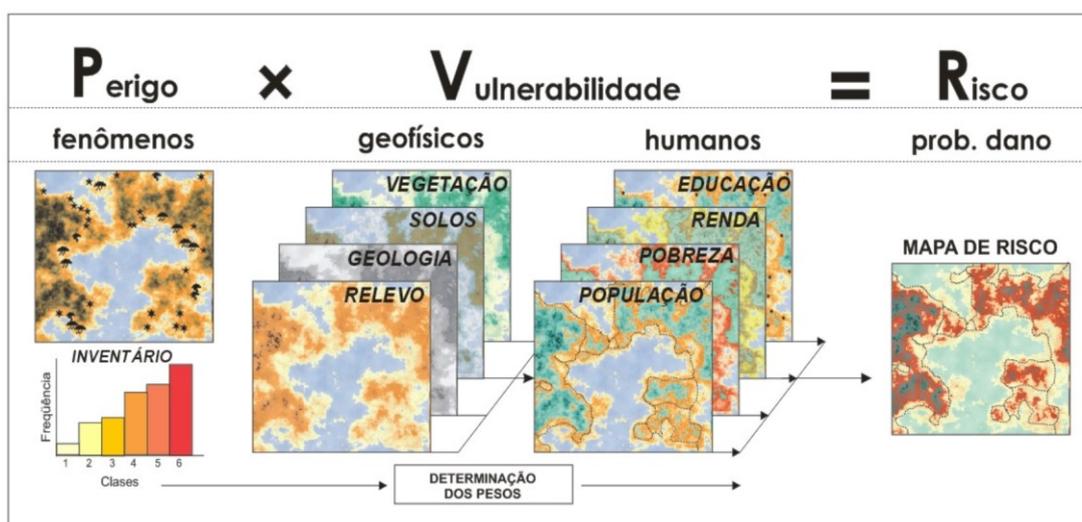
Entretanto, como explica Fell *et al.* (2008), o conceito não prevê a estimativa de danos potenciais a que pessoas, bens ou atividades econômicas estarão descobertas. Assim, o risco pode ser apresentado da seguinte maneira:

$$\text{RISCO} = \text{Perigo} \times \text{Probabilidade de Ocorrência} \times \text{Consequência}$$

Onde: Consequência = Vulnerabilidade x Valor dos Elementos.

A equação de risco mostra a importância de se realizar a análise preliminar do cenário para que se obtenha a estimativa de riscos, que de acordo com Castro (2007), partem da análise das variáveis, “perigo” e “vulnerabilidade”, o que permitirá estabelecer relações de causa e efeito do desastre. Essa relação entre ameaça (perigo) e vulnerabilidade pode ser observada por meio da figura 02.

Figura 2 - Parâmetros que envolvem uma análise de risco

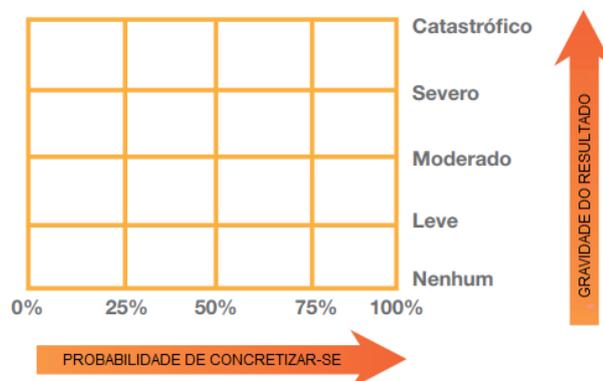


Fonte: Marcelino, 2008.

Logo, a caracterização dos riscos é a fase final, serão definidas as possíveis potencialidades do mesmo, com relação a importância e magnitude, assim como o grau de vulnerabilidade do sistema receptor.

Ao se concluir a avaliação do risco, chega-se a uma síntese através da qual se estimam os riscos, ou seja, a intensidade dos danos e prejuízos previstos, em termos de probabilidade estatística de ocorrência e grandeza das consequências possíveis (CASTRO, 2007), conforme mostra a figura 03.

Figura 3 - Matriz de avaliação de risco



Fonte: DEDC/APRD, 2003.

Fator de grande significância para o aumento deste fenômeno é o processo acelerado e desenfreado da urbanização, caracterizado pela concentração de parcelas cada vez maiores da população em aglomerações urbanas.

Desta forma, em consonância com Tominaga *et al.* (2009), em tese os perigos naturais deveriam ameaçar igualmente as classes sociais, contudo na prática, proporcionalmente, atingem os menos favorecidos, devido haver um número muito maior da população de baixa renda habitando residências frágeis, em áreas mais densamente populosa e em terrenos de maior suscetibilidade aos perigos.

2.2.2 Classificação dos Desastres Naturais

Na literatura, os desastres naturais são classificados comumente quanto a origem, evolução e intensidade; entretanto, o Ministério da Integração Nacional, a partir de sua Instrução Normativa nº 1, de 24 de agosto de 2012, realizou mudanças significativas na Classificação Brasileira de Desastres, bem como somou à Instrução Normativa - IN nº 1, o art. 9º, que possibilita classificar o desastre também quanto a sua periodicidade. A partir disso, pode-se dizer que os desastres estão categorizados como: naturais ou humanos (antropogênicos).

Conforme Tominaga *et al.* (2009), desastres naturais não necessitam da ação humana para acontecer, são fenômenos e desequilíbrios autônomos da natureza. Fundamentalmente, os desastres naturais têm em sua origem um evento adverso de grande intensidade (ex: chuvas intensas, conforme COBRADE, 2012).

Contudo, de acordo com Kobiyama *et al.* (2006) os eventos naturais adversos podem se acentuar por fatores antrópicos inadequados. No quadro 02, extraído de Kobiyama, são apresentados agravantes antrópicos e o tipo de desastre em que os mesmos interferem, classificados como desastres mistos.

Quadro 2 - Principais agravantes antrópicos relacionados com os desastres.

Agravantes Humanos	Desastres Conseqüentes
Emissão de gases nocivos	Chuvas ácidas
Retirada da mata ciliar e assoreamento dos rios	Inundações
Impermeabilização do solo (concreto, asfalto...)	Inundações bruscas
Ocupação desordenada de encostas íngremes	Escorregamentos

Fonte: Kobiyama *et al.* (2006, p. 12).

Em contrapartida, Desastres Humanos/Tecnológicos ou Antropogênicos são aqueles que têm o ser humano como agente causador. Como por exemplo: acidentes de trânsito, contaminação de rios por produtos químicos, entre outros.

O quadro 03, apresentado a seguir, contém o resumo da Classificação dos Desastres adotado atualmente pelo Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, elaborado pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil no ano de 2012.

Quadro 3 - Classificação dos desastres.

Classificação		
Desastres	Origem	Naturais Tecnológicos
	Periodicidade	Esporádicos Cíclicos ou sazonais
	Evolução	Desastres súbitos ou de evolução aguda Desastres graduais ou de evolução crônica
	Intensidade	Nível I – desastres de média intensidade Nível II – desastres de grande intensidade

Fonte: SEDEC, 2012.

2.2.3 Diferenciação de Dano e Prejuízo

A Instrução Normativa nº 36 de 4 de dezembro de 2020, art. 1º, conceitua dano como: “resultado das perdas humanas, materiais ou ambientais infligidas às pessoas, comunidades, instituições, instalações e aos ecossistemas, como consequência de um desastre”. Os conceitos do quadro 04 foram definidos por Castro (2007), e constam no Glossário de Defesa Civil, do Governo Nacional.

Quadro 4 - Danos humanos, materiais e ambientais.

Danos Humanos
Os danos humanos são dimensionados em função do número de pessoas: desalojadas; desabrigadas; deslocadas; desaparecidas; feridas gravemente; feridas levemente; enfermas; ou mortas. A longo prazo também pode ser dimensionado o número de pessoas: incapacitadas temporariamente e definitivamente. Como uma mesma pessoa pode sofrer mais de um tipo de dano, o número total de pessoas afetadas é igual ou menor que o somatório dos danos humanos.
Danos Materiais
Corresponde, predominantemente, aos bens imóveis e às instalações que foram danificados ou destruídos em decorrência de um desastre. São contabilizadas as instalações públicas de saúde, de ensino ou prestadoras de outros serviços; as unidades habitacionais; as obras de infraestrutura e as instalações públicas de uso comunitário danificadas ou destruídas.
Danos Ambientais
Por serem de reversibilidade mais difícil, contribuem de forma importante para o agravamento dos desastres e são medidos quantitativamente em função do número de pessoas afetadas em relação à população do município (percentual da população). São estimados em função do nível de: poluição e contaminação recuperável em médio e longo prazo do ar, da água, ou do solo; diminuição ou exaurimento a longo prazo da água; e destruição de Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Preservação Permanente Nacionais, Estaduais ou Municipais.

Fonte: adaptado de Glossário de Defesa Civil 2007.

No que tange ao conceito de prejuízo, a Instrução Normativa nº 36 de 4 de dezembro de 2020 descreve como: medida de perda relacionada com o valor econômico, social e patrimonial de um determinado bem, em circunstâncias de desastre.

Neste contexto entram os bens imóveis como os que são objeto deste estudo que, em tese, tendem a perder seu valor econômico quando de um desastre natural ou por estarem em uma região susceptível à sua ocorrência.

Os prejuízos podem ser classificados como: econômicos públicos/social e econômicos privado, e são descritos no quadro 05 com base no livro de Gestão de Risco de Desastres do Governo de Santa Catarina.

Quadro 5 - Tipos de prejuízos

Prejuízos Econômicos Públicos
Relacionam-se com o colapso de alguns serviços essenciais, que visam o atendimento da coletividade, como a assistência médica, abastecimento de água potável, sistemas de esgoto, limpeza urbana, controle de pragas, geração e distribuição de energia elétrica, telecomunicações, transportes, distribuição de combustíveis, segurança pública e ensino. São avaliados em função da perda de atividade econômica existente ou potencial, incluindo frustração ou redução de safras, perda de rebanhos, interrupção ou diminuição de atividades de prestação de serviço e paralisação de produção industrial.
Prejuízos Econômicos Privados
Referem-se aos danos materiais e/ou ambientais relacionados aos bens, serviços ou instalações privadas e relacionam-se com a perda de atividade econômica na indústria, comércio ou agronegócio, sem afetar diretamente a coletividade.

Fonte: Governo de Santa Catarina – Defesa Civil Estadual, 2014.

Para melhor exemplificar a diferença entre dano e prejuízo, considera-se um acidente de trânsito. Nesta situação, o cidadão machucado e os veículos prejudicados representam os chamados danos, enquanto as despesas médicas e de conserto dos veículos representam os chamados prejuízos.

2.2.4 Alagamento, Enchente e Inundação

O Ministério das Cidades (2007) define alagamento como o “acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial”.

Portanto o alagamento ocorre quando o montante de água precipitada supera a capacidade de escoamento do sistema de drenagem urbana, o que resulta no acúmulo momentâneo de água nas vias públicas, passeios e demais infraestruturas urbanas.

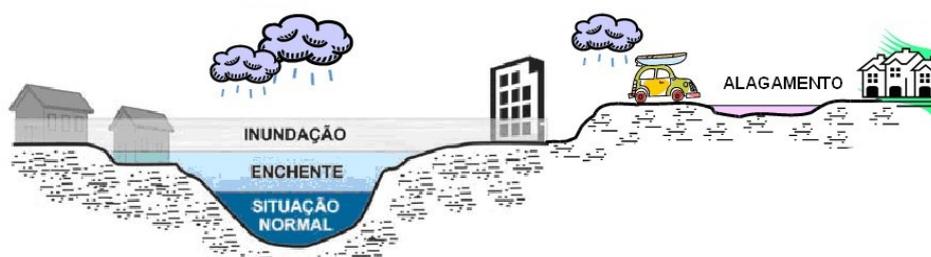
Tratando-se de enchentes e inundações, a UN-ISDR 2002 explica estes como sendo problemas geoambientais advindos de fenômenos ou perigos naturais, de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica.

Enchentes e inundações dependem da existência de corpos hídricos para acontecerem (AMARAL e RIBEIRO, 2009), e é comum decorrerem de precipitações rápidas ou de longa duração, à montante do curso d'água ou onde ele se situa; ao passo que alagamentos e enxurradas não se correlatam, normalmente, com a proximidade de corpos d'água. Estes dois últimos que estão atrelados a ausência ou deficiência de drenagem, bem como ao uso indevido do solo.

Devido às traduções equivocadas da literatura estrangeira para o português ao longo da história, há confusão, principalmente, entre os termos enchente e inundação. De acordo com Goerl e Kobiyama (2005), a palavra enchente (ou cheia) têm como origem o verbo encher, do latim *implere*, que significa ocupar o vazio, a capacidade ou a superfície de; tornar cheio ou repleto.

Pode-se utilizar como exemplo prático um balde, caso este esteja com água até sua máxima capacidade, diz-se que ele está cheio. Assim também se comportam os rios, se as águas atingem a cota máxima do corpo hídrico, sem que haja o transbordo de suas calhas, diz-se que está ocorrendo uma cheia. Havendo o extravasamento das águas às áreas adjacentes, diz-se que ocorreu uma inundação. Na figura 04 pode-se verificar a situação de alagamento, enchente e inundação.

Figura 4 - Diferença entre alagamento, enchente (cheia) e inundação



Fonte: Ministério das Cidades, 2007.

A probabilidade de ocorrência destes eventos adversos é ponderada pela combinação entre fatores naturais e antrópicos. Tominaga *et al.* (2009, p. 45), coloca como fatores naturais expressivos:

- a) as formas do relevo;
- b) características da rede de drenagem da bacia hidrográfica;
- c) intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas;
- d) características do solo e o teor de umidade;
- e) presença ou ausência da cobertura vegetal.

Em relação aos fatores antrópicos, pode-se destacar os eventos:

- a) uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água;
- b) disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d'água;
- c) alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água (vazão, retificação e canalização de cursos d'água, impermeabilização do solo, e outras);
- d) intenso processo de erosão dos solos e de assoreamento dos cursos d'água.

2.2.5 Características das Inundações

A Defesa Civil classifica, em função da magnitude e evolução, os tipos de inundações como: graduais, bruscas, alagamentos e litorâneas. Entretanto, Kobiyama *et al.* (2006) pontuam que a maior parte das situações de emergência ou estado de calamidade pública no âmbito nacional, tendem a ser provocadas por inundações graduais e bruscas.

De acordo com Castro (2003), inundações graduais têm por característica acontecerem após longos períodos de precipitação, e não estão relacionadas a precipitações intensas e concentradas, acontecendo também de maneira sazonal. O corpo hídrico eleva seu nível de maneira gradual e previsível, mantém-se cheio por um tempo, e assim escoam gradualmente até seu estado de normalidade.

Sob outra perspectiva, as inundações bruscas são provocadas por chuvas intensas e concentradas, escoam-se de maneira rápida e intensa, contudo são violentas e produzem súbitas elevações das águas, o que resulta no transbordamento do corpo d'água (CASTRO, 2003).

2.2.6 Danos Relacionados às Inundações

É comum que inundações provoquem danos materiais e, dependendo de sua intensidade, grandes danos humanos. Em conformidade com Sousa (2018), inundações podem desencadear incidentes de menor monta, colapso nos serviços e até perdas de vidas humanas por sinistros ou doenças de veiculação hídrica.

Em áreas com grande densidade habitacional, principalmente quando situadas em áreas de risco, verifica-se a destruição de bens imóveis, avaria em bens móveis, em utensílios domésticos e em veículos; instaurando dano material e, por vezes, causando dano humano.

O evento dificulta a atuação dos serviços essenciais (Defesa Civil, bombeiros, assistência de saúde, assistência social, serviços de telecomunicação, coleta de lixo, transporte público entre outros), com ênfase ao sistema de distribuição de água potável e tratamento de esgoto, devido a possibilidade de contaminação do ponto de captação e danos na rede de distribuição.

Quando as inundações acontecem de maneira ampla, tendem a destruir plantações, e atingir também a pecuária, qual exige grande esforço para salvamento dos animais (CASTRO, 2003). Nestas áreas, o autor também pontua a inundação de silos e armazéns onde há alimentos estocados, o que causa danos às reservas.

Estes tipos de desastres também contribuem para aumentar a ocorrência de acidentes com animais peçonhentos, bem como intensificar o risco de transmissão de doenças disseminadas pela água e pelos alimentos contaminados.

Segundo Sousa (2018), as águas advindas do escoamento superficial invadem os efluentes domésticos, e mesclam-se a matéria orgânica, restos de compostos não biodegradáveis e microrganismos patógenos, o que resulta em doenças de veiculação hídrica, como: leptospirose, hepatite do tipo A, hepatite do tipo E, doenças diarréicas, febre tifóide e cólera.

Com relação aos bens imóveis, como casas, apartamentos, lojas comerciais, indústrias, escolas, hospitais, entre outros, as inundações causam danos que geram grandes impactos econômicos, como pôde ser visto em trabalhos e pesquisas apresentados no quadro 01. O processo de mitigação destes eventos, acredita-se, pode trazer grandes benefícios econômicos aos municípios.

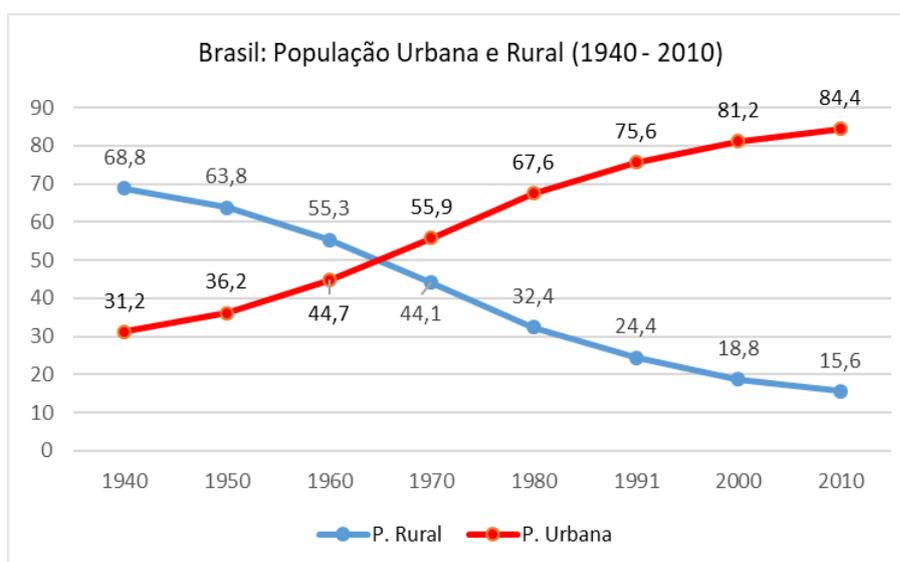
2.3 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NO BRASIL

Um dos fatores que fizeram a diferença no estabelecimento da sociedade brasileira moderna, foi o acelerado processo de urbanização, com velocidade superior ao de países desenvolvidos (BRITO e PINHO, 2012). Os autores ainda explicam que, estimulado pelas transformações sociais, econômicas, políticas e demográficas, sobretudo no século XX, o fenômeno era alavancado pelo crescimento populacional de 7,3 vezes, no qual em um pouco mais de meio século, a população urbana brasileira expandiu de 19 milhões para 138 milhões, numa taxa de crescimento média anual estimada na ordem de 4,1%.

Alguns autores destacam as migrações internas como grande responsáveis por este salto no processo de urbanização. De acordo com Matos (2012), é fato inquestionável que no mundo todo, grandes fluxos migratórios estejam vinculados a necessidade de mão-de-obra nas cidades, todavia, deve-se atentar quando esse fenômeno ocorre no sentido campo-cidade, ao contrário do que sociologistas fundamentalistas americanos pensavam, observa-se ocorrência de migrações direta ou indiretamente forçadas, face a fatores econômicos, religiosos, entre outros.

Nessa trama, vale lembrar que a revelação nacional quanto a superação da população urbana sobre a população rural, deu-se na década de 70, quando, em conformidade com Girard (2008) a taxa de urbanização era de 55,9% (figura 05).

Figura 5 - Crescimento da população urbana e rural no Brasil



Fonte: adaptado pelo autor de IBGE, 2000.

Brito e Pinho (2012) descrevem que a estimativa de escoamento populacional, entre a década de 60 e o final da década 80, que fora o ponto alto do ciclo migratório, é de quase 43 milhões de pessoas do campo para as cidades.

Segundo IBGE (2001, p. 14), a maior perda populacional rural ocorrida no período de 1991-2000, em termos absolutos, foi observada na Região Nordeste, que experimentou um decréscimo de 1,9 milhão de habitantes, correspondendo a – 11,71%. Entretanto, a maior perda relativa coube à Região Sul, – 16,47%, que em décadas passadas foi uma área de atração populacional.

Em uma interpretação de visão mais ampla do mapa de urbanização populacional do IBGE, conforme figura 06, nota-se um crescimento da população urbana bastante difundido. Há maiores taxas de urbanização concentradas em parte de São Paulo, estendendo-se aos Estados do Centro-Oeste, Sudeste e Sul.

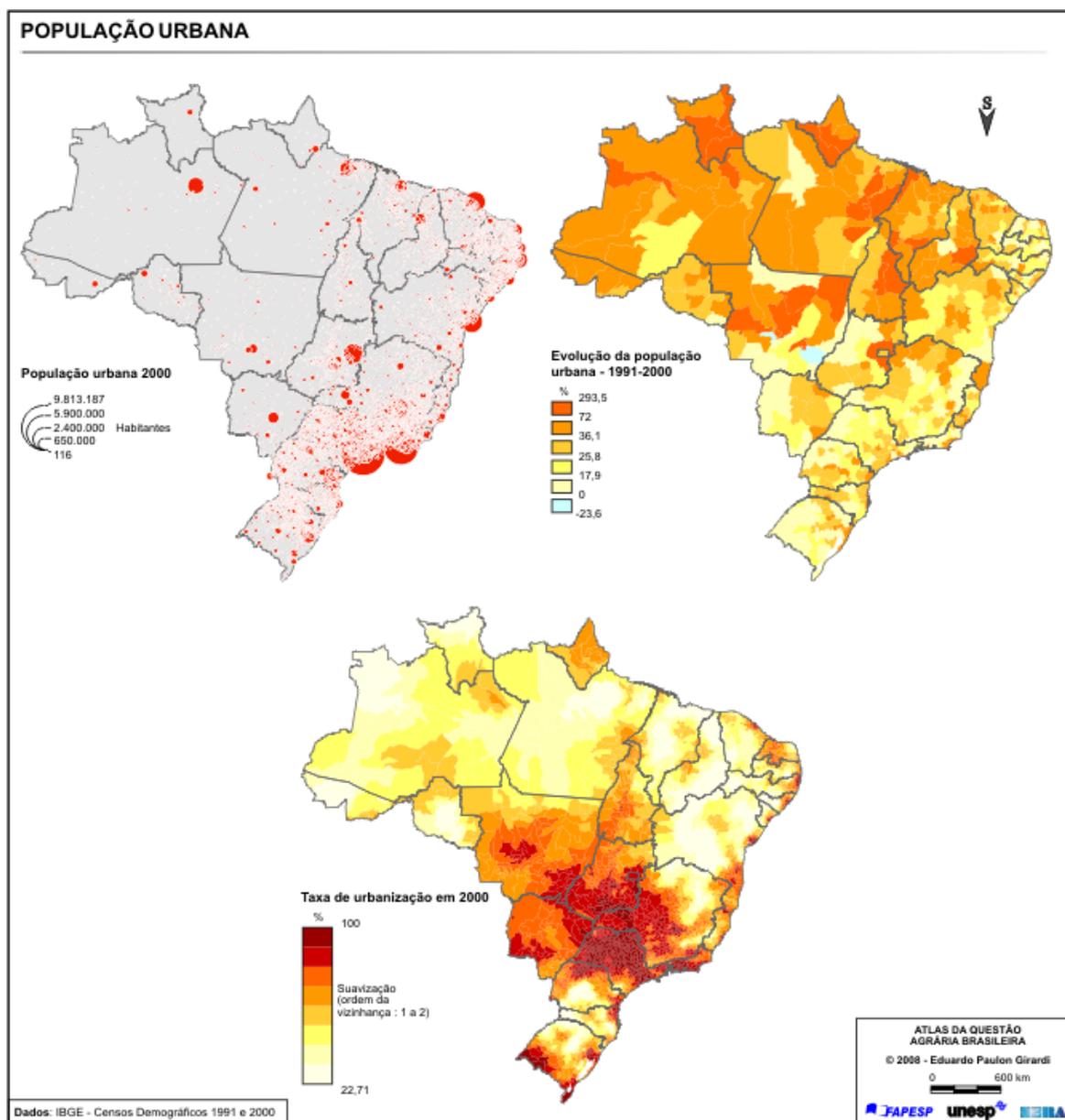
No cerrado (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, oeste de Minas Gerais, Goiás e Tocantins), região que de acordo com Girard (2008, p. 18), compreende a porção mais consolidada da fronteira agropecuária, demonstra nível intenso de urbanização, ao passo que também expressa evolução da população urbana.

Comparado às demais regiões, o Nordeste apresenta discrepância espacial quanto a sua taxa de crescimento populacional, onde no último período intercensitário (1991 - 2000), segundo IBGE (2000), apresentou taxa de crescimento de apenas 1,30%. A região amazônica demonstra considerável crescimento da população urbana, entretanto, caracteriza-se por baixas taxas de urbanização.

Cardoso *et al.* (2011) dizem que, dada as taxas de urbanização mais elevadas e a maior concentração de pessoas estarem voltadas às áreas desenvolvidas do país – regiões que tiveram como agente catalizador a concentração industrial -, demonstra que a população tende a escolher espaços com maior progresso para ocupar. Fato este que, ainda de acordo com o autor, pode significar que o Brasil vem fracassando na tentativa de integrar as regiões através de suas políticas públicas.

O texto de Brito e Pinho (2012) reforça a ideia do autor mencionado no parágrafo anterior, e explica que desde seu início o processo de urbanização no país não só foi acelerado, mas também concentrador, onde a população inclina-se a ocupar cidades maiores do que 500.000 habitantes, bem como apresenta recente tendência a ocupar cidades de porte médio, com 100.000 a 500.000 habitantes.

Figura 6 - Informações sobre a população urbana no Brasil

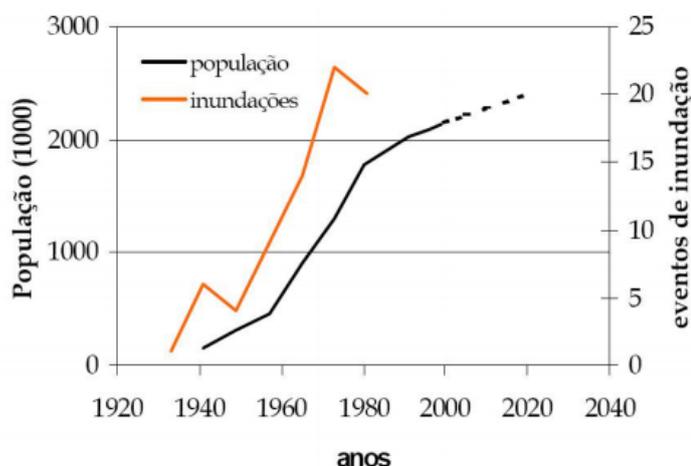


Fonte: IBGE, 2000.

2.3.1 Urbanização e seus Impactos nas Inundações

Inundações foram amplamente descritas e catalogadas na história da humanidade, contudo, os impactos registrados por este fenômeno têm sido cada vez maiores. Mortes, danos ambientais e grandes prejuízos econômicos são arrolados neste tipo de desastre. Lezcano (2004), coloca que o aumento do fenômeno supracitado, dá-se, em grande parte, pelo processo acelerado da urbanização. Na figura 07 pode-se observar o processo de evolução urbana e as inundações.

Figura 7 - Evolução urbana e ocorrência de inundações



Fonte: adaptado de Ramos, 1998.

A humanidade procurou fixar-se em áreas tidas como planícies de inundação, a julgar por suas vantagens (LIMA, 2003), assim atividades como a agricultura, abastecimento de água e esgotamento tornavam-se mais fáceis, dada a topografia favorável, fertilidade do solo, e possibilidades de acesso ao terreno.

Todavia, como o próprio termo que acompanha a caracterização da planície já expressa, estas são áreas potenciais a grandes danos e prejuízos, principalmente por carecerem de dispositivos que minimizem os impactos dos eventos e, principalmente, por não serem áreas propícias para a ocupação urbana.

Em Tubarão, município em que esta pesquisa está concentrada, por exemplo, Goldenfum *et al.* (2018) explicam que a urbanização ocorreu dentro da planície de inundações do principal rio da cidade, que é caracterizada pela baixa declividade do terreno e pela morfologia meandrada de rios típicos de planície. Desta forma, após inundações ocorridas ao longo da história do município, sendo a grande inundação de 1974 o estopim da ação, o rio Tubarão foi retificado e dragado para minimização dos impactos deste fenômeno.

Tucci (2002) lista algumas condições que resultam neste tipo de ocupação, a medida que às taxas de urbanização crescem:

- Aumento das vazões máximas (em até 7 vezes) e da sua frequência, devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies;
- Aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e a produção de resíduos sólidos (lixo);

- Deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, devido a lavagem das ruas, transporte de material sólido e as ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial e contaminação de aquíferos;
- Devido à forma desorganizada como a infraestrutura urbana é implantada, tais como: a) pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; b) redução de seção do escoamento por aterros de pontes e para construções em geral; c) deposição e obstrução de rios, canais e condutos por lixos e sedimentos; d) projetos e obras de drenagem inadequadas, com diâmetros que diminuem para jusante, drenagem sem esgotamento, entre outros.

Entretanto, considera-se também neste trabalho que, ao longo da história das cidades, houve pouco interesse em realocar moradores das áreas de risco para áreas seguras do município. Isto se deve à evidente complexidade política a nível local, bem como a falta de planejamento e de projeto de implantação de medidas estruturais e não estruturais, explicadas com mais detalhes no tópico 2.3.4.

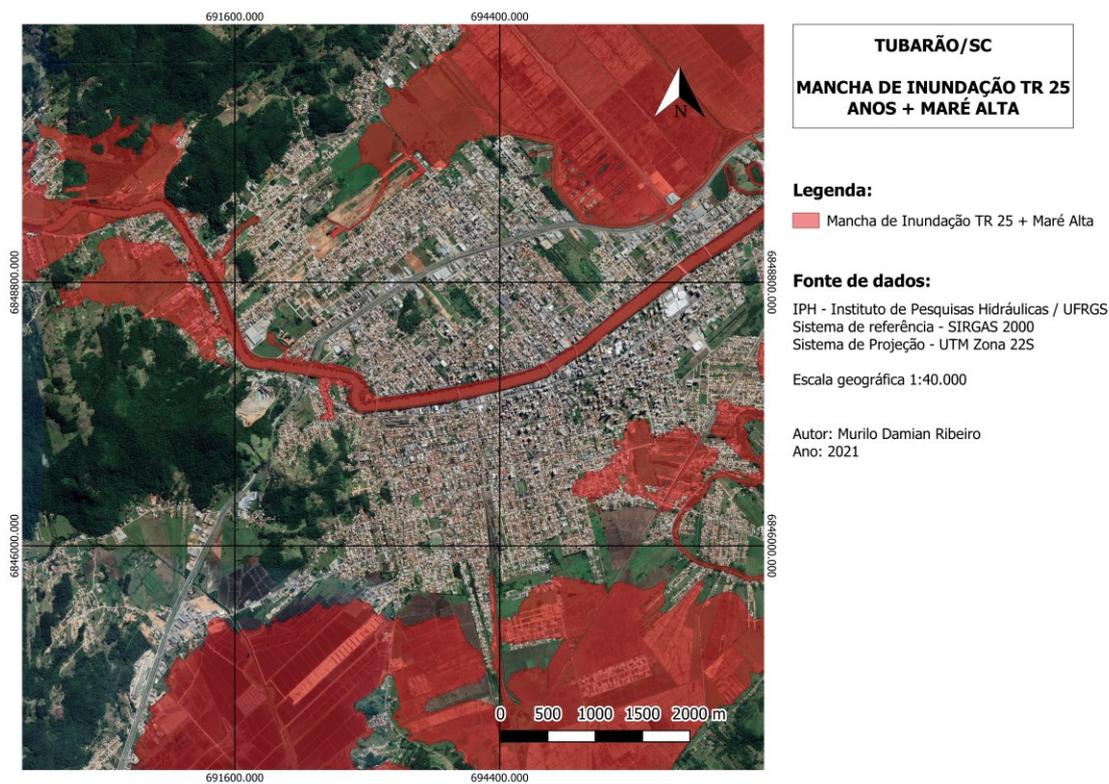
Dado o exposto, tem-se que o processo acelerado, desordenado e inadequado da ocupação urbana, resulta no desequilíbrio do sistema de drenagem da cidade, do micro ao macro, e por consequência, na ocorrência de inundações.

2.3.2 Risco de Inundação

Quando se estuda de forma mais detalhada os conceitos relacionados à probabilidade de ocorrência de inundações, verifica-se a importância de se empregar métodos estatísticos que possam englobar condicionantes que vão desde a distribuição espacial do fenômeno ao longo da história da região (levantamento histórico), a variáveis como: tempo de retorno (TR), dados pluviométricos e fluviométrico, tipo de relevo e superfície, dados de maré, estimativas de vazão, entre outros. O material de Gestão de Risco da SEDEC (2016, p. 108) pontua que os métodos quantitativos buscam reduzir a subjetividade da análise, através da quantificação dos graus de suscetibilidade em valores numéricos.

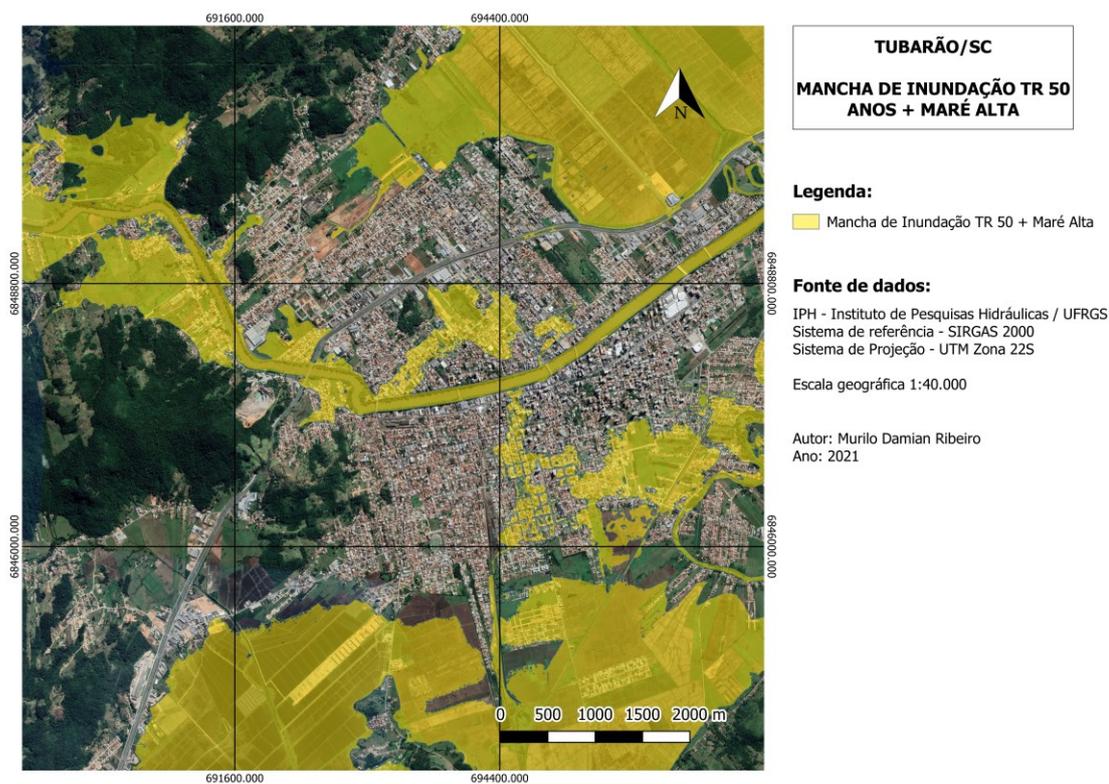
Por meio destes modelos matemáticos, podem-se determinar as áreas inundáveis de determinada região, delimitando-as nos mapas de risco, através das ditas manchas de inundação conforme figura 08, 09, 10 e 11. Marcar o risco num mapa é o mesmo que certificar este risco no espaço em questão (TUCCI, 2003).

Figura 8 - Áreas de inundação de Tubarão (TR 25).



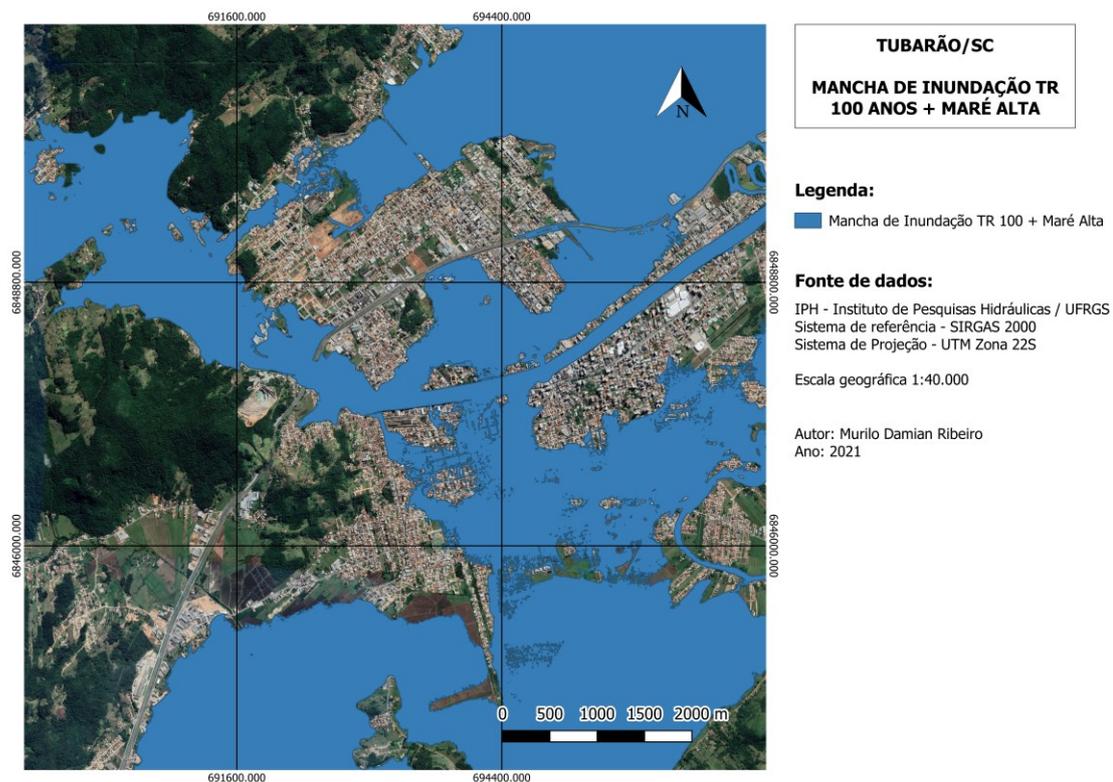
Fonte: O autor, 2021.

Figura 9 - Áreas de inundação de Tubarão (TR 50).



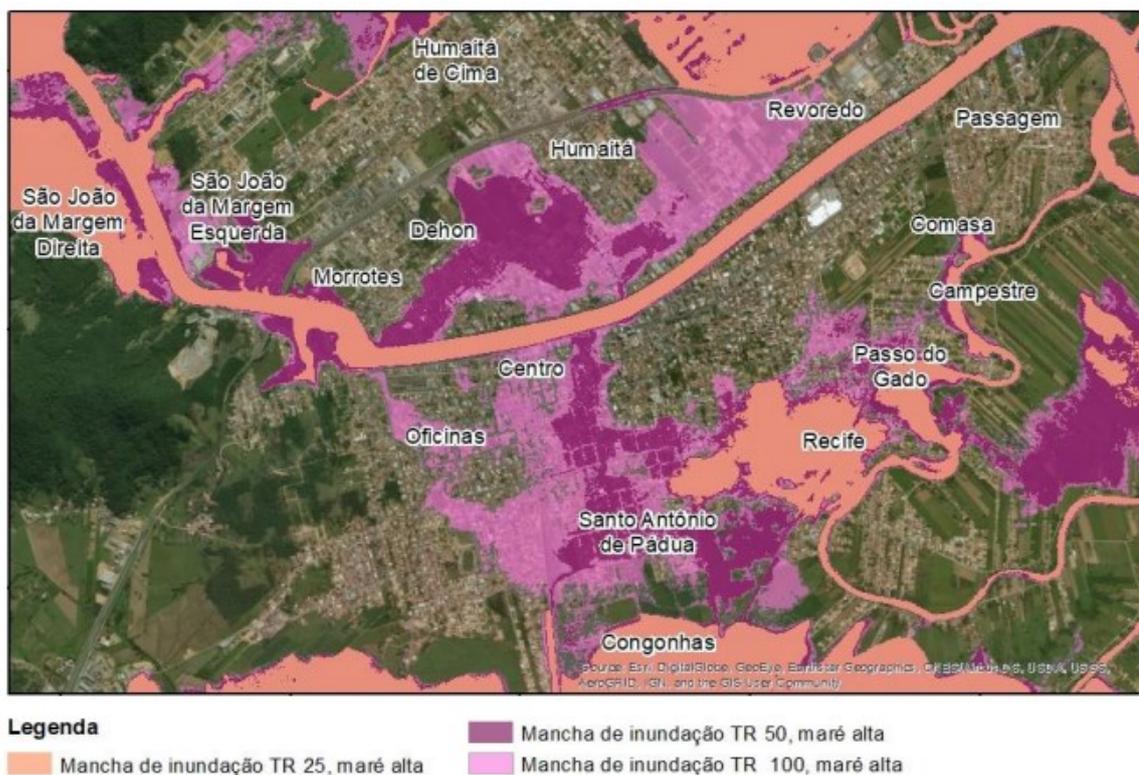
Fonte: O autor, 2021.

Figura 10 - Áreas de inundação de Tubarão (TR 100).



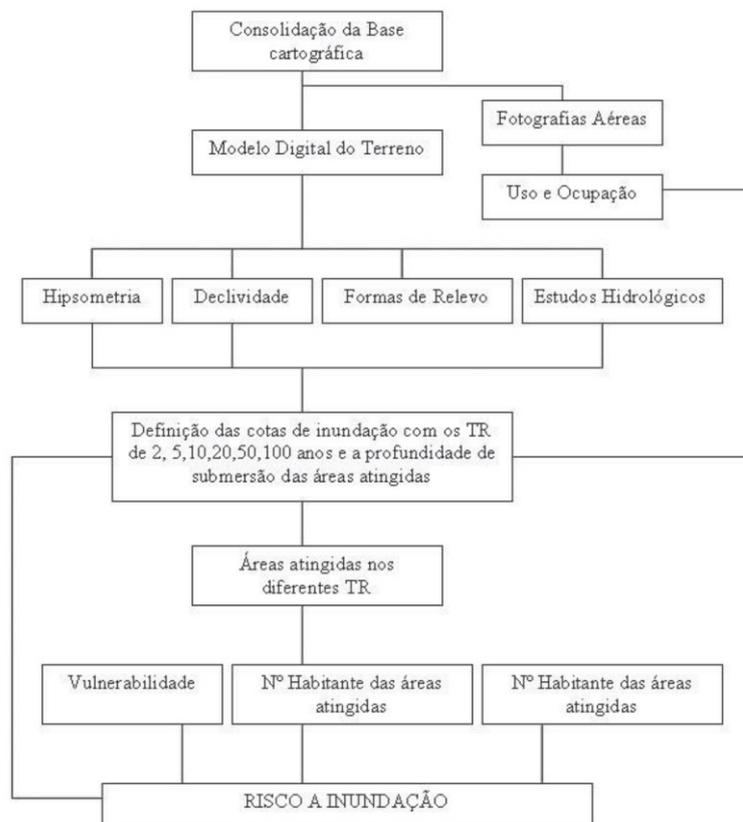
Fonte: O autor, 2021.

Figura 11 - Manchas de inundação sobrepostas sobre a área em estudo

Fonte: Goldenfum *et al.*, 2018.

Conforme Hora e Gomes (2009), para a elaboração de um mapa de risco de inundação, deve-se seguir algumas etapas, como as do fluxograma da figura 12.

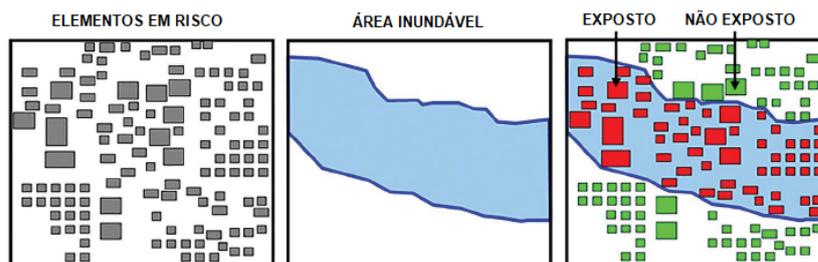
Figura 12 - Fluxograma para elaboração do mapa de risco a inundação



Fonte: Hora e Gomes, 2009.

Desta forma, faz-se o levantamento dos elementos expostos e não expostos ao referido risco na localidade estudada, conforme figura 13, abrindo a possibilidade da tomada de decisão mais estratégica e inteligente por parte do poder público, no que tange a execução de medidas estruturais ou não-estruturais.

Figura 13 - Exposição à inundação versus posição geográfica



Fonte: adaptado de SEDEC/UFRGS, 2016.

Tucci (2003) explica também que os mapas de inundação possibilitam que seja realizado zoneamento das áreas de risco de inundação, e que devem acompanhar grau de risco das áreas, bem como definir critérios de ocupação para estas áreas (uso do solo e aspecto construtivo).

Por fim, o zoneamento das áreas inundáveis objetiva o planejamento e a regulamentação do uso e ocupação, tendo em vista a delimitação das áreas sujeitas a inundação (GOLDENFUM *et al.*, 2018). Em seu trabalho, os autores ainda classificam como três as zonas de risco, descritas conforme o quadro 06.

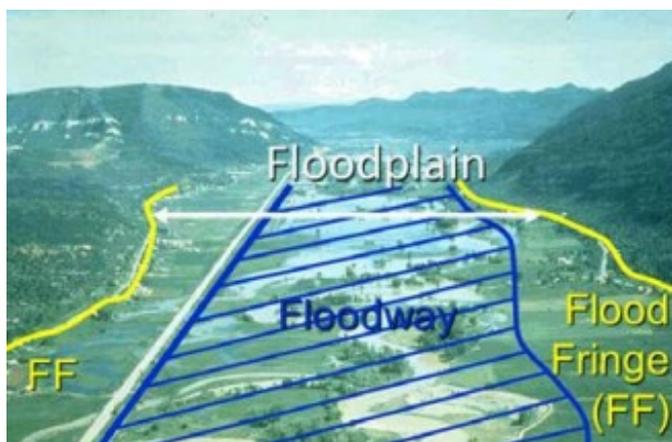
Quadro 6 - Classificação das zonas de risco

Zonas de Risco	
Zona de Passagem de Cheias	A Zona de Passagem de Cheias corresponde ao canal principal do rio ou riacho, e à parcela adjacente (planície de inundação). Deve-se manter livre, ou seja, sem obstáculos, pois têm a capacidade de transportar uma inundação de Tempo de Retorno até 100 anos (DNR, 2014).
Zona com Restrições de Ocupação	Na Zona com Restrições de Ocupação é permitida a ocupação regulamentada. Estes irão conviver com inundações de pequenas profundidades e/ou baixas velocidades. As construções podem prever elevação e estruturas de contenção de cheias (DNR, 2014).
Zona de Baixo Risco	Na Zona de Baixo Risco é a zona em que há pequena probabilidade de inundações, restrita a eventos excepcionais de grandes cheias. De acordo com Goldenfum (2018), áreas simuladas em modelos matemáticos que não demonstram suscetividade à inundação de um evento com período de retorno de 100 anos pertencem a esta zona. São dispensadas medidas de proteção, mas é necessário a orientação dos moradores para uma eventual inundação.

Fonte: Goldenfum *et al.*, 2018.

Essas três zonas de risco podem ser vistas com mais detalhes na figura 14, onde se apresenta a Planície de Inundação (*Floodplain*), Zona de Passagem de Cheias (*Floodway*) e Zona com Restrições de Ocupação (*Flood Fringe*).

Figura 14 - *Floodplain*, *Floodway* e *Flood Fringe*



Fonte: DNR, 2014.

2.3.3 Controle de Inundações Urbanas

A combinação de medidas estruturais e não-estruturais delineiam o controle de inundação nas bacias hidrográficas, o que permite uma convivência harmônica com os corpos d'água. De acordo com Tucci (2003) medidas de engenharia e medidas sociais, econômicas e administrativas exemplificam as ações.

Em conformidade com Tucci (1995), o controle das inundações urbanas não pode ser descontinuado, as comunidades das áreas mapeadas devem manter as medidas com foco em reduzir custos sociais e econômicos, gerados pelos impactos.

Tucci (2003) explica que em 1936, nos Estados Unidos, houve a aprovação de lei federal que tratava do controle de inundações, e entendia como singular a implantação de medidas estruturais como meio de reduzir os danos resultantes dos impactos, assim também não havia necessidade de se verificar a relação custo x benefício da medida. Observou-se ao longo dos anos que a lei federal implementada teve como seu efeito colateral a acelerada ocupação das planícies de inundação (várzeas), aumentando os danos e prejuízos provocados pelas inundações.

Em 1966, reconhecendo que as medidas implementadas no passado permitiam a ocupação de áreas inundáveis, o governo americano adicionou ao texto

e deu destaque a uma série de medidas não-estruturais, o que possibilitou às pessoas uma convivência mais tranquila com o fenômeno de ocupação.

No ano de 1973, foi aprovada a lei sobre proteção contra desastres de enchentes, que destacava medidas não-estruturais, e regulamentava o uso da terra nas planícies de inundação com obrigação de seguro que prevesse a ocorrência do fenômeno com até 100 anos de tempo de retorno (TR). O *Department of Natural Resources* (2014) descreve estas áreas como zona com restrições de ocupação.

No contexto brasileiro, Goldenfum *et al.* (2018) explicam que, apesar da regulamentação, a ocupação deve ocorrer com restrições para garantir danos mínimos - restrições que devem ser empregadas após o zoneamento das áreas inundáveis, elencadas no quadro 06 deste trabalho -, e um plano de contingência deve ser elaborado para atender às áreas já consolidadas, a fim de organizar as ações de preparação e resposta para o enfrentamento do desastre.

2.3.4 Medidas de Controle e Prevenção de Inundações

Em geral, a literatura cita duas medidas para o controle de inundação: estrutural e não-estrutural. Em suma, pode-se dizer que as chamadas medidas estruturais estão ligadas às obras de engenharia, e as chamadas medidas não-estruturais englobam zoneamento, sistemas de alerta e seguros.

Tem-se que as medidas estruturais são aquelas que modificam o sistema fluvial reduzindo os prejuízos decorrentes das enchentes, enquanto que as medidas não-estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes (TUCCI, 2003, p. 63).

Decina e Brandão (2016) apontam que um meio de se avaliar o desempenho dessas medidas antes de sua implantação é a utilização de modelos hidrológicos e hidráulicos. Assim, a partir da análise por meio de *softwares* e, conseqüentemente, a partir de modelos decorrentes das simulações realizadas, dá-se suporte técnico ao poder público para agir com maior segurança e eficácia no tratamento do problema.

Observa-se que as medidas estruturais, em conformidade com Tucci (2003), podem ser extensivas ou intensivas, sendo que as extensivas têm o aspecto de intervir na relação precipitação x vazão da bacia hidrográfica, modificando, por exemplo, as superfícies do solo ao longo da mesma. Quanto às medidas intensivas, aquelas que modificam os rios, Tucci (2003) as classifica em três tipos (quadro 07).

Quadro 7 - Classificação das medidas intensivas

Aceleram o escoamento	Diques e <i>polders</i> , aumento da capacidade de descarga dos rios e corte de meandros.
Retardam o escoamento	Reservatórios e bacias de amortecimento.
Desviam o escoamento	Canais de desvio.

Fonte: Tucci, 2003.

Salienta-se que as medidas não-estruturais podem ser aplicadas em conjunto com as medidas estruturais, ou individualmente, e tendem a minimizar os impactos dos danos e prejuízos gerados pelas cheias, dispendendo menor recurso para sua aplicação, quando comparadas às medidas estruturais. Freitas (2007) descreve este tipo de ação no Brasil como um conjunto de medidas de planejamento urbano, legislação, Defesa Civil e educação.

Tucci (2003) classifica como medidas não-estruturais:

- a) zoneamento de áreas de inundação através de regulamentação do uso da terra;
- b) construções à prova de enchentes;
- c) seguro de enchentes; e
- d) previsão e alerta de inundação. Soma-se a este trabalho também as organizações de cursos aos agentes públicos atuantes, oficinas, palestras, manuais e cartilhas para a capacitação da população.

2.3.5 Custo-Benefício de Projetos de Controle de Inundações

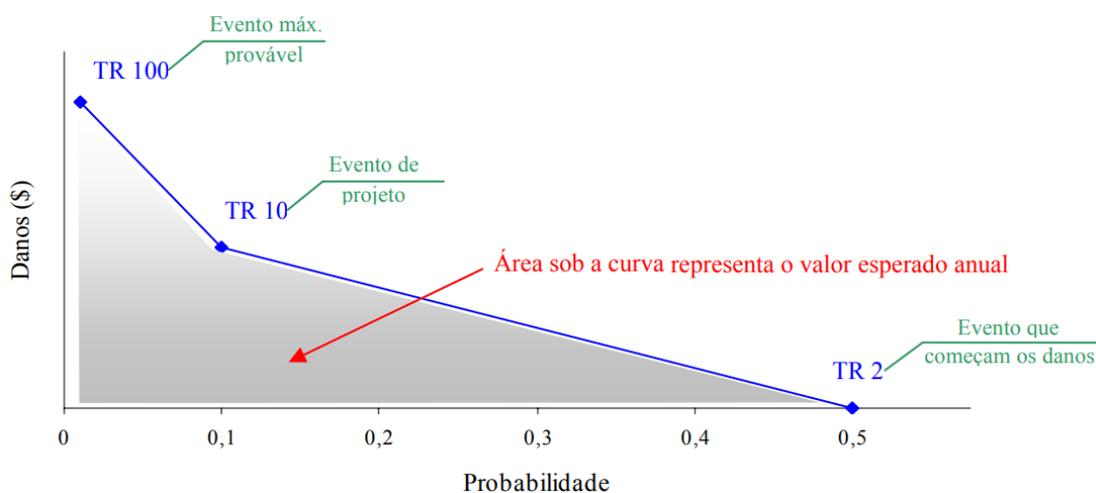
Conforme discutido neste trabalho, as inundações nos centros urbanos podem provocar grandes impactos, entretanto, ainda há quem questione a importância de projetos de controle de inundações, face seu custo x benefício.

Conforme Nagem (2008), analisar os resultados do projeto de controle de inundação ante ao evento para o qual foi dimensionado, pode ser uma alternativa simplificada de avaliar os investimentos na solução adotada.

Neste sentido, buscando indicar a viabilidade da solução, quanto ao seu custo x benefício, a literatura propõe realizar modelagem que relacione as cotas de inundação a prejuízos gerados pelo fenômeno nas áreas urbanas, isto é, confeccionar o mapa de inundação, a partir do qual possa se obter as curvas de prejuízo.

Segundo Souza *et al.* (2007), a curva nível-prejuízo consiste na determinação de curva que relaciona prejuízos e probabilidade ou tempo de retorno. O autor ainda pontua que para determinar esta curva é necessário obter as seguintes relações: a) curva de descarga; b) curva de probabilidade de vazões máximas; c) curva de nível versus prejuízo. Esta curva, conforme exemplo apresentado na figura 15, irá demonstrar perdas econômicas desencadeadas pelo evento.

Figura 15 - Curva probabilidade x danos e cálculo do valor esperado anual (VEA)



Fonte: NAGEM, 2008.

Ao considerar a probabilidade de ocorrência do fenômeno, consegue-se ponderar os benefícios sobre o projeto (NAGEM, 2008). Então, a partir da probabilidade do evento acontecer anualmente e o prejuízo por ele causado, obtém-se seu produto, o valor esperado anual (VEA). As seguintes etapas são necessárias para conclusão deste processo: a) cálculo do cenário de danos, estipulando-se cenários com diferentes tempos de retorno (TR); b) elabora-se gráfico com estes dados (figura 15); c) consegue-se calcular o valor esperado anual.

Com o produto desta relação, analisa-se a viabilidade econômica da solução proposta. De acordo com Vaz (2015), relativo ao viés econômico, os custos do projeto não devem exceder os benefícios tangíveis. Em resumo, a relação custo-benefício para conferência da viabilidade econômica de projetos é dada pela Eq. 01:

$$\max (\text{Benefícios} - \text{Custo}) \quad \text{ou} \quad \max \left(\frac{\text{Benefícios}}{\text{Custos}} \right) \quad \text{Eq. 01}$$

Obtêm-se, então, por meio da equação 01, os custos esperados das soluções dos projetos ao benefício de implantá-las. Essa comparação será necessária para que se encontre o *sweet spot* da ação pretendida.

2.4 ENGENHARIA DE AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS

O mercado de bens imóveis representa um importante segmento da economia nacional, por conta do volume de recursos nas transações e de seu significado social. Este mercado, contudo, tem um comportamento distinto dos mercados de outros bens economicamente significativos. As características singulares dos imóveis fazem com que a análise de seus valores seja uma tarefa complexa.

Conforme Dantas (2014), a engenharia de avaliação de imóveis no Brasil evoluiu bastante na última década, principalmente pela introdução da metodologia científica como ferramenta essencial a um trabalho avaliatório, que tem como objetivo orientar o avaliador na escolha das informações de interesse, na forma como coletá-las, analisá-las e tratá-las, na busca de modelos que expliquem a variabilidade observada nos preços e no mercado que se estuda.

Entre os métodos utilizados para a avaliação de imóveis previstos na NBR 14.653-2 (2011), o mais comum é o método comparativo direto de dados de mercado, que além de apresentar uma ótima estimativa dos valores econômicos dos bens envolvidos, oferece também qualidade e transparência ao processo avaliativo.

Segundo Thofehrn (2010), o método comparativo direto de dados de mercado é o método mais utilizado na avaliação de imóveis. É aquele em que o valor do bem é estimado através da comparação com dados de mercado assemelhados quanto às características intrínsecas e extrínsecas (DANTAS, 2014), ou seja, imóveis similares que foram comercializados ou encontram-se em oferta.

O método comparativo de dados de mercado pode ser aplicado utilizando-se estatística descritiva ou inferência estatística, sendo, este último, por meio da técnica de regressão linear, bastante difundida pelos profissionais da área de avaliação.

2.4.1 Modelo Clássico de Regressão Linear

A metodologia científica, aplicando conhecimentos de regressão linear, é bastante difundida e adotada por grande parte dos avaliadores de imóveis.

A idéia principal da regressão linear, segundo Gujarati *et al.* (2011) é estudar a dependência estatística de uma variável, a variável dependente, em relação a uma ou mais variáveis, as variáveis explicativas, estimando assim a média ou valor médio da variável dependente com base em valores conhecidos das demais variáveis.

O modelo clássico de regressão linear se apresenta, desta forma, como uma importante ferramenta para que se possa descrever o comportamento do mercado imobiliário. Isso pode ser caracterizado, por exemplo, pela explicação da valorização ou desvalorização de um bem imóvel, devido a implantação de infraestrutura urbana ou por estar em uma região em que se verifica risco de inundação.

O modelo clássico de regressão linear múltipla é visto na equação na Eq. 02:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m + \varepsilon \quad \text{Eq. 02}$$

Onde: - Y é a variável explicada (dependente)

- $\beta_0 \dots \beta_m$ são os parâmetros do modelo
- $X_1 \dots X_m$ são as variáveis explicativas
- ε são os resíduos com média $E(\varepsilon) = 0$.

O mesmo modelo, escrito na forma matricial, é descrito pela Eq. 03:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad \text{Eq. 03}$$

Onde: - \mathbf{Y} é o vetor de variáveis dependentes

- $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor de parâmetros do modelo
- \mathbf{X} é a matriz de variáveis independentes
- $\boldsymbol{\varepsilon}$ é o vetor de resíduos ou erros aleatórios

O modelo de regressão linear múltipla deve ser adotado quando mais de uma variável independente é necessária para explicar a variabilidade dos preços praticados no mercado. Em engenharia de avaliações geralmente se trabalha com modelos de regressão linear múltipla, tendo em vista a multiplicidade de fatores que interferem nos preços de um bem (DANTAS, 2014).

Na maioria das situações, o engenheiro vai observar que são diversas as variáveis que influenciam na formação do valor de mercado de um imóvel e é função do profissional de engenharia de avaliações identificar essas variáveis.

Deve-se, ainda, durante o planejamento para elaboração do modelo clássico de regressão, observar que é necessário se obter uma amostra representativa dos imóveis da região em estudo e de seus atributos, utilizando de fato aqueles que

expliquem a formação do valor de mercado dos imóveis, dado que os tipos de atributos formadores dos preços variam ao longo do tempo, de nicho e região.

Entre os supostos atributos formadores do valor dos imóveis abordadas neste estudo, encontra-se a influência da existência ou não de risco de inundação, bem como seu respectivo tempo de retorno, sobre o valor de mercado de bens imóveis localizados em zonas susceptíveis a este tipo de evento.

2.4.2 Inferência Estatística em Regressões Lineares

Em engenharia de avaliações a inferência explica o comportamento do mercado que se analisa, com base em alguns dados levantados no mesmo. Neste caso a inferência estatística é fundamental para solucionar a questão, pois conhecendo apenas uma parte do mercado pode-se concluir sobre o seu comportamento geral, com determinado grau de confiança (DANTAS, 2014).

Conforme González (1997, p. 72), a aplicação da estatística inferencial possibilitou o surgimento de procedimentos de avaliação de valores de imóveis com maior precisão e com características científicas não encontradas anteriormente.

Segundo Dantas (2014), como é inviável o levantamento de todos os dados de mercado de uma população, na prática, se trabalha com um subconjunto de n elementos desta população, denominado amostra, através da qual, utilizando a inferência estatística, estimam-se os parâmetros populacionais.

Para que se realizem inferências confiáveis sobre a população, durante a fase de modelagem, muitas etapas de análise são necessárias, tais como a verificação de dados atípicos, se há variáveis que são pouco significativas, as tendências do modelo, os pressupostos sobre os erros aleatórios, entres outras, sendo que a variável resposta deve ser devidamente explicada na escala original.

2.4.3 Pressupostos Básicos da Inferência Estatística

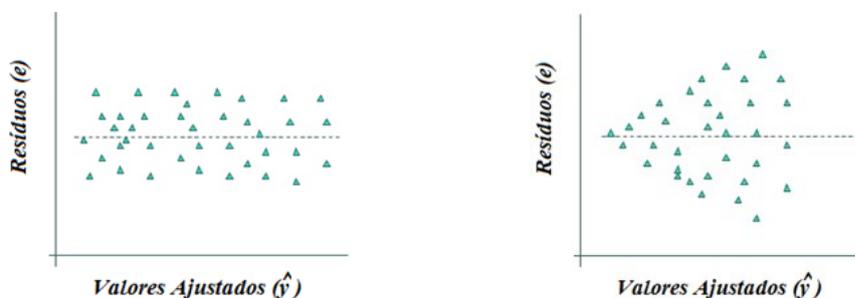
Em geral, os principais pressupostos da inferência estatística recaem sobre a componente aleatória e , que reflete os resíduos do modelo. Desta forma, o processo de análise de regressão exige o respeito aos pressupostos básicos e, ainda, a outras condições relacionadas, que precisam ser atendidos para que a análise seja válida, e possam ser realizadas inferências com o modelo obtido.

Conforme Dantas (2014), o modelo clássico de regressão linear deve atender a pressupostos básicos que são: dados sem perturbações, parâmetros constantes, modelo linear na forma da Eq. 02, os erros com distribuição normal, baixa correlação entre as variáveis independentes, homoscedasticidade e aleatoriedade dos resíduos com esperança nula - $E(\varepsilon) = 0$. No entanto, mesmo atendendo esses pressupostos, as variáveis escolhidas devem apresentar relevância e adequabilidade para garantir um modelo linear, consistente e eficiente.

2.4.3.1 Homocedasticidade

Um gráfico dos resíduos (e_i) versus os valores ajustados pelo modelo de regressão (\hat{Y}), apresentando pontos distribuídos aleatoriamente em torno de uma reta horizontal que passa pela origem, sem nenhum padrão definido, é um indicador favorável à aceitação da hipótese de variância constante para o erro (DANTAS, 2014). Na figura 16 pode-se perceber a diferença entre esses modelos:

Figura 16 - Modelo Homocedástico (a) e Heterocedástico (b)



Fonte: o autor.

Para verificação do pressuposto de homocedasticidade temos como principais testes formais, o Teste de Park, Teste de Breush-Pagan e Teste de White.

2.4.3.2 Autocorrelação

A autocorrelação decorre da influência sobre os resíduos (e_i) de variáveis formadoras de valor importantes, não consideradas na equação. Um modelo sem perturbações deve apresentar resíduos independentes, distribuídos de forma aproximadamente igual à distribuição normal (MENDONÇA, *et al.*, 1998).

Este pressuposto, segundo Baptistella *et al.* (2006), pode ser medido pelo Teste de Durbin-Watson (DW), que identifica a correlação entre cada resíduo e o resíduo correspondente ao período imediatamente antecedente ao de interesse.

Segundo Dantas (2014), a estatística d foi tabelada por Durbin-Watson para níveis de significância de 5%, 2,5% e 1%, considerando ajustamentos de modelos com 15 a 100 observações, com até seis variáveis independentes, estabelecendo limites críticos dL e du . Para se testar a hipótese nula de que os resíduos não são correlacionados (H_0) contra a hipótese de que os resíduos são correlacionados (H_1), calcula-se d e depois compara-se com os pontos críticos dL e du , como segue:

1. Se $du < d < 4 - du$ rejeita H_1 ou seja, rejeita-se a hipótese de que os resíduos são correlacionados em favor da hipótese de não-autocorrelação ao nível de significância estabelecido;
2. Se $d < dL$ aceita-se a hipótese de autocorrelação positiva;
3. Se $d > 4 - dL$ aceita-se a hipótese de autocorrelação negativa.

Conforme Gujarati *et al.* (2011), o numerador da fórmula de Durbin-Watson é a diferença, ao quadrado, entre resíduos em instantes sucessivos, e o denominador é a soma do quadrado dos resíduos (RSS). O valor da estatística d de Durbin-Watson se encontra entre os valores de 0,0 a 4,0.

2.4.3.3 Normalidade

Conforme Dantas (2014), em primeira análise, pode-se fazer a verificação da hipótese de normalidade dos resíduos observando-se o intervalo abrangido pelos resíduos padronizados (e_i^*), encontrados dividindo-se cada resíduo (e_i) pelo desvio-padrão do modelo, uma vez que, em uma distribuição normal, 68% destes resíduos estão no intervalo $[-1,00; +1,00]$, 90% entre $[-1,64; +1,64]$ e 95% entre $[-1,96; +1,96]$.

A teoria estatística exige que os resíduos padronizados dos elementos (diferença entre o valor observado no campo e o valor estimado pela equação de regressão, dividida pelo desvio padrão do modelo) sigam a distribuição normal.

Nos casos em que as distribuições não sejam normais, as estimativas não serão eficientes. As causas podem, por exemplo, serem oriundas de omissão de variáveis explicativas importantes ou de formulação matemática incorreta (forma

funcional), as quais se pode resolver incluindo mais variáveis ao modelo ou formular corretamente a relação funcional, respectivamente.

Para verificação do pressuposto de normalidade temos como testes formais, o Teste de Kolmogorov-Smirnov, o Teste de Jarque-Bera e o Teste de Shapiro-Wilk.

2.4.3.4 Linearidade

Conforme a NBR 14.653-2, com relação ao pressuposto de linearidade, deve-se analisar primeiramente o comportamento gráfico da variável dependente em relação a cada variável independente, em escala original. Isto pode orientar o avaliador na transformação a adotar. As transformações utilizadas para linearizar o modelo devem, tanto quanto possível, refletir o comportamento daquele mercado.

Após as transformações realizadas, se houver, examina-se a linearidade do modelo, pela construção de gráficos dos valores observados para a variável dependente versus cada variável independente, com as respectivas transformações.

2.4.3.5 Multicolinearidade

Uma forte dependência linear entre duas ou mais variáveis independentes provoca degenerações no modelo e limita a sua utilização para fins de avaliação.

Conforme Dantas (2014), para verificação desta hipótese deve-se, em primeira mão, analisar a matriz das correlações, que espelha as dependências lineares de primeira ordem entre as variáveis explicativas consideradas no modelo.

Ao analisar a matriz de correlações, o engenheiro avaliador deve ficar atento a resultados que apontam para valores de correlação superiores a 0,80 entre as variáveis explicativas do modelo, como especifica a NBR 14653-2 (2011).

Outra forma de verificar as correlações é pela análise gráfica através do comportamento dos resíduos do modelo versus cada variável explicativa em questão. Segundo Abunahman (2000), é necessária a independência de cada variável no modelo de regressão.

Para verificação do pressuposto de multicolinearidade tem-se como testes formais, o Teste de Farrar e Glauber e o Teste VIF (Fator de Inflação da Variância).

3 MATERIAIS, MÉTODO E ÁREA DE ESTUDO

Esse capítulo visa detalhar o método, os materiais e a área de abrangência escolhida para esse estudo, fazendo uma exposição dos procedimentos adotados à condução da coleta, do tratamento e da análise dos dados de mercado.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Fonseca (2002 *apud* GERHARDT e SILVEIRA, 2009), metodologia é o estudo da organização, dos caminhos a serem percorridos, para se realizar uma pesquisa ou um estudo. Nesse sentido, metodologia significa o estudo dos caminhos, dos instrumentos utilizados para fazer uma pesquisa científica.

Em geral, pode-se classificar uma pesquisa científica quanto aos objetivos (fins) e quanto aos procedimentos metodológicos (meios) adotados no estudo.

Quanto aos objetivos, essa é uma pesquisa do tipo descritiva, que, conforme Gil (2017), tem como objetivo a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis. Algumas pesquisas descritivas vão além da simples identificação da existência de relações entre variáveis, e pretendem determinar a natureza dessa relação.

Quanto aos procedimentos metodológicos adotados (meios), a pesquisa se classifica, segundo Vergara (2015), como experimental, pois é investigação empírica na qual o pesquisador manipula e controla variáveis independentes e observa as variações que tal manipulação e controle produzem em variáveis dependentes.

Conforme Gil (2017), a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

As pesquisas experimentais constituem o mais valioso procedimento disponível aos cientistas para testar hipóteses que estabelecem relações de causa e efeito entre as variáveis. Em virtude de suas possibilidades de controle, os experimentos oferecem garantia muito maior do que qualquer outro delineamento de que a variável independente causa efeitos na variável dependente (GIL, 2017).

Conforme o autor, a pesquisa experimental constitui um delineamento muito prestigiado nos meios científicos. Consiste essencialmente em determinar um objeto

de estudo, selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

Desta forma, este estudo pode ser classificado quanto aos objetivos traçados (ou fins) como uma pesquisa descritiva, e quanto aos procedimentos metodológicos adotados (ou meios) como uma pesquisa experimental.

3.2 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

Nesta pesquisa, o objetivo principal é investigar os impactos que a existência do risco de eventos de inundação tem sobre o valor de mercado de imóveis localizados na planície de inundação da bacia do rio Tubarão, no município de Tubarão/SC e, por consequência, verificar se a adoção de medidas de controle e minimização destes riscos tem impacto no valor de mercado destes imóveis.

Embora os benefícios advindos do controle de inundações sejam bem mais abrangentes, como os prejuízos diretos e indiretos não vinculados ao valor de um imóvel, no contexto desta dissertação, o benefício sócio-econômico é definido como o acréscimo no valor dos imóveis, resultante da redução do risco de inundação, proporcionado pela implementação dessas obras de controle e minimização de risco.

Para que seja possível realizar essa quantificação, é necessário que se defina o melhor modelo matemático, que seja capaz de determinar a variabilidade do valor de mercado dos imóveis na região em estudo, em função da probabilidade de ocorrência de uma inundação em um dado período de tempo (TR).

Esse modelo considera que o valor de mercado de um imóvel é composto por suas diversas características. Essas características podem ser divididas em estruturais, específicas do imóvel; localizacionais, referentes à localização do imóvel; ambientais, relativas às condições ambientais; de infra-estrutura, relacionadas à disponibilidade desses elementos na área em estudo.

No caso específico dessa pesquisa, além dessas diversas variáveis, será considerado também a probabilidade de ocorrência de inundação na região em estudo. Essa variável é apresentada por meio do chamado tempo de retorno (TR).

Considerando as variáveis anteriormente apresentadas, pode-se verificar que o valor dos imóveis poderá ser modelado pela equação 04 apresentada.

$$\text{Valor do Imóvel} = f(F, L, A, I)$$

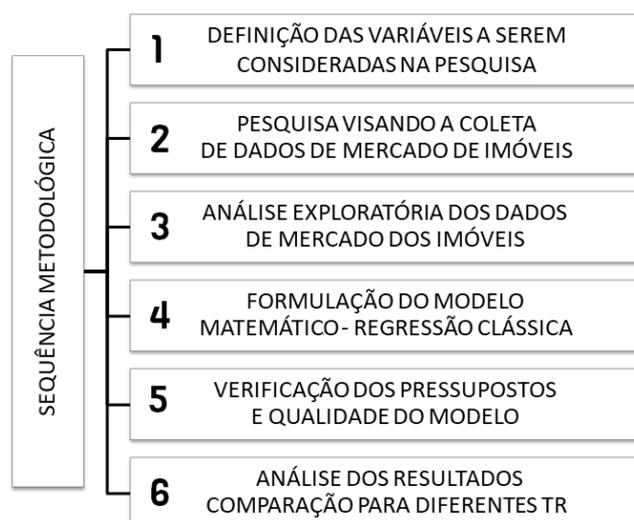
Eq. 04

Onde, F representa as características físicas dos imóveis em função da tipologia;
 L representa as variáveis de localização do imóvel, caso ela seja relevante;
 A representa as características ambientais no entorno do imóvel em análise;
 I representa a disponibilidade de infra-estrutura no entorno dos imóveis.

Desta forma, pretende-se utilizar o método dos preços hedônicos para se definir um modelo que seja capaz de prever o valor de mercado dos imóveis da área em estudo. Será utilizado, para obtenção desse modelo, técnicas de regressão linear múltipla em que a variável dependente representará o valor de mercado dos imóveis, e as variáveis independentes serão as características estruturais, localizacionais, ambientais e de infra-estrutura, conforme modelo da equação 04.

Na figura 17 apresenta-se um esquema em que é possível visualizar as principais etapas metodológicas apresentadas nesse trabalho de pesquisa.

Figura 17 - Esquema contendo as etapas metodológicas



Fonte: o autor.

Para melhor compreensão da descrição das etapas metodológicas realizadas a partir deste ponto, optou-se por separar em tópicos conforme segue:

1: DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS A SEREM CONSIDERADAS NA PESQUISA

Nesta etapa da pesquisa buscou-se identificar as características que possivelmente seriam importantes na formação do valor de mercado dos imóveis

localizados na área em estudo. Essa etapa objetivou orientar o levantamento de dados que será realizado em etapa seguinte. Todas as variáveis levantadas foram verificadas estatisticamente quanto à significância para o modelo matemático.

Observou-se que variáveis estruturais (área total construída, área do terreno, tipologia da construção e idade do imóvel); variáveis ambientais (proximidades às regiões verdes e tempo de retorno de inundações); variáveis de localização (bairro, coordenadas UTM, distância à polos de valorização e desvalorização); e variáveis de infra-estrutura (tipo de pavimentação, disponibilidade de sistemas de água e esgoto e proximidade à equipamentos urbanos), devem ser consideradas e verificadas estatisticamente quanto à importância para a formação dos valores de mercado dos imóveis na bacia hidrográfica do rio Tubarão.

No tópico 3.4 todas as variáveis consideradas são descritas e é apresentado o comportamento esperado para cada variável junto ao mercado imobiliário.

2: PESQUISA VISANDO A COLETA DE DADOS DE MERCADO DOS IMÓVEIS

Conforme Gerhardt e Silveira (2009), a coleta de dados é a busca por informações para a elucidação do fenômeno ou fato que o pesquisador quer desvendar. O instrumental técnico elaborado pelo pesquisador para o registro e a medição dos dados poderá ser de diversas formas, dentre elas a pesquisa eletrônica.

Para essa pesquisa fez-se o levantamento de dados de mercado junto às imobiliárias que ofertam imóveis na região de estudo, utilizando-se para isso, consultas a classificados em sites de internet, contato telefônico e pessoal junto às imobiliárias, além de visitas em campo, principalmente nas regiões em que o risco de ocorrência de inundação possui tempo de retorno mais baixo.

Cada dado coletado pode ser localizado facilmente por meio de suas coordenadas UTM, que se referem a posição exata de cada imóvel da amostra. Nessa etapa utilizou-se como ferramenta o Google Earth e, com base no endereço completo de cada dado da amostra, pode-se determinar sua coordenada UTM.

Para se determinar a distância à polos de valorização/desvalorização ou equipamentos urbanos, utilizou-se como ferramenta o software QGIS 2.18.33. Criou-se um ponto ou linha para representar a variável em questão, e calculou-se a distância euclidiana para esse ponto ou linha, usando nesse caso a distância perpendicular à linha que representa a variável em estudo, quando necessário.

Nesta etapa, ainda, foi realizada a caracterização dos imóveis da amostra quanto ao risco de ocorrência de inundação associado à localização onde cada um destes imóveis se encontra na área da bacia do rio Tubarão.

3: ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS DE MERCADO DOS IMÓVEIS

Nesta etapa realizou-se a análise exploratória dos dados com o objetivo de reconhecê-los e visando analisar como se dá as relações entre variáveis independentes e destas com a variável dependente, bem como identificar *outliers*.

Utilizou-se como ferramenta o *software* RStudio onde se pôde analisar os diagramas de dispersão, histogramas de frequências e de *outliers*, diagramas *box-plot*, testes de significância e testes de correlação.

Essas análises permitem, em princípio, se familiarizar com os dados e identificar variáveis efetivamente importantes para explicar o valor de mercado dos imóveis da área em estudo e as possíveis transformações a serem realizadas em suas escalas visando obter uma amostra de qualidade.

Foram excluídas algumas variáveis que não se mostraram significativas para o estudo e seguiu-se com as variáveis restantes para a etapa seguinte.

4: FORMULAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO – REGRESSÃO CLÁSSICA

Nesta etapa buscou-se modelar, utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários, a melhor equação de regressão linear múltipla. Foram testadas diversas transformações nas variáveis (quadrada, inversa, raiz quadrada, logarítmica, potência) visando obter um modelo de qualidade que pudesse explicar o mercado imobiliário da área em estudo da forma mais real possível.

Como ferramenta para modelagem por regressão clássica utilizou-se, também, o *software* RStudio e seus pacotes estatísticos de regressão. Verificou-se as significâncias das variáveis e o coeficiente de determinação do modelo ajustado.

5: VERIFICAÇÃO DOS PRESSUPOSTOS E A QUALIDADE DO MODELO

Como complementação para a etapa anterior, realizou-se a análise de todos os pressupostos básicos da inferência para ter certeza que o modelo escolhido era

adequado. Por meio de testes específicos, verificou-se os pressupostos de linearidade, autocorrelação, homocedasticidade, multicolinearidade e normalidade.

Verificou-se, ainda, os pontos influenciantes e *outliers* e, quando necessário, os pontos detectados eram retirados da amostra e a etapa anterior era recalculada.

6: ANÁLISE DOS RESULTADOS – COMPARAÇÃO PARA DIFERENTES TR

Nesta última etapa pôde-se verificar, então, o impacto que a existência do risco de inundação tem sobre o valor de mercado dos imóveis na região em estudo.

Para isso, definiu-se um imóvel padrão, conforme descrito na tabela 16, e fez-se variar o tempo de retorno (variável TR), substituindo pelos valores TR = 25, TR = 50 e TR = 100 anos no modelo clássico de regressão linear múltipla ajustado.

Esta estratégia permitiu verificar o impacto que há no valor de um imóvel padrão quando este está em uma planície de inundação com tempo de retorno baixo e o que ocorre com o valor do imóvel quando se gera um aumento na variável TR, ocasionado quando se adota medidas de controle para este tipo de desastre.

Para essa etapa utilizou-se como ferramenta as planilhas de *Excel* e o *software* QGis para classificar e determinar as regiões de maior risco de inundação.

Por fim, utilizando o *software Surfer 15*, gerou-se um mapa de gradientes contendo o valor unitário dos imóveis da área em estudo para dois cenários distintos, variando o tempo de retorno no modelo ajustado, conforme descrito no tópico 4.4.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Conhecido o método a ser utilizado para se alcançar aos objetivos dessa pesquisa, pode-se delimitar a área de estudo. Desta forma, a aplicação do método proposto será aplicada sobre imóveis do entorno da bacia do rio Tubarão. Para isso, alguns detalhamentos sobre o município e sua bacia principal, são apresentados:

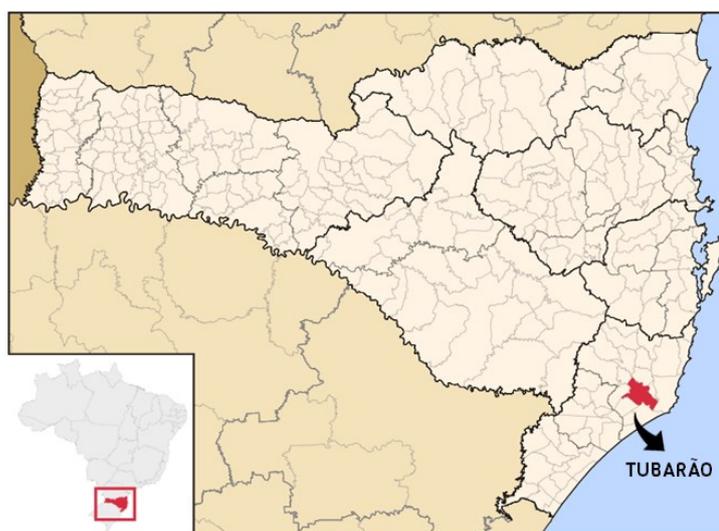
3.3.1 Considerações Iniciais

A área de estudo desta pesquisa se encontra ao sul do estado de Santa Catarina, nas coordenadas geográficas latitude 28°28'00" S e longitude 49°00'25" O, com área total de 301,755 km². A altitude média na sede do município de Tubarão é

de 9 metros acima do nível do mar, e o ponto culminante, conhecido popularmente como morro do Martinelli, fica a 540 metros, no bairro Rio do Pouso Alto.

O município é limítrofe ao Sul com Jaguaruna, a Sudoeste com Treze de Maio, a Oeste com Pedras Grandes, a Noroeste com São Ludgero, ao Norte com Gravatal, a Leste com Capivari de Baixo e a Sudeste com Laguna. Sendo cidade pólo da microrregião AMUREL - Associação dos Municípios da Região de Laguna. Pode-se verificar, pela figura 18, a localização do município de Tubarão (SC).

Figura 18 - Localização do município de Tubarão (SC)



Fonte: adaptado de Wikipédia, 2020.

Em conformidade com o IBGE (2018) a população tubaronense é aproximadamente 97.235 habitantes, com estimativa de 106.422 habitantes para o ano de 2020, onde 90,60% da população ocupa áreas urbanas e 9,40% áreas rurais.

3.3.2 Breve Histórico do Município de Tubarão e do Rio Tubarão

A história de Tubarão começa em 1774, com a doação de duas sesmarias ao Capitão João da Costa Moreira, o seu pioneiro fundador (TUBARÃO, 2014).

O lugar conhecido como Paragem do Poço Grande, era ponto de parada para os tropeiros que desciam da região serrana com mulas carregadas de queijo, charque e outros produtos. A carga era cambiada por produtos como o sal, peixe seco, farinhas e tecidos transportados pelos navios que partiam do porto de Laguna, completando assim a rota Lages - Porto de Laguna.

Em 27 de maio de 1870, o presidente da Província sancionou a lei nº. 635 que criou o município de Tubarão, território desmembrado de Laguna. Em seguida recebeu levas de imigrantes portugueses: açorianos e vicentistas. Durante a década de 1870, registraram-se três importantes fatos: a imigração europeia com predominância de italianos, seguida de alemães e outras nacionalidades, a criação da comarca de Tubarão em 1875 e a formação da Cia Inglesa The Donna Thereza Cristina Railway. A ferrovia foi o principal agente de mudanças econômicas e sociais no município, junto com a exploração do carvão e a imigração europeia.

Segundo informações da prefeitura de Tubarão (2014), o topônimo Tubarão deriva do cacique Tuba-Nharõ (do tupi-guarani = pai feroz), nome que os habitantes primitivos também davam ao rio que corta a cidade. Tubarão também é conhecida como Cidade Azul. Conta a história que foi o escritor, político e jornalista catarinense Virgílio Várzea que encantado com a beleza do rio refletindo o céu azul e as montanhas azuladas no entorno atribuiu o dístico à cidade: “o rio passa, serpenteando, e no seu rastro de prata, banha a cidade azul...”

O mesmo rio que encantou o poeta também causou destruição e morte na grande cheia. A catastrófica inundação de 23 de março de 1974 deixou marcas profundas na história da região. Em menos de um ano, o povo trabalhador reconstruiu a cidade e em homenagem aos esforços coletivos e a solidariedade foi erguida a Torre da Gratidão, ao lado da Catedral (TUBARÃO, 2014).

3.3.3 Características Sócio-Econômicas de Tubarão

Para Vittoretti (1992) as empresas Estrada de Ferro Donna Thereza Christina (FTC), a Companhia Siderúrgica Nacional e o Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda, foram as grandes responsáveis pelas transformações sociais e econômicas de Tubarão e região Carbonífera.

Ainda de acordo com o renomado historiador tubaronense, a FTC fora inaugurada em 1884, sendo principal expoente na mobilização da exploração do carvão; assim nasce a Cia. Siderúrgica Nacional, que instalou em Capivari a Usina de Beneficiamento de Carvão, popularmente conhecida como Lavador do Capivari, que acabou por encerrar suas atividades em 1991. Neste ínterim, em 1945, a Usina Termelétrica entra em operação, tornando-se mais tarde o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, concebido pelo Governo Federal na década de 1960.

Essas organizações impulsionaram o crescimento do Município, o que resultou em mudanças estruturais na área econômica e cultural da região. Contudo, no ano em que este trabalho é escrito, somente a FTC se encontra instalada em Tubarão, as outras duas situam-se no Município de Capivari de Baixo.

Com posição beneficiada por estar instalada no entroncamento principal de onde partiam ramais para o sul catarinense, Tubarão sofreu grande influência do comércio a partir de 1940. De acordo com Vittoretti (1992), de mãos dadas com o crescimento da cidade, na década de 1950 a Companhia de Cigarros Souza Cruz se instalava no Município, o que desenvolveu a agricultura e a economia na região.

Em 2014, segundo dados da Secretaria de Estado do Planejamento de Santa Catarina, 1,3% do PIB tubaronense estava ligado à agropecuária, 22,6% à indústria, 17,1% ao comércio e 35,8% ao segmento de prestação de serviços.

Atualmente, com a duplicação da BR 101, expansão da malha ferroviária, a operacionalização do Aeroporto Regional e a ampliação dos portos de Laguna e Imbituba além da indústria, comércio e serviços, Tubarão investe na instalação de um polo tecnológico, apostando em qualificar pesquisa e mão de obra, haja vista que conta com o Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, e é sede da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, importantes recrutadoras de conhecimento.

3.3.4 Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão

Nos tópicos seguintes serão apresentadas características como geomorfologia, hidrografia, pluviometria e fluviometria da bacia hidrográfica do rio Tubarão.

3.3.4.1 Hidrografia

A bacia hidrográfica do Rio Tubarão (BHRT) é uma bacia estadual, ou seja, não faz divisa com outros estados federativos ou fronteira com outros países, está localizada no sul do Estado de Santa Catarina e soma área de 4.740 km².

Situa-se entre as coordenadas 49°34'0"W, 48°37'48"L, 28°42'47"S e 27°44'0"N e, de acordo com SDS (2017), insere-se na região hidrográfica RH-9, junto à bacia do rio D'Una, além das bacias adjacentes com sistemas de drenagem independentes e o Complexo Lagunar, resultando na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e o Complexo Lagunar (BHRTCL), cuja área é de 5.944,98 km².

A BHRT é dividida em quatro sub-bacias, sendo elas: Bacia do rio Capivari, bacia Braço do Norte, bacia Formadores do Rio Tubarão e bacia do Baixo Tubarão. O Rio Tubarão, após percorrer 120 km, desemboca na Lagoa de Santo Antônio dos Anjos, em Laguna, que forma expressivo delta intralagunar, conforme a figura 19.

Figura 19 - Bacia hidrográfica do rio Tubarão



Fonte: CONTRERAS, 2018.

São 21 municípios que compõem a BHRTCL, entretanto, somente 18 deles estão associados à Associação Municípios Região de Laguna (AMUREL), são eles: Armazém, Braço do Norte, Capivari de Baixo, Grão-Pará, Gravatal, Imaruí, Imbituba, Jaguaruna, Laguna, Pedras Grandes, Pescaria Brava, Rio Fortuna, Sangão, Santa Rosa de Lima, São Ludgero, São Martinho, Treze de Maio e Tubarão.

De acordo com IBGE (2020), a população da AMUREL soma 371.748 habitantes, com maior número de habitantes no município de Tubarão.

3.3.4.2 Geomorfologia

Destacam-se como as principais morfologias da BHRT, a de Tubarão, em que Issler (1986) descreve como planície colúvio-aluvionar, que porta características variadas dos materiais constituintes, com planície que formam rampa para Leste, composta por relevos curvos, topos planos, terraços marinhos e baixos tabuleiros de topos remobilizados pela ação dos ventos, visto a influência continental e marinha.

Para Marques (2010), a outra morfologia que se deve destacar na Bacia é o embasamento cristalino, identificado como Serras do Leste, onde ocorrem as maiores altitudes, que variam de aproximadamente 100 a 1200 metros. Logo, com características semelhantes, aparece a Serra Geral, de relevos escarpados e desníveis acentuados com até 1000 metros, que formam vales profundos por onde nascem e escoam os afluentes do Rio Tubarão.

Observa-se, pela tabela 01 apresentada, os parâmetros adotados por Goldenfum *et al.* (2018) para caracterização das sub-bacias.

Tabela 1 - Parâmetros geomorfológicos das sub-bacias do Rio Tubarão

Parâmetros Geomorfológicos	Sub-Bacias				Bacia
	Formadores Tubarão	Rio Braço do Norte	Rio Capivari	Tubarão Baixo	Tubarão
Área (km ²)	933,3	1778,1	1059,5	969,5	4740,4
Perímetro (km)	198,7	249,2	215,9	191,4	473,3
Comprimento Rio (km)	119,0	94,0	124,0	28,0	120,0
Declividade Rio (%)	0,66	0,11	0,45	0,63	0,64
Declividade Bacia (%)	21,6	19,5	19,9	7,4	17,5
Cota min (msnm)	20,0	23,0	2,0	2,0	2,0
Cota max (msnm)	1815,0	1773,0	1204,0	533,0	1815,0
Fator de Forma	0,1	0,2	0,1	1,2	0,3
Índice de Compacidade	1,8	1,7	1,9	1,7	1,9

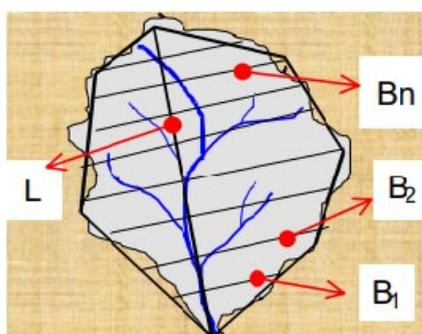
Fonte: adaptada de Goldenfum *et al.*, 2018.

O fator de forma é um parâmetro que, embora deva ser usado com parcimônia e não isoladamente, pode ser considerado para análise da morfologia de uma bacia. Ele demonstra seu potencial de inundação baseando-se em sua forma, ou seja, pode-se dizer que quanto mais alongada é a bacia ($L > B$), menor é sua

propensão de inundação, quanto mais arredondada ($L < B$), maior a possibilidade de que ocorra uma inundação.

O referido fator é expresso como sendo a razão entre a largura média da bacia e o comprimento axial da mesma. O comprimento é medido do ponto de saída da bacia (exutório) até seu ponto mais remoto, enquanto a largura média é obtida dividindo-se a área da bacia em faixas perpendiculares, conforme figura 20.

Figura 20 - Influência da forma da bacia na captação da água da chuva



Fonte: adaptado de PORTO *et al.*, 1999.

Emprega-se a seguinte equação para o cálculo do fator de forma da bacia:

$$F_f = \frac{B}{L} \quad \text{Eq. 05}$$

Onde: L é o comprimento da bacia;

B é a largura média = $\frac{1}{n} \cdot \sum_i^n B_i$.

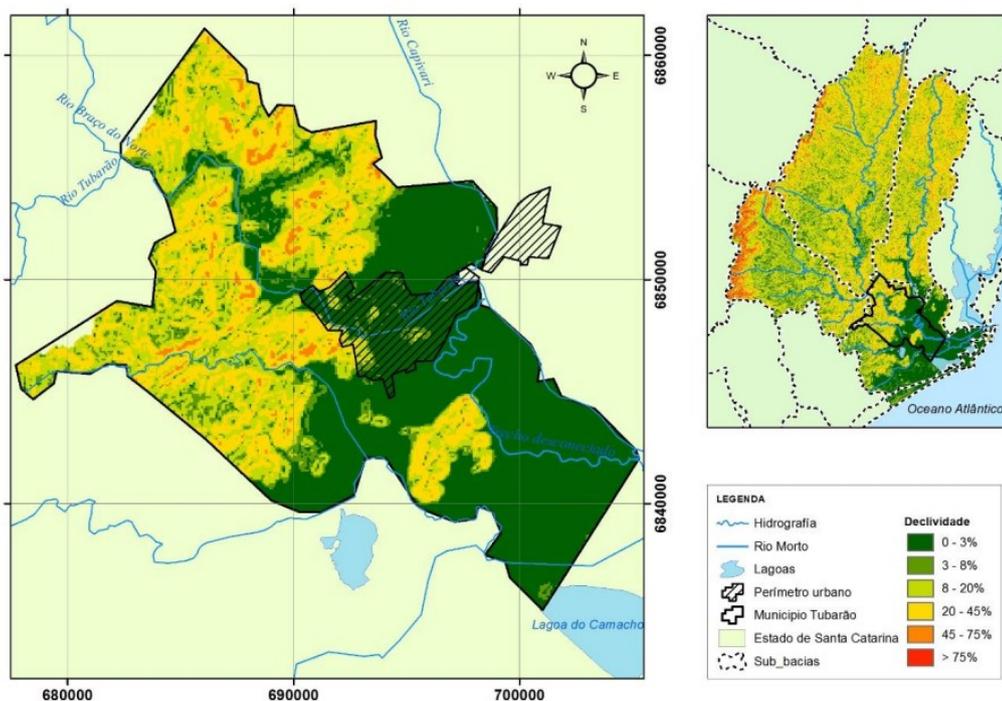
A partir de análises, Goldenfum *et al.* (2018) estimaram o fator de forma da bacia Tubarão Baixo em 1,2, em que a unidade é considerada como uma bacia perfeitamente regular. Neste caso, interpreta-se que a área analisada possui maior probabilidade de ocorrências de inundações.

Todavia, atenta-se ao fator de forma das demais bacias que, como tendem a se afastarem do valor de arredondamento, demonstram que os problemas com inundações referentes ao rio Tubarão acontecem à jusante da confluência dos corpos hídricos contribuintes.

Outro fator importante a ser considerado numa Bacia, de acordo com Contreras (2018), é sua declividade. O autor fala que, analisando a BHRT, baseado

nas classificações de relevo disponibilizadas pelo IBGE e EMBRAPA, a maior parte da área urbana está localizada em relevos planos, conforme figura 21.

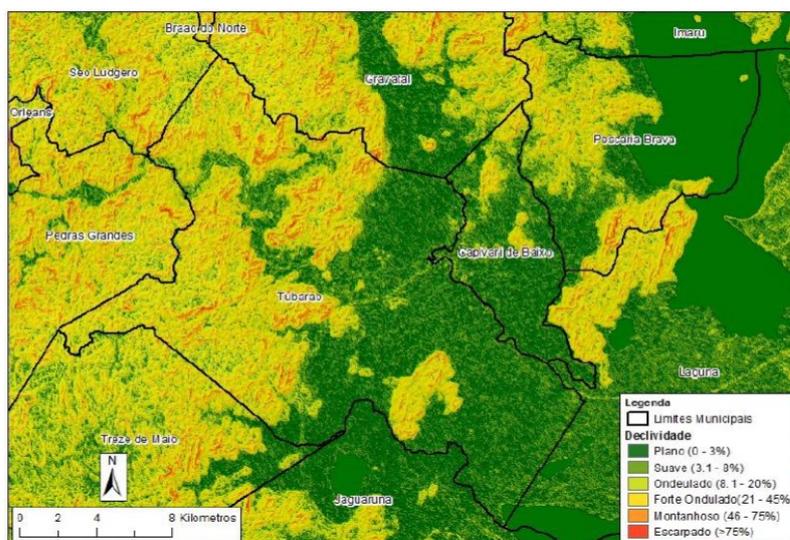
Figura 21 - Classificação da declividade da bacia hidrográfica do rio Tubarão



Fonte: CONTRERAS, 2018.

Na figura 22, pode-se dar foco ao Município de Tubarão, onde se percebe que a predominância de relevos planos prevalece, assim como a ocupação urbana.

Figura 22 - Declividade no município de Tubarão



Fonte: GOLDENFUM *et al.*, 2018.

3.3.4.3 Clima

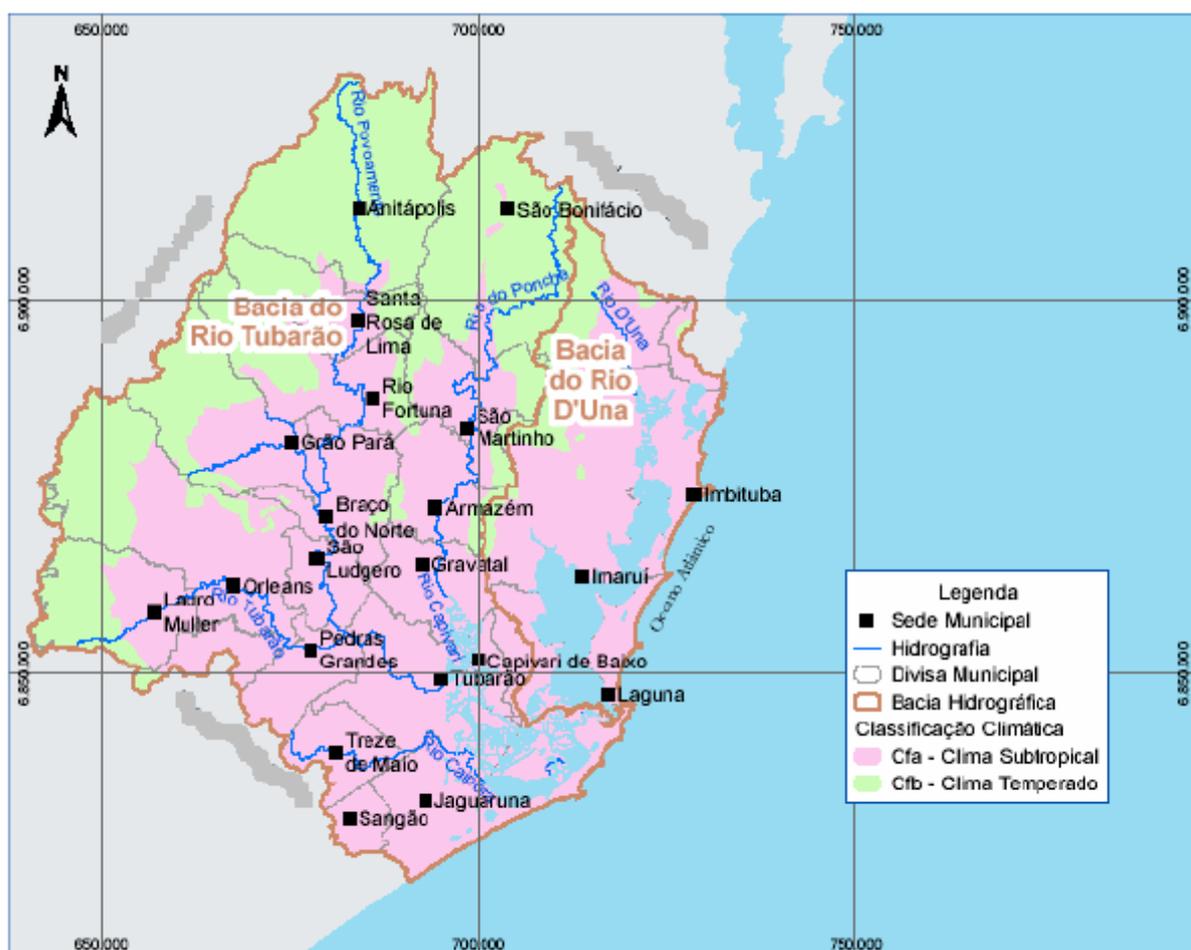
A partir do método de classificação climática de Köppen-Geiger, Ometto (1981) explica que a BHRT está inserida numa região de clima mesotérmico úmido – Cf, ou seja, que não possui estação seca, e ainda possui dois subtipos:

C_{fa} – Clima subtropical, de temperaturas menores que 18 °C nos meses mais frios e temperaturas acima de 22 °C, com verões quentes e chuvas concentradas neste período, contudo, não possui estação de seca definida;

C_{fb} – Clima temperado, de temperaturas menores que 18 °C nos meses mais frios e temperaturas menores que 22 °C nos meses mais quentes, com verões frescos e sem período de seca definido.

O “C_{fa}” ocupa 65,5% da área da bacia do rio Tubarão, conforme figura 23.

Figura 23 - Classificação climática segundo Köepen



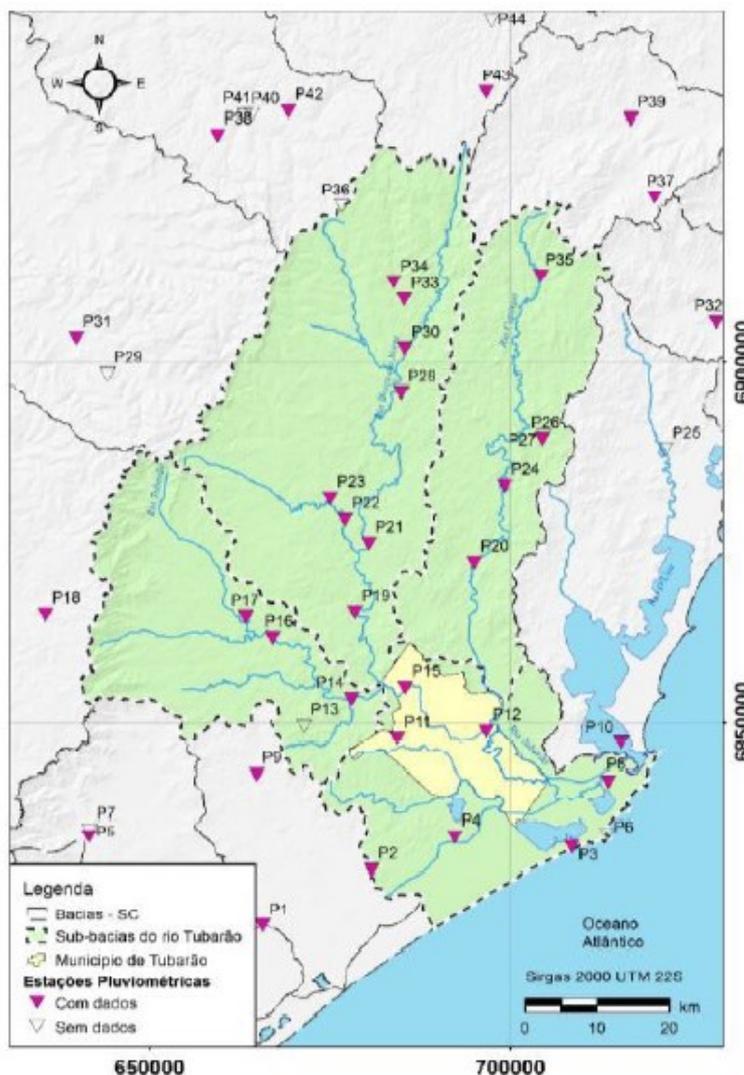
Fonte: Epagri – SDS, 2010.

3.3.4.4 Pluviometria e Fluviometria

Para compreensão deste tópico, considera-se levantamento realizado por Goldenfum *et al.* (2018), no qual os dados de precipitação diária foram obtidos da base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), portal da Agência Nacional de Águas (ANA) pelo próprio sistema de aquisição do modelo hidrológico MGB-IPH correspondendo ao período de 1940 a 2010.

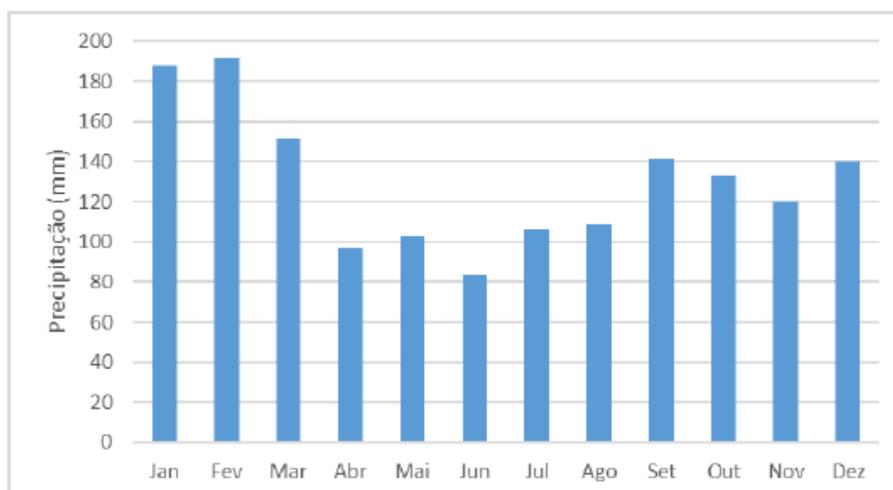
No estudo supracitado, referente a pluviometria da BHRT, foram utilizados os dados de 34 estações pluviométricas (figura 24), obtendo-se que sua média anual pluviométrica varia entre 1.200 e 2.000 mm, com valores máximos de precipitação no mês de fevereiro e mínimos no mês de junho, conforme mostra a figura 25.

Figura 24 - Localização dos postos pluviométricos da bacia do rio Tubarão



Fonte: GOLDENFUM *et al.*, 2018.

Figura 25 - Distribuição da precipitação média mensal ao longo de um ano



Fonte: GOLDENFUM *et al.*, 2018.

Quanto a caracterização fluviométrica, Goldenfum *et al.* (2018) analisaram apenas o posto 84580000 ao longo da BHRT, denominado de estação Rio do Pouso, bairro do município de Tubarão, visto apenas esta vencer os critérios estabelecidos no estudo, que são: séries históricas mais longas e com poucas falhas, preferencialmente localizadas nas proximidades do exutório e com área de drenagem significativa. A estação está na altitude 23 metros, possui área de drenagem de 2740 km² e 64 anos (1940-2004) de dados consistentes. São expressos na tabela 02, os valores das vazões mínimas, médias e máximas da estação.

Tabela 2 - Vazões mínimas, médias e máximas da estação 8458000

	Vazão min (m ³ /s)	Vazão méd (m ³ /s)	Vazão max (m ³ /s)
min	5,4	25,0	198,0
méd	19,0	67,5	607,3
max	42,0	128,6	1315,0

Fonte: adaptada de CONTRERAS, 2018.

Considerando-se os dados da tabela 02, o menor valor de vazão máxima diária anual encontrado foi de 198 m³/s, no ano de 1945, e o maior valor de vazão máxima diária anual foi de 1.315 m³/s, no ano de 2001, o que demonstra uma variabilidade de mais de 600% da vazão máxima. A importância da vazão máxima, dá-se na demarcação de zonas inundáveis, tema abordado nesta pesquisa.

3.3.4.5 Solo Urbano

De acordo com SDS (2017, p. 21), 32,47% da área total da RH9 apresenta cobertura vegetal nativa. Áreas urbanas representam em torno de 1,14% da área total da RH9 e lâminas d'água representam cerca de 5,94% da área, valores apresentados de forma resumida na tabela 03.

Tabela 3 - Resumo das classes de uso e ocupação do solo existentes na RH9

Bacia Hidrográfica	Área (% da área total da bacia ou região)				
	Área Urbana	Áreas Antropizadas	Vegetação Nativa	Lâmina d'água	Restinga
Rio D'uma	0,69	48,59	28,71	18,27	3,74
Rio Tubarão	1,25	61,72	33,43	2,79	0,82
RH9	1,14	59,04	32,47	5,94	1,41

Fonte: SDS, 2017.

Os trechos menos urbanizados, ou mais afastados, possuem maiores áreas de lavouras de arroz, pastagens de gado e ocupação em pequena escala.

3.3.4.6 Qualidade da Água

Ao passo que a industrialização, mineração e agricultura desenvolveram economicamente a BHRT em décadas passadas, contribuíram também para degradação de seus recursos hídricos. Houve grande impacto ao longo dos anos pela aplicação de pesticidas e herbicidas, pelo resfriamento industrial, pelos efluentes industriais tóxicos e pela eutrofização dada pelos dejetos animais.

Segundo Contreras (2018), o lançamento de metais pesados devido à extração mineral de carvão de Lauro Muller até Orleans é o principal problema da poluição nas nascentes, enquanto nas áreas mais baixas da bacia, desde Orleans a Tubarão e de Capivari até a foz em Laguna, o principal contaminante são os resíduos orgânicos devido à falta de sistema e tratamento de esgoto doméstico.

Além disso, o Rio Tubarão sofre influência direta de maré, onde, segundo D'Aquino *et al.* (2011), a cunha salina adentra cerca de 28 km a montante do ponto exutório. Entretanto, no ano de 2020, o ponto de captação de água do Município sofreu com a invasão da cunha salina, demonstrando uma maior altura de intrusão salina que a descrita pelo autor, o que não teria ocorrido ainda na história.

3.4 COLETA DE DADOS DO MERCADO IMOBILIÁRIO

Ressalta-se que, segundo a NBR 14.653-2 (2011), o número mínimo de dados de mercado que compõe a amostra, quando se utiliza o método comparativo direto de dados de mercado, é função do número de variáveis explicativas efetivamente utilizadas no modelo de regressão e do grau de fundamentação que se pretende atingir. Para se atingir o Grau III de fundamentação, por exemplo, um dos requisitos que a norma exige é que se tenha pelo menos $6 \cdot (k + 1)$ dados de mercado na amostra, onde k é o número de variáveis independentes do modelo de regressão.

Neste estudo foram coletados 102 dados de mercado de tipologia casa residencial em diferentes bairros do município de Tubarão. Esta quantidade de dados é suficiente para os objetivos a que se pretende atingir com este estudo, dado que se poderia gerar um modelo com até 16 variáveis independentes.

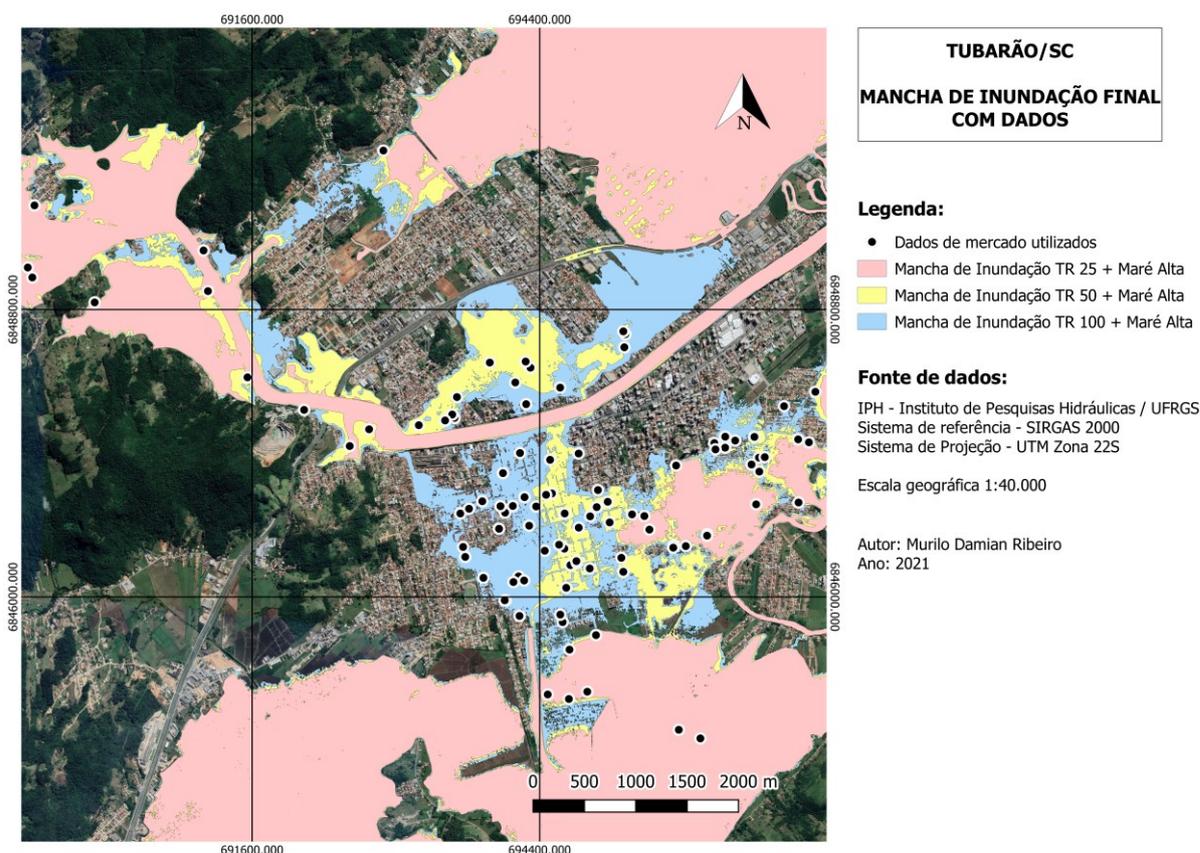
Nas figuras 26 A e B é apresentado a distribuição espacial dos dados de mercado coletados para esta pesquisa, na região de Tubarão/SC.

Figura 26 A - Distribuição espacial dos dados da amostra coletada



Fonte: o autor.

Figura 26 B - Distribuição espacial dos dados da amostra coletada



Fonte: o autor.

Na figura 26 A, os pontos marcados em amarelo referem-se aos 102 dados de mercado coletados; os pontos marcados em vermelho referem-se aos supostos pontos de valorização; e, a região marcada em azul, refere-se ao Rio Tubarão.

Com relação aos supostos pontos de valorização que serão testados acerca da importância na formação do valor dos imóveis, tem-se o Hospital de Tubarão marcado com 1; o Farol Shopping marcado com 2; a Universidade marcada com 3; a Catedral de Tubarão marcada com 4 e o Fórum de Tubarão marcado com 5.

Não se fez coleta de imóveis de tipologia apartamento por estes estarem concentrados em sua maioria no bairro Centro do Município, não havendo dados suficiente para uma amostra bem distribuída no espaço amostral.

Optou-se por não considerar imóveis que, ainda que estivessem na bacia do rio Tubarão, em Tubarão/SC, possuísem características de propriedades rurais.

Foram realizadas visitas a campo visando sanear eventuais dúvidas sobre os imóveis em oferta, complementando informações da amostra, principalmente de imóveis situados nas áreas de maior risco de ocorrência de inundações.

Entre os dados da amostra, 24 deles, ou seja, 23,5%, estão localizados em áreas sujeitas a eventos de inundação associado a 25 anos de tempo de retorno; 33 deles, ou seja, 32,3%, em área com tempo de retorno de 50 anos e, por fim, 45 deles, ou seja, 44,2%, em área com tempo de retorno de 100 anos.

3.4.1 Descrição das Variáveis da Amostra

Coletou-se, junto ao mercado imobiliário da região em estudo, os dados sobre a localização precisa dos imóveis, o valor de oferta dos mesmos e suas características, que irão compor as variáveis explicativas do modelo.

Foram coletadas informações sobre a área, tipo de construção, distância à supostos polos de valorização/desvalorização, distância à equipamentos urbanos, informações sobre infraestrutura, tempo de retorno de inundações, entre outras.

Serão verificados, durante a fase de modelagem, quais os atributos mais adequados para explicar o valor de mercado dos imóveis da região em estudo, utilizando, para isso, o processo de regressão pelo método dos mínimos quadrados.

Descreve-se, a seguir, cada uma das variáveis coletadas no mercado imobiliário, bem como o comportamento esperado para a respectiva variável.

Variável Dependente:

Valor Total (VT): Variável quantitativa e contínua, em unidades monetárias, que indica o valor total, em reais (R\$), pelo qual se está ofertando o imóvel no mercado.

Variáveis Independentes:

Área Construída: Variável quantitativa contínua que representa a área total construída existente em cada um dos imóveis da amostra, sendo expressa em metros quadrados (m²). Como comportamento para esta variável espera-se que quanto maior a área construída de um imóvel, maior será o seu valor total;

Área do Terreno: Variável quantitativa contínua que representa a área total do terreno pertencente a cada um dos imóveis da amostra, sendo expressa em metros

quadrados (m²). Como comportamento para esta variável espera-se que quanto maior a área do terreno de um imóvel, maior será o seu valor total;

Estado de Conservação: Variável qualitativa que informa o estado de conservação do imóvel coletado. Na amostra de imóveis levantada para este estudo foram considerados três estados de conservação diferentes. Para esta variável utilizou-se códigos alocados com as seguintes codificações: médio/ruim = valor 1; bom = valor 2; ótimo/novo = valor 3. Espera-se, para esta variável, o aumento do valor total do imóvel à medida que o estado de conservação do imóvel melhora;

Tipo de Construção: Variável qualitativa que informa o tipo de material empregado na edificação do imóvel coletado. Na amostra de imóveis levantada para este estudo foram encontrados três tipos de construções diferentes. Para esta variável utilizou-se códigos alocados com as seguintes codificações: madeira = valor 1; mista = valor 2; alvenaria = valor 3. Espera-se, para esta variável, o aumento do valor total do imóvel à medida que o tipo de construção vai de madeira a alvenaria;

Tipo de Pavimentação: Variável qualitativa que informa o tipo de pavimento na rua à frente do imóvel coletado. Para esta variável utilizou-se uma dicotômica com as seguintes codificações: 0 (zero) se não há pavimentação na rua em frente ao imóvel e 1 (um) caso haja algum tipo de pavimentação. Espera-se que a existência de algum tipo de pavimento possa aumentar o valor total de um imóvel;

Vila Moema: Esse bairro, mesmo estando em uma cota relativamente baixa em Tubarão, possui historicamente os imóveis mais caros do município. Desde sempre viveram neste bairro, pintores, políticos, empresários, pessoas do alto escalão, tornando-se um bairro visado e cobiçado. Considerou-se o bairro como uma variável dicotômica representada por 0 (zero) se determinado imóvel não está neste bairro, e 1 (um) se o imóvel está. Busca-se, com este atributo, poder capturar a influência histórica que existe sobre este bairro. Para esta variável espera-se um aumento no valor total dos imóveis quando ele está localizado no bairro Vila Moema;

Tempo de Retorno: Variável quantitativa que representa o tempo de retorno de um evento de inundação para a localização espacial de cada dado da amostra.

Utilizaram-se, para esta pesquisa, os tempos de retorno correspondentes a 10, 25, 50 e 100 anos, para a bacia do rio Tubarão. Espera-se, para esta variável, que o aumento no tempo de retorno de um evento de inundação faça com que um imóvel esteja menos sujeito ao risco e, desta forma, ocorra uma valorização dele.

Distância ao Hospital: Variável quantitativa contínua que representa a distância euclidiana, em metros (m), entre o imóvel coletado e Hospital Central de Tubarão. Este é, também, um possível polo de valorização do município. Espera-se um aumento no valor do imóvel à medida que ele se aproxima do Hospital de Tubarão;

Distância ao Farol Shopping: Variável quantitativa contínua que representa a distância euclidiana, em metros (m), entre o imóvel coletado e Farol Shopping de Tubarão. Este é um possível polo de valorização do município. Espera-se um aumento no valor do imóvel à medida que ele se aproxima do Farol Shopping;

Distância à Universidade: Variável quantitativa contínua que representa a distância euclidiana, em metros (m), entre o imóvel coletado e a UNISUL. Este é, também, um possível polo de valorização do município. Espera-se um aumento no valor do imóvel à medida que ele se aproxima da UNISUL de Tubarão. Tomou-se como referência para representar este ponto, a Biblioteca Universitária;

Distância à Catedral: Variável quantitativa contínua que representa a distância euclidiana, em metros (m), entre o imóvel coletado e a Catedral de Tubarão. Este é, também, um possível polo de valorização do município. Espera-se um aumento no valor do imóvel à medida que ele se aproxima da Catedral de Tubarão;

Distância ao Fórum: Variável quantitativa contínua que representa a distância euclidiana, em metros (m), entre o imóvel coletado e o Fórum de Tubarão. Este é, também, um possível polo de valorização do município. Espera-se um aumento no valor do imóvel coletado à medida que ele se aproxima do Fórum de Tubarão;

Coordenada UTM E: Representa a coordenada métrica (Universal Transversa de Mercator – UTM) da amostra representando a localização geográfica E do respectivo imóvel, sendo que o sistema geodésico usado nesse estudo foi o WGS84;

Coordenada UTM N: Representa a coordenada métrica (Universal Transversa de Mercator – UTM) da amostra representando a localização geográfica N do respectivo imóvel, sendo que o sistema geodésico usado nesse estudo foi o WGS84;

É importante destacar que o tempo de retorno, ou tempo de recorrência (TR), corresponde ao valor esperado do intervalo entre duas cheias consecutivas iguais ou maior que uma determinada magnitude (nível de inundação ou vazão).

Chow *et al.* (1988), demonstraram que, no caso de eventos independentes, o tempo de retorno ou tempo de recorrência (TR) em anos é igual ao inverso da probabilidade do evento ser igualado ou excedido em um ano qualquer.

O atributo inundação é quem norteia toda esta pesquisa, em que se busca avaliar a sua influência sobre o valor de mercado de um bem imóvel. Acredita-se que se um imóvel está localizado em uma região com alto risco de ocorrência de eventos de inundação pode ocasionar um impacto negativo sobre o valor deste imóvel.

Essa constatação, caso seja verificada, demonstra que medidas mitigadoras de eventos desse tipo podem ser ferramentas eficientes para que ocorra majoração do valor de mercado de imóveis em regiões com risco alto de inundação e, desta forma, um aumento na arrecadação de tributos de base imobiliária como o IPTU.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos na pesquisa e suas análises, visando uma melhor compreensão dos aspectos abordados neste estudo.

4.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS DA AMOSTRA

Realizou-se, em primeiro momento, uma análise exploratória dos dados da amostra coletada. Em suma, a análise exploratória dos dados permite-nos extrair informações relevantes do conjunto de dados coletados, empregando grande variedade de técnicas gráficas e quantitativas. Pode-se, por exemplo, encontrar parâmetros para cada uma das variáveis, como média, mediana ou percentis, bem como obter informações sobre correlação ou possíveis transformações de variáveis.

4.1.1 Análise da Variável Dependente

Neste estudo, a variável explicada é o valor total (VT) dos imóveis, em reais (R\$). Na amostra de 102 dados de mercado coletados, observaram-se imóveis com valores entre R\$ 120.000,00 e R\$ 2.250.000,00, cuja média é de R\$ 464.618,00. A tabela 04 mostra as estatísticas básicas da variável valor total dos imóveis.

Tabela 4 - Estatísticas básicas da variável valor total

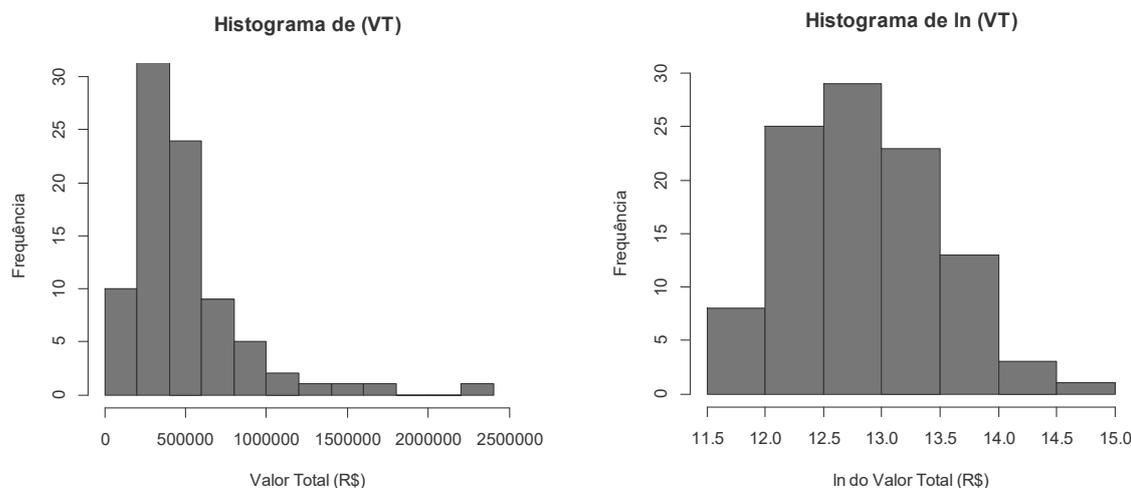
Parâmetro	Média	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
VT (R\$)	464.618	120.000	250.000	350.000	549.750	2.250.000

Fonte: o autor.

Em engenharia de avaliações, visando a obtenção de uma distribuição mais próxima da normal, é comum a utilização da transformação logarítmica na variável explicada. Segundo Droubi *et al.* (2018), a distribuição lognormal apresenta diversas aplicações práticas, sendo comum, na área de avaliação de imóveis, mas não apenas, deparar-se com dados que seguem esta distribuição.

Para justificar estas transformações, realizaram-se algumas análises da variável valor total dos imóveis nas escalas direta e logarítmica. Os histogramas de frequência da figura 27 apresentam a distribuição dos dados da amostra.

Figura 27 - Histogramas da variável valor total em escala direta e logarítmica



Fonte: o autor.

Verifica-se forte padrão de assimetria positiva, com dados assimétricos à direita, quando se adota a escala original. Observa-se, no entanto, que o histograma dos dados na escala logarítmica apresenta uma correção da assimetria, com dados mais próximos da distribuição normal. Para confirmar esta situação, calculou-se os coeficientes de assimetria e curtose que explicassem o comportamento apresentado nos histogramas da figura 27. Os resultados são apresentados na tabela 05.

Tabela 5 - Coeficientes de assimetria e curtose da variável explicada

Variável	Assimetria (A)	Curtose (C)
VT	2,534	11,210
ln (VT)	0,699	3,123

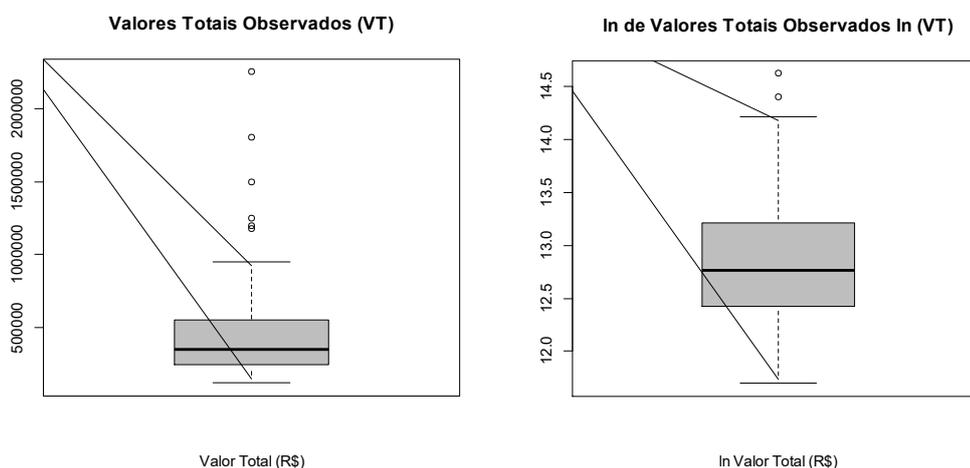
Fonte: o autor.

Observa-se que, na escala original, a variável valor total dos imóveis apresenta uma distribuição assimétrica positiva ($A > 0$) e leptocúrtica, característica de dados que se apresentam bem concentrados ($C > 3,26$) e, segundo Gujarati *et al.* (2011), com distribuição mais afunilada com pico mais alto que a distribuição normal.

Por outro lado, quando a variável valor total dos imóveis passa pela transformação logarítmica, obtem-se uma distribuição também assimétrica positiva, mas com assimetria em menor grau; e platicúrtica, com a função de distribuição mais achatada e pico mais baixo que a distribuição normal.

Construiu-se, também, para a variável valor total (VT) na escala original e transformada, gráficos *boxplot* com o objetivo de verificar possível existência de pontos discrepantes que estejam influenciando os resultados, conforme figura 28.

Figura 28 - Gráfico *boxplot* do valor total em escala direta e logarítmica



Fonte: o autor.

Com o auxílio do *software* R 3.5.3, pode-se verificar que o gráfico *boxplot* na escala original (VT) apresentou seis pontos discrepantes, sendo aqueles cujos valores dos imóveis são: R\$ 1.800.000, R\$ 2.250.000, R\$ 1.180.000, R\$ 1.250.000, R\$ 1.500.000 e R\$ 1.200.000. Em contrapartida, o gráfico *boxplot* da variável explicada na escala transformada, apresentou apenas dois pontos discrepantes, sendo eles: 14,4033 e 14,6264. Optou-se por deixar esses pontos na amostra para verifica-los durante a fase de modelagem dos dados por meio de testes específicos.

Constata-se, então, que a transformação logarítmica na variável explicada (Valor Total – VT) corrige de maneira satisfatória a assimetria e apresenta a distribuição mais próxima da distribuição normal. Sendo assim, será adotada esta transformação na variável valor total dos imóveis.

4.1.2 Correlação das Variáveis Independentes

Segundo a NBR 14.653-2 (2011), item A.2.1.5.1, uma forte dependência linear entre duas ou mais variáveis explicativas provoca degenerações no modelo e limita sua utilização. As variâncias das estimativas dos parâmetros podem ser grandes e acarretar aceitação da hipótese nula e eliminação de variáveis fundamentais.

A norma informa, ainda, que para verificação da multicolinearidade deve-se, em primeiro lugar, analisar a matriz das correlações, que espelha as dependências lineares de primeira ordem entre as variáveis independentes, com atenção especial para resultados superiores a 0,80 e, em caso de correlação elevada entre quaisquer subconjuntos de variáveis independentes, deve-se examinar sua coerência.

Construiu-se, então, a matriz de correlações diretas contendo as 12 variáveis explicativas coletadas neste estudo. Objetiva-se, assim, definir as variáveis que são correlacionadas e de que forma se dá a correlação entre elas.

Para construção da matriz de correlações utilizou-se o *software* R 3.5.3 e todos os dados de entrada estavam na escala original. O estudo sobre as possíveis transformações na escala destas variáveis será realizado na etapa seguinte.

Pode-se observar, pela tabela 06 e figura 29, a matriz de correlações sob dois aspectos: o valor numérico das correlações e sua representação visual.

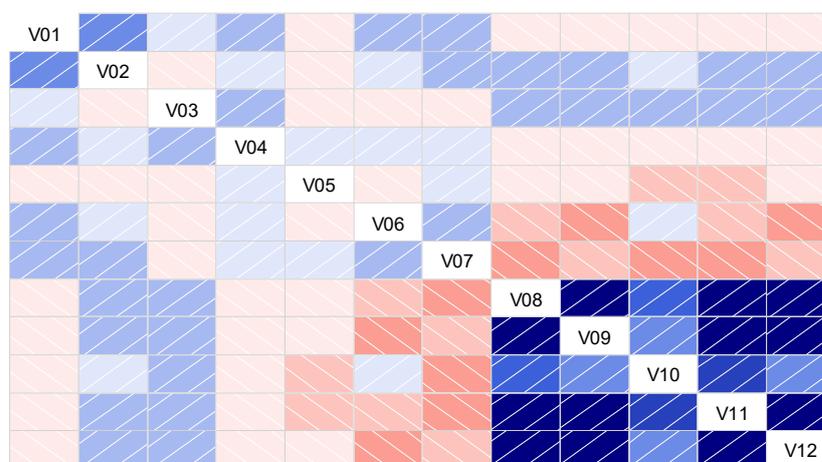
Tabela 6 - Matriz de correlações numéricas das variáveis do modelo

	Y	V01	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08	V09	V10	V11	V12
Y	1,00												
V01	0,63	1,00											
V02	0,45	0,41	1,00										
V03	0,10	0,06	-0,03	1,00									
V04	0,31	0,24	0,00	0,26	1,00								
V05	0,12	-0,01	-0,08	-0,03	0,03	1,00							
V06	0,41	0,17	0,06	-0,10	0,11	-0,05	1,00						
V07	0,35	0,23	0,18	-0,08	0,02	0,08	0,17	1,00					
V08	0,22	-0,11	0,25	0,24	-0,05	-0,12	-0,23	-0,30	1,00				
V09	0,21	-0,12	0,23	0,24	-0,06	-0,05	-0,30	-0,21	0,96	1,00			
V10	0,10	-0,00	0,13	0,24	-0,03	-0,21	0,11	-0,40	0,55	0,35	1,00		
V11	0,20	-0,05	0,27	0,21	-0,03	-0,17	-0,14	-0,32	0,98	0,88	0,65	1,00	
V12	0,22	-0,11	0,25	0,19	-0,03	-0,05	-0,32	-0,18	0,95	0,98	0,30	0,90	1,00

Fonte: o autor.

Legenda: V01: área da construção; V02: área do terreno; V03: estado de conservação do imóvel; V04: tipo de construção; V05: se pavimentado ou não; V06: se o imóvel está no bairro Vila Moema; V07: tempo de retorno de inundação; V08: distância ao hospital central; V09: distância ao Farol Shopping; V10: distância à Unisul; V11: distância à catedral; V12: distância ao fórum do município.

Figura 29 - Matriz de correlações visuais das variáveis independentes



Fonte: o autor.

Na figura 29, quanto mais escura a cor, seja vermelho ou azul, maior o nível de correlação entre as variáveis correspondentes, sendo azul uma correlação do tipo positiva e vermelho uma correlação do tipo negativa.

Observa-se que a grande maioria das variáveis explicativas apresentam correlações positivas e negativas baixas, o que é desejável, evitando possíveis problemas de multicolinearidade e invalidando o modelo de regressão.

Constata-se, no entanto, uma correlação forte entre as variáveis distância ao hospital (V08), distância ao shopping (V09), distância à catedral (V11) e distância ao fórum (V12). É provável que essa correlação forte entre estas variáveis se deva ao fato de que todos estes supostos pólos de valorização estão localizados na região central, são próximos, e atuam de forma semelhante sobre os imóveis coletados.

Em contrapartida, a variável distância à Unisul (V10), tem baixa correlação quando comparada com as demais variáveis de localização (V08, V09, V11 e V12). Isso se deve ao fato de a Unisul estar localizada em outro extremo do município, no bairro Dehon, e sua influência é captada de forma diferente das demais variáveis.

Desta forma, todas as doze variáveis explicativas serão consideradas para realização da etapa de modelagem, verificando possíveis transformações de escala e suas respectivas significâncias para o modelo de regressão, buscando manter a coerência dos regressores e objetivando melhorar o modelo clássico, para que ele possa explicar com fidelidade o mercado imobiliário da área em estudo.

4.2 MODELO CLÁSSICO DE REGRESSÃO LINEAR

Como visto, esta pesquisa busca investigar o impacto do risco de inundação sobre o valor de mercado de imóveis na bacia do Rio Tubarão. Esta informação permitirá quantificar os benefícios advindos da implantação de um sistema de contenção ou minimização deste risco na respectiva planície de inundação.

Para isso, deve-se encontrar o modelo clássico de regressão linear que melhor representa o valor de mercado de imóveis da área em estudo. Realizou-se, então, diversas combinações de transformações nas variáveis independentes do conjunto de dados, excluindo os possíveis pontos discrepantes, buscando um modelo que não ferisse nenhum dos pressupostos básicos da inferência, e que ao mesmo tempo apresentasse significância e coerência em todos os regressores.

O modelo obtido, respeitando as condições mencionadas, é apresentado pela equação a seguir, sendo sua análise detalhada realizada no tópico seguinte.

$$\ln(VT) = 8,1815 + 0,3677 \times \ln(\text{AREA_CON}) + 0,2956 \times \ln(\text{AREA_TER}) + 0,2609 \times (\text{CONSER}) + 0,1806 \times (\text{CONSTR}) + 0,5548 \times (\text{VILA_MOEMA}) - 5,1699 / (\text{TEMPO_RET}) + 292,27 / (\text{DIST_SHOP}) + 116,97 / (\text{DIST_UNIV})$$

Esta equação pode ser reescrita de forma a isolar a variável dependente, valor total dos imóveis. Desta forma, obtem-se o modelo de estimação, dado por:

$$VT = \text{EXP} [8,1815 + 0,3677 \times \ln(\text{AREA_CON}) + 0,2956 \times \ln(\text{AREA_TER}) + 0,2609 \times (\text{CONSER}) + 0,1806 \times (\text{CONSTR}) + 0,5548 \times (\text{VILA_MOEMA}) - 5,1699 / (\text{TEMPO_RET}) + 292,27 / (\text{DIST_SHOP}) + 116,97 / (\text{DIST_UNIV})]$$

Neste modelo, realizou-se a transformação logarítmica ($\ln x$) nas variáveis explicativas área construída (AREA_CON) e área do terreno (AREA_TER); transformação inversa ($1/x$) nas variáveis tempos de retorno (TEMPO_RET), distância ao shopping (DIST_SHOP) e distância à universidade (DIST_UNIV); e permaneceram na escala original (x) as variáveis estado de conservação (CONSER), tipo de construção (CONSTR) e imóvel na Vila Moema (VILA_MOEMA).

Na sequência são apresentadas as estatísticas relativas ao modelo de regressão, como análise dos regressores, de linearidade e de multicolinearidade, assim como análise de homocedasticidade e normalidade dos resíduos.

4.2.1 Estatísticas dos Regressores do Modelo

Conforme a NBR 14.653-2 (2011), item 5 da tabela 1, para que se atinja o maior grau de fundamentação no tratamento estatístico dos dados de mercado, dentre outros fatores, deve-se considerar como nível de significância máximo para a rejeição da hipótese nula de cada regressor do modelo, por meio do teste bicaudal, o valor $\alpha = 10,0\%$, cuja estatística é $t_{crit} = 1,6620$ para os dados deste estudo.

Conforme a tabela 07, nenhuma das variáveis explicativas consideradas possui t calculado menor que t crítico, fazendo com que todas sejam significativas para o modelo de regressão. Pode-se verificar, também, que o maior valor das significâncias foi 4,2%, inferior aos 10,0% sugeridos pela NBR 14.653.

Tabela 7 - Estatísticas dos regressores do modelo clássico

Variável	Coefficiente	Desv. Padrão	$t_{calculado}$	Significância
Constante	8,1815	0,3660	22,3606	0,00000
ln (AREA_CON)	0,3677	0,0549	6,69710	0,00000
ln (AREA_TER)	0,2956	0,0496	5,95842	0,00000
CONSER	0,2609	0,0569	4,58322	0,00001
CONSTR	0,1806	0,0447	4,04191	0,00011
VILA_MOEMA	0,5548	0,1453	3,81981	0,00025
1/TEMPO_RET	- 5,1699	2,5178	2,05337	0,04294
1/DIST_SHOP	292,27	138,69	2,10731	0,03787
1/DIST_UNIV	116,97	45,065	2,59568	0,01102

Fonte: o autor.

Verifica-se que os sinais dos regressores são coerentes com a expectativa do mercado imobiliário. É esperado um incremento positivo no valor total de um imóvel com o aumento da sua área construída ou área do terreno. O mesmo ocorre com a melhoria do estado de conservação ou com a tipologia da construção.

Com relação à variável Vila Moema, espera-se, também, que a presença de um imóvel nesse bairro cause um incremento positivo no seu valor de mercado.

Observa-se, ainda, coerência quando se analisa o sinal da variável distância ao shopping ou distância à universidade, considerando a função inversa. Quanto mais distante o imóvel estiver do polo de valorização, menor o seu valor total.

Por fim, com relação à variável tempo de retorno, espera-se um incremento positivo no valor total de um imóvel à medida que ocorre o aumento do tempo de retorno. Essa expectativa se confirma ao se obter um parâmetro inverso e negativo.

4.2.2 Estatísticas do Modelo de Regressão

Quando se deseja avaliar a qualidade do ajuste do modelo de regressão aos dados populacionais, compara-se a fração da variância explicada pelo modelo de regressão com a da variância atribuída aos resíduos, onde esta comparação é efetuada com base na distribuição estatística da razão entre estas variâncias. Esse processo é chamado de análise da variância e é baseado no teste F de Snedecor.

Conforme a NBR 14.653-2 (2011), item 6 da tabela 1, para que se atinja o maior grau de fundamentação no tratamento estatístico dos dados de mercado, dentre outros fatores, deve-se realizar o teste F de Snedecor para verificar a significância do modelo de regressão ajustado e este modelo deve ser significativo ao nível de 1,0% para que se atinja o grau III de fundamentação neste item. Na tabela 08 podem-se verificar os resultados da estatística F de Snedecor.

Tabela 8 - Análise de variância do modelo clássico de regressão

Fonte de Erro	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F _{calculado}
Regressão	21,286	8	2,6607	36,950
Residual	6,4803	90	0,0720	
Total	27,766	98	0,2833	

Fonte: o autor.

Para este conjunto de dados, ao nível de 1,0%, tem-se $F_{\text{crítico}} = 2,715$. Como $F_{\text{calculado}}$ é maior que $F_{\text{crítico}}$, rejeita-se a hipótese nula de inexistência de regressão.

Considerando-se que a hipótese alternativa de existência de regressão foi aceita, são apresentadas, na tabela 09, as estatísticas do modelo de regressão.

Tabela 9 - Estatísticas do modelo clássico de regressão

Estatística	Resultados
Número de observações	99
Número de variáveis	8

Graus de liberdade	90
Desvio padrão da regressão	0,2684
Coeficiente de correlação	0,8756
Valor t calculado (t_{calc})	17,190
Valor t tabelado ($t_{1,0\%}$)	2,6320
Coeficiente de determinação (R^2)	0,7664
Coeficiente R^2 ajustado (R^2_{ajustado})	0,7457

Fonte: o autor.

Observa-se, pelos resultados da tabela 09, que o modelo de regressão foi construído considerando-se 99 dados amostrais (três pontos, cuja análise se encontra no tópico seguinte, foram excluídos da amostra) e 8 variáveis explicativas, sendo que 4 variáveis coletadas (existência de pavimentação, distância ao hospital, distância à catedral e distância ao fórum do município) não foram consideradas por não se mostrarem significativas para o modelo de regressão.

O desvio padrão da regressão foi da ordem de $SD = 0,2684$ e o coeficiente de correlação $R = 0,8756$, indicando uma correlação linear de nível forte.

O coeficiente de determinação R^2 é uma medida descritiva comumente utilizada em regressões lineares para indicar a qualidade do ajuste. Observa-se que o modelo de regressão ajustado é capaz de explicar 76,64% da variação, em relação à média, dos dados coletados, sendo 23,36% atribuído a fatores aleatórios e a variáveis não consideradas no modelo. O R^2 ajustado ao número de variáveis e observações demonstra um poder de explicação corrigido de 74,57%, o que é bom.

Com o objetivo de verificar se o modelo estava bem especificado, realizou-se o teste RESET, desenvolvido por Ramsey (1969), que permite verificar se há erro de especificação na forma funcional de um modelo de regressão.

O teste verifica se combinações não lineares das variáveis independentes tem poder em explicar a variável dependente e, caso seja verificado, o modelo é considerado mal especificado no sentido de que o processo de geração de dados pode ser melhor aproximado por um polinômio ou outro funcional não linear.

Este teste foi realizado sob as hipóteses H_0 : o modelo não tem problemas de especificação e H_1 : o modelo tem problemas de especificação. Obteve-se $p\text{-value} = 0,194$. Então, ao nível de 5,0%, não se rejeita H_0 e tem-se evidência de que o modelo não está mal especificado.

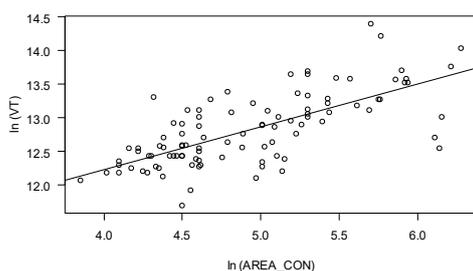
4.2.3 Pressupostos Básicos do Modelo de Regressão

Conforme a NBR 14.653-2 (2011), quaisquer que sejam os modelos utilizados para inferir o comportamento do mercado e formação de valores de imóveis, seus pressupostos devem ser devidamente explicitados e testados, com o objetivo de obter avaliações não tendenciosas, eficientes e consistentes.

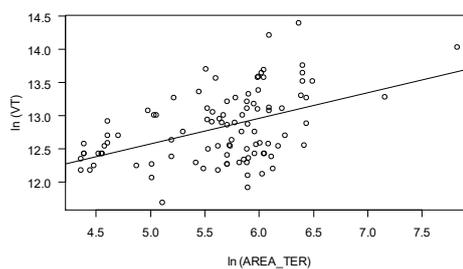
No caso de utilização de modelos de regressão linear, deve ser observado o Anexo A, item A.2.1 – verificação dos pressupostos do modelo, a saber:

Linearidade

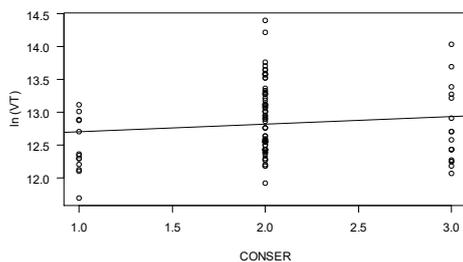
Segundo a NBR 14.653-2 (2011), após as transformações realizadas, se houver, deve-se examinar a linearidade do modelo, pela construção de gráficos dos valores observados para a variável dependente versus cada variável independente, com as respectivas transformações. Estes gráficos são vistos nas figuras 30, A a H.



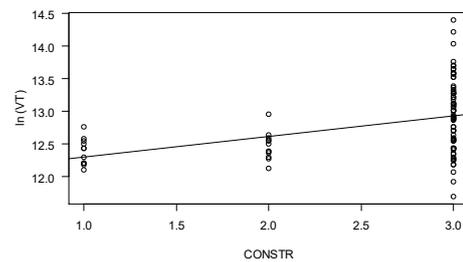
30A) Gráfico $\ln(VT)$ x $\ln(AREA_CON)$



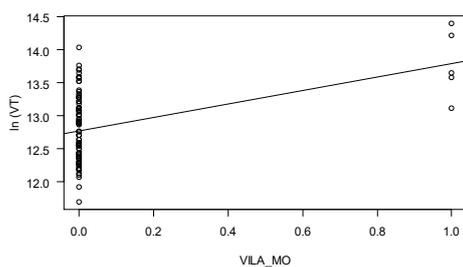
30B) Gráfico $\ln(VT)$ x $\ln(AREA_TER)$



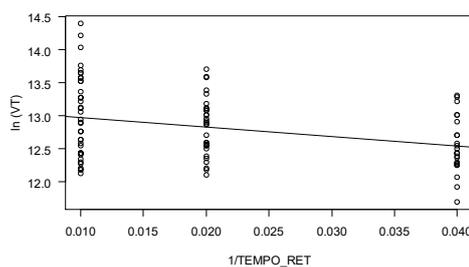
30C) Gráfico $\ln(VT)$ x CONSER



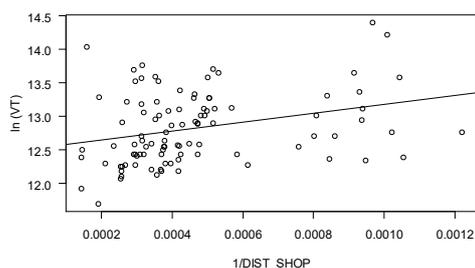
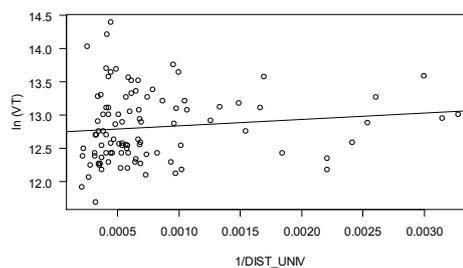
30D) Gráfico $\ln(VT)$ x CONSTR



30E) Gráfico $\ln(VT)$ x VILA_MOEMA



30F) Gráfico $\ln(VT)$ x $1/TEMPO_RET$

30G) Gráfico $\ln(VT) \times 1/DIST_SHOP$ 30H) Gráfico $\ln(VT) \times 1/DIST_UNIV$

Nas figuras 30 de A a H, os gráficos foram construídos utilizando as mesmas transformações adotadas no modelo e observa-se existência de relações lineares.

Normalidade dos Resíduos

Na análise de regressão, a verificação do pressuposto normalidade dos resíduos pode ser realizada, entre outras, por uma das seguintes maneiras:

- 1) pela comparação da freqüência relativa dos resíduos amostrais padronizados nos intervalos de $[-1,00; +1,00]$, $[-1,64; +1,64]$ e $[-1,96; +1,96]$, com as probabilidades da distribuição normal padrão nos mesmos intervalos, ou seja, 68%, 90% e 95%;
- 2) pelo exame de histograma dos resíduos amostrais padronizados, com o objetivo de verificar se sua forma guarda semelhança com a da curva normal;
- 3) pelos testes formais de aderência não-paramétricos, como, por exemplo, o de Kolmogorov-Smirnov ou o de Jarque-Bera.

Com relação às freqüências relativas dos resíduos amostrais padronizados (item A), o modelo ajustado apresentou os valores conforme tabela 10.

Tabela 10 - Distribuição dos resíduos padronizados

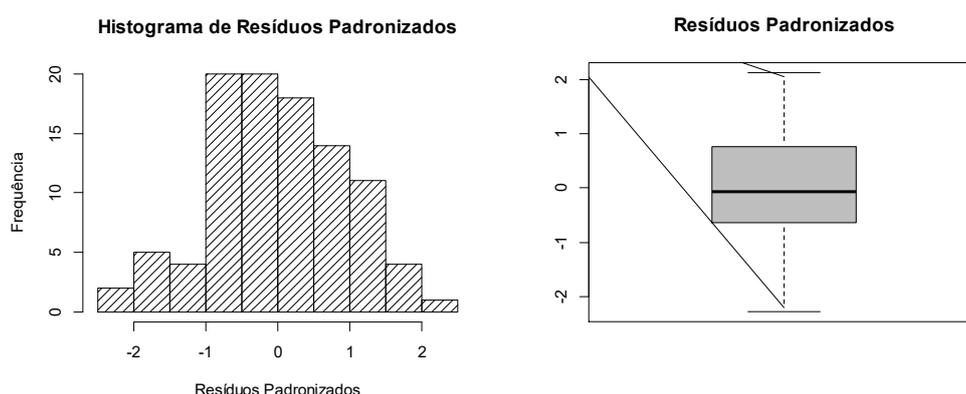
Intervalo	Distribuição de Gauss	% de Resíduos no Intervalo
$[-1,00; +1,00]$	68,3 %	72,73 %
$[-1,64; +1,64]$	89,9 %	89,90 %
$[-1,96; +1,96]$	95,0 %	96,97 %

Fonte: o autor.

Observando-se a tabela 10, verifica-se que os resultados indicam existência de normalidade nos resíduos do modelo de regressão, pois os valores obtidos se assemelham aos valores de referência da distribuição normal.

Com relação ao exame de histograma dos resíduos amostrais padronizados (item B), os resultados são vistos na figura 31 e, adicionalmente, o gráfico *boxplot*.

Figura 31 - Histograma de resíduos padronizados e gráfico *boxplot*



Fonte: o autor.

O histograma de resíduos padronizados anterior, embora assimétrico à esquerda, guarda certa semelhança com a curva normal. Para que se possa ter mais clareza a respeito da normalidade dos resíduos, os testes formais de Kolmogorov-Smirnov e o de Jarque-Bera, ao nível $\alpha = 5,0\%$, são apresentados na tabela 11.

Tabela 11 - Testes formais de normalidade dos resíduos

Teste de Kolmogorov-Smirnov	$D_{\text{crítico}} = 0,1367$	$D_{\text{calculado}} = 0,0672$
Teste de Jarque-Bera	Value = 0,7812	p-value = 0,6767

Fonte: o autor.

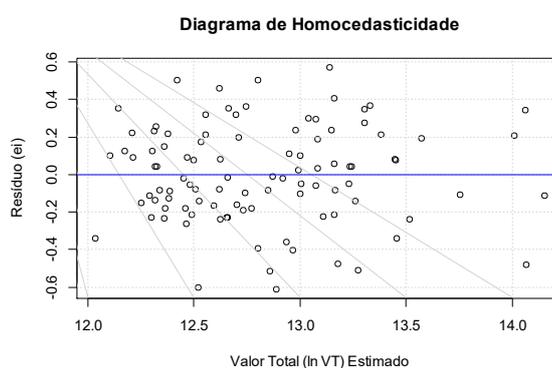
O cálculo do teste de Kolmogorov-Smirnov indicou como maior diferença obtida o valor $D_{\text{calculado}} = 0,0672 < D_{\text{crítico}} = 0,1367$, portanto, a um nível de 5,0%, não há evidências para rejeitar a hipótese de normalidade dos resíduos.

Por fim, a hipótese nula do teste de Jarque-Bera é de que os erros têm distribuição normal. A estatística do teste de Jarque-Bera forneceu Value = 0,7812 com p-value = 0,6767. Portanto, ao nível de significância de 5,0%, não se pode rejeitar a hipótese nula H_0 e admite-se que há normalidade dos resíduos.

Homocedasticidade

Para verificação do pressuposto de homocedasticidade, pode-se fazer, entre outros, a análise gráfica dos resíduos versus valores ajustados, que devem apresentar pontos dispostos aleatoriamente, sem nenhum padrão definido (NBR 14.653-2, 2011). O gráfico correspondente pode ser visto na figura 32.

Figura 32 - Gráfica dos resíduos versus valores ajustados



Fonte: o autor.

Verifica-se que os pontos se apresentam distribuídos aleatoriamente em torno da reta horizontal que passa pela origem, sem nenhum padrão definido. Esse é um indicador favorável à aceitação da hipótese de variância constante para o erro.

Para confirmar essa situação e obter maior clareza sobre os resíduos serem homocedásticos, realizaram-se os testes formais de Koenker-Bassett e Breusch-Pagan. Os resultados são apresentados na tabela 12.

Tabela 12 - Testes formais de homocedasticidade dos resíduos

Teste de Breusch-Pagan	Value = 9,8242	p-value = 0,2776
Teste de Koenker-Bassett	Value = 12,004	p-value = 0,1510

Fonte: o autor.

Os resíduos do modelo têm a sua homocedasticidade confirmada pelas significâncias na ordem de 0,2776 no teste de Breusch-Pagan e 0,1510 no teste de Koenker-Bassett. Portanto, ao nível de significância de 5,0%, não se pode rejeitar a hipótese nula H_0 e admite-se que modelo de regressão em estudo é homocedástico.

Autocorrelação

O pressuposto de ausência de autocorrelação no termo de erro assegura que não existe uma relação sistemática entre o termo de erro e a variável dependente. Nesse caso, o valor médio de Y não é afetado pelo termo de erro de forma sistemática, ou seja, um choque aleatório em um período que causa um aumento na média de Y não afetará o valor do mesmo nos próximos períodos (DANIEL, 2016).

Em geral, a autocorrelação pode ocorrer quando os valores podem ser ordenados no tempo como em dados de séries temporais (pode-se ter autocorrelações seriais) ou no espaço com dados espaciais (pode-se ter autocorrelações espaciais).

No presente caso, como os dados estão aleatoriamente dispostos, constituindo uma amostra transversal, é dispensada a verificação do pressuposto de autocorrelação serial. Contudo, realizou-se a análise de autocorrelação espacial.

Para que se possa verificar possível problema de autocorrelação espacial, Anselin (2005) recomenda que se utilizem testes focados, pois estes são capazes de identificar a autocorrelação espacial e determinar se, caso identificada, ela está ocorrendo predominantemente na variável dependente ou nos termos do erro.

Realizou-se, então, o cálculo dos testes dos multiplicadores de Lagrange (LM) clássico e robusto sobre a matriz de ponderação espacial $d = 2500$ m, distância esta que melhor capturava a autocorrelação espacial. Esta distância foi definida por meio de simulações para diversas distâncias, espaçadas em 250 m, calculadas no software GeoDa. Os resultados para os testes LM estão apresentados na tabela 13.

Tabela 13 - Teste dos Multiplicadores de Lagrange

Estatística	Valor da Estatística	Probabilidade
Multiplicador de Lagrange (lag)	0,0563	0,81252
LM Robusto (lag)	0,5664	0,45167
Multiplicador de Lagrange (err)	0,6175	0,43196
LM Robusto (err)	1,1277	0,28826

Fonte: o autor.

Os resultados indicam que, ao nível de 5,0%, nenhum dos testes realizados se mostrou significativo, indicando inexistência de autocorrelação espacial nos resíduos ou na variável dependente do modelo de regressão ajustado. Isso demonstra que o modelo ajustado não apresenta problemas de dependência espacial.

Multicolinearidade

Como visto no tópico 4.1.2, a norma informa que para verificação da multicolinearidade, deve-se, em primeiro lugar, analisar a matriz das correlações, que espelha as dependências lineares de primeira ordem entre as variáveis independentes, com atenção especial para resultados superiores a 0,80. Pode-se verificar a matriz de correlações por meio da tabela 14 e da figura 33.

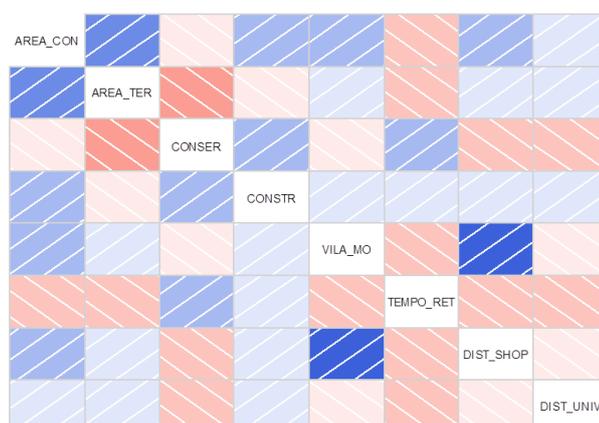
Tabela 14 - Matriz de correlações numéricas das variáveis independentes

	Y	V01	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08
Y	1,00								
V01	0,70	1,00							
V02	0,47	0,38	1,00						
V03	0,13	-0,00	-0,29	1,00					
V04	0,40	0,25	-0,13	0,26	1,00				
V05	0,42	0,20	0,13	-0,10	0,12	1,00			
V06	0,32	-0,22	-0,20	0,18	0,00	-0,17	1,00		
V07	0,30	0,22	0,05	-0,24	0,05	0,48	-0,15	1,00	
V08	0,12	0,03	0,02	-0,18	0,07	-0,12	-0,27	-0,13	1,00

Fonte: o autor.

Legenda: V01: área da construção; V02: área do terreno; V03: estado de conservação do imóvel; V04: tipo de construção; V05: se o imóvel está no bairro Vila Moema; V06: tempo de retorno de inundação; V07: distância ao shopping Farol Shopping; V08: distância à universidade Unisul.

Figura 33 - Matriz de correlações visuais das variáveis independentes



Fonte: o autor.

Constata-se que não há indicativos de multicolinearidade forte entre as variáveis explicativas utilizadas no modelo de regressão. O máximo valor de correlação entre as variáveis foi 0,48, inferior aos 0,80 sugerido pela NBR 14.653.

Para que se obtivesse maior clareza sobre a existência de multicolinearidade em nível aceitável, realizou-se o cálculo do fator de inflação da variância para cada uma das variáveis consideradas no modelo. Gujarati *et al.* (2011) sugerem que se o fator de inflação da variância (VIF) for superior a 10,0, a variável é tida como altamente colinear. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 15.

Tabela 15 - Valor dos fatores de inflação da variância

VAR	V01	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08
VIF	1,41	1,39	1,34	1,22	1,39	1,21	1,50	1,20

Fonte: o autor.

Legenda: V01: área da construção; V02: área do terreno; V03: estado de conservação do imóvel; V04: tipo de construção; V05: se o imóvel está no bairro Vila Moema; V06: tempo de retorno de inundação; V07: distância ao shopping Farol Shopping; V08: distância à universidade Unisul.

Observa-se, então, que todas as variáveis explicativas utilizadas no modelo possuem fator de inflação da variância (VIF) inferior a 10,0. Sendo assim, todas as variáveis explicativas desse estudo tiveram sua colinearidade aceita.

Inexistência de Pontos Influenciantes e *Outliers*

Entre os dados atípicos, há os pontos que a literatura chama de *outliers* e os que chama de influenciante, podendo ocorrer de forma individual ou em conjunto.

A existência de pontos atípicos pode ser verificada pelo gráfico dos resíduos versus cada variável independente, como também em relação aos valores ajustados, ou usando técnicas estatísticas avançadas, como a distância de Cook ou a distância de Mahalanobis para detectar pontos influenciante (NBR 14.653-2, A.2.1.6, 2011).

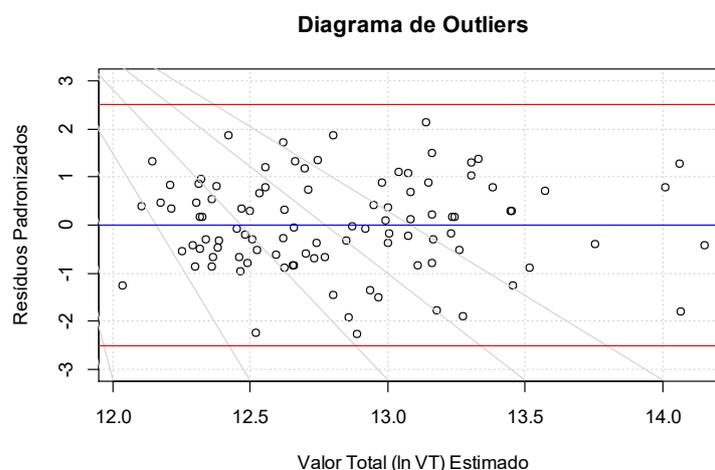
Os *outliers* são valores atípicos ao conjunto de dados e, normalmente, eles são avaliados se verificando o quanto um determinado valor difere dos demais. Os *outliers* podem revelar um erro a ser corrigido ou pelo menos considerado, antes de se avançar com a análise. Por isso, é importante começar as análises identificando-os, pois eles podem ser indícios de erros de medição ou falhas na limpeza de dados.

Em engenharia de avaliações é comum avaliar com mais cautela dados que apresentam grande dispersão em relação à média. A norma indica cuidado especial para os dados que apresentem dispersão maior que + 2,0 ou menor que - 2,0 desvios padrões em torno da média, verificando possíveis *outliers*, entretando esse limite não deve ser rígido, especialmente em grandes amostras de dados.

Considerando que esse estudo possui 102 dados de mercado, adotou-se como referência para exclusão os dados discrepantes que apresentassem dispersão maior que + 2,5 ou menor que - 2,5 desvios padrões em torno da média.

Os pontos IM_48 (R\$ 2.250.000), IM_55 (1.180.000) e IM_91 (1.200.000) apresentaram desvio padrão superior aos limites estabelecidos e por esse motivo foram excluídos da amostra inicial. O gráfico indicativo de *outliers*, com os 99 dados restantes, após o saneamento inicial da amostra, é mostrado na figura 34.

Figura 34 - Gráfico indicativo de ausência de pontos outliers



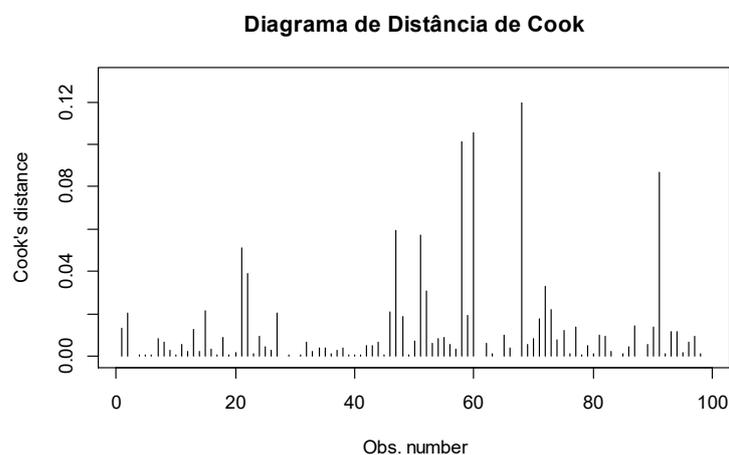
Fonte: o autor.

Os dados restantes foram reorganizados para que se pudesse ver se, entre eles, havia algum ponto influenciante que, ainda que tivesse baixa dispersão, pudesse ter influência sobre os resultados da pesquisa.

Para esta análise utilizou-se a estatística de Cook, que corresponde à variação máxima sofrida pelos coeficientes do modelo, quando se retira determinado elemento da amostra de dados. O valor de referência para que se decida se um ponto é ou não influenciante é a estatística F, entretanto, em engenharia de avaliações, é bastante comum que se utilize como distância limite o valor de 1,0.

O cálculo dos valores da Distância de Cook, usado para detecção e pontos influenciantes, é apresentado, graficamente, por meio da figura 35.

Figura 35 - Gráfico indicativo de ausência de pontos influenciantes



Fonte: o autor.

Pelo gráfico, observa-se que nenhuma das 99 observações apresentadas ao longo do eixo horizontal tem valor acima de 1,0, pelo contrário, o máximo valor encontrado está próximo de 0,12, muito abaixo do limite adotado nesta pesquisa.

Verifica-se, portanto, que o saneamento inicial da amostra, com a exclusão dos 3 *outliers*, tornou o conjunto de dados pronto para ser trabalhado. O modelo de regressão adotado nesse estudo foi, então, determinado sem esses três pontos e toda a amostra foi reorganizada para ser utilizada nas etapas seguintes.

Observa-se, portanto, que o modelo de regressão apresentado no tópico 4.2 não feriu os pressupostos básicos, mostrando-se adequado e estatisticamente correto para explicar o mercado de bens imóveis da área objeto de estudo.

4.3 VALORIZAÇÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE RETORNO DA INUNDAÇÃO

A implantação de sistemas de contenção e/ou minimização de desastres decorrentes de inundação trás benefícios significativos para o entorno da área onde se encontra tal bacia de inundação. Um elemento importante destes benefícios é a valorização dos bens imóveis que estão contidos dentro da área de risco. O modelo a seguir, desenvolvido neste estudo, é aplicado para estimar esta valorização:

$$VT = EXP [8,1815 + 0,3677 \times \ln (AREA_CON) + 0,2956 \times \ln (AREA_TER) + 0,2609 \times (CONSER) + 0,1806 \times (CONSTR) + 0,5548 \times (VILA_MOEMA) - 5,1699 / (TEMPO_RET) + 292,27 / (DIST_SHOP) + 116,97 / (DIST_UNIV)]$$

O tempo de retorno (TR), presente no modelo, está diretamente relacionado à ocorrência de inundação nos imóveis contidos na respectiva bacia e este fenômeno, por sua vez, tem influência sobre o valor de mercado do bem.

Portanto, baseado no modelo de regressão obtido e nas informações dos imóveis que estão localizados na área favorecida pelo acréscimo no tempo de retorno, por meio de implantação de sistemas de contenção e/ou minimização de desastres decorrentes de inundação, é possível se obter uma estimativa dos benefícios econômicos que se obtém ao se implementar tais intervenções.

Esta estimativa dos benefícios econômicos pode servir como instrumento de tomada de decisão acerca dos investimentos a serem realizados no controle hídrico. Pode-se analisar o custo x benefício da implantação de sistemas de contenção /minimização de riscos ao se relacionar os custos de realização das intervenções com o potencial retorno econômico do empreendimento.

Com o objetivo de tornar mais didático este estudo e mostrar, de forma prática, o impacto que a implantação de medidas de contenção/minimização de riscos de inundação tem sobre o valor de mercado dos imóveis da área em estudo, buscou-se um imóvel padrão da região, semelhante aos imóveis observados.

O imóvel padrão foi obtido por meio do valor médio de todos os imóveis da amostra para as variáveis área construída, área do terreno, distância ao shopping e distância à universidade, arredondando os valores; e por meio do valor modal para as variáveis estado de conservação, tipologia da construção e bairro. Na tabela 16 apresenta-se um resumo dos atributos e variáveis relativas a este imóvel padrão.

Tabela 16 - Imóvel padrão considerado neste estudo

Característica	Imóvel Padrão
Área Construída (AREA_CON)	150 m ²
Área do Terreno (AREA_TER)	350 m ²
Estado de Conservação (CONSER)	2 (bom)

Tipologia da Construção (CONSTR)	3 (alvenaria)
Bairro do Imóvel (VILA_MOEMA)	0 (não)
Distância ao Shopping (DIST_SHOP)	2600 m
Distância à Universidade (DIST_UNIV)	1800 m

Fonte: o autor.

O modelo clássico de regressão obtido neste estudo é válido para a estimativa do valor de mercado de imóveis que estão contidos na área em estudo, dentro da bacia do Rio Tubarão, e à época em que a pesquisa de mercado foi realizada, tendo em vista que os parâmetros do modelo de regressão clássica podem sofrer mudanças significativas em função da área e período da pesquisa.

O impacto sobre o valor de mercado dos imóveis, advindo da implantação de sistemas de contenção/minimização de riscos, pode ser estimado substituindo o imóvel padrão no modelo de regressão, alternando o tempo de retorno entre 25, 50 e 100 anos. Os resultados obtidos são apresentados nos itens seguintes.

4.3.1 Estimativas para Tempo de Retorno - TR = 25 anos

Calcula-se, inicialmente, o valor de mercado de um imóvel padrão, com as características presentes na tabela 16, considerando este imóvel estar contido em uma área cujo tempo de retorno da inundação é de 25 anos, conforme segue:

$$VT = \text{EXP} [8,1815 + 0,3677 \times \ln (150) + 0,2956 \times \ln (350) + 0,2609 \times (2) + 0,1806 \times (3) + 0,5548 \times (0) - 5,1699 / (25) + 292,27 / (2600) + 116,97 / (1800)]$$

$$VT_{25} = \text{R\$ } 358.510,96$$

Observa-se, então, que um bem imóvel contido em uma área cujo tempo de retorno é 25 anos possui um valor de mercado estimado em R\$ 358.510,96.

4.3.2 Estimativas para Tempo de Retorno - TR = 50 anos

Calcula-se, em seguida, o valor de mercado de um imóvel padrão, com as características presentes na tabela 16, considerando este imóvel estar contido em uma área cujo tempo de retorno é 50 anos. O valor obtido é apresentado a seguir:

$$VT = \text{EXP} [8,1815 + 0,3677 \times \ln (150) + 0,2956 \times \ln (350) + 0,2609 \times (2) + 0,1806 \times (3) + 0,5548 \times (0) - 5,1699 / (50) + 292,27 / (2600) + 116,97 / (1800)]$$

$$VT_{50} = \text{R\$ } 397.564,52$$

Observa-se, então, que um bem imóvel contido em uma área cujo tempo de retorno é 50 anos possui um valor de mercado estimado em R\$ 397.564,52.

4.3.3 Estimativas para Tempo de Retorno - TR = 100 anos

Calcula-se, por fim, o valor de mercado de um imóvel padrão, com as características presentes na tabela 16, considerando este imóvel estar contido em uma área cujo tempo de retorno é 100 anos. O valor obtido é apresentado a seguir:

$$VT = \text{EXP} [8,1815 + 0,3677 \times \ln (150) + 0,2956 \times \ln (350) + 0,2609 \times (2) + 0,1806 \times (3) + 0,5548 \times (0) - 5,1699 / (100) + 292,27 / (2600) + 116,97 / (1800)]$$

$$VT_{100} = \text{R\$ } 418.658,78$$

Observa-se, então, que um bem imóvel contido em uma área cujo tempo de retorno é 100 anos possui um valor de mercado estimado em R\$ 418.658,78.

4.3.4 Medidas de Controle x Valorização dos Imóveis

Com o objetivo de se encontrar a valorização percentual média dos imóveis beneficiados com as possíveis medidas de contenção/minimização de riscos, nos cenários possíveis, calculou-se, para o valor de um imóvel padrão, a razão entre:

- tempo de retorno de 50 anos (VT_{50}) e tempo de retorno de 25 anos (VT_{25});
- tempo de retorno de 100 anos (VT_{100}) e tempo de retorno de 25 anos (VT_{25}).

O valor percentual do primeiro cenário, em que o tempo de retorno do risco de inundação é aumentado de 25 para 50 anos, é apresentado a seguir:

- Tempo de Retorno de 25 para 50

$$\frac{VT_{50}}{VT_{25}} = \frac{397.564,52}{358.510,96} = 0,1089 = 10,89\%$$

Observa-se, então, que a estimativa do benefício advindo da contenção e/ou minimização dos riscos de inundação ao se aumentar o tempo de retorno de 25 para 50 anos é, em média, de aproximadamente 11%. Este valor, ao se considerar o conjunto de todos os imóveis que serão beneficiados pela implantação destas ações, tráz consigo um retorno potencialmente relevante para os municípios.

Por fim, o valor percentual do segundo cenário, em que o tempo de retorno do risco de inundação é aumentado de 25 para 100 anos, é apresentado a seguir:

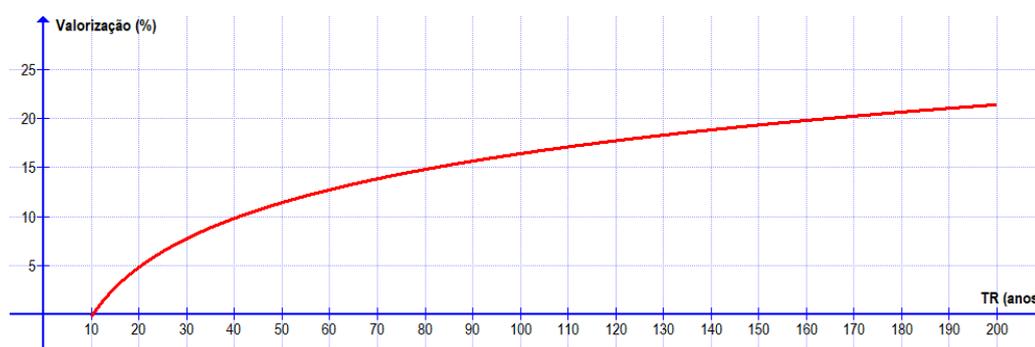
- Tempo de Retorno de 25 para 100

$$\frac{VT_{100}}{VT_{25}} = \frac{418.658,78}{358.510,96} = 0,1678 = 16,78\%$$

Neste caso, observa-se um impacto na valorização dos imóveis beneficiados pelas ações de contenção/minimização dos riscos de inundação, na ordem de 17%, para os imóveis situados na planície de inundação correspondente a 25 anos de retorno, quando esse tempo de retorno é aumentado para 100 anos.

Verifica-se que, por ser uma função logarítmica ($EXP[\beta/TEMPO_RET]$), o valor percentual de valorização vai aumentando com menor intensidade a medida que o tempo de retorno aumenta. O gráfico da figura 36 ilustra esta situação.

Figura 36 - Valorização percentual média em função do tempo de retorno



Fonte: o autor.

O gráfico ilustra um aumento percentual médio maior e mais acentuado quando o tempo de retorno aumenta de 10 para 50 anos, por exemplo. Em seguida, a inclinação da reta tangente em cada ponto vai reduzindo e a função vai crescendo cada vez com menos intensidade a medida que o tempo de retorno aumenta.

Caso se disponha da soma dos valores totais de todos os imóveis localizados na planície de inundação, é possível estimar, monetariamente, o benefício total advindo das ações de contenção/minimização dos riscos de inundação.

Do mesmo modo, pode-se utilizar o modelo de regressão ajustado neste estudo para calcular o benefício de um imóvel individual localizado em uma certa área beneficiada, na bacia do Rio Tubarão, ao se implantar determinado cenário de controle dos riscos de inundação, aumentando o tempo de retorno nesta área.

Observa-se, então, que ao se fazer o levantamento dos benefícios econômicos advindos da implantação das ações de contenção/minimização dos riscos de inundação, juntamente com os custos de implementação de tais ações, pode-se avaliar o custo-benefício e este servir como instrumento de auxílio na decisão sobre o melhor conjunto de medidas de redução de riscos de inundação para a bacia do Rio Tubarão, bem como no escopo dos investimentos necessários.

4.4 SUPERFÍCIE DE VALORES PARA ÁREA EM ESTUDO

Como produto final deste estudo, construíram-se superfícies de valores unitários para os imóveis da área em estudo considerando dois cenários distintos:

Cenário 01: Considerando o tempo de retorno das inundações registradas na área em estudo na forma original, como são hoje, para os períodos de 25, 50 e 100 anos;

Cenário 02: Considerando toda área de estudo com tempo de retorno de 100 anos. Esse cenário permite avaliar o impacto da adoção de medidas de contenção/minimização quando se aumenta para 100 anos o tempo de retorno das inundações;

Para construção da superfície de valores unitários dos imóveis utilizou-se o *software* Surfer 15 para se realizar a interpolação por krigagem dos valores preditos nos dois cenários e definiu-se um imóvel padrão, conforme visto na tabela 17.

Tabela 17 - Imóvel padrão para construção da superfície de valores

Característica	Imóvel Padrão
Área Construída (AREA_CON)	150 m ²
Área do Terreno (AREA_TER)	350 m ²
Estado de Conservação (CONSER)	2 (bom)

Tipologia da Construção (CONSTR)	3 (alvenaria)
Bairro do Imóvel (VILA_MOEMA)	variável
Distância ao Shopping (DIST_SHOP)	variável
Distância à Universidade (DIST_UNIV)	variável

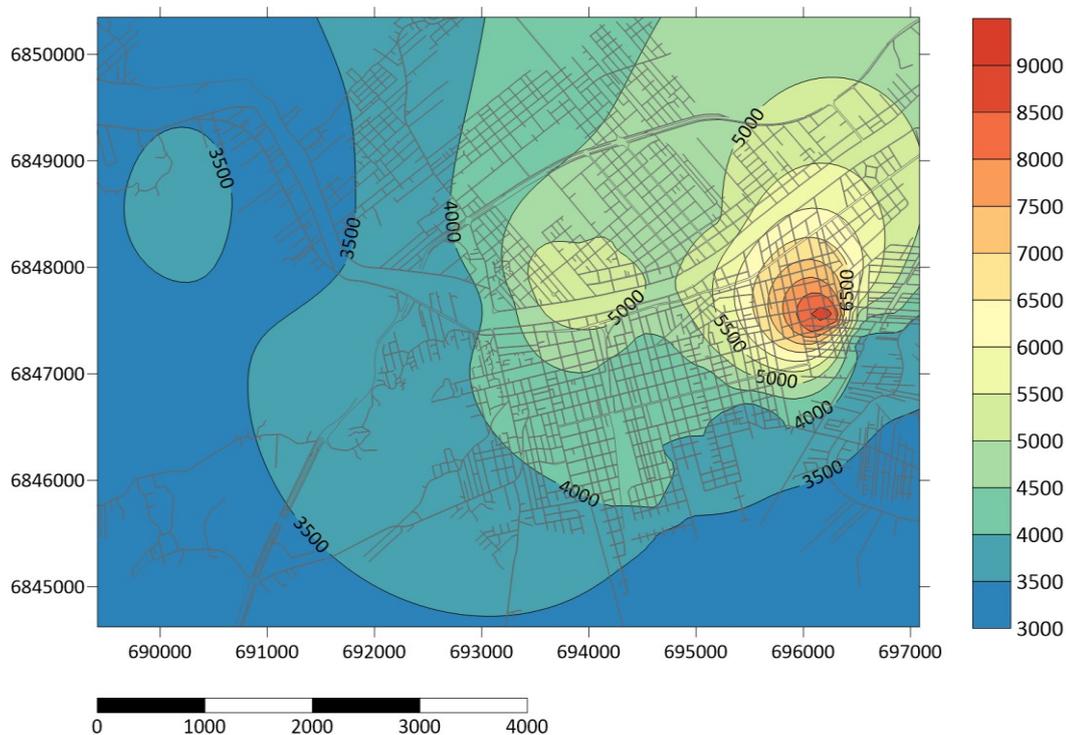
Fonte: o autor.

Neste caso, para se obter os valores unitários homogêneos, fez-se variar, ao longo da área de estudo, as variáveis localizacionais bairro do imóvel, distância ao Farol Shopping e distância à universidade do município. Nos itens seguintes são apresentados todos os cenários avaliados neste estudo:

- Cenário 01

Neste cenário, gerou-se uma superfície de valores unitários dos imóveis da área em estudo considerando os tempos de retorno originais, que são registrados atualmente na bacia hidrográfica do Rio Tubarão, na região de Tubarão/SC. A superfície gerada é mostrada na figura 37, considerando TR = 25, 50 ou 100 anos.

Figura 37 - Superfície de valores unitários para a condição original



Fonte: o autor.

O mapa de valores unitários dos imóveis para a área em estudo demonstra o que normalmente se verifica no mercado imobiliário de Tubarão, sendo os bairros Centro, Vila Moema e Dehon, os que apresentam imóveis de maior valor agregado.

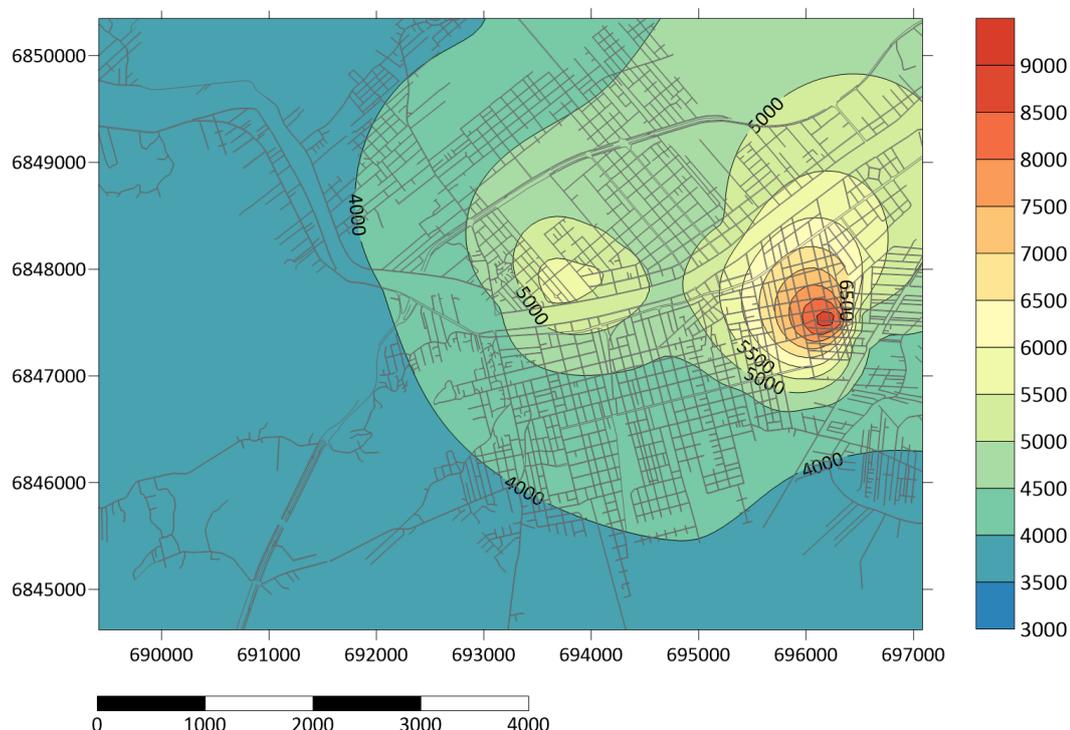
Observa-se uma zona de valorização bem na região central do bairro Centro de Tubarão, valorização esta que vai irradiando para os bairros adjacentes.

Este é, hoje, o cenário que mostra o valor unitário dos imóveis sem a adoção de medidas que visem minimizar e/ou controlar os riscos de inundação.

- Cenário 02

Neste cenário, gerou-se uma superfície de valores unitários dos imóveis da área em estudo considerando um incremento no tempo de retorno das regiões mais susceptíveis à risco de inundação. Construiu-se um mapa em que todas as áreas antes com TR = 25 e 50 anos, agora apresentam TR = 100 anos. A superfície gerada é mostrada na figura 38, considerando TR = 100 anos para toda área.

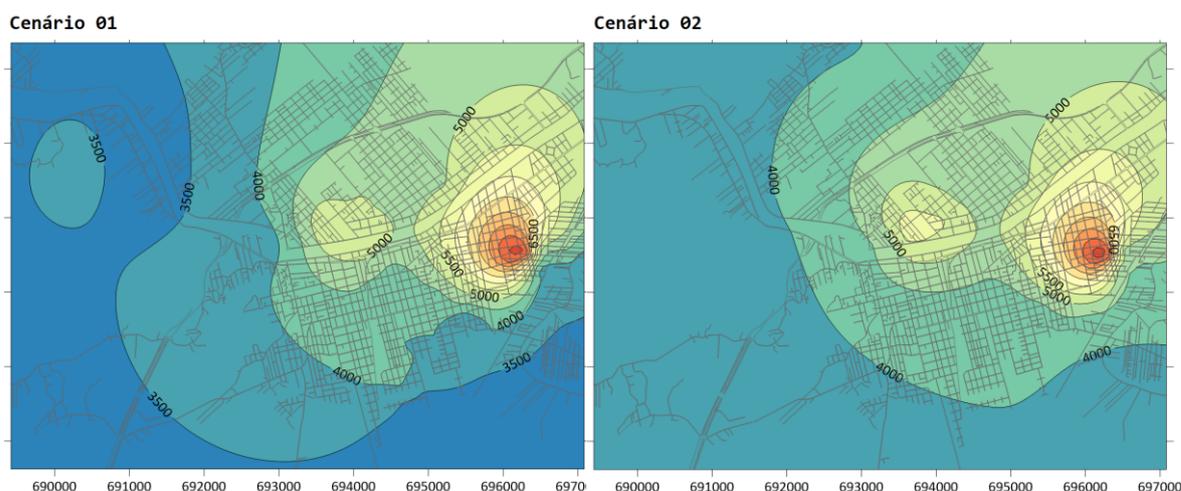
Figura 38 - Superfície de valores unitários para condição de TR = 100 anos



Fonte: o autor.

Para uma melhor visualização dos impactos que o risco de inundação tem sobre o valor de mercado dos imóveis na área em estudo, colocou-se, lado a lado, os dois cenários propostos neste estudo, conforme apresentado na figura 39.

Figura 39 - Comparação entre os dois cenários propostos no estudo



Fonte: o autor.

O que se observa, por meio da figura 36, é que as regiões de valorização permaneceram as mesmas, contudo, ao se avaliar toda a extensão da área em estudo, verifica-se um incremento no valor unitário de praticamente todos os imóveis, evidenciado pela coloração mais clara do cenário 02 em relação ao cenário 01.

Isto demonstra que a adoção de estratégias e sistemas que visem controlar e/ou minimizar os riscos de inundações, podem causar um impacto positivo sobre o valor dos imóveis da área em estudo. Na bacia hidrográfica do Rio Tubarão, em Tubarão/SC, este impacto pode chegar a 17% no valor de mercado dos imóveis, quando comparado aos valores que se tinha na condição atual.

Verifica-se, ainda, que esse impacto irradia para todas as áreas, fazendo com que a vizinhança seja influenciada pela valorização daqueles imóveis que estavam contidos nas planícies de inundação com baixo tempo de retorno e que, a partir da potencial adoção de sistemas de controle, tiveram um impacto positivo.

Constata-se, no entanto, ao se observar os dois cenários propostos, que existem áreas em que não houve mudança no valor unitário dos imóveis. Esta condição ocorre pelo fato dos imóveis estarem fora da área de risco de inundação e/ou pertencerem à mancha de inundação de 100 anos, conforme figura 11.

Por fim, observa-se que, a partir do impacto positivo no valor de mercado dos imóveis beneficiados pela eventual adoção de sistemas de controle e contenção de eventos de inundação, assim como os vizinhos que são, também, indiretamente beneficiados, conforme retratado por meio do cenário 2, resta óbvio um natural incremento na arrecadação de tributos de base imobiliária pelo governo municipal.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos tópicos seguintes são apresentadas algumas conclusões obtidas com o término deste estudo e algumas recomendações para trabalhos futuros.

5.1 CONCLUSÕES

Este trabalho de dissertação, ao apresentar uma maneira de estimar o retorno econômico advindo da implantação de sistemas de contenção/minimização dos riscos de inundação, permite apresentar algumas conclusões sobre o tema:

- O modelo de regressão linear múltipla, obtido neste estudo, mostrou-se adequado e estatisticamente correto, não ferindo nenhum dos pressupostos básicos da regressão linear, para predição dos valores de mercado dos imóveis da área em estudo, neste caso, imóveis da bacia do Rio Tubarão;
- A variável tempo de retorno dos eventos de inundação na bacia do Rio Tubarão, utilizada no modelo em estudo, mostrou-se significativa ao nível de 4,2%, indicando ser este um fator importante e relevante para determinação do valor de mercado dos imóveis pertencentes a esta região, em que os prejuízos diretos causados pelas inundações estão quantificados neste parâmetro, que reflete a parcela do valor de mercado dos imóveis que é explicada pela variável tempo de retorno, que mede o risco de ocorrência de possível inundação;
- O problema das inundações urbanas tem se tornado recorrente em certos municípios e, considerando que estes possuem recursos financeiros limitados, um método objetivo e eficiente para quantificar os benefícios econômicos da implantação de sistemas que reduzem o risco de inundação, é algo que pode agregar muito aos gestores dos municípios, facilitando a tomada de decisão;
- Os resultados mostraram uma potencial valorização no valor dos imóveis que seriam beneficiados pelas ações de controle de riscos de inundação, resultante do aumento do tempo de retorno dos eventos de inundação. No caso da bacia do Rio Tubarão, observou-se uma valorização de cerca de 11,0% quando o tempo de retorno passa de 25 para 50 anos; e de substanciais 17,0% quando o tempo de retorno dos eventos de inundação passa de 25 para 100 anos;

- E, adicionalmente, essa valorização pode representar, para os municípios, por exemplo, um aumento na arrecadação de tributos de base imobiliária, como o IPTU e o ITBI ou até mesmo no cálculo de uma eventual contribuição de melhoria, que tem como base de cálculo o valor de mercado dos imóveis. Esse tipo de benefício deve, também, ser considerado na análise de custo-benefício, dado que ele faz retornar, para os cofres públicos, parte do investimento feito.

Os resultados encontrados neste trabalho de dissertação podem contribuir com a avaliação econômica das ações de controle de riscos de inundação, dado que a problemática das inundações urbanas atinge diversos municípios, e são escassos no Brasil os dados e pesquisas nesta direção. Desta forma, os resultados deste estudo podem fornecer elementos para os gestores públicos, por exemplo, elaborarem planos eficientes que forneçam uma solução definitiva ou, pelo menos, a redução dos danos e prejuízos decorrentes dos eventos de inundação.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando todas as limitações deste trabalho de dissertação e tendo em vista pontos não abordados, como possibilidade de trabalhos futuros sugere-se:

- Verificar a possibilidade de modelagem, nos mesmos moldes deste estudo, para outras bacias hidrográficas, observando as conclusões e comparando com as que estão disponíveis, analisando os pontos de convergência;
- Considerar a possibilidade de modelagem, nos mesmos moldes deste estudo, de outros bens imóveis não abordados neste trabalho, como o caso de apartamentos, de imóveis comerciais ou de terrenos livres de benfeitorias;
- Investigar o custo-benefício dos diversos sistemas de contenção/minimização de riscos de inundação, quantificando, por meio da soma dos benefícios de todos os imóveis favorecidos por cada sistema, o potencial retorno econômico.
- Investigar como se daria a quantificação da valorização imobiliária ao se usar a variável cota de inundação, com base nas curvas de nível, em detrimento da variável tempo de retorno, bem como as possíveis interações entre variáveis.

Estas são recomendações para eventuais trabalhos futuros que podem, na medida do possível, serem adaptadas às necessidades de cada realidade.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2: Avaliação de Bens**. Parte 2: Imóveis Urbanos. Rio de Janeiro, 2011. 53 p.

ABREU, Fernando Girardi de. **Quantificação dos prejuízos econômicos à atividade comercial derivados de inundações urbanas**. 2019. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

ABUNAHMAN, Sérgio Antonio. **Curso básico de engenharia legal e de avaliações**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2000.

AMARAL, Rosângela; RIBEIRO, Rogério Rodrigues. **Inundações e enchentes**. In: TOMINAGA, L. K., SANTORO, J.; AMARAL, R. Desastres Naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

ANSELIN, L. **Exploring spatial data with GeoDaTM: A Workbook**. Department of Geography, University of Illinois, 2005.

ARANTES, Jose Tadeu. Enchentes em São Paulo dão prejuízo de R\$ 762 mi por ano. **Revista Pesquisa FAPESP**, 15 de março de 2013. Disponível em www.revistapesquisa.fapesp.br. Acesso em 20 fev. 2021.

ARMBRUSTER, Stephanie; HINTERMANN, Beat; ZISCHG, Andreas. **The effects of flood events on land and housing value**: Evidence from the Swiss real estate market. Project funded by University Basel (2017 - 2021).

BAPTISTELA, M.; STEINER, M. T. A.; CHAVES NETO, A. **O uso de redes neurais e regressão linear múltipla na engenharia de avaliações**: determinação dos valores venais de imóveis urbanos, atas do XXXVIII SBPO. 2006.

BARTOSOVA, Alena; CLARK, David E.; NOVOTNY, Vladimir; TAYLOR, Kyra S. **Using GIS to Evaluate the Effects of Flood Risk on Residential Property Values**. Economics Faculty Research and Publications, 2000.

BIN, Okmyung; KRUSE, Jamie B.; LANDRY, Craig E. **Flood hazards, insurance rates, and amenities**: evidence from the coastal housing Market. *The Journal of Risk and Insurance*, v. 75, n. 1, p. (63-82), 2008.

BRASIL. **Instrução Normativa IN 36/MI**, de 04.12.2020. Estabelece procedimentos e critérios para o reconhecimento federal e para declaração de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos municípios, estados e pelo Distrito Federal, 2020.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Instrução Normativa nº 1**, de 24 de agosto de 2012. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/>. Acessado em: 07 jan. 2021.

BRITO, F.; PINHO, B. A. T. D. **A dinâmica do processo de urbanização no Brasil, 1940-2010.** UFMG/CEEPLAR - Universidade Federal de Minas Gerais/Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Belo Horizonte, 2012.

CARDOSO, E. J.; SANTOS, M. J.; CARNIELLO, M. F. **O Processo de Urbanização Brasileiro.** XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2011.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A.T. (orgs.). **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios.** Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil:** estudo de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, p. 283, 1998.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres:** desastres naturais. Brasília: Ministério da Integração Nacional, p. 174, 2003.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Glossário de defesa civil:** estudos de riscos e medicina de desastres. Ministério do Planejamento e Orçamento, Departamento de Defesa Civil. Brasília, 2007.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO M. N. O.; PIRES DO RIO, G. A. **Riscos Ambientais e Geografia:** Conceituações, Abordagens e Escalas. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 28, n. 2, p. (11-30), 2005.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied hydrology.** International Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1988.

COBRADE – **Codificação Brasileira de Desastres**, 2019. Disponível em: <https://www.defesacivil.sc.gov.br/download/cobrade/>. Acessado em 06 jan. 2020.

CONTRERAS, B. F. S. **Avaliação quali-quantitativa de impactos da revitalização do leito desconectado do Rio Tubarão.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2018.

CRICHTON, D. The risk triangle. In: INGLETON, J. (ed) **Natural Disaster Management.** Tudor Rose Holdings Limited, Leicester, Inglaterra, p. (102-103), 1999.

D'AQUINO, C.; COUCEIRO, M.; SCHETTINI, C. **Transporte de Sal e Hidrodinâmica do Estuário do Rio Tubarão - SC,** Brasil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 16, n. 3, p. (113–125), 2011.

DAMIÃO, C.; SCHMITZ, P. C.; ROSA, E.; CEOLLA, S. **Tubarão cresce às margens do rio.** O Estado, Santa Catarina, p. (28-29), 2015.

DANIEL, Lindomar Pegorini. **O modelo clássico de regressão linear:** o Teorema de Gauss-Markov e a violação dos pressupostos. Universidade do Estado de Mato Grosso. Centro de Ciências Econômicas. Notas de Aula, 2016.

DANTAS, Rubens Alves. **Engenharia de avaliações: uma introdução à metodologia científica**. Revisada de acordo com a nova versão da NBR 14.653-2:2011. 3. ed. São Paulo: Pini, 2014. 255 p.

DECINA, T. G. T.; BRANDAO, J. L. B. **Análise de desempenho de medidas estruturais e não estruturais de controle de inundações em uma bacia urbana**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. (207-217), 2016.

DNR – Department of Natural Resources - Ecological & Water Resources. **Floodplain Information Sheet - What are the Floodway and the Flood Fringe?** St. Paul, Minnesota, Estados Unidos, n. 2, 2014.

DONNELLY, William A. **Hedonic price analysis of the effect of a floodplain on property values**. Journal of the American Water Resources Association, v. 25, n. 3, p. (581-586), 1989.

DROUBI, L. F. P.; ZONATO, W. e HOCHHEIM, N. Distribuição lognormal: propriedades e aplicações na engenharia de avaliações. *In*: Congresso de Cadastro Multifinalitário e Gestão Territorial, Florianópolis, **Anais...** SC, 2018.

EIRD. **Glosario de la Estrategia**, 2004. Disponível em: <http://www.eird.org/esp/terminologiaesp.htm>. Acessado em: 06 jan. 2021.

EM-DAT. **The OFDA/CRED international disaster data base**. Bruxelas: Université Catholique de Louvain, 2009. Disponível em: <www.em-dat.net>. 2009.

ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES LAS AMÉRICAS, 2004. Disponível em: <<http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2021.

EVES, Chris. **The long-term impact of flooding on residential property values**. Property Management, v. 20, n. 4, p. (214-227), 2002.

FELL, R.; COROMINAS, J.; BONNARD, C.; CASCINI, L.; LEROI, E.; SAVAGE, W.Z. **Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning**. Engineering Geology, p. (83-98), 2008.

FREITAS, C. G. L. (Coord.). **Planos diretores municipais: integração regional estratégica**. Porto Alegre: ANTAC, Coleção Habitare, 2007.

GAPLAN. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro do Sul, 1986.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisas**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GIRARD, E. P. **O rural e o urbano: é possível uma tipologia?** Unesp – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.

GOERL, R. F; KOBİYAMA M. **Considerações Sobre as Inundações no Brasil**. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (2005).

GOLDENFUM, J.; DORNELLES, F.; SILVEIRAE, A.; SCHETTINI, E.; ZANANDREA, F. Extensão e Pesquisa: **Estudos para elaboração de Plano de Macrodrenagem de Tubarão - SC**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 1, p. (1-207), 2018.

GONZÁLEZ, M. A. S. **A engenharia de avaliações na visão inferencial**. São Leopoldo: Unisinos, 1997.

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Capacitação em Defesa Civil: **Prevenção e Redução de Desastres**. Capacitação a Distância. DEDC/CEPED, 2003.

GRIFFITH, R. S. **The impact of mandatory purchase requirements for flood insurance on real estate markets**. Dissertation, University Texas, Arlington, 1994.

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

HORA, S. B.; GOMES, R. L. **Mapeamento e avaliação do risco a inundação do rio cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 21 (2), p. (57-75), 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente nos municípios brasileiros**, jul. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse preliminar do censo demográfico 2000**. Rio de Janeiro, 2000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Uma análise dos resultados da Sinopse Preliminar do Censo Demográfico 2000**. Rio de Janeiro, 2001.

INDACO, Agustin; ORTEGA, Francesc; TASPMAR, Suleyman. **The Effects of Flood Insurance on Housing Markets**. The National Survey of Mortgage Originations, v. 21, n. 2, p. (129-156), 2019.

ISSLER; Roberto S.; FERNANDES, Edgard; FREIRE, Francisco de A. Geologia. In: Santa Catarina. GAPLAN. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro do Sul, 1986.

JULIÃO, R. P. **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal**. Lisboa: Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano; Instituto Geográfico Português, 2009.

KOBİYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A., MARCELINO, I. P.; MARCELINO, E. V., GONÇALVES, E. F., BRAZETTI, L. L. P., GOERL, R. F.,

MOLLERI, G. S. F; RUDORFF, F. **Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos**, p. 109, 2006.

KOMAREK, Timothy M.; FILER, Larry. **Waiting after the storm: the effect of flooding on time on the housing market in coastal Virginia**. The Journal Applied Economics Letters v. 27, n. 4, p. (298-301), 2020.

KRON, W. **Flood risk = hazard x exposure x vulnerability**. Proceedings of Second International Symposium of Flood Defense, Beijing, 2002.

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

LEZCANO, L. M. **Análise do efeito do risco de cheia no valor de imóveis pelo método dos preços hedônicos**. UFPR - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LIMA, J. C de. **Avaliação dos riscos e danos de inundação e do impacto da adoção de medidas não-estruturais em Itajubá/MG**. Dissertação – Escola de Engenharia de Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte - UFMG, 2003.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Caderno Didático n. 1. INPE/CRS, Santa Maria, 2008.

MARGARIDA, C.; NASCIMENTO, C. A. **Manual de Defesa Civil**. Florianópolis: CEPED UFSC, p. 108, 2009.

MARQUES, R. **Variabilidade da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Tubarão/SC de 1946 a 2006**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2010.

MATOS, R. **Migração e urbanização no Brasil**. IGC/UFMG - Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

MENDONÇA, Marcelo Corrêa *et al.* **Fundamentos de avaliações patrimoniais e perícias de engenharia: curso básico do IMAPE**. São Paulo: Pini, 1998.

MESSNER, F.; MEYER, V. **Flood Damage, Vulnerability and Risk Perception: Challenges for Flood Damage Research**. UFZ-Diskussionspapiere, n. 13, 2005.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT - **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, p. 176, 2007.

NAGEM, F. R. M. **Avaliação econômica dos prejuízos causados pelas cheias urbanas**. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2008.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. **Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento.** Estudos Avançados. São Paulo, 2007.

RAMOS, M. M. G. **Drenagem urbana: aspectos urbanísticos, legais e metodológicos em Belo Horizonte.** Dissertação de Mestrado Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 1998.

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

RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica.** 26. ed. Petrópolis: Vozes, 1999.

SCHEUREN, J.M; POLAIN, O.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D.; PONSERRE, S. **Annual Disaster Statistical Review – The Numbers and Trends 2007.** CRED - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium, 2008.

SDS - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Plano estadual de recursos hídricos de Santa Catarina:** caracterização geral das regiões hidrográficas de santa catarina (RH-9). 2017.

SDS - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentavel. **Panorama dos recursos hídricos de Santa Catarina.** Florianópolis, 2007.

SEPDC - Secretaria Estadual de Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina. **Percepção de risco:** A descoberta de um novo olhar, 2009. Disponível em: <https://www.ceped.ufsc.br/>. Acessado em 02 de setembro de 2021.

SEPDCSC - Secretaria Estadual de Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina. **Gestão de riscos,** 2014. Disponível em: <https://www.defesacivil.sc.gov.br/>. Acessado em 06 janeiro 2021.

SEDEC - Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Capacitação em gestão de riscos,** 2ª ed., p. (1-270), 2016.

SHILLING, James D.; SIRMANS, C. F.; BENJAMIN, John D. **Flood Insurance, Wealth Redistribution, and Urban Property Values.** Journal of Urban Economics, v. 26, n. 1, p. (43-53).

SHULTZ, Steven D.; FRIDGEN, Pat M. **Floodplains and housing values:** implications for flood mitigation projects. Journal of the American Water Resources Association, v. 37, n. 3, p. (595-603), 2001.

SOUSA, Daniela Prá Silva. **Proposta metodológica para estimativa de danos e mapeamento de risco associados a inundações em áreas urbanas.** 2018. Dissertação (Mestrado Desastres Naturais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

THOFEHRN, Ragnar. **Avaliação de terrenos urbanos por fórmulas matemáticas**. São Paulo: Pini, 2010.

TOMINAGA, L. K., SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TUBARÃO. **História de Tubarão**. Tubarão, 2014. Disponível em: <https://www.tubarao.sc.gov.br/>. Acesso em: 02 de setembro de 2021.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan/mar, 2002.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. **Controle do impacto da urbanização**. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. de; (org). *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, p. (277-347), 1995.

TUCCI, E. M; BERTONI J.C. (Org.) **Inundações Urbanas na América do Sul: Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre 2003.

UN-ISDR - International Strategy for Disaster Reduction. **Terminology on Disaster Risk Reduction**, 2009. Disponível em <http://www.unisdr.org>. Acessado em jan. de 2021.

VALÊNCIO, N.; SIENA, M.; MARCHEZINI, V.; GONÇALVES, J. C. **Gênero e Desastres: uma perspectiva brasileira sobre o tema**. *Sociologia dos desastres: construção, interfaces e perspectivas no Brasil*. São Carlos: Rima: Ed. da UFSCar, 2009.

VAZ, V. B. **Avaliação do custo do risco de inundações urbanas**. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 2015.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. 6 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2015.

VITTORETTI, Amadio. **História de Tubarão - das Origens ao Século XX**, 1992.

WMO/GWP - ASSOCIATED PROGRAMME ON FLOOD MANAGEMENT. **Integrated flood management tools series: conducting flood loss assessments**. 2013. Disponível em: http://www.apfm.info/publications/tools/APFM_Tool_02.pdf. Acessado em 07 jan. 2021.

ZHANG, Lei; LEONARD, Tammy. **Flood hazards impact on neighborhood house prices**. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, v. 58, n. 1, p. (656-674), 2019.