

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,  
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

**CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO  
A *PRIORI* DE CURVAS DE DANOS  
RESIDENCIAIS DIRETOS TANGÍVEIS  
RELACIONADOS A INUNDAÇÕES  
PARA MINAS GERAIS**

**Lincoln Vieira Queiroz de Almeida**

**Belo Horizonte  
2020**

**Lincoln Vieira Queiroz de Almeida**

**CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO  
A *PRIORI* DE CURVAS DE DANOS  
RESIDENCIAIS DIRETOS TANGÍVEIS  
RELACIONADOS A INUNDAÇÕES  
PARA MINAS GERAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Linha de pesquisa: Avaliação e Gerenciamento de Impactos e Riscos Ambientais

Orientador: Julian Cardoso Eleutério

**Belo Horizonte  
Escola de Engenharia UFMG  
2020**

A447c

Almeida, Lincoln Vieira Queiroz de.

Construção e avaliação *a priori* de curvas de danos residenciais diretos tangíveis relacionados a inundações para Minas Gerais [recurso eletrônico] / Lincoln Vieira Queiroz de Almeida. – 2020.

1 recurso online (xi, 225 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Julian Cardoso Eleutério.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Anexos e apêndices: f. 136-220.

Bibliografia: f. 123-135.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Engenharia sanitária - Teses. 2. Recursos hídricos - Desenvolvimento - Teses. 3. Habitações - Teses. 4. Impacto ambiental - Teses. 5. Inundações - Teses. 6. Risco - Teses. I. Eleutério, Julian Cardoso. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 628(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Avenida Antônio Carlos, 6627 – 4º andar - 31270-901 - Belo Horizonte — BRASIL

Telefax: 55 (31) 3409-1882 - posgrad@desa.ufmg.br

http://www.smarh.eng.ufmg.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Construção e avaliação a priori de curvas de danos residenciais diretos tangíveis relacionados a inundações para Minas Gerais

### LINCOLN VIEIRA QUEIROZ DE ALMEIDA

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Prof. JULIAN CARDOSO ELEUTÉRIO

Julian Cardoso  
Eleuterio:0669  
7286679  
Assinado de forma digital por Julian Cardoso  
Eleuterio:06697286679  
Dados: 2020.12.28  
21:44:04 -03'00'

Prof. NILO OLIVEIRA NASCIMENTO

Nilo de Oliveira  
Nascimento:31777635691

Assinado de forma digital por Nilo de Oliveira Nascimento:31777635691  
Dados: 2020.12.28 21:06:52 -03'00'

Prof. FRANCISCO EUSTÁQUIO OLIVEIRA E SILVA

Francisco Eustaquio  
Oliveira e  
Silva:81769458115

Digitally signed by Francisco Eustaquio Oliveira e Silva:81769458115  
Date: 2020.12.29 12:59:06 -03'00'

Prof. EDUARDO MÁRIO MENDIONDO

Prof.<sup>a</sup> ANA PAULA MONI SILVA

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Versão Final aprovada por

Prof.<sup>a</sup> Taciana Toledo de Almeida Albuquerque  
Subcoordenadora

Prof. Julian Cardoso Eleutério  
Orientador

Belo Horizonte, 09 de junho de 2020.

## AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento do conhecimento em áreas sensíveis à sociedade é um desafio pelas responsabilidades e um contentamento pela atenuação de obstáculos à sua segurança. Buscando este trabalho científico há a necessidade de aprimoramento técnico e por isto destaco e agradeço pelo empenho dos professores do Departamento de engenharia hidráulica e recursos hídricos e, de forma particular, pelo conhecimento, disponibilidade e orientações do Prof. Julian Eleutério.

Somando a esta dedicação acadêmica, sou muito grato pelo coleguismo e empenho em permitir o desenvolvimento dos estudos entre outras atribuições profissionais, sobretudo no papel dos srs. Délio Duarte, João Bosco Vasconcelos, Antônio Issa Kassab (*in memoriam*) e Marcus Cruz.

Por fim, agradeço pelos valorosos ensinamentos de humanidade, ética e profissionalismo, a Sofia, Izabel e Fernando, e pelo companheirismo, afeto e guarida a todos momentos da Tatiana.

## RESUMO

Existe uma interação entre os assentamentos urbanos e os efeitos de inundações, naturais ou artificiais, que se torna intensa conforme a população urbana aumenta nas migrações rurais da segunda metade do séc. XX no Brasil. Segundo o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR), a preocupação com os impactos deve ser aumentada pois inundações são a maior e mais frequente causa de prejuízos no mundo, respondendo sozinha por 30% de todos os danos financeiros. Há diversas oportunidades para melhorias na compreensão e no detalhamento dos processos que geram danos e este estudo tem como objetivo geral construir e avaliar as limitações do uso de curvas de dano por inundação (CDI).

A abordagem em pauta relaciona as características hidrológicas e hidráulicas com diferentes tipos de consequências econômicas, permitindo então que se estabeleça o dano potencial relacionado à magnitude e probabilidade de ocorrência inundações. A quantificação dos danos parte do entendimento do desempenho dos materiais de construção submersos. Entretanto, a ocorrência dos eventos severos é imprevisível e sua observação complexa, prejudicando levantamentos empíricos *a posteriori* das avarias. Por outro lado, a síntese do conhecimento dos mecanismos de dano e experimentação laboratorial permitem formular as hipóteses para levantamentos sintéticos *a priori* das avarias. Apesar de exigir generalizações e grande empenho para obter a base de dados suficientemente detalhada, esta abordagem logra o benefício de não depender da ocorrência de inundações reais. Soma-se a isto o fato de que a interpretação de diferentes tipologias de imóveis permite transferir as CDI a diferentes locais ou a diferentes períodos, independentemente das catástrofes de um evento de inundação real.

O objetivo desta pesquisa é construir uma CDI pela abordagem sintética e avaliar as limitações do seu uso, além de formar um banco de dados que possa ser replicado e formular hipóteses sobre como o dano se aplaca sobre os materiais. Para isto, foram desenvolvidas categorizações de imóveis segundo suas características construtivas, análise de vulnerabilidade e de exposição. Esta última, dependente de modelos hidrológicos e hidráulicos, é buscada através de uma estimativa das profundidades provocadas por uma inundação hipotética em Itajubá-MG, onde trabalhos regressos avaliaram parâmetros hidráulicos e danos. As CDI obtidas confirmam e medem o incremento na proporção de danos aos imóveis conforme a submersão e permitem a construção de um modelo de danos comparado aos de outras curvas disponíveis na literatura.

**Palavras-chave:** Exposição, Habitação, Impacto, Inundação, Risco, Vulnerabilidade.

## ABSTRACT

The interaction between urban settlements and the effects of floods, from natural or artificial sources, is relatable and became an issue as the urban population increased by the rural migrations of the second half of the XXth century in Brazil. According to the United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR), concerns about impacts should be increased because floods are the largest and most frequent cause of damage in the world, accounting alone for 30% of all financial damage. There are several improvement opportunities in the awareness and detailing in those process that generate damage and this study aims to evaluate the construction and limitations of the use of flood damage curves (FDC).

The approach under discussion relates hydrological and hydraulic characteristics with different types of economic consequences, thus allowing the potential damage related to the magnitude and probability of floods to occur. The quantification of damages starts from understanding the performance of submerged building fabric. However, the occurrence of severe events is unpredictable, and their observation is complex, impairing empirical surveys *a posteriori* of the breakdown. On the other hand, the synthesis of data on the mechanisms of damage and laboratory experimentation allows us to formulate the hypotheses for synthetic *a priori* of the breakdowns. Although the generalizations and great commitment to obtain the sufficiently detailed database, this approach achieves the benefit of not relying on the occurrence of actual floods. On top of that is the fact that the interpretation of different kinds of real state allows the FDC to be transferred from different locations or from different periods, along with the autonomy on an actual flood event.

The aim of this research is to build an FDC by the synthetic approach and evaluate the limitations of its use, establishing a database that can be replicated and proposing hypotheses about how the damage is watered-down on the materials. For this, categorizations of properties were developed according to their constructive characteristics, vulnerability and exposure analysis. The latter, dependent on hydrological and hydraulic models, is sought through an estimate of the depths caused by a hypothetical flood in the city of Itajubá, state of Minas Gerais, where former works evaluated hydraulic parameters and damages. The FDC obtained confirms and gauges an increase in the proportion of damage to properties according to its submersion and allows the construction of a flood damage model akin to other curves from the literature.

**Keywords:** Exposure, Flood, Hazard, Real State, Risk, Vulnerability

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> - Composição do risco. Fonte: Adaptado de Crichton (1999) e USACE (2017).....	19
<b>Figura 3.2</b> - Interrelação entre as curvas utilizadas em uma análise de riscos. Fonte: Adaptado de Penning-Rowsell e Chatterton, 1977.....	21
<b>Figura 3.3</b> - Representação genérica da relação de danos a imóveis e seu conteúdo – Fonte: Jonkman <i>et al.</i> , 2008.....	21
<b>Figura 3.4</b> - Descrição de níveis de análise necessários para a estimativa de danos globais. Fonte: adaptado de Torterotot (2000).....	24
<b>Figura 3.5</b> - Análise topológica dos parâmetros de desenvolvimento de curvas cota x dano. Fonte: adaptado de USACE, 1996.....	25
<b>Figura 3.6</b> - Comparação do perfil de curvas Dano relativo vs. profundidade. Fonte: (1) Ding <i>et al.</i> , 2008; (2) Wagenaar <i>et al.</i> , 2016.....	31
<b>Figura 3.7</b> - Países que desenvolveram estudos de danos de inundações. ....	35
<b>Figura 3.8</b> - Infiltração inferior (AA') a uma taxa $u$ , e vaporização lateral (BB') a uma taxa $e$ , com absorção total de $U=b.u$ e evaporação total de $E=e.h$ . Fonte: Hall e Hoff (2007).....	42
<b>Figura 3.9</b> - Infiltração inferior (AA') a uma taxa $u$ , e vaporização lateral (BB') a uma taxa $e$ , com absorção total de $U=b.u$ e evaporação total de $E=e.h$ . Fonte: Hall e Hoff (2007).....	42
<b>Figura 3.10</b> - Infestação em madeira por <i>Serpula lacrymans</i> . Fonte: CILA, 2018. ....	43
<b>Figura 4.1</b> - Análise topológica para a construção de uma CDI.....	48
<b>Figura 4.2</b> - Divisão política dos estados brasileiros – destaque para a área de validade da base de informações da pesquisa. Fonte: ANA, 2012.....	49
<b>Figura 4.3</b> - Trecho da Ficha Técnica do Projeto – FTP correspondente ao tipo B, demonstrando as informações associadas ao imóvel e seu enquadramento na NBR 12721:2006. Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019b. ....	54
<b>Figura 4.4</b> - Trecho do RCCF correspondente ao tipo B, demonstrando as informações associadas a um item construtivo – destaque para um exemplo de código. Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019c. ....	55
<b>Figura 4.5</b> - Trecho da PCI.817.01 - Custo de Composições - Sintético – destaque para o exemplo de código e sua origem de preço. Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019d. ....	57
<b>Figura 4.6</b> - Trecho da PCI.818.01 - custos de composições – analítico – destaques para um exemplo de código de composição e outro código para o componente de interesse. Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019e. ....	57
<b>Figura 4.7</b> - ETI de materiais componentes dos itens orçados no PCI do SINAPI – destaque para o código do componente de interesse. Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019.....	59
<b>Figura 4.8</b> - Aspecto dos revestimentos de piso após inundação em novembro de 2010 – Av. Tereza Cristina, Belo Horizonte - MG.....	60
<b>Figura 4.9</b> - Aspecto dos revestimentos cerâmicos e louça sanitária após inundação em novembro de 2010 – Av. Tereza Cristina, Belo Horizonte - MG.....	61
<b>Figura 4.10</b> – Aspecto dos revestimentos cerâmicos e louça sanitária após inundação em 2008 – Bairro Bom Jesus, Viçosa - MG. ....	62
<b>Figura 4.11</b> - Aspecto dos materiais de madeira e desempenho dos marcos e esquadrias após inundação em 2008 – Bairro Bom Jesus, Viçosa - MG.....	62
<b>Figura 4.12</b> - Análise topológica da utilização de Curvas de Danos por Inundações (CDI).....	64

<b>Figura 4.13</b> - Atlas de vulnerabilidade a inundações em Minas Gerais. Fonte: ANA, 2012. ....	65
<b>Figura 4.14</b> - Destaque da área de interesse da pesquisa. Fonte: Adaptado de ANA, 2012. ....	66
<b>Figura 4.15</b> - Percurso do Rio Sapucaí na área urbana de Itajubá-MG. Destaques nas áreas centrais próximas ao Parque de Exposições (A) e Igreja de Nossa Senhora da Soledade (B). Fonte: Google-Maxxar, 2018. ....	67
<b>Figura 4.16</b> - Aspecto da calha principal do Rio Sapucaí em área rural (acima) e área urbana (abaixo). – visita técnica realizada em 26/12/2019. ....	68
<b>Figura 4.17</b> - Áreas de interface entre a cidade de Itajubá-MG e o Rio Sapucaí. Percurso próximo ao Mercado Municipal (esquerda) e percurso próximo à igreja matriz (direita). – visita técnica realizada em 01/05/2019. ....	68
<b>Figura 4.18</b> - Delimitação das bacias à montante da cidade de Itajubá-MG através de geoprocessamento pelo <i>software</i> QGis. ....	70
<b>Figura 4.19</b> - Localização da estação 61271000. Fonte: Hidroweb, 2020. ....	71
<b>Figura 4.20</b> - Vazão de referência em 27/05/2019 avaliada sobre a curva chave da estação 61271000. ....	72
<b>Figura 4.21</b> - Extensão da série de vazões concisas com vazões calculadas entre os anos 2014 e 2019, no intervalo de validade da curva de descarga. ....	72
<b>Figura 4.22</b> - Magnitude das vazões máximas anuais. ....	73
<b>Figura 4.23</b> - Apresentação das distribuições de probabilidades qualificadas pelo sistema de pós processamento do SEAF. ....	74
<b>Figura 4.24</b> - Apresentação gráfica das distribuições de probabilidades recomendadas com melhor intervalo de confiança. ....	74
<b>Figura 4.25</b> - Ilustração tridimensional dos limites da área urbana de interesse para a topografia – destaque para o exutório na direção do escoamento. ....	75
<b>Figura 4.26</b> - Curvas de nível que definem as elevações do MDT. ....	76
<b>Figura 4.27</b> - Superfície tridimensional representativa do terreno. ....	76
<b>Figura 4.28</b> - Superfície geograficamente referenciada. ....	77
<b>Figura 4.29</b> - Variação das elevações da cota de fundo do canal (ordenadas) ao longo do comprimento do canal (ordenadas), em metros. ....	78
<b>Figura 4.30</b> - Detalhe do intervalo A-B: a distribuição das curvas de nível na superfície do município não contempla a batimetria do canal. ....	78
<b>Figura 4.31</b> - Seções de 30 m típicas entre as margens do Rio Sapucaí não contemplaram a profundidade real do canal entre suas margens. ....	79
<b>Figura 4.32</b> - Sequência de pontos registrados pelo levantamento do perfil transversal (acima) e a linha batimétrica resultante da sua interpolação (abaixo). ....	79
<b>Figura 4.33</b> - Seções antes (acima) e após (abaixo) interpolar a batimetria entre as margens do Rio Sapucaí. ....	80
<b>Figura 4.34</b> - Detalhe do intervalo A-B: a distribuição das curvas de nível na superfície do município está conformada à batimetria do canal. ....	81
<b>Figura 4.35</b> - Malha gerada para a modelagem bidimensional com destaque para o limite superior da condição de contorno – hidrograma afluente. ....	82
<b>Figura 4.36</b> - Área destacada da Figura 4.35 demonstrando a alteração da malha nos limites da geometria de ao longo do leito do rio por uma <i>break line</i> . ....	82
<b>Figura 4.37</b> - Exemplo de CDI para imóvel de padrão baixo em quatro projetos típicos nos critérios da Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro - EMOP. Danos em termos de prejuízo relativo (%). Fonte: Salgado (1995). ....	86
<b>Figura 4.38</b> - CDI relativos para em quatro classes sociais relacionadas por Machado (2005) para Itajubá-MG. ....	86

<b>Figura 5.1</b> - Demonstração da montagem de um inventário através da consulta ao banco de dados para um tipo de imóvel genérico.....	90
<b>Figura 5.2</b> - Desempenho dos macroitens encontrados no imóvel tipo B em relação à profundidade da inundação projetada na seção lateral da vedação de um imóvel em alvenaria estrutural.....	94
<b>Figura 5.3</b> - Formação do perfil das CDI através do somatório das curvas de desempenho dos macroitens para imóveis do tipo A, M e B, em relação à profundidade da inundação projetada na seção lateral da vedação de um imóvel em alvenaria estrutural.....	95
<b>Figura 5.4</b> - Vazões estimadas para vários tempos de retorno. ....	96
<b>Figura 5.5</b> - Superfície total da mancha de inundação - TR 2 anos.....	97
<b>Figura 5.6</b> - Destaque da mancha de inundação no intervalo A-B - TR 2 anos. ....	97
<b>Figura 5.7</b> - Superfície total da mancha de inundação - TR 10 anos.....	98
<b>Figura 5.8</b> - Destaque da mancha de inundação no intervalo A-B - TR 10 anos. ....	98
<b>Figura 5.9</b> - Superfície total da mancha de inundação - TR 25 anos.....	99
<b>Figura 5.10</b> - Destaque da mancha de inundação no intervalo A-B - TR 25 anos. ....	99
<b>Figura 5.11</b> - Superfície total da mancha de inundação - TR 50 anos.....	100
<b>Figura 5.12</b> - Destaque da mancha de inundação no intervalo A-B - TR 50 anos. ....	100
<b>Figura 5.13</b> - Superfície total da mancha de inundação - TR 100 anos.....	101
<b>Figura 5.14</b> - Destaque da mancha de inundação no intervalo A-B - TR 100 anos. ....	101
<b>Figura 5.15</b> - Superfície total da mancha de inundação - TR 500 anos.....	102
<b>Figura 5.16</b> - Destaque da mancha de inundação no intervalo A-B - TR 500 anos. ....	102
<b>Figura 5.17</b> - Detalhe das profundidades de inundação no intervalo A-B - TR 500 anos. ....	103
<b>Figura 5.18</b> - Área urbana qualificada para a construção da CDI na sede de Itajubá. ....	104
<b>Figura 5.19</b> - Área residencial qualificada para a construção da CDI na área urbana. ....	105
<b>Figura 5.20</b> - Bairros qualificados para a aplicação da CDI na área residencial.....	105
<b>Figura 5.21</b> - Imóveis utilizados no estudo de desempenho da CDI.....	107
<b>Figura 5.22</b> - Relação entre as CDI disponíveis na literatura em cada tipo de imóvel. ....	109
<b>Figura 5.23</b> - Relação entre cada tipo de imóvel em cada CDI disponível na literatura. ....	109
<b>Figura 5.24</b> - Curva dos danos esperados para cada probabilidade.....	114
<b>Figura 6.1</b> - Mancha de inundação para TR 100 anos obtida pelo uso do <i>software</i> Spring. Fonte: Moni Silva (2006). ....	117
<b>Figura 6.2</b> - Mancha de inundação para TR 100 anos obtida pelo uso dos <i>softwares</i> Idrisi e HEC-RAS (unidimensional). Fonte: Machado (2005). ....	117
<b>Figura 6.3</b> - Leiaute de implantação dos imóveis mais numerosos na avaliação obtida por Machado (2005) – esquerda; e neste trabalho - direita.....	118
<b>Figura A.1</b> - Hidrograma de vazão afluente (esquerda) e Cotagrama (direita) do período entre 2015 e 2019. ....	153
<b>Figura B.1</b> – Dados disponíveis SINAPI.....	162
<b>Figura B.2</b> – Memorial descritivo resumido das especificações mínimas de imóveis em programas habitacionais. Fonte: CAIXA (2010). ....	168
<b>Figura B.3</b> – Trecho da Ficha Técnica do Projeto 12077, correspondente ao padrão CR-1-4Q, demonstrando as informações associadas ao imóvel e seu enquadramento na NBR 12721:2006. Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019. ....	171
<b>Figura B.4</b> - Trecho da Ficha Técnica do Projeto 9664, correspondente ao padrão CR-1-3Q, demonstrando as informações associadas ao imóvel e seu enquadramento na NBR 12721:2006. Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019. ....	172
<b>Figura B.5</b> - Representação em corte do CP.1-2Q. Fonte: SINAPI (2019). ....	224

<b>Figura B.6</b> - Representação em planta das áreas do CP.1-2Q. ....	225
<b>Figura B.7</b> - Representação em planta do leiaute do CP.1-2Q. ....	226
<b>Figura B.8</b> - Representação em planta do sistema de esgotamento do CP.1-2Q. ....	227
<b>Figura B.9</b> - Representação em corte CP.1-2Q e fundações. ....	228

---

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.1</b> - Sequência metodológica para elaboração de curvas de danos. Fonte: USACE, 1996. ....	25
<b>Tabela 3.2</b> - Fontes de incertezas para a construção de curvas de danos. Fonte: USACE, 1996. ....	27
<b>Tabela 3.3</b> - Mecanismos de formação de danos e sua relevância (Messner <i>et al.</i> (2007)). ....	30
<b>Tabela 3.4</b> - Estudos de danos (adaptado de Apel <i>et al.</i> , 2009; Merz <i>et al.</i> , 2010, Eleutério, 2012; Jongman <i>et al.</i> , 2012; Olesen <i>et al.</i> , 2012; Gerl <i>et al.</i> , 2016, Huizinga <i>et al.</i> , 2017). ....	32
<b>Tabela 3.5</b> - Informações gerais da estrutura. ....	40
<b>Tabela 3.6</b> - Sumário de elementos susceptíveis identificados no Reino Unido e aplicáveis em imóveis previstos pela ABNT. Fonte: Penning-RowSELL e Chatterton, 1977. ....	44
<b>Tabela 3.7</b> - Sumário de elementos vulneráveis identificados nos EUA e aplicáveis em imóveis previstos em NBR. Fonte: USACE, 2006. ....	45
<b>Tabela 3.8</b> - Sumário de elementos da análise de susceptibilidade. ....	46
<b>Tabela 4.1</b> - Sumário de projetos SINAPI. Fonte: IBGE, 2019b. ....	50
<b>Tabela 4.2</b> - Referências dos tipos de imóveis para cada CDI. ....	52
<b>Tabela 4.3</b> - Especificação de imóvel qualificado no PMCMV-II com macroitens compatíveis ao de uma UH nas mesmas especificações da CP.1-2Q. ....	58
<b>Tabela 5.1</b> - Dano relativo de cada macroitem do imóvel tipo B (CP.1-2Q), estimado para cada profundidade. ....	91
<b>Tabela 5.2</b> - Dano relativo de cada macroitem do imóvel tipo M (CP.1-3Q), estimado para cada profundidade. ....	92
<b>Tabela 5.3</b> - Dano relativo de cada macroitem do imóvel tipo A (CP.1-4Q), estimado para cada profundidade. ....	93
<b>Tabela 5.4</b> - Tempos de Retorno da simulação do hidrograma afluente. ....	96
<b>Tabela 5.5</b> - Profundidades de submersão - (m). ....	106
<b>Tabela 5.6</b> - Dano calculado - (%). ....	107
<b>Tabela 5.7</b> - Comparação dos danos esperados para cada profundidade de submersão hipotética. ....	110
<b>Tabela 5.8</b> - Dano médio sobre a amostra - (%). ....	111
<b>Tabela 5.9</b> - Proporção de imóveis distribuídos nos bairros simulados. ....	111
<b>Tabela 5.10</b> - Número de imóveis afetados pelas inundações simuladas. ....	112
<b>Tabela 5.11</b> - Soma dos danos esperados para cada probabilidade nos bairros avaliados. ....	112
<b>Tabela 5.12</b> - Soma dos danos esperados para cada probabilidade nos bairros avaliados, usando a CDI apresentada por Salgado (1995). ....	113
<b>Tabela 5.13</b> - Soma dos danos esperados para cada probabilidade nos bairros avaliados, usando a CDI apresentada por Machado (2005). ....	113
<b>Tabela 5.14</b> - CMA obtido para a mesma área com diferentes CDI. ....	114
<b>Tabela A.1</b> - Levantamento da presença de imóveis residenciais unifamiliares típicos nos bairros avaliados. Fonte: Após visita técnica, registros do <i>Google Street View</i> ....	139
<b>Tabela A.2</b> - Insumos da formação de peso dos macroitens. ....	147
<b>Tabela A.3</b> - Custo dos danos por bairro atingido ....	161
<b>Tabela B.1</b> - Descrição dos tipos de imóveis normatizados em 2020. Fonte: IBGE, 2019. ....	164

<b>Tabela B.2</b> - Comparação entre bancos de dados disponíveis. Fonte: Adaptado de Sinduscon 2019.....	169
<b>Tabela B.3</b> - RCCF do padrão CR-1-4Q. Fonte: CAIXA, 2019. ....	173
<b>Tabela B.4</b> - RCCF do padrão CR-1-3Q: Fonte: CAIXA, 2019. ....	190
<b>Tabela B.5</b> - RCCF do padrão CP.1-2Q: Fonte: CAIXA, 2019.....	211

---

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANA	Agência Nacional de Águas
ASTER	<i>Advance Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer</i>
BDI	Bonificação de Despesas Indiretas
CAIXA	Caixa Econômica Federal
CDI	Curva de Danos por Inundações
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres
CMA	Custo Médio Anual
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CSVR	<i>Content-to-Structure Value Ratios</i>
ETI	Especificação Técnica de Insumo
FDC	<i>Flood Damage Curve</i>
FIA	<i>Flood Impact Analysis</i>
FTP	Ficha técnica de projeto
HEC	<i>Hydrologic Engineering Center</i>
HMS	<i>Hydrologic Modeling System</i>
MCTI	Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação
MDT	Modelo Digital de Terreno
PCI	Pesquisas de Custo e Índices
PR	Projeto Referencial
RAS	<i>River Analysis System</i>
RCCF	Relatório de Custos por Característica Física
RT	Referência Técnica de projeto
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SEPED	Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento
TIPO B	Casa Térrea Padrão Baixo Tipo 13105
TIPO M	Casa Térrea Padrão Médio Tipo 9664
TIPO A	Casa Térrea Padrão Alto Tipo 12077
UH	Unidade Habitacional
USACE	<i>United States Army Corps of Engineers</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
3.1	Análises de risco e estimativa de danos .....	18
3.2	Desenvolvimento de curvas de danos por inundações .....	22
3.2.1	<i>Método tradicional</i> .....	25
3.2.2	<i>Opinião de especialistas</i> .....	28
3.2.3	<i>Procedimentos com dados limitados</i> .....	28
3.3	Sumário das curvas de danos por inundação disponíveis na literatura .....	28
3.3.1	<i>Curva de danos sintética de referência</i> .....	38
3.3.2	<i>Curva de danos empírica de referência</i> .....	38
3.4	Parâmetro de susceptibilidade .....	39
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>47</b>
4.1	Construção da curva de danos .....	47
4.1.1	<i>Análise da base de informações</i> .....	49
4.1.2	<i>Definição dos tipos de habitação</i> .....	51
4.1.3	<i>Análise da vulnerabilidade - susceptibilidade</i> .....	59
4.2	Avaliação das curvas de danos por inundação .....	63
4.2.1	<i>Estudo de caso</i> .....	65
4.2.2	<i>Análise da ameaça</i> .....	69
4.2.3	<i>Análise de vulnerabilidade - exposição e performance</i> .....	83
4.2.4	<i>Análise de vulnerabilidade - consequências</i> .....	84
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>89</b>
5.1	Construção da curva de danos .....	89
5.2	Avaliação da curva de danos .....	96
5.2.1	<i>Mapeamento das inundações</i> .....	96
5.2.2	<i>Mapeamento de danos</i> .....	104
<b>6</b>	<b>ABRANGÊNCIAS E LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....</b>	<b>115</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>122</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>126</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>139</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>162</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Assentamentos urbanos encontram-se tipicamente situados próximos aos locais de abundância ou disponibilidade hídrica e, conseqüentemente, em áreas próximas às planícies de inundação. Segundo o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN (CEMADEN, 2016), com o crescimento da população e ampliação desordenada das cidades, tem sido observado um aumento progressivo da intensidade e alcance dos eventos de inundação, assim como seu impacto. Isto posto, resta ainda se observar a impermeabilização dos solos, falta de infraestrutura e o desmatamento ciliar, atingindo áreas vulneráveis onde os eventos hidrológicos constituem uma ameaça de desastre para a população. Estes danos provocados por inundações são a maior e mais frequente causa de prejuízos no mundo, respondendo sozinhas por 30% de todos os danos financeiros relacionados a desastres (UNDRR, 2015).

Consultando um histórico recente, um evento climático de grande magnitude resultou em deslizamentos de terra e inundações na Região Serrana Fluminense em 2011, onde cerca de 35 mil pessoas foram diretamente afetadas, sendo 9.000 desabrigados, mais o dobro de desalojados além de 917 vítimas fatais. O custo da recuperação regional foi inteiramente absorvido pelos órgãos do Estado e proprietários ao custo estimado de 3,4 bilhões de reais (SWISS RE, 2011).

Os prejuízos de inundações se mantêm em alta em vários países e isto pode estar ocorrendo, dentre outros fatores, como consequência de uma percepção limitada de segurança. Isto quer dizer que os efeitos danosos de inundações são cotidianos e percebidos, mesmo que de forma indireta, pela sociedade, mas a origem dos eventos não (Englhardt *et al.*, 2019).

A evolução das avaliações de risco vem sendo definida por diretrizes ou leis, a exemplo do Protocolo de Ação Integrada entre o CEMADEN, Agência Nacional de Águas – ANA, Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento - SEPED/MCTI, Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (BRASIL, 2013). Nesta perspectiva de planejamento e gestão do risco, a análise prospectiva de danos é um elemento fundamental, mundialmente reconhecido e amplamente empregado por meio da aplicação de curvas de danos potenciais, subsidiando a avaliação de elementos vulneráveis, o mapeamento de risco, análises custo-benefício e avaliações de impactos econômicos ou financeiros na busca por um custo global da catástrofe (Merz *et al.*, 2010, Eleutério, 2012, Torterotot, 2016).

Seja de origem natural ou tecnológica, as consequências de inundações<sup>1</sup> podem ser devastadoras e a principal maneira de se estimar sua grandeza é pelo desenvolvimento de modelos. Embora a ocorrência de inundações tenha forte correlação com o desempenho de obras hidráulicas nas bacias, são mais numerosos os eventos produzidos em condições de chuvas de grande magnitude (ICOLD, 2012).

Diante deste cenário, o aprimoramento da gestão de riscos permite compreender quais são os danos e a quem eles incidem. Este esclarecimento é fundamental para balizar decisões em infraestrutura, planejamento urbanístico e de salvamento. A metodologia clássica consiste na aplicação de curvas de danos que correlacionam mapeamento das vulnerabilidades e da ameaça (privilegiando as práticas orientadas pelo UN-SPIDER (2020) para uso do HEC-RAS).

Há diversas oportunidades para a ampliação do conhecimento e detalhamento dos processos que geram danos, incluindo a precisão na determinação dos valores de objetos expostos, compreensão detalhada dos padrões de danos por patologias e melhoria da classificação de elementos em risco. A atualização e ou construção de curvas de danos mais precisas aparece como o ponto fundamental para possibilitar avaliações econômicas mais fidedignas. Entretanto, há uma escassez de curvas de danos construídas em contexto nacional, o que ressalta uma forte perspectiva de pesquisa sobre o tema. Se, por um lado, comercialmente há serventia no estudo de danos sob seguros ou garantias hipotecárias, academicamente há maior utilidade em avaliações detalhadas dos mecanismos de dano econômico, apesar do certo grau de generalização necessário na abordagem sintética (Jongman *et al.*, 2012) e esta escolha se fundamenta tanto pelo utilitarismo em políticas habitacionais quanto pelo senso comunitário.

Desta forma, através do exame da literatura disponível, este trabalho busca compreender quais são as etapas que abarcam o risco das inundações em áreas urbanas e como ocorrem os danos diretos às residências. Estas análises culminam na necessidade de se obter uma relação de danos para cada magnitude de evento, ou seja, uma curva de danos por inundação. Ao explorar as etapas do conhecimento e percorrer a metodologia, são apresentados insumos para análises de riscos para várias regiões através da transferência das curvas para outros contextos, ou mesmo para construção de novas, sendo indicadas as facilidades e limitações.

---

<sup>1</sup> A definição da inundação adotada neste trabalho considera o extravasamento da vazão para fora da calha secundária durante eventos com enchentes, conforme Miguez *et al.* (2018) página 33.

## 2 OBJETIVOS

Pode-se refletir que diante dos prejuízos globais causados pelas inundações há um paradigma sobre o papel das habitações pois, se por um lado formam a maior parcela de valores perdidos, por outro ainda não contam com o esclarecimento pleno de seus componentes. Isto ocorre por serem propriedades individuais que refletem características ambientais, técnicas e sociais muito heterogêneas no território por meio da ocupação superficial do solo. Este trabalho surge das necessidades de desenvolver este conhecimento e compreender os componentes do risco.

Desta forma, o objetivo geral desta pesquisa é construir e avaliar curvas de danos residenciais para imóveis representativos em Minas Gerais, elaboradas com informações obtidas *a priori*, sem relação com um evento específico, que apresentem a correlação entre variáveis hidráulicas mais relevantes e avarias diretas, tangíveis e primárias, com valores monetários/econômicos denotados em termos percentuais e potenciais.

Adicionalmente, este trabalho busca aprofundar o tema examinando os objetivos específicos:

- Formação de um banco de dados com quantidades e valores discriminados para cada insumo ou material de construção habitacional que seja representativo em Minas Gerais;
- Proposição de uma relação de desempenho dos materiais de construção submersos;
- Execução de modelos hidrológicos, hidráulicos e de vulnerabilidade e uso de suas funcionalidades para avaliar, em um estudo de caso com cenários hipotéticos, o comportamento uma curva de danos e compará-la com as curvas disponíveis na literatura.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

A ocorrência de inundações pode ter origem tecnológica ou natural, sendo esta segunda a mais ampla, em relação à abrangência das áreas que ocorre, e têm origem em fenômenos casuais como o regime das marés, degelo e precipitações. A noção de risco muitas vezes está ligada diretamente à probabilidade de ocorrência do evento, mas a literatura demonstra que o conceito envolve ao menos dois aspectos: a ameaça do evento e a vulnerabilidade do objeto. Assim, Merz *et al.* (2010) definem que o risco é o dano esperado, com certa probabilidade, em algum período. Portanto, entre os processos naturais, o fenômeno de inundação é considerado como risco somente se elementos com valor para a sociedade estiverem expostos (Eleutério, 2012).

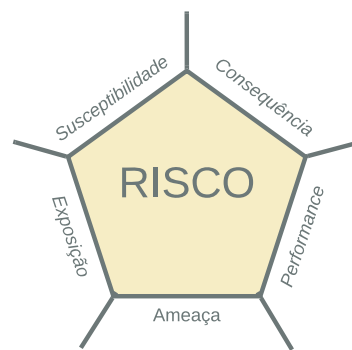
#### 3.1 **Análises de risco e estimativa de danos**

A análise dos riscos prospectivos relacionados às inundações é constituída por várias etapas com pesos diferentes, a depender das magnitudes (Merz *et al.*, 2010). Uma metodologia clássica está presente no Glossário de Defesa Civil brasileiro e consiste na relação de probabilidades e consequências (Miguez *et al.*, 2018), o que também pode ser representado na construção de dois pilares: o mapeamento das áreas inundáveis (ameaça) e da presença de objetos importantes (vulnerabilidade), relacionando-se através de mecanismos hidráulicos e a quantidade de valor atingido (Eleutério, 2012). Se esta relação puder ser medida, ou modelada, as coordenadas formam uma Curvas de Dano por Inundação - CDI (em inglês: *Flood Damage Curve* – FDC).

O mapeamento da ameaça busca caracterizar origem de elemento danoso e é feito a partir de estudos hidrológicos e hidráulicos. Os produtos são buscados para compreender a resposta de um curso d'água às precipitações ou à operação de reservatórios, partindo de métodos diretos (com bacia instrumentada ou sensoriamento remoto) ou indiretos (hidrograma unitário, modelo chuva-vazão, método racional ou hidrometeorológico). A abordagem depende da situação topográfica da planície de inundação, suas rugosidades, obstruções e da batimetria do curso d'água, e permitem modelar o comportamento do escoamento dentro e fora da calha principal.

Já o mapeamento da vulnerabilidade conta com estudos geográficos para permitir o estudo da ocupação e das características da planície de inundação. Quando, adicionalmente, conta com trabalhos de campo, é possível caracterizar e classificar os objetos, segmentando a análise da vulnerabilidade em duas análises mais específicas: a de exposição (sobre o quê e a quem incide a ameaça) e de susceptibilidade (como sofre a ameaça) (Eleutério, 2012).

Esta compreensão dos fatores associados à gestão a riscos foi se aperfeiçoando com o passar dos anos para descrever melhor cada etapa, sobretudo em relação às análises necessárias para o mapeamento da vulnerabilidade. Uma abordagem ampla e tradicional do conceito de risco diz que sua composição pode ser descrita pelo triângulo de Crichton, composto por três elementos: a ameaça, exposição e susceptibilidade (Crishton, 1999). Com o desenvolvimento do tema, o *United States Army Corps of Engineers - USACE* (2017) propôs uma nova descrição da vulnerabilidade, subdividindo-a em: análise da performance (defesas e sistema de drenagem) e análise das consequências (extensão e quanto sofre da ameaça), conforme ilustra a Figura 3.1.



**Figura 3.1** - Composição do risco. Fonte: Adaptado de Crichton (1999) e USACE (2017).

Através da avaliação destes elementos pode-se compreender quais são os componentes mais relevantes de um risco existente, ou avaliar o desempenho de um risco hipotético. Do ponto de vista dos recursos hídricos, a análise de riscos pode produzir uma relação entre prejuízo e probabilidade (ou tempo de retorno) relacionada a eventos extremos de estiagem ou inundações.

Para este último, a tradução do risco a imóveis passa pela relação entre Ameaça (curva chave e curva de probabilidade de vazões) e Vulnerabilidade, notadamente pela Exposição, revelada pelo levantamento das dimensões e valores dos objetos, cujas coordenadas têm origem na CDI.

A curva chave pode ser obtida por uma avaliação hidráulica aplicada a um trecho de curso d'água natural ou artificial, enquanto o estudo da probabilidade de vazões é um produto da avaliação hidrológica aplicada à bacia ou ao litoral. Estes dois temas são previstos como conteúdos curriculares da área de Recursos Hídricos. Por outro lado, para obter a CDI é necessário incorporar conhecimentos de Geografia Urbana, Construção Civil e Microeconomia.

Conseqüentemente, do ponto de vista de conhecimentos teóricos e multidisciplinariedade, espera-se maior complexidade na construção desta última curva. De forma similar aos estudos hidrológicos e hidráulicos, sua aplicação só é possível em uma área de análise, mas não limitada ao nível de bacia hidrográfica e sim a um território onde haja objetos semelhantes.

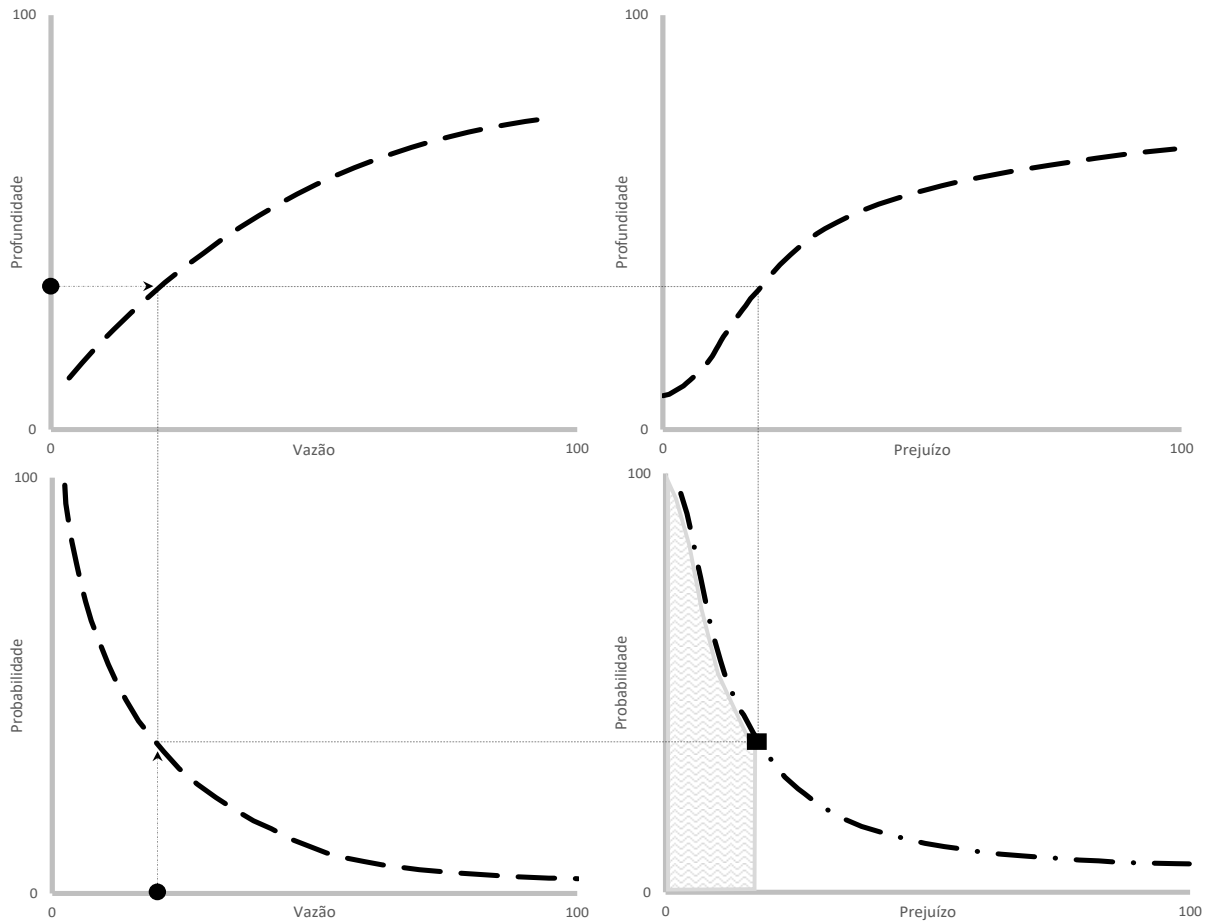
Isto ocorre, pois, a curva que os reflete pode não ser representativa para regiões onde as propriedades construtivas e posicionamento dos objetos são diferentes, ou mesmo pois as mesmas profundidades prejudicam os objetos de forma diferentes a depender da inundação.

Com base nessas etapas e auxílio das CDI, é possível calcular custos esperados para eventos com magnitudes variadas, associadas a diferentes probabilidades por meio dos estudos hidrológicos e hidráulicos. Assim, pode-se então obter a definição de risco (consequências x probabilidades) materiais para uma região. Após o estabelecimento dos parâmetros das curvas, o que se obtém é um cenário estático de expectativa de prejuízos. Entretanto, a alteração de qualquer componente da bacia, vazão (Q), nível (H), prejuízo (\$) e probabilidade (%), gera uma alteração nesta perspectiva de prejuízos esperados.

Como o favorecimento das condições de escoamento ou da transformação chuva-vazão podem não ser factíveis a nível de bacias urbanas, esta alteração pode ser provocada pelo refinamento da análise dos danos aos objetos. Para isto, o estudo da relação probabilidade vs. prejuízo depende do cadastro dos bens imóveis vulneráveis e da estimativa de seus valores. Com este banco de dados, pode-se apontar a probabilidade de ocorrência de um prejuízo e, por meio da integração da curva resultante, o Custo Médio Anual – CMA de danos esperados.

Esta informação permite tanto avaliar a tomada de decisões coletivas para o manejo de bacias e políticas públicas de urbanismo, quanto individuais para a escolha de leiaute de imóveis e de terrenos, instalação de proteções individuais e tomada de crédito. Pairando entre estes dois níveis, a informação de probabilidade de prejuízo é crucial para a decisão de investimentos e o estudo da estimativa de prêmios de seguros (a nível local ou nacional), conforme o modelo escolhido e o nível de exposição à severidade das mudanças climáticas (Crichton, 2008).

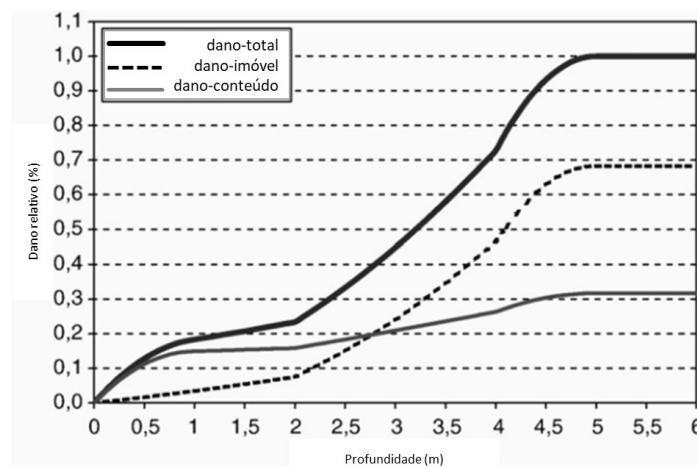
A Figura 3.2 ilustra o clássico diagrama em quatro partes que sumariza a inter-relação entre hidrologia, hidráulica, estatística e economia. Em um cenário onde se conheça a curva profundidade-prejuízo, aqui chamada CDI, é possível estimar a relação probabilidade-prejuízo (traço-ponto). A partir de uma cota de inundação ou vazão conhecidas (círculos), é possível buscar uma probabilidade de prejuízo, ou, alternativamente, dos benefícios da prevenção das inundações relacionadas ao evento catastrófico (quadrado). As consequências da alteração das curvas de profundidade-prejuízo (e.g.: materiais resilientes), profundidade-vazão (e.g.: alteração da calha fluvial) ou probabilidade-vazão (e.g.: reservatório de amortecimento) modifica área sob o gráfico probabilidade-prejuízo. Isto corresponde à redução ou aumento dos prejuízos anuais acumulados nos eventos relacionados até o limite daquela probabilidade.



**Figura 3.2** - Interrelação entre as curvas utilizadas em uma análise de riscos.

Fonte: Adaptado de Penning-Rowse e Chatterton, 1977.

Para permitir a ampliação dos conhecimentos de riscos através dos fatores que influem na curva profundidade-prejuízo, o desenvolvimento deste trabalho consultou uma extensa literatura, nacional e estrangeira, para estabelecer parâmetros de desenvolvimento de novas CDI. De forma genérica, esta relação representa o comportamento dos bens sob uma inundação em termos de profundidade vs. dano, apresentado em termos relativos, como ilustra a Figura 3.3.



**Figura 3.3** - Representação genérica da relação de danos a imóveis e seu conteúdo –

Fonte: Jonkman *et al.*, 2008.

### 3.2 **Desenvolvimento de curvas de danos por inundações**

As CDI podem ser elaboradas de forma a representar danos potenciais a elementos individuais (McBean *et al.*, 1988) ou a conjuntos de elementos expostos a inundações (Dutta *et al.* 2003). Para isto, dados podem ser compilados por custos diretos de construção (White, 1964, Appelbaum, 1985, Salgado, 1995), avaliações de sinistros (Righetto *et al.* 2007, Crichton, 2008, Graciosa, 2010, SWISS RE, 2011) ou pela elaboração de curvas de danos (Huizinga *et al.*, 2017, Olesen *et al.*, 2017).

O produto esperado deve permitir, então, que se estabeleça o dano potencial (custo) relacionado à ocorrência de parâmetros hidráulicos e características do bem ou conjunto de bens expostos no mesmo tempo e espaço.

De forma genérica, Thieken *et al.* (2008) colocam que dois fatores principais podem influenciar a formação de danos: resistências e impactos. Cada fator pode ser mais ou menos influente conforme as características relacionadas aos bens expostos ao risco e as características próprias da inundação (Kreibich e Dimitrova, 2010). Segundo Messner *et al.* (2007), o primeiro fator está ligado aos materiais de construção (Dale *et al.*, 2004, ), tipo e existência ou não de alerta (USACE, 1994) e vivência de experiências anteriores por parte dos impactados (Smith, 1994); enquanto o segundo é uma consequência de aspectos hidráulicos como duração (Torterotot 1993, Hall e Wolf, 2011, Jonov, 2012), presença de contaminantes (Proverbs e Soetanto, 2004 e Pretenthaler *et al.*, 2010), velocidade (Black, 1975; Dale *et al.*, 2004, Kreibich *et al.*, 2009 e Middelman-Fernandes, 2010) e profundidade (Penning-Rowell *et al.*, 2005, FEMA 2018 e Englhardt *et al.*, 2019). Uma previsão realista dos danos esperados deve então ser relacionada a estes fatores e suas consequências, que podem ocorrer devido à: eflorescências de sal, deformação do revestimento, manchas, perda de suporte estrutural, infestação de pragas e odores (Naumann *et al.*, 2009), erosão, infiltração ou pressão hidrostática (Torterotot, 1993).

As curvas de danos também podem diferir no que concerne a forma como quantifica os danos (custo monetário), podendo representá-los em termos absolutos (perda direta de valor monetário do bem) ou relativos (depreciação percentual do valor do bem exposto) (Kreibich *et al.*, 2009). Quando expressa de forma relativa, a curva é mais facilmente transponível a outros contextos e épocas, com suas devidas atualizações (Zevenbergen, 2008, Apel *et al.*, 2009, Bubeck *et al.*, 2011, Jongman *et al.*, 2012, Huizinga *et al.*, 2017 e Olesen *et al.*, 2017).

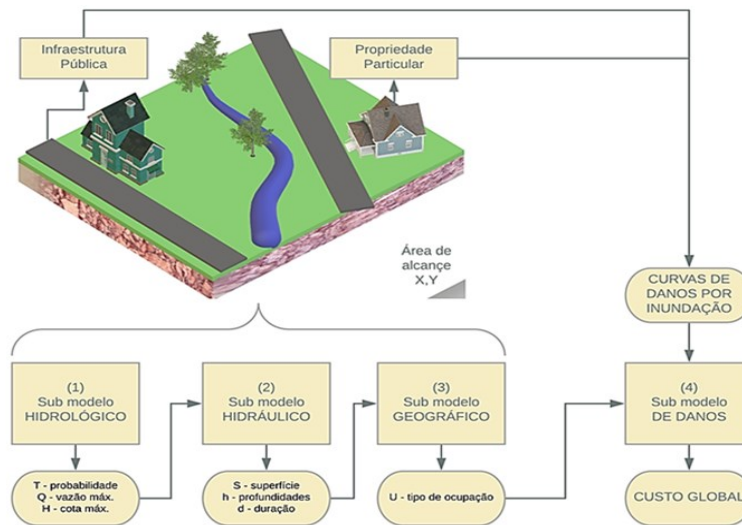
Entretanto, a precisão das informações esperada nos produtos é que define o nível de detalhe necessário para conduzir a tomada de dados e formar um banco de dados com as características dos imóveis (Englhardt *et al.*, 2019), o que pode ser buscado por meio de questionários, levantamentos censitários ou mapeamento.

Finalmente, segundo Merz *et al.* (2010), a construção dessas curvas pode ser realizada através de duas metodologias clássicas: a) empiricamente, ou b) de forma sintética. Os resultados obtidos podem ser muito similares e o critério de escolha da melhor abordagem depende do conjunto de informações disponíveis, banco de dados, quantidade de recursos e, principalmente, se houve um evento catastrófico em um passado recente do qual haja informações abundantes.

- a) As curvas empíricas são baseadas em dados de danos registrados em inundações que já ocorreram, mas onde entrevistas e levantamentos de campo ainda possam ser realizados (Torterotot, 1993, Machado, 2005). Os fatores que limitam sua precisão se relacionam à dificuldade de se conduzir levantamentos após catástrofes, além das características inerentes às imprecisões na aplicação de questionários, notórios por subestimar danos (Penning-Rowell e Chatterton, 1977 pág. 5). Esta abordagem exige ainda a extrapolação dos parâmetros hidráulicos para profundidades diferentes que não foram observadas. Logo, caso a avaliação reúna dados de inundações em residências genéricas ou sem informação precisa de endereço, é importante saber ponderar o valor de face (ou peso) destes imóveis antes de se obter uma média ponderada dos seus danos. Segundo Messner *et al.* (2007), este é um processo que não pode ser obtido em levantamentos de campo somente e para entregar médias ponderadas nas categorias construtivas corretas (ou classes sociais da população residente), a característica exata de cada imóvel deve ser buscada. Logo, mesmo para as pesquisas e levantamentos de campo, a consulta a inventários ou dados públicos de imóveis é importante para formar categorias e ponderar os valores de materiais.
- b) As curvas sintéticas são desenvolvidas de forma prospectiva, seja por meio da síntese do conhecimento dos mecanismos de dano ou experimentação laboratorial (Parisi, 2008, Romali *et al.*, 2015). Apesar de exigirem grande esforço ou recursos para obtenção de base de dados suficientemente detalhadas, podem apresentar maior compatibilidade na transferência em diferentes locais por não dependerem de um evento em particular.

Segundo Merz *et al.* (2010), para a abordagem de danos sintéticos relativos, objeto de interesse desta dissertação, devem ser seguidos pelo menos três passos: análise de exposição, classificação dos objetos e análise de susceptibilidade.

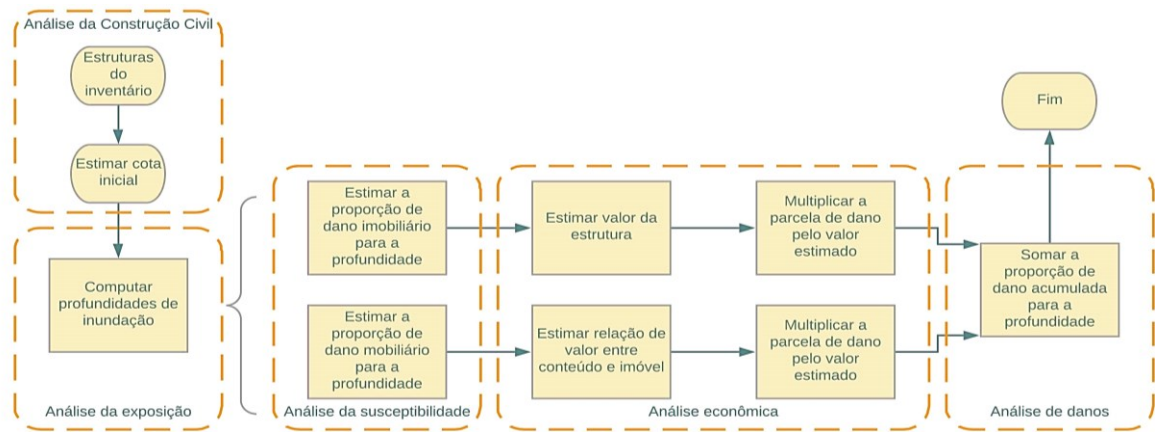
De forma complementar e abrangendo as etapas de estudos dos recursos hídricos, pode-se detalhar estas etapas conforme ilustra a Figura 3.4 ao relacionar o papel dos modelos hidrológico (1) e hidráulico (2) na análise de exposição, o geográfico (3) necessário para balizar a categorização de objetos, e o econômico (4) onde se obtém o valor da susceptibilidade.



**Figura 3.4** - Descrição de níveis de análise necessários para a estimativa de danos globais. Fonte: adaptado de Torterotot (2000).

Através de consulta sistemática ao parecer de experts, Pening-Rowse e Chatterton (1977) propõem um respeitável modelo de danos que relaciona dezenas de tipos de imóveis por material de construção, leiaute e idade. Embora esta metodologia seja de difícil reprodução pela falta das instituições dedicadas à formação destes especialistas, esta obra é de grande valia por demonstrar a extensão de detalhes necessários para avaliar e descrever cada edificação.

Em um cenário ideal, busca-se desenvolver estudos e ferramentas de aplicação do conhecimento em modelos de danos representativos em um país continental, como o Brasil, e muito urbanizado, com o objetivo de orientar as avaliações de desastres. Como referência da literatura técnica, a USACE definiu uma política de avaliação de riscos ER 1105-2-101 (USACE, 2017) que, buscando alinhar os critérios de susceptibilidade, baseando-se no estudo EM 110-2-1619 (USACE, 1996), incluiu conceitos gerais para a obtenção de funções dano. Com estes parâmetros, um procedimento para se construir curvas cota x dano, considerando incertezas, pôde ser desenvolvido, como ilustra Figura 3.5, orientando a construção de novas CDI nos estados americanos em que o órgão atua.



**Figura 3.5** - Análise topológica dos parâmetros de desenvolvimento de curvas cota x dano. Fonte: adaptado de USACE, 1996

USACE (1996) orienta, qualitativamente, os principais aspectos encontrados no histórico de avaliações de inundações nos EUA, sendo três as abordagens principais: Método Tradicional, Opinião de Especialistas e Procedimentos com Dados Limitados. Posteriormente, o USACE aprimorou ferramentas que agregam a avaliação de incertezas em simulação de vários cenários simultâneos (inclui método de Monte Carlo) e apresenta o HEC-FIA (*Flood Impact Analysis*). Lehman *et al.* (2014) apresentam um estudo deste *software* levando em conta danos curvas de danos sintéticas exigidas no guia legal ER 1105-2-100 (última atualização: USACE, 2019) mas incorporando danos indiretos na perda de capital e de tempo de trabalho.

### 3.2.1 Método tradicional

Segundo uma abordagem tradicional, a curva cota x dano deve ser uma declaração sumarizada do custo provocado por uma inundação em um trecho de curso d'água. Para se obter estas informações na forma de curvas ou funções de danos, deve-se seguir a orientação apresentada em oito passos na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** - Sequência metodológica para elaboração de curvas de danos. Fonte: USACE, 1996.

Passo	Tarefa
1	Identificação de objetos por uso e tipo de construção
2	Estabelecer o formato básico dos imóveis com cota de contato com a água
3	Estabelecer o valor total do objeto
4	Estimativa do valor dos conteúdos

**Tabela 3.1** - Sequência metodológica para elaboração de curvas de danos.  
Fonte: USACE, 1996.

Passo	Tarefa
5	Estimar o dano da estrutura a cada profundidade em relação ao passo 3
6	Estimar o dano do conteúdo a cada profundidade em relação ao passo 4
7	Relacionar a profundidade inicial à cota do estudo em relação ao passo 2
8	Agregar o dano estimado de todas estruturas, por categoria, a cota de inundação comuns

Nota: embora o objetivo da USACE (1996) seja o de avaliar imóveis residenciais, ferramentas são apresentadas para a avaliação de imóveis comerciais, rurais, industriais e equipamentos urbanos.

A categorização dos imóveis (passo 1) segue diretriz proposta por USACE (1992) e a definição do valor do objeto pode ser obtida por várias abordagens para cumprir o passo 3. USACE (1995) apresenta as principais abordagens que podem ser adotadas, conforme a disponibilidade de recursos e esforço de captação das informações.

Para o passo 5, cada tipo de imóvel nas categorias indicadas no passo 1 tem sua previsão de dano formada com respeito às suas características e eventual aplicabilidade de equações de danos quando disponíveis (uma revisão de equações será apresentada adiante). Para relacionar o conteúdo dos imóveis (passo 6), USACE (2006) apresenta um estudo elaborado por painel de especialistas que resulta no *Content-To-Structure Value Ratios – CSVR*, com o objetivo de instruir a formação de custos relativos aos móveis e veículos ao valor total do imóvel.

A profundidade final é então verificada (passo 7) para se estabelecer a cota a partir da qual o valor de danos deixa de tornar o imóvel irrecuperável financeiramente (ou quando dispositivos contratuais de hipotecas e seguros devem ser acionados). O valor de dano ligado a cada variável hidráulica (passos 5 e 6) deve ser relacionado ao valor global do imóvel (USACE, 2003), obtendo-se a relação percentual de dano para cada elevação.

Por fim, os valores de itens semelhantes devem ser agregados (passo 8) para permitir a interpretação de dados sobre as partes com maior e menor susceptibilidade a danos e possibilitam estudos de mitigação ou reconstrução. De forma complementar, podem ser consideradas as incertezas no desenvolvimento de funções e a referência em tela as apresenta a partir de:

- Medição das elevações que provocam danos iniciais;

- A porcentagem de dano relativo a cada profundidade;
- O valor dos elementos sob análise e a proporção em relação ao valor total do imóvel.

Com estas considerações, uma função de danos pode ser desenvolvida com o procedimento ilustrado na Tabela 3.2. A descrição de incertezas pode ser incluída na amostragem de dano anual esperado e probabilidade de excedência anual.

**Tabela 3.2** - Fontes de incertezas para a construção de curvas de danos.  
Fonte: USACE, 1996.

Parâmetro	Fonte de incerteza
Número de estruturas em cada categoria	Erros na identificação e classificação das estruturas
Elevação do primeiro piso	Erros no levantamento topográfico ou leitura de leiautes
Valor depreciado de substituição	Erros no levantamento de valores imobiliários, sensibilidade do mercado e tomada de preços viciada pela região do endereço
Função profundidade x dano estrutural	Erros em levantamentos pós inundação e de mecanismos de danos que não estão relacionados com o nível da água
Depreciação do valor do conteúdo	Erros do valor do inventário ou do tempo de uso
Função profundidade x dano do conteúdo	Erros na consideração do desempenho do elemento frente à submersão ou quanto ao tempo de alerta antes do evento

As incertezas mais acentuadas são relacionadas a pequenas elevações e, conseqüentemente, eventos de cheia menores, o que exige mais validações e prejudica o estudo de medidas *ex ante* (Wagenaar *et al.*, 2016). Segundo Eleutério (2012), há três níveis de incertezas que podem ser correlacionados a funções de danos:

- Incerteza intrínseca à construção das funções de dano;
- A relação apropriada entre a curva escolhida e o contexto de aplicação;
- A absorção de hipóteses feitas em funções de dano existentes.

Destaca-se no último ponto que são raros os estudos que explicitam as abordagens importadas e adaptadas (tema explorado nos trabalhos de Huizinga *et al.*, 2017 e Olesen *et al.*, 2018). No caso das curvas sintéticas, objeto deste trabalho, há subjetividades intrínsecas na relação dos bancos de dados e a quantificação da incerteza global raramente acompanha os limites de erros nas estimativas.

Para permitir avaliações computacionais, USACE oferece ferramentas inclusas no HEC-FIA que permitem delimitar a extensão das incertezas. Um levantamento do desempenho do *software* foi apresentado por Pádua e Campos (2017) ao usar dados de uma curva de danos disponível para avaliar a extensão de danos de uma inundação em Belo Horizonte - MG.

### 3.2.2 Opinião de especialistas

Apesar das capacidades do método tradicional, há imóveis incomuns ou onde o valor dos conteúdos e equipamentos é muito significativo em relação ao da construção. Somente nestes casos, funções podem ser levantadas *a posteriori* da ocorrência do dano ou *a priori*, através de consulta a experts e avaliadores. O dano então pode ser inferido diretamente para várias elevações, sem a necessidade de relacionar a porcentagem de dano por profundidade. Apesar desta orientação, o estudo de Guabiroba (2015) buscou a formação de um painel de especialistas para avaliar uma metodologia de medição dos danos. Entretanto, esta abordagem se mostrou ineficaz e muitos dos mecanismos de danos e a análise de susceptibilidade não foram definidos.

### 3.2.3 Procedimentos com dados limitados

Em muitos estudos, dados não serão abundantes em um formato apropriado mesmo para a avaliação de incertezas e o custo de novos levantamentos pode não ser justificável. Nestes casos, deve-se procurar fontes de incertezas presumíveis em:

- A função de dano é mais sensível a erros da cota de inundação inicial;
- O erro do valor do dano não é igualmente distribuído em torno do valor médio, sobretudo para baixas elevações pois não pode haver danos negativos;
- A dispersão de erros em torno da média é minorada conforme há aumento da profundidade e os efeitos da susceptibilidade convergem para situações mais severas.

Segundo Wagenaar *et al.* (2016) a limitação de dados traz problemas de confiabilidade dos resultados e torna a transferência de um evento a outro muito sensível a erros, mas a abordagem sintética elaborada *a priori* soluciona muitos destes problemas.

## 3.3 Sumário das curvas de danos por inundação disponíveis na literatura

Apesar da busca recorrente por medidas de proteção e entendimento de fenômenos severos, foi somente no fim da primeira metade do séc. XX que White (1942) apontou, com base em eventos ocorridos em Polucah (Kentucky, EUA), que a profundidade seria o fator mais relevante para se determinar perdas relacionadas a inundações. Em seguida, o mesmo autor (White, 1964)

desenvolve as primeiras funções profundidade-dano empíricas, baseadas em dados de eventos históricos ocorridos nos EUA e validados em La Folette (Tennessee, EUA).

Posteriormente, BCEOM (1970, *apud* Torterotot 1993) e Penning-Rowell e Chatterton (1977) também apresentaram, respectivamente, na França e Reino Unido, relações empíricas e sintéticas validadas por BLC (1997, *apud* Hubert e Ledoux 1999) e Green *et al.* (1994), ambas considerando a profundidade como parâmetro hidráulico mais relevante na apuração de danos. Paralelamente, Black (1975) avaliou a influência da velocidade na formação de danos em habitações rurais dos EUA, estudo que foi posteriormente revisado e validado por Dale *et al.* (2004). Conforme novos recursos computacionais enriqueceram a formação de bancos de dados, Debo (1982) e Appelbaum (1985) nos EUA, McBean *et al.* (1988) no Canadá, Ericksen (1986, 1988) na Austrália e Nova Zelândia e CERGRENE (1985, *apud* Hubert e Ledoux 1999) na França introduziram a possibilidade de avaliações para profundidades hipotéticas pela extrapolação das curvas existentes em seus países, para profundidades não observadas até então.

Além dos estudos com dados oficiais, alguns autores passam a se aprofundar para além de bases de dados governamentais e Torterotot (1993) passa a incorporar valores levantados em entrevistas específicas realizadas nas cidades de Saintes, Beziers, Serignan, Macon, Lagny-sur-Marne, Esbly, Poitiers e Chatellerault (França) para essa finalidade. USACE (1994) incorporou valores de seguros da *Flood Insurance Administration* (FIA) em comunidades da Virgínia, Kentucky, Pensilvânia e Texas. Green *et al.* (1994) no Reino Unido e Smith (1994) na África do Sul estudaram o uso de fontes de dados obtidas em outros contextos e informações do setor de construção civil para avaliar danos nas mesmas categorias dos objetos expostos, método que viria a ser validado, com a introdução de análise espacial GIS, por Dutta *et al.* (2003) no Japão.

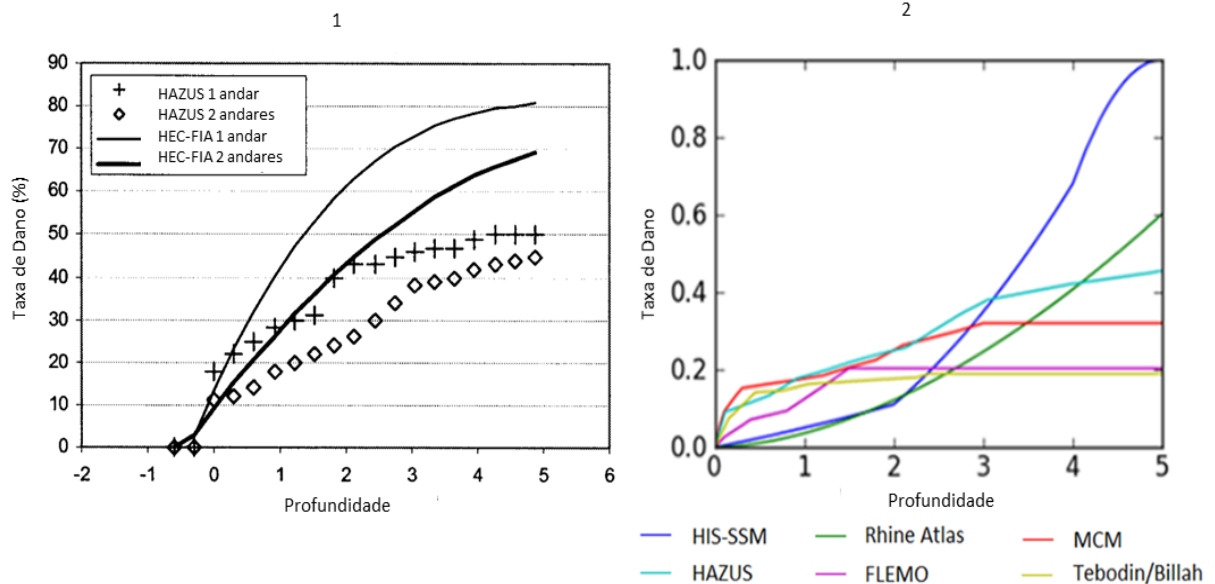
Com base nas experiências no Reino Unido, Penning-Rowell *et al.* (2005) apresentaram o *Multi Coloured Manual* (MCM) que compila curvas sintéticas e empíricas, indicando metodologias para classificação de objetos em função dos tipos de material de construção, idade do bem, classes sociais etc. De forma semelhante, SCAWTHORN *et al.* (2006) apresentaram uma síntese das experiências nos EUA, introduzindo o modelo de danos HAZUS-MH. Outros modelos empíricos foram construídos na Alemanha e Messner *et al.* (2007), Thielen *et al.* (2008) e Kreibich *et al.* (2009) apresentaram curvas de danos residenciais a partir de dados observados em inundações do início dos anos 2000 na Alemanha, introduzindo o *Flood Loss Estimation Model* para danos globais, para imóveis privados e para a presença de poluentes (nomeados FLEMO, FLEMO<sub>ps</sub> e FLEMO<sup>+</sup>, respectivamente).

As experiências seguintes foram beneficiadas pela disseminação dos conhecimentos na metodologia de formação de bancos de dados (Baró-Suarez *et al.*, 2011, Zelenáková *et al.* 2017, Hisamatsu *et al.*, 2019), interpretação de funções importadas (Jongman *et al.*, 2012, Olesen *et al.*, 2012, Pistrika, *et al.*, 2014, Hasanzadeh Nafari *et al.*, 2017, Huizinga *et al.*, 2017) e estudos de mecanismos de formação de danos complementares (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3** - Mecanismos de formação de danos e sua relevância.  
Fonte: Messner *et al.* (2007).

<b>Mecanismo</b>	<b>Relevância</b>
Profundidade	Provoca pressões, infiltrações e contato, tendo grande influência na estimativa de dano
Área	Determina a quantidade de elementos afetados quando são igualmente distribuídos
Duração	Influencia no dano aos materiais de construção
Velocidade	Quando são elevadas provocam impactos e erosões
Taxa de subida	Representa a velocidade em que as águas sobem e determina nas medidas de defesa
Época do ano	Influência em como as áreas são ocupadas, especialmente onde há vegetação
Contaminantes	A depender da carga de contaminantes pode inutilizar os bens

Uma compilação de informações geográficas e socioeconômicas de acesso público dos EUA passou a ser integrada a modelos hidráulicos e hidrológicos para a quantificação de danos através dos programas HAZUS e HEC-FIA, pela FEMA e USACE, respectivamente. De forma semelhante, conforme alguns países europeus passaram a montar seus bancos de dados, novas curvas puderam ser desenvolvidas. A Figura 3.6 ilustra como é que se comporta o trajeto de cada curva para estudos de caso semelhantes e permite afirmar que o nível de detalhes e representatividade dos inventários (caso de imóveis de diferentes países) pode justificar a necessidade de revisão da metodologia de desenvolvimento para uma nova curva.



**Figura 3.6** - Comparação do perfil de curvas Dano relativo vs. profundidade.

Fonte: (1) Ding *et al.*, 2008; (2) Wagenaar *et al.*, 2016.

Segundo os experimentos de Ding *et al.* (2008), a interação do HAZUS com a modelagem hidráulica pode ser ineficaz para apontar com fidelidade a variação de profundidades e apresenta valores minorados de danos em relação ao HEC-FDA (*Flood Damage Reduction Analysis* – posteriormente incorporando todo o hidrograma de cheias no HEC-FIA (*Flood Impact Analysis*)), mesmo este incorporando as mesmas bases de dados de seguros “ponderadas por credibilidade” do avaliador.

Já no Brasil, Salgado (1995) apresenta modelo de danos por área em Duque de Caxias - RJ em termos absolutos e consonante ao custo unitário básico (CUB) da construção civil, posteriormente atualizado e reavaliado no Rio de Janeiro – RJ (Nagen, 2008) e em Nova Iguaçu-RJ (Pessina, 2014). Além destes, Lima (2003) levantou danos urbanos causados após inundação do rio Sapucaí em janeiro de 2000 através de entrevistas em Itajubá -MG, e Machado (2005) relacionou estas informações com dados censitários, formando curvas de danos de diferentes classes sociais. Embora de origem estatística, estas curvas foram transferidas em para avaliação de danos em Belo Horizonte - MG (Pádua e Campos, 2017). Nesta mesma cidade, Jonov (2012) avaliou e orçou projetos de recuperação em domicílios recém inundados em um estudo de alternativas de proteção habitacional individuais. Em um estudo sobre danos em áreas urbanas, Cançado (2009) amplia o contexto de análise das relações sociais e econômicas afetadas pelas inundações. Embora o trabalho tenha absorvido as constatações de susceptibilidade a danos domiciliares de outros autores, novos aspectos de danos pela perturbação dos fluxos de renda e de tráfego foram integrados através de um protótipo de modelagem de impactos para Belo Horizonte - MG.

Uma revisão mais detalhada do papel destes autores pode ser mais bem explorada em Almeida e Eleutério (2019) e a Tabela 3.4 apresenta uma síntese das principais curvas de danos potenciais para o setor habitacional disponíveis na literatura nacional e internacional, separando-as pelo nome da curva ou modelo, método de construção da curva, forma de quantificação de danos, as variáveis de impacto hidráulico, a principal referência disponível na literatura e os países onde houve seu desenvolvimento.

**Tabela 3.4** - Estudos de danos (adaptado de Apel *et al.*, 2009; Merz *et al.*, 2010, Eleutério, 2012; Jongman *et al.*, 2012; Olesen *et al.*, 2012; Gerl *et al.*, 2016, Huizinga *et al.*, 2017).

País	Curva ou modelo	Método	Valor de prejuízo	Variáveis	Referência
África do Sul	Vaal River	Empírico	Absoluto	H	Smith e Vilioen, 1981
	TEWA	Sintético	Absoluto	H	de Villiers <i>et al.</i> , 2007
Alemanha	MURL	Empírico	Relativo	H	Murl, 2000
	HYDROTEC	Empírico	Relativo	H	Hydrotec, 2001
	Rhine Atlas	Sintético e empírico	Relativo	H	Icpr, 2001
	Saxônia	Empírico e sintético	Relativo	H	Lfug, 2005
	FLEMO <sub>ps</sub> <sup>+</sup>	Empírico	Relativo	H, c <sup>2</sup> , v	Kreibich <i>et al.</i> , 2009
Austrália	RAM	Sintético e empírico	Absoluto	a	NRE, 2000
	Anuflood	Sintético	Absoluto	H	Middelma-Fernandes, 2010
	Geoscience Australia	Sintético	Relativo	H	Geoscience Australia, 2012
	FLF <sub>au</sub>	Sintético	Relativo	H, h	Hasanzadeh Nafari <i>et al.</i> 2016
Áustria	Dürnkrut	Empírico	Absoluto	H, c <sup>3</sup>	Prettenthaler <i>et al.</i> , 2010
Bangladesh	ADB	Sintético	Relativo	H	ADB, 2010

<sup>2</sup> Contaminação por poluição difusa na água

<sup>3</sup> Contaminação sobrenadante por óleos radiadores do sistema de calefação residencial

**Tabela 3.4** - Estudos de danos (adaptado de Apel *et al.*, 2009; Merz *et al.*, 2010, Eleutério, 2012; Jongman *et al.*, 2012; Olesen *et al.*, 2012; Gerl *et al.*, 2016, Huizinga *et al.*, 2017).

País	Curva ou modelo	Método	Valor de prejuízo	Variáveis	Referência
Bélgica	Flemish Model	Sintético	Relativo	H	Klijn <i>et al.</i> , 2007
Brasil	Rio Sapucaí	Empírico	Absoluto	H	Machado, 2005
	Duque de Caxias	Sintético	Absoluto	a	Salgado, 1995
Canadá	Ontario	Empírico	Absoluto	H	McBean <i>et al.</i> 2018
Coréia do Sul	MD-FDA	Sintético e empírico	Absoluto	H	Choi <i>et al.</i> , 2006
Estados Unidos	Georgia	Sintético	Relativo	H	Debo, 1982
	Baltimore	Sintético	Relativo	H	Appelbaum, 1985
	FIA <sup>4</sup>	Empírico	Relativo	H	Usace, 1994
	HAZUS	Sintético e empírico	Relativo	H, v, c <sup>5</sup>	FEMA, 2018
Europa	JRC	Sintético e empírico	Relativo	H	Huizinga, 2017
França	CIFLYPEDE	Empírico	Absoluto	H, t	Torterotot, 1993
Grécia	Moschato	Sintético	Relativo	H	Pistrika, <i>et al.</i> , 2014
Holanda	Tebodin	Sintético	Relativo	H	Sluijs <i>et al.</i> , 2000
	HIS-SSM	Sintético	Relativo	H, v	Delft Hydraulic, 2003
	Scan Damages	Sintético	Relativo	H	Vanneuille <i>et al.</i> , 2006
Indonésia	Damagescanner	Sintético	Relativo	H	Budiyono <i>et al.</i> , 2015
Iran	Rio Kan	Empírico	Relativo	H	Yazdi e Neyshabouri, 2012
Itália	Palermo	Empírico	Relativo	H	Oliveri e Santoro, 2000

<sup>4</sup> Federal Insurance Administration. Não confundir com HEC-FIA (*Flood Impact Analysis*)

<sup>5</sup> Contaminação por poluição difusa na água

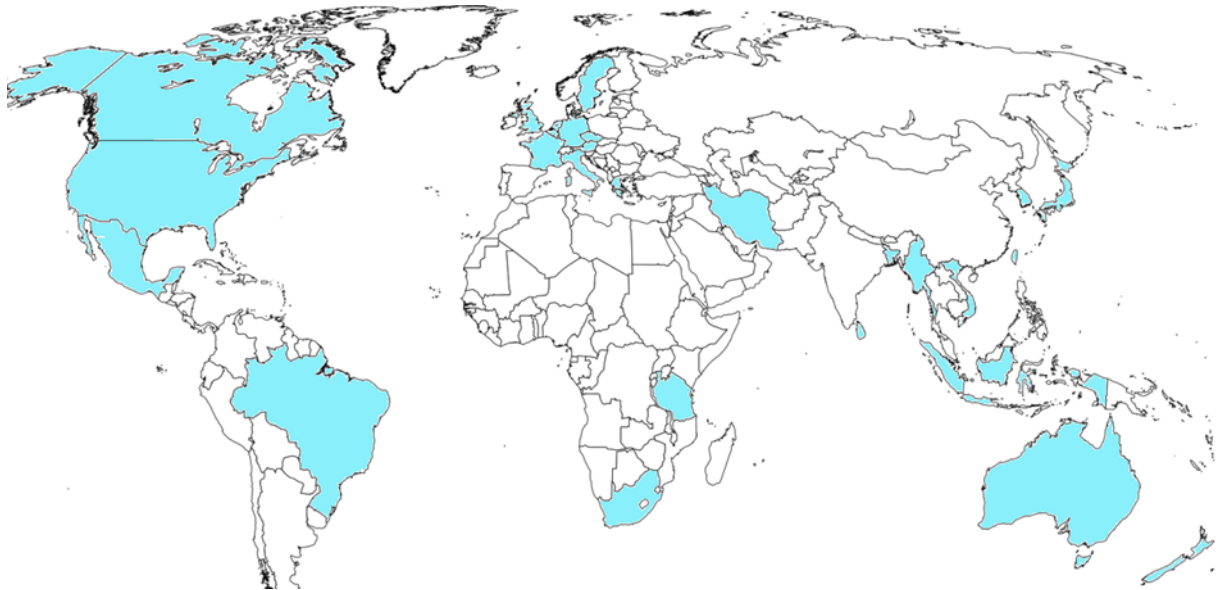
**Tabela 3.4** - Estudos de danos (adaptado de Apel *et al.*, 2009; Merz *et al.*, 2010, Eleutério, 2012; Jongman *et al.*, 2012; Olesen *et al.*, 2012; Gerl *et al.*, 2016, Huizinga *et al.*, 2017).

País	Curva ou modelo	Método	Valor de prejuízo	Variáveis	Referência
	INSYDE	Sintético	Absoluto	H	Dottori <i>et al.</i> , 2016
	FLF <sub>it</sub>	Empírico	Absoluto	H	Hasanzadeh Nafari <i>et al.</i> , 2017
	Sardenha	Empírico	Absoluto	H	Fongia <i>et al.</i> , 2017
Japão	Ichinomiya	Empírico	Relativo	H	Dutta, <i>et al.</i> , 2003
	KKU-SJNK	Sintético	Relativo	H	Kobayashi <i>et al.</i> , 2014
	Kanto-Tohoku	Empírico	Relativo	H	Hisamatsu <i>et al.</i> , 2019
México	Lerma-Chapala	Empírico	Absoluto	H	Baró-Suárez <i>et al.</i> , 2011
Myanmar	Bago	Empírica	Relativo	H	Win <i>et al.</i> , 2018
Nova Zelândia	Anuflood	Sintético	Absoluto	H	Erickssen <i>et al.</i> , 1988
Reino Unido	MCM <sup>6</sup>	Sintético	Absoluto	H, t	Penning-Rowse <i>et al.</i> 2005
República Tcheca	Método Tcheco 3	Sintético	Relativo	H	Zelenáková <i>et al.</i> 2017
Suécia	Vänernand	Empírico	Absoluto	H	Hallegatte <i>et al.</i> , 2008
Sri Lanka	Colombo	Sintético	Relativo	H	Dias <i>et al.</i> 2017
Taiwan	GWR	Sintético e Empírico	Absoluto	H	Chang <i>et al.</i> , 2008
Tanzânia	Msimbazi	Sintético	Absoluto	H	Risi <i>et al.</i> , 2013
Vietnam	Quang Nam	Sintético e Empírico	Relativo	H	Chau <i>et al.</i> , 2015

Nota: as variáveis desta tabela são H = altura do objeto (m); h = profundidade (m); v = velocidade (m/s); a = área do objeto (m<sup>2</sup>); c = presença de contaminantes (constante); t = duração da submersão (horas);

<sup>6</sup> O *Multi Coloured Manual* - MCM é composto, entre outros, pelo *Blue Manual*, também referenciado como *The Benefits of Flood Alleviation* (Penning-Rowse e Chatterton, 1977)

Um panorama dos países onde houve a realização de estudos de danos e a efetiva construção de curvas com dados abertos, permitindo sua avaliação metodológica para habitações urbanas, é ilustrado pelas regiões hachuradas na Figura 3.7.



**Figura 3.7** - Países que desenvolveram estudos de danos de inundações.

Conforme resumidamente revisado, diferentes curvas de danos foram desenvolvidas ao longo das últimas décadas em diferentes regiões do mundo. É possível notar a predominância de estudos em países desenvolvidos onde há observações hidrológicas mais bem instrumentadas, oferta de serviços fiduciários e de seguros, maior renda e menor heterogeneidade dos tipos de imóveis. Isto pode ser manifestado como um reflexo da desigualdade social através do direito ao uso de áreas seguras (valorizadas), planejamento urbano amadurecido ou percepção limitada de segurança.

Estes aspectos se refletem em maior disponibilidade de dados e a definição de um banco de dados útil e confiável é um dos desafios encarados no contexto brasileiro, o que será mais bem explorada neste trabalho em Metodologia.

Conforme houve o desenvolvimento ou evolução de curvas nestes países, outras variáveis hidráulicas passaram a ser analisadas e incorporadas nas análises (e.g. distribuição de velocidades da água). O efeito negativo causado por sua consequência no imóvel pode ser considerado um mecanismo de dano (e.g. rompimento de esquadrias, paredes e painéis).

Proverbs e Soetanto (2004) oferece um panorama das abordagens que permitem avaliar outros mecanismos hidráulicos na formação de danos através de novas funções. Muitas delas são ligadas a variáveis determinísticas observadas pelos efeitos das inundações urbanas e algumas

das já publicadas estão expostas na Equação 3.1 (Dale *et al.* 2004), Equação 3.2 (Kreibich *et al.*, 2009) e Equação 3.3 (Prettenthaler *et al.*, 2010):

$F_f > F_h = \frac{C_d \rho n^2 b h}{2}$	<b>Equação 3.1</b>
$I_{fi} = h \cdot n^2$	<b>Equação 3.2</b>
$D_{total} = d + e + C_{1,0} + h \cdot S_{qm} \cdot D_{1,0}$	<b>Equação 3.3</b>

nas quais:

D = valor das perdas (\$);

d = constante de dano mínimo relacionada aos empecilhos do evento (\$);

$\varepsilon$  = erro denotado por experimentação (%);

C = variável binária que só tem valor em caso de contato de contaminantes;

h = profundidade (m);

$S_{qm}$  = área do imóvel ( $m^2$ );

$F_f$  = força de fricção resultante da diferença entre esforço normal e empuxo (N);

$F_h$  = força horizontal resultante hidrostática e do fluxo da água (N);

$C_d$  = coeficiente de atrito;

$\rho$  = densidade da água ( $kg/m^3$ );

v = velocidade média da água (m/s);

b = largura da maior fachada do imóvel (m);

$I_{fi}$  = índice de força do fluxo ( $m^2/s^2$ ).

Algumas abordagens empíricas ou determinísticas implantam a profundidade nas formulações que refletem as curvas de danos, como exposto na Equação 3.4 (Torterotot, 1993), Equação 3.5 (Hydrotec, 2001), Equação 3.6 (ICPR, 2001), Equação 3.7 (Hasandeh Nafari, 2016) e Equação 3.8 (FEMA, 2018):

$D = \sum_1^n A_n \cdot h + B_n$	<b>Equação 3.4</b>
$D = (27 \cdot \sqrt{h})/100$	<b>Equação 3.5</b>
$D = ((2h^2 + 2h))/100$	<b>Equação 3.6</b>
$D = (h/H)^{(1/r)} \cdot S$	<b>Equação 3.7</b>

$$D = A_n (h). S + C_n. H. M$$

Equação 3.8

nas quais:

$A_n$  = inclinação da curva de dano residencial;

$B_n$  = valor inicial de dano a partir do primeiro acesso da água (\$);

$C_n$  = inclinação da curva de dano de conteúdo;

$D$  = dano resultante (\$);

$H$  = altura da face do objeto (m);

$r$  = uma constante de ajuste à categoria de imóvel;

$S$  = valor total da residência (\$);

$M$  = valor total dos móveis (\$).

Adicionalmente, pode-se obter os danos máximos previstos provocados por todos estes mecanismos de danos como propõe a Equação 3.9 (Jonkman *et al.* 2008):

$$D_i = \sum_1^k \alpha_i (h). n_{k,i}. d_k$$

Equação 3.9

na qual:

$D_i$  = dano máximo no conjunto de imóveis  $i$  (\$);

$\alpha(h)$  = função de dano relativo à variável;

$n$  = número de edificações na categoria  $k$ ;

$d$  = dano máximo na categoria de edificação  $k$  (\$)

Além destas funções representativas de curvas de danos estrangeiras, é possível encontrar funções de danos elaborados em outros contextos, mas cuja análise teórica foge do objetivo deste trabalho, com exceção das curvas nacionais descritas a seguir, que serão objeto de uma análise metodológica mais aprofundada nesse trabalho.

Apesar da inovação e precisão destas funções, é a profundidade hidráulica a componente mais ordinária e que representa o principal mecanismo de dano pois ocorre conforme aumenta a superfície de contato e pressão hidrostática (White, 1942, Appelbaum, 1985, Smith, 1994, Dutta *et al.*, 2003, Machado, 2005, Penning-Rowsell *et al.*, 2005, Vanneuville *et al.*, 2006, Thieken *et al.*, 2008, Merz *et al.*, 2010, Hasanzadeh Nafari 2016 e 2017).

### **3.3.1 Curva de danos sintética de referência**

A pesquisa realizada por Salgado (1995) apresenta a relação de danos por profundidade como etapa de uma avaliação da viabilidade de um projeto de infraestrutura. Este trabalho aponta as dificuldades dos processos de tentativa e erro no desenvolvimento de projetos de drenagem urbana, explicando que para contornar o tempo e recursos da experimentação o ideal seria o desenvolvimento de modelos de avaliação econômica. Entretanto, este tipo de informação não existia na época e sua aplicação esbarrava na indisponibilidade de funções de prejuízos locais.

O autor então apresentou a conciliação de um modelo de escoamento desenvolvido através do *software* HEC2, aplicado a uma bacia urbana de Duque de Caxias – RJ, a um modelo de avaliação econômica. Este segundo modelo considerou os prejuízos variando espacialmente para padrões construtivos do estado do Rio de Janeiro através do banco de dados da construção civil nos critérios da Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro – EMOP.

O modelo foi embasado no desenvolvimento de uma CDI através da fixação de um dano arbitrado pelo autor. Os níveis esperados de danos foram relacionados a grupos de macroitens das composições dos projetos de quatro tipos de imóveis, e a 10 faixas de profundidade separadas por 25 cm ou 50 cm. Como resultado, o autor apresenta CDI sintéticas, apresentadas em termos relativos e que permitem avaliar os projetos de infraestrutura nas condições que existiam. Entretanto, o desempenho dos materiais e das CDI resultantes não foram validados com outras informações da literatura nem avaliados com dados de inundações reais à época. Posteriormente, os resultados foram replicados no Rio de Janeiro-RJ por Nagen (2008).

### **3.3.2 Curva de danos empírica de referência**

O desenvolvimento de metodologia elaborado por Machado (2005) apresenta um roteiro para obter CDI a partir de dados coletados em campo e em paralelo a um evento danoso em particular, o qual também orientou o trabalho de Lima (2003). A amostragem foi representativa para a bacia do rio Sapucaí nas cidades de Itajubá-MG e Santa Rita do Sapucaí-MG, tomando como referência as inundações de janeiro de 2000.

A metodologia utilizada foi aplicada em um estudo de caso da mesma bacia, mas somente para a área urbana de Itajubá-MG. Adicionalmente, foi avaliada a implantação de uma solução estrutural prevista pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, que previa a implantação de um reservatório de amortecimento de cheias. A viabilidade econômica da estrutura foi comprovada através da comparação de custos de danos econômicos evitados.

Assim, a autora apresenta a conciliação de um modelo de escoamento e de danos. O primeiro foi aplicado no Rio Sapucaí a partir de vazões obtidas por um estudo da projetista Golder Associates, com perfil da linha d'água obtido pelo *software* HEC-RAS e limites de inundação pelo *software* Idrisi. O segundo modelo partiu do inventário de danos registrados no banco de dados dos questionários, classificados por tipo de imóvel e classe social, que quando plotados permitiram o ajuste de uma curva logarítmica.

O modelo foi embasado na CDI através da interpolação de danos observados pela autora através dos questionários, representados por funções em quatro classes sociais. A curva apresenta danos em valores absolutos (reais por metro quadrado de construção) e está discretizadas para qualquer nível de profundidade através dos parâmetros da sua equação correspondente.

Por fim, o trabalho promoveu uma comparação com os resultados obtidos por Salgado (1995) através da conversão dos valores absolutos em relativos. Para isto, os danos correspondentes a cinco profundidades foram divididos pelo valor arbitrados para um imóvel de cada classe social.

Entretanto, os resultados da comparação com as curvas sintéticas disponíveis demonstraram grandes diferenças para a maior profundidade (3 m), sendo estimado dano máximo de 13,00% por Machado (2005) e 24,30% por Salgado (1995).

### **3.4 Parâmetro de susceptibilidade**

Para avaliar a susceptibilidade dos objetos e obter um modelo econômico de danos é necessário assumir que em toda avaliação de valores os resultados são dependentes de premissas estabelecidas antes da modelagem. Penning-Rowsell *et al.* (2005) apresenta que o propósito das análises deve direcionar a tomada de dados, separando a interpretação financeira da econômica.

A Tabela 3.5 apresenta uma síntese das abordagens dos valores de uma estrutura. Pode-se acrescentar que a interpretação financeira trata de uma análise compreensiva das despesas totais regionais, enquanto a segunda busca a formação do dano individualizado a objeto individualmente, avaliando seu valor remanescente médio – VRM (em inglês: *average remaining value* – ARV), o que representa a proporção do valor do novo produto no varejo restante após certo período de uso nas condições pré-inundação.

Em suporte ao uso do VRM, ao invés do valor de reposição integral, pode-se consultar a legislação de seguros ou hipotecárias que considera o valor do objeto ou garantia, depreciado ou depreciado no tempo.

**Tabela 3.5 - Informações gerais da estrutura.**

Abordagem	Produto
Financeira	Danos intangíveis, deficiência tributária, perda vs. ganho de áreas comerciais, interrupção de sistemas e serviços públicos e tráfego. Considera o valor equivalente do imóvel fora do momento do sinistro e desconsidera valores hedônicos.
Econômica	Danos relativos diretos e indiretos a cada imóvel relacionados à sua categoria, qualidade e características da inundação. Considera o valor do imóvel no momento do sinistro e considera valores hedônicos.

Nota: segundo Penning-Rowsell *et al.* (2005), as definições de abordagem podem diferir conforme a origem do estudo, sendo distintos mesmo estudos semelhantes para o Reino Unido realizados nas universidades de Dundee e Middlesex;

No contexto dos danos diretos, o valor no momento do sinistro corresponde à depreciação e se refere aos ajustes feitos nos custos estimados do ativo para refletir o valor da sua obsolescência. Este significado é diferente da abordagem financeira ou tributária onde geralmente se relaciona a um meio de despesas. Segundo o *International Valuation Standards Council - IVSC* (2019), a depreciação esperada de bens imóveis segue pelo menos três categorias:

- Obsolescência física, referente a toda perda e deterioração devido a sua idade e uso (e.g. avarias a um piso após uma limpeza pesada);
- Obsolescência funcional, relacionada à perda da capacidade do bem em cumprir sua função (e.g. a perda de uma geladeira após sua submersão);
- Obsolescência externa, conexas a algum evento ou efeito estranho ao objeto (e.g. a perda de um colchão devido à infestação de pragas no quarto).

Neste trabalho serão usados custos de substituição depreciados por obsolescência externa, uma vez que o inventário não contará com questionários ou visitas internas individuais. Esta abordagem apresenta vantagens ao permitir fatores de ajuste na estimativa de custo de reparos considerando mão de obra, componente muito relevante na construção civil mineira.

Os itens relevantes na computação de danos são os que não poderiam ser lavados, montados ou reposicionados em caso de impacto direto. Entretanto, é importante explicar as premissas adotadas para cada item. Primeiramente, entende-se que os itens devem ser apartados em:

- Construtivos: cumpre papel estrutural ou de serviço, revestimentos e aparelhos hidráulicos ou elétricos fixos (ex. torneiras, tomadas);
- Inventário: Móveis, tapeçaria e eletrodomésticos (ex. banheira, ar-condicionado).

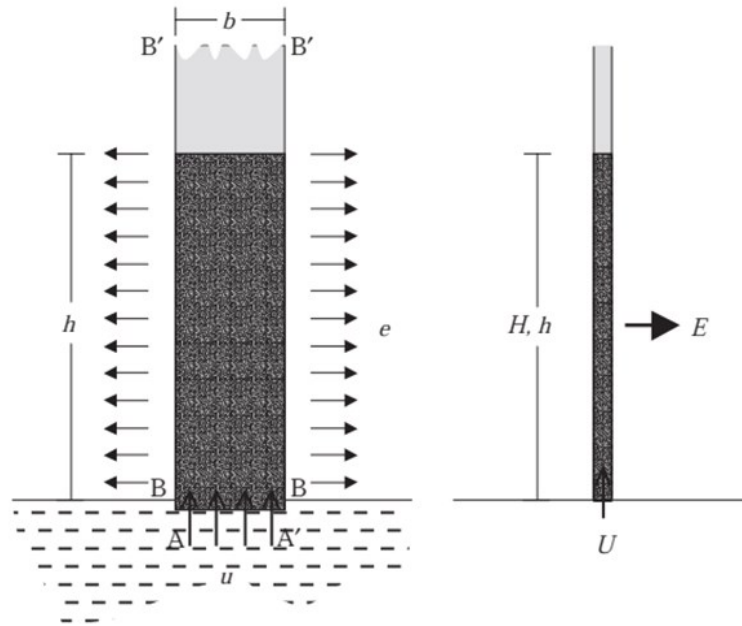
Como o mecanismo de dano majoritário definido pelos autores é o de profundidade e período de submersão, eles recomendam melhor delimitar os grupos submetidos à análise. Se, por um lado a profundidade é medida na casa dos centímetros para a maioria das inundações, as unidades de tempo não contam com a mesma sensibilidade e a duração da submersão pode ser agrupada em dois conjuntos: longa, com mais de 12 h; curta, com menos de 12 h. Além disto, a classificação do dano infligido inclui, sem distinção neste trabalho, quatro categorias sugeridas por Martin (1974, *apud* Penning-RowSELL e Chatterton, 1977):

- Dano imediato: resulta do empuxo ou força lateral;
- Dano consequente: Dano inevitável pelo processo de limpeza;
- Dano pela deterioração da madeira: após o evento itens apodrecem ou são infestados por pragas;
- Dano pela deterioração de cerâmicos e metálicos: após o evento itens são oxidados, erodidos, recalçados e sofrem eflorescência de sais ou fixação de fungos e briófitas.

A relação procurada entre profundidade vs. dano (ou duração vs. dano, quando pertinente) tem uma natureza complexa do comportamento de diversos materiais e seus revestimentos ante a ação da água que atua em todas as categorias simultaneamente. Toma-se como exemplo o comportamento de esquadrias de madeira que apresentam dano por contato imediato, mas cujo revestimento (acrílico ou oleoso) permite tolerar até 0,6 m de profundidade para inundações curtas (Penning-RowSELL e Chatterton, 1977).

Por outro lado, se a duração for curta, mas a velocidade de subida for significativa, a água demora muito para atravessar pelas frestas das esquadrias deixando um nível mais baixo no interior o imóvel em relação ao nível externo. A consequência disto é que o nível de água externo provoca uma resultante hidrostática maior que o nível interno, resultando no empenamento (portas metálicas) ou ruptura (portas de madeira leve ou vidro).

Segundo Hall e Hoff (2007), a dinâmica da capilaridade ignora a gravidade para permitir a ascensão de uma coluna de água vertical e depende do nível de umidade da parede, a sua permeabilidade, sortividade e espessura (Figura 3.8).

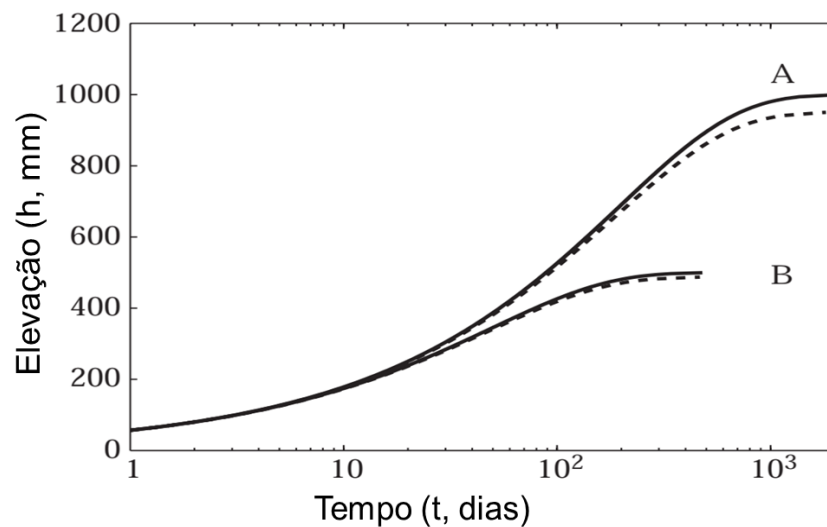


**Figura 3.8** - Infiltração inferior (AA') a uma taxa  $u$ , e vaporização lateral (BB') a uma taxa  $e$ , com absorção total de  $U=b.u$  e evaporação total de  $E=e.h$ .

Fonte: Hall e Hoff (2007).

No processo de limpeza observa-se uma superfície afetada maior que a imediatamente submersa devido ao efeito da capilaridade ascendente. Em alguns materiais, como em gesso de acabamento, este fenômeno pode significar a ruína de toda a superfície enquanto em outros, como pintura látex, pode significar mudança na aparência por descoloração ou enrugamento.

Através destes fatores e experimentação laboratorial, os autores desenvolveram curvas de elevação da capilaridade ao longo do tempo, demonstrando a majoração dos danos causados a revestimentos para inundações duradouras (Figura 3.9).



**Figura 3.9** - Infiltração inferior (AA') a uma taxa  $u$ , e vaporização lateral (BB') a uma taxa  $e$ , com absorção total de  $U=b.u$  e evaporação total de  $E=e.h$ .

Fonte: Hall e Hoff (2007).

A deterioração de materiais orgânicos, como a madeira estrutural, de esquadrias, pisos ou móveis, é de difícil controle se observadas somente as condições imediatamente pós-submersão. Isto ocorre devido ao tempo necessário para as condições de reprodução de fungos e, quando não percebido por odor, devem apodrecer a madeira continuamente até que se depaupere. Segundo Chudley e Greeno (2016), o apodrecimento é observado em duas condições:

- Apodrecimento úmido, quando ocorre durante ou logo após a submersão (*Coniophora cerabella*);
- Apodrecimento seco, quando ocorre após a desumidificação (*Serpula* ou *Merulius lacrymans* - Figura 3.10).



**Figura 3.10** - Infestação em madeira por *Serpula lacrymans*.

Fonte: CILA, 2018.

A relação de informações de mecanismos de dano por profundidade (pressão e contato) e duração (higroscopia, dissolução e contaminação) pode ser levantada em três frentes:

- Observações de campo e ensaios de laboratório;
- Interpretação da bibliografia;
- Formulação de hipóteses;

Além da consulta detalhada a cada item de inventário, a revisão da literatura indica o desempenho esperado para itens geralmente afetados em casos de inundação recorrente. A Tabela 3.6 indica uma relação de oito itens característicos que devem receber danos da mesma ordem, incluindo seus componentes e foram observados em domicílios expostos a cheias recorrentes no Reino Unido após a consulta a avaliadores especialistas. Estas e outras relações esperadas de danos podem ser consultadas em nos manuais previstos no MCM.

Paralelamente, a revisão de estudos da USACE para imóveis danificados no estado da Louisiana-EUA demonstrou o comportamento esperado em uma minoria de materiais comuns com o cenário de das edificações de Minas Gerais, principalmente no desempenho esperado em tubulação sanitária, pinturas e fundações rasas.

**Tabela 3.6** - Sumário de elementos susceptíveis identificados no Reino Unido e aplicáveis em imóveis previstos pela ABNT.  
Fonte: Penning-Rowell e Chatterton, 1977.

Ordem	Item	Componentes	Dano esperado
1	Acessórios	Cercas, muros e calçadas	Recalque, rachaduras
2	Externos	Alvenaria, argamassas, sistema de esgotamento <sup>7</sup>	Absorção de água, fissuras e sedimentação ou entupimento
3	Revestimento	Cerâmica e pintura	Descoloração e descolamento
4	Gesso	Acabamento em pasta ou argamassa	Sortividade a até 3 vezes a profundidade inundada
5	Piso	Tábuas, tacos, rodapés, cerâmica ou barrados lisos.	Absorção de água a partir de 0,2 m (mesmo para madeiras leves), empenamento, descolamento e recalque (em caso de erosão das fundações)
6	Esquadrias	Portas, janelas, cobogós, pingadeiras batentes e caixilhos	Absorção de água a partir de 0,6 m (envernizados), oxidação e descoloração
7	Adornos	Vidros, armários embutidos e arquitraves	Perda da propriedade aderente, estufamento e empenamento, oxidação (ferragens e grampos)
8	Instalações	Louças sanitárias, sistema elétrico <sup>8</sup>	Rompimento de louças a partir de 1,2 m, curtos-circuitos em tomadas e interruptores, mas sem troca de fiação.

<sup>7</sup> Inclui fossa e sumidouro ou ligação à rede pública – instalações sem previsão de carga hidrostática.

<sup>8</sup> Grande fonte de incerteza, pode-se assumir que o fornecimento terá sido cortado em um evento muito severo.

Primeiramente, como cada elemento construtivo ou de inventário tem um comportamento hipotético diferente durante a subida das águas, as validações foram possíveis ao se incorporar um nível de empirismo das informações de campo observadas pelo autor durante a participação profissional em programas habitacionais.

Em sequência, as referências bibliográficas mais completas apresentem o detalhamento da susceptibilidade a cada item vulnerável após contar com levantamentos laboriosos das características de imóveis representativos. Neste caso, foi utilizado o benefício da apresentação de danos relativos para se obter a proporção do dano sobre o valor integral de cada item, permitindo sua transferência. Na Tabela 3.7 é apresentada uma apresentação do peso do valor dos principais itens construtivos sobre o quociente do valor global do imóvel. Destaca-se que os danos apresentados de forma relativa são tão detalhados quanto a base de dados e que há incremento dos danos conforme aumenta a profundidade.

**Tabela 3.7** - Sumário de elementos vulneráveis identificados nos EUA e aplicáveis em imóveis previstos em NBR.  
Fonte: USACE, 2006.

Item	Item observado	Dano por Inundação Acumulado			
		Profundidade (m)			
		0,00	0,50	1,50	3,00
1	Pisos e Azulejo	40,00%	100,00%	100,00%	100,00%
2	Pintura interna e externa	13,88%	91,73%	100,00%	100,00%
3	Portas e ferragens	13,96%	90,26%	100,00%	100,00%
4	Acessórios sanitários e louças	13,50%	81,08%	100,00%	100,00%
5	Contra pisos e calçadas	6,93%	46,01%	97,49%	100,00%
6	Instalações hidrossanitárias	5,62%	24,07%	47,26%	47,26%
7	Instalações elétricas	1,09%	15,29%	63,45%	95,81%
8	Janelas e ferragens	0,00%	3,37%	70,10%	71,80%
9	Forro	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
10	Telhado	0,00%	0,00%	0,00%	57,42%
11	Estrutura portante (madeira)	0,00%	8,84%	8,84%	8,84%
12	Fundação ( <i>radier</i> )	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

É salutar destacar que USACE e MCM apresentaram levantamentos muito detalhados ao contar com o auxílio diante de um espectro de políticas públicas direcionadas a grandes programas de prevenção de danos por inundações. Destaca-se as instituições de pesquisa:

- Públicas (Reino Unido):
  - Chartered Institute of Loss Adjusters – CILA – Londres, Reino Unido;
  - Building Research Establishment Digest – BRE – Londres, Reino Unido;
- Privadas (Estados Unidos da América):
  - *R. S. Means Co.* – Rockland, EUA;
  - *EQE Consulting* – Nova Iorque, EUA;
  - *ABS Group* – San Antonio, EUA;
  - Marshall and Swift Valuation Service – Irvine, EUA.

Entretanto, é improvável que os conhecimentos de técnicas estrangeiras sejam absorvidos e aplicados diretamente para os materiais e técnicas construtivas no Brasil. Resta, portanto, a obtenção de dados em levantamentos de campo com cautela pois a consideração direta do estado dos materiais e informações das vítimas não pode balizar o processo de avaliação, pois perturbaria as médias destes materiais na categoria da hipótese (Messner *et al.*, 2007). Por outro lado, há estudos locais que tangenciam o assunto e são úteis no desenvolvimento deste trabalho, com destaque para o PMCMV no estabelecimento de materiais e padrões construtivos para habitações unifamiliares no padrão popular (Ministério das Cidades, 2012) e do SINAPI pela definição técnica dos memoriais descritivos (papel empenhado pela CAIXA) e pesquisas de preços (papel empenhado pelo IBGE), válido para as demais categorias (CAIXA, 2019a).

Outras referências bibliográficas científicas permitem incorporar observações laboratoriais no desempenho de revestimentos, estudos de caso e pesquisas regressas sobre orçamentos de materiais recuperados de inundações urbanas (Tabela 3.8).

**Tabela 3.8** - Sumário de elementos da análise de susceptibilidade.

Fonte	Nível de detalhe		Escala
	Ampla	Minucioso	
	USACE	x	UH
	MCM		UH
Literatura	Jonov, 2012		UH
	Machado, 2005		UH
	Salgado, 1995	x	Conjunto Hab.
Laboratório	Parisi, 2007		Elemento Construtivo
	PMCMV	x	Conjunto Hab.
Legislação	NBR 12.721		Elemento Construtivo
	SINAPI		Elemento Construtivo

Nota: Programa Minha Casa Minha Vida-PMCMV, Norma Técnica Brasileira-NBR e Sistema Nacional de Preços e Índices para a construção civil-SINAPI disponibilizam informações de consulta pública.

## 4 METODOLOGIA

Para cumprir os objetivos desse trabalho, foi proposta uma metodologia consistindo em (1) construção de curvas de danos potenciais residenciais de origem sintética e (2) avaliação destas curvas com outras da literatura para estimar danos diante de eventos hipotéticos.

### 4.1 Construção da curva de danos

Buscando garantir que as curvas de danos construídas contenham o propósito de uso justificado e habilitem o poder público a tomar decisões em prol da população, procurou-se o desenvolvimento metodológico compatível com a literatura internacional. Para desenvolvê-las, alguns procedimentos apresentados na Revisão da Literatura foram adaptados.

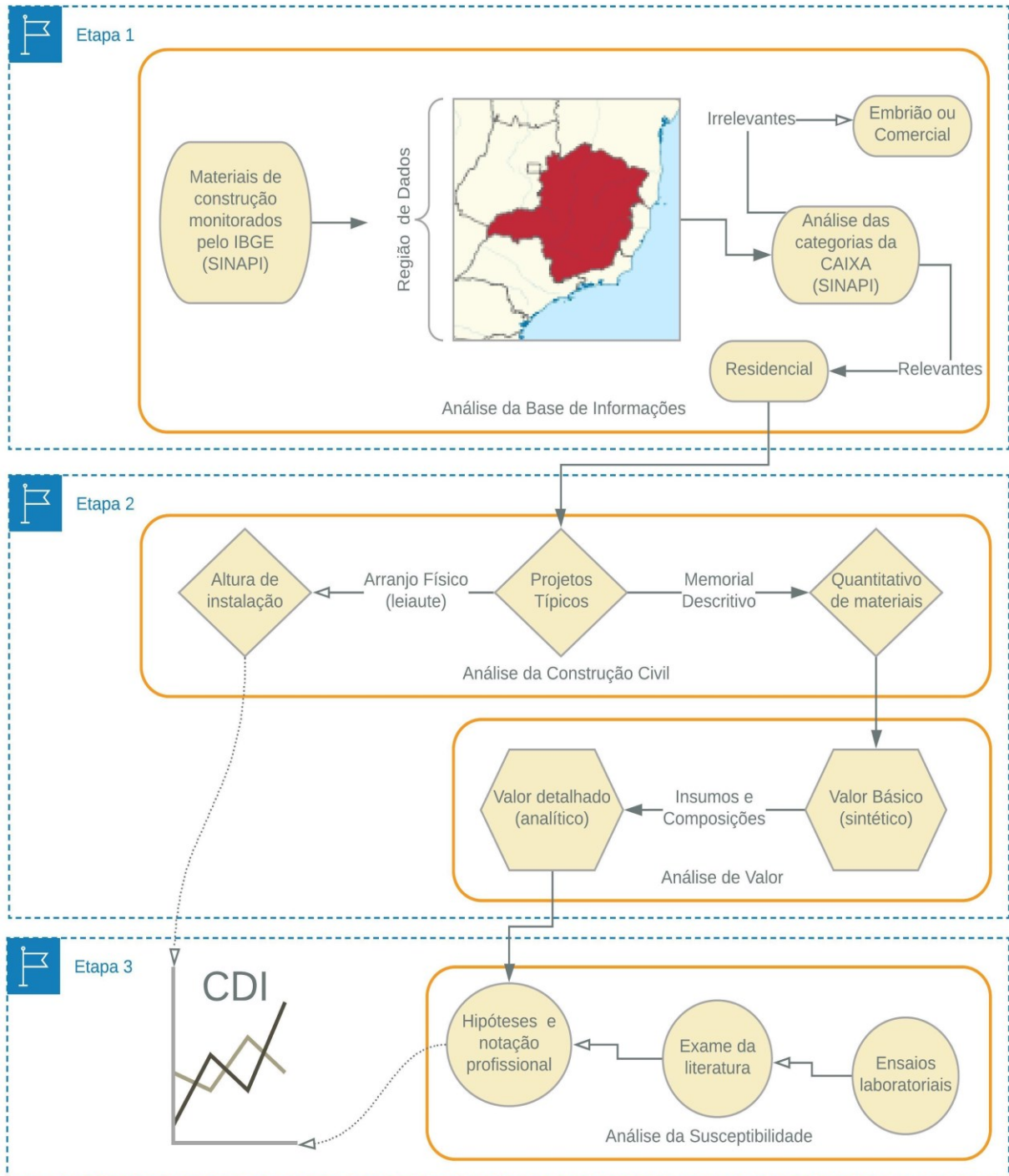
Os métodos propostos por USACE (1992, 1995, 1996, 2003), detalhado no item 3.2, foram adaptados para atender as etapas de construção de uma curva. Foi dispensado, nesta pesquisa, o inventário de conteúdo e a CSV. De forma similar, a experiência de Penning-Rowse e Chatterton (1977) e Penning-Rowse *et al.* (2005) foi utilizada para construir o entendimento da susceptibilidade dos materiais de construção, mas levando em consideração os trabalhos de Hall e Hoff (2007), Chudley e Greeno (2016) e IVSC (2019), detalhadas no item 3.4. Adicionalmente, foi considerada a relação qualitativa entre a precisão da CDI e o nível de detalhe das informações necessárias no banco de dados, explicada por Enghardt *et al.* (2019).

Assim, foi concebida uma metodologia em três etapas para construção de uma curva de danos, como ilustra a Figura 4.1. Cada uma delas se divide tanto pela área de conhecimento utilizada, quanto por intervalos de tempo semelhantes empenhados.

A primeira consiste em uma Análise da Base de Informações, incorporando o conhecimento das áreas historicamente mais sensíveis a inundações através de cartas de vulnerabilidade ribeirinha, separando os tipos de projetos que sejam relevantes para áreas residenciais e urbanas.

A segunda consiste na definição dos tipos de habitação a serem analisados, passando tanto por uma Análise da Construção Civil para definir os tipos representativos, apresentando seu leiaute, memorial descritivo e cotas iniciais dos materiais, quanto pela Análise de Valor para entender a representatividade dos valores dos materiais de maneira ampla (composição sintética) e detalhada (composição analítica).

A terceira e última etapa consiste na Análise da Susceptibilidade dos imóveis para o levantamento das informações da resistência dos materiais de construção às patologias e estuda de casos reais do comportamento de imóveis diante dos sinistros. O detalhamento metodológico das três etapas e o percurso para se construir as CDI são apresentados nos itens a seguir.

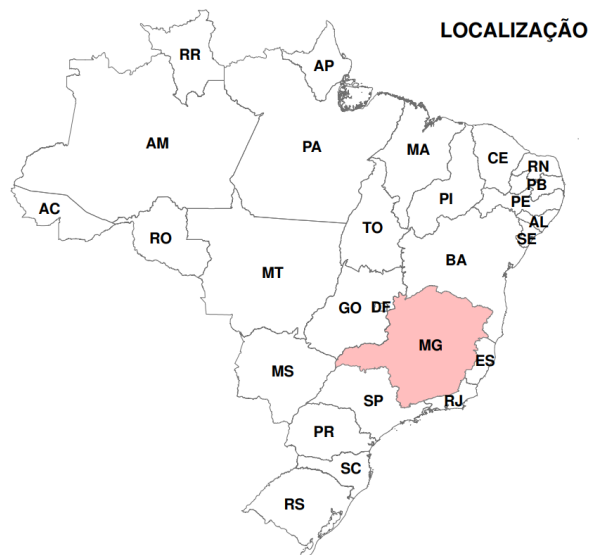


**Figura 4.1** - Análise topológica para a construção de uma CDI.

#### 4.1.1 Análise da base de informações

Segundo CAIXA (2019a), o SINAPI está atravessando o segundo ciclo de aferição das composições que já contemplam todos os estados brasileiros e o Distrito federal. O estudo dos materiais das composições e a padronização de projetos é realizado em período de cinco anos pela Caixa, enquanto a tomada de preços é atualizada mensalmente pelo IBGE. A distribuição das fontes de dados em todo o território gera uma dificuldade de se avaliar os tipos de imóveis mais representativos em vários estados ao longo do desenvolvimento da pesquisa. Assim, para a construção de uma curva de danos sintética foi buscada uma região onde o SINAPI fornece dados atualizados e que goze de uniformidade no padrão construtivo. De forma semelhante, procurou-se uma unidade da federação com ocupação urbana, hidrografia e relevo que resultam em vulnerabilidade a inundações ao longo da história. Um sumário das publicações disponibilizadas pelo SINAPI está disponível no Anexo A.

Para delimitar uma parcela da base de informações e orientar o estudo de caso, foi selecionado o estado de Minas Gerais, onde habita uma população urbana de 20,87 milhões, distribuída em 853 municípios (IBGE, 2019a), e é onde 26% da hidrografia oferece alta vulnerabilidade aos municípios (ANA, 2012). Portanto, este estado foi escolhido como Área de Estudos representativa para a obtenção de dados por ter informações atualizadas e apresentar relativa homogeneidade de padrões construtivos, e sua localização está ilustrada pela Figura 4.2.



**Figura 4.2** - Divisão política dos estados brasileiros – destaque para a área de validade da base de informações da pesquisa. Fonte: ANA, 2012.

As unidades habitacionais presentes no contexto urbano brasileiro podem ser definidas como as 40 relacionadas em pelo SINAPI que, a partir de janeiro de 1999, passou a homogeneizar a nomenclatura de estudos demográficos do IBGE e relacioná-las a imóveis de projetos típicos.

Os projetos que variam em relação a suas funções ou a suas características, como número de quartos, área construída e padrão de acabamento. As nomenclaturas e áreas construídas dos imóveis estão apresentadas na Tabela 4.1 e as descrições de tipo de imóvel conforme:

- Casa (C) unifamiliar:
  - Popular (CP),
  - Residencial (CR);
- Embrião de imóvel com somente unidade sanitária na especificação (E):
  - Tipo de projeto A (EA),
  - Tipo de projeto B (EB);
- Prédio (P) com número de pavimentos:
  - Residencial (PR),
  - Comercial (PC) dividido em:
    - lojas e salas autônomas (LA),
    - lojas e salas corridas (LC);
- Embrião de imóvel com o fornecimento de materiais em cesta básica (CB):
  - Simples (CB-M),
  - Ministério do Bem-Estar Social (CB-MBES),
  - Mínimos (CB-MMIN),
  - Mão de Obra (CB-MMO);

**Tabela 4.1** - Sumário de projetos SINAPI.  
Fonte: IBGE, 2019b.

Tipo	Área (m <sup>2</sup> )	Padrões	Tipo	Área (m <sup>2</sup> )	Padrões
CP.1-2Q	46	N - B - M	PR4-2QP	1.643	A - N - B
CP.1-2Q	40	N - B - M	PR4-3QP	2.520	A - N - B
CR.1-2Q	62	N - B - M	PR6-3QP	7.181	A - N
CR.1-3Q	104	A - N - B	PR8-2QP	2.620	A - N
CR.1-4Q	122	A - N - B	PR8-3QP	4.266	A - N
EA.1-US	4	M	PR8-3QP	3.176	A - N
EB.1-US	3	M	PR12-2QP	3.597	A - N
EA.1-0Q	22	B - M	PR12-3QP	6.013	A - N
EB.1-0Q	22	B - M	PR12-4QP	4.050	A - N
EA.1-1Q	30	B - M	PR18-4QP	5.870	A - N
EB.1-1Q	32	B - M	PC.12-LA	8.192	A - N
EA.1-2Q	38	B - M	PC.18-LA	11.072	A - N

**Tabela 4.1** - Sumário de projetos SINAPI.  
Fonte: IBGE, 2019b.

Tipo	Área (m <sup>2</sup> )	Padrões	Tipo	Área (m <sup>2</sup> )	Padrões
EB.1-2Q	39	B - M	PC.12-LC	6.862	A - N
EB.2-2Q	45	B - M	PC.18-LC	10.111	A - N
CP.1-1Q	30	N - B - M	CB-MBES	31	M
CP.2-3Q	56	N - B - M	CB-M	31	M
CR.2-2Q	81	N - B - M	CB-MMIN	23	M
PR5-2QT	2.125	N - B - M	CB-M	23	M
PR4-2QT	1.433	A - N - B	CB-MMO	31	M
PR4-3QT	2.264	A - N - B	CB-MMO	23	M

Nota: Descrição detalhada dos tipos disponível no Anexo A

#### 4.1.2 Definição dos tipos de habitação

É importante destacar que o universo de análise das cidades brasileiras apresenta grande desigualdade social da população, o que é refletido no tamanho, tipo de imóvel e qualidade dos materiais de construção.

Como a estrutura metodológica da construção de curvas de danos pode ser limitada pela disponibilidade de dados, certo grau de generalização foi admitido no registro e compilação de dados. Esta concessão é esperada ao se interpretar o funcionamento dos materiais de construção *a priori*, ou seja, sem que se espere por uma inundação real. Esta abordagem é a sintética e contém diversos paralelos apresentados na Revisão da Literatura, sendo a mais adequada na presença de um banco de dados e na ausência de questionários


Apesar da abundância de projetos relacionados, conforme Englhardt *et al.* (2019), a análise de vulnerabilidade de todas as categorias seria onerosa sem a contrapartida de precisão nas curvas. Assim, foi selecionado o projeto popular CP.1-2Q de 40m<sup>2</sup> por semelhança com as especificações mínimas<sup>9</sup> do Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV (Ministério das Cidades, 2012), implantado de forma abrangente em todos estados brasileiros. Na sequência deste trabalho, este projeto será referenciado como tipo baixo (B). Esta categoria inventariada pode ser considerada representativa para Minas Gerais pois, segundo Drumond (2014), pode ser constatada uniformidade nos padrões construtivos de unidades habitacionais produzidas em

<sup>9</sup> As especificações mínimas do PMCMV consideradas neste capítulo estão disponíveis no Anexo C.

conformidade com políticas habitacionais. Os principais programas são: nacional (Programa de Subsídio à Habitação – PSH e PMCMV) e estadual (COHAB-MG).

Para categorias superiores de tamanho e acabamento, existem políticas de financiamento ou mecanismos fiduciários que regulam a produção habitacional, mas não há um fomento público de construção semelhante aos programas habitacionais. Desta forma, para o tipo médio (M) e alto (A) de área e acabamento, foram selecionados os projetos residenciais CR.1-3Q e CR.1-4Q como os mais relevantes na base de dados do SINAPI (Tabela 4.2).

**Tabela 4.2** - Referências dos tipos de imóveis para cada CDI.

Tipo	Planta de referência humanizada	Projeto SINAPI	Área (m <sup>2</sup> )
A		CR1-4Q	122,00
M		CR1-3Q	104,00

**Tabela 4.2** - Referências dos tipos de imóveis para cada CDI.

Tipo	Planta de referência humanizada	Projeto SINAPI	Área (m <sup>2</sup> )
B		CRI-2Q	40,00

O estudo dos projetos permite extrair uma série de informações técnicas, mas nesta etapa é destacada a descrição das posições de instalação dos materiais. As dimensões dos materiais mais relevantes nunca chegam à ordem de centímetros. Portanto, para permitir uma avaliação com sensibilidade compatível, foi estabelecida uma discretização das profundidades em 10 cm.

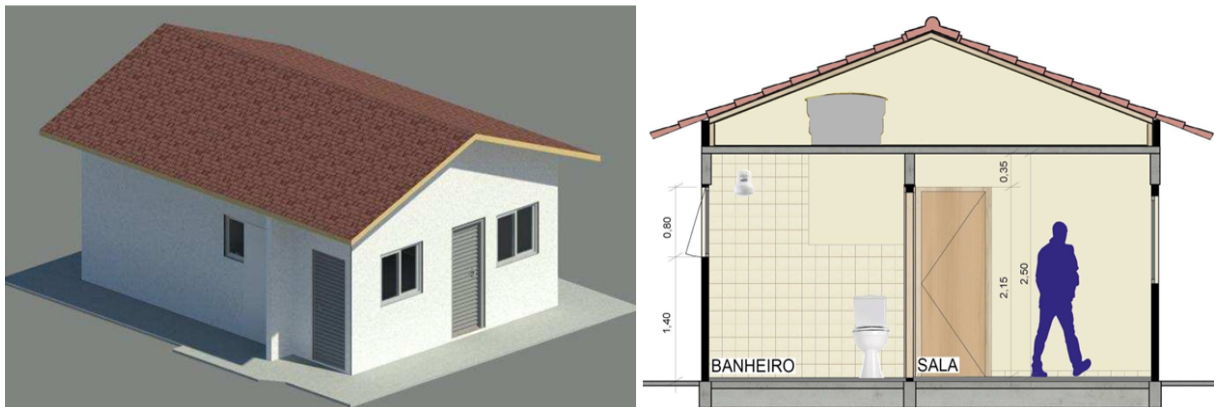
#### Análise da construção civil

Para compreender exatamente quais são os materiais que compõem cada padrão de imóvel, foram seguidos os memoriais descritivos do SINAPI para convergir materiais e serviços típicos em valores de mercado praticados em Minas Gerais. Os memoriais são compostos de Cadernos Técnicos (disponíveis em formato digital após janeiro de 2020) e permitem a consulta às Fichas Técnicas de Projeto – FTP nos projetos referenciais da CAIXA.

Inicialmente, optou-se por examinar os materiais na unidade habitacional (UH) que tem o menor inventário, de tipo B, equivalente ao projeto CP.1-2Q (Figura 4.3). Esta UH é a mais representativa para a distribuição em bairros residenciais, e os itens adicionais dos tipos M e A podem ser adicionados sem recorrer a um reexame de todos os seus materiais.

## 1 Caracterização do Projeto Referencial

- 1.1 Sigla do projeto: **13105\_R1\_2B\_43C\_2017**
- 1.2 Descrição: edificação residencial unifamiliar térrea de padrão baixo com sala, 2 quartos, banheiro, cozinha e tanque externo sem cobertura. Planta adaptável para PCR (pessoa em cadeira de rodas).
- 1.3 Sistema construtivo: estrutura de concreto e alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. Cobertura em telha cerâmica com beiral sobre estrutura de madeira, com laje. Instalações de água fria, sanitárias e elétricas.
- 1.4 Área construída: 43,60 m<sup>2</sup>.
- 1.5 Enquadramento do projeto (NBR 12721:2006): Padrão Baixo.
- 1.6 Origem do projeto: CAIXA.
- 1.7 Código do orçamento no SINAPI: 13105.



**Figura 4.3** - Trecho da Ficha Técnica do Projeto – FTP correspondente ao tipo B, demonstrando as informações associadas ao imóvel e seu enquadramento na NBR 12721:2006.

Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019b.

A configuração do imóvel é relativamente simples, mas contém os elementos mínimos estabelecidos em normas construtivas e políticas habitacionais. O arranjo físico dos materiais no imóvel permite checar a cota de instalação dos materiais em relação à elevação inicial da inundação. Isto é fundamental para relacionar o parâmetro hidráulico mais relevante na formação de danos, conforme USACE (2019): a profundidade. Entretanto, para compreender a quantidade de cada material no projeto SINAPI, recorre-se a um quantitativo dos elementos típicos disponibilizado no o Relatório de Custos<sup>10</sup> por Característica Física - RCCF nas versões:

<sup>10</sup> O termo “custos” não se refere ao valor dos materiais e serviços, mas sim ao Valor Unitário de Referência, em R\$/m<sup>2</sup> para as regiões metropolitanas do Brasil, também apresentado no RCCF.

- 13105 – Casa Térrea Padrão Baixo (B);
  - Quantitativos com 126 itens de composição;
- 9664 – Casa Térrea Padrão Médio (M);
  - Quantitativos com 167 itens de composição;
- 12077 – Casa Térrea Padrão Alto (A);
  - Quantitativos com 151 itens de composição;

Este documento contém, além do quantitativo, a unidade de referência, sua descrição detalhada (incluindo material ou método construtivo), fase de execução e tipo de Referência Técnica - RT, todos relacionados a um código e uma descrição básica. A apresentação deste tipo de memorial de custos por projeto é ilustrada pela Figura 4.4.



SINAPI - PROJETO REFERENCIAL  
RELATÓRIO DE CUSTOS POR CARACTERÍSTICA FÍSICA  
13105 - CASA TÉRREA PADRÃO BAIXO

Tipo de RT	Fase	Código	Descrição Básica	Unidade	Quantidade
COMPOSICAO	INSTALACOES ELETRICAS / TELEFONE / TV	68066	CAIXA DE PROTECAO PARA MEDIDOR MONOFASICO, FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN	1,00
COMPOSICAO	INSTALACOES ELETRICAS / TELEFONE / TV	97887	CAIXA ENTERRADA ELÉTRICA RETANGULAR, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS, FUNDO COM BRITA, DIMENSÕES INTERNAS: 0,4X0,4X0,4 M. AF 05/2018	UN	1,00
COMPOSICAO	ESQUADRIAS	91341	PORTA EM ALUMINIO DE ABRIR TIPO VENEZIANA COM GUARNIÇÃO, FIXAÇÃO COM PARAFUSOS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 08/2015	M2	3,36
COMPOSICAO	REVESTIMENTOS INTERNOS	98546	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MANTA ASFÁLTICA, UMA CAMADA, INCLUSIVE APLICAÇÃO DE PRIMER ASFÁLTICO, E=3MM. AF 06/2018	M2	8,25
COMPOSICAO	INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA	89356	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 12/2014	M	13,88
...	...	...	...	...	...

**Figura 4.4** - Trecho do RCCF correspondente ao tipo B, demonstrando as informações associadas a um item construtivo – destaque para um exemplo de código.

Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019c.

As versões dos FTP e RCCF<sup>11</sup> utilizadas neste trabalho consideram a publicação em novembro de 2019 e a versão completa para os tipos de imóveis A, M e B está disponível no Anexo E.

#### Análise de valor

O procedimento de análise envolve a Engenharia de Custos, definida por CAIXA (2019a) como uma ferramenta para a formação de preços e controle da execução. A metodologia desta etapa

<sup>11</sup> Estes documentos são atualizados periodicamente no diretório eletrônico do SINAPI: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>

incluiu, a formação do preço pelos custos diretos em obra, desconsiderando os preços dos custos indiretos e da Bonificação de Despesas Indiretas - BDI.

Entender o valor básico dos elementos e separá-los em grupos de nível de detalhamento, conhecidos na área de Construção Civil como macroitens, foi o propósito das Pesquisas de Custo e Índices - PCI<sup>12</sup> desempenhadas pelo IBGE para o SINAPI em sua versão mais recente<sup>13</sup>.

Os valores são aplicados, primeiramente, somente sobre o conjunto de itens construtivos mais relevantes para a categoria de imóveis tipo B para se obter uma relação custo item vs. custo total do imóvel (em %).

Como a análise de construção civil apontou os itens com RT “composição”, percebe-se ainda que há necessidade de entender a formação do seu custo de referência no mercado. Para isto, recorre-se à PCI sintética (Figura 4.5) e analítica (Figura 4.6), que relacionam os códigos ao custo em levantamentos comerciais (estes tomados mensalmente), cuja origem pode ser: coletada (C), atribuída a São Paulo (AS) ou por coeficiente de representatividade (CR). No primeiro relatório, são apresentadas descrições da formulação de quantitativo de 6.432 composições, enquanto estas são detalhados em 32.164 itens no segundo relatório, que distingue insumos e serviços.

Entretanto, em composições como a de código 68066 do exemplo da Figura 4.4 pode ser necessária uma checagem mais detalhada dos seus componentes, como a separação de:

- Código do item: Insumos (I) ou Composições (C) de serviços;
  - Insumos danificáveis (cód. 39680) ou acessórios (cód. 367 e 1379);
  - Composições de serviços da mão de obra necessária (cód. 88309 e 88316).

No desenvolvimento desta pesquisa foi realizada a checagem de valor analítico dos materiais específicos na composição dos macroitens: Vedações; Esquadrias; e Instalações Elétricas.

---

<sup>12</sup> As PCIs não foram incluídas como anexo pois seriam necessárias aproximadamente 3.000 páginas adicionais. Uma consulta às informações mais atualizadas está disponível no diretório eletrônico do SINAPI: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>;

<sup>13</sup> Para este trabalho, foi fixada a publicação de preços de setembro de 2019.

## SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL 1

PCI.817.01 - CUSTO DE COMPOSIÇÕES - SINTÉTICO

DATA DE EMISSÃO: 11/10/2019 23:35:16

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DA MÃO-DE-OBRA: 117,40%(HORA) 74,93%(MÊS)

DATA REFERÊNCIA TÉCNICA: 10/10/2019

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	ORIGEM DE PREÇO	CUSTO TOTAL
VÍNCULO.....: CAIXA REFERENCIAL				
97893	CAIXA ENTERRADA ELÉTRICA RETANGULAR, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, FUNDO COM BRITA, DIMENSÕES INTERNAS: 0,8X0,8X0,6 M. AF_05/2018	UN	AS	366,91
97894	CAIXA ENTERRADA ELÉTRICA RETANGULAR, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, FUNDO COM BRITA, DIMENSÕES INTERNAS: 1X1X0,6 M. AF_05/2018	UN	AS	408,20
0169	QUADROS/DISJUNTORES			
68066	CAIXA DE PROTEÇÃO PARA MEDIDOR MONOFASICO, FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN	CR	104,76
72319	DISJUNTOR BAIXA TENSÃO TRIPOLAR A SECO 800A/600V, INCLUSIVE ELETROTÉCNICO	UN	CR	4.895,78
72341	CONTATOR TRIPOLAR I NOMINAL 12A - FORNECIMENTO E INSTALACAO INCLUSIVE ELETROTÉCNICO	UN	CR	310,05
72343	CONTATOR TRIPOLAR I NOMINAL 22A - FORNECIMENTO E INSTALACAO INCLUSIVE ELETROTÉCNICO	UN	CR	370,87
72344	CONTATOR TRIPOLAR I NOMINAL 36A - FORNECIMENTO E INSTALACAO INCLUSIVE ELETROTÉCNICO	UN	CR	635,50
72345	CONTATOR TRIPOLAR I NOMINAL 94A - FORNECIMENTO E INSTALACAO INCLUSIVE ELETROTÉCNICO	UN	CR	2.014,55
74130	DISJUNTORES			
74130/001	DISJUNTOR TERMOMAGNETICO MONOPOLAR PADRAO NEMA (AMERICANO) 10 A 30A 240V, FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN	C	14,45

**Figura 4.5 - Trecho da PCI.817.01 - Custo de Composições - sintético – destaque para o exemplo de código e sua origem de preço.**  
Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019d.

## SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL 1

1569 de 3292

PCI.818.01 - CUSTOS DE COMPOSIÇÕES ANALÍTICO

DATA DE EMISSÃO:12/10/2019 00:25:33

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DA MÃO-DE-OBRA: 117,40%(HORA) 74,93%(MÊS)  
ABRANGÊNCIA: NACIONAL

DATA REFERENCIA TECNICA: 10/10/2019

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	ORIGEM DE PREÇO	COEFICIENTE	PREÇO UNIT.	CUSTO TOTAL
VÍNCULO : CAIXA REFERENCIAL						
EQUIPAMENTO : 3,74 0,9171830 %						
MATERIAL : 195,86 47,9836726 %						
MÃO DE OBRA : 208,38 51,0450479 %						
OUTROS : 0,22 0,0540965 %						
TOTAL COMPOSIÇÃO : 408,20 100,0000000 % - ORIGEM DE PREÇO: AS						
TOTAL DO TIPO1 : 57						
TIPO1 : 1690 - QUADROS/DISJUNTORES						
68066	CAIXA DE PROTEÇÃO PARA MEDIDOR MONOFASICO, FORNECIMENTO E INSTALACAO	UN				
I	367 AREIA GROSSA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE M3)	C	0,0110000		66,67	0,73
I	1379 CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	4,8600000		0,37	1,79
I	39680 CAIXA DE PROTEÇÃO PARA 1 MEDIDOR MONOFASICO, EM CHAPA DE ACO 20 USG (PADRAO DA CONCESSIONARIA LOCAL)	UN	1,0000000		54,34	54,34
C	88309 PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,3400000		20,88	27,97
C	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,3400000		14,88	19,93
MATERIAL : 66,96 63,9090562 %						
MÃO DE OBRA : 37,80 36,0909438 %						
TOTAL COMPOSIÇÃO : 104,76 100,0000000 % - ORIGEM DE PREÇO: CR						
72319	DISJUNTOR BAIXA TENSÃO TRIPOLAR A SECO 800A/600V, INCLUSIVE ELETROTÉCNICO	UN				
I	2394 DISJUNTOR TERMOMAGNETICO TRIPOLAR 800 A / 600 V, TIPO LMXD	UN	1,0000000		4.504,42	4.504,42

**Figura 4.6 - Trecho da PCI.818.01 - custos de composições – analítico – destaques para um exemplo de código de composição e outro código para o componente de interesse.**  
Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019e.

Em seguida, foi realizada a avaliação dos projetos e memoriais descritivos de 9.141 UH construídas em programas habitacionais em várias partes do Brasil, excluindo-se os de caráter especial que confere resiliência a alagamentos (região norte e centro-oeste). Nas 7.126 UH restantes foi feito um levantamento das cotas onde são previstas as instalações de revestimentos, pisos, esquadrias, aparelhos hidráulicos e elétricos para se obter uma relação material vs. item.

Embora incluam dados de outros estados, estes projetos contêm orçamentos padronizados e com grande aderência entre a proporção dos macroitens e valor total do imóvel (Tabela 4.3). Isto se deve às regras de enquadramento financeiro dos projetos das UH para habilitar as construtoras a receber subsídios dos programas habitacionais.

**Tabela 4.3** - Especificação de imóvel qualificado no PMCMV-II com macroitens compatíveis ao de uma UH nas mesmas especificações da CP.1-2Q.

Ordem	Descrição	Valor	Razão
1	Escavações, aterros e trabalhos em terra	997,12	3,99%
2	Fundações, fossa e sumidouro	1.637,15	6,55%
3	Superestrutura, vergas e contravergas	569,3	2,28%
4	Vedações	3.971,24	15,88%
5	Forro, estrutura de madeira, telhas, cumeeira e oitões	4.157,33	16,63%
6	Esquadrias	3.311,13	13,24%
7	Instalações elétricas e relógio monofásico de leitura	1.050,32	4,20%
8	Instalações hidrossanitárias, caixa d'água e aparelhos	1.750,70	7,00%
9	Revestimentos e azulejos	3.129,53	12,52%
10	Pisos e rodapés	2.872,46	11,49%
11	Pintura e envernizamento	1.553,72	6,21%
TOTAL		25.000,00	100,00%

Nota: a representação espacial dos itens está ilustrada da Figura B.5 a Figura B.9 do Anexo F.

Ao invés da relação direta entre o item descrito no SINAPI e o valor total do imóvel, a consulta indireta à proporção dos macroitens visa criar um dispositivo de pesos para que a eventual perturbação do valor da PCI, isoladamente, não se reflita em um dano proporcionalmente maior do que seu macroitem prevê, disponível no Apêndice B.

Complementarmente, foram observados serviços de reparos e as listas de materiais encontrados em imóveis afetados em inundações reais observadas pelo autor em sua atuação profissional para definir a lista de macroitens. As informações tácitas são obtidas através da avaliação de sinistros ou de patologias em imóveis afetados diretamente por inundações para definir o custo do seu crédito imobiliário ou, eventualmente, acionar o seguro do financiamento. Esta foi uma das atividades desempenhadas profissionalmente pelo autor desta dissertação e registrou a susceptibilidade de materiais de construção entre 2013 e 2019.

### 4.1.3 Análise da vulnerabilidade - susceptibilidade

Esta etapa é focada no desempenho físico dos elementos dos projetos originais ou tipicamente previstos nos imóveis urbanos. Como um inventário de composições está disponível na base de dados desta metodologia, resta definir a forma como seus itens se degradam caso entrem em contato com água de inundação. Para isto, novamente o banco de dados do SINAPI é consultado, desta vez por meio das Especificações Técnicas de Insumo - ETI<sup>14</sup> (Figura 4.7).



#### SINAPI ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE INSUMO

<b>Código do SINAPI:</b>	<b>39683</b>
<b>Descrição Básica:</b>	CAIXA INTERNA/EXTERNA DE MEDICAO PARA 1 MEDIDOR MONOFASICO, COM VISOR, EM CHAPA DE ACO 18 USG (PADRAO DA CONCESSIONARIA LOCAL)
<b>Unidade de Cálculo:</b>	UN
<b>Unidade de Comercialização:</b>	UN
<b>Normas Técnicas:</b>	NBR 5410:2004 Versão Corrigida:2008

Imagem:



<b>Informações Gerais:</b>	Caixa em chapa de aço destinada a acomodar os medidores - 01 medidor monofásico. Fabricada em aço com pintura eletrostática a pó.
<b>Atualizado em:</b>	18/10/18

**Figura 4.7** - ETI de materiais componentes dos itens orçados no PCI do SINAPI – destaque para o código do componente de interesse. Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019.

As versões mais recentes consultadas na biblioteca do sistema são as publicadas em novembro e fazem referência aos levantamentos de setembro de 2019. A ETI descreve os itens em maiores detalhes sobre sua função, unidade de cálculo em memorial descritivo, previsões normativas e os acabamentos.

<sup>14</sup> As fichas de ETI não foram incluídas como apêndice pois seriam necessárias aproximadamente 5.000 páginas adicionais. Uma consulta às informações mais atualizadas está disponível no diretório eletrônico do SINAPI: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>;

Através desta especificação detalhada, pode-se rastrear o item vulnerável (neste caso: cód. 39680) para checar detalhes dos seus materiais componentes (aço, vidro e polietileno), técnica de instalação (caixa de embutir) ou suas técnicas de conservação (elevação do piso mín. 1,5 m). Os outros materiais do macroitem Instalações Elétricas foram verificados quanto ao desempenho submerso, mas por serem muito sensíveis à presença de água, foi eles foram considerados perdidos a partir da submersão do ponto onde foram instalados.

Para checar a quais materiais a limpeza não reflete benefícios (e cujo custo seria um ônus semelhante à substituição), foram visitados imóveis que passaram por eventos de inundação entre setembro de 2008 e entre novembro de 2010 e janeiro de 2014. Nos casos ilustrados da Figura 4.8 à Figura 4.11, os sistemas de drenagem urbana apresentavam conexão com esgoto bruto doméstico e, após a redução da profundidade, foi observada aderência de sedimentos mesmo em superfícies lisas como louças e azulejos.



**Figura 4.8** - Aspecto dos revestimentos de piso após inundação em novembro de 2010 – Av. Tereza Cristina, Belo Horizonte - MG.



**Figura 4.9** - Aspecto dos revestimentos cerâmicos e louça sanitária após inundação em novembro de 2010 – Av. Tereza Cristina, Belo Horizonte - MG.



**Figura 4.10** – Aspecto dos revestimentos cerâmicos e louça sanitária após inundação em 2008 – Bairro Bom Jesus, Viçosa - MG.



**Figura 4.11** - Aspecto dos materiais de madeira e desempenho dos marcos e esquadrias após inundação em 2008 – Bairro Bom Jesus, Viçosa - MG.

Através das imagens, pode-se notar que a simples desinfecção não seria suficiente para atingir a restauração do material, acarretando mais uma etapa de limpeza que disponha, inclusive, da escavação dos sedimentos dentro do imóvel.

Isto posto, destaca-se que o desempenho de pisos (espera-se que ocorra submersão completa), mesmo quando impermeáveis (resina e cerâmica) pode ser satisfatório para impedir a infiltração do contra piso e fundações. Foi considerada que esta constatação é equivalente à avaliação do desempenho de revestimentos em ensaio laboratorial (Parisi, 2007). Entretanto, foi notado que em imóveis de baixo custo como os do padrão construtivo em tela, a sua demolição e reconstrução tem valores semelhantes aos da limpeza e manutenção.

Finalmente, o valor para a deterioração esperada em cada item construtivo pode ser relacionado às profundidades de instalação e cotas de inundação. Ao relacionar graficamente as coordenadas de dano vs. a profundidade correspondente, foi possível ilustrar o perfil de dano do conjunto de materiais. esta abordagem permitiu explorar cada mecanismo de dano pontualmente a uma consequência diferente. procura um só valor para ordenadas (profundidade) vs. um só valor de abcissas (dano aos macroitens)

#### **4.2 Avaliação das curvas de danos por inundação**

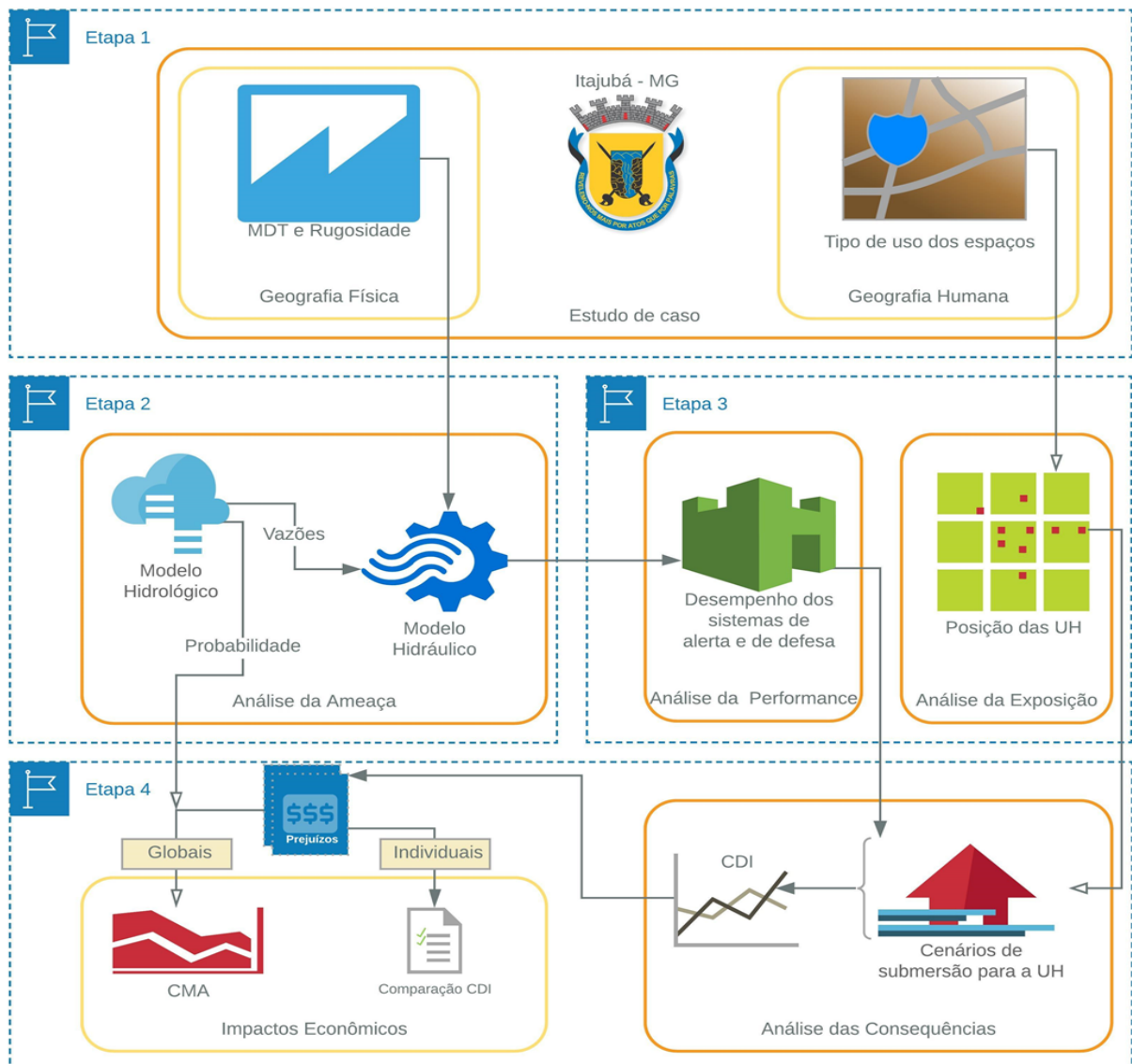
De forma complementar e em continuidade à construção da CDI, foi buscada uma integração de produtos hidrológicos e hidráulicos para avaliar as curvas construídas. Estas informações refletem uma bacia real submetida a eventos hipotéticos, para posterior cálculo de danos por meio da aplicação da CDI e comparação com curvas de referência da literatura. Sobre as características geográficas da bacia real são aplicados cenários hipotéticos de inundações e de impactos residenciais, tratados como um Estudo de Caso. Para desenvolvê-lo, alguns procedimentos apresentados na Revisão da Literatura foram adaptados. A abordagem clássica apresentada por Merz *et al.* (2010) e Eleutério (2012) foi seguida para permitir analisar os componentes do risco de inundações. Assim, foi concebida uma metodologia em quatro etapas para a estimativa *a priori* de danos em um estudo de caso, como ilustra a Figura 4.12.

A primeira etapa consiste nas análises geográficas para um Estudo de Caso que dialogue com a Análise da base de informações, e que tenha disponibilidade de informações da geografia física e humana para permitir comparação das curvas construídas e referenciadas pela literatura.

A segunda representa a construção de um dos pilares da metodologia clássica de análise de riscos, a Análise da Ameaça, onde se simula e mapeia o comportamento de inundações em termos de probabilidades e magnitudes de eventos extremos e recorrentes. Isto permite retratar a ameaça de cada cenário do Estudo de Caso e fornece os insumos para a aplicação das CDI construídas na primeira parte da metodologia.

A terceira representa a construção do segundo pilar da metodologia clássica de análise de riscos, a Análise de Vulnerabilidade subdividida conforme Figura 3.1 na Revisão da Literatura. Ali há a Análise de Performance, que visa estudar o funcionamento das medidas estruturais de defesa, e há a Análise da Exposição, onde se estuda a distribuição dos imóveis, mapeamento dos rios, arranjo dos bairros, tipos de ocupação do solo e características socioeconômicas da urbanização.

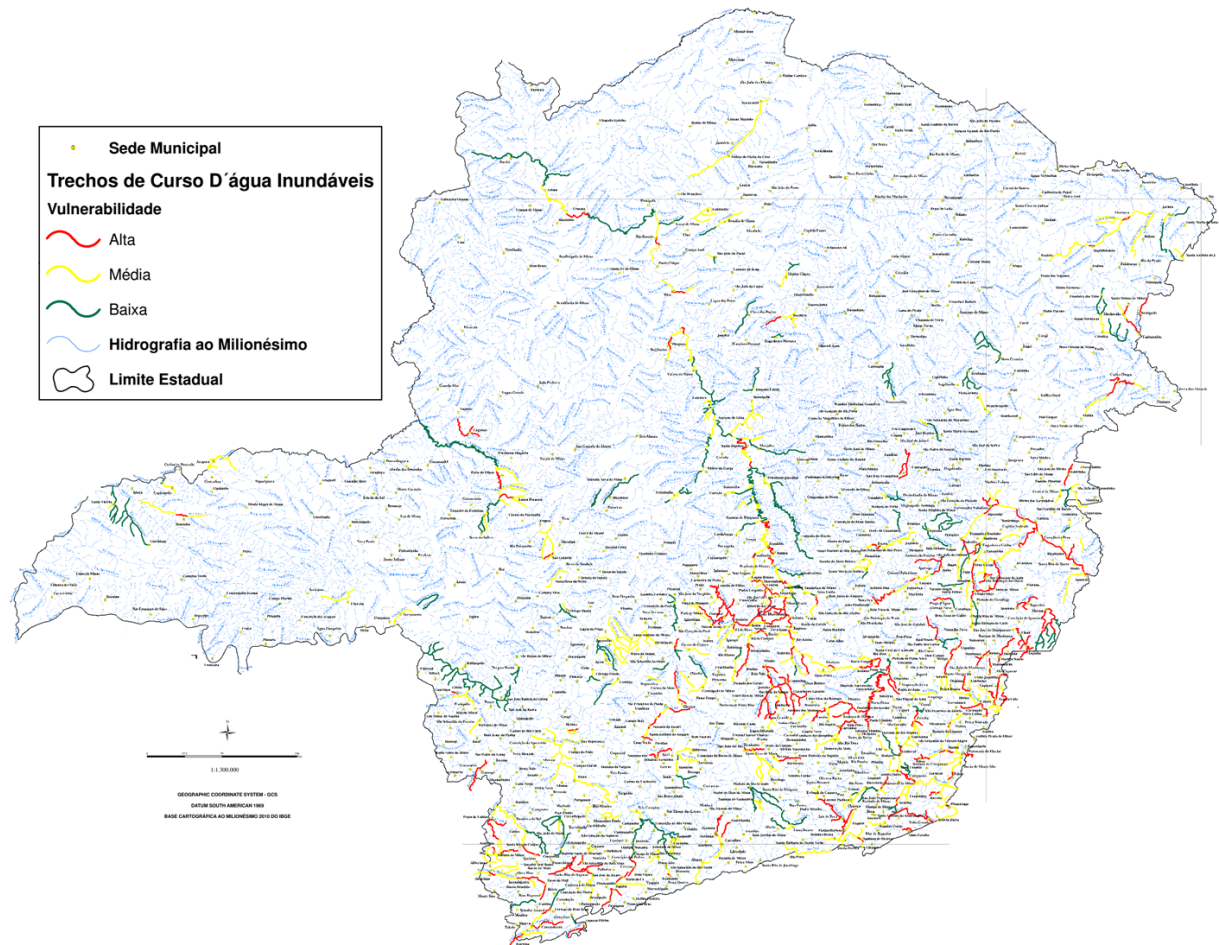
A quarta etapa apresenta a Análise das Consequências e permite estudar o cenário hipotético modelado nas três etapas precedentes. Isto é feito ao traduzir em valores as consequências das inundações por meio de a) CDI construídas na primeira parte da metodologia, e b) Custo Médio Anual (CMA), utilizando as probabilidades levantadas na segunda etapa. Isto fornece os insumos para a avaliação das CDI deste trabalho e das referências da literatura, apoiadas em um Estudo de Caso de local real em cenário hipotético. O desenvolvimento metodológico dessas etapas e o percurso para se avaliar as CDI são detalhados nos subitens seguintes.



**Figura 4.12** - Análise topológica da utilização de Curvas de Danos por Inundações (CDI).

#### 4.2.1 Estudo de caso

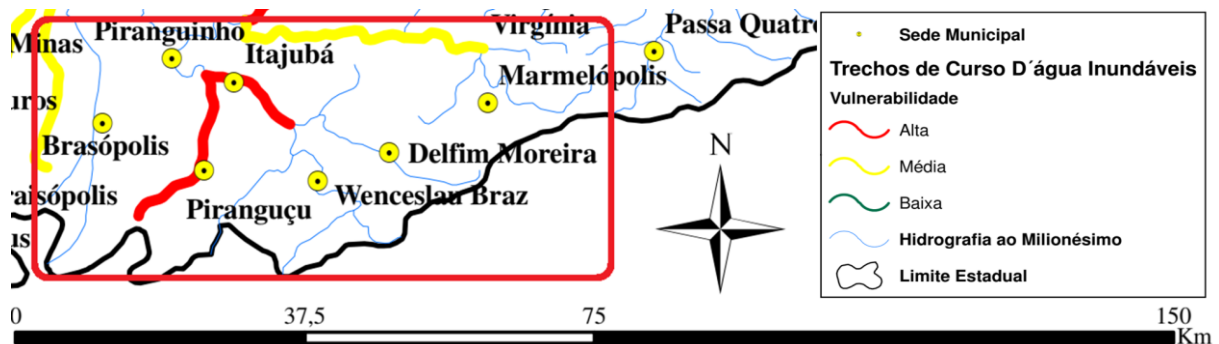
A CDI teve sua construção e uso direcionados para toda área do estado de Minas Gerais, como definido no item 4.1.1. O estado tem um monitoramento histórico de inundações, sendo que algumas destas áreas foram definidas pela ANA como de alta vulnerabilidade a inundações por critérios de otocodificação, frequência de ocorrência, grau de impacto e exposição. Desta forma, para garantir fidelidade das informações, os dados buscados estão especificamente em regiões urbanas em destaque vermelho na Figura 4.13.



**Figura 4.13** - Atlas de vulnerabilidade a inundações em Minas Gerais.  
Fonte: ANA, 2012.

Entretanto, para validar os produtos desta pesquisa, foi escolhida uma região menor e mais homogênea e onde são disponíveis dados o suficiente para uma modelagem computacional: a bacia do Rio Sapucaí. Em seu trecho que percorre a microrregião de Itajubá, no sul de Minas, o rio e as áreas vizinhas contam com as informações necessárias para simular o comportamento de uma inundação hipotética.

A escolha desta região também se justificou pela possibilidade de avaliação nos contextos de trabalhos já desenvolvidos na cidade (e.g.: Lima, 2003, Machado, 2005, Cançado, 2009, Milograna, 2009). A Figura 4.14 ilustra os municípios e corpos hídricos na região de interesse.



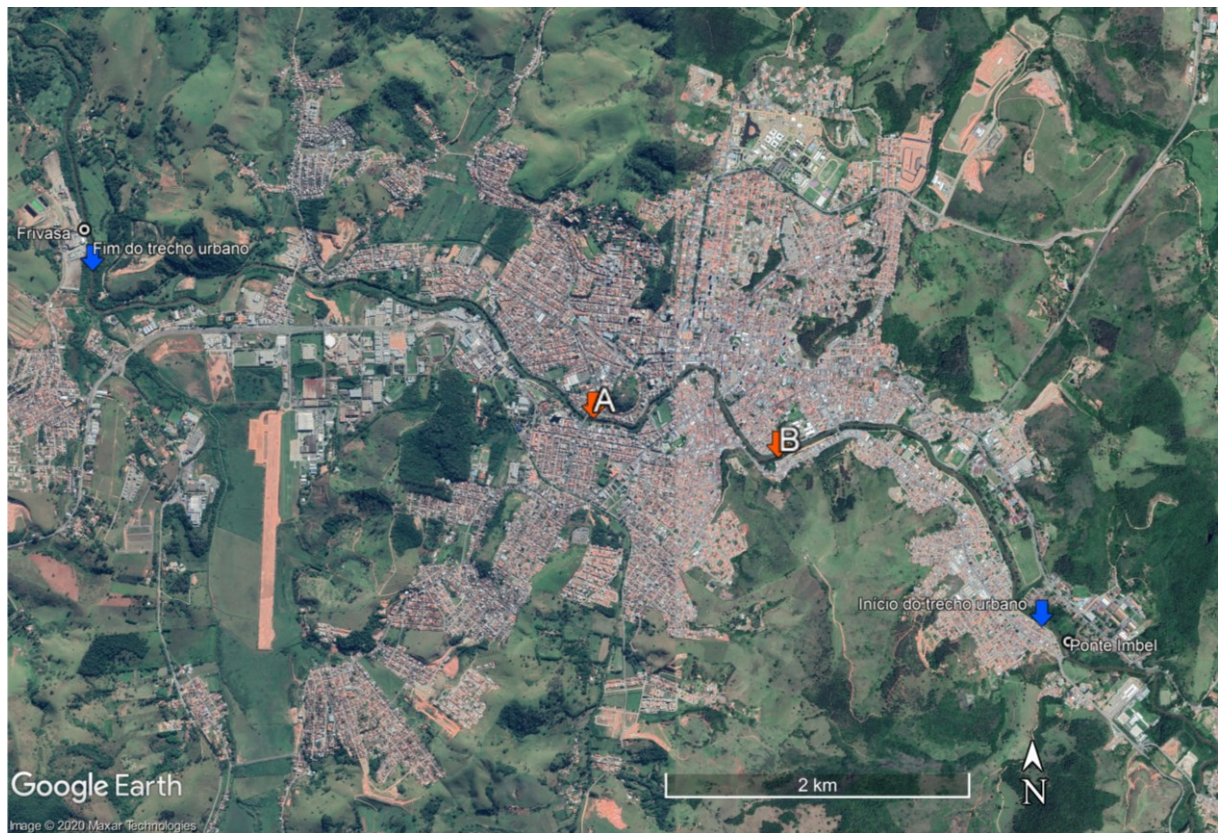
**Figura 4.14** - Destaque da área de interesse da pesquisa. Fonte: Adaptado de ANA, 2012.

O trecho selecionado recebe ainda contribuições vindas dos municípios de Delfim Moreira-MG, Wenceslau Braz-MG, Piranguçu-MG e Campos do Jordão-SP. A região apresenta tipo climático de Köppen  $C_{wb}$  (subtropical de altitude) e está inserida na bacia hidrográfica do rio Paraná, sub-bacia hidrográfica do Rio Grande no trecho médio do rio Sapucaí.

Segundo dados disponíveis no banco de dados CIDADES do IBGE, o município tem população residente urbana estimada de 82.764 habitantes (estimado para 2019) e um PIB de R\$ 219.163.401,40 (em 2017). Este município tem um histórico de enfrentamento de inundações registrados ao longo do desenvolvimento da região. Segundo o Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais (SIMGE), houve registros de danos nos anos de 1874, 1881, 1905, 1919, 1929, 1936, 1940, 1945, 1957, 1962, 1979, 1991 e 2000, sendo o último o mais severo. O histórico de enfrentamento e restauração da cidade provocou adaptações para a segurança que dispõe, além dos recursos institucionais, de uma rede de monitoramento amadora por câmeras mantida pelos cidadãos (disponível em <http://www.amineira.com.br/nivel-rio/>).

Após uma visita técnica realizada em maio de 2019, foi buscado um trecho do rio que fosse limitado por características hidráulicas uniformes e que incorpore a área urbana de Itajubá. Desta forma, foi arbitrado o segmento entre a ponte da Imbel (montante) e o frigorífico Frivasa (jusante), em um percurso de 7,90 km de extensão, iniciando-se em um talvegue de aproximadamente 0,70 km de largura, atravessando uma planície de largura média de 1,7 km com exutório em trecho natural com largura de aproximadamente 0,42 km. Estas informações foram obtidas através do diretório de geociências do IBGE.

A Figura 4.15 apresenta a delimitação das margens do Rio Sapucaí no percurso urbano em Itajubá-MG, obtidas pelo *software* Google Earth Pro v.7.3, destacando dois marcos de referência A-B para referenciar onde o rio atravessa o centro da cidade.



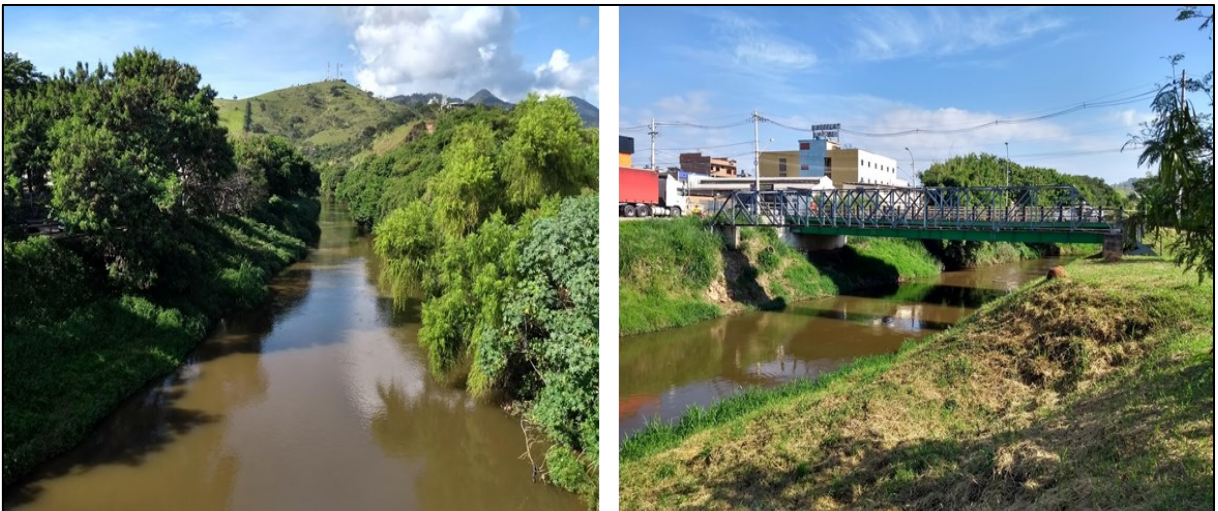
**Figura 4.15** - Percurso do Rio Sapucaí na área urbana de Itajubá-MG. Destaques nas áreas centrais próximas ao Parque de Exposições (A) e Igreja de Nossa Senhora da Soledade (B).  
Fonte: Google-Maxxar, 2018.

Neste caso, o detalhamento das informações será coincidente aos produtos da missão *Advance Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer - ASTER* da Agência Espacial Norte Americana (NASA), que teve como objetivo elaborar um modelo digital do terreno do planeta disponibilizado livremente desde 2014. Entretanto, a resolução deste produto é de 30 m x 30 m na região deste estudo, muito grosseira para explorar as capacidades de modelagem da ameaça e um novo levantamento, mais preciso, foi buscado para garantir uma resolução a nível de lotes (a ser apresentado no subitem seguinte).

A transição do rio do trecho rural para o urbano não provoca severas alterações na sua declividade ou revestimento e a Figura 4.16 ilustra o cenário encontrado em dezembro de 2019 a montante e a jusante da ponte da Imbel. A Figura 4.17 demonstra as características uniformes de suas margens com revestimento natural.



**Figura 4.16** - Aspecto da calha principal do Rio Sapucaí em área rural (acima) e área urbana (abaixo). – Visita técnica realizada em 26/12/2019.



**Figura 4.17** - Áreas de interface entre a cidade de Itajubá-MG e o Rio Sapucaí. Percurso próximo ao Mercado Municipal (esquerda) e percurso próximo à igreja matriz (direita). – Visita técnica realizada em 01/05/2019.

#### 4.2.2 Análise da ameaça

No contexto do risco estudado neste trabalho, as profundidades de inundações potenciais foram objeto da identificação da ameaça preponderante, visto que, conforme explicado anteriormente (Análise da vulnerabilidade - susceptibilidade), esse parâmetro hidráulico foi utilizado e referenciado pela literatura e utilizado na construção da CDI desse trabalho. Além disso, a Revisão da Literatura apresentou que este é o único parâmetro usado nas CDI da literatura nacional e, portanto, o único meio de avaliação entre as curvas.

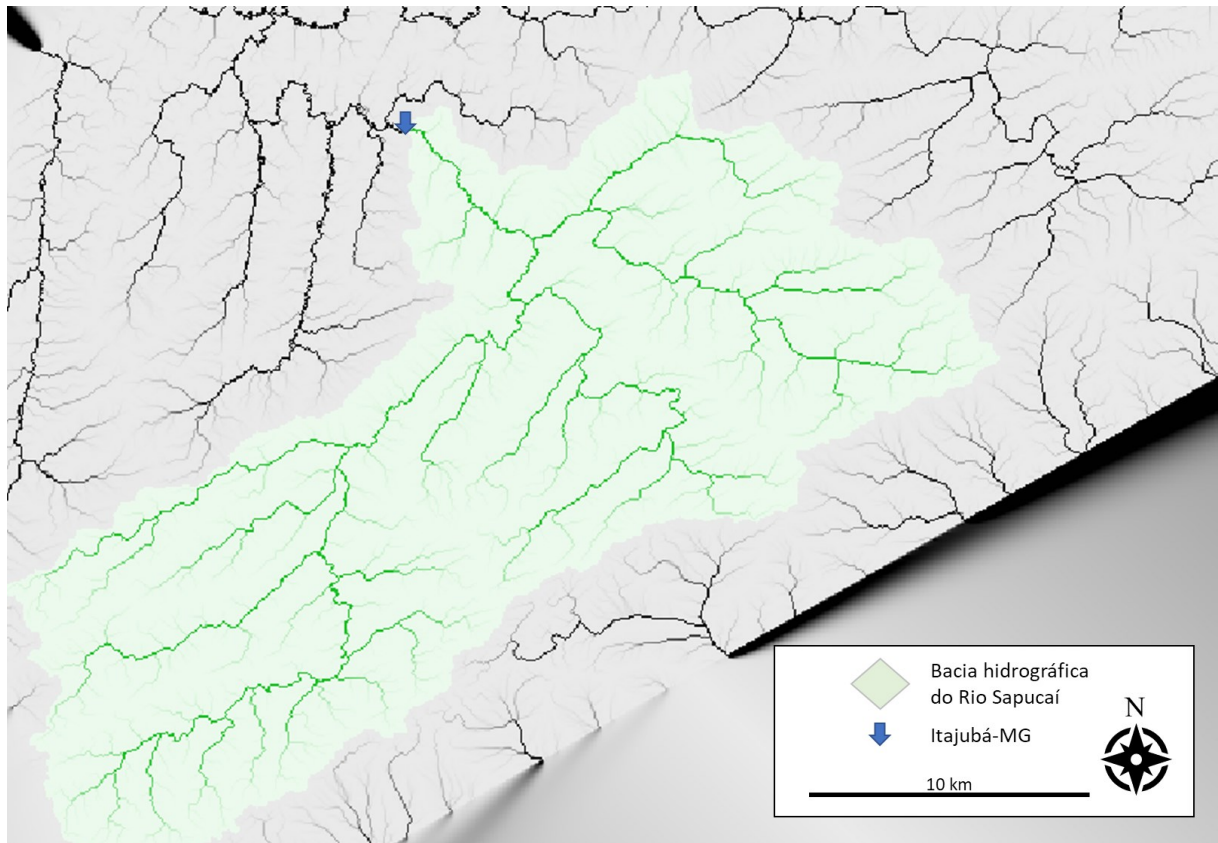
Uma nova etapa é necessária para integrar estudos de chuvas e inundações ao de danos e isto pode ser obtido através do uso de dados hidráulicos e hidrológicos aplicados a um levantamento referenciado de imóveis. Este cenário simulado foi obtido através de uma modelagem matemática computacional com *softwares* dedicados e de acesso gratuito (em fins científicos).

Assim, para garantir uma avaliação detalhada e checar a efetividade do modelo de danos, procedeu-se ao estudo de magnitude e frequência de cheias, obtidas por meio de modelagens matemáticas e computacionais, associadas ao Modelo Digital de Terreno – MDT com mais detalhes na região de interface do rio com a superfície urbanizada em Itajubá-MG.

As informações das elevações do terreno são fundamentais para entender como estão expostos os bairros (a ser explorado na etapa 3) e por quais percursos a vazão de projeto deve passar. A estimativa das vazões depende de cálculos computacionais e envolvem os conhecimentos empenhados nas disciplinas do departamento de Engenharia de Hidráulica e Recursos Hídricos-EHR da UFMG, englobando desde a estimativa da vazão de projeto até o comportamento do escoamento bidimensional sobre uma bacia urbana representativa.

##### Estudos hidrológicos – análise de frequência

Esta etapa visa estudar a magnitude e frequência das vazões na bacia do Rio Sapucaí. Com a bacia assumida para este estudo de caso, e considerando o ponto de chegada das vazões no início do trecho urbano, foi possível checar a extensão da bacia pelas informações de relevo da região, obtidas por meio da base topográfica ASTER. O recorte dos limites da bacia está ilustrado pela Figura 4.18 e foi extraído através das ferramentas *watershed* e *water.outlet* disponíveis na extensão Grass do *software* QuantumGis, indicando uma superfície de 869 km<sup>2</sup>.



**Figura 4.18** - Delimitação das bacias à montante da cidade de Itajubá-MG por meio de geoprocessamento pelo *software* QGis.

Neste cenário e com uma bacia tão extensa para a avaliação de uma cheia urbana, foi escolhida uma estação hidrometeorológica representativa e instalada a montante da área urbana: o posto telemétrico código 61271000. Esta estação pertence ao Rio Sapucaí, Sub Bacia Rio Grande e bacia do Rio Paraná e tem o mesmo nome do município. Sua instalação foi feita próximo ao início do trecho considerado urbano neste trabalho (Figura 4.19).

A estação está sob responsabilidade da ANA e IGAM-MG e suas informações, disponíveis no Hidroweb, contêm registros desde 1974. Suas vazões médias diárias estão consistidas em valores médios diários até 2014, mas há medição diária (às 7h e 17h) do nível d'água disponível deste ano até 2019. Uma representação gráfica destes valores está disponível no Apêndice C (Figura A.1). Entre os arquivos disponibilizados há o registro de uma curva de descarga com nível de consistência 2, ou seja, cuja leitura de vazão está validada por uma leitura de cota (intervalo de validade: 30cm, 600cm), relacionadas pela Equação 4.1.



**Figura 4.19** - Localização da estação 61271000. Fonte: Hidroweb, 2020.

$$Q_h = a(H - h_0)^n$$

**Equação 4.1**

na qual:

a = coeficiente empírico (13,7375);

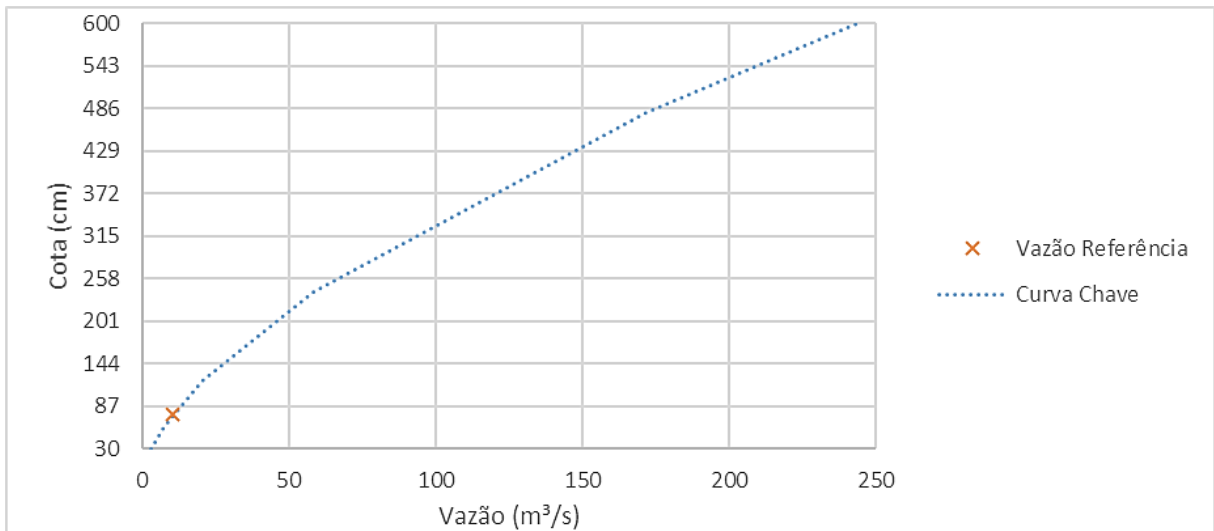
n = coeficiente empírico (1,593);

$h_0$  = cota de ajuste (-0,08 cm);

H = cota do nível d'água observado (cm).

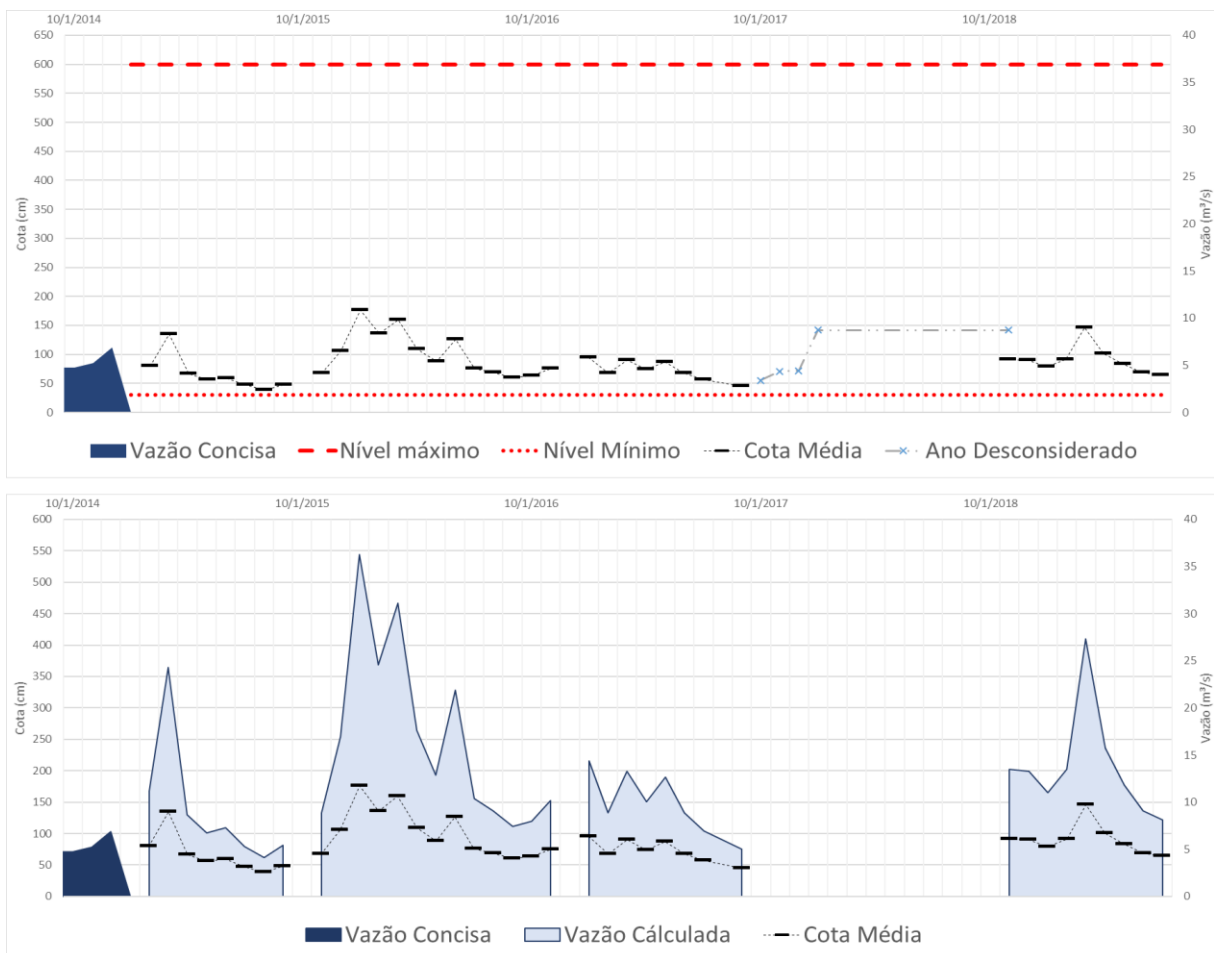
A curva definida por esta equação foi validada observando uma data onde haja cota registrada (posterior à data de criação da curva: 06/10/2006) e comparando a vazão produzida ao percurso da curva. Assim, para a cota média de 76 cm observada em um dos dias da série, em 27/05/2019, a vazão calculada é de 10,40 m<sup>3</sup>/s, 2% superior à vazão observada de 10,20 m<sup>3</sup>/s (mas ainda não consistida pela ANA). Esta relação está ilustrada pela Figura 4.20.

Assim, para conferir uma série de vazões mais extensa e mais recente, contado com as leituras de cotas, este trabalho considerou o cálculo das vazões pela curva de descarga para o período onde somente o cotograma está registrado. Com a série de vazões resultante é possível realizar um estudo estatístico que relacione o grupo amostral de cheias máximas observadas a um grupo de cheias máximas estimadas.



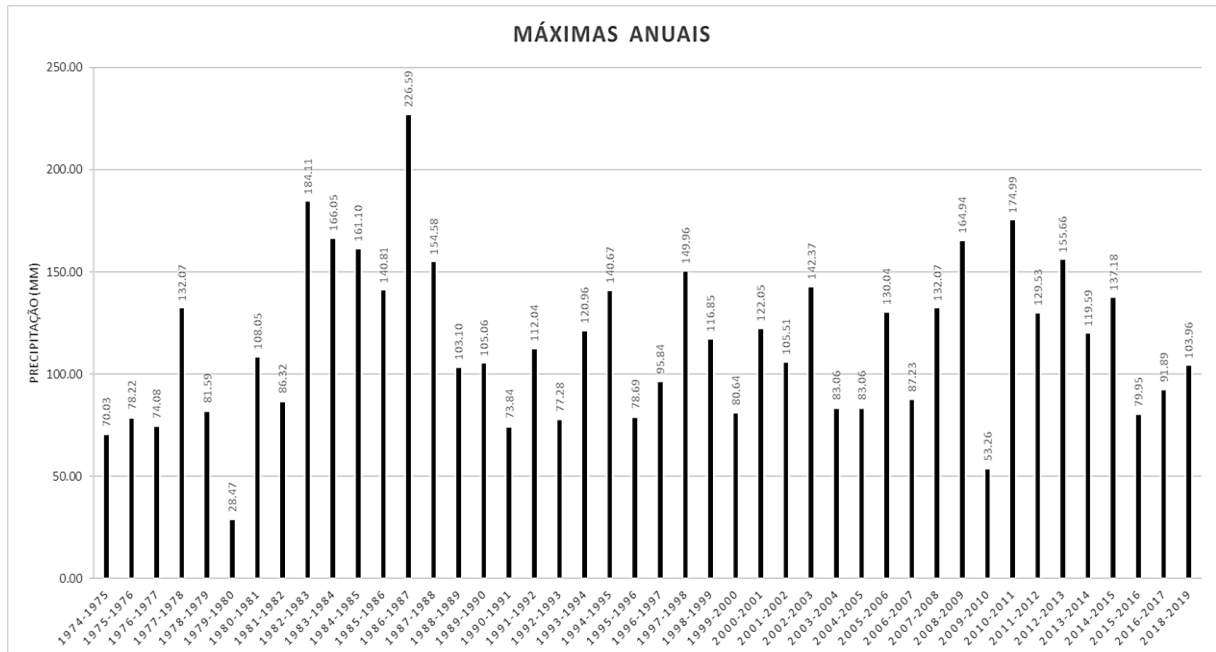
**Figura 4.20** - Vazão de referência em 27/05/2019 avaliada sobre a curva chave da estação 61271000.

Um percalço no uso dos dados mais recentes é a falta de leituras entre fevereiro e outubro de 2018. Em consequência disto, o intervalo do ano hidrológico 2017-2018 foi desconsiderado neste trabalho. Uma representação gráfica dos períodos de medição do cotagrama e dos valores de vazão calculados pela curva chave está ilustrada pela Figura 4.21.



**Figura 4.21** - Extensão da série de vazões concisas com vazões calculadas entre os anos 2014 e 2019, no intervalo de validade da curva de descarga.

Com a série de vazões médias diárias completa, foi possível analisar todas as vazões, organizadas anualmente, para revelar os valores da série de vazões máximas anuais já recebidas pela estação 61871000 (Figura 4.22). Por meio do método estatístico de análise de frequência local foi possível propor distribuições teóricas de probabilidade e estimativa de seus parâmetros e testar sua aderência à curva teórica.



**Figura 4.22 - Magnitude das vazões máximas anuais.**

Para selecionar a distribuição que melhor representa a amostra e que permite a extrapolação de valores em intervalos confiáveis, foi utilizado o *software* Sistema Especialista para Análise de Frequência – SEAF em sua versão 1.0. Esta ferramenta foi elaborada pelo eng. Márcio Cândido no SMARH e utiliza o método dos momentos-L para padronizar o processo de escolha e tomada de decisões na definição das distribuições de probabilidades mais adequadas. Sua rotina inclui a apresentação das estatísticas descritivas e dos testes não paramétricos de Kendall, Mann-Kendall, Grubbs-Beck e assimetria, disponível no Apêndice D.

Por fim, o sistema especialista realizou a iteração e classificação dos métodos de distribuição estatísticos para recomendar as quatro distribuições com melhor fração de confiança (Figura 4.23). As três curvas com melhor aderência foram plotadas em uma distribuição logarítmica (Figura 4.24). Mas para que a melhor distribuição pudesse ser escolhida, foi checada a porcentagem da variação das vazões, mais bem representada pela distribuição: Pearson-III.

```

SISTEMA ESPECIALISTA

(1)Selecione uma distribuição pelo teste da Variância dos momentos-L...
- a distribuição Normal é selecionada com 0.51 de confiança
- a distribuição LogNormal é selecionada com 0.79 de confiança
- a distribuição Gumbel é selecionada com 0.88 de confiança
- a distribuição Pearson-III é selecionada com 0.97 de confiança
- a distribuição LogPearson-III é selecionada com 0.99 de confiança
- a distribuição GEU é selecionada com 0.96 de confiança

(2)Selecione uma distribuição pelo teste de Filliben...
- a distribuição Normal é selecionada com 0.67 de confiança
- a distribuição Gumbel é selecionada com 0.91 de confiança
- a distribuição Pearson-III é selecionada com 0.82 de confiança
- a distribuição GEU é selecionada com 0.88 de confiança

(3)Procurando razões para rejeitar alguma das distribuições selecionadas...
- a distribuição LogPearson-III é rejeitada, porque a assimetria dos
  logaritmos dos dados é negativa
- a distribuição GEU é rejeitada, porque o parâmetro de forma
  é positivo

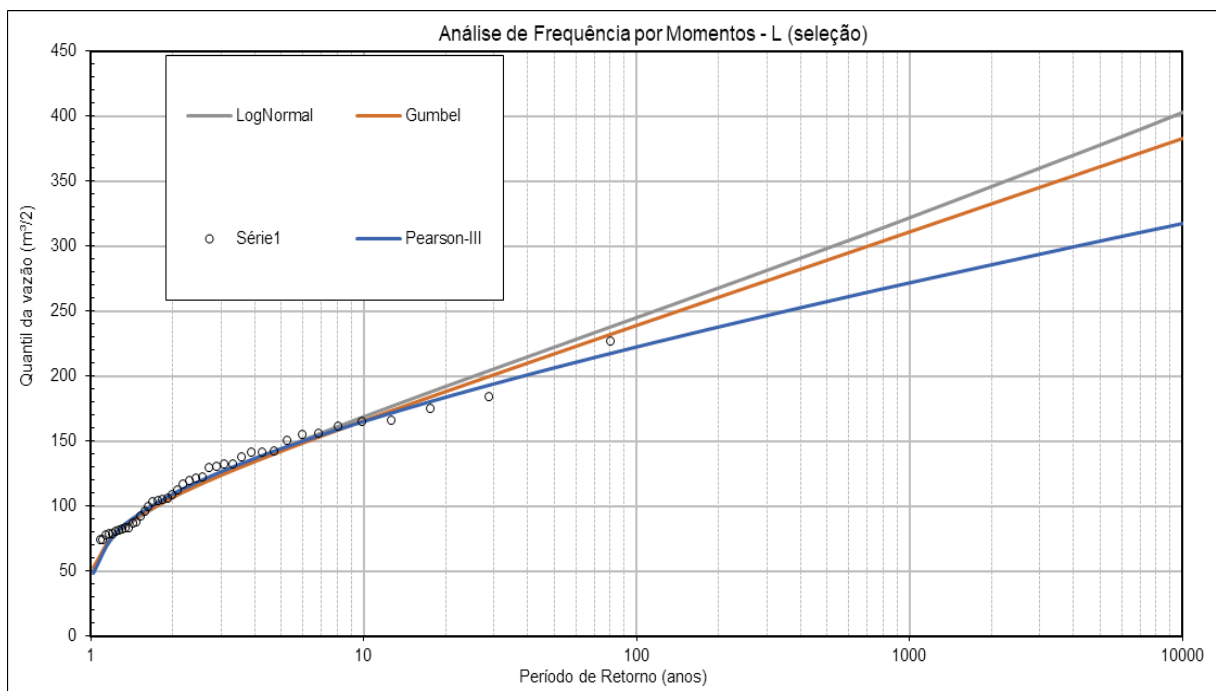
(4)Verificando a parsimônia entre as distribuições selecionadas...

(5)Distribuições recomendadas...
- LogNormal com 0.6466 de confiança
- Pearson-III com 0.8971 de confiança
- Gumbel com 0.8984 de confiança
- Normal com 0.5889 de confiança

ATENÇÃO: feche esta janela antes de fazer outra análise.
CLIPS> _

```

**Figura 4.23** - Apresentação das distribuições de probabilidades qualificadas pelo sistema de pós processamento do SEAF.

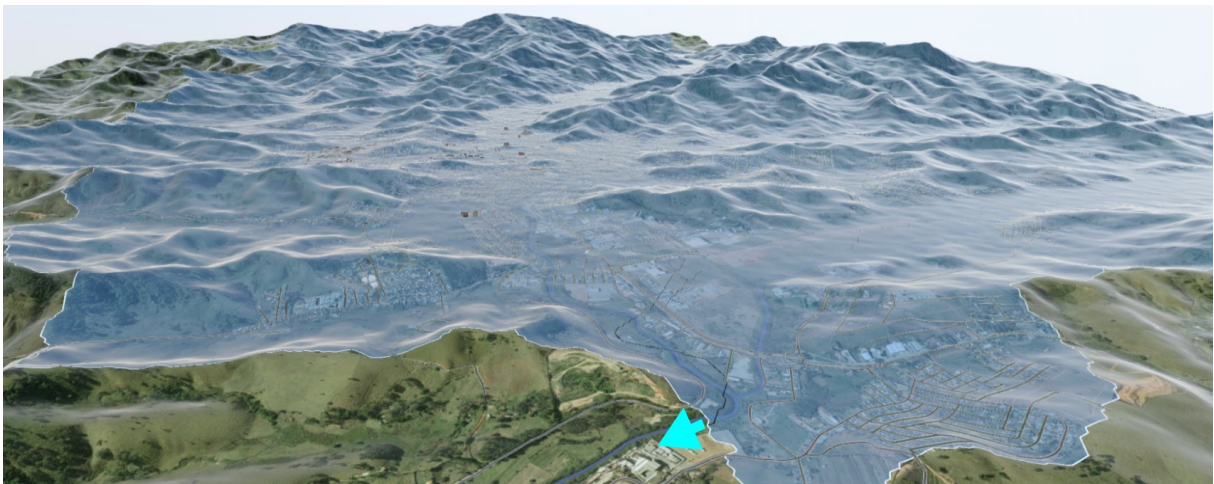


**Figura 4.24** - Apresentação gráfica das distribuições de probabilidades recomendadas com melhor intervalo de confiança.

Por fim, foi verificado que nas cheias de grande intensidade, como a de janeiro de 2000 em Itajubá, as vazões de pico são persistentes por mais de 10h, o que indica que o hidrograma de vazões deve contar com os valores mais altos ao longo do intervalo 7h-17h. Assim, este trabalho considerou que o hidrograma afluente apresenta vazões gradualmente variadas entre a vazão média de longo termo da estação e a vazão de pico deste estudo hidrológico.

### Estudos hidráulicos – mapeamento de inundações

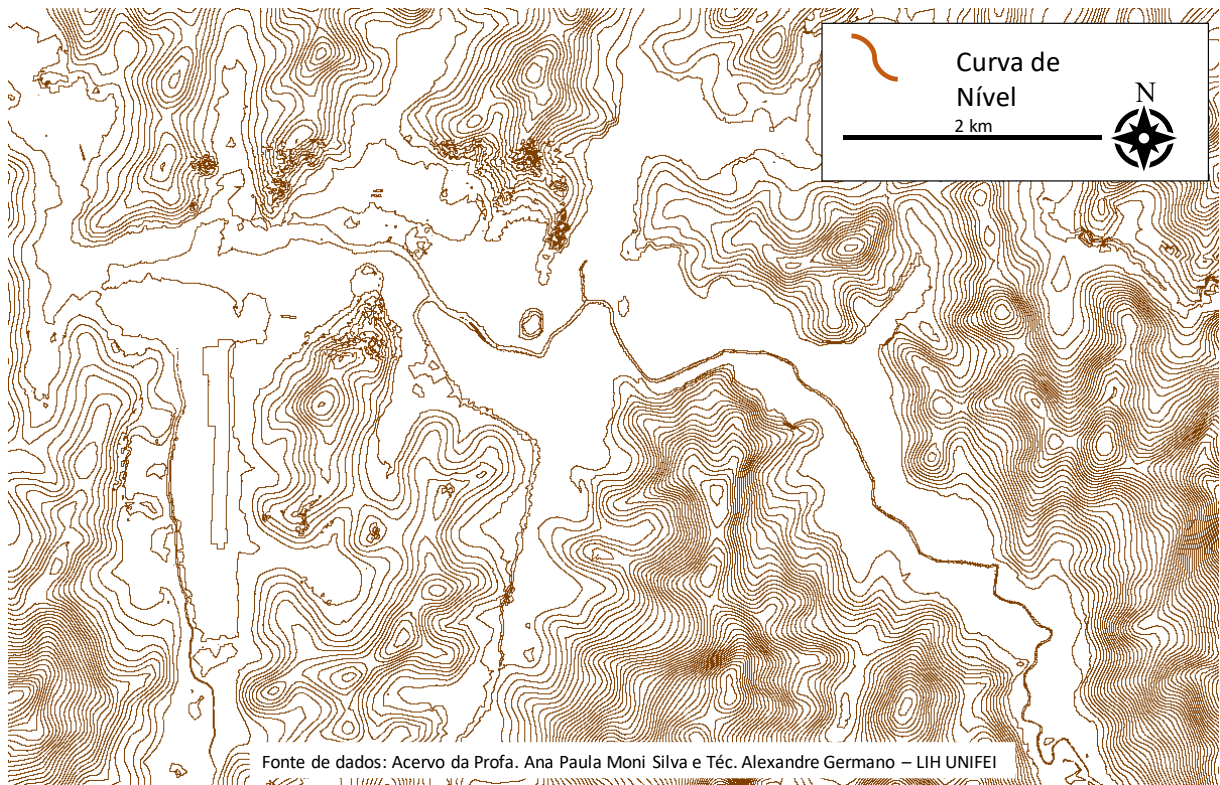
Esta etapa buscou utilizar os recursos computacionais da modelagem hidráulica que permitem avaliar as profundidades resultantes da passagem das cheias, seja dentro da calha, seja na planície de inundação. Para aprimorar a precisão das elevações da superfície consultada no Estudo de caso, novo MDT foi buscado. Para definir os limites de interesse para um novo cadastro topográfico, foi realizada uma checagem dos limites das áreas de escoamento urbanas que convergem no exutório, arbitrado como o primeiro trecho linear após a mancha urbana através da ferramenta “HIDROGRAFIA”, disponível para modelos digitais de terreno processadas pelo *software* Autodesk InfraWorks. Este procedimento permite ilustrar quais áreas devem ser incluídas na topografia (Figura 4.25).



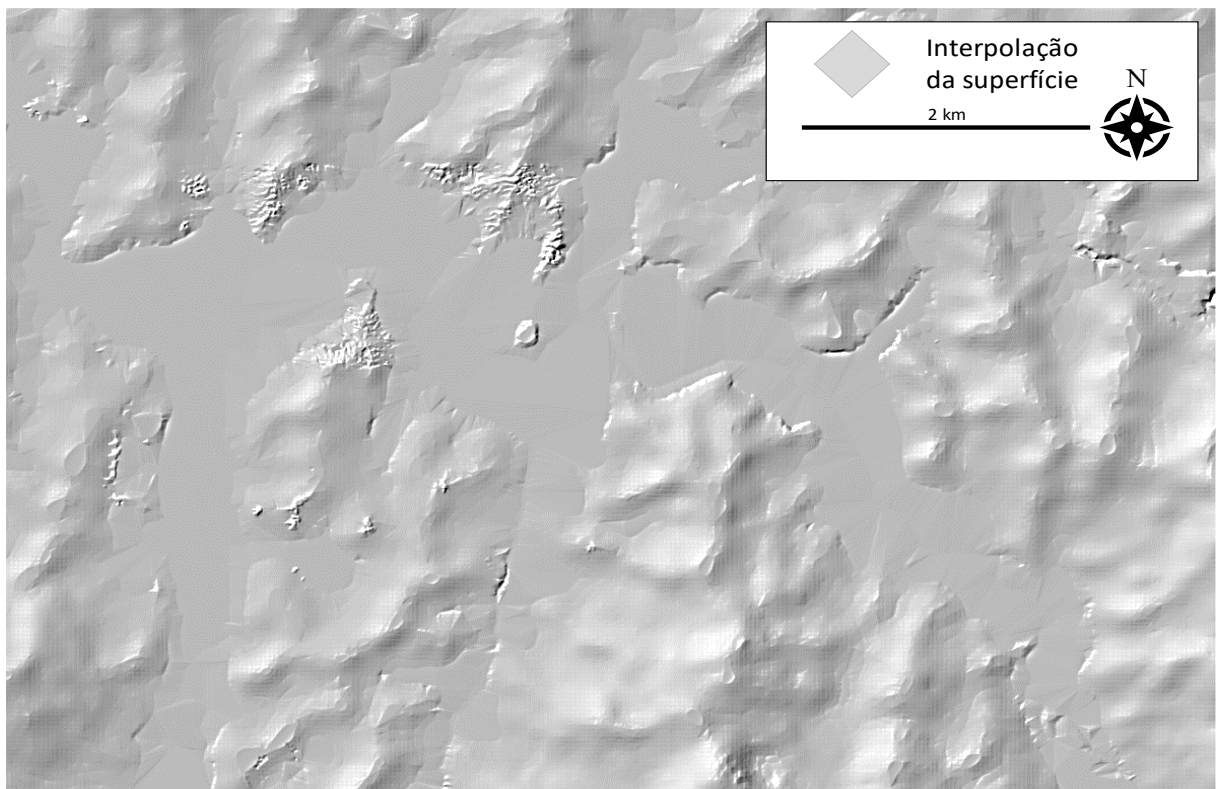
**Figura 4.25** - Ilustração tridimensional dos limites da área urbana de interesse para a topografia – destaque para o exutório na direção do escoamento.

Desta forma, as áreas sujeitas a inundações ficam delimitadas por critérios topográficos e com auxílio de ferramenta de desenho assistido por computador (CAD), evitando erros na tomada manual dos limites de interesse. A topografia utilizada foi preparada pelo Laboratório de Informações Hídricas - LIH da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI e contempla a área de interesse.

Em seu formato original, a topografia contém curvas de nível com elevações a cada 10m agrupadas em um arquivo no formato *drawing exchange format* - .dxf (Figura 4.26). Através do *software* Autodesk Civil3D e sua ferramenta “SUPERFÍCIE”, as linhas foram convertidas em um objeto tridimensional que corresponde à superfície do terreno (Figura 4.27). Um produto deste novo elemento é a uma malha no formato *triangulated irregular networks* - .tin que pode ser exportada como *tagged image file format* - .tiff com referências geográficas embutidas (padrão GeoTIFF) para qualquer ferramenta que opere um *geographic information system* – GIS.

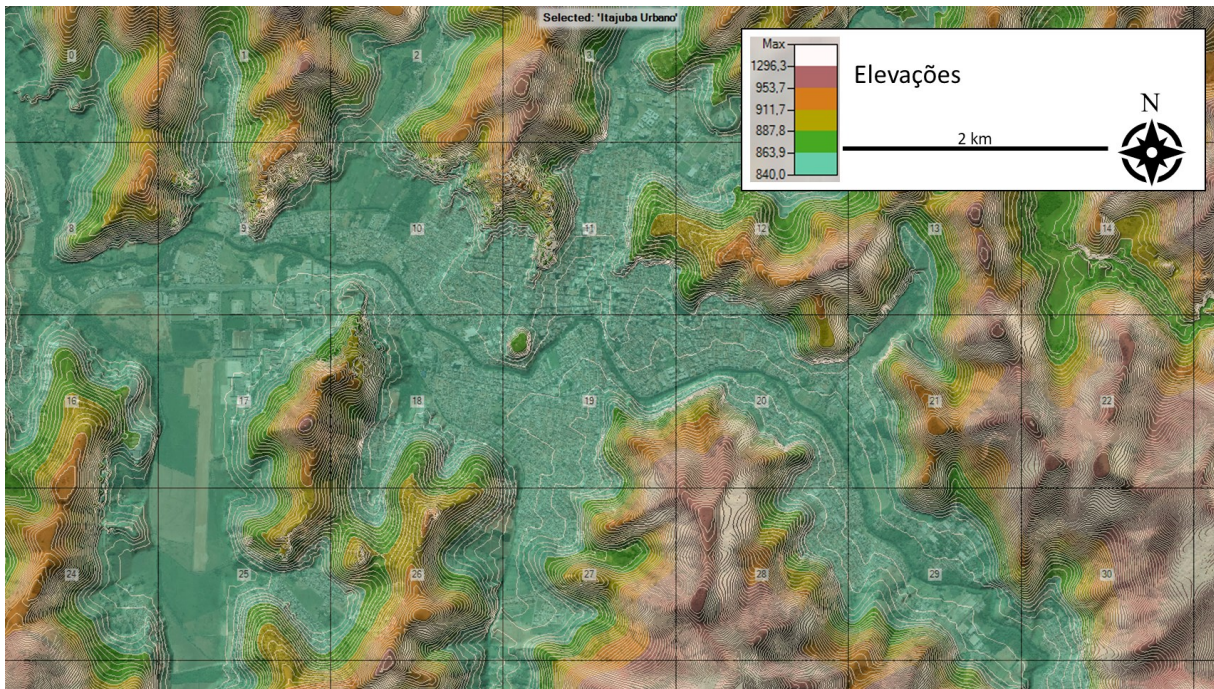


**Figura 4.26** - Curvas de nível que definem as elevações do MDT.



**Figura 4.27** - Superfície tridimensional representativa do terreno.

Como o referenciamento foi feito em Sirgas 2.000, neste trabalho, foi utilizado o *software* QuantumGIS para checar em um dos *web map service* -WMS se a posição da área urbana estava encaixada nas elevações (Figura 4.28).



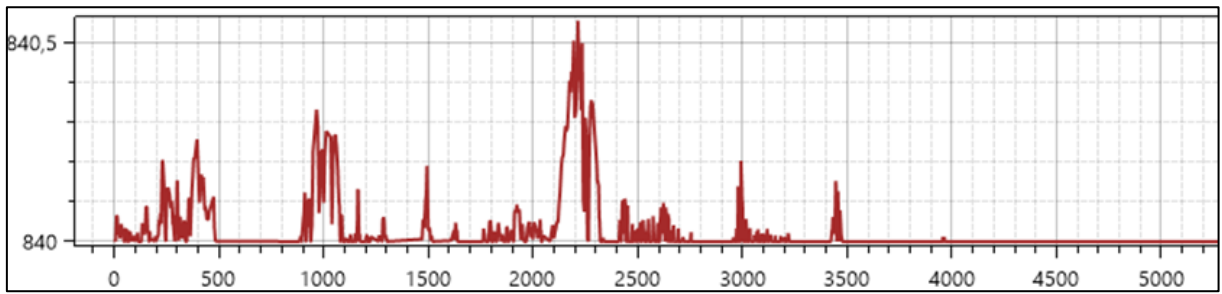
**Figura 4.28** - Superfície geograficamente referenciada.

Muito embora existam contribuições de corpos hídricos menores ao longo da área urbana e que, mesmo ela seja responsável pelo escoamento importante das áreas impermeáveis, a modelagem hidráulica só pôde assumir os dados hidrológicos disponíveis para o rio principal para o fim desta avaliação hipotética. Assim, é o risco de inundação causado pelas respostas da bacia do Rio Sapucaí o avaliado.

Com as informações do Estudo de caso e por conhecimento do autor sobre a região, considerou-se que o leito do rio mantém inclinação, profundidade e rugosidade muito semelhantes ao longo do trajeto urbano. Além disto, as condições de entrada e saída do rio são em canal retilíneo em profundidade normal, sendo necessária a inserção do hidrograma afluente e inclinação da seção de saída nos dados de vazão uniformemente variada.

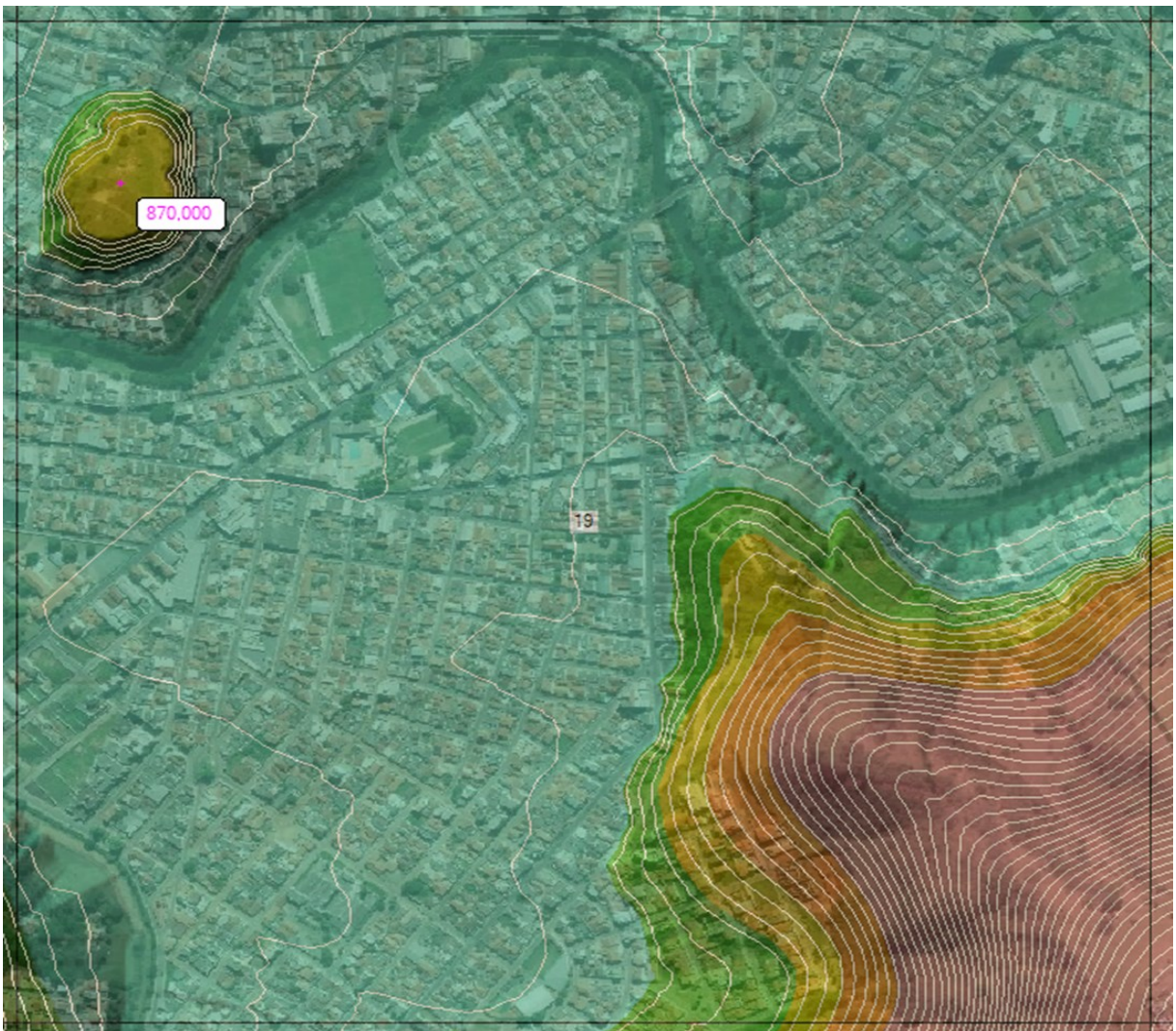
Com as vazões afluentes consideradas nos intervalos de leitura regular do cotograma, a modelagem hidráulica resultou no desempenho do escoamento do rio Sapucaí dentro e fora da calha natural, de acordo com a precisão do modelo topográfico e da rugosidade.

Apesar da precisão das informações do modelo digital de terreno produzido pela UNIFEI, o modelo virtual da planície de inundação não contém detalhes do percurso da calha principal, uma vez que este tipo de levantamento trata a superfície da água como o limite de leitura de informações. Consequentemente, o percurso correspondente ao rio não tenha relação com o formato e a declividade do fundo do canal, apresentando eventualmente elevações crescentes ao longo do seu percurso (Figura 4.29).



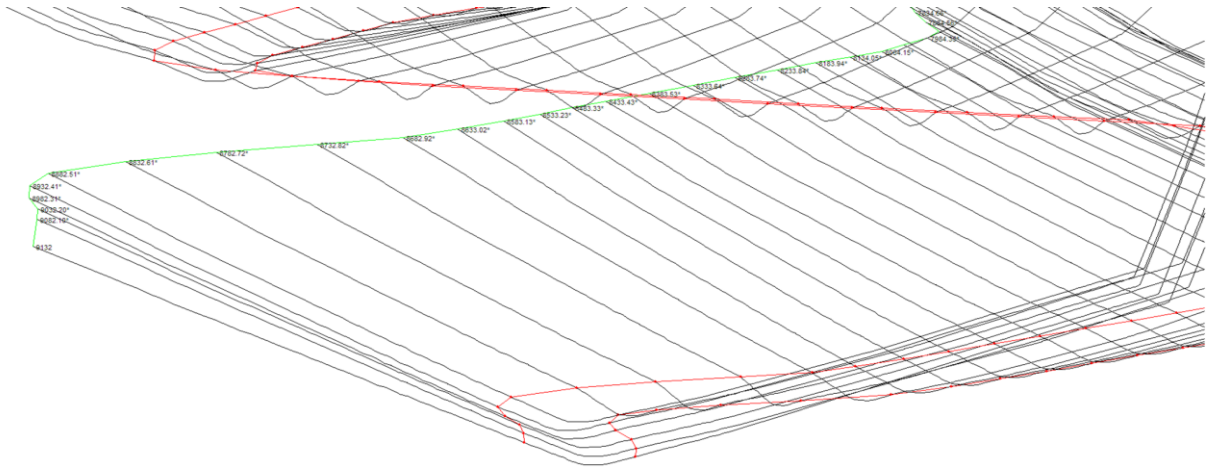
**Figura 4.29** - Variação das elevações da cota de fundo do canal (ordenadas) ao longo do comprimento do canal (ordenadas), em metros.

Isto ocorre pois, com as informações topográficas só seria possível apresentar uma interpolação do ponto mais baixo do talvegue e as margens poderiam ser assumidas como a última curva de nível (Figura 4.30). A seção resultante extraída pela ferramenta RAS-Mapper<sup>15</sup> do *software* HEC-RAS pode ser observada pela Figura 4.31.



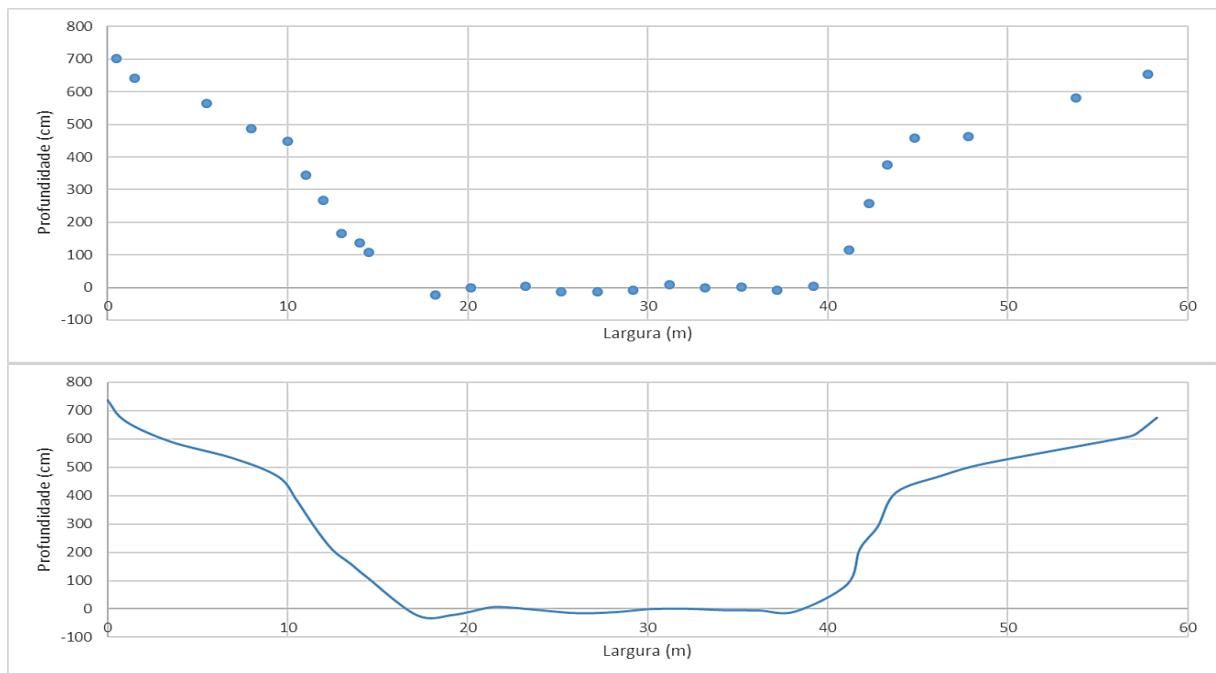
**Figura 4.30** - Detalhe do intervalo A-B: a distribuição das curvas de nível na superfície do município não contempla a batimetria do canal.

<sup>15</sup> Esta é a ferramenta recomendada pelo UN-SPIDER (2020).

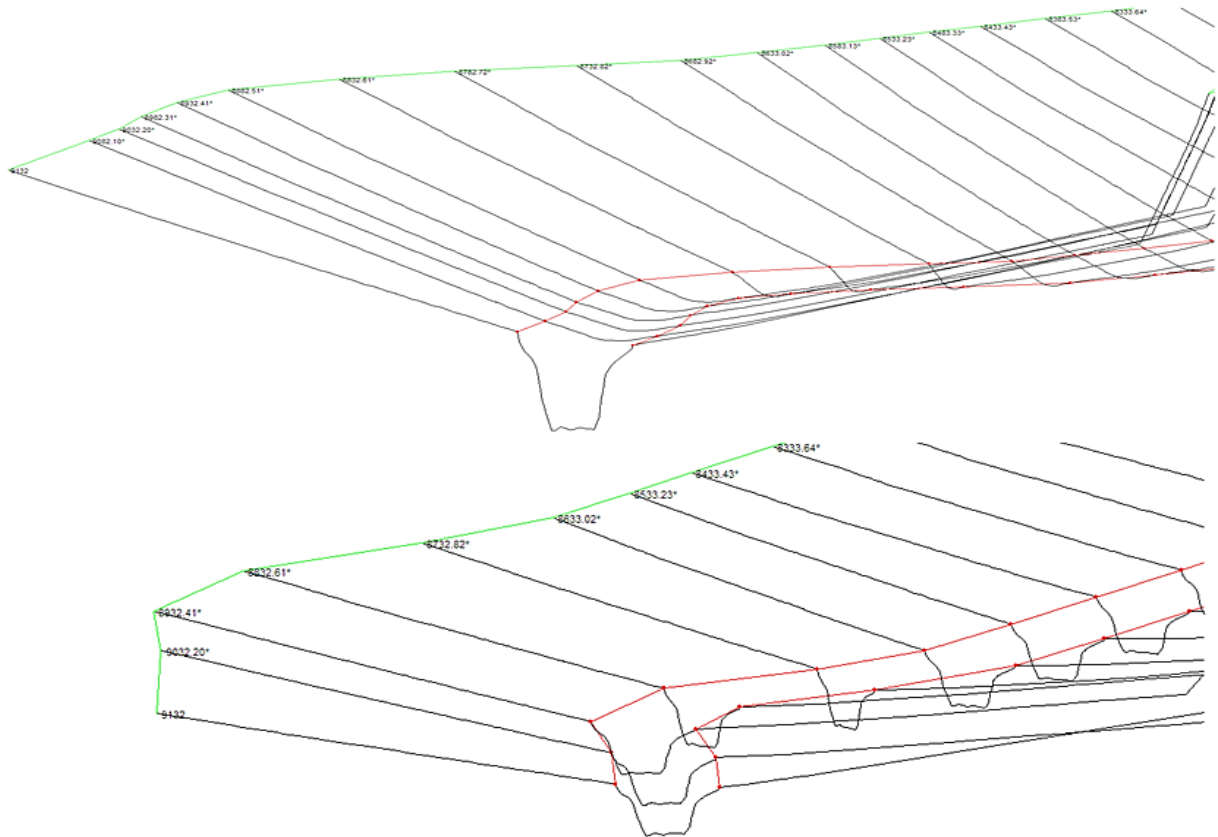


**Figura 4.31** - Seções de 30 m típicas entre as margens do Rio Sapucaí não contemplaram a profundidade real do canal entre suas margens.

Nesta etapa, para que a simulação hidráulica conte com um percurso factível e referenciado, recorreu-se às informações adicionais da estação 61271000 para integrar a batimetria do canal. Os dados podem ser consultados através do arquivo *PerfilTransversal\_C\_61271000*, disponível como dado telemétrico do Hidroweb. A informação é fornecida como distribuição dos pontos coletados na batimetria (Figura 4.32), e puderam ser unidos pela ferramenta *Edit Cross Section* do editor de geometrias do HEC-RAS. Em seguida, cada seção pode ser reproduzida ao longo do trecho de análise pela interpolação entre o ponto definido como emboque e o de desemboque pelo recurso *XS Interpolation* (Figura 4.33).



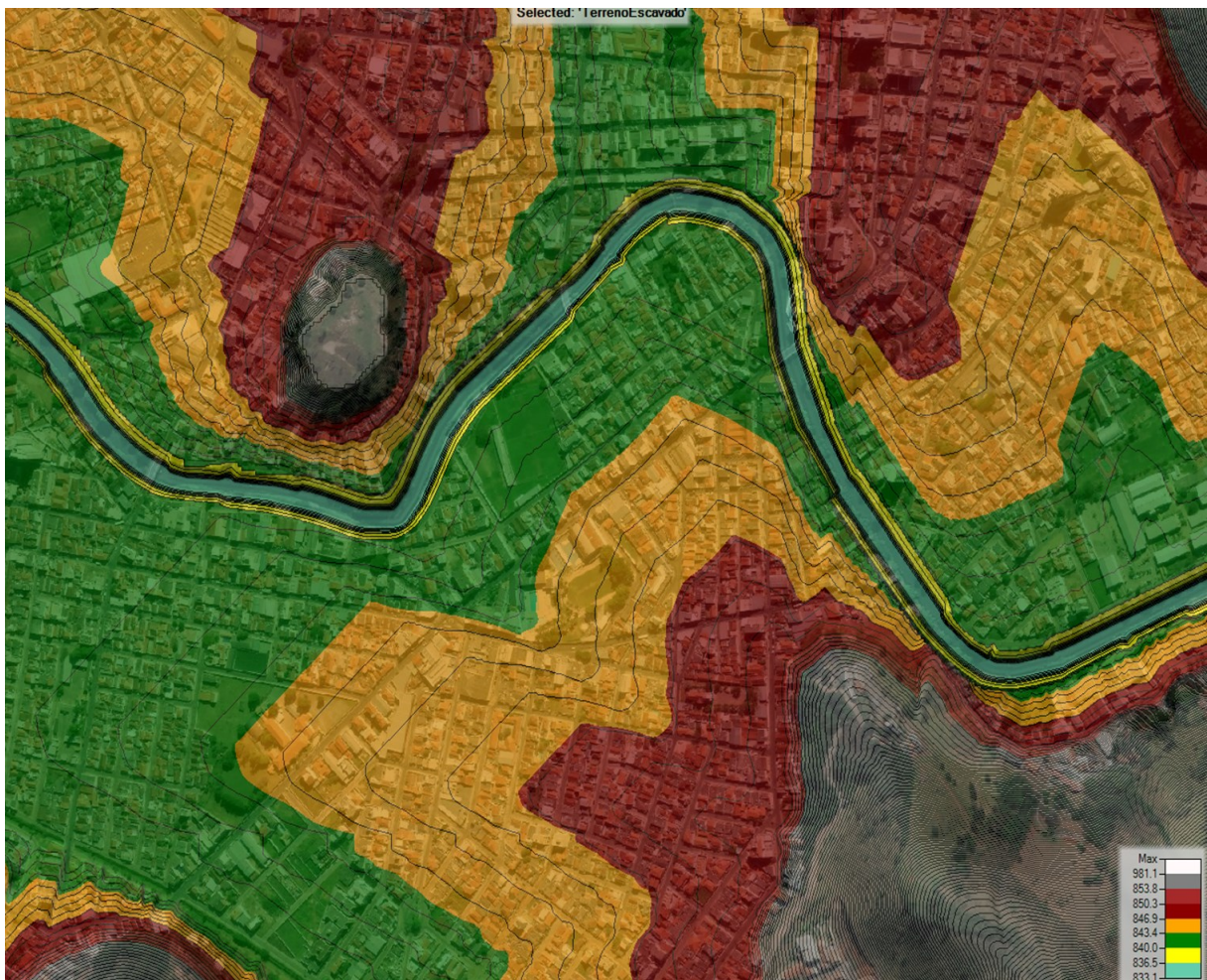
**Figura 4.32** - Sequência de pontos registrados pelo levantamento do perfil transversal (acima) e a linha batimétrica resultante da sua interpolação (abaixo).



**Figura 4.33** - Seções antes (acima) e após (abaixo) interpolar a batimetria entre as margens do Rio Sapucaí.

Como resultado, uma nova geometria foi gerada em concordância com as seções, em declividade constante aproximada de 1,0%. Sobre esta superfície, foi considerado o coeficiente de rugosidade de Manning de 0.025 (Chow, 1959) baseando no revestimento de solo argiloso natural observado na visita técnica.

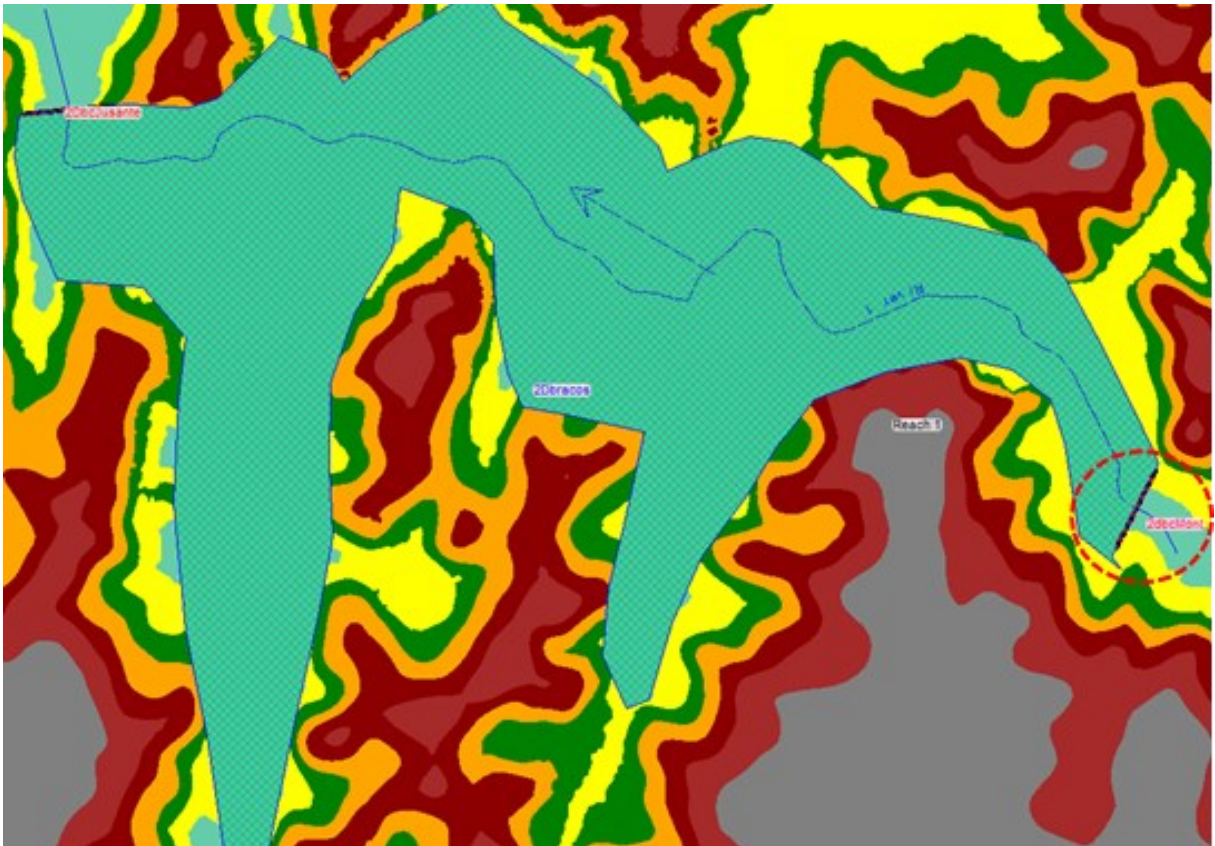
Para a simulação apresentar a extensão da inundação e demonstrar as profundidades mais detalhadamente entre as seções, esta nova geometria transformada em GeoTIFF através da ferramenta Ras-Mapper, que permite ainda que ela seja empilhada à geometria original, fazendo prevalecer as elevações da seção construída. O resultado é que o MDT apresenta a correção da batimetria pelo percurso do canal, permitindo que uma modelagem bidimensional seja construída. A Figura 4.34 ilustra as alterações observadas em relação à Figura 4.30.



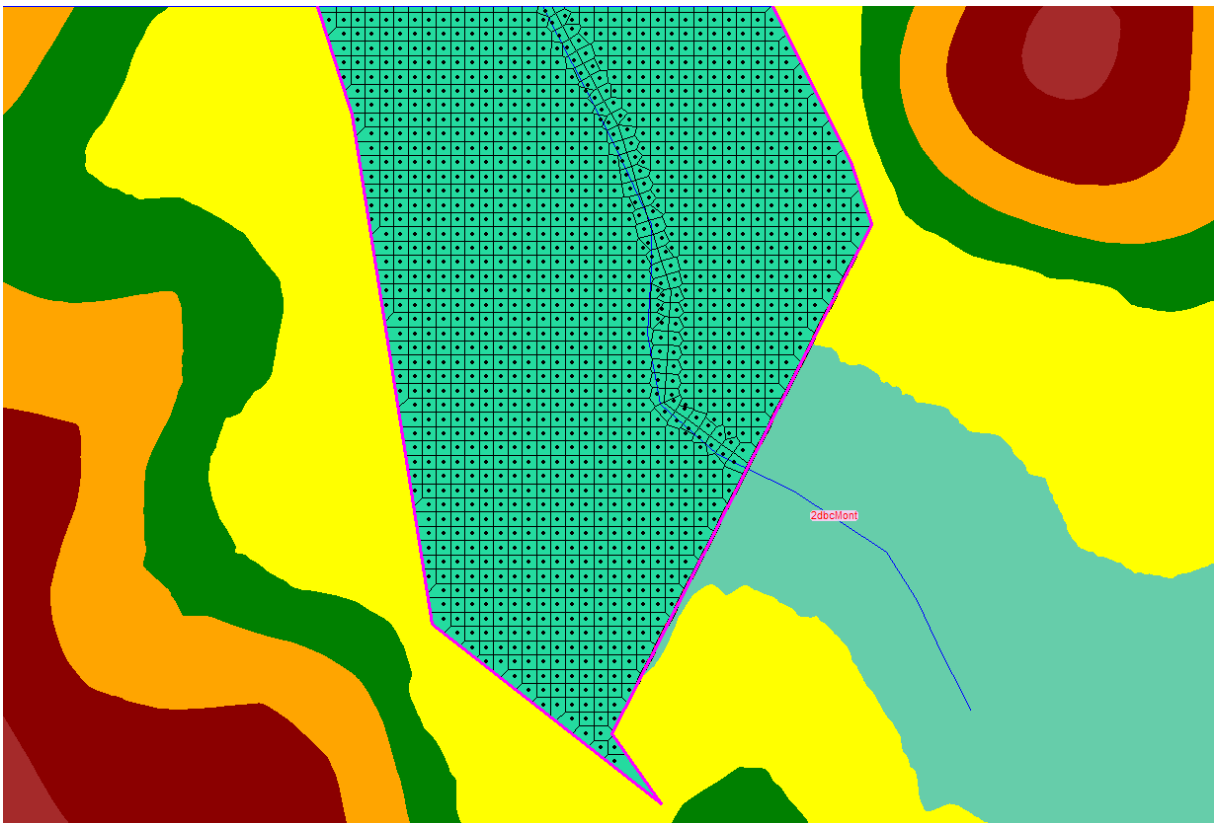
**Figura 4.34** - Detalhe do intervalo A-B: a distribuição das curvas de nível na superfície do município está conformada à batimetria do canal.

A região da malha quadricular tem os limites coincidentes aos da planície de inundação histórica e referenciada na Revisão da Literatura (item 38), mas com a apuração da malha através de uma *break line* longitudinal que acompanha o percurso do rio (Figura 4.35). A malha é automaticamente gerada e resulta em células de áreas que variam de 116,40 m<sup>2</sup> a 728,92 m<sup>2</sup>, variando conforme o arranjo do perímetro da área 2D e condições de contorno (Figura 4.36).

As condições de contorno consideradas foram: hidrograma afluente a montante conforme Estudos Hidrológicos (ponte da Imbel) e profundidade normal a jusante no trecho linear (Frivasa), e a distribuição do fluxo paralelo (*EG Slope for distributing flow*) foi feita considerando 1,0% de inclinação.



**Figura 4.35** - Malha gerada para a modelagem bidimensional com destaque para o limite superior da condição de contorno – hidrograma afluente.



**Figura 4.36** - Área destacada da Figura 4.35 demonstrando a alteração da malha nos limites da geometria de ao longo do leito do rio por uma *break line*.

### 4.2.3 Análise de vulnerabilidade - exposição e performance

Esta etapa buscou revelar o nível de vulnerabilidade da área urbana e consistiu na identificação dos imóveis potencialmente atingidos, por meio de uma análise de exposição, e da incorporação de ações que visariam a redução da ameaça e possíveis consequências em caso de inundações, por meio de uma análise de performance.

#### a) Análise de exposição

A análise de exposição consistiu no levantamento das áreas potencialmente inundadas, com a identificação das características relevantes para os propósitos desse estudo, e na seleção de imóveis representativos para fins de comparação.

As características relevantes levantadas foram: áreas potencialmente afetadas, número de imóveis e número total de imóveis residenciais. Para tal, foram utilizados os limites das inundações resultados de simulações, imagens de satélite e por fim, foram realizadas duas visitas técnicas ao município.

As manchas serviram para delimitar a extensão de análise, as imagens de satélite para confecção dos mapas e identificação das áreas residenciais maiores ou menos homogêneas. Para estudar o que e quem poderia ser atingido pela ameaça de inundações, este trabalho contou com duas visitas técnicas a Itajubá-MG foram realizadas em 01/05/2019 e 26/12/2019. As observações colhidas em campo permitiram:

- Definir os limites da superfície com características urbanas;
  - Os limites das áreas sujeitas a inundação dentro da cidade, ou os limites da cidade dentro das áreas de inundação foram reconhecidos em campo por meio da visita técnica realizada em 01/05/2019;
- Aprofundar a análise geográfica da exposição dos bairros residenciais
  - As características dos bairros e a definição de quais possuem predominância de imóveis foi realizada por meio da visita técnica realizada em 01/05/2019.

Buscando uma homogeneidade da ocupação destes bairros, uma parcela de imóveis foi identificada contando com as informações da visita técnica, e amparado pelas imagens de satélite e da ferramenta *street view* disponíveis no *Google Earth* (Google-Maxxar, 2018).

A metodologia de avaliação das categorias dos imóveis é a involutiva. Um grupo de 30 residências foi avaliado pelos critérios de obsolescência externa e pelas funcionalidades:

- Acesso a garagem ou recuo do portão de pedestres;
- Ausência de muro estruturado (ao menos na fachada principal);
- Presença de impermeabilização externa;
- Andar térreo com área mínima igual à prevista na Análise da construção civil
- Unidade unifamiliar residencial, sem função comercial mesmo que parcial;
- Distância mínima de um quarteirão do Rio Sapucaí;

Uma seleção de uma amostra de imóveis representativos destes bairros foi feita para favorecer a validação das curvas de danos em um cenário real, disponível no Apêndice A. Para avaliar a pertinência da amostra e possibilitar a análise de impactos econômicos coletivos, foi realizada a contagem manual do número total de imóveis presentes nos bairros com imagem de satélite.

#### b) Análise da performance

Nesta etapa foram buscadas informações sobre a resposta dada aos eventos de inundação na área urbana quando em um sistema formal. O seu funcionamento pode ser definido como:

- Defesa contra as ameaças em termos de performance estrutural;
- Garantias acionadas diante da ameaça em termos de performance econômica.

Embora a região do estudo de caso seja severamente castigada pela ameaça das inundações, neste estudo não foram encontradas medidas ativas que podem ser contabilizadas para a minoração do risco global. Portanto, esta etapa não provocou alterações nos resultados, mas foi mantida nesta explanação por pragmatismo metodológico, considerando que a reprodução deste estudo pode encontrar outro panorama.

#### **4.2.4 Análise de vulnerabilidade - consequências**

Esta última etapa metodológica consistiu na aplicação das CDI construídas nesse estudo em um cenário de inundação simulado para cálculo dos danos em termos potenciais ou convertidos a valores absolutos. Conforme ilustrou o diagrama da Figura 4.12 os prejuízos podem ser avaliados em relação às curvas disponíveis na literatura, estudando o formato da análise e os diferentes resultados.

Além disto, como cada cenário de inundação tem uma probabilidade de ocorrência, também terão os prejuízos. O estudo destes impactos econômicos permite estimar a magnitude dos prejuízos em cada inundação, ou através da análise de vários eventos isolados, o CMA.

#### Aplicação da CDI construída

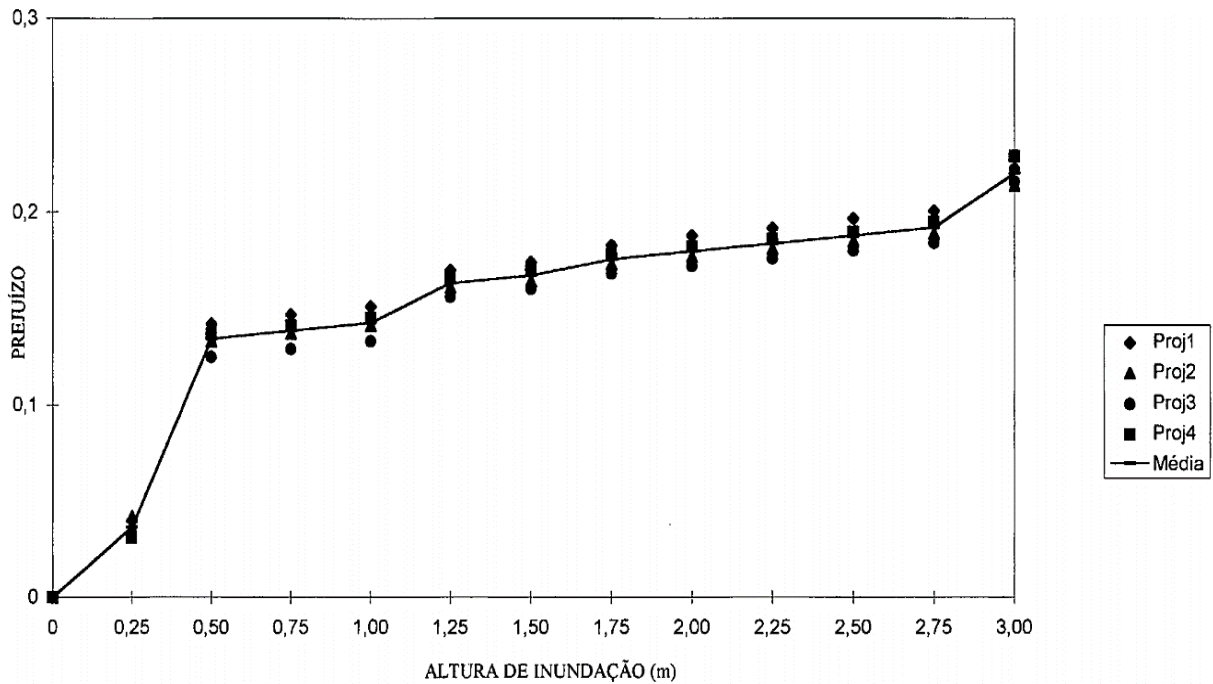
Devido à natureza da curva construída em 4.1, em um primeiro momento os danos foram obtidos em termos potenciais. Esta proporção permitiu, em um primeiro momento, a avaliação qualitativa dos danos individualmente aplicado a cada imóvel e estudar a importância das categorias de imóveis definidas em 4.1.2. A aplicação das curvas de danos consistiu no cruzamento de informações relativas à ameaça com informações relativas à exposição da área e susceptibilidade dos imóveis. O cálculo de danos foi associado a eventos com período de retorno de 2, 10, 25, 50, 100 e 500 anos.

Em um segundo momento, os valores dos imóveis típicos foram assumidos como o correspondente ao somatório dos itens da RCCF, permitindo então uma avaliação quantitativa de prejuízos.

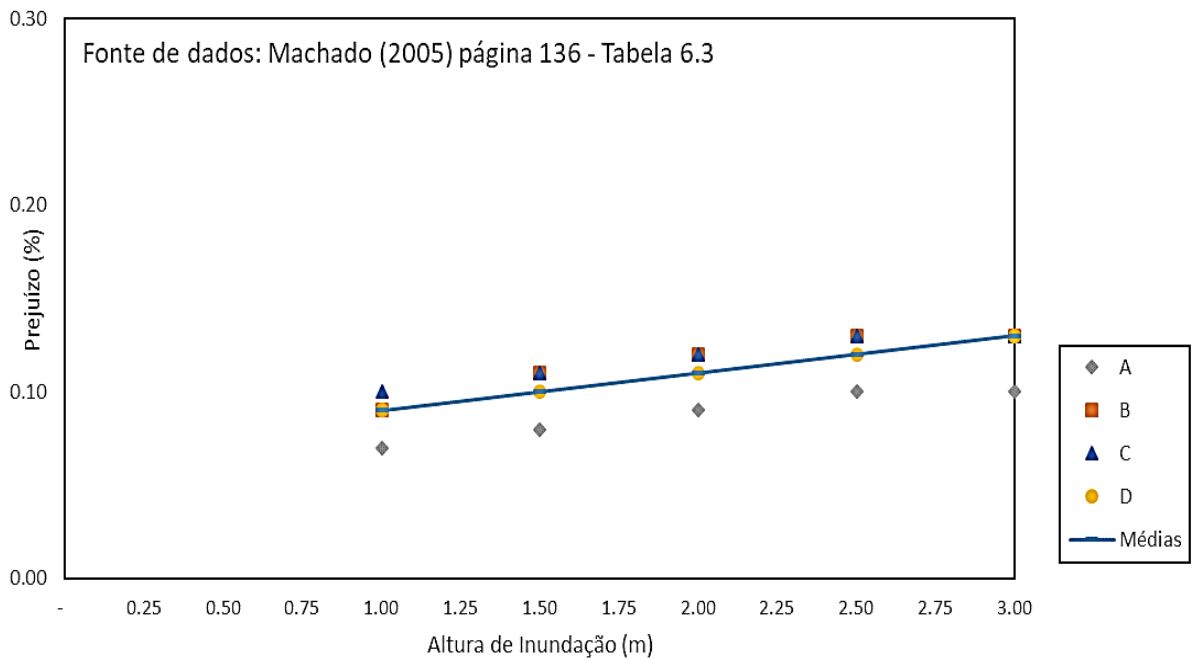
#### CDI disponível na literatura

Além da CDI construída em 4.1, foram utilizadas as curvas de Salgado (1995) e Machado (2005) (ver descrição em item 3.3 - Sumário das curvas de danos por inundação disponíveis na literatura) para comparação de danos esperados, tanto em termos relativos quanto em termos absolutos.

Entretanto, o uso direto de cada uma gera um conflito das informações que devem ser colhidas para uma avaliação *a priori*. Enquanto o primeiro autor apresentou a relação de danos aplicada a uma avaliação de projetos de drenagem urbana, o segundo o fez em paralelo com a avaliação de um projeto de reservatório de amortecimento. Para a construção das curvas, foram utilizadas informações construtivas de origens muito distintas, ou fornecidas indiretamente por órgãos públicos ou diretamente coletadas em campo através de questionários. Como resultado, as relações de dano foram apresentadas em valor relativo ou absoluto, como ilustram a Figura 4.37 e a Figura 4.38.



**Figura 4.37** - Exemplo de CDI para imóvel de padrão baixo em quatro projetos típicos nos critérios da Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro - EMOP. Danos em termos de prejuízo relativo (%).  
Fonte: Salgado (1995).



**Figura 4.38** - CDI relativos para em quatro classes sociais relacionadas por Machado (2005) para Itajubá-MG.

Por fim, as CDI resultantes desse trabalho foram aplicadas com base nas tipologias identificadas na área de estudos e compatibilizadas com as classificações apresentadas por estes autores. Estes dados permitem a exploração de outro produto do mapeamento – a extrapolação dos valores da amostra para todos os imóveis dos bairros afetados na avaliação de danos global.

Esta avaliação adicional permite que os a curva seja utilizada simultaneamente como ferramenta de análise individual e coletiva, permitindo que se descubra a magnitude do impacto de cada inundação para todas as habitações do município. Para isto, restou definir na modelagem de danos:

- O valor venal de cada tipo de imóvel;
  - Considerado como o valor das composições dos materiais de construção onerados.
- A proporção que cada tipo de imóvel se apresenta em cada bairro;
  - Obtida por meio da associação da renda média dos ocupantes e sua tipologia. Considerando que imóveis são bens duráveis e de difícil substituição, a associação que utiliza o Censo 2000 (Machado, 2005) pode ser considerada ainda pertinente.
- A quantidade de imóveis afetados por cada inundação.
  - Obtida pela contagem individual de cada unidade habitacional localizada sob as manchas de inundação dos cinco eventos considerados.

Portanto, partindo de termos potenciais, os cálculos de cada evento permitem avaliar o custo individual ante o tipo de imóvel, ou o custo global dos danos ao bairro. Considerando a soma dos impactos nos bairros, e a extensão das probabilidades, é possível compreender os impactos econômicos de longo termo em valores monetários. A informação subsidia a formação de políticas públicas e estudos de impacto financeiro, cessão de créditos, hipotecas e seguros.

#### Impactos econômicos

Para enriquecer este produto, foi possível estimar o CMA que se espera para esta ameaça das inundações. Segundo Eleutério (2012), os requisitos para conduzir este cálculo são:

- o uso de pelo menos três pares de valores da simulação como em abcissas e ordenadas (prejuízo, probabilidade);
- a definição do primeiro período de retorno que provoca danos; e
- o valor dos prejuízos para um evento de baixa probabilidade de excedência.

A relação entre probabilidade e os prejuízos que podem ser utilizados para prever o valor anual esperado para amortizar o impacto dos eventos de inundação, através da Equação 4.2:

$$R_{CMA} = \int_0^1 R_{DP}(i) \cdot i \, dx$$

Equação 4.2

na qual:

$R_{CMA}$  = custo médio anual esperado para as residências (\$);

$R_{DP}$  = dano potencial para as residências (\$);

$i$  = probabilidade de excedência anual da inundação (%).

Sua solução é equivalente à medida da área sob a curva dano vs. probabilidade (consultar Figura 3.2 na Revisão da Literatura) e resulta em um CMA associado ao risco de inundações urbanas.

## 5 RESULTADOS

Os resultados desse trabalho são aqui apresentados seguindo o desenvolvimento das duas partes metodológicas apresentadas nos itens 4.1 e 4.2, nas quais foram também respondidos os objetivos específicos desse trabalho, cujos resultados também serão evidenciados.

### 5.1 *Construção da curva de danos*

O primeiro resultado desse trabalho foi a obtenção de um banco de dados previsto no primeiro objetivo específico, possível por meio da realização das etapas 4.1.1 e 4.1.2, onde foi possível estabelecer uma região com dados homogêneos, classifica-los e atribuir as parcelas de valor necessárias para a análise de susceptibilidade.

O banco de dados aqui proposto contém dados do SINAPI, IBGE e dos Programas Habitacionais de expressão nacional. Para uma curva de danos genérica, é suficiente relacionar um leiaute típico e seu memorial descritivo ao RCCF para obter os códigos das composições oneradas da PCI. Os valores considerados neste trabalho se referem a novembro de 2019 e foram relacionados aos materiais encontrados na Análise da vulnerabilidade - susceptibilidade. Apesar disto, nova atualização pode ser realizada pois estes valores são atualizados mensalmente e estão disponíveis no diretório eletrônico do SINAPI. Por fim, foi realizado o agrupamento das composições de insumos em macroitens construtivos que ponderam a importância de cada material no custo total da obra e, conseqüentemente, o custo relativo do dano sofrido.

O procedimento parte da consideração que os imóveis estão representados pelos projetos padronizados do SINAPI. Em caso de inconsistências, cabe ao engenheiro consultar a ETI dos materiais para checar a compatibilidade. Portanto, seus elementos da RCCF podem ser relacionados por códigos e estes códigos permitem rastrear os preços da PCI no mês de referência. Cabe ao engenheiro ou avaliador relacionar os materiais aos macroitens para ponderar o papel do material, e seu preço, em cada profundidade. O procedimento é ilustrado pela Figura 5.1.

RCCF				PCI - mês		Macro itens		
Código	Fase	Descricao Básica	Um. Quant.	Código	Valor	Nome	Peso	Parcela na CDI
91304	ESQUADRIAS	FECHADURA DE EMBUTIR	UN 3,00	91304	\$ 190.83	Esquadrias	2.37%	
94581	ESQUADRIAS	JANELA DE ALUMÍNIO	M2 1,44	94581	\$ 561.17			
92539	COBERTURA / PROTEÇÕES	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR RIPAS	M2 242,70	92539	\$ 14,411.53	Cobertura	64.28%	
94440	COBERTURA / PROTEÇÕES	TELHAMENTO COM TELHA CERÂMICA	M2 242,70	94440	\$ 5,997.12			
87503	PAREDES	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS	M2 105,46	87503	\$ 5,824.56	Vedação	18.35%	
87265	REVESTIMENTOS INTERNOS	REVESTIMENTO AMAIOR QUE 5 M²	M2 80,24	87265	\$ 3,463.96	Revestimento	15.00%	
87882	REVESTIMENTOS EXTERNOS	CHAPISCO APLICADO NO TETO	M2 44,78	87882	\$ 193.00			
90408	REVESTIMENTOS EXTERNOS	MASSA ÚNICA	M2 44,78	90408	\$ 1,106.51			

**Figura 5.1** - Demonstração da montagem de um inventário através da consulta ao banco de dados para um tipo de imóvel genérico.

O banco de dados pode ser reproduzido em outros contextos usando as metodologias deste trabalho, uma base de dados equivalente à do SINAPI para Minas Gerais e o juízo do avaliador na disposição dos materiais no arranjo físico.

Já o segundo objetivo, correspondente ao estudo de desempenho dos materiais de construção nas condições hipoteticamente encontradas em imóveis sujeitos a inundações, foi obtido por meio do item 4.1.3. Nele foi possível estudar o efeito lesivo do contato da água e da pressão hidrostática para cada material em particular ou agrupado nos macroitens. A relação entre desempenho de materiais resulta na Tabela 5.1, Tabela 5.2 e Tabela 5.3.

**Tabela 5.1** – Dano relativo de cada macroitem do imóvel tipo B (CP.1-2Q), estimado para cada profundidade.

Profundidade	Vedação	Cobertura	Esquadrias	Ins. Elétricas	Ins. Hidrossanitária	Revestimentos	Pavimentação	Pintura	Vídeos
3.00	0.30	0.34	0.10	0.96	0.37	1.00	1.00	1.00	1.00
2.90	0.29	0.26	0.10	0.96	0.37	1.00	1.00	1.00	1.00
2.80	0.28	0.18	0.10	0.96	0.37	1.00	1.00	1.00	1.00
2.70	0.27	0.11	0.10	0.95	0.37	1.00	1.00	1.00	1.00
2.60	0.26	0.07	0.10	0.93	0.37	1.00	1.00	1.00	1.00
2.50	0.25	0.03	0.10	0.92	0.37	1.00	0.95	1.00	1.00
2.40	0.24	-	0.10	0.90	0.37	1.00	0.91	1.00	1.00
2.30	0.23	-	0.10	0.87	0.37	0.98	0.86	1.00	1.00
2.20	0.22	-	0.10	0.84	0.37	0.95	0.82	1.00	1.00
2.10	0.22	-	0.10	0.81	0.37	0.92	0.77	1.00	1.00
2.00	0.21	-	0.10	0.79	0.37	0.89	0.72	1.00	1.00
1.90	0.20	-	0.10	0.77	0.37	0.83	0.68	1.00	1.00
1.80	0.18	-	0.10	0.74	0.37	0.78	0.63	1.00	1.00
1.70	0.17	-	0.10	0.71	0.37	0.73	0.59	1.00	0.60
1.60	0.16	-	0.10	0.68	0.37	0.68	0.54	1.00	0.60
1.50	0.15	-	0.10	0.64	0.37	0.63	0.50	1.00	-
1.40	0.14	-	0.10	0.60	0.37	0.59	0.45	1.00	-
1.30	0.13	-	0.10	0.55	0.37	0.55	0.41	1.00	-
1.20	0.12	-	0.10	0.50	0.36	0.52	0.36	0.99	-
1.10	0.11	-	0.10	0.43	0.32	0.49	0.32	0.97	-
1.00	0.11	-	0.10	0.37	0.27	0.46	0.27	0.94	-
0.90	0.10	-	0.10	0.32	0.23	0.43	0.23	0.92	-
0.80	0.10	-	0.10	0.31	0.23	0.41	0.18	0.92	-
0.70	0.09	-	0.05	0.31	0.22	0.39	0.14	0.92	-
0.60	0.09	-	-	0.30	0.21	0.37	0.09	0.92	-
0.50	0.09	-	-	0.20	0.20	0.36	0.05	0.92	-
0.40	0.08	-	-	0.11	0.17	0.35	-	0.92	-
0.30	0.04	-	-	0.04	0.15	0.18	-	0.91	-
0.20	0.00	-	-	0.04	0.13	-	-	0.73	-
0.10	0.00	-	-	0.03	0.10	-	-	0.47	-
0.00	0.00	-	-	0.01	0.10	-	-	0.14	-

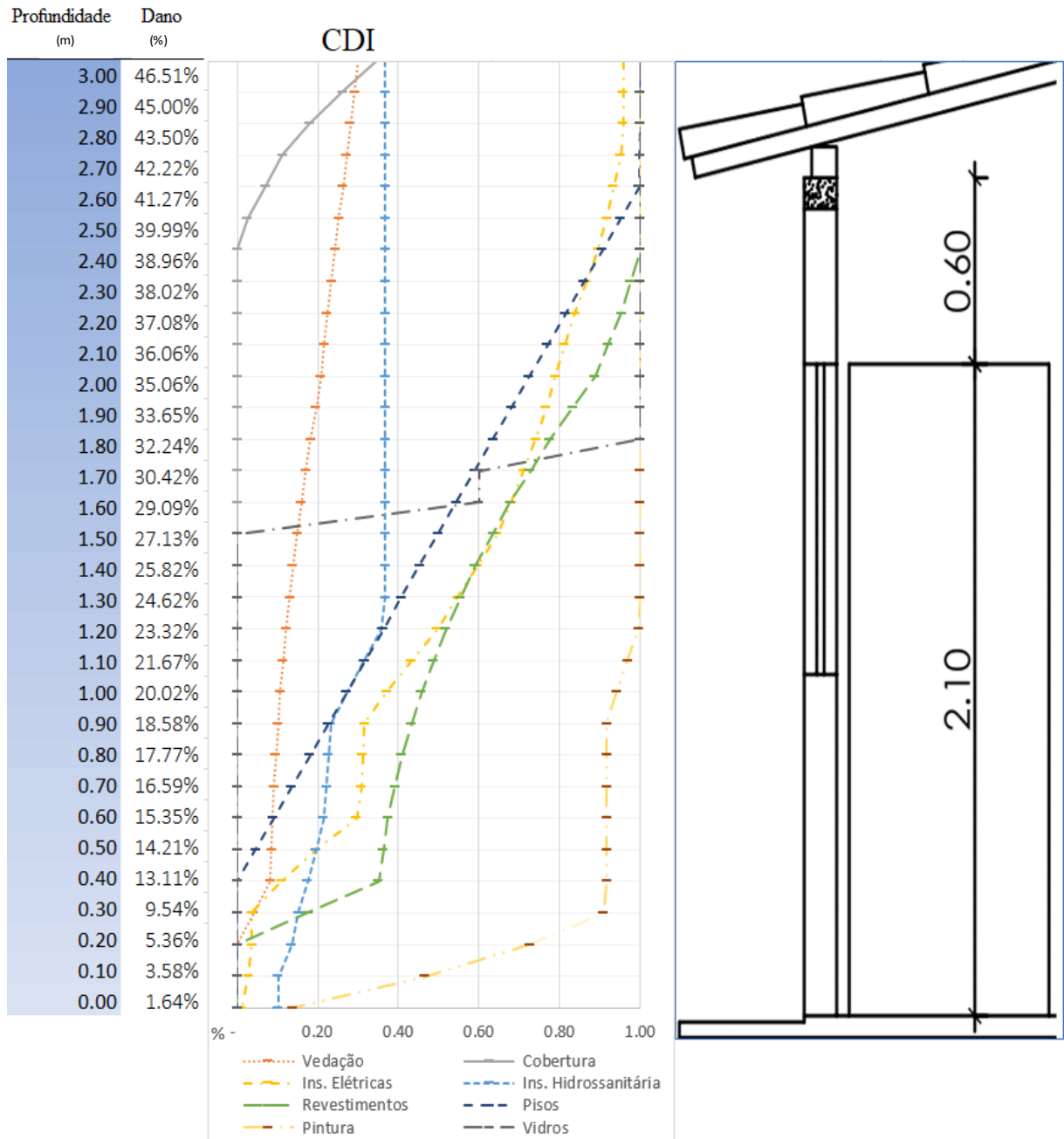
**Tabela 5.2** - Dano relativo de cada macroitem do imóvel tipo M (CP.1-3Q), estimado para cada profundidade.

Profundidade	Vedação	Cobertura	Esquadrias	Ins. Elétricas	Ins. Hidrossanitária	Revestimentos externos	Revestimentos internos	Pavimentação	Pintura	Vídeos
3.00	0.30	0.34	1.00	0.96	0.37	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.90	0.29	0.26	1.00	0.96	0.37	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.80	0.28	0.18	1.00	0.96	0.37	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.70	0.27	0.11	1.00	0.95	0.37	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.60	0.26	0.07	1.00	0.93	0.37	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.50	0.25	0.03	1.00	0.92	0.37	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00
2.40	0.24	-	1.00	0.90	0.37	1.00	1.00	0.91	1.00	1.00
2.30	0.23	-	1.00	0.87	0.37	1.00	0.98	0.86	1.00	1.00
2.20	0.22	-	1.00	0.84	0.37	1.00	0.95	0.82	1.00	1.00
2.10	0.22	-	1.00	0.81	0.37	1.00	0.92	0.77	1.00	1.00
2.00	0.21	-	1.00	0.79	0.37	1.00	0.89	0.72	1.00	1.00
1.90	0.20	-	1.00	0.77	0.37	1.00	0.83	0.68	1.00	1.00
1.80	0.18	-	1.00	0.74	0.37	1.00	0.78	0.63	1.00	1.00
1.70	0.17	-	0.60	0.71	0.37	1.00	0.73	0.59	1.00	0.60
1.60	0.16	-	0.60	0.68	0.37	1.00	0.68	0.54	1.00	0.60
1.50	0.15	-	-	0.64	0.37	1.00	0.63	0.50	1.00	-
1.40	0.14	-	-	0.60	0.37	1.00	0.59	0.45	1.00	-
1.30	0.13	-	-	0.55	0.37	1.00	0.55	0.41	1.00	-
1.20	0.12	-	-	0.50	0.36	0.99	0.52	0.36	0.99	-
1.10	0.11	-	-	0.43	0.32	0.97	0.49	0.32	0.97	-
1.00	0.11	-	-	0.37	0.27	0.94	0.46	0.27	0.94	-
0.90	0.10	-	-	0.32	0.23	0.92	0.43	0.23	0.92	-
0.80	0.10	-	-	0.31	0.23	0.92	0.41	0.18	0.92	-
0.70	0.09	-	-	0.31	0.22	0.92	0.39	0.14	0.92	-
0.60	0.09	-	-	0.30	0.21	0.92	0.37	0.09	0.92	-
0.50	0.09	-	-	0.20	0.20	0.92	0.36	0.05	0.92	-
0.40	0.08	-	-	0.11	0.17	0.92	0.35	-	0.92	-
0.30	0.04	-	-	0.04	0.15	0.91	0.18	-	0.91	-
0.20	0.00	-	-	0.04	0.13	0.73	-	-	0.73	-
0.10	0.00	-	-	0.03	0.10	0.47	-	-	0.47	-
0.00	0.00	-	-	0.01	0.10	0.14	-	-	0.14	-

**Tabela 5.3 - Dano relativo de cada macroitem do imóvel tipo A (CP.1-4Q), estimado para cada profundidade.**

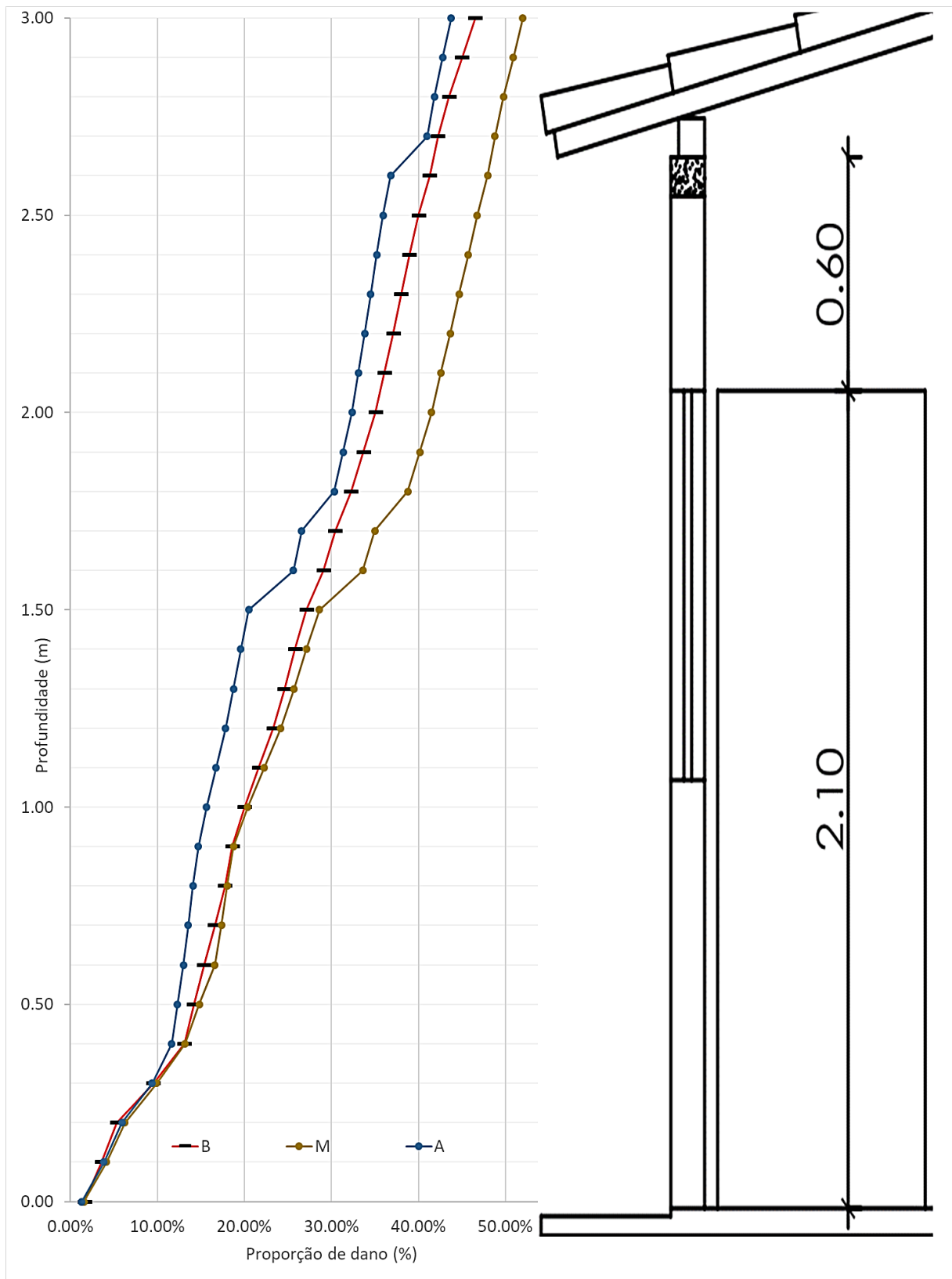
Profundidade	Vedação	Esquadrias	Ins. Elétricas	Ins. Hidrossanitária	Louças e Metais	Revestimentos externos	Revestimentos internos	Pavimentação	Pintura	Vídeos
3.00	0.15	1.00	0.30	0.40	1.00	0.37	0.96	1.00	1.00	1.00
2.90	0.15	1.00	0.29	0.40	1.00	0.37	0.96	1.00	1.00	1.00
2.80	0.14	1.00	0.28	0.40	1.00	0.37	0.96	1.00	1.00	1.00
2.70	0.14	1.00	0.27	0.40	1.00	0.37	0.95	1.00	1.00	1.00
2.60	0.13	1.00	0.26	0.40	1.00	0.37	0.93	-	1.00	1.00
2.50	0.13	1.00	0.25	0.40	1.00	0.37	0.92	-	1.00	1.00
2.40	0.12	1.00	0.24	0.40	1.00	0.37	0.90	-	1.00	1.00
2.30	0.12	0.98	0.23	0.40	1.00	0.37	0.87	-	1.00	1.00
2.20	0.11	0.95	0.22	0.40	1.00	0.37	0.84	-	1.00	1.00
2.10	0.11	0.92	0.22	0.40	1.00	0.37	0.81	-	1.00	1.00
2.00	0.10	0.89	0.21	0.40	1.00	0.37	0.79	-	1.00	1.00
1.90	0.10	0.83	0.20	0.40	1.00	0.37	0.77	-	1.00	1.00
1.80	0.09	0.78	0.18	0.40	1.00	0.37	0.74	-	1.00	1.00
1.70	0.09	0.73	0.17	0.40	0.60	0.37	0.71	-	1.00	0.60
1.60	0.08	0.68	0.16	0.40	0.60	0.37	0.68	-	1.00	0.60
1.50	0.07	0.63	0.15	0.40	-	0.37	0.64	-	1.00	-
1.40	0.07	0.59	0.14	0.40	-	0.37	0.60	-	1.00	-
1.30	0.07	0.55	0.13	0.40	-	0.37	0.55	-	1.00	-
1.20	0.06	0.52	0.12	0.39	-	0.36	0.50	-	0.99	-
1.10	0.06	0.49	0.11	0.35	-	0.32	0.43	-	0.97	-
1.00	0.05	0.46	0.11	0.30	-	0.27	0.37	-	0.94	-
0.90	0.05	0.43	0.10	0.26	-	0.23	0.32	-	0.92	-
0.80	0.05	0.41	0.10	0.25	-	0.23	0.31	-	0.92	-
0.70	0.05	0.39	0.09	0.24	-	0.22	0.31	-	0.92	-
0.60	0.04	0.37	0.09	0.24	-	0.21	0.30	-	0.92	-
0.50	0.04	0.36	0.09	0.22	-	0.20	0.20	-	0.92	-
0.40	0.04	0.35	0.08	0.19	-	0.17	0.11	-	0.92	-
0.30	0.02	0.18	0.04	0.17	-	0.15	0.04	-	0.91	-
0.20	0.00	-	0.00	0.15	-	0.13	0.04	-	0.73	-
0.10	0.00	-	0.00	0.11	-	0.10	0.03	-	0.47	-
0.00	0.00	-	0.00	0.11	-	0.10	0.01	-	0.14	-

A análise da vulnerabilidade dos materiais comparou o desempenho dos macroitens em relação à profundidade da inundação que, quando somados permitem compor as CDI. Esta organização do banco de dados permitiu explorar graficamente o comportamento dos grupos de materiais. A Figura 5.2 ilustra que cada macroitem tem seu valor para ordenadas (profundidade) vs. um só valor de abcissas (dano aos macroitens individualmente).



**Figura 5.2** - Desempenho dos macroitens encontrados no imóvel tipo B em relação à profundidade da inundação projetada na seção lateral da vedação de um imóvel em alvenaria estrutural.

Por fim, ao se somar os valores de danos em cada profundidade, ponderada pela proporção do macro, pode ser compilada uma relação total de danos para este padrão de imóvel. Desta forma, o perfil das curvas resultantes para cada tipo de imóvel pode ser ilustrado pela Figura 5.3.



**Figura 5.3** - Formação do perfil das CDI através do somatório das curvas de desempenho dos macroitens para imóveis do tipo A, M e B, em relação à profundidade da inundação projetada na seção lateral da vedação de um imóvel em alvenaria estrutural.

## 5.2 Avaliação da curva de danos

O terceiro objetivo específico deste trabalho foi a avaliação da CDI construída, possível por meio do desenvolvimento da segunda etapa metodológica e das definições dos itens 4.2.1 a 4.2.4, onde foi possível integrar os modelos hidrológicos e hidráulicos, que refletem o Mapeamento das inundações, com o Mapeamento das vulnerabilidades.

### 5.2.1 Mapeamento das inundações

Por meio da análise de frequência desenvolvida na Análise da ameaça, foi possível determinar a magnitude das vazões estimadas para vários tempos de retorno está ilustrada pela Figura 5.4.

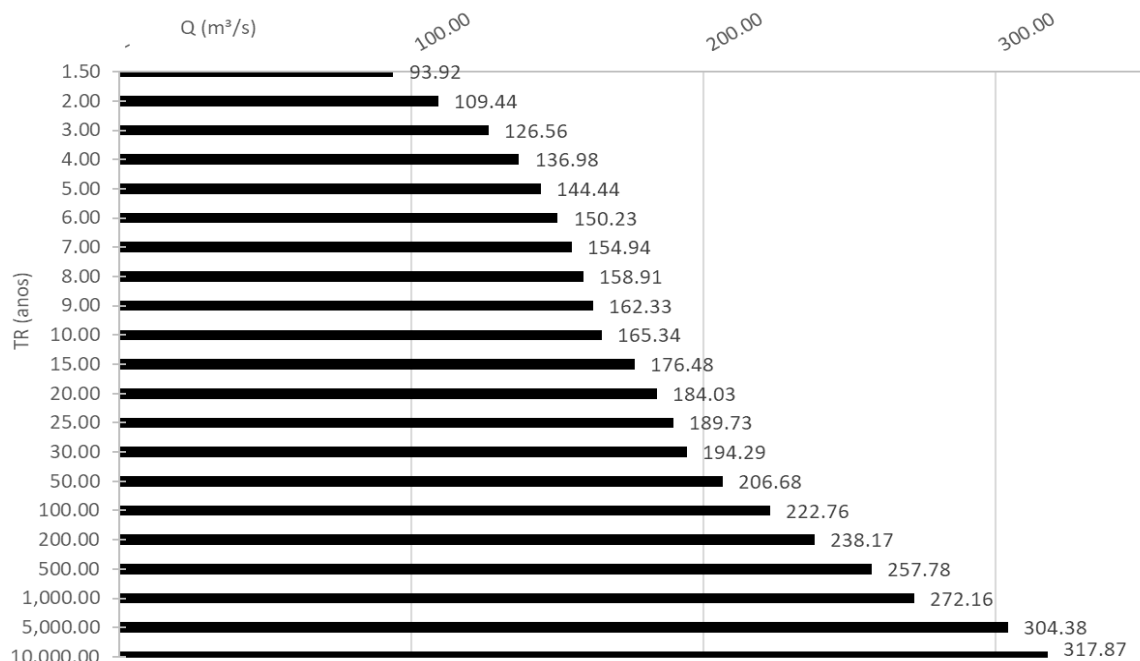


Figura 5.4 - Vazões estimadas para vários tempos de retorno.

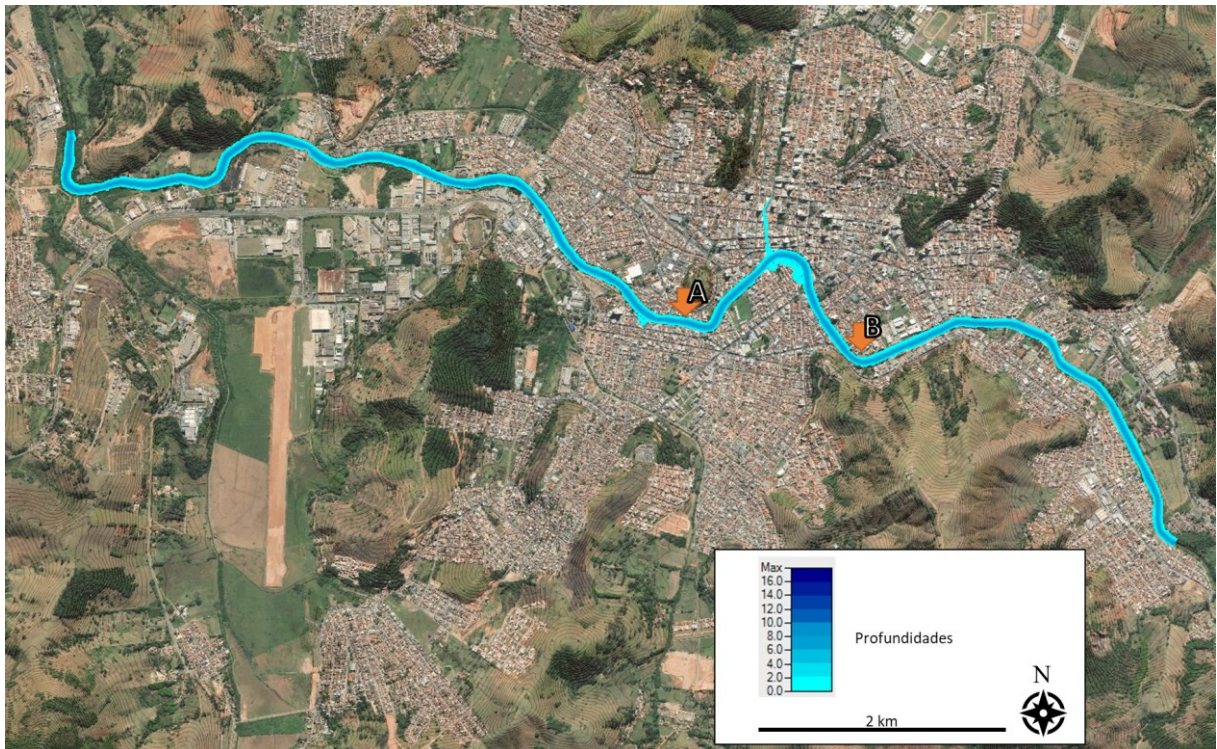
Com as informações sobre a magnitude das vazões e, conforme descrito na Análise da ameaça, foi utilizado o *software* HEC-RAS v. 5.0.7 para simular os eventos de TR dispostos na Tabela 5.4, resultando nos mapas de profundidades com o recurso RAS MAPPER.

Tabela 5.4 – Tempos de Retorno da simulação do hidrograma afluente.

Intervalo	Vazão (m³/s)					
	2 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	500 anos
0:00 - 6:00	28.1	28.1	28.1	28.1	28.1	28.1
7:00 - 17:00	109.44	165.34	189.73	206.68	222.76	257.78
18:00 - 24:00	28.1	28.1	28.1	28.1	28.1	28.1

Nota: O intervalo de registro das vazões de projeto considera que as inundações têm permanência superior ao intervalo de leitura diária das cotas, como assumido nos Estudos hidrológicos – análise de frequência. Nos demais intervalos foi considerada a vazão média de longo termo informada no Hidroweb para a estação 61270000.

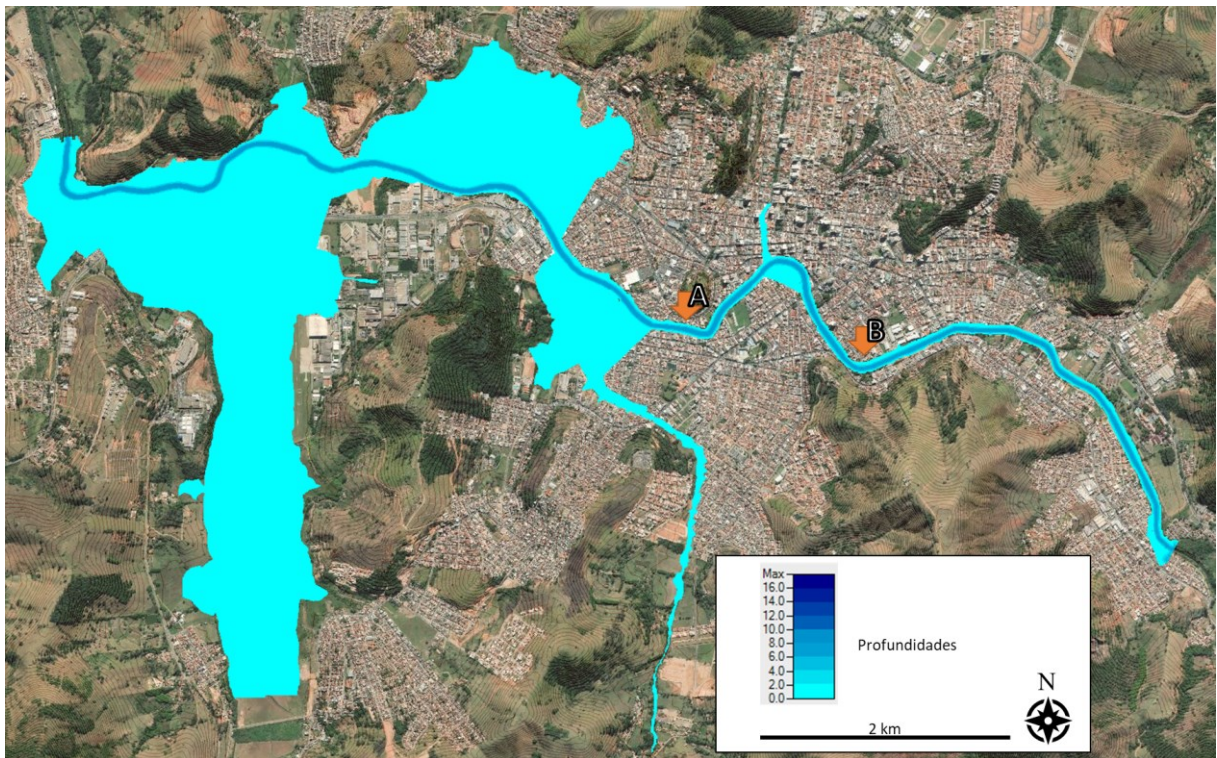
Os resultados gráficos são ilustrados da Figura 5.5 a Figura 5.16. Assim, foi obtido um cenário de inundação hipotética baseado em informações públicas com a possibilidade de validação com dados históricos.



**Figura 5.5** - Superfície total da mancha de inundação - TR 2 anos.



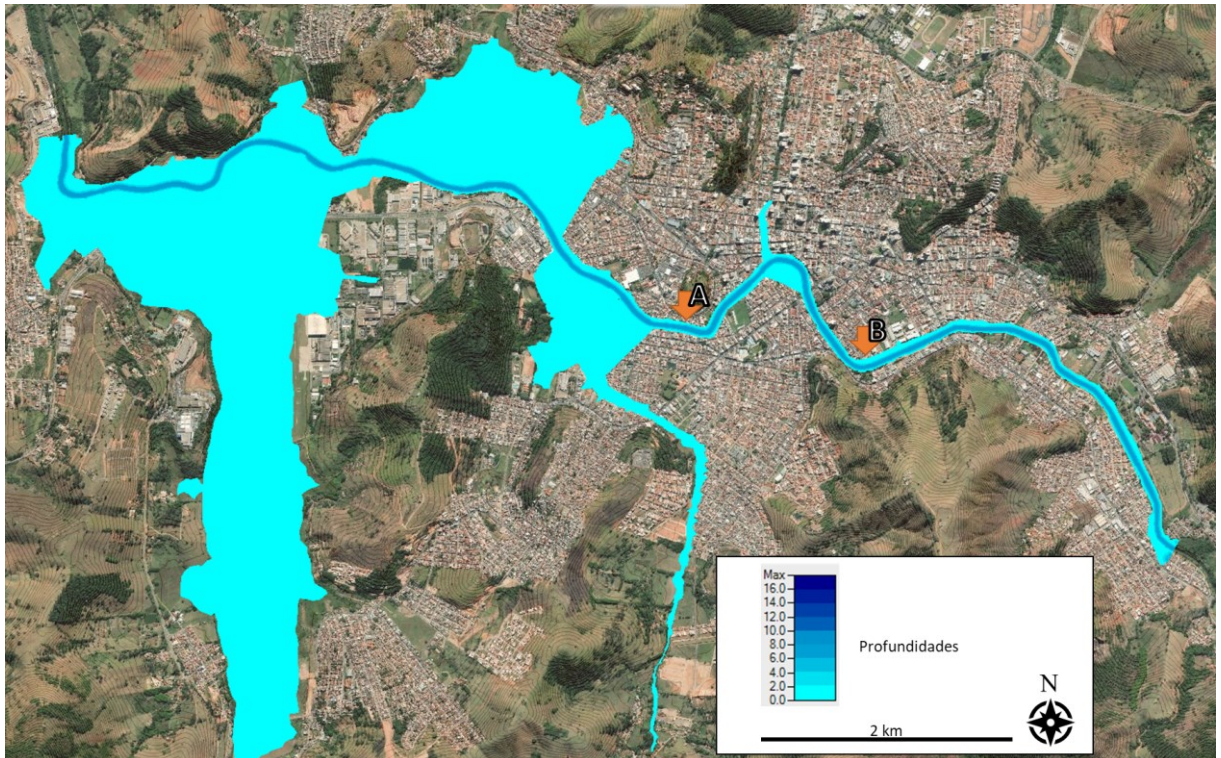
**Figura 5.6** – Destaque da mancha de inundação no intervalo A-B - TR 2 anos.



**Figura 5.7** - Superfície total da mancha de inundação - TR 10 anos.



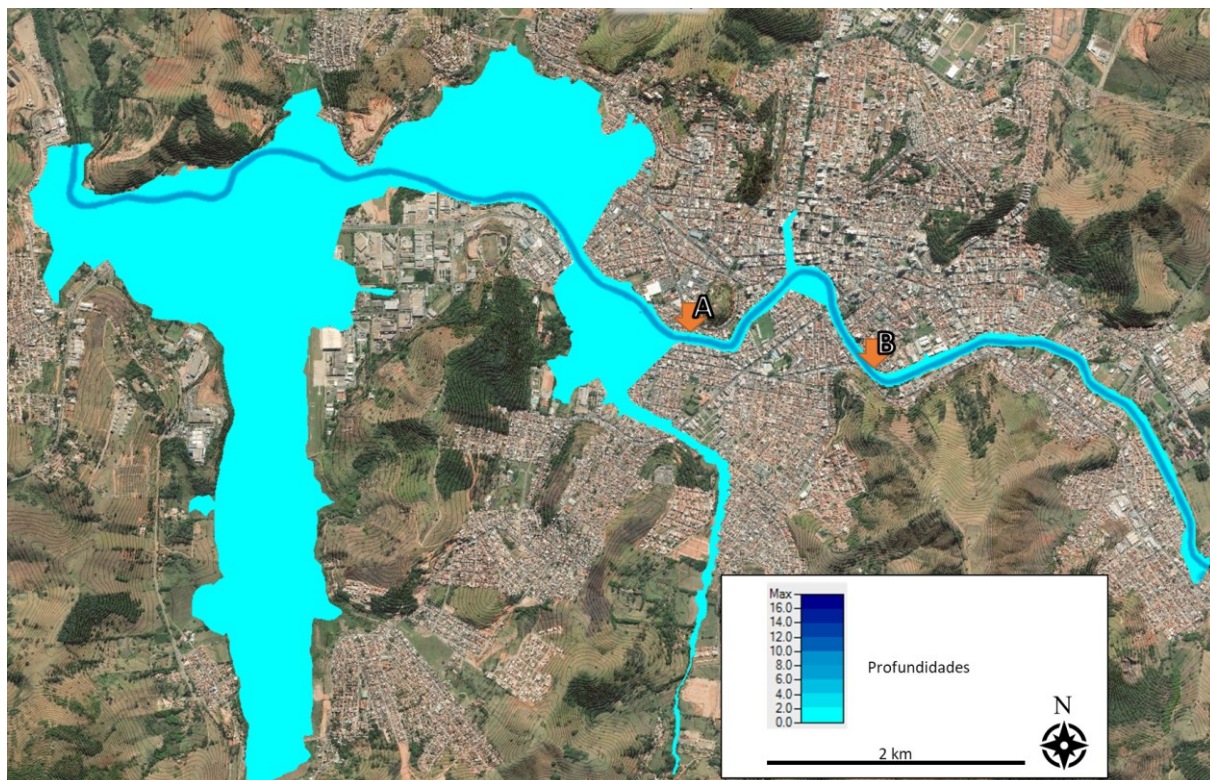
**Figura 5.8** - Destaque da mancha de inundação no intervalo A-B - TR 10 anos.



**Figura 5.9** - Superfície total da mancha de inundação - TR 25 anos.



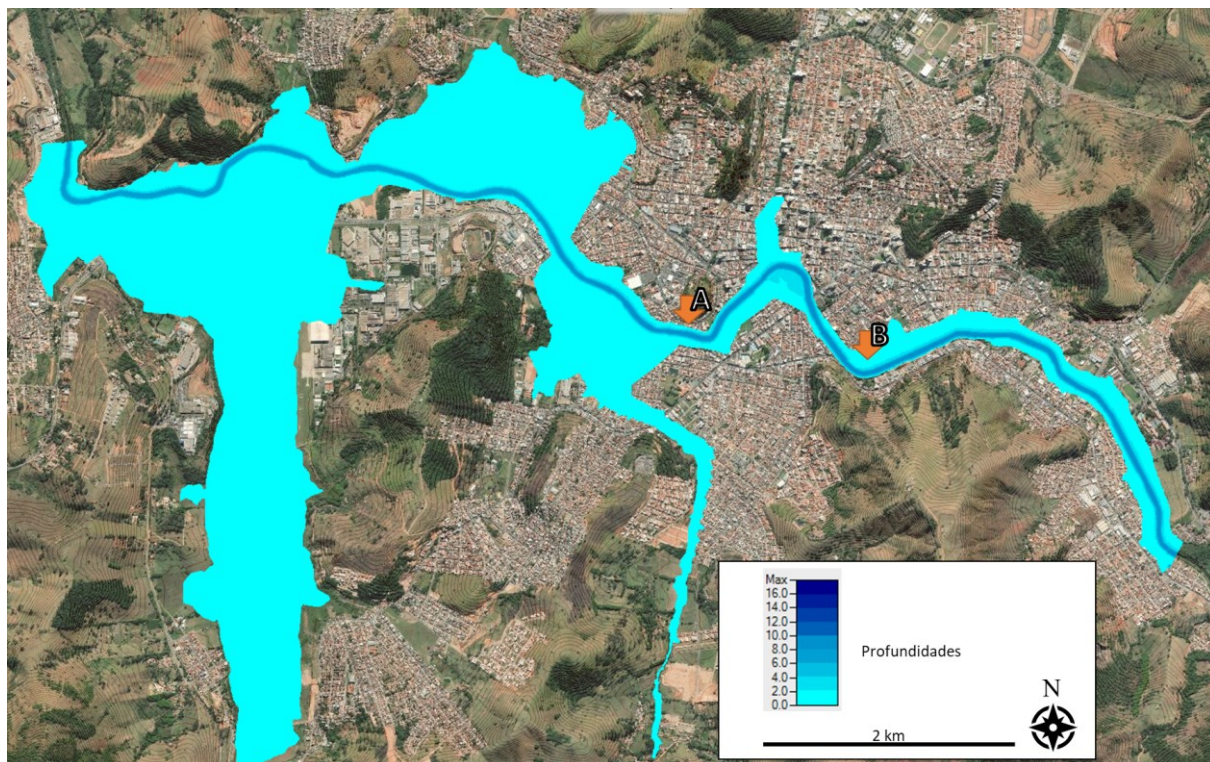
**Figura 5.10** - Destaque da mancha de inundação no intervalo A-B - TR 25 anos.



**Figura 5.11** - Superfície total da mancha de inundação - TR 50 anos.



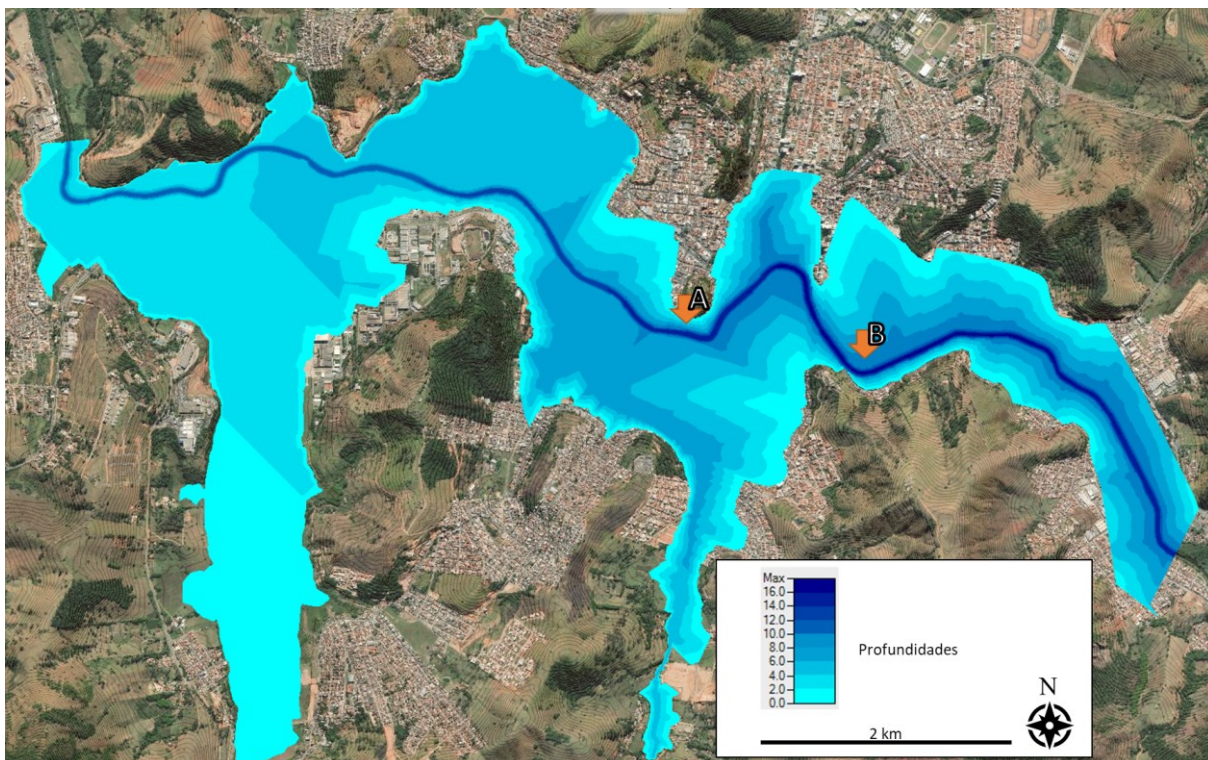
**Figura 5.12** - Destaque da mancha de inundação no intervalo A-B - TR 50 anos.



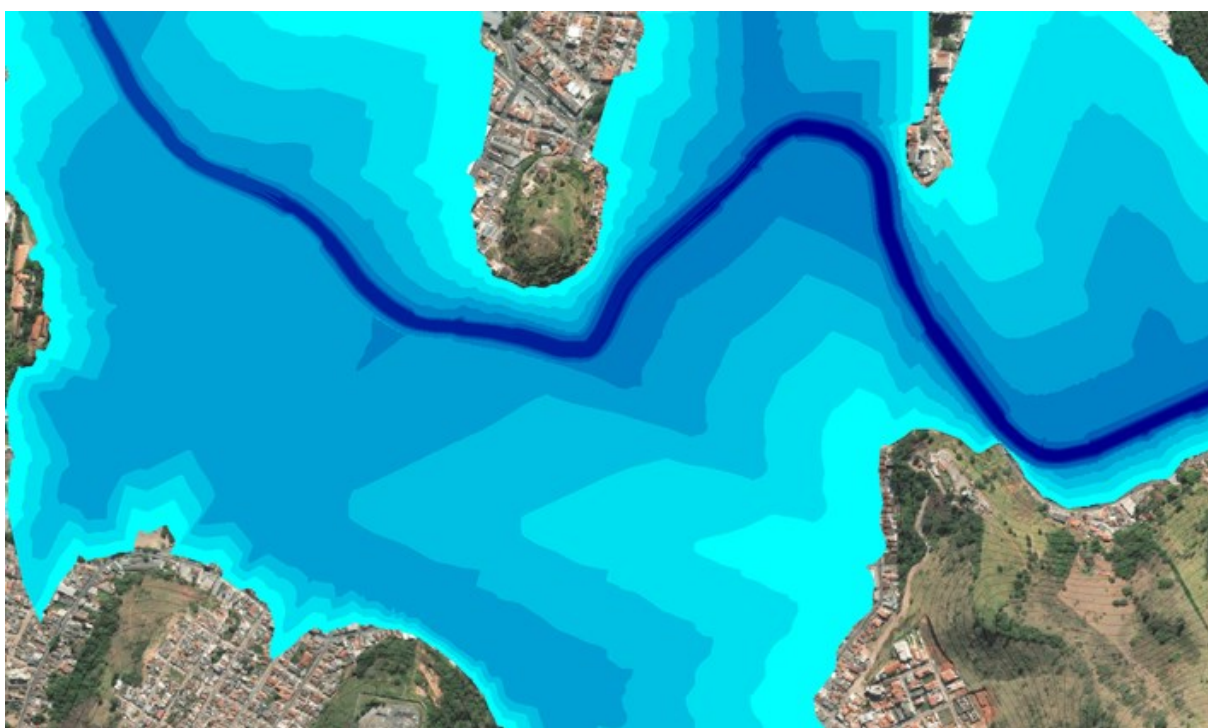
**Figura 5.13** - Superfície total da mancha de inundação - TR 100 anos.



**Figura 5.14** - Destaque da mancha de inundação no intervalo A-B - TR 100 anos.



**Figura 5.15** - Superfície total da mancha de inundação - TR 500 anos.

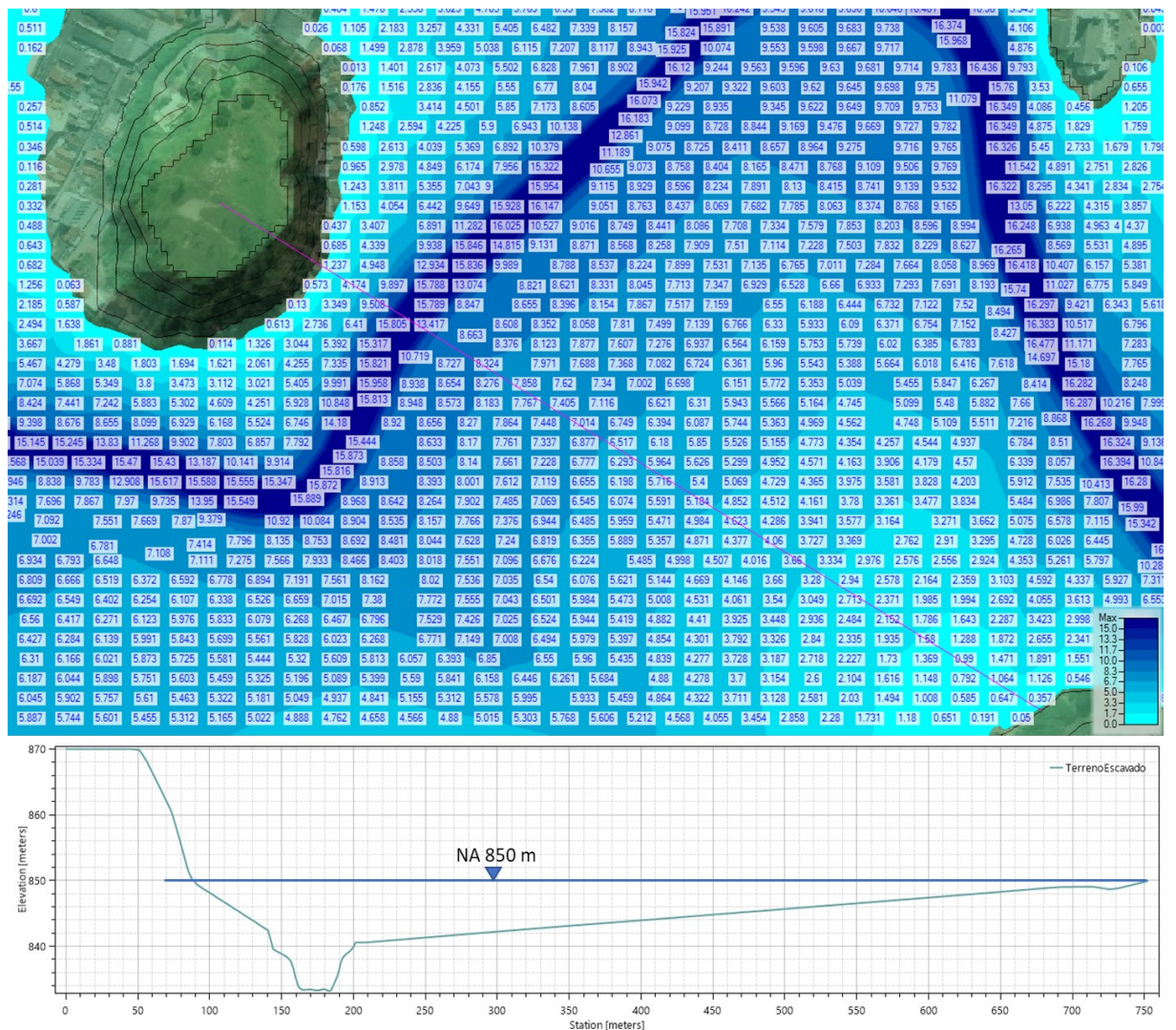


**Figura 5.16** - Destaque da mancha de inundação no intervalo A-B - TR 500 anos.

Os resultados da modelagem bidimensional sobre o MDT escavado demonstram que há aumento da profundidade conforme a vazão de projeto, mas não na mesma proporção pois novas áreas de planície vão sendo alcançadas e acumulam os volumes no trânsito de cheias.

Assim, cheias de frequência de 10 e 20 anos ocupam superfícies de diferentes extensão, mas de profundidades semelhantes. Este resultado faz sentido ao se considerar que a planície de inundação é praticamente plana por toda área central e as magnitudes das inundações é diferente em 14%. Já para cheias de 50 e 100 anos, que ocupam uma superfície muito semelhante, há profundidades diferentes. Neste caso as magnitudes têm uma diferença menor, de 10%, mas as manchas atingem os limites da planície com as montanhas. Como os volumes são grandes, a inundação começa a ganhar profundidade antes de conseguir ser escoada.

Já a simulação mais severa, de 500 anos, que ocupa toda a superfície da planície de inundação, aplaca profundidades muito maiores, superando inclusive a altura máxima prevista na Análise de susceptibilidade (3m) próximo das margens. A Figura 5.17 ilustra os valores das profundidades ao longo de uma linha transversal e perpendicular ao rio, registrados por intervalo de célula da malha bidimensional.

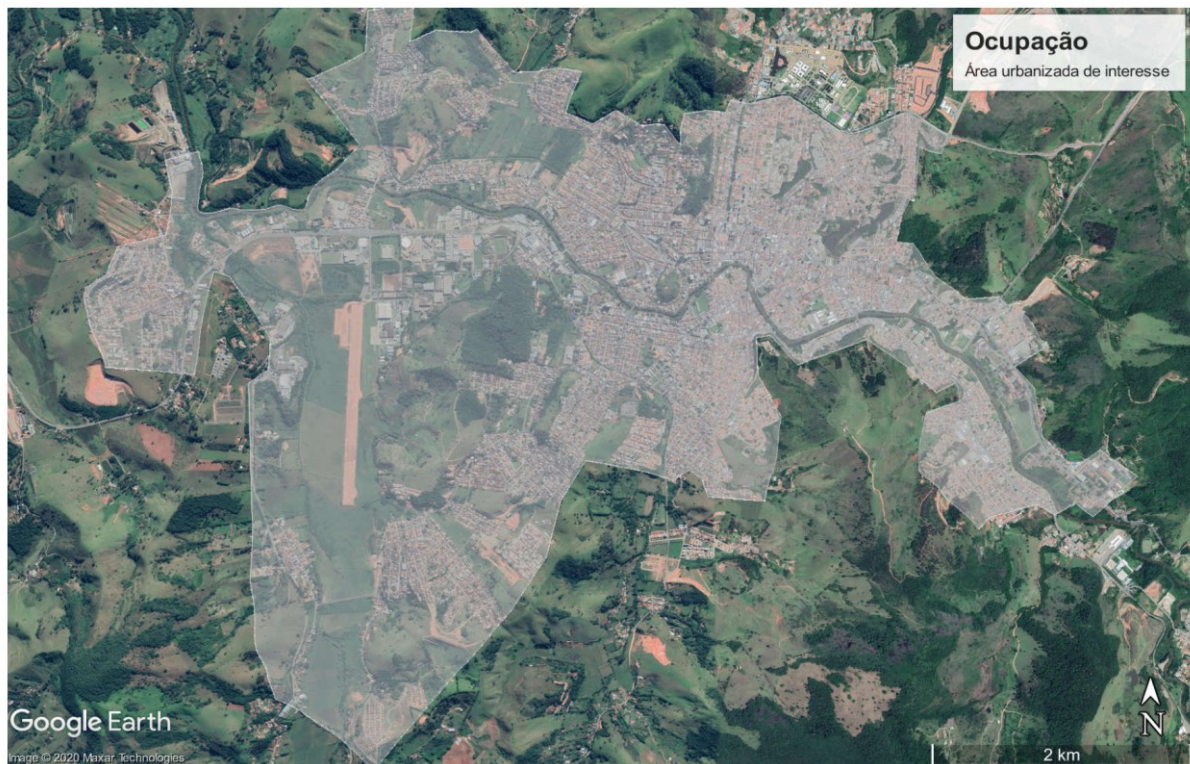


**Figura 5.17** - Detalhe das profundidades de inundação no intervalo A-B - TR 500 anos.

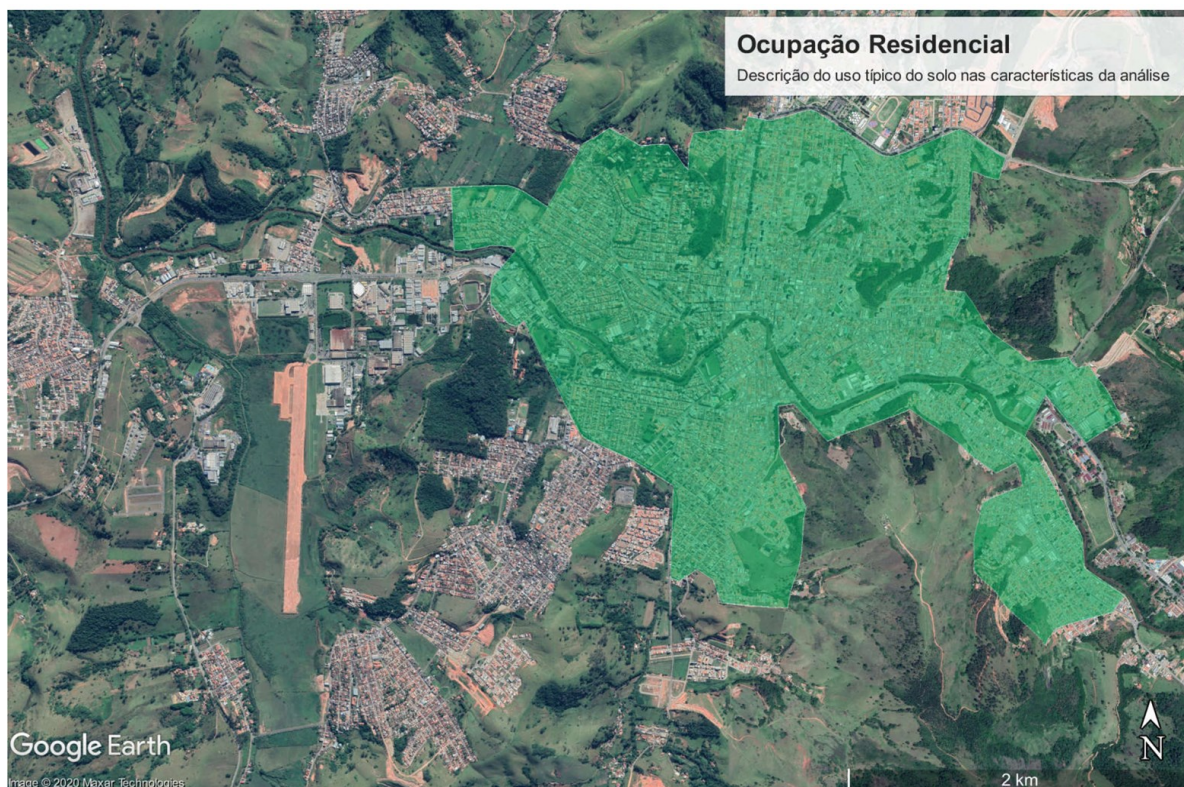
### 5.2.2 Mapeamento de danos

Em continuidade ao mapeamento das áreas submersas foi feito um estudo da Análise de vulnerabilidade - exposição e performance, onde foi possível definir os limites da superfície com características urbanas (Figura 5.18) e definir quais são os bairros residenciais ali expostos (Figura 5.19). Em seguida, usando os estudos hidrológicos foi possível verificar que as inundações são mais pertinentes a partir do centro em direção a jusante da área urbana, atingindo de forma desigual bairros vizinhos ou distantes das margens.

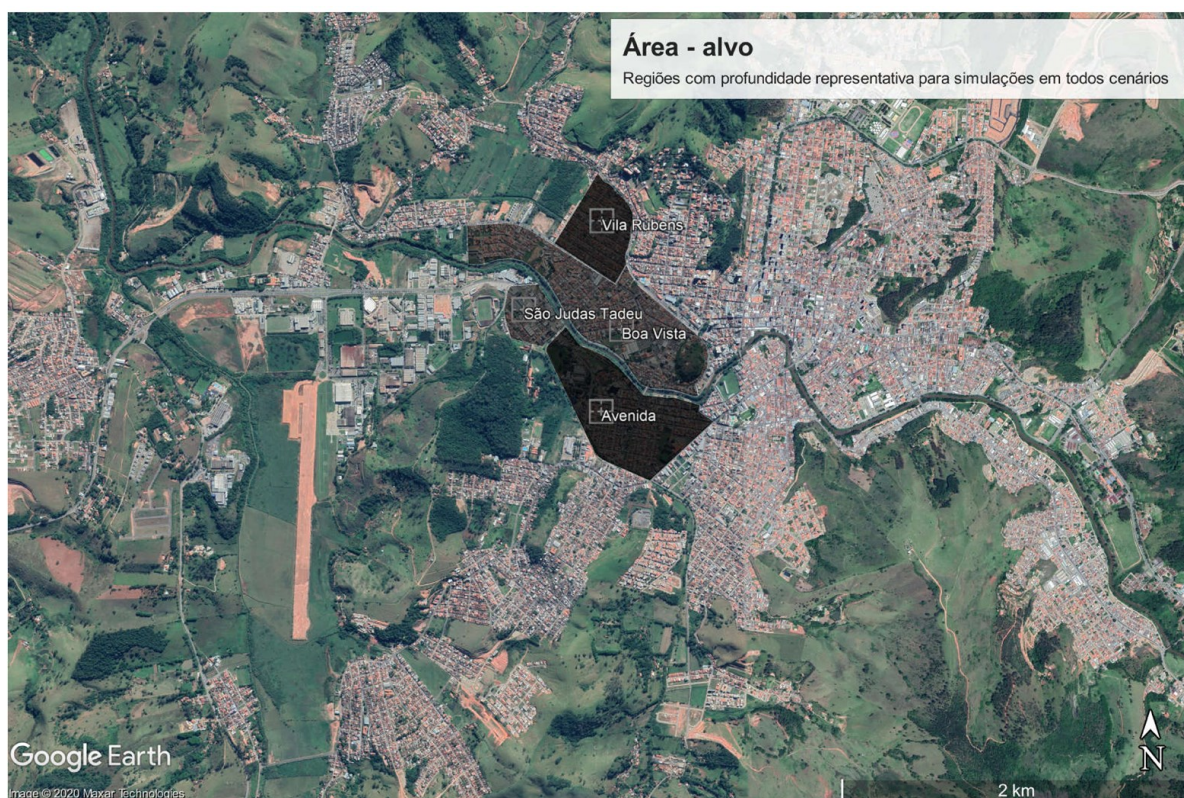
Nos cenários resultantes, a maior parte das áreas submersas tem ocupação de grandes lotes industriais, comerciais ou pequenas lavouras, restando os bairros mais próximos ao centro como foco do levantamento de imóveis. Desta forma, os bairros da região central estão na Área-alvo do estudo e são os imóveis ali contidos que formam o conjunto do mapeamento (Figura 5.20).



**Figura 5.18** - Área urbana qualificada para a construção da CDI na sede de Itajubá.



**Figura 5.19** - Área residencial qualificada para a construção da CDI na área urbana.



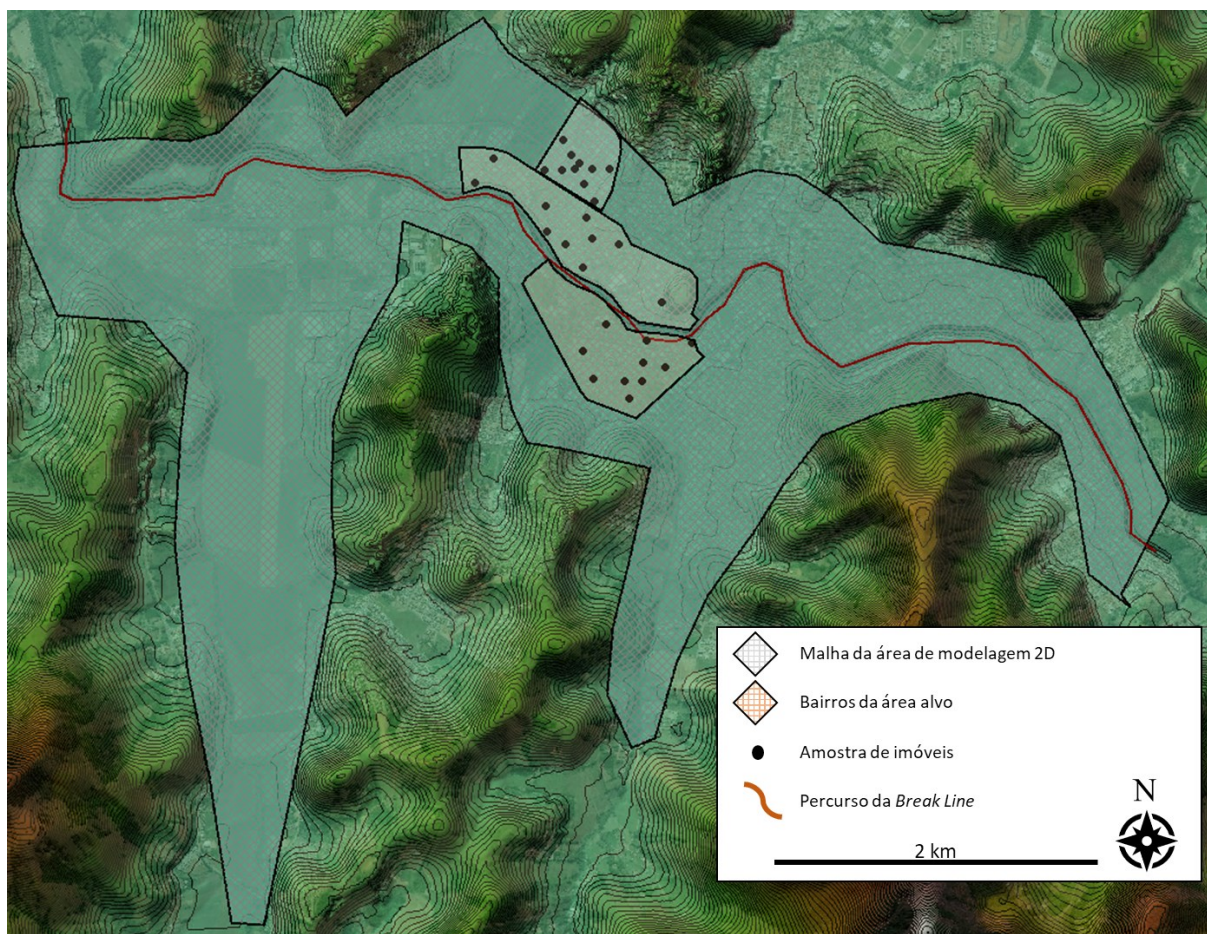
**Figura 5.20** - Bairros qualificados para a aplicação da CDI na área residencial.

Assim, com os critérios listados em 4.2.3 para caracterizar os imóveis típicos, foi possível levantar uma amostra de imóveis representativo dos bairros, dentro da área da modelagem, as profundidades a que estão expostos (Tabela 5.5 e Figura 5.21).

**Tabela 5.5 - Profundidades de submersão – (m).**

Imóvel <sup>16</sup>	Tempo de retorno					
	2 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	500 anos
1	-	0.26	0.40	0.43	1.08	5.71
2	-	0.26	0.40	0.43	1.09	5.79
3	-	0.26	0.40	0.43	1.05	5.84
4	-	0.26	0.40	0.43	0.96	5.88
5	-	-	0.09	0.10	0.53	4.03
6	-	-	-	-	-	1.13
7	-	0.26	0.40	0.43	1.08	5.81
8	-	0.26	0.40	0.43	1.01	5.80
9	-	0.26	0.40	0.43	1.02	5.70
10	-	0.26	0.40	0.43	0.97	5.54
11	-	0.26	0.40	0.43	0.96	5.49
12	-	0.26	0.40	0.43	0.93	5.39
13	-	0.26	0.40	0.43	1.16	5.99
14	-	0.27	0.41	0.44	1.19	6.14
15	-	-	-	-	-	4.52
16	-	-	-	-	-	1.01
17	-	-	-	-	-	2.57
18	-	-	-	-	0.57	5.96
19	-	-	-	-	-	2.84
20	-	-	-	-	-	-
21	-	0.29	0.43	0.47	1.76	7.71
22	-	0.28	0.42	0.46	1.53	7.31
23	-	-	0.10	0.13	1.07	6.65
24	-	-	-	-	-	5.60
25	-	-	-	-	0.17	6.34
26	-	-	-	-	0.70	7.35
27	-	-	-	-	0.08	6.45
28	-	-	-	-	-	5.01
29	-	-	-	-	-	5.37
30	-	-	-	-	1.07	7.71

<sup>16</sup> A descrição de cada imóvel numerado está disponível no Apêndice A.



**Figura 5.21** - Imóveis utilizados no estudo de desempenho da CDI.

Por fim, a severidade de cada inundação, em termos da profundidade, para cada ponto onde houve um imóvel exposto, resulta em um dano relativo ao seu valor (Tabela 5.6).

**Tabela 5.6** - Dano calculado – (%).

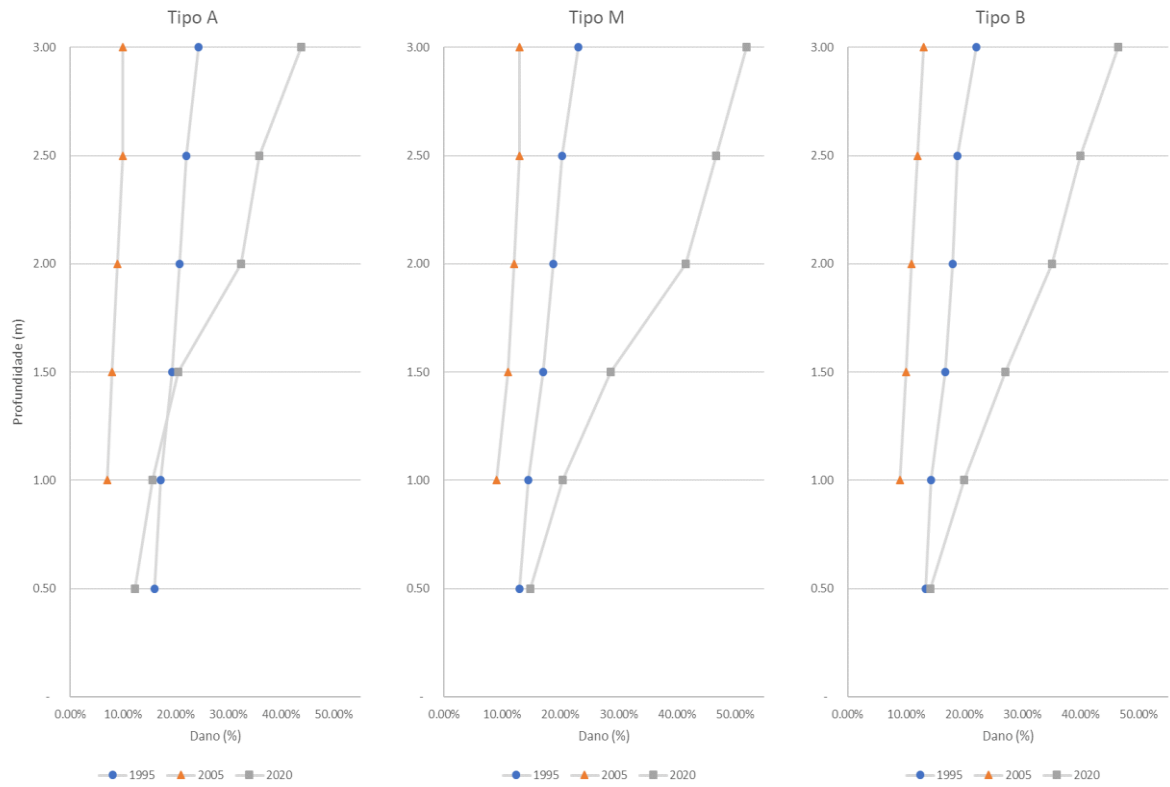
Imóvel <sup>17</sup>	Tempo de retorno					
	2 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	500 anos
1	0.00%	8.43%	13.17%	13.66%	21.90%	100.00%
2	0.00%	8.43%	13.17%	13.66%	22.09%	100.00%
3	0.00%	8.43%	13.17%	13.66%	21.33%	100.00%
4	0.00%	8.43%	13.17%	13.66%	19.73%	100.00%
5	0.00%	0.00%	3.87%	4.13%	15.35%	100.00%
6	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	22.16%
7	0.00%	7.87%	13.11%	13.44%	21.34%	100.00%
8	0.00%	7.87%	13.11%	13.44%	20.18%	100.00%
9	0.00%	7.87%	13.11%	13.44%	20.35%	100.00%

<sup>17</sup> A descrição de cada imóvel numerado está disponível no Apêndice A.

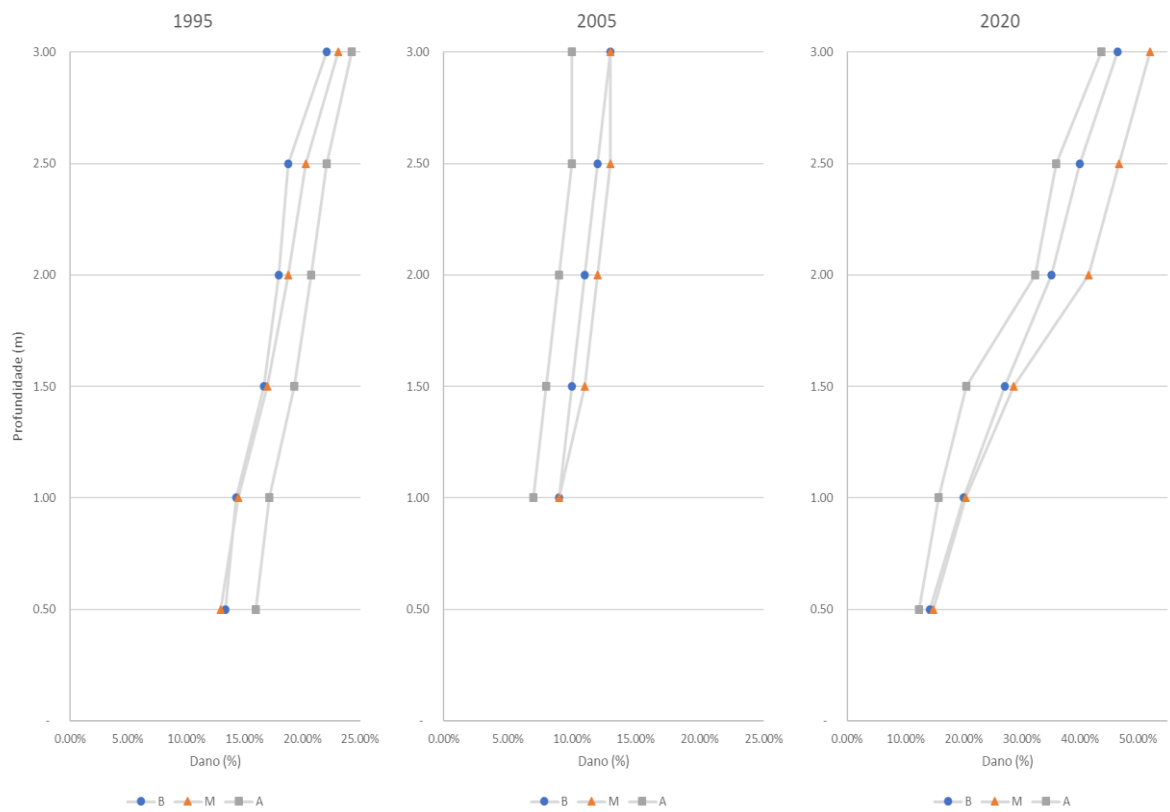
**Tabela 5.6 - Dano calculado – (%).**

Imóvel <sup>17</sup>	Tempo de retorno					
	2 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	500 anos
10	0.00%	7.87%	13.11%	13.44%	19.59%	100.00%
11	0.00%	7.87%	13.11%	13.44%	19.44%	100.00%
12	0.00%	7.87%	13.11%	13.44%	19.01%	100.00%
13	0.00%	8.43%	13.17%	13.66%	23.41%	100.00%
14	0.00%	8.79%	13.33%	13.82%	23.98%	100.00%
15	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
16	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.18%
17	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	47.58%
18	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	15.01%	100.00%
19	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	50.22%
20	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
21	0.00%	9.12%	13.44%	13.88%	31.51%	100.00%
22	0.00%	8.70%	13.33%	13.77%	27.72%	100.00%
23	0.00%	0.00%	4.13%	4.77%	21.71%	100.00%
24	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
25	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.61%	100.00%
26	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	17.37%	100.00%
27	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.62%	100.00%
28	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
29	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
30	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	21.71%	100.00%
Dano médio	0.00%	3.86%	6.42%	6.64%	13.73%	88.00%

Usando as mesmas cotas e classes de imóveis equivalentes, é possível verificar as proporções de danos encontrados pelas três abordagens, como ilustram a Figura 5.22 e Figura 5.23. O comportamento das curvas é ascendente, exceto para o Tipo M de Machado (2005). Outra semelhança é no comportamento e ordem de grandeza das curvas de Salgado (1995) e deste trabalho (2020) quando eventualmente as curvas dos tipos B e M se cruzam. Embora este comportamento que envolve amostras diferentes seja possível, sua observação demonstra a diferença do comportamento dos materiais em relação ao seu valor e a resiliência à submersão.



**Figura 5.22 -** Relação entre as CDI disponíveis na literatura em cada tipo de imóvel.



**Figura 5.23 -** Relação entre cada tipo de imóvel em cada CDI disponível na literatura.

Com os parâmetros indicados na Análise de vulnerabilidade - consequências, o desempenho da curva pode ser testado em comparação a Curva de danos sintética de referência e a Curva de danos empírica de referência disponíveis na Revisão da Literatura. Assim, restou realizar a compatibilização dos tipos de imóveis (prevalecendo os tipos A, M e B apresentados na Definição dos tipos de habitação) e interpolar as cotas das profundidades dos três estudos (prevalecendo o intervalo de 10cm apresentado na Análise da construção civil) para parametrizar as abordagens, como demonstra a Tabela 5.7.

**Tabela 5.7** - Comparação dos danos esperados para cada profundidade de submersão hipotética.

Profundidade (m)	Ano da Publicação			Diferença	
	1995 <sup>18</sup>	2005 <sup>19</sup>	2020 <sup>20</sup>	2020 – 1995	2020 – 2005
0.00	0.10%	3.67%	1.64%	1.54%	-2.04%
0.20	4.61%	4.35%	5.36%	0.74%	1.00%
0.40	10.12%	5.03%	13.11%	2.99%	8.08%
0.60	13.32%	5.71%	15.35%	2.03%	9.64%
0.80	13.94%	6.39%	17.77%	3.83%	11.38%
1.00	14.50%	7.07%	20.02%	5.52%	12.95%
1.20	15.86%	7.74%	23.32%	7.46%	15.57%
1.40	16.68%	8.42%	25.82%	9.14%	17.40%
1.60	17.40%	9.10%	29.09%	11.69%	19.99%
1.80	18.16%	9.78%	32.24%	14.08%	22.46%
2.00	18.80%	10.46%	35.06%	16.26%	24.60%
2.20	19.40%	11.14%	37.08%	17.68%	25.94%
2.40	20.00%	11.82%	38.96%	18.96%	27.15%
2.60	20.86%	12.50%	41.27%	20.41%	28.77%
2.80	21.98%	13.17%	43.50%	21.52%	30.32%
3.00	23.10%	13.85%	46.51%	23.41%	32.66%

Nota: Os valores para as profundidades que não são múltiplas de 0,5 foram obtidos por meio de interpolação para as publicações de 1995 e 2005.

<sup>18</sup> Salgado (1995)

<sup>19</sup> Machado (2005)

<sup>20</sup> Esta dissertação, com valores de 2019.

Quando estas curvas disponíveis na literatura são aplicadas como alternativa no Mapeamento de danos, pode-se perceber que o grupo de imóveis analisado sofreria uma alteração do valor dos danos simulados. A Tabela 5.8 demonstra os valores de danos médios esperados sobre toda a amostra para cada geração de CDI, com valores muito semelhantes para as inundações simuladas para tempo de retorno associado a eventos de 10 e 500 anos de recorrência, mas com uma grande diferença em relação à de 100 anos. Os valores dos danos encontrados neste trabalho são bem mais próximos dos do estudo de 1995 (diferença média de 1,81%) em relação aos do estudo de 2005 (diferença média de 5,11%) para eventos de probabilidade até 100 anos. Para o cenário mais severo, 500 anos, todos imóveis atingem o dano máximo e são equivalentes.

**Tabela 5.8** - Dano médio sobre a amostra – (%).

Dano médio	Tempo de retorno					
	2 anos	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos	500 anos
1995	0.00%	3.21%	5.12%	5.55%	9.53%	85.74%
2005	0.00%	1.08%	1.73%	1.87%	5.54%	84.81%
2020	0.00%	3.86%	6.42%	6.64%	13.73%	88.00%

Estes dados permitiram a extrapolação dos valores da amostra para todos os imóveis dos bairros mais afetados em uma avaliação de danos global. Para isto, foram definidos: o valor venal de cada tipo de imóvel (Tabela 5.9); a proporção que cada tipo de imóvel se apresenta em cada bairro (Tabela 5.9); a quantidade de imóveis afetados por cada inundação (Tabela 5.10).

**Tabela 5.9** - Proporção de imóveis distribuídos nos bairros simulados.

Tipo	Valor	Bairros		
		Vila Rubens	Boa Vista	Avenida
A	R\$ 270,000.00	0.00%	1.00%	3.00%
B	R\$ 130,000.00	21.00%	27.00%	36.00%
C	R\$ 25,000.00	79.00%	72.00%	61.00%

**Tabela 5.10** - Número de imóveis afetados pelas inundações simuladas.

TR	Superfície afetada (m <sup>2</sup> )	Bairros		
		Vila Rubens	Boa Vista	Avenida
2	0.00%	-	-	-
10	57.36%	326	335	204
25	57.36%	326	335	204
50	57.36%	326	335	204
100	72.55%	346	390	358
500	100.00%	430	556	522

O resultado da aplicação de valor dos imóveis e número total de unidades afetadas é o dano esperado para cada bairro mais representativos e para cada evento de inundação. A reunião destas relações está disponível no Apêndice E. Assim, para avaliar o desempenho da CDI apresentada neste trabalho no estudo de danos na amostra, o somatório dos custos estimados para cada evento, por bairro, foi reunido e está disponível na Tabela 5.11.

**Tabela 5.11** - Soma dos danos esperados para cada probabilidade nos bairros avaliados.

TR	Probabilidade	Bairros		
		Vila Rubens	Boa Vista	Avenida
2	50.00%	R\$ -	R\$ -	R\$ -
10	10.00%	R\$ 1.001.768,55	R\$ 639.805,61	R\$ 184.183,92
25	4.00%	R\$ 1.676.130,24	R\$ 1.014.985,14	R\$ 341.976,45
50	2.00%	R\$ 1.732.488,42	R\$ 1.047.939,89	R\$ 361.086,77
100	1.00%	R\$ 3.017.449,00	R\$ 2.232.679,26	R\$ 3.032.976,31
500	0.20%	R\$ 18.876.753,63	R\$ 23.518.534,75	R\$ 36.710.000,00

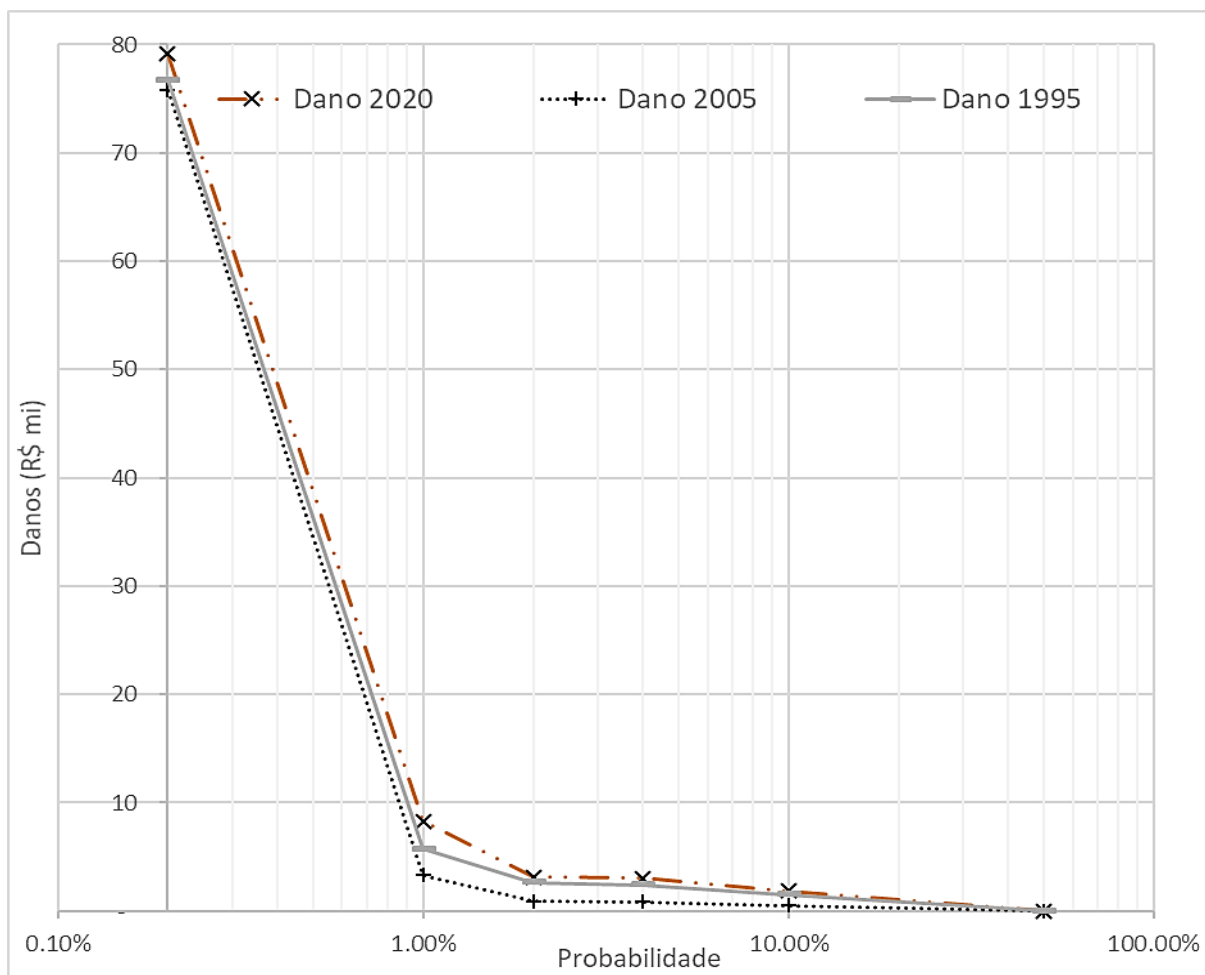
Em seguida, para avaliar o efeito das CDI alternativas nos impactos econômicos desta amostra, foram elaborados estudos adicionais para Salgado (1995), disponível na Tabela 5.12, e Machado (2005) na Tabela 5.13. Os resultados foram relacionados entre si graficamente para permitir avaliar as semelhanças de forma e magnitude entre as diferentes curvas (Figura 5.24).

**Tabela 5.12** - Soma dos danos esperados para cada probabilidade nos bairros avaliados, usando a CDI apresentada por Salgado (1995).

TR	Probabilidade	Bairros		
		Vila Rubens	Boa Vista	Avenida
2	50.00%	R\$ -	R\$ -	R\$ -
10	10.00%	R\$ 822.435,85	R\$ 522.944,96	R\$ 155.512,45
25	4.00%	R\$ 1.319.987,77	R\$ 811.889,46	R\$ 272.472,66
50	2.00%	R\$ 1.423.220,32	R\$ 873.806,14	R\$ 307.641,67
100	1.00%	R\$ 2.155.138,68	R\$ 1.575.835,55	R\$ 2.001.679,12
500	0.20%	R\$ 18.753.708,00	R\$ 21.231.643,99	R\$ 36.710.000,00

**Tabela 5.13** - Soma dos danos esperados para cada probabilidade nos bairros avaliados, usando a CDI apresentada por Machado (2005).

TR	Probabilidade	Bairros		
		Vila Rubens	Boa Vista	Avenida
2	50.00%	R\$ -	R\$ -	R\$ -
10	10.00%	R\$ 278.914,30	R\$ 177.529,45	R\$ 51.815,93
25	4.00%	R\$ 447.442,03	R\$ 275.325,21	R\$ 91.174,43
50	2.00%	R\$ 482.370,49	R\$ 296.281,47	R\$ 102.990,08
100	1.00%	R\$ 1.273.586,46	R\$ 917.687,42	R\$ 1.126.964,44
500	0.20%	R\$ 18.657.420,00	R\$ 20.439.499,98	R\$ 36.710.000,00



**Figura 5.24** - Curva dos danos esperados para cada probabilidade.

Com o resultado destas análises, foi possível estimar o CMA esperado para a CDI construída nesta dissertação. De forma semelhante ao estudo do mapeamento de danos, foi considerada a comparação com as outras curvas disponíveis na literatura, o que permite balizar a ordem de grandeza dos danos, resultando nos valores relacionados na Tabela 5.14.

**Tabela 5.14** - CMA obtido para a mesma área com diferentes CDI.

	Curva de Danos por Inundações - CDI		
	2020	1995	2005
	R\$ 1.422.905,09	R\$ 1.257.552,50	R\$ 827.274,22
Diferença	-	-11,62%	-41,86%

O uso de cenários hipotéticos assumidos *a priori* subsidiou a análise dos riscos a inundações sem a necessidade de observações *a posteriori* da ocorrência de eventos reais. Estes resultados permitiram relacionar o funcionamento da CDI construída neste trabalho a várias probabilidades, abrangendo os temas necessários para cumprir o objetivo geral da pesquisa.

## 6 ABRANGÊNCIAS E LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Para alcançar todos os objetivos da pesquisa, algumas opções foram feitas para no decorrer do caminho de construção do conhecimento. Não por acaso, a determinação do primeiro objetivo específico foi uma consequência da necessidade de informações abundantes e confiáveis. As referências de Torterotot (1993) e USACE (1996) apresentam a metodologia de obtenção de CDI de forma gradual, mas sua replicação é dificultada pois a consulta a bancos de dados fica muito nebulosa sem uma rotina de entrevistas. Nas regiões onde estas pesquisas foram realizadas, dados haviam sido coletados por categorias que, mais tarde, seriam utilizadas nas curvas de danos. Levantamentos habitacionais dedicados são muito detalhados e podem facilitar a compreensão da vulnerabilidade através de um memorial descritivo conciso. Contudo, os critérios utilizados a muitos anos não refletem mais as características dos imóveis nem refletem as mudanças sociais de ocupação das áreas urbanas, haja vistas que Salgado (1995) assumira uma vizinhança padronizada para adotar os dados públicos então disponíveis.

Em relação à análise da base de informações, sua situação ainda não é definitiva e a profundidade das análises de cada material pode mudar conforme o 2º ciclo de consolidações seja finalizado pelo SINAPI. Entretanto, já bastam as atualizações mensais e a representatividade para os estados faz com que as curvas tenham (1) uma restrição, a princípio, de aplicação apenas para Minas Gerais, apesar de que (2) a metodologia se aplica a todas UF.

Comparativamente, no contexto das instituições estaduais brasileiras, não há registro de inventário público tão amplo quanto o do SINAPI, contendo tipos, valores e materiais usuais na construção habitacional. Portanto, como os produtos desta pesquisa são replicáveis e oferecem rigor científico em contraponto à indisponibilidade de levantamentos detalhados, este banco de dados é, atualmente, o melhor dentro das disponibilidades de informações públicas.

O estado de Minas Gerais contém 102 regiões onde os cursos d'água em interação com áreas urbanas oferecem uma ameaça severa (ANA, 2012), mas com registros muito dispersos sobre a intensidade e frequência dos eventos. Este cenário foi contornado por meio de um estudo de inundação hipotética e, a construção das CDI elaboradas *a priori*, foi possível por existir um banco de dados que reflete dados oficiais de diferentes fontes, mas que se mostraram representativos para todas áreas de Minas Gerais, mesmo as sob ameaça severa de inundação.

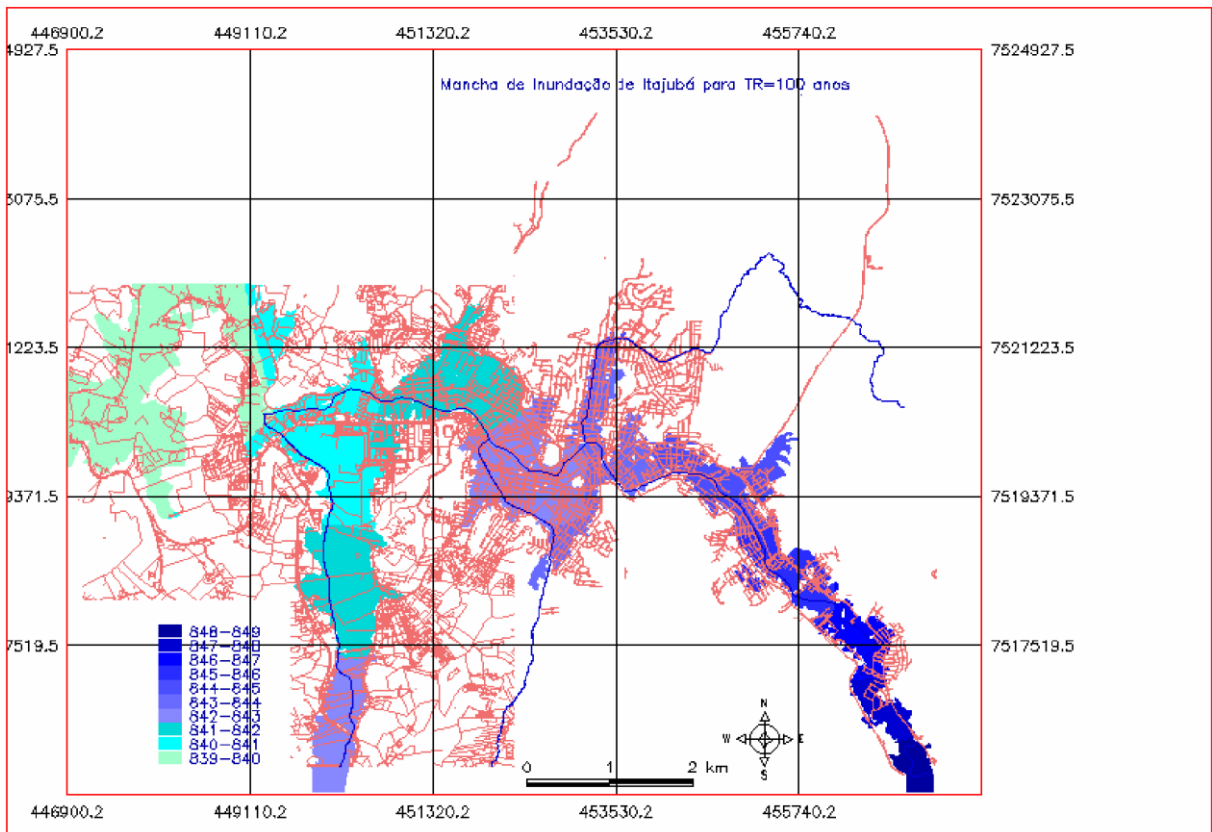
De forma semelhante, o segundo objetivo foi proposto pois seria pertinente no estudo das informações de desempenho dos materiais no estado que são disponíveis hoje, de forma que a adoção de tecnologias construtivas permita demonstrar sua evolução. Entretanto, a literatura divergiu da aplicação possível no cenário mineiro pois as informações públicas produzidas pela Companhia de Habitação (COHAB-MG) não são aprofundadas no sentido do estudo de desempenho dos materiais, nem cobre todas as faixas de tipos de imóveis. Uma alternativa poderia ser o uso de análises de vulnerabilidade de materiais semelhantes utilizados em outros estudos estrangeiros já consolidados. Contudo, neste caso, a literatura é bem explícita ao não recomendar a absorção de dados de desempenhos já levantados em estudos de imóveis estrangeiros, como faz Dutta *et al.* (2003) e Penning-Rowsell *et al.* (2005) nas referências às instituições responsáveis pelos levantamentos. O consenso técnico então foi o de usar o padrão técnico nacional do SINAPI com informações e custos apurados localmente para Minas Gerais.

Quanto à escolha da área do estudo de caso, é seguro dizer que Itajubá é um dos municípios com histórico mais severos de inundações e conta com grande infraestrutura de pesquisas acadêmica, industrial e militar. Este cenário favoreceu o levantamento de informações topográficas e hidrológicas e que contribuem para garantir a avaliação da CDI.

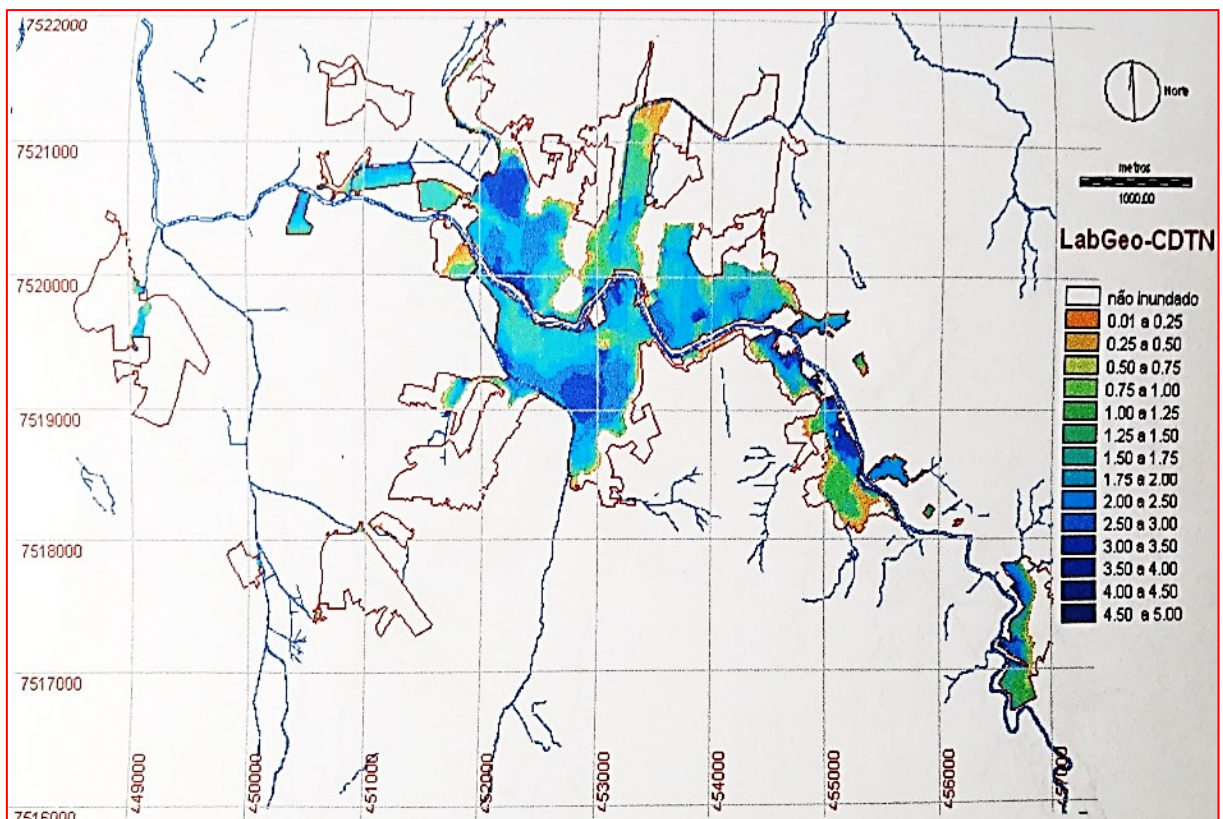
Como comparação do desempenho da modelagem hidráulica, pode-se traçar um paralelo com as observações obtidas por Moni Silva (2006), que tratou da elaboração de manchas de inundação utilizando o *software* Spring 4.3 Beta para obter a superfície afetada pelas inundações de diferentes tempos de retorno. No estudo, a metodologia envolvia o SIG e considerava as contribuições adicionais do Rio Piranguçu e Ribeirões Anhumas e José Pereira.

Considerando estas contribuições adicionais, a Figura 6.1 ilustra o resultado da simulação para uma cheia de TR = 100 anos e cota de inundação de 846,83m. Comparada à modelagem hidráulica do presente trabalho (Figura 5.14), percebe-se grande semelhança das áreas de inundação centrais e maior profundidade nos talwegues que recebem as contribuições adicionais à do Rio Sapucaí. Por outro lado, a metodologia apresentou menor sensibilidade nos intervalos de profundidades.

Como comparação de outro estudo regresso na mesma área de pesquisa, a Figura 6.2 demonstra um dos produtos do estudo hidráulico desenvolvido um ano antes por Machado (2005). Neste caso, para o mesmo tempo de retorno a mancha de inundação se comportou de maneira bem diferente e ocupou limites menos extensos da área urbana, embora tenha permitido a avaliação mais detalhada das faixas de profundidade.



**Figura 6.1** - Mancha de inundação para TR 100 anos obtida pelo uso do *software* Spring.  
Fonte: Moni Silva (2006).

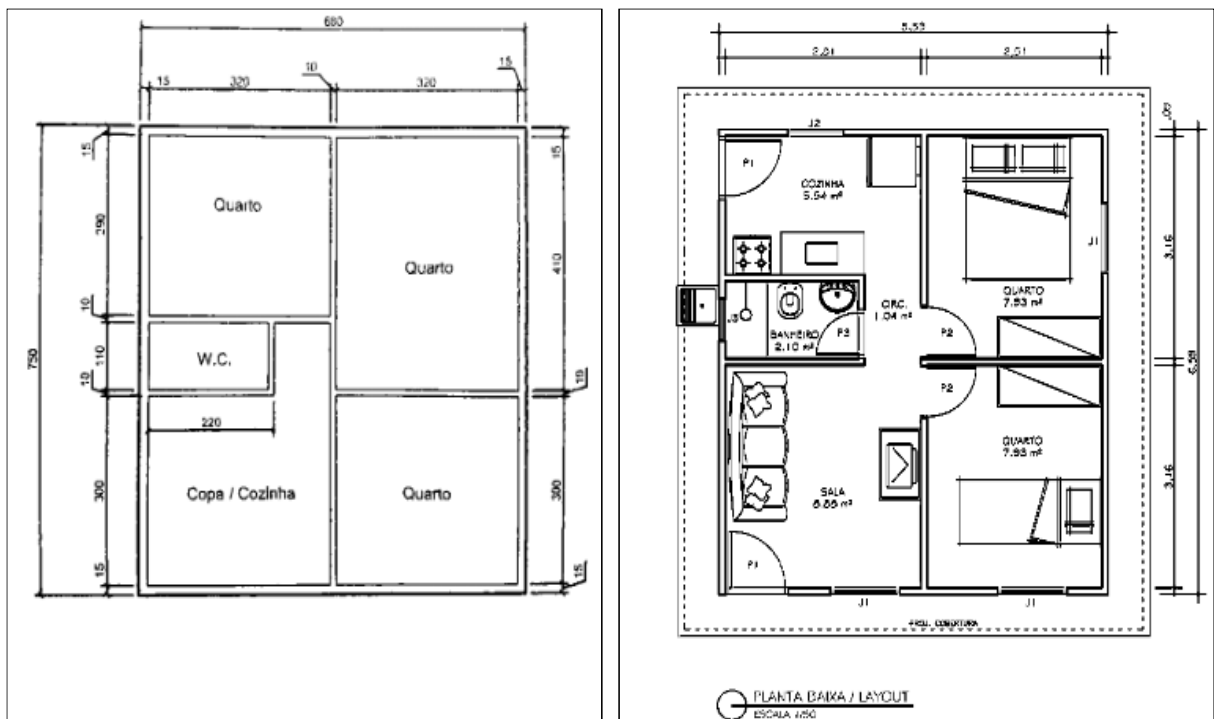


**Figura 6.2** - Mancha de inundação para TR 100 anos obtida pelo uso dos *softwares* Idrisi e HEC-RAS (unidimensional).  
Fonte: Machado (2005).

Em relação ao resultado da modelagem bidimensional apresentada no item 5.2.1, percebe-se que a melhor apuração da topografia e sensibilidade do modelo hidráulico permitiram estudar detalhadamente a extensão e profundidade da inundação. Além disto, outra constatação prevista na literatura e endossada por este trabalho é a expectativa de incremento de danos relativos com o aumento da profundidade de inundação, o que se confirma mesmo quando há a aplicação das parcelas de profundidade tão reduzidas quanto o intervalo vertical de 10cm, escolhido por ser a dimensão vertical dos espelhos nos terminais elétricos e por atingir todos os materiais da UH.

Como a dimensão dos materiais de construção não varia muito abaixo destas faixas, é improvável que o refinamento deste intervalo se reflita em fruto diferente desta constatação, ou mesmo na melhoria da precisão das curvas.

Na avaliação das consequências da submersão destas áreas e, portanto, do terceiro objetivo específico, o desenvolvimento da metodologia exigiu atenção. Devido à natureza sintética das CDI apresentadas nesta dissertação é possível comparar seu desempenho ao de outras curvas caso sejam mantidas as relações de valor relativo e categoria. No caso do padrão construtivo prioritariamente selecionado, há compatibilidade com o modelo de planta baixa tipo B descrita para a “Classe Econômica D” apresentada por Machado (2005), como ilustra a Figura 6.3.



**Figura 6.3** - Leiaute de implantação dos imóveis mais numerosos na avaliação obtida por Machado (2005) – esquerda; e neste trabalho - direita.

Entretanto, a metodologia abordada naquela pesquisa apresentou os valores de danos em termos absolutos monetários e relativos à área. Além disto, apesar de terem sido levantados os valores para reformas de elementos levantados pelas entrevistas através do TCPO, não foi possível comparar o CUB de referência para as categorias selecionadas. Destaca-se que, embora as curvas (e as funções que as refletem) tenham sido publicadas em 2005, um dos levantamentos de campo que balizou o estudo fora publicado por Lima (2003) em referência aos eventos ocorridos em 2.000. Deve-se ressaltar que as categorias escolhidas para os imóveis no estudo desenvolvido por Machado (2005) se fazem pelas recomendações da NBR 71721 (versão 1992). Por outro lado, no cenário atual existem alternativas mais completas em informações de mercado e em memoriais descritivos que a norma, como o SINAPI usado neste trabalho. Existe uma relação direta entre as duas classificações (disponível no Anexo D). Quanto aos valores monetários, pode-se provocar a comparação pela atualização dos dados dos danos, originalmente apresentados em termos absolutos, pela atualização do de correção de preços. Lima (2018) apresenta um estudo com esta atualização direta pelo Índice de Preços para o Consumidor Amplo (IPCA) fornecido pelo IBGE e referenciado pelo Banco Central do Brasil.

Adicionalmente, as curvas sintéticas propostas por Salgado (1995) foram acrescentadas à comparação com a ressalva que estas contam com uma categoria diferente de imóveis, à época classificadas como de nível médio e, portanto, mais robustas. Devido à capacidade dos *softwares* à época, o mecanismo de dano avaliado naquela ocasião era a área afetada, gerando valores de dano relativos que poderiam atingir valor máximo em inundações em planícies.

Ressalta-se que, no caso da CDI apresentada em 1995 (Figura 4.37) os danos relativos estão conexos a o custo de construção por área construída, conforme a disponibilidade de dados da autarquia de urbanização local (EMOP). Assim, tanto o valor do imóvel quanto a parcela de depreciação foram assumidos como válidos para a área do projeto de drenagem. Já no caso da CDI apresentada em 2005 (Figura 4.38), os danos são originalmente absolutos conforme a disponibilidade de dados obtidos em campo, mas ao longo da tese foram convertidos em valores relativos justamente para permitir a comparação com o primeiro autor. Neste caso, os danos relativos estão conexos a o custo de construção por área edificada conforme prevê o SINAPI.

Entretanto, o uso direto destas curvas da literatura gera um conflito sobre o nível de detalhamento, interpolações e incertezas que devem ser considerados para uma avaliação *a priori*. Este é o motivo pelo qual estes trabalhos foram utilizados, neste trabalho, somente para o fim de comparação dos resultados e orientação das conclusões.

Os resultados obtidos por esta dissertação demonstram valores mais elevados de dano global ao imóvel quando comparado ao restante da literatura, e com a possibilidade de transferência para outros projetos. Entretanto, é importante se ater à descrição do método sintético onde todos os itens construtivos devem ser relacionados se estiverem previstos em memorial descritivo ou em um estudo de métodos construtivos típicos da região.

Este método se contrapõe ao empírico no sentido de que a presença ou não de materiais não precisa depender da tomada de informações em questionários, pois, conforme afirmam Penning-Rowsell e Chatterton (1977) (págs. 10 e 36):

“Questionários são notórios por subestimar danos ocorridos no passado” e “a maior desvantagem desta abordagem é que os dados de eventos reais duvidosos e, mesmo que pareça intuitivo basear danos futuros em prejuízos observados no passado, esta avaliação é enviesada nos setores e tipologias que sofreram os danos mais óbvios enquanto efeitos dos danos permanecem ocultos por meses”. (traduzido do inglês).

Quanto à comparação direta entre a classificação dos imóveis, é importante ressaltar que a separação por categorias não está diretamente relacionada à classe social dos ocupantes, o que só seria possível através de uma análise socioeconômica, tampouco está diretamente relacionada aos padrões construtivos normatizados, o que exigiria o conhecimento da planta e memorial construtivo. A comparação é possível pelo conhecimento tácito de tipos de imóvel e a eventual mudança de categoria, em caso de um estudo dedicado a este tema, não altera o objetivo de comparação das curvas de danos a eles atribuída nesta dissertação.

Estas diferenças se refletem nos resultados da modelagem de danos e, portanto, da estimativa do CMA, uma vez que a severidade dos danos medidos em cada geração de curvas é a condição inicial para o estudo. Desta forma, pode-se inferir que a avaliação sintética, dedicada a esta etapa inicial através da Análise da Vulnerabilidade, contém um detalhamento mais apurado dos mecanismos que provocam danos aos materiais, mas com grande sensibilidade à qualidade e quantidade de dados, o que fica demonstrado através das maiores semelhanças entre as curvas obtidas neste trabalho e nas apresentadas por Salgado (1995) em abordagens sintéticas.

Há grande mérito no desenvolvimento das curvas pioneiras aplicadas até hoje em cenário nacional, revisadas no item 3.3, mas uma abordagem metodológica que permita transposição das curvas só poderia ser obtida com a síntese de novas informações generalistas em bancos de dados nacionais, reunidas por critérios profissionais fundamentados em experiências de campo.

Já as curvas desta dissertação fazem o uso de um sistema nacional amadurecido e que já está amplamente difundido na área de construção civil. Ressalva-se a escala mínima a nível de estado que, se por um lado pode ser extenso e heterogêneo, por outro representa uma população e um território das mesmas dimensões da maioria das curvas referenciadas na literatura.

Como limitações, cabe destacar que os materiais padronizados pelas Normas Técnicas Brasileiras podem não ser os encontrados em um inventário de campo complementar. Isto se deve ao fato de os bens imóveis serem considerados bens duráveis e muitas vezes seus elementos são mais antigos que as normas e padrões construtivos praticados hoje em dia. Além disto, medidas individuais de defesa ou as características de resiliência das habitações não foram consideradas no estudo pois, nos cenários adotados, só interfeririam nas modelagens hidráulicas de menor magnitude. Se as medidas de proteção individualizada vierem a ser amplamente implantadas como norma construtiva legal, é a Análise da vulnerabilidade - susceptibilidade que sofrerá modificações através da performance. Em estudos futuros, para apurar o uso da CDI a análise de performance pode ser atualizada conforme houver a elaboração de novos memoriais ou aplicação de novas tecnologias construtivas. Por outro lado, para a estimativa de danos coletivos e urbanos, a análise de performance pode incluir a avaliação do funcionamento de mecanismos de defesa. Isto pode ser tratado como uma etapa do Sistema de Auxílio à Decisão onde o prejuízo final evitado pode ser comparado com a escolha do sistema.

Com relação à análise das ameaças pelas modelagens hidráulicas de baixa recorrência, os hidrogramas de vazão ficam pouco precisos pois o comportamento da bacia é incerto onde há outros rios conectados ao Sapucaí. Além disto, há outras estações fluviais da UNIFEI e, entre as de consulta pública no sistema Hidroweb, faltam leituras de vazões em intervalos menores, ou mesmo automatizados, para garantir que o tempo de resposta da bacia possa ser retratado.

Já nas análises da susceptibilidade dos materiais de construção, faltam especificações direcionadas ao estudo da submersão e ensaios laboratoriais para todos os elementos da UH, pois a literatura traz poucas referências de testes nos materiais mais difundidos no mercado.

Com a perspectiva de melhora na classificação dos imóveis e verificações em campo, condições para a reprodução deste trabalho, destaca-se que quanto mais apurados passarem a ser os levantamentos de categorias dos bens, maior será o custo de tempo para a condução do estudo (Penning-Rowse *et al.*, 2005). Neste sentido, uma classificação hierárquica inicial de uso e ocupação do solo, através de ferramentas de georreferenciamento somente na área definida por uma análise de exposição, seria fundamental para transpor as CDI.

## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com o fito de reunir os elementos para a construção de curvas de danos, este trabalho se propôs a avaliar informações disponíveis sobre metodologias de estudo das inundações urbanas, permitindo obter conclusões sobre o funcionamento das modelagens de risco e apresentar perspectivas de uso.

É seguro afirmar que as principais implicações dos eventos de inundação em áreas residenciais são as perdas de vidas diretas ou indiretas por afogamentos ou por ferimentos e doenças. Entretanto, o entendimento de como os prejuízos se aplacam após catástrofes é importante para permitir planejamento e prevenção.

O estudo das inundações urbanas mostrou a exigência de competências multidisciplinares para permitir a compreensão de quais são as informações necessárias para avaliar seus impactos. Além dos conhecimentos de engenharia em hidrologia e hidráulica, este trabalho comprovou a necessidade da compreensão geográfica das áreas avaliadas, aspectos sociais dos imóveis ou dos ocupantes e da engenharia de materiais. Só assim foi possível compreender as relações de causa e efeito da ameaça, performance, exposição, vulnerabilidade e consequências.

A interpretação das experiências estrangeiras teve um grande valor nas etapas iniciais da construção da curva. Como não havia metodologia consolidada para a abordagem sintética na literatura brasileira, o uso das recomendações e passo-a-passo apresentados por USACE (1996) foi fundamental para compreender a necessidade de um banco de dados apurado e da compreensão da ameaça e da exposição. Esta compreensão foi fundamental para atender o primeiro objetivo específico e levou ao aprofundamento do estudo dos procedimentos e materiais previstos no SINAPI. Destaca-se ainda que o uso de vários tipos de imóveis nas categorias de média e alta renda, ou de área construída superior a 150 m<sup>2</sup>, seria irrelevante na construção da curva de danos pois estes imóveis têm presença escassa nas planícies de inundação de Itajubá-MG (espera-se o mesmo em outras regiões). Isto levou o estudo a afinar o foco na unidade habitacional (UH) de padrão baixo (B), equivalente ao tipo CP.1-2Q que é mais representativa em padrão popular ou de interesse social. A consulta a este sistema se mostra mais interessante em relação às categorias previstas na NBR 12721:2006 pois há efetiva participação de instituições financeiras no levantamento de preços de materiais em períodos mensais, além de permitir relação com estudos censitários do IBGE.

Entretanto, as informações dos critérios de vulnerabilidade de USACE foram incipientes, o que foi satisfatoriamente suprido pelas experiências de Penning-RowSELL e Chatterton (1977). Esta publicação permitiu orientar os trabalhos do segundo objetivo. O livro só foi limitado pela presença de materiais exóticos no mercado de construção brasileiro, sobretudo em esquadrias e revestimentos. Para isto, foram procurados ensaios de desempenho para os materiais, mas há pouca publicação técnica com o resultado de experimentos, apenas recomendações.

Entre as publicações científicas não é diferente, foram usados poucos estudos de desempenho especificamente direcionados a patologias por submersão. A experiência profissional foi então determinante para permitir observar materiais submetidos às condições não recomendadas e formular as hipóteses que vinculam o mecanismo de dano à resposta em prejuízos. Por fim, através dos conhecimentos em engenharia hidráulica foi possível atender o objetivo específico final ao avaliar o comportamento de uma simulação hipotética de inundação em um cenário urbano representativo e sua relação com as CDI para a obtenção de modelos de danos. A metodologia proposta em conjunto com a base de dado desenvolvida nesse estudo permite:

- a construção de outras curvas por meio da aplicação da metodologia proposta em associação com o uso das bases de dados adicionais;
- a atualização simplificada dos percentuais e custos absolutos das curvas com base nas composições de materiais e suas evoluções.

É salutar distinguir que a possibilidade de evolução do reordenamento fundiário, inclusive em um panorama mais rigoroso de reintegração de áreas de risco de submersão, não afetaria diretamente a estimativa de danos, uma vez que a abordagem Sintética não varia com a exclusão de uma amostra de imóveis em particular ou a flexibilização do valor especulativo do imóvel.

O estudo dos impactos econômicos pode ser ampliado para incluir outros tipos de danos diretos:

- Dano ao conteúdo: nova análise da vulnerabilidade - As características dos bens de consumo e mobiliários devem ser reunidas em categorias, conforme metodologia presente em USACE (1992) ou Machado (2005). A realização do Censo 2021 no Brasil pode ser uma oportunidade para enriquecer este estudo e incluir análises sociodemográficas;
- Dano ao imóvel: nova análise da ameaça - Novos mecanismos que provocam danos devem ser estudados e, quando oferecem um perigo significativo, uma nova modelagem hidráulica pode ser realizada considerando: sedimentologia, contaminantes, choques (troncos e gelo) e velocidade.

Como recomendações para o uso deste estudo ou no desenvolvimento de novas pesquisas neste tema, pode-se destacar:

- Por meio do PR e RCCF, boa parte dos valores dos materiais de construção podem ser consultados e ponderados por um avaliador ou orçamentista profissional em relação à proporção de valor dos itens susceptíveis;
- Quando há um grande território a ser representado, a qualidade das informações das curvas pode ser prejudicada. Seja pela pertinência das categorias dos objetos, seja pelas incertezas na valoração dos materiais, ressalta-se que a transferência da curva pode não ser adequada em todo o território do estado sem consulta ao inventário de bens e sua atualização. Assim, a síntese dos danos hipotéticos e a proporção de valor de cada material são pontos de necessária revisão periódica, o que coincide e vem a compatibilizar a necessidade de estudos de comportamentos de cheias e inundações urbanas periódicas;
- É importante validar as curvas com informações obtidas *a posteriori*, por meio de uma análise dos danos de eventos catastróficos que possam vir a acontecer no futuro.

De maneira complementar, a melhoria da qualidade da análise geográfica tem papel fundamental na análise da ameaça e, quando disponível, da performance dos sistemas de defesa. Entretanto, há poucos dados de terreno em relação aos dados socioeconômicos obtidos pelo Censo, o que pode ser um gargalo para a melhoria dos modelos. FEMA (2015) contornou a carência de informações dos censos decadais nos EUA adotando um inventário de mapas dasimétricos. Essa poderia ser uma estratégia a ser adotada em contexto nacional.

Outro fator que pode ser ajudar a amadurecer o entendimento da ameaça reside na consideração de alterações hidrológicas esperadas por meio dos “fatores de mudança climática” propostos por Ihringer (apud Ashley *et al.*, 2007), com o intuito de estimar o aumento das vazões de pico.

O estudo da vulnerabilidade por categorias ou por materiais independentes é uma tarefa tediosa e difícil que exige profundos conhecimentos das técnicas de construção e patologia civil, mas que é o primeiro e mais crítico passo para o desenvolvimento de modelos de danos (Gerl *et al.*, 2016). Se este tipo de conhecimento, de fato, servir ao enriquecimento das políticas públicas de urbanização a que se propõe, a formação de rotinas de estudo da vulnerabilidade pode ser considerada um mecanismo de defesa social e de previsibilidade econômica. Desta forma, para permitir maior penetração em municípios com poucas informações sobre inundações, seria pertinente adotar as informações de modelo construtivo quando maior levantamento das características de ocupação e demografia do Censo de 2021 estiver disponível.

A importância das análises da exposição deve continuar crescente conforme ocorre o desenvolvimento das áreas urbanas ou aumentam os valores dos imóveis. Isto ocorre, pois, os parâmetros que definem a ameaça de inundações podem ser modificados conforme evolui o panorama de aquecimento global e a dinâmica socioeconômica local. Segundo o *World Resources Institute* (WRI, 2020), o número absoluto de pessoas afetadas em todo o mundo deve dobrar até 2030 como consequência do aumento da população urbana e da intensidade das precipitações ou subida das marés. Portanto, para estimar a evolução dos riscos, o componente da exposição deve ser mais amplamente estudado através do mapeamento das áreas alagáveis e de simulações hidráulicas detalhadas, adotando medidas não estruturais para o planejamento da ocupação do solo. Por outro lado, para compensar a modificação da ameaça, devem ser avaliadas novas medidas estruturais de desempenho hidráulico e da vulnerabilidade dos materiais (no sentido de resiliência). Isto ajudaria a evitar um desequilíbrio dos riscos e só pode ser alcançado com a tecnologia e ciência. Assim, o inventário pode ser mais bem relacionado aos padrões construtivos da ABNT, enquanto os valores de materiais de construção são atualizados pelo Sinduscom-MG, ao invés do SINAPI.

Como ligação das recomendações dos últimos dois parágrafos, pode-se acrescentar que a avaliação dos riscos não deve ser considerada como uma metodologia pronta, mas sim discussão de uma metodologia adaptável a cada caso de acordo com as necessidades do modelador que busca o cenário de risco mais adequado. Consequentemente, o uso do conteúdo desta dissertação em avaliações futuras exige validação e cautela. Para permitir uma avaliação das hipóteses que serão formadas, Miguez *et al.* (2018) enunciam como possibilidade de uso de índices que subsidiem decisões multicritério. Estas discussões carecem de um debate nacional sobre o a resiliência urbana a danos, além de um órgão técnico que, assim como a USACE e FEMA nos EUA, oriente e normatize as avaliações de riscos de inundações.

A utilidade e extensão da discussão de cada um desses casos é um tema de importância, sobretudo em países latino-americanos que contam com recursos públicos e maturidade dos mercados para permitir a distribuição dos riscos de desastres naturais, mas que carecem de comprometimento institucional (Kreimer *et al.*, 2003). Além disto, há um forte enlace econômico entre a proteção de áreas residenciais carentes e investimentos de longo prazo, o que apoia tanto o argumento Rawlsiano (no sentido de justiça social) quanto o utilitário (Sayers *et al.*, 2018). O direcionamento dos estudos de risco, portanto, é recomendado para ajudar a amadurecer o planejamento urbanístico e agropecuário, diluir o ônus dos riscos e na proteção de reservatórios de abastecimento de água, apoio à mineração ou do sistema hidroelétrico.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.; ELEUTÉRIO, J. Estado da arte de curvas de danos potenciais de inundações para o setor habitacional. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBRH, 2019.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Atlas de vulnerabilidade a inundações**. 2012. Disponível em <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?uuid=ae9c2d48-63d6-474c-9257-d2d122aa1477>, último acesso em 25 de maio de 2019.

APEL, H.; ARONICA, G.; KREIBICH, H.; THIEKEN, H. Flood risk analyses—how detailed do we need to be? **Natural Hazards**, v. 49, p. 79-98, 2009.

APPELBAUM, S. Determination of Urban Flood Damages. **Journal of Water Resources Planning and Management-ASCE**, v.111, n.2, p. 269-283, 1985.

ASHLEY, R., GARVIN, S., PASCHE, E., VASSILOPOULOS, A., ZEVENBERGEN, C. **Advances in urban flood management**. Londres: Taylor e Francis, 2007. 499 p.

BARÓ-SUÁREZ, J.; DÍAZ-DELGADO, C.; CALDERÓN-ARAGÓN, G.; ESTELLER-ALBERICH, M.; CADENA-VARGAS, E. Costo más probable de daños por inundación em zonas habitacionales de México. **Tecnología y Ciencias del Agua**, v.2, p. 201-218, 2011.

BLACK, R. **Flood proofing rural residences. A project Agnes report**. Department of Agricultural Engineering, Cornell University, Nova York US, 1975, 25p.

BRASIL. **Portaria Conjunta N° 148**, de 18 de dezembro de 2013, Diário Oficial da União - Seção 1, n° 249, p. 58. 2013.

BUBECK, P.; DE MOEL, H.; BOUWER, L.M.; AERTS, J. How reliable are projections of future flood damage? **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v.11, p. 3293-3306, 2011.

CAIXA – Caixa Econômica Federal. **SINAPI - Metodologias e Conceitos**. Gerência Nacional de Padronização e Normas Técnicas, V. julho/2019, p. 195, 2019a.

CAIXA – Caixa Econômica Federal. **SINAPI – Ficha Técnica Do Projeto 13105**. Gerência Nacional de Padronização e Normas Técnicas, p. 3, 2019b.

CAIXA – Caixa Econômica Federal. **SINAPI - Relatório De Custos Por Característica Física 13105**. Gerência Nacional de Padronização e Normas Técnicas, p. 9, 2019c.

CAIXA – Caixa Econômica Federal. **SINAPI – Custo de Composições - Sintético**. Gerência Nacional de Padronização e Normas Técnicas, p. 613, 2019d.

CAIXA – Caixa Econômica Federal. **SINAPI - Custo de Composições - Analítico**. Gerência Nacional de Padronização e Normas Técnicas, p. 3.294, 2019e.

CAIXA – Caixa Econômica Federal. **SINAPI - Fichas de Especificações Técnicas de Insumos**. Gerência Nacional de Padronização e Normas Técnicas, p. 5.249., 2019f.

CAIXA – Caixa Econômica Federal. **SINAPI - Ficha Técnica do Projeto 12077**. Gerência Nacional de Padronização e Normas Técnicas, p. 3, 2019g.

CAIXA – Caixa Econômica Federal. **SINAPI - Ficha Técnica do Projeto 9664**. Gerência Nacional de Padronização e Normas Técnicas, p. 3, 2019h.

CAIXA – Caixa Econômica Federal. **SINAPI - Relatório De Custos Por Característica Física 12077**. Gerência Nacional de Padronização e Normas Técnicas, p. 14, 2019i.

CAIXA – Caixa Econômica Federal. **SINAPI - Relatório De Custos Por Característica Física 9664**. Gerência Nacional de Padronização e Normas Técnicas, p. 11, 2019j.

CAIXA – Caixa Econômica Federal. Orientações para programas habitacionais. 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/minha-casa-minha-vida>, último acesso em 14 de junho de 2019.

CANÇADO, V. Consequências econômicas das inundações e vulnerabilidade: desenvolvimento de metodologia para avaliação do impacto nos domicílios e cidade. 2009, 394f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG, 2009.

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Definições em ameaças naturais**. 2016. Disponível em: <https://www.cemaden.gov.br/inundacao/>, último acesso em 14 de junho de 2019.

CHOI, S.A.; YI, C.S.; SHIM, M. P.; KIM, H. S. Multidimensional flood damage analysis: Principle and procedure. **Journal of Korea Water Resources**, v. 50, p. 1-9, 2006.

CHOW, V. T. **Open Channel Hydraulics**, The Blackburn Press, Caldwell, New Jersey, USA, 1959. 680p.

CHUDLEY, R.; GREENO, R. **Building Construction Handbook** 11<sup>en</sup> Ed., Taylor & Francis Group, Routledge, New York, USA, 2016. 1012p.

CILA - Chartered Institute of Loss Adjusters. **Fungal Decay and Insurance Claim**. CILA Property Special Interest Group in association with Royal Institution of Chartered Surveyors and Crawford & Company, London, UK. 2018, 10p.

CRICHTON, D. **The risk triangle. Natural Disaster Management**. Tudor Rose Holdings Limited, Leicester, UK, 1999.

CRICHTON, D. Insurance and climate change. In: Conference on Climate Change, Extreme Events and Coastal Cities. Houston, 2005. **Proceedings...**Houston, USA, p. 117-132, 2008.

DALE, K.; EDWARDS, M.; MIDDELMANN, M.; ZOPPOU, C. Structural flood vulnerability and the Australianisation of Black's curves. **Geoscience**, Canberra AU, 6 p., 2004.

DEBO, T. Urban Flood Damage Estimating Curves. **Journal of Hydraulics**, v. 108, p. 1059-1069, 1982.

DELFT HYDRAULICS. **HIS overstromings Module**. Delft University, NL. 2003. [www.deltares.nl/en/software/sobek](http://www.deltares.nl/en/software/sobek) (acesso em 5 de maio de 2019).

DIAS, P.; ARAMPEBOLA, N.; WEERASINGHE, K.; WEERASINGHE, K. D.; WAGENAAR, D.; BOUWER L.; GEHRELS, H. Development of damage functions for flood risk assessment in the city of Colombo (Sri Lanka). **Procedia Engineering**, v. 212, p. 332-339, 2017.

DING, A.; WHITE, J.; ULLMAN, P.; ADEBOLA, P. Evaluation of HAZUS-MH Flood Model with Local Data and Another Program. **Natural Hazards**, v. 9, pp. 20-28, 2008.

DOTTORI, F.; FIGUEIREDO, R.; MARTINA, M.; MOLINARI, D.; SCORZINI, A. INSYDE: a synthetic, probabilistic flood damage model based on explicit cost analysis. **Natural Hazards Earth System Science**, v. 16, p. 2577-2591, 2016.

DRUMOND, A. M. Análise do programa Lares habitação popular do estado de Minas Gerais a partir da perspectiva do *policy cycle*. 2014. 187f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

DUTTA, D.; HERATH, S.; MUSIAKE, K. A Mathematical Model for Flood Loss Estimation. **Journal of Hydrology**, v. 277, p. 24-49, 2003.

ENGLHARDT, J.; DE MOEL, H.; HUYCK, C.; RUITER, M.; AERTS, J. Enhancement of large-scale flood damage assessments using building-material-based vulnerability curves for an object-based approach. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 19, p. 1703-1722, 2019.

ERICKSEN, J. **Creating flood disasters? New Zealand's need for a new approach to urban flood hazard**. National Water and Soil Conservation Authority, Wellington NZ. 1986, 322 p.

ERICKSEN, N.; HANDMER, J.; SMITH, D. **ANUFLOOD: evaluation of a computerized urban flood-loss assessment policy for New Zealand**. National Water and Soil Conservation Authority, Water and Soil Directorate, Ministry of Works and Development. 1988, 85p.

FEMA - Federal Emergency Management Agency. **Hazus-MH Data Inventories: Dasymmetric vs. homogeneous 1-877-FEMA MAP**. Department of Homeland Security, Federal Emergency Management Agency - Mitigation Division, Washington. 2015, 4p.

FIA - Federal Insurance Administration. **Depth-percent damage curves**. FIA- US Department of Housing and Urban Development. 1974.

FONGIA, S.; RUIU, A.; SECHI, G. Water depth-damage functions for flood direct tangible damage evaluation in built-up areas in Sardinia. **European Water**, v. 57, p. 3-9, 2017.

GEOSCIENCE AUSTRALIA. **Flood Vulnerability Functions for Australian Buildings**. Summary of the Current Geoscience Australia Model Suite, Geoscience Australia, Canberra AU. 2012.

GERL, T.; KREIBICH, H.; FRANCO, G.; MARECHAL, D.; SCHRÖTER, K. A review of flood loss models as basis for Harmonization and Benchmarking. **PlosOne**, DOI: 10.1371/journal.pone.0159791, 22p. 2016.

GOOGLE EARTH PRO 7.3.2, MAXXAR TECHNOLOGIES (2018). **Cidade de Itajubá-MG**. Coordenadas 22°25'25" S e 45°27'00" O. Data da imagem 09/08/2018, último acesso em 30/11/2018.

GRACIOSA, M. Modelo de seguro para riscos hidrológicos com base em simulação hidráulico hidrológica como ferramenta de gestão do risco de inundações. 2010, 191f. Tese (Doutorado), Departamento de Hidráulica e Saneamento, USP-São Carlos, SP, 2010.

GREEN, C.; WIERSTRA, E.; PENNING-ROUSELL, P.; VAN DER VEEN, A. **Vulnerability refined: analysing full flood impacts**. Floods across Europe. Middelsex University Press, London, (1994), p. 32-68.

GUABIROBA, R. Avaliação de metodologia de obtenção de custos de recuperação de danos em edificações causados por inundações em relação à profundidade de submersão. 2015. 147 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Materiais de Construção, UFMG, 2015.

HALL, C., HOFF, W. Rising damp: capillary rise dynamics in walls. **Proceedings of the Royal Society**, v.463, p. 1871-1884, 2011.

HASANZADEH NAFARI, R.; AMADIO, M.; NGO, T.; MYSIAK, J. Flood loss modeling with FLF-IT: a new flood loss function for Italian residential structures. **Natural Hazards Earth Systems**, v. 17, p. 1047-1059, 2017.

HASANZADEH NAFARI, R.; NGO, T.; LEHMAN, W. Calibration and validation of FLFArs - a new flood loss function for Australian residential structures. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 16, pp. 15-27, 2016.

HIDROWEB, **Dados Hidrológicos da Estação Itajubá**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>, último acesso em 01/04/2020.

HISAMATSU, R.; KAWABE, K.; MIZUNO, Y.; SHINOZUKA, Y.; HORIE, K. Development of flood damage functions based on insurance loss due to 2015 Kanto-Tohoku heavy rainfall. **Journal of Japan Society of Civil Engineers**, v. 7, pp. 22-29, 2019.

HUBERT, G.; LEDOUX, B. **Le Coût du Risque...: L'évaluation des Impacts Socio-Economiques des Inondations**. l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris FR, 1999. 240p.

HUIZINGA, J.; DE MOEL, H.; SZEWCZYK, W. **Global flood depth-damage functions**. European Commission Joint Research Centre, Sevilla, ES, (2017), 75p.

HYDROTEC. **Hochwasser-Aktionsplan Angerbach**. StUA Press, Dusseldorf. DE, 2001, 116p.

IBGE - Instituto Nacional de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2019a. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/>, último acesso em 01/10/2019.

IBGE - Instituto Nacional de Geografia e Estatística. **Relação de projetos: nomenclaturas e tipologias**. 2019b. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html>, último acesso em 01/06/2019

ICOLD - Commission Internationale des Grands Barrages. **Bulletin sur le passage en sécurité de crues extremes**. Bulletin 142. ICOLD Paris-FR, 2012. 195 p.

ICPR - International Commission for the Protection of the Rhine. **Rhine-Atlas**. 2001, 50 p. disponível em <https://www.iksr.org/en/icpr/> (último acesso: 3 de maio de 2019),

IVSC - International Valuation Standards Council. **International Valuation Standards – IVS**. Royal Institute of Chartered Surveyors, Page Bros, London, UK, 2019. 138p.

JONGMAN, B.; KREIBICH, H.; APEL, H.; BARREDO, J.; BATES, P.; FEYEN, L.; GERICKE, A.; NEAL, J.; AERTS, J.; WARD, P. Comparative flood damage model assessment: towards a European approach. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 12, p. 3733-3752, 2012.

JONKMAN, S.; BOCKARIOVA, M.; KOK, M.; BERNARDINI, P. Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands. **Ecological Economics**, v. 66, p. 77-90, 2008.

JONOV, C. Avaliação dos danos às edificações causados por águas de inundações e estudo de alternativas de proteção para tornar as edificações mais resilientes. 2012, 242f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG, 2012.

KREIMER, A., ARNOLD, M., CARLIN, A. **Building Safer Cities: the future of disaster risk**. The World Bank: Disaster Management Facility, Washington - EUA, 2003, 324 p.

KLIJN, F.; BAAN, P.; DE BRUIJN, J.; KWADIJK, J. **Overstromingsrisico's in Nederland in een veranderend klimaat**. Delft hydraulics, Delft, NL. 2007,116p.

KREIBICH, H.; DIMITROVA, B. Assessment of Damages Caused by Different Flood Types. **Transactions on Ecology and the Environment**, v. 133, p. 3-11, 2010.

KREIBICH, H.; KLAUS, P.; ISABEL, S.; HOLGER, M.; UWE K.; MERZ, B.; THIEKEN, A. *Is flow velocity a significant parameter in flood damage modelling?* **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 9, p. 1679-1692, 2009.

LEHMAN, W.; DUNN, C.; LIGHT, M. Using HEC-FIA to identify the consequences of flood events. In: Conferência Internacional em Manejo de Enchentes, 6. 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo, Brasil, 2014, 9p.

LfUG. **Schsisches landesamt für umwelt und geologie**. Überschwemmungen in Sachsen. Gefahrenhinweiskarten Report. 2005.

LIMA, J. **Avaliação dos riscos e danos de inundação e do impacto da adoção de medidas não-estruturais em Itajubá, MG**. 2003, 160F. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG, 2003.

LIMA, R. **Estimativa do dano causado por eventos históricos de extravasamento na área urbana da bacia do Ribeirão José Pereira**. 2018, 64F. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Recursos Naturais, Itajubá, MG. 2018.

MACHADO, M. Curvas de danos de inundação versus profundidade de submersão: desenvolvimento de metodologia - estudo de caso bacia do rio Sapucaí, Itajubá, MG. 2005, 217f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, MG. 2005.

McBEAN, E.; GORRIE, J.; FORTIN, M.; DING, J.; MONLTON, R. Adjustment factors for Flood Damage Curves. **Journal of Water Resource Planning and Management**, v.114, p. 635-646, 1988.

MERZ, B.; KREIBICH, H.; SCHWARZE, R.; THIEKEN, A. Assessment of Economic Flood Damage. **Natural Hazards Earth Systems Science**. v.10, p. 1697-1724, 2010.

MESSNER, F; PENNING-ROUSELL, E.; GREEN, C.; MEYER, V.; TUNSTALL, S.; VEEN, A. **Evaluating flood damage: guidance and recommendations on principles and methods**. Flood Site Project Report. 2007, 189p.

MIDDELMANN-FERNANDES, M. H. Flood damage estimation beyond stage-damage functions: An Australian example. **Journal of Flood Risk Management**, v. 3, p. 88–96, 2010.

MIGUEZ, M., GREGÓRIO, L., VERÓL, A. **Gestão de riscos e desastres hidrológicos**, 1. ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2018. 332 p.

MILOGRANA, J. **Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas**. 2009, 316f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recurso Hídricos), Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, DF. 2009.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Programa Minha Casa Minha Vida / Oferta Pública 2012 – Especificações Mínimas**. 2012, <https://www.mdr.gov.br/saneamento/proeesa/67-snh-secretaria-nacional/programas-e-acoas/1273-programa-minha-casa-minha-vida-pmcmv-2011>, último acesso em 01/11/2019.

MONI SILVA, A. P. **Elaboração de manchas de inundação para o município de Itajubá utilizando SIG**. 2006, 106 f. Dissertação, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2006.

MURL - Ministerium für Umwelt, Nordrhein-Raumplanung und Landwirtschaft. **Potentielle Hochwasserschäden am Rhein in NRW**. Ministerium für Umwelt, Nordrhein-Raumplanung und Landwirtschaft, Westfalen, Dusseldorf, DE. 2000, 10p.

NAGEN, F. R. **Avaliação econômica dos prejuízos causados pelas cheias urbanas**. 2008, 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. 2008.

NAUMANN, T.; NIKOLOWSKI, J.; GOLZ, S. **Synthetic depth-damage functions – A detailed tool for analyzing flood resilience of building types**. Final Conference of the COST action C 22 Urban Flood Management, Paris, FR. 2009, 8p.

NRE - Victorian Department of Natural Resources and Environment. **Rapid Appraisal Method (RAM) for floodplain management**. Rean Sturgess Associates, Melbourne AU. 2000, 115p.

OLESEN, L.; LÖWE, R.; ARNBJERG-NIELSEN, K. **Flood damage assessment: Literature review and recommended procedure**. Cooperative Research for Water Sensitive Cities, Clayton AU. 2017, 40p.

OLIVERI, E.; SANTORO, M. Estimation of urban structural flood damages: the case study of Palermo. **Urban Water Journal**, v. 2, p. 223–234, 2000.

PÁDUA, L.; CAMPOS, R. Quantificação de danos e custos advindos de cheias urbanas e geração de curvas de vulnerabilidade utilizando HEC-FIA estudo de caso: rio Arrudas, Belo Horizonte, MG. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 22., 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC, 2017, 8p.

PARISI, C. Estudo de danos causados a revestimentos de alvenarias de blocos cerâmicos de vedação através de inundações simuladas em protótipos. 2007. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

PENNING-ROWSELL, E.; CHATTERTON, J. **The benefits of flood alleviation: a manual of assessment techniques**. Farnborough, UK, Saxon House Press 1977, 450p.

PENNING-ROWSELL, E.; JOHNSON, C.; TUNSTALL, S.; TAPSELL, S.; MORRIS, J.; CHATTERTON, J.; GREEN, C., **The Benefits of Flood and Coastal Risk Management: A Handbook of Assessment Technique (The Multi-Colored Handbook)**. Middlesex University Press. 2005, 80p.

PESSINA, G. Análise de risco de inundações em termos de prejuízos gerados na presença de eventos mais críticos que o definido em projeto: aplicação ao Rio Iguaçu. 2014. 118f. Dissertação (Mestrado) COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. 2014.

PISTRIKA, A.; TSAKIRIS, G.; NALBANTIS, I. Flood Depth-Damage Functions for Built Environment. **Environmental Processes**, v. 1, p. 553-572, 2014.

PRETTENTHALER, F.; AMRUSCH, P.; HABSBURG-LOTHRINGEN, C. Estimation of an absolute flood damage curve based on an Austrian case study under a dam breach scenario. **Natural Hazards and Earth System Science**, v 10, p. 881-894, 2010.

PROVERBS, D.; SOETANTO, R. **Flood Damaged Property: a guide to repair**. Blackwell Publishing, Oxford UK. 2004, 239 p.

RIGHETTO, J.; MENDIONDO, E.; RIGHETTO, A. Modelo de Seguro para Riscos Hidrológicos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, p. 107-113, 2007.

ROMALI, N.; SULAIMAN, M.; YUSOP, Z.; ISMAIL, Z. Flood Damage Assessment: A Review of Flood Stage-Damage Function Curve. In: ISFRAM 2014: International Symposium on Flood Research and Management. **Proceedings...** Springer: Singapore, SG, 2015, pp.147-159.

SALGADO, J. C. **Avaliação econômica de projetos de drenagem e de controle de inundações em bacias urbanas**. 1995, 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. 1995.

SAYERS, P., PENNING-ROWSELL, E., HORRITT, M. Flood vulnerability, risk and social disadvantage: Current and future patterns in the UK. **Regional Environmental Change**, v. 18 (2). pp. 339-352.

SCAWTHORN, C.; FLORES, P.; BLAIS, N.; SELIGSON, H.; TATE, E.; CHANG, S.; MIFFLIN, E.; THOMAS, W.; MURPHY, J.; JONES, C.; LAWRENCE, M. HAZUS-MH Flood Loss Estimation Methodology. **Natural Hazards Review**, p. 72-81, 2006.

SINDUSCON-MG. **Sindicato da Indústria da Construção Civil de Minas Gerais**, 2019. [http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/cub/tabelas/2002\\_maio.html](http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/cub/tabelas/2002_maio.html), acesso em 26/10/2019.

SLUIJS, L.; SNUVERINK, M.; VAN DEN BERG, K.; AND WIERTZ, A. **Schadecurves industrie ten gevolge van overstromingen**. Tebodin, NL. Rijkswaterstaat DWW. 2000.

SMITH, D. Flood Damage Estimation – A Review of Urban Stage-Damage Curves and Loss Functions. **Water South Africa**, v 20, pp. 231-238, 1994.

SMITH, D.; VILIOEN, M. Guidelines for Assessing Flood Damage *in* South Africa. **Water Research Commission**, Pretoria, SA, 1981. 71 p.

SWISS RE – Swiss Reinsurance. **Risco de Inundações no Brasil**. Swiss Re Media Production, Zurich, CH. 2011, 4 p.

THIEKEN, A. H.; ACKERMANN, V.; ELMER, F.; KREIBICH, H.; KUHLMANN, B.; KUNERT, U.; MAIWALD, H.; MERZ, B.; MÜLLER, M.; PIROTH, K.; SCHWARZ, J.; SCHWARZE, R.; SEIFERT, I.; SEIFERT, J. Methods for the evaluation of direct and indirect flood losses. In: International Symposium on Flood Defense (ISFD4). 4., 2008. Toronto. **Proceedings...** Toronto, CA, 2008,10 p.

TORTEROTOT, J. P. **Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes**. 1993, 634f. Tese (Doutorado). Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, France. 1993.

TORTEROTOT, J. P. La prise en compte des incertitudes dans l'estimation du coût des dommages dus aux inondations. **Eau: Ressources, Aménagements, Environnement**, n. 34, p. 76-82, 2000.

TORTEROTOT, J. P. Gestion patrimoniale des infrastructures. **Sciences Eaux & Territoires** n. 20, p. 2-3, 2016.

UN-SPIDER, United Nations – Space Based Information for Disaster Management and Emergency Response. **Recommended Practice: Flood Hazard Mapping**, 2020. Disponível em <http://www.un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-flood-hazard-mapping>, último acesso em 01/03/2020.

UNDRR, United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Global Assessment Report (GAR) on Disaster Risk Reduction. **Making Development Sustainable: the future of disaster risk management**. Geneva, CH, 2015, 316p.

USACE. **Flood Damage Assessments Using Spatial Data Management Techniques**. Report, Hydrologic Engineering Center, Davis, USA. 1978, 34p.

USACE. **Catalog of residential depth-damage functions**. IWR Report, Hydrologic Engineering Center, Davis, USA. 1992, 151p.

USACE. Framework for estimating national economic development benefits and other effects of flood water warning and preparedness systems. IWR Report, Hydrologic Engineering Center, Davis, USA. 1994, 94p.

USACE. Procedural guidelines for estimating residential and business structure value for use in flood damage estimation. IWR Report, Hydrologic Engineering Center, Davis, USA. 1995, 96p.

USACE. **Risk-based analysis for flood damage reduction studies**. Manual. Hydrologic Engineering Center, Davis, USA. 1996, 63p.

USACE. Generic Depth-Damage Relationships for Residential Structures with Basements. Memorandum. Hydrologic Engineering Center, Davis, USA. 2003, 17p.

USACE. Depth-damage relationships for structures, contents, and vehicles and content-to-structure value ratios (CSV) in support of the Donaldsonville to the gulf, Louisiana, feasibility study. Report. Hydrologic Engineering Center, Davis, USA. 2006, 163p.

USACE. **Risk assessment for flood risk management studies**. Regulation. Hydrologic Engineering Center, Davis, USA. 2017, 26p.

USACE. **Economic, Social and Regional Considerations**. Report ER1105-2-100, Hydrologic Engineering Center, Davis, USA. 2019, 41p.

VANNEUVILLE, W.; MADDENS, R.; COLLARD, C.; BOGAERT, P.; DE MAEYER, P.; ANTROP, M. Impact op mens en economie t.g.v. overstromingen bekeken in het licht van

wijzigende hydraulische condities, omgevingsfactoren en klimatologische omstandigheden, Vakgroep Geografie. Universiteit Gent, Gent-BE. 2006, 120p.

WAGENAAR, D.; BRUIJN, K.; BOUWER, L.; DE MOEL, H. Uncertainty in flood damage estimates and its potential effect on investment decisions. **Natural Hazards and Earth System Science**, v. 16 p 1-14, 2016.

WHITE, G. F. **Choice of Adjustment to Floods**. Research Paper n. 93, University of Chicago, Department of Geography, Chicago, USA. 1964, 150 p.

WHITE, G. F. **Human Adjustment to Floods**. 1942, 232f. Tese. Department of Geography, University of Chicago, Chicago, USA. 1942.

WIN, S.; ZIN, W.; KAWASAKI, A.; SAN, Z. Establishment of flood damage function models: a case study in the Bago river basin, Myanmar. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 28, p. 688-700, 2018.

WRI – World Resources Institute. **Aqueduct Flood**. 2020. Disponível em <https://www.wri.org/blog/2020/04/aqueduct-floods-investment-green-gray-infrastructure>, último acesso em 23 de abril de 2020.

ZELEŇÁKOVÁ, M.; GAŇOVÁ, L.; PURCZ, P.; HORSKÝ, M.; SATRAPA, L.; DIACONU, D. Mitigation of the Adverse Consequences of Floods. **Natural Hazards**, n. 1527, ASCE 18p., 2017.

ZEVENBERGEN, C.; VEERBEEK, W.; GERSONIUS, B.; VAN HERK, S. Challenges in urban Flood Management: Travelling across spatial and temporal scales. **Journal of Flood Risk Management**, v 1, pp. 81-88, 2008.

## APÊNDICES

### Apêndice A

**Tabela A.1** - Levantamento da presença de imóveis residenciais unifamiliares típicos nos bairros avaliados. Fonte: Após visita técnica, registros do *Google Street View*

Número	Fachada	Classe	Bairro	Idade
1		M	VR	10
2		M	VR	30
3		B	VR	20

**Tabela A.1** - Levantamento da presença de imóveis residenciais unifamiliares típicos nos bairros avaliados. Fonte: Após visita técnica, registros do *Google Street View*

Número	Fachada	Classe	Bairro	Idade
4		M	VR	40
5		M	VR	10
6		B	VR	30
7		B	VR	40

**Tabela A.1** - Levantamento da presença de imóveis residenciais unifamiliares típicos nos bairros avaliados. Fonte: Após visita técnica, registros do *Google Street View*

Número	Fachada	Classe	Bairro	Idade
8		B	VR	20
9		B	VR	10
10		B	VR	10
11		B	BV	10

**Tabela A.1** - Levantamento da presença de imóveis residenciais unifamiliares típicos nos bairros avaliados. Fonte: Após visita técnica, registros do *Google Street View*

Número	Fachada	Classe	Bairro	Idade
12		B	BV	50
13		N	BV	20
14		M	BV	30
15		M	BV	30

**Tabela A.1** - Levantamento da presença de imóveis residenciais unifamiliares típicos nos bairros avaliados. Fonte: Após visita técnica, registros do *Google Street View*

Número	Fachada	Classe	Bairro	Idade
16		B	BV	50
17		M	BV	30
18		B	BV	40
19		M	BV	30

**Tabela A.1** - Levantamento da presença de imóveis residenciais unifamiliares típicos nos bairros avaliados. Fonte: Após visita técnica, registros do *Google Street View*

Número	Fachada	Classe	Bairro	Idade
20		A	BV	20
21		M	AV	50
22		M	AV	30
23		M	AV	50

**Tabela A.1** - Levantamento da presença de imóveis residenciais unifamiliares típicos nos bairros avaliados. Fonte: Após visita técnica, registros do *Google Street View*

Número	Fachada	Classe	Bairro	Idade
24		M	AV	40
25		M	AV	30
26		M	AV	10
27		M	AV	50

**Tabela A.1** - Levantamento da presença de imóveis residenciais unifamiliares típicos nos bairros avaliados. Fonte: Após visita técnica, registros do *Google Street View*

Número	Fachada	Classe	Bairro	Idade
28		M	AV	40
29		A	AV	10
30		M	AV	30
TOTAL	30	3	3	5

Notas: a) os endereços detalhados não serão registrados para prevalecer o anonimato dos ocupantes; b) a Classe corresponde ao definido no item 4.1.3; c) o Bairro está abreviado como: Vila Rubens (VR), Boa Vista (BV) e Avenida (AV); d) a Idade é a aparente pelo método involutivo de avaliação de imóveis arredondada para dezenas.

Apêndice B**Tabela A.2** - Insumos da formação de peso dos macroitens - continua.

Cód.	Macro	Valor	Cód.	Macro	Valor
68066	Elétricas	104.76	96621	Elétricas	208.99
74130/5	Elétricas	126.54	73990/1	Elétricas	0.00
74130/1	Elétricas	346.80	96557	Elétricas	2633.30
83446	Hidrossanitárias	290.16	96527	Hidrossanitárias	3656.35
83465	Elétricas	39.01	92408	Elétricas	14757.16
97591	Elétricas	1039.74	92446	Elétricas	16211.31
97586	Elétricas	159.20	92481	Elétricas	41257.99
97593	Elétricas	155.44	73990/1	Elétricas	0.00
98280	Elétricas	236.50	92720	Elétricas	1534.97
83403	Elétricas	15.17	87495	Elétricas	6936.23
72337	Elétricas	123.18	87503	Elétricas	5824.56
95675	Hidrossanitárias	213.76	87519	Hidrossanitárias	9303.36
89707	Hidrossanitárias	21.71	98546	Hidrossanitárias	2881.29
91926	Elétricas	1252.05	87775	Elétricas	7838.28
91930	Elétricas	250.23	87792	Elétricas	2715.62
91929	Elétricas	1422.47	88415	Elétricas	761.16
91953	Elétricas	93.45	88494	Elétricas	729.47

**Tabela A.2** - Insumos da formação de peso dos macroitens - continua.

Cód.	Macro	Valor	Cód.	Macro	Valor
91959	Elétricas	29.52	88484	Elétricas	115.98
91955	Elétricas	23.20	88488	Elétricas	541.39
92023	Elétricas	33.21	94107	Elétricas	1118.36
91996	Elétricas	224.30	95241	Elétricas	190.72
92000	Elétricas	315.36	68053	Elétricas	1012.42
91997	Elétricas	71.76	87246	Elétricas	937.99
92001	Elétricas	21.20	87247	Elétricas	1452.01
92029	Elétricas	264.04	87248	Elétricas	5625.22
92033	Elétricas	159.06	98695	Elétricas	951.34
92986	Elétricas	873.60	88648	Elétricas	863.01
93040	Elétricas	116.32	87745	Elétricas	3272.35
97590	Elétricas	115.88	87640	Fundação	3997.32
73990/1	Fundação	0.00	9535	Fundação	277.92
74106/1	Fundação	0.00	86931	Fundação	1881.70
93382	Fundação	520.25	86923	Fundação	417.17
92720	Fundação	473.93	86940	Fundação	1263.82
92725	Fundação	2805.95	93441	Estrutura	785.85
73990/1	Estrutura	0.00	86947	Estrutura	1392.96
92414	Estrutura	2968.88	74073/1	Es E Painéis	0.00

**Tabela A.2** - Insumos da formação de peso dos macroitens - continua.

Cód.	Macro	Valor	Cód.	Macro	Valor
92451	Estrutura	5107.52	73665	Es E Painéis	212.93
92509	Estrutura	2533.98	94993	Es E Painéis	2328.64
87503	Es E Painéis	4073.76	89355	Es E Painéis	236.72
87511	Es E Painéis	2798.83	89356	S/Contravergas/ Peitoris	210.89
87519	Es E Painéis	2560.54	89401	S/Contravergas/ Peitoris	60.93
87495	Es E Painéis	2138.53	89402	S/Contravergas/ Peitoris	105.31
93182	S/Contravergas/ Peitoris	244.51	89403	S/Contravergas/ Peitoris	46.79
93183	S/Contravergas/ Peitoris	77.52	89446	S/Contravergas/ Peitoris	25.21
93184	S/Contravergas/ Peitoris	158.27	89447	S/Contravergas/ Peitoris	16.69
93194	S/Contravergas/ Peitoris	345.14	89448	Drias/Vidros/Fer Ragens	106.56
93195	S/Contravergas/ Peitoris	95.65	89449	Drias/Vidros/Fer Ragens	39.41
84088	S/Contravergas/ Peitoris	785.94	89633	Drias/Vidros/Fer Ragens	12.13
94581	Drias/Vidros/Fer Ragens	420.88	89634	Drias/Vidros/Fer Ragens	211.13
94582	Drias/Vidros/Fer Ragens	1552.61	89635	Drias/Vidros/Fer Ragens	11.30
94585	Drias/Vidros/Fer Ragens	633.17	89716	Drias/Vidros/Fer Ragens	213.28
91312	Drias/Vidros/Fer Ragens	1691.04	89717	Drias/Vidros/Fer Ragens	425.65
91313	Drias/Vidros/Fer Ragens	1808.31	89358	Tura/Protecoes	115.29
91314	Drias/Vidros/Fer Ragens	1882.05	89362	Tura/Protecoes	103.84
74065/2	Drias/Vidros/Fer Ragens	0.00	89373	Timento De Teto	92.61

**Tabela A.2** - Insumos da formação de peso dos macroitens - continua.

Cód.	Macro	Valor	Cód.	Macro	Valor
55960	Tura/Protecoes	695.17	89380	Timento De Teto	19.62
92541	Tura/Protecoes	8455.80	89393	Timento De Teto	7.54
94447	Tura/Protecoes	4711.37	89395	Timento De Teto	53.70
94221	Tura/Protecoes	301.46	89397	Timentos Internos	81.68
88484	Timento De Teto	171.48	89400	Timentos Internos	13.70
88488	Timento De Teto	800.48	89404	Timentos Internos	32.22
87882	Timento De Teto	285.37	89408	Timentos Internos	21.45
90408	Timento De Teto	1636.05	89426	Timentos Internos	15.18
88485	Timentos Internos	329.10	89433	Timentos Internos	12.28
88489	Timentos Internos	1548.54	89445	Timentos Internos	20.42
88495	Timentos Internos	1304.65	89481	Timentos Externos	22.33
87879	Timentos Internos	784.89	89492	Timentos Externos	9.50
87545	Timentos Internos	1451.51	89497	Timentos Externos	7.45
87547	Timentos Internos	2916.28	89501	Timentos Externos	26.79
87549	Timentos Internos	419.51	89532	Timentos Externos	12.96
88415	Timentos Externos	404.60	89624	Timentos Externos	36.24
88431	Timentos Externos	2764.12	89626	Entacao	18.65
87894	Timentos Externos	337.58	89637	Entacao	37.80
87905	Timentos Externos	557.48	89641	Entacao	86.90

**Tabela A.2** - Insumos da formação de peso dos macroitens - continua.

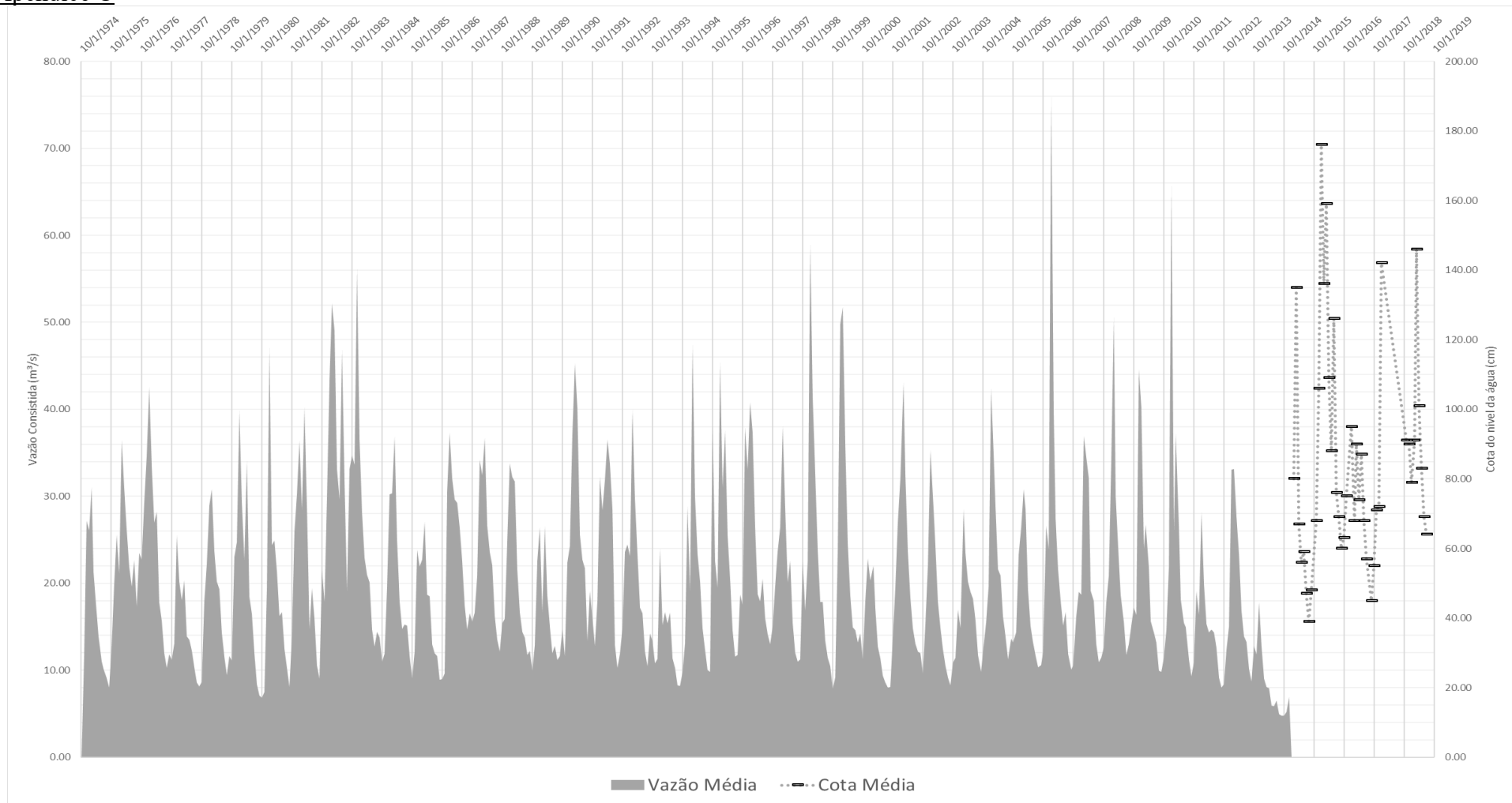
Cód.	Macro	Valor	Cód.	Macro	Valor
87775	Timentos Externos	3510.19	89697	Entacao	50.00
87792	Timentos Externos	1876.10	89969	S E Metais	261.60
68053	Entacao	456.67	89972	S E Metais	564.90
87248	Entacao	1818.02	90436	S E Metais	192.10
98695	Entacao	404.96	90439	S E Metais	785.60
88648	Entacao	335.93	90443	S E Metais	527.36
87745	Entacao	1621.21	90444	S E Metais	336.70
87640	Entacao	1579.39	90466	Ementacoes	512.47
9535	S E Metais	208.44	90468	Entacao	67.44
86931	S E Metais	1129.02	91190	Tura/Protecoes	128.04
86929	S E Metais	218.79	91834	Entacao	546.55
86943	S E Metais	169.00	91844	Entacao	290.38
93396	S E Metais	921.42	91852	Ementacoes	34.52
86934	S E Metais	279.36	91854	Timentos Internos	570.60
74073/1	Ementacoes	0.00	91866	Timentos Internos	361.77
95241	Entacao	1738.64	91867	Timento De Teto	612.55
94232	Tura/Protecoes	1994.04	91868	Estrutura	162.32
87246	Entacao	848.28	91870	Lacoes Eletricas / Telefone / Tv	13.69
87247	Entacao	1113.00	91871	Lacoes Hidrossanitarias	229.65

**Tabela A.2** - Insumos da formação de peso dos macroitens - continua.

Cód.	Macro	Valor	Cód.	Macro	Valor
94993	Ementacoes	1254.24	91887	Lacoes Hidrossanitarias	6.83
87264	Timentos Internos	3741.00	91890	Timentos Internos	465.12
87265	Timentos Internos	1169.91	91899	Timentos Internos	125.85
88494	Timento De Teto	1078.56	91902	Entacao	320.76
96530	Estrutura	8544.74	91905	Estrutura	25.34
97886	Lacoes Eletricas / Telefone / Tv	119.94	91911	Lacoes Eletricas / Telefone / Tv	91.53
98103	Lacoes Hidrossanitarias	122.42	91914	Cos Preliminares De Obra	1142.27
97902	Lacoes Hidrossanitarias	818.90	91917	Cos Preliminares De Obra	13.50
96557	Estrutura	1884.62			
96527	Estrutura	2486.65			
88483	Timentos Internos	88.59			
88487	Timentos Internos	244.32			
96622	Entacao	288.54			
96621	Estrutura	107.00			
92981	Lacoes Eletricas / Telefone / Tv	59.04			
99059	Cos Preliminares De Obra	1906.19			
98524	Cos Preliminares De Obra	900.00			

Nota: Valores para novembro de 2019

## Apêndice C



**Figura A.1** - Hidrograma de vazão afluente (esquerda) e Cotagrama (direita) do período entre 2015 e 2019.

Apêndice D

## SEAF - SISTEMA ESPECIALISTA EM ANÁLISE DE FREQUÊNCIA

\*\*Tamanho da amostra : 46

Máximo : 226.5900

Mínimo : 28.4700

Média : 113.7315

Desvio padrão : 38.4083

Assimetria : 0.5158

\*\*Momentos-L:

l1 : 113.7315

l2 : 21.5964

t3 : 0.1099

t4 : 0.1055

\*\*Logaritmos:

Máximo : 5.4231

Mínimo : 3.3489

Média : 4.6734

Desvio padrão : 0.3673

Assimetria : -0.8794

## TESTES NÃO PARAMÉTRICOS:

\*\*Teste de Kendall:

Coef. Corr. Kendall : 0.1030

Estatística Z : 0.9881

Valor limiar de  $|Z|$  : 1.9600

Alfa : 5%

$Z < |Z| \Rightarrow$  dados independentes

---continua---



**\*\*Teste de Mann-Kendall:**

Estatística U : 0.6439

Valor limiar de  $|U|$  : 1.9600

Alfa : 5%

 $U < |U| \Rightarrow$  dados homogêneos**\*\*Teste Grubbs & Beck:**

\*Limite superior :

LS : 292.4683

Max : 226.5900

Alfa : 5%

Max < LS  $\Rightarrow$  não há outlier

\*Limite inferior :

LI : 39.1891

Min : 28.4700

Alfa : 5%

Min < LI  $\Rightarrow$  há outlier**\*\*Teste da assimetria:**

\*Limite superior :

não há outlier - a retirada do máximo amostral não resultou em uma mudança significativa da assimetria.

\*Limite inferior :

não há outlier - a retirada do mínimo amostral não resultou em uma mudança significativa da assimetria.

**ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS:**

Distribuição	Posição	Escala	Forma
Normal	113.7315	38.2785	
LogNormal	4.6734	0.3564	
Gumbel	95.7472	31.1570	
Exponencial	70.5388	43.1927	

---continua---



Distribuição	Posição	Escala	Forma
Pearson-III	113.7315	38.8210	0.6712
LogPearson-III	4.6734	0.3584	-0.4300
GEV	97.1723	33.7848	0.0956
GPA	57.4971	90.1936	0.6039

## TESTES DE AJUSTE:

## \*\*Teste de Filliben

Distribuição	R(90%)	R
Normal	0.9789	0.9831
LogNormal	0.9789	0.9670
Gumbel	0.9696	0.9882
Exponencial	0.9621	0.9542
Pearson-III	0.9843	0.9914
LogPearson-III	0.9843	0.9749
GEV	0.9837	0.9916
GPA	0.9891	0.9801

## \*\*Teste da Variância

Distribuição	Z
Normal	1.6294
LogNormal	1.0406
Gumbel	0.7952
Exponencial	2.9097
Pearson-III	0.4007
LogPearson-III	0.1606
GEV	0.4648
GPA	1.7303

---continua---

## ESTIMAÇÃO DE QUANTIS:

Distribuição	Tempo de Retorno						
	2	5	10	50	100	200	1000
Normal	113.732	145.948	162.787	192.346	202.781	212.331	232.021
LogNormal	107.059	144.505	169.033	222.580	245.289	268.096	322.038
Gumbel	107.167	142.481	165.862	217.320	239.074	260.749	310.956
Exponencial	100.478	140.055	169.994	239.510	269.449	299.387	368.903
Pearson-III	109.419	144.510	165.432	206.637	222.586	237.837	271.293
LogPearson-III	109.837	145.483	166.184	205.320	219.808	233.292	261.561
GEV	109.340	144.380	165.576	207.195	222.907	237.551	267.956
GPA	108.580	150.343	169.670	192.784	197.596	200.762	204.548

---encerra---

## Apêndice E

Tabela A.3 – Custo dos danos por bairro atingido

TR	Tipo	Valor Venal	Distribuição			Total Imóveis afetados			Média de dano relativo			Dano absoluto UH			Dano absoluto Bairro							
			VR	BV	AV	VR	BV	AV	VR	BV	AV	VR	BV	AV	VR	BV	AV					
2a	A	RS 270.000,00	0%	1%	3%	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	M	RS 130.000,00	21%	27%	36%	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	B	RS 25.000,00	79%	72%	61%	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	Total					-	-	-								RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
10a	A	RS 270.000,00	0,00%	1,00%	3,00%	-	3	6	0,00%	0,00%	0,00%	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	M	RS 130.000,00	21,00%	27,00%	36,00%	68	90	73	6,74%	3,44%	0,00%	RS 8.763,03	RS 4.476,05	RS -	RS -	RS 595.885,89	RS 402.844,08	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	B	RS 25.000,00	79,00%	72,00%	61,00%	258	241	124	6,29%	3,93%	5,94%	RS 1.573,19	RS 983,24	RS 1.485,35	RS 405.882,66	RS 236.961,53	RS 184.183,92	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	Total					326	335	204							RS 1.001.768,55	RS 639.805,61	RS 184.183,92	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
25a	A	RS 270.000,00	0%	1%	3%	-	3	6	0,00%	0,00%	0,00%	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	M	RS 130.000,00	21%	27%	36%	68	90	73	11,31%	5,30%	0,69%	RS 14.700,41	RS 6.889,24	RS 895,18	RS 999.628,18	RS 620.031,17	RS 65.348,16	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	B	RS 25.000,00	79%	72%	61%	258	241	124	10,49%	6,56%	8,92%	RS 2.622,10	RS 1.638,81	RS 2.230,87	RS 676.502,06	RS 394.953,96	RS 276.628,29	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	Total					326	335	204							RS 1.676.130,24	RS 1.014.985,14	RS 341.976,45	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
50a	A	RS 270.000,00	0%	1%	3%	-	3	6	0,00%	0,00%	0,00%	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	M	RS 130.000,00	21%	27%	36%	68	90	73	11,75%	5,50%	0,79%	RS 15.279,04	RS 7.145,05	RS 1.032,52	RS 1.038.974,76	RS 643.054,25	RS 75.373,86	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	B	RS 25.000,00	79%	72%	61%	258	241	124	10,75%	6,72%	9,22%	RS 2.688,04	RS 1.680,02	RS 2.304,14	RS 693.513,66	RS 404.885,64	RS 285.712,91	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	Total					326	335	204							RS 1.732.488,42	RS 1.047.939,89	RS 361.086,77	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
100a	A	RS 270.000,00	0%	1%	3%	-	4	11	0,00%	0,00%	0,00%	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	M	RS 130.000,00	21%	27%	36%	73	105	129	20,08%	9,48%	11,67%	RS 26.103,72	RS 12.320,64	RS 15.170,40	RS 1.905.571,51	RS 1.293.667,12	RS 1.956.981,86	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	B	RS 25.000,00	79%	72%	61%	273	281	218	16,29%	13,37%	19,74%	RS 4.072,81	RS 3.341,68	RS 4.935,75	RS 1.111.877,49	RS 939.012,14	RS 1.075.994,45	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	Total					346	390	358							RS 3.017.449,00	RS 2.232.679,26	RS 3.032.976,31	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
500a	A	RS 270.000,00	0%	1%	3%	-	6	16	0,00%	100,00%	0,00%	RS -	RS -	RS 270.000,00	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS 4.320.000,00
	M	RS 130.000,00	21%	27%	36%	90	150	188	100,00%	79,56%	100,00%	RS 130.000,00	RS 103.426,38	RS 130.000,00	RS 11.700.000,00	RS 15.513.957,26	RS 24.440.000,00	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	B	RS 25.000,00	79%	72%	61%	340	400	318	84,43%	80,05%	100,00%	RS 21.108,10	RS 20.011,44	RS 25.000,00	RS 7.176.753,63	RS 8.004.577,50	RS 7.950.000,00	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
	Total					430	556	522							RS 18.876.753,63	RS 23.518.534,75	RS 36.710.000,00	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -





Anexo B

**Tabela B.1** - Descrição dos tipos de imóveis normatizados em 2020 - continua.  
 Fonte: IBGE, 2019.

Nome	Descrição
CP.1- 2Q...46	Casa popular (CP) ,1 pavimento, varanda, sala, 2 quartos, circulação, banheiro e cozinha.
CP.1- 2Q...40	Casa popular (CP), 1 pavimento, sala, 2 quartos, circulação, banheiro e cozinha.
CR.1- 2Q...62	Casa residencial (CR), 1 pavimento, varanda, sala, 2 quartos, circulação, banheiro, cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
CR.1- 3Q...104	Casa residencial (CR), 1 pavimento, varanda, sala, 3 quartos, circulação, banheiro, lavabo, cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
CR.1- 4Q...122	Casa residencial (CR), 1 pavimento, varanda, sala, 4 quartos, circulação, 2 banheiros, cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
EA.1- US...04	Especificação tipo "A", 1 pavimento, somente unidade sanitária.
EB.1- US...03	Especificação tipo "B", 1 pavimento, somente unidade sanitária.
EA.1- 0Q...22	Especificação tipo "A", 1 pavimento, sala, cozinha e banheiro.
EB.1- 0Q...22	Especificação tipo "B", 1 pavimento, sala, cozinha e banheiro.
EA.1- 1Q...30	Especificação tipo "A", 1 pavimento, sala, 1 quarto, cozinha e banheiro.
EB.1- 1Q...32	Especificação tipo "B", 1 pavimento, sala, 1 quarto, cozinha e banheiro.
EA.1- 2Q...38	Especificação tipo "A", 1 pavimento, sala, 2 quartos, cozinha e banheiro.
EB.1- 2Q...39	Especificação tipo "B", 1 pavimento, sala, 2 quartos, cozinha e banheiro.
EB.2- 2Q...45	Especificação tipo "B", 2 pavimentos, sala, 2 quartos, cozinha e banheiro.

**Tabela B.1** - Descrição dos tipos de imóveis normatizados em 2020 - continua.  
Fonte: IBGE, 2019.

Nome	Descrição
CP.1- 1Q...30	Casa popular (CP), 1 pavimento, sala, 1 quarto, circ., banheiro e cozinha.
CP.2- 3Q...56	Casa popular (CP), 2 pavimentos, sala, 3 quartos, circ., banheiro e cozinha.
CR.2- 2Q...81	Casa residencial (CR), geminada, 2 pavimentos, sala, 2 quartos, circulação, banheiro, cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
PR5- 2QT...2125	Prédio residencial (PR), térreo (T), 5 pavimentos tipo, sala, 2 quartos, banheiro, cozinha, área de serviço.
PR4- 2QT...1433	Prédio residencial (PR), térreo (T), 4 pavimentos tipo, sala, 2 quartos, circ., banheiro, cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
PR4- 3QT...2264	Prédio residencial (PR), térreo (T), 4 pavimentos tipo, sala, 3 quartos, circ., banheiro, lavabo, cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
PR4- 2QP...1643	Prédio residencial (PR), pilotis (P), 4 pavimentos tipo, sala, 2 quartos, circulação, banheiro, cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
PR4- 3QP...2520	Prédio residencial (PR), pilotis (P), 4 pavimentos tipo, sala, 3 quartos, circ., banheiro, lavabo, cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
PR6- 3QP...7181	Prédio residencial (PR), pilotis (P), 6 pavimentos tipo, sala, 3 quartos, circ., 2 banheiros, copa-cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
PR8- 2QP...2620	Prédio residencial (PR), pilotis (P), 8 pavimentos tipo, sala, 2 quartos, circ., banheiro, cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
PR8- 3QP...4266	Prédio residencial (PR), pilotis (P), 8 pavimentos tipo, sala, 3 quartos, circ., banheiro, lavabo, cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
PR8- 3QP...3176	Prédio residencial (PR), pilotis (P), 8 pavimentos tipo, 2 salas, 3 qtos, circ., 2 banh., lavabo, copa-cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
PR12- 2QP...3597	Prédio residencial (PR), pilotis (P), 12 pavimentos tipo, sala, 2 quartos, circ., banheiro, cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
PR12- 3QP..6013	Prédio residencial (PR), pilotis (P), 12 pavimentos tipo, sala, 3 quartos, circ., banheiro, lavabo, cozinha, área de serviço, quarto e WC de empregada.
PR12- 4QP..4050	Prédio residencial (PR), pilotis (P), 12 pavimentos tipo, sala, 4 quartos, circ., 2 banheiros, lavabo, copa-cozinha, área de serviço, quarto e WC de empreg.

**Tabela B.1** - Descrição dos tipos de imóveis normatizados em 2020 - continua.  
Fonte: IBGE, 2019.

Nome	Descrição
PR18-4QP..5870	Prédio residencial (PR), pilotis (P), 18 pavimentos tipo, sala, 4 quartos, circ. 2 banheiros, lavabo, copa-cozinha, área de serviço, quarto e WC de empreg.
PC.12-LA..8192	Prédio comercial (PC), 12 pavimentos, lojas (L) e salas autônomas (A).
PC.18-LA.11072	Prédio comercial (PC), 18 pavimentos, lojas (L) e salas autônomas (A).
PC.12-LC..6862	Prédio comercial (PC), 12 pavimentos, lojas (L) e andar corrido (C).
PC.18-LC.10111	Prédio comercial (PC), 18 pavimentos, lojas (L) e andar corrido (C).
CB MBES...31	Projeto-tipo cesta básica (CB), materiais (M), sala, quarto, circ., banheiro e cozinha (projeto do Ministério do Bem-Estar Social – BES, posteriormente Ministério das Cidades ou do Desenvolvimento Regional).
CB-M...31	Projeto-tipo cesta básica (CB), materiais (M), sala, quarto, circ., banheiro e cozinha.
CB MMIN...23	Projeto-tipo cesta básica (CB), materiais mínimos (MMIN), sala, circ., banheiro e cozinha.
CB-M...23	Projeto-tipo cesta básica (CB), materiais (M), sala, circ., banheiro e cozinha.
CB MMO...31	Projeto-tipo cesta básica (CB), materiais e mão-de-obra (MMO), sala, quarto, circulação, banheiro e cozinha.
CB MMO...23	Projeto-tipo cesta básica (CB), materiais e mão-de-obra (MMO), sala, circ., banheiro e cozinha.

## Anexo C

Ministério das  
Cidades



## Programa Minha Casa Minha Vida / Oferta Pública

## Especificações Mínimas

OFERTA PÚBLICA DE RECURSOS 2012

Casa	
<b>Projeto</b>	Casa com sala / 1 dormitório para casal e 1 dormitório para duas pessoas / cozinha / área de serviço coberta (externa) / circulação / banheiro.
<b>DIMENSÕES DOS CÔMODOS (Estas especificações não estabelecem área mínima de cômodos, deixando aos projetistas a competência de formatar os ambientes da habitação segundo o mobiliário previsto, evitando conflitos com legislações estaduais ou municipais que versam sobre dimensões mínimas dos ambientes)</b>	
<b>Dormitório casal</b>	Quantidade mínima de móveis: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,60 m x 0,50 m). Circulação mínima entre mobiliário e/ou paredes de 0,50 m.
<b>Dormitório duas pessoas</b>	Quantidade mínima de móveis: 2 camas (0,80 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,50 m x 0,50 m). Circulação mínima entre as camas de 0,80 m. Demais circulações, mínimo de 0,50 m.
<b>Cozinha</b>	Largura mínima da cozinha: 1,80 m. Quantidade mínima de equipamentos: pia (1,20 m x 0,50 m); fogão (0,55 m x 0,60 m); e geladeira (0,70 m x 0,70 m). Previsão para armário sob a pia e gabinete.
<b>Sala de estar/refeições</b>	Largura mínima sala de estar/refeições: 2,40 m. Quantidade mínima de móveis: sofás com número de assentos igual ao número de leitos; mesa para 4 pessoas; e Estante/Armário TV.
<b>Banheiro</b>	Largura mínima do banheiro: 1,50 m. Quantidade mínima: 1 lavatório sem coluna, 1 vaso sanitário com caixa de descarga acoplada, 1 box com ponto para chuveiro – (0,90 m x 0,95 m) com previsão para instalação de barras de apoio e de banco articulado, desnível máx. 15 mm; Assegurar a área para transferência ao vaso sanitário e ao box.
<b>Área de Serviço</b>	Quantidade mínima: 1 tanque (0,52 m x 0,53 m) e 1 máquina de lavar roupas (0,60 m x 0,65 m).
<b>Em Todos os Cômodos</b>	Espaço livre de obstáculos em frente às portas de no mínimo 1,20 m. Deve ser possível inscrever, em todos os cômodos, o módulo de manobra sem deslocamento para rotação de 180° definido pela NBR 9050 (1,20 m x 1,50 m), livre de obstáculos.
CARACTERÍSTICAS GERAIS	
<b>Área útil (área interna sem contar áreas de paredes)</b>	36,00 m <sup>2</sup> (não computada a área de serviço)
<b>Pé direito mínimo</b>	2,30 m nos banheiros e 2,50 m nos demais cômodos.
<b>Cobertura</b>	Em telha cerâmica, sobre estrutura de madeira ou metálica, ou solução com desempenho equivalente.
<b>Revestimento Interno</b>	Pintura sobre reboco ou gesso. Quando utilizada tecnologia inovadora, homologada pelo SINAT, seguir a diretriz do SINAT.
<b>Revestimento Externo</b>	Revestimento texturizado ou pintura acrílica sobre reboco. Quando utilizada tecnologia inovadora, homologada pelo SINAT, seguir a diretriz do SINAT.
<b>Revestimento Áreas Molhadas</b>	Azulejo com altura mínima de 1,50 m em todas as paredes do banheiro, cozinha e área de serviço. Quando utilizada tecnologia inovadora, homologada pelo SINAT, seguir a diretriz do SINAT.
<b>Portas</b>	Portas em madeira ou metálica. Batente em aço ou madeira desde que possibilite a inversão do sentido de abertura das portas. Vão livre de 0,80 m x 2,10 m em todas as portas. Previsão de área de aproximação para abertura das portas (0,60 m interno e 0,30 m externo).
<b>Janelas</b>	Em aço ou madeira. Vão de 1,20 m <sup>2</sup> nos quartos e 1,50 m <sup>2</sup> na sala, sendo admissível uma variação de até 5%.
<b>Pisos</b>	Cerâmico em toda a área interna da unidade, com rodapé, e desnível máximo de 15mm.
<b>Ampliação da UH</b>	Os projetos deverão prever a ampliação das casas.
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS / TELEFÔNICAS	
<b>Número de pontos de tomadas elétricas</b>	2 na sala, 4 na cozinha, 1 na área de serviço, 2 em cada dormitório, 1 tomada no banheiro e mais 1 tomada para chuveiro elétrico
<b>Número de pontos diversos</b>	1 ponto de telefone, 1 ponto de antena
<b>Iluminação</b>	1 ponto em cada ambiente
<b>Número de circuitos</b>	Prever circuitos independentes para chuveiro (dimensionado para a potência usual do mercado local), tomadas e iluminação.
<b>Geral</b>	Tomadas baixas a 0,40 m do piso acabado, interruptores, interfonos, campainha e outros a 1,00 m do piso acabado.
DIVERSOS	
<b>Reservatório</b>	Caixa d'água de 500 litros ou de maior capacidade quando exigido pela concessionária local. Para reservatório elevado de água potável, em condomínio, prever instalação de no mínimo 2 bombas de recalque com manobra simultânea.
<b>Proteção da alvenaria externa</b>	Em concreto com largura de 0,50 m ao redor da edificação.
<b>Máquina de Lavar</b>	Prever solução para máquina de lavar roupas (ponto elétrico, hidráulica e de esgoto).
INFRAESTRUTURA	
	Vias de acesso em condições de tráfego de veículos
	Sistema de abastecimento de água
	Solução de esgotamento sanitário
	Energia elétrica e iluminação pública
ACESSIBILIDADE E ADAPTAÇÃO	
<b>Áreas de uso comum</b>	Deverá ser garantida a rota acessível em todas as áreas públicas e de uso comum no empreendimento

**Figura B.2** – Memorial descritivo resumido das especificações mínimas de imóveis em programas habitacionais.  
Fonte: CAIXA (2010).

Anexo D

**Tabela B.2** - Comparação entre bancos de dados disponíveis - continua.  
 Fonte: Adaptado de Sinduscon 2019.

Tipo	NBR 12.721	Área	SINAPI	Área	Padrões
Casa	R.1-2Q	46	CP.1-2Q	46	N - B - M
	R.1-2Q	40	CP.1-2Q	40	N - B - M
	R.1-2Q	62	CR.1-2Q	62	N - B - M
	R.1-3Q	104	CR.1-3Q	104	A - N - B
	R.1-4Q	122	CR.1-4Q	122	A - N - B
Embrião			EA.1-US	4	M
			EB.1-US	3	M
			EA.1-0Q	22	B - M
			EB.1-0Q	22	B - M
			EA.1-1Q	30	B - M
			EB.1-1Q	32	B - M
			EA.1-2Q	38	B - M
			EB.1-2Q	39	B - M
			EB.2-2Q	45	B - M
			CB-MBES	31	M
			CB-M	31	M
			CB-MMIN	23	M
			CB-M	23	M
			CB-MMO	31	M
		CB-MMO	23	M	

**Tabela B.2** - Comparação entre bancos de dados disponíveis - continua.  
 Fonte: Adaptado de Sinduscon 2019.

Prédio	Tipo	NBR 12.721	Área	SINAPI	Área	Padrões
		R.1-1Q	30	CP.1-1Q	30	N - B - M
		R.2-3Q	56	CP.2-3Q	56	N - B - M
		R.2-2Q	81	CR.2-2Q	81	N - B - M
		R.5-2QT	2125	PR5-2QT	2125	N - B - M
		R.4-2QT	1433	PR4-2QT	1433	A - N - B
		R.4-3QT	2264	PR4-3QT	2264	A - N - B
		R.4-2QP	1643	PR4-2QP	1643	A - N - B
		R.4-3QP	2520	PR4-3QP	2520	A - N - B
		R.6-3QP	7181	PR6-3QP	7181	A - N
		R.8-2QP	2620	PR8-2QP	2620	A - N
		R.8-3QP	4266	PR8-3QP	4266	A - N
		R.8-3QP	3176	PR8-3QP	3176	A - N
		R.12-2QP	3597	PR12-2QP	3597	A - N
		R.12-3QP	6013	PR12-3QP	6013	A - N
		R.12-4QP	4050	PR12-4QP	4050	A - N
		R.18-4QP	5870	PR18-4QP	5870	A - N
		C12-LA	8192	PC.12-LA	8192	A - N
		C18-LA	11072	PC.18-LA	11072	A - N
		C12-LC	6862	PC.12-LC	6862	A - N
		C18-LC	10111	PC.18-LC	10111	A - N
	<b>Total</b>	<b>25</b>		<b>40</b>		

## Anexo E



### SINAPI – PROJETO REFERENCIAL FICHA TÉCNICA DO PROJETO 12077\_R1\_4A\_220C\_2018

#### 1 Caracterização do Projeto Referencial

- 1.1 Sigla do projeto: **12077\_R1\_4A\_220C\_2018**
- 1.2 Descrição: edificação residencial unifamiliar. Casa térrea com 219,57 m<sup>2</sup>, em alvenaria convencional e estrutura em concreto armado. Garagem com 2 vagas, varanda, hall, sala de estar, lavabo, sala de jantar, cozinha, área de serviço, despensa, quarto e banheiro de serviço, sala íntima, banheiro social, 4 quartos sendo 2 suítes, uma delas com closet.
- 1.3 Sistema construtivo: alvenaria em tijolo furado e estrutura convencional em concreto armado. Forro em placas de gesso em todos os ambientes internos. Cobertura em telha cerâmica com beiral e estrutura em madeira. Instalações de água fria, água quente, sanitária, elétrica, telefônica e de TV convencionais.
- 1.4 Áreas da edificação:
  - Área construída: 219,57 m<sup>2</sup>.
- 1.5 Enquadramento do Projeto (NBR 12721:2006): Padrão Alto.
- 1.6 Origem do Projeto: Adaptado pela CAIXA, baseado em projeto da NBR 12721:2006.
- 1.7 Código do orçamento no SINAPI: 12077



**Figura B.3** – Trecho da Ficha Técnica do Projeto 12077, correspondente ao padrão CR-1-4Q, demonstrando as informações associadas ao imóvel e seu enquadramento na NBR 12721:2006. Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019.

## 1 Caracterização do Projeto Referencial

- 1.1 Sigla do projeto: **9664\_R1\_3N\_100C\_2018**
- 1.2 Descrição: edificação residencial unifamiliar térrea de padrão normal, em alvenaria convencional e estrutura em concreto armado com sala, 3 quartos (1 suíte), banheiro social, banheiro de serviço, cozinha, área de serviço e garagem coberta.
- 1.3 Sistema construtivo: estrutura de concreto e alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. Cobertura em telha cerâmica com beiral e estrutura de madeira. Instalações de água fria, sanitária, elétrica, telefônica e de TV convencionais.
- 1.4 Área da edificação:
  - Área construída: 100,41 m<sup>2</sup>
- 1.5 Enquadramento do Projeto (NBR 12721:2006): Padrão Normal.
- 1.6 Origem do Projeto: Adaptado pela CAIXA, baseado em projeto da NBR 12721:2006.
- 1.7 Código do orçamento no SINAPI: 9664.



**Figura B.4** - Trecho da Ficha Técnica do Projeto 9664, correspondente ao padrão CR-1-3Q, demonstrando as informações associadas ao imóvel e seu enquadramento na NBR 12721:2006. Fonte: Adaptado de CAIXA, 2019.

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	infraestrutura	96621	lastro com material granular, aplicação em blocos de coroamento, espessura de 5 cm*. fabricação, montagem e desmontagem de	m3	1.25
composicao	infraestrutura	96533	fôrma para viga baldrame, em madeira serrada, e=25 mm, 2 utilizações. af_06/2017	m2	118.51
composicao	infraestrutura	73990/1	armacao aco ca-50 p/1,0m3 de concreto	un	7.14
composicao	infraestrutura	96557	concretagem de blocos de coroamento e vigas baldrames, fck 30 mpa, com uso de bomba – lançamento, adensamento e acabamento. af_06/2017	m3	7.14
composicao	infraestrutura	98562	impermeabilização de floreira ou viga baldrame com argamassa de cimento e areia, com aditivo impermeabilizante, e = 2 cm. af_06/2018	m2	127.36
composicao	infraestrutura	96527	escavação manual de vala para viga baldrame, com previsão de fôrma. af_06/2017	m3	39.73
composicao	infraestrutura	93382	reaterro manual de valas com compactação mecanizada. af_04/2016	m3	32.95
composicao	supraestrutura	92408	montagem e desmontagem de fôrma de pilares retangulares e estruturas similares com área média das seções menor ou igual a 0,25 m², pé-direito simples, em madeira serrada, 1 utilização. af_12/2015	m2	84.24
composicao	supraestrutura	92446	montagem e desmontagem de fôrma de viga, escoramento com pontalete de madeira, pé-direito simples, em madeira serrada, 1 utilização. af_12/2015	m2	102.17
composicao	supraestrutura	92481	montagem e desmontagem de fôrma de laje maciça com área média menor ou igual a 20 m², pé-direito simples, em madeira serrada, 1 utilização. af_12/2015	m2	197.35
composicao	supraestrutura	73990/1	armacao aco ca-50 p/1,0m3 de concreto	un	27.96

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	supraestrutura	92720	concretagem de pilares, fck = 25 mpa, com uso de bomba em edificação com seção média de pilares menor ou igual a 0,25 m <sup>2</sup> - lançamento, adensamento e acabamento. af_12/2015	m3	4.34
composicao	supraestrutura	92725	concretagem de vigas e lajes, fck=20 mpa, para lajes maciças ou nervuradas com uso de bomba em edificação com área média de lajes menor ou igual a 20 m <sup>2</sup> - lançamento, adensamento e acabamento. af_12/2015	m3	23.62
composicao	paredes	87495	alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida menor que 6m <sup>2</sup> sem vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. af_06/2014	m2	106.58
composicao	paredes	87503	alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m <sup>2</sup> sem vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. af_06/2014	m2	105.46
composicao	paredes	87511	alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida menor que 6m <sup>2</sup> com vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. af_06/2014	m2	29.9
composicao	paredes	87519	alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m <sup>2</sup> com vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. af_06/2014	m2	153.8

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
	vergas /				
composicao	contravergas / peitoris	93182	verga pré-moldada para janelas com até 1,5 m de vão. af_03/2016	m	17.1
	vergas /				
composicao	contravergas / peitoris	93183	verga pré-moldada para janelas com mais de 1,5 m de vão. af_03/2016	m	9.6
	vergas /				
composicao	contravergas / peitoris	93194	contraverga pré-moldada para vãos de até 1,5 m de comprimento. af_03/2016	m	25.5
	vergas /				
composicao	contravergas / peitoris	93195	contraverga pré-moldada para vãos de mais de 1,5 m de comprimento. af_03/2016	m	12.8
	vergas /				
composicao	contravergas / peitoris	93184	verga pré-moldada para portas com até 1,5 m de vão. af_03/2016	m	16.5
	vergas /				
composicao	contravergas / peitoris	93185	verga pré-moldada para portas com mais de 1,5 m de vão. af_03/2016	m	2.1
	vergas /				
composicao	contravergas / peitoris	84088	peitoril em marmore branco, largura de 15cm, assentado com argamassa traco 1:4 (cimento e areia media), preparo manual da argamassa	m	20.9
composicao	esquadrias	94586	janela de alumínio 6 folhas, fixação com argamassa, com vidros, padronizada. af_07/2016	m2	1
composicao	esquadrias	94581	janela de alumínio maxim-ar, fixação com argamassa, com vidros, padronizada. af_07/2016	m2	1.44
composicao	esquadrias	85010	caixilho fixo, de aluminio, para vidro	m2	0.96

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	esquadrias	94585	janela de alumínio de correr, 4 folhas, fixação com argamassa, com vidros, padronizada. af_07/2016	m2	18.6
composicao	esquadrias	91328	porta de madeira frisada, semi-oca (leve ou média), padrão médio 60x210cm, espessura de 3cm, itens inclusos: dobradiças, montagem e instalação do batente, sem fechadura - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	6
composicao	esquadrias	91330	porta de madeira frisada, semi-oca (leve ou média), padrão médio, 70x210cm, espessura de 3cm, itens inclusos: dobradiças, montagem e instalação do batente, sem fechadura - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	3
composicao	esquadrias	91332	porta de madeira frisada, semi-oca (leve ou média), padrão médio, 80x210cm, espessura de 3,5cm, itens inclusos: dobradiças, montagem e instalação do batente, sem fechadura - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	6
composicao	esquadrias	68050	porta de correr em alumínio, com duas folhas para vidro, incluso vidro liso incolor, fechadura e puxador, sem guarnicao/alizar/vista	m2	9.03
composicao	esquadrias	90831	fechadura de embutir para porta de banheiro, completa, acabamento padrão médio, incluso execução de furo - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	5
composicao	esquadrias	91304	fechadura de embutir com cilindro, externa, completa, acabamento padrão popular, incluso execução de furo - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	3

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	esquadrias	91306	fechadura de embutir para portas internas, completa, acabamento padrão médio, com execução de furo - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	10
composicao	cobertura / proteções	55960	imunizacao de madeiramento para cobertura utilizando cupinicida incolor	m2	252.39
composicao	cobertura / proteções	92539	trama de madeira composta por ripas, caibros e terças para telhados de até 2 águas para telha de encaixe de cerâmica ou de concreto, incluso transporte vertical. af_12/2015	m2	242.7
composicao	cobertura / proteções	94440	telhamento com telha cerâmica de encaixe, tipo francesa, com até 2 águas, incluso transporte vertical. af_06/2016	m2	242.7
composicao	cobertura / proteções	94221	cumeeira para telha cerâmica emboçada com argamassa traço 1:2:9 (cimento, cal e areia) para telhados com até 2 águas, incluso transporte vertical. af_06/2016	m	13
composicao	cobertura / proteções	94231	rufo em chapa de aço galvanizado número 24, corte de 25 cm, incluso transporte vertical. af_06/2016	m	20.54
composicao	cobertura / proteções	98563	proteção mecânica de superfície horizontal com argamassa de cimento e areia, traço 1:3, e=2cm. af_06/2018	m2	29.67
composicao	cobertura / proteções	98564	proteção mecânica de superfície vertical com argamassa de cimento e areia, traço 1:3, e=2cm. af_06/2018	m2	9.12
composicao	cobertura / proteções	98546	impermeabilização de superfície com manta asfáltica, uma camada, inclusive aplicação de primer asfáltico, e=3mm. af_06/2018	m2	38.8
composicao	cobertura / proteções	94232	amarração de telhas cerâmicas ou de concreto. af_06/2016	un	1013.54
composicao	forros	96109	forro em placas de gesso, para ambientes residenciais. af_05/2017_p	m2	147.4

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	forros	88494	aplicação e lixamento de massa látex em teto, uma demão. af_06/2014	m2	147.4
composicao	forros	88482	aplicação de fundo selador látex pva em teto, uma demão. af_06/2014	m2	147.4
composicao	forros	88486	aplicação manual de pintura com tinta látex pva em teto, duas demãos. af_06/2014	m2	147.4
composicao	revestimentos internos	87874	chapisco aplicado em alvenarias e estruturas de concreto internas, com rolo para textura acrílica. argamassa traço 1:4 e emulsão polimérica (adesivo) com preparo em betoneira 400l. af_06/2014	m2	574.18
composicao	revestimentos internos	87547	massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_06/2014	m2	427.8
composicao	revestimentos internos	88495	aplicação e lixamento de massa látex em paredes, uma demão. af_06/2014	m2	316.86
composicao	revestimentos internos	88485	aplicação de fundo selador acrílico em paredes, uma demão. af_06/2014	m2	316.86
composicao	revestimentos internos	88489	aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes, duas demãos. af_06/2014	m2	316.86
composicao	revestimentos internos	87545	emboço, para recebimento de cerâmica, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicado manualmente em faces internas de paredes, para ambiente com área menor que 5m2, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_06/2014	m2	66.22
composicao	revestimentos internos	87549	emboço, para recebimento de cerâmica, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicado manualmente em faces internas de	m2	48.02

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	revestimentos internos	87553	paredes, para ambiente com área entre 5m2 e 10m2, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_06/2014 emboço, para recebimento de cerâmica, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicado manualmente em faces internas de paredes, para ambiente com área maior que 10m2, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_06/2014	m2	32.33
composicao	revestimentos internos	87264	revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensões 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5 m² na altura inteira das paredes. af_06/2014	m2	66.35
composicao	revestimentos internos	87265	revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensões 20x20 cm aplicadas em ambientes de área maior que 5 m² na altura inteira das paredes. af_06/2014	m2	80.24
composicao	revestimentos externos	87900	chapisco aplicado em alvenaria (com presença de vãos) e estruturas de concreto de fachada, com rolo para textura acrílica. argamassa traço 1:4 e emulsão polimérica (adesivo) com preparo em betoneira 400l. af_06/2014	m2	187.26
composicao	revestimentos externos	87889	chapisco aplicado em alvenaria (sem presença de vãos) e estruturas de concreto de fachada, com rolo para textura acrílica. argamassa traço 1:4 e emulsão polimérica (adesivo) com preparo em betoneira 400l. af_06/2014	m2	102.63
composicao	revestimentos externos	87775	emboço ou massa única em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicada manualmente em panos de fachada com presença de vãos, espessura de 25 mm. af_06/2014	m2	193.49

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	revestimentos externos	87792	emboço ou massa única em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicada manualmente em panos cegos de fachada (sem presença de vãos), espessura de 25 mm. af_06/2014	m2	102.67
composicao	revestimentos externos	88415	aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes externas de casas. af_06/2014	m2	296.17
composicao	revestimentos externos	88431	aplicação manual de pintura com tinta texturizada acrílica em paredes externas de casas, duas cores. af_06/2014	m2	296.17
composicao	revestimentos externos	87882	chapisco aplicado no teto, com rolo para textura acrílica. argamassa traço 1:4 e emulsão polimérica (adesivo) com preparo em betoneira 400l. af_06/2014	m2	44.78
composicao	revestimentos externos	90408	massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em teto, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_03/2015	m2	44.78
composicao	revestimentos externos	88494	aplicação e lixamento de massa látex em teto, uma demão. af_06/2014	m2	44.78
composicao	revestimentos externos	88484	aplicação de fundo selador acrílico em teto, uma demão. af_06/2014	m2	44.78
composicao	revestimentos externos	88488	aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em teto, duas demãos. af_06/2014	m2	44.78
composicao	pavimentação	94107	lastro com preparo de fundo, largura maior ou igual a 1,5 m, com camada de brita, lançamento manual, em local com nível baixo de interferência. af_06/2016	m3	5.8
composicao	pavimentação	95241	lastro de concreto magro, aplicado em pisos ou radiers, espessura de 5 cm. af_07/2016	m2	9.56

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	pavimentação	68053	fornecimento/instalacao lona plastica preta, para impermeabilizacao, espessura 150 micras.	m2	193.21
composicao	pavimentação	87246	revestimento cerâmico para piso com placas tipo esmaltada extra de dimensões 35x35 cm aplicada em ambientes de área menor que 5 m2. af_06/2014	m2	18.82
composicao	pavimentação	87247	revestimento cerâmico para piso com placas tipo esmaltada extra de dimensões 35x35 cm aplicada em ambientes de área entre 5 m2 e 10 m2. af_06/2014	m2	33.28
composicao	pavimentação	87248	revestimento cerâmico para piso com placas tipo esmaltada extra de dimensões 35x35 cm aplicada em ambientes de área maior que 10 m2. af_06/2014	m2	145.92
composicao	pavimentação	98695	soleira em mármore, largura 15 cm, espessura 2,0 cm. af_06/2018	m	14.8
composicao	pavimentação	88648	rodapé cerâmico de 7cm de altura com placas tipo esmaltada extra de dimensões 35x35cm. af_06/2014	m	149.31
composicao	pavimentação	87745	contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicado em áreas molhadas sobre laje, aderido, espessura 3cm. af_06/2014	m2	86.41
composicao	pavimentação	87640	contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, espessura 4cm. af_06/2014	m2	118.65
composicao	louças e metais	9535	chuveiro eletrico comum corpo plastico tipo ducha, fornecimento e instalacao	un	4
composicao	louças e metais	86931	vaso sanitário sifonado com caixa acoplada louça branca, incluso engate flexível em plástico branco, 1/2 x 40cm - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	5

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	louças e metais	86923	tanque de louça branca suspenso, 18l ou equivalente, incluso sifão tipo garrafa em pvc, válvula plástica e torneira de metal cromado padrão popular - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	1
composicao	louças e metais	86940	lavatório louça branca com coluna, 45 x 55cm ou equivalente, padrão médio, incluso sifão tipo garrafa, válvula e engate flexível de 40cm em metal cromado, com aparelho misturador padrão médio - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	2
composicao	louças e metais	93441	bancada de granito cinza polido 150 x 60 cm, com cuba de embutir de aço inoxidável média, válvula americana em metal cromado, sifão flexível em pvc, engate flexível 30 cm, torneira cromada longa de parede, 1/2 ou 3/4, para pia de cozinha, padrão popular - fornec. e instal. af_12/2013	un	1
composicao	louças e metais	86947	bancada mármore branco polido 0,50x0,60m, incluso cuba de embutir oval em louça branca 35 x 50cm, válvula, sifão tipo garrafa e engate flexível 40cm em metal cromado e aparelho misturador de mesa, padrão médio - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	2
composicao	complementações	74073/1	alcapao em ferro 60x60cm, incluso ferragens	un	2
composicao	complementações	73665	escada tipo marinheiro em aco ca-50 9,52mm incluso pintura com fundo anticorrosivo tipo zarcao	m	3.45
composicao	complementações	94993	execução de passeio (calçada) ou piso de concreto com concreto moldado in loco, usinado, acabamento convencional, espessura 6 cm, armado. af_07/2016	m2	45.19

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes hidráulica	89355	tubo, pvc, soldável, dn 20mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	17.47
composicao	instalacoes hidráulica	89356	tubo, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	13.23
composicao	instalacoes hidráulica	89401	tubo, pvc, soldável, dn 20mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	11.18
composicao	instalacoes hidráulica	89402	tubo, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	15.98
composicao	instalacoes hidráulica	89403	tubo, pvc, soldável, dn 32mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	4.49
composicao	instalacoes hidráulica	89446	tubo, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	8.32
composicao	instalacoes hidráulica	89447	tubo, pvc, soldável, dn 32mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	2.67
composicao	instalacoes hidráulica	89448	tubo, pvc, soldável, dn 40mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	11.92
composicao	instalacoes hidráulica	89449	tubo, pvc, soldável, dn 50mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	3.83
composicao	instalacoes hidráulica	89633	tubo, cpvc, soldável, dn 15mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	0.73
composicao	instalacoes hidráulica	89634	tubo, cpvc, soldável, dn 22mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	8.6
composicao	instalacoes hidráulica	89635	tubo, cpvc, soldável, dn 28mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	0.33

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes hidráulica	89716	tubo, cpvc, soldável, dn 22mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	13.28
composicao	instalacoes hidráulica	89717	tubo, cpvc, soldável, dn 28mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	17.56
composicao	instalacoes hidráulica	89358	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 20mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	21
composicao	instalacoes hidráulica	89362	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	16
composicao	instalacoes hidráulica	89373	luva de redução, pvc, soldável, dn 25mm x 20mm, instalado em ramal ou sub ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	21
composicao	instalacoes hidráulica	89380	luva de redução, pvc, soldável, dn 32mm x 25mm, instalado em ramal ou sub ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	3
composicao	instalacoes hidráulica	89393	te, pvc, soldável, dn 20mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	1
composicao	instalacoes hidráulica	89395	te, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	6
composicao	instalacoes hidráulica	89397	tê de redução, pvc, soldável, dn 25mm x 20mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	8
composicao	instalacoes hidráulica	89400	tê de redução, pvc, soldável, dn 32mm x 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	1

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes hidráulica	89404	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 20mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	9
composicao	instalacoes hidráulica	89408	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	5
composicao	instalacoes hidráulica	89426	luva de redução, pvc, soldável, dn 32mm x 25mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	3
composicao	instalacoes hidráulica	89433	luva de redução, pvc, soldável, dn 40mm x 32mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	2
composicao	instalacoes hidráulica	89445	tê de redução, pvc, soldável, dn 32mm x 25mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	2
composicao	instalacoes hidráulica	89481	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	7
composicao	instalacoes hidráulica	89492	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 32mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	2
composicao	instalacoes hidráulica	89497	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 40mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	1
composicao	instalacoes hidráulica	89501	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 50mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	3
composicao	instalacoes hidráulica	89532	luva de redução, pvc, soldável, dn 32mm x 25mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	3

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes hidráulica	89624	tê de redução, pvc, soldável, dn 40mm x 32mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	3
composicao	instalacoes hidráulica	89626	tê de redução, pvc, soldável, dn 50mm x 40mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	1
composicao	instalacoes hidráulica	89637	joelho 90 graus, cpvc, soldável, dn 15mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	6
composicao	instalacoes hidráulica	89641	joelho 90 graus, cpvc, soldável, dn 22mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	10
composicao	instalacoes hidráulica	89697	te, cpvc, soldável, dn 22mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	5
composicao	instalacoes hidráulica	89969	kit de registro de pressão bruto de latão ½", inclusive conexões, roscável, instalado em ramal de água fria - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	8
composicao	instalacoes hidráulica	89972	kit de registro de gaveta bruto de latão ¾", inclusive conexões, roscável, instalado em ramal de água fria - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	14
composicao	instalacoes hidráulica	90436	furo em alvenaria para diâmetros menores ou iguais a 40 mm. af_05/2015	un	17
composicao	instalacoes hidráulica	90439	furo em concreto para diâmetros menores ou iguais a 40 mm. af_05/2015	un	16
composicao	instalacoes hidráulica	90443	rasgo em alvenaria para ramais/ distribuição com diâmetros menores ou iguais a 40 mm. af_05/2015	m	51.35
composicao	instalacoes hidráulica	90444	rasgo em contrapiso para ramais/ distribuição com diâmetros menores ou iguais a 40 mm. af_05/2015	m	15.98

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes hidráulica	90466	chumbamento linear em alvenaria para ramais/distribuição com diâmetros menores ou iguais a 40 mm. af_05/2015	m	51.35
composicao	instalacoes hidráulica	90468	chumbamento linear em contrapiso para ramais/distribuição com diâmetros menores ou iguais a 40 mm. af_05/2015	m	15.98
composicao	instalacoes hidráulica	91190	chumbamento pontual em passagem de tubo com diâmetro menor ou igual a 40 mm. af_05/2015	un	33
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91834	eletroduto flexível corrugado, pvc, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalado em forro - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	94.07
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91844	eletroduto flexível corrugado, pvc, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalado em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	63.68
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91852	eletroduto flexível corrugado, pvc, dn 20 mm (1/2"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	5.85
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91854	eletroduto flexível corrugado, pvc, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	86.85
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91866	eletroduto rígido roscável, pvc, dn 20 mm (1/2"), para circuitos terminais, instalado em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	71.78
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91867	eletroduto rígido roscável, pvc, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalado em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	100.09
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91868	eletroduto rígido roscável, pvc, dn 32 mm (1"), para circuitos terminais, instalado em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	19.44

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91870	eletroduto rígido roscável, pvc, dn 20 mm (1/2"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	1.82
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91871	eletroduto rígido roscável, pvc, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	26.58
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91887	curva 90 graus para eletroduto, pvc, roscável, dn 20 mm (1/2"), para circuitos terminais, instalada em forro - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	1
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91890	curva 90 graus para eletroduto, pvc, roscável, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalada em forro - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	57
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91899	curva 90 graus para eletroduto, pvc, roscável, dn 20 mm (1/2"), para circuitos terminais, instalada em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	15
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91902	curva 90 graus para eletroduto, pvc, roscável, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalada em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	33
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91905	curva 90 graus para eletroduto, pvc, roscável, dn 32 mm (1"), para circuitos terminais, instalada em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	2
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91911	curva 90 graus para eletroduto, pvc, roscável, dn 20 mm (1/2"), para circuitos terminais, instalada em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	9
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91914	curva 90 graus para eletroduto, pvc, roscável, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalada em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	103

**Tabela B.3 - RCCF do padrão CR-1-4Q - continua.**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao Basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes eletricas/telefone/tv	91917	curva 90 graus para eletroduto, pvc, roscável, dn 32 mm (1"), para circuitos terminais, instalada em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	1

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	68066	caixa de protecao para medidor monofasico, fornecimento e instalacao	un	1
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	97887	caixa enterrada elétrica retangular, em alvenaria com tijolos cerâmicos maciços, fundo com brita, dimensões internas: 0,4x0,4x0,4 m. af_05/2018	un	1
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	74130/5	disjuntor termomagnetico tripolar padrao nema (americano) 60 a 100a 240v, fornecimento e instalacao	un	1
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	74130/1	disjuntor termomagnetico monopolar padrao nema (americano) 10 a 30a 240v, fornecimento e instalacao	un	24
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	74131/8	quadro de distribuicao de energia de embutir, em chapa metalica, para 50 disjuntores termomagneticos monopolares, com barramento trifasico e neutro, fornecimento e instalacao	un	1
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	83446	caixa de passagem 30x30x40 com tampa e dreno brita	un	2
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	96985	haste de aterramento 5/8 para spda - fornecimento e instalação. af_12/2017	un	2
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	83465	interruptor intermediario (four-way) - fornecimento e instalacao	un	1
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	97591	luminária tipo plafon redondo com vidro fosco, de sobrepor, com 2 lâmpadas de 15 w - fornecimento e instalação. af_11/2017	un	13
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	97586	luminária tipo calha, de sobrepor, com 2 lâmpadas tubulares de 36 w - fornecimento e instalação. af_11/2017	un	2
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	97593	luminária tipo spot, de sobrepor, com 1 lâmpada de 15 w - fornecimento e instalação. af_11/2017	un	2

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	98280	cabo telefônico cci-50 1 par, sem blindagem, instalado em distribuição de edificação residencial - fornecimento e instalação. af_03/2018	m	43
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	83371	quadro de distribuicao para telefone n.2, 20x20x12cm em chapa metalica, de embutir, sem acessorios, padrao telebras, fornecimento e instalacao	un	2
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	83403	interruptor pulsador de campainha ou minuteria 2a/250v c/ caixa - fornecimento e instalacao	un	1
composicao	instalacoes eletricas/ telefone / tv	72337	tomada para telefone de 4 polos padrao telebras - fornecimento e instalacao	un	6
composicao	instalacoes hidrossanitarias	74218/1	kit cavalete pvc com registro 3/4" - fornecimento e instalacao	un	1
composicao	instalacoes hidrossanitarias	95675	hidrômetro dn 25 (¾), 5,0 m³/h fornecimento e instalação. af_11/2016	un	1
composicao	instalacoes hidrossanitarias	88504	caixa d'agua em polietileno, 500 litros, com acessórios	un	1
composicao	instalacoes hidrossanitarias	95676	caixa em concreto pré-moldado para abrigo de hidrômetro com dn 20 (½") – fornecimento e instalação. af_11/2016	un	1
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89358	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 20mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	8
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89362	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	6

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descrição básica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89408	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	1
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89481	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	6
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89413	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 32mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	2
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89493	joelho 45 graus, pvc, soldável, dn 32mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	1
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89397	tê de redução, pvc, soldável, dn 25mm x 20mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	7
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89373	luva de redução, pvc, soldável, dn 25mm x 20mm, instalado em ramal ou sub ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	9
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89355	tubo, pvc, soldável, dn 20mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	3
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89446	tubo, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	30
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89356	tubo, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	9
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89402	tubo, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal de distribuição de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	17

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89447	tubo, pvc, soldável, dn 32mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	4
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89724	joelho 90 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 40 mm, junta soldável, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	un	12
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89744	joelho 90 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	un	3
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89712	tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 50 mm, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	m	1
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89713	tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 75 mm, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	m	15
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89714	tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	m	5
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89711	tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 40 mm, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	m	12
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89726	joelho 45 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 40 mm, junta soldável, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	un	8

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descrição básica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89798	tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 50 mm, fornecido e instalado em prumada de esgoto sanitário ou ventilação. af_12/2014	m	9
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89748	curva curta 90 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	un	17
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89851	joelho 45 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em subcoletor aéreo de esgoto sanitário. af_12/2014	un	1
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89739	joelho 45 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 75 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	un	2
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89801	joelho 90 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 50 mm, junta elástica, fornecido e instalado em prumada de esgoto sanitário ou ventilação. af_12/2014	un	1
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89987	registro de gaveta bruto, latão, roscável, 3/4", com acabamento e canopla cromados. fornecido e instalado em ramal de água. af_12/2014	un	5
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89985	registro de pressão bruto, latão, roscável, 3/4", com acabamento e canopla cromados. fornecido e instalado em ramal de água. af_12/2014	un	3

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descrição básica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89707	caixa sifonada, pvc, dn 100 x 100 x 50 mm, junta elástica, fornecida e instalada em ramal de descarga ou em ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	un	1
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89709	ralo sifonado, pvc, dn 100 x 40 mm, junta soldável, fornecido e instalado em ramal de descarga ou em ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	un	4
composicao	instalacoes hidrossanitarias	89710	ralo seco, pvc, dn 100 x 40 mm, junta soldável, fornecido e instalado em ramal de descarga ou em ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	un	3
composicao	instalacoes hidrossanitarias	90443	rasgo em alvenaria para ramais/distribuição com diâmetros menores ou iguais a 40 mm. af_05/2015	m	24.59
composicao	instalacoes hidrossanitarias	90466	chumbamento linear em alvenaria para ramais/distribuição com diâmetros menores ou iguais a 40 mm. af_05/2015	m	24.59
composicao	instalacoes hidrossanitarias	90467	chumbamento linear em alvenaria para ramais/distribuição com diâmetros maiores que 40 mm e menores ou iguais a 75 mm. af_05/2015	m	9
composicao	instalacoes hidrossanitarias	91185	fixação de tubos horizontais de pvc, cpvc ou cobre diâmetros menores ou iguais a 40 mm com abraçadeira metálica flexível 18 mm, fixada diretamente na laje. af_05/2015	m	15.21
composicao	instalacoes hidrossanitarias	90455	passante tipo tubo de diâmetro maior que 75 mm, fixado em laje. af_05/2015	un	6

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes hidrossanitarias	90454	passante tipo tubo de diâmetro maiores que 40 mm e menores ou iguais a 75 mm, fixado em laje. af_05/2015	un	2
composicao	instalacoes hidrossanitarias	90436	furo em alvenaria para diâmetros menores ou iguais a 40 mm. af_05/2015	un	1
composicao	instalacoes hidrossanitarias	91190	chumbamento pontual em passagem de tubo com diâmetro menor ou igual a 40 mm. af_05/2015	un	1
composicao	instalacoes electricas / telefone / tv	90447	rasgo em alvenaria para eletrodutos com diâmetros menores ou iguais a 40 mm. af_05/2015	m	85
composicao	instalacoes electricas / telefone / tv	90467	chumbamento linear em alvenaria para ramais/distribuição com diâmetros maiores que 40 mm e menores ou iguais a 75 mm. af_05/2015	m	85
composicao	instalacoes electricas / telefone / tv	74246/1	refletor retangular fechado com lampada vapor metalico 400 w	un	6
composicao	instalacoes electricas / telefone / tv	91873	eletroduto rígido roscável, pvc, dn 40 mm (1 1/4"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	12
composicao	instalacoes electricas / telefone / tv	91852	eletroduto flexível corrugado, pvc, dn 20 mm (1/2"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	129.7
composicao	instalacoes electricas / telefone / tv	91854	eletroduto flexível corrugado, pvc, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	49
composicao	instalacoes electricas / telefone / tv	91870	eletroduto rígido roscável, pvc, dn 20 mm (1/2"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	85.2

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91871	eletroduto rígido roscável, pvc, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	44
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91872	eletroduto rígido roscável, pvc, dn 32 mm (1"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	16.35
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91926	cabo de cobre flexível isolado, 2,5 mm <sup>2</sup> , anti-chama 450/750 v, para circuitos terminais - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	537.36
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91930	cabo de cobre flexível isolado, 6 mm <sup>2</sup> , anti-chama 450/750 v, para circuitos terminais - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	50.45
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91929	cabo de cobre flexível isolado, 4 mm <sup>2</sup> , anti-chama 0,6/1,0 kv, para circuitos terminais - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	349.5
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91944	caixa retangular 4" x 4" baixa (0,30 m do piso), pvc, instalada em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	10
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91940	caixa retangular 4" x 2" média (1,30 m do piso), pvc, instalada em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	33
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91941	caixa retangular 4" x 2" baixa (0,30 m do piso), pvc, instalada em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	17
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91937	caixa octogonal 3" x 3", pvc, instalada em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	15

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91953	interruptor simples (1 módulo), 10a/250v, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	5
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91959	interruptor simples (2 módulos), 10a/250v, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	1
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91955	interruptor paralelo (1 módulo), 10a/250v, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	1
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	92023	interruptor simples (1 módulo) com 1 tomada de embutir 2p+t 10 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	1
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91996	tomada média de embutir (1 módulo), 2p+t 10 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	10
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	92000	tomada baixa de embutir (1 módulo), 2p+t 10 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	16
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	91997	tomada média de embutir (1 módulo), 2p+t 20 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	3
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	92001	tomada baixa de embutir (1 módulo), 2p+t 20 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	1
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	92029	interruptor paralelo (1 módulo) com 1 tomada de embutir 2p+t 10 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	7

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	92033	interruptor paralelo (2 módulos) com 1 tomada de embutir 2p+t 10 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	3
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	92986	cabo de cobre flexível isolado, 35 mm <sup>2</sup> , anti-chama 0,6/1,0 kv, para distribuição - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	48
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	93040	lâmpada fluorescente compacta 15 w 2u, base e27 - fornecimento e instalação	un	8
composicao	instalacoes eletricas / telefone / tv	97590	luminária tipo plafon redondo com vidro fosco, de sobrepor, com 1 lâmpada de 15 w - fornecimento e instalação. af_11/2017	un	2
composicao	infraestrutura	73990/1	armacao aco ca-50 p/1,0m3 de concreto	un	5.11
composicao	infraestrutura	74106/1	impermeabilizacao de estruturas enterradas, com tinta asfaltica, duas demaos.	m2	80.17
composicao	infraestrutura	93382	reaterro manual de valas com compactação mecanizada. af_04/2016	m3	22.29
composicao	supraestrutura	92720	concretagem de pilares, fck = 25 mpa, com uso de bomba em edificação com seção média de pilares menor ou igual a 0,25 m <sup>2</sup> - lançamento, adensamento e acabamento. af_12/2015	m3	1.34
composicao	supraestrutura	92725	concretagem de vigas e lajes, fck=20 mpa, para lajes maciças ou nervuradas com uso de bomba em edificação com área média de lajes menor ou igual a 20 m <sup>2</sup> - lançamento, adensamento e acabamento. af_12/2015	m3	8.31
composicao	supraestrutura	73990/1	armacao aco ca-50 p/1,0m3 de concreto	un	9.65

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descrição básica	Un.	Quant.
composicao	supraestrutura	92414	montagem e desmontagem de fôrma de pilares retangulares e estruturas similares com área média das seções menor ou igual a 0,25 m <sup>2</sup> , pé-direito simples, em chapa de madeira compensada resinada, 2 utilizações. af_12/2015	m2	32.78
composicao	supraestrutura	92451	montagem e desmontagem de fôrma de viga, escoramento com garfo de madeira, pé-direito simples, em chapa de madeira resinada, 2 utilizações. af_12/2015	m2	49.04
composicao	supraestrutura	92509	montagem e desmontagem de fôrma de laje maciça com área média menor ou igual a 20 m <sup>2</sup> , pé-direito simples, em chapa de madeira compensada resinada, 2 utilizações. af_12/2015	m2	69.98
composicao	paredes e painéis	87503	alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m <sup>2</sup> sem vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. af_06/2014	m2	73.76
composicao	paredes e painéis	87511	alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida menor que 6m <sup>2</sup> com vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. af_06/2014	m2	38.1

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	paredes e painéis	87519	alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m <sup>2</sup> com vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. af_06/2014	m2	42.33
composicao	paredes e painéis	87495	alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida menor que 6m <sup>2</sup> sem vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. af_06/2014	m2	32.86
composicao	vergas/contravergas/ peitoris	93182	verga pré-moldada para janelas com até 1,5 m de vão. af_03/2016	m	9.6
composicao	vergas/contravergas/ peitoris	93183	verga pré-moldada para janelas com mais de 1,5 m de vão. af_03/2016	m	2.4
composicao	vergas/contravergas/ peitoris	93184	verga pré-moldada para portas com até 1,5 m de vão. af_03/2016	m	8.1
composicao	vergas/contravergas/ peitoris	93194	contraverga pré-moldada para vãos de até 1,5 m de comprimento. af_03/2016	m	13.8
composicao	vergas/contravergas/ peitoris	93195	contraverga pré-moldada para vãos de mais de 1,5 m de comprimento. af_03/2016	m	3.2
composicao	vergas/contravergas/ peitoris	84088	peitoril em marmore branco, largura de 15cm, assentado com argamassa traco 1:4 (cimento e areia media), preparo manual da argamassa	m	9.5
composicao	esquadrias/vidros/fer ragens	94581	janela de alumínio maxim-ar, fixação com argamassa, com vidros, padronizada. af_07/2016	m2	1.08

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	esquadrias/vidros/fer ragens	94582	janela de alumínio de correr, 2 folhas, fixação com argamassa, com vidros, padronizada. af_07/2016	m2	6.84
composicao	esquadrias/vidros/fer ragens	94585	janela de alumínio de correr, 4 folhas, fixação com argamassa, com vidros, padronizada. af_07/2016	m2	2.4
composicao	esquadrias/vidros/fer ragens	91312	kit de porta de madeira para pintura, semi-oca (leve ou média), padrão popular, 60x210cm, espessura de 3,5cm, itens inclusos: dobradiças, montagem e instalação do batente, fechadura com execução do furo - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	3
composicao	esquadrias/vidros/fer ragens	91313	kit de porta de madeira para pintura, semi-oca (leve ou média), padrão popular, 70x210cm, espessura de 3,5cm, itens inclusos: dobradiças, montagem e instalação do batente, fechadura com execução do furo - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	3
composicao	esquadrias/vidros/fer ragens	91314	kit de porta de madeira para pintura, semi-oca (leve ou média), padrão popular, 80x210cm, espessura de 3,5cm, itens inclusos: dobradiças, montagem e instalação do batente, fechadura com execução do furo - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	3
composicao	esquadrias/vidros/fer ragens	74065/2	pintura esmalte acetinado para madeira, duas demaos, sobre fundo nivelador branco	m2	39.69
composicao	cobertura/protecoes	55960	imunizacao de madeiramento para cobertura utilizando cupinicida incolor	m2	138.48

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descrição básica	Un.	Quant.
composicao	cobertura/protecoes	92541	trama de madeira composta por ripas, caibros e terças para telhados de até 2 águas para telha cerâmica capa-canal, incluso transporte vertical. af_12/2015	m2	132.64
composicao	cobertura/protecoes	94447	telhamento com telha cerâmica capa-canal, tipo paulista, com até 2 águas, incluso transporte vertical. af_06/2016	m2	132.64
composicao	cobertura/protecoes	94221	cumeeira para telha cerâmica emboçada com argamassa traço 1:2:9 (cimento, cal e areia) para telhados com até 2 águas, incluso transporte vertical. af_06/2016	m	16.72
composicao	revestimento de teto	88484	aplicação de fundo selador acrílico em teto, uma demão. af_06/2014	m2	66.21
composicao	revestimento de teto	88488	aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em teto, duas demãos. af_06/2014	m2	66.21
composicao	revestimento de teto	87882	chapisco aplicado no teto, com rolo para textura acrílica. argamassa traço 1:4 e emulsão polimérica (adesivo) com preparo em betoneira 400l. af_06/2014	m2	66.21
composicao	revestimento de teto	90408	massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em teto, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_03/2015	m2	66.21
composicao	revestimentos internos	88485	aplicação de fundo selador acrílico em paredes, uma demão. af_06/2014	m2	146.92
composicao	revestimentos internos	88489	aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes, duas demãos. af_06/2014	m2	146.92
composicao	revestimentos internos	88495	aplicação e lixamento de massa látex em paredes, uma demão. af_06/2014	m2	146.92

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descrição básica	Un.	Quant.
composicao	revestimentos internos	87879	chapisco aplicado em alvenarias e estruturas de concreto internas, com colher de pedreiro. argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira 400l. af_06/2014	m2	278.33
composicao	revestimentos internos	87545	emboço, para recebimento de cerâmica, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicado manualmente em faces internas de paredes, para ambiente com área menor que 5m2, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_06/2014	m2	74.82
composicao	revestimentos internos	87547	massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_06/2014	m2	176.53
composicao	revestimentos internos	87549	emboço, para recebimento de cerâmica, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicado manualmente em faces internas de paredes, para ambiente com área entre 5m2 e 10m2, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_06/2014	m2	27.1
composicao	revestimentos externos	88415	aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes externas de casas. af_06/2014	m2	157.43
composicao	revestimentos externos	88431	aplicação manual de pintura com tinta texturizada acrílica em paredes externas de casas, duas cores. af_06/2014	m2	157.41

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	revestimentos externos	87894	chapisco aplicado em alvenaria (sem presença de vãos) e estruturas de concreto de fachada, com colher de pedreiro. argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira 400l. af_06/2014	m2	70.92
composicao	revestimentos externos	87905	chapisco aplicado em alvenaria (com presença de vãos) e estruturas de concreto de fachada, com colher de pedreiro. argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira 400l. af_06/2014	m2	86.7
composicao	revestimentos externos	87775	emboço ou massa única em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicada manualmente em panos de fachada com presença de vãos, espessura de 25 mm. af_06/2014	m2	86.65
composicao	revestimentos externos	87792	emboço ou massa única em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicada manualmente em panos cegos de fachada (sem presença de vãos), espessura de 25 mm. af_06/2014	m2	70.93
composicao	pavimentacao	68053	fornecimento/instalacao lona plastica preta, para impermeabilizacao, espessura 150 micras.	m2	87.15
composicao	pavimentacao	87248	revestimento cerâmico para piso com placas tipo esmaltada extra de dimensões 35x35 cm aplicada em ambientes de área maior que 10 m2. af_06/2014	m2	47.16
composicao	pavimentacao	98695	soleira em mármore, largura 15 cm, espessura 2,0 cm. af_06/2018	m	6.3

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	pavimentacao	88648	rodapé cerâmico de 7cm de altura com placas tipo esmaltada extra de dimensões 35x35cm. af_06/2014	m	58.12
composicao	pavimentacao	87745	contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicado em áreas molhadas sobre laje, aderido, espessura 3cm. af_06/2014	m2	42.81
composicao	pavimentacao	87640	contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, espessura 4cm. af_06/2014	m2	46.88
composicao	loucas e metais	9535	chuveiro elétrico comum corpo plástico tipo ducha, fornecimento e instalação	un	3
composicao	loucas e metais	86931	vaso sanitário sifonado com caixa acoplada louça branca, incluso engate flexível em plástico branco, 1/2 x 40cm - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	3
composicao	loucas e metais	86929	tanque de mármore sintético suspenso, 22l ou equivalente, incluso sifão flexível em pvc, válvula plástica e torneira de metal cromado padrão popular - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	1
composicao	loucas e metais	86943	lavatório louça branca suspenso, 29,5 x 39cm ou equivalente, padrão popular, incluso sifão flexível em pvc, válvula e engate flexível 30cm em plástico e torneira cromada de mesa, padrão popular - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	1

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
**Fonte: CAIXA, 2019.**

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	loucas e metais	93396	bancada granito cinza polido 0,50 x 0,60m, incl. cuba de embutir oval louça branca 35 x 50cm, válvula metal cromado, sifão flexível pvc, engate 30cm flexível plástico e torneira cromada de mesa, padrão popular - fornec. e instalação. af_12/2013	un	2
composicao	loucas e metais	86934	bancada de mármore sintético 120 x 60cm, com cuba integrada, incluso sifão tipo flexível em pvc, válvula em plástico cromado tipo americana e torneira cromada longa, de parede, padrão popular - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	1
composicao	complementacoes	74073/1	alcapao em ferro 60x60cm, incluso ferragens	un	1
composicao	pavimentacao	95241	lastro de concreto magro, aplicado em pisos ou radiers, espessura de 5 cm. af_07/2016	m2	87.15
composicao	cobertura/protecoes	94232	amarração de telhas cerâmicas ou de concreto. af_06/2016	un	830.85
composicao	pavimentacao	87246	revestimento cerâmico para piso com placas tipo esmaltada extra de dimensões 35x35 cm aplicada em ambientes de área menor que 5 m2. af_06/2014	m2	17.02
composicao	pavimentacao	87247	revestimento cerâmico para piso com placas tipo esmaltada extra de dimensões 35x35 cm aplicada em ambientes de área entre 5 m2 e 10 m2. af_06/2014	m2	25.51

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descrição básica	Un.	Quant.
composicao	complementacoes	94993	execução de passeio (calçada) ou piso de concreto com concreto moldado in loco, usinado, acabamento convencional, espessura 6 cm, armado. af_07/2016	m2	24.34
composicao	revestimentos internos	87264	revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensões 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5 m <sup>2</sup> na altura inteira das paredes. af_06/2014	m2	74.82
composicao	revestimentos internos	87265	revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensões 20x20 cm aplicadas em ambientes de área maior que 5 m <sup>2</sup> na altura inteira das paredes. af_06/2014	m2	27.1
composicao	revestimento de teto	88494	aplicação e lixamento de massa látex em teto, uma demão. af_06/2014	m2	66.21
composicao	infraestrutura	96530	fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para viga baldrame, em madeira serrada, e=25 mm, 1 utilização. af_06/2017	m2	74.62
composicao	instalacoes electricas / telefone / tv	97886	caixa enterrada elétrica retangular, em alvenaria com tijolos cerâmicos maciços, fundo com brita, dimensões internas: 0,3x0,3x0,3 m. af_05/2018	un	1
composicao	instalacoes hidrossanitarias	98103	caixa de gordura dupla, circular, em concreto pré-moldado, diâmetro interno = 0,6 m, altura interna = 0,6 m. af_05/2018	un	1
composicao	instalacoes hidrossanitarias	97902	caixa enterrada hidráulica retangular em alvenaria com tijolos cerâmicos maciços, dimensões internas: 0,6x0,6x0,6 m para rede de esgoto. af_05/2018	un	2

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descrição básica	Un.	Quant.
composicao	infraestrutura	96557	concretagem de blocos de coroamento e vigas baldrame, fck 30 mpa, com uso de bomba – lançamento, adensamento e acabamento. af_06/2017	m3	5.11
composicao	infraestrutura	96527	escavação manual de vala para viga baldrame, com previsão de fôrma. af_06/2017	m3	27.02
composicao	revestimentos internos	88483	aplicação de fundo selador látex pva em paredes, uma demão. af_06/2014	m2	29.63
composicao	revestimentos internos	88487	aplicação manual de pintura com tinta látex pva em paredes, duas demãos. af_06/2014	m2	29.65
composicao	pavimentacao	96622	lastro com material granular, aplicação em pisos ou radiers, espessura de *5 cm*. af_08/2017	m3	2.61
composicao	infraestrutura	96621	lastro com material granular, aplicação em blocos de coroamento, espessura de *5 cm*. af_08/2017	m3	0.64
composicao	instalacoes electricas/ telefone / tv	92981	cabo de cobre flexível isolado, 16 mm <sup>2</sup> , anti-chama 450/750 v, para distribuição - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	8
composicao	instalacoes electricas/ telefone / tv	99059	locacao convencional de obra, utilizando gabarito de tábuas corridas pontaleadas a cada 2,00m - 2 utilizações. af_10/2018	m	49.46
composicao	instalacoes electricas/ telefone / tv	98524	limpeza manual de vegetação em terreno com enxada.af_05/2018	m2	360
composicao	instalacoes electricas/ telefone / tv	68066	caixa de protecao para medidor monofasico, fornecimento e instalacao	un	1
composicao	instalacoes electricas/ telefone / tv	97887	caixa enterrada elétrica retangular, em alvenaria com tijolos cerâmicos maciços, fundo com brita, dimensões internas: 0,4x0,4x0,4 m. af_05/2018	un	1

**Tabela B.4 - RCCF do padrão CR-1-3Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	instalacoes electricas/ telefone / tv	74130/5	disjuntor termomagnetico tripolar padrao nema (americano) 60 a 100a 240v, fornecimento e instalacao	un	1
composicao	instalacoes electricas/ telefone / tv	74130/1	disjuntor termomagnetico monopolar padrao nema (americano) 10 a 30a 240v, fornecimento e instalacao	un	24
composicao	instalacoes electricas/ telefone / tv	74131/8	quadro de distribuicao de energia de embutir, em chapa metalica, para 50 disjuntores termomagneticos monopolares, com barramento trifasico e neutro, fornecimento e instalacao	un	1
composicao	instalacoes electricas/ telefone / tv	83446	caixa de passagem 30x30x40 com tampa e dreno brita	un	2

**Tabela B.5 - RCCF do padrão CP.1-2Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	infraestrutura	94103	lastro de vala com preparo de fundo, largura menor que 1,5 m, com camada de brita, lançamento manual, em local com nível baixo de interferência. af_06/2016	m3	0,33
composicao	infraestrutura	96557	concretagem de blocos de coroamento e vigas baldrames, fck 30 mpa, com uso de bomba – lançamento, adensamento e acabamento. af_06/2017	m3	2,00
composicao	infraestrutura	73990/1	armacao aco ca-50 p/1,0m3 de concreto	un	2,00
composicao	infraestrutura	96536	fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para viga baldrame, em madeira serrada, e=25 mm, 4 utilizações. af_06/2017	m2	30,39
composicao	infraestrutura	74106/1	impermeabilizacao de estruturas enterradas, com tinta asfaltica, duas demaos.	m2	34,29
composicao	infraestrutura	93358	escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30 m. af_03/2016	m3	4,09
composicao	infraestrutura	93382	reaterro manual de valas com compactação mecanizada. af_04/2016	m3	2,30
composicao	supraestrutura	74202/1	laje pre-moldada p/forro, sobrecarga 100kg/m2, vaos até 3,50m/e=8cm, c/lajotas e cap.c/conc fck=20mpa, 3cm, inter-eixo 38cm, c/escoramento (reapr.3x) e ferragem negativa	m2	43,47
composicao	supraestrutura	92873	lançamento com uso de baldes, adensamento e acabamento de concreto em estruturas. af_12/2015	m3	2,38
composicao	supraestrutura	94964	concreto fck = 20mpa, traço 1:2,7:3 (cimento/ areia média/ brita 1) – preparo mecânico com betoneira 400 l. af_07/2016	m3	2,38
composicao	supraestrutura	92412	montagem e desmontagem de fôrma de pilares retangulares e estruturas similares com área média das seções menor ou igual a 0,25 m², pé-direito simples, em madeira serrada, 4 utilizações. af_12/2015	m2	18,46

**Tabela B.5 - RCCF do padrão CP.1-2Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	supraestrutura	92448	montagem e desmontagem de fôrma de viga, escoramento com pontalete de madeira, pé-direito simples, em madeira serrada, 4 utilizações. af_12/2015	m2	31,69
composicao	supraestrutura	73990/1	armacao aco ca-50 p/1,0m3 de concreto	un	2,38
composicao	paredes e painéis	87495	alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida menor que 6m <sup>2</sup> sem vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. af_06/2014	m2	18,43
composicao	paredes e painéis	87503	alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m <sup>2</sup> sem vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. af_06/2014	m2	22,38
composicao	paredes e painéis	87511	alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida menor que 6m <sup>2</sup> com vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. af_06/2014	m2	36,05
composicao	paredes e painéis	87519	alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m <sup>2</sup> com vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. af_06/2014	m2	6,14
composicao	vergas e contravergas	93182	verga pré-moldada para janelas com até 1,5 m de vão. af_03/2016	m	9,30
composicao	vergas e contravergas	93194	contraverga pré-moldada para vãos de até 1,5 m de comprimento. af_03/2016	m	12,90
composicao	vergas e contravergas	93184	verga pré-moldada para portas com até 1,5 m de vão. af_03/2016	m	5,00

**Tabela B.5 - RCCF do padrão CP.1-2Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	soleiras e peitoris	84088	peitoril em marmore branco, largura de 15cm, assentado com argamassa traco 1:4 (cimento e areia media), preparo manual da argamassa	m	7,50
composicao	soleiras e peitoris	98695	soleira em mármore, largura 15 cm, espessura 2,0 cm. af_06/2018	m	5,80
composicao	esquadrias	91314	kit de porta de madeira para pintura, semi-oca (leve ou média), padrão popular, 80x210cm, espessura de 3,5cm, itens inclusos: dobradiças, montagem e instalação do batente, fechadura com execução do furo - fornecimento e instalação. af_08/2015	un	3,00
composicao	esquadrias	74065/2	pintura esmalte acetinado para madeira, duas demaos, sobre fundo nivelador branco	m2	25,20
composicao	esquadrias	94559	janela de aço basculante, fixação com argamassa, sem vidros, padronizada. af_07/2016	m2	0,48
composicao	esquadrias	72122	vidro fantasia tipo canelado, espessura 4mm	m2	0,48
composicao	esquadrias	74145/1	pintura esmalte fosco, duas demaos, sobre superficie metalica, incluso uma demao de fundo anticorrosivo. utilizacao de revolver ( ar-comprimido).	m2	0,53
composicao	esquadrias	94560	janela de aço de correr, 2 folhas, fixação com argamassa, com vidros, padronizada. af_07/2016	m2	6,90
composicao	revestimentos internos	87545	emboço, para recebimento de cerâmica, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicado manualmente em faces internas de paredes, para ambiente com área menor que 5m2, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_06/2014	m2	11,94

**Tabela B.5 - RCCF do padrão CP.1-2Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	revestimentos internos	87549	emboço, para recebimento de cerâmica, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicado manualmente em faces internas de paredes, para ambiente com área entre 5m2 e 10m2, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_06/2014	m2	8,65
composicao	revestimentos internos	87547	preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_06/2014	m2	88,91
composicao	revestimentos internos	88483	aplicação de fundo selador látex pva em paredes, uma demão. af_06/2014	m2	88,91
composicao	revestimentos internos	93392	revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada padrão popular de dimensões 20x20 cm, argamassa tipo ac i, aplicadas em ambientes de área menor que 5 m2 na altura inteira das paredes. af_06/2014	m2	5,10
composicao	revestimentos internos	88487	aplicação manual de pintura com tinta látex pva em paredes, duas demãos. af_06/2014	m2	88,91
composicao	revestimentos internos	88495	aplicação e lixamento de massa látex em paredes, uma demão. af_06/2014	m2	88,91
composicao	revestimentos internos	87879	chapisco aplicado em alvenarias e estruturas de concreto internas, com colher de pedreiro. argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira 400l. af_06/2014	m2	109,57
composicao	revestimentos de teto	88484	aplicação de fundo selador acrílico em teto, uma demão. af_06/2014	m2	39,21
composicao	revestimentos de teto	88488	aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em teto, duas demãos. af_06/2014	m2	39,21

**Tabela B.5 - RCCF do padrão CP.1-2Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	revestimentos de teto	88494	aplicação e lixamento de massa látex em teto, uma demão. af_06/2014	m2	39,21
composicao	revestimentos de teto	90408	massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em teto, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_03/2015	m2	39,21
composicao	revestimentos de teto	87882	chapisco aplicado no teto, com rolo para textura acrílica. argamassa traço 1:4 e emulsão polimérica (adesivo) com preparo em betoneira 400l. af_06/2014	m2	39,21
composicao	revestimentos externos	87905	chapisco aplicado em alvenaria (com presença de vãos) e estruturas de concreto de fachada, com colher de pedreiro. argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira 400l. af_06/2014	m2	73,12
composicao	revestimentos externos	87775	emboço ou massa única em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicada manualmente em panos de fachada com presença de vãos, espessura de 25 mm. af_06/2014	m2	73,12
composicao	revestimentos externos	88415	aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes externas de casas. af_06/2014	m2	89,40
composicao	revestimentos externos	95626	aplicação manual de tinta látex acrílica em parede externas de casas, duas demãos. af_11/2016	m2	89,40
composicao	revestimentos externos	87792	emboço ou massa única em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicada manualmente em panos cegos de fachada (sem presença de vãos), espessura de 25 mm. af_06/2014	m2	16,14
composicao	revestimentos externos	87894	chapisco aplicado em alvenaria (sem presença de vãos) e estruturas de concreto de fachada, com colher de pedreiro. argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira 400l. af_06/2014	m2	16,14

**Tabela B.5 - RCCF do padrão CP.1-2Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	pavimentação interna	95241	lastro de concreto magro, aplicado em pisos ou radiers, espessura de 5 cm. af_07/2016	m2	3,78
composicao	pavimentação interna	94107	lastro com preparo de fundo, largura maior ou igual a 1,5 m, com camada de brita, lançamento manual, em local com nível baixo de interferência. af_06/2016	m3	1,12
composicao	pavimentação interna	68053	fornecimento/instalacao lona plastica preta, para impermeabilizacao, espessura 150 micras.	m2	37,48
composicao	pavimentação interna	87640	contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, espessura 4cm. af_06/2014	m2	31,09
composicao	pavimentação interna	87745	contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicado em áreas molhadas sobre laje, aderido, espessura 3cm. af_06/2014	m2	8,92
composicao	pavimentação interna	88648	rodapé cerâmico de 7cm de altura com placas tipo esmaltada extra de dimensões 35x35cm. af_06/2014	m	2,16
composicao	pavimentação interna	93389	revestimento cerâmico para piso com placas tipo esmaltada padrão popular de dimensões 35x35 cm aplicada em ambientes de área menor que 5 m2. af_06/2014	m2	15,33
composicao	pavimentação interna	93390	revestimento cerâmico para piso com placas tipo esmaltada padrão popular de dimensões 35x35 cm aplicada em ambientes de área entre 5 m2 e 10 m2. af_06/2014	m2	8,85
composicao	pavimentação interna	93391	revestimento cerâmico para piso com placas tipo esmaltada padrão popular de dimensões 35x35 cm aplicada em ambientes de área maior que 10 m2. af_06/2014	m2	14,30
composicao	pavimentação externa	95241	lastro de concreto magro, aplicado em pisos ou radiers, espessura de 5 cm. af_07/2016	m2	38,16

**Tabela B.5 - RCCF do padrão CP.1-2Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	coberturas e proteções	92541	trama de madeira composta por ripas, caibros e terças para telhados de até 2 águas para telha cerâmica capa-canal, incluso transporte vertical. af_12/2015	m2	62,28
composicao	coberturas e proteções	94447	telhamento com telha cerâmica capa-canal, tipo paulista, com até 2 águas, incluso transporte vertical. af_06/2016	m2	62,28
composicao	coberturas e proteções	55960	imunizacao de madeiramento para cobertura utilizando cupinizada incolor	m2	65,99
composicao	coberturas e proteções	94232	amarração de telhas cerâmicas ou de concreto. af_06/2016	un	396,00
composicao	coberturas e proteções	94221	cumeeira para telha cerâmica emboçada com argamassa traço 1:2:9 (cimento, cal e areia) para telhados com até 2 águas, incluso transporte vertical. af_06/2016	m	8,93
composicao	louças e metais	9535	chuveiro eletrico comum corpo plastico tipo ducha, fornecimento e instalacao	un	1,00
composicao	louças e metais	86931	vaso sanitario sifonado com caixa acoplada louça branca, incluso engate flexível em plástico branco, 1/2 x 40cm - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	1,00
composicao	louças e metais	86929	tanque de mármore sintético suspenso, 22l ou equivalente, incluso sifão flexível em pvc, válvula plástica e torneira de metal cromado padrão popular - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	1,00
composicao	louças e metais	86943	lavatório louça branca suspenso, 29,5 x 39cm ou equivalente, padrão popular, incluso sifão flexível em pvc, válvula e engate flexível 30cm em plástico e torneira cromada de mesa, padrão popular - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	1,00
composicao	louças e metais	86934	bancada de mármore sintético 120 x 60cm, com cuba integrada, incluso sifão tipo flexível em pvc, válvula em plástico cromado tipo americana e torneira cromada longa, de parede, padrão popular - fornecimento e instalação. af_12/2013	un	1,00

**Tabela B.5 - RCCF do padrão CP.1-2Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	complementações	74229/1	divisoria em marmore branco polido, espessura 3 cm, assentado com argamassa traco 1:4 (cimento e areia), arremate com cimento branco, exclusive ferragens	m2	1,90
composicao	instalações de água fria	89970	kit de registro de pressão bruto de latão ¾", inclusive conexões, roscável, instalado em ramal de água fria - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	3,00
composicao	instalações de água fria	89972	kit de registro de gaveta bruto de latão ¾", inclusive conexões, roscável, instalado em ramal de água fria - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	1,00
composicao	instalações de água fria	94796	torneira de boia, roscável, 3/4" , fornecida e instalada em reservação de água. af_06/2016	un	1,00
composicao	instalações de água fria	95675	hidrômetro dn 25 (¾ ), 5,0 m³/h fornecimento e instalação. af_11/2016	un	1,00
composicao	instalações de esgoto	74166/1	caixa de inspeção em concreto pré-moldado dn 60cm com tampa h= 60cm - fornecimento e instalacao	un	1,00
composicao	instalações elétricas	91852	eletroduto flexível corrugado, pvc, dn 20 mm (1/2"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	4,47
composicao	instalações elétricas	91854	eletroduto flexível corrugado, pvc, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalado em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	26,77
composicao	instalações elétricas	91866	eletroduto rígido roscável, pvc, dn 20 mm (1/2"), para circuitos terminais, instalado em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	17,00

**Tabela B.5 - RCCF do padrão CP.1-2Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	instalações elétricas	91867	eletroduto rígido roscável, pvc, dn 25 mm (3/4"), para circuitos terminais, instalado em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	24,35
composicao	instalações elétricas	91924	cabo de cobre flexível isolado, 1,5 mm <sup>2</sup> , anti-chama 450/750 v, para circuitos terminais - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	102,06
composicao	instalações elétricas	91926	cabo de cobre flexível isolado, 2,5 mm <sup>2</sup> , anti-chama 450/750 v, para circuitos terminais - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	74,53
composicao	instalações elétricas	91928	cabo de cobre flexível isolado, 4 mm <sup>2</sup> , anti-chama 450/750 v, para circuitos terminais - fornecimento e instalação. af_12/2015	m	80,28
composicao	instalações elétricas	91996	tomada média de embutir (1 módulo), 2p+t 10 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	3,00
composicao	instalações elétricas	92000	tomada baixa de embutir (1 módulo), 2p+t 10 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	4,00
composicao	instalações elétricas	91992	tomada alta de embutir (1 módulo), 2p+t 10 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	1,00
composicao	instalações elétricas	91993	tomada alta de embutir (1 módulo), 2p+t 20 a, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	1,00
composicao	instalações elétricas	72337	tomada para telefone de 4 polos padrao telebras - fornecimento e instalacao	un	3,00
composicao	instalações elétricas	91953	interruptor simples (1 módulo), 10a/250v, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	4,00
composicao	instalações elétricas	91959	interruptor simples (2 módulos), 10a/250v, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	1,00
composicao	instalações elétricas	91987	campainha cigarra (1 módulo), 10a/250v, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_09/2017	un	1,00

**Tabela B.5 - RCCF do padrão CP.1-2Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	instalações elétricas	91985	interruptor pulsador campainha (1 módulo), 10a/250v, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação. af_09/2017	un	1,00
composicao	instalações elétricas	97593	luminária tipo spot, de sobrepor, com 1 lâmpada de 15 w - fornecimento e instalação. af_11/2017	un	1,00
composicao	instalações elétricas	97591	luminária tipo plafon redondo com vidro fosco, de sobrepor, com 2 lâmpadas de 15 w - fornecimento e instalação. af_11/2017	un	5,00
composicao	instalações elétricas	83371	quadro de distribuicao para telefone n.2, 20x20x12cm em chapa metalica, de embutir, sem acessorios, padrao telebras, fornecimento e instalacao	un	1,00
composicao	instalações elétricas	93653	disjuntor monopolar tipo din, corrente nominal de 10a - fornecimento e instalação. af_04/2016	un	5,00
composicao	instalações elétricas	93655	disjuntor monopolar tipo din, corrente nominal de 20a - fornecimento e instalação. af_04/2016	un	1,00
composicao	instalações elétricas	91936	caixa octogonal 4" x 4", pvc, instalada em laje - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	5,00
composicao	instalações elétricas	91939	caixa retangular 4" x 2" alta (2,00 m do piso), pvc, instalada em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	3,00
composicao	instalações elétricas	91940	caixa retangular 4" x 2" média (1,30 m do piso), pvc, instalada em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	9,00
composicao	instalações elétricas	91941	caixa retangular 4" x 2" baixa (0,30 m do piso), pvc, instalada em parede - fornecimento e instalação. af_12/2015	un	4,00
composicao	instalações elétricas	83463	quadro de distribuicao de energia em chapa de aco galvanizado, para 12 disjuntores termomagneticos monopolares, com barramento trifasico e neutro - fornecimento e instalacao	un	1,00
composicao	revestimentos internos	93394	revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada padrão popular de dimensões 20x20 cm, argamassa tipo ac i, aplicadas em ambientes de área menor que 5 m2 a meia altura das paredes. af_06/2014	m2	6,85

**Tabela B.5 - RCCF do padrão CP.1-2Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	revestimentos internos	93395	revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada padrão popular de dimensões 20x20 cm, argamassa tipo ac i, aplicadas em ambientes de área maior que 5 m2 a meia altura das paredes. af_06/2014	m2	8,66
composicao	revestimentos externos	93395	revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada padrão popular de dimensões 20x20 cm, argamassa tipo ac i, aplicadas em ambientes de área maior que 5 m2 a meia altura das paredes. af_06/2014	m2	2,62
composicao	revestimentos externos	87549	emboço, para recebimento de cerâmica, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicado manualmente em faces internas de paredes, para ambiente com área entre 5m2 e 10m2, espessura de 10mm, com execução de taliscas. af_06/2014	m2	2,62
composicao	revestimentos externos	87879	chapisco aplicado em alvenarias e estruturas de concreto internas, com colher de pedreiro. argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira 400l. af_06/2014	m2	2,62
composicao	esquadrias	91341	porta em alumínio de abrir tipo veneziana com guarnição, fixação com parafusos - fornecimento e instalação. af_08/2015	m2	3,36
composicao	revestimentos internos	98546	impermeabilização de superfície com manta asfáltica, uma camada, inclusive aplicação de primer asfáltico, e=3mm. af_06/2018	m2	8,25
composicao	instalações de água fria	89356	tubo, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	m	13,88
composicao	instalações de água fria	91786	(composição representativa) do serviço de instalação tubos de pvc, soldável, água fria, dn 32 mm (instalado em ramal, sub-ramal, ramal de distribuição ou prumada), inclusive conexões, cortes e fixações, para prédios. af_10/2015	m	19,19

**Tabela B.5 - RCCF do padrão CP.1-2Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	instalações de água fria	89362	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	10,00
composicao	instalações de água fria	89395	te, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	3,00
composicao	instalações de água fria	89363	joelho 45 graus, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	1,00
composicao	instalações de água fria	89364	curva 90 graus, pvc, soldável, dn 25mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	1,00
composicao	instalações de água fria	89979	luva com bucha de latão, pvc, soldável, dn 32mm x 1 , instalado em ramal ou sub ramal de água fornecimento e instalação. af_12/2014	un	1,00
composicao	instalações de água fria	89367	joelho 90 graus, pvc, soldável, dn 32mm, instalado em ramal ou sub-ramal de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	un	4,00
composicao	instalações de esgoto	89711	tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 40 mm, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	m	7,19
composicao	instalações de esgoto	89713	tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 75 mm, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	m	0,11
composicao	instalações de esgoto	89714	tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	m	2,98
composicao	instalações de esgoto	89798	tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 50 mm, fornecido e instalado em prumada de esgoto sanitário ou ventilação. af_12/2014	m	1,65

**Tabela B.5 - RCCF do padrão CP.1-2Q:**  
 Fonte: CAIXA, 2019.

Tipo de RT	Fase	Código	Descricao basica	Un.	Quant.
composicao	instalações de esgoto	89799	tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 75 mm, fornecido e instalado em prumada de esgoto sanitário ou ventilação. af_12/2014	m	2,52
composicao	instalações de esgoto	89724	joelho 90 graus, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 40 mm, junta soldável, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	un	5,00
composicao	instalações de esgoto	89833	te, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 x 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em prumada de esgoto sanitário ou ventilação. af_12/2014	un	1,00
composicao	instalações de esgoto	89786	te, pvc, serie normal, esgoto predial, dn 75 x 75 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_12/2014	un	1,00
composicao	instalações de esgoto	98103	caixa de gordura dupla, circular, em concreto pré-moldado, diâmetro interno =0,6 m, altura interna = 0,6 m. af_05/2018	un	1,00
composicao	serviços preliminares	99059	locacao convencional de obra, utilizando gabarito de tábuas corridas pontaletadas a cada 2,00m - 2 utilizações. af_10/2018	m	30,70
composicao	serviços preliminares	98524	limpeza manual de vegetação em terreno com enxada.af_05/2018	m2	200,00

Anexo F

**Figura B.5** - Representação em corte do CP.1-2Q.  
Fonte: SINAPI (2019).

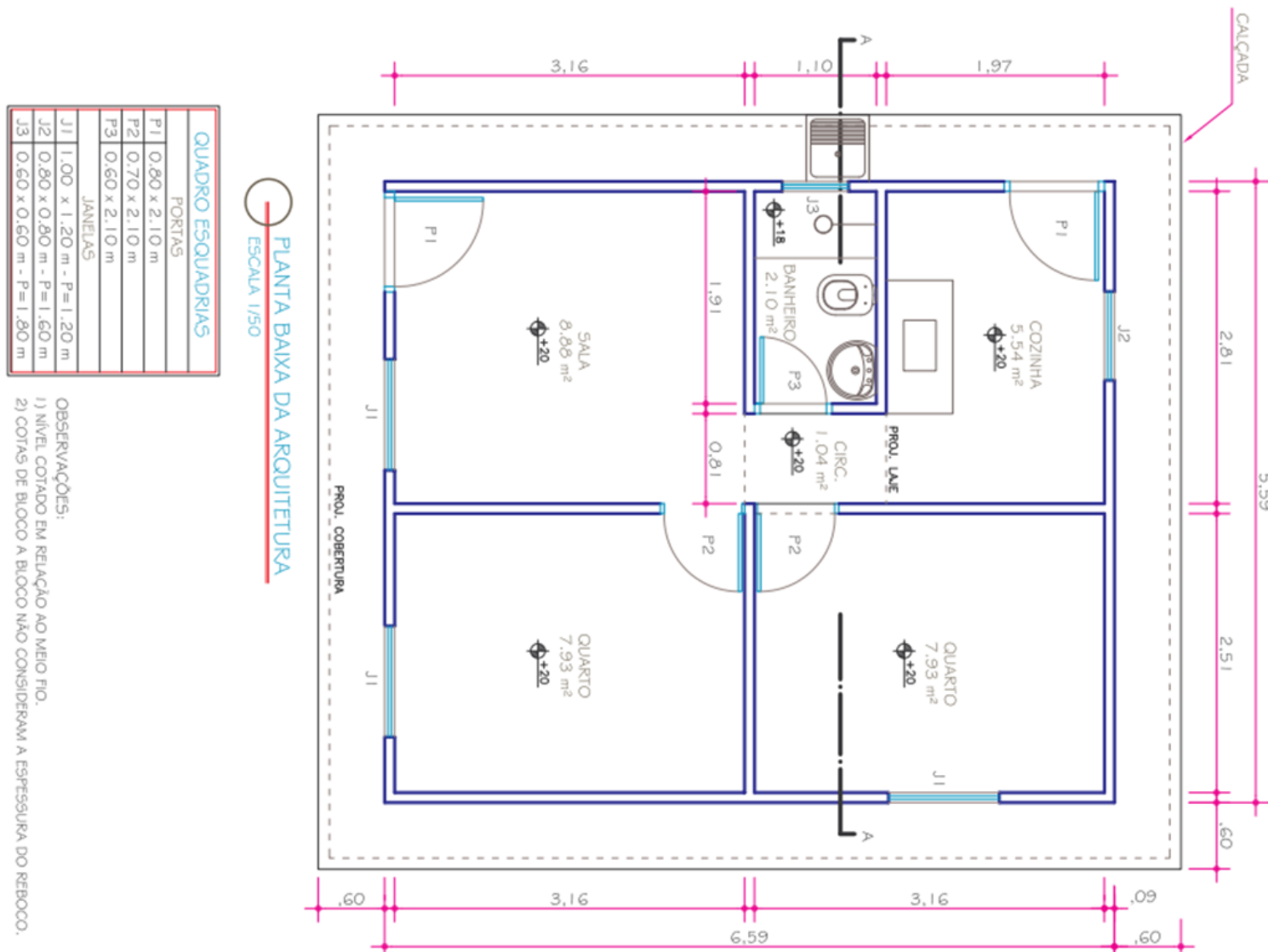
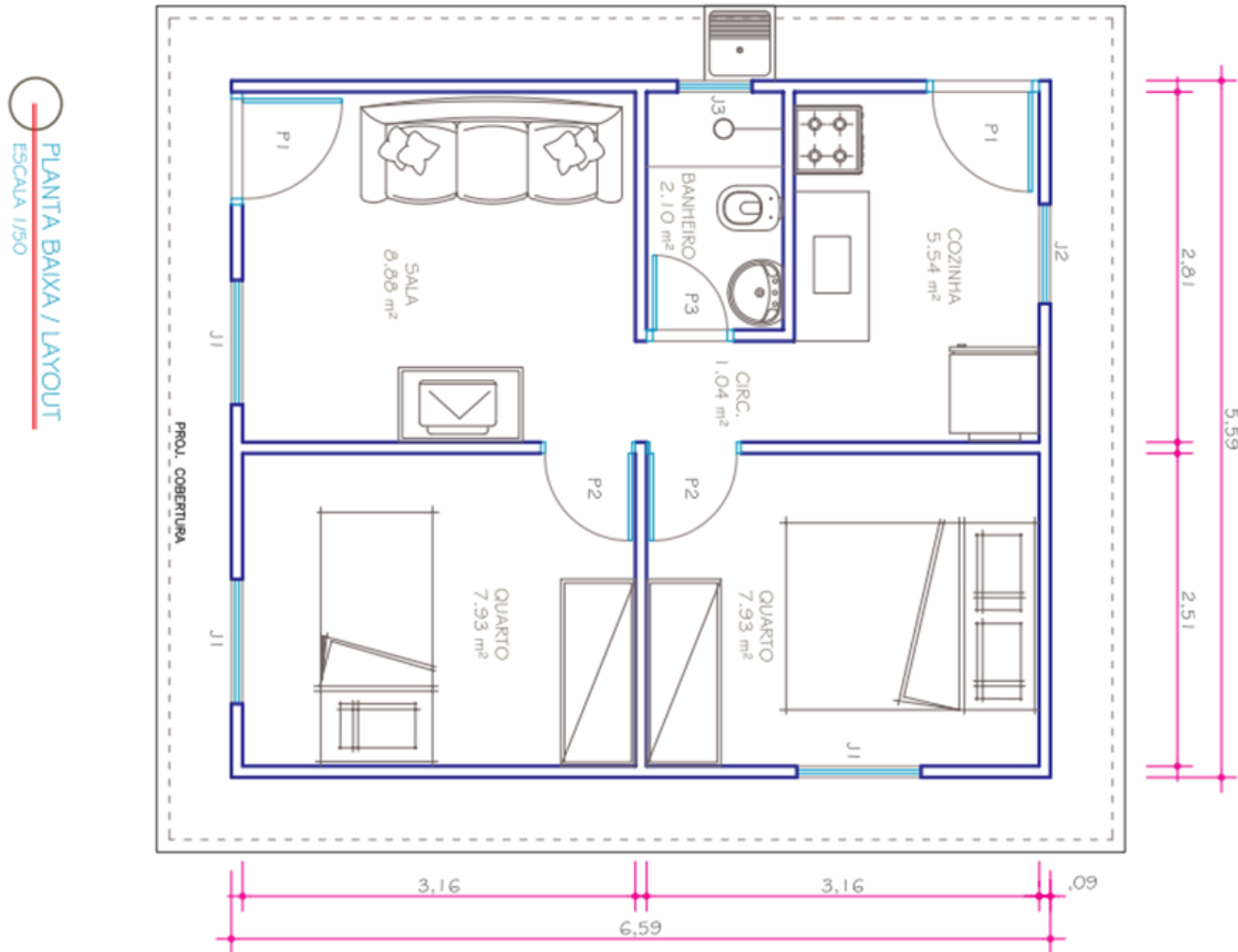
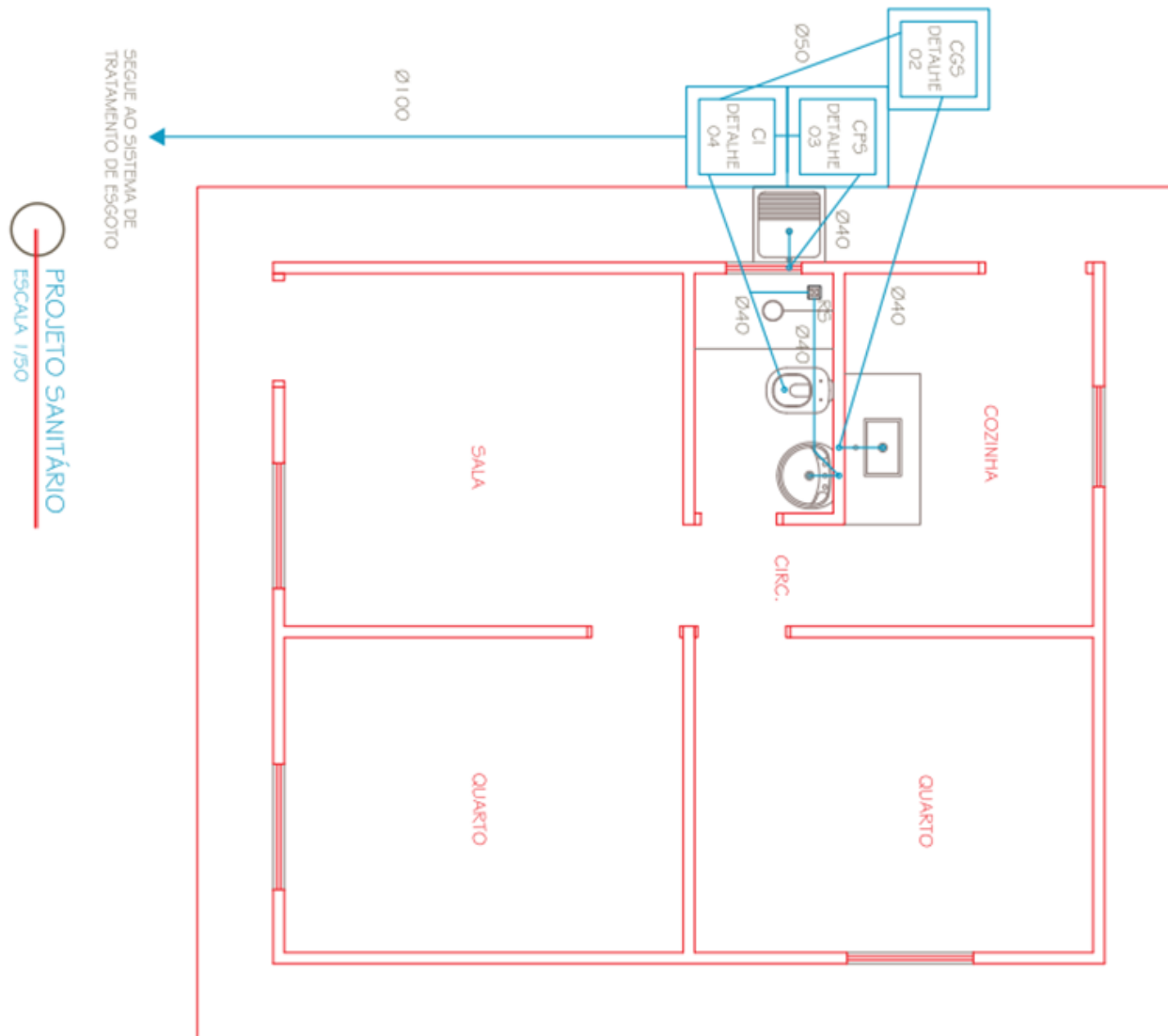


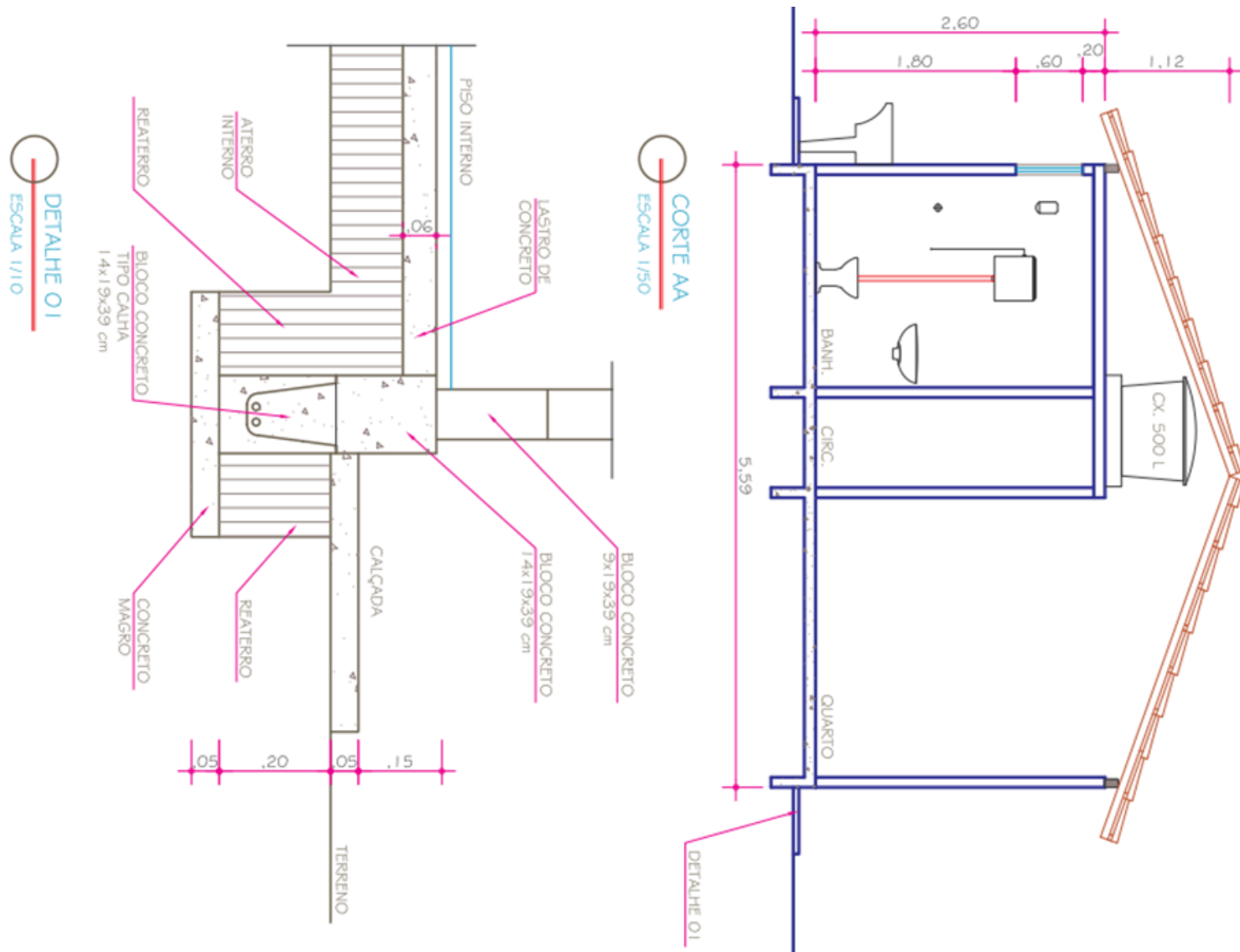
Figura B.6 - Representação em planta das áreas do CP.1-2Q.



**Figura B.7** - Representação em planta do leiaute do CP.1-2Q.



**Figura B.8** - Representação em planta do sistema de esgotamento do CP.1-2Q.



**Figura B.9** - Representação em corte CP.1-2Q e fundações.