

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as inundações das cidades brasileiras têm sido objeto de inúmeros estudos, dado o aumento de sua ocorrência e agressividade. As inundações provocam impactos sociais e econômicos como a exigência de grandes e onerosos trabalhos de recuperação das edificações nas áreas atingidas, bem como a perda de bens móveis e imóveis, danos à infraestrutura urbana, perdas indiretas como os custos de congestionamentos e lucros cessantes.

A inundação urbana é uma ocorrência tão antiga quanto a existência das cidades ou qualquer aglomerado urbano. Esse evento ocorre quando as águas dos rios ou galerias pluviais saem do leito de escoamento devido a superação de capacidade de transporte desses sistemas e ocupa áreas onde a população utiliza para moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio, indústria, entre outros (TUCCI, 1995). Em muitas cidades brasileiras notam-se igualmente inundações por escoamento superficial decorrente da baixa capacidade de absorção dos sistemas de microdrenagem.

Esses eventos podem ocorrer devido ao comportamento natural dos rios ou são ampliados pelo efeito de alteração produzida pelo homem na urbanização, pela impermeabilização das superfícies e canalização dos rios, e em áreas rurais pelo desmatamento. Os problemas resultantes da inundação dependem do grau de ocupação da área de várzea pela população, da impermeabilização e canalização da rede de drenagem, bem como da vulnerabilidade e resiliência das edificações. Entende-se como resiliência a capacidade da edificação de manutenção de parte das condições pré-inundação, após a ocorrência do evento. Neste conceito pressupõe-se que mesmo na ocorrência de danos os mesmos se darão em menor proporção.

Devido a seu comportamento repetitivo a maioria das inundações tem risco conhecido, desde que se disponha de uma série temporal de dados hidrológicos pertinentes. As inundações ribeirinhas são restritas às planícies de inundação. Já as inundações bruscas (*flash floods*) são comuns em áreas montanhosas da bacia do rio quando ocorrem chuvas torrenciais em áreas limitadas. Isto traz riscos e dificuldades, mesmo que as áreas desses eventos repentinos possam ser identificadas através de estudos prévios (WISNER *et al.*, 2003).

As inundações podem também estar associadas com as barragens, eventualmente projetadas para ajudar na redução do risco de inundações, podendo em algumas situações serem inadequadas ou proporcionarem o falso senso de segurança. Os mais trágicos exemplos são de

barragens construídas com especificações ou capacidades inadequadas, e/ou em locais inseguros, com falha repentina e ocorrência de inundações bruscas em suas vizinhanças.

Outra causa de inundações é o colapso de barragens naturais. Estas barragens são em geral formadas no deslizamento de terra bloqueando um vale, criando assim um reservatório de água que pode correr vale abaixo quando o bloqueio natural é erodido. Devido ao fluxo subsequente ser rápido ele cria uma inundação brusca (similar à falha de barragem) que é de difícil escape para a população. Ainda assim em muitos casos é possível a adoção de medidas preventivas.

Dessa maneira, as causas dos desastres de inundações são várias, envolvendo o meio ambiente físico, a economia local e o desempenho das instituições e agentes públicos. A inadequada ação destes agentes acarreta sistemas de alerta contra inundações bem como, proteção social ineficientes.

Adicionalmente, as águas de inundação trazem também um aumento do risco de doenças tais como o cólera e a diarreia provenientes da contaminação da água potável pelo esgoto. Pode haver um rápido crescimento na incidência de malária e febre amarela devido a multiplicação de vetores de insetos na água estagnada que permanece empoçada após a enchente. Essa água deve ser canalizada para os rios através de dutos, mas estes ficam frequentemente sem manutenção. Em muitas inundações eles podem estar também obstruídos pela presença de sedimentos. Frequentemente ocorrem doenças respiratórias especialmente entre crianças mais novas e bebês (WISNER *et al.*, 2003).

As consequências das inundações são inúmeras, danificando as construções de diversas formas. Os danos causados podem ser classificados em tangíveis e intangíveis, e, em um segundo nível, diretos e indiretos. Os danos tangíveis são aqueles possíveis de mensuração em termos monetários, o que não se aplica para os bens intangíveis. Os danos que resultam do contato físico da água de inundação com bens e pessoas são considerados diretos, e os outros decorrentes de interrupções e perturbações das atividades sociais e econômicas durante e após as inundações, são classificados como danos indiretos (CANÇADO, 2009).

Os danos físicos à construção decorrentes de uma inundação são frequentemente estimados por meio de orçamentos de reforma, sendo os prejuízos ao conteúdo avaliados através de preços de mercado de móveis e eletrodomésticos novos sobre os quais se aplica um fator de depreciação pelo uso. Outra abordagem ocorre quando os valores dos bens são estimados por

consultas aos indivíduos que, por meio de técnicas de entrevistas ou pesquisa, são levados a declararem ou expressarem suas preferências.

Enquanto a estimativa de prejuízos diretos é relativamente mais simples, a valoração de danos indiretos encerra algumas dificuldades adicionais. Os danos indiretos variam bastante de região para região e sua magnitude está essencialmente associada à capacidade de ajustamento dos consumidores e produtores da região às perturbações causadas pela inundação (análise de vulnerabilidade). Portanto, esta “capacidade de reação” à inundação deve ser considerada na análise de danos, principalmente entre os indiretos.

Embora, o tema venha sendo bastante pesquisado em nível internacional, os estudos no Brasil encontram-se ainda incipientes relativamente à avaliação do efeito da inundação sobre as construções e a extensão dos danos provocados pela ação da água.

Um grupo de pesquisadores dos Departamentos de Engenharia Hidráulica e de Recursos Hídricos e Engenharia de Materiais e Construção da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) vem desenvolvendo nos últimos anos estudos relativos aos danos causados pela ação da água de inundação sobre as construções, bem como a correlação entre os custos de recuperação destes danos e as profundidades e tempos de submersão atingidos durante as inundações.

Uma parte dos estudos desse grupo foi desenvolvida com base em dados de campo obtidos em áreas inundáveis nas cidades de Itajubá e Santa Rita do Sapucaí, ambas localizadas no Vale do Rio Sapucaí, com caracterização das patologias nas construções sinistradas mediante visitas técnicas e coleta de informações através da aplicação de questionários. Além das patologias, foram coletados dados relativos às características da inundação (profundidade de submersão e duração da inundação), a qualidade das edificações e os reparos realizados.

A presente pesquisa pretende realizar a avaliação de danos às edificações causados por inundações e estudar alternativas de recuperação e adaptação para tornar tais edificações mais resilientes. Os estudos de campo são realizados na cidade de Belo Horizonte em uma área sujeita a inundação, Região do Barreiro.

Este documento está estruturado como se segue:

- o capítulo 2 contém os objetivos gerais e específicos da tese;
- a revisão de literatura está distribuída em 10 subitens, no capítulo 3;
- o capítulo 4 apresenta a metodologia do trabalho e suas etapas;
- o capítulo 5 contém os resultados da tese e suas discussões;
- o capítulo 6 é o capítulo de conclusão;
- o capítulo 7 apresenta as referências bibliográficas da tese;
- ao final são apresentados os apêndices contendo exemplos das vistorias realizadas em imóveis atingidos por inundações e o detalhamento dos cálculos realizados.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é a elaboração de uma metodologia para a avaliação dos custos de recuperação dos danos causados às edificações por inundações através de análises destes eventos e conhecimento das patologias decorrentes. O projeto também tem como objetivo geral a proposição de alternativas para redução dos prejuízos causados pelas inundações e de adaptações das edificações tornando-as mais resilientes e avaliação dos custos de recuperação dos danos com as alternativas de proteção implantadas.

Para tanto, foi necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- descrever as manifestações patológicas causadas pela umidade e pela ação da água de inundação, por meio de pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo;
- identificar e catalogar alternativas de proteção do espaço construído, por meio de pesquisa bibliográfica e visitas técnicas;
- conceber alternativas para proteção de edificações situadas em áreas sujeitas a inundações na cidade de Belo Horizonte, visando a redução dos danos à construção;
- realizar a análise de custos e benefícios de utilização das medidas de proteção nas edificações.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é feita uma revisão da literatura técnica relativa aos fundamentos de hidrologia, à gestão das águas urbanas, à constituição da Defesa Civil e aos danos provocados pelas inundações. São também apresentados tópicos relacionados aos materiais e subsistemas das edificações mais expostos às inundações, bem como às manifestações patológicas em edificações e aquelas causadas por águas de inundações. É ainda feito um estudo relativo às medidas de proteção das edificações contra inundações e apresentados estudos realizados na Universidade Federal de Minas Gerais de avaliação de danos de inundação. Finalmente é apresentada a parte conceitual relativa a orçamentos na construção civil e às análises de custos e benefícios.

3.1 Gestão de águas urbanas

A necessidade de tratar as questões hídricas urbanas se torna cada vez mais urgente, uma vez que a migração para as áreas urbanas aumenta a demanda sobre a infraestrutura existente e os correspondentes serviços prestados. A urbanização é um processo incessante. De acordo com relatórios da ONU (Organização das Nações Unidas), as previsões de crescimento da população global representam um sinal alarmante para os governos e os gestores municipais tratarem os mais essenciais aspectos de infraestrutura urbana, a fim de evitar consequências catastróficas de urbanização.

Durante o século XX, a população urbana mundial cresceu de 220 milhões para 2,8 bilhões de habitantes, e a estimativa é que esse número dobre nos trinta primeiros anos do século XXI. A expectativa é que o maior crescimento da população urbana mundial deva acontecer em países em desenvolvimento, particularmente em regiões que já se encontram com problemas relacionados à gestão de águas urbanas, com acesso limitado a água potável e serviços de saneamento adequados. Aproximadamente 75% da população que reside em áreas de risco estão no continente asiático, sendo que as pessoas mais vulneráveis são aquelas de baixa renda. As áreas urbanas informais (vilas e favelas) estão crescendo na mesma proporção que o crescimento urbano (PRICE e VOJINOVIC, 2011).

O crescimento da população aumenta a demanda pela água, representando segundo Hall (1986), o principal dos maiores problemas hidrológicos. A urbanização gera um aumento de áreas impermeáveis, alterações na rede de drenagem natural, com a substituição por estruturas superficiais e mudanças no microclima local. Com tais alterações, verifica-se um maior

volume de água pluvial, maior velocidade de escoamento dessa água, representando o segundo dos maiores problemas hidrológicos, o controle de inundações. Além disso, o aumento de áreas impermeáveis reduz a quantidade de água que infiltra no solo, reduzindo a vazão de rios entre os períodos chuvosos, uma vez que nestes períodos a alimentação é realizada pelo aquífero. Tal fato aliado a um aumento do volume de dejetos e substâncias lançadas nos mananciais provoca uma diminuição da qualidade das águas locais (Figura 3.1), gerando o terceiro dos maiores problemas, o controle da poluição (TUCCI e MARQUES, 2000).

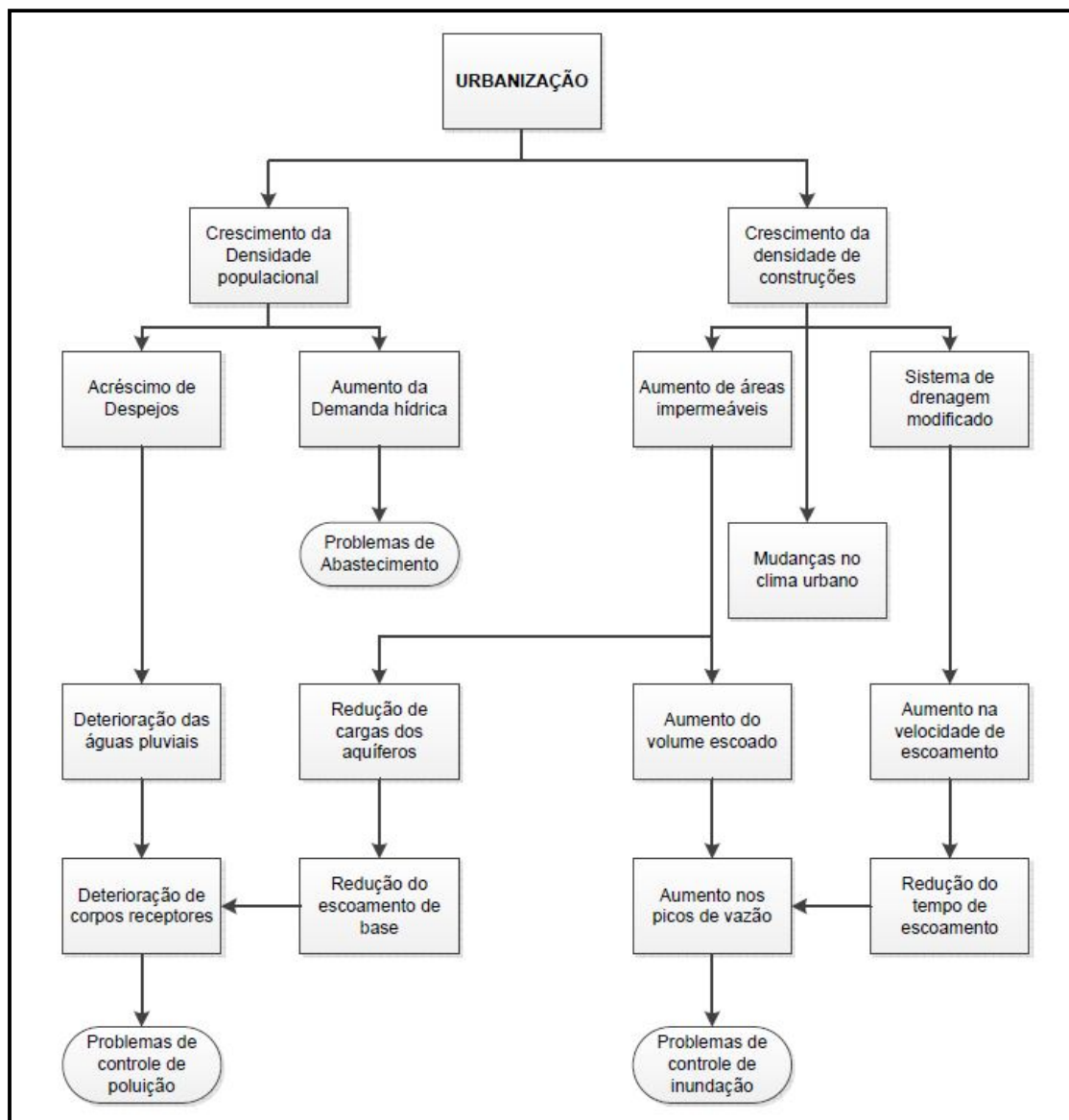


Figura 3.1 Os efeitos da urbanização nos processos hidrológicos

Fonte: Hall, 1986

Quase um bilhão de pessoas se encontram em risco uma vez que não têm acesso ao abastecimento de água. Tal situação traz sérios prejuízos à saúde dessas pessoas e exacerba sua pobreza. Outros dois bilhões de pessoas não possuem serviços de saneamento adequados o que inibe seu desenvolvimento e conduz a uma degradação contínua do seu ambiente. Além disso, as mudanças climáticas parecem gerar uma maior frequência de inundações e secas prejudiciais em diferentes partes do mundo. Considerando que, em muitos casos, esses desastres se originam em grandes bacias hidrográficas, áreas urbanas têm sido sujeitas a chuvas torrenciais e inundações de rios e córregos urbanos principais.

As principais fontes das inundações são (PROVERBS E SOETANTO, 2004):

- rios e córregos: inundações de rios podem ser causadas por chuvas excessivas, neve ou granizo, ou ainda uma combinação do alto nível dos rios com marés altas. A inundação ocorre quando a água da superfície transborda para as áreas vizinhas excedendo a capacidade de fluxo do rio;
- mar: a inundação do mar é usualmente causada pela alta das marés, surgimento de tempestades ou elevação do pico de grandes ondas;
- água subterrâneas: esse tipo de inundação é mais comum em áreas de mangue e pode levar longo tempo para retroceder. Ela geralmente afeta casas com fundações sujeitas a águas subterrâneas ou edifícios localizados próximos a cursos d'água;
- escoamento superficial: podem ser causados por chuvas intensas sobre solo saturado onde os níveis de águas subterrâneas já estão altos ou em áreas impermeabilizadas com inadequada drenagem;
- sistemas de drenagem obstruídos ou sobrecarregados: esse tipo de inundação ocorre frequentemente em locais não esperados dependendo da intensidade da chuva e condições do sistema de drenagem. Essas inundações bruscas podem ocorrer em qualquer situação de chuvas intensas quando o sistema de drenagem se torna obstruído ou sobrecarregado;
- ruptura de tubulações de água: inundações localizadas podem algumas vezes ser causadas pela ruptura de tubulações de água, embora os danos causados sejam restritos ao local.

As inundações podem ser definidas como um transbordamento de água proveniente de rios lagos e açudes. São classificadas quanto à sua magnitude, através de dados comparativos de

longo prazo em inundações excepcionais, em inundações de grande magnitude, inundações normais ou regulares e inundações de pequena magnitude.

Em função de sua evolução, as inundações podem ser classificadas ainda em (www.defesacivil.gov.br consultado em 20 de junho de 2012):

- enchentes ou inundações graduais: as águas elevam-se de forma paulatina e previsível, mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente. Normalmente, as inundações graduais são cíclicas e nitidamente sazonais;
- enxurradas ou inundações bruscas: São provocadas por chuvas intensas e concentradas, em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos caudais, os quais escoam-se de forma rápida e intensa. Nessas condições, ocorre um desequilíbrio entre o continente (leito do rio) e o conteúdo (volume caudal), provocando transbordamento. A inclinação do terreno (ao favorecer o escoamento) contribui para intensificar a torrente e causar danos. O fenômeno costuma surpreender por sua violência e menor previsibilidade, exigindo um monitoramento complexo;
- alagamentos: são águas acumuladas no leito de ruas e em perímetros urbanos por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes. Nos alagamentos o extravasamento das águas depende muito mais da drenagem deficiente, que dificulta a vazão das águas acumuladas do que das precipitações locais;
- inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar: são geralmente desastres secundários, podendo ser provocadas por vendavais e tempestades marinhas, ciclones tropicais, trombas d'água, tsunamis e ressacas muito intensas. O fenômeno ocorre principalmente em costas pouco elevadas de continentes ou em ilhas rasas.

Para demonstrar alguns problemas relacionados à gestão das águas urbanas, Price e Vojinovic (2011) fazem uma apresentação de algumas grandes cidades do mundo e a ocorrência de inundação e seu controle.

Bangkok

A cidade de Bangkok, na Tailândia, possui uma área metropolitana de 1.568,70 km² e uma população em torno de 12 milhões de habitantes. A cidade está situada na planície do delta do rio *Chao Phraya*, em média dois metros acima do nível do mar, sujeita a chuvas intensas no período chuvoso entre os meses de maio e novembro. Precipitações diárias de 400 mm não são incomuns. As inundações na cidade (Figura 3.2) são causadas pelas chuvas nas áreas urbanas ou pelo galgamento de barragens ao longo do rio *Chao Phraya*, devido a altos níveis de água de inundações a montante ou a fluxos provenientes de tempestades no golfo de *Siam*.

A gestão das inundações na cidade tem sido agravada pela extração de água dos aquíferos subterrâneos para fins de abastecimento, o que levou à extensa e grave subsidência dentro dos limites da cidade. Outras dificuldades com as inundações são geradas através da grande demanda por áreas para o desenvolvimento, o que levou muitos canais naturais de drenagem a serem fechados. Outra questão diz respeito às dificuldades na lavagem dos canais restantes para reduzir a poluição causada por descargas de águas residuais de habitação e indústria, e na remoção do lixo que é regularmente despejado neles.



Figura 3.2 Aviões em uma pista alagada no aeroporto Don Muang em Bangkok, Tailândia em 7 de Novembro de 2011. (Fotografia: Paula Bronstein)

Londres

A capital do Reino Unido, Grande Londres possui uma população em torno de 12 milhões de habitantes, ocupando uma área de aproximadamente 1.570,00 km². O abastecimento de água é realizado pelo rio Tamisa, rio Lea e alguns recursos subterrâneos, através de um anel principal com certo número de contribuições de água potável. As tubulações de abastecimento são em grande parte de ferro fundido e estão se deteriorando significativamente o que contribui para uma taxa de fuga razoavelmente alta.

A expansão regular da população que reside em Londres elevou significativamente a demanda sobre o sistema de esgotos existente, que possui capacidade limitada. As inundações, conseqüentemente, ocorrem com uma frequência inaceitável em algumas áreas (Figura 3.3). Cerca de 32 milhões de metros cúbicos de esgoto sem tratamento são lançados anualmente no rio Tamisa. Existem planos de se construir uma ou mais redes de armazenagem e de condução de esgoto, o que irá melhorar a capacidade do sistema de esgotos de Londres, ajudar a prevenir o lançamento de esgotos no rio Tamisa, e permitir que mais efluentes sejam tratados com um padrão elevado de tratamento.



Figura 3.3 Inundação em Londres, em Novembro de 2002. (Fotografia: Agência do Meio Ambiente - Prefeitura de Londres)

Chicago

Chicago é a terceira maior cidade dos Estados Unidos da América (USA), possuindo mais de 9,5 milhões de habitantes em uma área metropolitana de 18.684,20 km². A cidade foi construída em um terreno pantanoso adjacente ao lago Michigan, sendo a área urbana propensa a inundações (Figura 3.4).

Na segunda metade do século 20, o principal sistema de túnel profundo com 176 km de comprimento, que havia sido planejado em 1834, foi construído. O túnel e lagos de superfície de armazenamento tinham a intenção de reter o esgoto para tratamento e desvio para o rio Chicago. A perfuração do túnel foi concluída em 2005. Os peixes voltaram para o rio Chicago apesar dos altos níveis de poluição. Esse túnel limitou com eficiência a descarga de esgoto bruto no rio Chicago, permitindo seu tratamento.



Figura 3.4 Inundação em Chicago, em 28 de Julho de 2011. (Fotografia: *Chicago Tribune*)

São Paulo

O município de São Paulo (SP), capital do estado de São Paulo (SP), Brasil, possui uma área de 5.650 km², onde 1.700 km² representam uma mancha urbana contínua (TUCCI e MARQUES, 2000). O processo de urbanização vem causando progressivamente a degradação do meio físico e das condições ambientais, comprometendo a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos. Na primeira metade do século XX, a cidade de São Paulo desenvolveu-se no vértice dos rios Tietê e Pinheiros, ocupando terrenos sedimentares de topografia suave e características favoráveis à ocupação urbana. Já na segunda metade e nos últimos anos, as áreas cristalinas mais periféricas, áreas de relevo acidentado e áreas com solos de alterações muito vulneráveis têm sido ocupadas, sem nenhum critério técnico (TUCCI e MARQUES, 2000).

As inundações na cidade de São Paulo (Figura 3.5) provocam anualmente danos materiais bastante onerosos e perdas humanas, especialmente nas áreas baixas ocupadas por famílias de baixa renda.



Figura 3.5 Inundação em marginais da cidade de São Paulo, em 06 de Março de 2012.

(Fotografia: site Somos1so)

Rio de Janeiro

A cidade do Rio de Janeiro, capital do estado do Rio de Janeiro (RJ), Brasil, possui uma área de 1.356 Km², correspondente a 18,1% da área total da região metropolitana, enquanto sua população em torno de 6.200.000 habitantes representa 56% da população total. A fragmentação da cidade do Rio de Janeiro e consequente individualização dos bairros e implementação de grandes vias de circulação que orientam a expansão da cidade se devem ao seu relevo muito acidentado.

O processo histórico de urbanização do espaço metropolitano gerou sérios problemas, tais como as altas densidades demográficas, a favelização, a poluição, a deficiência em saneamento básico, as enchentes e as inundações (Figura 3.6). As áreas marginais da cidade (encostas íngremes e várzeas inundáveis) consideradas áreas de risco, que deveriam ser preservadas, são ocupadas por população de baixa renda, onde a carência é quase total (TUCCI e MARQUES, 2000).



Figura 3.6 Alagamento em ruas da cidade do Rio de Janeiro, em 15 de Abril de 2010.
(Fotografia: Portal Terra e TV Globo)

Porto Alegre

A Região Metropolitana de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul (RS), Brasil, possui uma população em torno de 1.500.000 habitantes. A região apresenta um clima subtropical úmido, sem estiagens, onde a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a temperatura média do mês mais frio varia entre 3°C e 18°C. O subsolo da região é composto por rochas, sendo que em Guaíba e em grande área ao sul e leste de Porto Alegre e Viamão afloram granitos. A cidade é drenada principalmente pelos rios Jacuí, Caí, Sinos, Gravataí e seus afluentes que formam o Guaíba.

O problema de inundações aparece com frequência em Porto Alegre e região metropolitana (Figura 3.7), principalmente nos meses em que a precipitação volumétrica ocorre juntamente com ventos de intensidade acentuada e por um período contínuo significativo (TUCCI e MARQUES, 2000).



Figura 3.7 Inundação no bairro Praia de Belas na cidade de Porto Alegre, em 14 de Março de 2012. (Fotografia: Montagem sobre fotografias de Silvia Ortolan/VC no G1)

Belo Horizonte

Belo Horizonte (BH) é a capital do estado de Minas Gerais (MG), Brasil, com 2,375 milhões de habitantes. A cidade está situada a 20° de latitude ao sul e 44° de longitude a oeste, possuindo uma altitude entre 750 e 1.300 metros. Belo Horizonte está localizada em uma região montanhosa de solos tropicais que se originaram a partir de rochas metamórficas. O clima tropical de altitude predomina nesta localidade, apresentando uma média anual de chuvas de 1.500 mm e temperatura média anual de 21°C. A estação chuvosa ocorre entre os meses de outubro a março, concentrando 90% da precipitação anual total (FRANÇA, 2010).

Em Belo Horizonte, bem como em toda a área metropolitana de BH, uma rede de esgoto separada tem sido adotada, embora existam interligações ilícitas entre as águas residuais e águas pluviais, resultando em receptores altamente poluídos na área urbana.

A área urbana é propensa a inundações (Figura 3.8), particularmente as inundações bruscas (*flash floods*).



Figura 3.8 Avenida Cristiano Machado interditada no bairro Suzana, Região da Pampulha, Belo Horizonte, em 15 de Dezembro de 2011. (Fotografia: Pedro Triginelli)

3.2 Defesa Civil

3.2.1 Histórico

As primeiras ações dirigidas para a defesa da população mundial foram realizadas nos países envolvidos com a Segunda Guerra Mundial. A Inglaterra foi o primeiro país a preocupar-se com a segurança de sua população após os ataques sofridos entre 1940 e 1941, que causaram milhares de perdas de vida na população civil, instituindo a *Civil Defense* (Defesa Civil).

Em 1942, com a participação do Brasil na Segunda Guerra Mundial, o Governo Federal Brasileiro estabeleceu medidas como a criação do Serviço de Defesa Passiva Antiaérea, a obrigatoriedade do ensino da defesa passiva em todos os estabelecimentos de ensino, oficiais ou particulares existentes no país, entre outras. No ano seguinte, a denominação de Defesa Passiva Antiaérea é alterada para Serviço de Defesa Civil, sob a supervisão da Diretoria Nacional do Serviço da Defesa Civil, do Ministério da Justiça e Negócios Interiores (extinto em 1946). Outro marco importante na Defesa Civil brasileira ocorreu no ano de 1966, quando após uma grande enchente no Sudeste brasileiro foi criado o Grupo de Trabalho com a finalidade de estudar a mobilização dos diversos órgãos estaduais em casos de catástrofes, no então Estado da Guanabara. Este grupo elaborou o Plano Diretor de Defesa Civil do Estado da Guanabara, definindo atribuições para cada órgão componente do Sistema Estadual de Defesa Civil. Este plano estabelecia, ainda, a criação das primeiras Coordenadorias Regionais de Defesa Civil – REDEC no Brasil. Em dezembro deste ano é organizada a primeira Defesa Civil Estadual do Brasil, no Estado da Guanabara.

Em 1967 foi criado o Ministério do Interior para assistir as populações atingidas por calamidade pública em todo o território nacional, entre outras competências e em dezembro de 1988 foi criado o Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC, a partir da organização sistêmica da Defesa Civil no Brasil. Na nova estrutura do Sistema Nacional de Defesa Civil, observa-se a criação do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD, o Grupo de Apoio a Desastres e o fortalecimento dos órgãos de Defesa Civil locais (www.defesacivil.gov.br consultado em 20 de junho de 2012).

Atualmente entende-se como Defesa Civil o conjunto de ações preventivas, assistenciais, recuperativas e de socorro destinadas a evitar desastres e a minimizar seus impactos junto à população a fim de restabelecer a normalidade social. A Defesa Civil em todo o mundo se organiza em sistemas abertos com a participação dos governos locais e da população no

desencadeamento de ações preventivas e resposta aos desastres. No Brasil, o SINDEC é composto pelos órgãos e entidades da administração pública da União, Estados, Distrito Federal e Municípios e também das entidades da sociedade civil responsáveis pelas ações de defesa civil no país como a Comunidade, a Escola e a Mídia. O SINDEC abrange os seguintes setores:

- Gabinete;
- Apoio;
- Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres;
- Departamento de Articulação e Gestão;
- Departamento de Reabilitação e Reconstrução;
- Departamento de Minimização de Desastres, onde se encontra a Divisão de Reconhecimento de Situação de Emergência e Estado de Calamidade Pública.

Os Estados membros das Nações Unidas (ONU) adotaram a Estratégia Internacional para a Redução de Desastres (EIRD/ISDR) no ano de 2000, como mecanismo de continuidade ao Decênio Internacional sobre a Redução de Desastres Naturais (DIRDN) 1990-1999. Os propósitos desta estratégia era alcançar uma redução considerável das perdas que ocasionam os desastres, construir comunidades e nações resistentes, como condição fundamental para o desenvolvimento sustentável. O Sistema da EIRD abrange numerosas organizações, Estados e sociedade civil a nível mundial, que trabalham juntos para reduzir as perdas ocasionadas pelos desastres.

Já o Ministério da Integração Nacional, através da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) lançou recentemente no Brasil uma Campanha denominada “*Construindo Cidades Resilientes: Minha Cidade está se Preparando*” dentro da mesma estratégia (EIRD). Essa campanha pretende sensibilizar governos e cidadãos para os benefícios de se reduzir os riscos por meio da implantação de uma série de passos para construir cidades resilientes. Entende-se por cidade resiliente como aquela que tem a capacidade de resistir, absorver e se recuperar de forma eficiente dos efeitos de um desastre e de maneira organizada e prevenir que vidas e bens sejam perdidos.

Considerando que o município é quem realiza a primeira resposta em situações de crises e emergências, é necessário que os governos locais e a sociedade civil unam esforços e

desenvolvam soluções inovadoras que engajem suas cidades na redução das vulnerabilidades. O objetivo da ação é aumentar o grau de consciência e compromisso em torno das práticas de desenvolvimento sustentável, como forma de diminuir as vulnerabilidades e propiciar o bem estar e segurança dos cidadãos. A redução de riscos de desastres ajuda na diminuição da pobreza, favorece a geração de empregos e oportunidades comerciais, a igualdade social, ecossistemas mais equilibrados e ainda atua nas melhorias das políticas de saúde e de educação. Os governos de todo o mundo se comprometeram a tomar medidas para reduzir esses riscos e adotaram um caminho chamado Marco de Ação de HYOOGO (MAH – 2005/2015) para reduzir as vulnerabilidades frente às ameaças naturais.

O MAH oferece assistência aos esforços das nações e comunidades para se tornarem mais resistentes às ameaças que põem em risco os benefícios de desenvolvimento e para enfrentá-las da melhor forma. A premissa do MAH é que os desastres podem afetar a qualquer um e por isso são assunto de todos. A redução do risco de desastres deve integrar a tomada de decisões cotidianas, desde a forma em que as pessoas educam seus filhos até como planejam suas cidades. Seu objetivo geral é aumentar a resiliência das nações e das comunidades frente aos desastres, alcançando no ano de 2015 uma redução considerável das perdas ocasionadas pelos desastres, tanto em termos de vidas humanas quanto de bens sociais, econômicos e ambientais das comunidades e dos países.

Diversos entes regionais formularam estratégias para a redução de riscos de desastres na Região Andina, América Central, Caribe, Ásia, África e Europa, em conformidade com o MAH. Mais de 100 governos já designaram pontos focais para sua continuidade e implantação.

3.2.2 Codificação dos desastres naturais relacionados com o incremento das precipitações hídricas e com as inundações

Em função de sua evolução, a Secretaria Nacional de Defesa Civil classificou as inundações através de uma Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos (CODAR) relacionados com o incremento das precipitações hídricas e com as inundações (NE.H):

- enchentes ou inundações graduais: CODAR-NE.HIG ou CODAR 12.301;
- enxurradas ou inundações bruscas: CODAR-NE.HEX ou CODAR 12.302;
- alagamentos: CODAR-NE.HAL ou CODAR 12.303;

- inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar: CODAR-NE.HIL ou CODAR 12.304.

3.3 Danos provocados pelas inundações

Uma análise abrangente de riscos deverá considerar todos os relevantes cenários de um evento de inundação, suas probabilidades associadas e seus potenciais danos. Estes últimos são usualmente estimados através de curvas de danos de inundação (FDC), que podem ser construídas a partir da síntese de dados reais de danos obtidos de questionários de eventos históricos (análise *a posteriori*) ou pela estimativa de danos hipotéticos (análise *a priori*).

As características socioeconômicas da comunidade exposta, o padrão de uso e ocupação do solo, a ocorrência do evento e as características da cheia definem a magnitude dos danos causados pela inundação na área atingida.

3.3.1 Classificação dos danos de inundações

Os danos causados por inundações se classificam em danos tangíveis e danos intangíveis. Os danos tangíveis são aqueles passíveis de mensuração em termos monetários, normalmente estimados por meio dos preços de mercado. As perdas intangíveis, ao contrário, relacionam-se a bens de difícil quantificação ou quando esta, por questões éticas ou ideológicas, é considerada indesejável ou inapropriada, como exemplo pode-se citar a vida humana, bens de valor histórico e arqueológico e objetos de valor sentimental. Os bens intangíveis relacionam-se a determinado estado da arte nos procedimentos de estimativa de danos; muitos bens, hoje intangíveis, podem tornar-se passíveis de mensuração no futuro (CANÇADO, 2009; GREEN, PARKER & TUNSTALL, 2000).

Um segundo nível de classificação consiste em danos diretos e danos indiretos. Os danos diretos resultam do contato físico da água de inundação com bens e pessoas. Os danos que ocorrem em consequência dos danos diretos classificam-se como indiretos, tais como interrupções e perturbações das atividades sociais e econômicas. Em termos simples, qualquer dano decorrente da inundação que não seja direto, é considerado indireto.

A Tabela 3.1 mostra tipologias de danos tangíveis e intangíveis decorrentes de inundações, e, em um segundo nível, diretos e indiretos.

Tabela 3.1 Tipologias de danos decorrentes de inundações em áreas urbanas

DANOS TANGÍVEIS	
Danos Diretos	Danos Indiretos
Danos físicos aos domicílios: construção e conteúdo das residências.	Custos de limpeza, alojamento e medicamentos. Realocação do tempo e dos gastos na reconstrução. Perda de renda.
Danos físicos ao comércio e serviços: construção e conteúdo (mobiliário, estoques, mercadorias em exposição, etc.).	Lucros cessantes, perda de informações e base de dados. Custos adicionais de criação de novas rotinas operacionais pelas empresas. Efeitos multiplicadores dos danos nos setores econômicos interconectados.
Danos físicos aos equipamentos e plantas industriais.	Interrupção da produção, perda de produção, receita e, quando for o caso, de exportação. Efeitos multiplicadores dos danos nos setores econômicos interconectados.
Danos físicos à infraestrutura	Perturbações, paralisações e congestionamento nos serviços, custos adicionais de transporte, efeitos multiplicadores dos danos sobre outras áreas.
DANOS INTANGÍVEIS	
Danos Diretos	Danos Indiretos
Ferimentos e perda de vida humana.	Estados psicológicos de <i>stress</i> e ansiedade.
Doenças pelo contato com a água, como resfriados e infecções.	Danos de longo prazo à saúde.
Perda de objetos de valor sentimental.	Falta de motivação para o trabalho.
Perda de patrimônio histórico ou cultural.	Inconvenientes de interrupção e perturbações nas atividades econômicas, meios de transporte e comunicação.
Perda de animais de estimação.	Perturbação no cotidiano dos moradores.

Fonte: Cançado, 2009; Machado, 2005; Parker, Green & Thompson, 1987

3.3.2 Fatores de influência nos danos de inundações

Segundo Proverbs e Soetanto (2004), o dano provocado pelas inundações nas edificações é essencialmente uma função de duas variáveis independentes, mas inerentemente relacionadas:

- características da inundação;
- características das edificações.

As características das edificações que influenciam nos danos provocados pelas inundações são:

- os principais tipos de materiais de construção empregados e suas características resilientes;
- a frequência com que a edificação é inundada;
- as condições pré-inundação da edificação.

Já as características das inundações que influenciam nos danos por elas causados são:

- profundidade da inundação: é o primeiro fator que influencia a ocorrência de danos de inundação. Ele é usualmente um resultado do aumento da pressão hidráulica e da abrasão dos componentes da edificação. Geralmente, quando se aumenta a profundidade de inundação, há um aumento do custo dos trabalhos de reparo necessários. Os danos aumentam significativamente quando a água sobe acima do nível do piso, podendo danificar a estrutura da edificação quando atinge profundidades acima de 1,00 m ;
- velocidade da água de inundação: é fortemente relacionada com a distância da fonte de inundação. Quanto maior a distancia da fonte de inundação menor é a velocidade da água e conseqüentemente menor sua capacidade de transportar partículas sólidas. Geralmente é bem aceito que quanto maior é a velocidade da água, maior é a probabilidade de danos estruturais na edificação;
- contaminantes presentes na água de inundação: a consideração da influência de contaminantes é também importante pois eles podem: influenciar a absorção de água as característica dos materiais de construção utilizados, influenciar o tempo de secagem dos materiais, trazer perigo para a saúde dos usuários, influenciar significativamente os custos de reparo devido ao trabalho envolvido na remoção dos depósitos físicos;
- duração da inundação: é também um fator determinante do nível de danos. Geralmente quanto mais longa a duração da inundação, maiores são os danos causados às edificações. Isso se deve principalmente ao fato de que a maioria dos materiais de construção utilizados é porosa, tais como blocos cerâmicos e concreto.

Com o objetivo de comprovar a importância das características foram consultados especialistas para classificar as diversas características da inundação (PROVERBS e SOETANTO, 2004), através de uma escala variando de 1 a 4, onde:

- 1 – não considerado importante no aparecimento do dano;
- 2 – pouco importante;
- 3 – importante;
- 4 – muito importante.

A tabela a seguir (Tabela 3.2) apresenta a percepção dos especialistas entrevistados sobre a importância das características da inundação.

Tabela 3.2 Importância das características da inundação segundo percepção dos especialistas

Características da Inundação	Média	Mediana	Classificação	Posição
Contaminação	3,52	4,00	4	1
Duração	3,33	3,00	3	2
Profundidade	3,52	4,00	4	1
Velocidade	2,59	3,00	3	3

Fonte: Proverbs e Soetanto, 2004

A análise da tabela mostra que a maioria dos entrevistados classificam as características contaminação, duração, profundidade e velocidade como sendo importantes e muito importantes, com a velocidade alcançando a menor média.

3.3.3 Reparos dos danos de inundações

Os reparos dos danos provocados pelas inundações são conduzidos através de serviços de engenharia em que se busca a reconstituição dos componentes da edificação de forma a retornar à condição de pré-inundação. Os custos envolvidos nos reparos dos danos expressam os prejuízos causados pela ação da água na edificação. Entretanto, o cálculo dos custos de reparo não é simples, possuindo algumas limitações.

Penning-Rowse e Chatterton (1977) apontam algumas limitações e imprecisões no cálculo dos custos de reparo dos danos:

- os trabalhos de reparo podem em muitos casos se constituir em melhorias ou benefícios para os proprietários das edificações. Deve-se atentar para que os reparos necessários sejam somente aqueles resultantes de danos que sejam resultados diretos das inundações;
- o custo total de redecoração não é incluído. Supõe-se que a decoração como, mobiliário da casa e bens duráveis tenham uma vida mais curta que a edificação e são naturalmente substituídos periodicamente;
- a qualidade dos reparos na edificação é padronizada. Nenhuma tentativa de distinção entre custos de materiais de diferente qualidade tem sido feita;

- os custos claramente não são aplicáveis nacionalmente, visto que os preços variam muito nas diferentes localidades. Os custos utilizados representam uma tentativa de indicar médias e são baseados em experiências profissionais em cada região;
- tamanhos padronizados foram supostos quando necessários, mas nos cálculos muitas áreas de aberturas em paredes não foram deduzidas. Frequentemente isto foi ignorado, mas tal hipótese pouco provavelmente introduz distorções nos resultados.

Proverbs e Soetanto (2004) propõem uma metodologia de consulta a especialistas através da apresentação de fotografias danos reais ocorridos em edificações para diversas situações de inundação. Os especialistas são solicitados a sugerir as estratégias de reparo recomendadas para os diversos cenários de danos de inundação. Essas estratégias são também identificadas em revisão de literatura.

Adicionalmente, os entrevistados são solicitados a avaliar o desempenho de suas estratégias de reparo em termos de:

- custo;
- qualidade;
- tempo;
- percentual esperado de satisfação dos usuários.

Na avaliação do desempenho, os autores propõem a utilização de uma escala variando de 1 a 5. Um exemplo dessa metodologia é apresentado na tabela a seguir (Tabela 3.3) para o cenário “O domicílio tem um piso com revestimento vinílico que foi submerso pela inundação”.

Tabela 3.3 Resumo da análise para o cenário (C – custo; Q – qualidade; T – tempo; S – satisfação; G – geral)

Estratégia de Reparo	Percentual de escolha pelo Especialista	Escala de Desempenho				
		C	Q	T	S	G
Substituição do revestimento do piso	65,1	3	1	1	1	1
Substituição do revestimento do piso se ele foi danificado pela inundação	25,7	2	2	2	2	2
O revestimento do piso é cuidadosamente removido, limpo e então re-assentado	7,7	1	3	3	3	3
O revestimento do piso é limpo no local	1,5	-	-	-	-	-

Fonte: Proverbs e Soetanto, 2004

3.4 Materiais e subsistemas das edificações mais expostos às inundações

3.4.1 Alvenarias de vedação de blocos cerâmicos

A alvenaria é o componente da edificação obtido através da união entre tijolos* ou blocos** por juntas de argamassa, formando um conjunto coeso e rígido. A palavra alvenaria deriva do árabe *al-bannā*: aquele que constrói, *bannā* significa construir. Quando empregada apenas com a função de vedação, não sendo, portanto, dimensionada para resistir a cargas além de seu peso próprio, é denominada alvenaria de vedação.

As alvenarias de vedação são utilizadas para o fechamento de vãos da maioria dos edifícios construídos pelo processo construtivo tradicional, ou seja, aquele que se caracteriza pelo emprego de estrutura reticulada de concreto armado moldada no local e vedações de blocos cerâmicos ou de concreto, comuns na maioria das cidades brasileiras.

As principais funções das alvenarias de vedação são (TAUIL, 1990):

- resistir às cargas de ventos e às solicitações das tentativas de intrusão, sem que a segurança de seus ocupantes seja prejudicada;

*tijolo: unidade de alvenaria de dimensões máximas de 250 x 120 x 55 mm (comprimento x largura x altura)

**bloco a unidade de alvenaria que excede em comprimento, largura ou altura as máximas dimensões que definem o tijolo

- resistir os impactos sem manifestar sinais de ruína;
- resistir à ação do fogo, não contribuir para o início de incêndio, nem para a propagação da chama, nem para a produção de gases tóxicos;
- isolar acusticamente os ambientes;
- contribuir para a manutenção do conforto térmico;
- impedir a entrada de ar e chuva no interior dos ambientes.

As alvenarias de vedação se destinam à compartimentação de espaços e podem estar presentes nas fachadas ou nos ambientes internos dos edifícios. São apoiadas sobre vigas, lajes ou outros componentes estruturais e interligadas com pilares ou paredes. A qualidade final de uma alvenaria de vedação está ligada à qualidade da estrutura, seja em termos de regularidade geométrica (ângulos, prumo, nível, etc), seja em termos de comportamento mecânico.

Os componentes de alvenaria intervêm diretamente na resistência final de uma parede a esforços axiais de compressão. Essa influência se dá pela forma geométrica dos componentes de alvenaria; pela resistência mecânica dos componentes; módulos de deformação longitudinal e transversal dos componentes; rugosidade superficial e porosidade dos componentes de alvenaria e, finalmente, pela esbeltez da parede produzida (THOMAZ, 1989).

Pesquisas realizadas sobre as fontes de variação no comportamento final das alvenarias indicam que a resistência da parede não varia linearmente com a resistência do componente de alvenaria e nem com a resistência da argamassa de assentamento e que, componentes assentados com juntas de amarração produzem alvenarias com resistência à compressão significativamente superior àquelas onde os componentes são assentados com juntas verticais apuradas.

O principal fator que influi na resistência à compressão da parede é a resistência à compressão do componente de alvenaria. Em geral, a resistência da parede em situações normais ficará compreendida entre 25% e 50% da resistência do componente de alvenaria.

Diversos estudos experimentais já foram desenvolvidos buscando-se correlações entre as resistências mecânicas dos componentes de alvenaria, da argamassa de assentamento e da parede acabada, por exemplo, a Fórmula empírica de Haller que é mostrada a seguir (THOMAZ, 1989):

$$f_{cpa} = ((1 + 0,15 f_{cb})^{1/2} - 1) (8 + 0,048 f_{ca}) \quad (3.1)$$

onde,

f_{cpa} = resistência a compressão da parede (kgf/cm²)

f_{cb} = resistência à compressão do bloco (kgf/cm²)

f_{ca} = resistência à compressão da argamassa (kgf/cm²)

Gomes (1983) concluiu através de diversos ensaios efetuados com alvenarias constituídas por blocos cerâmicos que as fórmulas empíricas geralmente superestimam a resistência à compressão das paredes, o que é contrário à segurança da estrutura. Já para fórmulas semi-empíricas adotadas por várias entidades de normalização, que levam em consideração a esbeltez da parede, verificou uma compatibilidade bastante razoável entre os valores estimados e aqueles realmente obtidos em ensaios.

A massa seca (m_s) e o índice de absorção de água (AA) caracterizam fisicamente os blocos e a característica mecânica é a resistência à compressão individual (f_b).

A resistência à compressão dos blocos cerâmicos de vedação, calculada na área bruta, deve atender aos valores mínimos indicados na norma NBR 15270-1 – Componentes cerâmicos – Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos (ABNT, 2005), conforme Tabela 3.4, sendo área bruta (A_b) a área da seção de assentamento delimitada pelas arestas do bloco, sem desconto das áreas dos furos, quando houver.

Tabela 3.4 Resistência à compressão (f_b)

Posição dos furos	f_b MPa
Para blocos usados com furos na horizontal	$\geq 1,5$
Para blocos usados com furos na vertical	$\geq 3,0$

Fonte: ABNT NBR 15270-1, 2005

A realização do ensaio para a determinação da resistência à compressão dos blocos de vedação segue os procedimentos da NBR 15270-3 – Componentes cerâmicos – Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio (ABNT, 2005).

Os blocos são ensaiados na condição saturada, sendo a carga aplicada na direção do esforço que o bloco deve suportar durante o seu emprego, sempre perpendicular ao comprimento e na face destinada ao assentamento.

A resistência à compressão de cada corpo de prova, expressa em megapascals, é obtida dividindo-se a carga máxima, expressa em newtons, observada durante o ensaio, pela média das áreas brutas das duas faces de trabalho de cada bloco, expressa em milímetros quadrados.

3.4.2 Revestimentos argamassados

As argamassas de revestimento podem ser definidas como a mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.

Os revestimentos argamassados são uma das partes integrantes das vedações dos edifícios, apresentando importantes funções (SABBATINI, 2000):

- proteger os elementos de vedação dos edifícios dos agentes agressivos;
- auxiliar as vedações no cumprimento das funções de isolamento termoacústico e a estanqueidade à água e aos gases;
- regularizar a superfície dos elementos de vedação, servindo de base regular e adequada ao recebimento de outros revestimentos (pintura, papel de parede, revestimentos cerâmicos, rochas ornamentais e outros) ou constituir-se no acabamento final;
- contribuir para a estética da fachada.

Os revestimentos argamassados devem apresentar um conjunto de propriedades específicas relativas à argamassa, tanto no estado fresco como no endurecido, para que possam cumprir adequadamente suas funções.

As principais propriedades das argamassas são apresentadas na Tabela 3.5 e descritas a seguir.

Tabela 3.5 Propriedades das argamassas

Estado Fresco	Estado Endurecido
• Massa específica e teor de ar	• Aderência
• Trabalhabilidade	• Capacidade de absorver deformações
• Retenção de água	• Resistência mecânica
• Aderência inicial	• Resistência ao desgaste
• Retração na secagem	• Durabilidade

Fonte: Sabbatini, 2000

- Massa específica diz respeito à relação entre a massa e o volume do material podendo ser relativa ou absoluta, e teor de ar é a quantidade de ar existente em certo volume de argamassa.
- Trabalhabilidade é uma propriedade de avaliação qualitativa. Uma argamassa para revestimentos é considerada trabalhável quando deixa penetrar facilmente a colher de pedreiro, sem ser fluida, mantém-se coesa ao ser transportada, mas não adere à colher ao ser lançada, distribui-se facilmente e preenche todas as reentrâncias da base e não endurece rapidamente quando aplicada. Alguns aspectos interferem nessa propriedade, como as características e o proporcionamento dos materiais constituintes da argamassa.
- Retenção de água representa a capacidade da argamassa de reter a água de amassamento contra a sucção da base ou contra a evaporação, permitindo a adequada hidratação do cimento e conseqüente ganho de resistência. Os fatores que influenciam a retenção de água, da mesma forma que na trabalhabilidade são as características dos materiais constituintes da argamassa e o seu proporcionamento.
- Aderência inicial é a propriedade relacionada ao fenômeno mecânico que ocorre em superfícies porosas, pela ancoragem da argamassa na base, através da entrada da pasta nos poros, reentrâncias e saliências, seguida do endurecimento progressivo da pasta, conforme Figura 3.9. A aderência inicial depende das outras propriedades da argamassa no estado fresco, das características da base de aplicação (porosidade, rugosidade, condições de limpeza) e da superfície de contato efetivo entre a argamassa e a base. Por exemplo, pode ocorrer perda de aderência por descontinuidade da camada de argamassa sobre a base, em razão da entrada rápida da pasta nos poros da base, devido à sucção da base ser maior que a retenção de água da argamassa.

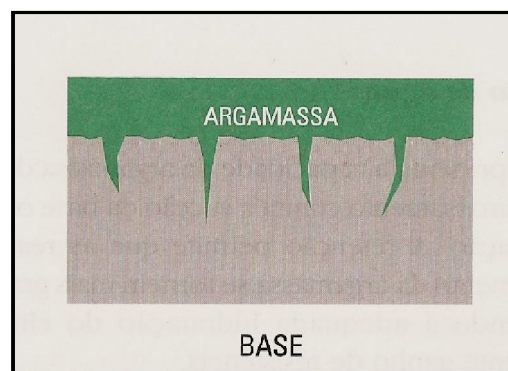


Figura 3.9 Mecanismo de aderência da argamassa

Fonte: Sabbatini, 2000

A retração na secagem ocorre devido à evaporação da água de amassamento da argamassa, como também pelas reações de hidratação e carbonatação dos aglomerantes. A retração pode causar a formação de fissuras no revestimento, que podem ser prejudiciais ou não (microfissuras). As fissuras prejudiciais permitem a percolação de água pelo revestimento no estado endurecido, comprometendo a sua estanqueidade. Os fatores que influenciam a retração na secagem são as características dos materiais constituintes da argamassa e o seu proporcionamento.

A aderência é a propriedade do revestimento de manter-se fixo ao substrato, sem romper-se, através da resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-revestimento. As propriedades da argamassa no estado fresco, os procedimentos de execução do revestimento, a natureza, características e a limpeza superficial da base influenciam essa propriedade. A aderência é resultante da resistência de aderência à tração, da resistência de aderência ao cisalhamento e da extensão de aderência da argamassa.

A resistência de aderência à tração do revestimento pode ser determinada através de ensaio de arrancamento por tração de placas metálicas de 50mm de diâmetro ou de 100mm de lado, coladas com cola epóxi sobre a superfície da argamassa. De acordo com a norma NBR 13749 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação (ABNT, 1996), o limite de resistência de aderência à tração (Ra) para o revestimento de argamassa (emboço e reboco) varia de acordo com o local de aplicação e o tipo de acabamento. A Tabela 3.6 mostra esses valores.

Tabela 3.6 Limites da resistência de aderência à tração

Local		Acabamento	Ra (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	≥ 0,20
		Cerâmica ou laminado	≥ 0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	≥ 0,30
		Cerâmica	≥ 0,30
Teto			≥ 0,20

Fonte: ABNT NBR 13749, 1996.

- Capacidade de absorver deformações é a propriedade do revestimento de suportar tensões sem romper, sem perda de aderência e sem apresentar fissuras prejudiciais.

- Resistência mecânica é a propriedade do revestimento de suportar ações mecânicas de diferentes naturezas, tais como o impacto, a abrasão superficial e as variações dimensionais termohigroscópicas.
- Durabilidade é uma propriedade resultante das propriedades do revestimento no estado endurecido refletindo o desempenho do revestimento diante das ações do meio externo ao longo do tempo.
- Permeabilidade é uma propriedade do revestimento relacionada à passagem de água pela camada de argamassa (material poroso) permitindo a percolação da água tanto no estado líquido como vapor. O revestimento deve ser estanque à água impedindo sua percolação, porém deve ser permeável ao vapor para favorecer a secagem da umidade de infiltração, proveniente de água de chuva, por exemplo. Os fatores que influenciam a permeabilidade são a natureza da base, a composição e dosagem da argamassa, a espessura da camada de revestimento e o acabamento final.

3.4.3 Argamassas

As argamassas de acordo com sua função são assim denominadas e descritas:

- *argamassa de assentamento*: A argamassa de assentamento tem como principais funções unir solidamente os componentes da alvenaria, absorver as deformações naturais, distribuir uniformemente as cargas e selar as juntas contra a penetração de água de chuva (RIBEIRO, 2002);
- *argamassa de aderência – chapisco*: Essa argamassa tem como finalidade proporcionar condições de aspereza em superfícies muito lisas e praticamente sem poros, possibilitando o recebimento de outro tipo de argamassa. Sua aplicação é diferente, pois é jogada com certa violência a uma determinada distância de lançamento, para que haja certo impacto, o que propicia uma maior aderência e aspereza. Pode ser aplicado como revestimento único em muros e paredes;
- *argamassa de regularização – emboço*: Essa argamassa tem como finalidade evitar a infiltração e penetração de água sem impedir, entretanto, a ação capilar que transporta a umidade da alvenaria à superfície exterior da argamassa. Outras funções dessa argamassa consistem em uniformizar a superfície eliminando as irregularidades dos tijolos, sobras de argamassa, regularizando o prumo e alinhamento de paredes, para o

recebimento de outro revestimento, como por exemplo, azulejos, cerâmicas, mármore entre outros;

- *argamassa colante*: A argamassa colante é uma argamassa industrializada, constituída de uma mistura pré-dosada de aglomerantes, agregados e aditivos, fornecida em pó, no estado seco, necessitando apenas da adição de água para ser empregada. É utilizada para o assentamento de revestimentos cerâmicos ou pétreos;
- *argamassa de acabamento – reboco*: Essa argamassa pode atuar como superfície suporte para pintura, apresentando aspecto agradável, superfície muito lisa e regular, com pouca porosidade. O reboco pode funcionar também como o próprio acabamento, não recebendo, portanto, o recobrimento de pintura.

3.4.4 Sistema de pintura

O que se denomina pintura não deve ser entendido apenas como a tinta de acabamento. O sistema de pintura é composto por fundos, líquidos preparadores de paredes, massas e a tinta de acabamento, sendo que cada um desses produtos possui uma função definida (UEMOTO, 2002).

Os fundos funcionam como uma ponte entre o substrato e a tinta de acabamento. Aplicados sobre superfícies de argamassa, os fundos são denominados seladores, sendo indicados para reduzir e/ou uniformizarem a absorção de substratos. O fundo preparador de paredes tem como característica principal promover a coesão de partículas soltas do substrato, sendo recomendada sua aplicação sobre superfícies não muito firmes e sem coesão. As massas são produtos pastosos, altamente pigmentados e servem para correção de irregularidades da superfície já selada. Finalmente, a tinta de acabamento é a parte visível do sistema de pintura apresentando as propriedades necessárias para o fim a que se destina, inclusive cor. A tinta é um material que serve a diversos usos e funções. A função decorativa existe desde os tempos da pré-história, a função protetora, entretanto, aparece mais recentemente.

As tintas são constituídas pelos componentes resina ou polímero, pigmento, solvente e aditivos, cuja composição e proporcionamento determinam as diversas tipologias de tinta. A resina, também denominada veículo não volátil, é o aglutinante das partículas voláteis, bem como o agente formador de filme. Apesar da resina ser modificada pelo tipo e teor de pigmento presente, sua composição tem elevada importância nas propriedades das partículas da película.

O pigmento é o componente responsável pela cor, opacidade ou ação anticorrosiva no caso de tintas para proteção de superfícies metálicas. Nas tintas látex, o dióxido de titânio é usado nas formulações para dar alvura, cobertura (opacidade) e durabilidade à tinta, através do seu poder de reflexão da luz.

O solvente, também denominado veículo volátil, tem como função dissolver a resina e conferir viscosidade adequada para aplicação da tinta. E os aditivos são substâncias adicionadas em pequenas quantidades, fornecendo características especiais às tintas, tais como, estabilizar as emulsões, aumentar a resistência a fungos e bactérias, alterar a temperatura de formação do filme, entre outras.

O proporcionamento dos componentes tem elevada importância nas propriedades das películas de tinta. Algumas propriedades da pintura, tais como, porosidade e durabilidade da película, podem ser estimadas a partir do conhecimento da composição da tinta ou ainda através da realização de ensaios de desempenho.

A relação pigmento e resina é um dos parâmetros mais utilizados para descrever a composição (formulação) de uma tinta, sendo denominada internacionalmente PVC (Pigment Volume Content). O PVC é definido como sendo a fração volumétrica percentual do pigmento sobre o volume total de sólidos do filme seco (UEMOTO, 2002) sendo um fator que influi na porosidade e permeabilidade de um sistema de proteção por barreira:

$$PVC = \frac{V_p}{V_p + V_v} \times 100 \quad (3.2)$$

onde,

V_p = volume de pigmento;

V_v = volume de veículo sólido.

As tintas látex acrílica e látex vinílica são tintas recomendadas para a aplicação sobre superfícies internas e externas de alvenaria à base de cimento e/ou cal (argamassas), concreto, bloco de concreto, componentes de fibrocimento, gesso e cerâmica não vitrificada. Suas principais características são descritas a seguir (UEMOTO, 2002).

A tinta látex acrílica é formulada com base de dispersão de copolímeros acrílicos ou estirenos acrílicos, contendo pigmentos como o dióxido de titânio e/ou outros pigmentos coloridos, cargas e aditivos. De modo geral, apresenta maior resistência de aderência, durabilidade,

resistência à água e à alcalinidade do que os sistemas com base de poliacetato de vinila (PVAc).

As películas obtidas com esse tipo de tinta são mais porosas e/ou permeáveis do que aquelas à base de óleo e esmalte sintético e menos porosas do que aquelas à base de PVAc. A estimativa de vida útil até a 1ª repintura, em ambientes externos de baixa agressividade é de 05 anos.

A *tinta látex vinílica* é formulada com base de dispersão de polímeros vinílicos (poliacetato de vinila ou PVAc), contendo pigmentos como o dióxido de titânio e/ou outros pigmentos coloridos, cargas e aditivos. De modo geral, apresenta menor resistência de aderência, durabilidade, resistência à água e à alcalinidade do que os sistemas com base de copolímeros acrílicos ou estireno acrílico. As películas obtidas com esse tipo de tinta são mais porosas e/ou permeáveis do que aquelas com base de copolímeros acrílicos ou estireno acrílico, à base de óleo e esmalte sintético. A estimativa de vida útil até a 1ª repintura, em ambientes externos de baixa agressividade é de 03 anos.

As falhas em pintura geralmente se manifestam na interface da película com o substrato, ou na própria película de pintura. As principais causas dessas falhas ocorrem devido a problemas com o substrato, tais como, a presença de umidade ou sua baixa resistência mecânica, ou ainda pela preparação inadequada, falta de preparação do substrato, especificação incorreta da tinta, condições inadequadas para aplicação dos produtos ou má qualidade destes produtos.

3.4.5 Revestimentos cerâmicos

Os revestimentos cerâmicos são elementos que compõem o edifício juntamente com a estrutura, as vedações verticais e horizontais, demais revestimentos e os sistemas prediais (CAMPANTE e BAÍA, 2003).

Para o adequado desempenho do edifício como um todo, é necessário que esses revestimentos apresentem propriedades específicas e cumpram suas funções, tais como, proteger os elementos de vedação do edifício, auxiliar as vedações no cumprimento das suas funções (isolamento térmico e acústico, estanqueidade a água e aos gases), regularizar a superfície dos elementos de vedação e proporcionar acabamento final aos revestimentos de pisos e paredes.

As propriedades dos revestimentos cerâmicos estão relacionadas às características da placa cerâmica, ao tipo de material utilizado para fixação da placa à base, ao tipo de rejunte, às

características da base de aplicação e aos detalhes construtivos. São elas (CAMPANTE e BAÍA, 2003):

- aderência é a capacidade do revestimento de permanecer aderido à base;
- resistência mecânica é a capacidade do revestimento de resistir às solicitações decorrentes do uso, do ambiente e de outros subsistemas;
- características superficiais e de permeabilidade compatíveis com as condições de uso, tornam a superfície do piso antiderrapante ou impermeável, por exemplo;
- durabilidade e eficiência, permanecer inalterado durante a vida útil do ambiente.

Os revestimentos cerâmicos são compostos por uma sucessão de camadas (Figura 3.10), devendo formar um conjunto monolítico aderido ao substrato (emboço) e este à base (alvenaria ou concreto).

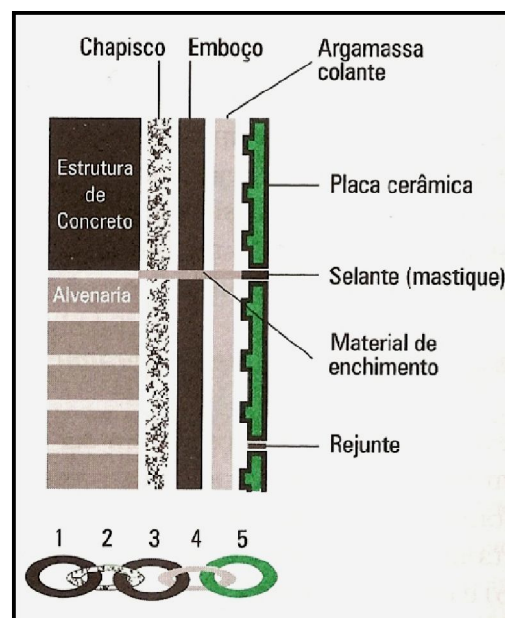


Figura 3.10 Camadas de revestimento cerâmico de parede

Fonte: Campante e Baía, 2003

As camadas base (alvenaria ou concreto) e substrato (emboço) acima ilustradas, embora não constituam parte do revestimento cerâmico têm fundamental importância no desempenho do conjunto. A argamassa colante constitui uma camada que tem como função manter as placas cerâmicas aderidas ao substrato, sendo composta por cimento Portland, grãos inertes de granulometria fina e resinas orgânicas.

Segundo a norma NBR 14081 – Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Requisitos (ABNT, 2004), as argamassas colantes dividem-se em quatro tipos, conforme a Tabela 3.7. As argamassas colantes devem ter propriedades que sejam compatíveis com as condições de uso e de exposição a que serão submetidas, seja no ambiente interno ou externo.

Já as placas cerâmicas são fabricadas a partir de argilominerais, vidrados, óxidos metálicos, dentre outros minerais, que depois de misturados e moldados, são queimados em fornos sob altas temperaturas.

Tabela 3.7 Requisitos de argamassa colante

Propriedade	Método de ensaio	Unidade	Argamassa colante			
			ACI	ACII	ACIII	E
Tempo em aberto	NBR 14083	min	≥ 15	≥ 20	≥ 20	Argamassa do tipo I, II ou III com tempo em aberto estendido em no mínimo 10 min do especificado nesta tabela
Resistência de aderência à tração aos 28 dias em	NBR 14084					
· Cura normal		MPa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0	
· Cura submersa		MPa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0	
· Cura em estufa		MPa	—	≥ 0,5	≥ 1,0	
Deslizamento	NBR 14085	mm	≤ 0,7	≤ 0,7	≤ 0,7	

Fonte: ABNT NBR 14081, 2004

As cerâmicas podem ser classificadas de acordo com o tipo de moldagem, o acabamento superficial, a textura e a cor. Para a correta utilização das placas cerâmicas é necessário o conhecimento de suas propriedades, sendo as principais delas descritas a seguir:

- Absorção de água

Está diretamente ligada à porosidade da placa cerâmica. O grau de absorção da água interfere nas outras propriedades da placa, tais como a resistência mecânica, química, ao gelo, ao impacto e ao choque térmico.

- Resistência mecânica

Caracteriza-se pelo módulo de resistência à flexão e à carga de ruptura;

- Resistência à abrasão ou resistência ao desgaste superficial

Pode ser medida através da abrasão superficial (placas esmaltadas) ou abrasão profunda (placas não esmaltadas). No caso das placas esmaltadas, a classe de abrasão é denominada PEI (Porcelain Enamel Institute).

- Dilatação térmica

Significa um aumento de tamanho da placa mediante variações de calor. A dilatação térmica é um processo reversível ocorrendo em locais sujeitos a aquecimentos.

- Expansão por umidade (EPU)

É um fenômeno irreversível e ocorre com mais intensidade em locais muito úmidos. Segundo Carvalho Jr. (2003) a expansão por umidade (EPU) é devida principalmente à adsorção física e química da umidade no interior do corpo cerâmico sobre as fases do produto após a queima. O fator determinante da ocorrência da expansão por umidade é a estrutura química do material: as características superficiais das fases presentes e a evolução da energia destas fases pela ação da adsorção da água. No corpo cerâmico queimado identificam-se fases cristalinas e amorfas. Na medida em que a expansão por umidade decorrente das fases cristalinas é praticamente desprezível devido à sua estabilidade, o aumento dimensional das placas cerâmicas pela ação da umidade é consequência da grande superfície específica e elevada energia superficial das fases amorfas. Assim sendo, a expansão por umidade está associada às matérias-primas utilizadas, às proporções entre os materiais, aos aditivos incorporados, ao ciclo de queima e à temperatura máxima do processo.

As juntas de assentamento, também conhecidas como rejuntas, são os espaçamentos milimétricos entre as placas, deixados durante o seu assentamento, com o objetivo de aumentar a capacidade deste em absorver deformações vindas das variações térmicas e higroscópicas e das deformações da base (CAMPANTE e BAÍA, 2003). Além disso, os rejuntas têm como função absorver as variações dimensionais entre as placas cerâmicas.

No Brasil, a norma NBR 14992 – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas - Requisitos e métodos de ensaio (ABNT, 2003), especifica propriedades do material de rejunte tais como, a capacidade de absorver deformações, impermeabilidade, resistência à abrasão, durabilidade e resistência a fungos.

Já as juntas de movimentação são executadas seccionando-se toda ou parte da espessura do substrato e preenchendo-se este espaço aberto com material elastomérico (selante) e espuma de polietileno expandido (anteparo do selante). Essas juntas têm como função criar painéis de dimensões que permitam dissipar as tensões induzidas pelas deformações do próprio revestimento, somadas àquelas da própria base; e funcionar como juntas de controle localizadas em regiões passíveis de aparecimento de fissuras e trincas, de maneira que, dissipando as tensões existentes, estas não ocorram.

3.4.6 Propriedades higroscópicas dos materiais de construção

A quantidade de água absorvida por um material de construção depende dos fatores porosidade e capilaridade. As variações no teor de umidade de um material provocam movimentações irreversíveis e reversíveis. As movimentações irreversíveis são aquelas que ocorrem geralmente logo após a fabricação do material e originam-se pela perda ou ganho de água até que se atinja a umidade higroscópica de equilíbrio do material fabricado. As movimentações reversíveis ocorrem por variações do teor de umidade do material, ficando delimitadas a um certo intervalo, mesmo no caso de secar-se ou saturar-se completamente o material. A figura a seguir (Figura 3.11) ilustra as movimentações reversíveis e irreversíveis devidas à variação do teor de umidade.

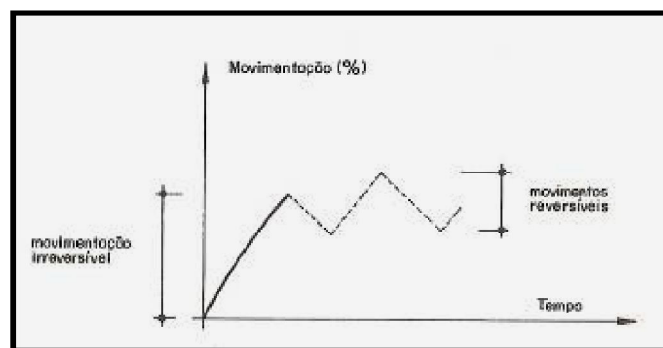


Figura 3.11 – Movimentações reversíveis e irreversíveis devidas à variação do teor de umidade

Fonte: THOMAZ, 1989.

3.5 Manifestações patológicas em edificações

3.5.1 Conceitos

Patologia das construções é o ramo da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas, as origens e as conseqüências das deficiências das construções. Patologia significa não atendimento ao desempenho desejado e correntemente o termo é também empregado com o significado das próprias anomalias ou deficiências das construções. Já a terapia das construções é o ramo da engenharia que trata da correção ou amenização dos problemas patológicos apresentados pelas construções

O aparecimento de problemas patológicos nas edificações pode ter as mais diversas origens. O problema pode ter sua origem ainda na fase de projeto, durante a concepção da edificação. As patologias podem também ser originadas na fase de execução do edifício, ou após sua conclusão, quando o uso efetivo é diferente daquele previsto para aquela edificação.

Entre as causas mais comuns do aparecimento de patologias, pode-se citar:

- deficiência na avaliação da resistência do solo;
- má definição das cargas atuantes ou da combinação mais desfavorável das mesmas;
- deficiência no cálculo da estrutura;
- detalhamento insuficiente ou errado dos projetos;
- falta de compatibilidade entre os projetos, principalmente entre o estrutural e arquitetônico;
- especificação inadequada de materiais;
- não capacitação profissional da mão de obra;
- inexistência de controle de qualidade de execução;
- má qualidade de materiais e componentes.

Em geral, os problemas patológicos não têm uma única causa e sim uma conjugação de duas ou mais causas.

A ocorrência de problemas ou manifestações patológicas em edificações pode ter origem nas fases de produção ou utilização das mesmas: de planejamento, de projeto, de materiais e componentes, de execução e de uso (manutenção e operação) (IOSHIMOTO, 1988).

A incidência de problemas nas edificações está relacionada com o nível de controle da qualidade realizado nas etapas citadas, bem como com a compatibilidade entre as mesmas.

O estudo sistemático das patologias através das suas manifestações características permite um conhecimento aprofundado de suas causas, bem como subsídios com informações para trabalhos de recuperação e manutenção. Além disso, este estudo contribui para o entendimento do processo de produção de habitações (nas suas diversas etapas) de modo a minimizar a incidência de problemas.

3.5.2 Patologias de umidade

Em pesquisa realizada sobre as patologias da construção (Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo – IPT/USP), foram visitados 36 conjuntos habitacionais no interior de São Paulo e foi constatada a distribuição de problemas, apresentados na Tabela 3.8 (PEREZ, 1988).

Tabela 3.8 Distribuição de problemas encontrados em pesquisa realizada pelo IPT/USP em 36 conjuntos habitacionais do Estado de São Paulo

Tipo de construção	Idade do edifício	Problemas Típicos		
		Umidade	Trincas	Descolamento de revestimento
Casas Térreas	1 - 3 anos	42 %	29 %	29 %
	4 - 7 anos	50 %	25 %	25 %
	> 8 anos	37 %	35 %	28 %
Apartamentos	1 - 3 anos	52 %	35 %	7 %
	4 - 7 anos	86 %	14 %	-
	> 8 anos	82 %	12 %	6 %

Fonte: Perez, 1988

Os resultados destas pesquisas mostram que os problemas de umidade, além de serem frequentes, representam quase 60% dos problemas de uma edificação durante sua vida útil.

Os problemas de umidade podem manifestar-se nas edificações em todos os seus componentes construtivos, sendo que a forma de manifestação do problema na maioria das

vezes não está associada a uma única causa, e sim a um conjunto de causas, sendo uma delas preponderante. Uma classificação, adotada internacionalmente, para os estudos e trabalhos relativos a problemas de umidade, onde se procura conciliar a origem do fenômeno e a forma como este se manifesta é representada como se segue:

- Umidade de obra

Originada nos trabalhos de construção dos edifícios, mantendo-se durante um determinado período após o término da obra, diminuindo depois gradualmente até desaparecer.

- Umidade de absorção e capilaridade

Tem origem na absorção da água existente no solo pelas fundações das paredes e pavimentos, migrando para as fachadas e pisos.

- Umidade de infiltração

Proveniente da água de chuva que penetra nos edifícios através dos elementos constituintes de sua envoltória exterior.

- Umidade de condensação

Tem origem do vapor de água que se condensa nas superfícies, ou no interior dos elementos de construção.

- Umidade acidental

Proveniente de vazamentos do sistema de distribuição e / ou coleta de águas da edificação.

A frequência da ocorrência destes tipos de umidade está associada à idade da construção, ao clima, aos materiais e técnicas construtivas aplicadas e ao nível de controle da qualidade realizado nas construções.

As patologias de umidade apresentam diversas formas de manifestação entre as quais pode-se citar:

- Manchas

As manchas podem se manifestar acompanhadas ou não da formação de eflorescências ou vesículas. Segundo Uemoto (2002), nas edificações, o termo eflorescência significa “a formação de depósito salino na superfície de alvenarias, como resultado da exposição

às intempéries.”. Para ocorrer a eflorescência, é determinante haver a presença e a ação dissolvente da água (FIORITO, 1994). As vesículas podem ser causadas por uma série de fatores tais como, a existência de pedras de cal não completamente extintas, matérias orgânicas contidas nos agregados, torrões de argila dispersos na argamassa ou outras impurezas (BAUER, 1994).

No caso de tintas impermeáveis, a eflorescência (Figura 3.12a) deposita-se entre a camada de tinta e a camada de reboco, desta forma, comprometendo a aderência entre ambas. Estas tintas são também responsáveis pela formação de bolhas (Figura 3.12b) que resultam da percolação da água através da alvenaria acumulando entre o revestimento e a tinta.

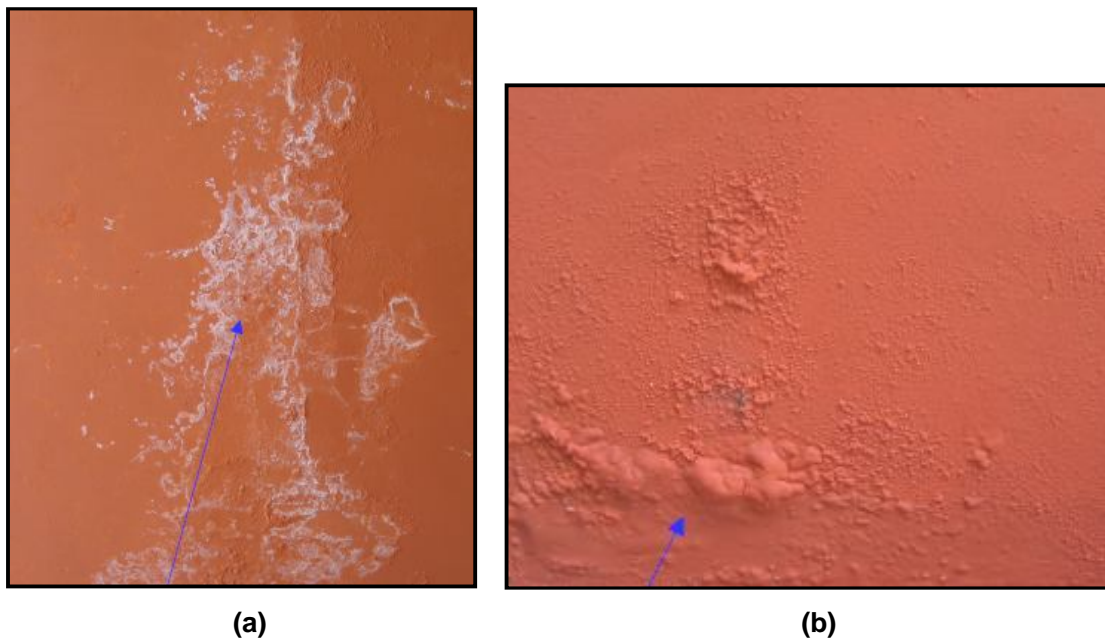


Figura 3.12 (a) Formação de eflorescência e (b) bolhas

Fonte: Sabbatini e Barros, 2006.

- Formação do bolor ou mofo

O bolor é entendido como a colonização por diversas populações de fungos filamentosos sobre vários tipos de substrato, citando-se inclusive as argamassas inorgânicas (SHIRAKAWA *et al.*, 1995). O desenvolvimento desses microorganismos em revestimentos internos ou de fachada causa alterações estéticas de tetos e paredes pela formação de manchas escuras, indesejáveis, preta, marrom e verde, ou ocasionalmente manchas claras esbranquiçadas ou amareladas. A multiplicação de

fungos pode provocar ao longo do tempo a deterioração da construção e o desencadeamento de alergias respiratórias e asma em pessoas com predisposição.

- Aparecimento de fissuras e trincas

As trincas provocadas por variação de umidade dos materiais de construção, entre um caso e outro, podem apresentar variação de abertura em função das propriedades higrotérmicas dos materiais e das amplitudes de variação da temperatura ou da umidade (THOMAZ, 1989).

Um tipo de fissura bastante característico ocorre verticalmente no terço médio da parede, podendo ser causada tanto pela contração de secagem do componente de alvenaria quanto por suas movimentações reversíveis.

Em estudo realizado pelo IPT com blocos vazados de solo-cimento, pode-se constatar o aparecimento de micro-fissuras verticais nas paredes de blocos, após a ocorrência de chuvas que provocaram o umedecimento das paredes. Como os blocos haviam sido empregados na obra com idade superior a 90 dias, deduziu-se que as fissuras eram ocasionadas por movimentações reversíveis originadas pela brusca variação de umidade.

Movimentações reversíveis ou irreversíveis podem originar também destacamentos entre componentes de alvenaria e argamassa de assentamento em função de inúmeros fatores tais como, aderência entre a argamassa e componentes de alvenaria, tipo de junta adotada, módulo de deformação dos materiais em contato, propriedades higroscópicas desses materiais e intensidade da variação de umidade (THOMAZ, 1989).

Trincas horizontais também podem aparecer na base das paredes, onde os componentes de alvenaria em contato direto com o solo absorvem sua umidade, apresentando movimentações diferenciadas em relação às fiadas superiores que estão sujeitas à insolação direta e à perda de água por evaporação. Essas trincas quase sempre estão acompanhadas por eflorescências o que facilita seu diagnóstico.

Outro tipo bastante característico de fissura causada por umidade é aquele presente no topo de muros pela absorção de água (de chuva ou mesmo de orvalho), uma vez que a argamassa do topo da parede movimenta-se diferencialmente em relação ao corpo do muro, esta acaba destacando-se do mesmo.

3.5.3 Trincas em edificações

Entre os problemas patológicos que afetam os edifícios, as trincas são particularmente importantes, porque:

- são o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura;
- podem levar ao comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústica, etc.);
- constrangimento psicológico que a fissuração dos edifícios exerce sobre seus usuários.

As trincas podem surgir, de forma congênita, no projeto arquitetônico da construção. Isso muitas vezes está relacionado ao desconhecimento do projetista sobre as propriedades tecnológicas dos materiais de construção empregados. A incompatibilidade entre os projetos de arquitetura, estrutura e fundações, normalmente conduzem a tensões que excedem a resistência dos materiais de construção, originando o problema das fissuras.

A presença de fissuras é prejudicial à durabilidade da estrutura. No caso das estruturas de concreto armado, a durabilidade fica comprometida por facilitar a penetração de agentes agressivos às armaduras e à própria massa de concreto.

A Tabela 3.9 apresenta uma classificação usual das aberturas de falhas ou anomalias nas edificações segundo suas dimensões.

Tabela 3.9 Aberturas comuns em patologias

Anomalias	Aberturas (mm)
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 a 1,5
Rachadura	De 1,5 a 5,0
Fenda	De 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Burland e Wroth, 1977

Burland e Wroth (1977) classificam os danos em edificações em função da espessura das trincas conforme mostrado na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 Classificação dos danos em edificações relativamente à espessura das trincas

Classes de danos	Descrição dos danos	Espessura aproximada das trincas (mm)
Desprezíveis	Fissuras capilares	<0,1
Muito Pequenos	Trincas estreitas de fácil reparo. Trincas na alvenaria externa, visíveis sob inspeção detalhada	<1
Pequenos	Rachaduras facilmente preenchidas. Várias faturas pequenas no interior da edificação. Trincas externas visíveis e sujeitas à infiltração. Portas e janelas emperrando um pouco nas esquadrias	<5
Moderados	O fechamento das fendas requer significativo preenchimento. Talvez seja necessária a substituição de pequenas áreas de alvenaria externa. Portas e janelas emperradas. Redes de utilidade podem estar interrompidas	5 a 15 ou várias trincas com mais de 3 mm
Severos	Necessidade de reparos envolvendo remoção de pedaços de parede, especialmente sob portas e janelas. Esquadrias de portas e janelas fora de esquadro. Paredes fora de prumo, com eventual deslocamento de vigas de suporte. Utilidades interrompidas	15 a 25 e também em função do número de trincas
Muito severos	Reparos significativos envolvendo reconstrução parcial ou total. Paredes requerem escoramento. Janelas quebradas. Perigo de instabilidade.	Usualmente >25 e também em função do número de trincas

Fonte: Burland e Wroth, 1977

3.6 Manifestações patológicas causadas pelas águas de inundações

As manifestações patológicas causadas pelas águas de inundação, devido ao processo de urbanização e adensamento, tendem a ser relevantes nas áreas urbanas.

O Building Research Establishment Digest (Department of the Environment, 1973) descreve os possíveis efeitos de uma inundação sobre os materiais e estrutura de uma edificação, bem como os vários tipos de danos que podem ser causados. A magnitude dos danos às edificações depende, sobretudo, de seu padrão construtivo, estado de conservação, área construída, idade do imóvel e das características da inundação que as atingiu (por exemplo, a profundidade). Entre os principais efeitos citados pode-se destacar (PENNING-ROUSELL E CHATTERTON, 1977):

- Calçadas, áreas pavimentadas e cercas divisórias

As calçadas e áreas pavimentadas podem necessitar de reparos com o aparecimento de rachaduras causadas por expansão do subsolo. Já as cercas podem ser deslocadas.

Até mesmo inundações rasas com velocidade considerável podem criar uma pressão suficiente para romper os trincos de portas de garagens e afetar algumas fundações.

O fato de que cercas são divisórias de propriedade vizinhas cujo terreno elas dividem, deve ser ignorado. O custo deve se aplicar à cerca, a despeito da divisão de responsabilidade entre proprietários.

- Alvenaria

As alvenarias porosas absorvem até 55 litros de água por metro quadrado. Apesar de a secagem poder se estender durante meses, é improvável que haja danos, a não ser que a inundação seja acompanhada de geada. Neste caso, a alvenaria em contato com a água pode se esfacelar e o reparo se torna muito oneroso.

- Rejunte

O rejunte dos blocos é necessário após a secagem do solo.

Inundações de curta duração causam entre dez e cinquenta por cento menos danos do que inundações de duração longa, uma vez que a água não tem tempo de penetrar os blocos e o reboco. Inundações de longa duração causam o esfacelamento do rejunte, principalmente em prédios antigos onde este é à base de cal.

- Revestimento argamassado interno e paredes de tijolos ou blocos

Nos revestimentos argamassados (rebocos) internos de paredes de alvenarias de tijolos maciços ou blocos vazados, o efeito de inundações é motivo de controvérsias. Uma imersão por um período de tempo reduzido (minutos) não causa danos graves se a condição pré-inundação do reboco for adequada (por exemplo, forte aderência do reboco à base e ausência de trincas). Uma argamassa de qualidade deve resistir à água por períodos mais longos. Entretanto, o contato prolongado satura a massa e, uma vez que isso ocorra, a aderência pode eventualmente desaparecer, não deixando alternativa a não ser a restauração. Quando as águas de inundação estiverem contaminadas por efluentes e estes tiverem tempo de penetrar o reboco, provavelmente será também necessária a confecção de novo reboco.

O reboco absorve água rapidamente sendo que a presença de trincas ou abrasões reduz consideravelmente a resistência à água. As faixas inacabadas de reboco na parte inferior das paredes, atrás dos rodapés (que não recebem emassamento), uma vez em contato com água, a absorção começa imediatamente.

O reboco à base de cal em prédios antigos é fortemente afetado por inundações curtas ou longas. No entanto, o reboco sobre paredes de alvenarias de tijolos maciços ou blocos vazados não é afetado em construções modernas durante inundações de curta duração.

Uma vez que as paredes rebocadas sejam afetadas, não é suficiente, ao se calcular o reparo, retirar e reconstituir somente abaixo do nível da inundação. Por exemplo, uma profundidade de inundação de 0,20m em piso térreo, prolongada o suficiente para danificar o reboco, exige a recuperação de 0,30m a 0,45m acima do nível do piso. Dessa forma, nos casos de pequenos incidentes, a área a ser restaurada pode ser duas ou três vezes maior do que a área exposta ao contato, apesar dessa proporção diminuir, quanto maior a profundidade.

- Pintura de paredes exteriores

Qualquer tipo de pintura presente em paredes exteriores sofre danos sob inundações de curta ou longa duração. Certa quantidade de água penetra na tinta, causando descoloração ou esfacelamento durante a secagem. Será necessária a execução de nova pintura em toda a construção.

- Paredes divisórias de madeira

No caso de divisórias com estrutura de madeira a água atinge o reboco na face que não possui película protetora.

Se as divisórias forem tão antigas que utilizem a combinação ripas/reboco, a saturação da estrutura e do reboco romperá a divisória. Caso as condições pré-inundação sejam boas, não ocorrerá a ruptura da divisória, entretanto a deterioração será mais rápida que em paredes de alvenaria de tijolos maciços ou blocos vazados.

As divisórias modernas são feitas de chapas de gesso ou madeira com película protetora na superfície exterior, mas a absorção acontece mais rapidamente devido à penetração entre as chapas.

As divisórias feitas de chapas de gesso ou que utilizem a combinação ripas/reboco são afetadas diferentemente em inundações curtas ou longas, sendo os danos e reparos necessários menos extensivos em inundações de curta duração. A área de reparo pode ser influenciada pelo tamanho das chapas de gesso originalmente utilizadas. No caso dos danos ocorrerem em torno de 0,30m a partir do nível do piso, esses painéis podem ser cortados e novas faixas de material podem ser inseridas. No caso dos danos ocorrerem em áreas maiores, no entanto, pode ser menos oneroso substituir o painel inteiro e reformar com o tamanho padrão de placas, eliminando assim o custo de mão de obra envolvido no corte e encaixe de parte dos painéis.

- Pisos e vigas de piso

A ocorrência de danos não é esperada sob nenhuma circunstância, a não ser que ocorra imersão por várias semanas em vez de horas ou dias.

Caso ocorra saturação do piso ou vigas, é necessário como medida de precaução a aplicação de proteção contra fungos que causam o apodrecimento, após a secagem.

- Tábuas de piso (pisos suspensos)

As tábuas não são seriamente afetadas exceto em casos de imersão prolongada (48 horas). A umidade excessiva pode ser eliminada pela absorção através da aplicação de areia e/ou serragem. Para auxiliar a secagem, é comum levantar-se as placas na região do perímetro. Esse pode ser o método mais danoso, pois, a não ser que haja pontos de acesso, é difícil suspender uma placa sem danificar as lingüetas ou sulcos. O processo requer a utilização de mão de obra por tempo prolongado, o que eleva o seu custo.

Frequentemente, uma ou duas chapas se envergarão isoladamente e exigirão lixamento. As madeiras macias apresentam uma variação considerável, bem como a irregularidade dos grãos e nós da madeira, o que pode resultar em distorções maiores ou menores em condições especiais. Caso as tábuas com linguetas e sulcos empenem ou sofram torções em qualquer grau, o lixamento não é um tratamento satisfatório porque a espessura superior do sulco não ultrapassa 6mm. Mesmo com pouca redução da espessura desse material, isso resultará em quebra por movimento durante o uso normal.

O apodrecimento seco que segue inundações é um problema que irá persistir enquanto as condições forem próprias para a germinação dos esporos (condições de alta umidade, quentes e estagnadas). Se os efeitos do apodrecimento seco não forem checados após a inundação, eles podem alcançar até a madeira do telhado em até três meses. Inicialmente, a melhor precaução contra o apodrecimento seco é fazer inspeções regulares com intervalos curtos para que uma erupção seja detectada e tratada antes de se espalhar pela casa.

Supõe-se que uma inundação de curta duração não afeta placas de madeira macia até uma profundidade de 0,20m. Já em profundidades maiores, a pressão da água causará a expansão da madeira, arqueamento e distorção.

Inundações de longa duração, a partir de 0,50m de profundidade afetam as tábuas de acordo com a descrição acima, já que a água penetra na madeira por efeito da capilaridade. Quanto maior a profundidade da inundação, maior o grau de danos antecipado. Pode-se esperar que inundações de longa duração, e de grandes profundidades (cerca de 1,80m) causem o colapso de alguns tipos modernos de tábuas de assoalhos de madeira macia.

- Pisos de madeira dura (por exemplo, mogno, carvalho, teca, bordo)

A penetração da água em pisos de madeira dura acontece a partir da superfície superior. Os acabamentos de superfície seladores como polimentos, uma vez aplicados aumentam a resistência à penetração da água em muitas horas. Uma vez que a água penetre a madeira, esta irá expandir e o piso descolar. A expansão não ocorre de maneira uniforme, o que eleva os custos de reparo.

A recuperação, após a secagem, é semelhante à utilizada para pisos de tábuas. Uma imersão prolongada torna a superfície do piso áspera e exige lixamento.

- Pisos de concreto e fundações

Os danos causados aos pisos de concreto e fundações, em baixas velocidades da água de inundação, não devem ultrapassar os custos de limpeza, além da possível aplicação de um selador de superfície.

Os danos muito mais graves podem ser causados caso o centro/areia da fundação seja levados pela água. O piso pode então romper-se sob tensão, apesar dessa ser uma possibilidade muito remota, já que a maioria dos pisos de concreto em propriedades residenciais é reforçada. A presença ou ausência de fundações com vigas de concreto pode ser importante quanto à ocorrência de falhas estruturais e abatimento em algum momento após a inundação.

As habitações construídas antes de 1939, em sua maioria, não foram feitas sobre fundações com vigas de concreto, enquanto as residências construídas antes de 1918 quase não possuem fundação.

- Pisos de asfalto e compostos

Esses tipos de piso geralmente são assentados sobre base de concreto. Em caso de inundação, ocorrem os mesmos danos que ocorrem nos pisos de concreto.

Os danos à cobertura asfáltica não são prováveis. Em propriedades de padrão alto, pisos de concreto ou asfalto podem conter inserções de madeira para a instalação de carpete. Esse último podem exigir substituição.

- Pisos de pedra

Os danos estão mais relacionados com o método de instalação e as condições de conservação antes da inundação.

Em casas antigas ainda podem existir placas de pedra sem fixação além do seu próprio peso. As juntas podem estar unidas por massa, mas provavelmente não são a prova d' água. A retirada de lodo e efluente pode não ser possível sem a remoção das placas de pedra, algumas das quais provavelmente irão se quebrar.

Em edificações mais recentes, as placas de pedra podem ser assentadas sobre concreto ou mástique. Nesse caso, não ocorrem danos.

A idade do piso, bem como as condições anteriores à inundação são os fatores de maior importância para a ocorrência ou não de danos.

- Rodapés

Os rodapés, bem como todos os tipos de madeira fixados ou assentados sobre paredes úmidas, estão em posição vulnerável. Uma inundação de curta duração provavelmente não afetará significativamente os rodapés pintados com esmalte sintético, até uma profundidade de 0,90m.

Os rodapés assentados em divisórias de madeira sofrerão mais danos do que aqueles fixados sobre paredes de alvenarias de tijolos maciços ou blocos vazados. Inundações de longa duração afetam os rodapés a partir de 0,05m. A água terá tempo de penetrar na madeira causando a sua expansão e arqueamento. Novamente, os danos serão maiores em divisórias de madeira. Os rodapés mais antigos e mais profundos protegem melhor o reboco, em casos de inundações de baixa profundidade, do que modernos rodapés rasos, mas a madeira mais antiga utilizada, se em bom estado, é capaz de resistir melhor à água melhor do que madeiras macias e novas.

- Portas externas, marcos e batentes

Em níveis mais baixos de inundação (abaixo de 0,60m) de curta duração, tintas à base de esmalte sintético podem proteger as portas de danos. Profundidades maiores de curta duração danificam as portas devido à combinação dos efeitos da pressão e capilaridade.

- Vidraria e marcos de janelas

Excluindo-se as propriedades com porões, supõe-se que as janelas não são afetadas até que a água chegue ao nível do peitoril, cerca de 0,90m.

Inundações de duração curta não afetam a madeira dos marcos de janelas até 1,50m, nível em que a pressão começa a causar danos. Inundações de longa duração afetam a madeira e exigem reparos acima do nível do peitoril.

- Marcenaria, batentes de portas, portas e peitoris de janelas

A marcenaria não sofre danos permanentes causados por inundações de curta duração até o limite de profundidade de 0,30m. A presença de detalhes na madeira proporciona alguma proteção para tais períodos. Mas, uma vez que a água penetre estes detalhes, os danos ocorrerão.

Devido ao fato de que atualmente a maioria da marcenaria presente nas edificações é pré-fabricada, oficinas de reparo tendem a desaparecer e o reparo eventual de detalhes pode ser tão oneroso quanto uma porta nova. Em certos casos, as portas estarão muito empenadas, e uma porta empenada é um problema quase sem solução. Em outros casos,

ocorrerá simplesmente uma expansão o que pode ser solucionado após a secagem completa da edificação. Se o reparo for precoce, ele pode resultar em secagem em excesso, acompanhada por encolhimento e portas permanentemente fora de prumo.

As portas modernas são frequentemente, feitas de madeira laminada ou pranchas de madeira. Tais portas são coladas por pressão nas fábricas, mas uma vez que a cola esteja toda molhada, ela irá perder a rigidez até o ponto de desintegração. Quando for necessária a reforma de portas, o custo da remoção de dobradiças para a sua reutilização pode exceder o seu valor. As maçanetas e fechaduras podem ser removidas, lubrificadas e reutilizadas.

Os danos causados por inundações de longa duração em portas antigas exigirão pequenos reparos em níveis de profundidade em torno de 1,20m, e provavelmente, reforma em profundidades maiores. Já para portas novas atingidas até 0,60m de profundidade, com longa duração, será necessária a substituição das portas.

Em inundações de curta duração, as portas antigas não exigem nenhum tipo de reparo até o nível de profundidade de 0,30m e nenhuma substituição até o nível de 0,90m. Após inundações de curta duração, as portas novas exigem reparos a partir de profundidades de 0,30m.

- Armários embutidos e estantes

Os armários de cozinha e mobiliário moderno de quartos pertencem à essa categoria. Os danos ocorridos não serão necessariamente diferentes entre eles. Como no caso de outros tipos de marcenaria, a maioria é pré-fabricada e isso, invariavelmente, resulta em oficinas de reparo limitadas. O ponto em que os custos de reparo não se justificam mais é atingido em um nível relativamente baixo de danos. A utilização de madeira laminada, pranchas de madeira, madeira aglomerada e placas de papelão prensado são comuns nos dias atuais, e esses materiais são menos resistentes à água do que a madeira maciça.

O mobiliário produzido em fábricas, geralmente possui grampos de metal nas junções, que irão enferrujar com facilidade. Exceto em casos de tempo de imersão muito reduzidos, o mobiliário embutido no nível do solo é rapidamente afetado o que resulta em reparos onerosos.

- Tubulações hidráulicas e sistema de aquecimento de água

Os conduítes normalmente não são danificados. Excluindo-se a possibilidade de uma inundação causar a colisão de objetos com as instalações sanitárias, inundações em

geral, mesmo com níveis de profundidade acima de 1,20m não provocam danos graves a tais instalações. Não é necessária a atenção de um especialista durante a limpeza, mas é necessária uma revisão e talvez pequeno ajuste de válvulas.

- Instalações elétricas

As instalações elétricas geralmente não exigem reparos além de um teste conduzido por um eletricista qualificado. Após a secagem e limpeza, a instalação deve ter o aterramento e o isolamento revisados (de acordo com as instruções correntes nas regulamentações existentes), e um certificado de inspeção deve ser emitido.

3.7 Medidas de proteção de edificações contra inundações

O estudo das patologias através das suas manifestações características bem como o conhecimento das ações das águas de inundações sobre as edificações oferecem subsídios e informações para os trabalhos de proteção e manutenção das edificações (SILVA *et al.*, 2006).

As ações das águas de inundações sobre as edificações descritas a seguir são consideradas relevantes para a definição da melhor alternativa de proteção (ZEVENBERGEN *et al.*, 2007).

- Ações hidrostáticas

Pressão lateral da água devido a diferenças de profundidades de submersão dentro e fora da edificação e ascensão capilar nos componentes da edificação, provocando danos além dos níveis de inundação.

- Ações hidrodinâmicas

Velocidade da água resultando em pressão hidrodinâmica, turbulência e ondas que resultam na variação da pressão hidrostática.

- Erosão

As águas de inundação podem causar erosão do solo, principalmente em regiões de encostas e taludes de cursos de água, podendo ainda comprometer os elementos de fundação das edificações.

- Ação de fluabilidade

Causada pelo empuxo exercido pela água sobre a construção. A elevação dessa força pode causar danos às edificações, portanto, é importante a ancoragem adequada da edificação através da alternativa correta dos elementos de fundação.

- Ação dos detritos

Detritos se referem aos sólidos presentes nas águas de inundação que podem danificar as edificações.

- Qualidade da água

A qualidade da água (salinidade e água contaminada) em contato com a edificação pode alterar as propriedades dos materiais de construção e danificá-los.

- Gelo

A água pode ser absorvida pelos materiais de construção e congelar durante o inverno. A expansão da água e conseqüente aumento de pressão pode causar fissuras e trincas e eventualmente rachaduras nos componentes da edificação. Esse fenômeno é usual nos países frios, não sendo comum sua ocorrência no Brasil.

Estudos recentes mostram que existem diversas formas de intervenção em uma edificação (retrofitting) para protegê-la do efeito das inundações. Os principais métodos são elevação da edificação, permissão de áreas úmidas, criação de áreas secas, relocação da edificação, criação de barreiras de proteção e demolição (FEMA, 1998).

Os benefícios do estudo de medidas de proteção das edificações residem no fato de que sua adaptação para protegê-las e limitar os efeitos das inundações conduz a uma redução dos prejuízos causados pela ação da água.

A aceitação da ocorrência de eventos de inundação e a proteção das edificações contra a ação desses eventos, em suas diversas extensões, têm se mostrado mais eficiente sob a ótica financeira, bem como sob as perspectivas sociais e de desenvolvimento que a intervenção antrópica no meio ambiente. A adoção de medidas de proteção de edificações novas e existentes constitui um meio de reduzir o potencial de danos às edificações em áreas sujeitas a inundações (ZEVENBERGEN *et al.*, 2007).

As iniciativas de prevenção das inundações em áreas urbanas são, em alguns casos, contraproducentes a longo prazo. Estudos realizados nos Países Baixos (HOEL *et al.*, 2005

apud ZEVENBERGEN *et al.*, 2007) relativos a análises de custo-benefício mostram que a prevenção dos danos às edificações apresentam melhor custo benefício que o controle das inundações a partir da antecipação de mudanças climáticas de sistemas de águas regionais nesses países.

3.7.1 Elevação da edificação

A edificação elevada é projetada para impedir a entrada da água de inundação por meio da elevação de toda a estrutura até certo nível determinado por uma profundidade da inundação de referência.

Essa alternativa de proteção é considerada adequada e de baixo custo para edificações sujeitas a inundações de longa duração (cerca de 70 horas), porém com baixas profundidades de inundação (menor que 0,60 m) (ZEVENBERGEN *et al.*, 2007). A Figura 3.13 mostra esquematicamente o método mencionado.

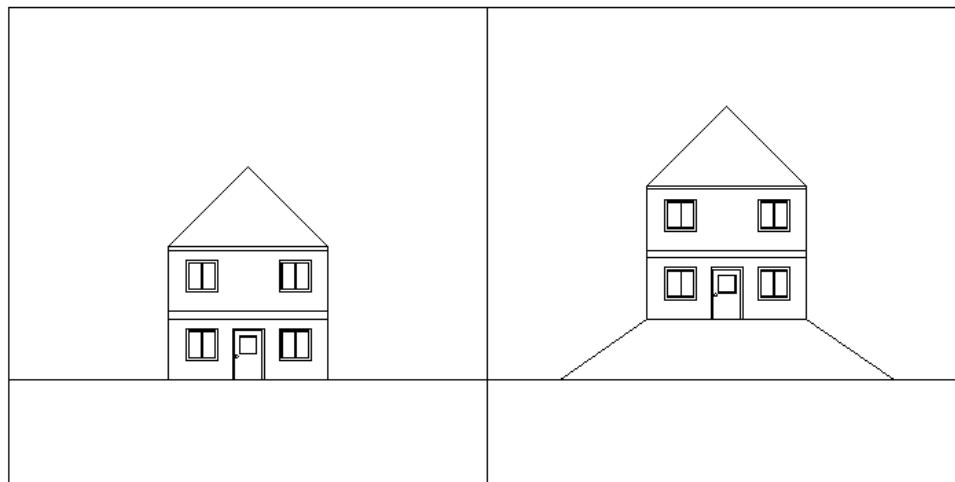


Figura 3.13 Desenho esquemático de elevação de edificações

Fonte: FEMA, 1998.

3.7.2 Permissão de áreas úmidas

A criação de áreas úmidas em edificação é projetada para permitir a entrada da água até certo nível determinado pela profundidade da inundação a fim de equalizar as forças hidrostáticas. A equalização das forças hidrostáticas reduz a probabilidade de falhas nas paredes e danos estruturais. Para prevenção dos danos provocados pela inundação e para reduzir os custos de limpeza, são empregados nas áreas úmidas materiais de construção resistentes à ação da água.

Além disso, interruptores e tomadas elétricas são elevados acima do nível projetado nestas áreas, bem como são utilizados compartimentos resistentes à água para abrigar os medidores de eletricidade e gás (ZEVENBERGEN *et al*, 2007). A Figura 3.14 mostra esquematicamente o método mencionado.

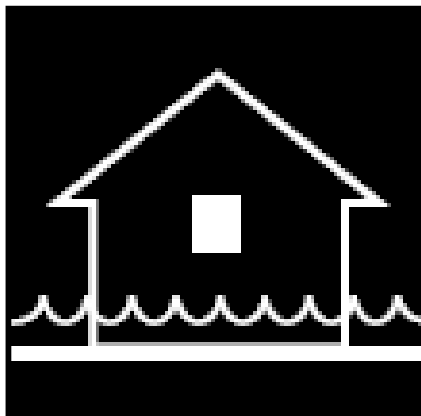


Figura 3.14 Desenho esquemático de permissão de áreas úmidas

Fonte: FEMA, 1998.

3.7.3 Criação de áreas secas

A criação de áreas secas em edificação é projetada para impedir a entrada da água até certo nível determinado pela profundidade da inundação, não ultrapassando 0,90 m (ZEVENBERGEN *et al*, 2007). Quando o nível da inundação ultrapassa esse valor, os danos ocorrem como se não houvesse nenhuma modificação de proteção da edificação.

As áreas secas podem ser criadas de forma provisória ou permanente.

As áreas secas provisórias consistem na proteção ou fechamento de aberturas existentes (tais como portas, janelas, orifícios de ventilação e outras aberturas abaixo de 0,90 m), para resistir às forças da inundação e impedir a entrada da água na edificação através destas aberturas. São utilizadas proteções removíveis para portas e janelas, revestimentos argamassados impermeabilizantes para pequenas aberturas, válvulas de retenção e pisos especiais à prova de água (MANOJLOVIC e PASCHE, 2007). A adoção dessa alternativa é recomendada para áreas frequentemente sujeitas a inundações de baixas profundidades (ZEVENBERGEN *et al*, 2007). A Figura 3.15 mostra esquematicamente o método mencionado.

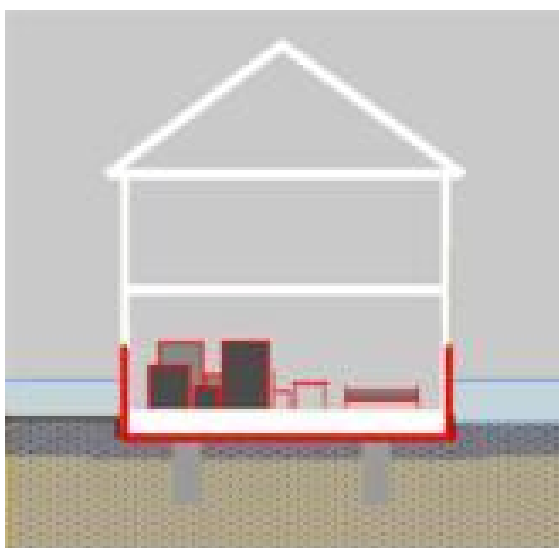


Figura 3.15 Desenho esquemático de criação de áreas secas

Fonte: SMARTeST, 2010

Já as áreas secas permanentes consistem na instalação de barreiras a alguma distância da edificação ou de um grupo de edificações, de forma que a água não as atinja (MANOJLOVIC e PASCHE, 2007). A Figura 3.16 mostra esquematicamente o método mencionado



Figura 3.16 Desenho esquemático de criação de áreas secas

Fonte: SMARTeST, 2010

As principais características das medidas de proteção a partir da criação de áreas secas são apresentadas na Tabela 3.11, comparativamente com as características das medidas de proteção com a permissão de áreas úmidas nas edificações.

Tabela 3.11 Características das principais medidas de proteção contra inundações

Características	Criação de Áreas Secas	Permissão de Áreas Úmidas
Vantagens	(1) As edificação são mantidas secas (2) A ocupação da edificação não é afetada	(1) Solução econômica (2) As pessoas vivem face à água de inundação, a sensibilização ao risco é maior
Desvantagens	(1) Solução onerosa (2) A estabilidade da edificação pode ser comprometida (3) Requerimento de logística	(1) Os materiais de construção utilizados não são integralmente resilientes (2) Restrição de ocupação da edificação

Fonte: Manojlovic e Pasche, 2007

3.7.4 Criação de barreiras de proteção

Essa alternativa consiste na construção de barreiras de contenção da água de inundação. A Figura 3.17 mostra esquematicamente o método mencionado.

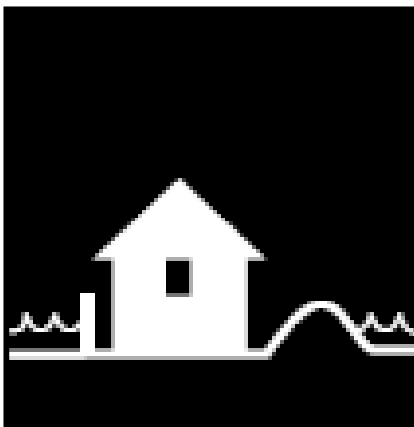


Figura 3.17 Desenho esquemático de criação de barreiras

Fonte: FEMA, 1998

3.7.5 Relocação da edificação

Essa alternativa de proteção de edificação consiste na relocação da edificação para local não sujeito a inundação. A Figura 3.18 mostra esquematicamente o método mencionado.

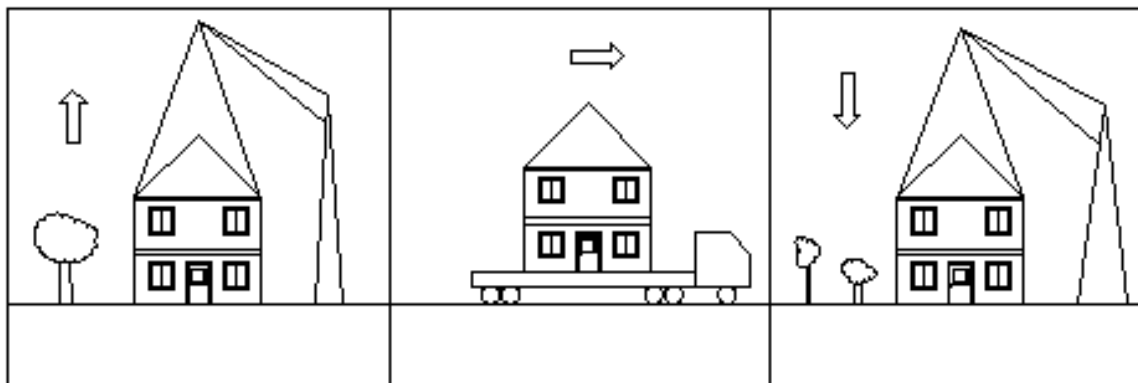


Figura 3.18 Desenho esquemático de relocação de edificações

Fonte: SMARTeST, 2010

3.7.6 Demolição

A demolição da edificação é uma alternativa adotada em casos de comprometimento da estrutura, quando esta apresenta riscos de colapso.

3.7.7 Exemplos de adoção de medidas de proteção contra inundações

Exemplo 1: *Medidas de proteção adotadas em Dordrecht*

Após a inundação de 1916 a cidade de Dordrecht na Holanda encontrou uma solução na forma de barreiras contra a inundação formada de pranchas. Na ausência de uma melhor solução para manter a água afastada, esse sistema ainda existe embora tenha sido feitas pequenas adaptações.

As pranchas de madeira têm sido substituídas por portas de aço também denominadas portões de inundação. Eles são colocados em locais da cidade onde há ameaça de inundação. Esse sistema de portões de inundação permanecem por um longo tempo e a cidade de Dordrecht ainda não encontrou solução melhor.

Algumas medidas de proteção observadas em visita à cidade de Dordrecht são apresentadas nas Figuras 3.19 a) e b).



Figura 3.19 Comportas de madeira instaladas (a) em via de acesso de pedestres e bicicletas e (b) em porta de entrada de residência. Medidas de proteção secas provisórias implantadas na cidade de Dordrecht, Holanda (Fotografia: Cristiane Parisi Jonov, 2011)

Exemplo 2: *Medidas de proteção adotadas em Hafencity-Hamburg*

Hafencity se localiza ao sul do principal dique da cidade de Hamburgo, na Alemanha, construído ao longo da parte histórica da cidade. Tal dique não protege o novo distrito (“New District Hafencity”) contra as inundações. Uma solução especial foi desenvolvida para proteger a parte nova da cidade contra tempestades ocasionais. Se *Hafencity* tivesse sido cercada por diques haveria uma série de desvantagens. A proximidade de grandes extensões de água é o que dá ao novo distrito muito do seu encanto e os diques privariam muitas linhas de visão, especialmente no ambiente público construído. Outro ponto é que o completo fechamento de uma área de 126 hectares por diques teria que ter sido concluída antes de qualquer construção de edifícios.

Através da elevação dos edifícios sobre muros compactos foi possível ligar o novo distrito com a área da cidade existente. Todos os novos edifícios estão sobre bases artificiais, cerca de oito metros acima do nível do mar e fora do alcance das cheias mais extremas. A parte interna desses muros oferece amplo espaço subterrâneo para estacionamento de veículos, o que significa que quase todo o tráfego pode ser acomodado. Essa solução, portanto, também traz uma contribuição significativa para a redução do volume de transporte privado na parte nova da cidade. As estradas e pontes também foram construídas acima da linha de inundação pelo menos sete metros acima do nível do mar. O tráfego no novo distrito, bem como entre *Hafencity* e o resto da cidade, portanto, continua fluindo mesmo durante uma tempestade. O distrito pode continuar a funcionar praticamente sem restrição, mesmo durante a inundação e apesar de sua situação de “ilha”.

Em casos da elevação do nível da água, algumas entradas de garagem de estacionamento subterrâneo têm que fechar seus portões de inundação. Os projetistas trabalharam com a suposição de que essas áreas poderiam ser inundadas em casos de elevação extrema do nível da água.

Algumas medidas de proteção observadas em visitas a *Hafencity* na cidade de Hamburgo (Alemanha) são apresentadas nas figuras 3.20 a 3.26.



Figura 3.20 Comporta de madeira instalada em porta de entrada de prédio em *Hafencity*, na cidade de Hamburgo, Alemanha (Fotografia: Cristiane Parisi Jonov, 2011)

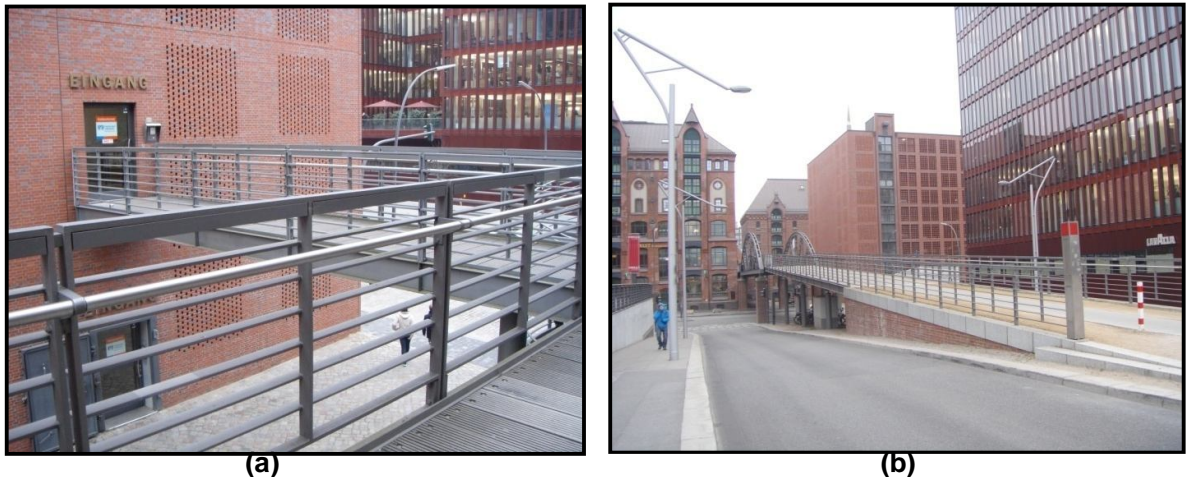


Figura 3.21 (a) Passarela elevada para acesso à edificação durante evento de inundação e (b) via elevada para acesso à parte alta da cidade durante evento de inundação. *Hafencity*, na cidade de Hamburgo, Alemanha (Fotografia: Cristiane Parisi Jonov, 2011)



Figura 3.22 Edificações construídas em elevação sobre muros, ao fundo passarela elevada para acesso à edificação durante evento de inundação. *Hafencity*, na cidade de Hamburgo, Alemanha (Fotografia: Cristiane Parisi Jonov, 2011)



(a)



(b)

Figura 3.23 (a) Edificação construída em elevação sobre muro apresentando revestimento decorativo e (b) edificação construída em elevação sobre muro face à água. *Hafencity*, na cidade de Hamburgo, Alemanha (Fotografia: Cristiane Parisi Jonov, 2011)



(a)



(b)

Figura 3.24 (a), (b) Comportas metálicas instaladas adjacentes aos portões de entrada de garagens (Fotografia: Cristiane Parisi Jonov, 2011)



(c)



(d)

Figura 3.25 (c) comportas metálicas instaladas nas aberturas de vãos e (d) comportas metálicas instaladas adjacentes às esquadrias de janelas de edificações, todas no pavimento térreo. *Hafencity*, na cidade de Hamburgo, Alemanha (Fotografia: Cristiane Parisi Jonov, 2011)



Figura 3.26 Loja durante evento de inundação: esquadrias de janelas e vidros resilientes e resistentes à água. *Hafencity*, na cidade de Hamburgo, Alemanha (Fotografia: Chris Zevenbergen, 2010)

3.7.8 Exemplo de protótipos de medidas de proteção contra inundações - Laboratório do Instituto Wasserbau

O Instituto Wasserbau da Universidade Tecnológica de Hamburgo, na Alemanha, é ligado a uma rede internacional de apoio ao Grupo de Resiliência à Inundação (FRG), criado em 2007. O FRG é um grupo de pesquisa multidisciplinar filiado à UNESCO-IHE e à Universidade de Tecnologia de Delft, cujo objetivo é o avanço do conhecimento científico e aplicação prática em abordagens integradas para aumentar a resiliência à inundação do ambiente urbano.

A rede internacional de apoio ao FRG, denominada Rede de Resiliência à Inundação (FRN) tem como objetivo a partilha de conhecimentos científicos e a capacitação de pesquisadores e profissionais da área.

As figuras 3.27 a 3.29 mostram protótipos de medidas de proteção contra inundação do laboratório de pesquisas do Instituto Wasserbau da Universidade Tecnológica de Hamburgo.

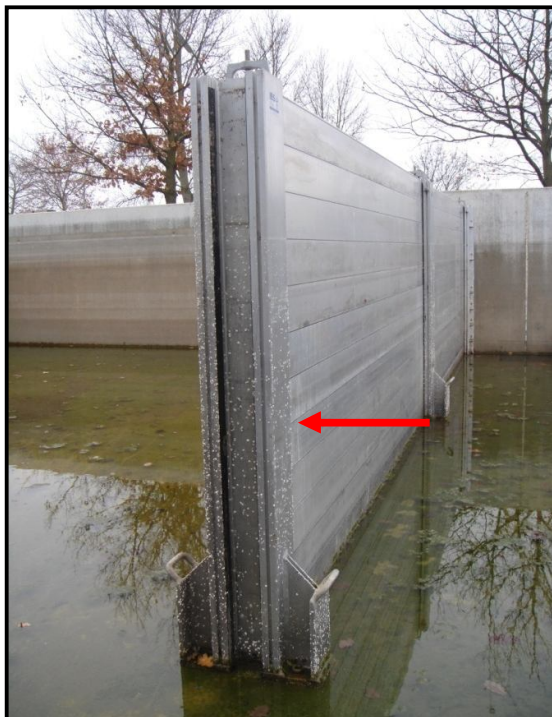


(a)



(b)

Figura 3.27 Laboratório de ensaios em protótipos de medidas de proteção: (a) esquadrias de janelas resilientes, vista lateral (b) esquadrias de janelas resilientes, vista frontal. Instituto Wasserbau da Universidade Tecnológica de Hamburgo, Alemanha (Fotografia: Cristiane Parisi Jonov, 2011)



(a)



(b)

Figura 3.28 Laboratório de ensaios em protótipos de medidas de proteção secas provisórias: (a) peça vertical do sistema de barreira metálica, (b) barreiras metálicas.

Instituto Wasserbau (Fotografia: Cristiane Parisi Jonov, 2011)



Figura 3.29 Peças madeira para realização de ensaios de resistência ao impacto nos protótipos das medidas de proteção. Laboratório de ensaios de protótipos do Instituto Wasserbau (Fotografia: Cristiane Parisi Jonov, 2011)

3.8 Exemplos de estudos de avaliação de danos de inundação já realizados

Exemplo 1: *Trabalhos realizados em campo por pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais*

Um grupo de pesquisadores dos Departamentos de Engenharia Hidráulica e de Recursos Hídricos e Engenharia de Materiais e Construção da UFMG realizou um estudo em áreas inundáveis na cidade de Itajubá – MG, localizada no Vale do Rio Sapucaí. Este estudo teve financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do CT-HIDRO.

A bacia do Sapucaí foi escolhida tendo em vista a freqüente ocorrência de inundações significativas nesta área. A última grande inundação ocorreu em janeiro de 2000. Este evento foi tomado como referência para a coleta dos dados de campo. O estudo realizado envolveu a caracterização das patologias nas construções sinistradas mediante visitas técnicas e coleta de informações através da aplicação de questionários. Além das patologias, foram coletados dados relativos às características da inundação (profundidade de submersão e duração da

inundação), a qualidade das edificações e os reparos realizados. A etapa de pesquisa de campo na cidade de Itajubá foi realizada em agosto de 2002

Nas visitas realizadas pode-se observar as condições precárias de algumas moradias e, por vezes, o descuido ou a carência de meios para uma adequada conservação da construção, aumentando com isso sua vulnerabilidade.

Com base nas descrições das patologias caracterizadas, foram obtidas estimativas de custos de recuperação das construções através da elaboração de orçamento dos serviços de engenharia necessários para a realização dos reparos detectados (TCPO, 2003). Foi também realizado um estudo para o estabelecimento de padrões construtivos tendo por referência a norma NBR 12721 – Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios de edifícios – Procedimento (ABNT, 2007). Devido à grande variação das características das edificações e materiais empregados na construção, foram estabelecidos três padrões construtivos: Alto, Normal e Baixo (Tabela 3.12).

Tabela 3.12 Padrões construtivos

LOCAL	PADRÃO		
	Alto	Normal	Baixo
Portas	Maciça almofadada	Compensado encerado	Compensado pintado
Janelas	Madeira/ Alumínio	Madeira/ Alumínio	Esquadrias de aço
Banheiro	Granito	Mármore	Cerâmica
Acessórios Banheiro	Metais de luxo/ Cuba Inox luxo	Metais cromados/ Bacias simples	Metais niquelados/ Louça branca
Cozinha	Bancada granito/ Cuba inox luxo	Bancada mármore/ Cuba inox simples	Bancada ardósia/ Cuba inox simples
Revestimento paredes	Sistema tradicional	Massa paulista	Gesso
Revestimento Cozinha e banho	Cerâmica Fórmica	Cerâmica comum	Azulejo branco
Revestimento Externo Fachada	Granito Cerâmica de luxo	Cerâmica Tinta acrílica	Tinta PVA (sem emassamento)
Pintura	Tinta Acrílica	Tinta PVA (com emassamento)	Tinta PVA (sem emassamento)

Fonte: Machado, 2005; ABNT NBR 12721, 2007

Estes padrões foram empiricamente correlacionados com a classe socioeconômica dos moradores, determinada de acordo com o CCEB, Critério de Classificação Econômica Brasil, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O gráfico da Figura 3.30 mostra a distribuição dos padrões construtivos observados nas residências entrevistadas. Como era previsto, a maioria das residências pesquisadas foi caracterizada pelo padrão construtivo normal. O baixo percentual de residências que correspondem ao padrão construtivo alto se deve, principalmente, ao fato de que as classes de poder aquisitivo mais alto, em geral, não constroem suas casas em áreas inundáveis, bem conhecidas na cidade, uma vez que as inundações são frequentes.

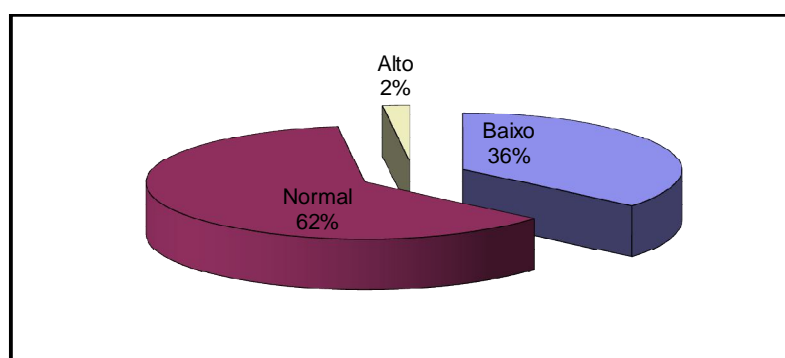


Figura 3.30 Distribuição dos níveis de padrão construtivo

Fonte: Machado, 2005

Os dados obtidos pela aplicação dos questionários foram transferidos para um banco de dados com a ajuda de um programa de computador especialmente desenvolvido para facilitar a digitação dos dados nos campos adequados.

A Figura 3.31 mostra informações obtidas na pesquisa realizada em campo, relativamente à profundidade de submersão e à classe social.

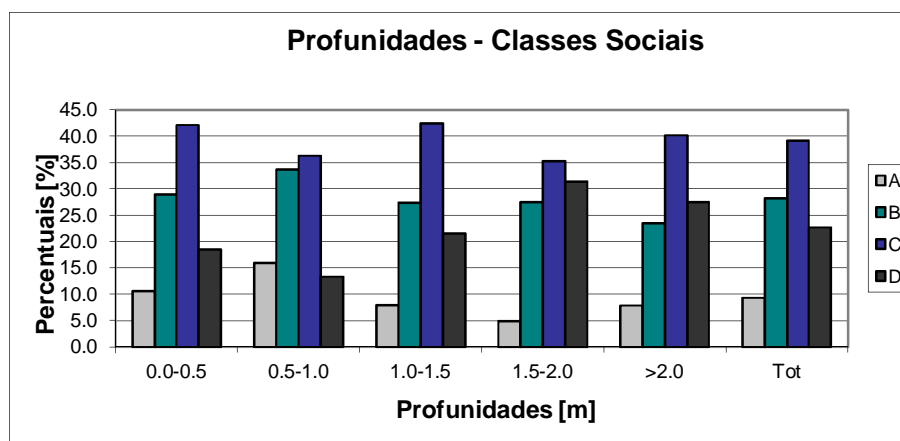


Figura 3.31 Classes Sociais versus profundidades de submersão

Fonte: Machado, 2005

Pela figura acima observa-se que a amostragem da pesquisa de campo para as diferentes faixas de profundidade é semelhante à distribuição das classes sociais à época.

As curvas de custo de recuperação dos danos à construção em função da profundidade de submersão foram estabelecidas através de orçamentos para reforma de cada residência de acordo com as informações fornecidas pelos entrevistados sobre os danos ocorridos. Para tanto, foram estabelecidos custos unitários de recuperação dos danos à construção provocados pela inundação. Estes custos unitários foram obtidos separadamente para cada um dos padrões construtivos da Tabela 1, utilizando-se as Tabelas de Composição de Preços para Orçamento (TCPO, 2003).

Cada orçamento para recuperação dos danos em uma edificação gerou um ponto da curva *custo de recuperação dos danos à construção versus profundidade de submersão*.

Na avaliação dos custos de recuperação das edificações foram considerados os danos às portas, janelas, pisos, rodapés e aos revestimentos de parede internos e externos.

As curvas de custo de recuperação dos danos à construção em função da profundidade de submersão foram estabelecidas para quatro classes sócio-econômicas.

A Figura 3.32. apresenta a curva de custo de recuperação dos danos à construção em função da profundidade de submersão, considerando as classes A e B e a Figura 3.33 mostra a curva para as classes C e D. Cada ponto dos gráficos representa o valor calculado para os danos à construção para cada residência entrevistada.

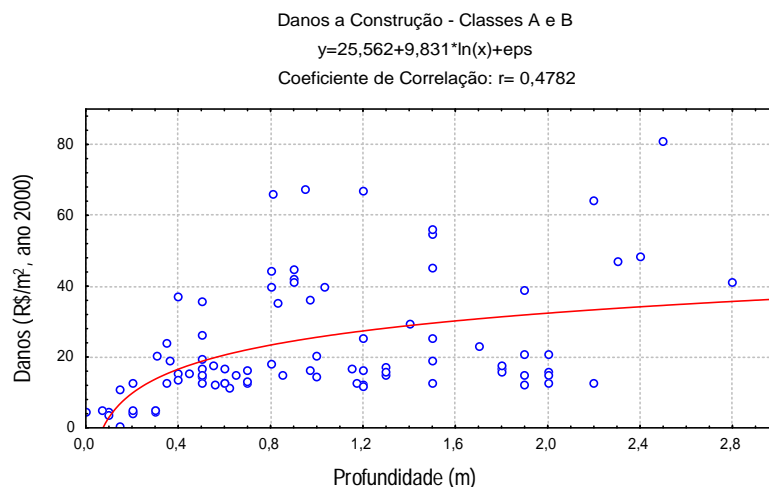


Figura 3.32 Curva de custo de recuperação dos danos à construção em função da profundidade de submersão para as classes A e B

Fonte: Machado, 2005

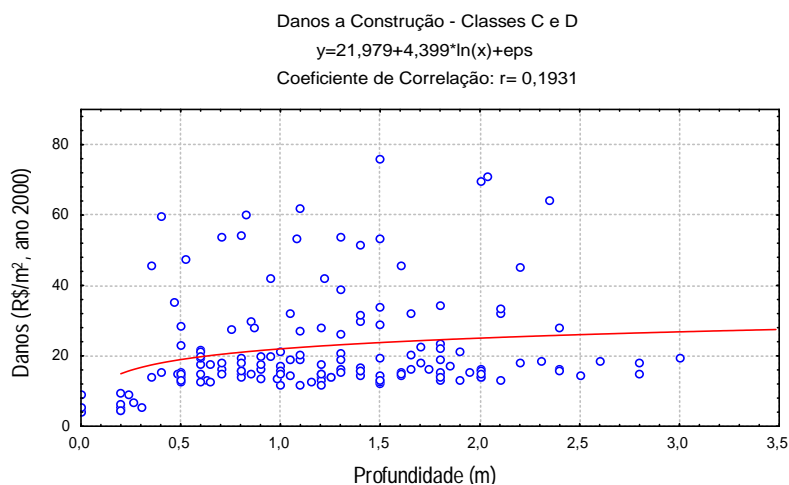


Figura 3.33 Curva de custo de recuperação dos danos à construção em função da profundidade de submersão para as classes C e D

Fonte: Machado, 2005

Cabe ressaltar, que nos gráficos das figuras 3.32 e 3.33 o valor dos danos à construção foi determinado com base em orçamento da reforma necessária para reparo dos danos declarados pelos entrevistados em cada residência. Analisando os gráficos observa-se uma dispersão relativamente elevada dos dados (danos a residências em função da profundidade) para cada classe econômica.

Exemplo 2: *Experiências realizadas em laboratório por pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais*

Como continuidade das pesquisas realizadas pelo grupo de pesquisadores dos Departamentos de Engenharia Hidráulica e de Recursos Hídricos e Engenharia de Materiais e Construção da UFMG foi realizado estudo em laboratório através de experimentos em protótipos de paredes de edificação submetidos a inundações simuladas (PARISI, 2007). Para tanto, foram executados 14 painéis de alvenaria, todos construídos com blocos cerâmicos de vedação. Esses painéis foram revestidos com 07 diferentes tipos de materiais:

- Painéis 1A e 1B – Revestimento com argamassa traço 1:7 – Padrão popular: os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:7 (cimento:areia), sendo os painéis revestidos com argamassa (reboco) no traço 1:7 (cimento:areia). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesses traços areia comum e cimento Portland de alto forno, resistência à compressão aos 28 dias ≥ 32 Mpa (CP III - 32). O objetivo desse revestimento foi simular a situação de uma construção popular.
- Painéis 2A e 2B – Revestimento com argamassa traço 1:7 – Padrão Normal: os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:7 (cimento:areia) sendo os painéis revestidos com argamassa (reboco) no traço 1:7 (cimento:areia). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesses traços areia lavada e cimento Portland composto com escória, resistência à compressão aos 28 dias ≥ 32 Mpa (CP II - E - 32).
- Painéis 3A e 3B – Revestimento com argamassa traço 1:5: os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sendo os painéis revestidos com argamassa (reboco) no traço 1:5 (cimento:areia). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesses traços areia lavada e cimento CP II - E - 32.
- Painéis 4A e 4B – Revestimento com argamassa traço 1:5 e pintura látex PVA: os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sendo os painéis revestidos com argamassa (reboco) no traço 1:5 (cimento:areia). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesse traço areia lavada e cimento CP II - E - 32. Sobre o revestimento argamassado foram aplicadas duas demãos de massa corrida

látex PVA devidamente lixadas e em seguida duas demãos de tinta látex PVA na cor branca.

- Painéis 5A e 5B – Revestimento com azulejos brancos: os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sendo os painéis revestidos com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sem camurçamento (emboço). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesse traço areia lavada e CP II - E - 32. Foram então assentados azulejos brancos medindo 15x15 cm sobre a camada de emboço com argamassa colante ACI. Os azulejos foram rejuntados com rejunte tipo II na cor branca (NBR 14.992/03).
- Painéis 6A e 6B – Revestimento com cerâmicas PEI4: os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sendo os painéis revestidos com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sem camurçamento (emboço). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesse traço areia lavada e cimento CP II - E - 32. Foram então assentadas peças cerâmicas PEI4 medindo 30x30 cm sobre a camada de emboço com argamassa colante ACII. As peças cerâmicas foram rejuntadas com rejunte tipo II na cor marfim (NBR 14.992/03).
- Painéis 7A e 7B – Revestimento com mármore branco: os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sendo os painéis revestidos com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sem camurçamento (emboço). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesse traço areia lavada e cimento CP II - E - 32. Foram então assentadas placas em mármore branco medindo 30x30cm, 20x30cm e 30x40cm, sobre a camada de emboço com argamassa colante ACIII. As placas de mármore foram rejuntadas com rejunte tipo II na cor branca (NBR 14.992/03).

As fotografias (Figuras 3.34 a 3.36) a seguir mostram os painéis em fase de construção.



Figura 3.34 Vista de reboco em execução

Fonte: Parisi, 2007



Figura 3.35 Vista de painel em fase de assentamento de azulejos

Fonte: Parisi, 2007



Figura 3.36 Vista de painel revestido com peças cerâmicas e rejuntado

Fonte: Parisi, 2007

Os painéis de alvenaria foram construídos em dispositivos metálicos que permitiam seu deslocamento horizontal e vertical para execução do plano experimental. Para tanto foram confeccionados 14 dispositivos metálicos com perfis em “U” simples dobrados (127 x 50 x 3 mm) e cantoneiras dobradas (50 x 50 x 3mm).

Dos 14 painéis de alvenaria executados com as 07 diferentes tipologias de revestimento, 07 foram reservados para avaliação das propriedades dos revestimentos no estado seco, ou seja, não sujeitos à ação de inundação (Painéis 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A e 7A). Os 07 painéis restantes, de iguais características aos primeiros foram destinados à imersão em água, simulando diferentes situações de inundação (Painéis 1B, 2B, 3B, 4B, 5B, 6B e 7B). Para a imersão foi utilizada água fornecida pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) proveniente do reservatório do Centro de Pesquisas em Hidráulica da UFMG. A avaliação do desempenho dos revestimentos dos painéis antes e após a submissão à ação da água foi feita através da realização de testes de arrancamento, de acordo com a metodologia da norma NBR 13749 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação (ABNT, 1996).

Os painéis secos foram submetidos a testes de arrancamento, que têm por objetivo a determinação da resistência de aderência à tração do revestimento com a sua base (substrato) ou entre suas camadas constituintes. Por ocasião da realização dos testes de arrancamento, a confecção dos revestimentos dos painéis apresentava idade superior a 28 dias. Os testes de arrancamento foram realizados em duas etapas.

Na primeira etapa foram coladas com cola epóxi 06 placas metálicas em cada painel, em pontos escolhidos aleatoriamente (NBR 13.749/96, NBR 13.755/96). Para os painéis com revestimento em argamassa e pintura, as placas utilizadas foram circulares com 50 mm de diâmetro. Antes da colagem foram feitos cortes com o auxílio de equipamento dotado de serra copo penetrando ligeiramente no reboco, exceto no painel com pintura.

Já para os painéis com revestimentos cerâmicos e mármore, as placas utilizadas foram quadradas com 100 mm de lado. A colagem das placas foi feita na região de encontro de quatro vértices de placas cerâmicas ou de mármore. Após a colagem foram feitos cortes com o auxílio de ferramenta elétrica de corte penetrando ligeiramente no emboço.

Na segunda etapa foram realizados os arrancamentos dos corpos de prova com leitura da carga aplicada até o momento da ruptura e observação da forma como ocorreu a ruptura, em percentual da área de contato.

A Figura 3.37 a seguir mostra uma das etapas dos testes de arrancamento realizados.



Figura 3.37 Vista de um painel com revestimento cerâmico – arrancamento dos corpos de prova

Fonte: Parisi, 2007

Os 07 painéis de alvenaria executados com as diferentes tipologias de revestimento foram imersos em um reservatório de água fabricado com fibras de vidros, de capacidade de 5.000 litros. As imersões buscaram simular situações usuais de inundações a que são submetidas as edificações, principalmente no Estado de Minas Gerais. As profundidades e os tempos de imersão foram escolhidos empiricamente, através de dados de enchentes já ocorridos nos últimos anos principalmente na região de Itajubá, cidade situada no Vale do Sapucaí (MACHADO, 2005).

O deslocamento vertical e horizontal dos painéis antes de sua imersão no reservatório foi feito através de uma talha manual acoplada a um dispositivo deslizante. O sistema deslizava com o auxílio de cordas presas ao dispositivo que por sua vez se conectava em uma viga da estrutura do galpão do laboratório.

As diferentes situações de imersão são mostradas abaixo:

SITUAÇÃO 1: Profundidade de imersão 0,50m e tempo de imersão 02 horas. Os painéis foram imersos no reservatório contendo água até uma altura de 0,60m, dois a dois, permanecendo imersos por 02 horas. Foi colocada no fundo do reservatório uma placa de

aglomerado com revestimento melamínico para evitar o atrito do dispositivo nas fibras do reservatório.

SITUAÇÃO 2: Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 08 horas. Os painéis foram imersos no reservatório contendo água até uma altura de 1,20m, dois a dois, permanecendo imersos por 08 horas.

SITUAÇÃO 3: Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 24 horas. Os painéis foram imersos no reservatório contendo água até uma altura de 1,20m, dois a dois, permanecendo imersos por 24 horas.

A Figura 3.38 mostra três painéis imersos no reservatório.

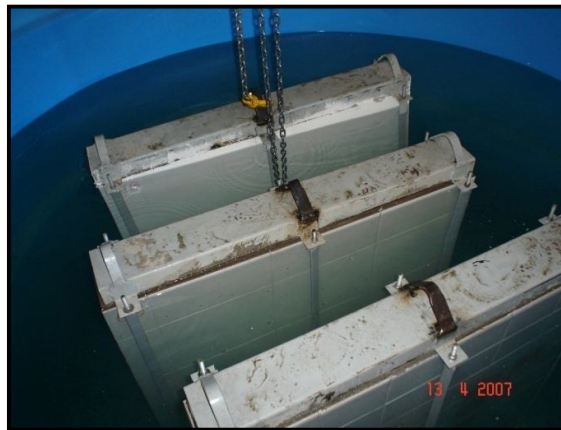


Figura 3.38 Vista de três painéis imersos no reservatório – Profundidade de imersão dos painéis = 1,10m

Fonte: Parisi, 2007

Após a imersão, os painéis eram retirados da água e dispostos em fila no galpão coberto do laboratório por um período de 05 dias na situação 1 e 15 dias nas situações 2 e 3, para que pudesse ocorrer a evaporação da água. Após isso eram submetidos a testes de arrancamento, de forma semelhante aos painéis secos.

Para evitar a infiltração de água nos painéis e manter sua integridade, após o término dos testes de arrancamento para uma dada situação foi feita a reconstituição das áreas danificadas pelo arrancamento com argamassa (reboco) no traço 1:5 (cimento:areia), utilizado-se nesse traço areia lavada e cimento CII - E - 32.

A Tabela 3.13 apresenta os resultados de resistência de aderência à tração para as diversas tipologias de revestimentos dos painéis na condição de secos. Os valores indicados referem-se às médias aritméticas simples destes resultados, bem como os respectivos desvios padrão.

Tabela 3.13 Tipologias de revestimentos dos painéis e resistência de aderência à tração.

Painéis	Tipologia de revestimento	Média(μ)	Desvio Padrão(S)
1A	Revestimento com argamassa traço 1:7 – Padrão popular	0,62	0,39
2A	Revestimento com argamassa traço 1:7 – Padrão Normal	0,40	0,10
3A	Revestimento com argamassa traço 1:5	0,77	0,40
4A	Revestimento com argamassa traço 1:5 e pintura látex PVA	0,25	0,11
5A	Revestimento com azulejos brancos – Argamassa colante ACI	0,49	0,07
6A	Revestimento com cerâmicas PEI4 – Argamassa colante ACII	0,68	0,11
7A	Revestimento com mármore branco – Argamassa colante ACIII	0,75	0,18

Fonte: Parisi, 2007

O gráfico a seguir (Figura 3.39) mostra os valores médios das resistências de aderência à tração na condição de secos para cada tipologia de revestimento.

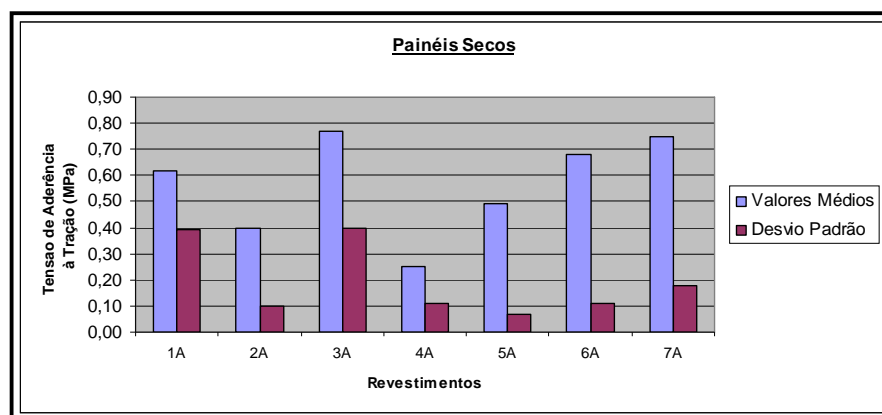


Figura 3.39 Gráfico comparativo das resistências médias de arrancamento para as diversas tipologias de revestimentos

Fonte: Parisi, 2007

O gráfico anterior mostra que os revestimentos dos painéis 1A, 2A e 3A apresentaram valores de resistência de aderência à tração acima do mínimo exigido pela norma NBR 13749 (ABNT, 1996) de 0,30 MPa. Também é possível notar que as argamassas confeccionadas com traços mais ricos em cimento (painel 3A) e com materiais de melhor qualidade (painéis 2A e 3A) apresentaram valores mais altos de resistência de aderência à tração. Para o painel 1A, confeccionado com materiais de qualidade inferior e traço pobre de argamassa, dois testes mostraram valores atipicamente elevados, o que resultou em uma elevada dispersão.

Com relação ao painel 4A, revestido com argamassa e posterior pintura, os baixos valores de resistência de aderência à tração são explicados pelo fato dos ensaios terem medido a aderência da pintura ao reboco.

O gráfico mostra também que os revestimentos dos painéis 5A, 6A e 7A apresentaram valores de resistência de aderência à tração crescentes. Nota-se que as resistências de aderência aumentaram progressivamente quando foram utilizadas as argamassas colantes ACI, ACII e ACIII, respectivamente. Isso está de acordo com as previsões da literatura técnica. Percebe-se também que os painéis 5A, 6A e 7A têm revestimento com peças de espessura crescente (azulejo, cerâmica e mármore). No caso dos painéis com revestimentos cerâmicos e pétreos, houve uma nítida tendência de ocorrência de ruptura, por ocasião dos testes, na interface do revestimento/argamassa colante (forma de ruptura a). Isso teria origem no procedimento de assentamento das peças de revestimento.

A Tabela 3.14 apresenta os resultados de resistência de aderência à tração para as diversas tipologias de revestimentos dos painéis após os diversos tempos de imersão. Os valores indicados referem-se às médias aritméticas simples destes resultados, bem como os respectivos desvios padrão.

Tabela 3.14 Resistências de aderência à tração dos painéis nas diversas situações de imersão – Valores médios e respectivos desvios padrão (Mpa)

Tempo Imersão	Seco		2 H		8H		24H	
	Média (μ)	Desvio Padrão	Média (μ)	Desvio Padrão	Média (μ)	Desvio Padrão	Média (μ)	Desvio Padrão
1B	0,62	0,39	0,26	0,11	0,47	0,37	0,44	0,25
2B	0,40	0,10	0,39	0,14	0,71	0,21	0,52	0,16
3B	0,77	0,40	0,45	0,06	0,59	0,28	0,85	0,20
4B	0,25	0,11	0,11	0,04	0,36	0,17	1,07	0,22
5B	0,49	0,07	0,55	0,08	0,43	0,12	0,38	0,44
6B	0,68	0,11	0,57	0,11	0,66	0,07	0,79	0,01
7B	0,75	0,18	0,49	0,25	1,03	0,02	0,74	0,01

Fonte: PARISI, 2007.

Os gráficos a seguir (Figuras 3.40 a 3.46) mostram os valores médios das resistências de aderência à tração para os painéis 1B a 7B na condição de secos e após os tempos de imersão.

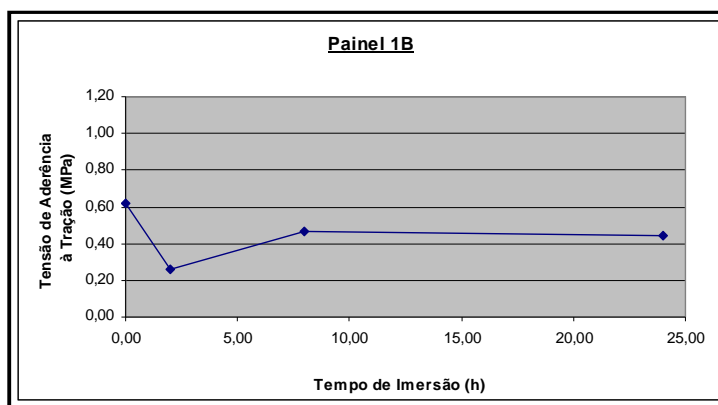


Figura 3.40 Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 1B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão

Fonte: Parisi, 2007.

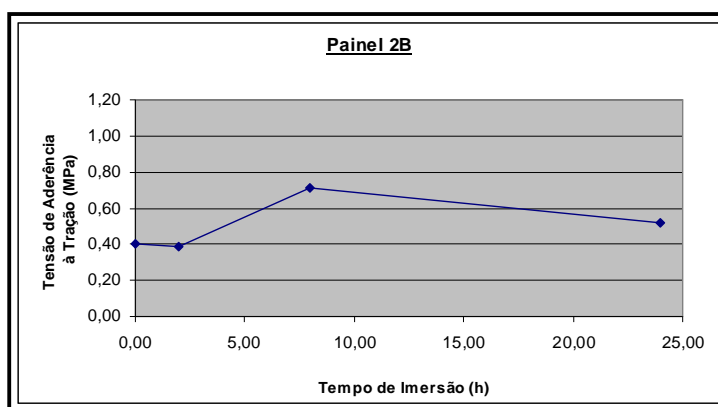


Figura 3.41 Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 2B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão

Fonte: Parisi, 2007.

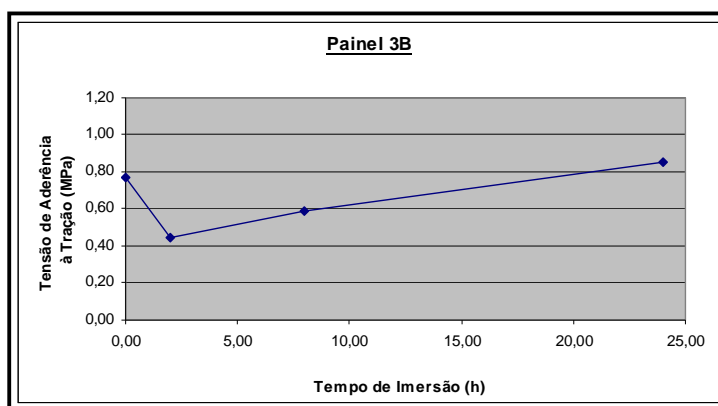


Figura 3.42 Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 3B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão

Fonte: Parisi, 2007.

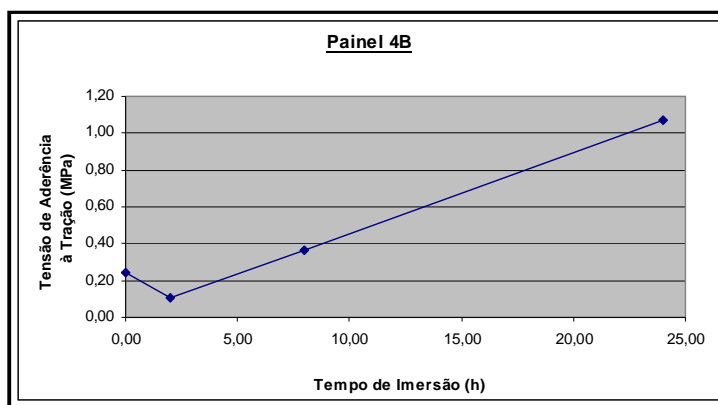


Figura 3.43 Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 4B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão

Fonte: Parisi, 2007

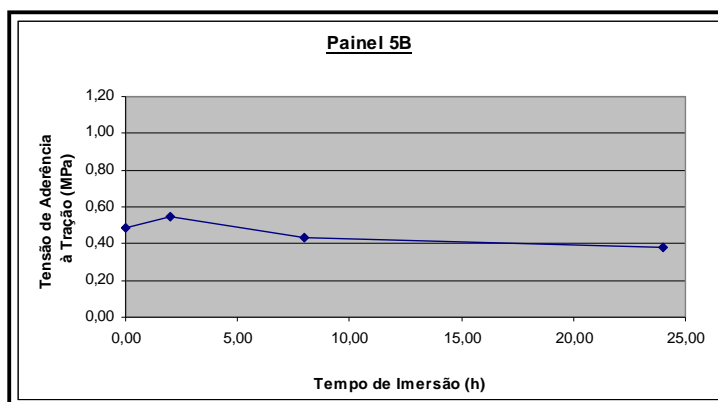


Figura 3.44 Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 5B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão

Fonte: Parisi, 2007

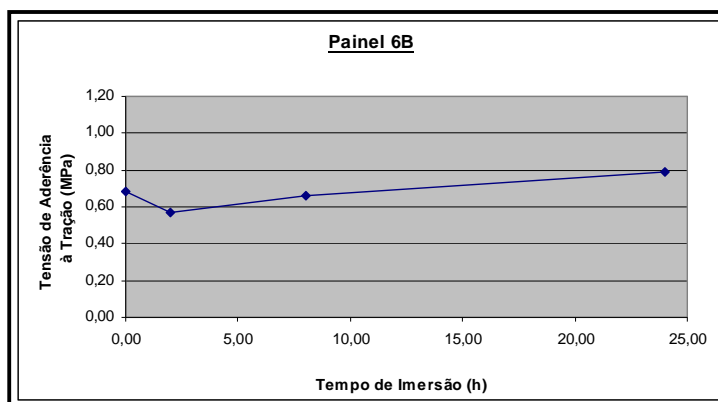


Figura 3.45 Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 6B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão

Fonte: Parisi, 2007

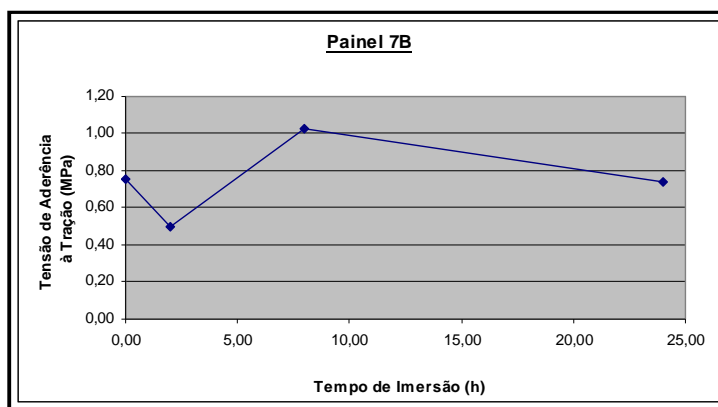


Figura 3.46 Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 7B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão

Fonte: Parisi, 2007.

Após análise dos resultados concluiu-se que:

- Os blocos cerâmicos de vedação adquiridos no comércio de Belo Horizonte apresentaram resistência à compressão média abaixo do mínimo exigido pela nova norma NBR 15270-1, 2005.
- As argamassas confeccionadas com traços mais ricos em cimento e com materiais de maior qualidade apresentaram valores mais altos de resistência de aderência à tração.
- Os revestimentos cerâmicos e pétreos apresentaram valores de resistência de aderência à tração crescentes quando foram utilizadas as argamassas colantes ACI, ACII e ACIII.
- Para os revestimentos em argamassa, houve uma tendência de queda na resistência de aderência à tração para o tempo de imersão de 02 horas com relação aos valores obtidos para os painéis secos. Isso se originou num tempo insuficiente de secagem dos painéis (05 dias). Já para os tempos de imersão de 08 horas e 24 horas (tempo de secagem de 15 dias) os valores de resistência ao arrancamento do revestimento se aproximaram daqueles obtidos para a condição de secos.
- Para os revestimentos em cerâmica e mármore também houve uma tendência de queda na resistência de aderência à tração para o tempo de imersão de 02 horas com relação aos valores obtidos para os painéis secos (tempo de secagem de 05 dias). No caso do revestimento em azulejo não se observou a referida queda de resistência. Para os tempos de imersão de 08 horas e 24 horas (tempo de secagem de 15 dias) os valores de resistência ao arrancamento de todos os revestimentos se aproximaram daqueles obtidos para a condição de secos.

- A inspeção visual mostrou que tanto para os revestimentos em argamassa quanto para os revestimentos cerâmicos e pétreos não houve nenhum tipo de manifestação patológica para os tempos e profundidades de submersão adotados. A não ocorrência de fenômenos patológicos de nenhuma natureza teria origem na pouca severidade da inundação simulada, sem a presença de sedimentos em suspensão e utilizando-se água em condição estática.

3.9 Orçamentos de obras civis

São apresentados a seguir alguns conceitos básicos relativos a Orçamentos de obras civis, visto que seu entendimento é de fundamental importância para a modelagem dos custos de recuperação das edificações vistoriadas na pesquisa de campo realizada e apresentada no Capítulo 4 *Materiais e Métodos*.

3.9.1 Orçamento de Obra

Orçamento é a descrição completa de todos os insumos de uma obra, devidamente quantificados e multiplicados pelos seus respectivos preços unitários, acrescidos da verba para a cobertura do benefício e das despesas indiretas, cujo somatório representa o faturamento provável da construção.

Entende-se que a estimativa dos custos para a elaboração do orçamento é basicamente um exercício de previsão. Diversos fatores contribuem e influenciam no custo de um empreendimento. Para tanto, a técnica orçamentária envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valoração de uma grande série de itens. Por serem preparados antes da efetiva construção do produto, os estudos orçamentários devem ser desenvolvidos de modo a não existirem lacunas na composição dos custos, nem considerações que não correspondam à realidade. A interpretação aprofundada dos projetos, desenhos, planejamentos e especificações da obra permite ao orçamentista estabelecer a melhor maneira de execução da obra e realização de cada tarefa, identificando a dificuldade dos serviços envolvidos e os custos correspondentes. Ainda assim, alguns parâmetros não podem ser determinados com exatidão, como é o caso de chuvas, condições do solo, disponibilidade de materiais e flutuações na produtividade dos operários (MATTOS, 2006).

3.9.2 Atributos do orçamento

Uma composição de custos deve ser executada de forma a retratar a realidade do projeto. Entretanto, por se tratar de um estudo feito a priori, há sempre uma margem de incerteza embutida no orçamento. Muitas são as premissas de cálculo adotadas e a defasagem de tempo entre o momento da orçamentação e o da realização da tarefa às vezes é significativa.

Os principais atributos do orçamento são a aproximação, a especificidade e a temporalidade.

a) Aproximação

Por basear-se em previsões, todo orçamento é aproximado. Por mais que todas as variáveis sejam ponderadas há sempre uma estimativa associada. Um orçamento não tem que ser exato, porém deve ser preciso. Ao orçar a obra, o orçamentista não pode se desviar muito do valor que a obra irá efetivamente custar. Assim, quanto mais criteriosa for uma orçamentação, menor será sua margem de erro. A aproximação de um orçamento está ligada a diversos fatores:

- a produtividade da mão de obra, por afetar diretamente as composições de custo;
- os encargos sociais e trabalhistas;
- os preços dos insumos, pois não se pode ter certeza que os preços orçados serão praticados durante toda a obra;
- os impostos sobre os preços de aquisição dos insumos podem variar durante a obra;
- a expectativa de perdas, desperdícios e reaproveitamentos podem se mostrar muito arrojadas ou excessivamente conservadoras;
- o custo horário e a produtividade dos equipamentos utilizados;
- os custos indiretos, como os salários e encargos sociais das equipes técnicas, administrativas e de apoio.

b) Especificidade

O orçamento para se desenvolver um empreendimento em determinado local é diferente daquele para a execução do mesmo empreendimento em outro local, não existindo orçamento padronizado ou generalizado. Um orçamento depende:

- da construtora, trazendo implícita sua política de dimensionamento de cargos de supervisão (engenheiros, mestres de obra, encarregados), padrão do canteiro de obras, necessidade de empréstimos para a realização da obra, entre outros;
- das condições locais, tais como clima, relevo, vegetação, solo, acessibilidade às fontes de matérias primas, oferta de equipamentos e qualidade da mão de obra.

c) Temporalidade

Um orçamento é válido em determinado período, porque:

- há flutuação no custo dos insumos ao longo do tempo;
- pode haver alteração de impostos e encargos sociais e trabalhistas;
- pode ocorrer evolução nos métodos construtivos, com o surgimento de novas técnicas, materiais e equipamentos mais adequados;
- pode haver mudança nos cenários financeiros e gerenciais, tais como condições de capital de giro, necessidade de empréstimos, etc.

3.9.3 Custos envolvidos em um orçamento

Em geral, um orçamento é determinado pela composição das seguintes partes:

- custos diretos, tais como materiais, mão de obra e equipamentos;
- custos indiretos, envolvendo equipes de supervisão, despesas administrativas, taxas, etc.;
- impostos e lucro do empreendedor.

a) Custos diretos

Os custos diretos na construção civil são calculados a partir de composições de custos dos diversos serviços e materiais utilizados na obra. Para sua obtenção são elaboradas planilhas orçamentárias a partir dos quantitativos de serviços necessários e seus respectivos preços unitários. Estes últimos são em geral publicados por revistas técnicas especializadas de construção civil, tais como Construção Mercado e O Informador das Construções.

b) Benefícios e Despesas Indiretas (BDI)

A taxa de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) é utilizada na composição do preço final de um serviço para reembolsar o construtor pelas despesas não calculadas no custo direto, explícito na planilha de orçamento, tais como impostos, despesas administrativas, encargos financeiros, custos indiretos, além de remunerar o lucro.

Os custos indiretos consistem nas despesas oriundas do desenvolvimento de atividades técnicas, administrativas, comerciais e legais, necessárias para garantir a perfeita execução da obra, atendendo a seus parâmetros de custo, prazo e qualidade.

A taxa de BDI inclui, entre outros, os seguintes itens:

- custo do escritório central da empresa;
- custo da estrutura técnico-administrativa da obra;
- custos financeiros;
- lucro do construtor;
- impostos.

c) Custo Unitário Final de Obra (CF)

A NBR 14.653, Norma Brasileira para Avaliação de Bens, define o Custo Unitário Final de Obra como aquele que engloba os Custos Diretos (CDI) e a taxa de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI). Nesta norma é proposto o seguinte modelo para o cálculo do Custo Unitário Final de Obra (CF):

$$CF = CDI \cdot BDI \quad (3.3)$$

onde,

CF : custo unitário de construção (R\$/m²)

CDI : custo unitário direto (R\$/m²)

BDI : benefícios e despesas indiretas

O valor do BDI é calculado através de:

$$\text{BDI} = (1 + A) \cdot (1 + F) \cdot (1 + L) \quad (3.4)$$

onde,

A: taxa de administração da construtora para a obra

F: custos financeiros durante o período de construção

L: taxa de lucro da construtora

3.10 Análise de custos e benefícios

A seguir são apresentados alguns conceitos básicos relativos a análises de custos e benefícios, dada sua importância para a verificação da viabilidade de adoção das medidas de proteção contra as inundações das edificações vistoriadas.

3.10.1 Conceitos básicos

Uma análise de custos e benefícios (ACB) consiste em uma abordagem teórica aplicada à avaliação sistemática quantitativa de um projeto público ou privado, para determinar se, ou em que medida, um projeto é oportuno em uma perspectiva pública ou social. Diferencia-se de uma simples análise financeira pelo fato de considerar todos os ganhos e perdas, independentemente da matéria a que se referem. Uma ACB implica normalmente na utilização de preços fictícios, cujos resultados podem ser expressos de várias maneiras, nomeadamente a taxa interna de retorno, o valor presente líquido e a relação custo-benefício.

Um projeto pode ser definido como uma atividade de investimento na qual são aplicados recursos (os custos) com o objetivo de criar ativos que permitam produzir benefícios durante um período de tempo prolongado e possuindo uma unidade de programação, de financiamento e de execução. Um projeto constitui, portanto, uma atividade definida destinada a atingir um objetivo preciso, com um ponto de partida e um ponto de chegada específicos. Pode ser igualmente considerado como o menor elemento operacional preparado e executado como entidade distinta no interior de um plano ou programa nacional (FLORIO e VIGNETTI, 2003).

Castelo Branco (2010) classifica os projetos em duas modalidades:

- projetos mutuamente excludentes: são projetos que possuem a mesma função e, conseqüentemente, competem entre si. A aceitação de um projeto desse tipo elimina a consideração posterior de todos os outros projetos do grupo.
- projetos independentes: são projetos cujos fluxos de caixa não estão relacionados, sendo independentes entre si. A aceitação de um deles não exclui a consideração posterior dos demais projetos.

Um projeto pode ainda produzir benefícios avaliáveis em termos monetários ou benefícios intangíveis. A ACB é um indicador que relaciona os benefícios de um projeto ou proposta, expressos em termos monetários, e os seus custos, também expressos em termos monetários. Os benefícios assim como os custos devem ser expressos em valores presentes.

Os resultados dos estudos de viabilidade de um projeto devem provar que o projecto selecionado é a alternativa mais apropriada entre as opções consideradas.

O princípio geral da ACB é verificar se vale a pena financiar determinado projeto, o que ocorrerá quando a sociedade ganha com o projeto, porque os benefícios excedem os custos.

A ACB é efetuada de acordo com o método incremental, ou seja, o projeto é avaliado com base nas diferenças dos custos e dos benefícios entre um cenário com o projeto e um cenário alternativo sem o projeto.

Nem todos os impactos socioeconômicos podem ser sempre quantificados e avaliados. Esta é a razão pela qual, para além da estimativa de indicadores de desempenho, devem ser levados em conta os custos e benefícios não monetários, particularmente no que se refere às questões relativas ao impacto no emprego, inclusão social, igualdade de direitos sociais e na igualdade de oportunidades.

A análise de custos e benefícios tem como objetivo determinar os efeitos das decisões de investimentos, públicos ou privados, sobre a economia de um país ou de uma região. Em outras palavras, o que se pretende medir são os efeitos de decisões de investimentos sobre o bem-estar dos países, regiões ou grupos sociais beneficiados pelos projetos. A avaliação de projetos, dependendo do nível de abrangência, pode ser enfocada em aspectos financeiros e econômicos ou sociais. O financeiro diz respeito ao lucro das empresas envolvidas, e o maior

interessado é o próprio agente econômico. Considera-se que a avaliação de projetos para a sociedade significa uma avaliação dos pontos positivos e negativos, de forma qualitativa e quantitativa, visto que leva em conta informações, estimativas e previsões financeiras, econômicas e sociais. Esta análise considera implicações diversas, das quais surge o conceito de análise de custos e benefícios econômico ou social, como método de quantificação e medição de custos e benefícios para avaliação de investimentos de abrangência nacional (SANG, 1988).

A ACB deve indicar se um projeto deve ser empreendido e, caso os recursos sejam limitados, quais as prioridades do projeto, de acordo com critérios definidos. Em se tratando de empresas privada o critério é puramente comercial, com o objetivo de incrementar seus lucros. De forma diferente, a ACB valoriza tanto os custos como suas consequências. Baseia-se na teoria econômica do bem-estar, tendo fundamentação teórica mais sólida, permitindo comparações do investimento público com outros alternativos.

A principal desvantagem das avaliações baseadas em ACB é que, por definição, elas ignoram impactos não-monetários. Foram feitas tentativas de sobrepujar estas limitações mediante a combinação da ACB com informações a respeito desses impactos não passíveis de expressão monetária, tais como a abordagem proposta pelo *New Approach to Appraisal*, utilizado no Reino Unido. Outra dificuldade da ACB refere-se à definição precisa de benefícios e custos, dada a variabilidade de critérios.

Os fundamentos da ACB é a teoria do bem-estar aplicada (NORONHA, 1987). Os efeitos a avaliar incluem não apenas os de carácter comercial, mas também aqueles não comerciais. Adicionalmente, a avaliação deve identificar os grupos potencialmente influenciados pelo projeto, e não apenas a entidade encarregada da execução. Desta forma, este tipo de análise define inicialmente os efeitos previsíveis associados à decisão para cada grupo potencialmente afetado. Posteriormente, os efeitos são avaliados em termos monetários, representando os efeitos positivos (benefícios) e os efeitos negativos (custos). Para cada grupo é elaborado o balanço comparativo dos custos e benefícios em cada período e o balanço global para todos os períodos que corresponde à soma atualizada dos balanços periódicos.

Finalmente, é feita a conjugação dos balanços globais de todos os grupos, atingindo-se o balanço para toda a comunidade e para todos os períodos, que, no âmbito desta análise, permitirá a tomada de decisão. Se os benefícios totais ultrapassarem os custos, deve avançar-se com a decisão, caso contrário, a decisão não deve ser tomada. A ACB pode ser utilizada

em diversas situações, sendo as mais comuns na avaliação feita por empresas, da viabilidade de um projeto de investimento privado ou na avaliação por parte de uma entidade estatal de um projeto público (construção de estradas, barragens, etc.).

Uma metodologia associada à ACB é a avaliação do denominado Índice Benefício Custo (IBC), uma técnica de análise de investimentos que indica a alternativa que maximiza o retorno do valor investido. É utilizada para comparar alternativas de investimentos diferentes. Neste método, é importante maximizar a geração de entradas líquidas de caixa com menor investimento possível em dado período de tempo determinado pelo projeto. Quanto maior for o valor dos ganhos e menor o investimento feito, mais favorável será o IBC (KATO, 2012).

$$\text{IBC} = \text{VALOR PRESENTE DAS RECEITAS LÍQUIDAS} / \text{VALOR PRESENTE DO INVESTIMENTO} \quad (3.5)$$

Frequentemente utiliza-se o IBC como critério de seleção onde são admissíveis todos os projetos independentes que tenham uma relação benefício-custo calculada com uma taxa de atualização pertinente, igual ou superior à unidade (FLORIO e VIGNETTI, 2003).

Se o IBC for maior que um, o projeto é vantajoso. Caso o IBC seja menor que um o projeto é desvantajoso. Um IBC maior que um indica que para cada unidade de capital investido na operação há de fato um retorno positivo

3.10.2 Valor presente líquido

O Valor Presente Líquido (VPL) é uma das técnicas consideradas sofisticadas em análise de projetos. É obtida calculando-se o valor presente de uma série de fluxos de caixa (pagamentos ou recebimentos) com base em uma taxa conhecida ou estimada, subtraindo-se o investimento inicial.

A equação a seguir (3.1) mostra a forma usual de cálculo do valor presente líquido.

$$\text{VPL} = \sum (\text{FC}_1 / (1+i)^1) + (\text{FC}_2 / (1+i)^2) + \dots + (\text{FC}_n / (1+i)^n) - \text{PV}_0 \quad (3.6)$$

onde,

VPL = valor presente líquido;

FC_n = fluxo de caixa para n períodos de tempos;

i = taxa de desconto.

Os critérios de aceitação do VPL são os seguintes (CASTELO BRANCO, 2010):

- se $VPL > 0$, o projeto deve ser aceito;
- se $VPL < 0$, o projeto deve ser recusado;
- se $VPL = 0$, o projeto não oferece ganho ou prejuízo.

No caso de seleção de projetos, inicialmente aceita-se todos aqueles que têm VPL positivo, pois nestes obtém-se um retorno financeiro maior que o custo do capital. Todos os projetos com VPL negativos devem ser excluídos. Posteriormente, se for necessário escolher somente um projeto entre diversos, escolhe-se aquele com maior VPL entre todas as alternativas (KATO, 2012).

3.10.3 Taxa interna de retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é também uma técnica considerada sofisticada em análise de projetos. É a taxa necessária que faz com que o VPL seja igual a zero. Como critério de aceitação se a TIR for maior que o custo de capital o projeto é aceito, se for menor rejeita-se o projeto. O método da TIR permite analisar se o retorno do projeto em termos percentuais é compatível com as expectativas. Projetos com TIR elevada muito provavelmente serão aprovados, inversamente serão rejeitados imediatamente.

3.10.4 Método *Payback Time*

O *Payback Time* é um método de análise baseado no tempo de retorno de cada projeto. Ele realiza o cálculo do período de tempo de retorno do projeto necessário para se recuperar o investimento inicial realizado. Se o tempo de *Payback* for menor que o máximo determinado, aceita-se o projeto. Se o tempo projetado for maior, o projeto é recusado.

A maior vantagem desse método é a facilidade de realização dos cálculos, pois são considerados apenas os valores de entradas e saídas de caixa, demonstrados no diagrama de fluxo de caixa.

Sua principal deficiência é a de não poder determinar com exatidão o período de retorno do investimento. Por essa razão, essa técnica de análise é considerada não sofisticada.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia para desenvolvimento do trabalho envolveu diversas etapas englobando pesquisa bibliográfica relativa ao tema no Brasil e no exterior. No país a pesquisa bibliográfica foi desenvolvida na Universidade Federal de Minas Gerais em Belo Horizonte e fora do país no *Institute for Water Education* (IHE-UNESCO) em Delft na Holanda. Ainda no exterior foram realizadas visitas técnicas à cidade de Dordrecht, Holanda, onde foram observadas alternativas de proteção implantadas em diversas edificações em locais historicamente inundáveis. Também em visitas técnicas ao Instituto *Wasserbau* da Universidade Tecnológica de Hamburgo, Alemanha, foram conhecidas alternativas de proteção desenvolvidas pelo laboratório de experimentos daquele instituto. Um breve relato dessas visitas encontra-se no Capítulo 3 *Revisão Bibliográfica*.

Outra etapa metodológica consistiu em um estudo de caso, com realização de pesquisa de campo e vistorias em edificações de regiões historicamente inundáveis no município de Belo Horizonte. Através desta pesquisa de campo foi possível modelar orçamentos dos custos de recuperação das edificações vistoriadas, custos de adoção de alternativas de proteção destas edificações e custos de recuperação das edificações com as alternativas de proteção implantadas. Posteriormente, foi feita análise de custos e benefícios das medidas de proteção utilizadas.

Foram adotadas três tipologias de projetos de casa de forma a representar edificações situadas em áreas sujeitas a inundações na região escolhida para o estudo de caso na cidade de Belo Horizonte. Com tais tipologias de projetos foram elaborados orçamentos e quantificados custos de recuperação de patologias para diferentes profundidades de inundação, levantados os custos de adoção de alternativas de proteção para tornar as edificações mais resilientes, bem como os custos de recuperação das patologias nas diversas profundidades com as alternativas de proteção implantadas.

A seguir é mostrado um fluxograma indicativo da sequência das etapas metodológicas descritas anteriormente.

Figura 4.1 – Fluxograma indicativo da sequência das etapas metodológicas

4.1 Definição da região do estudo de caso

Em 31 de dezembro de 2008 e 22 de janeiro de 2009 a cidade de Belo Horizonte, notadamente as regiões do Barreiro, Oeste, Pampulha e Venda Nova (Figura 4.2) foram fortemente atingidas por inundações (Figura 4.3). Nesta ocasião a Secretaria Municipal de Políticas Sociais (SMPS) da cidade de Belo Horizonte cadastrou as famílias atingidas por estas inundações para fins de concessão de auxílio financeiro.

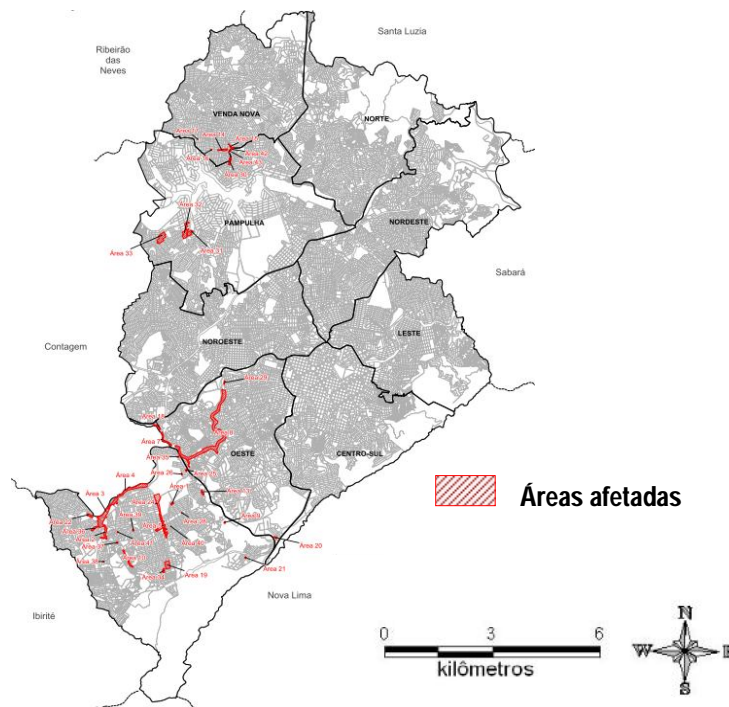


Figura 4.2 Mapa das regiões com indicação das áreas afetadas pelas inundações

Fonte: Secretaria Municipal de Políticas Urbanas (SMURBE, 2009)



Figura 4.3 Avenida Tereza Cristina durante as inundações de 31 de dezembro de 2008.

Fonte: Jornal Estado de Minas (portal Uai) publicado em 01 de janeiro de 2009

Para o desenvolvimento da presente pesquisa foram realizadas visitas à região Oeste e região do Barreiro atingidas pelas citadas inundações (Figura 4.4.), com o acompanhamento de Assistentes Sociais da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PMBH).

Após essas visitas, foi definido o Barreiro como a região de estudo. Esta escolha fundamentou-se tanto na ocorrência das inundações recentes, bem como na existência de uma vasta base de dados relativa aos eventos ocorridos.

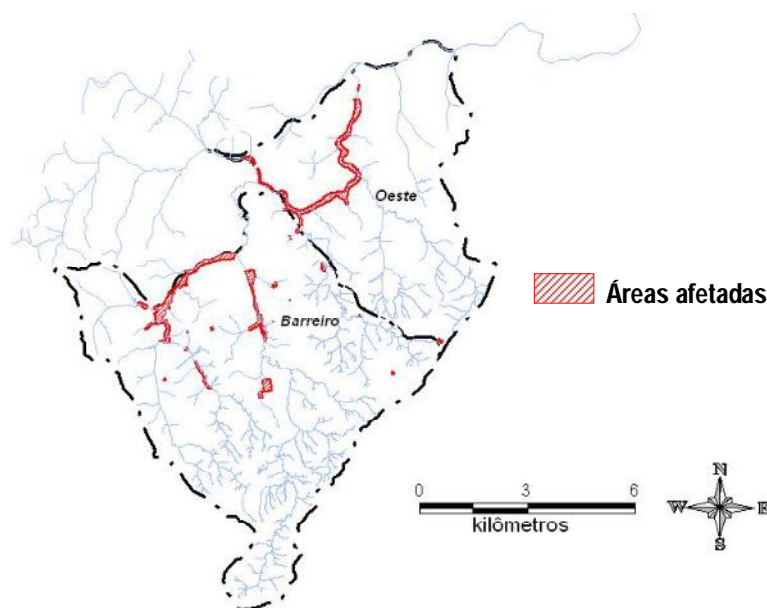


Figura 4.4 Mapa das regiões do Barreiro e Oeste onde foram realizadas visitas: indicação das áreas afetadas

Fonte: Elaboração própria em conjunto com Rodrigo Dias

4.2 Caracterização da região do estudo de caso

A região do estudo de caso da presente pesquisa consiste em bairros e vilas localizados na região do Barreiro, município de Belo Horizonte, uma área urbana drenada pelo ribeirão Arrudas e alguns de seus afluentes e sujeita a inundações. Nos últimos anos, eventos de inundação provocaram impactos diversos nesta região, inclusive a perda de vidas humanas.

A cidade de Belo Horizonte foi originalmente planejada para ser a capital do estado de Minas Gerais. Foi construída em 1898. A região metropolitana de Belo Horizonte consiste em 33 municípios dispostos em uma área de 9.179 km². A área de Belo Horizonte é de aproximadamente 330 km², sendo seu perímetro de 120 km, dos quais 102 km encontram-se em espigões divisores de bacias hidrográficas (85% do total).

Belo Horizonte possui divisas ao sul com os municípios de Nova Lima e Brumadinho, a leste com Sabará e Santa Luzia, ao norte com Santa Luzia e Vespasiano e a oeste com Ribeirão das Neves, Contagem e Ibirité.

De acordo com Nascimento (2005), 94% da superfície do município de Belo Horizonte encontra-se parcelada e 6% correspondem a áreas de preservação. A Figura 4.5 mostra a mancha urbana do município de Belo Horizonte. Observa-se que a região do Barreiro é uma região adensada e muito urbanizada, embora ainda possua áreas sem ocupação urbana.

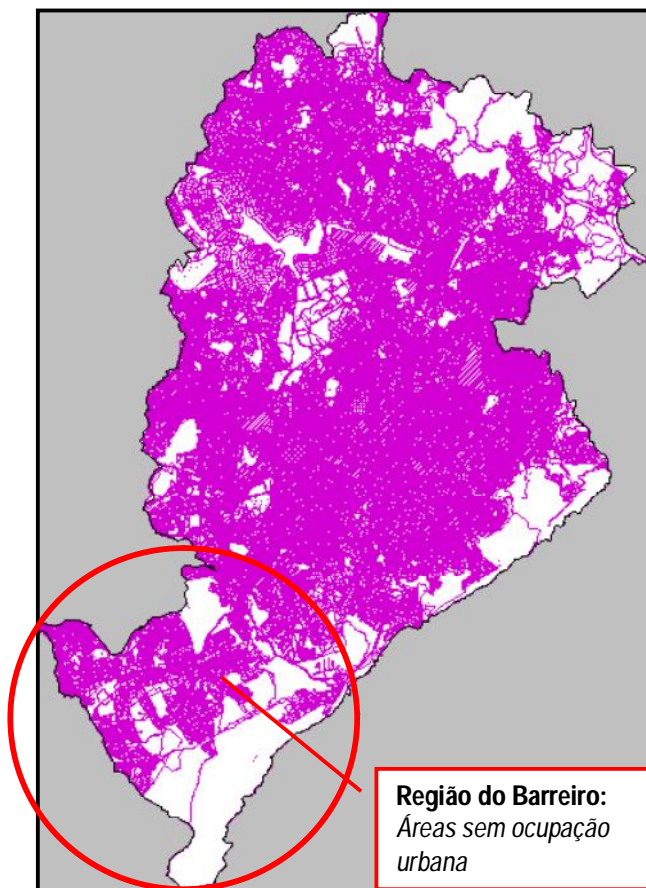


Figura 4.5 Mancha urbana do município de Belo Horizonte

Fonte: Champs, Aroeira e Nascimento (2005)

A região do Barreiro localiza-se a sudoeste de Belo Horizonte. É formada por cerca de 80 bairros, com 70 mil domicílios que abrigam 283.544 habitantes, conforme levantamento do Censo, realizado em 2010 (www.belo Horizonte.mg.gov.br, consultado em 10 de junho de 2012).

A bacia hidrográfica do ribeirão Arrudas é uma das duas principais bacias do município de Belo Horizonte. O ribeirão Arrudas corta o município no sentido oeste-leste, desde sua

nascente no córrego Jatobá na região do Barreiro até desaguar no rio das Velhas, possuindo uma extensão total de 58 km. O ribeirão recebe 35 afluentes diretos, sendo 28 afluentes em Belo Horizonte, um afluente em Contagem e seis afluentes em Sabará.

As casas da amostra de referência se localizam, segundo as bases de dados da hidrografia do município de Belo Horizonte, no córrego Independência, córrego Jatobá e dois pequenos subafluentes sem nome, integrantes da Bacia do córrego Jatobá, o córrego Barreiro e dois pequenos subafluentes sem nome, integrantes da bacia do córrego Barreiro, o córrego Bonsucesso integrante da bacia do córrego Bonsucesso e o ribeirão Arrudas. Todos esses cursos d'água pertencem à bacia do ribeirão Arrudas.

A Superintendência de Desenvolvimento da Capital (SUDECAP), através de seu Núcleo de Execução de Projetos Especiais – Plano Diretor de Drenagem (NEPE-PDD) utilizou os dados pluviométricos das estações existentes na região do Barreiro e de outras estações existentes no município para simular computacionalmente o evento do dia 31 de dezembro de 2008.

Para a simulação computacional foi utilizado modelo da área de estudo produzido pelo Departamento de Hidráulica e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais (EHR – UFMG) no ano de 2000, com o auxílio dos modelos computacionais hidrológico HEC-HMS* e hidráulico HEC-RAS*, por ocasião do estudo “Diagnóstico Hidrológico e Hidráulico do Sistema de Macro-Drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Arrudas – Exutório Próximo à Confluência com o Córrego Tejuco” encomendado pela SUDECAP. Esse estudo foi atualizado em 2011, notadamente no que se refere às taxas de impermeabilização das sub-bacias.

A estação pluviométrica da região do Barreiro, Senador Levindo Coelho, registrou 53,6 mm de precipitação em 1 hora durante o evento que ocasionou a inundação do dia 31 de dezembro de 2008, representando 82% do total precipitado no dia equivalente a 65,4 mm. A estação pluviométrica Cidade Industrial registrou 86,4 mm de precipitação diária.

Os resultados apresentados no “Relatório preliminar sobre o evento de 31”, produzido pela equipe técnica do NEPE-PDD, mostraram que o evento ocorrido em 31 de dezembro de 2008 se aproxima da chuva de projeto cujo tempo de retorno (TR) é igual a 25 anos.

*Os modelos HEC-HMS e HEC-RAS são produzidos e distribuídos pela *Hydrologic Engineering Centre* do Corpo de Engenheiros do Exército Americano

Os resultados apresentados no “Relatório preliminar sobre o evento de 31”, produzido pela equipe técnica do NEPE-PDD, mostraram que o evento ocorrido em 31 de dezembro de 2008 se aproxima da chuva de projeto cujo tempo de retorno (TR) é igual a 25 anos.

Dez dias após o evento, equipe do NEPE-PDD encontrou uma marca d’água relacionada ao evento, na proximidade da confluência entre o córrego Cercadinho e o ribeirão Arrudas, cuja cota corresponde a 869,20 m. A simulação realizada em modelo computacional apresenta, nesta seção transversal, as seguintes elevações: 869,83 m, para evento de TR de 50 anos; 869,43 m, para evento de TR 25 anos e 869,14m, para o evento ocorrido em 31 de dezembro de 2008. Esses resultados sugerem que apesar da gravidade dos impactos decorrentes dessa inundação, sua probabilidade de ocorrência é relativamente baixa, com tempo de retorno inferior a 25 anos (DIAS, 2010).

A resolução de alguns dos problemas associados à drenagem urbana da região do Barreiro está vinculada ao Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale e Córregos em Leito Natural de Belo Horizonte (Programa DRENURBS/Nascentes – SUDECAP), com obras já em andamento.

4.3 Cadastramento das famílias pela Municipalidade

O cadastro pela Municipalidade para fins de concessão de auxílio financeiro das famílias atingidas pelas inundações foi elaborado a partir de questionários aplicados aos moradores dos domicílios. Com base nas informações apuradas nos questionários, a Secretaria Municipal definiu critérios para a tipificação das famílias relativamente aos danos nos domicílios para posterior concessão do benefício. Na definição desses critérios foi considerada a capacidade de resolução do problema pela família em função da renda, a intensidade da inundação no imóvel e o grau de prejuízo material.

Para cada um dos critérios utilizados - renda, nível de inundação do imóvel e número de itens perdidos ou danificados, foram estabelecidos pesos em função de sua importância na gravidade da situação (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 Pesos relativos dos itens componentes dos critérios

Crêterios	Faixas	Pesos
Renda	Até 2 (dois) salários mínimos	2
	Acima de 2 (dois) salários mínimos	1
Nível de inunda�o do imóvel	Maior ou igual a 0,1 metro e menor que 0,5 metro	1
	Maior ou igual a 0,5 metro e menor que 1 metro	2
	Maior ou igual a 1 metro	3
Número de itens perdidos ou danificados	Nenhum item	1
	De 1 a 4 itens	2
	Acima de 4 itens	3

Fonte: Secretaria Municipal de Políticas Sociais da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2009

O enquadramento das famílias nas categorias de auxílio financeiro foi definido a partir da nota obtida por meio do somatório dos pesos estabelecidos pela Secretaria Municipal para os critérios acima, com a seguinte classifica o com rela o   gravidade da situa o:

- famílias *levemente* atingidas: pontua o de 2 a 4;
- famílias *moderadamente* atingidas: pontua o de 5 a 6;
- famílias *severamente* atingidas: pontua o de 7 e 8.

A tabela a seguir mostra os valores totais dos auxílios financeiros concedidos pela Municipalidade para as famílias das diversas regiões atingidas, considerando a classifica o das famílias com rela o   gravidade da situa o (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 Valores de auxílios financeiros concedidos às famílias nas diversas regiões

REGIÃO DO BARREIRO		
Classificação	Total	Valor (R\$)
Leve	337	168.500,00
Moderado	329	329.000,00
Severo	275	550.000,00
Total	941	1.047.500,00

REGIÃO OESTE		
Classificação	Total	Valor (R\$)
Leve	65	32.500,00
Moderado	142	142.000,00
Severo	361	722.000,00
Total	568	896.500,00

REGIÃO DA PAMPULHA		
Classificação	Total	Valor (R\$)
Leve	164	82.000,00
Moderado	115	115.000,00
Severo	46	92.000,00
Total	325	289.000,00

REGIÃO DE VENDA NOVA		
Classificação	Total	Valor (R\$)
Leve	62	31.000,00
Moderado	57	57.000,00
Severo	20	40.000,00
Total	139	128.000,00

TOTAL GERAL		
Classificação	Total	Valor (R\$)
Leve	655	327.500,00
Moderado	657	657.000,00
Severo	681	1.362.000,00
Total	1993	2.346.500,00

Fonte: Secretaria Municipal de Políticas Sociais da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2009 (Valores em R\$ de 2009).

4.4 Coleta de dados nos questionários aplicados

A Secretaria de Políticas Sociais cadastrou na região do Barreiro dados relativos a 941 domicílios atingidos pelas inundações de 31 de dezembro de 2008 e 22 de janeiro de 2009. Para a formação da amostra utilizada no estudo de caso realizado na região do Barreiro foi realizada consulta individual aos 941 questionários aplicados, procedendo-se à coleta de informações relativas aos endereços dos domicílios, classificação da família com relação à gravidade da situação em cada um deles, características socioeconômicas das famílias e profundidade atingida pela inundação.

4.5 Formação da amostra

A partir da população de 941 domicílios atingidos na região do Barreiro, foi possível o cálculo do tamanho mínimo da amostra de domicílios a serem vistoriados individualmente. Tal cálculo foi efetuado através da equação (4.1):

$$n = \frac{s^2}{(\tilde{y} - \mu)^2} \cdot (t_{\alpha;gl}) \quad 4.1$$

onde,

n = número de elementos da amostra;

s = desvio padrão amostral das profundidades de inundação;

$t_{\alpha;gl}$ = coeficiente de *Student* para o nível de significância α e n-1 grau de liberdade;

\tilde{y} = média aritmética da amostra;

μ = média aritmética da população.

Em função dos cálculos efetuados obteve-se inicialmente uma amostra composta por 98 domicílios e um erro de 0,08 m na profundidade da inundação. Os 98 domicílios da amostra foram escolhidos aleatoriamente, mantendo-se proporcionalidade de amostra e população no que se refere à tipificação das famílias relativamente à gravidade da situação.

Entretanto, foi possível apenas a vistoria de 62 casas em função de dificuldades operacionais encontradas tais como, não localização do proprietário do imóvel, não permissão de realização da vistoria em alguns domicílios, casas abandonadas e aspectos de segurança na realização das vistorias. Procedeu-se então ao recálculo do erro na profundidade da inundação com obtenção de um erro de 0,10 m, considerado aceitável tendo em vista a incerteza de medida de profundidade.

Um resumo das informações coletadas nos questionários aplicados pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte aos 62 domicílios da amostra é apresentado no Capítulo 5, subitem 5.1 Resumo das informações da amostra.

4.6 Vistorias aos domicílios da amostra

As vistorias aos 62 domicílios foram realizadas no período entre novembro de 2009 e janeiro de 2010. Nas vistorias foram observadas características das edificações tais como, idade aparente, padrão construtivo, estado de conservação, manifestações patológicas e eventuais medidas de proteção da edificação existentes, bem como realizados registros fotográficos.

Os padrões construtivos adotados foram o *Normal, Baixo e Proletário* e o enquadramento das edificações em tais padrões foi feito através de adaptação das especificações de acabamento constantes na NBR 12.721 - Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios de edifícios (ABNT, 2007) e no CCEB, Critério de Classificação Econômica Brasil.

O Critério Brasil é um instrumento de segmentação econômica que utiliza o levantamento de características domiciliares (presença e quantidade de alguns itens domiciliares de conforto e grau escolaridade do chefe de família) para diferenciar a população. O critério atribui pontos em função de cada característica domiciliar e realiza a soma destes pontos, estabelece uma correspondência entre faixas de pontuação do critério e extratos de classificação econômica (www.abep.org.br, consultado em 20 de junho de 2012).

Já os estados de conservação adotados foram *Novo, Entre novo e regular, Regular, Entre regular e necessitando de reparos simples, Necessitando de reparos simples, Entre necessitando de reparos de simples a importantes, Necessitando de reparos importantes, Entre necessitando de reparos importantes a edificação sem valor e Sem valor*. A especificação de tais estados de conservação foi feita no Brasil pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – Estado de São Paulo (IBAPE-SP) e é apresentada a seguir (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 Tabela dos estados de conservação com descrição de suas características

Estado da edificação	Características
<i>Nova</i>	Edificação nova ou com reforma geral a substancial, com menos de dois anos, que apresente apenas sinais de desgaste natural da pintura externa
<i>Entre nova e regular</i>	Edificação nova ou com reforma geral a substancial, com menos de dois anos, que apresente necessidade apenas de uma demão leve de pintura para recompor a sua aparência
<i>Regular</i>	Edificação seminova ou com reforma geral e substancial entre 2 e 5 anos, cujo estado geral possa ser recuperado apenas com reparos de eventuais fissuras superficiais localizadas e/ou pintura externa e interna
<i>Entre regular e necessitando de reparos simples</i>	Edificação seminova ou com reforma geral e substancial entre 2 e 5 anos, cujo estado geral possa ser recuperado com reparos de fissuras e trincas localizadas e superficiais e pintura interna e externa
<i>Necessitando de reparos simples</i>	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura interna e externa, após reparos de fissuras e trincas superficiais generalizadas, sem recuperação do sistema estrutural. Eventualmente, revisão do sistema hidráulico
<i>Entre necessitando de reparos de simples a importantes</i>	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura interna e externa, após reparos de fissuras e trincas, com estabilização e/ou recuperação localizada do sistema estrutural. As instalações hidráulicas e elétricas possam ser restauradas mediante a revisão e com substituição eventual de algumas peças desgastadas naturalmente. Eventualmente possa ser necessária a substituição dos revestimentos de pisos e paredes, de um, ou de outro cômodo. Revisão da impermeabilização ou substituição de telhas de cobertura
<i>Necessitando de reparos importantes</i>	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura interna e externa, com substituição de panos de regularização da alvenaria, reparos de fissuras e trincas, com estabilização e/ou recuperação de grande parte do sistema estrutural. As instalações hidráulicas e elétricas possam ser restauradas mediante a substituição das peças aparentes. A substituição dos revestimentos de pisos e paredes, da maioria dos cômodos, se faz necessária. Substituição ou reparos importantes na impermeabilização ou no telhado
<i>Entre necessitando de reparos importantes a edificação sem valor</i>	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com estabilização e/ou recuperação do sistema estrutural, substituição da regularização da alvenaria, reparos de fissuras e trincas. Substituição das instalações hidráulicas e elétricas. Substituição dos revestimentos de pisos e paredes. Substituição da impermeabilização ou do telhado
<i>Sem valor</i>	Edificação em estado de ruína

Fonte: Elaboração própria baseada em informações do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias do Estado de São Paulo (IBAPE-SP, 2009)

A partir das vistorias foi elaborado relatório técnico contendo formulários com as informações coletadas e registros fotográficos das 62 casas componentes da amostra.

São apresentadas no Capítulo 5, subitem 5.2 *Vistorias aos domicílios da amostra*, as características, profundidade de inundação atingida e registros fotográficos de quatro edificações vistoriadas no período entre novembro de 2009 e janeiro de 2010. Tais edificações foram escolhidas de modo a abrangerem os diversos padrões construtivos e estados de

conservação das edificações. No Apêndice I são apresentados os formulários e registros fotográficos completos de doze casas vistoriadas.

4.7 Tipologias de projetos adotadas

Uma vez que não foi possível obter os projetos das edificações vistoriadas, foram adotadas três tipologias de projetos, escolhidas de forma a representar por similaridade todas as edificações da amostra vistoriada.

As três tipologias de projetos arquitetônicos I, II e III adotadas tiveram como referência projetos da Companhia de Habitação do Estado de Minas Gerais (COHAB-MG) e do Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais (SINDUSCON-MG).

As três tipologias de projetos arquitetônicos adotadas, casa tipo I, casa tipo II e casa tipo III foram as seguintes:

- casa tipo I:
projeto: COHAB-MG;
cômodos: sala/quarto, banheiro, cozinha e área de serviço;
área total: 21,84m²;
- casa tipo II:
projeto: SINDUSCON-MG;
cômodos: sala, 02 quartos, banheiro, cozinha e área de serviço;
área total: 49,38m²;
- casa tipo III:
projeto: SINDUSCON-MG;
cômodos: sala, 03 quartos, sendo 01 suíte, 01 banheiro social, circulação, cozinha, área de serviço, banheiro de empregada e garagem;
área total: 106,44m².

As plantas baixas dos projetos das casas tipo I, II e III são apresentadas a seguir (figuras 4.6, 4.7 e 4.8).

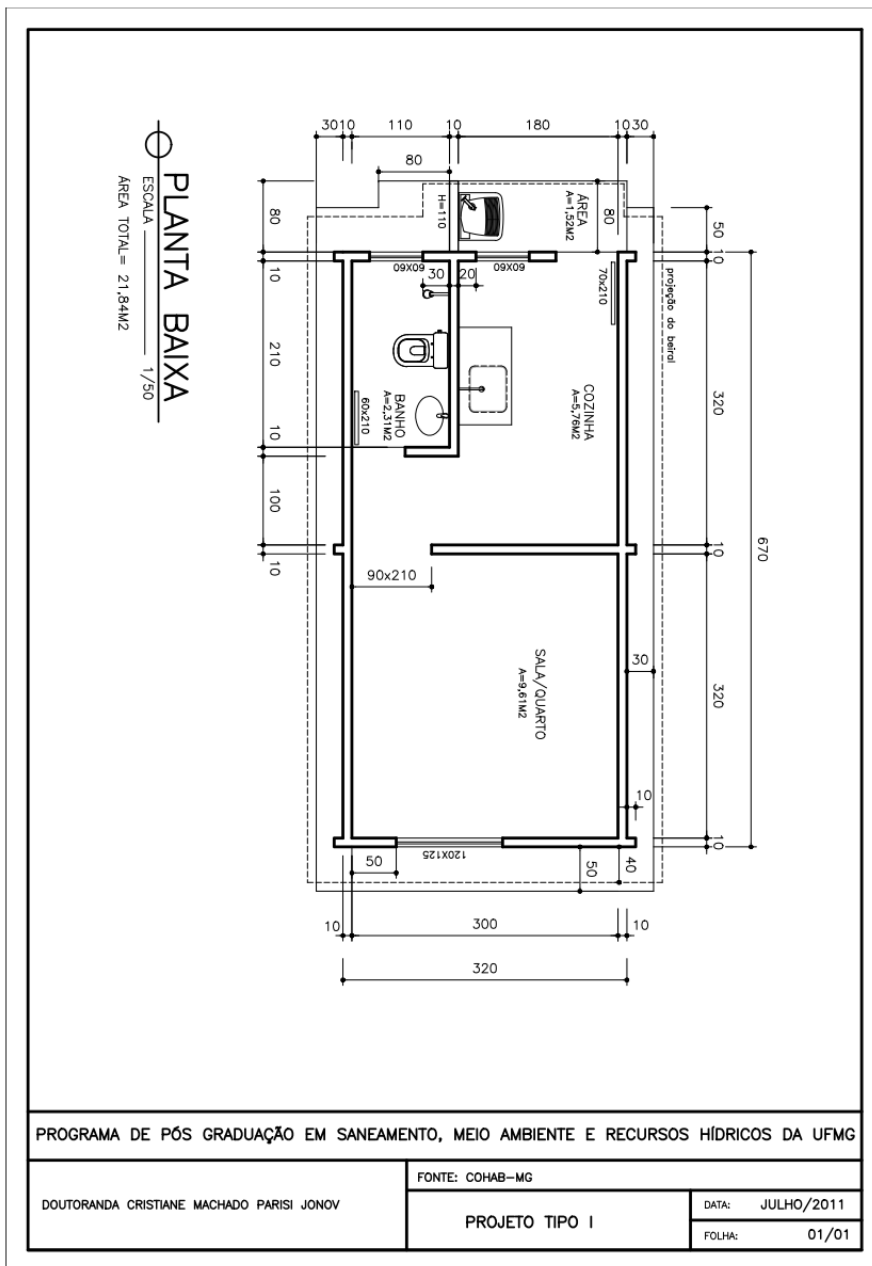


Figura 4.6 Planta baixa da casa tipo I

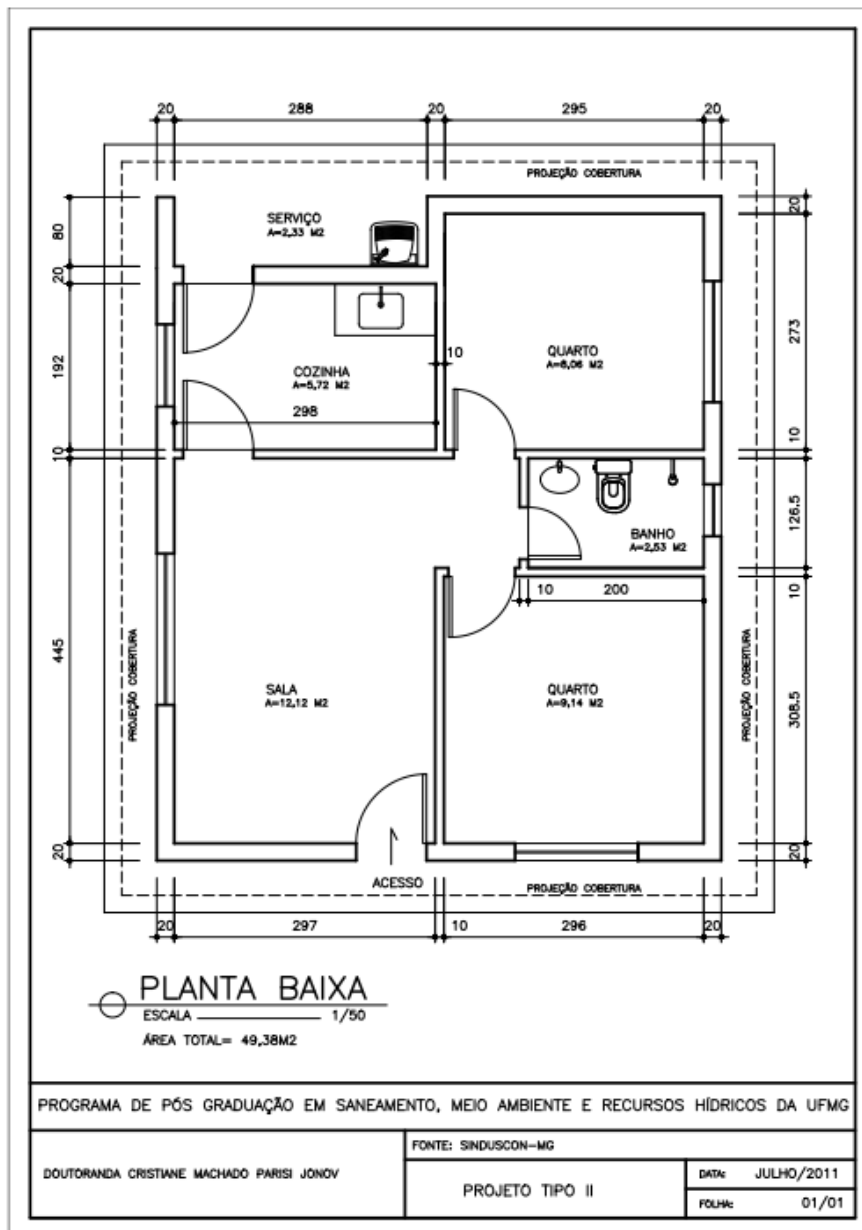


Figura 4.7 Planta baixa da casa tipo II

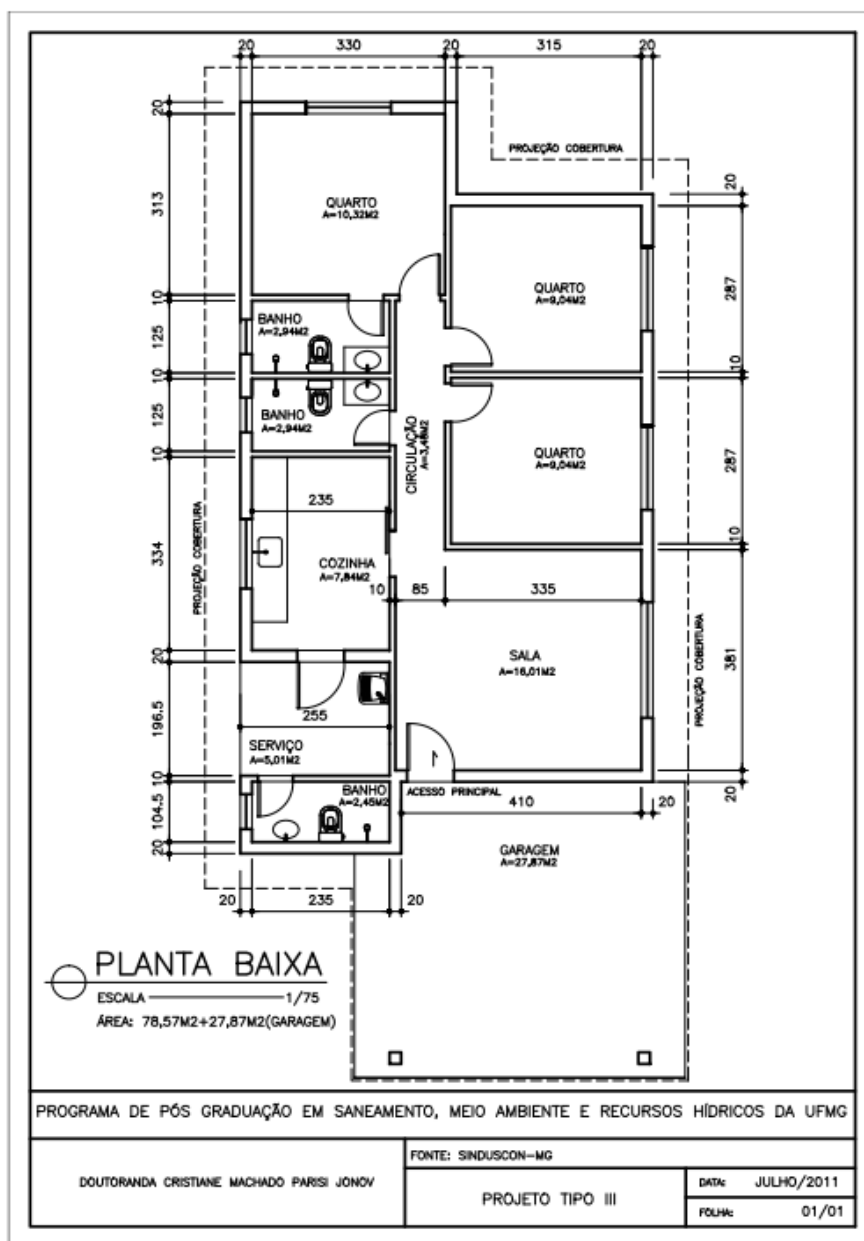


Figura 4.8 Planta baixa da casa tipo III

As tabelas contendo as especificações construtivas e as maquetes digitais ilustrativas de cada tipologia de casa são apresentadas no Capítulo 5, subitem 5.3 *Tipologias de projetos adotadas*.

O enquadramento das 62 casas nas tipologias de projetos adotadas foi necessário para a posterior elaboração de orçamentos e quantificação dos custos de recuperação das patologias observadas, dos custos de adoção de alternativas de proteção das edificações e de orçamentos e quantificação dos custos de recuperação das patologias com as alternativas de proteção implantadas.

4.8 Modelagem dos custos para recuperação das patologias

Com base nas manifestações patológicas identificadas nas vistorias realizadas foram relacionados os serviços de engenharia necessários para a recuperação destas patologias. Tais serviços foram também utilizados como referência para os procedimentos de recuperação dos danos nas 62 casas do estudo de caso. No Capítulo 5, subitem 5.4 *Modelagem dos custos para recuperação das patologias*, são descritos os serviços de engenharia necessários para a recuperação das manifestações patológicas observadas.

De acordo com a profundidade de inundação atingida na edificação foi admitida a ocorrência ou não de dano e no caso da ocorrência de dano foi realizada simulação do efeito da água de inundação sobre os componentes da edificação.

Tal simulação foi realizada através de ponderações e da atribuição de percentuais e de quantitativos estimativos dos serviços de engenharia necessários para a recuperação dos danos gerados pela ação da inundação. Os quantitativos de serviços foram definidos pelas composições de custos fornecidas pela Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO, 2003). Já a estimativa dos percentuais de serviços necessários para a recuperação dos danos em cada profundidade de inundação foi feita com base no comportamento físico, resistência ao ataque ambiental e durabilidade dos materiais e componentes da edificação. Tal comportamento se relaciona diretamente com o aparecimento de manifestações patológicas e sua intensidade, como previsto pela literatura técnica e apresentado no Capítulo 3, subitem 3.5 *Materiais e subsistemas das edificações mais expostos às inundações*.

Na simulação foi considerada a metodologia de escala proposta por Proverbs e Soetanto (2004) abordada no Capítulo 3, subitem 3.4.2 *Fatores de influência nos danos de inundações* e as limitações nos cálculos dos percentuais indicadas por Penning-Rowell e Chatterton (1977) e descritas no subitem 3.4.3 *Reparos dos danos de inundações*.

Para cotejamento e corroboração da parametrização dos percentuais e quantitativos de serviços adotada foram consideradas informações obtidas através de experiências de profissionais nas diversas áreas de materiais de construção e tecnologia das edificações conforme previsto pela literatura (PENNING-ROWSELL e CHATTERTON, 1977) e descrito no Capítulo 3, subitem 3.7 *Manifestações patológicas causadas pelas águas de inundações*. Ainda no cotejamento foi considerada a extensão dos danos identificados em casas vistoriadas na parte experimental da pesquisa (Estudo de caso).

Para melhor representar as profundidades obtidas nas edificações vistoriadas foi adotada uma faixa de profundidades de 0,20 a 2,00 m, com subdivisões de 0,20 m. A faixa adotada admite que abaixo de 0,20 m os danos observados são pouco significativos e acima de 2,00 m o aumento da extensão dos danos começa a ser pouco significativo.

No Capítulo 5, subitem 5.4 *Modelagem dos custos para recuperação das patologias*, são apresentados os percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia de recuperação das patologias para as diversas profundidades e em cada tipologia de projeto adotada, bem como os critérios utilizados para sua definição.

Com base nos parâmetros anteriormente adotados pode-se realizar o levantamento dos quantitativos e elaborar os orçamentos para obtenção dos custos de recuperação das patologias para as diversas profundidades e em cada uma das tipologias adotadas. Na elaboração destes orçamentos foram considerados os custos diretos, os custos indiretos e o lucro, sendo os dois últimos representados pelas Bonificações e Despesas Indiretas (BDI).

Como os valores de BDI praticados pelas construtoras variam de acordo com as características da construção, sendo tanto maiores quanto mais complexas as construções, foram adotados valores usuais de BDI praticados na Construção Civil para as tipologias de projeto adotadas:

- casa tipo I: BDI = 10%;
- casa tipo II: BDI = 15%;
- casa tipo III: BDI = 20%.

Os custos finais para recuperação das manifestações patológicas observadas nas 62 casas foram também obtidos. Para estes orçamentos foram consideradas as dimensões das edificações de acordo com a tipologia de projeto na qual ela se enquadra e as profundidades da inundação obtidas em campo.

4.9 Definição das medidas de proteção e seus custos

De acordo com alternativas de proteção previstas pela literatura técnica e a partir de alternativas de proteção observadas em visitas técnicas realizadas à cidade de Dordrecht (Holanda), no laboratório de ensaios de protótipos do Instituto *Wasserbau* da Universidade Tecnológica de Hamburgo e ao novo distrito denominado *Hafen City* na cidade de Hamburgo

(Alemanha) e apresentadas no capítulo 3 item 3.8, foram propostas medidas de proteção para edificações situadas em áreas sujeitas a inundações na cidade de Belo Horizonte. Parte destas medidas foi encontrada nas vistorias do estudo de caso, conforme Apêndice I.

As medidas de proteção adotadas na pesquisa foram:

- medida de proteção seca permanente;
- medida de proteção seca provisória;
- medida de proteção úmida.

Estas medidas de proteção foram orçadas para cada tipologia de projeto, através da definição dos serviços de engenharia necessários para sua implantação.

4.10 Modelagem dos custos para recuperação das patologias com as medidas de proteção teoricamente implantadas

Uma vez implantadas as medidas de proteção foram orçados os novos custos para recuperação das patologias previstas, agora com a existência das medidas de proteção.

De acordo com a profundidade de inundação na edificação foi admitida a ocorrência ou não do dano e no caso da ocorrência foram atribuídos novos percentuais e quantitativos estimativos dos serviços de engenharia necessários para a recuperação das patologias previstas.

No Capítulo 5, subitem 5.4 *Modelagem dos custos para recuperação das patologias*, são descritos os serviços de engenharia necessários para a recuperação das patologias previstas e seus novos percentuais, agora com as medidas de proteção seca permanente, seca provisória e úmida implantadas, para cada uma das três tipologias de projeto.

4.11 Construção das curvas de custos de recuperação de danos versus profundidades de inundação (curvas FDC)

A construção das curvas dos custos de recuperação de danos versus profundidades de inundação foi realizada para as tipologias de edificação I, II e III adotadas nas diversas profundidades de inundação conforme parâmetros adotados e posteriormente para três faixas

de profundidades $h < 0,50$ m; $0,50 \leq h \leq 1,00$ m e $h > 1,0$ m, obtidas a partir dos mapas das manchas de inundação para a região de localização das casas da amostra de referência.

Os mapas das manchas de inundação para a região de localização das casas amostradas forneceram as profundidades de inundação para eventos de tempos de retorno usualmente empregados nesse tipo de estudo, de 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anos.

Na análise das profundidades fornecidas pelos mapas das manchas de inundação nos diversos tempos de retorno, foram constatados vários cenários pontuais:

- casas inundadas em cotas elevadas, por exemplo acima de 1,00 m, com frequência elevada: TR = 5 a 25 anos;
- casas inundadas a cotas baixas, por exemplo abaixo de 0,50 m, com frequência elevada: TR = 5 a 25 anos;
- casas inundadas a cotas elevadas, por exemplo acima de 1,00 m, com baixa frequência: TR = 100 anos;
- casas inundadas a cotas baixas, por exemplo abaixo de 0,50 m, com baixa frequência: TR = 100 anos.

A partir desta constatação e como o número de casas é elevado e os cálculos são complexos, procurou-se uma amostra representativa desses vários cenários para a construção das curvas FDC. Para tanto, decidiu-se adotar um tempo de retorno de referência TR = 50 anos.

Entende-se, por exemplo, que uma casa Tipo I que é inundada com TR = 50 anos e profundidade abaixo de 0,50 m é uma casa submetida a um risco hidrológico baixo em comparação com uma casa semelhante cuja cota de inundação para esse evento é superior a 1,50 m. A escolha do TR = 50 anos, além de representar um risco hidrológico intermediário é um tempo de retorno frequentemente empregado em projetos de macrodrenagem.

Tempo de retorno ou tempo de recorrência de um evento hidrológico é o intervalo de tempo estimado de ocorrência de um determinado evento, definido como o inverso da probabilidade de um evento ser igualado ou ultrapassado pelo menos uma vez em um ano. Este parâmetro estatístico (TR) é muito utilizado em análises de risco e dimensionamento de obras de engenharia, geralmente com o objetivo de minimizar os efeitos prejudiciais de certo fenômeno natural.

Para as situações anteriores, tipologias de edificação (I, II e III) e faixas de profundidades ($h < 0,50$ m; $0,50 \leq h \leq 1,00$ m e $h > 1,0$ m) as curvas foram construídas a partir dos custos de recuperação das patologias para as profundidades e em cada uma das tipologias adotadas, sem medida de proteção e posteriormente com as medidas de proteção implantadas.

4.11.1 Mapas das manchas de inundação

Para a elaboração dos mapas das manchas de inundação foi utilizado o *software* de modelo hidráulico *Hydrologic Engineering Centers River Analysis System* HEC-RAS 4.1.0, o sistema de informação geográfica *ArcGIS*, bases de dados da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte e bases de dados de empresa de consultoria em Hidrologia.

Os modelos hidráulicos mencionados utilizam equações de *Saint-Venant* sendo aplicados para diferentes finalidades, tais como previsão de cheias em tempo real, criação de mapas de risco de inundações, estudos de instalação de barragens, entre outros.

No desenvolvimento dos mapas das manchas de inundação para os diferentes tempos de retorno adotados foram encontradas algumas dificuldades tais como, informações com grau de detalhamento insuficiente e divergências entre as bases de dados consultadas.

Inicialmente, foi realizada a identificação das secções dos córregos a serem modelados - córregos Independência, Jatobá, Barreiro, Bonsucesso e o ribeirão Arrudas, no Cadastro de Macrodrenagem Urbana de Belo Horizonte. Durante essa identificação, verificou-se a existência de informações somente para os trechos canalizados. Desta forma, as manchas de inundação não puderam ser modeladas para todas as regiões de localização das edificações em análise, optando-se por realizar o modelamento apenas para o trecho do córrego Jatobá.

Outra dificuldade no desenvolvimento dos mapas das manchas de inundação foi que os dados provenientes do Cadastro de Macrodrenagem, as informações topográficas obtidas a partir de *softwares* de geoprocessamento e o modelo elaborado pela empresa de consultoria em Hidrologia que contemplava a bacia do córrego Jatobá apresentavam divergências entre si. Em virtude dessas divergências, optou-se pela utilização do modelo elaborado pela empresa, adaptando-o às condições do trabalho. De forma semelhante, os parâmetros utilizados no *software* HEC-RAS 4.1.0 foram também adaptados.

Os hidrogramas de cheia provêm da modelagem hidrológica feita para a Bacia do Ribeirão Arrudas utilizando o modelo HEC HMS e a equação regional de chuvas intensas da região

metropolitana de Belo Horizonte. Tal modelagem foi feita pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG. O modelo não foi calibrado por ausência de monitoramento hidrológico à época.

Os parâmetros morfológicos da rede de drenagem foram inseridos no modelo com base nos mapas topográficos da bacia e com base no cadastro de rede de macrodrenagem. Os coeficientes de impermeabilização adotados provieram do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Belo Horizonte. Já as chuvas de projeto foram calculadas a partir da equação regional de chuvas intensas da região metropolitana de Belo Horizonte.

4.11.2Espacialização das manchas de inundação

Para a espacialização das manchas de inundação para os diferentes tempos de retorno modelados, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento.

A partir das ferramentas de geoprocessamento, pôde-se utilizar um Sistema de Informações Geográficas (SIG) através do software *ArcGis* 10 para a modelagem das zonas inundáveis. A utilização dessas ferramentas permitiu a integração de vários tipos de dados, especialmente as informações referentes às profundidades de inundação geradas pelo modelo e sua espacialização no relevo da área, bem como a determinação dos níveis atingidos pela água nas edificações em análise, segundo o modelo, para os diferentes tempos de retorno.

O traçado das superfícies inundáveis em SIG foi feito por um conjunto de operações partindo-se da topografia obtida através de uma imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), que permitiu a elaboração de um Modelo Digital de Terreno (MDT), escala 1:50.000. A utilização desta escala com intervalos de 20 em 20m tornou-se necessária porque parte da Bacia do córrego Jatobá se localiza no município de Contagem, onde não se dispõe de informações topográficas no mesmo grau de detalhamento existente em Belo Horizonte. Na ausência dessas informações, poderiam ocorrer distorções, não havendo garantia de que as manchas de inundação seriam espacializadas da maneira mais fidedigna possível.

Além dessas informações, foram também utilizadas bases cartográficas digitais de hidrografia, bacias hidrográficas e arruamento municipal da Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (PRODABEL), como também informações relativas à localização das casas da amostra de referência a partir da utilização do *software* Google Earth, onde foi possível lançar com precisão as coordenadas geográficas das casas vistoriadas.

Posteriormente foi inserida nos diversos mapas a localização das 62 casas da área de estudo e verificada a ocorrência ou não de inundação para os eventos nos diversos tempos de retorno. No caso da ocorrência da inundação, foram obtidos os valores das profundidades de inundação. As profundidades medidas nas casas foram utilizadas como referência para uma calibração aproximada do modelo hidráulico.

Com os valores das profundidades obtidas nos mapas pôde-se avaliar os custos de recuperação dos danos causados em um determinado evento para a edificação tipificada sem medida de proteção e com as medidas de proteção teoricamente implantadas.

Através de tal procedimento, pode-se então construir as curvas dos custos de recuperação de danos versus profundidades de inundação para nove edificações da mostra em estudo, sendo uma edificação de cada tipologia de edificação adotada (I, II e III) para cada uma das três faixas de profundidades $h < 0,50$ m; $0,50 \leq h \leq 1,00$ m e $h > 1,0$ m, no tempo de retorno de 50 anos ($TR = 50$ anos).

4.12 Análise de custos e benefícios

Foi planejada a realização de análise de custos e benefícios da implantação das medidas de proteção adotadas para as nove edificações mencionadas anteriormente. Entretanto, como para o evento de tempo de retorno de 50 anos, não houve inundação com profundidade menor que 0,50 m para nenhuma edificação do tipo I, realizou-se a análise de custos e benefícios para oito edificações.

Os benefícios são obtidos através da diferença entre as áreas sob as curvas dos custos de recuperação dos danos às edificações versus profundidade de inundação (FDC) *sem as medidas de proteção e com as medidas de proteção implantadas*. O valor das áreas sob as curvas é obtido através do cálculo da esperança matemática dos prejuízos onde se define um intervalo de probabilidade de ocorrência de um evento (inverso do tempo de retorno). A esperança matemática é calculada para cada intervalo através do produto da probabilidade de ocorrência do evento pelo custo de recuperação de danos correspondente.

Para a presente pesquisa, o cálculo da esperança matemática dos prejuízos foi feito adotando-se um intervalo de tempo de retorno de 5 anos, ou seja um intervalo de probabilidade de 0,2, para o intervalo total de 0 - 5 anos a 195 - 200 anos. Como os mapas das manchas de inundações foram desenvolvidos somente para tempos de retorno específicos, foi necessária a

realização de interpolação para a obtenção dos custos de recuperação correspondentes a tempos de retorno não contemplados nos mapas das manchas.

Uma vez obtidas as esperanças matemáticas de prejuízos para as edificações sem medidas de proteção e com as medidas de proteção seca permanente, seca provisória e úmida implantadas, pode-se realizar a análise de custos e benefícios. A análise foi feita para cada medida de proteção considerando-se os custos totais de implantação da medida, custos de manutenção da medida implantada, os novos custos de recuperação dos danos com a medida implantada e os valores dos benefícios obtidos.

A análise da viabilidade do projeto foi realizada admitindo-se uma vida útil de 60 anos para as edificações de acordo com dados fornecidos pela literatura técnica, conforme Tabela 4.4.

Tabela 4.4 Vida útil e valores residuais típicos de edificações

TIPO	VIDA ÚTIL (ANOS)	VALOR RESIDUAL
CASA	60	0,20
APARTAMENTO	50	0,10
SALA	50	0,10
LOJA	60	0,20
GALPÃO	60	0,20

Fonte: Maia Neto (2005)

Foi admitida ainda uma taxa de retorno do capital de 12% ao ano, em razão da mesma ser aquela usualmente praticada em análises de viabilidade de projetos no Brasil. Pela aplicação de métodos da análise de viabilidade de projeto, pode-se então realizar a análise de custos e benefícios. Os indicadores escolhidos para a realização dessa análise foram o critério do valor presente líquido (VPL) e o critério do período de recuperação do investimento (*payback* descontado).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados da pesquisa e sua discussão, envolvendo as informações da amostra, as vistorias aos domicílios da amostra, as tipologias de projeto adotadas (I, II e III) e suas especificações construtivas; o enquadramento das sessenta e duas casas vistoriadas nessas tipologias, as patologias observadas em cada casa e os custos teóricos para recuperação destas patologias. Considerando tais custos teóricos são também apresentadas as curvas de danos de inundação (FDC). No capítulo são ainda apresentadas as medidas de proteção para as três tipologias de projeto – medida de proteção seca permanente, medida de proteção seca provisória e medida de proteção úmida, e os custos de implantação dessas medidas. Os custos para recuperação das patologias com as medidas de proteção teoricamente implantadas e as respectivas curvas destes custos em função da profundidade de inundação são também apresentados. Posteriormente são apresentados os mapas das manchas de inundação para a região de localização das casas vistoriadas que forneceram as profundidades de inundação para eventos de tempos de retorno clássicos de 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 e as FDC para as casas tipificadas para o tempo de retorno específico de 50 anos. Finalmente é feita a análise de custos e benefícios da implantação das medidas de proteção.

5.1 *Resumo das informações da amostra*

A tabela a seguir (Tabela 5.1) mostra um resumo das informações coletadas nos questionários aplicados pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte aos 62 domicílios da amostra.

Tabela 5.1 Quadro resumo das informações dos 62 domicílios da amostra

Casa	Nível	Renda familiar (R\$)	Prof. (m)	Endereço (Domicílio)	Nº	Complemento	Bairro
1	Leve	1.200,00	0,12	Rua Edmon de S. Melo	33	apto. 01 BL 07	Tirol
2	Severo	1.000,00	1,20	Av. Afonso Vaz de Melo	514	apto. 02 BL 08	Tirol
3	Moderado	1.800,00	0,70	Rua Edmon de S. Melo	33	apto. 02 BL 36	Tirol
4	Moderado	460,00	0,30	Rua Edmon de S. Melo	33	apto. 03 C 38	Tirol
5	Severo	2.250,00	1,00	Conjunto João Paulo II	2.514	apto. 03 BL 45	Diamante
6	Severo	380,00	1,10	Rua Edmon de S. Melo	46	apto. 02 BL 46	Tirol
7	Moderado	2.700,00	0,20	Av. Antonio E. Piazza	85	apto. 103 BL 05	Tirol
8	Moderado	985,00	0,60	Rua Newton B. Costa	31		Tirol
9	Leve	830,00	0,40	Rua Carlos Schirmer	17		Tirol
10	Moderado	650,00	0,35	Rua Principal	58	outra casa	Tirol

11	Leve	895,00	0,30	Rua Edmon de S. Melo	33	apto. 02 BL 07	Tirol
12	Severo	1.000,00	1,50	Av. Tereza Cristina	2.514	apto. 02 BL 42	Barreiro
13	Moderado	2.075,00	1,00	Av. Afonso Vaz de Melo	2.515	apto. 01 C 43	Tirol
14	Leve	1.100,00	0,15	Av. Afonso de Melo	2.514	apto. 01 BL 28	Tirol
15	Severo	não inform.	1,20	Rua Edmon de S. Melo	33	apto. 01 BL 45	Tirol Diamante
16	Leve	4.645,00	0,40	Rua Prof. Lenine Silva	17		Tirol
17	Leve	10.000,00	0,14	Rua Prof. Lenine Silva	25		Tirol
18	Leve	920,00	0,15	Rua Antonio H. Araujo	34	outra casa	Tirol
19	Severo	1.089,00	1,20	Rua Antonio H. Araujo	5	a	Tirol
20	Leve	0,00	0,10	Rua Noronha Guarani	37		Santa Margarida
21	Leve	5.800,00	0,20	Rua Prof. Lenine Silva	50		Tirol
22	Leve	415,00	0,05	Rua Sebastião Moreira	245	apto. 01	Tirol
23	Severo	1.500,00	1,10	Rua José Zuquim	140	outra casa	Santa Margarida
23A - fundos	Severo	1.500,00	1,10	Rua José Zuquim	140	outra casa	Santa Margarida
24	Moderado	830,00	0,50	Rua José Zuquim	163		Santa Margarida
25	Moderado	1.160,00	0,50	Rua José Zuquim	190		Santa Margarida
26	Severo	0,00	1,90	Rua Mario Duffles	42	outra casa	Santa Margarida
27	Severo	2.361,00	1,20	Rua Marcelo B. Sidney	194	outra casa	Conj. Atila de Paiva
28	Moderado	2.615,00	1,00	Rua Marcelo B. Sidney	194	casa 3	Barreiro de Baixo
29	Moderado	1.465,00	1,20	Rua Marcelo B. Sidney	220	casa 2	Conj. Atila de Paiva
30	Moderado	1.700,00	0,82	Rua Marcelo B. Sidney	228		Barreiro de Baixo
31	Moderado	3.340,00	0,90	Rua Marcelo B. Sidney	232		Barreiro de Baixo
32	Moderado	1.395,00	1,00	Rua Marcelo B. Sidney	248	casa 3	Conj. Atila de Paiva
33	Leve	1.015,00	1,52	Rua Sebastião M. Silva	30		Barreiro
34	Moderado	3.000,00	0,20	Av. Tereza Cristina	10.063		Barreiro
35	Severo	150,00	1,00	Av. Tereza Cristina	1.071	casa fundos	Barreiro de Baixo
36	Moderado	3.200,00	0,70	Av. Tereza Cristina	10.161	C	Santa Margarida
37	Moderado	1.660,00	1,00	Av. Tereza Cristina	10.127		Barreiro
38	Leve	800,00	0,30	Av. Tereza Cristina	10.445	outra casa	Santa Margarida
38A - fundos	Leve	800,00	0,30	Av. Tereza Cristina	10.445	outra casa	Santa Margarida
39	Severo	1.340,00	1,00	Av. Tereza Cristina	23	casa fundos	Barreiro de Baixo
40	Severo	800,00	1,50	Av. do Canal	63		Barreiro
41	Leve	4.000,00	0,60	Av. Olinto Meireles	1.670		Santa Helena
42	Leve	2.330,00	0,40	Av. Olinto Meireles	2.383		Barreiro de Cima

43	Moderado	790,00	0,30	Rua Oswaldo L. Silva	421	outra casa	Cardoso
44	Leve	1.104,00	0,10	Rua Oswaldo L. Silva	434		Urucuia/Cardoso
45	Severo	900,00	1,00	Rua Oswaldo L. Silva	503	outra casa	Cardoso
46	Leve	830,00	0,20	Rua Jose Ovídio Guerra	310	bar no lote	Cardoso
47	Leve	1.800,00	0,15	Rua Jose Ovídio Guerra	331		Cardoso
48	Leve	1.215,00	0,20	Rua Tucurui	276	outra casa	Urucuia
49	Moderado	830,00	0,80	Rua Venâncio Correa	144	b	Barreiro
50	Moderado	915,00	0,40	Rua Venâncio Correia	160	b	Barreiro de baixo
51	Moderado	3.115,00	1,00	Av. Sanitária	261		Tirol
52	Moderado	0,00	0,30	Av. Sanitária	333		Tirol
53	Severo	480,00	1,00	Rua David Fonseca	1.392	outra casa	Milionários
54	Severo	835,00	1,20	Rua Divisa Santa	226		Milionários
55	Moderado	1.100,00	0,80	Rua Divisa Santa	237	outra casa	Milionários
56	Moderado	2.030,00	1,00	Rua Divisa Santa	239		Milionários
57	Moderado	1.215,00	1,60	Rua Terezinha França	196		Novo das Indústrias
58	Severo	830,00	2,00	Rua Terezinha França	237		Novo das Indústrias
59	Leve	1.630,00	0,22	Rua Terezinha França	235		Novo das Indústrias
60	Severo	900,00	1,70	Rua Terezinha França	152	outra casa	Novo das Indústrias

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Secretaria Municipal de Políticas Sociais da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte

5.2 Vistorias aos domicílios da amostra

A vista aérea a seguir mostra a distribuição dos 62 domicílios vistoriados na região do Barreiro de acordo com sua localização (Figura 5.1).



Figura 5.1 Vista aérea da localização dos domicílios vistoriados

Fonte: *Google Earth*

A seguir são apresentadas as características, profundidade de inundação atingida e registros fotográficos de quatro edificações vistoriadas no período entre novembro de 2009 e janeiro de 2010. Tais edificações foram escolhidas de forma a melhor representar a amostra no que se refere ao padrão construtivo da edificação, seu estado de conservação e as manifestações patológicas observadas.

5.2.1 Vistoria da Casa 09

A casa 09 (Figuras 5.2 e 5.3) apresenta padrão construtivo Normal, idade aparente de 35 anos e estado de conservação Novo (reforma recente). A profundidade atingida na inundação foi 0,40 m. A casa não apresentou danos em virtude de sua boa condição pré-inundação, bem como da utilização de materiais de revestimentos resistentes à ação da água, cerâmicas de piso e de parede.



Figura 5.2 Gradil frontal da casa 09

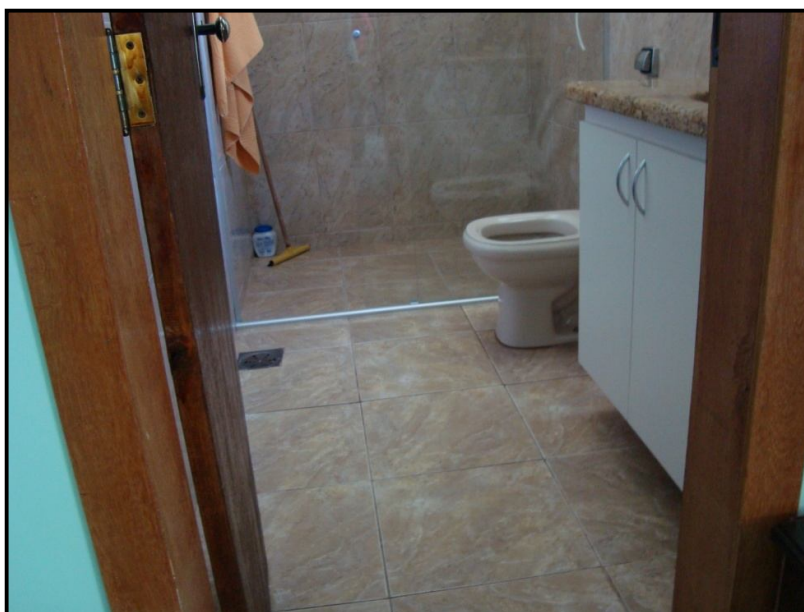


Figura 5.3 Banheiro da casa 09

5.2.2 Vistoria da Casa 16

A Casa 16 (Figuras 5.4 e 5.5) apresenta padrão construtivo Proletário, idade aparente de 30 anos e estado de conservação Entre necessitando de reparos simples e importantes. A profundidade atingida na inundação foi 0,40m. A casa apresenta danos em virtude do padrão construtivo e de um mau estado de conservação da edificação anteriormente à inundação.



Figura 5.4 Porta metálica danificada na parte inferior (casa 16)



Figura 5.5 Porta de madeira danificada na parte inferior (casa 16)

A Casa 16 (Figuras 5.6 a 5.8) é uma edificação lindeira a curso de água a céu aberto. Houve abatimento do terreno, como consequência a casa apresenta diversas rachaduras nas paredes.



Figura 5.6 Presença de rachadura em parede



Figura 5.7 Presença de rachaduras em paredes de edícula existente junto ao rio (casa 16)



Figura 5.8 Rachadura em parede da edícula (casa 16)

5.2.3 Vistoria da Casa 19

A Casa 19 (Figuras 5.9 a 5.11) apresenta padrão construtivo Proletário, com idade aparente de 30 anos e estado de conservação Necessitando de reparos simples. Profundidade de inundação: 1,20m. Presença de danos em virtude do padrão construtivo, de um mau estado de conservação da edificação anteriormente à inundação e elevada profundidade de inundação.



Figura 5.9 Execução de alvenaria para fechamento **Figura 5.10** Indicação da altura atingida pelas águas da inundação – Casa 19 – 2



Figura 5.11 Edificação demolida – Casa 19 – 3

5.3 Tipologias de projetos adotadas

Os materiais de construção utilizados nos acabamentos para as três tipologias de projeto adotadas (tipos, I, II e II) foram especificados considerando-se as edificações vistoriadas e suas características de forma a ocorrer uma correspondência adequada entre as especificações de acabamento escolhidas e os acabamentos presentes em campo.

Adicionalmente, foram desenvolvidas maquetes digitais ilustrativas das tipologias de projeto para uma melhor visualização destes projetos.

A tabela contendo as especificações construtivas (tabelas 5.2) e uma maquete digital ilustrativa da casa tipo I (Figura 5.12) são apresentadas a seguir.

Tabela 5.2 Especificações construtivas da casa tipo I

CASA TIPO I			
Ambiente		Descrição	Quantidade
Sala / Quarto	Piso	Cimentado liso	
	Paredes	Revestimento argamassado	
		Pintura látex PVA sobre reboco	
	Teto	Laje mista concreto/cerâmica	
	Esquadrias	JANELA - Esquadria de aço 120x125 cm	1 Unid
	Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	1 Unid
		Tomada de embutir	1 Unid
Cozinha	Piso	Cimentado liso	
	Paredes	Revestimento argamassado	
		Pintura esmalte sobre reboco	
	Teto	Laje mista concreto/cerâmica	
	Esquadrias	JANELA - Esquadria de aço 60x60 cm	1 Unid
		PORTA - Esquadria de aço 70x210 cm	1 Unid
	Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	1 Unid
		Tomada de embutir	2 Unid
	Acessórios sanitários	Bancada de mármore sintético 100 X 60 cm	1 Unid
Banheiro	Piso	Cimentado liso	
	Paredes	Revestimento argamassado	
		Pintura esmalte sobre reboco	
	Teto	Laje mista concreto/cerâmica	
	Esquadrias	JANELA - Esquadria de aço 60x60 cm	1 Unid
		PORTA - Esquadria de madeira 62x210 cm	1 Unid
	Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	1 Unid
	Acessórios sanitários	Bacia sanitária com caixa de descarga não acoplada	1 Unid
		Lavatório sem coluna de louça branca	1 Unid
Área	Piso	Cimentado liso	
	Paredes	Revestimento argamassado	
		Pintura látex PVA sobre reboco	
	Teto	Laje mista concreto/cerâmica	
	Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	1 Unid
Tomada de embutir		1 Unid	
Fachadas	Fachadas	Revestimento argamassado	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	

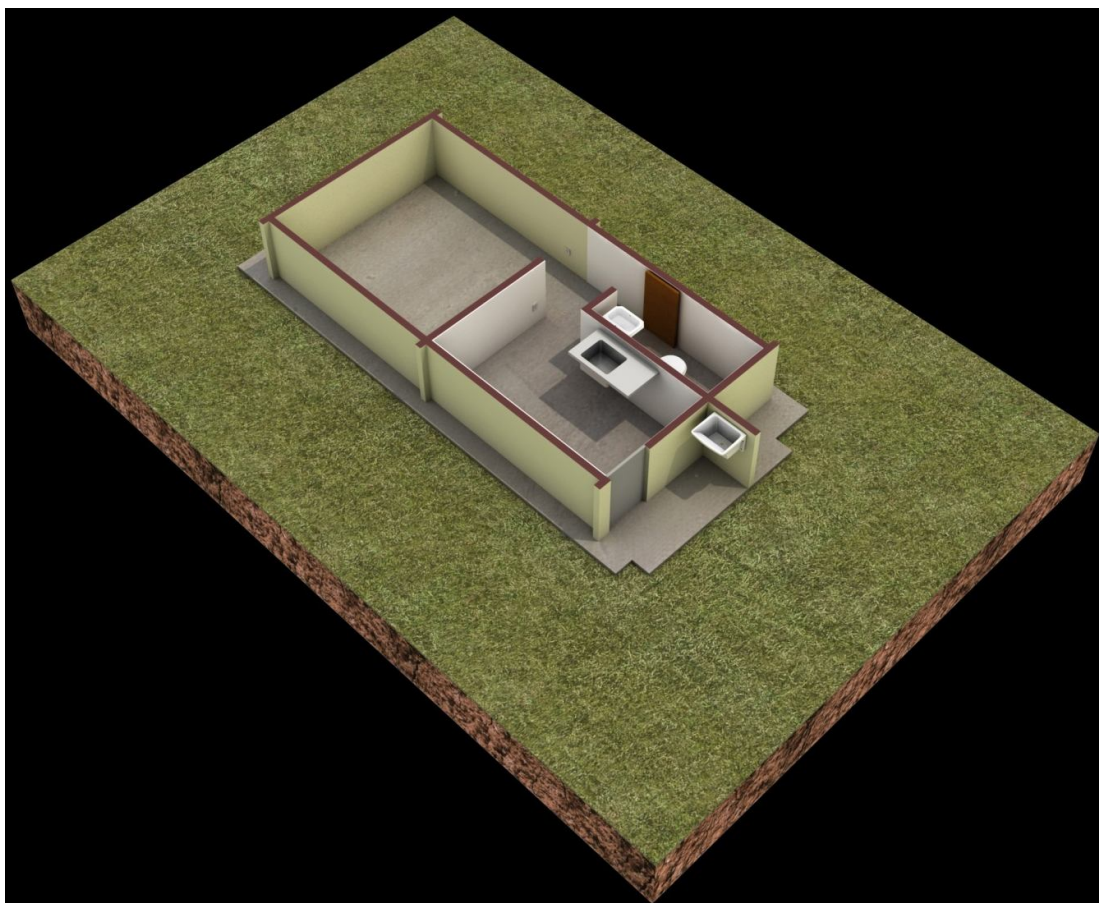


Figura 5.12 Maquete digital ilustrativa da casa tipo I

A tabela contendo as especificações construtivas (Tabela 5.3) e uma maquete digital ilustrativa da casa tipo II (Figura 5.13).

Tabela 5.3 Especificações construtivas da casa tipo II

CASA TIPO II			
Ambiente	Descrição	Quantidade	
Sala	Piso	Tacos de madeira	
	Paredes	Revestimento argamassado	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	
	Teto	Laje maciça de concreto	
		Revestimento argamassado	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	
	Esquadrias	JANELA - Esquadria de aço 130x120 cm	1 Unid
		PORTA - Esquadria de madeira 80x210 cm	1 Unid
Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	1 Unid	

		Tomada de embutir	2 Unid	
Quartos	Piso	Tacos de madeira		
	Paredes	Revestimento argamassado		
		Emassamento com massa PVA		
		Pintura látex PVA		
	Teto	Laje maciça de concreto		
		Revestimento argamassado		
		Emassamento com massa PVA		
		Pintura látex PVA		
	Esquadrias	JANELA - Esquadria de aço 120x100 cm	1 Unid	
		PORTA - Esquadria de madeira 70x210 cm	1 Unid	
	Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	1 Unid	
Tomada de embutir		1 Unid		
Cozinha	Piso	Placas cerâmicas 30 X 30 cm		
	Paredes	Azulejo 15 X 15 cm		
	Teto	Laje maciça de concreto		
		Revestimento argamassado		
		Emassamento com massa PVA		
		Pintura látex PVA		
	Esquadrias	JANELA - Esquadria de aço 100x100 cm	1 Unid	
		PORTA - Esquadria de madeira 70x210 cm	1 Unid	
		PORTA - Esquadria de madeira 80x210 cm	1 Unid	
	Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	1 Unid	
		Tomada de embutir	3 Unid	
	Acessórios sanitários	Bancada de mármore branco 100 X 60 cm	1 Unid	
	Baheiro	Piso	Placas cerâmicas 30 X 30 cm	
		Paredes	Azulejo 15 X 15 cm	
Teto		Laje maciça de concreto		
		Forro de gesso		
		Emassamento com massa PVA		
		Pintura látex PVA		
Esquadrias		JANELA - Esquadria de aço 60x60 cm	1 Unid	
		PORTA - Esquadria de madeira 60x210 cm	1 Unid	
Pontos elétricos		Ponto de luz embutido	1 Unid	
		Tomada de embutir	1 Unid	
Acessórios sanitários		Bacia sanitária com caixa de descarga acoplada	1 Unid	
		Lavatório sem coluna de louça branca	1 Unid	
Área		Piso	Ardósia 40 X 40 cm	
	Paredes	Azulejo 15 X 15 cm		

	Teto	Laje maciça de concreto	
		Revestimento argamassado	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	
	Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	1 Unid
		Tomada de embutir	1 Unid
Fachadas	Fachadas	Revestimento argamassado	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	

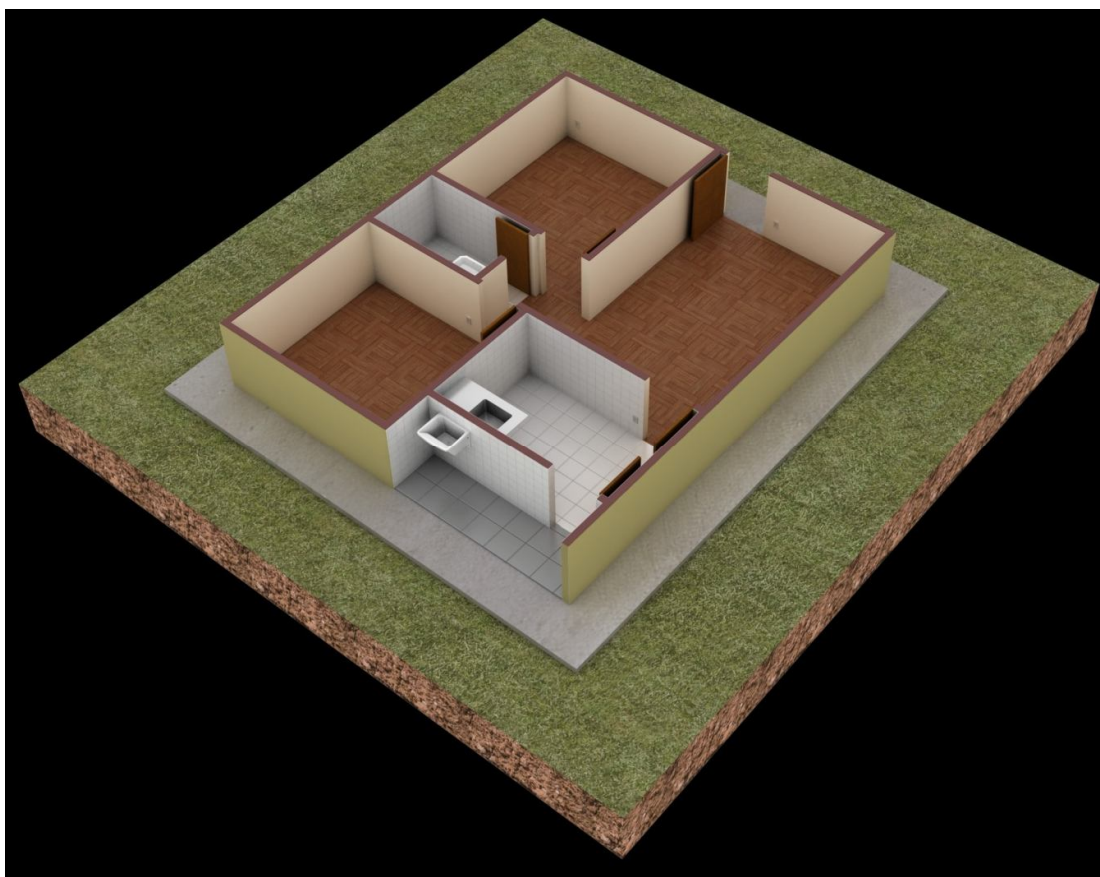


Figura 5.13 Maquete digital ilustrativa da casa tipo II

A tabela contendo as especificações construtivas (Tabela 5.4) e a maquete digital ilustrativa da casa tipo III (Figura 5.14).

Tabela 5.4 Especificações construtivas da Casa Tipo III

CASA TIPO III			
Ambiente	Descrição	Quantidade	
Sala	Piso	Placas cerâmicas 40 X 40 cm	
	Paredes	Revestimento argamassado	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	
	Teto	Laje maciça de concreto	
		Revestimento argamassado	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	
	Esquadrias	JANELA - Esquadria de aço 130x120 cm	1 Unid
		PORTA - Esquadria de madeira 80x210 cm	1 Unid
Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	2 Unid	
	Tomada de embutir	3 Unid	
Quartos	Piso	Placas cerâmicas 40 X 40 cm	
	Paredes	Revestimento argamassado	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	
	Teto	Laje maciça de concreto	
		Revestimento argamassado	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	
	Esquadrias	JANELA - Esquadria de aço 120x100 cm	1 Unid
		PORTA - Esquadria de madeira 70x210 cm	1 Unid
Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	1 Unid	
	Tomada de embutir	2 Unid	
Cozinha	Piso	Placas cerâmicas 30 X 30 cm	
	Paredes	Azulejo 20 X 30 cm	
	Teto	Laje maciça de concreto	
		Revestimento argamassado	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	
	Esquadrias	JANELA - Esquadria de aço 100x100 cm	1 Unid
PORTA - Esquadria de madeira 70x210 cm		1 Unid	
PORTA - Esquadria de madeira 80x210 cm		1 Unid	

	Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	1 Unid
		Tomada de embutir	3 Unid
	Acessórios sanitários	Bancada de granito 240 X 60 cm	1 Unid
Banheiros	Piso	Placas cerâmicas 30 X 30 cm	
	Paredes	Azulejo 20 X 30 cm	
	Teto	Laje maciça de concreto	
		Forro de gesso	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	
	Esquadrias	JANELA - Esquadria de aço 60x60 cm	1 Unid
		PORTA - Esquadria de madeira 60x210 cm	1 Unid
	Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	1 Unid
		Tomada de embutir	1 Unid
	Acessórios sanitários	Bacia sanitária com caixa de descarga acoplada	1 Unid
		Bancada de mármore 70 X 50 cm	1 Unid
Área	Piso	Placas cerâmicas 30 X 30 cm	
	Paredes	Azulejo 15 X 15 cm	
	Teto	Laje maciça de concreto	
		Revestimento argamassado	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	
	Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	1 Unid
		Tomada de embutir	1 Unid
Banheiro de empregada	Piso	Placas cerâmicas 30 X 30 cm	
	Paredes	Azulejo 15 X 15 cm	
	Teto	Laje maciça de concreto	
		Forro de gesso	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	
	Esquadrias	JANELA - Esquadria de aço 60x60 cm	1 Unid
		PORTA - Esquadria de madeira 60x210 cm	1 Unid
	Pontos elétricos	Ponto de luz embutido	1 Unid
	Acessórios sanitários	Bacia sanitária com caixa de descarga acoplada	1 Unid
		Lavatório sem coluna de louça branca	1 Unid
Garagem	Piso	Placas cerâmicas 30 X 30 cm	
Fachadas	Fachadas	Revestimento argamassado	
		Emassamento com massa PVA	
		Pintura látex PVA	



Figura 5.14 Maquete digital ilustrativa da casa tipo III

O enquadramento das 62 casas vistoriadas nas tipologias de projetos adotadas, as profundidades de inundação informadas, a caracterização das casas em termos de padrão construtivo, estado de conservação e idade aparente e a relação das manifestações patológicas observadas são apresentados na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 Quadro resumo da caracterização e enquadramento das 62 casas vistoriadas

AMOSTRA VISTORIADA						
Casa	Tipologia	Profund. (m)	Padrão construtivo	Estado de conservação	Idade aparente	Patologias observadas
1	II	0,12	Baixo	Entre novo e regular	15 anos	Destacamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Rodapés danificados Tacos de madeira soltos em alguns locais
2	II	1,20	Baixo	Necessitando de reparos simples	15 anos	Manchas de umidade nas paredes Porta de entrada danificada (a porta foi arrombada)
3	II	0,70	Baixo	Necessitando de reparos simples	15 anos	Tacos de madeira danificados em alguns locais

						Pintura danificada
4	II	0,30	Baixo	Necessitando de reparos simples	15 anos	Tacos de madeira soltos em alguns locais
5	II	1,00	Baixo	Necessitando de reparos simples	15 anos	Revestimento argamassado das paredes danificado Pintura danificada (destacamento e bolhas)
6	II	1,10	Baixo	Entre regular e necessitando de reparos simples	15 anos	Destacamentos do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Tacos de madeira soltos e mofados Portas de madeira danificadas
7	II	0,20	Normal	Entre novo e regular	10 anos	Obstrução de tubulações hidráulicas Bases das portas de madeira e dos armários danificadas
8	III	0,60	Baixo	Entre necessitando de reparos simples e importantes	35 anos	Destacamentos do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Portas de madeira danificadas Tacos de madeira soltos em alguns locais
9	III	0,40	Normal	Novo	35 anos	Não houve danos
10	II	0,35	Proletário	Entre regular e necessitando de reparos simples	40 anos	Destacamentos do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada
11	II	0,30	Baixo	Entre regular e necessitando de reparos simples	15 anos	Pintura danificada
12	II	1,50	Baixo	Necessitando de reparos simples	15 anos	Presença de água nas tubulações elétricas Tacos de madeira danificados e soltos em alguns locais
13	II	1,00	Baixo	Necessitando de reparos simples	15 anos	Esfacelamentos do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada
14	II	0,15	Baixo	Necessitando de reparos simples	15 anos	Esfacelamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada
15	II	1,20	Baixo	Necessitando de reparos simples	15 anos	Destacamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Portas de madeira danificadas na parte inferior
16	II	0,40	Proletário	Entre necessitando de reparos simples e importantes	30 anos	Pintura danificada Porta metálica danificada Portas de madeira danificadas Presença de rachaduras em edícula existente junto ao rio
17	III	0,14	Normal	Entre novo e regular	30 anos	Portas de madeira danificadas na parte inferior
18	II	0,15	Baixo	Necessitando de reparos simples	30 anos	Pintura danificada (destacamentos e bolhas) Tacos de madeira soltos em alguns locais Piso cerâmico danificado
19	I	1,20	Proletário	Necessitando de reparos simples	30 anos	Casa 1: Porta rompeu - Casa 2: Parede rompeu - Casa 3: Edificação demolida devido ao risco - Casa 4: Pintura de paredes, piso

						e porta metálica danificados Muro de divisa rompeu
20	II	0,10	Proletário	Entre regular e necessitando de reparos simples	15 anos	Não houve danos
21	III	0,20	Normal	Entre regular e necessitando de reparos simples	35 anos	Não houve danos
22	II	0,05	Baixo	Entre regular e necessitando de reparos simples	20 anos	Não houve danos
23 e 23A	III	1,10	Baixo	Entre regular e necessitando de reparos simples	20 anos	Piso do passeio danificado Esfacelamentos do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Portas de madeira danificadas na parte inferior Fechaduras de portas metálicas danificadas Presença de trincas no muro Tomadas elétricas baixas sem funcionamento
	I	1,10	Baixo	Necessitando de reparos simples	20 anos	Esfacelamentos do revestimento argamassado nas paredes Manchas de umidade nas paredes Pintura danificada Piso danificado
24	II	0,50	Proletário	Necessitando de reparos simples	50 anos	Destacamento do revestimento argamassado nas paredes Manchas de umidade nas paredes Pintura danificada Tacos de madeira soltos em alguns locais
25	II	0,50	Proletário	Regular	15 anos	Não houve danos
26	II	1,90	Proletário	Necessitando de reparos importantes	20 anos	Destacamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Parede interna rompeu Muros de alvenaria romperam
27	II	1,20	Baixo	Necessitando de reparos simples	30 anos	Destacamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Portas de madeira danificadas na parte inferior
28	II	1,00	Baixo	Necessitando de reparos simples	25 anos	Esfacelamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada (destacamento e bolhas) Portas de madeira danificadas na parte inferior
29	II	1,20	Baixo	Entre regular e necessitando de reparos simples	30 anos	Esfacelamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Portas de madeira danificadas na parte inferior Tomadas elétricas s/funcionamento
30	II	0,82	Baixo	Regular	30 anos	Não houve danos

31	II	0,90	Baixo	Entre regular e necessitando de reparos simples	30 anos	Esfacelamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada (destacamentos e bolhas) Portas de madeira danificadas
32	II	1,00	Baixo	Entre regular e necessitando de reparos simples	30 anos	Pintura danificada (bolhas)
33	III	1,52	Baixo	Entre regular e necessitando de reparos simples	35 anos	Destacamento do revestimento argamassado nas paredes Destacamento de azulejos Pintura danificada Portas de madeira danificadas Tomadas elétricas s/funcionamento
34	III	0,20	Normal	Regular	30 anos	Não houve danos
35	I	1,00	Proletário	Entre necessitando de reparos simples e importantes	20 anos	Não houve danos
36	II	0,70	Proletário	Entre necessitando de reparos simples e importantes	30 anos	Destacamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Piso danificado Instalações elétricas e hidrossanitárias apresentando problemas Portão metálico de entrada danificado
37	II	1,00	Baixo	Entre necessitando de reparos simples e importantes	30 anos	Destacamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada (manchas e mofo) Trincas no piso cimentado Trinca em alvenaria
38 e 38A	I	0,30	Baixo	Entre regular e necessitando de reparos simples	30 anos	Barbearia – Destacamento do revestimento argamassado e Manchas de umidade nas paredes
	I	0,30	Baixo	Entre novo e regular	30 anos	Sorveteria – Não houve danos
39	II	1,00	Baixo	Regular	30 anos	Porta metálica de entrada danificada Pintura danificada (manchas) Danos no piso cimentado de área externa (abertura com 1,80m de extensão)
40	II	1,50	Proletário	Necessitando de reparos simples	30 anos	Pintura danificada
41	III	0,60	Normal	Entre regular e necessitando de reparos simples	40 anos	Não houve danos
42	III	0,40	Normal	Entre novo e regular	30 anos	Não houve danos
43	II	0,30	Proletário	Necessitando de reparos simples	20 anos	Esfacelamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Portas de madeira danificadas Porta metálica danificadas Rodapés de madeira soltos Trincas em azulejos
44	III	0,10	Baixo	Entre regular e	8 anos	Pintura danificada

				necessitando de reparos simples		
45	II	1,00	Baixo	Entre necessitando de reparos simples e importantes	10 anos	Infiltração de água na parte inferior das paredes
46	III	0,20	Baixo	Regular	15 anos	Pintura danificada Portas de madeira danificadas
47	II	0,15	Normal	Entre regular e necessitando de reparos simples	8 anos	Piso em pedra ardósia ardósia danificado na entrada da casa Esfacelamento do revestimento argamassado nas paredes Portas de madeira danificadas
48	I	0,20	Baixo	Entre regular e necessitando de reparos simples	20 anos	Muro frontal danificado Edícula demolida
49	II	0,80	Baixo	Necessitando de reparos simples	25 anos	Queda de muro lateral Pintura danificada
50	II	0,40	Baixo	Entre regular e necessitando de reparos simples	25 anos	Abatimento de piso lateral da casa Destacamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Piso cerâmico da cozinha danificado Abatimento do piso de banheiro Piso cimentado danificado
51	III	1,00	Normal	Entre novo e regular	10 anos	Não houve danos
52	I	0,30	Baixo	Regular	10 anos	Não houve danos
53	II	1,00	Baixo	Regular	25 anos	Não houve danos Presença de manchas de umidade nas paredes da garagem onde funciona um ferro velho
54	II	1,20	Baixo	Regular	30 anos	Destacamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada
55	II	0,80	Baixo	Necessitando de reparos simples	25 anos	Esfacelamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada (manchas) Portas de madeira danificadas
56	II	1,00	Baixo	Entre regular e necessitando de reparos simples	10 anos	Piso cerâmico externo danificado
57	I	1,60		Sem valor		Perda total
58	I	2,00	Proletário	Necessitando de reparos simples	15 anos	Infiltração de água na parte inferior das paredes
59	II	0,22	Proletário	Necessitando de reparos simples	15 anos	Não houve danos
60	II	1,70	Proletário	Necessitando de reparos simples	25 anos	Pintura danificada (manchas)

Fonte: Elaboração própria

5.4 Modelagem dos custos para recuperação das patologias

Os serviços de engenharia necessários para a recuperação das manifestações patológicas observadas são apresentados a seguir (Tabela 5.6).

Tabela 5.6 Manifestações patológicas e serviços necessários para sua recuperação

Manifestações patológicas	Serviços de engenharia necessários
Presença de sinais da inundação	Limpeza
Pintura danificada (manchas, bolhas, destacamentos)	Execução de nova pintura
Destacamento do revestimento argamassado das paredes	Reconstituição do revestimento argamassado das paredes
Danos no piso cimentado	Execução de novo piso cimentado
Tacos de madeira soltos em alguns locais	Substituição de tacos e rodapés de madeira
Porta de madeira danificada	Substituição de portas de madeira – por porta substituída
Porta metálica danificada	Substituição de portas metálicas – por porta substituída
Esquadrias metálicas danificadas de janelas	Substituição de esquadrias metálicas de janelas – por esquadria substituída
Danos nas instalações elétricas	Revisão das instalações elétricas – por ponto elétrico
Obstrução tubulações hidráulicas	Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas
Presença de rachaduras e trincas	Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado
Ruptura de parede e/ou muro	Execução de nova parede

Fonte: Elaboração própria

Os percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia necessários para recuperação das manifestações patológicas para as diversas profundidades e em cada tipologia de projeto adotada foram estabelecidos de acordo com o comportamento físico, resistência ao ataque ambiental e durabilidade dos materiais e componentes da edificação. Para orientar a estimativa de tais percentuais e quantitativos, adotaram-se os critérios descritos na Tabela 5.7. Tais percentuais e quantitativos são apresentados nas tabelas a seguir (tabelas 5.8, 5.9 e 5.10).

A Tabela 5.7 descreve as características e necessidades dos serviços de engenharia para recuperação dos danos nas diversas profundidades de inundação. As principais fontes bibliográficas utilizadas para construir a tabela 5.7 foram Penning-Rowse e Chatterton (1977) e Proverbs e Soetanto (2004). Contribuíram também para a construção dessa tabela a experiência da autora do presente trabalho como profissional de engenharia construtiva, os resultados da pesquisa de campo descritos no subitem 5.2 *Vistoria aos domicílios da amostra* e as entrevistas com os moradores que, ainda que realizadas de maneira informal e não controlada, constituíram-se em fontes de informação importante de caráter qualitativo.

Tabela 5.7 Características e necessidades dos serviços de engenharia para recuperação dos danos

Serviços de engenharia necessários para recuperação dos danos	Características e necessidades dos serviços de engenharia para recuperação dos danos nas diversas profundidades de inundação
Limpeza	Uma vez ocorrida a inundação deve-se proceder à limpeza completa da edificação qualquer que seja a profundidade atingida.
Execução de nova pintura	Considera-se que até a profundidade de 0,20 m não é necessária a execução de nova pintura, restabelecendo-se a condição pré-inundação apenas com o serviço de limpeza. Acima dessa profundidade a reconstituição da pintura, por razões de danos, higiene e estética, deve ser executada. Considerando-se a impossibilidade de realização de trechos isolados de pintura para todas as profundidades deve-se proceder à pintura de toda a parede.
Reconstituição do revestimento argamassado das paredes	À medida que se aumenta a profundidade de inundação e o tempo de duração associado, o revestimento argamassado vai sendo progressivamente danificado pela infiltração de água de forma que, em baixas profundidades de inundação pequena parte dele é danificada, podendo ser necessária a recuperação de quantidades apreciáveis no caso de elevadas profundidades e longos tempos de duração associados.
Execução de novo piso cimentado	À medida que se aumenta a profundidade de inundação, o tempo de duração associado e a pressão da água sobre o piso cimentado, ele vai sendo progressivamente danificado devido a infiltração de água. Para elevadas profundidades de inundação, o piso cimentado deverá ser reconstituído em quantidades significativas.
Substituição de tacos e rodapés de madeira	A madeira é um material susceptível à ação da água, deteriorando-se pela ação de fungos, podridão e ocorrência de empenamentos que serão tanto maiores quanto maior for o tempo de contato da água com o piso de madeira.
Substituição de portas de madeira – por porta substituída	As portas de madeira em uso atualmente são em sua maioria fabricadas em compensados com um revestimento folheado. À medida que permanecem em contato com a água o revestimento se desprende e as lâminas de madeira coladas que compõem o núcleo se separam.

Substituição de portas metálicas – por porta substituída	As portas metálicas de aço são susceptíveis à ocorrência de corrosão úmida. À medida que permanecem em contato com a água a formação de ferrugem corroe o aço havendo necessidade de sua substituição em caso de perda apreciável de material.
Substituição de esquadrias metálicas de janelas – por esquadria substituída	As esquadrias metálicas de aço também são susceptíveis à ocorrência da corrosão úmida. À medida que permanecem em contato com a água a formação de ferrugem corroe o aço havendo necessidade de sua substituição em caso de perda apreciável de material.
Revisão das instalações elétricas – por ponto elétrico	As instalações elétricas podem ser atingidas pela água, necessitando de secagem, limpeza, testes e eventuais reparos por um eletricista qualificado. Como a composição de custos do serviço de instalações elétricas novas é realizada através do número de pontos elétricos a serem executados, optou-se por elaborar o orçamento de revisão elétrica seguindo esse modelo.
Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas	Para elevadas profundidades de inundação as tubulações hidráulicas da edificação podem ser obstruídas por sedimentos necessitando desobstrução e limpeza.
Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado	Entre as diversas anomalias que a ação da água pode provocar sobre os componentes da edificação está o aparecimento de trincas e rachaduras. Essas manifestações patológicas se iniciam em longos tempos de exposição do componente à ação da água.
Execução de nova parede	Elevadas profundidades de inundação podem provocar a ruína de trechos de alvenarias, sendo necessária sua recomposição.

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.8 Percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia necessários para a recuperação das patologias previstas relativamente às profundidades de inundação para a casa tipo I

CASA TIPO I										
Serviços de engenharia para recuperação das patologias previstas	Profundidade (m)									
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
Limpeza	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova pintura - % da área total das paredes	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Reconstituição do revestimento argamassado - % da área total das paredes	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
Execução de novo piso cimentado - % da área total do piso cimentado	-	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
Substituição de tacos e rodapés de madeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas de madeira – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas metálicas – número de portas a substituir	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1
Substituição de esquadrias metálicas de janelas – nº de esquadrias a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revisão das instalações elétricas – número de pontos elétricos a reparar	-	-	-	-	2	3	4	5	6	7
Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova parede - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	10%	20%	30%	40%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.9 Percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia necessários para a recuperação das patologias previstas relativamente às profundidades de inundação para a casa tipo II

CASA TIPO II										
Serviços de engenharia para recuperação das patologias previstas	Profundidade (m)									
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
Limpeza	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova pintura - % da área total das paredes	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Reconstituição do revestimento argamassado - % da área total das paredes	-	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
Execução de novo piso cimentado - % da área total do piso cimentado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de tacos e rodapés de madeira	-	-	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Substituição de portas de madeira – número de portas a substituir	-	-	-	1	2	3	4	5	6	7
Substituição de portas metálicas – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de esquadrias metálicas de janelas – nº de esquadrias a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revisão das instalações elétricas – número de pontos elétricos a reparar	-	-	-	-	3	4	5	6	7	8
Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%
Execução de nova parede - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	-	10%	20%	30%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.10 Percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia necessários para a recuperação das patologias previstas relativamente às profundidades de inundação para a casa tipo III

CASA TIPO III										
Serviços de engenharia para recuperação das patologias previstas	Profundidade (m)									
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
Limpeza	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova pintura - % da área total das paredes	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Reconstituição do revestimento argamassado - % da área total das paredes	-	-	-	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Execução de novo piso cimentado - % da área total do piso cimentado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de tacos e rodapés de madeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas de madeira – número de portas a substituir	-	-	-	2	3	4	5	6	7	8
Substituição de portas metálicas – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de esquadrias metálicas de janelas – n° de esquadrias a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revisão das instalações elétricas – número de pontos elétricos a reparar	-	-	-	-	4	5	6	7	8	9
Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%
Execução de nova parede - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	-	5%	10%	20%

Fonte: Elaboração própria

Os custos finais para recuperação das manifestações patológicas observadas nas 62 casas foram também obtidos. Para estes orçamentos foram consideradas as dimensões das edificações de acordo com a tipologia de projeto na qual ela se enquadra e as profundidades da inundação obtidas em campo. As planilhas dos custos teóricos para recuperação das

patologias observadas para as sessenta e duas casas são apresentadas no Apêndice II. A tabela a seguir mostra um resumo dos custos teóricos para recuperação das patologias observadas para o estudo de caso, bem como a classificação das famílias com relação à gravidade da inundação ocorrida (Tabela 5.11).

Tabela 5.11 Custos teóricos para recuperação das edificações

Casa	Classificação da Gravidade da Inundação	Tipologia de Projeto	Custo Teórico de Recuperação (R\$)
1	Leve	II	253,67
2	Severo	II	4.202,81
3	Moderado	II	2.212,58
4	Moderado	II	1.569,82
5	Severo	II	3.427,31
6	Severo	II	4.154,93
7	Moderado	II	253,67
8	Moderado	III	2.669,89
9	Leve	III	2.406,45
10	Moderado	II	1.569,82
11	Leve	II	1.569,82
12	Severo	II	6.732,07
13	Moderado	II	3.427,31
14	Leve	II	253,67
15	Severo	II	4.202,81
16	Leve	II	1.569,82
17	Leve	III	403,61
18	Leve	II	253,67
19	Severo	I	3.072,28
20	Leve	II	253,67
21	Leve	III	403,61
22	Leve	II	253,67
23	Severo	III	4.818,67
23A	Severo	I	3.034,19
24	Moderado	II	1.641,65
25	Moderado	II	1.641,65
26	Severo	II	—
27	Severo	II	4.202,81
28	Moderado	II	3.427,31
29	Moderado	II	4.202,81
30	Moderado	II	2.241,31
31	Moderado	II	3.391,39
32	Moderado	II	3.427,31
33	Leve	III	7.091,83

34	Moderado	III	403,61
35	Severo	I	2.485,49
36	Moderado	II	2.212,58
37	Moderado	II	3.427,31
38	Leve	I	1.277,88
38A	Leve	I	1.277,88
39	Severo	II	3.427,31
40	Severo	II	6.732,07
41	Leve	III	2.669,89
42	Leve	III	2.406,45
43	Moderado	II	1.569,82
44	Leve	III	403,61
45	Severo	II	3.427,31
46	Leve	III	403,61
47	Leve	II	253,67
48	Leve	I	112,19
49	Moderado	II	2.236,52
50	Moderado	II	1.569,82
51	Moderado	III	4.223,20
52	Moderado	I	1.277,88
53	Severo	II	3.421,31
54	Severo	II	4.202,81
55	Moderado	II	2.236,52
56	Moderado	II	3.427,31
57	Moderado	I	—
58	Severo	I	—
59	Leve	II	253,67
60	Severo	II	—

Fonte: Elaboração própria – Data de referência: Julho de 2011

Os valores de auxílios financeiros concedidos pela Municipalidade para as famílias, de acordo com sua classificação com relação à gravidade da inundação foram os seguintes:

- Leve: R\$ 500,00;
- Moderado: R\$ 1.000,00;
- Severo: R\$ 2.000,00.

A análise da Tabela 5.11 mostra que os custos finais para recuperação das manifestações patológicas observadas são, de uma forma geral, menores que os valores dos auxílios concedidos para os domicílios classificados como gravidade de inundação *Leve*, enquanto que

para aqueles classificados como *Moderado* e *Severo*, o auxílio recebido não foi suficiente para o reparo dos danos ocorridos.

5.4.1 Curvas de custos de recuperação de danos versus profundidades de inundação (FDC) para as casas do estudo de caso

Considerando os custos para recuperação das patologias observadas para as sessenta e duas edificações estudadas foram elaboradas curvas dos custos unitários de recuperação versus profundidade de inundação para as casas de cada padrão construtivo. A seguir são mostradas estas curvas (figuras 5.15., 5.16. e 5.17.)

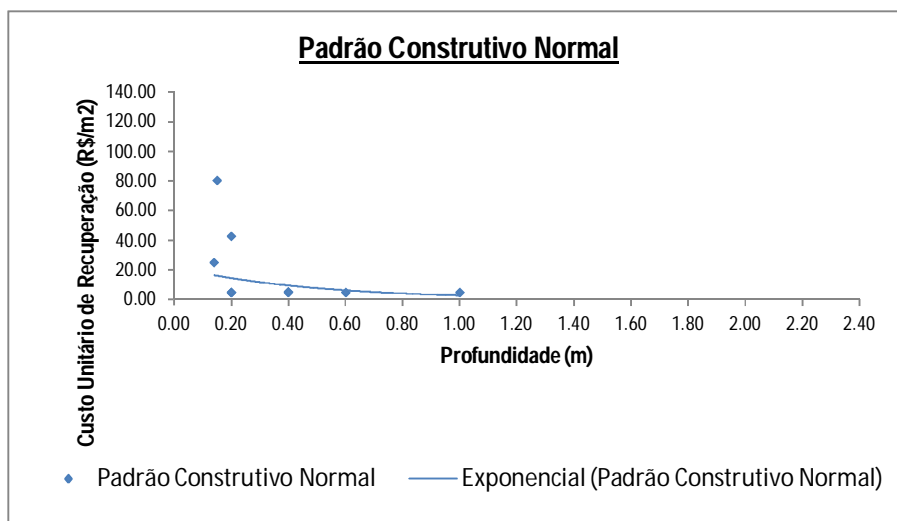


Figura 5.15 FDC para as casas de padrão construtivo normal

Fonte: Elaboração própria

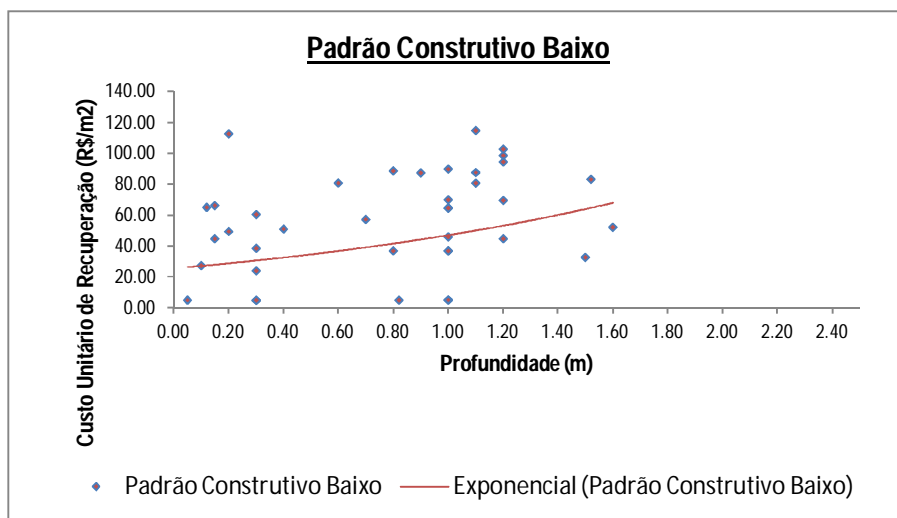


Figura 5.16 FDC para as casas de padrão construtivo baixo

Fonte: Elaboração própria

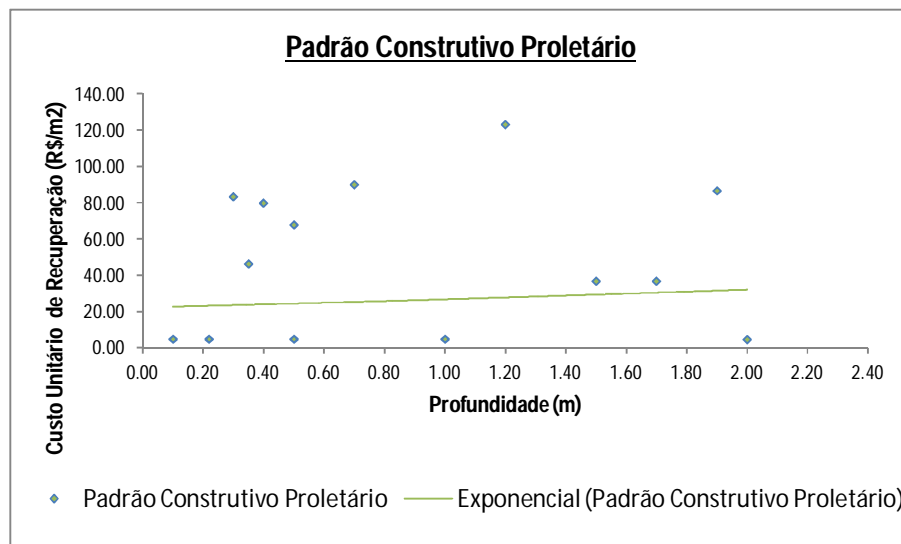


Figura 5.17 FDC para as casas de padrão construtivo proletário

Fonte: Elaboração própria

O gráfico da Figura 5.18 mostra em conjunto as curvas dos custos unitários de recuperação versus profundidade de inundação para os padrões construtivos normal, baixo e proletário.

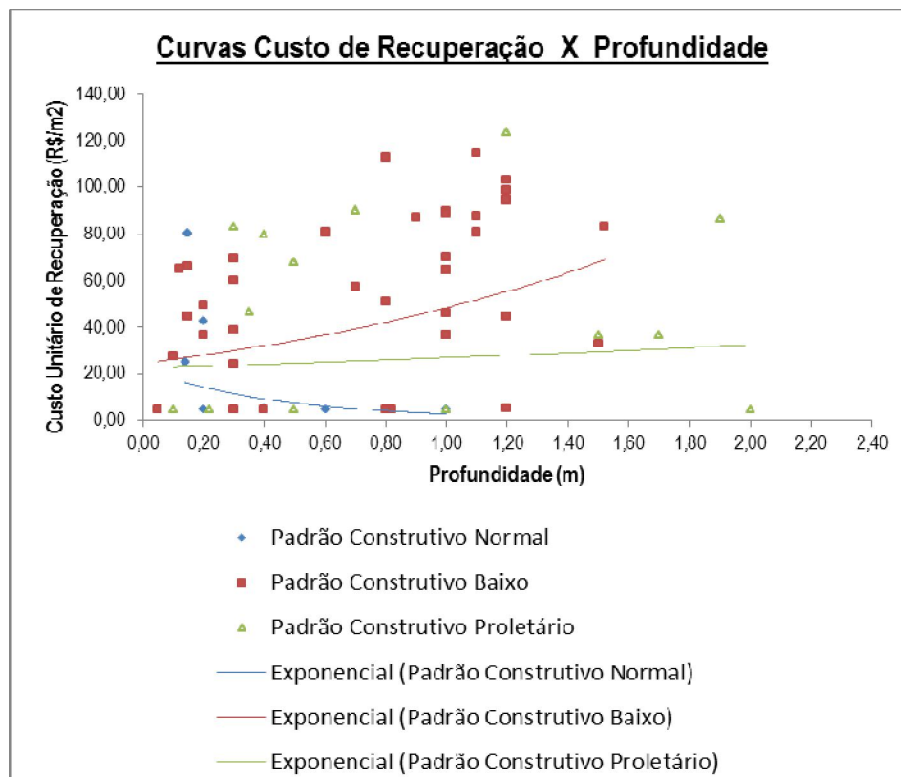


Figura 5.18 FDC para as casas de padrão construtivo normal, baixo e proletário

Fonte: Elaboração própria

As curvas obtidas mostram que para o padrão construtivo normal, o aumento da profundidade de inundação não tem impacto significativo nos danos causados às edificações e os custos de recuperação destes danos são baixos em relação aos demais padrões construtivos. Já para os padrões construtivos baixo e proletário observa-se uma tendência de aumento dos custos de recuperação dos danos na medida em que se aumenta a profundidade da inundação. Além disso, para esses padrões os custos de recuperação dos danos são mais elevados que aqueles obtidos para o padrão normal. Isto significa que se a qualidade da edificação na condição pré-inundação é boa, os impactos sobre a edificação são reduzidos.

5.4.2 Curvas de custos de recuperação de danos versus profundidades de inundação (FDC) para as casas tipificadas

O levantamento dos quantitativos e orçamentos para obtenção dos custos de recuperação das patologias em cada uma das tipologias adotadas para as diversas profundidades é apresentado no Apêndice III.

Considerando os custos para recuperação das patologias observadas para as diversas profundidades foram elaboradas curvas dos custos unitários de recuperação versus profundidade de inundação para as três tipologias de projeto adotadas I, II e III. A seguir são mostradas estas curvas (figuras 5.19, 5.20 e 5.21).

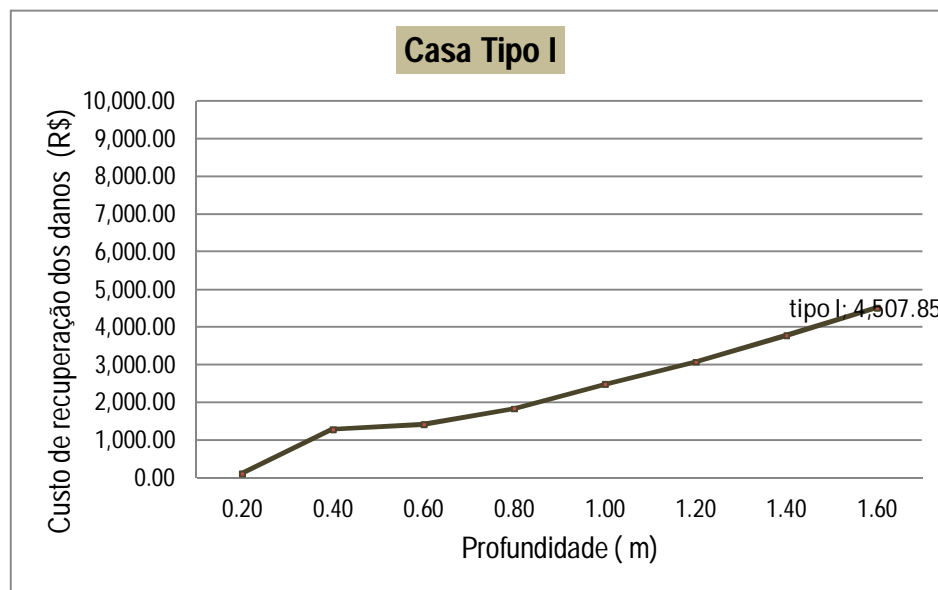


Figura 5.19 FDC para a casa tipo I

Fonte: Elaboração própria

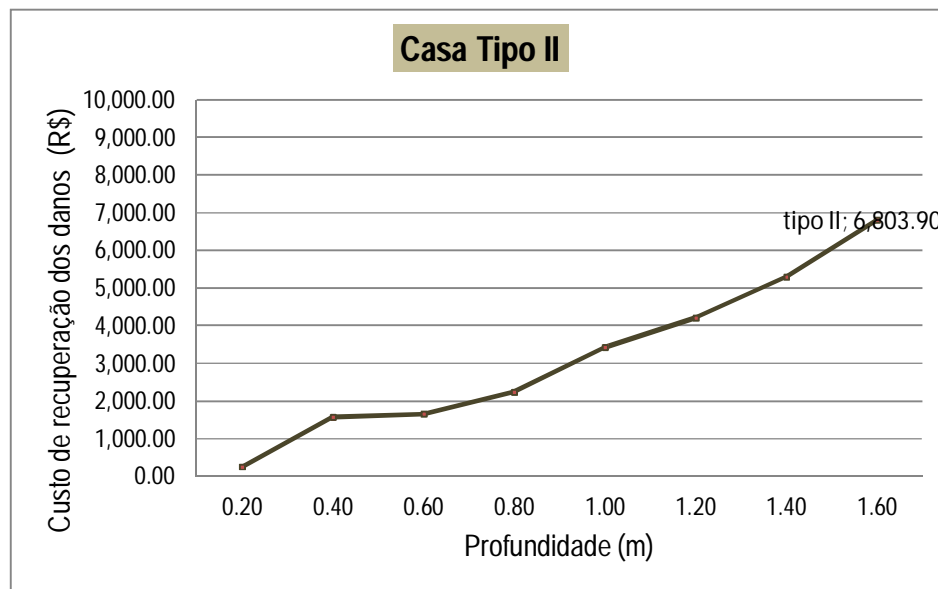


Figura 5.20 FDC para a casa tipo II

Fonte: Elaboração própria

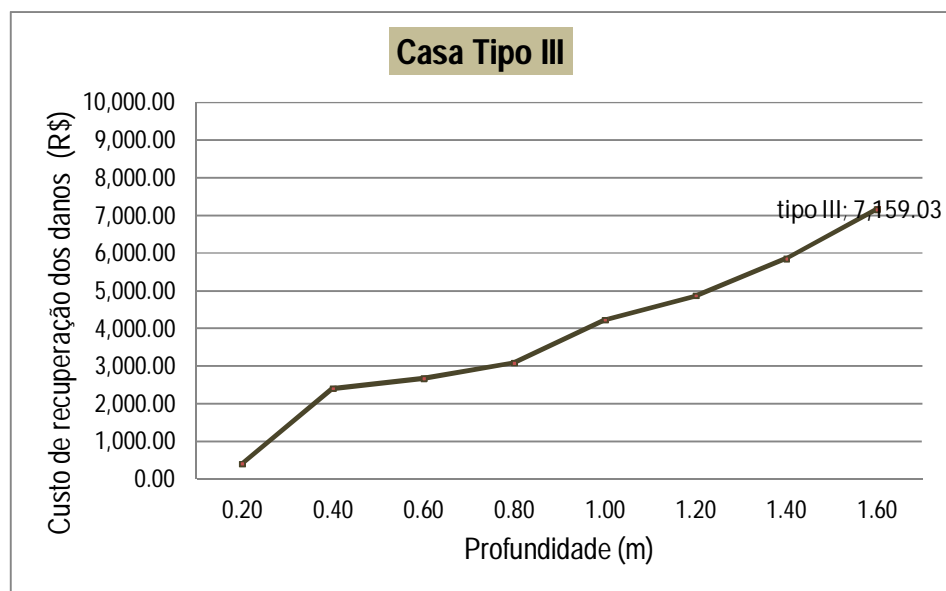


Figura 5.21 FDC para a casa tipo III

Fonte: Elaboração própria

As FDC obtidas mostram uma tendência de aumento dos custos de recuperação dos danos à medida que se aumenta a profundidade da inundação confirmando as previsões da literatura técnica. Tal fato ocorre em virtude da ocorrência de maiores danos aos materiais de construção pela maior região e pelo tempo mais prolongado de contato com a água. Os custos de recuperação são crescentes para as tipologias de projeto I, II e III, respectivamente.

As tabelas 5.12 e 5.13 mostram os custos unitários de recuperação de danos obtidos para as tipologias de projeto III e II nas curvas FDC das figuras anteriores (modelagem) e os custos unitários para as Classes A e B e Classes C e D obtidos nos estudos de avaliação de danos na cidade de Itajubá – MG, localizada no Vale do Rio Sapucaí (exemplo 1 do subitem 3.8 *Exemplos de estudos de avaliação de danos de inundação já realizados*, Capítulo 3):

Tabela 5.12 Custos unitários de recuperação de danos para a tipologia III da modelagem e Classes A e B de Itajubá

Profundidade de inundação (m)	Custo unitário Modelagem (R\$/m ²)	Custo unitário Itajubá (R\$/m ²)
0,20	3,79	15,73
0,40	22,61	26,72
0,60	25,08	33,15
0,80	28,98	37,72
1,00	39,68	41,26
1,20	45,74	44,15
1,40	54,98	46,60
1,60	67,26	48,71

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.13 Custos unitários de recuperação de danos para a tipologia II da modelagem e Classes C e D de Itajubá

Profundidade de inundação (m)	Custo unitário Modelagem (R\$/m ²)	Custo unitário Itajubá (R\$/m ²)
0,20	5,14	24,05
0,40	31,79	28,97
0,60	33,49	31,85
0,80	45,29	33,89
1,00	69,41	35,47
1,20	85,11	36,77
1,40	107,24	37,86
1,60	137,79	38,81

Fonte: Elaboração própria

Para as residências de melhor padrão construtivo, classes A e B na pesquisa desenvolvida em Itajubá e tipologia de projeto III na modelagem da presente pesquisa, os valores dos custos unitários de recuperação dos danos (R\$/m²) para a primeira situação (Itajubá), atualizados de 2003 para 2011, para baixas profundidades são maiores que os valores da modelagem. Já para elevadas profundidades tais valores se tornam menores que aqueles fornecidos pela modelagem;

Para as residências de padrão construtivo mais baixo, classes C e D na pesquisa desenvolvida em Itajubá e tipologia de projeto II na modelagem da presente pesquisa, os valores dos custos unitários de recuperação dos danos (R\$/m²) se comportam de forma semelhante à situação anterior. Entretanto, nesse caso, a discrepância de valores é maior. Para baixas profundidades, os custos unitários de Itajubá são maiores que os valores da modelagem e para elevadas profundidades os valores da modelagem são muito maiores que os de Itajubá.

Para as duas situações mencionadas anteriormente, os custos unitários de recuperação dos danos na modelagem realizada são maiores que os custos unitários obtidos na pesquisa desenvolvida em Itajubá. Isso pode ser explicado pelo fato das áreas das edificações por classe social em Itajubá serem maiores que as áreas das edificações utilizadas na modelagem. Isso é provavelmente típico de cidades do interior, onde os custos do solo são menores que nos grandes centros urbanos e os custos de mão de obra na construção civil tendem a ser menores.

Além disso, há uma grande variabilidade dos custos unitários obtidos empiricamente e, portanto, sobretudo na comparação para as Classes A e B, as diferenças podem não ser estatisticamente diferentes.

5.5 Medidas de proteção sugeridas para as três tipologias e seus custos

As medidas de proteção propostas para as três tipologias de projetos adotadas (I, II e III) e os serviços de engenharia específicos para sua implantação são descritos a seguir.

- **Medida de proteção seca permanente:**
 - execução de muro perimetral até 1,00 m de altura, distando 1,00 m das paredes externas da edificação, em alvenaria estrutural armada com revestimento argamassado e sistema de pintura;

- execução de escada de acesso à edificação em alvenaria estrutural armada com revestimento argamassado e sistema de pintura.

As figuras 5.22 e 5.23 mostram esquematicamente a casa tipo I com a medida de proteção seca permanente proposta na ausência de inundação e na ocorrência de inundação, respectivamente.

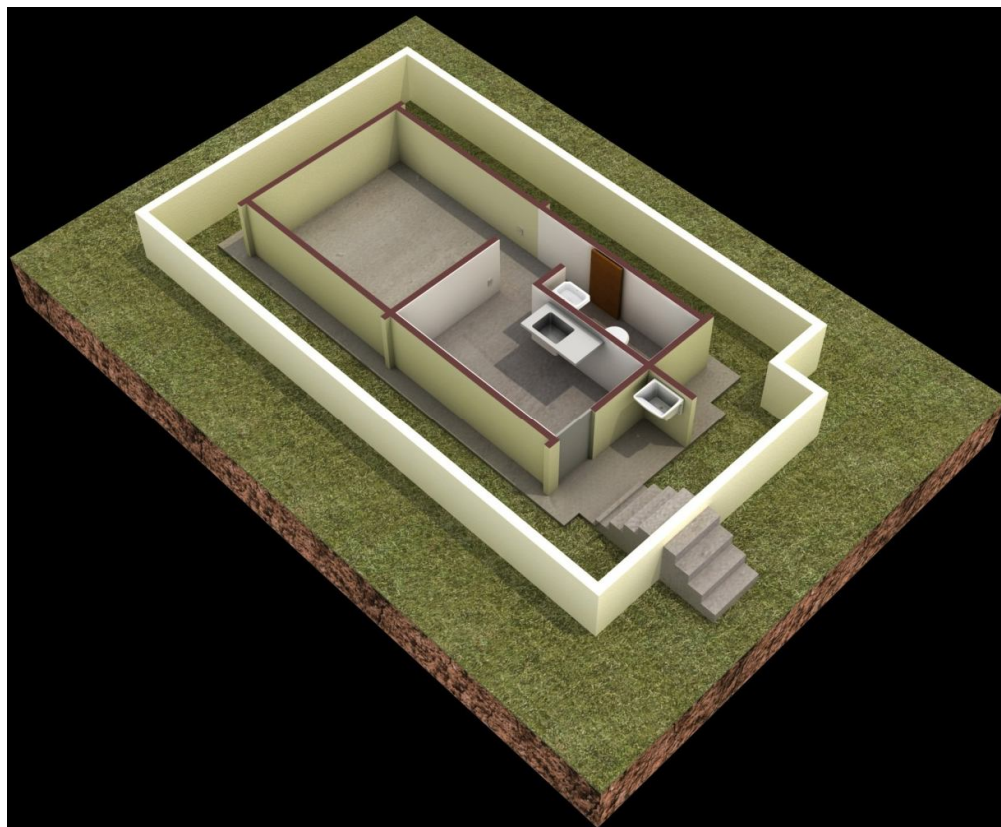


Figura 5.22 Casa tipo I – Medida de proteção seca permanente (sem inundação)

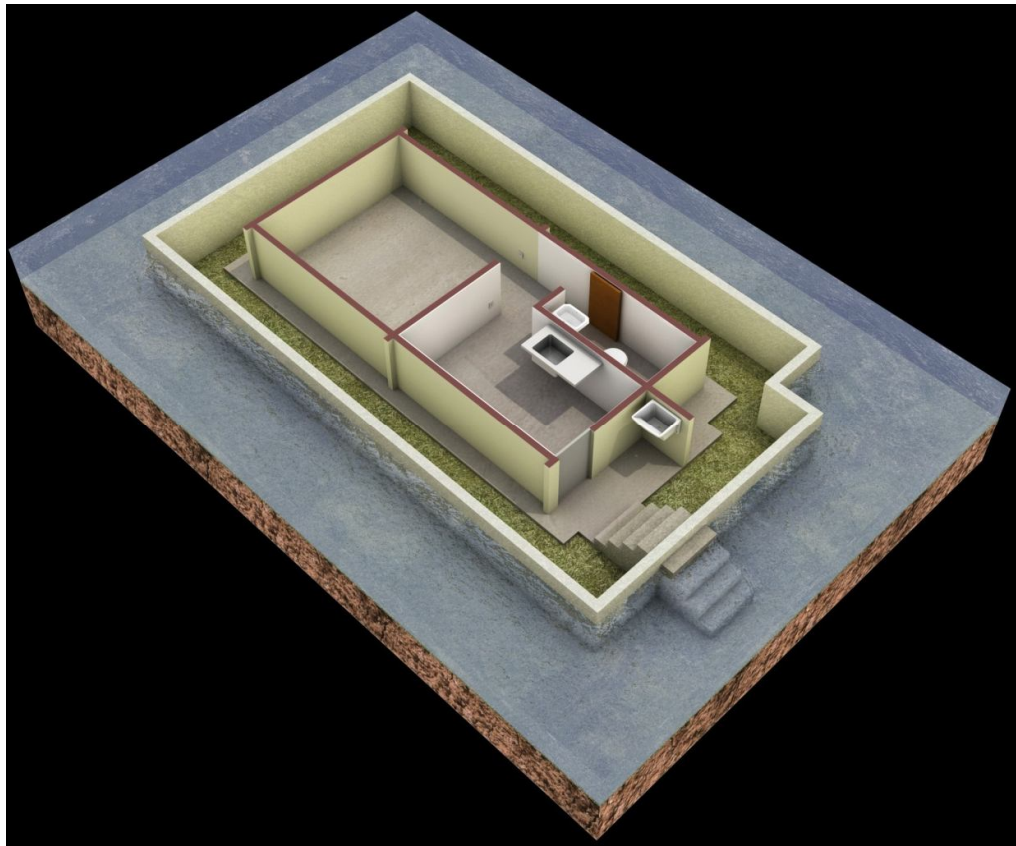


Figura 5.23 Casa tipo I – Medida de proteção seca permanente (com inundação)

- **Medida de proteção seca provisória:**

- execução de alvenaria adjacente às paredes externas da edificação até 1,00 m de altura, com revestimento argamassado e sistema de pintura.
- instalação de comportas de aço com borracha de vedac  o nos v os das portas de entrada da edificação;
- instalação de válvula de retenção.

As figuras 5.24 e 5.25 mostram esquematicamente a casa tipo II com a medida de proteção seca provisória proposta na ausência de inundação e na ocorrência de inundação, respectivamente.

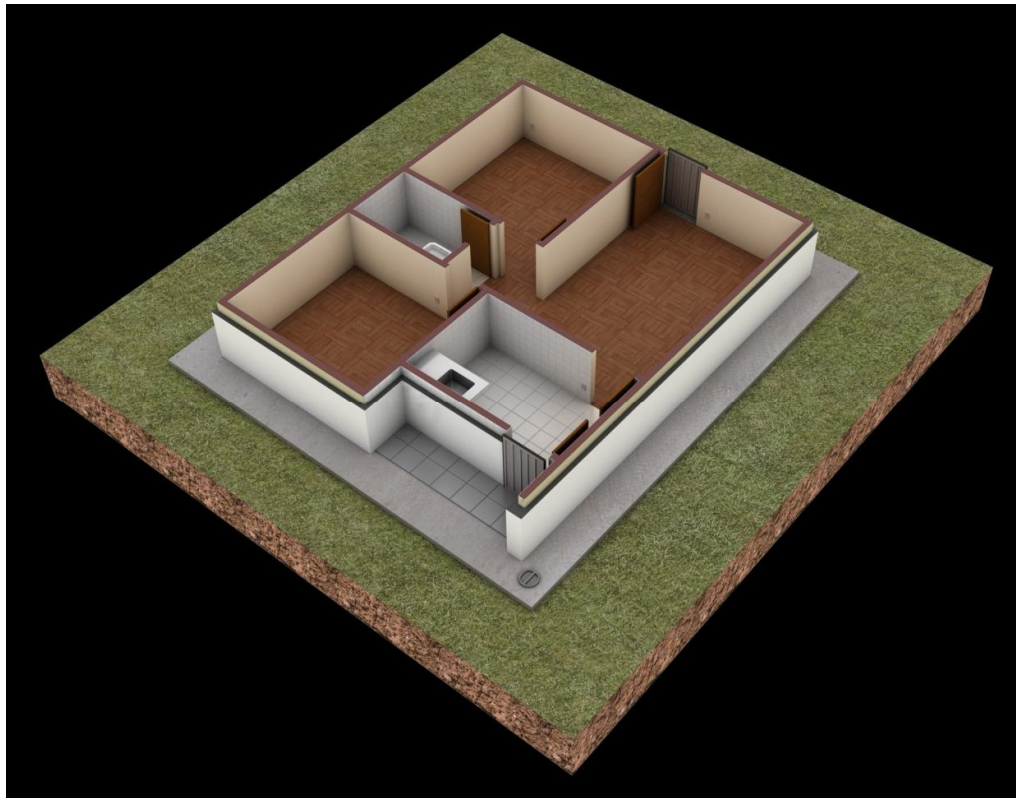


Figura 5.24 Casa tipo II – Medida de proteção seca provisória (sem inundação)

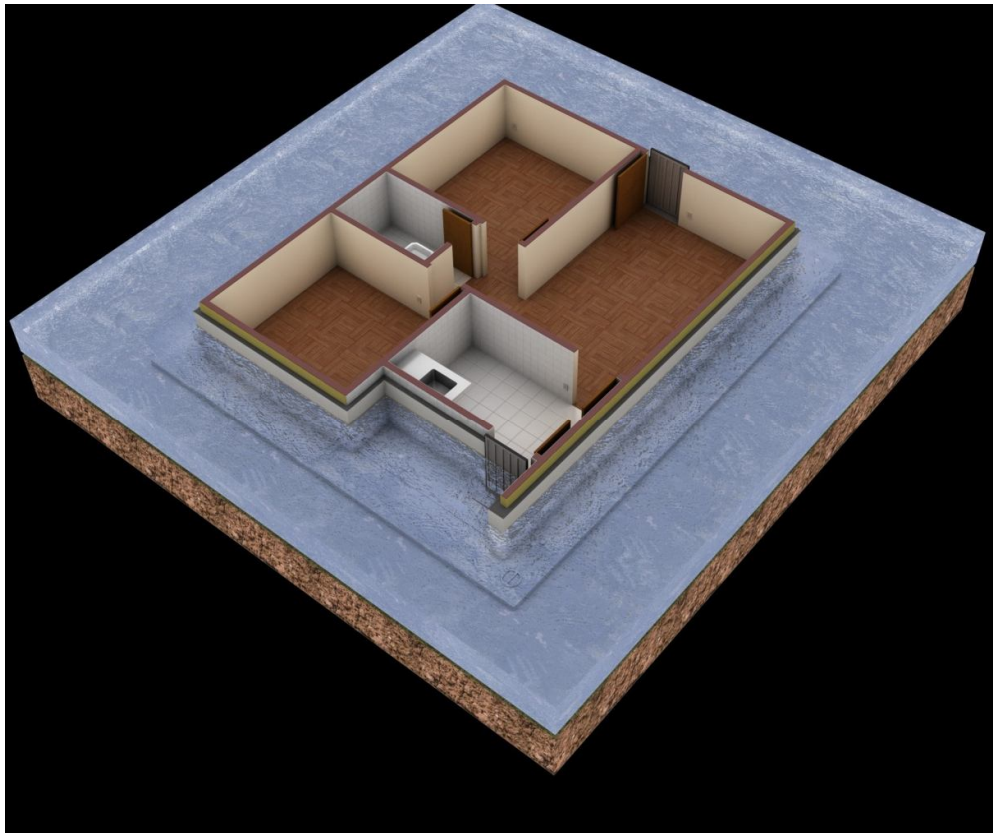


Figura 5.25 Casa tipo II – Medida de proteção seca provisória (com inundação)

- **Medida de proteção úmida:**

- execução de ladrilhos cerâmicos no piso da edificação;
- execução de revestimento cerâmico até 1,20 m de altura nas paredes da edificação;
- execução de revestimento melamínico nas portas da edificação, inclusive nas espessuras das portas;
- instalação de válvula de retenção;
- alteamento de pontos elétricos.

As figuras 5.26 e 5.27 mostram esquematicamente a casa tipo III com a medida de proteção úmida proposta na ausência de inundação e na ocorrência de inundação, respectivamente.

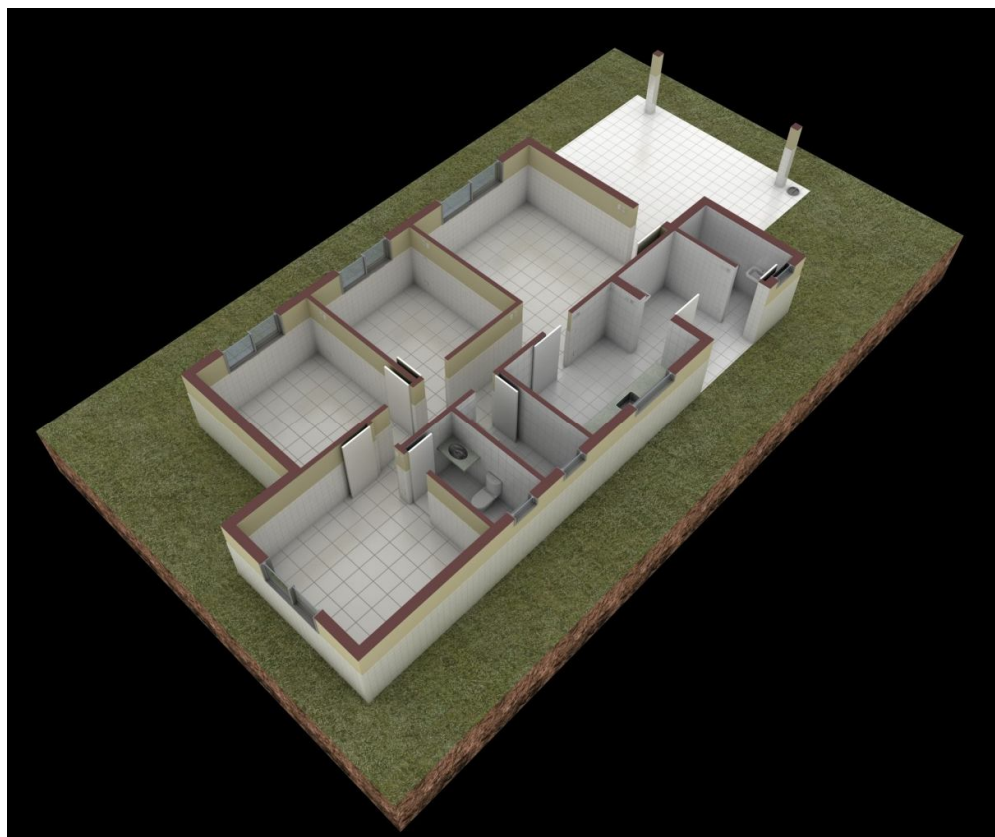


Figura 5.26 Casa tipo III – Medida de proteção úmida (sem inundação)

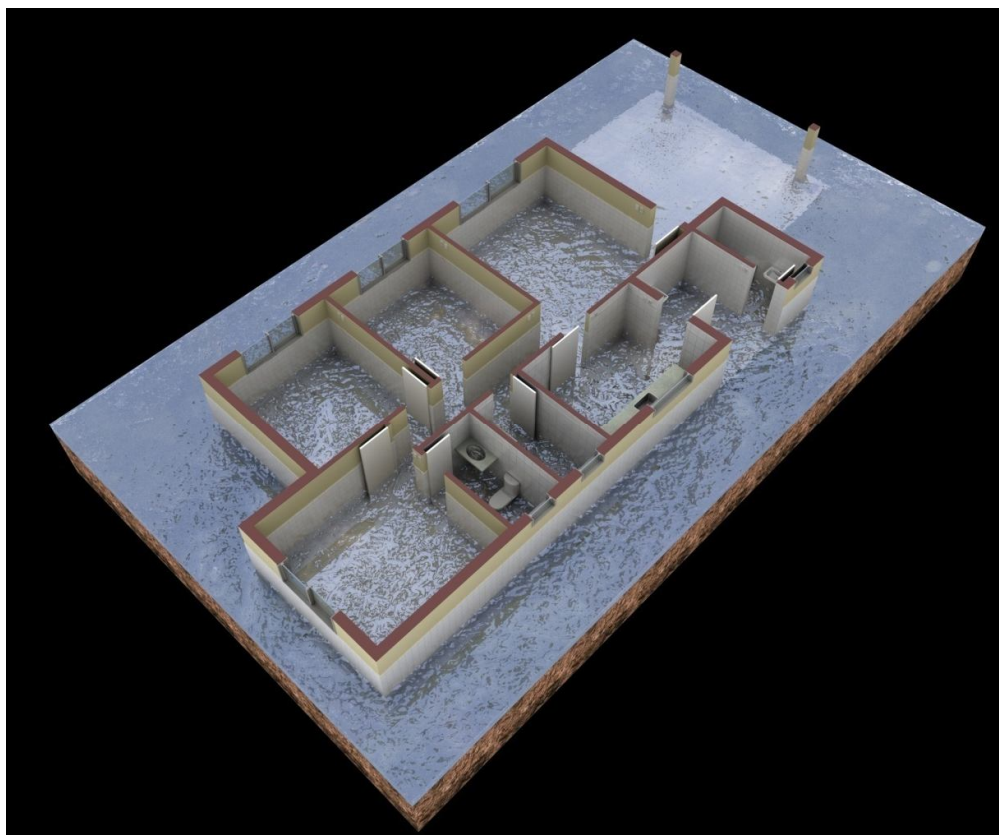


Figura 5.27 Casa tipo III – Medida de proteção úmida (com inundação)

5.5.1 Orçamentos das medidas de proteção propostas para as casas tipificadas

O levantamento dos quantitativos e orçamentos para implantação das medidas de proteção em cada uma das tipologias adotadas é apresentado no Apêndice IV.

A Tabela 5.14 mostra os custos teóricos para implantação das medidas de proteção adotadas para as tipologias I, II e III.

Tabela 5.14 Custos para implantação das medidas de proteção em cada tipologia de projeto

Tipologia de projeto	Medida de Proteção	Custo para implantação da medida de proteção
Casa tipo I	Seca permanente	R\$ 8.330,00
	Seca provisória	R\$611,31
	Úmida	R\$ 5.860,17
Casa Tipo II	Seca permanente	R\$ 11.135,45
	Seca provisória	R\$1.131,16
	Úmida	R\$ 7.818,58
Casa Tipo III	Seca permanente	R\$ 15.958,43
	Seca provisória	R\$ 1.602,65
	Úmida	R\$ 9.214,92

Fonte: Elaboração própria

Os orçamentos realizados mostram que as medidas de proteção seca provisória, úmida e seca permanente têm custos crescentes de implantação, respectivamente.

5.6 Modelagem dos custos para recuperação das patologias com as medidas de proteção teoricamente implantadas

Uma vez implantadas as medidas de proteção foram orçados os novos custos para recuperação das patologias previstas, agora com a existência das medidas de proteção.

De acordo com a profundidade de inundação na edificação foi admitida a ocorrência ou não do dano e no caso da ocorrência foram atribuídos novos percentuais e quantitativos estimativos dos serviços de engenharia necessários para a recuperação das patologias previstas.

As tabelas 5.15 a 5.23 mostram os serviços de engenharia necessários para a recuperação das patologias previstas e seus novos percentuais, agora com as medidas de proteção seca permanente, seca provisória e úmida implantadas, para cada uma das três tipologias.

Tabela 5.15 Percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia necessários, **com a medida de proteção seca permanente implantada**, para a recuperação das patologias previstas relativamente às profundidades de inundação para a casa tipo I

CASA TIPO I – MEDIDA DE PROTEÇÃO SECA PERMANENTE										
Serviços de engenharia para recuperação das patologias previstas	Profundidade (m)									
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
Limpeza	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova pintura - % da área total das paredes	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Reconstituição do revestimento argamassado - % da área total das paredes	-	-	-	-	20%	25%	30%	35%	40%	45%
Execução de novo piso cimentado - % da área total do piso cimentado	-	-	-	-	15%	20%	25%	30%	35%	40%
Substituição de tacos e rodapés de madeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas de madeira – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas metálicas – número de portas a substituir	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1
Substituição de esquadrias metálicas de janelas – n° de esquadrias a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revisão das instalações elétricas – número de pontos elétricos a reparar	-	-	-	-	2	3	4	5	6	7
Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova parede - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	10%	20%	30%	40%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.16 Percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia necessários, **com a medida de proteção seca permanente implantada**, para a recuperação das patologias previstas relativamente às profundidades de inundação para a casa tipo II

CASA TIPO II – MEDIDA DE PROTEÇÃO SECA PERMANENTE										
Serviços de engenharia para recuperação das patologias previstas	Profundidade (m)									
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
Limpeza	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova pintura - % da área total das paredes	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Reconstituição do revestimento argamassado - % da área total das paredes	-	-	-	-	15%	20%	25%	30%	35%	40%
Execução de novo piso cimentado - % da área total do piso cimentado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de tacos e rodapés de madeira	-	-	-	-	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Substituição de portas de madeira – número de portas a substituir	-	-	-	-	2	3	4	5	6	7
Substituição de portas metálicas – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de esquadrias metálicas de janelas – n° de esquadrias a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revisão das instalações elétricas – número de pontos elétricos a reparar	-	-	-	-	3	4	5	6	7	8
Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%
Execução de nova parede - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	-	10%	20%	30%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.17 Percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia necessários, **com a medida de proteção seca permanente implantada**, para a recuperação das patologias previstas relativamente às profundidades de inundação para a casa tipo III

CASA TIPO III – MEDIDA DE PROTEÇÃO SECA PERMANENTE										
Serviços de engenharia para recuperação das patologias previstas	Profundidade (m)									
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
Limpeza	–	–	–	–	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova pintura - % da área total das paredes	–	–	–	–	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Reconstituição do revestimento argamassado - % da área total das paredes	–	–	–	–	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Execução de novo piso cimentado - % da área total do piso cimentado	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Substituição de tacos e rodapés de madeira	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Substituição de portas de madeira – número de portas a substituir	–	–	–	–	3	4	5	6	7	8
Substituição de portas metálicas – número de portas a substituir	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Substituição de esquadrias metálicas de janelas – n° de esquadrias a substituir	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Revisão das instalações elétricas – número de pontos elétricos a reparar	–	–	–	–	4	5	6	7	8	9
Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas	–	–	–	–	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado	–	–	–	–	–	–	100%	100%	100%	100%
Execução de nova parede - % da área total das paredes	–	–	–	–	–	–	–	5%	10%	20%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.18 Percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia necessários, **com a medida de proteção seca provisória implantada**, para a recuperação das patologias previstas relativamente às profundidades de inundação para a casa tipo I

CASA TIPO I – MEDIDA DE PROTEÇÃO SECA PROVISÓRIA										
Serviços de engenharia para recuperação das patologias previstas	Profundidade (m)									
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
Limpeza	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova pintura - % da área total das paredes	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Reconstituição do revestimento argamassado - % da área total das paredes	-	-	-	-	20%	25%	30%	35%	40%	45%
Execução de novo piso cimentado - % da área total do piso cimentado	-	-	-	-	15%	20%	25%	30%	35%	40%
Substituição de tacos e rodapés de madeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas de madeira – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas metálicas – número de portas a substituir	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1
Substituição de esquadrias metálicas de janelas – n° de esquadrias a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revisão das instalações elétricas – número de pontos elétricos a reparar	-	-	-	-	2	3	4	5	6	7
Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova parede - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	10%	20%	30%	40%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.19 Percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia necessários, **com a medida de proteção seca provisória implantada**, para a recuperação das patologias previstas relativamente às profundidades de inundação para a casa tipo II

CASA TIPO II – MEDIDA DE PROTEÇÃO SECA PROVISÓRIA										
Serviços de engenharia para recuperação das patologias previstas	Profundidade (m)									
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
Limpeza	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova pintura - % da área total das paredes	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Reconstituição do revestimento argamassado - % da área total das paredes	-	-	-	-	15%	20%	25%	30%	35%	40%
Execução de novo piso cimentado - % da área total do piso cimentado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de tacos e rodapés de madeira	-	-	-	-	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Substituição de portas de madeira – número de portas a substituir	-	-	-	-	2	3	4	5	6	7
Substituição de portas metálicas – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de esquadrias metálicas de janelas – n° de esquadrias a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revisão das instalações elétricas – número de pontos elétricos a reparar	-	-	-	-	3	4	5	6	7	8
Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%
Execução de nova parede - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	-	10%	20%	30%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.20 Percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia necessários, **com a medida de proteção seca provisória implantada**, para a recuperação das patologias previstas relativamente às profundidades de inundação para a casa tipo III

CASA TIPO III – MEDIDA DE PROTEÇÃO SECA PROVISÓRIA										
Serviços de engenharia para recuperação das patologias previstas	Profundidade (m)									
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
Limpeza	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova pintura - % da área total das paredes	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Reconstituição do revestimento argamassado - % da área total das paredes	-	-	-	-	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Execução de novo piso cimentado - % da área total do piso cimentado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de tacos e rodapés de madeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas de madeira – número de portas a substituir	-	-	-	-	3	4	5	6	7	8
Substituição de portas metálicas – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de esquadrias metálicas de janelas – n° de esquadrias a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revisão das instalações elétricas – número de pontos elétricos a reparar	-	-	-	-	4	5	6	7	8	9
Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%
Execução de nova parede - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	-	5%	10%	20%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.21 Percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia necessários, **com a medida de proteção úmida implantada**, para a recuperação das patologias previstas relativamente às profundidades de inundação para a casa tipo I

CASA TIPO I – MEDIDA DE PROTEÇÃO ÚMIDA										
Serviços de engenharia para recuperação das patologias previstas	Profundidade (m)									
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
Limpeza	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova pintura - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%
Reconstituição do revestimento argamassado - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	5%	10%	15%	20%
Execução de novo piso cimentado - % da área total do piso cimentado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de tacos e rodapés de madeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas de madeira – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas metálicas – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de esquadrias metálicas de janelas – nº de esquadrias a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revisão das instalações elétricas – número de pontos elétricos a reparar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Execução de nova parede - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	10%	20%	30%	40%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.22 Percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia necessários, **com a medida de proteção úmida implantada**, para a recuperação das patologias previstas relativamente às profundidades de inundação para a casa tipo II

CASA TIPO II – MEDIDA DE PROTEÇÃO ÚMIDA										
Serviços de engenharia para recuperação das patologias previstas	Profundidade (m)									
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
Limpeza	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova pintura - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%
Reconstituição do revestimento argamassado - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	-	5%	10%	15%
Execução de novo piso cimentado - % da área total do piso cimentado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de tacos e rodapés de madeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas de madeira – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas metálicas – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de esquadrias metálicas de janelas – n° de esquadrias a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revisão das instalações elétricas – número de pontos elétricos a reparar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Execução de nova parede - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	-	10%	20%	30%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.23 Percentuais e quantitativos dos serviços de engenharia necessários, **com a medida de proteção úmida implantada**, para a recuperação das patologias previstas relativamente às profundidades de inundação para a casa tipo III

CASA TIPO III – MEDIDA DE PROTEÇÃO ÚMIDA										
Serviços de engenharia para recuperação das patologias previstas	Profundidade (m)									
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
Limpeza	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Execução de nova pintura - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%
Reconstituição do revestimento argamassado - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	10%
Execução de novo piso cimentado - % da área total do piso cimentado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de tacos e rodapés de madeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas de madeira – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de portas metálicas – número de portas a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Substituição de esquadrias metálicas de janelas – n° de esquadrias a substituir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revisão das instalações elétricas – número de pontos elétricos a reparar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desobstrução e limpeza das tubulações hidráulicas	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fechamento de rachaduras e trincas com material adequado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Execução de nova parede - % da área total das paredes	-	-	-	-	-	-	-	5%	10%	20%

Fonte: Elaboração própria

O levantamento dos quantitativos e orçamentos para obtenção dos custos de recuperação das patologias em cada uma das tipologias adotadas para as diversas profundidades, agora com as medidas de proteção implantadas são apresentados no Apêndice V, VI e VII. Nas figuras 5.28 a) a 5.30 c) são apresentadas as FDC com as medidas de proteção implantadas.

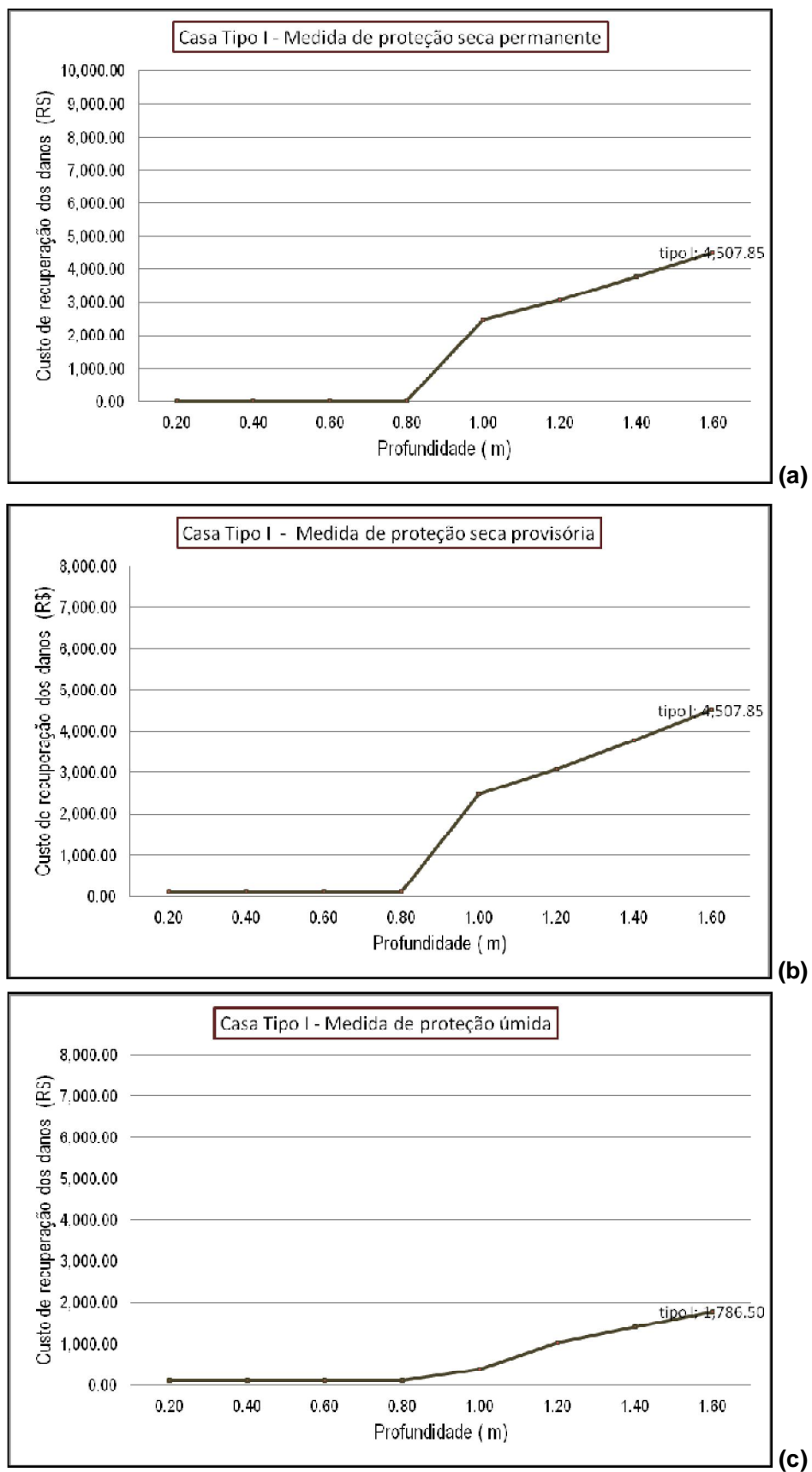


Figura 5.28 FDC para a casa tipo I com as medidas de proteção (a) seca permanente, (b) seca provisória e (c) úmida implantadas

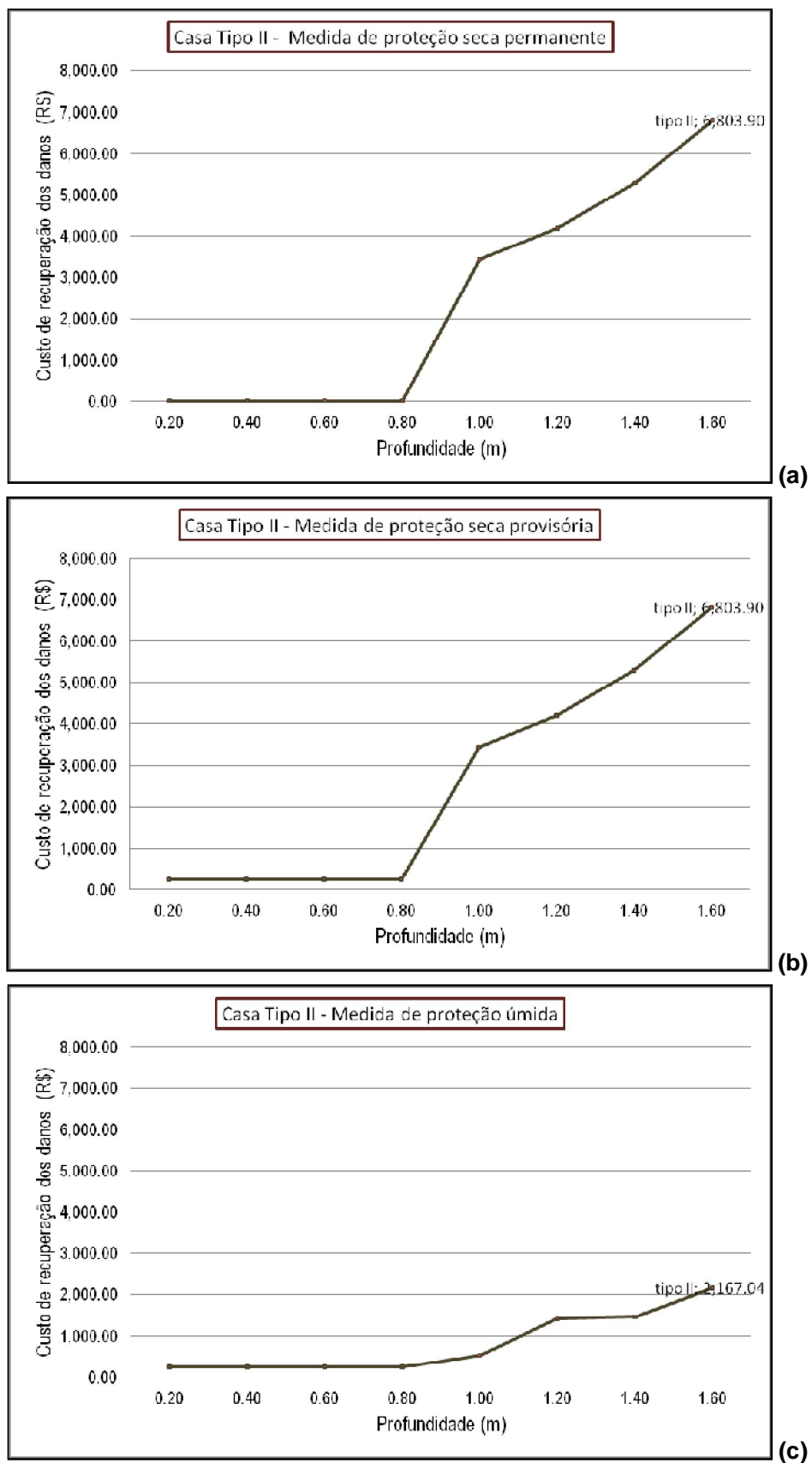


Figura 5.29 FDC para a casa tipo II com as medidas de proteção (a) seca permanente, (b) seca provisória e (c) úmida implantadas

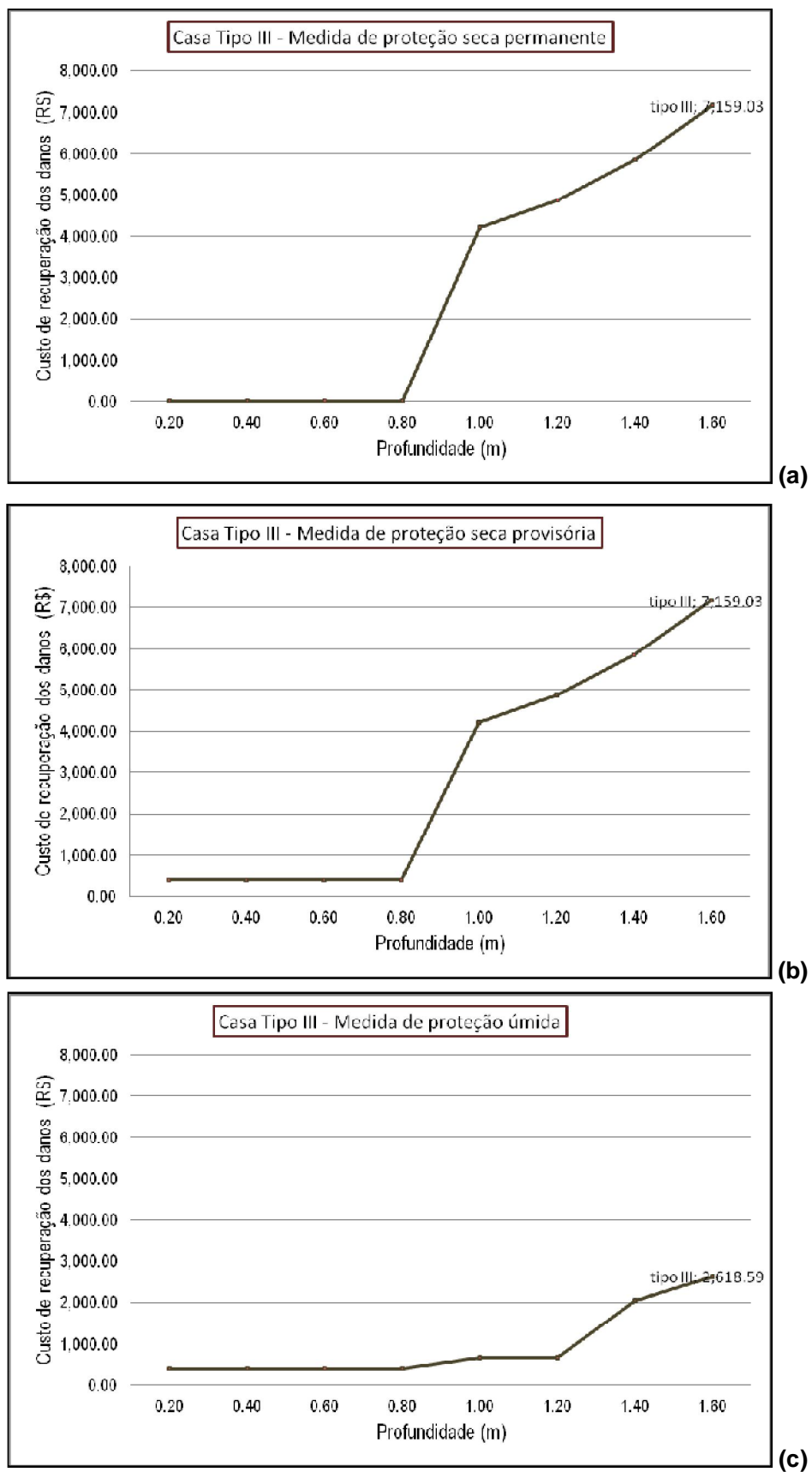


Figura 5.30 FDC para a casa tipo III com as medidas de proteção (a) seca permanente, (b) seca provisória e (c) úmida implantadas

A implantação de uma medida de proteção propicia uma diminuição significativa dos prejuízos e, em consequência, dos custos de recuperação dos danos para profundidades inferiores a 0,90 m. A medida de proteção seca permanente proporciona a redução total dos prejuízos levando a custos de recuperação nulos para profundidades de até 0,90 m. Para as demais medidas de proteção, os prejuízos se limitam aos trabalhos de limpeza após a ocorrência da inundação. Para profundidades superiores a 0,90 m as medidas de proteção secas, permanente e provisória, se mostram ineficazes, visto que os prejuízos ocorrem como se as medidas não houvessem sido implantadas. A medida de proteção úmida mostra-se ainda eficaz para profundidades superiores a 0,90 m, embora a reduz dos prejuízos seja menor que para profundidades até 0,90 m.

5.7 *Curvas de custos de recuperação de danos versus profundidades de inundação*

5.7.1 Mapas das manchas de inundação

Os mapas das manchas de inundação para a região de localização das casas da amostra de referência que forneceram as profundidades de inundação para eventos de tempos de retorno clássicos de 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 são mostrados a seguir (figuras 5.31 a 5.38).

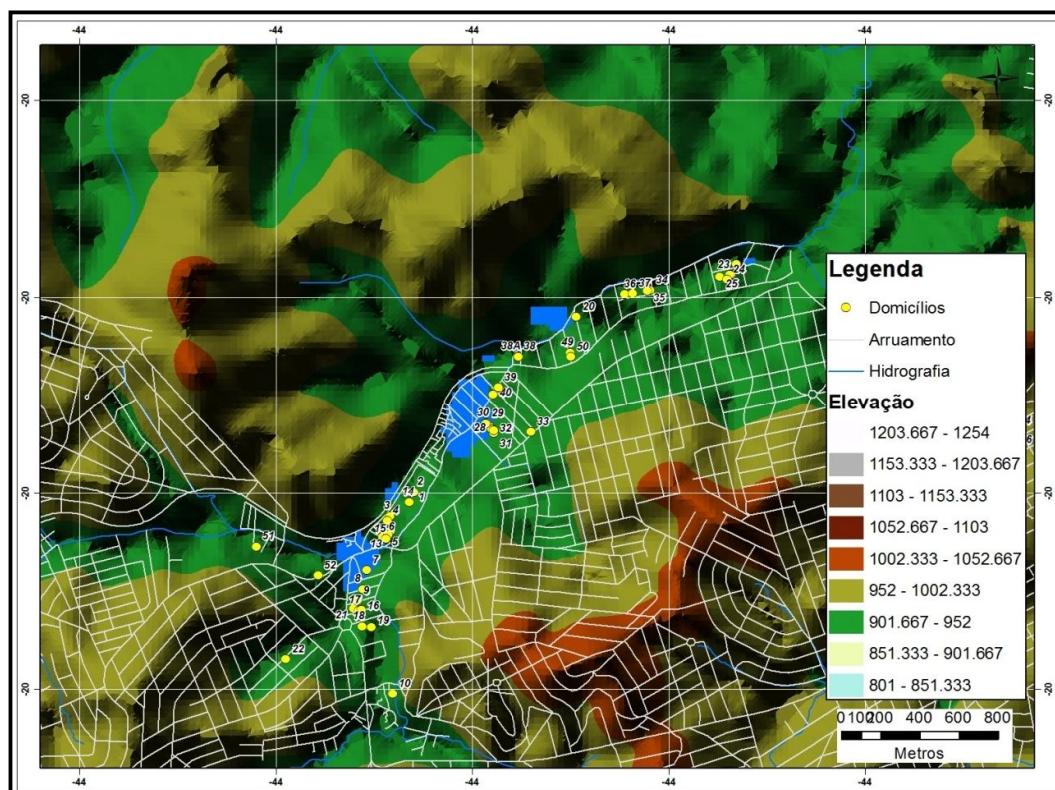


Figura 5.31 Mapa das manchas de inundação – localização das casas para TR=2 anos

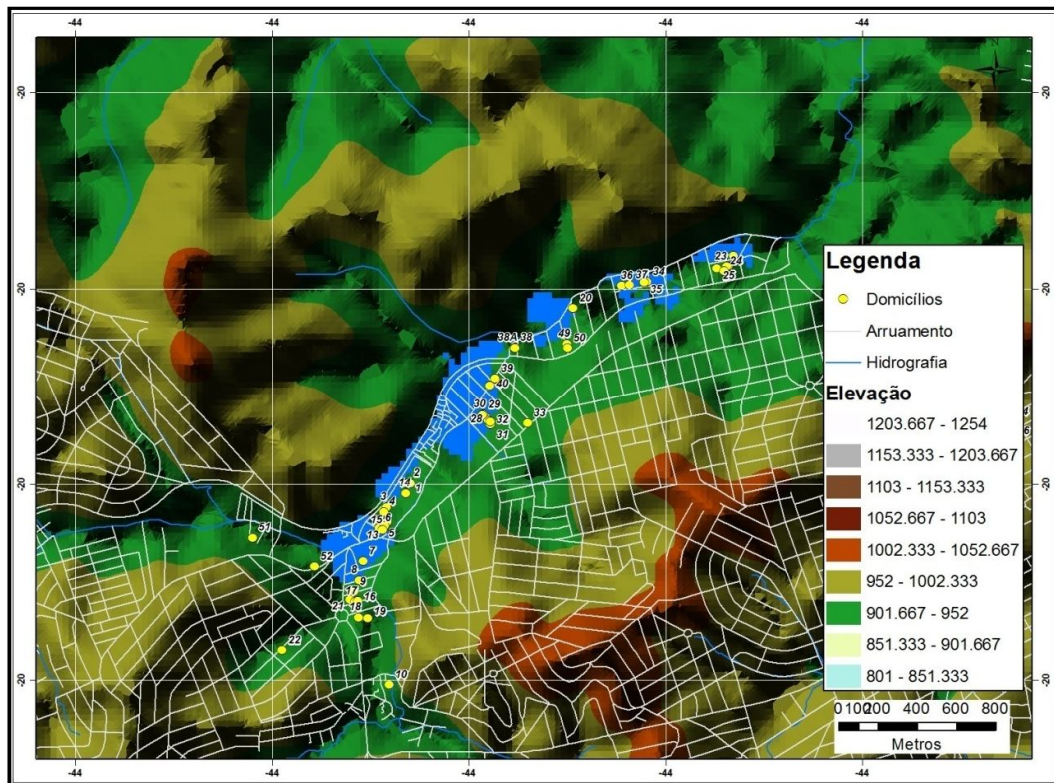


Figura 5.32 Mapa das manchas de inundação – localização das casas para TR=5 anos

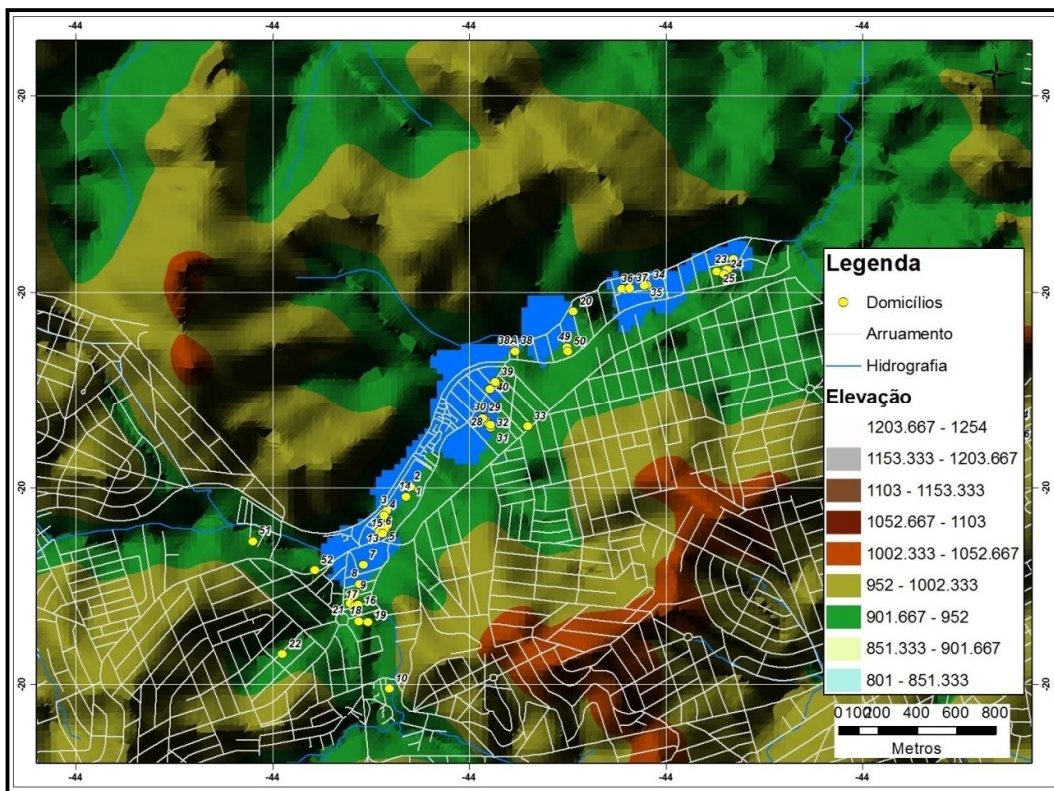


Figura 5.33 Mapa das manchas de inundação – localização das casas para TR=10 anos

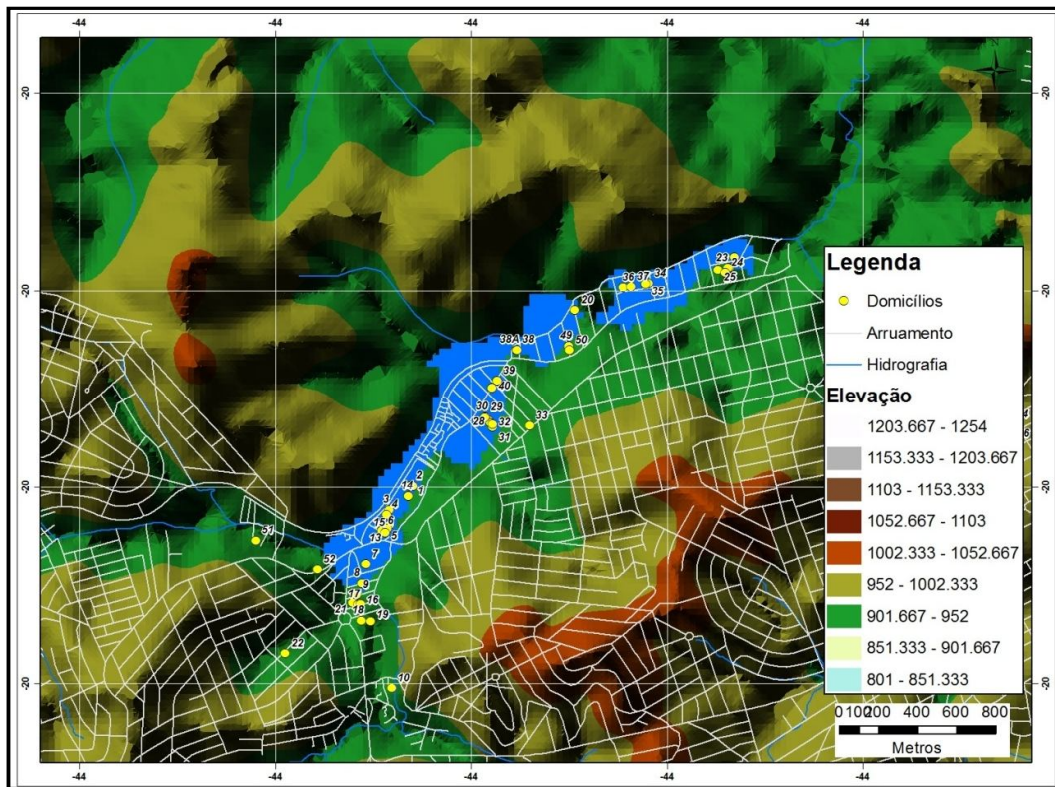


Figura 5.34 Mapa das manchas de inundação – localização das casas para TR=25 anos

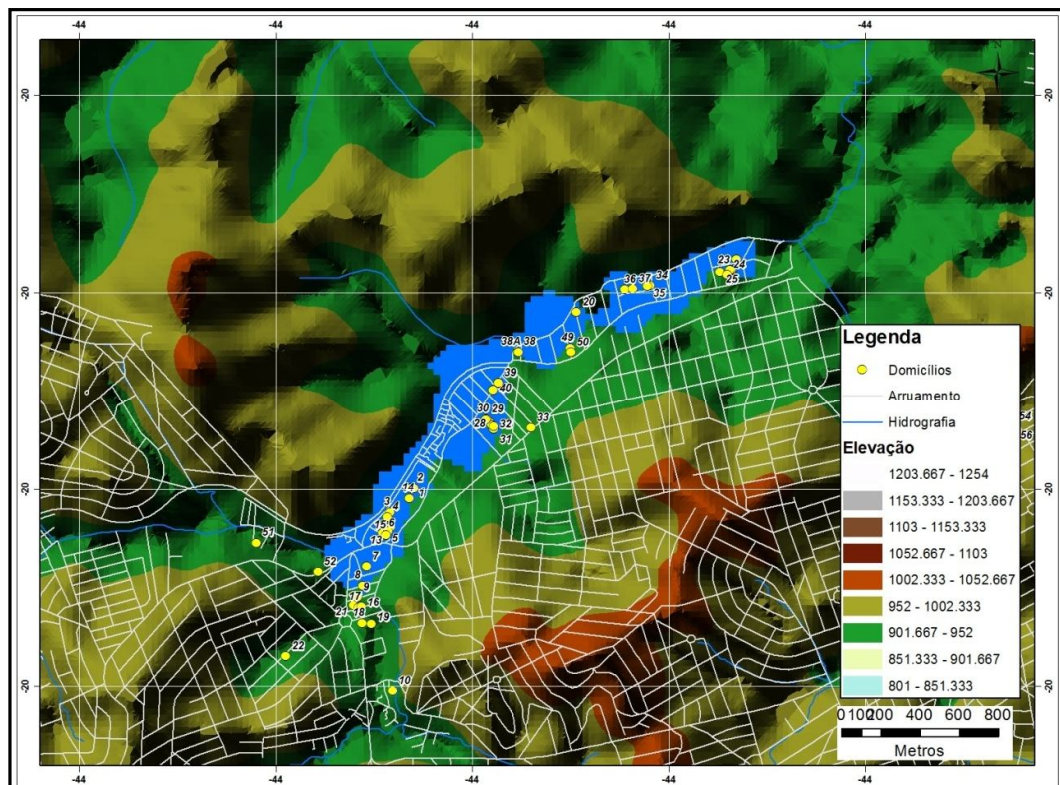


Figura 5.35 Mapa das manchas de inundação – localização das casas para TR=50 anos

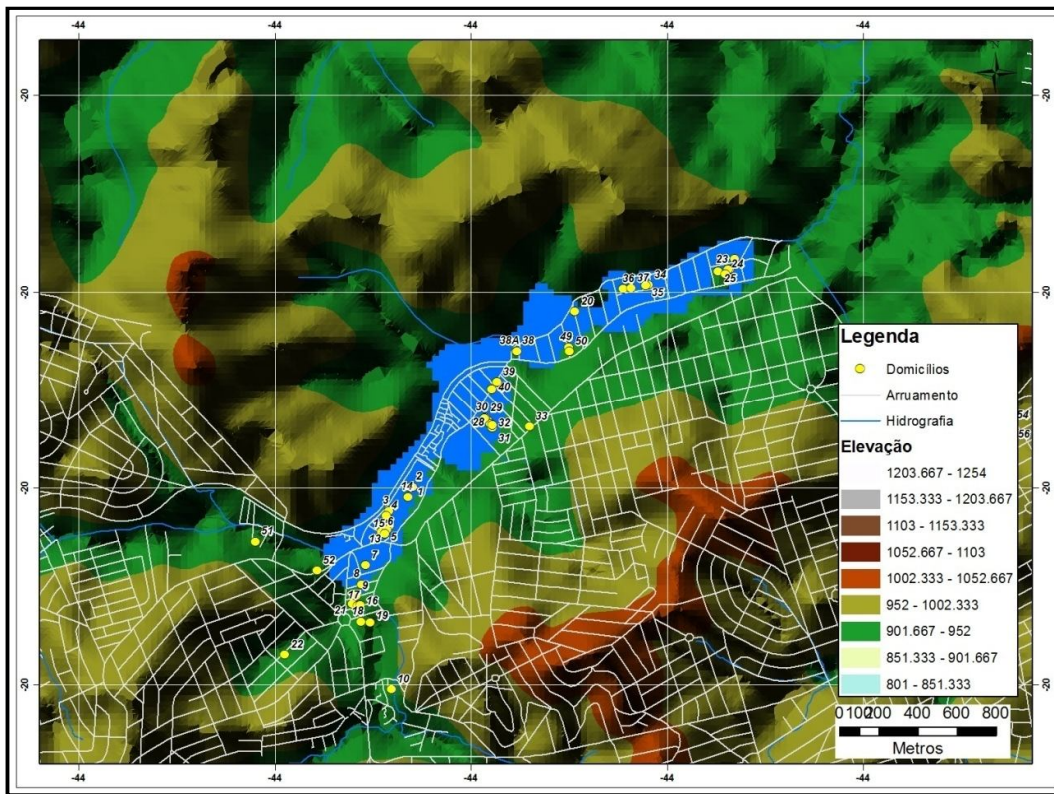


Figura 5.36 Mapa das manchas de inundação – localização das casas para TR=100 anos

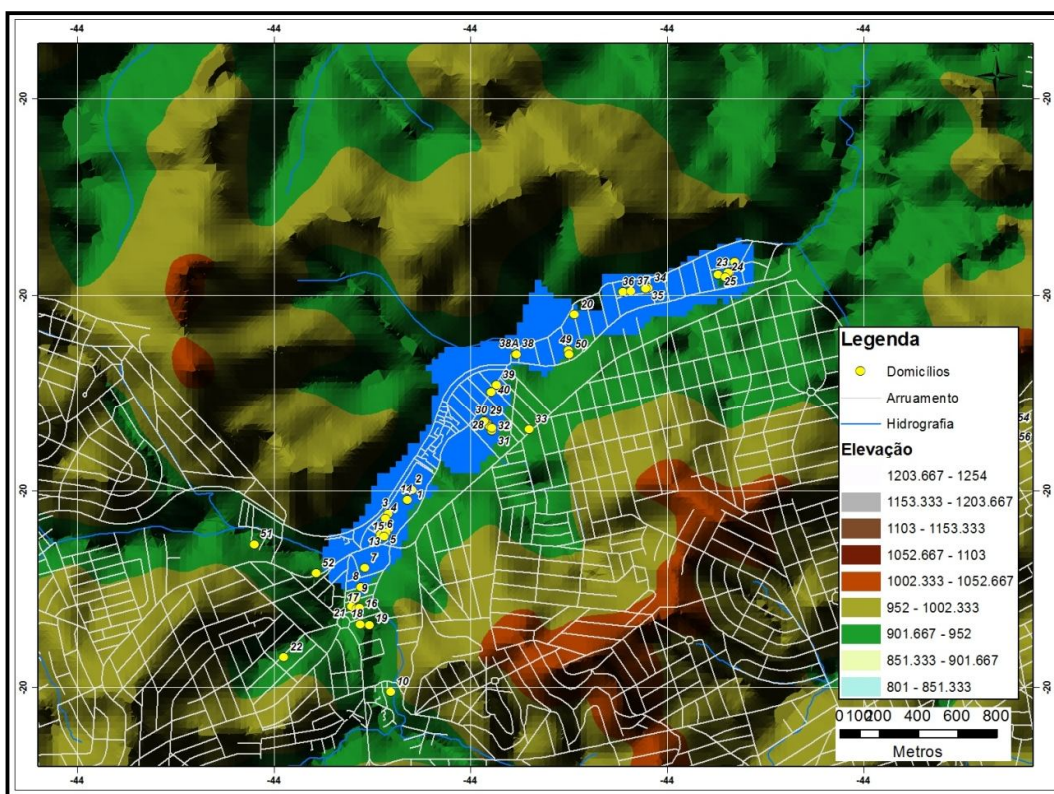


Figura 5.37 Mapa das manchas de inundação – localização das casas para TR=200 anos

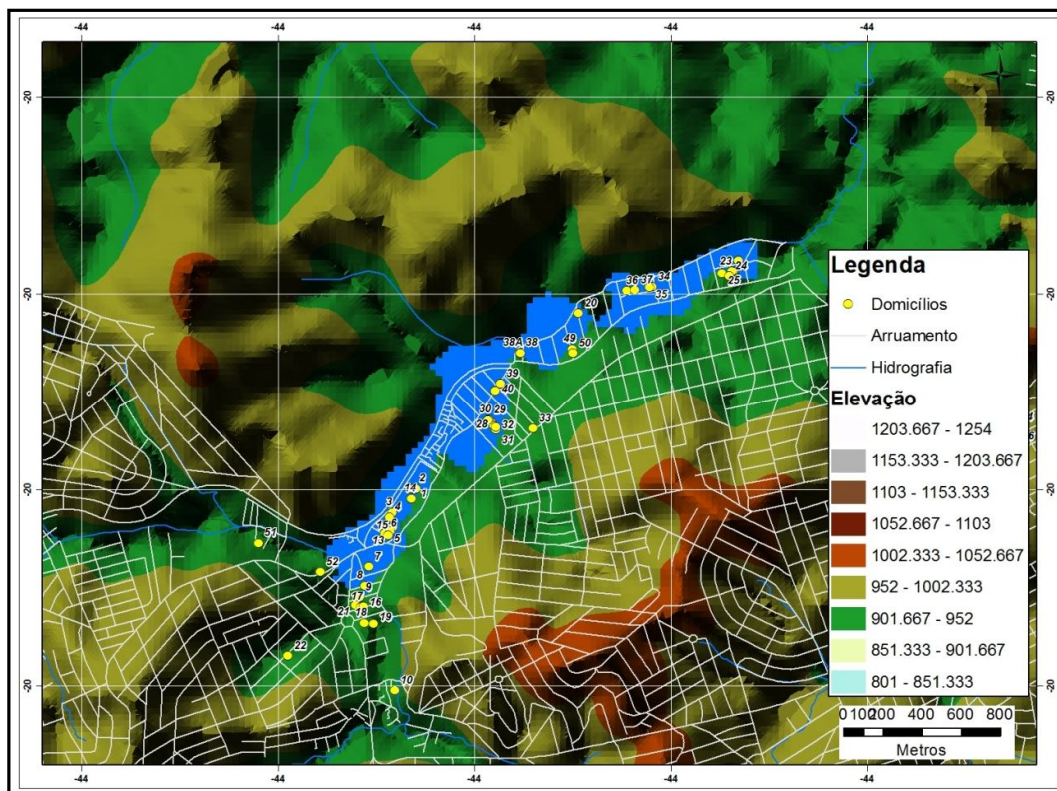


Figura 5.38 Mapa das manchas de inundação – localização das casas para o evento de 31/12/2008

Os mapas das manchas de inundação para a região de localização das casas amostradas forneceram as profundidades de inundação para eventos de tempos de retorno clássicos de 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anos e para o evento de 31/12/2008.

5.7.2 Curvas de custos de recuperação de danos versus profundidades de inundação para as casas tipificadas

As profundidades de inundação obtidas a partir dos mapas das manchas de inundação para as casas atingidas, em eventos de tempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 são mostradas na Tabela 5.24.

As curvas dos custos de recuperação de danos versus profundidades de inundação construídas para as tipologias de edificação I, II e III, nas três faixas de profundidades $h < 0,50$ m; $0,50 \leq h \leq 1,00$ m e $h > 1,0$ m, obtidas a partir dos mapas das manchas de inundação para a região de localização das casas da amostra de referência, no tempo de retorno específico de 50 anos, são apresentadas a seguir (figuras 5.39 a 5.46).

Os orçamentos dos custos de recuperação de danos para as tipologias de edificação I, II e III nas três faixas de profundidades $h < 0,50$ m; $0,50 \leq h \leq 1,00$ m e $h > 1,0$ m são apresentados no Apêndice VIII. Esses orçamentos possibilitaram a elaboração das tabelas 5.25 a 5.32.

Tabela 5.24 Profundidades de inundação (m) nas casas atingidas, obtidas nos mapas das manchas de inundação para os diversos eventos

CASA	TIPO	TR 02	TR 05	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100	TR 200	31/12/2008
1	II	0,00	0,00	0,08	0,19	0,47	1,03	1,34	0,22
2	II	0,00	0,00	0,08	0,19	0,47	1,03	1,34	0,22
3	II	0,00	0,00	0,18	0,25	0,29	0,67	0,93	0,28
4	II	0,00	0,00	0,00	0,60	0,94	1,26	1,52	0,73
5	II	0,00	0,35	0,30	0,72	1,09	1,42	1,67	0,94
6	II	0,00	0,20	0,30	0,72	1,09	1,42	1,67	0,94
7	II	0,45	1,00	1,12	1,64	2,48	2,81	3,08	2,35
8	III	0,00	0,05	0,07	0,12	0,26	0,58	0,83	0,13
11	II	0,00	0,00	0,08	0,19	0,47	1,03	1,34	0,22
12	II	0,00	0,00	0,06	0,46	0,83	0,98	1,34	0,80
13	II	0,00	0,00	0,06	0,46	0,83	0,98	1,34	0,80
14	II	0,00	0,00	0,24	0,36	0,65	0,75	1,01	0,31
15	II	0,00	0,10	0,12	0,17	0,55	0,88	1,67	0,40
20	II	0,00	0,00	0,06	0,23	0,67	1,27	1,71	0,55
23	III	0,00	0,00	0,00	0,63	0,98	1,12	1,44	1,35
24	II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00
25	II	0,00	0,00	0,00	0,29	0,42	0,55	0,59	0,17
26	II	0,00	0,00	0,29	0,60	0,68	0,94	1,36	0,91
27	II	0,00	0,85	0,95	1,85	2,43	2,85	3,14	2,34
28	II	0,00	0,50	0,59	1,46	2,01	2,42	2,71	1,92
29	II	0,15	0,88	1,97	2,85	3,42	3,83	4,13	3,33
30	II	0,15	0,88	1,97	2,85	3,42	3,83	4,13	3,33
31	II	0,00	0,48	0,59	1,46	2,01	2,42	2,71	1,92
32	II	0,00	0,48	0,59	1,46	2,01	2,42	2,71	1,92
34	III	0,00	0,08	0,20	0,61	1,09	1,51	1,90	1,02
35	I	0,00	0,08	0,20	0,61	1,09	1,51	1,90	1,02
36	II	0,00	0,39	0,55	0,98	1,58	1,88	2,56	1,46
37	II	0,00	0,23	0,40	0,76	1,30	1,70	2,38	1,29
38	I	0,00	0,00	0,00	0,44	0,80	1,53	1,96	0,78
39	II	0,00	0,19	0,12	0,76	1,46	1,92	2,23	1,33
40	II	0,00	0,84	0,98	1,90	2,60	3,05	3,36	2,47
49	II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,38	0,51	0,16
23A	I	0,00	0,00	0,00	0,44	0,68	0,94	1,36	0,00
38A	I	0,00	0,00	0,00	0,44	0,80	1,53	1,96	0,78

TIPO I H = 0,80 m

Tabela 5.25 Custos para recuperação dos danos sem e com medidas de proteção - Casa 38

CASA 38 TIPO I					
TR	Profundidade (m)	Custo de Recuperação dos Danos (R\$)	Medida de Proteção Seca Permanente (R\$)	Medida de Proteção Seca Provisória (R\$)	Medida de Proteção Seca Úmida (R\$)
02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,44	1.288,54	0,00	112,19	112,19
50	0,80	1.832,34	0,00	112,19	112,19
100	1,53	4.470,52	4.470,52	4.470,52	1.775,84
200	1,96	6.037,87	6.037,87	6.037,87	2.652,31

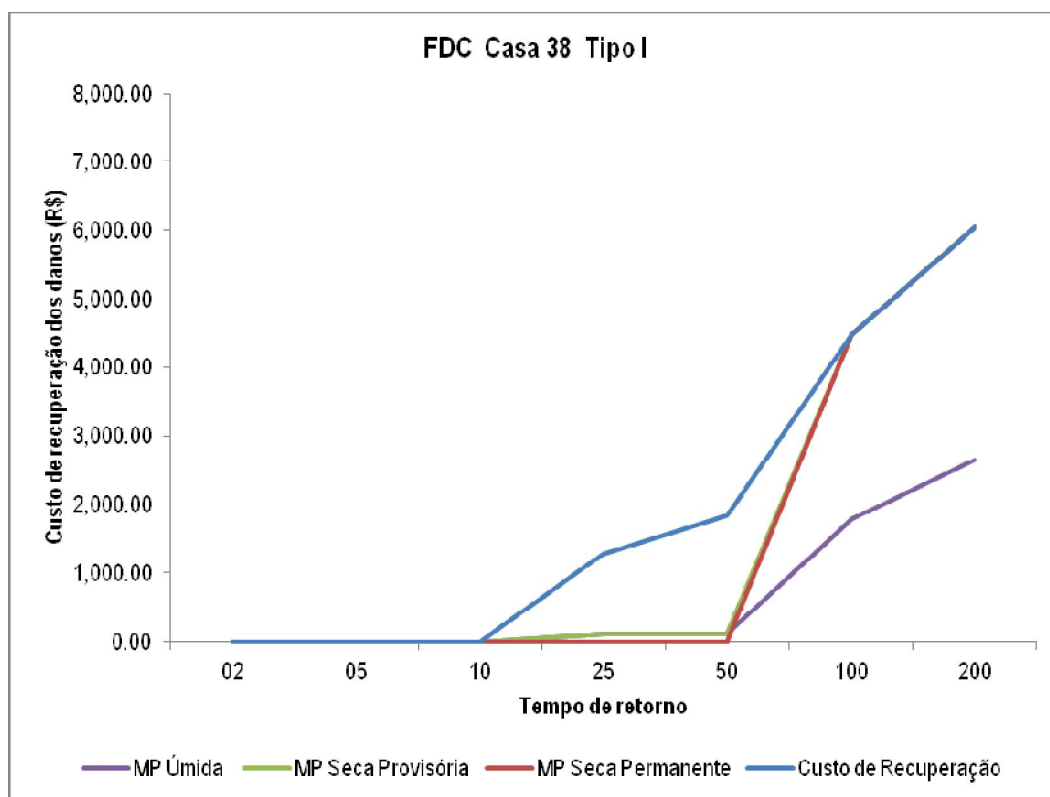


Figura 5.39 FDC sem medida de proteção e com as medidas de proteção implantadas

Fonte: Elaboração própria

TIPO I H = 1,09 m

Tabela 5.26 Custos para recuperação dos danos sem e com medidas de proteção - Casa 35

CASA 35 TIPO I					
TR	Profundidade (m)	Custo de Recuperação dos Danos (R\$)	Medida de Proteção Seca Permanente (R\$)	Medida de Proteção Seca Provisória (R\$)	Medida de Proteção Seca Úmida (R\$)
02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	0,08	112,19	0,00	112,19	112,19
10	0,20	112,19	0,00	112,19	112,19
25	0,61	1.416,06	0,00	112,19	112,19
50	1,09	3.030,38	3.030,38	3.030,38	1.030,39
100	1,51	4.459,86	4.459,86	4.459,86	1.772,79
200	1,90	5.996,74	5.996,74	5.996,74	2.634,03

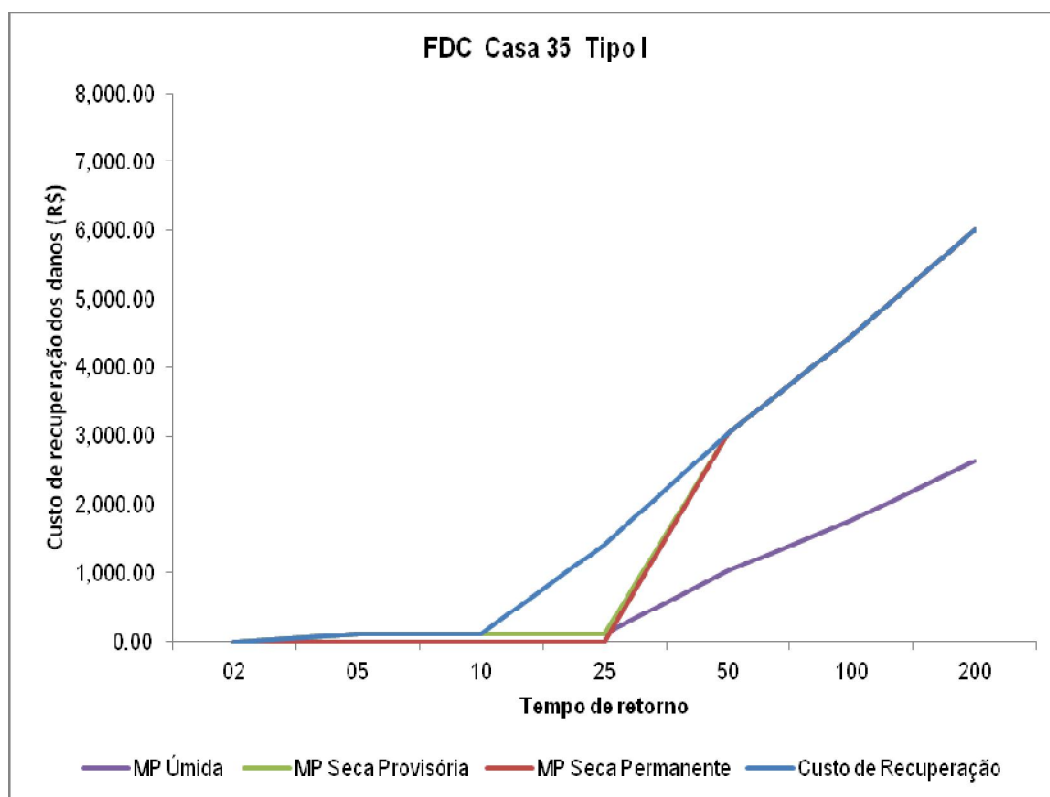


Figura 5.40 FDC sem medida de proteção e com as medidas de proteção implantadas
Fonte: Elaboração própria

TIPO II H = 0,29 m

Tabela 5.27 Custos para recuperação dos danos sem e com medidas de proteção - Casa 3

CASA 3 TIPO II					
TR	Profundidade (m)	Custo de Recuperação dos Danos (R\$)	Medida de Proteção Seca Permanente (R\$)	Medida de Proteção Seca Provisória (R\$)	Medida de Proteção Seca Úmida (R\$)
02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,18	253,67	0,00	253,67	253,67
25	0,25	253,67	0,00	253,67	253,67
50	0,29	1.569,82	0,00	253,67	253,67
100	0,67	2.205,40	0,00	253,67	253,67
200	0,93	3.402,17	3.402,17	3.402,17	523,17

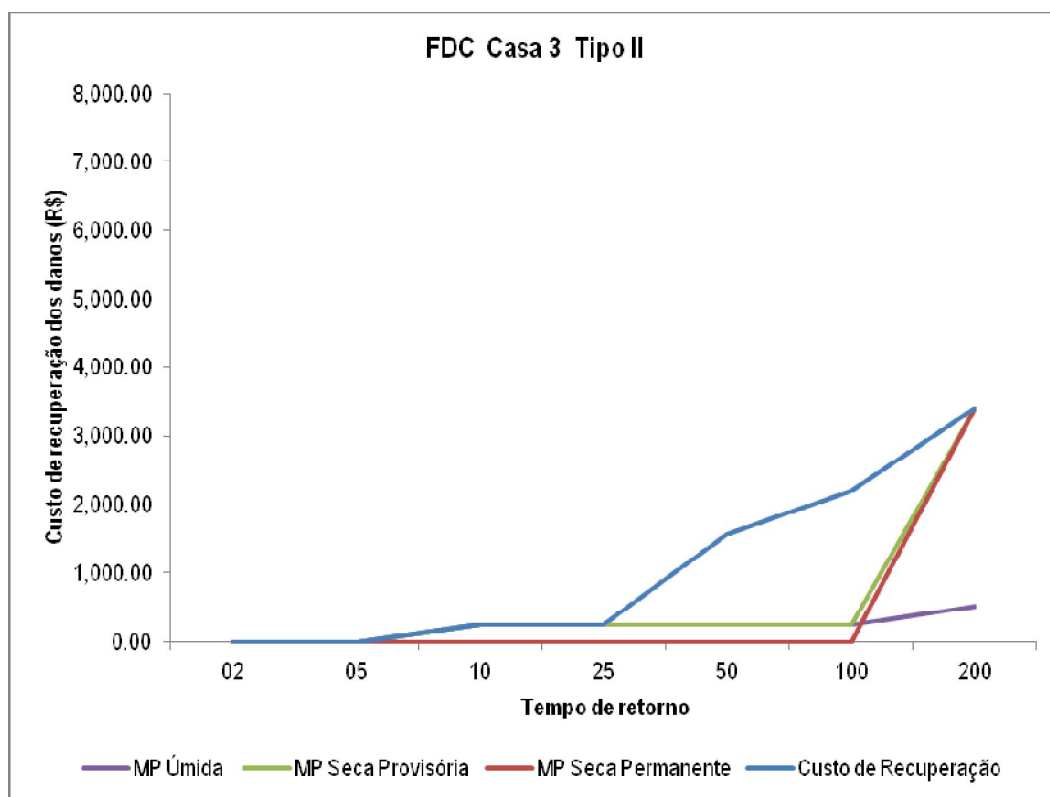


Figura 5.41 FDC sem medida de proteção e com as medidas de proteção implantadas

Fonte: Elaboração própria

TIPO II H = 0,83 m

Tabela 5.28 Custos para recuperação dos danos sem e com medidas de proteção - Casa 13

CASA 13 TIPO II					
TR	Profundidade (m)	Custo de Recuperação dos Danos (R\$)	Medida de Proteção Seca Permanente (R\$)	Medida de Proteção Seca Provisória (R\$)	Medida de Proteção Seca Úmida (R\$)
02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,06	253,67	0,00	253,67	253,67
25	0,46	1.636,86	0,00	253,67	253,67
50	0,83	3.366,26	0,00	253,67	253,67
100	0,98	3.420,12	3.420,12	3.420,12	523,17
200	1,34	5.259,78	5.259,78	5.259,78	1.455,23

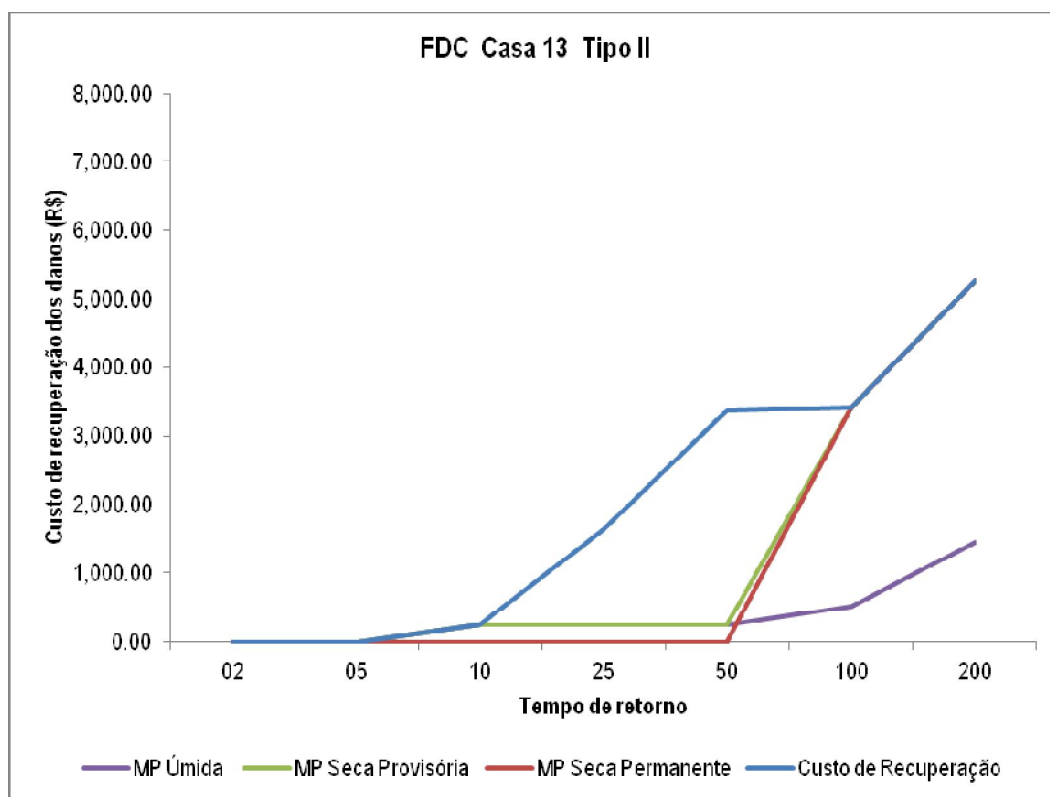


Figura 5.42 FDC sem medida de proteção e com as medidas de proteção implantadas

Fonte: Elaboração própria

TIPO II H = 1,58 m

Tabela 5.29 Custos para recuperação dos danos sem e com medidas de proteção - Casa 36

CASA 36 TIPO II					
TR	Profundidade (m)	Custo de Recuperação dos Danos (R\$)	Medida de Proteção Seca Permanente (R\$)	Medida de Proteção Seca Provisória (R\$)	Medida de Proteção Seca Úmida (R\$)
02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	0,39	1.569,82	0,00	253,67	253,67
10	0,55	1.647,63	0,00	253,67	253,67
25	0,98	3.420,12	3.420,12	3.420,12	523,17
50	1,58	6.789,53	6.789,53	6.789,53	2.165,10
100	1,88	9.585,59	9.585,59	9.585,59	3.672,32
200	2,56	10.236,79	10.236,79	10.236,79	3.870,63

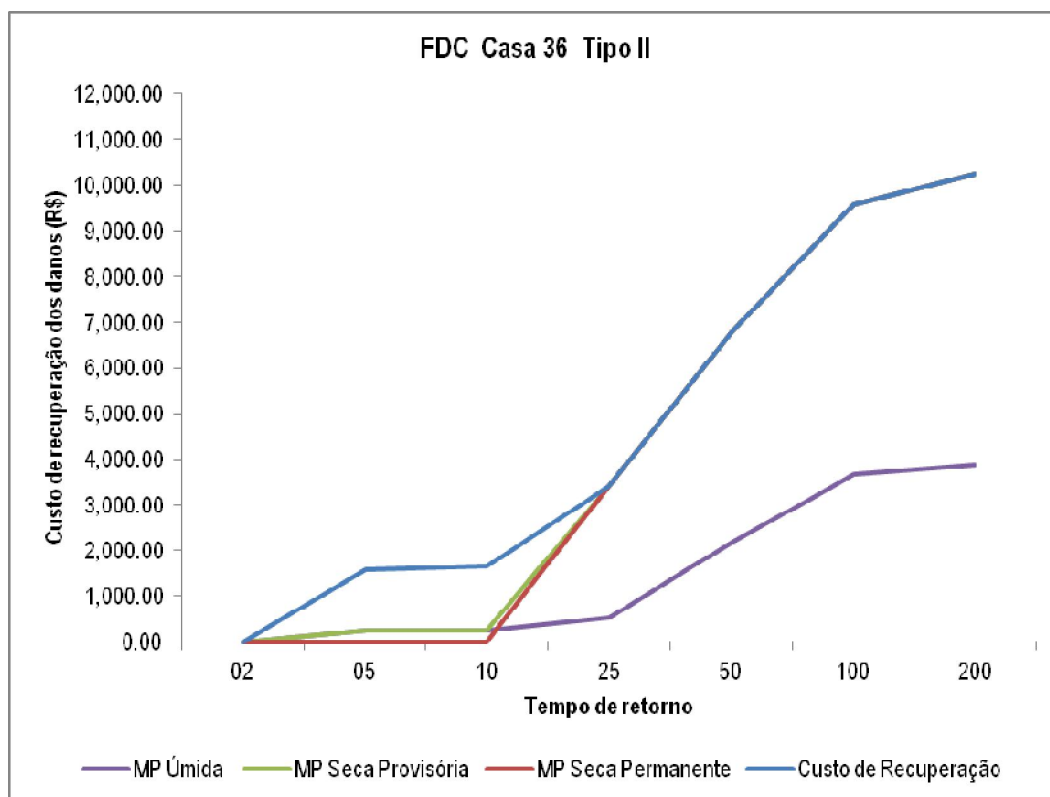


Figura 5.43 FDC sem medida de proteção e com as medidas de proteção implantadas
Fonte: Elaboração própria

TIPO III H = 0,26 m

Tabela 5.30 Custos para recuperação dos danos sem e com medidas de proteção - Casa 8

CASA 8 TIPO III					
TR	Profundidade (m)	Custo de Recuperação dos Danos (R\$)	Medida de Proteção Seca Permanente (R\$)	Medida de Proteção Seca Provisória (R\$)	Medida de Proteção Seca Úmida (R\$)
02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	0,05	403,61	0,00	403,61	403,61
10	0,07	403,61	0,00	403,61	403,61
25	0,12	403,61	0,00	403,61	403,61
50	0,26	2.406,45	0,00	403,61	403,61
100	0,58	2.669,89	0,00	403,61	403,61
200	0,83	4.166,08	4.166,08	4.166,08	673,11

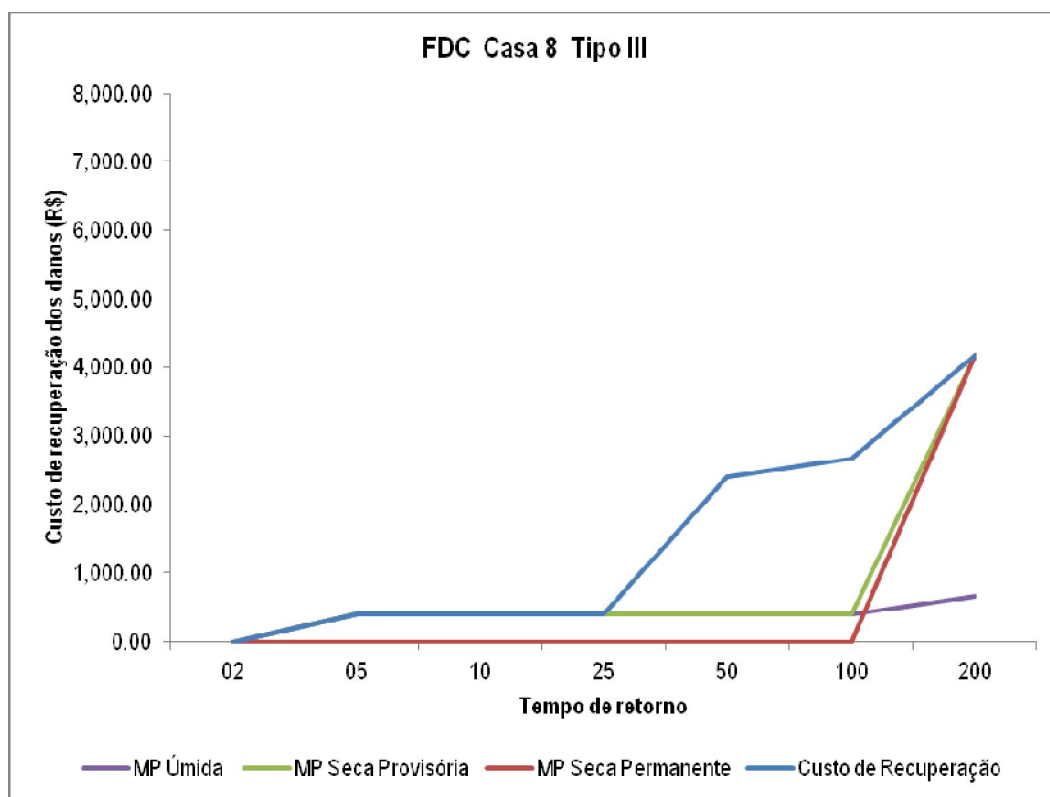


Figura 5.44 FDC sem medida de proteção e com as medidas de proteção implantadas

Fonte: Elaboração própria

TIPO III H = 0,98 m

Tabela 5.31 Custos para recuperação dos danos sem e com medidas de proteção - Casa 23

CASA 23 TIPO III					
TR	Profundidade (m)	Custo de Recuperação dos Danos (R\$)	Medida de Proteção Seca Permanente (R\$)	Medida de Proteção Seca Provisória (R\$)	Medida de Proteção Seca Úmida (R\$)
02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,63	2.669,89	0,00	403,61	403,61
50	0,98	4.216,48	4.216,48	4.216,48	673,11
100	1,12	4.828,75	4.828,75	4.828,75	673,11
200	1,44	5.878,52	5.878,52	5.878,52	2.036,69

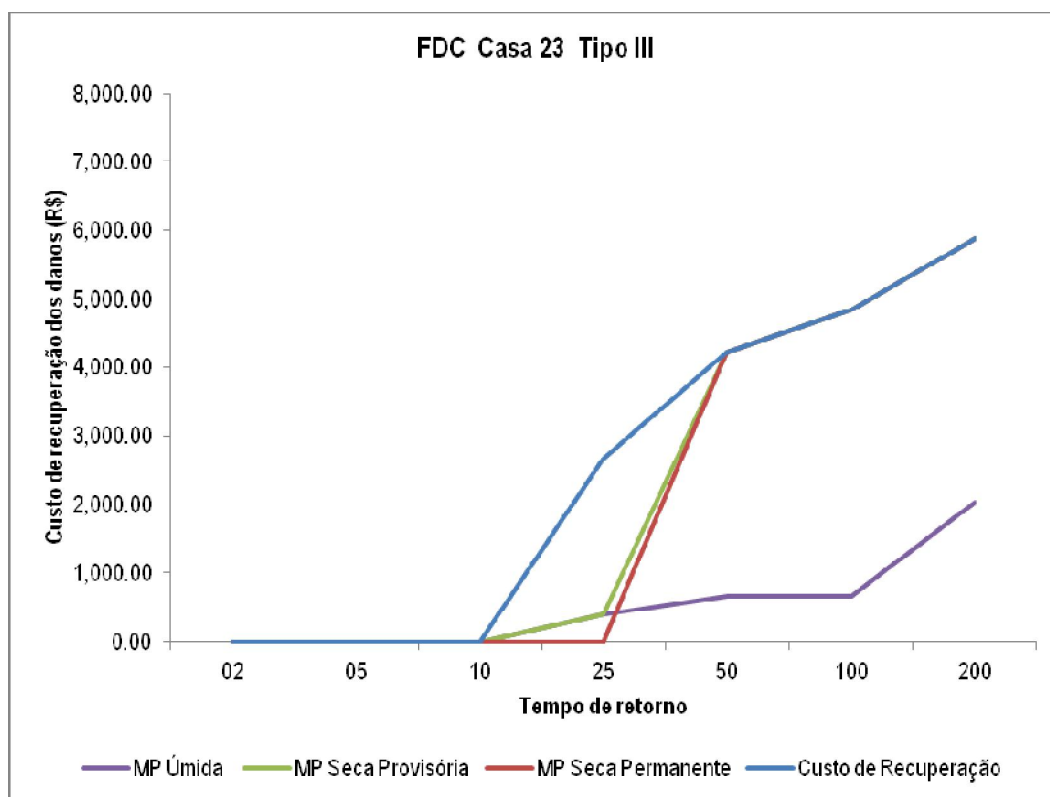


Figura 5.45 FDC sem medida de proteção e com as medidas de proteção implantadas

Fonte: Elaboração própria

TIPO III H = 1,09 m

Tabela 5.32 Custos para recuperação dos danos sem e com medidas de proteção - Casa 34

CASA 34 TIPO III					
TR	Profundidade (m)	Custo de Recuperação dos Danos (R\$)	Medida de Proteção Seca Permanente (R\$)	Medida de Proteção Seca Provisória (R\$)	Medida de Proteção Seca Úmida (R\$)
02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	0,08	403,61	0,00	403,61	403,61
10	0,20	403,61	0,00	403,61	403,61
25	0,61	2.669,89	0,00	403,61	403,61
50	1,09	4.813,63	4.813,63	4.813,63	673,11
100	1,51	7.083,43	7.083,43	7.083,43	2.618,59
200	1,90	10.384,94	10.384,94	10.384,94	4.496,78

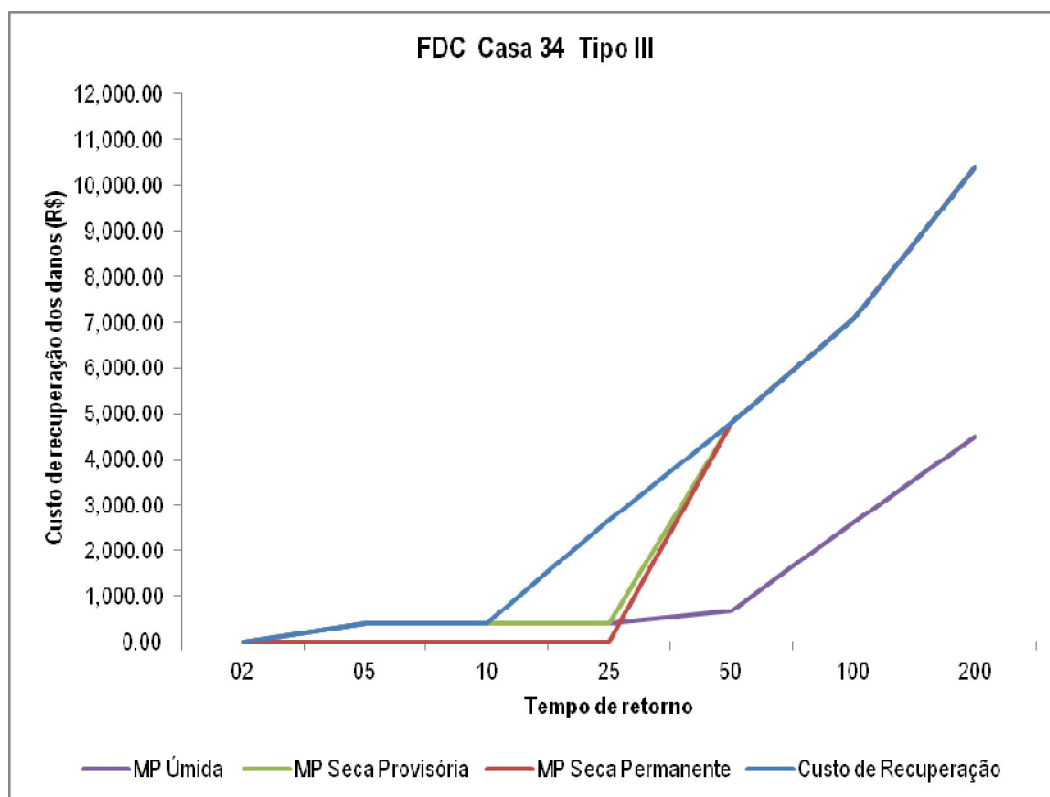


Figura 5.46 FDC sem medida de proteção e com as medidas de proteção implantadas
 Fonte: Elaboração própria

5.8 Análise de custos e benefícios

Exemplos das análises de custos e benefícios da implantação das medidas de proteção realizadas para as oito edificações mencionadas anteriormente, a partir dos cálculos das esperanças matemáticas de prejuízos (Apêndice IX), nas faixas de profundidades $h < 0,50$ m; $0,50 \leq h \leq 1,00$ m e $h > 1,0$ m, são mostrados nas tabelas 5.33 e 5.34.

Tabela 5.33 Análise de custos e benefícios de medida de proteção úmida na casa 8

ANÁLISE DE CUSTOS E BENEFÍCIOS							
CASA 8 - Tipo III - h = 0.26m						Taxa anual:	12%
Medida de Proteção Úmida							
Anos	Implantação (R\$)	Manutenção (R\$)	Custo de Recuperação (R\$)	Benefício (R\$)	Valor Total (R\$)	Valor presente parcial	VPL
0	9.214,92	0,00	362,58	814,18	8.763,32	8.763,32	8.763,32
1		0,00	362,58	814,18	451,60	451,06	8.312,26
2		0,00	362,58	814,18	451,60	450,52	7.861,74
3		0,00	362,58	814,18	451,60	449,98	7.411,77
4		0,00	362,58	814,18	451,60	449,44	6.962,33
5		1.068,70	362,58	814,18	617,10	613,41	7.575,74
6		0,00	362,58	814,18	451,60	448,36	7.127,37
7		0,00	362,58	814,18	451,60	447,82	6.679,55
8		0,00	362,58	814,18	451,60	447,29	6.232,26
9		0,00	362,58	814,18	451,60	446,75	5.785,51
10		1.247,20	362,58	814,18	795,60	786,12	6.571,63
11		0,00	362,58	814,18	451,60	445,68	6.125,94
12		0,00	362,58	814,18	451,60	445,15	5.680,80
13		0,00	362,58	814,18	451,60	444,61	5.236,18
14		0,00	362,58	814,18	451,60	444,08	4.792,10
15		1.068,70	362,58	814,18	617,10	606,10	5.398,20
16		0,00	362,58	814,18	451,60	443,02	4.955,18
17		0,00	362,58	814,18	451,60	442,49	4.512,70
18		0,00	362,58	814,18	451,60	441,96	4.070,74
19		0,00	362,58	814,18	451,60	441,43	3.629,32
20		1.247,20	362,58	814,18	795,60	776,74	4.406,06
21		0,00	362,58	814,18	451,60	440,37	3.965,69
22		0,00	362,58	814,18	451,60	439,84	3.525,85
23		0,00	362,58	814,18	451,60	439,31	3.086,54
24		0,00	362,58	814,18	451,60	438,79	2.647,75
25		1.068,70	362,58	814,18	617,10	598,87	3.246,62
26		0,00	362,58	814,18	451,60	437,74	2.808,89

27		0,00	362,58	814,18	451,60	437,21	2.371,68
28		0,00	362,58	814,18	451,60	436,69	1.934,99
29		0,00	362,58	814,18	451,60	436,16	1.498,82
30		1.247,20	362,58	814,18	795,60	767,48	2.266,31
31		0,00	362,58	814,18	451,60	435,12	1.831,19
32		0,00	362,58	814,18	451,60	434,60	1.396,59
33		0,00	362,58	814,18	451,60	434,08	962,52
34		0,00	362,58	814,18	451,60	433,56	528,96
35		1.068,70	362,58	814,18	617,10	591,73	1.120,69
36		0,00	362,58	814,18	451,60	432,52	688,18
37		0,00	362,58	814,18	451,60	432,00	256,18
38		0,00	362,58	814,18	451,60	431,48	175,30
39		0,00	362,58	814,18	451,60	430,96	606,27
40		1.247,20	362,58	814,18	795,60	758,34	152,07
41		0,00	362,58	814,18	451,60	429,93	277,87
42		0,00	362,58	814,18	451,60	429,42	707,28
43		0,00	362,58	814,18	451,60	428,90	1.136,18
44		0,00	362,58	814,18	451,60	428,39	1.564,57
45		1.068,70	362,58	814,18	617,10	584,68	979,89
46		0,00	362,58	814,18	451,60	427,36	1.407,25
47		0,00	362,58	814,18	451,60	426,85	1.834,10
48		0,00	362,58	814,18	451,60	426,34	2.260,44
49		0,00	362,58	814,18	451,60	425,83	2.686,27
50		1.247,20	362,58	814,18	795,60	749,29	1.936,97
51		0,00	362,58	814,18	451,60	424,81	2.361,78
52		0,00	362,58	814,18	451,60	424,30	2.786,07
53		0,00	362,58	814,18	451,60	423,79	3.209,86
54		0,00	362,58	814,18	451,60	423,28	3.633,14
55		1.068,70	362,58	814,18	617,10	577,71	3.055,44
56		0,00	362,58	814,18	451,60	422,27	3.477,70
57		0,00	362,58	814,18	451,60	421,76	3.899,46
58		0,00	362,58	814,18	451,60	421,26	4.320,72
59		0,00	362,58	814,18	451,60	420,75	4.741,47
60		1.247,20	362,58	814,18	795,60	740,36	4.001,11
Total	8.575,14	13.895,40					111.321,05
ÍNDICE BC							12,98

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5.34 Análise de custos e benefícios de medida de proteção úmida na casa 3

ANÁLISE DE CUSTOS E BENEFÍCIOS							
Casa 3 - Tipo II - h ≤ 0,50m (0,29m)						Taxa anual:	12%
Medida de Proteção Úmida							
Anos	Implantação (R\$)	Manutenção (R\$)	Custo de Recuperação (R\$)	Benefício (R\$)	Valor Total (R\$)	Valor presente parcial	VPL
0	7.818,58	0,00	183,54	636,37	7.365,75	7.365,75	7.365,75
1		0,00	183,54	636,37	452,83	452,29	6.913,46
2		0,00	183,54	636,37	452,83	451,75	6.461,72
3		0,00	183,54	636,37	452,83	451,20	6.010,51
4		0,00	183,54	636,37	452,83	450,66	5.559,85
5		597,29	183,54	636,37	144,46	143,60	5.703,45
6		0,00	183,54	636,37	452,83	449,58	5.253,86
7		0,00	183,54	636,37	452,83	449,04	4.804,82
8		0,00	183,54	636,37	452,83	448,51	4.356,31
9		0,00	183,54	636,37	452,83	447,97	3.908,34
10		775,79	183,54	636,37	322,96	319,11	4.227,45
11		0,00	183,54	636,37	452,83	446,90	3.780,56
12		0,00	183,54	636,37	452,83	446,36	3.334,20
13		0,00	183,54	636,37	452,83	445,82	2.888,37
14		0,00	183,54	636,37	452,83	445,29	2.443,08
15		597,29	183,54	636,37	144,46	141,88	2.584,97
16		0,00	183,54	636,37	452,83	444,22	2.140,74
17		0,00	183,54	636,37	452,83	443,69	1.697,05
18		0,00	183,54	636,37	452,83	443,16	1.253,89
19		0,00	183,54	636,37	452,83	442,63	811,27
20		775,79	183,54	636,37	322,96	315,31	1.126,57
21		0,00	183,54	636,37	452,83	441,57	685,00
22		0,00	183,54	636,37	452,83	441,04	243,96
23		0,00	183,54	636,37	452,83	440,51	196,55
24		0,00	183,54	636,37	452,83	439,98	636,53
25		597,29	183,54	636,37	144,46	140,19	496,33
26		0,00	183,54	636,37	452,83	438,93	935,26
27		0,00	183,54	636,37	452,83	438,40	1.373,66
28		0,00	183,54	636,37	452,83	437,88	1.811,54
29		0,00	183,54	636,37	452,83	437,35	2.248,89
30		775,79	183,54	636,37	322,96	311,55	1.937,35
31		0,00	183,54	636,37	452,83	436,30	2.373,65
32		0,00	183,54	636,37	452,83	435,78	2.809,43
33		0,00	183,54	636,37	452,83	435,26	3.244,69
34		0,00	183,54	636,37	452,83	434,74	3.679,43

35		597,29	183,54	636,37	144,46	138,52	3.540,90
36		0,00	183,54	636,37	452,83	433,70	3.974,60
37		0,00	183,54	636,37	452,83	433,18	4.407,78
38		0,00	183,54	636,37	452,83	432,66	4.840,43
39		0,00	183,54	636,37	452,83	432,14	5.272,57
40		775,79	183,54	636,37	322,96	307,83	4.964,74
41		0,00	183,54	636,37	452,83	431,10	5.395,84
42		0,00	183,54	636,37	452,83	430,59	5.826,43
43		0,00	183,54	636,37	452,83	430,07	6.256,50
44		0,00	183,54	636,37	452,83	429,55	6.686,05
45		597,29	183,54	636,37	144,46	136,87	6.549,18
46		0,00	183,54	636,37	452,83	428,53	6.977,70
47		0,00	183,54	636,37	452,83	428,01	7.405,72
48		0,00	183,54	636,37	452,83	427,50	7.833,22
49		0,00	183,54	636,37	452,83	426,99	8.260,20
50		775,79	183,54	636,37	322,96	304,16	7.956,04
51		0,00	183,54	636,37	452,83	425,96	8.382,00
52		0,00	183,54	636,37	452,83	425,45	8.807,45
53		0,00	183,54	636,37	452,83	424,94	9.232,40
54		0,00	183,54	636,37	452,83	424,43	9.656,83
55		597,29	183,54	636,37	144,46	135,24	9.521,59
56		0,00	183,54	636,37	452,83	423,42	9.945,01
57		0,00	183,54	636,37	452,83	422,91	10.367,92
58		0,00	183,54	636,37	452,83	422,40	10.790,32
59		0,00	183,54	636,37	452,83	421,90	11.212,22
60		775,79	183,54	636,37	322,96	300,54	10.911,68
Total	7.275,74	8.238,48	11.195,94	38.818,57	11.565,57	10.911,68	133.163,39
ÍNDICE BC							18,30

Fonte: Elaboração própria

A análise de custos e benefícios realizada para a implantação da medida de proteção úmida é vantajosa para qualquer profundidade de inundação na região onde se realizou a pesquisa. Além disso, ela se mostrou a medida de proteção mais eficiente entre as três. Para esta medida de proteção os custos de implantação são totalmente amortizados nos primeiros anos após a implantação para as residências com tipologia próxima ao projeto tipo I, sendo a amortização progressivamente mais demorada quando se tem os projetos tipo II e III, respectivamente.

6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O objetivo principal do trabalho foi a elaboração de uma metodologia para a modelagem dos custos de recuperação dos danos causados às edificações por inundações através de análises destes eventos e conhecimento das patologias decorrentes. O trabalho também teve como objetivo a proposição de alternativas para redução dos prejuízos causados pelas inundações e de adaptações das edificações tornando-as mais resilientes e a modelagem dos custos de recuperação dos danos com as alternativas de proteção supostamente implantadas.

Inicialmente pode-se concluir que no estudo de caso, os custos para recuperação das manifestações patológicas observadas, para os domicílios classificados como gravidade de inundação *Leve*, são de uma forma geral menores que os valores dos auxílios concedidos pela Municipalidade. Já para aqueles classificados como gravidade de inundação *Moderado e Severo*, o auxílio recebido não foi suficiente para o reparo dos danos ocorridos.

As curvas de danos de inundação versus profundidades (FDC) obtidas mostram tendência de aumento dos custos de recuperação dos danos à medida que se aumenta a profundidade da inundação. Tal fato ocorre em virtude da ocorrência de maiores danos aos materiais de construção pela maior região e pelo tempo mais prolongado de contato com a água. Observou-se que os sistemas de pintura e os materiais de revestimento argamassados são mais susceptíveis à ocorrência de danos que os demais materiais, como os revestimentos cerâmicos, por exemplo.

Quando as curvas FDC da modelagem da presente pesquisa são comparadas com as curvas obtidas nos estudos de avaliação de danos na cidade de Itajubá – MG, observa-se que para as residências de melhor padrão construtivo, classes A e B na pesquisa desenvolvida em Itajubá e tipologia de projeto III na modelagem da presente pesquisa, os valores dos custos unitários de recuperação dos danos (R\$/m²) para a primeira situação (Itajubá), atualizados de 2003 para 2011, para baixas profundidades são maiores que os valores da modelagem. Para elevadas profundidades, como a taxa de crescimento é baixa, tais valores se tornam menores que aqueles fornecidos pela modelagem. Já para as residências de padrão construtivo mais baixo, classes C e D na pesquisa desenvolvida em Itajubá e tipologia de projeto II na modelagem da presente pesquisa, os valores dos custos unitários de recuperação dos danos (R\$/m²) se comportam de forma semelhante à situação anterior. Entretanto, neste caso, a discrepância de valores é maior. Para baixas profundidades, os custos unitários de Itajubá são maiores que os

valores da modelagem e para elevadas profundidades os valores da modelagem são muito maiores que os de Itajubá.

A implantação de qualquer medida de proteção propicia uma diminuição significativa dos prejuízos e em consequência dos custos de recuperação dos danos para profundidades inferiores a 0,90 m. A medida de proteção seca permanente proporciona a redução total dos prejuízos levando a custos de recuperação nulos para profundidades de até 0,90 m. Para as demais medidas de proteção, os prejuízos se limitam aos trabalhos de limpeza após a ocorrência da inundação.

Para profundidades superiores a 0,90 m as medidas de proteção secas, permanente e provisória, se mostram ineficazes, visto que os prejuízos ocorrem como se as medidas não houvessem sido implantadas. A medida de proteção úmida que consiste na execução de ladrilhos cerâmicos no piso da edificação, execução de revestimento cerâmico até 1,20 m de altura nas paredes da edificação, execução de revestimento melamínico nas portas da edificação, inclusive nas espessuras das portas, instalação de válvula de retenção e alteamento de pontos elétricos mostra-se ainda eficaz para profundidades superiores a 0,90 m, embora a redução dos prejuízos seja menor que para profundidades até 0,90 m.

Os resultados obtidos mostram que as FDC são uma importante ferramenta para a estimativa dos custos de recuperação dos danos diretos provocados pelas inundações, podendo ser utilizadas na análise de custos e benefícios do controle destes eventos. As curvas podem também ser um indicador da vulnerabilidade das edificações, contribuindo para o desenvolvimento de formas de intervenção na edificação (*retrofitting*) para protegê-la do efeito das inundações tornando-as mais resilientes. A adoção de medidas de proteção nas edificações constitui um meio de reduzir o potencial de danos em áreas sujeitas a inundações.

Os orçamentos realizados mostram que as medidas de proteção seca provisória, úmida e seca permanente têm custos crescentes de implantação e manutenção, respectivamente.

Nas vistorias realizadas observou-se que na região da pesquisa de campo existe falta de orientação e acompanhamento técnico na implantação de medidas de proteção, razão pela qual não se pode garantir sua eficiência.

Quanto à análise de custos e benefícios realizada a implantação da medida de proteção úmida é vantajosa para qualquer profundidade de inundação na região onde se realizou a pesquisa.

Além disso, ela se mostrou a medida de proteção mais eficiente entre as três. Para esta medida de proteção os custos de implantação são totalmente amortizados nos primeiros anos após a implantação para as residências com tipologia próxima ao projeto tipo I, sendo a amortização progressivamente mais demorada quando se tem os projetos tipo II e III, respectivamente.

Com os estudos desenvolvidos nesta tese, procurou-se explorar um conjunto de técnicas pouco utilizadas na análise de eventos de inundações, que abrisse um amplo campo de possibilidades para estudos futuros.

Como perspectivas para trabalhos futuros sugere-se a realização de análises de custos e benefícios da implantação das medidas de proteção considerando-se também o conteúdo das edificações, tais como, móveis e eletrodomésticos. Sugere-se também a realização de experimentos de laboratório em protótipos das medidas de proteção previstas pela literatura técnica incluindo aquelas estudadas na presente pesquisa.

Sugere-se ainda a realização de simulações de inundação em condições severas, utilizando-se água com partículas de sedimentos em suspensão e atingindo os protótipos de forma dinâmica.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Avaliação de Custos de Construção para Incorporação Imobiliária e outras Disposições para Condomínio Edifícios*: NBR 12.721. Rio de Janeiro, 2006.

BAUER, L. A. F. *Materiais de Construção 2*. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 1994.

BURLAND, J., B., & WROTH, C. P. *Settlement of buildings and associated damage. State of the art review, Proc. Conf. Settlement of Structures*, Cambridge, Pentech Press, London, 1977.

CAMPANTE, E. F., BAÍA, L. L. M. *Projeto e Execução de revestimento cerâmico*. São Paulo: O nome da Rosa, 2003.

CANÇADO, V. L. *Conseqüências econômicas das inundações e vulnerabilidade: desenvolvimento de metodologia para avaliação do impacto nos domicílios e na cidade*. Tese. (Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Área de Concentração em Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CANÇADO, V.; BRASIL, L.; GUERRA, A.; NASCIMENTO, N. *Análise de Vulnerabilidade à Inundação: estudo de caso da cidade de Manhuaçu, Minas Gerais*. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2007, São Paulo. *Anais....* Disponível em CD-ROM.

CANÇADO, V. *Mudanças na Política de Saneamento Básico: novas perspectivas associadas à atuação municipal*. 2002. 128p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Organização Humana no Espaço) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

CARVALHO JR., A. N. *Avaliação da aderência dos revestimentos argamassados: Uma contribuição à identificação do sistema de aderência mecânico*. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 331p. (Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da UFMG - Área de concentração: Tecnologia Mineral). 2005.

CARVALHO JR., A. N. *Patologias dos revestimentos – Estudo de caso: A relação entre a expansão por umidade e o descolamento dos revestimentos cerâmicos de fachada*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, XII, 2003, Belo Horizonte. *Anais* Belo Horizonte: IBAPE, 2003.

CASTELO BRANCO, A. C. *Matemática financeira aplicada: método algébrico, HP-12C, Microsoft Excel*. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CINCOTTO, M. A., SILVA, M. A. C., CARASEK, H. *Argamassas de revestimento: Características, propriedades e métodos de ensaio*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995.

DIAS, R. F. C. *Avaliação da Percepção de Risco da População em Áreas Urbanas Sujeitas A Inundação: Estudo de Caso na Região Metropolitana de Belo Horizonte*. Tese. (Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Área de Concentração em Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY - FEMA. *What you need to know about Federal Disaster Assistance and National Flood Insurance*. Federal Emergency Managemet Agency, 2004.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY - FEMA. *Homeowner's Guide to Retrofitting Six ways to Protect Your House from Flooding*. Federal Emergency Management Agency, 1998.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY - FEMA. *The floodway: a guide for community permit officials*. US Federal Insurance Administration, Community Assistance Series, n. 4, 1979.

FELD, J., CARPER, K. L. *Construction Failure*. New York: John Wiley & Sons, INC, 1997.

FIORITO, A. J. S. I. *Manual de Argamassas e Revestimentos: estudos e procedimentos de execução*. São Paulo: PINI, 1994.

FLORIO, M. & VIGNETTI, S. *Cost-benefit analysis of infrastructure projects in an enlarged European Union: an incentive-oriented approach* Department of Economics, Management and Quantitative Methods at Università degli Studi di Milano, Italy, 2003.

GERSONIUS, B. *et al. Efficiency of private flood proofing of new buildings – Adapted redevelopment of a floodplain in the Netherlands*. Advances in Urban Flood Management. London, UK: Taylor & Francis Group, 2007.

GOLDMAN, P. *Introdução ao Planejamento e controle de custos na construção civil brasileira*. 4 ed. atual. São Paulo: PINI, 2004.

GREEN, C.H.; PARKER D.J.; TUNSTALL, S.M. *Assessment of Flood Control and Management Options*. Thematic Review IV.4. Cape Town: WORLD COMMISSION ON DAMS (WCD), nov. 2000, 183 p. Relatório de Trabalho. Disponível em <http://www.dams.org/docs/kbase/thematic/drafts/tr44_finaldraft.pdf>. 2000.

HALL, M. J: *Urban Hydrology*. London and New York: Elsevier Applied Science Publishers, 1986.

HEC-RAS. *Hydrologic Modeling System – User's Manual (version 2.1.2)*. (2003). U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Davis, Maio 2003, 482 p.

HOEL, O.A.C. *et al. Water systems and risk analysis*. Water Science & Technology, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (2003). *Pesquisa de Orçamentos Familiares de 2003*. Disponível em <www.ibge.gov.br>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (2000a). *Cadastro Central de Empresas – CEMPRE de 2000*. Disponível em <www.ibge.gov.br>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (2000b). *Censo Demográfico 2000: Microdados da Amostra - MG1 - população acima de 50.000 habitantes*. Banco de dados acessado no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional de Minas Gerais – Cedeplar, Faculdades de Ciências Econômicas – Face, UFMG.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (2000). *Censo Demográfico 2000: Microdados da Amostra - MG2 - população até 50.000 habitantes*. Banco de dados acessado no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional de Minas Gerais – Cedeplar, Faculdade de Ciências Econômicas – Face, UFMG.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Tecnologia Lix da Cunha*. São Paulo: PINI: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988.

IOSHIMOTO, E. *Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais*. São Paulo: PINI: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988.

- KATO, J. M. *Curso de Finanças Empresariais – Fundamentos de gestão financeira*. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda., 2012.
- MACHADO, M. L. *Curvas de Inundação versus Profundidade de Submersão: Desenvolvimento de Metodologia – Estudo de Caso da Bacia do Rio Sapucaí, Itajubá – MG*. 2005. 2 v. Tese. (Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Área de Concentração em Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- MAIA NETO, F. *A Prova Pericial no Processo Civil*. Belo Horizonte, Del Rey, 2005.
- MANOJLOVIC, N., PASCHE, E. “*FLORETO-Web Based Advisory for Flood Mitigation Strategies for Existing Buildings*”, *Advances in Urban Flood Management*, London UK: Taylor&Francis Group, 2007.
- NASCIMENTO, N. (Coord.). *Plano de contingência de inundações de Betim: informações hidrológicas*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, abril, 2008. Relatório.
- NASCIMENTO, N.O. *et al. The assessment of damages caused floods in the Brazilian context*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia, UFMG, [2005].35 p.
- NASCIMENTO, N. (Coord.). *Estudo hidrológico e hidráulico do sistema de macrodrenagem da cidade de Betim: bacias hidrográficas do rio Betim e do riacho das Areias. Relatório 2004: simulações hidrológicas e hidráulicas do sistema de macrodrenagem do rio Betim*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, abril, 2004. 93 p. Relatório.
- NORONHA, J. F. *Projetos Agropecuários: administração financeira orçamentária e viabilidade econômica*. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 1987. 269p.
- PARISI, C.M., 2007. *Estudo de danos causados a revestimentos de alvenarias de blocos cerâmicos de vedação através de inundações simuladas em protótipos*. Belo Horizonte, 2007. 1 v. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- PARKER, D. J., GREEN, C.H., THOMPSON, P.M. *Urban flood protection benefits: a project appraisal guide*. England: Gower Technical Press Ltda, 1987.
- PELLING, M. *The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience*. Londres: Earthscan, 2003. 212 p.
- PENNING-ROUSELL, E. C.; GREEN, C. H.; THOMPSON, P. M.; COKER, A. C.; TUNSTALL, S. M.; RICHARDS, C.; PARKER, D. J. *The Economics of Coastal Management: A Manual of Assessment Techniques*, London: Belhaven, 1992.
- PENNING-ROUSELL, E. C.; CHATTERTON, J. B. *The Benefits of Flood Alleviation: a Manual of Assessment Techniques*, Aldershot: Gower-Technical, 1977, 297 p.
- PEREZ, A. R. *Umidade nas edificações: recomendações para a prevenção da penetração de água pelas fachadas (1ª parte)*. São Paulo: PINI: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988.
- PETRUCCI, E. G. R. *Materiais de Construção*. São Paulo: Globo, 1998. 435p.
- PRICE, R. K., VOJINOVIC, Z. *Data, Models and Decision Support for Integrated Urban Water Management*. London: IWA Publishing, 2011.
- PROVERBS, D. G., SOETANTO, R. *Flood Damaged property a Guide to Repair*. England: Blackwell Publishing, 2004.

- RIBEIRO, C. C., PINTO, J. D. S., STARLING, T. *Materiais de Construção Civil*. Belo Horizonte: Editora UFMG, Escola de Engenharia da UFMG, 2002. 101p.
- RIPER, E. *Manual prático de materiais de construção*. São Paulo: Editora Pini, 1995. 252p.
- SABBATINI, F. H., BARROS, M. M. S. B., TANIGUTI, E. K., RUIZ, L. B. *Tecnologia construtiva racionalizada para produção de revestimentos verticais*. Grupo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Tecnologia e Gestão da Produção na Construção Civil – GEPE-TGP. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, 2006.
- SABBATINI, F. H., BARROS, M. M. S. B. *Prevenção de patologias e falhas na construção civil*. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, 2006.
- SABBATINI, F. H., BAÍA, L. L. M. *Projeto e execução de revestimento de Argamassa*. São Paulo: O nome da Rosa, 2000. 82p.
- SABBATINI, F. H. *Argamassas de Assentamento para Paredes de Alvenaria Resistente; Estudo Técnico ET-91*. São Paulo: ABCP, 1998.
- SANG, H. H. *Project evaluation: techniques and practices for developing countries*. New York: Wilson Press, 1988.
- SHIRAKAWA, M. A. et al. *Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Goiânia, 1995. Anais em disquete. Goiânia, 1995.
- SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Custo Unitário Básico (CUB/m²): Principais Aspectos*. Belo Horizonte: SINDUSCON-MG, 2007. 112p.
- SILVA, A.P., PARISI, C.M., NASCIMENTO, N.O., AGUILAR, M.T.P. *Avaliação de danos provocados por inundação às estruturas e construções*. Anais do II Congresso Internacional de Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios. Rio de Janeiro: Editora do Núcleo de Pesquisa em Ciências da Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- SOMAYAJI, S. *Civil engineering materials*. New Jersey: PeuticeHall, 1995.
- TAIOLI, F. *Revista do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo*. São Paulo: Publicação Especial - volume 01, 2002.
- TAUIL, C. A. *Manual Técnico de Alvenaria*. São Paulo: Associação Brasileira da Construção Industrializada, 1990.
- TCPO. *Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos*. São Paulo: Pini, 2003.
- THOMAZ, E. *Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção*. São Paulo: PINI, 2001. 449p.
- THOMAZ, H. *Trincas em Edifícios causas, prevenção e recuperação*. São Paulo: Editora PINI: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989. 194p.
- TUCCI, C. E. M. (Org.). *Drenagem urbana*. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, EDUSP. 943 p. 1995.
- TUCCI, C.E.M. *Modelos Hidrológicos*. Porto Alegre, Ed. Universidade UFRGS, 1998.
- TUCCI, C.E.M.; MARQUES, D. M. *Avaliação e controle da drenagem urbana*. Porto Alegre, Ed. Universidade UFRGS, 2000.

UEMOTO, K. L. *Projeto, execução e inspeção de Pinturas*. São Paulo: O nome da Rosa, 2002. 111p.

US Army Corps of Engineers - USACE. *Flood Proofing Performance: Successes and*

WISNER, B.; BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I. *At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. 2. ed. Londres, Nova York: Routledge Taylor & Francis Group, 2003. 471 p.

ZEVENBERGEN, C. *et al. Economic feasibility study of flood proofing domestic dwellings. Advances in Urban Flood Management*. London, UK: Taylor & Francis Group, 2007.

APÊNCICE I

RELATÓRIO - PESQUISA DE CAMPO

Casas 1, 7, 13, 14, 23, 26, 36, 38, 39, 49, 57 e 60

CASA: 01**DATA DA VISTORIA: 17 / 11 / 2009**

Padrão Construtivo (PC)	(a) Alto (b) Normal <input checked="" type="checkbox"/> (c) Baixo (d) Proletário (e) Outro
Idade Aparente (IA)	15 Anos
Estado de Conservação (EC)	(a) Novo <input checked="" type="checkbox"/> (b) Entre novo e regular (c) Regular (d) Entre regular e necessitando de reparos simples (e) Necessitando de reparos simples (f) Entre necessitando de reparos simples e importantes (g) Necessitando de reparos importantes (h) Necessitando de reparos importantes e edif. sem valor (i) Sem valor
Patologias Observadas	Destacamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Rodapés danificados Tacos de madeira soltos em alguns locais
Reparos Recentes	Recuperação do revestimento argamassado das paredes Execução de pintura Recolocação de rodapés Preenchimentos no piso com argamassa
Medidas de Proteção	
Observações Complementares	Ocorrência de refluxo no sistema de esgoto



Fotografia 1 – Fachada do Bloco B 7 do Conjunto João Paulo II



Fotografia 2 – Hall de entrada dos apartamentos térreos e escada de acesso ao pavimento superior do B7



Fotografia 3 – Porta de entrada do apartamento 01



Fotografia 4 – Reconstituição do revestimento argamassado das paredes com posterior execução de pintura



Fotografia 5 – Recolocação de rodapé



Fotografia 6 – Preenchimentos no piso com argamassa

CASA: 07**DATA DA VISTORIA: 29 / 11 / 2009**

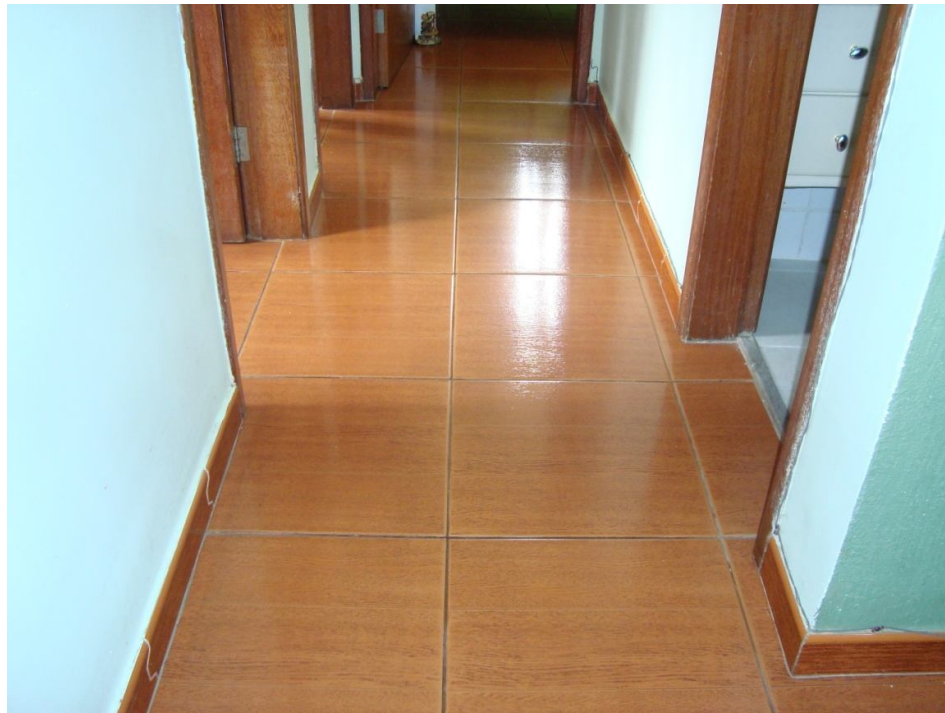
Padrão Construtivo (PC)	(a) Alto <input checked="" type="checkbox"/> Normal (c) Baixo (d) Proletário (e) Outro
Idade Aparente (IA)	10 Anos
Estado de Conservação (EC)	(a) Novo <input checked="" type="checkbox"/> Entre novo e regular (c) Regular (d) Entre regular e necessitando de reparos simples (e) Necessitando de reparos simples (f) Entre necessitando de reparos simples e importantes (g) Necessitando de reparos importantes (h) Necessitando de reparos importantes e edif. sem valor (i) Sem valor
Patologias	Obstrução de tubulações hidráulicas Bases das portas de madeira e dos armários danificadas
Reparos Recentes	Desentupimento de tubulações hidráulicas (a maior entrada de água ocorreu pelo refluxo no sistema de esgoto)
Medidas de Proteção	Colocação de válvula de retenção Colocação de comporta metálica na porta de entrada
Observações Complementares	Não houve danos na pintura, pois foi feita lavagem das paredes logo após a inundação



Fotografia 7 – Hall de entrada do Bloco B 5 do Residencial Itália



Fotografia 8 – Porta de entrada do apartamento 103 com comporta metálica



Fotografia 9 – Piso cerâmico do apartamento



Fotografia 10 – Porta de madeira danificada na parte inferior



Fotografia 11 – Muro de divisa do Residencial reconstruído após queda

CASA: 13**DATA DA VISTORIA: 28 / 11 / 2009**

Padrão Construtivo (PC)	(a) Alto (b) Normal <input checked="" type="checkbox"/> (c) Baixo (d) Proletário (e) Outro
Idade Aparente (IA)	15 Anos
Estado de Conservação (EC)	(a) Novo (b) Entre novo e regular (c) Regular (d) Entre regular e necessitando de reparos simples <input checked="" type="checkbox"/> (e) Necessitando de reparos simples (f) Entre necessitando de reparos simples e importantes (g) Necessitando de reparos importantes (h) Necessitando de reparos importantes e edif. sem valor (i) Sem valor
Patologias Observadas	Esfacelamentos do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada
Reparos Recentes	
Medidas de Proteção	Comporta metálica no hall de entrada dos apartamentos térreos
Observações Complementares	



Fotografia 12 – Hall de entrada do bloco C 43 – Piso e paredes com revestimento cerâmico



Fotografia 13 – Hall de entrada dos apartamentos térreos com comporta metálica e escada de acesso ao pavimento superior do C 43 – Paredes com pintura danificada



Fotografia 14 – Pintura danificada e esfacelamento do revestimento argamassado das paredes



Fotografia 15 – Porta de entrada do apartamento 01



Fotografia 16 – Porta de entrada do apartamento danificada na parte inferior



Fotografia 17 – Pintura danificada e esfacelamento do revestimento argamassado das paredes internas do apartamento



Fotografia 18 – Parede externa do apartamento – os registros fotográficos foram realizados através da esquadria de janela, pois o apartamento se encontrava fechado para locação

CASA: 14**DATA DA VISTORIA: 28 / 11 / 2009**

Padrão Construtivo (PC)	(a) Alto (b) Normal <input checked="" type="checkbox"/> (c) Baixo (d) Proletário (e) Outro
Idade Aparente (IA)	15 Anos
Estado de Conservação (EC)	(a) Novo (b) Entre novo e regular (c) Regular (d) Entre regular e necessitando de reparos simples <input checked="" type="checkbox"/> (e) Necessitando de reparos simples (f) Entre necessitando de reparos simples e importantes (g) Necessitando de reparos importantes (h) Necessitando de reparos importantes e edif. sem valor (i) Sem valor
Patologias	Esfacelamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada
Reparos Recentes	
Medidas de Proteção	Comporta metálica no hall de entrada dos apartamentos térreos Colocação de saídas para escoamento das águas de inundação
Observações Complementares	Ocorre inundação desde 1998 segundo informações do proprietário



Fotografia 19 – Hall de entrada do bloco B 28 – Colocação de saídas para escoamento das águas de inundação



Fotografia 20 – Hall de entrada dos apartamentos térreos com comporta metálica e escada de acesso ao pavimento superior do B 28



Fotografia 21 – Porta de entrada do apartamento 01



Fotografia 22 – Pintura danificada e esfacelamento do revestimento argamassado das paredes



Fotografia 23 – Pintura danificada (destacamentos e trincas) junto à esquadria metálica também danificada de janela

CASA 23**DATA DA VISTORIA: 09 / 12 / 2009**

Padrão Construtivo (PC)	(a) Alto (b) Normal <input checked="" type="checkbox"/> (c) Baixo (d) Proletário (e) Outro
Idade Aparente (IA)	20 Anos
Estado de Conservação (EC)	(a) Novo (b) Entre novo e regular (c) Regular <input checked="" type="checkbox"/> (d) Entre regular e necessitando de reparos simples (e) Necessitando de reparos simples (f) Entre necessitando de reparos simples e importantes (g) Necessitando de reparos importantes (h) Necessitando de reparos importantes e edif. sem valor (i) Sem valor
Patologias	Piso do passeio danificado Esfacelamentos do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Portas de madeira danificadas na parte inferior Fechaduras de portas metálicas danificadas Presença de trincas no muro Tomadas elétricas baixas sem funcionamento
Reparos Recentes	Recuperação do revestimento argamassado das paredes Execução de pintura Substituição de algumas tomadas elétricas
Medidas de Proteção	Execução de barreira
Observações Complementares	Encontra-se em obras de reforma



Fotografia 24 – Numeração da casa



Fotografia 25 – Piso do passeio danificado



Fotografia 26 – Reconstituição do revestimento argamassado das paredes



Fotografia 27 – Porta de madeira danificada na parte inferior



Fotografia 28 – Execução de obras de reforma



Fotografia 29 – Execução de barreiras de proteção



Fotografia 30 – Execução de barreiras de proteção

CASA: 26**DATA DA VISTORIA: 09 / 12 / 2009**

Padrão Construtivo (PC)	(a) Alto (b) Normal (c) Baixo <input checked="" type="checkbox"/> (d) Proletário (e) Outro
Idade Aparente (IA)	20 Anos
Estado de Conservação (EC)	(a) Novo (b) Entre novo e regular (c) Regular (d) Entre regular e necessitando de reparos simples (e) Necessitando de reparos simples (f) Entre necessitando de reparos simples e importantes <input checked="" type="checkbox"/> (g) Necessitando de reparos importantes (h) Necessitando de reparos importantes e edif. sem valor (i) Sem valor
Patologias	Destacamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Parede interna rompeu Muros de alvenaria romperam
Reparos Recentes	Recuperação do revestimento argamassado das paredes Execução de novos muros Execução de pilares
Medidas de Proteção	
Observações Complementares	Edícula ao fundo fechada Edificação com 02 pavimentos



Fotografia 31 – Numeração da casa



Fotografia 32 – Execução de novo muro



Fotografia 33 – Execução de pilares de concreto e alvenarias



Fotografia 34 – Reconstituição do revestimento argamassado das paredes



Fotografia 35 – Edícula ao fundo fechada

CASA 36**DATA DA VISTORIA: 20 / 01 / 2010**

Padrão Construtivo (PC)	(a) Alto (b) Normal (c) Baixo <input checked="" type="checkbox"/> (d) Proletário (e) Outro
Idade Aparente (IA)	30 Anos
Estado de Conservação (EC)	(a) Novo (b) Entre novo e regular (c) Regular (d) Entre regular e necessitando de reparos simples (e) Necessitando de reparos simples <input checked="" type="checkbox"/> (f) Entre necessitando de reparos simples e importantes (g) Necessitando de reparos importantes (h) Necessitando de reparos importantes e edif. sem valor (i) Sem valor
Patologias	Destacamento do revestimento argamassado nas paredes Pintura danificada Piso danificado Instalações elétricas e hidrossanitárias apresentando problemas Portão metálico de entrada danificado
Reparos Recentes	
Medidas de Proteção	
Observações Complementares	



Fotografia 36 – Numeração da casa



Fotografia 37 – Muro danificado



Fotografia 38 – Indicação da altura atingida pelas águas da inundação



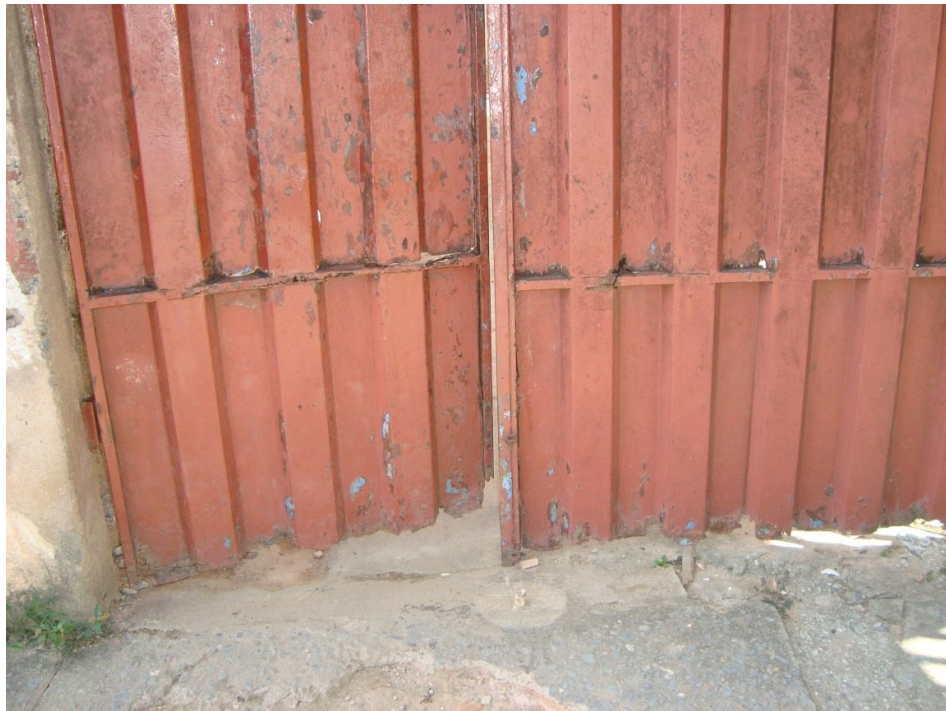
Fotografia 39 – Paredes externas danificadas



Fotografia 40 – Paredes internas danificadas



Fotografia 41 – Porta metálica danificada



Fotografia 42 – Portão metálico de entrada danificado

CASA: 38**DATA DA VISTORIA: 20 / 01 / 2010**

Padrão Construtivo (PC)	(a) Alto (b) Normal <input checked="" type="checkbox"/> Baixo (d) Proletário (e) Outro
Idade Aparente (IA)	30 Anos
Estado de Conservação (EC)	(a) Novo <input checked="" type="checkbox"/> Entre novo e regular (c) Regular <input checked="" type="checkbox"/> Entre regular e necessitando de reparos simples (e) Necessitando de reparos simples (f) Entre necessitando de reparos simples e importantes (g) Necessitando de reparos importantes (h) Necessitando de reparos importantes e edif. sem valor (i) Sem valor
Patologias	<i>Sorveteria</i> – Não houve danos <i>Barbearia</i> – Destacamento do revestimento argamassado e Manchas de umidade nas paredes
Reparos Recentes	
Medidas de Proteção	Colocação de comporta metálica na entrada
Observações Complementares	Dois comércios funcionam no local (<i>Sorveteria</i> e <i>Barbearia</i>) Limpeza



Fotografia 43 – Numeração da casa



Fotografia 44 – Indicação da altura atingida pelas águas da inundação



Fotografia 45 – Soverteria – Piso e paredes com revestimento cerâmico



Fotografia 46 – Colocação de comporta metálica



Fotografia 47 – Barbearia – Presença de manchas de umidade (marcas da inundação) nas paredes



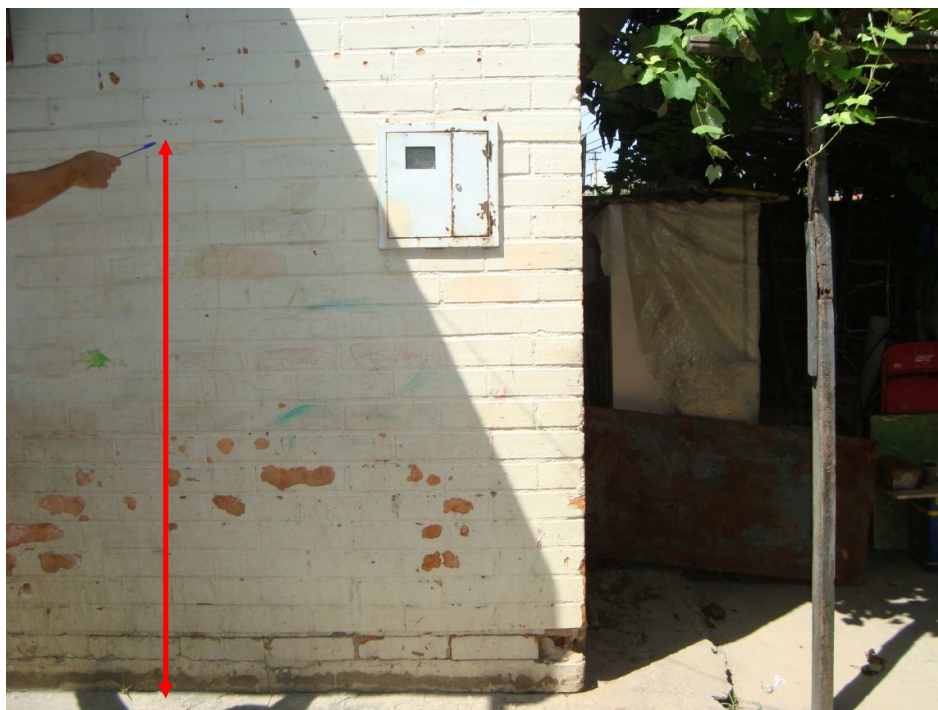
Fotografia 48 – Revestimento argamassado danificado nas paredes (destacamentos)

CASA 39**DATA DA VISTORIA: 20 / 01 / 2010**

Padrão Construtivo (PC)	(a) Alto (b) Normal <input checked="" type="checkbox"/> Baixo (d) Proletário (e) Outro
Idade Aparente (IA)	30 Anos
Estado de Conservação (EC)	(a) Novo (b) Entre novo e regular <input checked="" type="checkbox"/> Regular (d) Entre regular e necessitando de reparos simples (e) Necessitando de reparos simples (f) Entre necessitando de reparos simples e importantes (g) Necessitando de reparos importantes (h) Necessitando de reparos importantes e edif. sem valor (i) Sem valor
Patologias	Porta metálica de entrada danificada Pintura danificada (manchas) Danos no piso cimentado de área externa (abertura com 1,80m de extensão)
Reparos Recentes	Substituição da porta de entrada Execução de pintura Reconstituição do piso cimentado da área externa Execução de piso cerâmico e complemento de cerâmica nas paredes da cozinha
Medidas de Proteção	Relocação de pertences no pavimento superior
Observações Complementares	



Fotografia 49 – Numeração da casa



Fotografia 50 – Indicação da altura atingida pelas águas da inundação



Fotografia 51 – Piso cerâmico da sala



Fotografia 52 – Execução de pintura nas paredes



Fotografia 53 – Assentamento de piso cerâmico na cozinha



Fotografia 54 – Assentamento de cerâmica de parede na cozinha



Fotografia 55 – Reconstituição do piso cimentado de área externa

CASA: 49

DATA DA VISTORIA: 29 / 01 / 2010

Padrão Construtivo (PC)	(a) Alto (b) Normal <input checked="" type="radio"/> (c) Baixo (d) Proletário (e) Outro
Idade Aparente (IA)	25 Anos
Estado de Conservação (EC)	(a) Novo (b) Entre novo e regular (c) Regular (d) Entre regular e necessitando de reparos simples <input checked="" type="radio"/> (e) Necessitando de reparos simples (f) Entre necessitando de reparos simples e importantes (g) Necessitando de reparos importantes (h) Necessitando de reparos importantes e edif. sem valor (i) Sem valor
Patologias Observadas	Queda de muro lateral Pintura danificada
Reparos Recentes	
Medidas de Proteção	Instalação de válvula de retenção Colocação de borracha de vedação no portão de entrada
Observações Complementares	Limpeza



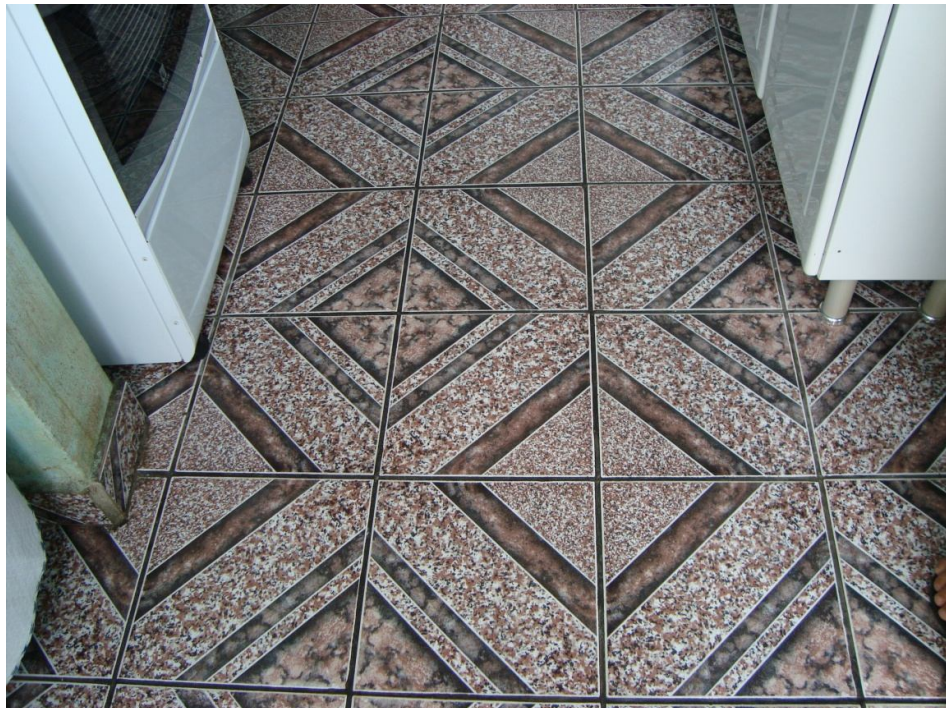
Fotografia 56 – Numeração da casa



Fotografia 57 – Instalação de válvula de retenção



Fotografia 58 – Colocação de borracha de vedação no portão de entrada



Fotografia 59 – Piso cerâmico da cozinha



Fotografia 60 – Pintura danificada em parede da sala

CASA 57**DATA DA VISTORIA: 29 / 01 / 2010**

Padrão Construtivo (PC)	(a) Alto (b) Normal (c) Baixo (d) Proletário (e) Outro
Idade Aparente (IA)	Anos
Estado de Conservação (EC)	(a) Novo (b) Entre novo e regular (c) Regular (d) Entre regular e necessitando de reparos simples (e) Necessitando de reparos simples (f) Entre necessitando de reparos simples e importantes (g) Necessitando de reparos importantes (h) Necessitando de reparos importantes e edif. sem valor <input checked="" type="checkbox"/> Sem valor
Patologias	
Reparos Recentes	
Medidas de Proteção	
Observações Complementares	A casa foi demolida A casa se localizava à margem do ribeirão



Fotografia 61 – Demolição da casa



Fotografia 62 – A edificação se localizava às margens do ribeirão

CASA: 60**DATA DA VISTORIA: 29 / 01 / 2010**

Padrão Construtivo (PC)	(a) Alto (b) Normal (c) Baixo <input checked="" type="checkbox"/> Proletário (e) Outro
Idade Aparente (IA)	25 Anos
Estado de Conservação (EC)	(a) Novo (b) Entre novo e regular (c) Regular (d) Entre regular e necessitando de reparos simples <input checked="" type="checkbox"/> Necessitando de reparos simples (f) Entre necessitando de reparos simples e importantes (g) Necessitando de reparos importantes (h) Necessitando de reparos importantes e edif. sem valor (i) Sem valor
Patologias	Pintura danificada (manchas)
Reparos Recentes	
Medidas de Proteção	
Observações Complementares	



Fotografia 63 – Presença de manchas de umidade (marcas da inundação) nas paredes



Fotografia 64 – Presença de manchas de umidade (marcas da inundação) nas paredes



Fotografia 65 – Presença de manchas de umidade (marcas da inundação) nas paredes