

CENTRO UNIVERSITÁRIO FACVEST - UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
EDUARDA CASTRO MACHADO

SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES:
Análise patológica de casos e correções

LAGES
2021

EDUARDA CASTRO MACHADO

**SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES:
Análise patológica de casos e correções**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Prof. ME. Aldori Batista dos Anjos

EDUARDA CASTRO MACHADO

**SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES:
Análise patológica de casos e correções**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Universitário
UNIFACVEST como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

Prof. ME. Aldori Batista dos Anjos

Lages, SC __/ __/ 2021. Nota __ _____

Aldori Batista dos Anjos

LAGES

2021

Dedico este trabalho a meus pais, que nunca mediram esforços para que eu pudesse realizar este sonho. À vocês, todo o meu amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela graça da vida, por sempre me guiar pelo melhor caminho e por ter me fortalecido para que pudesse chegar até aqui.

Aos meus pais Enio e Fabiana, por sempre acreditarem em mim, por todo amor, carinho e dedicação em todos esses anos. Essa conquista é inteiramente de vocês!

Aos meus dindos Antonio e Dioneia e minhas primas Danusia e Diovana, meu muito obrigada por sempre me incentivarem e darem forças, vocês foram peças fundamentais nessa jornada.

À minha família e amigos, minha gratidão por todo o incentivo e pela compreensão da ausência durante esses anos de faculdade em que estive longe.

À minha amiga Janice, gratidão pelos 5 anos de parceria nos estudos e em todos os momentos juntas. Grata por essa amizade que a faculdade nos presenteou.

Aos meus professores que compartilharam de seus conhecimentos durante a graduação.

E por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho.

RESUMO

Manifestações patológicas devido à ação da água nas estruturas são frequentes em grande parte das edificações. Isto se dá devido à precariedade ou ausência da aplicação de sistemas impermeabilizantes. Visualiza-se um crescimento gigantesco a cerca da criação de novas tecnologias impermeabilizantes, porém a negligencia na execução dos sistemas ainda é frequente nos canteiros de obra. Por esta razão, este trabalho teve por objetivo analisar patologias encontradas em edificações decorrentes da umidade. Para isto foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre a ação da umidade nas estruturas e os mais diversos tipos de materiais impermeabilizantes disponíveis no mercado. Posteriormente foram realizadas vistorias em três edificações, nos estados de Santa Catarina e Rio grande do Sul, a fim de realizar registros fotográficos e analisar as patologias encontradas. Após esta etapa foram levantados os dados colhidos, diagnosticadas as origens das patologias e propostas as correções viáveis para solucionar os problemas de cada edificação. Por fim, comprovou-se que a má impermeabilização ou falta da mesma provoca o surgimento de patologias nas edificações a curto e longo prazo, independente da localidade da residência.

Palavras-chave: Umidade. Patologias. Impermeabilização. Residências.

ABSTRACT

Pathological manifestations due to the action of water in the structures are common in a large part of edifications. It happens because the precariousness or absence application of waterproofing systems. The creation of new waterproofing technologies is increasing, but the negligence in the execution of systems is usual in building sites yet. For this reason, the objective of this work was analyze pathologies presents in edifications because the humidity. Bibliographic research about the humidity action in structures and the variety of waterproofing materials available in the Market was realized. After that, was realized inspections in three houses, in Santa Catarina State and Rio Grande do Sul State, end of making photography records and analyze the pathologies that were found. The next step was survey the data, diagnose the origin of pathologies and propose the viable repair to solve the problems of each house. In the end, was possible to prove that a bad waterproofing or the lack of it, cause the appearance of pathologies in edifications in a short or long term, independent the localization.

Key words: Humidity. Pathologies. Waterproofing. Houses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ação da água sobre edificações	14
Figura 2 – Eflorescência em piscina.....	19
Figura 3 - Criptoflorescência em parede de alvenaria.....	20
Figura 4 - Carbonatação em viga de concreto e corrosão da armadura	21
Figura 5 - Fissuras geradas na parte inferior da alvenaria	22
Figura 6 - Mancha de mofo em parede alvenaria.....	23
Figura 7 - Manchas decorrentes da umidade em laje.	24
Figura 8 - Parede com bolhas e desagregamento do reboco.....	24
Figura 9 - Parede com eflorescência.....	25
Figura 10 - Representação do ângulo de tensão superficial	30
Figura 11 – Box de banheiro impermeabilizado com argamassa polimérica.	32
Figura 12 - Aplicação de cristalizante na forma de pintura.....	33
Figura 13 - Injeção de cristalizantes em parede com umidade ascendente.....	34
Figura 14 - Execução de membrana asfáltica à frio	36
Figura 15 - Execução de membrana asfáltica à quente	37
Figura 16 - Laje exposta à maresia impermeabilizada com membrana acrílica.....	38
Figura 17 - Cobrimento da superfície com emulsão asfáltica.....	40
Figura 18 - Manta aplicada no sentido ortogonal ao fluxo d'água	40
Figura 19 - Detalhe da montagem de manta em ralo	41
Figura 20 - Colagem da manta asfáltica.....	41
Figura 21 - Teste de estanqueidade.....	42
Figura 22 - Detalhe de aplicação de manta asfáltica em superfície horizontal.....	42
Figura 23 - Edificação do estudo de caso I.	45
Figura 24 - Eflorescência presente na parede da garagem da edificação.	46
Figura 25 - Bolhas e desagregamento na parede do dormitório.	47
Figura 26 - Parede do dormitório revestida com azulejos.	47
Figura 27 - Revestimento com pedra ferro na garagem.....	48
Figura 28 - Azulejos aplicados nas paredes como rodapé.....	48
Figura 29 - Edificação analisada no segundo estudo de caso.	50
Figura 30 - Parede com manifestações patológicas no estudo de caso II.	51
Figura 31 - Edificação analisada no terceiro estudo de caso.	52
Figura 32 - Muro de arrimo com patologias.....	53

Figura 33 - Mofo, bolor e desagregamento no muro de arrimo.	53
Figura 34 - Diferença de nível entre os terrenos.	54
Figura 35 - Esquema de soluções para problemas de impermeabilização em estruturas enterradas.	55

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIW	Australian Institute of Waterproofing
IBI	Instituto Brasileiro de Impermeabilização
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Normas Brasileiras de Regulação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 AÇÕES DA ÁGUA NA ESTRUTURA	14
2.1.1 Origem dos tipos de umidade nas estruturas	15
2.1.1.1 Umidade ascensional	15
2.1.1.2 Umidade por infiltração.....	16
2.1.1.3 Umidade de condensação.....	16
2.1.1.4 Umidade de obra	17
2.1.1.5 Umidade acidental.....	17
2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ORIGINADAS PELA AÇÃO DA UMIDADE	17
2.2.1 Eflorescências	18
2.2.2 Criptoflorescências	19
2.2.3 Carbonatação do concreto e corrosão das armaduras	20
2.2.4 Trincas e fissuras	21
2.2.5 Mofo e bolor	22
2.2.6 Goteiras e manchas	23
2.2.7 Degradação das pinturas e revestimentos	24
2.3 ASPECTOS GERAIS DA IMPERMEABILIZAÇÃO.....	25
2.3.1 Histórico da impermeabilização	25
2.3.2 Contextualização	27
2.3.3 Importância da impermeabilização	27
2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES	29
2.4.1 Impermeabilização Rígida	29
2.4.1.1 Argamassa com aditivo hidrófugo	30
2.4.1.2 Argamassa polimérica	31
2.4.1.3 Cimento cristalizante	33

2.4.2 Impermeabilização Flexível	34
2.4.2.1 Sistema flexível moldado no local	35
2.4.2.1.1 Membrana asfáltica	35
2.4.2.1.2 Membrana acrílica	37
2.4.2.2 Sistema flexível pré-moldado	39
2.4.2.2.1 Manta asfáltica	39
3 METODOLOGIA	44
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
4.1 ESTUDO DE CASO I	45
4.1.1 Manifestações patológicas encontradas na edificação	46
4.1.2 Correções indicadas para o caso I	49
4.2 ESTUDO DE CASO II	49
4.2.1 Manifestações patológicas encontradas na edificação	50
4.2.2 Correções indicadas para o caso II	51
4.3 ESTUDO DE CASO III	52
4.3.1 Manifestações patológicas encontradas na edificação	52
4.3.2 Correções indicadas para o caso III	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que grande parte das patologias encontradas nas construções são oriundas da umidade. Esta que por sua vez se propaga na edificação devido à aplicação incorreta de impermeabilizantes ou inexistência da mesma.

O primeiro processo de aplicação de materiais impermeabilizantes que se têm informação foi retratado na bíblia. No antigo testamento é descrito que a arca de Noé e a Torre de Babel foram impermeabilizadas com material betuminoso. Entre tantos outros na história, há também o relato de que na construção das caravelas de Pedro Álvares Cabral haviam especialistas em impermeabilizar as juntas das madeiras com betume, abreu, resina e alcatrão.

Conforme descrito, a impermeabilização é de suma importância para a vida útil da construção desde os primórdios da humanidade. Somente com ela é possível evitar infiltrações causadas pela umidade e conseqüentemente preservar a saúde de quem nela habita. Porém há um abismo entre as práticas aconselhadas e o que realmente é encontrado nos canteiros. Pelos mais diversos motivos, entre eles: falta de qualificação da mão de obra, falta da difusão da prática e da devida importância dada a ela, há um aumento significativo nos custos financeiros deste processo.

Por esta razão, a problemática deste trabalho de conclusão de curso foi analisar edificações onde há a presença de patologias decorrentes de uma impermeabilização ineficiente e/ou inexistente, e a tecnologia correta de corrigi-las. Para isto, foram elaboradas pesquisas bibliográficas a fim de definir os tipos de patologias e sistemas de impermeabilização existentes. Posteriormente foram realizados estudos de caso em três edificações com o intuito de analisar as patologias presentes.

1.1 PROBLEMA

A falha na aplicação dos sistemas impermeabilizantes impacta diretamente na vida útil das estruturas, tal fato acarreta em patologias e de forma direta torna a edificação insalubre, comprometendo a saúde dos que ali vivem. Desta forma, o problema desta pesquisa está em “Quais tecnologias devem ser empregadas para a correção das patologias decorrentes de uma impermeabilização ineficiente e/ou inexistente nos casos analisados?”.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo analisar patologias nas edificações decorrentes da ausência e/ou irregularidade da aplicação de impermeabilizantes.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Apresentar os diferentes tipos de umidade que atuam em uma edificação;
- b) elaborar uma análise bibliográfica a respeito das patologias encontradas em edificações decorrentes da ausência e/ou irregularidade da aplicação de impermeabilizantes;
- c) exibir um histórico e as técnicas de impermeabilização mais utilizadas;
- d) realizar estudos de caso em edificações onde há a presença de patologias;
- e) encontrar e propor as correções indicadas para os respectivos casos das patologias conforme conhecimentos obtidos na fundamentação teórica.

1.3 JUSTIFICATIVA

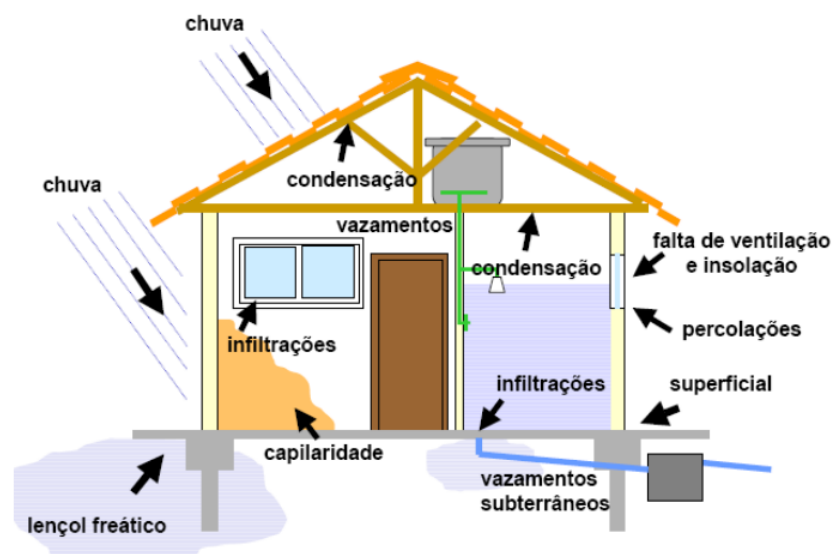
Justifica-se este trabalho como uma maneira de informar sobre os diversos métodos de impermeabilização disponíveis no mercado, a importância das práticas corretas de execução deste processo, as patologias decorrentes devido à falta da mesma e as correções indicadas para determinados casos. Visto que esta etapa é uma das mais importantes na prevenção de patologias e preservação da vida útil da edificação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AÇÕES DA ÁGUA NA ESTRUTURA

De forma direta ou indireta, água é um dos maiores causadores de patologias, quer se encontre no estado de gelo, no líquido ou mesmo enquanto vapor de água. Pode ser vista como um agente de degradação ou como meio para a instalação de outros agentes. (QUERUZ, 2007). A figura 1 demonstra a ação da água nas estruturas.

Figura 1 - Ação da água sobre edificações.



Fonte: Schönardie (2009).

A norma NBR 9575/2010 classifica os mecanismos de atuação da água sobre as superfícies:

- água de condensação: “água proveniente da condensação de água presente no ambiente sobre a superfície de um elemento construtivo, sob determinadas condições de temperatura e pressão.
- água de percolação: “água que atua sobre superfícies, não exercendo pressão hidrostática superior a 1 kPa (0,1 m.c.a)”.
- água sob pressão negativa: “água, confinada ou não, que exerce pressão hidrostática superior a 1 kPa (0,1 m.c.a), de forma inversa à impermeabilização”.

- d) água sob pressão positiva: “água, confinada ou não, que exerce pressão hidrostática superior a 1 kPa (0,1 m.c.a), de forma direta à impermeabilização”.
- e) umidade do solo: “água absorvida pelo substrato, proveniente do solo, por capilaridade”.

2.1.1 Origem dos tipos de umidade nas estruturas

Segundo Lersch (2003), as causas da presença de umidade nas edificações estão relacionadas com a:

- Umidade ascensional
- Umidade por infiltração
- Umidade de condensação
- Umidade higroscópica
- Umidade de obra
- Umidade accidental

Nos itens abaixo consta uma explanação detalhada sobre cada uma das umidades encontradas em uma edificação.

2.1.1.1 Umidade ascensional

Segundo Queruz (2007), a umidade ascensional é caracterizada pela presença de água originada geralmente do solo, tanto por fenômenos sazonais de aumento de umidade quanto por presença permanente de umidade de lençóis freáticos superficiais. Impreterivelmente, o fenômeno é consequência de falhas na impermeabilização da interface entre as estruturas de fundação e as áreas superficiais, ou entre o terreno e os planos abaixo da superfície do terreno (subsolo). A sua ocorrência é percebida principalmente em paredes e pisos, sendo que, nas primeiras, Verçosa (1991, *apud* LERSCH, 2003) comenta que não costumam ultrapassar de 0,80m, enquanto que Seele (2000, *apud* LERSCH, 2003) cita médias de 0,80m, chegando a até 1,5m.

Nappi (2002) acrescenta que os condutos capilares são canais de diâmetros finíssimos, que serpenteiam através dos materiais com uma rede de conexões com ar entre si, saturando estes materiais com a água, que avança vencendo a força da gravidade. O elemento principal dos fenômenos de capilaridade é o diâmetro desses

canais. A ascensão da água nas paredes é inversamente proporcional ao diâmetro desses elementos, ou seja, quanto menor o seu diâmetro maior é a altura que a água poderá atingir.

Além disso, o fluxo contínuo de água pelos poros carrega os elementos internos às estruturas, fazendo com que a altura da umidade capilar aumente com o tempo, já que, como sais, o que acaba por liberar outros poros, e tal carregamento de elementos pode produzir zonas ou muito carregadas de sal ou dele desprovidas, o que pode gerar outros danos. (FEILDEN, 2003 *apud* QUERUZ, 2007).

2.1.1.2 Umidade por infiltração

A absorção e penetração de água da chuva nas estruturas pode também ser chamada de umidade por infiltração. É ocasionada não só pela ação da chuva, mas também pela junção desta com o vento. Conforme explica Henriques (1995, *apud* NAPPI 2002), a chuva em si não se constitui em problemas para a construção. Contudo quando está acompanhada pelo vento, gera uma componente horizontal tão maior quanto maior for a sua intensidade, que pode aumentar a penetração da água nas paredes.

Segundo Righi (2009), a umidade passa das áreas externas às internas por pequenas trincas, pela alta capacidade dos materiais absorverem a umidade do ar ou mesmo por falhas na interface entre elementos construtivos, como planos de parede e portas ou janelas. Nappi (2002) comenta que as patologias aparecem através de manchas de umidade que tendem a desaparecer quando a chuva cessa. No entanto em períodos prolongados podem surgir bolores, eflorescências e criptoflorescências.

2.1.1.3 Umidade de condensação

A umidade condensada nas edificações é consequência da presença de uma alta taxa de umidade no ar em contato com superfícies que estejam com temperaturas abaixo da correspondente ao ponto de orvalho. O fenômeno ocorre pela redução de capacidade de absorção de umidade pelo ar quando é resfriado, na interface da parede, precipitando-se. (QUERUZ, 2007).

Righi (2009) afirma que os diferentes materiais, conforme a sua densidade, se comportam de forma diferenciada quanto à condensação: os mais densos são mais atacados, enquanto que os de menor densidade sofrem menos. Klüppel e Santana (2006 *apud* QUERUZ, 2007) concluem que esse tipo de agente costuma apresentar-se de forma superficial, sem penetrar a grandes profundidades nos elementos.

2.1.1.4 Umidade de obra

“Esta terminologia é utilizada para caracterizar a umidade que ficou interna aos materiais, por ocasião, em geral, de sua execução, e que acaba por se exteriorizar em decorrência do equilíbrio que se estabelece entre material e ambiente” (QUERUZ, 2007). Ou seja, é a quantidade de água presente na edificação após a conclusão dos serviços pertinentes à obra.

Um exemplo desse tipo de situação é a umidade contida nas argamassas de reboco, que transferem o excesso de umidade para a parte interna das alvenarias, necessitando de um prazo maior do que o da cura do próprio reboco para entrar em equilíbrio com o ambiente interno. (RIGHI, 2009)

2.1.1.5 Umidade acidental

Oliveira (2015) explica que a umidade acidental é causada devido a vazamentos em sistemas de tubulação (águas pluviais e recalque, esgoto e gás), reservatórios ou canalizações. Segundo Klüppel e Santana (2006 *apud* QUERUZ, 2007), a umidade acidental costuma caracterizar-se pelo surgimento de manchas isoladas nas paredes, com formato próximo ao circular e com o centro mais úmido, e por gerar pulverulências na área afetada. Este tipo de umidade está diretamente relacionado com a idade da edificação e a regularidade das manutenções preventivas, uma vez que a ausência destas implica no surgimento deste tipo de umidade.

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ORIGINADAS PELA AÇÃO DA UMIDADE

Patologia é um termo utilizado em medicina para o ramo que estuda as doenças do corpo humano. Na construção civil, patologia é a área de estudo dos

defeitos das edificações, análogas às doenças do corpo humano, tais como manchas, rachaduras, deformações, rupturas e outros. (BARBOSA, 2018)

Para França *et al* (2011), a patologia nas edificações se dedica ao estudo de anomalias ou problemas da edificação e as alterações anatômicas e funcionais causadas no mesmo. Estas doenças podem ser adquiridas durante a execução da obra, na concepção do projeto, ou mesmo ao longo de sua vida.

Barbosa (2018) complementa que a ação da umidade na estrutura pode desencadear a ocorrência das patologias de eflorescências, corrosão, carbonatação, mofo, bolor, criptoflorescências e fissuras, sendo essas consideradas pelo autor como as principais, onde é possível detectar o seu aparecimento com uma maior frequência.

2.2.1 Eflorescências

Righi (2009) descreve eflorescências como a formação de depósitos de sais cristalizados originados pela migração de água, rica em sais, do interior dos componentes de alvenaria e/ou concreto. São identificados por coloração geralmente esbranquiçada.

Desta forma, pode ser interpretado que o surgimento dessa anomalia ocorre da seguinte forma:

As eflorescências aparecem quando a água atravessa uma estrutura que contém sais solúveis como os nitratos alcalinos, carbonato de cálcio, sulfatos e sais de ferro sulfoaluminato. Esses sais podem estar nos tijolos, no cimento, na areia, na argamassa e na cal. Em contato com a umidade vinda através da alvenaria, esses sais são carregados pelos poros e fazem aparecer manchas, bolhas, descolamento ou descoloramento da pintura. [...] (VEDACIT®, 2010, p. 12).

Assim, a eflorescência pode alterar a aparência dos materiais (Figura 2) além de deteriorá-los se o sal for agressivo, como o caso de sais expansivos. Contudo, Bauer (2008) afirma que existem três condições que são necessárias para a eflorescência existir: o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a pressão necessária para que a solução seja transportada para a superfície.

Figura 2 – Eflorescência em piscina.



Fonte: Oliveira (2013).

2.2.2 Criptoflorescências

Segundo Schönardie (2009), criptoflorescências são formações salinas, de mesma causa e mecanismo que as eflorescências, mas neste caso os sais formam grandes cristais que se fixam no interior da própria parede ou estrutura. Ao crescerem, eles podem pressionar a massa, formando rachaduras e até a queda do revestimento (figura 3). O maior causador de eflorescência é o sulfato. Os sulfatos, em contato com água, aumentam muito de volume, desencadeando na desagregação dos materiais, principalmente na camada superficial.

De forma resumida, Nappi (2002) explica que a diferença entre as cristalizações está no local onde ocorrem. Enquanto criptoflorescência se dá no interior do elemento, eflorescência desenvolve-se no ambiente externo.

Figura 3 - Criptoflorescência em parede de alvenaria.



Fonte: Neves (2019).

2.2.3 Carbonatação do concreto e corrosão das armaduras

O processo físico-químico entre o gás carbônico (CO_2) presente na atmosfera e os compostos da pasta de cimento dá origem ao carbonato de cálcio (CaCO_3). Esse composto diminui significativamente a alcalinidade do concreto afetado, dando origem ao processo de carbonatação. (FERNANDES; ESTANISLAU; MENDES; 2019).

Segundo Righi (2007), a corrosão necessita de três fatores para ocorrer:

- Deve existir um eletrólito (representado pela água)
- Deve existir uma diferença de potencial (obtido pela tração nas barras de aço)
- Deve existir oxigênio (ar atmosférico)

A carbonatação ocorre em ambientes com alto nível de poluição, como áreas de garagem e ambientes industriais onde os poros do concreto encontram-se parcialmente preenchidos com água (figura 4). A umidade relativa do ambiente interfere de forma significativa no processo de carbonatação, pois condiciona a velocidade de difusão do CO_2 através dos poros. Com a umidade relativa entre 65% a 85%, há ocorrência de maior grau de carbonatação do concreto.

Figura 4 - Carbonatação em viga de concreto e corrosão da armadura.



Fonte: TECNOSIL (2018).

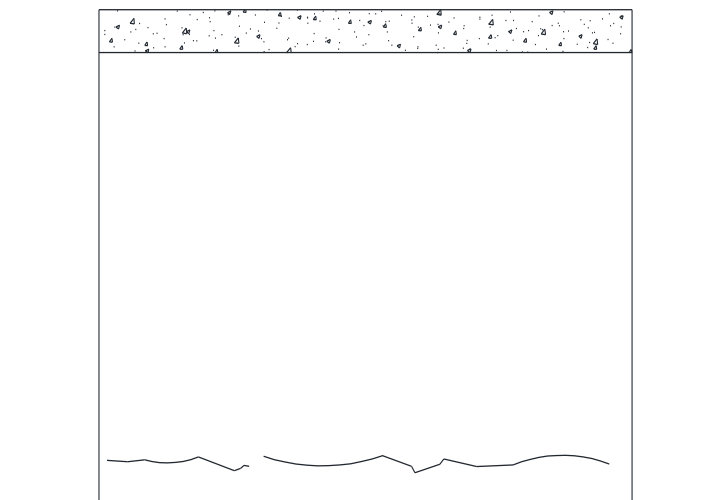
2.2.4 Trincas e fissuras

As trincas ou fissuras na alvenaria é uma das patologias mais comuns e podem surgir em qualquer momento da obra, servindo como alerta para as estruturas de concreto armado. Em alguns casos indicam o comprometimento da estanqueidade da edificação. (FERNANDES; ESTANISLAU; MENDES; 2019).

Segundo Thomaz (1989), o aumento do teor de umidade provoca variações dimensionais nos materiais porosos integrantes dos elementos construtivos, enquanto que a redução do teor de umidade é responsável pela contração do material. Tais movimentos podem provocar fissuras nos materiais, chamadas fissuras higroscópicas.

Barbosa (2018) explica que um exemplo muito corriqueiro de fissura por movimentação higroscópica ocorre na base de alvenarias, sabendo que as fiadas inferiores, mais sujeitas à umidade, apresentam maior expansão gerando fissuras por movimentação diferencial. A figura 5 ilustra o exemplo explicado.

Figura 5 - Fissuras geradas na parte inferior da alvenaria.



Fonte: (Adaptado) Vieira e Barreiros (2019).

Por fim, Thomaz (1989) ratifica a semelhança do surgimento da fissura devido a variação da umidade com relação à variação da temperatura, entretanto, em muitas ocasiões a presença de eflorescência no local facilita o diagnóstico, permitindo identificar que o surgimento da anomalia é devido a presença da água. Ademais, no que se refere ao processo de recuperação é de deveras atenção considerar as fissuras como ativas, haja vista que as movimentações higroscópicas da alvenaria podem voltar a ocorrer no local.

2.2.5 Mofo e bolor

O desenvolvimento do bolor e do mofo é um problema de grande importância econômica e uma ocorrência comum em áreas tropicais. As alterações provocadas nas superfícies emboloradas exigem, muitas vezes, recuperação ou reaplicação de revestimentos. (TRAUZZOLA 1998, *apud* RIGHI, 2009).

Schönardie (2009) salienta que o mofo e o bolor são fungos vegetais prejudiciais às alvenarias, onde se aderem causando danos, escurecendo a superfície (Figura 6) e degradando-as com o passar do tempo. Por serem vegetais, o mofo e o bolor precisam de água e ar para sobreviver, com isso, para evitar o aparecimento se faz necessário eliminar a umidade e fornecer ventilação ao ambiente.

Figura 6 - Mancha de mofo em parede alvenaria.



Fonte: Como impermeabilizar... (2018).

2.2.6 Goteiras e manchas

Quando a água atravessa uma barreira, ela pode, no outro lado, ficar aderente e ocasionar uma mancha; ou, se a quantidade é maior, gotejar, ou até fluir. A umidade permanente deteriora qualquer material de construção, e sempre desvaloriza uma obra. Goteiras e manchas são defeitos mais comuns das infiltrações e que se procura sustar com a impermeabilização. (SCHÖNARDIE, 2009).

Segundo Bauer (2008) “as manchas podem se apresentar com colorações diferenciadas, como marrom, verde e preta, entre outras, conforme a causa. Os revestimentos frequentemente estão sujeitos à ação da umidade e de microrganismos, os quais provocam o surgimento de algas e mofo, e o consequente aparecimento de manchas pretas ou verdes. As manchas marrons, geralmente, ocorrem devido à ferrugem”. A Figura 7 ilustra manchas em uma laje devido à presença da umidade.

Figura 7 - Manchas decorrentes da umidade em laje.



Fonte: Como tratar... (2019).

2.2.7 Degradação das pinturas e revestimentos

Patologias causadas na pintura de paredes normalmente estão atreladas à umidade. O aparecimento de bolhas, eflorescências e até desagregamento do reboco são causados principalmente devido à falta de uma impermeabilização eficiente. Uma vez que a umidade presente entra em contato com sais acarretando em manifestações patológicas. As figuras abaixo representam as patologias citadas acima.

Figura 8 - Paredes com bolhas e desagregamento do reboco.



Fonte: Registrada pela autora.

Figura 9 - Parede com eflorescência.



Fonte: Dicas... (2010).

2.3 ASPECTOS GERAIS DA IMPERMEABILIZAÇÃO

2.3.1 Histórico da impermeabilização

Desde o início da civilização o homem tenta controlar a ação da água. Com o passar do tempo, as técnicas impermeabilizantes foram desenvolvidas e aprimoradas, resultando na prolongação da vida útil das estruturas.

O primeiro processo de impermeabilização da história foi descrito na Bíblia. Versículos do Antigo Testamento informam que a Torre de Babel e a Arca de Noé foram impermeabilizadas com asfalto. Durante as instruções para a construção da grande Arca de Noé, Deus teria dito: “Faze para ti uma arca de madeira resinosa: farás compartimentos e a revestirás de betume por dentro e por fora”. Essas ordens foram providenciais para gerar um barco seguro e salvar as espécies no dilúvio (FREIRE, 2007).

Segundo o Australian Institute of Waterproofing (AIW, 2016), por volta de 3600aC durante a construção da Pirâmide de Guizé foram utilizados métodos impermeabilizantes. Mesmo com as cheias anuais do Rio Nilo, ao ser aberta por arqueólogos em 1800, seu interior estava em excelentes condições. Fato explicado pela descoberta da utilização de material betuminoso nos blocos de fundação de calcário.

De acordo com Barbosa (2018), a partir do século XX, o acelerado desenvolvimento da indústria de polímeros sintéticos permitiu a produção dos mais diversificados materiais com diferentes propriedades e possibilidades de aplicação, expandindo de maneira considerável a quantidade de sistemas de impermeabilização.

O começo da utilização de impermeabilizantes na era moderna coincide com as primeiras obras efetuadas em concreto armado no início do século XX, notadamente após a introdução de novos conceitos arquitetônicos de Le Corbusier (1914), que resultaram em estruturas mais esbeltas, trabalhando mais à flexão e menos à compressão, sendo exigidas novas técnicas de impermeabilização, com o intuito de absorver maiores movimentações estruturais. Por volta de 1930, foram formuladas as primeiras emulsões asfálticas dirigidas para impermeabilização, ainda utilizadas atualmente. (RESENDE, 1987, *apud* MORAES, 2002)

Para o mesmo autor, Até a década de 60 os sistemas impermeabilizantes eram aplicados *in loco*; contudo, em razão dos altos custos de mão-de-obra, principalmente nos países do hemisfério norte, foram desenvolvidos os sistemas pré-fabricados em monocamada, com o surgimento, em sequencial, das mantas butílicas, de PVC e, finalmente, a manta asfáltica.

De acordo com Pozzoli (1991, *apud* MORAES, 2002), no Brasil, a impermeabilização remonta ao início da colonização. Os primeiros serviços que se têm conhecimento são os fortes ou fortalezas, feitas pelos portugueses. O “Forte de São Marcelo”, na cidade de Salvador, na Bahia, e o “Forte dos Reis Magos”, na cidade de Natal (RN), são exemplos típicos da engenharia impermeabilizante da época. Ambos foram construídos no século XVI em contato direto com o mar. A técnica utilizada na época, e que até hoje continua atendendo às necessidades da obra, era o emprego do óleo de baleia misturado com cal e areia, formando uma argamassa de grande durabilidade e de baixa permeabilidade.

A valorização e normatização da impermeabilização como item necessário na construção civil só ganhou força durante a obra do metrô da cidade de São Paulo, em 1968. A primeira norma da ABNT sobre o assunto foi publicada em 1975, segundo o IBI – Instituto Brasileiro de Impermeabilização, justamente no ano de sua fundação. Desde aquela data até hoje, essa instituição prossegue com o trabalho de normatização e divulgação da impermeabilização no país. (RODRIGUES, 2016)

2.3.2 Contextualização

No contexto da construção civil, impermeabilizar é a ação de deixar uma superfície estanque, impossibilitando a passagem de água ou qualquer outro líquido. Conforme descrito na Norma ABNT 9575/2010, impermeabilização é “Conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade”.

Segundo o IBI (2018) a impermeabilização é “uma técnica que consiste na aplicação de produtos específicos com o objetivo de proteger as diversas áreas de um imóvel contra ação de águas que podem ser de chuva, de lavagem, de banhos ou de outras origens”. Picchi (1986) afirma que a impermeabilização é considerada um serviço especializado dentro da construção civil, sendo um setor que exige uma razoável experiência, no qual detalhes assumem um papel importante e onde a mínima falha, mesmo localizada, pode comprometer todo o serviço.

Deste modo é possível compreender a expressão utilizada pelo professor Firmino Siqueira “a impermeabilização é o envelope da edificação”, sendo este o sistema construtivo que protege a edificação contra as condições do ambiente que está inserida.

2.3.3 Importância da impermeabilização

A importância da impermeabilização está associada à possibilidade de controlar líquidos, gases e vapores que, se estiverem livres em um ambiente, podem ser prejudiciais a determinados materiais, atividades, animais, seres humanos e ao meio ambiente. A água, por exemplo, elemento fundamental para a existência humana, é também um agente destrutivo para determinados tipos de materiais e em muitos casos, de presença indesejável. (BARBOSA, 2018)

No contexto da construção civil, segundo Arantes (2007), são três os aspectos que traduzem importância da impermeabilização:

- a) Durabilidade.
- b) Conforto e saúde do usuário.
- c) Proteção ao meio ambiente.

Seguem abaixo definições detalhadas a respeito dos pontos que se esperam ser alcançados após a aplicação dos impermeabilizantes.

a) Durabilidade

Para Righi (2009), a impermeabilização é de fundamental importância na durabilidade das construções, pois os agentes trazidos pela água e os poluentes existentes no ar causam danos irreversíveis a estrutura e prejuízos financeiros difíceis de serem contornados.

De acordo com a ISO 13823 (2008), durabilidade é a capacidade de uma estrutura ou de seus componentes de satisfazer, com dada manutenção planejada, os requisitos de desempenho do projeto, por um período específico de tempo sob influência das ações ambientais, ou como resultado do processo de envelhecimento natural.

O conceito de durabilidade associa-se diretamente à vida útil. Refere-se às características dos materiais e/ou componentes, às condições de exposição e às condições de utilização impostas durante a vida útil da edificação. Destaca-se que a durabilidade não é uma propriedade intrínseca dos materiais, mas sim uma função relacionada com o desempenho dos mesmos sob determinadas condições ambientais. O envelhecimento destes resulta das alterações das propriedades mecânicas, físicas e químicas, tanto na superfície como no seu interior, em grande parte devida à agressividade do meio ambiente. [...] (POSSAN; DEMOLINER, 2013).

b) Conforto e saúde do usuário

Conforme explica Barbosa (2018), é crescente a preocupação dos projetistas das mais diversas áreas da engenharia com o conforto e a saúde do usuário. Nesse sentido, no setor da construção civil, no que tange às edificações, umidades nas paredes, goteiras, bolhas nas pinturas, infiltrações próximas aos ralos e outros problemas relacionados à impermeabilização, são ocorrências que devem ser evitadas por questões de saúde, seja pelo mofo ou pelo risco de deslocamento de algum material. E também por questões de conforto, pois as consequências das patologias descritas provocam desconforto visual além da possibilidade do incômodo da inutilização de cômodos.

c) Proteção ao meio ambiente

“A proteção ao meio ambiente é o conceito mais recente que foi incorporado às impermeabilizações, mas cujo alcance é profundo e deverá se acentuar cada vez

mais”. (ARANTES, 2007). Uma vez que temas relacionados à sustentabilidade e preocupações ambientais têm ganhado cada vez mais visibilidade.

Conforme Barbosa (2018), “as fontes de recursos hídricos estão cada vez mais escassas e os ecossistemas florestais sendo expansivamente afetados pelas cidades ao redor, se faz necessário o progressivo desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias para que estes sejam preservados”.

Segundo Arantes (2007), dentre os setores beneficiados por esta característica da impermeabilização, podem-se citar: tratamentos de lagoas e dejetos industriais, a fim de evitar a contaminação do solo e de aquíferos subterrâneos; canais de irrigação de baixíssimo custo, que possibilitam não só a agricultura, mas também a arborização de faixas áridas; e criação de coberturas verdes a fim de recuperar o clima nos grandes centros urbanos.

2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES

A principal função dos sistemas de impermeabilização, que se tornam cada vez mais elaborados, é proteger as edificações dos malefícios de infiltrações, eflorescências e vazamentos causados pela água. (RIGHI, 2009)

Na literatura, a abordagem dos sistemas de impermeabilização é separada em algumas classificações quanto as suas características físico-químicas (aderência e flexibilidade), composição e método de execução. Abaixo estão listadas as respectivas características.

2.4.1 Impermeabilização Rígida

Segundo a Norma ABNT 9575/2010, impermeabilização rígida caracteriza-se pelo conjunto de materiais ou produtos que não apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas não sujeitas a movimentação do elemento construtivo.

Em complementação a definição citada, Salgado (2009 *apud* VIEIRA E BARREIROS, 2019) diz que se trata de concretos ou argamassas que se tornam impermeáveis com a adição de aditivos e que agem no sistema capilar tamponando todos os poros do elemento, não permitindo a percolação da água. Esse tipo de

impermeabilização caracteriza-se por não apresentar a propriedade de trabalhar conforme a estrutura principal da construção.

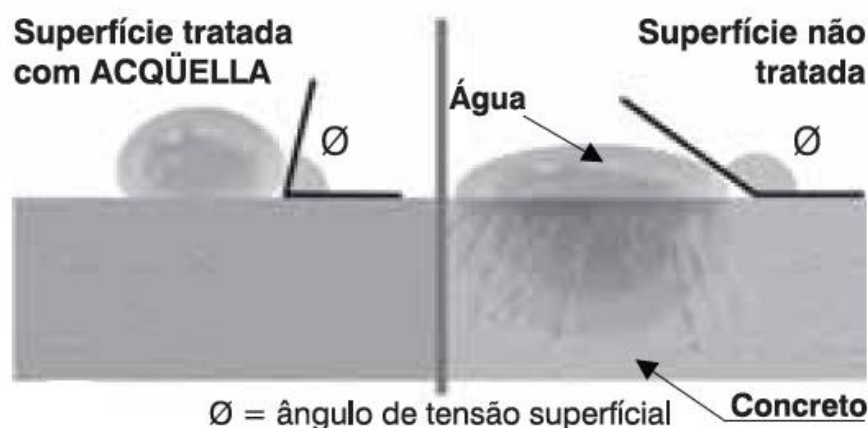
Assim, os sistemas rígidos possuem limite de utilização haja vista a possibilidade de ruptura por movimentação. “Sua aplicação é recomendada em partes mais estáveis da edificação. São locais menos sujeitos ao aparecimento de trincas e fissuras, que poderiam comprometer a impermeabilização. Por isso, sua principal utilização ocorre em fundações, pisos internos em contato com o solo, contenções e piscinas enterradas” (FERREIRA, 2012 *apud* BARBOSA, 2018).

2.4.1.1 Argamassa com aditivo hidrófugo

Conforme descrito na Norma ABNT 9575/2010, argamassa com aditivo hidrófugo é “Tipo de impermeabilização de argamassa dosada em obra, aplicada em substrato de alvenaria, constituída de areia, cimento, aditivo impermeabilizante e água.”.

Vedacit® (2010) comenta que os aditivos impermeabilizantes reagem com a cal livre do cimento formando sais cálcicos insolúveis, ocasionando a hidrofugação dos poros, mas, permitindo a respiração dos materiais. E como ele ajuda a tamponar o sistema capilar, reduz o ângulo de tensão superficial do substrato, reduzindo a infiltração da água, conforme visualiza-se na figura 10.

Figura 10 - Representação do ângulo de tensão superficial.



Fonte: Fonte: Vedacit® (2010, p. 19).

Cunha e Neumann (1979) afirmam que o aditivo hidrófugo é aplicado em argamassas de revestimento utilizadas para impermeabilizações de elementos que

não estejam sujeitos a movimentações estruturais, que ocasionariam a formação de trincas e fissuras. Esse sistema não é indicado para locais com exposição ao sol que possa ocorrer algum tipo de dilatação no substrato.

Ademais, Souza (1997), elenca como vantagens deste sistema: o custo reduzido; a fácil execução; a fácil aquisição dos insumos empregados; e a possibilidade de aplicação em substrato úmido. E como desvantagens: a necessidade de controlar a dosagem; a grande influência da mão de obra e das matérias usados; a baixa capacidade de absorção de deformação; e pouca confiabilidade relativa.

2.4.1.2 Argamassa polimérica

É um revestimento impermeabilizante composto por cimentos especiais e látex de polímeros, sendo aplicados sob a forma de pintura (com a broxa) ou de revestimento (com a desempenadeira), garantindo a estanqueidade sob a ação de pressões positivas e/ou negativas. Geralmente, é um sistema bi-componente (A+B), composto pelo componente A, que é uma mistura de cimento, areia e agregados minerais, e um composto B, que é um polímero líquido, responsável pela flexibilidade do conjunto. (OLIVEIRA, 2015).

As argamassas e cimentos poliméricos têm propriedades e aplicações variáveis, de acordo com a quantidade de resina em sua composição, quanto maior, mais flexível o sistema se torna. A figura 11 ilustra um banheiro impermeabilizado com argamassa polimérica.

Para a execução deste sistema, a superfície onde será aplicado o produto deve ser limpa, removendo quaisquer resquícios de argamassas e sujeiras em geral. Após a limpeza, deve-se aplicar nas extremidades dos ralos tela de poliéster fixada com selador, a fim de impossibilitar a passagem da água. A próxima etapa é a mistura mecânica dos componentes e então a aplicação do mesmo, que pode ser realizada com um rolo de pintura ou com uma broxa. Cada demão deve ser realizada em um sentido (vertical e horizontal) totalizando quatro demãos com intervalo de no mínimo seis horas.

Figura 11 – Box de banheiro impermeabilizado com argamassa polimérica.



Fonte: Registrada pela autora.

Sayegh (2001 *apud* Righi 2009) complementa que o produto resiste a pressões positivas e negativas e acompanha de maneira satisfatória, pequenas movimentações das estruturas, e que a impermeabilização decorre da formação de um filme de polímeros que impede a passagem da água e da granulometria fechada dos agregados contidos na porção cimentícia.

Visto as características deste impermeabilizante, Vedacit® (2010) indica sua utilização em fundações, cortinas de contenção, paredes, subsolos, reservatórios, piscinas, poços de elevador, áreas molhadas e molháveis no intuito de precaver ou corrigir infiltrações e umidades nestes elementos.

Diante do apresentado, Vieira e Barreiros (2019) evidenciam que a argamassa polimérica é um dos tipos de impermeabilização rígidos mais usados no Brasil, muito devido a fácil aplicação e ao menor custo em comparação com outros sistemas impermeabilizantes.

Souza (1997) atribui a este sistema as seguintes desvantagens:

- a) Pequena capacidade de absorver deformações;
- b) Necessidade de controle na dosagem;
- c) Influência da mão de obra e dos materiais empregados;
- d) Menor confiabilidade relativa.

2.4.1.3 Cimento cristalizante

Conforme explica Ferreira (2018), os materiais de impermeabilização cristalizantes são compostos químicos de cimentos aditivados, resina e água, que possuem a propriedade de penetração por osmose nos capilares da estrutura. São aplicados na região que se deseja impermeabilizar de modo que ao entrar em contato com a água de infiltração o composto sofre cristalização e preenche os poros presentes no concreto, estabelecendo, assim, uma barreira impermeável.

Desta maneira, este impermeabilizante pode ser utilizado em estruturas monolíticas, ou seja, aquelas sem movimentação como estações de tratamento de água (ETA), reservatórios e pisos frios ou em contato direto com o solo. Além de também poder ser utilizado como sistema auxiliar, aumentando a impermeabilização e, com isso, a durabilidade do concreto. (SOARES, 2014)

Para Righi (2009) existem dois tipos de cristalizantes. Sendo o primeiro o cimento cristalizante, que é aplicado na forma de pintura sobre superfícies saturadas de concreto, argamassa, ou alvenaria. A figura 12 mostra esse tipo de aplicação, no caso aplicado com uma trincha, direto na alvenaria, mas pode também ser aplicado sobre o revestimento argamassado.

Figura 12 - Aplicação de cristalizante na forma de pintura.

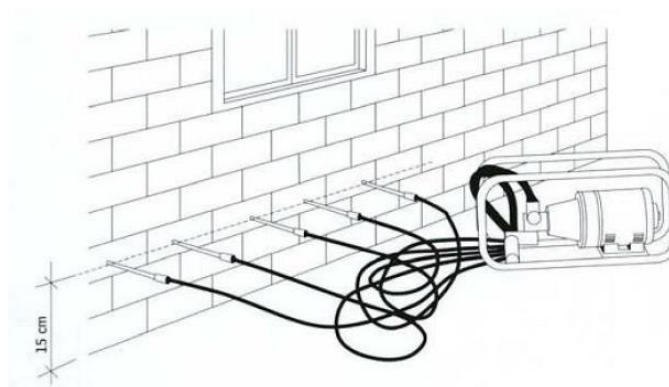


Fonte: Nakamura (2006 *apud* RIGHI, 2009)

O segundo tipo são os cristalizantes líquidos à base de silicatos e resinas que são injetados e, por efeito de cristalização, preenchem a porosidade das alvenarias de tijolos maciços, bloqueando a umidade ascendente.

A figura 13 apresenta o modo de aplicação dos agentes cristalizantes. Para a aplicação, deve-se retirar todo o reboco da área a tratar, desde o piso até altura de 1m. Executam-se duas linhas de furos intercaladas entre si, sendo a primeira a 10cm do piso e a segunda a 20 cm. Os furos devem ser com uma inclinação de 45° e estar saturados com água para a aplicação do produto. Aplica-se o produto por gravidade, sem necessidade de pressão e, sim, de saturação (ABATTE. 2003 *apud* RIGHI, 2009).

Figura 13 - Injeção de cristalizantes em parede com umidade ascendente.



Fonte: Abatte (2003, *apud* RIGHI, 2009)

A desvantagem do sistema é que se deve tomar cuidado na aplicação do produto e o mesmo é restrito a algumas situações particulares de infiltrações.

2.4.2 Impermeabilização Flexível

Na NBR 9575/2010 impermeabilização flexível é definida como: “conjunto de materiais ou produtos que apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à movimentação do elemento construtivo. [...]”.

O sistema é subdividido em dois tipos, as moldadas no local e chamadas de membranas e as pré-fabricadas e chamadas de mantas. Já quanto à fixação da camada se dividem em dois grupos, as aderidas à camada de regularização e as flutuantes (não aderentes).

Acerca disso, o IBI (2018), descreve que os sistemas moldados no local são gerados pela aplicação a quente ou a frio de inúmeras camadas de um produto líquido, desenvolvendo-se um sistema monolítico e sem emendas, o qual é conhecido como “membrana”. E no que se refere a sistemas pré-fabricados, diz que são produtos que saem prontos de fábrica para serem colados nos locais a impermeabilizar, e recebem o nome de “manta”, podem ser aplicados a quente ou a frio.

A principal vantagem das membranas em relação às mantas é que as membranas não apresentam emendas. Segundo Righi (2009) as membranas exigem um rígido controle da espessura e, conseqüentemente, da quantidade de produto aplicado por metro quadrado, sendo essa uma falha que fica difícil de visualizar.

2.4.2.1 Sistema flexível moldado no local

2.4.2.1.1 Membrana asfáltica

Membranas são conhecidas como o resultado de um processo de impermeabilização *in loco*. Cichinelli (2007, *apud* FERNANDES; ESTANISLAU; MENDES; 2019) diz que as membranas moldadas no local sofreram durante anos a forte concorrência dos produtos pré-fabricados. Foi só com a evolução da ancestral execução à quente com camadas de asfalto oxidado intercaladas por estruturante de feltro, que a solução voltou a competir de igual para igual com as mantas.

Podem ser aplicados a frio, como se fosse uma pintura, com trincha, rolo ou escova. Na primeira demão, aplicar o produto sobre o substrato seco e, na segunda demão em sentido cruzado em relação à primeira e, a seguir, aplicar as demãos subsequentes, aguardando os intervalos de secagem entre demãos até atingir o consumo recomendado. A figura 14 mostra a aplicação a frio de uma membrana asfáltica com rolo de pintura.

Figura 14 - Execução de membrana asfáltica à frio.



Fonte: Lwart (2009 *apud* RIGHI, 2009, p. 6).

A utilização deste método é indicada para impermeabilização ou imprimação de fundações, baldrame, muros de arrimo, alicerces, estruturas em contato com o solo, etc. (Pereira, 2013, *apud* Vieira e Barreiros, 2019).

Souza (1997) atribui as seguintes vantagens para o sistema de impermeabilização de membranas asfálticas aplicadas a frio:

- a) Possibilidade de aplicação sobre superfície úmida;
- b) Aplicação a frio;
- c) Grande disponibilidade de produtos no mercado.

O mesmo autor defende as seguintes desvantagens:

- a) Necessidade de várias demãos;
- b) Liberação de gases quando se utiliza asfalto em solução;
- c) Necessidade de regularização e proteção mecânica;
- d) Exige mão de obra especializada.

Para serem aplicadas a quente (figura 15), as membranas asfálticas requerem mão de obra especializada, pois é necessário o uso de caldeira. Segundo Moraes (2002), em áreas de pouca ventilação deve-se tomar cuidado na utilização de produtos a quente porque possuem restrições, tanto na manipulação quanto ao risco de fogo. São utilizados em impermeabilização de lajes (inclusive com grandes solicitações), jardineiras, piscinas, tanques e outros.

Figura 15 - Execução de membrana asfáltica à quente.



Fonte: Lwart (2009 *apud* RIGHI, 2009, p. 33).

Souza (1997) cita as seguintes vantagens:

- a) Maior durabilidade do que as membranas a frio;
- b) Maior disponibilidade de produtos no mercado.

O mesmo autor, por outro lado, elenca as desvantagens associadas:

- a) Necessidade de várias demãos;
- b) Aplicação apenas sobre superfícies secas;
- c) Necessidade de regularização e proteção mecânica;
- d) Liberação de vapores durante a aplicação;
- e) Exige mão de obra especializada.

2.4.2.1.2 Membrana acrílica

“Acrílico ou polimetilmetacrilato (PMMA) é um material termoplástico rígido e incolor. É considerado como um dos plásticos mais modernos e de maior qualidade no mercado devido a sua facilidade de adquirir formas, sua leveza e alta resistência” (LIMA e outros, 2012 *apud* BARBOSA, 2018).

As membranas acrílicas são formadas por resinas acrílicas normalmente dispersas em meio aquoso, sendo executadas em diversas camadas com a utilização de um estruturante. Para os autores Lima e outros (2012, *apud* BARBOSA, 2018), o material possui boa resistência à abrasão, estabilidade dimensional, baixa contração, alto brilho, boas propriedades térmicas, facilidade de

pigmentação, boa moldabilidade, excelentes propriedades óticas e alta resistência às intempéries.

O manual técnico Denver (2015) indica este sistema para superfícies expostas às intempéries, ou seja, para impermeabilização exposta de lajes de cobertura, lajes abobadadas, marquises, sheds, telhados, pré-fabricados, etc, conforme ilustrado na figura abaixo, onde uma laje exposta à maresia foi impermeabilizada com membrana acrílica.

Figura 16 - Laje exposta à maresia impermeabilizada com membrana acrílica.



Fonte: Fabertec... (2013)

Quanto à aplicação não há grandes diferenças com relação a outros impermeabilizantes químicos, ou seja, deve ser feita aplicação cruzada utilizando trincha ou desempenadeira metálica.

Dentre as vantagens apresentadas pelo sistema, a mais representativa é o fato dele dispensar a proteção mecânica quando a laje não for utilizada por um tráfego muito intenso de pessoas ou existir tráfego de automóveis. (SOARES, 2014). A desvantagem é que, por não ter camada de proteção mecânica, necessita de reaplicação do produto periodicamente.

2.4.2.2 Sistema flexível pré-moldado

2.4.2.2.1 Manta asfáltica

Classificadas como materiais impermeabilizantes flexíveis pré-fabricados, as mantas asfálticas são feitas à base de asfaltos modificados com polímeros e armados com estruturantes especiais, sendo que seu desempenho depende da composição desses dois componentes. O asfalto modificado presente na composição da manta é o responsável pela impermeabilização. (RIGHI, 2009).

Segundo Soares (2014), são os produtos impermeabilizantes mais comumente utilizados no Brasil, compondo o método de impermeabilização mais difundido no país devido o conhecimento da aplicação pela mão de obra e a disponibilidade encontrada do material.

Conhecido a definição desse material, destaca-se que segundo a NBR 9952 (2014), as mantas asfálticas são classificadas em quatro tipos, de acordo com suas características de resistência a tração e flexibilidade a baixa temperatura. Neste sentido, Ferreira (2018), conclui e apresenta algumas características e locais de aplicação para os quatro tipos de mantas indicados na norma, sendo:

- a) Tipo I: Mantas com desempenho básico, com resistência mecânica e elástica inferiores, indicadas para ambientes com pouco trânsito e sujeitos a carregamentos leves, como: pequenas lajes não expostas ao sol, banheiros, cozinhas, varandas, baldrame, vigas-calha, etc.;
- b) Tipo II: Apresentam resistência mecânica satisfatória a carregamentos leves e moderados, como: áreas internas de residências, (banheiros, cozinhas, etc.), lajes sob telhados, fundações e etc.
- c) Tipo III: Têm resistência mecânica elevada, indicadas para a impermeabilização de estruturas sujeitas a carregamentos e movimentações características de edificações comerciais e residenciais, como: lajes maciças e pré-moldadas, terraços, piscinas, etc.
- d) Tipo IV: São materiais de alto desempenho e com maior durabilidade, indicados para substratos sujeitos a maiores deformações por variação de volume ou devido a grandes carregamentos, como: lajes de estacionamentos, tanques e espelhos d'água, túneis, viadutos, rampas, helipontos, etc.

Referente à aplicação desse produto, Vedacit® (2010), orienta que após o preparo do substrato, deve-se realizar os seguintes passos:

1. Faz-se o cobrimento de toda a superfície que será impermeabilizada com uma demão de emulsão asfáltica. A figura 17 exibe um terraço com aplicação de primer para posterior aplicação da manta.

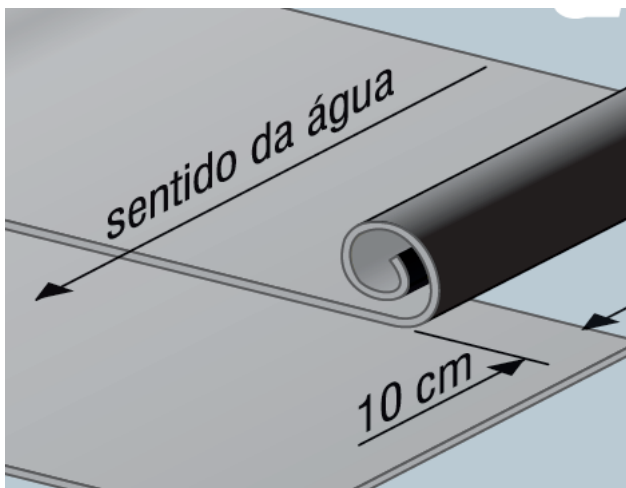
Figura 17 - Cobrimento da superfície com emulsão asfáltica.



Fonte: Registrada pela autora.

2. Posicionam-se e alinham-se as bobinas de manta asfáltica em toda a superfície a impermeabilizar, ortogonalmente ao fluxo de água. O segundo rolo de manta deve sobrepor a camada anterior, gerando um transpasse de no mínimo 10cm, conforme vê-se na figura 18;

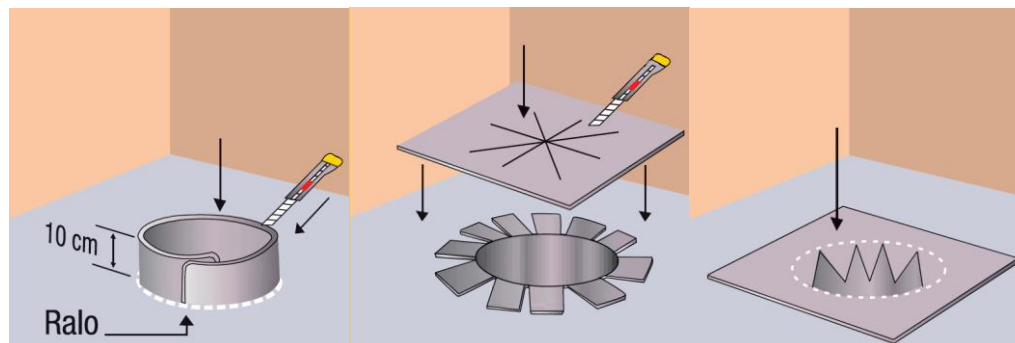
Figura 18 - Manta aplicada no sentido ortogonal ao fluxo d'água.



Fonte: Vedacit® (2010, p.57)

3. Efetua-se a colagem da manta nos ralos e coletores de água, os chamados de pontos críticos (figura 19);

Figura 19 - Detalhe da montagem de manta em ralo.



Fonte: Adaptado de Vedacit® (2010, p. 58).

4. Com o auxílio de um maçarico, aquece-se a superfície da manta e quando o filme antiaderente murchar e o asfalto brilhar cola-se a manta certificando-se da ausência de bolhas conforme ilustra-se na figura 20;

Figura 20 - Colagem da manta asfáltica.



Fonte: Pereira (2017)

5. Após a colocação da manta deve ser feito um teste de estanqueidade com uma lâmina d'água, por 72 horas, a fim de detectar qualquer falha na impermeabilização. A figura 21 demonstra essa etapa do processo.

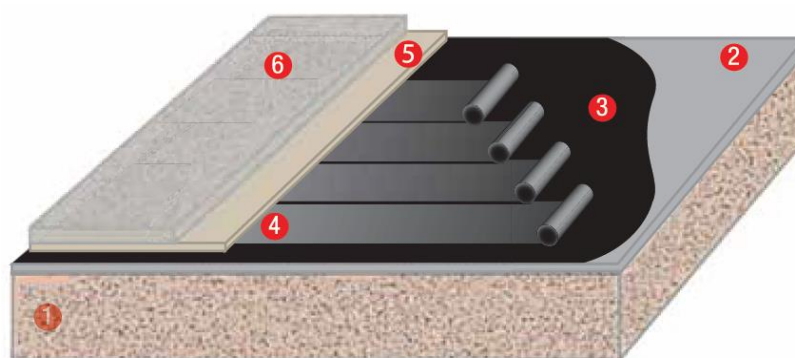
Figura 21 - Teste de estanqueidade.



Fonte: Registrada pela autora.

6. Por último, aplica-se sobre a manta uma camada de papel filme de polietileno ou papel kraft, como camada separadora e efetua-se a proteção mecânica com argamassa na espessura mínima de 3 cm, caracterizando conforme figura 22;

Figura 22 - Detalhe de aplicação de manta asfáltica em superfície horizontal.



- ① Laje de concreto
- ② Regularização
- ③ **PRIMER MANTA VEDACIT**
- ④ **MANTA ASFÁLTICA VEDACIT**
- ⑤ Camada separadora: filme de polietileno ou papel kraft
- ⑥ Proteção mecânica: contrapiso

Fonte: Vedacit® (2010, p.58)

As principais vantagens das mantas asfálticas, segundo Pinheiro (2014, *apud* Ferreira, 2018), são:

- Espessura constante

- Fácil controle e fiscalização
- Aplicação do sistema de uma única vez
- Menor tempo de aplicação
- Não é necessário aguardar a secagem

O mesmo autor elenca como desvantagens do sistema:

- Requer mão de obra especializada;
- Elevadas temperaturas de execução devido ao uso do maçarico;
- A maioria das mantas requerem proteção mecânica e térmica;
- Tornam-se rígidas e quebradiças quando envelhecidas;
- Requerem aderência ao substrato;
- Não indicadas para pequenas áreas;

3 METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é estudar as patologias comumente encontradas nas edificações devido à falta ou irregularidade na aplicação de impermeabilizantes. Para isto, inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica como fonte principal livros, monografias, teses e dissertações, manuais técnicos, normas e materiais dispostos na internet. Neste primeiro momento foram buscadas informações sobre a ação da umidade nas edificações, elucidando quais as principais patologias que são decorrentes da mesma e os locais onde ocorrem em uma edificação.

Posteriormente realizou-se uma pesquisa a cerca dos principais sistemas impermeabilizantes disponíveis no mercado, definindo suas respectivas técnicas de execução e cuidados que devem ser tomados. Foram divididos de acordo com sua formulação e aplicabilidade, para uma melhor explicação do tema.

Após a revisão bibliográfica foram realizados estudos de casos em edificações com a presença de patologias de impermeabilização. Os levantamentos foram realizados em 3 (três) edificações, sendo que duas delas estão localizadas no estado do Rio Grande do Sul, na cidade de Campo Bom, e a outra está localizada no estado de Santa Catarina, na cidade de Lages. O estudo contou com vistorias realizadas nos locais e levantamento fotográfico das patologias, para a elaboração de uma hipótese sobre a origem das mesmas.

Em cada caso foi realizado um diagnóstico com a caracterização das patologias encontradas, indicando um método de correção adequado, sendo possível construir uma análise do que foi executado e o local das falhas. Com isso, depois de analisadas todas as informações colhidas durante o período do estudo, foram elaboradas as considerações finais.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os três estudos de caso que foram realizados serão descritos abaixo, apresentando situações onde houve falhas na aplicação de impermeabilizantes e outros onde não houve a aplicação do mesmo.

Baseando-se no registro fotográfico, serão apresentados os locais nas edificações onde se encontram as patologias. Com base em conversas com os proprietários foram colhidas informações importantes sobre o imóvel, agregando desta forma na formulação da hipótese sobre o aparecimento das respectivas patologias.

Por fim, serão apresentadas as correções indicadas para cada caso, de acordo com a necessidade de cada morador.

4.1 ESTUDO DE CASO I

O presente estudo foi realizado em uma edificação residencial unifamiliar, localizada no bairro Santa Lúcia, na cidade de Campo Bom / RS. A edificação foi construída em concreto armado e alvenaria convencional. Possui aproximadamente 100m² divididos em dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro e garagem. A edificação em questão está ilustrada na figura abaixo.

Figura 23 - Edificação do estudo de caso I.



Fonte: Registrada pela autora.

4.1.1 Manifestações patológicas encontradas na edificação

Segundo relato do proprietário, a edificação foi construída em meados de 1998. Na fundação foram executadas vigas baldrames e aplicação de membrana asfáltica nas superfícies das mesmas, porém, sem a utilização de um projeto de impermeabilização. Ele conta que as patologias começaram a aparecer cerca de dois anos após a conclusão da construção.

Com a vistoria no local e os registros fotográficos, foram identificadas patologias em diversos locais da edificação, sendo as mais agravantes na garagem e em um dormitório. Na figura 24 é possível visualizar o aparecimento de eflorescências em uma parede da garagem, já a figura 25 retrata as bolhas e o desagregamento do reboco encontrados no dormitório.

Figura 24 - Eflorescência presente na parede da garagem da edificação.



Fonte: Registrada pela autora.

Figura 25 - Bolhas e desagregamento na parede do dormitório.



Fonte: Registrada pela autora.

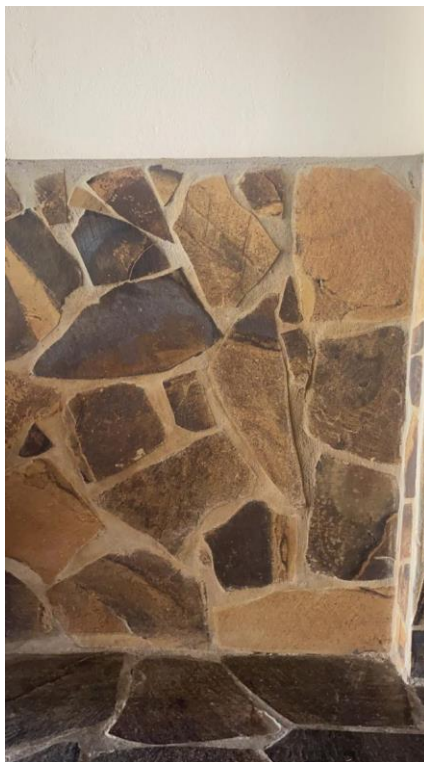
De acordo com o proprietário nesses dois locais já foram realizadas intervenções reparadoras, sendo elas o revestimento das paredes do dormitório com azulejo (figura 26) e o revestimento das paredes da garagem com pedra ferro (figura 27).

Figura 26 - Parede do dormitório revestida com azulejos.



Fonte: Registrada pela autora.

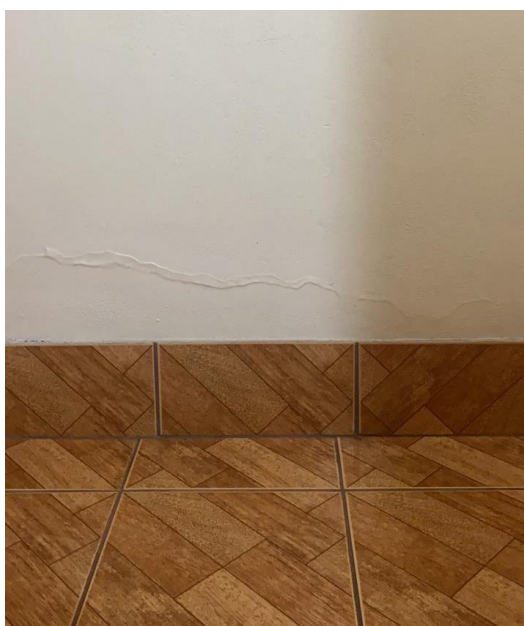
Figura 27 - Revestimento com pedra ferro na garagem.



Fonte: Registrada pela autora.

Em todo o perímetro das paredes foram aplicados azulejos com aproximadamente 20cm de altura para atuarem como rodapé e principalmente reparar os danos causados pela umidade. (figura 28).

Figura 28 - Azulejos aplicados nas paredes como rodapé.



Fonte: Registrado pela autora.

Ambas as reparações serviram apenas para ocultar as patologias. Conforme ilustrado na figura 28, as manifestações voltaram a aparecer na parte superior dos reparos cerca de um ano depois. Comprovando desta forma que a umidade se não tratada corretamente permanece no local.

4.1.2 Correções indicadas para o caso I

Tendo em vista a gravidade e a localidade das patologias, concluiu-se que elas são originadas em decorrência da umidade no solo, devido a uma falha na impermeabilização. Por este motivo indica-se a utilização de argamassa polimérica para corrigir os danos em ambos os casos analisados. Para a execução desta correção, devem ser seguidos os passos abaixo:

- a) Remover o revestimento existente no mínimo 30 centímetros acima do foco de umidade, até expor a alvenaria;
- b) Preencher possíveis danos causados na alvenaria com argamassa de cimento e areia;
- c) Aplicar 4 demãos de argamassa polimérica com uma trincha, respeitando o intervalo de 6 horas entre demãos e o sentido de aplicação entre elas;
- d) Depois de aplicar o impermeabilizante deve ser executado o revestimento novamente;

É indicado o uso de argamassa com aditivo hidrófugo na execução do revestimento, pois desta forma a argamassa age como um segundo sistema impermeabilizante, dificultando a ação da água e evitando futuras patologias.

4.2 ESTUDO DE CASO II

O segundo estudo de caso foi realizado em uma edificação residencial unifamiliar (figura 29), localizada no bairro Celeste, na cidade de Campo Bom no estado do Rio Grande do Sul. A edificação em questão possui aproximadamente 50m², divididos em um dormitório, sala de estar, cozinha, banheiro e lavanderia.

Figura 29 - Edificação analisada no segundo estudo de caso.



Fonte: Registrada pela autora.

De acordo com o proprietário a edificação foi construída em 2007. Sua fundação foi executada com vigas baldrame, a estrutura em concreto armado e vedação com blocos cerâmicos. Não foi executado nenhum projeto de impermeabilização, mas ele relata que foi utilizado membrana asfáltica na superfície dos baldrame.

4.2.1 Manifestações patológicas encontradas na edificação

A partir da vistoria realizada no local foi possível encontrar apenas uma manifestação patológica na residência, que conforme informação do proprietário surgiu três anos após a conclusão da obra. A mesma se encontra na parte inferior de uma parede da sala de estar, que faz divisa com o banheiro. No local há bolhas e desagregamento do reboco, conforme fotografia abaixo.

Figura 30 - Parede com manifestações patológicas no estudo de caso II.



Fonte: Registrada pela autora.

Na figura 30 é possível visualizar a alguns centímetros acima das bolhas um pedaço da parede menos rugoso que o restante. Isso se dá devido a um reparo que foi realizado em virtude das patologias já existentes. Para o respectivo conserto foi removido o reboco da parede 50 centímetros acima do chão, chapiscado e novamente rebocado. Na ocasião não foi utilizado nenhum sistema impermeabilizante, fato que acarretou para o aparecimento de novas patologias no local cerca de dois anos após os reparos.

4.2.2 Correções indicadas para o caso II

Conforme citado acima, na construção da edificação foi utilizado um sistema impermeabilizante, mas devido à falta de suporte técnico e falha na aplicação, as patologias afloraram-se no local após alguns anos.

Por se tratar de umidade provinda do solo, a sugestão para correção é a mesma descrita no item 3.1.1.2, sendo executada com argamassa polimérica e posteriormente argamassa com aditivo hidrófugo.

4.3 ESTUDO DE CASO III

O terceiro estudo de caso foi realizado em uma edificação residencial multifamiliar, conforme ilustrado na figura 31. A edificação está localizada no bairro Brusque, na cidade de Lages / SC. No terreno possuem três edificações ao total. O estudo em questão foi realizado no muro de arrimo na divisa do terreno.

Figura 31 - Edificação analisada no terceiro estudo de caso.



Fonte: Registrada pela autora.

Conforme informações colhidas com o proprietário, a edificação foi construída em meados de 1970. A fundação foi executada com sapatas, a estrutura em concreto armado e vedação em blocos cerâmicos. Segundo relato, na época em que a edificação foi construída não foi utilizado nenhum sistema impermeabilizante nas fundações.

4.3.1 Manifestações patológicas encontradas na edificação

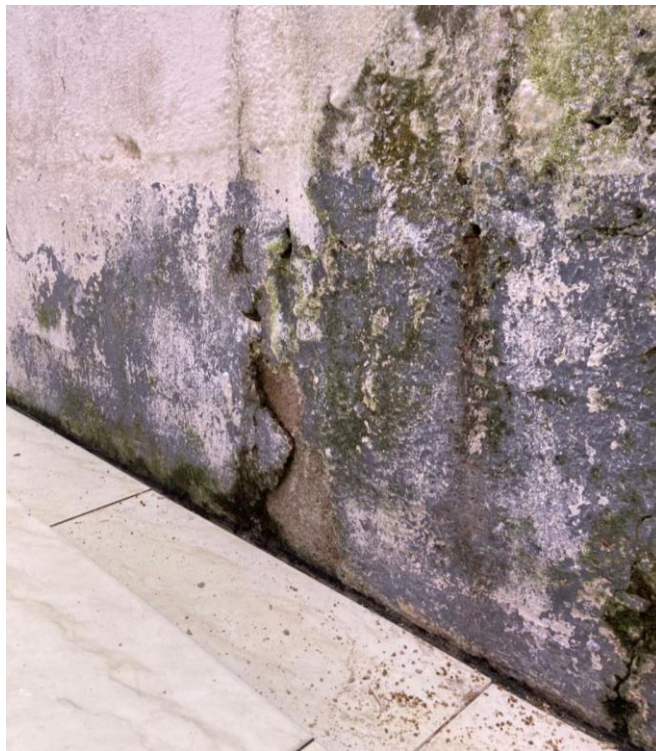
As principais manifestações encontradas foram no muro de arrimo do terreno, que segundo o proprietário manifestaram-se dois anos após a conclusão da construção. Conforme ilustrado na figura 32 e 33, no local há a presença de mofo e bolor, bem como o desagregamento do reboco.

Figura 32 - Muro de arrimo com patologias.



Fonte: Registrada pela autora.

Figura 33 - Mofo, bolor e desagregamento no muro de arrimo.



Fonte: Registrada pela autora.

Devido a grande diferença de nível entre os terrenos (figura 34), o muro de arrimo está em contato direto com o solo, agregando isto com a falta de um sistema impermeabilizante e um sistema drenante, as manifestações patológicas afloram-se.

Figura 34 - Diferença de nível entre os terrenos.

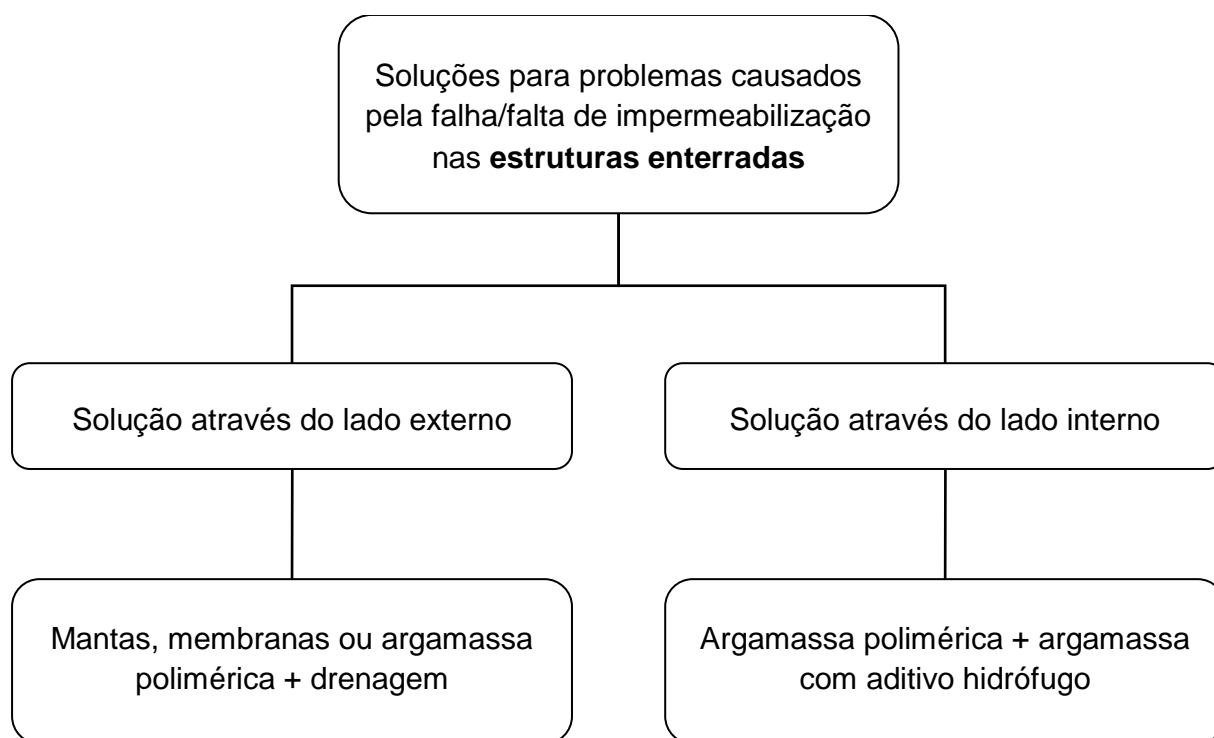


Fonte: Registrada pela autora.

4.3.2 Correções indicadas para o caso III

Para o caso analisado as correções podem ser realizadas de duas formas, pelo lado externo do muro, ou pelo lado interno. Na figura abaixo, Righi (2009) apresenta as possíveis soluções para o problema.

Figura 35 - Esquema de soluções para problemas de impermeabilização em estruturas enterradas.



Fonte: Righi (2009)

A técnica mais eficiente é a executada pelo lado externo, pois atua diretamente na superfície em contato com o solo, impossibilitando que a água atravesse os poros e danifique a estrutura. Porém em muitos casos, como o do estudo em questão, o acesso é impossível, tornando-se necessária a realização do sistema pelo lado interno.

Para a execução pelo lado externo, os melhores sistemas são as membranas acrílicas ou argamassa modificada com polímeros, devendo ser aplicadas no mínimo três demãos do produto. Podem-se usar as mantas asfálticas, com o cuidado de executar uma proteção mecânica para que o aterro ou o dreno que for executado em contato com a parede não prejudique o sistema.

Em conjunto com o sistema de impermeabilização adotado deve ser implantado um sistema de drenagem, que esteja entre a impermeabilização e o aterro.

Da mesma forma que nos estudos de caso anteriores, a origem das patologias se deu devido à umidade do solo, porém, no estudo em questão não foi realizada a impermeabilização, fato que acarretou no aparecimento de tais

patologias. Por este motivo, para eliminar a infiltração pelo lado interno é recomendada a mesma solução, com a utilização de argamassa polimérica e finalização com revestimento de argamassa com aditivo hidrófugo.

Vale reforçar que a solução recomendada é a realizada pelo lado externo, podendo que a correção pelo lado interno não obtenha resultados tão satisfatórios.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme estudado na bibliografia, quando um sistema impermeabilizante não é executado na edificação ou sua execução é negligenciada, a umidade pode agir de diversas maneiras, acarretando em patologias. Os estudos de caso realizados confirmaram essa afirmação, uma vez que ambos apresentaram as supostas manifestações.

A cerca da problemática apresentada, a qual questionava as tecnologias adequadas a serem empregadas para a correção das patologias decorrentes de sistemas impermeabilizantes ausentes ou com falhas nas edificações, desenvolveram-se dois métodos viáveis para os casos, conforme as características observadas nas vistorias. Estes trabalharão no combate e correção das anomalias encontradas.

Como contribuição para o estudo, foi possível analisar os diferentes tipos de umidade que atuam em uma edificação, os quais, quando não prevenidos corretamente, acarretam em manifestações patológicas. Estas por sua vez devem ser tratadas de maneira correta e eficiente, a fim de prolongar a vida útil da edificação e evitar problemas relacionados com a saúde dos moradores.

Ainda neste sentido, foram apresentadas as técnicas de impermeabilização mais utilizadas. Sendo possível analisar que atualmente existem diversos sistemas disponíveis no mercado, mas a negligência na execução e falta de suporte técnico responsável pela supervisão, acaba tornando ineficiente o desempenho da impermeabilização.

Concluindo, a impermeabilização é uma importante etapa de uma obra e não pode ser desprezada. Por esta razão, salienta-se a necessidade de os construtores disporem de um profissional técnico habilitado e qualificado para a elaboração de um projeto de impermeabilização, com o intuito de apresentar informações indispensáveis para a execução, com os conceitos normativos e recomendados pelos fabricantes dos produtos desta área, podendo assim acarretar na redução dos números de problemas que são detectados neste ramo da construção.

REFERÊNCIAS

ARANTES, Yara de Kássia. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil**. 2007. Monografia (Especialização em Construção civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 9575: Impermeabilização - Seleção e projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 9952: Manta asfáltica para impermeabilização**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

AUSTRALIAN INSTITUTE OF WATERPROOFING – AIW. 2016. **The History of Waterproofing**. Disponível em: <http://www.waterproof.org.au/the-history-of-waterproofing/>. Acesso em 27 de Setembro de 2020.

BARBOSA, Rafael Madeira Estevam. **Patologia da impermeabilização de edificações: Aspectos técnicos e metodológicos**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção** – Volume 2. 5. ed. Rio de Janeiro : LTC, 2008.

COMO IMPERMEABILIZAR sua residência e se livrar do mofo. *In*: QUATZOLIT Weber. 18 Agosto 2018. Disponível em: <https://www.quartzolit.weber/blog/reformas/como-impermeabilizar-sua-residencia-e-se-livrar-do-mofo#>. Acesso em 28 de Fevereiro de 2021.

COMO TRATAR infiltrações em lajes e paredes. *In*: LEAK Inspection. [S.], 08 Março 2019. Disponível em: <https://www.leak.com.br/2019/03/08/como-tratar-infiltracao-em-lajes-e-paredes/>. Acesso em 28 de Fevereiro de 2021.

CUNHA, A.G.; NEUMANN, W. **Manual impermeabilização e isolamento térmico**. Rio de Janeiro: Texsa Brasileira, 1979.

DICAS para evitar e corrigir eflorescências na pintura. *In*: Reforma fácil. [S.], 06 Outubro 2010. Disponível em: <http://reforma facil.com.br/produtos/pinturas-e>

texturas/dicas-para-evitar-e-corrigir-eflorescencia-na-pintura/. Acesso em 12 de Maio de 2021.

FABERTEC – Membrana acrílica elástica para impermeabilização. *In*: Faber Impermeabilizantes. [S.], Maio de 2013. Disponível em: <http://www.fabertecnologia.com.br/produtos/impermeabilizantes/fabertec/>. Acesso em 23 de Maio de 2021.

FERNANDES, Magaly Alves; ESTANISLAU, Nájla Bitencourt Gonzaga Louzada; MENDES, Tâmara Mariane Teixeira. **Técnicas de impermeabilização para assegurar a durabilidade das edificações**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, 2019.

FERREIRA, Dayanne Christinne Braga. **Diretrizes para elaboração de projeto de impermeabilização**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

FRANÇA, Alessandra A. V *et al.* Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Revista Techne**, ed 174, p. 19-28, set. 2011. Disponível em: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2011/07/Artigo-Techne-174-set-2011-Prof.pdf>. Acesso em 12 de Janeiro de 2021.

FREIRE, Mônica Athayde. **Métodos executivos de impermeabilização de um empreendimento comercial de grande porte**. 2007. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

Guia de Aplicação da Norma de Desempenho para Impermeabilização: Especificação, aplicação, e contratação com foco no atendimento à ABNT NBR 15575: 2013. 2018. Disponível em: <https://ibibrasil.org.br/wpcontent/uploads/2018/06/Guia-de-Aplica%C3%A7%C3%A3o-da-Norma-de-Desempenhopara-Impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o-IBI.pdf>. Acesso em 20 de Março de 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 13823: General principles on the desing of structures for durability. 1st ed. ISO, 2008.

LERSCH, Inês Martina. **Contribuição para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MANUAL Técnico. *In*: DENVER Impermeabilizantes. [S.], 2015. Disponível em: <http://www.denverimper.com.br/files/downloads/0000001-0000500/90/dfe9aa7e673a8ac5013ed094891188a4.pdf>. Acesso em 28 de Abril de 2021.

MORAES, Claudio Roberto Klein de. **Impermeabilização de lajes de cobertura: Levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

NAPPI, Sérgio Castello Branco. **Uma solução alternativa para prorrogação da vida útil dos rebocos com salinidade em edifícios históricos**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

NEVES, Antonio. Eflorescência: Saiba tudo sobre essa manifestação patológica. *In*: BLOK. 22 Outubro 2019. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/eflorescencia>. Acesso em 28 de Fevereiro de 2021.

OLIVEIRA, Michel Vinícius Takahashi de. **Avaliação das causas e consequências das patologias dos sistemas impermeabilizantes – Um estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Guaratinguetá, 2015.

PEREIRA, Caio. **Impermeabilização de lajes: Como fazer passo a passo**. *In*: ESCOLA Engenharia. 2017. Disponível em:

<https://www.escolaengenharia.com.br/impermeabilizacao-de-lajes/>. Acesso em 18 de abril de 2021.

PICCHI, F. A. **Impermeabilização de coberturas**. São Paulo: Editora Pini, 1986.

POSSAN, Edna; DEMOLINER, Carlos Alberto. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: Abordagem Geral. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, Paraná, ed. 01, p. 1-14, out. 2013. Disponível em: <http://creapr16.creapr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/14/10>. Acesso em 17 de Janeiro de 2021.

QUERUZ, Francisco. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga**, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

RIGHI, Geovane Venturini. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções – Análise de casos**, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

RODRIGUES, Renato Moura. **Erros, diagnósticos e soluções de impermeabilização na construção civil**. Revista Interscientia, João Pessoa, v.4, n. 2, p.19 – 33, 2016.

SCHÖNARDIE, Clayton Eduardo. **Análise e tratamento das manifestações patológicas por infiltração em edificações**, 2009. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009.

SOARES, Felipe Flores. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil**, 2014. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SOUZA, Julio Cesar Sabadini de. **Impermeabilização dos pisos do pavimento-tipo de edifícios: Diretrizes para o projeto e sistemas empregados**, 1997.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 1997.

TECNOSIL. **O que é e como ocorre a carbonatação do concreto?** Publicado em: 01 de maio de 2018. Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/?s=CARBONATA%C3%87%C3%83O>>. Acesso em 20 de dezembro de 2020.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios: Causas, Prevenção e Recuperação**. São Paulo: Pini, 1989.

VEDACIT®. **Manual técnico: Impermeabilização de estruturas**. 6. ed. São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcaocivil-ii-1/manual-sobre-impermeabilizacao>>. Acesso em 17 de janeiro de 2020.

VIEIRA, Bruno Valceli; BARREIROS, José Vitor. **Patologias em residências unifamiliares associadas à falta ou falha de impermeabilização: Estudo de casos**, 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019.