

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA

BRUNO MATTEVI

**SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO – IMPORTÂNCIA, SELEÇÃO E MÉTODOS
EXECUTIVOS**

PATO BRANCO

2021

BRUNO MATTEVI

**SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO – IMPORTÂNCIA, SELEÇÃO E MÉTODOS
EXECUTIVOS**

**WATERPROOFING SYSTEMS – IMPORTANCE, SELECTION AND EXECUTIVE
METHODS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Mario Arlindo Paz Irrigaray.

PATO BRANCO

2021



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BRUNO MATTEVI

**SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO – IMPORTÂNCIA, SELEÇÃO E MÉTODOS
EXECUTIVOS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Mario Arlindo Paz Irrigaray.

Data de aprovação: 25/novembro/2021

Mário Arlindo Paz Irrigaray
Doutorado em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

Normelio Vitor Fracaro
Mestrado em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

José Miguel Etchalus
Mestrado em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

PATO BRANCO

2021

RESUMO

Por mais que a impermeabilização seja um processo dentro de uma obra que tenha um papel central para garantir a durabilidade de uma edificação, os seus projetos e execuções não tem a devida importância que merecem, sendo muitas vezes realizados de forma incorreta e em uma etapa tardia dentro do prazo da obra, gerando falhas e, conseqüentemente, patologias. Este trabalho teve como intuito servir como base de informação para os profissionais da área da construção civil, de forma a conscientiza-los quanto a relevância de possuir o conhecimento acerca do processo de impermeabilização como um todo. Foram levantados os principais sistemas de impermeabilização disponíveis no mercado e as suas classificações, métodos de aplicação, componentes e detalhes construtivos, além disso, foram levantadas as patologias que podem surgir com a falta ou falha desses sistemas de impermeabilização. Também foi especificado e detalhado algumas das normas pertinentes a serem conhecidas pelos responsáveis dos projetos de impermeabilização.

Palavras Chave: Impermeabilização; Patologias; Umidade.

ABSTRACT

Although waterproofing is a process within a construction project that plays a central role in ensuring the durability of a building, its projects and execution are not given the importance they deserve, and are often performed incorrectly and at a late stage within the construction period, generating failures and, consequently, pathologies. This work aimed to serve as a basis of information for professionals in the construction industry, in order to make them aware of the importance of having knowledge about the waterproofing process as a whole. The main waterproofing systems available on the market and their classifications, application methods, components and construction details were surveyed. In addition, the pathologies that can arise from the lack or failure of these waterproofing systems were surveyed. It was also specified and detailed some of the pertinent norms to be known by those responsible for waterproofing projects.

Key Words: Waterproofing; Pathologies; Moisture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Evolução de custos (lei de Sitter) | 13 |
| Figura 2 - Mecanismos de atuação das águas na edificação | 16 |
| Figura 3 - Forro de uma residência com manchas de umidade por infiltração. | 17 |
| Figura 4 - Efeito de contribuição do vento com a chuva | 18 |
| Figura 5 - Umidade de ascensional e suas consequências..... | 18 |
| Figura 6 - Altura de ascensão da água em condições normais (à esquerda) e em condições com a utilização de revestimento (à direita) | 19 |
| Figura 7 - Vapor de água sofrendo condensação no teto de uma residência ... | 20 |
| Figura 8 - Umidade no interior do concreto | 20 |
| Figura 9 - Umidade acidental em elementos embutidos..... | 21 |
| Figura 10 - Causas de patologias | 22 |
| Figura 11 - Participação das falhas nas manifestações patológicas..... | 22 |
| Figura 12 - Trinca horizontal na base da alvenaria | 24 |
| Figura 13 - Fissura causada por movimentação higroscópica na base da alvenaria..... | 24 |
| Figura 14 - Eflorescência em piso | 25 |
| Figura 15 - Corrosão das armaduras dos pilares. | 26 |
| Figura 16 - Descascamento de tinta em parede externa..... | 26 |
| Figura 17 - Ação de mofo e bolor em parede de alvenaria | 27 |
| Figura 18 - Criptoflorescência em parede..... | 28 |
| Figura 19 – Desempenho da vida útil ao longo do tempo | 37 |
| Figura 20 - Teste de estanqueidade..... | 38 |
| Figura 21 - Classificação dos locais a serem impermeabilizados | 39 |
| Figura 22 - Aplicação de argamassa polimérica na forma de pintura | 40 |
| Figura 23 - Aplicação de argamassa polimérica na forma de revestimento | 41 |
| Figura 24 - Argamassa com aditivo hidrófugo no assentamento da alvenaria | 42 |
| Figura 25 - Aplicação da argamassa com aditivo hidrófugo | 44 |
| Figura 26 - Processo de aplicação por injeção de argamassa cristalizante | 45 |
| Figura 27 - Cimento impermeabilizante de pega ultra-rápida..... | 47 |
| Figura 28 - Manta asfáltica..... | 48 |
| Figura 29 - Imprimação do substrato | 51 |
| Figura 30 - Aplicação de manta asfáltica com maçarico de gás GLP | 52 |

| | |
|--|-----------|
| Figura 31 - Fixação automática com parafusos e arruelas especiais..... | 54 |
| Figura 32 - Aplicação de membrana asfáltica..... | 56 |
| Figura 33 - Execução de membrana acrílica | 58 |
| Figura 34 - Tipos de solicitações de água nos sistemas impermeabilizantes... | 59 |
| Figura 35 - Regularização do substrato | 61 |
| Figura 36 - Regularização de cantos arredondados | 62 |
| Figura 37 - Exemplo de caimentos em laje com 1 coletor | 63 |
| Figura 38 - Proteção mecânica em placas 60 x 60 cm | 64 |
| Figura 39 - Disposição do isolamento em relação à impermeabilização | 65 |
| Figura 40 - Detalhamento de impermeabilização em ralos..... | 67 |
| Figura 41 - Execução da impermeabilização com manta asfáltica em ralos..... | 68 |
| Figura 42 - Esquema de impermeabilização junto ao rodapé | 69 |
| Figura 43 - Representação gráfica de chumbamento | 69 |
| Figura 44 - Esquema de impermeabilização em soleira | 70 |
| Figura 45 - Fluxo em chapim com pingadeira..... | 71 |
| Figura 46 - Impermeabilização em juntas de dilatação | 72 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----------|
| Tabela 1 - Origem das unidades nas edificações | 16 |
| Tabela 2 - Classificação de mantas asfálticas | 49 |
| Tabela 3 - Problemas e soluções das unidades em cada área da edificação ... | 60 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 1.1 | OBJETIVOS..... | 11 |
| 1.1.1 | Objetivo geral..... | 11 |
| 1.1.2 | Objetivos específicos | 11 |
| 1.2 | JUSTIFICATIVA..... | 12 |
| 2 | METODOLOGIA..... | 14 |
| 3 | PATOLOGIAS OCASIONADAS PELA UMIDADE | 15 |
| 3.1 | UMIDADE | 15 |
| 3.1.1 | Umidade de infiltração | 17 |
| 3.1.2 | Umidade ascensional..... | 18 |
| 3.1.3 | Umidade por condensação | 19 |
| 3.1.4 | Umidade de obra | 20 |
| 3.1.5 | Umidade acidental | 21 |
| 3.2 | MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DECORRENTES DA UMIDADE NA CONSTRUÇÃO..... | 21 |
| 3.2.1 | Fissuras | 23 |
| 3.2.2 | Eflorescência | 24 |
| 3.2.3 | Corrosão | 25 |
| 3.2.4 | Descascamento e desagregamento | 26 |
| 3.2.5 | Mofo e bolor | 27 |
| 3.2.6 | Criptoflorescência | 28 |
| 4 | IMPERMEABILIZAÇÃO | 29 |
| 4.1 | IMPORTÂNCIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO | 29 |
| 4.2 | PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO | 29 |
| 4.3 | SELEÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO | 32 |
| 4.4 | QUALIDADE DA IMPERMEABILIZAÇÃO..... | 33 |
| 4.5 | DESEMPENHO DA IMPERMEABILIZAÇÃO..... | 35 |
| 4.5.1 | Vida útil | 36 |
| 4.5.2 | Teste de estanqueidade | 38 |
| 4.6 | TIPOS DE IMPERMEABILIZANTES..... | 38 |
| 4.6.1 | Impermeabilização Rígida..... | 39 |
| 4.6.1.1 | Argamassa polimérica..... | 39 |
| 4.6.1.2 | Argamassa com aditivo hidrófugo..... | 42 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.6.1.3 | Cristalizantes | 44 |
| 4.6.1.4 | Impermeabilizante de pega ultra-rápida..... | 46 |
| 4.6.2 | Impermeabilização flexível..... | 47 |
| 4.6.2.1 | Mantas | 48 |
| 4.6.2.1.1 | Manta asfáltica..... | 48 |
| 4.6.2.1.2 | Manta de PVC | 53 |
| 4.6.2.2 | Membranas | 54 |
| 4.6.2.2.1 | Membranas asfálticas..... | 55 |
| 4.6.2.2.2 | Membrana de polímero modificada com cimento | 56 |
| 4.6.2.2.3 | Membrana acrílica | 57 |
| 4.6.2.3 | Demais classificações..... | 58 |
| 4.7 | COMPONENTES DOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO | 61 |
| 4.7.1 | Camada de regularização e caimentos..... | 61 |
| 4.7.2 | Proteção mecânica | 63 |
| 4.7.3 | Isolamento térmico..... | 65 |
| 4.7.4 | Detalhes construtivos..... | 65 |
| 4.7.4.1 | Ralo | 66 |
| 4.7.4.2 | Rodapé | 68 |
| 4.7.4.3 | Chumbamentos..... | 69 |
| 4.7.4.4 | Soleira..... | 70 |
| 4.7.4.5 | Pingadeira..... | 70 |
| 4.7.4.6 | Juntas de dilatação | 71 |
| 5 | CONCLUSÃO | 73 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 74 |

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Souza (2008), a engenharia veio a utilizar o termo “patologia” para estudar as manifestações patológicas nas construções, suas origens, seus mecanismos de ocorrência das falhas e seus defeitos que alteram o equilíbrio pré-existente ou idealizado.

Ainda definindo o termo patologia, Zuchetti (2015) esclarece que a partir do estudo das fontes dos vícios, é possível de se evitar que a ocorrência de problemas patológicos se torne algo comum nas edificações modernas.

Entre as patologias que podem surgir nas edificações, existem as ocasionadas pela umidade, serão essas as analisadas nesse trabalho. Para evitar que alguns tipos de manifestações patológicas surjam, a utilização de sistemas de impermeabilização torna-se, praticamente, indispensável.

Segundo Santos (2016), a impermeabilização é um processo que tem como finalidade envelopar a edificação contra os ataques de partículas líquidas e vaporosas. Foganholo (2019) complementa expressando que é através da impermeabilização que a edificação fica protegida contra ações das intempéries, assim resultando em uma durabilidade maior para a edificação e um melhor conforto aos moradores.

Mesmo com a grande importância que a impermeabilização tem dentro do processo construtivo, ela ainda não é conduzida com a devida seriedade por um número significativo de profissionais da área da construção civil, Righi (2009) menciona inclusive que na maioria dos casos os responsáveis pelas obras só dedicam atenção a impermeabilização nas fases finais, quando pode ser muito tarde, gerando improvisações que resultam em falhas.

Além de permitir a habitabilidade e a funcionalidade da edificação, a impermeabilização, protege a obra de inúmeras patologias que se manifestam em decorrência do ingresso da água. Dito isto, verifica-se que frequentemente, tanto o projeto de impermeabilização quanto a sua execução, não são analisadas com a devida importância (BRUSCHI, 2018).

Junto ao projeto, a execução da impermeabilização também se faz importante, exigindo mão de obra especializada, já que uma falha no sistema de impermeabilização acarreta em falha em outros sistemas, principalmente os sistemas de vedação vertical e horizontal e ocasionalmente o sistema estrutural, portanto o

planejamento e detalhamento do projeto pode evitar o surgimento de muitas manifestações patológicas durante a vida útil da obra.

Butzke (2020) sinaliza que ainda existem muitas diferenças entre as práticas aconselhadas, seguindo as instruções normativas de impermeabilização, e o que é, de fato, observado nos canteiros de obra. Em muitos casos, não é dada a devida importância a estudos prévios com detalhamentos e projeto, além da falta de qualificação, e de conhecimento por parte das equipes.

Não obstante, essa situação parece ter melhorado após o surgimento da NBR 15575 – Norma de Desempenho Para Edificações Habitacionais (ABNT, 2013), que estabeleceu os requisitos mínimos de desempenho dos sistemas, dentre eles o sistema de vedação interna e externa, sistema de cobertura, sistema de pisos e sistemas estruturais, trazendo parâmetros a serem seguidos que anteriormente não eram apresentados. Além de trazer para a discussão parâmetros para definição da vida útil da edificação.

Para se chegar a esses padrões estabelecidos pela NBR 15575, as normas NBR 9574 - Execução de impermeabilização e a NBR 9575 - Impermeabilização – Seleção e projeto também se tornam indispensáveis, e serão utilizadas para estabelecer diretrizes de modo a evitar patologias ocasionadas pela umidade, e assim, combinando com outros fatores, poder chegar à vida útil de projeto da edificação.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

A pesquisa tem o objetivo de resgatar a importância do projeto e execução dos sistemas de impermeabilização na construção civil, bem como transmitir conhecimento acerca das técnicas de projeto e execução da impermeabilização.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evidenciar a importância da elaboração do projeto de impermeabilização;
- Analisar as manifestações patológicas ocasionadas pelas umidades que agem na construção;

- Realizar um levantamento bibliográfico dos principais tipos de sistemas de impermeabilização disponíveis no mercado;
- Classificar e definir os principais sistemas de impermeabilização, seus componentes e procedimentos operacionais.

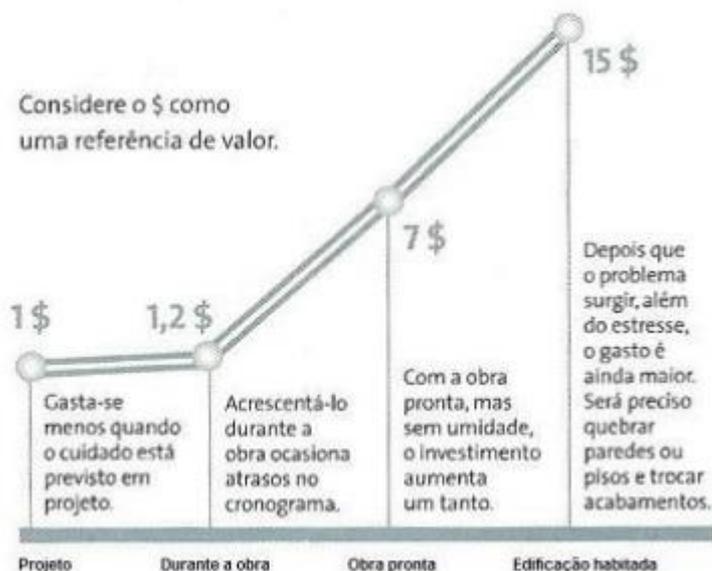
1.2 Justificativa

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI, 2017), a umidade responde por 85% dos problemas encontrados nas construções brasileiras e o processo de impermeabilização representa 32% dos problemas construtivos. Ou seja, procurar soluções que sejam principalmente de caráter preventivo tem um grande peso, considerando que, assim como aponta Souza (2008), a água é um dos mais ponderáveis fatores de desgaste e depreciação das construções, devido ao seu extraordinário poder de penetração.

Mesmo com esses dados, a impermeabilização ainda não é considerada uma etapa central para os projetistas e a população em geral, isso porque o fato de a impermeabilização não ser tida como algo de extrema relevância para os ocupantes do empreendimento é que ela não é visível, pois fica oculta por outros sistemas de revestimento, por outro lado os detalhes construtivos e os revestimentos são de fácil percepção visual, porém, o IBI (2017) também cita que o custo aproximado dos serviços de impermeabilização, no início da construção da edificação, é em torno de 1% a 3% do custo total da obra, enquanto que a solução dos problemas gerados após a constatação das patologias, ocasionados pelas infiltrações, geram um acréscimo aproximado de 20% no valor dos serviços para a reimpermeabilização, além disso, o custo aumenta em 7 vezes, se a obra já está pronta e resolve-se realizar a impermeabilização.

Além disso, quanto maior a demora em tomar providências quanto às umidades que se apresentam em uma edificação, maiores serão os custos e problemas gerados, segundo Venturi (2009) quanto maior o atraso para o planejamento e execução do processo de impermeabilização mais oneroso o mesmo se tornará, podendo chegar a custar até 15 vezes mais, quando é executado para remediar, como ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Evolução de custos (lei de Sitter)



Fonte: Silva, 2021.

Portanto é notável a necessidade de desenvolvimento de estudos voltados ao aprofundamento das técnicas e processos de impermeabilização, desde o projeto a execução, para assim, melhorar a habitabilidade (ausência de mofo e fungos, melhoria no desempenho térmico) e melhoria na sustentabilidade, com aumento da vida útil e a redução de insumos.

Vieira (2019) destaca ainda que além dos problemas financeiros, as patologias também afetam a saúde biológica dos usuários, pois acarretam no surgimento de mofo e fungos, ou seja, a qualidade de vida dos ocupantes da edificação também é impactada.

Para Bruschi (2018), a ausência de projetos específicos é um dos principais problemas envolvendo a impermeabilização, já que esse serviço necessita de mão de obra especializada, tanto na parte de projeto como de execução, logo, elaborar trabalhos que tem por objetivo instruir os profissionais quanto aos processos de impermeabilização se faz justificável.

2 METODOLOGIA

Segundo Gil (1994), uma pesquisa pode ser classificada de 3 formas segundo os seus objetivos: exploratória, descritiva ou explicativa. Como o objetivo deste trabalho de conclusão de curso é de sensibilizar e conscientizar os profissionais da construção civil quanto a importância do conhecimento em relação ao projeto de impermeabilização, bem com as patologias que são ocasionadas pela negligência quanto aos projetos e execução da impermeabilização, portanto este trabalho se classifica como pesquisa exploratória, que tem o caráter de proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito.

Já na classificação do tipo de pesquisa com base nos procedimentos técnicos utilizados para seu desenvolvimento, está se enquadra como pesquisa bibliográfica, já que é desenvolvida a partir dos materiais disponíveis em dissertações, teses, seminários, revistas e normas técnicas brasileiras

Assim, as etapas que serão seguidas são:

a) Levantamento dos diferentes tipos de umidades que podem surgir dentro de uma edificação, e que assim tendem a causar patologias que diminuem a vida útil de algum dos sistemas ou subsistemas desta edificação; dos diferentes tipos de patologias que podem surgir com a umidade como causa.

b) Descrever as diretrizes e padrões de qualidade do projeto, seleção e execução dos sistemas de impermeabilização segundos as normas, NBR 9574 - Execução de impermeabilização, NBR 9575 - Impermeabilização – Seleção e projeto, . Que tem importância central no debate levantado pelo trabalho.

c) Pesquisar e classificar os sistemas de impermeabilização mais comuns no mercado e especificar os materiais, descrever as técnicas ou processos de aplicação, caracterizar os componentes e especificar os detalhes construtivos e caracterizar seus componentes, da mesma forma, especificar os detalhes construtivos dos sistemas de impermeabilização.

3 PATOLOGIAS OCASIONADAS PELA UMIDADE

De acordo com Queruz (2007) “a água é um dos maiores causadores de patologias, de forma direta ou indireta, podendo ser vista como um agente de degradação ou como meio para a instalação de outros agentes”. Além disso, os problemas que surgem devido a umidade são considerados de grande dificuldade de serem corrigidos.

A norma de desempenho NBR 15575 (2013) define o termo manifestação patologia como uma irregularidade que se manifesta no produto em função de falhas no projeto, na fabricação, na instalação, na execução, na montagem, no uso ou na manutenção, bem como problemas que não decorram do envelhecimento natural

Segundo Hussein (2013), quando o assunto é manifestação patológicas ocasionadas pela falta ou má execução do processo de impermeabilização, o primeiro passo a ser feito é identificar qual é a origem da umidade que causa essa manifestação.

Desse modo, serão apresentadas as formas em que a umidade pode se apresentar dentro de uma edificação, para mais a frente ter-se elementos suficientes para selecionar o melhor sistema de impermeabilização disponível.

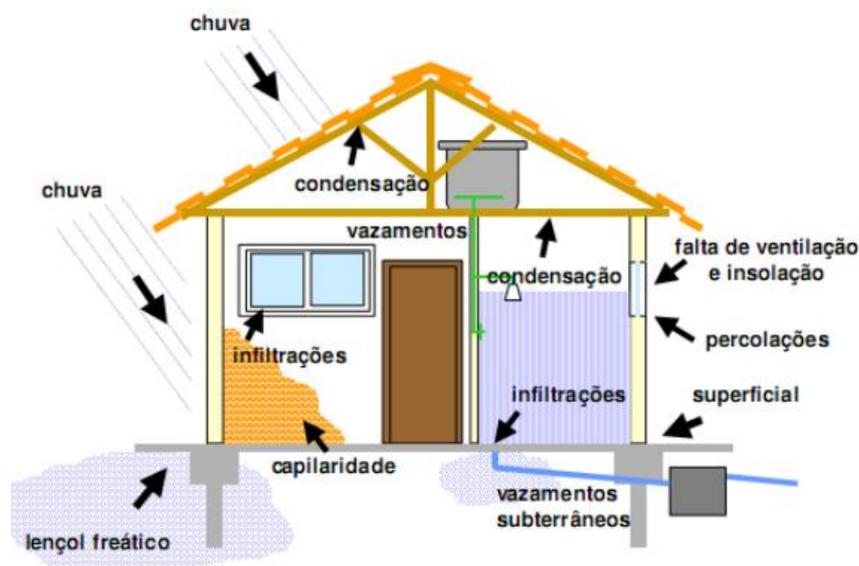
3.1 Umidade

Para Verçozza (1991), a umidade não apenas se caracteriza como causa de patologias, mas também como meio para que ela ocorra, devido ao fato de que o processo necessário para o aparecimento de certas patologias só ocorre com a presença de umidade, como eflorescências, ferrugens e mofos.

Pode-se dividir as causas da presença de água nas edificações em cinco tipos, segundo Lersch (2003).

- Umidade de infiltração;
- Umidade ascensional;
- Umidade por condensação;
- Umidade de obra;
- Umidade acidental.

Figura 2 - Mecanismos de atuação das águas na edificação



Fonte: Soares, 2014

Tabela 1 - Origem das umidades nas edificações

| Umidade | Origem | Presenta na |
|-----------------|---|---|
| De infiltração | É aquela que penetra em pequenas trincas, geralmente ocasionada pela chuva | Cobertura (telhados); Paredes; Lajes de terraços. |
| Ascensional | Originada do solo, geralmente pela presença de lençóis freáticos superficiais | Terra, através do lençol freático. |
| Por condensação | É de origem da umidade do ar, quando em baixas temperaturas não é absorvida | Paredes, forros e pisos; Peças com pouca ventilação; Banheiros, cozinha e garagens. |
| De obra | É a umidade excessiva empregada em elementos da obra, como argamassas | Confecção do concreto; Confecção de argamassas; Execução de pinturas. |
| Acidental | É a umidade ocasionada por falhas em tubulações | Paredes; Telhados; Pisos; Terraços. |

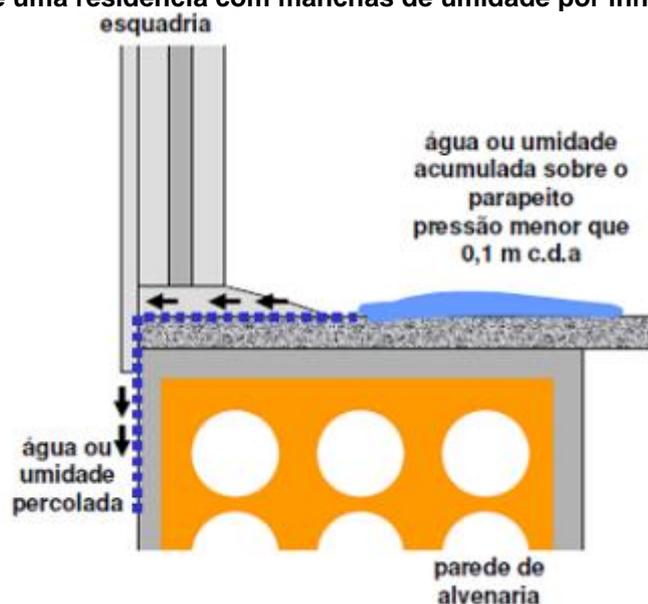
Fonte: Adaptado de Foganholo Jr (2019), e Bruschi (2018)

Dentre essas umidades apresentadas, segundo Vieira (2019), a que mais se identifica é a umidade de infiltração, em 60% dos casos. A seguir surge a umidade ascensional com 15% dos casos, em seguida a umidade de condensação, com 10%, as umidades restantes (de obra e acidental), somam os 15% restantes.

3.1.1 Umidade de infiltração

Conforme 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. Essa umidade em geral, é ocasionada pela água da chuva.

Figura 3 - Forro de uma residência com manchas de umidade por infiltração.

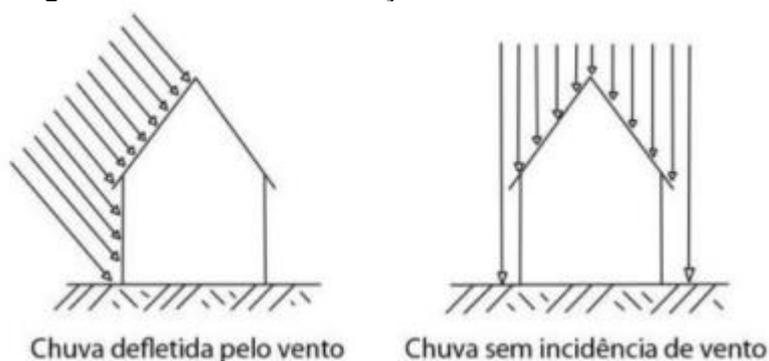


Fonte: Siqueira, 2018

Junior e Marco (2019) também citam a possibilidade de este tipo de umidade aparecer devido ao isolamento ineficaz de casas adjacentes e também em construções enterradas, como os subsolos, por estarem abaixo do nível do lençol freático.

Barbosa (2018) ainda menciona a ocorrência dessa umidade de forma mais grave devido a combinação de uma chuva com ventos fortes, fazendo a chuva ocorrer de forma mais horizontal e potencializando a infiltração, conforme mostra a figura abaixo.

Figura 4 - Efeito de contribuição do vento com a chuva

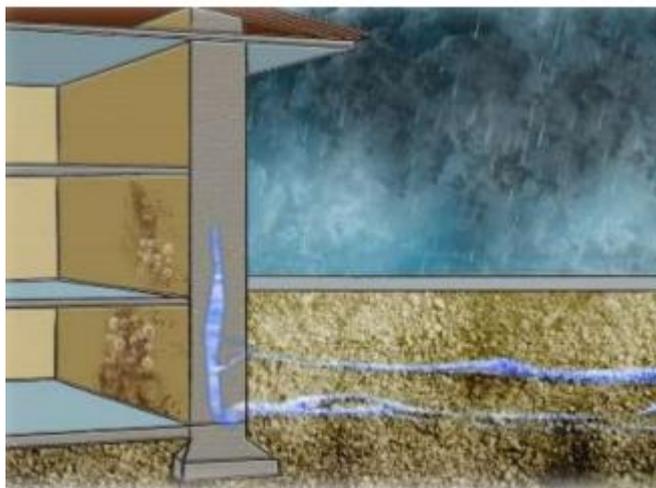


Fonte: Vieira, 2019

3.1.2 Umidade ascensional

Segundo Souza (2008), a umidade ascensional tem origem da água vinda do solo, tanto pela água que se faz presente permanentemente de lençóis freáticos, quanto por águas sazonais, como temporadas chuvosas. Essa umidade se apresenta principalmente em paredes e pisos.

Figura 5 - Umidade de ascensional e suas consequências

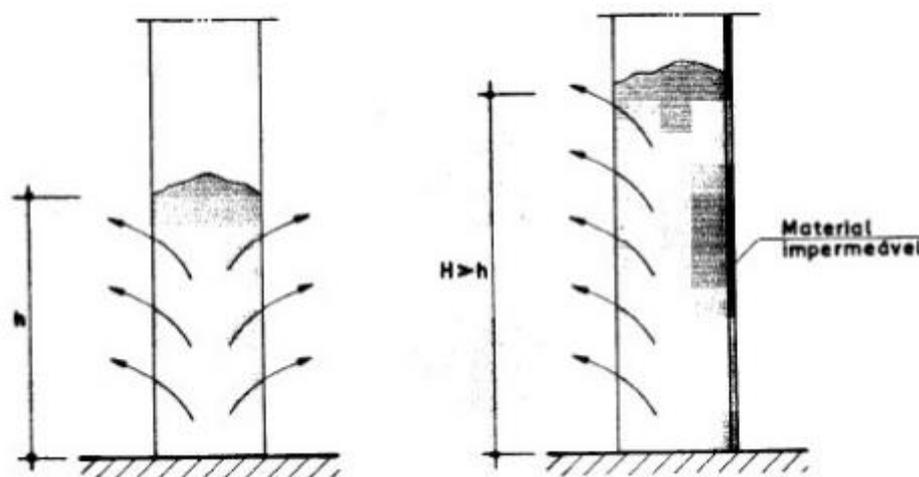


Fonte: Vieira, 2019

Queruz (2007) explica que essa água ascende pelas paredes pelo fenômeno de capilaridade, as paredes possuem pequenos vasos capilares que são preenchidos pela água, essa água sobe até o momento em que entra em equilíbrio com a força gravitacional. Verçoza (1991) complementa que as paredes executadas em alvenaria de blocos cerâmicos a capilaridade pode alcançar alturas de 80 à 150 centímetros,

essa altura varia caso a parede apresente revestimento que iniba ou não a evaporação do fluido, a figura abaixo exemplifica este fenômeno.

Figura 6 - Altura de ascensão da água em condições normais (à esquerda) e em condições com a utilização de revestimento (à direita)



Fonte: Vieira, 2019

Essa umidade pode produzir manchas nas regiões rente ao solo, além de bolor e eflorescências. Para a eventual correção desse problema, Ripper (1986) aponta que somente o ato de substituição do revestimento não soluciona o problema a longo prazo, pois a umidade ainda estará presente.

3.1.3 Umidade por condensação

A NBR 9575:2010 define a umidade de condensação como “água proveniente da condensação de água presente no ambiente sobre a superfície de um elemento construtivo, sob determinadas condições de temperatura e pressão”.

Barbosa (2018) acrescenta que essa água surge com a mudança do estado físico da água, que em estado de vapor, muda para a forma líquida após o contato deste vapor com uma superfície mais fria, essa mudança de estado físico é chamada de liquefação. Siqueira (2018) aponta que a ausência de circulação de ar também ajuda a ocorrência desse fenômeno. E Brito e Guerreiro (2003) relatam que essa umidade é gerada em maior frequência nos banheiros, como consequência do banho, e nas cozinhas, provocadas pela ação da produção do alimento e a limpeza dos materiais.

Figura 7 - Vapor de água sofrendo condensação no teto de uma residência

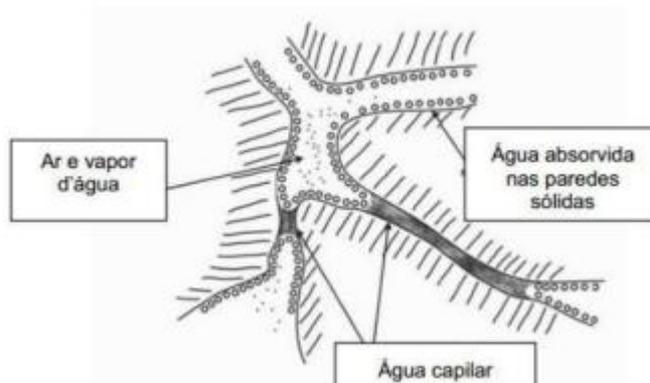


Fonte: Vieira, 2019

3.1.4 Umidade de obra

Quanto a umidade de obra, Queruz (2007) explica que essa é a água que sobra nos materiais devido aos processos construtivos, ela apresenta-se em decorrência do equilíbrio que se estabelece entre o material e o ambiente. Além disso o mesmo autor aponta que um exemplo desse evento é a umidade das argamassas de reboco, que se transferem para a parte interna das alvenarias.

Figura 8 - Umidade no interior do concreto



Vieira, 2019

No que se refere ao tempo de ação dessa umidade em uma edificação, descreve Nappi (2002, p. 41), “de forma geral, as anomalias devidas a este tipo de

umidade cessam num período mais ou menos curto de tempo, que depende das características e do tipo de utilização do edifício e da região climática em que o mesmo está inserido.”

3.1.5 Umidade acidental

Righi (2009) define a umidade acidental como “a umidade causada por falhas nos sistemas de tubulações, como águas pluviais, esgoto e água potável, e que geram infiltrações”. Ademais, quando se trata de edifícios mais antigos, o efeito deletério pode ser maior devido a vida útil dos materiais já poderem ser excedidos.

Souza (2008) complementa que se torna difícil de fazer a localização desse tipo de umidade por se tratar de tubulações embutidas em paredes ou enterradas, portanto, o surgimento da umidade na superfície pode ocorrer em locais diferentes de onde se encontra a origem da água, as câmeras de infravermelho são excelentes ferramentas, quando se trata da localização de infiltrações, pois essas indicam a diferença de temperatura entre o ambiente úmido e o ambiente seco.

Figura 9 - Umidade acidental em elementos embutidos



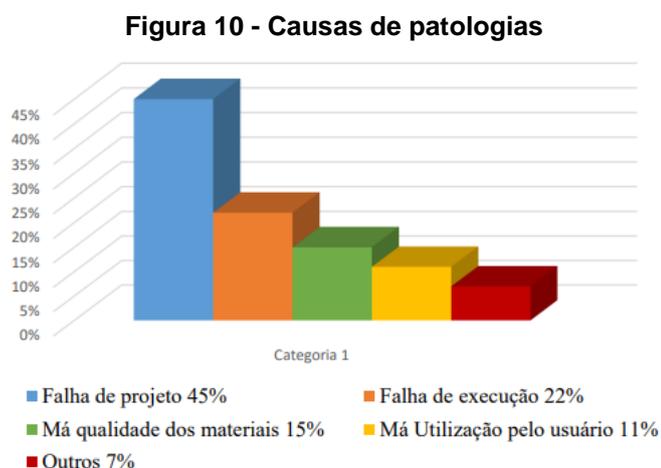
Fonte: Foganholo Jr e Marco, 2019

3.2 Manifestações Patológicas decorrentes da umidade na construção

De acordo com Oliveira (2013), as patologias costumam apresentar manifestações externas características, e a partir dessas manifestações se torna possível deduzir qual a causa de seu surgimento. Para as patologias apresentadas a seguir, as causas são as umidades, que se apresentam em uma edificação.

O mesmo autor cita que as patologias não tem sua origem concentrada em fatores isolados, mas sofrem influência de um conjunto de variáveis, que podem ser classificadas de acordo com o processo patológico, com os sintomas, com a causa que gerou o problema ou ainda a etapa do processo produtivo em que ocorrem.

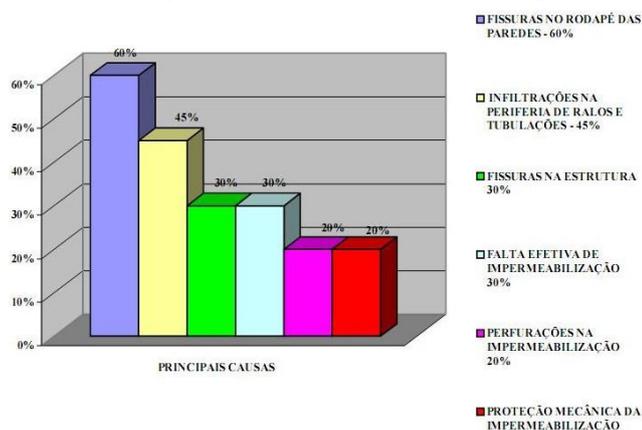
De modo geral a causa mais comum das patologias são referentes a falhas de projetos, conforme mostra Oliveira (2015), falhas de execução, má qualidade dos materiais, má utilização pelo usuário vem em seguida.



Fonte: Oliveira, 2015

Dentro do projeto de impermeabilização, por mais que a falta de um sistema de impermeabilização não se torne o único motivo do surgimento de patologias, a falta desse sistema eleva o aparecimento desses problemas, Righi (2009) mostra as principais causas dessas umidades em uma edificação.

Figura 11 - Participação das falhas nas manifestações patológicas



Fonte: Righi, 2009

É de extrema valia conhecer as principais causas das manifestações patológicas, sua origem e seus efeitos, para que dessa forma se dê a devida importância na formação tanto técnica quanto científica e, conseqüentemente, aplique-se esses conhecimentos durante as etapas de projeto e execução, bem como se forneça adequado manual de uso, operação e manutenção dos sistemas e subsistema

Para que se tenha um conhecimento técnico quanto ao projeto de impermeabilização, e se compreenda quais são as patologias que podem surgir com a falta ou falha de impermeabilização se torna evidentemente valioso, assim como saber os processos, causas e conseqüências desses problemas também.

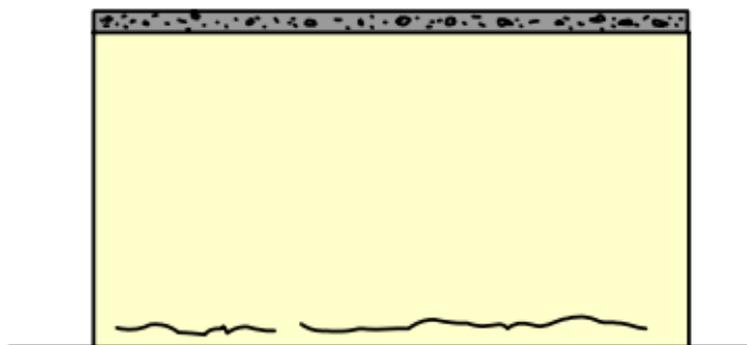
A seguir serão descritas as mais comuns patologias ocasionadas pela presença de umidade em estruturas que necessitam ter a propriedade de estarem estanques.

3.2.1 Fissuras

Thomas (1996) explica que as fissuras causadas pela umidade acontecem devido a expansão das dimensões do material que absorve essa umidade, quando esse material tem uma restrição de movimentação, surge a fissura, chamadas de fissuras higroscópicas, Thomaz (1996) também aponta que esse fenômeno é semelhante as fissuras causadas por variações de temperatura.

Barbosa (2018) também menciona que a maior ocorrência desse tipo de fissura acontece nas bases das paredes em alvenaria, por motivo de a umidade se concentrar mais nas camadas inferiores do assentamento das paredes, causando uma maior expansão e contração.

Figura 12 - Trinca horizontal na base da alvenaria



Fonte: Souza, 2008

Figura 13 - Fissura causada por movimentação higroscópica na base da alvenaria



Fonte: Zanzarini, 2016

3.2.2 Eflorescência

O fenômeno de eflorescência é definido por Uemoto (1985) como a formação de depósito salino na superfície de alvenarias, como resultado da exposição de intempéries. Souza (2008) complementa expondo os três fatores que são indispensáveis para a ocorrência dessa patologia, que são: a presença de água, a pressão hidrostática e o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes. Caso algum desses elementos não esteja presente, a patologia não ocorrerá

Souza (2008) também atenta para o fato de esta manifestação pode se apresentar em qualquer elemento da edificação, e que pode ter consequências apenas estéticas ou até mesmo agressivas para a estrutura, causando degradação profunda.

Vedacit (2010) demonstra que as eflorescências aparecem quando a água atravessa uma estrutura que contém sais solúveis como os nitratos alcalinos,

carbonato de cálcio, sulfatos, 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 das paredes, esses sais são carregados pelas paredes e fazem aparecer manchas, bolhas, descolamento ou descoramento da pintura. (VEDACIT®, 2010, p. 12).

Figura 14 - Eflorescência em piso



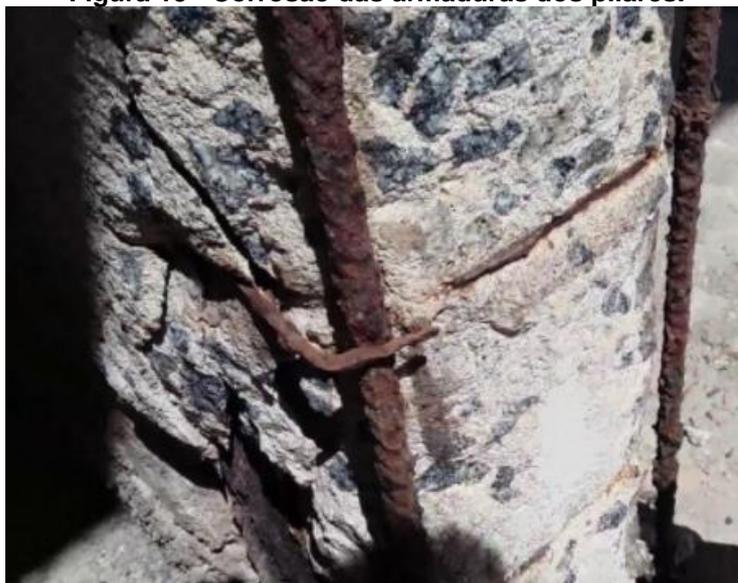
Fonte: Souza, 2008

3.2.3 Corrosão

A corrosão de armaduras de estruturas é uma patologia extremamente perigosa e comum dentro da construção civil, Barbosa (2018) assegura que a umidade vital para esse tipo de problema, pois com a oxidação do ferro e do aço, a armadura perde parte de sua seção e conseqüentemente a sua resistência, se tornando indispensável a utilização de uma estrutura impermeável.

Ainda nessa linha, Siqueira (2018) assinala que esse tipo de patologia pode ser considerado a pior que atinge a estrutura, podendo ser potencializada por fatores, como por exemplo a alta porosidade do concreto, cobrimento do concreto abaixo do recomendado.

Figura 15 - Corrosão das armaduras dos pilares.



Fonte: Tecnosil, 2019

Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/corrosao-de-armadura-o-que-causa-e-como-amenizar-esse-dano>>

3.2.4 Descascamento e desagregamento

De acordo com Hussein (2013), esse tipo de patologia tem como causa a má aplicação da tinta, o descumprimento do período de cura do reboco, o excesso de umidade no substrato, entre outros diversos fatores.

Figura 16 - Descascamento de tinta em parede externa



Fonte: Hussein, 2013

3.2.5 Mofo e bolor

Para Barbosa (2018), o mofo e o bolor são fungos vegetais, que quando presentes nas estruturas, se manifestam com o escurecimento da superfície onde está agindo, gerando danos a estrutura. Souza (2008) acrescenta que a recuperação, ou até mesmo substituição de revestimentos se faz necessária no surgimento dessa patologia, tornando-a extremamente onerosa.

Devido ao fato de ser de origem vegetal, a umidade é essencial para a sua sobrevivência, além disso, Souza (2008) ainda complementa que quanto maior a quantidade de água presente neste meio, maior será o crescimento do bolor.

Em situações mais extremas, pode-se ter o caso de aparecimento de emboloramento, uma alteração macroscópica na superfície dos materiais, ocasionada pelo crescimento de microorganismos do grupo dos fungos, os quais dependem de umidade para se proliferar.

Além da impermeabilização para evitar o surgimento de umidades, é também na parte do projeto que algumas medidas podem ser tomadas para conter o crescimento desse problema, como por exemplo garantir uma melhor ventilação nos ambientes, além de boa iluminação e insolação (SOARES, 2008).

Figura 17 - Ação de mofo e bolor em parede de alvenaria



Fonte: Vieira, 2019

3.2.6 Criptoflorescência

A criptoflorescência é semelhante a eflorescência, com a diferenciação de que ela tem efeitos mais graves para a estrutura a qual se apresenta, pois na criptoflorescência são formados cristais salinos dentro das estruturas de alvenaria e concreto, criando pressões dentro dessas estruturas, resultando em rachadores e até desabamento de paredes (VIEIRA, 2019).

De forma mais resumida Nappi (2002) realiza a seguinte diferenciação “Quando esta cristalização se dá no interior da superfície o fenômeno é chamado de criptoflorescência e, quando no ambiente exterior, de eflorescência.”

Figura 18 - Criptoflorescência em parede



Fonte: Soares; Moreira; Goulart; Rodrigues, 2018

4 IMPERMEABILIZAÇÃO

4.1 Importância da impermeabilização

A processo de impermeabilização é de extrema importância para que a edificação tenha a sua durabilidade estendida, já que a água pode causar consequências deletérias como as patologias, resultando em danos muitas vezes irreversíveis, e quando não são, se tornam profundamente onerosos.

Para evitar esses problemas que surge o projeto de impermeabilização, que segundo Oliveira (2013), “está diretamente relacionado ao atendimento das exigências dos usuários no que se refere à estanqueidade, higiene, durabilidade e economia da edificação”.

Righi (2009) “a impermeabilização é fator importantíssimo para a segurança da edificação e para a integridade física do usuário”. Entretanto esse mesmo autor cita o fato de que na maioria dos casos os responsáveis pelas obras esperam até o final da obra para tomarem atenção para esse projeto, em um momento muito tardio, gerando improvisões e falta de previsão de detalhes.

Porem Vieira (2019) destaca que com o desenvolvimento dos profissionais dessa área, o projeto de impermeabilização está tendo maior atenção dentro das edificações, já que aumenta a durabilidade e a qualidade das obras, ganhando o status de área essencial nas novas construções.

Outro fator importante de ser levado em conta é de que com um projeto previamente planejado, a previsão dos custos que serão necessários se torna mais assertiva, gerando um menor gasto.

4.2 Projeto de impermeabilização

De acordo com a NBR 9575 (2010) o projeto de impermeabilização é conjunto de informações gráficas e descritivas que definem integralmente as características de todos os sistemas de impermeabilização empregados em uma dada construção, de forma a orientar inequivocamente a produção deles.

Segundo Righi (2009), o projeto de impermeabilização, assim como os projetos de instalações hidrossanitárias e elétricas, deve ter um projeto específico,

onde deve-se estudar os possíveis problemas durante o decorrer da obra, garantir que a estrutura que receberá a impermeabilização está em estado propício para tal e se os materiais foram bem selecionados e especificados.

Bruschi (2018) reflete no fato de que o projeto de impermeabilização não tem o destaque igual ao dos outros projetos complementares, e essa realidade faz com que os projetos de impermeabilização sejam realizados posteriores ao início da obra, levando a falhas que poderiam ser previstas e evitadas com antecedência, diminuindo os custos e não prejudicando os prazos.

Conforme a NBR 9575 (2010), a impermeabilização deve ser projetada de modo a:

- Evitar a passagem de fluidos evapores nas construções, pelas partes que requeiram estanqueidade, podendo ser integrados ou não outros sistemas construtivos, desde que observadas normas específicas de desempenho que proporcionem as mesmas condições de estanqueidade;
- Proteger os elementos e componentes construtivos que estejam expostos ao intemperismo, contra a ação de agentes agressivos presentes na atmosfera;
- Proteger o meio ambiente de agentes contaminantes por meio da utilização de sistemas de impermeabilização;
- Possibilitar sempre que possível acesso à impermeabilização, com o mínimo de intervenção nos revestimentos sobrepostos a ela, de modo a ser evitada, tão logo sejam percebidas falhas do sistema impermeável, a degradação das estruturas e componentes construtivos.

A NBR 9575 separa o projeto de impermeabilização em três etapas sucessivas: estudo preliminar, projeto básico de impermeabilização e projeto executivo de impermeabilização.

Estudo preliminar:

O estudo preliminar é o conjunto de informações legais, técnicas e de custos, composto por dados analíticos que tem como objetivo determinar e quantificar as áreas a serem impermeabilizadas, de forma a atender às exigências de desempenho

em relação à estanqueidade dos elementos construtivos e à durabilidade frente à ação de fluidos, vapores e umidade, consiste em:

- Relatório contendo a qualificação das áreas;
- Planilha contemplando os tipos de impermeabilização aplicáveis ao empreendimento, de acordo com os conceitos do projetista e incorporador contratante.

Projeto básico de impermeabilização:

O projeto básico de impermeabilização é o conjunto de informações gráficas e descritivas que definem as soluções de impermeabilização a serem adotadas numa dada construção, de forma a atender às exigências de desempenho, em relação à estanqueidade dos elementos construtivos e durabilidade frente à ação dos fluidos, vapores e umidade. Pela sua característica, deve ser feito durante a etapa de coordenação geral das atividades de projeto, consiste em:

- Definição das áreas a serem impermeabilizadas e equacionamento das interferências existentes entre todos os elementos e componentes construtivos;
- Definição dos sistemas de impermeabilização;
- Planilha de levantamento quantitativo;
- Estudo de desempenho;
- Estimativa de custos.

Projeto executivo de impermeabilização:

O projeto executivo de impermeabilização é o conjunto de informações gráficas e descritivas que detalha e especifica, de uma forma integralmente e inequívoca, todos os sistemas de impermeabilização a serem empregados numa dada construção. Pela sua característica, é um projeto especializado e deve ser feito concomitantemente aos demais projetos executivos, consiste em:

- Plantas de localização e identificação das impermeabilizações, bem como dos locais de detalhamento construtivo;
- Detalhes específicos e genéricos que descrevam graficamente todas as soluções de impermeabilização;
- Detalhes construtivos que descrevam graficamente as soluções adotadas no projeto de arquitetura;

- Memorial descritivo de materiais e camadas de impermeabilização;
- Memorial descritivo de procedimentos de execução;
- Planilha de quantitativos de materiais e serviços.

Bruschi (2018) ainda recomenda que “o projeto executivo deve estar finalizado antes mesmo do início da obra, pois, como já foi abordado anteriormente, a antecedência é uma prioridade caso ocorra algum imprevisto e haja a necessidade de uma solução”.

4.3 Seleção do sistema de impermeabilização

Quando se elabora um projeto de impermeabilização, a etapa de seleção dos tipos de sistemas impermeabilizantes que serão optados para cada estrutura é extremamente importante, e deve ser levado em conta alguns fatores para realizar essa seleção. Para Sabbatini (2006), os principais fatores que devem ser levados em consideração são: pressão hidrostática, frequência de umidade, exposição ao sol, exposição a cargas, movimentação da base e extensão da aplicação. Siqueira (2018) ainda cita como fatores relevantes para a seleção do sistema o tipo de estrutura a ser impermeabilizado, o tipo de substrato, se a obra está coberta ou exposta ao tempo, e as manifestações que ocorrerão por influência da água, umidade e vapores sobre a construção.

A norma NBR 9575 (2010) - Impermeabilização - Seleção e projeto estabelece critérios para a escolha do sistema impermeabilizante ideal para cada tipo de situação, para que sejam atendidas as condições mínimas de impermeabilização. Bem como determina os requisitos técnicos da superfície que irá ser impermeabilizada. Segundo ela, os sistemas de impermeabilização a serem adotados devem atender a uma ou mais das seguintes exigências:

- Resistir às cargas estáticas e dinâmicas;
- Resistir aos efeitos dos movimentos de dilatação e retração do substrato e dos acabamentos ocasionados por variações térmicas;
- Resistir à degradação ocasionada por influências climáticas, térmicas, químicas ou biológicas decorrentes da ação da água, gases ou ar atmosférico;

- Resistir às pressões hidrostáticas, de percolação, coluna d'água e umidade do solo;
- Apresentar aderência, flexibilidade, resistência e estabilidade físico-mecânica;
- Resistir ao ataque e agressão de raízes de plantas ornamentais.

Ademais, Oliveira (2013) propõe que para que o projetista possa selecionar o melhor sistema de impermeabilização disponível, ele deve conhecer as especificações dos materiais e componentes e suas durabilidades, para avaliar se o sistema atenderá o desempenho mínimo desejado.

4.4 Qualidade da impermeabilização

A impermeabilização é considerada dentro dos serviços de engenharia civil como um serviço especializado, com exigência de uma certa experiência, sendo assim, os pequenos detalhes se tornam extremamente importantes e mínimas falhas, mesmo localizadas, são suficientes para que o sistema como um todo não funcione, além disso, Picchi (1986) destaca a necessidade de acompanhamento da rápida evolução dos materiais e sistemas, tornando o projeto de impermeabilização cada vez mais especializado.

Outro ponto importante para que o projeto seja bem executado é que se tenha uma mão de obra bem preparada, com técnicas atualizadas na aplicação dos diferentes tipos de materiais, junto a isso, devem também ter um “pleno conhecimento do projeto de impermeabilização e detalhamentos”. (BRUSCHI, 2018)

Após a execução dos sistemas de impermeabilização, na maioria dos casos serão executados outros materiais complementares acima dela, como argamassa e pisos cerâmicos, caso ocorra algum erro que faça com que surja umidade na estrutura, esses demais elementos entram em risco, Righi (2009) cita inclusive que os custos que serão gerados com a recuperação dessa estrutura se tornam muito maiores que o custo original.

Para garantir um bom desempenho na execução da impermeabilização, Righi (2009) também recomenda o rigoroso controle e fiscalização da execução, fiscalização esta que deve ser feita não somente pela empresa aplicadora, mas também pelo responsável da obra.

O Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI, 2018) recomenda alguns procedimentos que são imprescindíveis para que se garanta uma impermeabilização boa e estanque:

- Projeto de Impermeabilização (básico e executivo) bem detalhados, elaborado por profissional habilitado;
- Qualidade dos materiais e sistemas impermeabilizantes;
- Qualidade da execução da mão de obra de aplicação;
- Dimensionamento das diversas camadas que compõem o sistema;
- Qualidade da construção;
- Adequação e compatibilização com as interfaces dos demais sistemas existentes;
- Fiscalização e acompanhamento constante através de profissional habilitado;
- Correta execução dos detalhes constantes dos projetos de impermeabilização;
- Prazos exequíveis para execução, além de ensaios e testes do sistema de impermeabilização aplicado;
- Preservação da impermeabilização, através de programas de manutenção da construção;
- Conformidade dos sistemas, projetos e aplicações às normas técnicas da ABNT e do CB-022 – Comitê Brasileiro de Impermeabilização.

Logo, o projeto de impermeabilização deve ser elaborado com riqueza de detalhes e especificações, expondo as áreas que necessitem de estanqueidade, os produtos empregados, os materiais utilizados, entre outras exigências da NBR 9575 (2010).

Bruschi (2018) cita algumas falhas como regularização mal executada, fissuração do substrato, falhas de concretagem, baixo cobrimento da armadura, ralos e tubulações mal chumbadas, sujeiras, utilização de materiais inadequados na área a ser impermeabilizada, a exemplo de enchimentos com entulhos e passagem inadequada de tubulações. Essas falhas resultam no comprometimento do sistema de impermeabilização, no decorrer do trabalho será mostrado alguns detalhes construtivos que devem ser seguidos para garantir impermeabilidade a estrutura.

A norma ABNT NBR 9574 igualmente se torna fundamental para o projeto de impermeabilização, visto que ela prescreve os procedimentos para a execução dos diversos tipos de sistemas impermeabilizantes. Tendo ela como base, os aplicadores são orientados a execução dos tipos de sistemas impermeabilizantes, garantindo uma performance ideal, devendo a norma ser consultada sempre que possível e necessário.

Silveira (2018) comenta que a etapa de execução é a mais crítica devido ao fato de necessitar de obediência rigorosa ao projeto de impermeabilização. Santos (2016) alega que um projeto específico de impermeabilização, um prestador de serviço bem recomendado e a fiscalização constante do contratante são as três precauções básicas para garantir um serviço confiável.

Por fim, Oliveira (2013) expõe a importância do detalhamento dos projetos de impermeabilização, uma vez que a leitura e interpretação do projeto podem ser realizadas com clareza, sendo fundamental que cada projeto seja desenvolvido com detalhes suficientes.

4.5 Desempenho da impermeabilização

Com o advento da norma de desempenho (NBR 15575, 2013), surgiram novos parâmetros de qualidade em relação a estanqueidade dentro de uma edificação, quando referência a impermeabilização, a NBR 15575 trata de partes específicas da construção, identificando as áreas onde a estanqueidade é mais necessária que outras, definindo assim um padrão, mesmo que mínimo, para a aplicação de impermeabilização nas edificações residenciais

A NBR 15575 estabelece, por exemplo, que a edificação deve ser estanque às fontes de umidades externas, provenientes da água de chuva e da umidade do solo e do lençol freático. Junto a isso, ela também recomenda a prevenção quanto a infiltração da água da chuva e da umidade do solo

Logo, a NBR 15575 é mais uma referência do padrão de qualidade de uma edificação, e deve ser citada quando surge o assunto da impermeabilização. Ela inclusive descreve os parâmetros de vida útil dos sistemas de impermeabilização e alguns testes a serem realizados, o mais importante deles sendo o teste de estanqueidade.

4.5.1 Vida útil

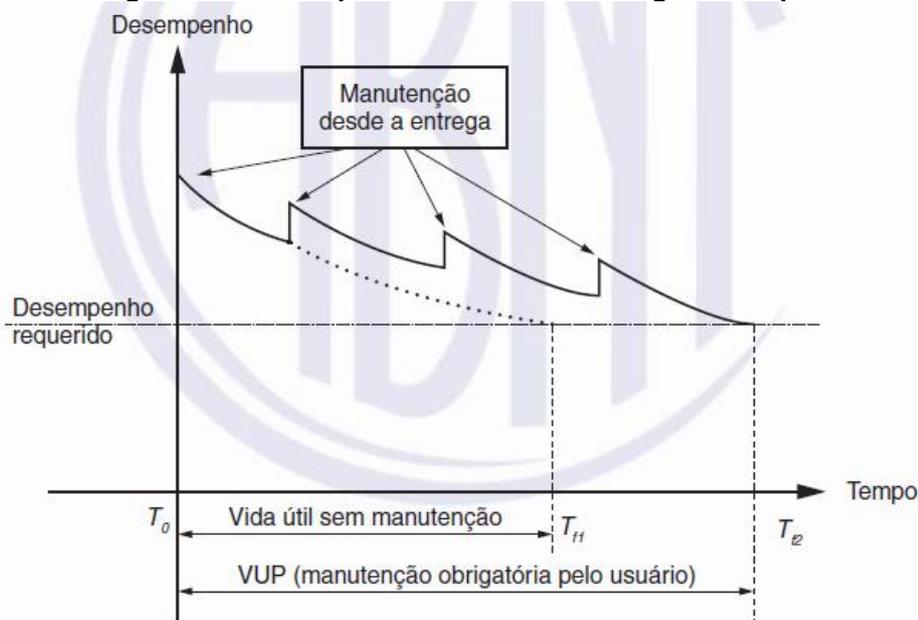
A NBR 15575 (2013) define vida útil como o período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento dos níveis de desempenho previstos na norma, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção (a vida útil não pode ser confundida com prazo de garantia legal ou contratual).

Já a Vida Útil de Projeto (VUP) é definida pela NBR 15575 (2013) como o período de tempo para o qual um sistema é projetado, a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos pela norma, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o atendimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no manual de uso, operação e manutenção

A própria norma faz a diferenciação entre os dois termos, citando que a VUP é uma estimativa teórica do tempo que compõe o tempo de vida útil. O tempo de VU pode ou não ser atingido em função da eficiência e registro das manutenções, de alterações no entorno da obra, fatores climáticos, etc. (ABNT – NBR 15575, 2013).

Portanto, para que uma edificação atinja a vida útil de projeto, vários elementos são indispensáveis, como a manutenção e o uso e operação, e entre esses elementos o desempenho do sistema de impermeabilização também é substancial. O Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI, 2018) define o propósito da impermeabilização no contexto da NBR 15575 como “propiciar a habitabilidade e funcionalidade da edificação, assim como a saúde, segurança e bem-estar dos usuários, além da preservação dos ativos imobiliários formados pelo patrimônio edificado”, já que a umidade acaba agindo na deterioração da estrutura através de degradação do concreto, corrosão das armaduras, anomalias em tintas e outros revestimentos, entre outras manifestações patológicas.

Figura 19 – Desempenho da vida útil ao longo do tempo



Fonte: NBR 15575, 2013

Com isso, a NBR 15575 especifica que cabe aos projetistas estabelecer a vida útil de projeto (VUP) de cada sistema com base na durabilidade e manutenibilidade. E também que cabe ao projetista especificar materiais, produtos e processos que atendam o desempenho mínimo estabelecido nesta norma, com base nas normas estabelecidas e desempenho declarado pelos fabricantes.

Além disso, segundo o IBI (2018) o proprietário do imóvel deve receber um manual técnico de utilização e manutenção referente às áreas impermeabilizadas, contendo as informações e orientações necessárias para a melhor utilização e preservação da impermeabilização, incluindo:

- Descrição das características de cada tipo de impermeabilização, inclusive documentação técnica;
- Forma e cuidados de utilização;
- Orientação e programa de manutenção preventiva, incluindo testes e ensaios;
- Relação de fornecedores;
- Garantia.

Com a conquista desses requisitos estabelecidos pela norma de desempenho, a impermeabilização se torna um elemento dentro da obra que ajudará a edificação a chegar na vida útil projetada pelo responsável técnico, o IBI (2018)

ainda reforça que o controle apropriado da umidade em uma construção é chave para evitar manifestações patológicas que abreviam a vida útil das estruturas, impedem o uso pleno das edificações, geram custos adicionais e reduzem o valor dos imóveis.

4.5.2 Teste de estanqueidade

Segundo NBR 9574 (2008), deve-se colocar barreiras na área impermeabilizada e ser executado o teste com lâmina d'água de 5 cm de espessura sobre o ponto mais alto de impermeabilização, com duração mínima de 72 horas, a fim de verificar a estanqueidade do sistema aplicado. Caso o sistema seja estanque, libera-se para a próxima etapa e se apresentar vazamentos, deve-se fazer o reparo do mesmo.

Figura 20 - Teste de estanqueidade



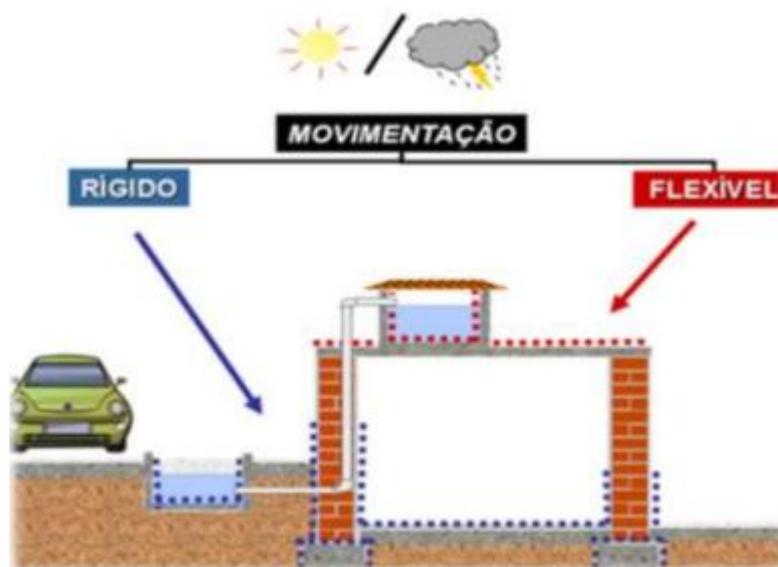
Fonte: Righi, 2009

4.6 tipos de impermeabilizantes

Existem algumas formas de se classificar a impermeabilização. A NBR 9575 (ABNT 2010), por exemplo, classifica os tipos de impermeabilização segundo o principal material constituinte da camada impermeável, definindo-os em cimentícios, asfálticos e poliméricos. Já a NBR 9574 (ABNT 2008), classifica os tipos de impermeabilização em impermeabilizações do tipo rígida e do tipo flexível.

Os impermeabilizantes rígidos só devem ser aplicados em elementos que não sofrem variação volumétrica ou movimentação de nenhuma forma, que, portanto, não tem risco de apresentar fissuras. Já os flexíveis são passíveis de fissuração.

Figura 21 - Classificação dos locais a serem impermeabilizados



Fonte: IBI, 2018

4.6.1 Impermeabilização Rígida

Segundo a NBR 9575/2010, uma impermeabilização rígida é definida como um conjunto de materiais ou produtos que não apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas não sujeitas à movimentação do elemento construtivo.

Bruschi (2018) adiciona nessa definição dizendo que a impermeabilização rígida é o sistema em que o concreto ou argamassa recebe a inserção de aditivos químicos, diminuição do fator água/cimento, ajuste da granulometria dos agregados, ocorrendo assim a diminuição da porosidade do elemento, tornando-se um material impermeável.

Conforme Siqueira (2018), os sistemas rígidos estão dentre os processos de impermeabilização mais utilizados no Brasil. Alguns sistemas de impermeabilização rígida serão detalhados a seguir.

4.6.1.1 Argamassa polimérica

Siqueira (2014) define a argamassa polimérica como um bicomponente composto por dois materiais diferentes, um na forma de pó e outro na forma de resina,

Righi (2009) ainda complementa descrevendo a argamassa polimérica com uma argamassa de cimento modificada com polímeros, Silveira (2001) em definitivo acrescenta que a argamassa é composta de cimentos especiais e látex de polímeros aplicados sob forma de pintura, formando uma película impermeável de excelente aderência.

De acordo com Soares (2014), a presença de polímeros acrílicos faz com que esse sistema de impermeabilização seja capaz de suportar pequenas movimentações da estrutura a qual está aderido, fato que leva alguns fabricantes a classifica-lo como semiflexível. Ainda, Righi (2009) agrega citando que o filme de polímeros formados no substrato impede a passagem da água e da granulometria fechada dos agregados contidos na porção cimentícia.

Righi (2009) segue mencionando as principais características deste produto, “como a resistência a pressões hidrostáticas positivas, fácil aplicação, não altera a potabilidade da água, é uma barreira contra sulfatos e cloretos, uniformiza e sela o substrato, reduzindo o consumo de tinta de pinturas.”

Sayegh (2001) afirma que a “argamassa polimérica pode ser aplicada na forma de pintura com trincha ou brocha, ou ser aplicada na forma de revestimento final com desempenadeira, nesse caso requer uma diminuição da quantidade de componente líquido da mistura.”

Figura 22 - Aplicação de argamassa polimérica na forma de pintura



Fonte: Righi, 2009

Figura 23 - Aplicação de argamassa polimérica na forma de revestimento



Fonte: Righi, 2009

O IBI (2019) recomenda esse tipo de impermeabilizante em áreas molhadas e molháveis, subsolos, cortinas e poço de elevador, reservatórios enterrados e elevados, piscinas e fundações.

A norma NBR 9574 (2009) demonstra o método de aplicação:

Adicionar aos poucos o componente em pó ao componente resina e misturar homogeneamente, de forma manual ou mecânica, dissolvendo os possíveis grumos.

Uma vez misturados os componentes pó e resina, o tempo de utilização da mistura não deve ultrapassar o período recomendado pelo fabricante.

Aplicar sobre o substrato as demãos em sentido cruzado da argamassa polimérica, com intervalos de 2h a 6 h entre demãos, dependendo da temperatura ambiente. Caso a demão anterior esteja seca, molhar o local antes da nova aplicação.

Quando da utilização de armadura tipo tela, esta deve ser posicionada após a primeira demão e ser totalmente recoberta pelas demãos subsequentes.

Em áreas abertas ou sob incidência solar, promover a hidratação da argamassa polimérica por no mínimo 72 h.

A dosagem, consumo, tempo de mistura e manuseio, ferramentas de aplicação, secagem entre demãos e cura devem seguir as recomendações do fabricante.

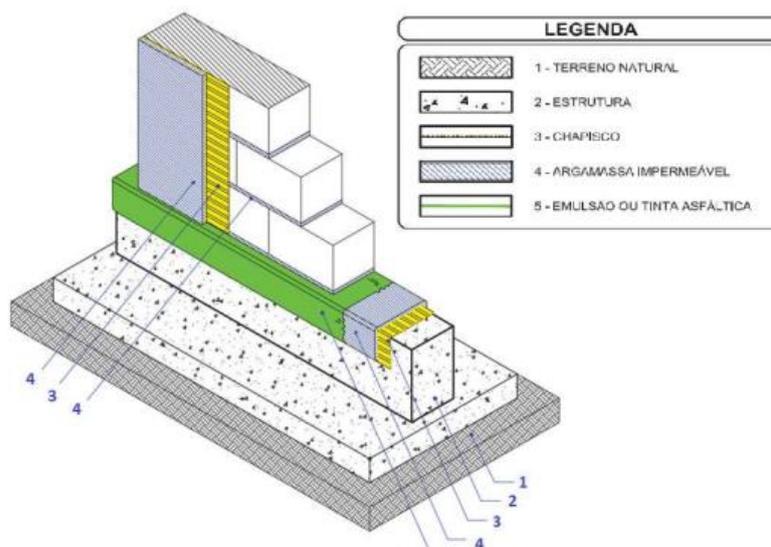
Recomenda-se proteção mecânica em locais onde exista possibilidade de agressão mecânica.

4.6.1.2 Argamassa com aditivo hidrófugo

Para Righi (2009) os aditivos hidrófugos são impermeabilizantes de pega normal, que reagem com o cimento durante o processo de hidratação. São compostos de sais metálicos e silicatos que trabalham reduzindo a permeabilidade e absorção capilar, através do preenchimento dos vazios capilares na pasta de cimento hidratado, garantindo a propriedade de impermeabilização.

Quanto ao preparo, “pode ser inserido ao concreto ou no preparo da argamassa impermeável de revestimento diretamente, evitando eflorescências. Como ele é incorporado na argamassa, seu efeito se torna permanente, pois promove uma espessura de camada impermeável maior. Vale ressaltar que a argamassa impermeável não promove maior resistência a estrutura” (RIGHI, 2009).

Figura 24 - Argamassa com aditivo hidrófugo no assentamento da alvenaria



Fonte: Vieira, 2019

Soares (2014) relembra que esse tipo de impermeabilizante não deve ser aplicado em estruturas sujeiras a movimentações, tanto no caso de revestimentos ou no caso do concreto aditivado, pois ocasionam trincas e fissuras.

Conforme Barbosa (2018), as vantagens desse tipo de sistema impermeabilizantes são: o custo reduzido; a fácil execução; a fácil aquisição dos insumos empregados; e a possibilidade de aplicação em substrato úmido. Enquanto as desvantagens são: 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.

Siqueira (2018) recomenda a aplicação das argamassas hidrófugas em pisos em contato com o solo, paredes de encosta, subsolos, muros de arrimo, piscinas, caixas de água, tuneis e galerias. Porém não a recomenda em concretos armado ou protendido.

A NBR 9574 (2009) estabelece o método de aplicação da seguinte forma:

O substrato deve ser umedecido e receber camada de chapisco de cimento e areia, traço 1:2, para servir de ponte de aderência entre o substrato e a argamassa impermeável com hidrófugo.

A argamassa deve ser preparada in loco e não deve ser industrializada, composta por areia, cimento Portland, aditivo hidrófugo e água potável (ABNT NBR 12170).

A areia lavada deve ser de granulometria de 0,075 mm a 3 mm, classificada como média, isenta de substâncias ou materiais argilosos. O traço, o tipo de cimento e da areia e tempo de manuseio devem ser conforme especificações do fabricante.

A argamassa impermeável deve ser aplicada de forma contínua, com espessura de 30 mm, sendo a aplicação em camadas sucessivas de 15 mm, evitando-se a superposição das juntas de execução. A primeira camada deve ter acabamento sarrafeado, a fim de oferecer superfície de ancoragem para camada posterior, sendo a argamassa impermeável manualmente adensada contra a superfície para eliminar ao máximo o índice de vazios. As duas camadas devem ser executadas no mesmo dia; caso contrário, a última camada deve ser precedida de chapisco.

Quando houver descontinuidade devido à interrupção de execução, a junta deve ser previamente chanfrada e chapiscada.

A última camada deve ter acabamento com uso de desempenadeira.

A cura úmida da argamassa deve ser de no mínimo 3 dias.

Recomenda-se proteção mecânica em locais onde exista possibilidade de agressão mecânica.

Figura 25 - Aplicação da argamassa com aditivo hidrófugo

Fonte: Siqueira, 2019

4.6.1.3 Cristalizantes

De acordo com Soares (2014), o sistema de impermeabilização por cristalização é constituído de argamassas cimentícias com compostos químicos ativos. Vieira (2019) integraliza dizendo que esse produto se infiltra no sistema capilar da estrutura, e quando em contato com a água de infiltração, formam cristais que preenchem os poros, formando a barreira impermeável que garante estanqueidade ao substrato.

Righi (2009) cita dois tipos diferentes de cristalizantes, um aplicado sob forma de pintura sobre superfícies de concreto, argamassa ou alvenaria, previamente saturadas com água, e o segundo tipo são cristalizantes líquidos à base de silicatos e resinas aplicados por injeção

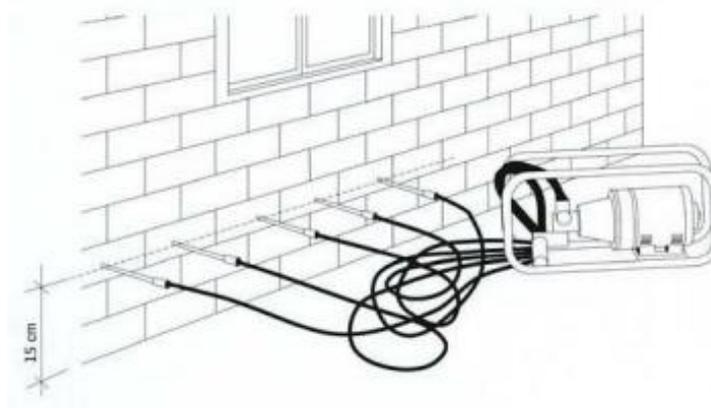
Para a aplicação em forma de pintura, Vieira (2019) recomenda os seguintes passos:

Após a execução do preparo da base da superfície a impermeabilizar, esta deverá ser encharcada com água. Em um recipiente, fazemos a mistura do cimento cristalizante, adesivo acrílico e água na proporção de 1 parte de cimento, 8 de água e 2 de aditivo até formar pasta com consistência de tinta. Dá-se sobre a superfície a impermeabilidade, uma demão do produto aplicado com trincha. Após um intervalo de 30 minutos, aplicar mais duas demãos no sentido cruzado ao da demão anterior.

Já no processo de aplicação por injeção, Righi (2009) recomenda os seguintes passos:

Para a aplicação, deve-se retirar todo o reboco da área a tratar, desde o piso até a altura de 1 m. executam-se duas linhas de furos intercaladas entre si, sendo a primeira a 10 cm 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

Figura 26 - Processo de aplicação por injeção de argamassa cristalizante



Fonte: Righi, 2009

Righi (2009) ainda recomenda esse tipo de impermeabilizante para subsolos, lajes, poços de elevadores, reservatórios enterrados e caixas de inspeção. Siqueira (2018) relembra que se deve optar por esse sistema impermeabilizantes somente em locais onde não haja movimentação, e acrescenta exemplos de locais a serem aplicados, como as estações de tratamento de água (ETA), pisos frios ou diretamente no próprio solo. Ainda, Vedacit® (2016) indica sua utilização em fundações, cortinas de contenção, paredes, piscinas e áreas molhadas e molháveis.

4.6.1.4 Impermeabilizante de pega ultra-rápida

Os impermeabilizantes de pega ultra-rápida são definidos por Siqueira (2014) como uma solução aquosa de silicato modificado em alta alcalinidade, quando misturado com água e cimento, se transforma em hidrossilicato, formando um cristal insolúvel em água, preenchendo os poros da argamassa e garantindo impermeabilidade a estrutura.

Além disso, Soares (2014) cita que esse tipo de impermeabilizante tem um início de pega extremamente rápido, cerca de 10 a 15 segundos, e o término de pega também é atingido com rapidez, com cerca de 20 a 30 segundos, com propriedades de alta aderência e grande poder de tamponamento.

Oliveira (2015) recomenda esse tipo de impermeabilizantes para locais onde haja infiltração devido a lençóis freáticos, como subsolos, poços de elevadores, cortinas, galerias, porém como solução paliativa até que seja executada uma impermeabilização permanente.

A NBR 9574 (2008) define o método de aplicação:

Misturar em um recipiente o cimento com aditivo de pega-rápida com água, na proporção indicada pelo fabricante até formar uma pasta de consistência lisa e uniforme.

Aplicar uma demão com trincha, vassoura ou brocha.

Imediatamente sobre a camada de cimento com aditivo de pega rápida, ainda úmido, esfregar o cimento com aditivo ultra-rápido a seco sobre a superfície tratada, forte e repetidas vezes até que se forme uma camada fina de cor escura e uniforme.

Caso a água continue penetrando por algum ponto, repetir o tamponamento com cimento com aditivo ultra-rápido, até a obtenção da estanqueidade.

Aplicar de forma imediata uma demão de líquido selador, até que a superfície fique brilhante.

Imediatamente sobre o líquido selador, ainda brilhante, aplicar uma demão de pasta de cimento com aditivo de pega rápida preparada conforme procedimento anterior.

Aguardar 20 minutos e dar outra demão de cimento com aditivo de pega rápida no sentido cruzado em relação à demão anterior.

A dosagem, consumo, tempo de mistura e manuseio, ferramentas de aplicação, secagem entre demãos e cura devem seguir as recomendações do fabricante.

Figura 27 - Cimento impermeabilizante de pega ultra-rápida



Fonte: Righi, 2009

4.6.2 Impermeabilização flexível

A NBR 9575 define a impermeabilização flexível como um conjunto de materiais ou produtos que apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à movimentação do elemento construtivo.

De acordo com Righi (2009), as membranas podem ou não ser estruturadas. Como principais estruturantes podem-se incluir a tela de poliéster termo estabilizada, o véu de fibra de vidro e tecido de poliéster. O tipo de estruturante é definido conforme as solicitações de cada área e dimensionamento de projeto. Devem-se aplicar sobre o estruturante outras camadas do produto, até atingir a espessura ou consumo previsto no projeto.

Para Vieira (2019), as características dos impermeabilizantes flexíveis garantem que ele possa ser recomendado para utilização em lajes de térreos e coberturas, banheiros, cozinhas, terraços e reservatórios elevados.

4.6.2.1 Mantas

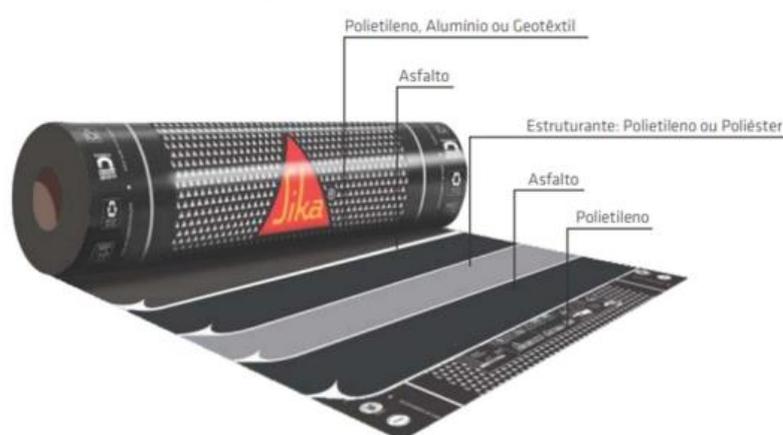
Para Siqueira (2018), as mantas podem ser definidas como produtos industrializados obtidos por calandragem, extensão ou outros processos com características definidas. São os produtos impermeabilizantes mais utilizados no Brasil, compondo o método de impermeabilização mais difundido no país devido o conhecimento da aplicação pela mão-de-obra e a facilidade de encontrar o material.

4.6.2.1.1 *Manta asfáltica*

Para Vieira (2019), “a manta asfáltica é um material pré-fabricado, constituído por elemento asfáltico modificado por polímero e estruturado por poliéster, polietileno ou véu de fibra de vidro”. Butzke (2020) ainda acrescenta citando que pelo fato de ser pré-fabricada, tem a facilidade de garantir a espessura desejada, sem a possibilidade de erro de demãos aplicadas, como em sistemas moldados in loco.

A escolha de um dado tipo de manta asfáltica deve ser função dos locais e estruturas a serem impermeabilizados, da carga atuante sobre a manta asfáltica, grau de fissuração previsto, flecha máxima admissível, exposição às intempéries e forma de aplicação aderida ou não ao substrato. Cabe ao responsável técnico definir o tipo de manta asfáltica a ser indicado para cada obra, de acordo com a ABNT NBR 9575.

Figura 28 - Manta asfáltica



Fonte: Vieira, 2019

A norma técnica brasileira que prescreve sobre mantas asfaltas é a NBR 9952/2014 - Manta asfáltica para impermeabilização, segundo ela, as mantas asfálticas podem ser classificadas em quatro tipos de acordo com a tração e

alongamento (I, II, III e IV), e em três tipos de acordo com a flexibilidade e a alta temperatura (A, B e C, conforme mostra a tabela abaixo:

Tabela 2 - Classificação de mantas asfálticas

| Ensaio | | Unidade | Tipo | | | |
|--|---|---------|--|------|------|------|
| | | | I | II | III | IV |
| 1. Espessura (mínimo) | | mm | 3 mm | 3 mm | 3 mm | 4 mm |
| 2. Resistência à tração e alongamento – (longitudinal e transversal) | Tração (mínimo) | N | 80 | 180 | 400 | 550 |
| | Alongamento (mínimo) | % | 2 | 2 | 30 | 35 |
| 3. Absorção d'água – Variação em massa (máximo) | | % | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| 4. Flexibilidade a baixa temperatura ^a e. | Classe | A | -10 | -10 | -10 | -10 |
| | | B | -5 | -5 | -5 | -5 |
| | | C | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5. Resistência ao impacto ^b a 0 °C (mínimo) | | J | 2,45 | 2,45 | 4,90 | 4,90 |
| 6. Escorrimento (mínimo) | | °C | 95 | 95 | 95 | 95 |
| 7. Estabilidade dimensional (máximo) | | % | 1 % | 1 % | 1 % | 1 % |
| 8. Envelhecimento acelerado | Mantas asfálticas expostas ^c | | Os corpos de prova, após ensaio, não podem apresentar bolhas, escorrimento, gretamento, separação dos constituintes, deslocamento ou delaminação | | | |
| | Mantas asfálticas protegidas ou autoprotégidas ^d | | | | | |
| 9. Flexibilidade após envelhecimento acelerado ^e | Classe | A | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | B | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | | C | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 10. Estanqueidade (mínimo) | | m.c.a. | 5 | 10 | 15 | 20 |
| 11. Resistência ao rasgo (mínimo) | | N | 50 | 100 | 120 | 140 |

Fonte: NBR 9952, 2014

Além dessas classificações, a NBR 9952 também indica os tipos de acabamentos superficiais disponíveis:

- Granular;
- Geotêxtil;
- Metálico;

- Polietileno;
- Areia de baixa granulometria;
- Plástico metalizado.

Por fim, a NBR 9952 cita as seguintes características necessárias para uma manta asfáltica:

- Apresentar compatibilidade entre seus constituintes: asfalto, armadura e acabamento nas mantas asfálticas auto protegidas, de modo a formar um conjunto monolítico
- Suportar os esforços atuantes para os quais se destinam, mantendo-se estanques;
- Apresentar superfície plana com espessura uniforme, de bordas paralelas, não serrilhadas;
- Ser impermeáveis, resistentes à umidade e sem apresentar alteração de seu volume, quando em contato com a água;
- Resistir aos álcalis e ácidos dissolvidos nas águas pluviais;
- Apresentar armadura distribuída uniformemente em toda a sua extensão e que não se destaque, descole ou delamine ao longo do tempo.

Segundo Mello (2005), as principais vantagens desse tipo de sistema de impermeabilização são:

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

Quanto a forma de aplicação das mantas asfálticas, ela pode ser aplicada comumente de três maneiras, com chama de maçarico de gás GLP; com asfalto a quente e com adesivos.

Antes de iniciar o processo de aplicação, a norma recomenda “aplicar uma demão do produto de imprimação com rolo de lã de carneiro, trincha ou brocha, de forma homogênea, aguardando sua total secagem, exceto para os casos de mantas não aderidas ao substrato.” (NBR 9952)

Figura 29 - Imprimação do substrato



Fonte: Vieira, 2019

Junto a isso, é igualmente recomendado que o processo seja realizado em temperaturas ambientes acima de 5°C, bem como desenrolar as bobinas, alinhando-as e rebobinando-as novamente, sobre o substrato a ser impermeabilizado.

Para a aplicação da manta com chama de maçarico a GLP, a NBR 9952 orienta conforme essas etapas:

O maçarico a ser utilizado na aplicação deve ser com gatilho controlador de chama, haste de 50 cm, bocal de 2".

Direcionar a chama do maçarico de forma a aquecer simultaneamente o substrato imprimado e a face de aderência da manta. Pressionar a manta do centro em direção às bordas, de forma a expulsar eventuais bolhas de ar.

As sobreposições devem ser de no mínimo 10 cm, executando o selamento das emendas com roletes, espátulas ou colher de pedreiro de pontas arredondadas.

Adotar os cuidados necessários para que a intensidade da chama não danifique a manta asfáltica e proporcione a adequada aderência da manta ao substrato.

Figura 30 - Aplicação de manta asfáltica com maçarico de gás GLP



Fonte: Felizardo, 2013

Quanto a aplicação da manta com asfalto a quente, as orientações da NBR 9952 são as seguintes:

Aquecer o asfalto de forma homogênea em equipamento adequado numa temperatura compreendida entre 180°C a 220 °C para o asfalto sem a adição de polímeros e 160 °C a 180 °C para o asfalto com a adição de polímeros.

Aplicar uma demão do asfalto aquecido na temperatura mínima de 160 °C, com o uso de meada de fios de juta, no substrato imprimado numa distância máxima de 1,00 m à frente da bobina. O asfalto deve ser aplicado no substrato e face inferior da bobina. Pressionar a manta do centro em direção às bordas, de forma a expulsar eventuais bolhas de ar.

As sobreposições devem ser de no mínimo 10 cm, executando o selamento das emendas através da aplicação de banho de asfalto, com o uso de meada de fios de juta, pressionando as emendas com roletes, espátulas ou colher de pedreiro de pontas arredondadas.

Por fim, para aplicação com adesivos, a NBR 9952 orienta as seguintes etapas:

Aplicar uma camada homogênea de adesivo no substrato imprimado e na face da manta asfáltica a ser aderida ao substrato. Aguardar o tempo de pega do adesivo e pressionar a manta contra o substrato, pressionando do centro em direção às bordas, para eliminação das eventuais bolhas de ar.

As sobreposições devem ser de no mínimo 10 cm, executando o selamento das emendas com roletes, espátulas ou colher de pedreiro de pontas arredondadas.

Oliveira (2015) recomenda esse tipo de aplicação em lajes externas, térreo, lajes de cobertura, jardins, varandas descobertas, piscinas e espelhos d'água. Juntamente, O IBI (2019) recomenda esse sistema de impermeabilização para pisos de estacionamentos, supermercados, reservatórios elevados, áreas molhadas e molháveis

4.6.2.1.2 *Manta de PVC*

Segundo Gnoatto e Nuernberg (2014), “as mantas de PVC são feitas de ligas elásticas e flexíveis resistentes aos raios ultravioleta e a ataques químicos, dependendo de sua formulação”. Righi (2009) complementa citando que as mantas são compostas por duas lâminas de PVC, com espessura final desse tipo de manta varia de 1,2mm a 1,5mm, contendo também uma tela trançada de poliéster.

Quanto as emendas, a NBR 9574 prescreve a execução das emendas por soldagem química ou termo fusão, a sobreposição das mantas devem ser de no mínimo 10cm, enquanto as emendas devem ter no mínimo 5cm.

Righi (2009) também descreve orientações para alguns detalhes construtivos, como por exemplo quando não é possível o uso do equipamento automático para aplicação, como em pequenos arremates e locais de difícil acesso, deve-se utilizar um equipamento manual de solda, da mesma forma, é recomendado a utilização de parafusos e arruelas especiais para a fixação da manta, em seguida é aplicada outra camada da manta sobre a mesma, empregando os equipamentos de termofusão.

Figura 31 - Fixação automática com parafusos e arruelas especiais



Fonte: Righi, 2009

O mesmo autor recomenda esse tipo de sistema de impermeabilização para reservatórios, piscinas ou estruturas enterradas, cisternas, caixas d'água, independentemente de formato ou tipo, bem como em coberturas, tanto planas como curvas.

Como vantagens desse sistema, Moraes (2002) cita o fato de receber bem as variações térmicas do substrato, ter uma execução mais limpa, rapidez de execução e número reduzido de funcionários. Righi (2009) acrescenta dizendo que o fato de que o amplo conhecimento que se tem sobre o comportamento do PVC é vantajoso para conhecimentos acerca desse sistema.

Já referindo-se as desvantagens, Moraes (2002) cita a dificuldade em localizar eventuais infiltrações, a necessidade de se ter um substrato bem regularizado e a necessidade de contratação de uma mão de obra especializada.

4.6.2.2 Membranas

As membranas são descritas pela norma NBR 9575 como uma camada de impermeabilização moldada no local, com características de flexibilidade e com espessura compatível para suportar as movimentações do substrato, podendo ser estruturada ou não.

Soares (2014) lembra que o fato de as membranas serem moldadas in loco faz com que ela necessite de um rígido controle de espessura e um controle tecnológico mais sofisticado durante a execução.

Dessa maneira, a membrana é muitas vezes evitada, pois demanda uma mão de obra mais especializada, porém Soares (2014) também aponta que esse tipo de

impermeabilizante tem a grande vantagem de não apresentar emendas em sua execução, que são os principais pontos de complicações em impermeabilizantes pré-fabricados.

4.6.2.2.1 *Membranas asfálticas*

De acordo com Righi (2009), as membranas asfálticas são derivadas do CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo) que bloqueiam principalmente as umidades de percolação, de condensação e provenientes do solo. Soares (2014) recomenda esse tipo de sistema de impermeabilização para utilização em baldrame e fundações de concreto, além de contrapisos que irão receber pisos de madeira. O IBI (2019) inclusive indica as membranas asfálticas para impermeabilização em estruturas inclinadas como abóbadas, sheds e cúpulas, marquises e áreas com tráfego e estacionamentos.

Sabbatini (2006) separa as membranas asfálticas em relação ao tipo de asfalto utilizado, citando os três tipos mais utilizados:

Emulsão asfáltica: É um produto resultante da dispersão de asfalto em água, através de agentes emulsificantes. São produtos baratos e de fácil aplicação para áreas e superfícies onde não haverá empoçamento ou retenção de água. É aplicado a frio e geralmente sem a adição de estruturantes.

Asfalto oxidado: É um produto obtido pela modificação do cimento asfáltico de petróleo, que se funde gradualmente pelo calor, de modo a se obter determinadas características físico-químicas. É executado devidamente estruturado, é aplicado a quente.

Asfalto modificado com adição de polímero elastomérico: É um produto obtido pela adição de polímeros elastoméricos, no cimento asfáltico de petróleo em temperatura adequada. É executado devidamente estruturado, pode ser aplicado tanto a quente quanto frio.

A NBR 9574 orienta quanto a aplicação desse sistema de impermeabilização:

Aplicar uma demão do produto de imprimação com rolo de lã de carneiro, trincha ou brocha, de forma homogênea, aguardando sua total secagem.

Aplicar uma demão com rolo de lã de carneiro, trincha ou brocha, de forma homogênea, e estender o estruturante com sobreposição

mínima de 10 cm. Aguardar a secagem. Aplicar as demãos subsequentes, respeitando o tempo de secagem, até atingir o consumo recomendado e garantindo o total recobrimento do estruturante.

Havendo mais de um estruturante, repetir o procedimento.

Figura 32 - Aplicação de membrana asfáltica



Fonte: Righi, 2009

4.6.2.2.2 Membrana de polímero modificada com cimento

Esse sistema de impermeabilização é definido por Righi (2009) como um “produto flexível formado a base de resinas termoplásticas e cimento aditivado, resultando numa membrana de polímero que é modificada com cimento”. Siqueira (2018) recomenda essa membrana para uso em torres de água e reservatórios elevados de água potável ou apoiados em estrutura de concreto armado.

Soares (2014) aponta que esse tipo de membrana não afeta a potabilidade da água e por ser flexível, pode ser usado em substratos que tem variação volumétrica.

Antes que se inicie a aplicação da membrana, o substrato deve, segundo Vedacit® (2012), estar livre de cavidades (bicheiras), limpo, isento de poeira, óleo, graxa, partículas soltas, etc. Do mesmo modo, Vieira (2019) menciona a necessidade de criar caimentos de no mínimo 1%, usando argamassa impermeável e na espessura mínima de 2cm, além de se atentar com a realização de arredondamento de cantos e arestas, com o raio mínimo de 8cm.

Soares (2014) notifica que o produto deve ser aplicado em estruturas limpas e sem presença de outras substâncias químicas, portanto deve realizar uma lavagem com escova de aço e água ou jato d’água de alta pressão. O mesmo autor menciona

que o tempo limite para a aplicação da membrana após a mistura dos dois componentes é de 60 minutos, na temperatura de 25°C e aponta para o fato de a cura da membrana levar, no mínimo, 72 horas, portanto o teste de estanqueidade deve ser realizado após esse período

Depois o preparo do substrato para o recebimento do impermeabilizante, Righi (2009) cita que se deve preparar a mistura mecanicamente até atingir a consistência de uma pasta cremosa, lisa e homogênea. A seguir, aplicar a primeira demão do produto sobre o substrato úmido, com o auxílio de uma trincha, aguardando a completa secagem e a segunda demão em sentido cruzado em relação à primeira, incorporando uma tela industrial de poliéster resinada. Aplicar as demãos subsequentes, aguardando os intervalos de secagem entre demãos até atingir o consumo recomendado.

4.6.2.2.3 *Membrana acrílica*

Segundo Righi (2009), a membrana acrílica é “um impermeabilizante formulado à base de resinas acrílicas dispersas, sendo indicados para impermeabilização exposta de lajes de cobertura, marquises, telhados, pré-fabricados e outros.”

Quanto as vantagens desse tipo de sistema de impermeabilização, Soares (2014) cita o fato de ele dispensar a proteção mecânica quando a laje não for utilizada por um tráfego muito intenso de pessoas ou existir tráfego de automóveis. Porém a não utilização da proteção diminui a vida útil da membrana, necessitando de reaplicação do produto periodicamente.

Além disso, confere um ótimo conforto térmico devido ao fato de possuir a cor branca e não amarelar com o tempo, fazendo com que os raios solares sejam refletidos e por consequência o calor seja reduzido.

A NBR 9574 estabelece a aplicação das membranas acrílicas da seguinte forma:

Aplicar uma demão do produto de imprimação com rolo de lã de carneiro, trincha ou brocha de forma homogênea aguardando sua total secagem, podendo ser um cimento modificado com polímero, uma argamassa polimérica ou o próprio produto diluído, conforme as recomendações do fabricante.

Aplicar uma demão com rolo de lã de carneiro, trincha ou brocha, de forma homogênea, e estender o estruturante com sobreposição mínima de 10 cm. Aguardar a secagem. Aplicar as demãos subsequentes, respeitando o tempo de secagem, até atingir o consumo recomendado e garantindo o total recobrimento do estruturante. Havendo mais de um estruturante, repetir o procedimento.

O consumo, a secagem entre demãos, ferramentas e instruções de segurança devem seguir as recomendações do fabricante.

A membrana acrílica deve ficar exposta.

Figura 33 - Execução de membrana acrílica



Fonte: Siqueira, 2018

4.6.2.3 Demais classificações

Além disso, o IBI (2018) também classifica os sistemas de impermeabilização quanto as seguintes categorias:

Classificação dos sistemas quanto à forma de sua apresentação:

Sistemas moldados no local: São obtidos pela aplicação de diversas camadas formando um sistema monolítico e sem emendas;

Sistemas pré-fabricados: São produtos prontos de fábrica, necessitando de soldagem ou colagem entre elas com processos indicados pelos fabricantes.

Classificação dos sistemas quanto à solicitação:

Água de percolação: Água que atua sobre as superfícies, não exercendo pressão hidrostática superior a um quilopascal;

Água de condensação: Água com origem na condensação de vapor d'água presente no ambiente sobre a superfície de um elemento construtivo deste ambiente;

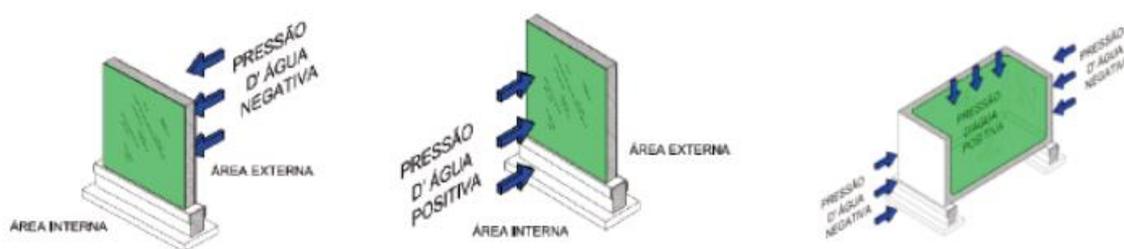
Umidade de solo: Água existente no solo, absorvida e/ou adsorvida pelas partículas do mesmo (capilaridade);

Pressão unilateral e bilateral:

Água sob pressão negativa: Água confinada ou não, exercendo pressão hidrostática superior a um quilopascal de forma inversa à impermeabilização.

Água sob pressão positiva: Água confinada ou não, exercendo pressão hidrostática superior a um quilopascal de forma direta na impermeabilização.

Figura 34 - Tipos de solicitações de água nos sistemas impermeabilizantes



Fonte: IBI, 2018

Classificação dos sistemas quanto à exposição ao intemperismo:

Resistentes: Não possuem camada de autoproteção incorporada e não recebem camadas sobrepostas;

Auto protegidos: Possuem camada de autoproteção incorporada (não aceita trânsito, a não ser eventual);

Pós-protegidos: Recebem camadas sobrepostas.

Classificação dos sistemas quanto à aderência:

Aderidos ao substrato;

Não aderidos ao substrato.

Ademais, o IBI também relaciona as possíveis soluções para alguns problemas citados em determinados locais de edificações devido a umidades que se apresentam nesses locais, conforme a tabela abaixo:

Tabela 3 - Problemas e soluções das umidades em cada área da edificação

| Fundações | |
|---|--|
| Problemas | Soluções |
| Umidade ascendente com deterioração da argamassa de revestimento nos pés de paredes, podendo chegar até alturas > 1,00 m. | Impermeabilização rígida, como cristalizantes e argamassas poliméricas, ou flexível, como membranas de asfalto modificado com polímeros em solução ou mantas asfálticas |
| Infiltração de água e inundação das áreas próximas. | |
| Insalubridade do ambiente. | |
| Lajes em contato com o solo | |
| Problemas | Soluções |
| Umidade por capilaridade, causando deterioração de acabamentos, como madeiras, carpetes e pisos. | Internamente, impermeabilização rígida, como cristalizantes e argamassas poliméricas. Externamente, antes da concretagem do piso, sobre lastro de concreto magro ou solo regular e compactado, impermeabilizações pré-fabricadas, como mantas asfálticas com geotêxtil acoplado. |
| Destacamento e embolhamento de pisos de alta | |
| Insalubridade do ambiente. | |
| Paredes em contato com o solo, cortinas e paredes-diafragma | |
| Problemas | Soluções |
| Deterioração da argamassa de revestimento. | Internamente, impermeabilização rígida, como cristalizantes (somente para substratos maciços) e argamassas poliméricas. Externamente, impermeabilizações pré-fabricadas, como mantas asfálticas ou membranas moldadas no local à base de solução asfáltica modificada com |
| Embolhamento e deterioração da pintura. | |
| Deterioração de móveis encostados nas paredes, quadros, revestimentos. | |
| Insalubridade do ambiente | |
| Pilares (estruturas de concreto) | |
| Problemas | Soluções |
| Ataque as armaduras, com comprometimento da estrutura. | Os pilares recebem a mesma impermeabilização de pisos e paredes |
| Revestimento de argamassa | |
| Problemas | Soluções |
| Desagregação. A argamassa perde resistência e torna-se pulverulenta, destacando-se da superfície. | Normalmente os revestimentos são executados após a adoção de alguma impermeabilização aplicada diretamente na estrutura. Porém, quando a parede ou cortina for de alvenaria revestida, este revestimento deverá ser executado |
| Eflorescências, mofo e bolor. | |
| Pintura | |
| Problemas | Soluções |
| Embolhamento e destacamento | Refazer a pintura após impermeabilização da base, conforme as soluções propostas nos itens anteriores. |
| Eflorescências, mofo e bolor. | |
| Concreto aparente | |
| Problemas | Soluções |
| Comprometimento da estrutura | Pode ser tratado com sistemas rígidos, como argamassa polimérica e cristalizantes, ou flexíveis (mantas asfálticas, emulsões ou soluções asfálticas, etc.). A opção vai depender das particularidades de cada obra. Por exemplo: em um solo com umidade constante, lençol freático alto e pressão negativa, somente com acesso interno, é recomendado um sistema rígido. Caso seja possível rebaixar o lençol freático, pode-se optar por um sistema flexível aplicado externamente. |
| Lajes de subsolo (do 1º para o 2º subsolo) | |
| Problemas | Soluções |
| Oxidação das armaduras com comprometimento das estruturas no longo prazo. | Se recomendadas, neste caso, mantas asfálticas, que, no entanto, exigem altura suficiente e proteção mecânica dimensionada para o trânsito de veículos. Existem também alguns sistemas compostos por membranas de uretano com adição de agregados que podem ser utilizados como acabamento final e impermeabilizante. Estes, porém, são muito mais caros que os tradicionalmente utilizados em nosso mercado e ainda não há tecnologia nacional, dependendo de produtos importados. |

Fonte: IBI

4.7 componentes dos sistemas de impermeabilização

Além da camada impermeável, que é constituída pelos diferentes tipos de impermeabilizantes apresentados, também existem outros componentes do sistema de impermeabilização que são de fundamental importância para que a estanqueidade da estrutura será atingida, esses elementos podem ser separados em quatro componentes:

- Base e camada de regularização;
- Proteção mecânica;
- Detalhes construtivos;
- Isolamento térmico.

4.7.1 Camada de regularização e caimentos

Segundo a NBR 9575 (2010) a camada de regularização é definida como estrato com as funções de regularizar o substrato, proporcionando uma superfície uniforme de apoio, coesa, perfeitamente aderida e adequada à camada impermeável, e de fornecer a ele um certo caimento ou declividade, além disso, atenta para a importância de a superfície ser isenta de protuberâncias e com resistência e textura compatíveis como sistema de impermeabilização a ser empregado.

Figura 35 - Regularização do substrato



Fonte: Felizardo, 2013

Outros cuidados que a NBR recomenda são a execução da regularização, com argamassa de cimento e areia, com traço volumétrico (1:3), granulometria de areia de 0 mm a 3 mm e sem adição de aditivos. Devendo a camada de regularização ser perfeitamente aderida ao substrato, realizar o devido caimento mínimo de 1% em direção aos ralos. Arredondar ou chanfrar cantos vivos e arestas, de forma a permitir um ajustamento contínuo do sistema impermeabilizante, sem dobragem em ângulo, tubulações emergentes e ralos que deverão estar rigidamente fixados, a fim de garantir a perfeita execução dos arremates. Também é indicado pela norma que o substrato de áreas horizontais externas deve ser de, no mínimo, 1% em direção aos coletores de água. Já para calhas e áreas internas, é permitido um mínimo de 0,5%.

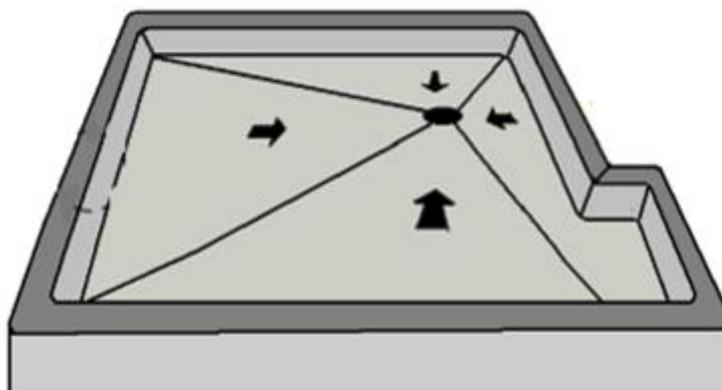
Figura 36 - Regularização de cantos arredondados



Fonte: Freire, 2007

Soares (2018) aponta para a relevância dos caimentos, que são elementos extremamente necessários para que haja funcionamento correto do sistema, evitando a concentração de água e a encaminhando para seu destino final. Desta maneira, a determinação dos caimentos de uma laje de concreto faz parte do projeto de impermeabilização e deve ser feita na fase de anteprojeto de arquitetura. E o projeto de caimentos deve ser feito de acordo com os projetos hidrossanitários, já que para sua execução necessita-se da indicação dos ralos.

Figura 37 - Exemplo de caimentos em laje com 1 coletor



Fonte: Soares, 2014

Ainda nesse processo, Siqueira (2018) determina que deve-se encontrar todas as falhas de concretagem, abrir até encontrar um concreto firme e homogêneo, as falhas e nichos devem ser corrigidas e partes não aderidas ou trincadas devem ser refeitas, realizar o corte das pontas de ferro sem função estrutural e refazer estas áreas com argamassa de cimento e areia traço 1:3, de 2cm de espessura, com os cantos arredondados para permitir um ajustamento contínuo do sistema impermeabilizante, sem dobragem em ângulo, e de preferência seguindo uma declividade de 0,5 a 2%.

Righi (2009) afirma que para aplicar produtos de base solvente, o substrato deve estar totalmente seco. Já produtos do tipo emulsivos, à base de água, exigem substratos secos ou úmidos, sem pressão d'água atrás da superfície de contato, o que evitará o descolamento.

4.7.2 Proteção mecânica

Para Bruschi (2018), “a proteção mecânica tem a função de proteger a camada impermeável, absorvendo e dissipando os esforços estáticos e dinâmicos que agem sobre esta, evitando sua danificação e deterioração”.

Soares aponta que essa camada de proteção da impermeabilização é utilizada quando o material usado como camada impermeabilizante não possui características técnicas para retardar o envelhecimento da impermeabilização pela ação das intempéries, agentes poluentes e deve ser resistente a raios ultravioletas. Como exemplo de um tipo de sistema de impermeabilização que não necessita dessa

camada de proteção, Bruschi (2018) nomeia as mantas, pois elas já possuem proteção mecânica incorporada em sua estrutura. Porém Soares (2014) ainda lembra que se deve optar por esse sistema com proteção superficial somente em locais onde não exista tráfego ou cargas acidentais.

O mesmo autor divide a proteção mecânica utilizada em sistemas de impermeabilização em três grupos:

Proteção mecânica intermediária: deve possuir no mínimo um centímetro de espessura e deve amortecer e distribuir as cargas provenientes de acabamentos finais a exemplo pisos.

Proteção mecânica para solicitações leves e normais: deve possuir uma espessura final mínima de três centímetros e distribuir sobre o sistema de impermeabilização os esforços normais de carregamentos previstos.

Proteção em superfície vertical: deve resistir a impactos, intemperismo e abrasão. Devem ser armadas com telas estruturantes fixadas sem comprometer a impermeabilização.

Figura 38 - Proteção mecânica em placas 60 x 60 cm



Fonte: Freire, 2007

Concluindo, Siqueira (2018) ainda orienta que a camada protetora não fique em contato direto com o impermeabilizante, pode-se usar uma camada de papel kraft ou filme polietileno. Soares (2014) complementa esclarecendo que essa camada separadora se faz importante para impedir a transmissão das tensões atuantes na proteção mecânica para a camada impermeável.

4.7.3 Isolamento térmico

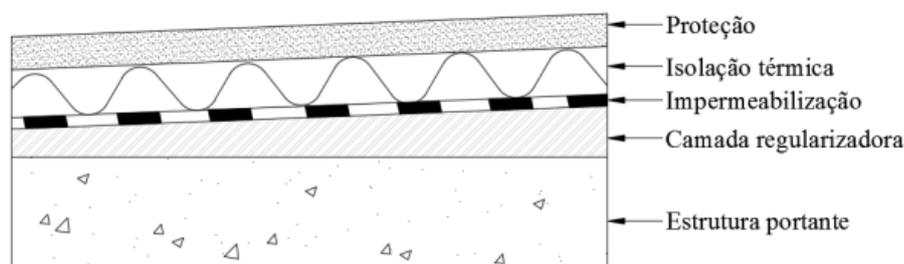
Conforme NBR 9575 (2010) é a camada responsável por reduzir os efeitos danosos provocados por calor excessivo, pois restringe o gradiente de temperatura atuante sobre a camada de impermeabilização.

Soares (2014), recomenda este processo em áreas expostas a constantes variações térmicas, pois essas estruturas, de acordo com o coeficiente de dilatação térmica do material, sofrem efeitos de dilatação e contração que podem causar fissuras prejudiciais ao sistema de impermeabilização, também é recomendado esse elemento em áreas que sofram ação intensiva de intempéries, como sol e chuva.

Junto a proteção da impermeabilização, esse componente ajuda a garantir conforto térmico na edificação, bem como a economia de energia devido a diminuição do uso de refrigeração ou aquecimento.

Quanto ao local em que o isolamento é colocado, existem duas possibilidades, segundo Siqueira (2018), sobre ou sob a impermeabilização.

Figura 39 - Disposição do isolamento em relação à impermeabilização



Fonte: Siqueira, 2018

4.7.4 Detalhes construtivos

Além do cuidado com a aplicação e as demais etapas que foram descritas até aqui, ainda existem alguns detalhes que se deve ter atenção no processo de impermeabilização de uma estrutura, conforme Righi (2009), a maior parte dos problemas com impermeabilização ocorre em detalhes como em encontros de ralos, juntas de dilatação, chumbamentos e passagem de dutos.

Picchi (1986) já evidenciava a importância desses detalhes, citando que o sucesso da impermeabilização depende desses detalhes para garantir a estanqueidade da estrutura.

Ainda reforçando tal importância, Felizardo (2013) menciona que quanto maior o número de detalhes relativos à impermeabilização, melhor será a preparação da área, por consequência, mais qualificado será o serviço.

Portanto serão mostrados a seguir detalhes construtivos de execuções de ralos, rodapés, chumbamentos, soleiras, pingadeiras e juntas de dilatação. Esses detalhes contribuem para o êxito no processo de impermeabilização.

4.7.4.1 Ralo

Para Soares (2014), o arremate dos ralos é provavelmente o detalhe construtivo mais importante em todo o processo de impermeabilização, pois é o ponto onde surgem a maior parte das falhas do sistema, uma das causas mais comuns é quando é feita a execução da camada impermeabilizante antes do coletor do ralo, pois, assim, não se faz ponte entre os dois sistemas. Este método errado de execução faz com que o fluido passe entre o coletor e a camada impermeabilizante.

A NBR 9575 (2010) recomenda que os coletores devem ter diâmetro que garanta a manutenção da seção nominal dos tubos prevista no projeto hidráulico após a execução da impermeabilização, sendo o diâmetro nominal mínimo de 75 mm. Os coletores devem ser rigidamente fixados à estrutura.

Butzke (2020) demonstra os procedimentos a serem realizados para os detalhes construtivos da impermeabilização dos ralos:

No caso de argamassas impermeabilizantes, o ralo, que se caracteriza como um ponto crítico, deve ser reforçado com armadura, como por exemplo a tela de poliéster. Esse passo será importante para reforçar estruturalmente o sistema de impermeabilização.

Para que a impermeabilização seja feita de forma eficiente em torno dos ralos, a tela deverá ser cortada, de modo que fique aderida ao interior do tubo e à superfície. Para isso, se faz uso de duas camadas de tela nesse ponto, a primeira em que a parte interna do tubo estará toda coberta pela tela, e a superfície estará coberta por tiras da tela, e a segunda camada em que o inverso acontecerá.

Figura 40 - Detalhamento de impermeabilização em ralos



Fonte: Butzke, 2020

No final, de acordo com a recomendação da NBR 9574 (ABNT, 2008) a tela deverá ser totalmente recoberta pela próxima demão de argamassa polimérica.

Para mantas asfálticas, O procedimento segue a seguinte ordem:

Verificar se área no entorno do ralo está rebaixada. O recomendado é que este entorno rebaixado tenha as dimensões de aproximadamente 40 x 40 cm;

Recortar uma tira de manta asfáltica e fazer um tubo no diâmetro interno do ralo, deixando para fora cerca de 10 cm da manta, e aderir com auxílio do maçarico e colher de pedreiro a manta à parte interna do tubo;

Com auxílio de um estilete cortar em tiras a parte da manta que ficou acima do nível do piso, e com auxílio do maçarico, aderir a manta à superfície;

Com um novo pedaço de manta, revestir todo o diâmetro do ralo, em seguida recortar em formato de pontas a parte que ficará colada no interior do tubo;

A última etapa consiste em aderir as pontas no interior do tubo, que já está revestido com uma camada de manta, e concluir os arremates necessários;

Figura 41 - Execução da impermeabilização com manta asfáltica em ralos



Fonte: Butzke, 2020

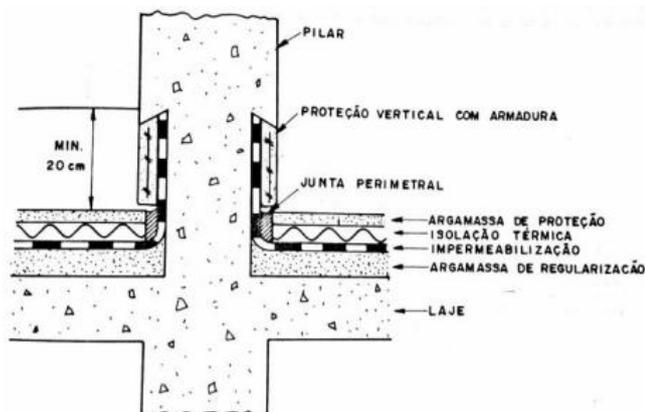
Por fim, Siqueira (2018) ainda lembra que o ralo deve estar suficientemente afastado de paredes e paramentos verticais para permitir o manuseio dos produtos durante a execução do arremate.

4.7.4.2 Rodapé

A NBR 9575/2010 prevê que nos planos verticais, deve-se executar um encaixe para embutir a impermeabilização, a uma altura mínima de 20 cm acima do nível do piso acabado ou 10 cm do nível máximo que a água pode atingir, para o encaixe da impermeabilização. Recomenda-se utilizar uma tela galvanizada para evitar a fissuração do revestimento executado acima da impermeabilização e evitar o descolamento da manta.

Soares (2014) cita alguns erros comuns na execução das impermeabilizações em rodapés, como por exemplo a falha no embutimento lateral de mantas asfálticas e a falha na execução do entelamento do encontro entre o rodapé e o restante da estrutura. Erros esses que podem comprometer a estanqueidade da estrutura, gerando patologias.

Figura 42 - Esquema de impermeabilização junto ao rodapé



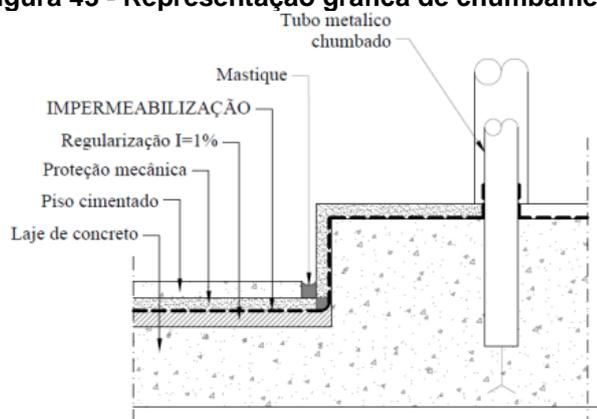
Fonte: Barbosa, 2018

4.7.4.3 Chumbamentos

Os chumbamentos devem ser detalhados, prevendo-se os reforços adequados, conforme NBR 9575/2010. Os chumbamentos devem estar fixados, preferencialmente, antes da execução da impermeabilização, desde que não causem interferência na sua execução, de forma a permitir o arremate da impermeabilização a uma altura não inferior a 20 cm. (RIGHI, 2009) ou a 10 cm acima do nível d'água. (SOARES, 2014).

Segundo Siqueira (2018), toda a tubulação que atravesse a impermeabilização deve ser fixada na estrutura, além de possuir detalhes específicos de arremate e reforço da impermeabilização. Já as tubulações que passam paralelamente sobre a laje devem ser executadas sobre a impermeabilização, e nunca sob ela.

Figura 43 - Representação gráfica de chumbamento



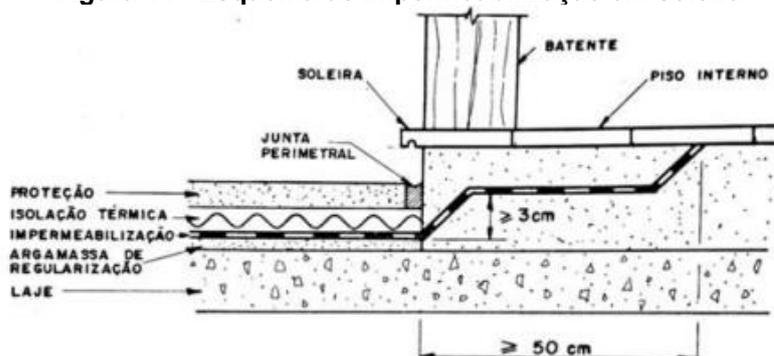
Fonte: Siqueira, 2018

4.7.4.4 Soleira

Conforme NBR 9575/2008, nos locais limites entre áreas externas impermeabilizadas e internas, deve haver diferença de cota de no mínimo 6 cm e ser prevista a execução de barreira física no limite da linha interna dos contramarcos, caixilhos e batentes, para perfeita ancoragem da impermeabilização, com declividade para a área externa.

Righi (2009) complementa citando que é necessário que a impermeabilização adentre nos ambientes cobertos, onde existem portas abrindo para a parte exposta à chuva e ao vento, em no mínimo 50 cm na região coberta, evitando assim que a água que escorre pela esquadria cause algum dano na parte interior do imóvel.

Figura 44 - Esquema de impermeabilização em soleira



Fonte: Barbosa, 2018

4.7.4.5 Pingadeira

De acordo com Righi (2009), as pingadeiras servem para impedir o escoamento da água nas estruturas verticais, evitando com que a mesma penetre no arremate de impermeabilização. Esse elemento construtivo deve ser previsto pelo projetista nos locais necessários.

Siqueira (2018) cita como exemplos de locais que necessitam de pingadeiras os muros, guarda-corpos de alvenaria e platibandas e peitoril de janelas, esse detalhe contribui para evitar o aparecimento de manchas nas fachadas das edificações e infiltrações.

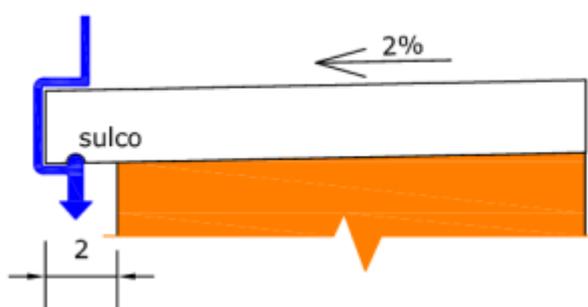
Para que as pingadeiras executem seu papel com perfeição, Soares (2014) determina que elas devem ter as seguintes características:

Inclinação: deve-se aplicar uma inclinação de 2 a 5%.

Friso: Sem ele não há pingadeira, apenas um simples peitoril. Já que o friso inferior permite que a água, de fato, pingue. Se não houver o friso, que é um corte na parte inferior do peitoril, a água escorrerá pela parede, anulando o propósito da peça.

Avanço lateral do peitoril: O peitoril deve avançar além do vão da janela, para que o fluxo da água não danifique as laterais inferiores do vão. Desta maneira, indica-se que o peitoril avance, no mínimo, 25 mm em cada lado.

Figura 45 - Fluxo em chapim com pingadeira



Fonte: Soares, 2014

4.7.4.6 Juntas de dilatação

As juntas de dilatação podem ser definidas conforme Soares (2014), como sendo uma separação entre duas partes de uma estrutura. Righi (2009) completa dizendo que essas juntas se destinam a diminuir o valor absoluto das variações volumétricas devidas as variações térmicas, retração hidráulica e outros.

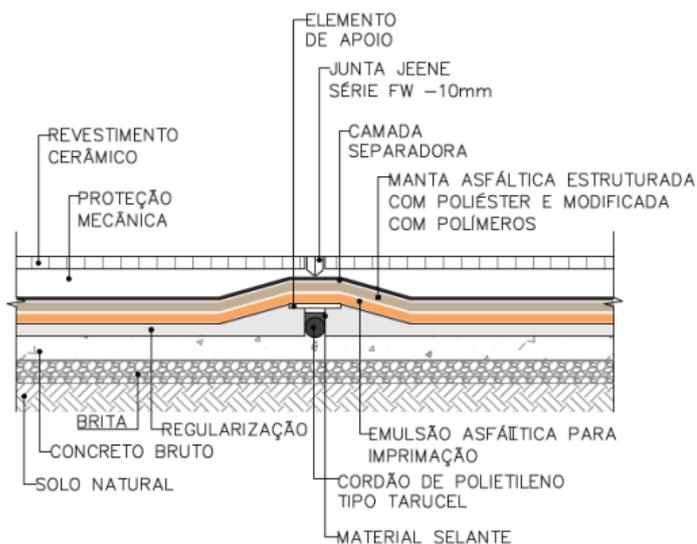
A NBR 9574 (2008) determina que as juntas de dilatação devem ser divisoras de água, com cotas mais elevadas no nivelamento do caimento. desta maneira evita-se a concentração de água nessa região.

Um ponto importante levantado por Soares (2014) é de que o ideal seria que as juntas de dilatação definissem os pontos mais altos da camada regularizadora e, conseqüentemente, do pavimento final, para que não haja empoçamento na região. Definindo-se os caimentos com direções opostas em cada lado da junta de dilatação.

No entanto, para que isso fosse possível, as soluções de impermeabilização teriam que ser estudadas já durante os projetos de arquitetura e estrutura, o que usualmente não ocorre.

Da mesma forma, Siqueira (2018) expressa que em algumas ocasiões o projeto estrutural prevê juntas de dilatação em locais aos quais se torna difícil a execução da impermeabilização.

Figura 46 - Impermeabilização em juntas de dilatação



Fonte: Bruschi, 2018

5 CONCLUSÃO

Com a elaboração do presente trabalho pode-se notar que ainda não existem muitas referências de estudos voltados aos sistemas de impermeabilização.

Porém, mesmo com relativamente pouco estudo e informação sobre os sistemas de impermeabilização, com as normas, guias e manuais existentes ainda não é justificável que ocorram erros de projetos pelos engenheiros responsáveis por obras civis, visto que a bibliografia consta de materiais com diretrizes suficientes para executar essa tarefa.

Dessa forma, o projeto de impermeabilização demanda preparo para ser elaborado, devendo o encarregado conhecer com aptidão os sistemas de impermeabilização disponíveis no mercado, tal como deve fiscalizar a execução dos seus projetos, visto que os problemas não previstos em projeto só irão se revelar após o início da obra.

Por conseguinte, se faz necessário por parte dos engenheiros civis o conhecimento das técnicas e benefícios da impermeabilização, bem como das patologias ocorridas pelas falhas de impermeabilização, nessa linha, Siqueira (2018) conclui que é possível impedir a ação da umidade nas estruturas através de medidas preventivas, ou seja, impermeabilização bem executada antes dos problemas surgirem.

A revisão bibliográfica também mostrou que os custos com manutenções preventivas se tornam mais vantajosos em termos financeiros do que os custos com manutenções corretivas, Galvão, Resende e Carijo (2019) citam essa diferença de custo podendo ultrapassar 12%, ou nem ser possível o tratamento, perdendo o valor de mercado da edificação, portanto sendo recomendado planejar manutenções frequentes para garantir a durabilidade da estrutura.

Por fim, pelo fato de o projeto de impermeabilização ser elaborado após os demais projetos complementares, a compatibilização dele com os demais projetos se faz de suma importância, tomando cuidado com todos os detalhes dos elementos a serem impermeabilizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- _____. Execução de Impermeabilização. NBR 9574. Rio de Janeiro, 2008.
- _____. Impermeabilização - Seleção de Projeto. NBR 9575. Rio de Janeiro, 2010.
- _____. Manta asfáltica para impermeabilização. NBR 9952. Rio de Janeiro, 2014.
- _____. Desempenho de edificações habitacionais. NBR 15575. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. Impermeabilização no contexto da NBR 15575. 2017b. Disponível em: <<https://ibibrasil.org.br/impermeabilizacao-no-contexto-da-nbr-15575/>> Acesso em: 14 nov. 2021.
- _____. 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/wp-content/uploads/2018/06/Guia-de-Aplica%C3%A7%C3%A3o-da-Norma-de-Desempenho-para-Impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o-IBI.pdf>> Acesso em: 14 nov. 2021.
- _____. Projeto, Produtos e Aplicação. Disponível em: <<https://ibibrasil.org.br/projetos/>> Acesso em: 14 nov. 2021.
- _____. Especificação e Projeto de Impermeabilização em conformidade com as Normas Técnicas. Disponível em: <https://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2019/07/3-7%C2%BA-SRI-SC_Especific%C3%A7%C3%A3o-e-Projeto-de-Impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o_Maressa-Menezes.pdf> Acesso em: 14 nov. 2021.
- _____. Projeto de impermeabilização: sistemas e conceitos. Disponível em: <https://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2019/07/IBI_CURSO_Projeto-de-

Impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o-sistemas-e-conceitos_SC_Maressa-Menezes.pdf> Acesso em: 14 nov. 2021.

_____. Norma de desempenho (ABNT NBR 15575) e a impermeabilização. Disponível em: <http://ibibrasil.org.br/simposio2018/wp-content/uploads/2018/06/04-00-Maria-Angelica-_Norma-de-Desempenho-e-a-Impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o_15_SBI.pdf> Acesso em: 14 nov. 2021.

_____. Diretrizes para elaboração do manual de uso, operação e manutenção da impermeabilização: cuidados de uso, condições de manutenção, manutenção preventiva e perda de garantia com foco no atendimento à ABNT MBR 15575:2013. Disponível em: <<https://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/06/Diretrizes-para-elabora%C3%A7%C3%A3o-do-Manual-de-uso-opera%C3%A7%C3%A3o-e-manuten%C3%A7%C3%A3o-da-impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o-IBI.pdf>> Acesso em: 14 nov. 2021.

BARBOSA, Rafael Madeira Estevam. Patologia da impermeabilização em edificações: Aspectos técnicos e metodológicos. 2018. 120 f. Projeto (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

BARREIROS, José Vitor; VIEIRA, Bruno Valceli. Patologias em residências unifamiliares associadas à falta ou falha de impermeabilização: estudo de casos. 2019. Universidade Do Sul De Santa Catarina, Palhoça, Santa Catarina. 2019

BRUSCHI, André Luiz Zarth. Diretrizes para elaboração de um projeto de impermeabilização aplicado em residência unifamiliar. 2018. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

BUTZKE, V. I. Estudo Comparativo Entre Argamassa Impermeabilizante Flexível E Manta Asfáltica Para Impermeabilização. Porto Alegre, Brasil, 2020.

CASTRO, V. S. Qualidade de sistema de impermeabilização. Revista de engenharia da universidade católica de Petrópolis, v. 12, p. 38-47, 2018.

FELIZARDO, Helio. Projeto de sistema de impermeabilização de uma laje de cobertura. 2013. UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Santa Catarina, 2018.

FOGANHOLO JR., João Mario. De Marco, Gerson. Impermeabilização: caracterização, execução e desempenho. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXIX, Nº. 000182, 29/10/2019.

FONSECA, L. A. Levantamento de patologias causadas por umidade em uma edificação na cidade de Palmas - TO. Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental, v. 20, p. 174, 2016

FREIRE, Mônica Athayde. Métodos executivos de impermeabilização de um empreendimento comercial de grande porte. 2007. 72 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

GALVÃO, Luan Martins; RESENDE, Carlos Diego Costa; CARRIJO, Selma Araújo. A importância do sistema de impermeabilização na prevenção de manifestações patológicas na construção civil. Anais colóquio estadual de pesquisa multidisciplinar (issn-2527-2500) & congresso nacional de pesquisa multidisciplinar 2019.

GNOATTO, Eloise Leonora; NUERNBERG, Jéssica Klemm. Análise Da Utilização De Coberturas Do Tipo Laje Impermeabilizada Executadas Em Pato Branco - PR Na Última Década. 2014. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

HUSSEIN, J. S. M.. Levantamento de patologias causadas por infiltrações devido à falha ou ausência de impermeabilização em construções residenciais na cidade de Campo Mourão – Pr. 2013. 54 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

QUERUZ, F. Contribuição para Identificação dos Principais Agentes e Mecanismos de Degradação em Edificações da Vila Belga. Santa Maria, Brasil, 2007.

MELLO, L.S.L. Impermeabilização – Materiais, procedimentos e desempenho. 2005. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005.

MORAIS, C.R.K. Impermeabilização em Lajes de Cobertura: Levantamento dos Principais Fatores Envolvidos na Ocorrência de Problemas na Cidade de Porto Alegre. Porto Alegre, Brasil, 2002.

OLIVEIRA, D. F. Levantamento de causas de patologias na construção civil. 2013. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

OLIVEIRA, Michel Vinícius Takahashi de. Avaliação das causas e consequências das patologias dos sistemas impermeabilizantes: um estudo de caso. 2015. 78 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/139165>>.

PEREIRA, Fernanda dos Santos. Impermeabilização de lajes de cobertura com manta asfáltica. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXVIII, Nº. 000148, 23/11/2018.

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

RIGHI, G.V. Estudo Dos Sistemas De Impermeabilização: Patologias, Prevenções E Correções – Análise De Casos. Santa Maria, Brasil, 2009.

RODRIGUES, R., Sobrinho Júnior, A., & Lima, E. E. (2016). Erros, diagnósticos e soluções de impermeabilização na construção civil. *Revista InterScientia*, 4(2), 19-33. Disponível em: <<https://periodicos.unipe.br/index.php/interscientia/article/view/513>>

SABBATINI F. et al. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica da USP. Impermeabilização – Sistemas e execução. São Paulo, [2006]. 20p.

SANTOS, Diego Hálamo dos. Sistema de impermeabilização: estudo do procedimento de execução em uma obra no município de Juazeiro do Norte. 2016. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo da Construção Civil) – Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, 2016.

SAYEGH, S. Cimentos e polímeros contra a umidade. *Téchne*, São Paulo, n. 56, p. 42-44, nov. 2001.

SIQUEIRA, Vivian de. Impermeabilização Em Obras De Construção Civil: Estudos De Casos Patologias E Correções. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018.

SILVA, LUZILENE SOUZA et al. Estudo de caso de patologias causadas pela umidade face a inexistência de implantação do sistema de impermeabilização nas garagens do 1º e 2º subsolo de um edifício residencial multifamiliar de múltiplos pavimentos em Belém/PA. *RCT - Revista de Ciência e Tecnologia*, [S.l.], v. 5, n. 9, dec. 2019. ISSN 24477028. Disponível em: <<https://revista.ufrr.br/rct/article/view/5531>>. Acesso em: 14 nov. 2021.

SOARES, F.F. A Importância Do Projeto De Impermeabilização Em Obras De Construção Civil. Rio de Janeiro, Brasil, 2014.

SOARES JUNIOR, Gilomé Candido; MOREIRA FELIPE, José Maick; GOULART, Letícia Beraldo, RODRIGUES, Vitor Franco. Impermeabilização das edificações patologias e correções. Anais colóquio estadual de pesquisa multidisciplinar & congresso nacional de pesquisa multidisciplinar 2018.

SOUZA, Julio Cesar Sabadini de; MELHADO, Sílvio Burrattino. Considerações gerais sobre os sistemas de impermeabilização dos pisos do pavimento-tipo de edifícios. [S.l: s.n.], 1998.

SOUZA, M.F. Patologias Ocasionadas pela Umidade nas Edificações. Minas Gerais, Brasil, 2008.

VEDACIT – Manual técnico de impermeabilização de estruturas. 6ª Edição. Disponível em: <<http://www.vedacit.com.br>> Acesso em: 14 nov. 2021.

ZUCHETTI, Pedro Augusto Bastiani. Patologias da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no Vale do Taquari/RS. 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, nov. 2015.

ZANZARINI, José Carlos. Análise das causas e recuperação de fissuras em edificação residencial em alvenaria estrutural: estudo de caso. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.