

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
ICET - Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia
Bacharelado em Engenharia Civil

Magaly Alves Fernandes
Nájla Bitencourt Gonzaga Louzada e Estanislau
Tâmara Mariane Teixeira Mendes

TÉCNICAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO PARA ASSEGURAR A DURABILIDADE
DAS EDIFICAÇÕES

Teófilo Otoni/MG
2019

Magaly Alves Fernandes
Nájla Bitencourt Gonzaga Louzada e Estanislau
Tâmara Mariane Teixeira Mendes

**TÉCNICAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO PARA ASSEGURAR A DURABILIDADE
DAS EDIFICAÇÕES**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Jorge de Lima Gomes

Teófilo Otoni/MG

2019

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, pelo dom da ciência e a sabedoria que nos concedeu para a realização deste trabalho;

Ao Professor Antônio Jorge de Lima Gomes, pela orientação e o apoio;

Aos demais professores e servidores da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, pela contribuição à nossa formação;

Aos nossos pais e familiares, principais responsáveis pelas nossas conquistas;

Aos nossos amigos e companheiros, que incentivaram e acompanharam a nossa caminhada.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo” (Albert Einstein).

RESUMO

Este trabalho se contextualiza às principais técnicas de impermeabilização utilizadas para prevenir o surgimento de patologias e assegurar a durabilidade das edificações residenciais. A impermeabilização é composta por um conjunto de camadas, com funções específicas e normatizada pela ABNT NBR 9575:2010, que estabelece as exigências e recomendações relativas à seleção e projeto de impermeabilização, e a NBR 9574:2008 que se refere à execução. Os sistemas de impermeabilização são classificados em rígidos ou flexíveis e devem ser selecionados de acordo com a necessidade local de aplicação. A impermeabilização rígida reduz a porosidade do elemento, tornando a área impermeável através da inclusão de aditivos químicos. Os impermeabilizantes rígidos não se deformam junto com a estrutura, por isso são indicados para locais que não estão sujeitos a trincas ou fissuras. Os impermeabilizantes flexíveis são utilizados nas partes construtivas sujeitas à fissuração e podem ser divididos em dois tipos: moldados no local (membranas) ou pré-fabricados (mantas). Os materiais utilizados para impermeabilização flexível são geralmente elastômeros e polímeros. As técnicas de aplicação dos impermeabilizantes variam de acordo com cada elemento escolhido, devendo sempre respeitar as orientações dos fabricantes e as normas técnicas específicas para cada material. Os mecanismos de atuação da água na edificação se dão através da umidade do solo (lençol freático, vazamentos de tubulações subterrâneas), umidade da atmosfera (chuvas, condensação), umidade vinda de obras vizinhas (falta de drenagem superficial) e umidade provinda da própria construção (vazamentos, infiltrações, capilaridade dos materiais). A ausência de um sistema de impermeabilização nos elementos construtivos, quando sujeitos à ação da água, pode provocar patologias como eflorescências, carbonatação do concreto e corrosão das armaduras, trincas e fissuras, mofo, deslocamentos de pisos, problemas na pintura, entre outros. O engenheiro encarregado pelo projeto de impermeabilização deve desenvolvê-lo em conformidade com as normas da ABNT visando reduzir o custo e aumentar a eficiência. Para tanto, é necessário a escolha do sistema adequado, a seleção dos materiais, a identificação de interferências com outros sistemas e a execução correta. Desta forma, a impermeabilização poderá assegurar a durabilidade e a salubridade das edificações.

Palavras-chave: Técnicas de Impermeabilização; Durabilidade; Impermeabilização Rígida; Impermeabilização Flexível; Patologias na Edificação.

ABSTRACT

This work contextualize the main waterproofing techniques used to prevent the emergence of pathologies and ensure the residential buildings durability. The waterproofing is composed of a set of layers, with specific functions and standardized by ABNT NBR 9575: 2010, which establishes the requirements and recommendations regarding the waterproofing selection and design and NBR 9574: 2008 that refers to the execution. The waterproofing systems are classified into rigid or flexible and should be selected according to the site that need application. Rigid waterproofing reduces the element porosity, making the area impermeable through the inclusion of chemical additives. The rigid waterproofing agents don't deform along with the structure, so they are suitable for places that are not subject to cracks or cleft. The flexible waterproofing are used in constructive parts subject to cracking and can be divided into two types: cast on site (membranes) or prefabricated (blankets). The materials used for flexible waterproofing are generally elastomers and polymers. The application of waterproofing techniques changes according to each chosen element and must always comply with the manufacturers' guidelines and the specific technical standards for each material. The water mechanisms performance in the building are given through soil moisture (groundwater, leaks from underground pipes), humidity of the atmosphere (rainfall, condensation), humidity coming from nearby works (lack of surface drainage) and humidity from its own (leaks, infiltrations, materials capillarity). The absence of a waterproofing system in the constructive elements, when subjected to the water action, might cause pathologies such as efflorescence, concrete carbonation and reinforcement corrosion, cracks, mold, dislocations of floors, problems in painting, among others. The engineer in charge of the waterproofing project must develop it in accordance with the ABNT standards in order to reduce the cost and increase the efficiency. For this, it is necessary choose the appropriate system, the materials selection, the identification of interferences with other systems and the correct execution. Therefore, for this, it is necessary choose the appropriate system, the materials selection, the identification of interferences with other systems and the correct execution.

Keywords: Waterproofing Techniques; Durability; Rigid Waterproofing; Flexible Waterproofing; Pathologies in Building.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição do custo de uma obra em porcentagem.....	20
Figura 2 - Custo referente à execução da impermeabilização.....	20
Figura 3 - Atuação da água em uma edificação residencial.....	29
Figura 4 - Detalhe da percolação da água.....	30
Figura 5 - Detalhe da condensação da água.....	31
Figura 6 - Detalhe da umidade ascensional.....	32
Figura 7- Eflorescências em alvenaria.....	34
Figura 8 - Carbonatação do concreto e corrosão das armaduras.....	35
Figura 9 - Trinca em alvenaria devido à umidade.....	36
Figura 10 - Aglomeração de fungos em paredes.....	37
Figura 11 - Destacamento cerâmico em fachada de edifício.....	37
Figura 12 - Alteração na pintura de um edifício devido à umidade.....	38
Figura 13- Membrana asfáltica sendo moldada in loco a quente.....	41
Figura 14 - Membrana asfáltica in loco a frio com o reforço do véu de poliéster.....	41
Figura 15 - Manta asfáltica a quente.....	43
Figura 16 - Manta asfáltica aplicada com maçarico.....	44
Figura 17- Fixação automática da membrana de PVC com parafusos e arruelas especiais.....	45
Figura 18 - Processo de solda com equipamento apropriado.....	46
Figura 19 - Processo de solda com equipamento manual.....	46
Figura 20 - Geomembrana PEAD.....	47
Figura 21 - Canal de adução utilizando geomembrana PEAD.....	48
Figura 22 - Manta em EPDM.....	49
Figura 23 - Manta em EPDM para impermeabilização de telhado.....	50
Figura 24 - Ordem de execução da Argamassa com Aditivo Hidrófugo.....	53
Figura 25 - Aplicação da Argamassa com Aditivo Hidrófugo.....	53
Figura 26 - Comparação das vantagens e desvantagens entre a argamassa aditivada e a argamassa polimérica.....	55
Figura 27- Sequência de aplicação da argamassa polimérica: limpeza e umedecimento; mistura dos componentes; aplicação em parede com o uso de trincha; utilização de armadura tipo tela.....	56
Figura 28 - Aplicação de cristalizante na forma de pintura.....	57
Figura 29 - Aplicação de agentes cristalizantes na recuperação de parede.....	58
Figura 30 - Aplicação de resina epóxi.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CaCO ₃	Carbonato de Cálcio
CO ₂	Gás Carbônico
EPDM	Borracha de Etileno-Propileno-Dieno
EUA	Estados Unidos da América
IBI	Instituto Brasileiro de Impermeabilização
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PVC	Policloreto de Vinila
TPO	Termoplástico de Poliolefina
UV	Radiação Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Objetivos	21
<i>1.1.1 Objetivo geral</i>	21
<i>1.1.2 Objetivos específicos</i>	21
1.2 Justificativa	21
1.3 Metodologia	22
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	25
2.1 História	25
2.2 Normatização	26
2.3 Mecanismos de atuação da água	28
<i>2.3.1 Umidade de infiltração</i>	29
<i>2.3.2 Umidade por percolação</i>	29
<i>2.3.3 Umidade de Obra</i>	30
<i>2.3.4 Umidade por Condensação</i>	30
<i>2.3.5 Umidade Acidental</i>	31
<i>2.3.6 Umidade Ascensional ou por Capilaridade</i>	31
3 PATOLOGIAS NAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS	33
3.1 Eflorescências	34
3.2 Carbonatação do concreto e corrosão das armaduras	35
3.3 Trincas e fissuras	36
3.4 Mofo	36
3.5 Deslocamentos de pisos	37
3.6 Problemas na pintura	38
4 IMPERMEABILIZAÇÃO FLEXÍVEL	39
4.1 Sistema flexível moldado no local	40
<i>4.1.1 Membrana asfáltica</i>	40
<i>4.1.1.1 Aplicação de membrana asfáltica</i>	40
4.2 Sistema flexível pré-moldado	42
<i>4.2.1 Manta asfáltica</i>	42

4.2.1.1 Aplicação de manta asfáltica	43
4.2.2 Manta de policloreto de vinila (PVC)	44
4.2.2.1 Aplicação de manta de policloreto de vinila (PVC)	45
4.2.3 Manta de polietileno de alta densidade (PEAD)	47
4.2.3.1 Aplicação de manta de polietileno de alta densidade (PEAD)	48
4.2.4 Manta elastomérica de etileno-dieno-monômero (EPDM).....	49
4.2.4.1 Aplicação de manta elastomérica de etileno-dieno-monômero (EPDM)	50
5 IMPERMEABILIZAÇÃO RÍGIDA	51
5.1 Aditivos Hidrófugos.....	51
5.1.1 Aplicação de aditivos hidrófugos	52
5.2 Argamassa Polimérica.....	54
5.2.1 Aplicação de argamassa polimérica.....	55
5.3 Aditivos Cristalizantes	56
5.3.1 Aplicação de aditivos cristalizantes.....	57
5.4 Impermeabilizante de pega ultrarrápida	58
5.4.1 Aplicação de impermeabilizante de pega ultrarrápida.....	59
5.5 Membrana Epoxídica	59
5.5.1 Aplicação de membrana epoxídica	60
6 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações da engenharia civil diz respeito a manter o desempenho e a capacidade de serviço durante toda vida útil das construções. A utilização correta do projeto e dos métodos de impermeabilização influencia diretamente na durabilidade das edificações, uma vez que a água é uma das principais responsáveis pelo surgimento de patologias.

De acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 9575 impermeabilização é um “conjunto de operações e técnicas construtivas, composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade” (ABNT, 2010, p.5).

No Brasil, a impermeabilização começou a ser utilizada em 1968 nas obras do metrô de São Paulo, quando as normas técnicas começaram a ser elaboradas. Até então não havia normatização referente aos processos de impermeabilização (ARANTES, 2017).

De acordo com Arantes (2017), em 1975 houve a criação do IBI – Instituto Brasileiro de Impermeabilização, com o objetivo de desenvolver novos produtos e serviços, a partir de estudos e pesquisas voltados para a impermeabilização. Neste mesmo ano, houve a publicação da primeira norma técnica.

Os impermeabilizantes são classificados em rígidos ou flexíveis e são selecionados de acordo com o local de aplicação. Os rígidos não apresentam características de flexibilidade, possuindo baixa capacidade de absorver deformações, principalmente as concentradas como fissuras e trincas. Dentre eles destacam-se o concreto “impermeável”, a argamassa “impermeável” e os Cimentos poliméricos e cristalizantes.

Os impermeabilizantes flexíveis suportam deformações com amplitudes variáveis, inclusive fissuras e trincas, e são reforçados com materiais resistentes à tração. Dentre os mais utilizados destacam-se as mantas asfálticas; membranas asfálticas moldadas a quente ou a frio; membranas acrílicas ou membranas de poliuretano.

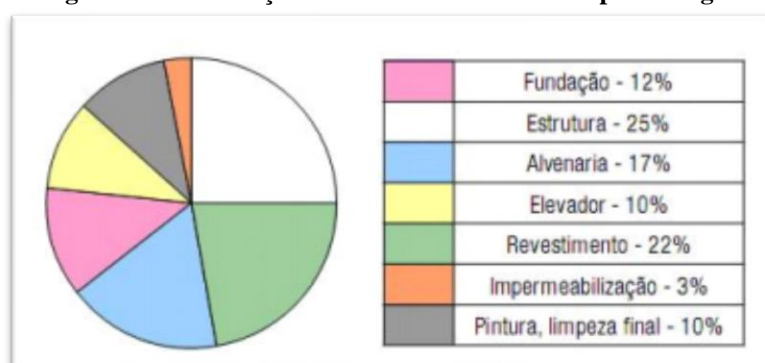
A indústria dos polímeros sintéticos tem desenvolvido novos materiais, com características de impermeabilidade, elasticidade e extensibilidade que possibilitam o desenvolvimento de novos sistemas de impermeabilização com maior desempenho e facilidade de execução.

A execução da impermeabilização durante a obra, além de mais fácil, traz vantagens econômicas, visto que o custo para implantação do sistema na edificação representa

apenas 1 a 3 % do custo total da obra. Enquanto que os custos com o reparo das patologias, provocadas pela ausência do sistema, podem ser até quinze vezes maiores (RIGH, 2009).

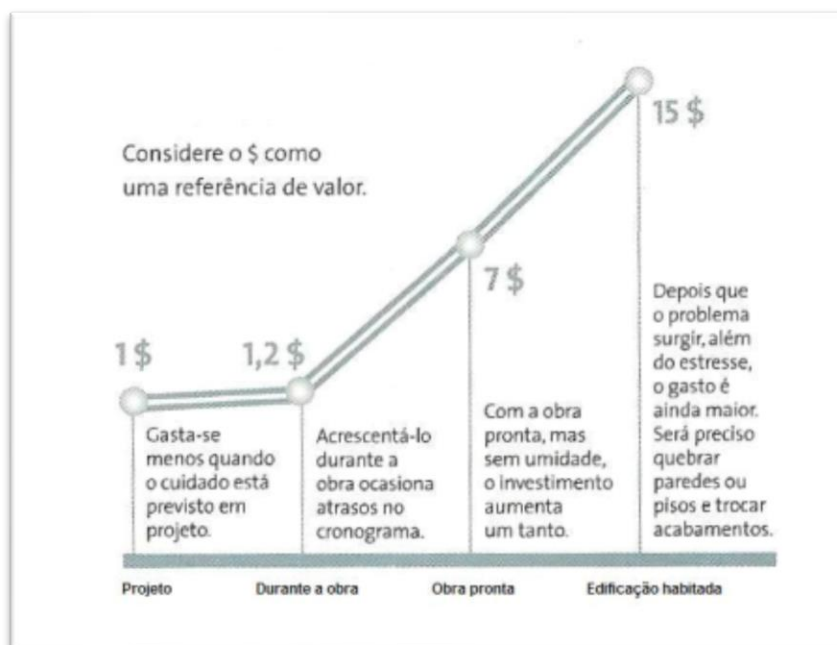
Essa comparação entre o custo benefício de um bom projeto e a execução da impermeabilização é retratada nas figuras 1 e 2. A primeira compara o custo da impermeabilização com as demais etapas de uma obra e a segunda retrata o gasto com a impermeabilização quando prevista em projeto ou executada posteriormente à obra.

Figura 1 - Distribuição do custo de uma obra em porcentagem



Fonte: VEDACIT, 2006, p. 6.

Figura 2 - Custo referente à execução da impermeabilização



Fonte: Adaptado de ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO, 2005.

Considerando a importância do tema para a construção civil, este trabalho aborda a normatização para o projeto e execução da impermeabilização, os mecanismos de atuação

da água, as patologias provocadas nas edificações e as técnicas e tipos de impermeabilizantes mais utilizados.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Apresentar as principais técnicas de impermeabilização utilizadas nas edificações residenciais para assegurar o desempenho e aumentar a vida útil, evitando o surgimento de patologias.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar as normas técnicas e especificações para projetos de impermeabilização;
- Identificar os mecanismos de atuação da água nas edificações e as patologias provocadas;
- Apresentar os diferentes tipos de impermeabilizantes e a correta aplicação de cada um.

1.2 Justificativa

A impermeabilização cumpre um importante papel de assegurar a durabilidade das estruturas e a salubridade das edificações, além de evitar problemas com patologias futuras, proporcionando segurança, economia e conforto ao usuário.

A falta de impermeabilização adequada é um dos problemas citados com grande frequência no âmbito da construção civil. Tal etapa durante a realização das obras muitas vezes não recebe a devida atenção, sendo realizada de maneira ineficiente, já que não é de fácil visualização ao término da obra. Normalmente, os problemas se evidenciam apenas dois anos após a sua conclusão.

A impermeabilização é um dos principais motivos de reclamação dos clientes, após a entrega das chaves dos imóveis e muitos dos problemas poderiam ser evitados com a realização de um planejamento já no início da construção. Moraes (2002) afirma a importância de tal projeto e aponta possíveis causas para o surgimento de algumas patologias nas estruturas:

- Inexistência de um projeto de impermeabilização;
- Escolha e uso inadequado de materiais;
- Erro ao dimensionar e prever a quantidade adequada de coletores pluviais;
- Interferência de outros projetos indevidamente na impermeabilização.

A inexistência desse planejamento ou a má realização do mesmo pode acarretar a necessidade de uma reimpermeabilização, que, de acordo com a Associação das Empresas de Impermeabilização do Estado do Rio de Janeiro (2015), pode corresponder a 25% do custo total da obra, com os custos diretos e indiretos, além de causar diversos transtornos.

Portanto, evidencia-se a importância da impermeabilização correta nas obras de engenharia civil, a fim de evitar o surgimento de patologias, comprometimento das estruturas, gastos elevados com reimpermeabilização, desconforto dos usuários e até mesmo o surgimento de doenças dentro da edificação.

1.3 Metodologia

Este estudo iniciou-se com a busca por informações sobre o tema abordado e os conceitos relacionados, através de pesquisas bibliográficas em artigos, dissertações, monografias e demais materiais disponibilizados em sites e revistas eletrônicas.

Em seguida foi feita uma análise das normas técnicas referentes à impermeabilização, estabelecidas pela ABNT. Nesta etapa, foi feito um estudo da NBR 9575 que estabelece as exigências e recomendações relativas à seleção e projeto de impermeabilização e da NBR 9574 que se refere à execução. O estudo da normatização é necessário para que as construções possam atingir os requisitos mínimos de proteção, salubridade, segurança e conforto do usuário.

A etapa seguinte consistiu em uma pesquisa a respeito dos mecanismos de atuação da água nas edificações e as patologias associadas à ausência do projeto de impermeabilização. As patologias correspondem a todas as manifestações cuja ocorrência venha prejudicar o desempenho do edifício e suas partes construtivas. O excesso de umidade é uma das principais causas de patologias e pode provocar, desde alterações na estética até danos estruturais, como a corrosão das armaduras.

Após avaliar as patologias realizou-se um levantamento dos sistemas de impermeabilização disponíveis no mercado. Foram analisados separadamente os

impermeabilizantes rígidos, utilizados em estruturas não sujeitas à fissuração ou a grandes deformações e os flexíveis que possuem a capacidade de se alongar e sofrer deformações.

A partir das soluções de impermeabilização estudadas, foram identificados os materiais de impermeabilização mais utilizados, os locais indicados e a técnica correta para a aplicação de cada um.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 História

Desde o surgimento das primeiras civilizações, a busca por métodos de impedir a ação da água sempre esteve presente. Assim, com o passar do tempo foram sendo desenvolvidas e aprimoradas diversas técnicas de impermeabilização, com o objetivo de prolongar a vida útil das construções.

Em vários países, a impermeabilização iniciou-se com o uso de óleo de baleia na mistura das argamassas de assentamento e revestimento. No entanto, a primeira referência ao processo de impermeabilização da história foi descrito na Bíblia, em versículos do Antigo Testamento informando que a Torre de Babel e a Arca de Noé foram impermeabilizadas com asfalto (FREIRE, 2007).

A cerca de 3600 ac, durante a construção da Pirâmide de Gizé, foi constatado o uso de sistemas de impermeabilização, sendo utilizado material betuminoso nos blocos de fundação, segundo o Australian Institute of Waterproofing (AIW, 2017). O uso dos métodos de impermeabilização é o que explica o excelente estado de seu interior ainda em 1800 ao ser aberta por arqueólogos, mesmo tal pirâmide tendo ficado exposta as recorrentes cheias do Rio Nilo.

Barbosa (2018) afirma que foi a partir do século XX que foi possível a expansão dos sistemas de impermeabilização. Isso se deu pelo desenvolvimento da indústria de polímeros sintéticos, tendo como resultado o aumento da produção e da diversidade de materiais. Dessa forma, culminou-se no aperfeiçoamento das técnicas de impermeabilização até as conhecidas atualmente.

De acordo com Picchi (1986, apud BARBOSA, 2018) a primeira utilização de material betuminoso em coberturas de forma parecida a que se pratica atualmente data-se de 1790 na Suécia, sendo inserido a tábuas revestidas com papel e impermeabilizadas com alcatrão. Somente por volta de 1845, começou-se a utilizar os feltros impregnados de alcatrão para coberturas, nos EUA.

No Brasil, a impermeabilização remonta ao início da colonização. Os primeiros serviços que se tem conhecimento são os fortes ou fortalezas, feitas pelos portugueses (MORAES, 2002). O Forte de São Marcelo, localizado em Salvador, estado da Bahia, e o Forte dos Reis Magos, em Natal (RN), são exemplos utilizados por Moraes (2002) como típicos da engenharia impermeabilizante da época, sendo estes datados do século XVI.

Foi no fim do século XIX que surgiram as primeiras impermeabilizações com alcatrão, piche e asfaltos, segundo Pozzoli (1991, apud MORAES, 2002). Já na década de 50, iniciou-se no país a utilização das emulsões asfálticas, mantas butílicas, resinas epoxídicas e mantas PVC e apenas na década de 60 foram empregados elastômeros em sistemas de impermeabilização, com o uso do neoprene e do hypalon em solução.

De acordo com Barroso (2018), a criação do Instituto Brasileiro de Impermeabilização, teve um papel fundamental na difusão das normas da ABNT e na normalização da impermeabilização. Sua criação é relacionada a um grupo de estudos liderado por Kurt Baungart que realizou um trabalho de oito anos em conjunto com a ABNT, dando assim, origem as normas atuais.

2.2 Normatização

A normatização técnica é necessária para que os diversos produtos e serviços tenham estabelecidas orientações destinadas à suas aplicações e utilizações. Com a impermeabilização não é diferente, sendo a ABNT o órgão responsável pela criação e revisão das normas técnicas vigentes no Brasil.

Com relação a impermeabilização na construção civil, o número de normatizações é grande, já que existem normas específicas para cada tipo de produto. Porém, vale destacar duas de extrema importância a NBR 9575 – Impermeabilização: Seleção e Projeto e a NBR 9574 – Execução de Impermeabilização, a primeira com última revisão em 2010 e a segunda com revisão em 2008.

A NBR 9575 estabelece a obrigatoriedade de um projeto destinado à impermeabilização em determinadas obras em execução ou sujeitas a acréscimos ou reformas, buscando proporcionar salubridade e durabilidade à edificação, bem como a segurança e conforto do usuário (ABNT, 2010).

Ainda de acordo com ABNT (2010) por meio da NBR 9575 os tipos de impermeabilização são classificados conforme o principal material constituinte da camada impermeável, sendo eles: cimentícios, asfálticos e poliméricos.

Para a elaboração desses projetos é necessário realizar um estudo preliminar, que consiste em um conjunto de informações legais, técnicas e de custos, composto por dados analíticos que tem como objetivo determinar e quantificar as áreas a serem impermeabilizadas (ABNT, 2010). Este estudo deve fornecer informações suficientes para o desenvolvimento das

soluções de impermeabilização adequadas a uma determinada construção, como a quantidade de áreas molhadas, ocorrência de chuvas, umidade do solo, entre outros.

O projeto preliminar consiste em informações gráficas e descritivas que representam as soluções de impermeabilização a serem adotadas para atender às exigências de desempenho em relação à estanqueidade e durabilidade dos elementos construtivos. Ele deve compatibilizar a impermeabilização com os demais projetos da edificação, de modo a prever e equacionar as diferenças (IBI, 2018).

O projeto de execução detalha e especifica integralmente todos os sistemas de impermeabilização a serem empregados numa dada construção, bem como sua correta execução. É um projeto especializado e pode ser feito após o projeto de arquitetura, mas antes do início da execução das fundações da construção (ABNT, 2010).

Além das especificações e exigências de projetos, a NBR 9575 traz a definição dos termos técnicos referentes à impermeabilização e aborda a salubridade, segurança e conforto do usuário.

A NBR 9574, por sua vez, sistematiza os processos de execução e estabelece exigências mínimas para o desempenho, englobando as construções, reformas e reparos de um modo geral. Além de estabelecer as exigências e recomendações referentes à execução de impermeabilização para que sejam atendidas as condições de proteção da construção contra a passagem de fluidos (ABNT, 2008).

A elaboração de um projeto de impermeabilização correto e inequívoco é de fundamental importância para o desempenho da edificação, a redução dos custos e para evitar futuras patologias e maiores transtornos. Para tanto, é necessário à escolha do sistema mais adequado, a seleção correta dos materiais inerentes ao sistema e a identificação de interferências com outros sistemas (ABNT, 2010).

Outra norma importante a ser citada é a NBR 15575 (2013) – Edificações Habitacionais – Desempenho. Diferentemente das normas prescritivas citadas anteriormente, focadas na fase construtiva, as Normas de desempenho traduzem as exigências dos usuários em requisitos e critérios, sendo consideradas complementares às Normas prescritivas (ABNT, 2013).

A NBR 15575 explora a durabilidade dos sistemas, a manutenção da edificação e o conforto tátil dos usuários. Apresenta exigências no quesito de conforto e qualidade, em cada um dos sistemas que compõem uma edificação: estrutura, vedações, pisos, instalações e coberturas (ABNT, 2013).

Além disso, aborda a utilização dos mais variados tipos de impermeabilizantes para que cada um desses sistemas atenda aos requisitos relacionados existentes na Norma, com enfoque na necessidade da estanqueidade da água (ABNT 2013).

Como as normas anteriores não tratavam sobre a durabilidade dos sistemas de impermeabilização, já a NBR 15575 (2013) traz essas exigências: os sistemas de fácil manutenção devem possuir vida útil de, no mínimo, 4 a 8 anos; e os sistemas de difícil manutenção, de 20 anos.

Esta Norma de Desempenho enfatiza a importância à habitabilidade e à duração da qualidade da edificação, com objetivo de prezar pelo conforto, higiene, estabilidade, acessibilidade, vida útil da construção e segurança (MOBUSS CONSTRUÇÃO, 2018).

2.3 Mecanismos de atuação da água

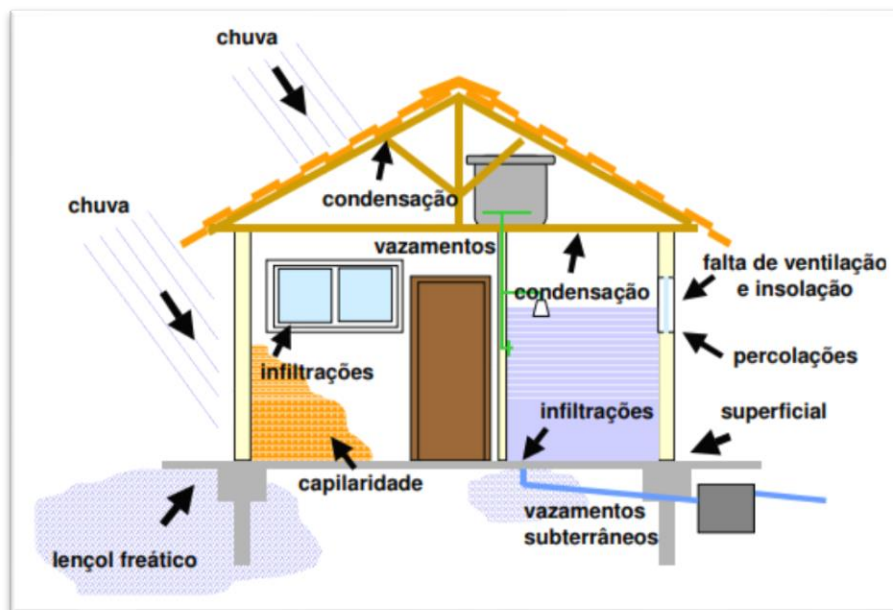
De acordo com a NBR 9575, para a seleção do tipo adequado de impermeabilização na construção civil é preciso analisar a solicitação determinada pelo fluido nos locais da edificação que necessitam de estanqueidade. O principal fluido atuante nos elementos construtivos é a água, cuja solicitação pode ocorrer imposta pela percolação, pela condensação, pela umidade do solo e pelo fluido sob pressão unilateral ou bilateral.

Dessa forma, para aplicar corretamente as técnicas de impermeabilização é necessário entender as formas de atuação da água, uma vez que este líquido é um dos maiores causadores de patologias nas edificações, de forma direta ou indireta, seja no estado sólido, no líquido ou mesmo vapor.

A ação da água pode ocorrer através de umidade do solo (lençol freático, vazamentos de tubulações subterrâneas e umidade natural), umidade da atmosfera (chuvas, outras intempéries e condensação), umidade vinda de obras vizinhas (desnível com a rua ou outras obras, falta de drenagem superficial e proximidade com estruturas) e umidade provinda da própria construção (vazamentos, infiltrações, falta de ventilação e de insolação, capilaridade dos materiais e falhas de projeto) (CASA D'ÁGUA, 2007).

A figura 3 a seguir exemplifica os tipos de umidade.

Figura 3 - Atuação da água em uma edificação residencial



Fonte: CASA D'ÁGUA, 2007.

A proteção da construção contra a água como agente de degradação se torna essencial para sua durabilidade e manutenção de uso dentro do desempenho adequado. O estado da água e a maneira como ela atua influencia nos métodos de proteção à estrutura (SOARES, 2014).

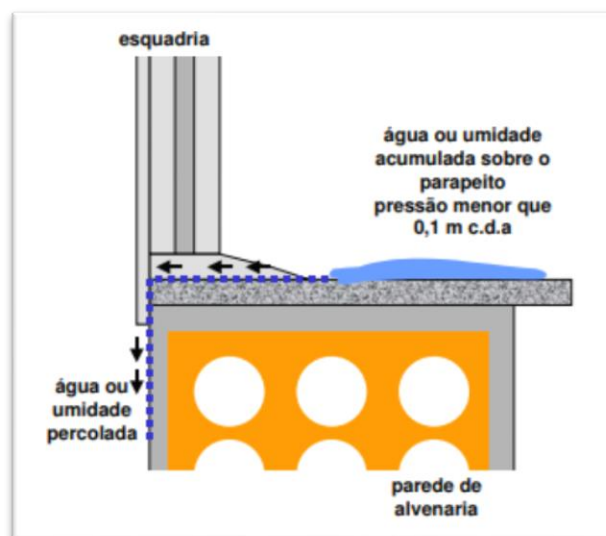
2.3.1 Umidade de infiltração

A umidade de infiltração é aquela que atravessa da área externa para a área interna por pequenas fissuras, devido à alta capacidade de absorção de umidade do ar pelos materiais ou mesmo por falhas na interface entre os elementos construtivos: portas, janelas ou planos de paredes. Geralmente é originado pela água da chuva, podendo agravar se combinada com o vento, devido ao aumento da pressão de infiltração (RIGHI, 2009).

2.3.2 Umidade por percolação

No caso da umidade por percolação a água escoar por gravidade, livre da ação de pressão hidrostática, é uma condição costumeira em lâminas de água sobre coberturas e terraços (CASA D'ÁGUA, 2007).

Como pode ser visualizado na figura 4 na sequência.

Figura 4 - Detalhe da percolação da água

Fonte: CASA D'ÁGUA, 2007.

2.3.3 *Umidade de Obra*

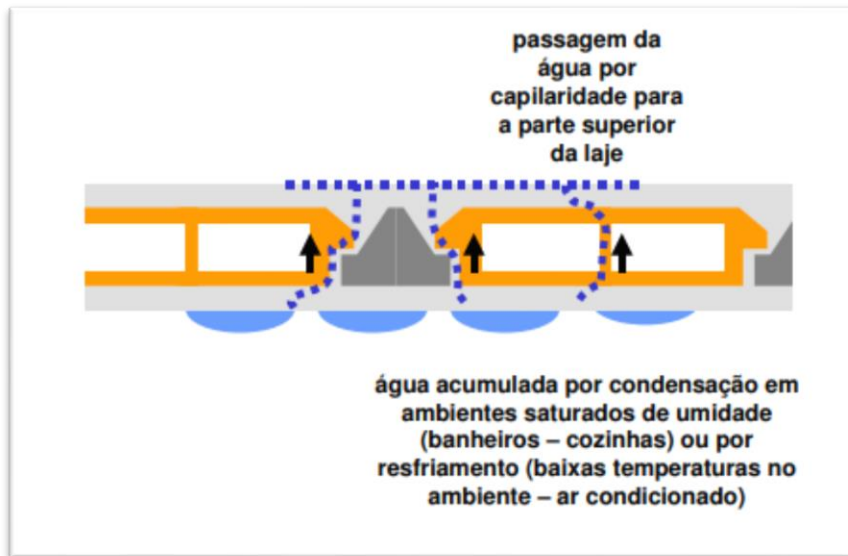
Queruz (2007) descreve como umidade de obra aquela que ficou interna aos materiais durante a sua execução, e que acaba aparecendo devido ao equilíbrio entre material e ambiente. Essa situação acontece por exemplo nas argamassas de reboco, que transportam o excesso de umidade para a parte interna das alvenarias, carecendo um maior prazo para entrar em equilíbrio com o ambiente interno, excedente o da própria cura do reboco.

2.3.4 *Umidade por Condensação*

A umidade por condensação é resultante do esfriamento, temperatura abaixo da correspondente ao ponto de orvalho, de vapores ou de um ambiente na presença de grande umidade no ar (CASA D'ÁGUA, 2007).

A figura 5 mostra detalhes da umidade por condensação.

Figura 5 - Detalhe da condensação da água



Fonte: CASA D'ÁGUA, 2007.

2.3.5 Umidade Acidental

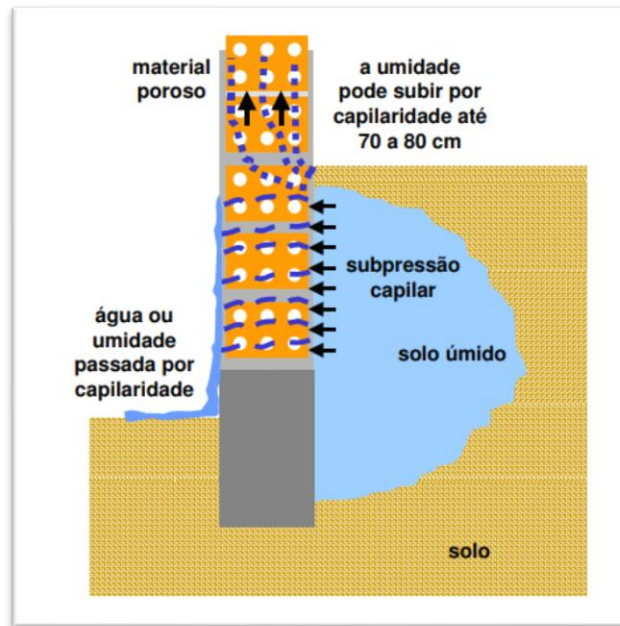
Righi (2009) afirma que a umidade acidental é aquela originada por falhas nos sistemas de tubulações (de água pluvial, esgoto e potável) que geraram infiltrações. Esse tipo possui importância em edificações já construídas à algum tempo, visto que pode existir materiais com vida útil excedida, que não costumam ser consideradas em planos de manutenção predial.

2.3.6 Umidade Ascensional ou por Capilaridade

A umidade ascensional é caracterizada pela presença de água originada do solo, através dos poros dos materiais, tanto por fenômenos sazonais de aumento de umidade quanto por presença permanente de umidade de lençóis freáticos superficiais (RIGHI, 2009).

A situação mais característica da capilaridade é a presença de umidade do solo que se eleva no material, em geral 70 a 80 cm, dessa forma sua principal ocorrência acontece em paredes e pisos (CASA D'ÁGUA, 2007).

A figura 6 mostra os detalhes da umidade por capilaridade.

Figura 6 - Detalhe da umidade ascensional

Fonte: CASA D'ÁGUA, 2007.

3 PATOLOGIAS NAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

Na construção civil, patologia pode ser definida como “todas as manifestações cuja ocorrência no ciclo de vida útil da edificação, venha prejudicar o desempenho esperado do edifício e seus elementos” (OLIVEIRA, 2016, p.5).

Segundo Helene (1992) a durabilidade de uma edificação resulta da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção. O surgimento de patologias nas edificações está relacionado à durabilidade dos materiais e componentes utilizados bem como às condições de exposição e uso. As principais causas são erros no projeto ou na execução, uso inadequado ou falta de manutenção.

A água é um agente químico de patologias e a ausência do projeto de impermeabilização ou a má execução deste torna a edificação suscetível aos mais variáveis danos. O excesso de umidade pode provocar às construções diversas patologias como eflorescências, fissuras, mofos, corrosão das armaduras e descolamento de pisos e azulejos. Além disso, pode propiciar o aparecimento de fungos e bactérias, prejudiciais à saúde humana.

A variação do teor de umidade dos materiais de construção depende da porosidade e do fenômeno de capilaridade. Valle (2008) explica como se dá esse processo.

Na secagem de materiais porosos, a capilaridade provoca o aparecimento de forças de sucção, responsáveis pela condução da água até a superfície do componente, onde ela será posteriormente evaporada. Deve-se considerar também que estas forças de sucção são inversamente proporcionais às aberturas dos poros, desta maneira quando dois materiais diferentes são colocados em contato, o material dos poros mais fechados, teoricamente, absorverá água do material com poros mais abertos (VALLE, 2008, p. 23).

Sendo assim, se um material poroso é exposto por tempo suficiente a condições constantes de umidade e temperatura, pode vir a sofrer patologias. A impermeabilização tem a função de impedir o surgimento dessas patologias e equivale a uma pequena porcentagem no custo total da obra, no entanto, não é muito empregada ou é utilizada de maneira errônea. Por outro lado, a correção das patologias e a reimpermeabilização após a conclusão da obra acarreta diversos transtornos, tornando-se economicamente inviável.

Hussein (2013) afirma que “as falhas relacionadas à impermeabilização, são geralmente causadas por falta de especialização de mão-de-obra, que juntamente com a falta de um projeto específico, torna o processo ineficiente” (p.6). Desta forma, evidencia-se a necessidade dos profissionais da construção civil conhecer as patologias construtivas causadas

pela água, a fim de prevenir com o dimensionamento adequado da impermeabilização e com reforços necessários.

3.1 Eflorescências

Eflorescências são depósitos cristalinos de cor branca que surgem na superfície do revestimento, como pisos, paredes e tetos, conforme mostra figura 7, causando uma estética desagradável ao elemento e podendo levar à degradação do mesmo. De acordo com Macedo et al. (2017) trata-se de uma reação entre o dióxido de carbono do ar e a água que ao adentrar-se nos poros capilares do concreto, dissolve o hidróxido de cálcio da pasta de cimento formando o carbonato de cálcio (CaCO_3).

Quando os revestimentos cerâmicos são assentados em locais não impermeabilizados, pode ocorrer a passagem de água devido à capacidade de absorção dos materiais. A água pode introduzir substâncias nocivas do solo ou dissolver e transportar os sais solúveis do concreto, argamassa e materiais cerâmicos.

O hidróxido de sódio está presente em alguns materiais de construção como a cal e o cimento. A umidade presente no ambiente faz com que os vapores de água penetrem na superfície e evapore deixando depósitos salinos. A temperatura pode funcionar como um catalisador, fornecendo energia em forma de calor, acelerando a reação química.

A impermeabilização, quando bem executada, impede a ação da água e conseqüentemente a solubilização dos sais, portanto é a principal técnica adotada para impedir o aparecimento das eflorescências.

Figura 7- Eflorescências em alvenaria



Fonte: POINTER, 2018.

3.2 Carbonatação do concreto e corrosão das armaduras

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

A carbonatação do concreto promove a formação de zonas de pH mais baixos e quando atinge a região do aço provoca um ataque à película passivadora da armadura, deixando esse material suscetível à corrosão (OLIVEIRA, 2016).

A carbonatação ocorre em ambientes com alto nível de poluição, como áreas de garagem e ambientes industriais onde os poros do concreto se encontram parcialmente preenchidos com água. A umidade relativa do ambiente interfere de forma significativa no processo de carbonatação, pois condiciona a velocidade de difusão do CO_2 através dos poros. Para Gomes (2006) com a umidade relativa entre 65% a 85%, há ocorrência de maior grau de carbonatação do concreto.

Na figura abaixo, pode-se observar a carbonatação do concreto e a corrosão do aço em um elemento estrutural.

Figura 8 - Carbonatação do concreto e corrosão das armaduras



Fonte: TECNOSIL, 2018.

3.3 Trincas e fissuras

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

Essas fissuras e trincas podem ser provocadas por alterações na umidade do ambiente, uma vez que estas causam uma variação no volume do concreto. De acordo com Valle (2008) quando a umidade no ambiente aumenta, o elemento de concreto tende a expandir-se e quando diminui ocorre também à diminuição de volume do elemento.

Essa variação de volume pode provocar aberturas no elemento que quando inferiores a 0,6 mm recebem o nome de fissuras e quando maiores são chamadas de trincas (ABNT, 2013).

Quando não é feita a impermeabilização das fundações, ou quando essa é mal executada, podem aparecer trincas horizontais na base de paredes acompanhadas por eflorescência. Isso ocorre porque os componentes de alvenaria que estão em contato direto com o solo absorvem sua umidade.

A figura 9 mostra o aparecimento de uma trinca na alvenaria de uma edificação devido à ação da umidade.

Figura 9 - Trinca em alvenaria devido à umidade



Fonte: UCS, 2017.

3.4 Mofo

Em áreas onde há grande ocorrência de umidade por condensação, é comum o acúmulo de fungos nas camadas de revestimento. Esses fungos formam colônias dos mais variados tipos, que se alimentam de materiais orgânicos e se proliferam.

Além da umidade, a falta de ventilação e luminosidade contribui para a proliferação desses microrganismos, que podem provocar mau cheiro, alterações na estética da superfície e doenças respiratórias aos usuários.

Na figura 10 pode-se observar a ocorrência de mofo nas paredes internas de uma edificação.

Figura 10 - Aglomeração de fungos em paredes



Fonte: TEST SCHIMMEL, 2018

3.5 Deslocamentos de pisos

Os deslocamentos são caracterizados pela perda de aderência das placas cerâmicas do substrato, ou da argamassa colante, quando as tensões surgidas no revestimento cerâmico ultrapassam a capacidade de aderência das ligações entre a placa cerâmica e argamassa ou emboço (RHOD, 2011). Essa patologia pode ser observada no edifício da figura 11.

Figura 11 - Destacamento cerâmico em fachada de edifício



Fonte: HABITISSIMO, 2018.

Além dos destacamentos, o excesso de umidade no ambiente pode provocar o aparecimento de manchas d'água nos revestimentos cerâmicos. Quinteiro *et al.* (2010, p. 19) explica que “mancha d'água consiste no escurecimento da superfície de uso das placas cerâmicas (acinzentamento), perceptível pelo olho humano”.

Para evitar o aparecimento de patologias nos revestimentos das edificações é necessária a utilização de técnicas de impermeabilização para fechar os poros dos materiais impedindo a circulação da água.

3.6 Problemas na pintura

Os problemas na pintura das edificações geralmente são provocados por infiltrações de água ou vazamentos na tubulação hidráulica. Segundo Valle (2008) se manchas ou bolhas aparecem no meio da parede ou no forro, são indicação de infiltração por tubulação hidráulica.

Os problemas causados por infiltração de umidade do solo, como mostrado na figura 12, podem ser evitados com uma correta impermeabilização da viga baldrame, evitando danos na alvenaria devido à capilaridade da água.

Figura 12 - Alteração na pintura de um edifício devido à umidade



Fonte: CONDOMÍNIO SC, 2015.

4 IMPERMEABILIZAÇÃO FLEXÍVEL

A escolha da impermeabilização depende principalmente do tipo da estrutura, o tipo do substrato e do ambiente no qual será aplicada, como o teor de umidade, a incidência de chuva e a tendência à movimentação da estrutura (FIBERSALS, 2018).

Existem dois sistemas principais, a impermeabilização rígida e a impermeabilização flexível, o critério principal de divisão é a possibilidade ou não das partes construtivas admitirem algum tipo de fissuração (MORAES, 2002). Ainda segundo Moraes (2002), os sistemas flexíveis são aqueles aplicáveis a estruturas sujeitas a variações térmicas e/ou grandes vibrações, cargas dinâmicas, recalques e/ou forte exposição solar.

São comumente utilizadas em terraços, pilotis expostos, piscinas suspensas, lajes, fossos, reatores de usinas nucleares, jardins suspensos, calhas de grandes dimensões de barragens, galerias de trens metropolitanos, coberturas, casas de comando e força de usinas hidrelétricas (MORAES, 2002).

As coberturas são de um modo geral, as áreas das edificações que mais sofrem os efeitos do sol e da chuva. Nesses casos, mesmo uma argamassa ou concreto impermeável, exige a proteção de uma membrana flexível, a qual acompanha o trabalho da estrutura, impedindo a infiltração de água por possíveis trincas ou fissuras (VEDACIT, 2006, apud GUARIZO, 2008).

O sistema flexível sob pressão positiva por membrana se caracteriza pela aplicação de produtos de impermeabilização flexíveis. Já o sistema sob pressão positiva por manta, é um sistema flexível cuja indicação básica se dá para estruturas muito deformáveis, onde as membranas poderiam apresentar falhas (MORAES, 2002).

Assim, pode-se dividir o sistema flexível em dois grupos basicamente compostos por:

- Sistema flexível moldado no local (membranas): asfálticas, acrílicas, e poliméricas.
- Sistema flexível pré-fabricado (mantas): asfálticas, elastoméricas (butílicas, EPDM), e plásticas (PVC, PEAD).

A seguir, serão abordados os impermeabilizantes flexíveis mais utilizados no mercado, os locais de aplicação e seu respectivo processo construtivo.

4.1 Sistema flexível moldado no local

4.1.1 Membrana asfáltica

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

Assim, as membranas moldadas in loco, quando bem executadas, são eficientes e excelentes soluções para áreas muito recortadas e estreitas como jardineiras ou canaletas de drenagem, em obras de reparo ou quando utilizadas em paredes de gesso a cartonado, devido à menor espessura (CICHINELLI, 2007).

4.1.1.1 Aplicação de membrana asfáltica

As membranas são sistemas obtidos pela aplicação de diversas camadas. Existem tipos para aplicação a quente (asfaltos oxidados) e a frio (base água, base solvente ou isento de solvente) (MORAES, 2002). É importante ressaltar que para a escolha de um dos métodos, devem ser levadas em consideração as características do local que se deseja impermeabilizar.

No que diz respeito aos serviços preliminares de limpeza da superfície, arredondamento de cantos e camada de proteção, segundo Gabrioli (2002), os processos são semelhantes àqueles indicados para as mantas pré-fabricadas. Deve-se inicialmente serem corrigidas todas as falhas, como pontas de ferro e o preenchimento de ninhos, e em seguida a limpeza das superfícies a serem impermeabilizadas, para que só assim possa ser executada uma camada de regularização com argamassa e areia cimento no traço 1:3, possuindo uma espessura mínima de 2 cm.

A membrana moldada a quente in loco, Figura 13, é um sistema impermeabilizante, composto pela aplicação de várias camadas de asfalto aquecido entre 180°C e 220°C, em grandes caldeiras elétricas ou a gás, ou em fornalhas onde há maior dificuldade do controle da temperatura (GABRIOLI, 2002). Ainda segundo Gabrioli (2002), para a aplicação desse asfalto, que estará com temperatura bem elevada, poderá ser utilizado broxas de fibras vegetais, comumente conhecidas como “vassourão”. O produto deverá ser

espalhado em camadas com sentidos cruzados e materiais de reforço, como um véu de fibra de vidro ou tela de poliéster, poderão ser utilizados.

Figura 13- Membrana asfáltica sendo moldada in loco a quente



Fonte: BUSIAN, 2013.

No caso de membranas moldadas a frio são empregadas emulsões asfálticas acondicionadas em galões, baldes ou barris hermeticamente fechados, Figura 14. Após a aplicação do produto ocorre a ruptura da emulsão, com evaporação da água. Na execução da membrana são obedecidos os procedimentos gerais indicados para as membranas moldadas a quente, utilizando-se desta vez véus de fibra de vidro ou telas de poliéster comum (tela branca) (GABRIOLI, 2002).

Figura 14 - Membrana asfáltica in loco a frio com o reforço do véu de poliéster



Fonte: BUSIAN, 2013.

Ainda segundo Gabrioli (2002), tanto na aplicação a quente quanto na a frio, deve-se evitar ao máximo, dobras ou enrugamentos nos véus ou telas, bem como, deverá

existir um transpasse mínimo de 10 cm nas regiões de emendas. Além disso, as camadas de asfalto deverão recobrir por inteiro as telas e véus, devendo-se ainda aguardar a completa cura da camada anterior antes de ser realizada nova aplicação.

4.2 Sistema flexível pré-moldado

4.2.1 Manta asfáltica

De acordo com Gabrioli (2002, Apud GUARIZO, 2008), as mantas asfálticas são produtos impermeabilizantes pré-fabricados, à base de asfalto modificado com polímeros, estruturadas com filme de polietileno, véu de fibra de vidro ou não-tecido de filamentos contínuos de poliéster. A fabricação se dá por dois processos segundo Gabrioli (2002): calandragem ou laminação. No entanto, não é rara a ocorrência de infiltrações e outras patologias devidas à aplicação incorreta das mantas (GABRIOLI, 2002).

As mantas são confeccionadas sob os padrões de mercado, fornecidas em bobinas de 10 m de comprimento, 1 m de largura e espessuras que variam de 2 a 5 mm. Há, porém, a possibilidade da fabricação de bobinas em dimensões especiais conforme as características específicas da obra determinada (GABRIOLI, 2002).

A NBR 9952/2014 classifica as mantas de acordo com alguns parâmetros. Podem ser classificadas com relação ao tipo de asfalto utilizado em sua confecção (elastomérica, plastomérica, oxidado), ao estruturante interno (filme de polietileno, véu de fibra de vidro, não tecido de poliéster e tela de poliéster) e de acordo com sua espessura (granular, metálico, antiaderente).

Tratando-se das principais características, as mantas asfálticas, segundo Guarizo (2008), possuem:

- Alta resistência aos esforços mecânicos
- Elevada flexibilidade
- Alta resistência ao funcionamento estático e dinâmico
- Ampla faixa de resistência à temperatura
- Alta resistência à fadiga mecânica
- Elevada durabilidade
- Estabilidade térmica e dimensional

Em relação às suas maiores vantagens, Mello (2005, apud RIGHI, 2009) lista as seguintes:

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

4.2.1.1 Aplicação de manta asfáltica

Os serviços preliminares para a aplicação das mantas asfálticas são semelhantes aos citados anteriormente para as membranas asfálticas moldadas in loco. Após essa fase ser concluída, deve-se aplicar uma demão de primer sobre a superfície já regularizada, aguardando sua secagem, para posterior aplicação da manta (RIGHI, 2009).

Segundo Pezzolo (2007), a aplicação das mantas asfálticas pode ser feita por dois processos: a quente ou com o auxílio do maçarico. Após a secagem da camada de primer, no processo a quente, aplica-se uma camada de asfalto aquecido a uma temperatura entre 180°C e 220°C, com auxílio de um espalhador; posteriormente desenrola-se a bobina de manta asfáltica, tendo o cuidado de permitir um excesso de asfalto à frente da bobina, como pode ser observado na Figura 15.

Figura 15 - Manta asfáltica a quente



Fonte: NAKAMURA, 2014.

No processo de colagem com o uso do maçarico, Figura 16, direciona-se a chama para aquecer a parte inferior da bobina e a superfície imprimada ao mesmo tempo. Conforme derrete o asfalto da bobina e da superfície, o aplicador vai desenrolando a bobina tomando o

cuidado de deixar uma sobreposição entre as mantas de, no mínimo, 10 cm, derretendo a extremidade da manta superior com uma colher de pedreiro aquecida, formando um chanfro e selando junto à manta inferior (GUARIZO, 2008).

Figura 16 - Manta asfáltica aplicada com maçarico



Fonte: DEPÓSITO ZONA SUL, 2016.

Segundo Pezzolo (2007), durante o processo de aplicação da manta, é importante que se tenha cuidado com a instalação de ralos. Esses necessitam de um rebaixo de 40x40 cm e 1 cm de profundidade para não comprometer a impermeabilização. As tubulações precisarão receber um arremate com a própria manta em sua base.

Por último, para a proteção da manta asfáltica contra ações mecânicas executa-se uma camada de argamassa de areia e cimento traço 1:4, em geral, reforçada com tela metálica galvanizada (tela de viveiro) (PEZZOLO, 2007).

4.2.2 Manta de policloreto de vinila (PVC)

Devido à evolução tecnológica e a necessidade de se ter sistemas mais confiáveis, uniformes e duráveis, começou a ser disponibilizada no Brasil, a tecnologia de impermeabilização baseada em membranas flexíveis de PVC (OLIVEIRA, 2006). Os sistemas de impermeabilização tradicionais geralmente têm vida útil de serviço entre cinco e dez anos. Enquanto isso, os sistemas de impermeabilização de alto desempenho em membranas flexíveis de PVC têm uma expectativa de vida útil superior a 30 anos, com praticamente nenhuma intervenção de manutenção ao longo desse período, mesmo em aplicações extremas, em que se exige ao máximo o sistema instalado (OLIVEIRA, 2006).

As mantas de PVC são compostas por duas lâminas de PVC, com espessura final que varia de 1,2 mm a 1,5 mm, e uma tela trançada de poliéster (CIMINO, 2002).

Nas palavras de Righi (2009), a manta de PVC é similar a um carpete de borracha, sendo utilizada, principalmente, em toda e qualquer piscina, reservatórios de água, cisternas, caixas d'água, independentemente de formato ou tipo, bem como em coberturas, tanto planas como curvas.

Tratando-se das vantagens desse tipo de sistema, Loturco (2005) aponta que uma das vantagens é o alto conhecimento que se tem sobre o comportamento do PVC. Outras vantagens estão relacionadas à execução em camada única, não necessitando de proteção mecânica devido à dureza superficial; possibilidade de aplicação sobre pisos existentes; apresenta resistência a raios ultravioletas; não propaga chamas; além da rapidez de aplicação e limpeza na execução.

Nas desvantagens estão inclusos o fato de as infiltrações serem de difícil detecção e a necessidade de uma mão-de-obra especializada. Outro ponto é que deverá ser executado um acabamento muito rigoroso nas tubulações dos reservatórios.

4.2.2.1 Aplicação de manta de policloreto de vinila (PVC)

No que diz respeito à aplicação, as fixações das membranas de PVC nas coberturas metálicas, de concreto ou de madeira devem ser efetuadas com parafusos e arruelas especiais, Figura 17. Na sequência é aplicada outra camada de membrana de PVC sobre as fixações aparentes, utilizando equipamentos especiais de termo fusão (OLIVEIRA, 2006).

Figura 17- Fixação automática da membrana de PVC com parafusos e arruelas especiais



Fonte: OLIVEIRA, 2006.

As emendas são feitas por termo fusão com equipamentos apropriados, Figura 18, que tem controle de temperatura e de velocidade de deslocamento, de forma a garantir

uniformidade e perfeita qualidade da solda (RIGHI, 2009). Ainda segundo o autor, como as soldas são duplas, é possível realizar um teste de pressão ou vácuo e verificar a instalação a estanqueidade.

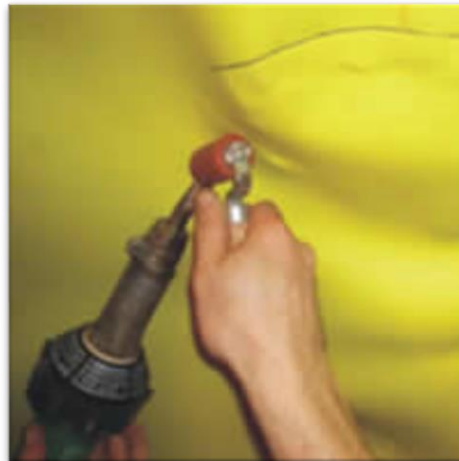
Figura 18 - Processo de solda com equipamento apropriado



Fonte: OLIVEIRA, 2006.

Em casos onde não é viável a utilização de equipamentos automáticos, como em casos de pequenos arremates, pode ser usado um equipamento manual de solda. Representando o que foi relatado, Figura 19.

Figura 19 - Processo de solda com equipamento manual



Fonte: OLIVEIRA, 2006.

O uso dos sistemas de impermeabilização com membranas flexíveis de PVC praticamente não requer intervenções de manutenção, desde que obedecidos os cuidados pertinentes ao correto uso e limpeza, conforme as recomendações dos fabricantes (OLIVEIRA, 2006).

4.2.3 Manta de polietileno de alta densidade (PEAD)

De acordo com a Recolast Ambiental (2016), a geomembrana PEAD (Polietileno de Alta Densidade), Figura 20, é formada pela polimerização de compostos que contém uma adesão não saturada entre dois átomos de carbono. Sua instalação é feita somente no local da obra com máquina de solda quente e é formulada para garantir imunidade dos ataques químicos de soluções ácidas, bases e sais, além de serem insolúveis em solventes orgânicos e químicos.

Figura 20 - Geomembrana PEAD



Fonte: RECOLAST AMBIENTAL, 2016.

Devido ao rígido controle de instalação, estes tanques evitam que líquidos, gases e resíduos tenham contato com o solo, evitando a contaminação do meio ambiente e das águas subterrâneas. A importância dessa característica dá-se ao fato de que são comumente, segundo o Grupo Nortene, aplicadas em:

- Reservatórios de água
- Lago artificial
- Canal de Irrigação
- Aquaculture tank
- Estercolero (suinocultura)
- Barragem de resíduos
- Criação de camarão
- Aterros Sanitários e Industriais
- Tanque de oxidação biológica
- Tanque de tratamento de resíduos industriais
- Canal de adução em usina hidrelétrica e usina mini-hidráulica
- Tanque e canal de vinhaça

- Base de lixiviação

Uma dessas aplicações pode ser observada na Figura 21 ,a seguir, onde a manta está sendo utilizada para a impermeabilização de um canal de adução .

Figura 21 - Canal de adução utilizando geomembrana PEAD



Fonte: NEOPLASTIC, 2019.

Dentre as vantagens da utilização desse sistema de impermeabilização, podem ser citados os pontos a seguir, informados pela Neoplastic (2019):

- Alta resistência mecânica
- Facilidade de instalação
- Ótima compatibilidade química
- Permeabilidade extremamente baixa
- Resistência aos raios UV

4.2.3.1 Aplicação de manta de polietileno de alta densidade (PEAD)

A NBR 16199 que tem como objetivo garantir a correta execução dos serviços de instalação das geomembranas termoplásticas, consequentemente assegurando a qualidade final da obra.

Tendo como base a norma citada anteriormente, a Neoplastic explica que antes da aplicação da geomembrana de PEAD, deve ser feita inspeção da superfície que receberá as bobinas (fundo de escavação e taludes), a qual deve estar nivelada, compactada e isenta de qualquer tipo de material contundente, depressões e mudanças abruptas de inclinação do terreno não previstas no projeto. É recomendado promover a limpeza da superfície e aplicar a geomembrana imediatamente após os serviços de preparação da superfície de apoio, a fim de

evitar trincas e rachaduras no terreno, causadas pela perda de umidade do solo, chuva, trânsito de veículos, dentre outros.

Em relação à manutenção, segundo a Recolast Ambiental (2016), as geomembranas PEAD são complexas, qualquer centímetro se faz necessário mobilizar técnico e equipamentos, pois a solda deve ser feita somente no local através de extrusão. O clima frio/chuva também influencia nesse caso, uma vez que a solda é de temperatura elevada.

4.2.4 Manta elastomérica de etileno-dieno-monômero (EPDM)

EPDM é uma manta pré-fabricada de elastômero sintético de etileno-propileno-dieno-monômero (EPDM), obtida através do processo de vulcanização, com excelentes características de elasticidade, impermeabilidade, alta resistência aos raios UV e ao ozônio, com desempenho diferenciado de durabilidade e características físico-químicas (VIAPOL, 2019).

Figura 22 - Manta em EPDM



Fonte: EQUILIBRIO AQUARISMO, 2018.

Ainda segundo o Viapol (2019), essa manta é indicada para impermeabilização de lajes de concreto, coberturas metálicas ou de madeira, lajes de pré-moldadas, baldrames, lagoas, tanques industriais, canais de irrigação, jardins, juntas de dilatação, juntas de telhas pré-moldadas, dentre outras aplicações e dentre suas vantagens de uso, poderiam ser citadas:

- Excelente impermeabilidade;
- Resistente a micro-organismos, aos álcalis e ácidos presentes nas águas pluviais e solo;
- Resistência ao calor e ao envelhecimento;
- Resistência a alta e baixa temperatura;
- Excelente elasticidade e flexibilidade;

- Excelente resistência ao ozônio e a intempéries.

Figura 23 - Manta em EPDM para impermeabilização de telhado



Fonte: ARCHI EXPO, 2018.

As mantas de EPDM, assim como as de TPO e PVC, também são bastante utilizadas em obras de edificações, como foi citado anteriormente, principalmente na impermeabilização de coberturas. Há produtos disponíveis na cor branca, que refletem os raios solares e, com isso, ajudam a diminuir a temperatura no interior da edificação e no seu entorno. A procura por essas mantas tem aumentado em função das certificações para edifícios sustentáveis, como os selos Leed e Aqua (FERREIRA, 2002).

4.2.4.1 Aplicação de manta elastomérica de etileno-dieno-monômero (EPDM)

Para a aplicação, assim como em casos anteriores, a superfície deverá estar limpa, isenta de pó, areia, resíduos de óleo, graxa e ou qualquer tipo de material que possa prejudicar a aderência do material. Uma argamassa de regularização deverá ser aplicada, bem como os ralos e demais peças emergentes precisarão estar fixadas adequadamente para que seja possível fazer os arremates. Ainda, todos os cantos e arestas deverão ser arredondados com raio aproximado de 5 cm a 8cm.

De acordo com a Viapol (2019), após todos os paços de preparo do substrato terem sido realizados, a bobina da manta de EPDM poderá ser desenrolada de forma a fazer o alinhamento em função do requadramento da área, procurando iniciar a colagem no sentido dos ralos para as cotas mais elevadas.

5 IMPERMEABILIZAÇÃO RÍGIDA

A impermeabilização rígida torna a área trabalhada impermeável pela inclusão de aditivos químicos, juntamente com a granulometria correta dos agregados e a diminuição da porosidade do elemento.

Os impermeabilizantes rígidos não trabalham em conjunto com os elementos estruturais e não acompanham suas movimentações térmicas, podendo ocasionar fissuras e, portanto, falhas na impermeabilização (ABNT, 2010).

Dessa forma esse tipo de impermeabilizante não pode ser aplicado em superfícies sujeitas a grandes variações de temperatura, sendo assim são recomendadas para áreas abaixo da superfície, como fundações, subsolos, poço de elevador, reservatórios e piscinas enterradas, vigas baldrames, muros de arrimo e pisos em contato direto com o solo (FIBERSALS, 2018).

A durabilidade dos sistemas rígidos está ligada diretamente às condições preexistentes dos elementos a serem impermeabilizados. Convém evidenciar a ineficácia de aplicar um sistema de impermeabilização sobre uma área sujeita a trincas e fissuras provenientes de outros tipos de falha estrutural (FIBERSALS, 2017).

5.1 Aditivos Hidrófugos

Os aditivos hidrófugos propiciam a redução da permeabilidade e absorção capilar, por meio do preenchimento de vazios nos capilares na pasta de cimento hidratado, tornando as argamassas e concretos impermeáveis à penetração de água e umidade (RIGH, 2009).

Os hidrofugantes são aditivos inorgânicos isentos de gorduras, com consistência líquida ou pastosa, que proporcionam às argamassas ou concretos impermeabilidade, por produzirem uma reação colóido-química que fecha as porosidades. Ao secarem, os hidro-repelentes apresentam propriedades água-repulsivas que se opõem às infiltrações (GABRIOLI; THOMAZ, 2002).

Os locais indicados para a aplicação de aditivos hidrófugos são vigas baldrames e pisos em contato com o solo.

Este tipo de sistema possui um dos melhores custos benefícios entre as opções de impermeabilização rígida, visto que os aditivos usados apresentam um baixo custo e a execução da mão-de-obra é basicamente a mesma do processo convencional. Entretanto, a resistência desse tipo de sistema, se comparada aos outros processos, pode ser considerada um

pouco menor. Esse sistema está sujeito a falhas durante a execução, e, além disso, existe uma difícil manutenção e recuperação (FIBERSALS, 2017).

De acordo com Gabrioli e Thomaz (2002, n.p) “existem hidrofugantes de pega normal, indicados para áreas sujeitas à umidade do solo e/ou pressão hidrostática positiva, e hidrofugantes de pega rápida, indicados para áreas sujeitas à pressão hidrostática negativa”

Normalmente os produtos são adicionados às argamassas ou concretos na proporção de 2 kg de produto para cada saco de 50 kg de cimento, necessitando observar os cuidados indicados pelos fabricantes para a mistura, tempo de preparo e número de camadas (GABRIOLI; THOMAZ, 2002).

5.1.1 Aplicação de aditivos hidrófugos

O primeiro passo para a aplicação de uma argamassa com aditivo hidrófugo é a limpeza do substrato que deve se apresentar firme, coeso e homogêneo. A superfície então deve ser umedecida e receber camada de chapisco (cimento e areia com traço 1:2). Essa camada servirá de ponte de aderência entre o substrato e a argamassa impermeável com hidrófugo (ABNT, 2008).

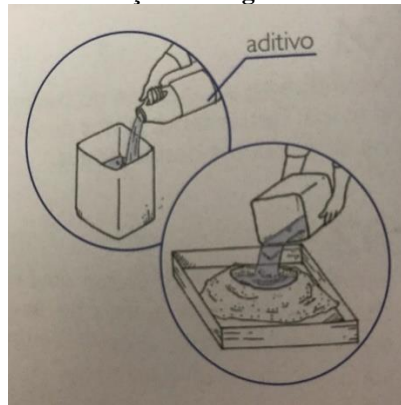
De acordo com a NBR 9574 (2008) a argamassa deve ser preparada in loco e não pode ser industrializada. O traço, o tipo de cimento e da areia e tempo de manuseio devem ser conforme especificações do fabricante.

Vale ressaltar a importância da escolha correta e de boa procedência dos materiais para garantir um bom resultado final. O aditivo deve ser diluído na água de amassamento e na sequência ser adicionado a mistura de cimento e areia (MÃOS À OBRA PRO, 2013).

A aplicação da argamassa deve ser realizada de forma contínua, com espessura de 3cm, sendo a aplicação em camadas sucessivas de 1,5 cm, evitando-se a superposição das juntas de execução (ABNT, 2008).

A figura 24 retrata a ordem de execução da argamassa com aditivo hidrófugo.

Figura 24 - Ordem de execução da Argamassa com Aditivo Hidrófugo



Fonte: MÃOS À OBRA PRO, 2013.

Ainda segundo a NBR 9574 (2008) a camada inicial 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 o índice de vazios ao máximo. As duas camadas devem ser executadas no mesmo dia; caso isso não ocorra, a última camada deve ser precedida de chapisco.

A NBR 9574 (2008, p.2) recomenda que “quando houver descontinuidade devido à interrupção de execução, a junta deve ser previamente chanfrada e chapiscada”. Outras observações dizem respeito a camada final que deve possuir um acabamento com a utilização de desempenadeira e a necessidade de no mínimo 3 dias para a cura úmida da argamassa, como pode ser visualizado na imagem 25 abaixo.

Figura 25 - Aplicação da Argamassa com Aditivo Hidrófugo



Fonte: CONSTRUÇÃO MERCADO, 2010.

5.2 Argamassa Polimérica

O cimento polimérico, base para a formação da argamassa polimérica, é um revestimento impermeabilizante, semiflexível, composto por um sistema bi componente (componente em pó + parte líquida) à base de cimentos especiais, aditivos minerais e resina acrílica. São fornecidos em baldes de 5, 18 e 22 kg ou em caixas de 18 e 22 kg, e até em barricas de 44 kg, conforme o fabricante (GABRIOLI; THOMAZ, 2002).

Gabrioli e Thomaz (2002) afirmam que a argamassa polimérica quando aplicada, apresenta um revestimento impermeável com bastante resistência mecânica. Este tipo de produto funciona basicamente preenchendo os espaços e porosidades, impedindo a infiltração da água.

Alguns dos lugares indicados para este tipo de sistema de impermeabilização estão subsolos, poços de elevador, muro de arrimo, vigas baldrames, podem ser utilizados também em reservatórios enterrados e piscinas. Um outro uso muito comum é em paredes internas e externas como camada anterior à pintura e em pisos frios, como em áreas de cozinhas e banheiros, como camada anterior à argamassa de assentamento dos revestimentos cerâmicos (FIBERSALS, 2017).

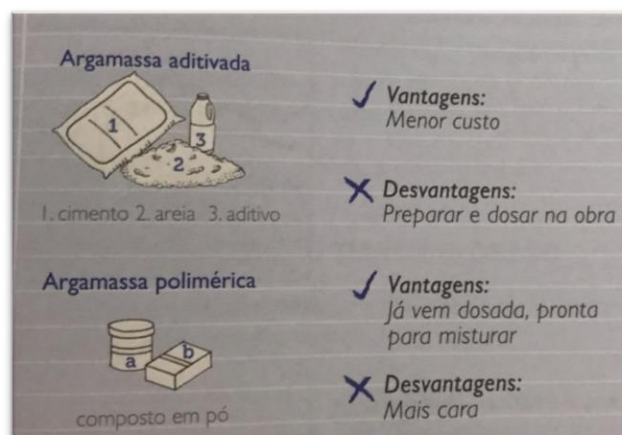
Esse sistema se aplicado sobre superfícies de alvenaria, concreto ou argamassa concede ótima aderência sem a necessidade de chapisco ou primer, resistindo a pressões hidrostáticas substanciais, tanto negativas quanto positivas. Suporta as movimentações normais da estrutura, podendo ser aplicado com trincha, vassoura de pelo ou desempenadeira metálica, de acordo com a utilização (SAYEGH, 2001).

De modo geral, este tipo de produto prolonga a vida útil dos elementos estruturais, formando uma barreira física que dificulta a passagem da água. Entre as vantagens de utilização desse material estão o bom-custo benefício, a facilidade de aplicação, não exige mão-de-obra especializada, além da versatilidade já citada acima (FIBERSALS, 2018).

Segundo Fibersals (2017) a necessidade uma proteção mecânica posterior, uma durabilidade e garantia menor se comparada com outros métodos de impermeabilização e a baixa resistência à grandes movimentações térmicas são pontos negativos a serem considerados na hora da escolha desse método.

A figura 26 compara as vantagens e desvantagens da aplicação de uma argamassa aditivada e a argamassa polimérica no contexto da execução de obras residenciais de pequeno porte.

Figura 26 - Comparação das vantagens e desvantagens entre a argamassa aditivada e a argamassa polimérica



Fonte: MÃOS À OBRA PRO, 2013.

5.2.1 Aplicação de argamassa polimérica

Para a aplicação de uma argamassa polimérica, o primeiro passo é a limpeza do local. O substrato que deve se apresentar firme, coeso e homogêneo. Além de estar ligeiramente úmido, no entanto isento de filme ou jorro de água (ABNT, 2008).

Em sequência, é necessário misturar os componentes da argamassa polimérica na proporção determinada pelo fabricante, conforme a consistência pretendida, revestimento ou pintura. Deve-se adicionar aos poucos o componente em pó ao componente resina e misturar homogeneamente, de forma manual, por 5 minutos, ou mecânica (furadeira com hélice) por aproximadamente 3 minutos, com o devido cuidado para dissolver possíveis grumos areia (MÃOS À OBRA PRO, 2013).

Segundo a NBR 9574 (2008) quando os componentes são misturados o tempo de utilização da mistura não deve ultrapassar o período recomendado pelo fabricante.

Ainda de acordo com a NBR 9574 (2008), em seguida, é preciso aplicar sobre a região determinada as demãos em sentido cruzado da argamassa polimérica, com o auxílio de uma trincha, com intervalos de 2h a 6h entre demãos, de acordo com a temperatura ambiente. Caso a demão já executada esteja seca, é necessário molhar o local antes da aplicação da próxima camada.

Quando houver a necessidade de utilização de uma armadura tipo tela, a mesma deve ser posicionada após a primeira camada de argamassa e ser completamente recoberta pelas demãos seguintes. Caso a aplicação ocorra em áreas abertas ou sob incidência solar, é preciso realizar a hidratação da argamassa por no mínimo 72 h (ABNT, 2008).

A NBR 9574 (2008, p.3) recomenda que “a dosagem, consumo, tempo de mistura e manuseio, ferramentas de aplicação, secagem entre demãos e cura devem seguir as recomendações do fabricante”.

A figura 27 mostra essa sequência de aplicação da argamassa polimérica.

Figura 27- Sequência de aplicação da argamassa polimérica: limpeza e umedecimento; mistura dos componentes; aplicação em parede com o uso de trincha; utilização de armadura tipo tela.



Fonte: Adaptado de IBI, 2017.

5.3 Aditivos Cristalizantes

A impermeabilização por cristalização é constituída de argamassas cimentícias com compostos químicos ativos que promovem a cristalização no concreto e assim a impermeabilização da estrutura (SAYEGH, 2001).

De acordo com Sayegh (2001) o sistema de aditivos cristalizantes promove a impermeabilização através da formação de cristais insolúveis nos capilares que se expandem em contato com a umidade. Desta maneira, os poros e fissuras são preenchidos, formando uma barreira que evita a percolação da água.

Fibersals (2017) afirma que é uma opção apropriada para a fase de construção de reservatórios de água e estação de tratamento, já que não modifica a qualidade da água. Ademais, pode ser utilizado em fundações, piscinas, túneis e lajes de subsolo.

Entre os prós do uso dos aditivos impermeabilizantes, está a facilidade para aplicação, não é sendo necessário mão-de-obra especializada, além disso, o produto apresenta grande versatilidade. Os contras estão no fato de não poder ser aplicado em áreas sujeito à movimentação térmica e a maior dificuldade para manutenção e reparos (FIBERSALS, 2018).

5.3.1 Aplicação de aditivos cristalizantes

Além de utilizados na água de amassamento de concreto, de modo parecido aos aditivos hidrófugos, os aditivos cristalizantes podem ser utilizados de outras duas maneiras.

Os cimentos cristalizantes, primeira opção, são empregados na forma de pintura em materiais, havendo necessidade de uma prévia limpeza e saturação da superfície, como concreto, tijolos cerâmicos revestidos de argamassa e blocos de concreto. Podendo ser aplicados com uma trincha ou com o uso de jatos de spray desde que em concordância com as especificações técnicas do fabricante (SILVEIRA, 2001). Essa aplicação pode ser observada na figura 28.

A pintura tem que ser executada de forma cruzada, para que garanta homogeneidade da estrutura, observando para que a espessura da camada não ultrapasse o indicado pelo fabricante e não interfira no processo de cura (SILVEIRA, 2001).

Figura 28 - Aplicação de cristalizante na forma de pintura.



Fonte: SCANDAROLI, 2008.

Segundo Abatte (2003) um outro tipo são os cristalizantes líquidos à base de silicatos e resinas que injetados e, por ação de cristalização, completam a porosidade bloqueando a umidade ascendente.

Para a aplicação desse sistema é preciso retirar todo o reboco da superfície a ser tratada, do piso até a altura de um metro. Executam-se furos intercalados nas alturas de 10 e 20cm do piso, que devem possuir uma inclinação de 45° e estarem saturados. Esse sistema é utilizado em locais sujeitos à infiltração por lençol freático e infiltrações de contrapressão. Além disso deve-se seguir as recomendações do fabricante (ABATTE, 2003). A figura 29 mostra a aplicação de agentes

Figura 29 - Aplicação de agentes cristalizantes na recuperação de parede



Fonte: TIX ENGENHARIA, 2017.

5.4 Impermeabilizante de pega ultrarrápida

O aditivo acelerador ultrarrápido é utilizado para o tampar infiltração sob pressão d'água e revestimentos de superfícies úmidas. É uma excelente utilização para estancar vazamentos sob pressão em poucos segundos e apresenta alto poder de aderência e proporciona o rápido endurecimento do cimento (SIKA, 2011).

Segundo Sika (2011) é uma solução temporária, ou seja, é um paliativo até que a impermeabilização definitiva seja executada.

Outra indicação de uso, além do o tamponamento de jorros d'água e de infiltrações geralmente devido a ação da pressão da água do lençol freático, outros usos estão em poços de elevadores, túneis, galeria, subsolos (SIKA, 2011).

5.4.1 Aplicação de impermeabilizante de pega ultrarrápida

O primeiro passo para o uso do produto é identificar o ponto exato do vazamento. Deve-se preparar a estrutura abrindo os pontos de infiltração, alargando-os e aprofundando-os, até que se chegue ao ponto de vazamento sem a presença de materiais desagregados (SIKA, 2011).

Após preparar a superfície, é preciso realizar a mistura do produto de acordo com as indicações do produto, como esse tipo de impermeabilizante apresenta pega ultrarrápida, é necessário observar com atenção para que o processo de pega não comece antes mesmo da aplicação (SOARES, 2014).

Segundo Soares (2014), a aplicação do material deve ser feita de forma manual, introduzindo a argamassa de no ponto de vazamento, pressionando até o fim do processo de endurecimento.

5.5 Membrana Epoxídica

A resina epóxi trata-se de uma solução mais nobre dentro dos sistemas de impermeabilização rígidos. Apresenta alta resistência mecânica e à ataques químicos, sendo utilizada, por essa razão, em ambientes mais agressivos. É composto químico com bons índices de resistência e rapidez para aplicação (FIBERSALS, 2018).

É um material bastante versátil, podendo ser utilizado de diversas maneiras diferentes. Em madeiras, por exemplo, é utilizado tanto como cola quanto para acabamento superficial. Como sistema de impermeabilização, a resina epóxi forma uma membrana transparente fina e resistente, com boa aderência à superfície de concreto (FIBERSALS, 2017).

Segundo Fibersals (2018) outras vantagens estão na aplicação rápida, boa durabilidade, facilidade de manutenção e de limpeza, e fator de ser um sistema sem emendas e juntas. Como desvantagem tem-se um maior custo maior e maior dificuldade de aplicação, necessita-se de mão de obra especialidade, além de apresentar um maior grau de agressividade ao meio ambiente e perda de propriedades quando exposta ao sol.

Usualmente essa é uma escolha para pisos de fábricas, cozinhas industriais, oficinas mecânicas, e locais em geral com maior exigência e frequência em relação à limpeza.

5.5.1 Aplicação de membrana epoxídica

A preparação do substrato para as resinas epóxi varia de acordo com a pressão sob a qual a água está submetida. Para água sob pressão negativa, substrato deve ser de concreto e estar firme, coeso e homogêneo, já para a água sob pressão positiva o, substrato deve estar firme, coeso e homogêneo. Em ambos os casos, o local de aplicação da membrana epoxídica deve estar limpo (ABNT, 2008).

De acordo com a NBR 9574 (2008) para a aplicação é necessário adicionar aos poucos os componentes endurecedor e resina, e misturar homogeneamente, de forma mecânica ou manual. Após essa combinação o tempo de utilização da mistura não pode exceder o tempo de manuseio.

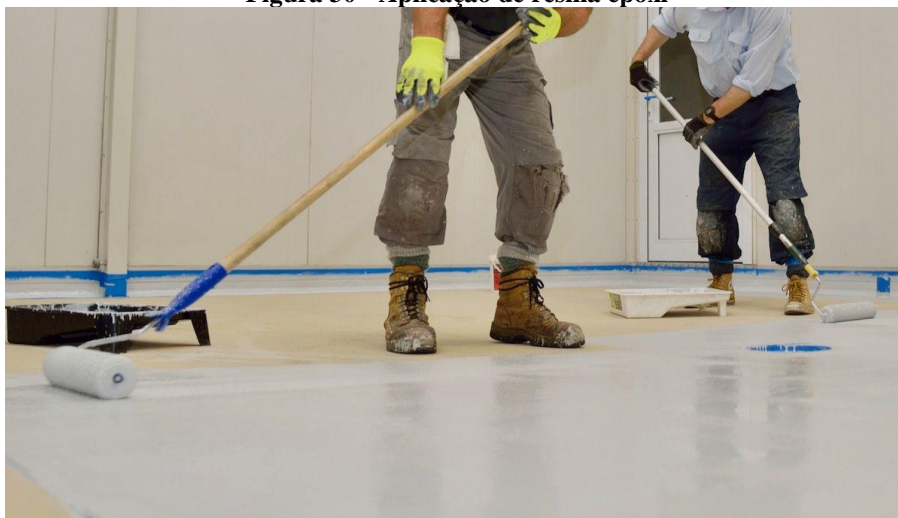
As demãos devem ser aplicadas com um intervalo máximo de 24hs entre elas sobre a superfície determinada. Caso esse tempo seja extrapolado é preciso providenciar um lixamento superficial (ABNT, 2008).

A NBR 9574 (2008, p.5) aconselha que “quando da utilização de armadura tipo tela, esta deve ser posicionada após a primeira demão e ser totalmente recoberta pelas demãos subsequentes”.

Além disso a NBR 9574 (2008, p.5) recomenda que “a dosagem, consumo, tempo de mistura e manuseio, ferramentas de aplicação, secagem entre demãos e cura devem seguir as recomendações do fabricante”.

A figura 30 retrata a aplicação de resina epóxi.

Figura 30 - Aplicação de resina epóxi



Fonte: FIBERSALS, 2017.

6 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de impermeabilização deve ser elaborado como parte integrante dos projetos da edificação, conforme a NBR 9575-2010 e deve compatibilizar todos os elementos da construção, de forma a não sofrer ou provocar interferências. A execução deve ser realizada conforme a NBR 9574-2008, por uma equipe técnica, devidamente preparada e deve haver um rigoroso controle de execução que obedeça ao detalhamento do projeto.

A impermeabilização está diretamente relacionada ao desempenho das edificações e para que esta possa assegurar a durabilidade e evitar o surgimento de patologias, um conjunto de requisitos deve ser atendido, que inclui a existência do projeto de impermeabilização, a escolha do sistema adequado e a qualidade da execução.

Devido a grande quantidade de impermeabilizantes disponíveis no mercado, conclui-se que é de extrema importância que o profissional da engenharia conheça as propriedades de cada produto, para que o sistema escolhido seja compatível com o local de aplicação, evitando assim, as patologias descritas anteriormente.

Sendo assim, em elementos de fundação de concreto armado, muros de arrimos e pisos em contato com o solo, como blocos e vigas baldrame, onde ocorre ascensão da umidade do solo é recomendada a aplicação de sistemas de impermeabilização rígida. As argamassas impermeáveis com aditivo hidrofugante; as argamassas e cimentos poliméricos; a membrana epóxica e os cristalizantes são os mais utilizados.

A argamassa impermeável com aditivos hidrófugos é um dos melhores em custo-benefício, pois os aditivos utilizados possuem um baixo custo e a execução da mão-de-obra é basicamente a mesma do processo convencional. No entanto, a resistência é um pouco menor, a durabilidade é limitada e não é indicada quando há contato com o lençol freático.

As argamassas e cimentos poliméricos apresentam características intermediárias entre impermeabilização rígida e flexível e são muito utilizados devido ao baixo custo e fácil aplicação. São indicados para áreas onde a água atua por percolação, condensação ou sob pressão.

A resina epóxi é uma solução de impermeabilização rígida que atua como proteção anticorrosiva de concreto, metais e argamassa, sendo indicada para ambientes mais agressivos como estruturas com tubos metálicos ou produtos químicos. A principal vantagem desse sistema é alta resistência mecânica e química, que em contrapartida, acarreta em maiores custos e maior dificuldade de aplicação.

Os cristalizantes são impermeabilizantes rígidos à base de cimentos especiais e aditivos minerais que possuem propriedade de penetração osmótica nos poros capilares do concreto. Apresentam alto desempenho, elevada durabilidade e a cristalização atua bem sobre o concreto endurecido. Sendo assim, são os mais indicados na recuperação de manifestações patológicas, que inclui reparo e tratamento de infiltrações ou vazamentos.

Em relação aos impermeabilizantes flexíveis, conclui-se que os pré-fabricados são vantajosos por apresentarem espessura definida e controlada e serem aplicados em uma camada, o que facilita o controle, aumenta a velocidade e o rendimento de mão-de-obra. Já os moldados no local, devido à sua espessura variável e aplicação em camadas superpostas, apresentam maior dificuldade de aplicação e conseqüentemente, menor velocidade e maior custo de mão de obra.

As mantas são indicadas para estruturas sujeitas a movimentação e fissuras, e com dimensões superiores a 50 m². Quanto menor a área de aplicação da manta, maior a possibilidade de falha de execução devido à necessidade de recortes e emendas. São indicadas principalmente para lajes.

A manta asfáltica é o impermeabilizante flexível mais utilizado no Brasil, devido à sua alta flexibilidade, resistência às fissurações, durabilidade e por suportar variações térmicas. No entanto, esse produto não resiste a pressões negativas e exige camada de proteção, o que aumenta o custo e a carga total na estrutura. Além disso, o uso do maçarico exige extremo cuidado durante a aplicação, por isso há a necessidade de profissionais qualificados. Pode ser utilizada tanto em obras residenciais, como industriais ou comerciais.

As mantas pré-moldadas de PVC são indicadas para impermeabilizações de alto desempenho. Apresentam elevada flexibilidade, resistência química e resistência aos raios ultravioleta. Tem como vantagem a elevada durabilidade e longa vida útil. A manta de PVC é bastante utilizada na impermeabilização de coberturas.

As mantas pré-moldadas de PEAD possuem alta resistência química a ácidos, sais, bases e solventes e alta resistência à tração. São indicadas para lagoas de tratamento de efluentes, aterros sanitários, reservatórios e canais para tratamento de água e esgoto.

As mantas pré-moldadas de EPDM resistem bem à umidade e aos ácidos e suportam grandes alongamentos. Apesar de apresentarem um maior custo, tem maior desempenho e durabilidade se comparado às mantas asfálticas. Tanto a manta de PEAD quanto a de EPDM são indicadas para obras de maior porte, principalmente aquelas voltadas para a preservação ambiental, pois elas são eficientes na proteção de lençóis freáticos contra a contaminação por material orgânico decomposto, óleos e combustíveis.

As membranas são moldadas in loco e podem ser de material acrílico, asfáltico ou cimentício. A principal vantagem em relação às mantas está no fato de não apresentarem emendas. Além disso, as membranas podem ser aplicadas a quente e a frio, aderem a diversos tipos de superfície, resistem à luz solar e aceitam diversos revestimentos de acabamento.

Por outro lado, a execução das membranas moldadas in loco, exige um rígido controle de sua espessura e da quantidade de produto utilizado por metro quadrado. Pode se tornar necessária a aplicação de várias demãos para se conseguir a espessura adequada, o que acarreta em maior tempo e custo com a mão de obra.

Vale ressaltar a importância de preparar a camada do substrato que irá receber a impermeabilização e do revestimento que irá atuar como camada de proteção mecânica para o impermeabilizante, independente do sistema adotado.

O projetista de impermeabilização deve evidenciar as áreas que necessitam de impermeabilização e avaliar o sistema adequado para cada situação. A impermeabilização deve ser planejada visando reduzir o custo e aumentar a eficiência. O sistema escolhido deve ser executado por uma equipe técnica com o devido controle de qualidade.

Sendo assim, a impermeabilização destaca-se como uma das etapas indispensáveis da construção e cumpre um importante papel de assegurar a durabilidade e a salubridade das edificações, evitando diversos problemas com patologias e proporcionando segurança e conforto ao usuário.

REFERÊNCIAS

- ABATTE, V. Umidade na base das paredes. Revista Técnica: São Paulo. Edição 71, p. 70-71 – Fevereiro 2003.
- ARANTES, Y.K. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil.** Monografia, UFMG. Belo Horizonte - MG, 2007.
- ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO. **Impermeabilização sem segredos.** Editora Abril. São Paulo: maio de 2005.
- ARCHI EXPO. **Manta de impermeabilização de telhado em EPDM.** Disponível em: <<http://www.archiexpo.com/pt/prod/flexirub/product-59369-1541148.html>>. Acesso em 16 de janeiro de 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho.** Rio de Janeiro. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Impermeabilização: Seleção e Projeto.** Rio de Janeiro. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574: Execução de impermeabilização.** Rio de Janeiro. 2008.
- AUSTRALIAN INSTITUTE OF WATERPROOFING – AIW. 2016. **The History of Waterproofing.** Disponível em: <<http://www.waterproof.org.au/the-history-ofwaterproofing/>>. Acesso em 16 de dezembro de 2018.
- BARBOSA, R.M.E. **Patologia da impermeabilização de edificações: Aspectos técnicos e metodológicos.** Projeto de Graduação, UFRJ. Rio de Janeiro – RJ, 2018.
- BUSIAN, F. **Impermeabilização asfáltica.** Equipe de Obra, 2013. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/60/impermeabilizacao-asfaltica-saiba-como-calculer-o-consumo-e-a-289949-1.aspx>>. Acesso em 15 de janeiro de 2019.
- CAIXA D'ÁGUA. **Impermeabilização.** 2007. Disponível em: <<http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/PALESTRA-SISTEMAS-DE-IMPERMEABILIZAcAO.pdf>>. Acesso em 18 de dezembro de 2018.
- CICHINELLI, G. **Impermeabilização.** 87. ed. Revista Técnica, São Paulo: Pini, p. 35-38, out. 2007.
- CIMINO, R. **Revestimento de reservatórios de água com manta armada de PVC.** Técnica, São Paulo, n. 62, p. 69-71, mai. 2002.
- CONDOMÍNIO OSC. **Prédios em regiões litorâneas sofrem com a umidade.** 29 de julho de 2015. Disponível em: <<http://www.condominiosc.com.br/jornal-dos->

condominios/infraestrutura/2161-predios-em-regioes-litoraneas-sofrem-com-a-umidade >. Acesso em : 20 de dezembro de 2018.

DEPÓSITO ZONA SUL. **Impermeabilizantes**. 2016. Disponível em: <<http://depositozonasul.blogspot.com/2016/08/a-manta-termica-evita-oaquecimento-via.html>>. Acesso em 15 de janeiro de 2019.

EQUILIBRIO AQUARISMO. **Geomembrana manta epdm cubos para lagos ornamentais**. Disponível em: <<https://www.equilibrioaquarismo.com.br/produto/geomembrana-manta-epdm-para-lagos-cubos-carlisle.html>>. Acesso em 16 de janeiro de 2019.

FERREIRA, R. **Conhecendo os impermeabilizantes**. Equipe de obra, 2012. Disponível em: <<http://equipedeoobra17.pini.com.br/construcao-reforma/44/conhecendo-os-impermeabilizantes-veja-quais-sao-os-sistemas-de-245388-1.aspx>>. Acesso em 16 de janeiro de 2019.

FIBERSALS. **Impermeabilização: conheça todas as opções existentes no mercado**. FiberSals, 2018. Disponível em: <<https://fibersals.com.br/blog/impermeabilizacao-conheca-todas-as-opcoes-existentis-no-mercado/>>. Acesso em: 15 de dez. de 2018.

FIBERSALS. **Tudo sobre impermeabilização rígida**. FiberSals, 2017. Disponível em: <<https://fibersals.com.br/blog/tudo-sobre-impermeabilizacao-rigida/>>. Acesso em: 06 de jan. de 2019.

FREIRE, M.A. **Métodos executivos de impermeabilização de um empreendimento comercial de grande porte**. Monografia, UFRJ. Rio de Janeiro - RJ, 2007.

GABRIOLI, J; THOMAZ, E. **Impermeabilização de fundações e subsolos**. Revista Técnica: Edição 67 – Outubro de 2002. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/67/artigo287243-1.aspx>>. Acesso em: 06 de jan. de 2019.

GOMES. N. A. **Principais manifestações patológicas nas estruturas de concreto**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. São Carlos – SP, 2006.

GUARIZO, E.A. **Impermeabilização Flexível**. Monografia. Universidade de São Francisco. Itatiba – SP, 2008.

HABITISSIMO. **Encontre profissionais de confiança**. Disponível em: <<https://www.habitissimo.com.br/>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. In: PINI, 2ª ed, São Paulo, 1992. ISBN 85-7266-010-0.

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**. Trabalho de conclusão de curso, UTFPR. Campo Mourão – PR, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO-IBI. **Como impermeabilizar com argamassa polimérica**. Informe Publicitário. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO–IBI. **Projeto de impermeabilização é sinônimo de economia e qualidade.** Boletim informativo. 2018. Disponível em: <<http://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/01/Informe-Projeto-de-Impermeabilizac%CC%A7a%CC%83o.pdf>>. Acesso em 26 de abril de 2018.

LOTURCO, B. **Poliuretanos, poliuréis e mantas adesivas.** Técnica, São Paulo, n.102, p.52-57, set. 2005.

MACEDO, J. V.; BATISTA, P.; LOPES, P.; SOUZA, R.; MONTEIRO, E. **Manifestações patológicas causadas pela umidade devido à falha ou ausência de impermeabilização: estudo de caso.** In: Conferência Nacional de Patologia e recuperação de estruturas – CONPAR. Recife - PE, 2017.

MÃOS À OBRA PRO. **Mãos à obra: pro.** Associação Brasileira de Cimento Portland. Editora Alaúde, vol. 1, 2013.

MOBUSS CONTRUÇÃO. **Quais são as exigências de habitabilidade da NBR 15575 para edificações?** Mobuss Construção, 2018. Disponível em: <<https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/habitabilidade-nbr-15575/>>. Acesso em 18 de dezembro de 2018.

MORAES, C.R.K. **Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores ocorridos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre.** 2002, 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil, 2002.

NAKAMURA, J. **Transporte.** Infraestrutura Urbana, 2014. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/43/artigo327115-2.aspx>>. Acesso em 15 de janeiro de 2019.

NEOPLASTIC. **Geomembrana de polietileno de alta densidade.** Disponível em: <http://www.neoplastic.com.br/documentos_tecnicos/Geomembrana_de_pead_texturizada.pdf>. Acesso em 16 de janeiro de 2019.

NEOPLASTIC. Geomembranas. <<http://www.neoplastic.com.br/pt/produtos/geomembrana>>. Acesso em 16 de janeiro de 2019.

NIEMCZEWSKI, J. S. **Aplicação de materiais cerâmicos em compósitos cimentícios.** Universidade de Caxias do Sul. 25 de abril de 2017. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/25_04_Palestra_MatCeramCompositosCimenticios.pdf>. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

NORTENE. Geomembrana lisa PEAD. 2019. Disponível em: <<https://nortene.com.br/geomembrana-lisa-pead/>>. Acesso em 16 de janeiro de 2019.

OLIVEIRA, G.F. **Principais manifestações patológicas nas estruturas de concreto.** In: Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia – GO, 12ª Edição, n. 12, vol. 01/2016. Dezembro/2016. ISSN 2179-5568.

OLIVEIRA, Paulo Sérgio F. **Impermeabilização com mantas de PVC**. 111. ed. Revista Técnica, São Paulo: Pini, p. 76-80, jun. 2006.

PEZZOLO, V. **Como executar a impermeabilização de lajes**. 127. ed. Revista Técnica, São Paulo: Pini, p. 79-80, out. 2007.

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

POINTER. **Quais são as principais causas da eflorescência?** Blog. Publicação: 10 de setembro de 2018. Disponível em: <<https://pointer.com.br/blog/eflorescencia/>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

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

QUINTEIRO, E.; MENEGAZZO, A.P.M.; PASCHOAL, J.O.A.; GIBERTONI, C.; NETO, O.T. **Manchamento do Engobe em Placas Cerâmicas Esmaltadas para Revestimentos – Parte 1: A Mancha D'Água**. In: Cerâmica Industrial, vol. 15, n. 3, maio/junho/2010.

RECOLAST AMBIENTAL. **Impermeabilização: Tenha excelentes resultados**. 2016. Disponível em: <<https://recolast.com.br/blog/reservatorios/impermeabilizacao-tenha-excelentes-resultados/>>. Acesso em 16 de janeiro de 2019.

RIGHI, G.V. **Estudos dos Sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções**. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Centro de tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, Brasil, 2009.

RHOD, A.B. **Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos: análise da frequência de ocorrência em áreas internas de edifícios em uso em Porto Alegre**. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre – RS, 2011.

SAYEGH, S. **Cimentos e Polímeros contra a umidade**. Revista Técnica: São Paulo. Edição 56 – Novembro de 2001.

SCANDAROL, M. **Para evitar infiltração**. Equipe de Obra: Edição 17 – Maio de 2008. Disponível em: <<http://equipededeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/17/artigo89506-2.aspx>>. Acesso em: 07 de jan. de 2019.

SIKA. **Aditivo Impermeabilizante de Pega Ultra-Rápida: Sika 2**. Ficha de Produto, 2011.

SILVEIRA, M.A. **Impermeabilizações com cimentos poliméricos**. Revista Técnica: São Paulo. Edição 54, p. 108-110 – Setembro de 2001.

SOARES, F.F. **A Importância do Projeto de Impermeabilização em Obras de Construção Civil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

TECNOSIL. **O que é e como ocorre a carbonatação do concreto?** Publicado em: 01 de maio de 2018. Disponível em: <

<https://www.tecnosilbr.com.br/?s=CARBONATA%C3%87%C3%83O>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

TEST SCHIMMEL. **Schimmel an der Wand Wo alles beginnt**. Disponível em: <<https://www.schimmelpilz-fachzentrum.de/lexikon/schimmel-an-der-wand> >. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

VALLE, J. B.S. **Patologia nas alvenarias**. Monografia. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte – MG, 2008.

VEDACIT. **Manual Técnico de Impermeabilização em estruturas**, 4. ed. – Otto Baumgart, 2006.

VIAPOL. **Viapol EPDM**. 2019. Disponível em: <<http://www.viapol.com.br/produtos/viapol/impermeabilizantes/mantas/epdm/viapol-epdm/>>. Acesso em 16 de janeiro de 2019.