

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

Marcos Oliveira Justino

**ESTUDO, ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE TRATAMENTOS ÀS COBERTURAS DE
TERRAÇO EM EDIFÍCIOS**

Uberlândia

2024

ESTUDO, ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE TRATAMENTOS ÀS COBERTURAS DE TERRAÇO EM EDIFÍCIOS

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Engenharia Civil – apresentado à
Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres

Uberlândia

2024

ESTUDO, ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE TRATAMENTOS ÀS COBERTURAS DE TERRAÇO EM EDIFÍCIOS

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Engenharia Civil apresentado à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres

Prof. Antônio de Paulo Peruzzi

Profa. Leila Aparecida de Castro Motta

Uberlândia, julho de 2024.

*A meus pais, por serem o apoio,
exemplo e incentivo para o meu sucesso,
inquietaude e busca de crescimento.*

*Pelo amor daqueles que me
acompanharam e fizeram a pessoa que sou hoje.*

*E a Deus, que sempre esteve ali por
mim, que me guiou e protegeu independente das
pedras no caminho, sendo meu ponto de paz e
motivação.*

“A melhor maneira de nos prepararmos para o futuro é concentrar toda a imaginação e entusiasmo na execução perfeita do trabalho de hoje.”

(Dale Carnegie)

RESUMO

O estudo de impermeabilização em terraços é pouco difundido no Brasil e trata-se de um assunto de grande importância, visto que sua boa execução protege edifícios dos mais diversos problemas de infiltração e patologias em geral, ainda mais quando se trata do terraço, que é a unidade mais valiosa de uma edificação residencial ou comercial, além de poder causar incômodo para todos os outros pavimentos inferiores em caso de patologias. A impermeabilização das edificações ainda é uma etapa executada sem o conhecimento necessário por muitas construtoras e apresentada com poucos detalhes por seus projetistas, não considerando tópicos importantes para a sua durabilidade, o que acaba gerando patologias para as edificações. Assim, neste trabalho analisa-se quais os cenários de terraço e suas impermeabilizações adequadas, classificando os diversos tipos de coberturas, detalhando a cobertura em terraço, as camadas de impermeabilização, apresentando os métodos e materiais de impermeabilização e discutindo as boas práticas para a execução de uma impermeabilização efetiva, detalhando pontos críticos, como ralos, soleiras, rodapés, juntas de dilatação, pingadeiras, etc. Apresenta-se a importância de um projeto completo e bem detalhado, assim como a de uma mão de obra qualificada para a execução. As principais normas brasileiras são a base para o entendimento de cada variável a ser levada em conta na fase do projeto. Esse trabalho detalha as características dos métodos executivos e dos materiais de impermeabilização, analisando 5 cenários de terraço: terraço inacessível, acessível para pedestres, acessível para veículos, terraço ajardinado e misto.

PALAVRAS-CHAVE: Impermeabilização, terraço, laje, impermeabilização em terraço, cobertura em terraço, proteção mecânica, barreira de vapor, isolamento térmico, normas de impermeabilização.

ABSTRACT

The study of waterproofing on terraces is not widespread in Brazil and it is a important matter, since its proper execution protects buildings from the most diverse problems of infiltration and pathologies in general, even more so when it comes to the terrace, which is the most valuable unit of a residential or commercial building, in addition to being able to cause inconvenience to all other lower floors in case of pathologies. The waterproofing of buildings is still a step carried out without the necessary knowledge by many construction companies and presented with few details by their designers, not considering important topics for their durability, which ends up generating pathologies for buildings. Thus, this work analyzes the terrace scenarios and their adequate waterproofing, classifying the different types of roofing, detailing the terraced roofing, the waterproofing layers, presenting the waterproofing methods and materials and discussing good practices for the execution of effective waterproofing, detailing critical points, such as drains, sills, skirting boards, expansion joints, drip pans, etc. The importance of a complete and well-detailed project is presented, as well as that of a qualified workforce for the execution. The main Brazilian standards are the basis for understanding each variable to bring in design phase. This work details the characteristics of the executive methods and waterproofing materials, analyzing 5 terrace scenarios: inaccessible terrace, accessible for pedestrians, accessible for vehicles, landscaped terrace and mixed terrace.

KEYWORDS: Waterproofing, terrace, slab, waterproofing terrace, roof terrace, mechanical protection, vapor barrier, thermal insulation, waterproofing standards.

Sumário

1. APRESENTAÇÃO	9
2. OBJETIVOS.....	9
3. METODOLOGIA	10
4. TIPOS DE COBERTURAS.....	10
4.1 TELHADOS.....	11
4.2 LAJES PLANAS.....	13
4.3 TERRAÇOS	13
5. IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS EM TERRAÇO	14
5.1 IMPORTÂNCIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS EM TERRAÇO	14
5.2 SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO	17
5.2.1 <i>Classificação quanto à pressão d'água e direção do fluxo a ser contido</i>	18
5.2.2 <i>Classificação quanto à rigidez ou flexibilidade da estrutura</i>	19
5.2.3 <i>Materiais e técnicas para impermeabilização de terraços</i>	20
5.2.4 <i>Classificação quanto à aderência ao substrato</i>	30
5.3 ELEMENTOS CONSTITUINTES EM UMA COBERTURA EM TERRAÇO	32
5.3.1 <i>Estrutura resistente</i>	33
5.3.2 <i>Camada de regularização</i>	33
5.3.3 <i>Camada de barreira de vapor</i>	33
5.3.4 <i>Camada de isolamento térmico</i>	34
5.3.5 <i>Camada de impermeabilização</i>	35
5.3.6 <i>Camada de proteção mecânica</i>	35
5.4 NORMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO.....	38
5.4.1 <i>Normas Brasileiras</i>	38
5.4.2 <i>Normas Internacionais</i>	39
5.5 RECOMENDAÇÕES E BOAS PRÁTICAS PARA EXECUÇÃO E PROJETOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO	39
5.5.1 <i>Projeto de impermeabilização</i>	40
5.5.2 <i>Escolha da impermeabilização</i>	42
5.5.3 <i>Detalhes construtivos</i>	43
5.6 PATOLOGIAS CAUSADAS POR ERRO DE CONCEPÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO.....	51
5.7 MANUTENÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO	53
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

1. APRESENTAÇÃO

Existem diversas opções a serem adotadas num sistema de cobertura de um edifício, como o telhado aparente simples, telhado invertido, telhado embutido, telhado curvo, outros diversos tipos de telhados, cobertura estufa, cobertura verde, laje exposta, terraços, dentre diversas outras opções; no caso da cobertura em telhado existem diversos tipos de materiais diferentes para cada tipologia e funcionalidade projetada.

As construções com cobertura adotada em tipologia de terraço, ou seja, em sistema sem telhas descontínuas, ganharam visibilidade no setor de construção civil após o desenvolvimento avançado dos estudos de impermeabilizações. Esse método construtivo demanda menor custo com manutenção (quando possuidor de um projeto adequando e de uma execução que obedeça ao projeto, quer nos materiais, quer no método executivo), de forma que o custo não seja tão distante daquele quando se adota a execução dos telhados tradicionais, além da maior versatilidade nas funcionalidades da cobertura. Com ele é possível criar ambientes e designs arquitetônicos, como a execução de um ambiente em terraço por um simples diferencial de volumetria e fachada, a criação de uma área de lazer com pequeno tráfego de pessoas, a construção de um ambiente que suporta um grande tráfego de pessoas e/ou tráfego de veículos, ou até mesmo um ambiente sustentável em que se diversifica as opções de paisagismo utilizando áreas verdes na cobertura.

Para a execução de uma construção que possua cobertura em terraço é necessário um foco especial em projeto, detalhamentos, definição de materiais e execução do sistema de impermeabilização da cobertura e, caso necessário, isolamento térmico adequado, visando utilização de técnicas, produtos e normas adequados ao(s) objetivo(s) da cobertura a ser construída.

Existem diversos fornecedores de produtos de impermeabilização, diferentes normas que estudam as melhores práticas para o projeto e execução de uma boa impermeabilização, assim como diversos métodos e materiais diferentes para um mesmo objetivo.

Apesar das grandes vantagens de uma construção com cobertura em terraço, essas construções são, historicamente, mais propícias para eventuais problemas de infiltração, portanto o objetivo deste trabalho é estudar, analisar e propor tratamentos adequados para coberturas em terraços das mais diversas tipologias.

2. OBJETIVOS

Apresentar diversos cenários de impermeabilização em coberturas do tipo terraço e, a partir das diferentes técnicas, diversas opções de materiais, definições de conceitos,

importâncias dentro da área e propor um tratamento adequado para cada cenário. É apresentado a necessidade de uma boa fase de projeto, mão de obra capacitada para a execução da impermeabilização, boas práticas para a durabilidade da obra e não aparecimento de patologias, assim como a importância de uma manutenção preventiva periódica.

Os cenários de impermeabilização fundamentam-se no trabalho de diversos pesquisadores, a consideração das normas brasileiras e internacionais de impermeabilização, assim como a análise de prós e contras de produtos de marcas renomadas, cujos materiais tem muita tecnologia investida, quer na sua concepção, quer na sua fabricação.

Os estudos visam o bom custo/benefício, considerando tempo de durabilidade da impermeabilização, custo de obra e manutenção, riscos, qualidade de desempenho e conforto ao usuário; donde, cada cenário é um diferente tipo de terraço, com finalidades usuais diferentes. O objetivo é compreender as qualidades de diversos materiais e conjuntos de camadas de impermeabilização, tendo em vista as modalidades a que eles estão inseridos.

3. METODOLOGIA

Estudar em fontes bibliográficas as várias tipologias e traçar rotinas de trabalho e metodologias, compilação de dados para cada terraço e forma de execução, de modo a analisar as soluções para cada situação.

Estudar os tipos de impermeabilizações, suas classificações, recomendações, formas de execução, normatizações e as diferentes camadas necessárias para compor um conjunto de impermeabilização para uma cobertura em terraço, conforme sua utilização específica.

As apresentações dos dados compilados neste trabalho são provenientes de pesquisa de artigos, teses, trabalhos, normas e sites de empresas especializadas na área de construção, engenharia civil, arquitetura e impermeabilização.

4. TIPOS DE COBERTURAS

Moliterno (2010) utiliza o termo cobertura para definir o plano de vedação constituído por telhas, chamando todo o sistema de fechamento superior da edificação de

telhado, mas explica que “[...] nem todo sistema de proteção superior de um edifício, obrigatoriamente, constitui-se num telhado como, por exemplo, lajes com espelho d’água, terraços e jardins suspensos.”. Podem-se identificar, ainda, coberturas que diferem de telhados e lajes planas, como cúpulas e coberturas tensionadas com membranas. Desta forma, a cobertura se classifica como um sistema de fechamento superior da edificação.

4.1 Telhados

Telhado é formado por um conjunto de telhas de materiais diversos (cerâmica, fibrocimento, concreto, aço, metálica, cobre, vidro, etc.), estrutura de suporte e peças complementares que cobrem um edifício

Existem telhados simples, embutidos, invertidos, curvos, entre outras diversas variações, conforme ilustram as Figuras 1, 2 e 3.

Figura 1 - Telhado simples.



Fonte: IBDA, 2023.

Figura 2 - Telhado embutido.



Fonte: SOLUÇÕES INDUSTRIAIS, 2023.

Figura 3 – Telhado curvo.



Fonte: VIDRADO, 2023.

Além desta divisão por material, distingue-se a estrutura do telhado em contínua e descontínua, conforme Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (1998):

- a) Descontínua: sistema de grelhas sucessivas, em que o espaçamento e a resistência das peças lineares diminuem à medida que aumenta o nível (Figura 4);
- b) Contínua: elemento único, resistente, com a inclinação da cobertura, geralmente constituído por uma laje (Figura 5).

Figura 4 – Telhado descontínuo.



Fonte: ENGENHARIA 360, 2023.

Figura 5 – Telhado contínuo de telhas zipadas.



Fonte: CORTEZIP, 2023.

O tipo mais comum de telhado é o descontínuo, no qual se faz necessária a sobreposição entre peças. Entretanto, existe no mercado modelos de telhados contínuos, como os telhados zipados, que não há a necessidade de sobreposições ou emendas.

4.2 Lajes Planas

Segundo a ABNT NBR 15575:2013 a laje plana é uma laje de cobertura com declividade menor ou igual a 5%, como pode ser visto um exemplo na Figura 6.

Figura 6 – Impermeabilização em uma laje plana.



Fonte: VRS, 2023.

4.3 Terraços

Segundo a ABNT NBR 15575:2013 a cobertura-terraço é uma cobertura de ambientes habitáveis que disponibiliza sua área, em parte ou em todo, por meio de acesso, para desenvolvimento de atividades.

Um terraço pode ter diversas funcionalidades, como: área de lazer, terraço jardim, área técnica, estacionamento de carros, terraços de uso misto, entre as mais abrangentes opções. A Figura 7 apresenta um terraço com a funcionalidade de área de lazer.

Figura 7 – Terraço de uma casa (área de lazer).



Fonte: SOLUÇÃO, 2023.

5. IMPERMEABILIZAÇÃO DE COBERTURAS EM TERRAÇO

5.1 Importância da impermeabilização de coberturas em terraço

Segundo a ABNT NBR 9575:2010, impermeabilização é o produto resultante de um conjunto de componentes e serviços que objetivam proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, vapores e da umidade.

Os terraços são áreas muito sensíveis às condições ambientais de insolação direta, agentes poluentes agressivos, deformações devido a cargas de serviço, dilatações térmicas, recalque de fundações, e pelo próprio trânsito de pessoas. Essas áreas, por serem muito utilizadas, devem receber uma atenção especial na impermeabilização, considerando, principalmente, que o custo gira em torno de 1% a 3% do custo total da obra, podendo, quando a mesma não atender seu objetivo, gerar custos de reparo na ordem de 5% a 10% do custo total da obra (PORCELLO, 1998).

Segundo Pinto (2016) as infiltrações provenientes de falha na impermeabilização podem ocasionar patologias como goteiras, manchas, mofos e deterioração dos componentes da estrutura.

As coberturas em terraço podem ser classificadas conforme seu objetivo em:

- a) Inacessível (acesso apenas de manutenção)
- b) Acessíveis para pedestre
- c) Acessíveis para veículos (leves e pesados)

- d) Ajardinados
- e) Mistas

O terraço inacessível se caracteriza pelo projeto que prevê, apenas, o acesso para manutenções, não tendo nenhum trânsito frequente de pessoas ou carros, qualquer destinação ao lazer ou presença de plantações e jardins. São comuns casas e sobrados que optam pelo terraço como modelo construtivo e volumetria do partido arquitetônico, como na Figura 8.

Figura 8 – Terraço inacessível com acesso apenas para manutenção.



Fonte: HABITISSIMO, 2023

O terraço acessível para pedestres se caracteriza por um modelo de cobertura destinado ao tráfego de pessoas, muito comumente projetado em ambientes públicos, shoppings, hospitais, entre outros locais em que existe uma alto fluxo de pessoas, como na Figura 9.

Figura 9 – Terraço acessível para pedestres.



Fonte: ARCHDAILY, 2023

O terraço acessível para veículos se caracteriza por um modelo de cobertura destinado ao tráfego de veículos assim como local para estacionamento destes, muito comumente projetado em shoppings, hospitais, prédios comerciais, entre outros locais que comportam uma grande quantidade de pessoas (Figura 10).

Figura 10 – Terraço acessível para veículos.



Fonte: DESTINOS, 2023.

O terraço ajardinado se caracteriza como uma cobertura verde, ou seja, cobertura que comporta um substrato junto a uma vegetação que pode ter diversas funcionalidades à construção, como captação de água, eficiência térmica, lazer, ampliação da área permeável e de ocupação do solo da edificação, além de um design moderno (Figura 11).

Figura 11 – Terraço ajardinado/verde.



Fonte: CHALÉ, 2023.

O terraço misto se caracteriza como uma combinação de dois ou mais tipos de terraços dos já citados anteriormente, podendo ser, como na Figura 12, um terraço ajardinado acessível para pedestres transitarem.

Figura 12 – Terraço misto.



Fonte: FASTCON, 2023.

Existem soluções, métodos, projetos e materiais impermeabilizantes adequados para cada tipo de funcionalidade, nível de carga, e comportamento das cargas sobre o terraço, portanto é importante a boa definição do objetivo do telhado em fase de projeto.

Desta forma, entende-se a necessidade de avaliar diversos cenários em busca de soluções adequadas a cada classificação de impermeabilização de um terraço, visando a boa execução e projeção da impermeabilização, para evitar custos excessivos de correção pós-obra e futuros incômodos aos usuários da edificação.

5.2 Sistemas de impermeabilização

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

Um sistema de impermeabilização pode ser dividido em três etapas, conforme classifica Cruz (2003): a primeira etapa refere-se a ações anteriores a impermeabilização, como a preparação da regularização e dos caimentos, bem como cuidados com detalhes construtivos, a segunda etapa que é o processo de impermeabilização propriamente dito, e a terceira etapa as camadas posteriores, tais como isolamento térmico, quando especificado, e proteção mecânica, quando necessária.

Schlaepfer e Cunha (2001) dizem que basicamente os sistemas de impermeabilização dividem-se nos seguintes fatores:

- a) Pressão d'água e direção do fluxo a ser contido (podendo ser positiva ou

- negativa);
- b) Rigidez / flexibilidade da estrutura;
- c) Aderência do sistema à estrutura;
- d) Metodologia de preparação e aplicação;
- e) Estruturação do produto impermeabilizante;
- f) Quantidade de camadas de impermeabilizante.

5.2.1 Classificação quanto à pressão d'água e direção do fluxo a ser contido

A ABNT NBR 12190/01:2013 define a classificação quanto à pressão d'água:

- a) Água de percolação: água que atua sobre superfícies, não exercendo pressão hidrostática superior a 1 kPa.
- b) Água sob pressão: água confinada ou não, exercendo pressão hidrostática superior a 1 kPa.
- c) Umidade do solo: água existente no solo, absorvida e/ou adsorvida pelas partículas do mesmo.

Dinis (1997) classifica em três os tipos de solicitação imposta pela água às impermeabilizações:

- a) Água de percolação: ocorre quando da incidência da água em terraços, coberturas, fachadas e empenas, onde o escoamento é livre não existindo esforço hidrostático sobre a construção.
- b) Água com pressão: é o caso de piscinas, caixas d'água, subsolos imersos em lençol d'água, onde a pressão provoca um esforço hidrostático sobre os elementos da construção.
- c) Água por capilaridade: é a ação da migração da água absorvida pelos elementos estruturais e que caminha, por capilaridade, pelos poros dos mais diversos materiais de construção, em maior ou menor intensidade.

Schlaepfer e Cunha (2001) classificam quanto à pressão d'água atuante na estrutura a ser impermeabilizada da seguinte forma:

- a) Sistemas sob pressão positiva: reservatórios, piscinas, terraços, onde se promove uma impermeabilização interna, na “direção” positiva da pressão hidrostática.

- b) Sistemas sob pressão negativa: subsolos, reservatórios, piscinas sob ação do lençol freático, onde se promove a impermeabilização interna, na “direção” negativa da pressão hidrostática.
- c) Sistemas sob percolação: fundações de edificações, baldrame, subsolos, piscinas enterradas, sob ação do lençol freático ou apenas umidade de solo, onde se promove uma impermeabilização externa, na direção positiva da percolação.
- d) Sistemas sob contato positivo: impermeabilizações verticais de fachadas ou empenas.

A comparação da primeira com a segunda bibliografia indica que o item c) é diferente em classificação apesar do conceito ser o mesmo na teoria. Na terceira bibliografia temos uma diferente forma de classificar os sistemas de pressão, esta portanto é a bibliografia que pode ser considerada mais atualizada.

5.2.2 Classificação quanto à rigidez ou flexibilidade da estrutura

Dinis (1997) cita que o material que constitui a impermeabilização deve possuir rigidez e flexibilidade adequadas às temperaturas de utilização, de forma que acompanhe os movimentos normais que lhe são impostos, sem perder a continuidade pelo surgimento de fissuras, rompimentos, ranhuras ou outras falhas. O sistema de impermeabilização quanto à rigidez e flexibilidade é classificado da seguinte forma pelo autor:

- a) Sistemas rígidos: concreto impermeável e argamassa impermeável são sistemas rígidos e só devem ser adotados em estruturas não sujeitas à fissuração ou grandes deformações, em áreas com adoção de componentes construtivos, que possam se movimentar.
- b) Sistemas semi-rígidos: argamassa polimérica, epóxi, suportam microfissuras, dependendo de sua espessura e reforços, suportando também grandes deformações estruturais.
- c) Sistemas elásticos: possuem capacidade de se alongar em função da resistência estrutural, podendo absorver fissuração desde que adequadamente especificados, dependendo da espessura, capacidade de deformação e reforços. Pode-se ter nesta condição sistemas com alongamento ao redor de 40% até mais de 1000%.
- d) Impermeabilizações laminares: são os sistemas cujos materiais possuem boa resistência ao alongamento, sendo capaz de se deformar e retornar ao estado original continuamente sem se romper.

- e) Impermeabilizações por pintura: são as impermeabilizações executadas “in loco”, ou seja, na própria obra, formada pela intercalação de várias camadas de asfalto, armadas ou não com materiais diversos, tais como tecidos de feltro asfálticos e tecidos de vidro.

Schlaepfer e Cunha (2001) orientam que o sistema de impermeabilização deve ser compatível com a rigidez ou flexibilidade da estrutura na área impermeabilizada. Classificadas as estruturas, tem-se a seguir, a classificação dos sistemas como segue:

- a) Sistemas rígidos: aplicáveis em estruturas sujeitas a mínimas variações térmicas, pequenas vibrações e/ou exposição solar. São normalmente empregados em reservatórios d’água inferiores, solos, piscinas enterradas, galerias enterradas de: cabos elétricos, de inspeção em barragens e galerias em geral, pequenas estruturas isostáticas expostas.
- b) Sistemas flexíveis: aplicáveis em estruturas sujeitas a variações térmicas diferenciadas e/ou grandes vibrações, cargas dinâmicas, recalques e/ou forte exposição solar. São normalmente empregados 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.

5.2.3 Materiais e técnicas para impermeabilização de terraços

- **Membrana epoxídica**

A membrana de epóxi poliamida, segundo Storte (2019), é flexibilizada, bicomponente, com resistência química, impermeável à água e ao vapor. É utilizada para proteção e acabamento impermeável anticorrosivo em ambientes agressivos em estrutura de concreto e metálica e em pisos sujeitos ao ataque de produtos químicos. É um material moldado in loco, isento de água e de solvente (Figura 13).

Figura 13 - Aplicação de membrana epoxídica.



Fonte: FIBERSALS (2023)

- **Impermeabilização Flexível**

Impermeabilização flexível é o conjunto de materiais ou produtos aplicáveis nas partes construtivas sujeitas à fissuração. Podem ser classificadas em dois tipos: moldadas no local e chamadas de membranas ou pré-fabricadas, comumente, denominada de mantas.

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

A principal diferença entre as membranas e as mantas é que as membranas não apresentam emendas, sendo um fator vantajoso no sentido construtivo.

É um sistema indicado para áreas de grande movimentação por serem elásticos, acompanhando o processo de dilatação por temperatura sem fissurar (JUNIOR, 2019).

Segundo Cichinelli (2004) as membranas exigem um rígido controle da espessura e, conseqüentemente, da quantidade de produto aplicado por metro quadrado; sendo que, essa é uma exigência que fica difícil de visualizar e quantificar.

A adição de polímeros, elastômeros entre outros aditivos alteram suas características iniciais permitindo tolerar uma considerável movimentação da estrutura conforme Salgado (2014).

Segundo Cunha (2017) as mantas podem ser asfálticas ou sintéticas e podem receber camadas adicionais para apresentar resistência a raios ultravioletas e a ataques químicos. Sua aplicação é geralmente realizada à quente, como na Figura 14.

Figura 14 – Aplicação de impermeabilização flexível.

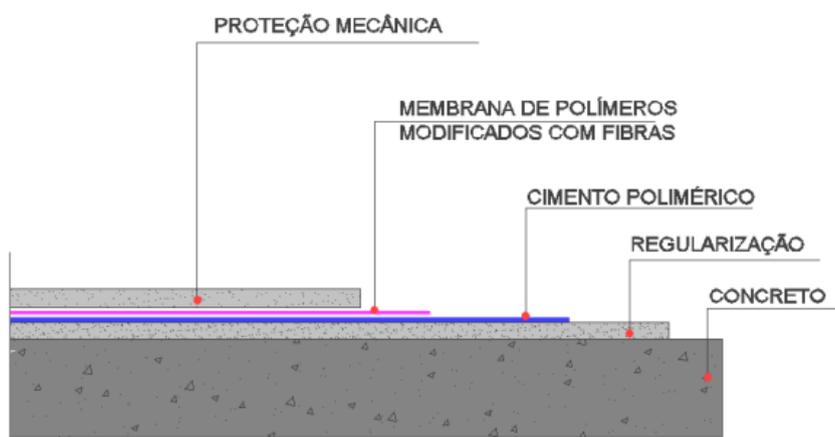


Fonte: INOVA CIVIL (2023)

- **Membrana de polímero modificado com cimento**

Trata-se de um produto flexível indicado para impermeabilização de torres de água e reservatórios de água potável elevados ou apoiados em estrutura de concreto armado. Pode também ter adições de fibras de polipropileno que aumentam sua flexibilidade. O sistema é formado à base de resinas termoplásticas e cimento aditivado, resultando numa membrana de polímero modificada com cimento (VIAPOL, 2023).

Figura 15 – Camadas de aplicação de membrana de polímero modificado com cimento.



Fonte: VIAPOL (2023)

Entre as suas características destaca-se a resistência a pressões hidrostáticas positivas. É de fácil aplicação, não altera a potabilidade da água, sendo atóxico e inodoro

e acompanha as movimentações estruturais e fissuras previstas nas normas brasileiras (DENVER, 2023).

Aplicado sobre superfícies de concreto ou argamassa, deve-se preparar a mistura mecanicamente até atingir a consistência de uma pasta cremosa, lisa e homogênea. A seguir, aplicar a primeira demão do produto sobre o substrato úmido, com o auxílio de uma trincha, aguardando a completa secagem e a segunda demão em sentido cruzado em relação à primeira, incorporando uma tela industrial de poliéster resinada. Aplicar as demãos subsequentes, aguardando os intervalos de secagem entre demãos até atingir o consumo recomendado. Proceder à cura úmida por, no mínimo, três dias (VIAPOL, 2023).

- **Membrana asfáltica**

Segundo Storte (2019) é uma membrana impermeabilizante à base de asfalto, composto com cargas minerais neutras, emulsionada em água. Produto que, após curado, forma uma membrana asfáltica com elasticidade. Pronto para o uso e para ser aplicado a frio. É utilizado para áreas como terraço, jardineira e floreira, muro de contenção (lado da terra), sauna, câmara frigorífica, calha, marquise, colagem de placa de isolantes acústicos e térmicos, laje de pequena dimensão, piso frio. É uma impermeabilização flexível, moldada in loco, base água, adequada para estruturas sujeitas a fissuras dinâmicas, com algumas limitações (Figura 16).

Figura 16 – Execução de membrana de emulsão asfáltica



Fonte: *FIBERSALS MEMBRANAS* (2023)

Sabbatini (2006) cita que as membranas asfálticas podem ser divididas em relação ao tipo de asfalto utilizado. Apresenta-se os quatro tipos mais utilizados de membranas asfálticas:

- a) Emulsão asfáltica: é um produto resultante da dispersão de asfalto em água, através de agentes emulsificantes. São produtos baratos e de fácil aplicação para áreas e superfícies onde não haverá empoçamento ou retenção de água. É aplicado a frio e geralmente sem a adição de estruturantes.
- b) Asfalto oxidado: é um produto obtido pela modificação do cimento asfáltico de petróleo, que se funde gradualmente pelo calor, de modo a se obter determinadas características físico-químicas. É executado devidamente estruturado, é aplicado a quente.
- c) Asfalto modificado com adição de polímero elastomérico: é um produto obtido pela adição de polímeros elastoméricos, no cimento asfáltico de petróleo em temperatura adequada. É executado devidamente estruturado, pode ser aplicado tanto a quente quanto a frio.
- d) Asfalto modificado sem adição de polímero: é um cimento asfáltico obtido pela destilação de petróleo, que, no processo de industrialização, adquire propriedades aglutinantes, de flexibilidade e durabilidade. Em temperatura ambiente, possui característica semissólida. É utilizado para garantir a aderência de mantas asfálticas. É adequada para estruturas sujeitas a fissuras dinâmicas, com algumas limitações, entre elas a necessidade de armadura de reforço, pois o asfalto não tem adição de polímero. Seu uso mais comum é para colagem de mantas asfálticas.

- **Membrana acrílica**

É um impermeabilizante formulado à base de resinas acrílicas dispersas, sendo indicados para impermeabilização exposta de lajes de cobertura, marquises, telhados, pré-fabricados e outros. (DENVER, 2023).

Para atuar como camada primária, recomenda-se iniciar o sistema impermeabilizante aplicando sobre a superfície úmida duas demãos de argamassa polimérica em sentidos cruzados, este procedimento visa uma melhoria na aderência e no consumo. É aplicado em demãos cruzadas, colocando uma tela industrial de poliéster como reforço após a 1ª demão. Aplicar as demãos subsequentes, aguardando os intervalos de secagem entre demãos até atingir o consumo recomendado (DENVER, 2023). A Figura 17 ilustra uma laje em etapa de aplicação de membrana acrílica.

Figura 17 - Laje após aplicação de membrana acrílica.



Fonte: SIKA (2023)

A vantagem desse sistema é que não é necessária uma camada de proteção mecânica sobre a membrana, salvo exceções em caso de tráfego automotivo ou tráfego intenso de pessoas. Sua desvantagem é que, por não ter camada de proteção mecânica, necessita de reaplicação do produto periodicamente.

- **Manta asfáltica**

Consideradas membranas asfálticas pré-fabricadas, as mantas asfálticas são feitas à base de asfaltos modificados com polímeros e armados com estruturantes especiais, sendo que seu desempenho depende da composição desses dois componentes. O asfalto modificado presente na composição da manta é o responsável pela impermeabilização.

Segundo a ABNT NBR 9952:2014 as mantas asfálticas são classificadas conforme a tração e alongamento em tipos I, II, III e IV, e a flexibilidade a baixa temperatura em classes A, B e C, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de ensaio de mantas asfálticas.

Ensaio	Unidade	Tipo				Método de ensaio	
		I	II	III	IV		
1. Espessura (mínimo)	mm	3 mm	3 mm	3 mm	4 mm	7.1	
2. Resistência à tração e alongamento – (longitudinal e transversal)	Tração (mínimo)	N	80	180	400	550	7.2
	Alongamento (mínimo)	%	2	2	30	35	
3. Absorção d'água – Variação em massa (máximo)	%	1,5	1,5	1,5	1,5	7.3	
4. Flexibilidade a baixa temperatura ^{a e} .	Classe	A	-10	-10	-10	-10	7.4
		B	-5	-5	-5	-5	
		C	0	0	0	0	
5. Resistência ao impacto ^b a 0 °C (mínimo)	J	2,45	2,45	4,90	4,90	7.5	
6. Escorrimento (mínimo)	°C	95	95	95	95	7.6	
7. Estabilidade dimensional (máximo)	%	1 %	1 %	1 %	1 %	7.7	
8. Envelhecimento acelerado	Mantas asfálticas expostas ^c	Os corpos de prova, após ensaio, não podem apresentar bolhas, escorrimento, gretamento, separação dos constituintes, deslocamento ou delaminação	ASTM G 154				
	Mantas asfálticas protegidas ou autoprotégidas ^d		7.8				
9. Flexibilidade após envelhecimento acelerado	Classe	A	0	0	0	0	7.4
		B	5	5	5	5	
		C	10	10	10	10	
10. Estanqueidade (mínimo)	m.c.a.	5	10	15	20	7.9	
11. Resistência ao rasgo (mínimo)	N	50	100	120	140	7.10	
^a Em mantas asfálticas autoprotégidas, o ensaio de flexibilidade é feito dobrando-se a amostra de forma a manter a face autoprotégida em contato com o mandril e verificando-se a ocorrência de fissuras no lado da massa asfáltica. ^b Quando as mantas asfálticas forem aplicadas sobre o substrato rígido (por exemplo, concreto), utilizar a base de aço; quando forem aplicadas sobre substrato flexível (por exemplo, isolações térmicas deformáveis), utilizar a base de poliestireno ou a base em que efetivamente for aplicada a manta asfáltica. ^c Exposição do corpo de prova a 400 h de intemperismo, ciclos de 4 h de ultravioleta a 60 °C e 4 h de condensação de água a 50 °C. ^d Desconsiderar envelhecimento que possa ocorrer na camada antiaderente. ^e Os ensaios de flexibilidade devem ser efetuados nas temperaturas estabelecidas na Tabela 1.							

Fonte: NBR 9952 (2014)

As mantas asfálticas podem ter acabamento superficial dos seguintes tipos: granular, geotêxtil, metálico, polietileno, areia de baixa granulometria e plástico metalizado (ABNT NBR 9952:2014).

Para garantir a qualidade de uma impermeabilização feita com manta asfáltica deve ser garantida a boa aderência entre a manta e o substrato, assim como a boa execução das emendas, deixando uma sobreposição de 10 cm entre as mantas. As emendas podem ser executadas com a chama de maçarico a gás, como demonstra a Figura 14, asfalto aplicado a quente ou elastômero especial de poliuretano.

Segundo Storte (2019) a manta asfáltica é o tipo de impermeabilização com maior

volume de utilização no Brasil. São pré-fabricadas na indústria, garantindo as mesmas características técnicas em todos os lotes e suas funcionalidades dependem da espessura de fabricação:

- a) Manta de 3 mm: varanda, terraço e laje maciça de pequenas dimensões, laje sob telhado, calha, espelho de água elevado de pequenas dimensões e barrilete.
- b) Manta de 4 mm: laje térrea, laje de cobertura, playground, laje de estacionamentos, vigas-calhas, reservatório elevado de concreto, piscina elevada, espelho de água elevado, rampa e cortina em contato com o solo (face externa).
- c) Manta de 5 mm: lajes pré-moldadas, laje de estacionamento, rampa, heliponto e heliponto, piscina elevada e cortina (face externa).

Após a colocação da manta deve ser feito um teste de estanqueidade com uma lâmina d'água, por 72 horas, a fim de detectar qualquer falha na impermeabilização (ABNT NBR 9574:2008) como pode ser visto na Figura 18.

Figura 18 - Teste de estanqueidade.



Fonte: VR IMPERMEABILIZAÇÕES (2023)

- **Fita asfáltica autoadesiva**

Segundo Storte (2019) as fitas asfálticas pré-fabricadas autoadesivas são produzidas a partir da modificação física do asfalto com polímeros especiais em dois tipos: com ou sem estruturante interno. A incorporação de polímeros especiais proporciona à massa asfáltica um excelente poder de aderência. Pode ter na face exposta uma película aluminizada. As fitas asfálticas pré-fabricadas autoadesivas com estruturante interno são indicadas para aplicação em laje não transitável de pequena dimensão, cobertura com telhas de fibrocimento, de cerâmica ou metálica, calha de concreto e sheds. Já as fitas

asfálticas pré-fabricadas autoadesivas, sem estruturante, são indicadas como camada de vedação com função de formar barreira contra a passagem de água de modo pontual e localizada, tais como reparos em calhas e em telhas. É uma vedação flexível e autoadesiva, pré-fabricada na indústria, garantindo as mesmas características técnicas em todos os lotes. Sua maior característica, além de ser autoadesiva, disponível em várias larguras, está na baixa espessura, ou seja, até 1,2 mm.

Figura 19 - Fita asfáltica autoadesiva



Fonte: AMMOS (2023)

- **Manta de PVC**

Segundo Storte (2019) a manta de PVC é um material flexível, fixado mecanicamente e soldado com ar quente para impermeabilização de estruturas de concreto. Por ser flutuante, é uma impermeabilização adequada para estruturas sujeitas a fissuras dinâmicas.

Segundo Diprotec (2023) as mantas para impermeabilização pré-fabricadas em PVC, aplicadas sobre a superfície a ser impermeabilizada e vedadas suas junções através de termofusão. Resistem a raios UV e possuem características anti-chama. Sua flexibilidade facilita a aplicação e se adapta às estruturas, evitando fissuras. Podem ser utilizadas tanto em coberturas como em subsolos, e ainda existem versões ideais para reservatórios de água potável. Suas vantagens são: flexibilidade, longa durabilidade, excelente resistência ao puncionamento e ao rasgo, não necessitam receber acabamento e possui baixa espessura.

Figura 20 - Aplicação de manta de PVC



Fonte: Diprotec (2023)

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. São compostas, segundo Cimino (2002), por duas lâminas de PVC, com espessura final que varia de 1,2 mm a 1,5 mm, e uma tela trançada de poliéster.

As emendas são feitas por termofusão, geralmente com equipamentos automatizados, e em regiões de mais difícil acesso com equipamento manual. Há a possibilidade de fixação das mantas de PVC com parafusos e arruelas, porém são materiais especiais e após a fixação deve ser aplicada sobre os fixadores outra camada de manta, empregando os equipamentos de termofusão, segundo orienta Silva e Oliveira (2006).

Por não ser um sistema aderido ao substrato, a desvantagem desse sistema são as dificuldades de detecção de eventuais infiltrações, além de ser um sistema que exige equipamento específico e mão de obra especializada.

- **Manta de polietileno de alta densidade (PEAD)**

A manta de polietileno de alta densidade (PEAD) tem elevada resistência química e maior resistência à degradação pela incidência dos raios solares, ou seja, grande resistência à radiação UV e ao envelhecimento por calor. Ainda, para reforçar as propriedades da manta drenante, sua composição é aditivada com negro de fumo (fuligem). Esta manta apresenta elasticidade superior a 300%, taxa suficiente para adequar o material à topografia do substrato e resistir a possíveis movimentações de terra ou da estrutura (GEOMEMBRANA, 2023).

Segundo Storte (2019) a manta de polietileno de alta densidade (PEAD) é um material pré-fabricado na indústria, elaborado com base em uma resina virgem, 100% pura, específica para uso na produção de geomembrana flexível para revestimentos impermeabilizantes. Por suportar agressão química, é utilizada em aterro sanitário e tanque de resíduos sólidos ou de líquidos agressivos; canal de irrigação, lagoa, tanque com aplicação diretamente sobre o solo ou sobre base de concreto, ou solo-cimento.

Figura 21 - Soldagem de manta de polietileno de alta densidade em aterro sanitário.



Fonte: ABC TECNOLOGIAS (2023)

5.2.4 Classificação quanto à aderência ao substrato

Quanto à aderência ao substrato, os sistemas de impermeabilização, segundo Moraes (2002) podem ser classificados como:

- a) Aderido: quando o material impermeabilizante é totalmente fixado ao substrato, seja por fusão do próprio material ou por colagem com adesivos, asfalto quente ou maçarico.
- b) Semi-aderido: quando a aderência é parcial e localizada em alguns pontos, como platibandas e ralos.
- c) Flutuante: quando a impermeabilização é totalmente desligada do substrato é utilizada em estruturas de grande deformabilidade.

- **Prós e contras das classificações quanto à aderência ao substrato**

- a) Aderido:
 - a. Prós: em casos de infiltração é mais simples de identificar, pois por estar aderido à estrutura o ponto que infiltrar na parte inferior é exatamente a região comprometida da impermeabilização.

- b. **Contras:** por estar aderido à estrutura precisa ser mais flexível e ter um cuidado maior na fase de projeto, assim como prever uma proteção térmica, pois o material tende a retrair e dilatar junto a estrutura, aumentando as possibilidades de fissuração. A mão de obra e material para aderir em toda a superfície requerem um investimento maior.
- b) **Semi-aderido:**
- a. **Prós e contras:** em casos de infiltração é mais fácil identificar do que impermeabilização flutuante, porém mais difícil que a aderida. A região comprometida não é bem definida, sendo necessário inspecionar toda a área da região que tem o ponto de infiltração, como, por exemplo, se a laje foi aderida em 4 faixas e houve um ponto de infiltração no canto esquerdo, qualquer lugar da faixa no lado extremo da esquerda pode estar comprometido. Mão de obra e material costuma ficar mais barato que o sistema aderido e mais caro que o sistema flutuante.
- c) **Flutuante:**
- a. **Prós:** não há necessidade de aderir o sistema no substrato, não sendo necessária uma efetiva proteção térmica, mitigando o perigo de fissuração por movimentação da estrutura e cortando o custo e material para aderir essa manta na estrutura.
 - b. **Contras:** no caso de infiltração qualquer lugar da impermeabilização pode estar comprometido, tendo uma maior dificuldade e custo altíssimo para diagnosticar a região comprometida; sendo, em muito dos casos, necessário retirar todo o piso acima da impermeabilização para verificação. Exemplo: uma laje de 100 m² que tem o sistema flutuante de impermeabilização começa a pingar em seu ponto central no pavimento inferior, infelizmente não é possível identificar qual região da impermeabilização foi afetada, pois a água tem caminho livre entre a estrutura e a manta.

5.2.5 Classificação quanto ao método de execução

Pode-se executar a impermeabilização de uma cobertura de terraço utilizando dois métodos construtivos:

- **Impermeabilização moldada *in loco***

Pirondi (1979) orienta que para a impermeabilização *in loco*, utiliza-se o processo com membranas.

A membrana é um conjunto impermeabilizante, moldado no local, com ou sem armadura, que proporcionam impermeabilizações seguras e de custo baixo, podendo ser executada pela própria mão de obra da obra, visto que a execução tem um grau menor de complexidade e não requer ferramentas especiais.

As membranas são sistemas obtidos pela aplicação de diversas camadas e existem dois tipos de aplicação: a quente (asfaltos oxidados) e a frio (base água, base solvente ou isento de solvente).

Os tipos de membranas mais utilizados são detalhados no item 3.2.2.

- **Impermeabilização com materiais pré-fabricados**

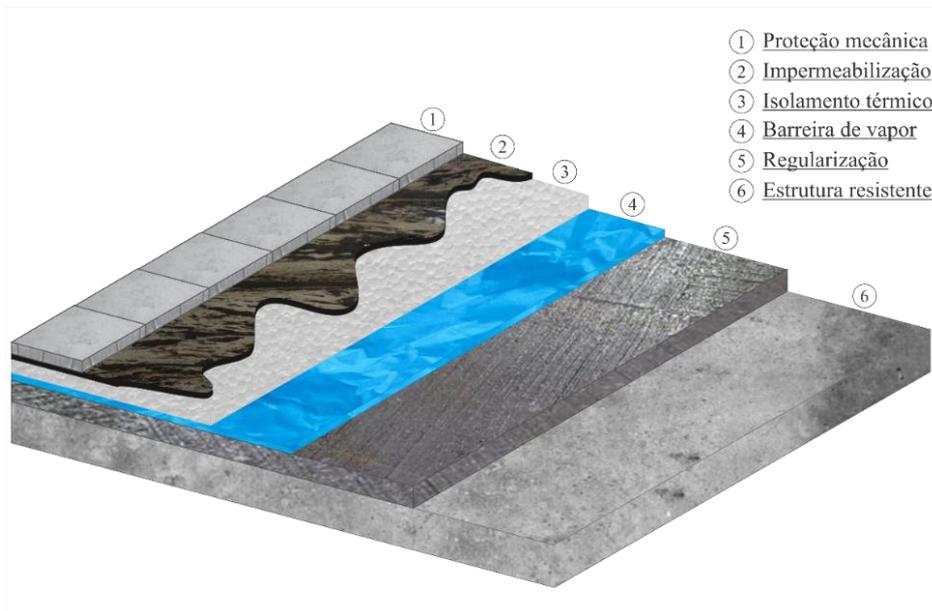
Pirondi (1979) define a classificação quanto aos materiais pré-fabricados utilizados em: manta asfáltica, manta de PVC, mantas butílicas e mantas EPDM (Etileno, Propileno, Dieno Monômero).

Os tipos de mantas mais utilizados são detalhados no item 3.2.2.

5.3 Elementos constituintes em uma cobertura em terraço

A cobertura em terraço pode ser dividida em diversos elementos, cada um desses elementos tem sua função fundamental para a eficiência de uma cobertura que protege o edifício.

Figura 22 - Detalhamento das camadas de uma cobertura em terraço



Fonte: Autor (2023)

5.3.1 Estrutura resistente

É a parte destinada a resistir ao peso próprio e aos esforços solicitantes, podendo servir como base à camada de regularização (GUTERRES, 1989).

A laje de concreto é a estrutura resistente mais utilizada no Brasil.

5.3.2 Camada de regularização

É a parte destinada a regularizar a estrutura resistente, determinando os caimentos necessários para o escoamento das águas pluviais dos terraços (GUTERRES, 1989).

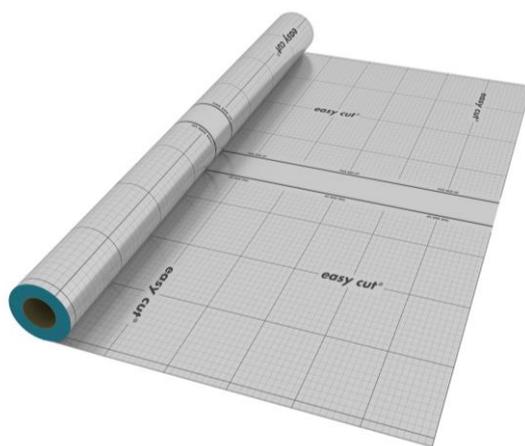
O contrapiso é a camada de regularização mais utilizada no Brasil.

5.3.3 Camada de barreira de vapor

É uma camada destinada para impedir que ocorram condensações nas demais camadas de proteção da cobertura em terraço, principalmente na camada de isolamento térmico, que é a mais sensível aos efeitos determinados por estas condensações (GUTERRES, 1989).

Também conhecida como barreira pára-vapor. Segundo Pinto (2002) a expressão barreira pára-vapor é utilizada, em Portugal, para a designação de componentes que oferecem uma resistência significativa à passagem de vapor de água. As barreiras pára-vapor podem agrupar-se em duas principais tipologias: membranas e películas de revestimento.

Figura 23 - Barreira anti-vapor do tipo membrana.



Fonte: AXTON (2023)

As principais funções da barreira de vapor são:

- a) Evitar a penetração de umidade nas camadas superiores.
- b) Evitar a formação de umidade no isolamento térmico.
- c) Evitar a deterioração prematura da estrutura devido ao contato com a umidade ou água da condensação.

5.3.4 Camada de isolamento térmico

A função do isolante térmico é minimizar as trocas de calor entre o interior e o exterior do edifício, além de determinar uma proteção térmica à estrutura do edifício (GUTERRES, 1989).

Figura 24 – Isolamento de uma laje com manta térmica



Fonte: SISTAB (2023)

Segundo a ABNT NBR 9575:2010, o isolamento térmico é a camada com a função de reduzir o gradiente de temperatura atuante sobre a camada impermeável, de modo a

protegê-la contra os efeitos danosos do calor excessivo.

As vantagens de dispor o isolamento térmico sobre a impermeabilização, segundo Picchi (1986), são:

- a) Dispensa o uso da barreira de vapor, uma vez que a própria impermeabilização impede que o vapor d'água do ambiente interior atinja o isolamento térmico.
- b) Possibilita o uso da impermeabilização em sistema aderente, facilitando a localização de uma eventual falha na impermeabilização.
- c) Protege a impermeabilização termicamente, contribuindo sensivelmente para o aumento da sua durabilidade.

Em terraços com maiores exposições à radiação solar, principalmente com grandes dimensões, é essencial a execução de isolamento térmico para que a impermeabilização não perca eficiência ou se deteriore com o tempo.

5.3.5 Camada de impermeabilização

É a camada com a finalidade de garantir a estanqueidade da cobertura em terraço, isolando o contato da estrutura resistente da água, impedindo a degradação da estrutura por ações da água. No item 5.2.3 é possível verificar os diversos materiais disponíveis para a impermeabilização de uma cobertura em terraço (manta asfáltica, manta de PVC, membrana epoxídica, membrana asfáltica, fita asfáltica, etc).

5.3.6 Camada de proteção mecânica

A proteção mecânica é um material que deve ser combinado com as mantas, para potencializar o processo de impermeabilização. Essa camada de proteção mecânica garante que não haverá rachaduras ou comprometimento da impermeabilização que pode ser causado devido ao grande volume de tráfego de veículos ou pessoas (GLOBALTECH, 2023).

Segundo a ABNT NBR 9575:2010 a proteção mecânica é a camada com a função de absorver e dissipar os esforços estáticos ou dinâmicos atuantes sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra a ação deletéria destes esforços.

Deve-se usar uma camada separadora entre a manta e a proteção mecânica, podendo ser de papel Kraft ou filme de polietileno, evitando-se assim que a camada

protetora fique aderida na impermeabilização.

Segundo Cruz (2003) as camadas de proteção mecânica podem ser divididas em quatro tipos:

- a) Sistemas de impermeabilização que dispensam a proteção mecânica: são os que possuem acabamento superficial incorporado na fabricação (mantas asfálticas com acabamentos granulares ou aluminizados). Em qualquer uma das situações, deve possuir características técnicas para retardar o envelhecimento da impermeabilização pela ação das intempéries, agentes poluentes e deve ser resistente a raios ultravioletas. E serem utilizados somente em locais com eventual trânsito de pessoas (manutenção).
- b) Proteção mecânica intermediária: devem servir de camada de distribuição de esforços e amortecimento das cargas na impermeabilização, provenientes das proteções finais ou pisos. A execução deve ter, no mínimo, 1,0 cm de espessura.
- c) Proteção mecânica final para solicitações leves e normais: são utilizadas para distribuir sobre a impermeabilização dos carregamentos normais. Estas proteções mecânicas devem ser dimensionadas de acordo com as solicitações e possuir resistência mecânica compatível com os carregamentos previstos. A proteção mecânica final deve ter espessura mínima de 3,0 cm.
- d) Proteção em superfície vertical: protege a impermeabilização do impacto, intemperismo e abrasão, atuando como camada intermediária quando forem previstos, sobre elas, revestimentos de acabamento. Nas impermeabilizações flexíveis, as camadas de proteção devem sempre ser armadas com telas metálicas fixadas, no mínimo, 5 cm acima da cota da impermeabilização. A armadura deve ser fixada mecanicamente à parede, sem comprometimento da estanqueidade do sistema.

As proteções mecânicas são essenciais para a proteção de rodapés, ralos, canos passantes, chaminés, claraboias, juntas de dilatação, etc). São regiões consideradas mais vulneráveis de um terraço, por serem irregulares e formarem quinas, ou seja, regiões mais propícias à danificação por tráfego e deterioração ao decorrer do tempo.

Figura 25 – Laje exposta de acesso apenas para manutenção, proteção mecânica dispensável.



Fonte: CONSTRUIR (2023)

Figura 26 – Detalhamento de proteção mecânica horizontal de terraço ajardinado.



Fonte: RALIFE (2023)

Figura 27 – Detalhamento das camadas de um terraço ajardinado



Fonte: ECOTECNOLOGIAS (2023)

5.4 Normas de impermeabilização

As impermeabilizações são normatizadas em diversos países, tendo em cada norma seus processos, conceitos e técnicas recomendadas para a projeção, execução, manutenção e uso da impermeabilização. Subdividem-se as principais normas de impermeabilização entre brasileiras e internacionais.

Segundo a ABNT, a normalização é, assim, o processo de formulação e aplicação de regras para a solução ou prevenção de problemas, com a cooperação de todos os interessados, e, em particular, para a promoção da economia global. No estabelecimento dessas regras recorre-se à tecnologia como o instrumento para estabelecer, de forma objetiva e neutra, as condições que possibilitem que o produto, projeto, processo, sistema, pessoa, bem ou serviço atendam às finalidades a que se destinam, sem se esquecer dos aspectos de segurança.

Segundo Moraes (2002), as normas da ABNT cobrem a especificação de materiais e métodos de ensaio, base de qualquer sistema de impermeabilização. Todavia ainda faltam normas de desempenho para ampliar o conjunto de materiais e sistemas possíveis de serem avaliados e, principalmente, normas que definam com mais clareza sobre aplicação, reforços, números de demão, consumos, etc; normas de execução que englobem cuidados na aplicação; normas de projeto que indiquem os sistemas mais adequados a cada situação; normas de controle de qualidade.

5.4.1 Normas Brasileiras

As principais normas de impermeabilização do Brasil são:

- a) ABNT NBR 9575:2010 Impermeabilização – Seleção e projeto.
- b) ABNT NBR 9574:2008 Execução de impermeabilização.
- c) ABNT NBR 12170:2017 Materiais de impermeabilização – Determinação da potabilidade da água após o contato.
- d) ABNT NBR 15575:2013 Edificações habitacionais – Desempenho.

5.4.2 Normas Internacionais

Algumas das principais normas internacionais que tem a impermeabilização como objeto de estudo:

- a) ISO 8340:2005. Construção de edifícios — Selantes — Determinação das propriedades de tração em extensão mantida.
- b) ISO 13640:2018. Edifícios e obras de engenharia civil — Selantes — Especificações para suportes de ensaio.
- c) ISO 13638:2021. Selantes de construção e engenharia civil — Determinação da resistência à exposição prolongada à água.
- d) ISO 11600:2002. Construção de edifícios — Produtos para juntas — Classificação e requisitos para selantes.
- e) ISO 11528:2016. Edifícios e obras de engenharia civil — Selantes — Determinação de fissuras e fissuras após exposição a intempéries artificiais ou naturais.
- f) ISO 11432:2021. Selantes de construção e engenharia civil — Determinação da resistência à compressão.
- g) ISO 7389:2002. Construção civil — Produtos para juntas — Determinação da recuperação elástica de selantes.
- h) ISO 8339:2005. Construção de edifícios — Vedantes — Determinação das propriedades de tração (Extensão à rutura).
- i) DIN EN 12691:2018. Membranas de impermeabilização flexíveis - Membranas betuminosas, de plástico e de borracha para impermeabilização de coberturas - Determinação da resistência ao choque.

5.5 Recomendações e boas práticas para execução e projetos de impermeabilização

Polisseni (1993) orienta que a estrutura que compõe os terraços ou lajes de cobertura não pode ser projetada nem executada como se fosse uma das estruturas dos demais pavimentos, visto que por estar exposta ao tempo, sofre diretamente as ações do

meio ambiente.

Vicentini (1997) cita que a melhor forma de se evitar que problemas aconteçam, é a utilização de procedimentos corretos na execução de um processo completo de impermeabilização, tais como:

- a) Projeto de impermeabilização;
- b) Especificação adequada;
- c) Utilização de sistemas e produtos normalizados;
- d) Contratação de empresa especializada e capacitada;
- e) Cuidados especiais nos detalhes específicos da obra;
- f) Fiscalização dos serviços por empresa capacitada;
- g) Cuidados posteriores (mudança de tubulações, instalação de placas solares, etc).

5.5.1 Projeto de impermeabilização

Segundo a norma ABNT NBR 9575:2010, o projeto de impermeabilização é o conjunto de informações gráficas e descritivas que definem integralmente as características de todos os sistemas de impermeabilização empregados em uma dada construção, de forma a orientar inequivocamente a produção deles. Esta define como objetivos básicos de um projeto de impermeabilização:

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

A ABNT NBR 9575:2010 subdivide o projeto de impermeabilização em três etapas: estudo preliminar, projeto básico e projeto executivo.

- **Estudo preliminar**

Conjunto de informações legais, técnicas e de custos, composto por dados analíticos cujo objetivo é determinar e quantificar as áreas a serem impermeabilizadas, de forma a atender às exigências de desempenho em relação à estanqueidade dos elementos construtivos e à durabilidade frente à ação de fluidos, vapores e umidade (ABNT NBR 9575:2010). Componentes de um estudo preliminar:

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

- **Projeto básico de impermeabilização**

Conjunto de informações gráficas e descritivas que definem as soluções de impermeabilização a serem adotadas numa dada construção, de forma a atender às exigências de desempenho em relação à estanqueidade dos elementos construtivos e durabilidade frente à ação de fluidos, vapores e umidade. Pela sua característica, deve ser feito durante a etapa da coordenação geral das atividades de projeto (ABNT NBR 9575:2010). Componentes de um projeto básico de impermeabilização:

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

- **Projeto executivo de impermeabilização**

Conjunto de informações gráficas e descritivas que detalha e especifica, integralmente e de forma inequívoca, todos os sistemas de impermeabilização a serem empregados numa dada construção. Pela sua característica, é um projeto especializado e deve ser feito concomitantemente aos demais projetos executivos (ABNT NBR 9575:2010). Componentes de um projeto executivo de impermeabilização:

- a) Plantas de localização e identificação das impermeabilizações, bem como dos locais de detalhamento construtivo;
- b) Detalhes específicos e genéricos que descrevam graficamente todas as soluções de impermeabilização;
- c) Detalhes construtivos que descrevam graficamente as soluções adotadas no projeto de arquitetura;
- d) Memorial descritivo de materiais e camadas de impermeabilização;
- e) memorial descritivo de procedimentos de execução;
- f) planilha de quantitativos de materiais e serviços.

5.5.2 Escolha da impermeabilização

O sistema de impermeabilização a ser usado deve ser escolhido conforme circunstâncias em que serão usados. Os principais fatores que devem ser considerados são: pressão hidrostática, frequência de umidade, exposição ao sol, exposição a cargas, movimentação da base e extensão da aplicação (SABBATINI, 2006).

Para a seleção de um sistema de impermeabilização deve-se considerar não apenas o custo da camada impermeável, mas também das demais camadas constituintes do sistema e os custos de utilização e manutenção. Deve ser considerado na escolha a facilidade na execução, o método construtivo, a produtividade e a compatibilidade entre os materiais e substratos.

Schmitt (1990 apud Moraes, 2002) afirma que os sistemas impermeabilizantes se referem à especificação de diversos itens e que o projetista é quem irá determinar caso a caso, individualizando as áreas e peças a serem impermeabilizadas, considerando os seguintes itens:

- a) Seleção do sistema de impermeabilização mais apropriado, dependendo do comportamento físico da estrutura;
- b) Material impermeabilizante dentro do sistema como o mais indicado, escolhido basicamente em função dos próximos itens;
- c) Desempenho do material escolhido;
- d) Atuação da água.

A área de aplicação da impermeabilização deve ser analisada para a correta escolha do sistema impermeabilizante. Os principais fatores que devem ser considerados é o comportamento físico da estrutura e atuação da água na mesma. Em relação ao

comportamento físico da estrutura, Cunha e Neumann (1979) destacam que:

- a) Elementos da construção onde normalmente se prevê a ocorrência de trincas são as partes da obra sujeitas as alterações dimensionais provenientes do aquecimento e do resfriamento, ou a recalques e movimentos estruturais;
- b) Elementos da construção não sujeitos a fissuramentos e trincas são as partes da obra com carga estabilizada, em condições de temperatura relativamente constante.

Enquanto que, em relação à atuação da água, para Cunha e Neumann (1979) é necessário considerar que:

- a) Água de percolação é a que atua em terraços, coberturas e fachadas, onde existe livre escoamento, sem exercer pressão sobre os elementos da construção;
- b) Água de condensação é a água que atua quando ocorre a condensação do ar atmosférico;
- c) Água com pressão é a que atua em subsolos, caixas d'água, piscinas, exercendo força hidrostática sobre a impermeabilização. Pode ser de dois tipos:
 - i. Água sob pressão negativa: exerce pressão hidrostática de forma inversa à impermeabilização;
 - ii. Água sob pressão positiva: exerce pressão hidrostática de forma direta na impermeabilização.
- d) Umidade por capilaridade é a ação da água sobre os elementos das construções que estão em contato com bases alagadas ou solo úmido.

5.5.3 Detalhes construtivos

- **Normatização**

É recomendado que o projeto executivo de impermeabilização, no Brasil, obedeça às orientações da ABNT NBR 9575:2010. Dentre os itens de detalhes construtivos da norma, destacam-se os seguintes:

- a) A inclinação do substrato das áreas horizontais deve ser no mínimo de 1% em direção aos coletores de água. Para calhas e áreas internas é permitido o mínimo de 0,5%;
- b) Os coletores devem ter diâmetro nominal mínimo de 75 mm. Os coletores devem ser rigidamente fixados à estrutura;
- c) Deve ser previsto nos planos verticais encaixe para embutir a impermeabilização,

para o sistema que assim o exigir, a uma altura mínima de 20 cm acima do nível do piso acabado ou 10 cm do nível máximo que a água pode atingir;

- d) Nos locais limites entre áreas externas impermeabilizadas e áreas internas, deve haver diferença de cota de no mínimo 6 cm e ser prevista a execução de barreira física no limite da linha interna das contramarcas, caixilhos e batentes, para perfeita ancoragem da impermeabilização, com declividade para a área externa;
- e) Toda instalação que necessite ser fixada na estrutura, no nível da impermeabilização, deve possuir detalhes específicos de arremate e reforços da impermeabilização;
- f) Toda a tubulação que atravesse a impermeabilização deve ser fixada na estrutura e possuir detalhes específicos de arremate e reforços da impermeabilização;
- g) As tubulações hidráulica, elétrica, de gás e outras que passam paralelamente sobre a laje devem ser executadas sobre a impermeabilização e nunca sob ela.
- h) As tubulações externas às paredes devem ser afastadas entre elas ou dos planos verticais no mínimo 10 cm;
- i) As arestas e os cantos vivos das áreas a serem impermeabilizadas devem ser arredondados sempre que a impermeabilização assim requerer;
- j) As proteções mecânicas, bem como os pisos posteriores, devem possuir juntas de retração e trabalho térmico preenchidos com materiais deformáveis, principalmente no encontro de diferentes planos;
- k) As juntas de dilatação devem ser divisoras de água, com cotas mais elevadas no nivelamento do caimento, bem como deve ser previsto detalhamento específico, principalmente quanto ao rebatimento de sua abertura na proteção mecânica e nos pisos posteriores.

- **Regularização e caimento**

Em superfícies de concreto, devem-se detectar todas as falhas de concretagem, abrir até a obtenção de concreto firme e homogêneo, executar o corte das pontas de ferro sem função estrutural e recompor estas áreas com argamassa de cimento e areia traço 1:3 (SAYEGH, 2001).

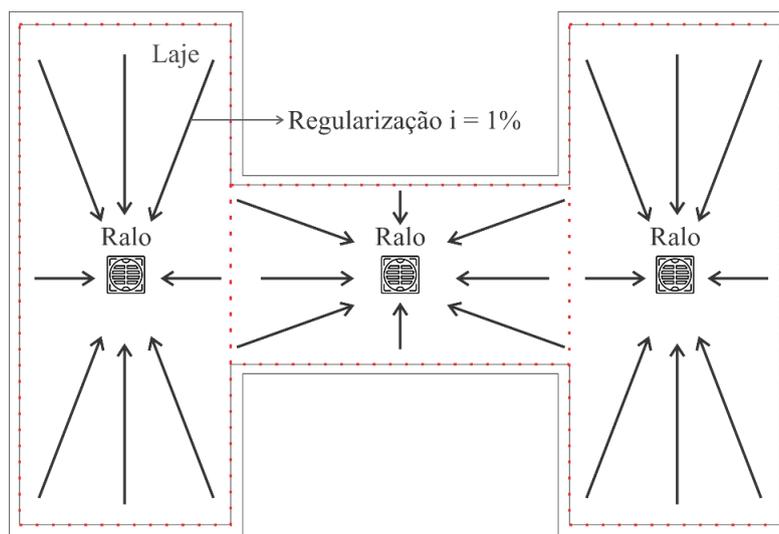
Deve-se executar a regularização das superfícies com argamassa desempenada de cimento e areia, com caimento mínimo de 1% em direção aos ralos (Figura 29). Arredondar ou chanfrar cantos vivos e arestas, de forma a permitir um ajustamento contínuo do sistema impermeabilizante, sem dobragem em ângulo, tubulações emergentes e ralos que deverão estar rigidamente fixados, a fim de garantir a perfeita execução dos arremates (Figura 28) (ABNT NBR 9575:2010).

Figura 28 – Regularização de piso em terraço com chanfros



Fonte: VEDAR Impermeabilizações (2023)

Figura 29 – Detalhamento de caimento de laje



Fonte: Autor (2023)

- **Ralo**

A execução de arremates no ralo é, provavelmente, o detalhe mais importante do processo de impermeabilização. A execução de arremates no ralo com membranas é executada com aplicação de sucessivas demãos que adentram a abertura no piso, podendo ou não receber reforços de estruturantes têxteis e, se forem aplicados a quente, os reforços deverão ser dimensionados para suportar as temperaturas de aplicação (ABATTE, 2003).

Apesar da ABNT NBR 9575:2010 citar que o diâmetro nominal mínimo de tubos hidráulicos deve ser de 75 mm, segundo Abatte (2003), alguns sistemas requerem na prática ralos com diâmetro de 100 mm e que o ralo esteja suficientemente afastado de

paredes e paramentos verticais para permitir o manuseio dos produtos durante a execução do arremate.

Na figura 30 são demonstradas quatro etapas para a correta impermeabilização de um ralo. Deve-se rebaixar a região em torno do ralo para poder executar um reforço na impermeabilização, sendo que esta deve ficar bem aderida à face interna do ralo, caso contrário a água será succionada, por capilaridade, para baixo da camada impermeabilizante.

Figura 30 - Execução de arremate de impermeabilização junto ao ralo.



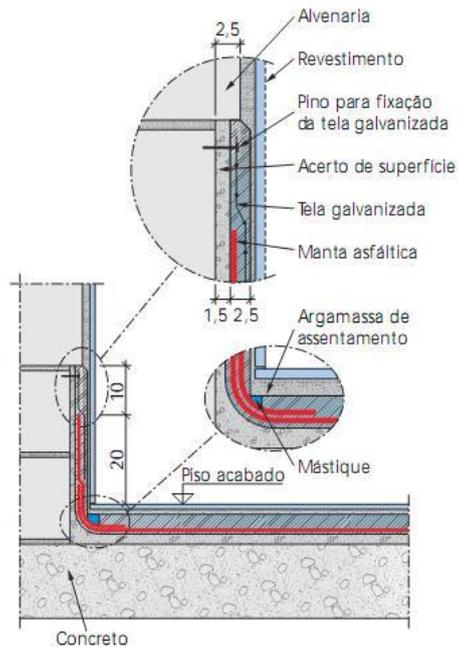
Fonte: CRUZ (2003)

- **Rodapé**

A ABNT NBR 9575:2010 prevê que nos planos verticais, deve-se executar um encaixe para embutir a impermeabilização, a uma altura mínima de 20 cm acima do nível do piso acabado ou 10 cm do nível máximo que a água pode atingir.

Na figura 31 apresenta-se o modo de execução do rodapé, em que se deve executar um rebaixo de pelo menos 3 cm na parede com uma altura de pelo menos 20 cm de altura, para o encaixe da impermeabilização. Recomenda-se utilizar uma tela galvanizada para evitar a fissuração do revestimento executado acima da impermeabilização e evitar o descolamento da manta.

Figura 31 – Detalhamento do encaixe da manta na alvenaria.



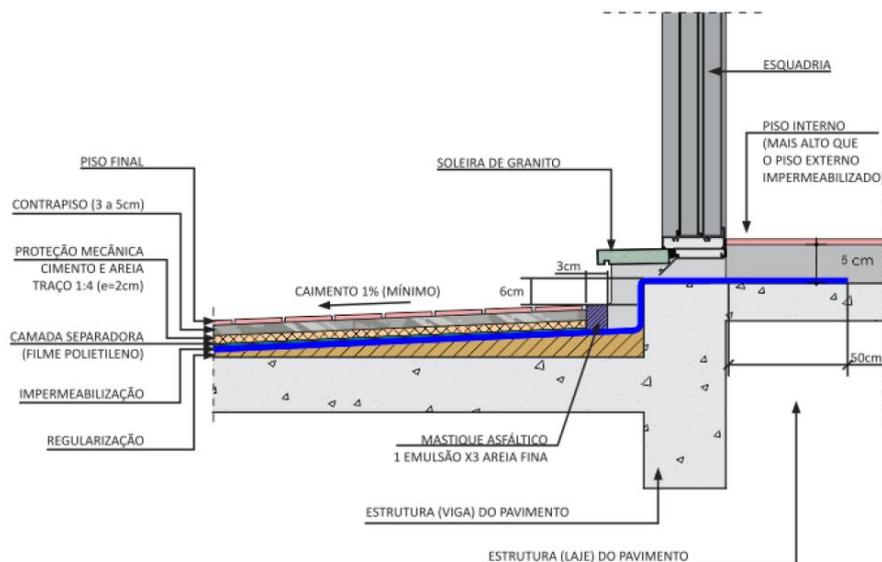
Fonte: ANTUNES (2004)

- **Soleira**

Conforme ABNT NBR 9575:2010, nos locais limites entre áreas externas impermeabilizadas e internas, deve haver diferença de cota de no mínimo 6 cm e ser prevista a execução de barreira física no limite da linha interna dos contramarcos, caixilhos e batentes, para perfeita ancoragem da impermeabilização, com declividade para a área externa.

Na Figura 32 encontra-se uma representação gráfica de impermeabilização de soleira, sendo que esta deve adentrar no mínimo 50 cm na região coberta e elevando-se no mínimo 3 cm, evitando assim da água que escorre pela esquadria cause algum dano na parte interior do imóvel. A superfície das soleiras, deverá apresentar-se regular, lisa, sem protuberâncias, sem materiais desagregados, com cantos e arestas arredondados ou chanfrados e caimentos para os pontos de escoamento d'água. É necessário que a impermeabilização adentre nos ambientes cobertos, onde existem portas abrindo para a parte exposta à chuva e ao vento.

Figura 32 – Soleira da porta em laje com desnível.



Fonte: DIENSTMANN (2023)

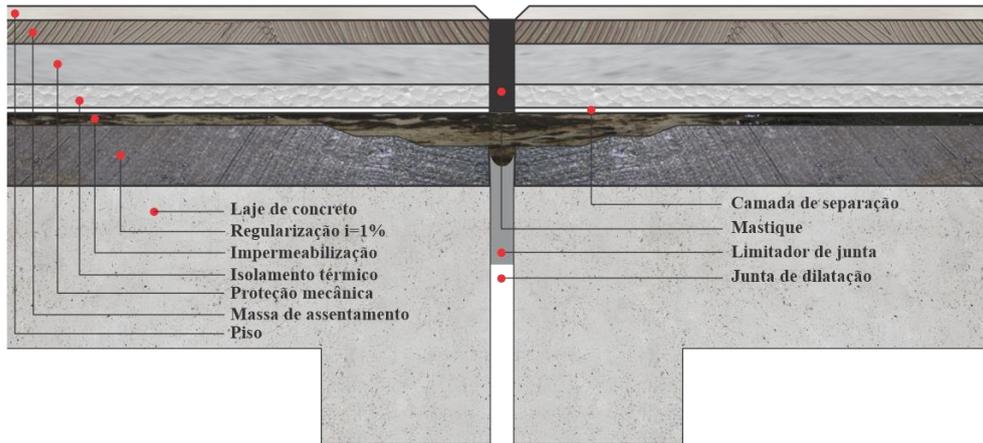
• Junta de dilatação

As juntas de dilatação são cortes feitos em toda a extensão das edificações, destinam-se a diminuir o valor absoluto das variações volumétricas devidas às variações térmicas, retração hidráulica e outros. Forma-se, assim, um espaço de 2 cm a 4 cm, em que cada segmento pode se expandir sem forçar o outro segmento. Esses espaços devem ser calafetados sem prejudicar a liberdade de movimentações.

Segundo a ABNT NBR 9575:2010, deverá ser previsto nas juntas de dilatação tratamento específico compatível aos reforços atuantes e materiais utilizados na impermeabilização. A norma também descreve que as juntas de dilatação devem ser divisores de água, com cotas mais elevadas no nivelamento do caimento.

A Figura 33 representa um esquema de impermeabilização de juntas de dilatação. No entorno da junta houve um rebaixo para o reforço da impermeabilização e, dentro, colocado um limitador de junta e em seguida o mastique, que é um selante à base de polímeros, que irá absorver e selar a junta por dentro.

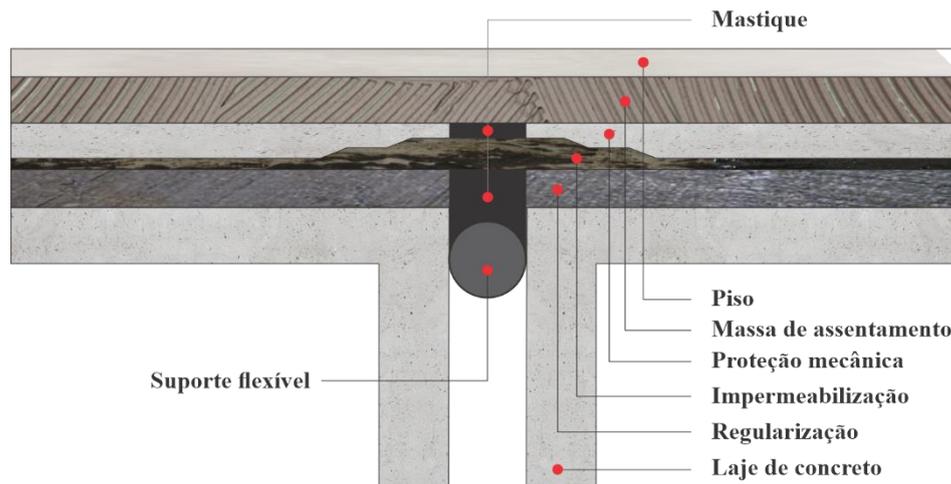
Figura 33 - Detalhe de impermeabilização em junta de dilatação.



Fonte: Autor (2023)

A Figura 34 representa um esquema alternativo, sendo que não há um rebaixo na região da junta, mas um relevo na impermeabilização dessa região, aumentando a espessura da proteção mecânica envolta.

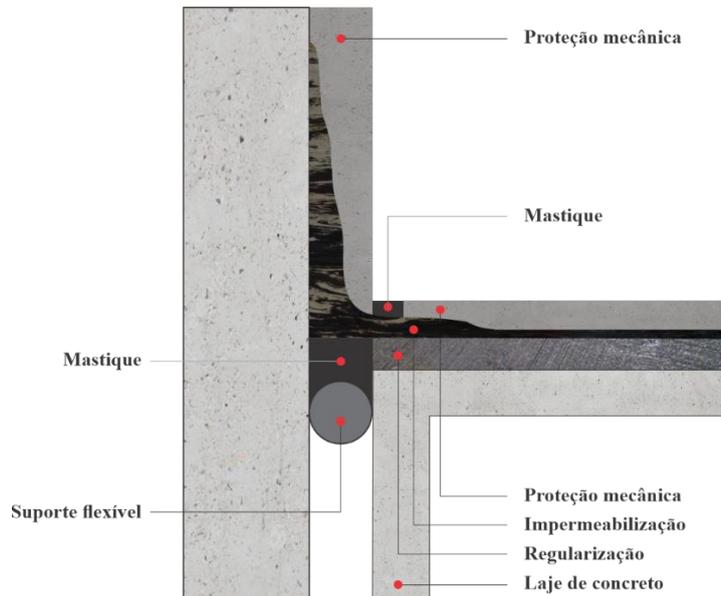
Figura 34 – Detalhe alternativo de impermeabilização em junta de dilatação.



Fonte: Autor (2023)

Em casos de juntas de dilatação perimetral, em que há o encontro da superfície horizontal com a vertical, coloca-se um mastique elástico anti compressão com o respectivo delimitador de fundo, neste caso um suporte flexível (Figura 35). O mastique elástico deve ter fator de forma na proporção de 1:1 para juntas de larguras de até 10 mm e 2:1 para juntas de largura maior que 10 mm.

Figura 35 – Proteção mecânica para impermeabilização de junta perimetral.

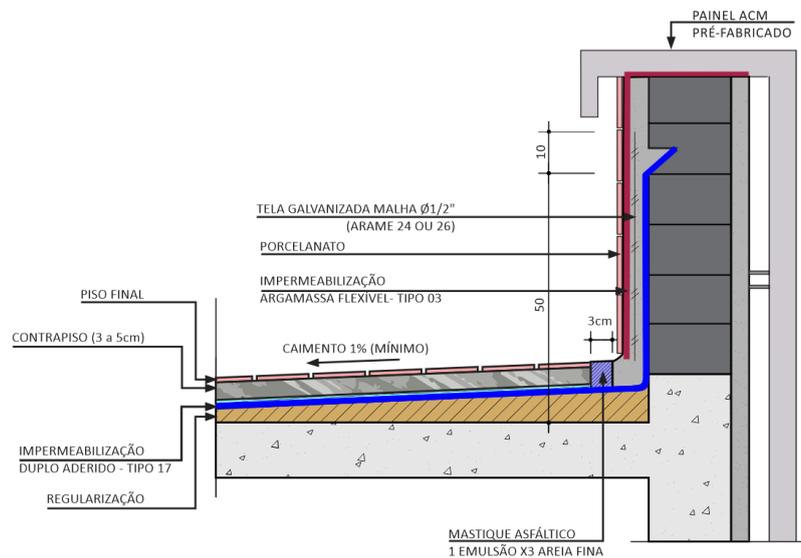


Fonte: Autor (2023)

• Pingadeira

As pingadeiras servem para impedir o escoamento da água nos paramentos verticais, evitando com que a mesma penetre no arremate de impermeabilização. Podem ser metálicas, de concreto, granito ou de plástico e devem ser previstas em muretas, platibandas, parapeitos e em bordas de terraços.

Figura 36 - Representação gráfica de impermeabilização em pingadeira.



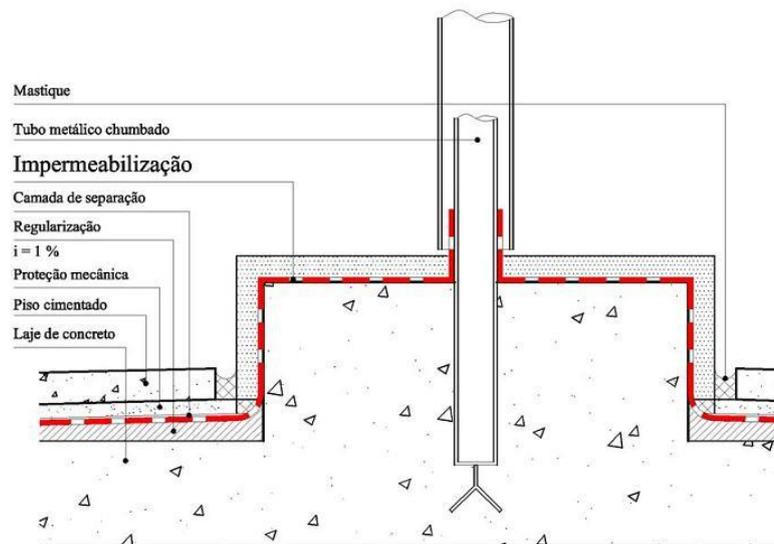
Fonte: DIENSTMANN (2023)

• Chumbamento

Os chumbamentos devem ser detalhados, prevendo-se os reforços adequados, conforme a ABNT NBR 9575:2010. Na figura 37 apresenta-se uma representação gráfica do chumbamento, que devem estar fixados, preferencialmente, antes da execução da

impermeabilização, desde que não causem interferência na sua execução, de forma a permitir o arremate da impermeabilização a uma altura não inferior a 20 cm.

Figura 37 – Representação gráfica de chumbamento.



Fonte: CRUZ (2023)

5.6 Patologias causadas por erro de concepção da impermeabilização

Souza (2008) cita as principais causas para o surgimento de patologias em impermeabilizações:

- a) Baixa Qualidade dos materiais impermeabilizantes;
- b) Falta de impermeabilização;
- c) Escolha de materiais inadequados;
- d) Dimensionamento inadequado para o escoamento das águas pluviais;
- e) A não consideração do efeito térmico sobre a laje;
- f) Pouco caimento para o escoamento das águas;
- g) Execução inadequada da impermeabilização;
- h) Má execução das juntas;
- i) Rodapés mal executados;
- j) Acabamento mal executado no entorno de ralos;
- k) Acabamento mal executado em passagens de tubulações pela laje;
- l) Ralos quebrados;
- m) Rachaduras da platibanda;
- n) Vazamento de tubulações furadas ou rachadas;
- o) Entupimento de ralos;
- p) Ruptura da impermeabilização;

- q) Ruptura de revestimentos cerâmicos;
- r) Concretagem mal executada, produzindo: falhas, concreto desagregado;
- s) Fôrmas mal executadas;
- t) Instalações das tubulações mal executadas.

Devido à qualidade dos materiais utilizados no processo de impermeabilização, pode-se citar como consequências para a edificação de acordo com Moraes (2002):

- a) Danos à construção;
- b) Danos à estrutura;
- c) Danos funcionais;
- d) Danos à saúde dos usuários;
- e) Danos aos bens internos do imóvel;
- f) Desgastes entre cliente final/construtora/aplicador;
- g) Ações na justiça;
- h) Grandes gastos para reparos totais;
- i) Desvalorização do imóvel;
- j) Necessidade de recuperação estrutural.

Devido à execução, esses defeitos são causados pelos aplicadores e operários. Entre os defeitos devido à execução, Moraes (2002) destaca:

- a) Falta de argamassa de regularização que ocasiona a perfuração da impermeabilização;
- b) Não arredondamento de cantos e arestas;
- c) Execução da impermeabilização sobre a base úmida, no caso de aplicações de soluções asfálticas, comprometendo a aderência e podendo gerar bolhas que ocasionarão deslocamento e rupturas da camada impermeabilizante;
- d) Execução da impermeabilização sobre base empoeirada, comprometendo a aderência;
- e) Juntas travadas por tábuas ou pedras, com cantos cortantes que podem agredir a impermeabilização;
- f) Uso de camadas grossas na aplicação da emulsão asfáltica, para economia de tempo, dificultando a cura da emulsão;
- g) Falhas em emendas;
- h) Perfuração de mantas pela ação de sapatos com areia, carrinhos entre outros.

5.7 Manutenção da impermeabilização

A manutenção da impermeabilização é importante para o não aparecimento de patologias. O usuário final do imóvel precisa estar ciente da utilização e manutenção do mesmo para evitar danificar a impermeabilização.

São providências para a manutenção da impermeabilização, que devem ser tomadas pelo usuário do imóvel:

- a) Cuidar dos ralos para evitar quebras.
- b) Executar inspeções periódicas.
- c) Executar reparo das fissuras de movimentação.
- d) Evitar perfurações sem um posterior reparo.
- e) Reparar vazamentos de tubulações furadas ou rachadas.
- f) Executar limpeza interna nos reservatórios.
- g) Executar limpeza de ralos para evitar o entupimento.
- h) Evitar o entupimento do sistema de drenagem.
- i) Quando houver troca de revestimentos, cuidar para não haver ruptura da impermeabilização.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho sintetiza o conhecimento sobre um tema pouco difundido no país, mostrando a importância de um projeto de impermeabilização, assim como as proposições adequadas para cada tipologia de uma cobertura em terraço.

É notória a importância de, apesar de um bom projeto de impermeabilização, uma boa execução atrelada ao projeto, com boas práticas, mão de obra qualificada, atenção aos detalhes e procedimentos executivos, visto que o objetivo final é proteger e impermeabilizar edificações e imóveis de alto nível, visto que uma cobertura comporta a proteção mais vital de um edifício, quer comercial, quer residencial, e, a cobertura em terraço, além de proteger, agrega valor à construção. Tendo isso em vista, reforça a importância de que cada etapa da impermeabilização de um edifício, assim como cada variável que deve ser levada em conta para a tomada de decisões para a confecção de um projeto adequado, sendo o tipo de cobertura horizontal, inclinada ou curva.

Um edifício de alto nível não necessariamente precisa dos impermeabilizantes mais caros ou do tipo de aplicação mais sofisticado. Uma boa impermeabilização está

vinculada a um bom projeto definido e detalhado, os materiais ou o método de impermeabilização pré-determinados. É sobre a efetividade de cada material ou método devido às circunstâncias dadas em cada cenário identificado e proposto. Atenção aos detalhes, como a boca dos ralos, os cantos arredondados, a compatibilidade entre os materiais que tem contato direto e seus coeficientes de dilatação, a quantidade de material usado, quantidade de demãos, respeito às normas e aplicação de boas práticas são atitudes que garantirão uma boa impermeabilização e preservarão a edificação de problemas de infiltração e afins.

REFERÊNCIAS

ABATTE, V. Ralo é ponto vulnerável a infiltrações. *Téchne*, São Paulo, n. 71, p. 70-71, fev. 2003.

ABC TECNOLOGIAS - <https://www.abctecnologias.com.br/geomembranas/soldagem-de-geomembranas-em-aterros-sanitarios-e-mineradoras/> (Acessado em 29/05/2023).

AMMOS - <https://www.ammos.com.br/mantas-auto-adesivas/manta-auto-adesiva-aluminizada-10cm-x-10m> (Acessado em 29/05/2023).

ANTUNES, B. Construção estanque. *Construção e Mercado*, São Paulo, n. 39, p. 183-188, out. 2004.

ARCHDAILY - https://www.archdaily.com.br/br/01-671/novo-teatro-castro-alves/concurso_terrace-publico (Acessado em 22/05/2023).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574 – Execução de impermeabilização**. São Paulo, 2008

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12170: Materiais de impermeabilização – Determinação da potabilidade da água após o contato**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edifícios habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

AXTON - <https://www.leroymerlin.pt/pt/marcas-da-casa/AXTON> (Acessado em 30/05/2023).

CENTRO TECNOLÓGICO DA CERÂMICA E DO VIDRO (Coord.). Manual de aplicação de telhas cerâmicas. Coimbra: Associação Portuguesa dos Industriais da Cerâmica de Construção, 1998.

CHALÉ - <https://chaledemadeira.com/construcao/telhado-verde/> (Acessado em 12/05/2023).

CICHINELLI, G. A evolução das membranas moldadas in loco. *Téchne*, São Paulo, n. 87, p. 32-34, jun. 2004.

CIMINO, R. Revestimento de reservatórios de água com manta armada de PVC. *Téchne*, São Paulo, n. 62, p. 69-71, mai. 2002.

CONSTRUIR - <https://construirsozinho.com.br/laje-exposta-impermeabilizacao> (Acessado em 31/05/2023).

CORTEZIP - <https://cortezip.com.br/telhas-zipadas.html> (Acessado em 22/05/2023).

CRUZ, J.H.P. Manifestações patológicas de impermeabilizações com uso de sistema não aderido de mantas asfálticas: avaliação e análise com auxílio de sistema multimídia. 2003. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2003.

CUNHA, A.G.; NEUMANN, W. Manual de impermeabilização e isolamento térmico. Rio de Janeiro: Texsa Brasileira, 1979. 227p.

CUNHA, Alessandra. M.; ABITANTE, André. L.; LUCIO, Caroline. S.; AL., et. Construção Civil. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

DENVER - <http://www.denverimper.com.br/> (Acessado em 18/03/2023).

DESTINOS - <https://www.melhoresdestinos.com.br/estacionando-aeroportos-e-seguro.html> (Acessado em 22/05/2023).

DIENSTMANN - https://www.defensoria.rs.def.br/upload/arquivos/historico/1528823941_MEMO%20006_DIT_EST%C3%9ADIO%20ORIGEM_DEFENSORIA%20P%C3%9ABLICA_MEMORIAL_EXE_R02.pdf (Acessado em 31/05/2023).

DINIS, Henrique. A impermeabilização e o usuário - Proposta para classificação dos sistemas impermeabilizantes, segundo suas características físico-mecânicas e de aderência ao substrato. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 10., São Paulo, novembro de 1997, p. 224-235.

DIPROTEC - <https://www.diprotec.com.br/produto/mantas-de-pvc/> (Acessado em 19/03/2023).

ECOTECNOLOGIAS - https://ecotecnologias.org/?page_id=561 (Acessado em 27/06/2023).

ENGENHARIA 360 - <https://engenharia360.com/quais-sao-os-tipos-de-telhas-que-existem/> (Acessado em 19/03/2023).

FASTCON - <http://fastcon.com.br/blog/telhado-verde/> (Acessado em 22/05/2023).

FIBERSALS MEMBRANAS - <https://fibersals.com.br/blog/mantas-x-membranas-na-impermeabilizacao/> (Acessado em 29/05/2023).

FIBERSALS - <https://fibersals.com.br/blog/impermeabilizacao-com-resina-epoxi/> (Acessado em 29/05/2023).

GEOMEMBRANA - <https://www.geomembrana.com.br/manta-pead.php> (Acessado em 19/03/2023).

GERMAN INSTITUTE FOR STANDARDIZATION. **DIN EN 12691. Membranas de impermeabilização flexíveis - Membranas betuminosas, de plástico e de borracha para impermeabilização de coberturas - Determinação da resistência ao choque.** Brussels, 2018.

GLOBALTECH - <https://shre.ink/kHn0> (Acessado em 21/03/2023).

GUTERRES, Paulo R.C. Impermeabilização e isolamento térmico das coberturas em

terraço. Lisboa, 1989.

HABITISSIMO - <https://perguntas.habitissimo.com.br/pergunta/construir-laje-sem-coluna> (Acessado em 22/05/2023).

IBDA - <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=8&Cod=1864> (Acessado em 12/05/2023).

INOVA CIVIL - <https://www.inovacivil.com.br/os-principais-sistemas-de-impermeabilizacao/> (Acessado em 29/05/2023).

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7389. Construção civil - Produtos para juntas - Determinação da recuperação elástica de selantes. Switzerland, 2002.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8339. Construção de edifícios – Vedantes - Determinação das propriedades de tração (Extensão à ruptura). Switzerland, 2005.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8340. Construção de edifícios – Selantes - Determinação das propriedades de tração em extensão mantida. Switzerland, 2005.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 11432. Selantes de construção e engenharia civil - Determinação da resistência à compressão. Switzerland, 2021.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 11528. Edifícios e obras de engenharia civil – Selantes - Determinação de fissuras e fissuras após exposição a intempéries artificiais ou naturais. Switzerland, 2016.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 11600. Construção de edifícios - Produtos para juntas - Classificação e requisitos para selantes. Switzerland, 2002.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 13638. Selantes de construção e engenharia civil - Determinação da resistência à exposição prolongada à água. Switzerland, 2021.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 13640. Edifícios e obras de engenharia civil – Selantes - Especificações para suportes de ensaio. Switzerland, 2018.

JUNIOR, João M. F. Impermeabilização, caracterização, execução e desempenho. Revista Científica Semana Acadêmica - ISSN 2236- 6717, 2019.

MOLITERNO, A. Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira. Revisão de Reyolando Manoel L. R. da Fonseca Brasil. 4. ed. rev. São Paulo: Blücher, 2010.

MORAES, C.R.K. Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre. 2002, 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2002.

PICCHI, F.A. Impermeabilização de coberturas. São Paulo: Editora Pini, 1986. 220p.

PINTO, Juliana Belchior. Sistema de impermeabilização com manta asfáltica e manta líquida em lajes de coberturas. Revista Projectus. Rio de Janeiro, Nº 3. 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/69358568-Sistema-de-impermeabilizacao-com-manta-asfaltica-e-manta-liquida-em-lajesde-coberturas.html> Acessado em 11/03/2023.

PINTO, Paulo Nuno da Silva. Caracterização de barreiras pára-vapor e sua aplicação. Porto, 2002, p.35.

PIRONDI, Z. Manual prático da impermeabilização e de isolamento térmica. SBR, São Paulo: Artes Gráficas Ltda., 1979.

POLISSENI, Antônio Eduardo. Lajes de Cobertura dos Edifícios: interação entre a qualidade do concreto e o sub-sistema Estrutura Portante e o sub-sistema Impermeabilização. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 8., São Paulo, setembro de 1993, p. 353-360.

PORCELLO, Ernani Camargo. Impermeabilização. Porto Alegre, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Escola Técnica de Engenharia Civil, 1998.

RALIFE - <https://ralifeengenharia.com.br/elementor-5792/> (Acessado em 31/05/2023).

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

SALGADO, Julio. Técnicas e Práticas Construtivas Para Edificação - 4ª Edição Revisada e Atualizada. São Paulo: Editora Saraiva, 2018. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536528496/>. (Acessado em 07/12/2024).

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

SCHLAEPFER, C. Bernardo R.; CUNHA, Roberto da. Impermeabilização e Recuperação Estrutural. Rio de Janeiro, Sika do Brasil S/A, 2001.

SCHMITT, Carin Maria. Impermeabilizações de Coberturas. Porto Alegre, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990.

SIKA - <http://www.sika.com.br> (Acessado em 18/03/2023).

SIKA - <https://bra.sika.com/pt/construcao/coberturas/impermeabilizacao-de-lajes-de-concreto/membrana-liquidaacrilica.html> (Acessado em 29/05/2023).

SILVA, D.O.; OLIVEIRA, P.S.F. Impermeabilização com mantas de PVC. Técnica, São Paulo, n. 111, p. 76-80, jun. 2006.

SISTAB - <https://sistab.com.br/isolamento-termico-sistab/> (Acessado em 30/05/2023).

SOLUÇÃO - <https://gruposolucao.pt/compra/casa-terraço/> (Acessado em 22/05/2023).

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS - <https://coberturas.solucoesindustriais.com.br/telhado/telhado/telhado-metalico-embutido> (Acessado em 12/05/2023).

SOUZA, M.F. Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. 2008. 64f.

Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

STORTE, Marcos. Materiais de Construção - Vol. 2. Rio de Janeiro LTC, 2019. Pg. 601 a 617.

VEDAR IMPERMEABILIZAÇÕES - <https://vedarimper.com.br/c/preparacao-de-areas12/preparacao-de-areas-a-serem-impermeabilizadas-na-construcao-civil> (Acessado em 07/05/2023)

VIAPOL - <http://www.viapol.com.br> (Acessado em 19/03/2023).

VIAPOL - <https://viapol.com.br/media/225058/02-cimento-polim%C3%A9rico-com-fibras-reservatorio.pdf> (Acessado em 29/05/2023).

VICENTINI, Wilson Roberto. As soluções para os problemas de impermeabilização. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 10., São Paulo, novembro de 1997.

VIDRADO - <https://vidrado.com/tag/telhado-curvo/> (Acessado em 12/05/2023).

VR IMPERMEABILIZAÇÕES - <https://www.vrimpermeabilizacoes.com.br/teste-de-estanqueidade-com-agua> (Acessado em 29/05/2023).

VRS - <https://www.vrsimpermeabilizacao.com.br/produtos/impermeabilizacao-de-lajes/servico-de-impermeabilizacao-de-laje> (Acessado 12/05/2023).