



INSTITUTO FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

IGOR GALVÃO SILVA

A IMPERMEABILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, AVANÇOS E DESAFIOS

Palmas - TO
2025

IGOR GALVÃO SILVA

A IMPERMEABILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: AVANÇOS E DESAFIOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientadora: Profa. Me. Suzy Barbosa Melo Moreno.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

S586i Silva, Igor Galvão
 A impermeabilização na construção civil: avanços e desafios / Igor
 Galvão Silva. – Palmas, TO, 2025.
 46 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientadora: Ma. Suzy Barbosa Melo Moreno

1. Construção civil. 2. Impermeabilizante. 3. Sustentabilidade. I. Moreno,
Suzy Barbosa Melo. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e
pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).

IGOR GALVÃO SILVA

A IMPERMEABILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: AVANÇOS E DESAFIOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 12 / 02 / 2025

BANCA AVALIADORA

Documento assinado digitalmente
 **SUZY BARBOSA MELO MORENO**
Data: 18/02/2025 12:41:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Suzy Barbosa Melo Moreno
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 **DANILO GOMES MARTINS**
Data: 18/02/2025 15:49:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Danilo G. Martins
Avaliador 1

Documento assinado digitalmente
 **MICHELLE LUDMILA GUEDES DOS SANTOS**
Data: 18/02/2025 15:11:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Michelle Ludmila G. dos Santos
Avaliadora 2

Dedico de todo o meu coração esta importante conquista aos meus pais, Fernandes Antônio Silva e Luzia Santos Galvão Silva, pelo amor, carinho, dedicação e sabedoria com que me educaram sem os quais nada seria possível. Dedico igualmente as minhas irmãs, Bárbara Silva Galvão e Maira Silva Galvão e meus sobrinhos Estela, Samuel e João e por fim, ao meu namorado Eliézio.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela força nos momentos difíceis e pela sabedoria para trilhar esse caminho.

À minha família, meu alicerce inabalável. Pelo amor incondicional, pelo apoio inestimável e pelas palavras de encorajamento nos momentos de dúvida. A cada gesto de carinho e compreensão, meu mais sincero agradecimento.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado durante essa caminhada, oferecendo apoio, incentivo e leveza nos momentos mais desafiadores. A amizade de vocês foi essencial para que essa jornada fosse mais leve e significativa.

À minha orientadora, Professora Suzy Barbosa Melo Moreno, por sua dedicação, paciência e por compartilhar seu conhecimento com tanto zelo. Sua orientação foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, e sou imensamente grato pela confiança e incentivo que me permitiram crescer academicamente e profissionalmente.

Aos professores do curso de Engenharia Civil, que compartilharam seus conhecimentos e contribuíram significativamente para minha formação. Cada aula, cada conselho e cada desafio proposto foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, instituição que me proporcionou a oportunidade de adquirir conhecimento e desenvolver habilidades essenciais para minha formação. Sou grato por cada aprendizado, cada desafio superado e cada porta que se abriu ao longo dessa jornada acadêmica.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Seja com uma palavra de incentivo, uma orientação valiosa ou simplesmente pela presença e apoio nos momentos de dificuldade, cada contribuição teve um papel fundamental nessa conquista.

A todos vocês, meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

SILVA, Igor Galvão. **A impermeabilização na construção civil: avanços e desafios**. 2025. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Palmas, 2025.

A impermeabilização é um processo crucial da construção civil, pois protege edificações da ação da humidade e infiltração de água, garantindo sua durabilidade, funcionalidade e segurança estrutural. Dessa maneira, este estudo realizou uma revisão da literatura sobre os progressos e problemas encontrados no segmento de impermeabilização, que variam do impacto ambiental e má gestão dos resíduos, à proposição de produtos inovadores. A abordagem metodológica foi qualitativa descritiva, utilizando artigos científicos, dissertações, normas técnicas, e artigos especializados para estudo. Primeiramente, identificou-se as principais patologias decorrentes da umidade, como a corrosão de armaduras, a eflorescência, e as fissuras, além da degradação de revestimentos. Em seguida, o estudo observou o uso transversal da substância de risco alcatrão de hulha, e analisou alternativas mais sustentáveis. A investigação também detectou tendências futuras com tecnologias emergentes, como nanotecnologia e revestimento fotocatalítico, que possuem propriedades de autorreparação e autolimpeza. Por fim, propôs-se um estudo para o desenvolvimento de um novo impermeabilizante, que possui propriedades de autorreparação por meio de materiais poliméricos e fotocatalíticos através da aditivação com semicondutores, oferecendo à construção civil maior eficiência e sustentabilidade.

Palavras-chave: Construção civil, impermeabilizante, sustentabilidade, nanotecnologia, fotocatalise.

ABSTRACT

SILVA, Igor Galvão. **Waterproofing in Civil Construction: Advances and Challenges.** 2025. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Palmas, 2025.

Waterproofing is an essential stage in civil construction, as it protects buildings from infiltration, ensuring their durability, functionality, and structural safety. This study presents an analysis of the advances and challenges faced in the waterproofing sector, highlighting aspects ranging from environmental impacts and improper waste management to the need for innovation in the formulation of new products. The methodology used was qualitative and descriptive, based on a bibliographic review of scientific articles, dissertations, technical standards, and industry publications. The study explored the main pathologies caused by moisture, such as reinforcement corrosion, efflorescence, cracks, and coating degradation. Additionally, it examined the impact of potentially harmful materials, such as coal tar, and the search for more sustainable alternatives. The research also investigated emerging trends in the field, including the use of nanotechnology and photocatalytic coatings, which provide self-repair and self-cleaning properties to treated surfaces. Finally, a study was proposed for the development of an innovative waterproofing material, combining self-healing polymeric materials and photocatalytic semiconductors, promoting greater efficiency, durability, and sustainability in civil construction.

Keywords: Civil construction, waterproofing agent, sustainability, nanotechnology, photocatalysis.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Justificativa	10
2	OBJETIVOS	10
2.1	Objetivo geral.....	10
2.2	Objetivos específicos.....	10
3	METODOLOGIA.....	11
4	REVISÃO DA LITERATURA	11
4.1	Impermeabilização	11
4.2	Materiais impermeabilizantes	13
4.2.1	Cimentícios.....	13
4.2.2	Asfálticos.....	14
4.2.3	Poliméricos	14
4.3	Sistemas de impermeabilização.....	15
4.3.1	Classificação dos sistemas quanto à flexibilidade.....	15
4.3.2	Componentes do sistema de impermeabilização	16
4.4	Projeto de impermeabilização	19
4.4.1	Estudo preliminar	19
4.4.2	Projeto básico de impermeabilização	20
4.4.3	Projeto executivo de impermeabilização	20
4.5	Patologias ocasionadas pela umidade	21
4.5.1	Mofo e bolor	21
4.5.2	Eflorescências.....	22
4.5.3	Corrosão da armadura do concreto armado	23
4.5.4	Fissuras causadas por movimentações higroscópicas	24
4.5.5	Patologias nas pinturas decorrentes da infiltração de água	26
4.6	Desafios.....	29
4.6.1	Uso de materiais nocivos à saúde	29
4.6.2	Geração e gestão de resíduos.....	31
4.6.3	Sustentabilidade.....	35
4.7	Tendências emergentes	37
4.7.1	Estudo de caso: Nanotecnologia.....	37
4.7.2	Estudo de caso: Produtos fotocatalíticos	39

4.8	Proposta de desenvolvimento de novo produto	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1 INTRODUÇÃO

Um componente fundamental na construção civil é a impermeabilização, que exerce um papel significativo na segurança, durabilidade, sustentabilidade e funcionalidade das edificações e estruturas. Com o progresso tecnológico e a evolução dos materiais, várias técnicas contemporâneas têm sido utilizadas atualmente. O projeto de impermeabilização deve estar em conformidade com a norma NBR 9575/2010, integrando-se aos outros projetos da obra desde o início, com ênfase em áreas críticas da estrutura, o que assegura a seleção das melhores técnicas e materiais para cada fase da construção (BERNARDES et al., 2022).

De acordo com a NBR 9575/2010, a impermeabilização envolve um conjunto de operações e técnicas construtivas, constituída por uma ou mais camadas, cujo objetivo é proteger as construções contra os efeitos prejudiciais de fluidos, vapores e umidade. Esta norma define as exigências e orientações relacionadas à seleção e ao projeto de impermeabilização, visando garantir os requisitos mínimos de proteção das construções contra a passagem de fluidos (ABNT, 2010).

O sistema de impermeabilização é crucial, pois previne a entrada de umidade nas estruturas, assegurando a habitabilidade, funcionalidade e segurança da edificação. A umidade acelera o processo de deterioração das estruturas, promovendo a degradação do concreto, a corrosão das armaduras, e causando anomalias em tintas e outros revestimentos, comprometendo, assim, a longevidade da edificação (IBI, 2013).

Outro aspecto a ser considerado é a escolha do tipo de impermeabilização para cada situação, uma vez que isso garante que o sistema atenda às necessidades específicas da edificação, levando em conta fatores como condições climáticas, tipo de construção, uso e carga suportada.

O estado do Tocantins, com suas variações climáticas que vão de chuvas intensas a secas prolongadas, demanda soluções de impermeabilização que não apenas previnam a infiltração de água, mas que também se ajustem às condições ambientais e à realidade local.

A importância deste estudo reside na necessidade de compreender, por meio de uma análise técnica, as tendências atuais em materiais e métodos de impermeabilização, com o objetivo de buscar soluções inovadoras que ofereçam uma nova perspectiva de mercado para a realidade local. Além disso, o trabalho será baseado nas normas técnicas vigentes, visando servir como referência para práticas futuras no setor da construção civil no Tocantins.

1.1 Justificativa

A escolha do tema se faz necessária pela importância que a impermeabilização possui no contexto da construção civil. De acordo com a norma técnica NBR 15575 da ABNT, estabelecida em 2013, que trata do desempenho em edificações habitacionais, a impermeabilização adquire uma importância ainda maior. Além da necessidade de garantir a durabilidade das estruturas, é essencial assegurar a salubridade dos ambientes construídos. Essa pertinência é reforçada pela constante necessidade de atualização dos profissionais.

Com o crescente avanço da tecnologia, pesquisar os avanços recentes e os desafios contínuos envolvidos no setor oferece uma oportunidade para ajudar a melhorar as práticas atuais e promover a adoção de abordagens mais eficazes e sustentáveis. Bauermann (2018) destaca que a infiltração de água é reconhecida como uma das principais patologias enfrentadas no setor da construção. É essencial destacar a importância de uma impermeabilização adequada, a qual visa não apenas à estética da construção, mas também à sua integridade estrutural. Esta prática é fundamental para proteger a edificação contra os efeitos deletérios do tempo sobre o concreto e os tijolos, e, primordialmente, para prevenir a corrosão das armaduras.

Diante disto, torna-se importante realizar uma pesquisa e análise abrangente pela literatura técnica e das normas regulamentadoras, buscando materiais e métodos alinhados com as tendências atuais de inovação e responsabilidade ambiental. Por fim, busca-se disseminar esse conhecimento para preparar profissionais para enfrentar os desafios da construção civil.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar os desafios e avanços da impermeabilização na construção civil, identificando tendências emergentes e propondo soluções inovadoras para aumentar a durabilidade e a sustentabilidade das edificações, incluindo uma proposta de estudo para o desenvolvimento de um impermeabilizante de alto desempenho.

2.2 Objetivos específicos

- Investigar os principais materiais e técnicas utilizadas na impermeabilização de edificações, considerando seu desempenho e impacto ambiental;
- Identificar os desafios enfrentados pelo setor, como o uso de materiais nocivos, gestão de resíduos e sustentabilidade;

- Explorar tecnologias emergentes, como nanotecnologia e revestimentos fotocatalíticos, que possam agregar valor aos sistemas de impermeabilização;
- Propor um estudo de um novo impermeabilizante, combinando tecnologias inovadoras para oferecer soluções mais duráveis e ambientalmente responsáveis.

3 METODOLOGIA

Este trabalho consiste em um estudo qualitativo de caráter descritivo, fundamentado no método dedutivo, com o objetivo de realizar uma análise exploratória sobre os avanços tecnológicos na impermeabilização, os desafios enfrentados pelo setor e as inovações emergentes. Para isso, serão consultadas e analisadas fontes científicas e normativas, incluindo artigos científicos, livros técnicos, normas regulamentadoras brasileiras (ABNT e CONAMA), dissertações e monografias. A seleção das fontes considerou critérios como relevância acadêmica, data de publicação e aderência ao tema investigado.

O escopo deste estudo abrange os desafios enfrentados pelo setor de impermeabilização, as tendências emergentes na área e, por fim, com base no conhecimento levantado, será proposta uma linha de estudo futuro para o desenvolvimento de um impermeabilizante inovador, utilizando materiais poliméricos e semicondutores. Essa abordagem visa contribuir para o aprimoramento das soluções disponíveis no mercado, promovendo maior durabilidade, eficiência e sustentabilidade na construção civil.

4 REVISÃO DA LITERATURA

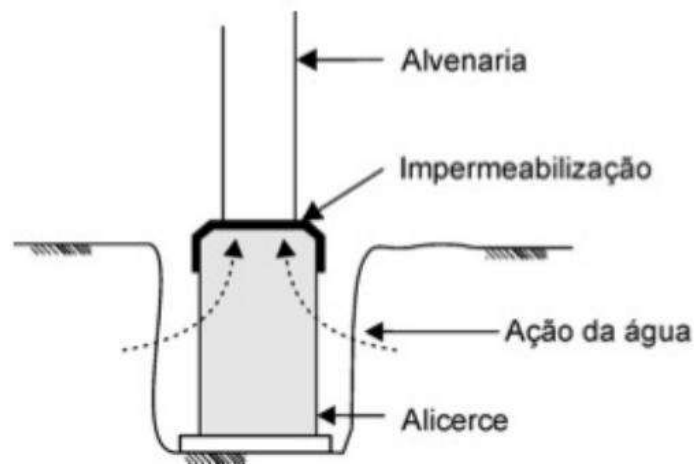
4.1 Impermeabilização

No Brasil, a Norma Técnica NBR 9575, estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2010, define critérios e diretrizes para a seleção e o projeto de sistemas de impermeabilização. Essas diretrizes buscam atender os requisitos mínimos de proteção da construção contra a passagem de fluidos, bem como os requisitos de salubridade, segurança e conforto do usuário, de forma a garantir a estanqueidade dos elementos construtivos que a requeiram. Esta Norma se aplica as edificações e construções em geral, em execução ou sujeitas a acréscimo ou reconstrução, ou ainda aquelas submetidas a reformas.

Segundo Salgado (2014), os problemas mais comuns relacionados à presença indesejável da água incluem a umidade nas estruturas executadas a nível do solo, presença de umidade nas paredes perto do piso, vazamento de água em lajes, vazamento de água em caixas-d'água, vazamento de água em piscinas e umidade em pisos. Para facilitar o entendimento sobre o assunto se faz necessário conhecer alguns termos comumente utilizados, como:

- Água de percolação: que atua sobre superfícies, não exercendo pressão hidrostática superior a um quilo-pascal (kPa);
- Água sob pressão negativa: água, confinada ou não, que exerce pressão hidrostática superior a 1 kPa (0,1 m.c.a), de forma inversa à impermeabilização (ABNT, 2010).
Exemplo: impermeabilização de alicerces para fundação, como ilustrado na Figura 1;

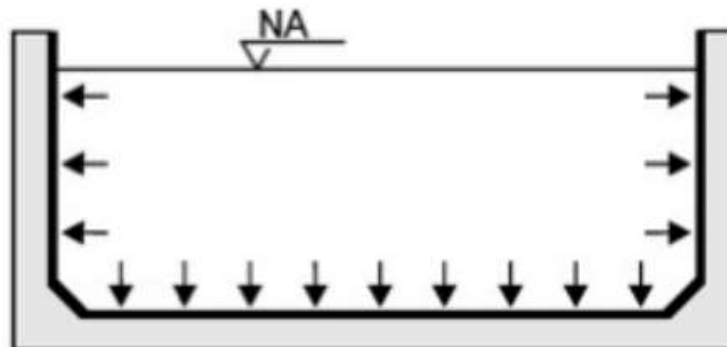
Figura 1 – Ilustra pressão negativa.



Fonte: SALGADO, 2014.

- Água sob pressão positiva: água, confinada ou não, que exerce pressão hidrostática superior a 1 kPa (0,1 m.c.a), de forma direta à impermeabilização (ABNT, 2010).
Exemplo: impermeabilização de caixas-d'água e piscinas. Como pode ser observado na Figura 2;

Figura 2 – Ilustra pressão positiva.



Fonte: SALGADO, 2014.

- Umidade do solo: água existente no solo presente entre as suas partículas;
- Fluido: corpo cujas moléculas são tão pouco aderentes entre si que deslizam umas sobre as outras, tomando a forma de recipiente que o contém (gases e líquidos).

A impermeabilização é o conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade (ABNT, 2010). Em relação à classificação, os sistemas de impermeabilização podem ser categorizados com base no tipo de material predominante na camada impermeabilizante. Estes materiais impermeabilizantes podem ser classificados como: cimentícios, asfálticos e poliméricos, cada um com características e aplicações específicas conforme suas propriedades e composição.

4.2 Materiais impermeabilizantes

4.2.1 Cimentícios

O material impermeabilizante cimentício caracteriza-se por ter o cimento como componente principal. Através da adição de polímeros, este material adquire propriedades impermeabilizantes que melhoram a flexibilidade e a aderência do produto final. Possui como vantagens a durabilidade, resistência a condições adversas e sua facilidade de aplicação (VASCONCELOS, 2015).

De acordo com a ABNT (2010), os tipos de material constituinte da impermeabilização cimentícia são classificados como:

- a) argamassa com aditivo impermeabilizante;
- b) argamassa modificada com polímero;
- c) argamassa polimérica;
- d) cimento modificado com polímero.

Cada uma destas categorias possui características específicas e é adequada para diferentes aplicações na construção civil. Contudo, é importante notar que a eficácia da impermeabilização cimentícia depende significativamente da preparação adequada da superfície e da aplicação correta do material. A superfície deve estar limpa, livre de óleos, graxas e outros contaminantes, e o produto deve ser aplicado em conformidade com as instruções do fabricante para garantir a máxima eficácia (ABNT, 2008).

4.2.2 Asfálticos

Conforme a ABNT (2010), os materiais constituintes da impermeabilização asfáltica são classificados nas seguintes categorias:

- a) membrana de asfalto modificado sem adição de polímero;
- b) membrana de asfalto elastomérico;
- c) membrana de emulsão asfáltica;
- d) membrana de asfalto elastomérico, em solução;
- e) manta asfáltica.

A impermeabilização utilizando material asfáltico é um método amplamente utilizado no campo da construção civil, particularmente eficaz em diversas aplicações, desde fundações a telhados. Este método utiliza materiais à base de asfalto, que podem ser aplicados de diferentes formas, incluindo emulsões, mantas asfálticas e asfaltos modificados (VASCONCELOS, 2015).

O asfalto, um agente aglutinante em aplicações de construção civil, é composto por uma mistura complexa de hidrocarbonetos, incluindo alifáticos, aromáticos e naftalênicos, de elevado peso molecular. Esta composição é enriquecida com pequenas quantidades de ácidos orgânicos, bases e componentes heterocíclicos que contêm nitrogênio e enxofre, conferindo ao asfalto suas características específicas de adesividade e flexibilidade (SCHREIBER, 2012).

Devido à sua natureza termoplástica, a consistência do asfalto varia significativamente com a temperatura. Em temperaturas mais elevadas, o asfalto torna-se mais fluido. A viscosidade do material asfáltico pode variar conforme o tipo específico ou a origem do asfalto, influenciando suas propriedades e aplicabilidade em diferentes contextos de construção civil (SCHREIBER, 2012).

A escolha do tipo de impermeabilização asfáltica depende de vários fatores, incluindo o local de aplicação, as condições ambientais e as exigências específicas do projeto. A preparação adequada da superfície e a aplicação correta são cruciais para garantir a eficácia do sistema de impermeabilização (ABNT, 2008).

4.2.3 Poliméricos

De acordo com a classificação estabelecida pela ABNT (2010), os materiais impermeabilizantes classificados como poliméricos podem ser classificados como:

- a) membrana elastomérica de policloropreno e polietileno clorossulfonado;

- b) membrana elastomérica de poliisobutileno isopreno (I.I.R), em solução;
- c) membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno(S.B.S.);
- d) membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno-ruber (S.B.R.);
- e) membrana de poliuretano;
- f) membrana de poliuréia;
- g) membrana de poliuretano modificado com asfalto;
- h) membrana de polímero acrílico com ou sem cimento;
- i) membrana acrílica para impermeabilização;
- j) membrana epoxídica;
- k) manta de acetato de etilvinila (E.V.A.);
- l) manta de policloreto de vinila (P.V.G.);
- m) manta de polietileno de alta densidade (P.E.A.D.);
- n) manta elastomérica de etilenopropilenodieno-monômero (E.P.D.M.);
- o) manta elastomérica de poliisobutileno isopreno (I.I.R).

Os materiais impermeabilizantes poliméricos representam uma importante categoria dentro do campo da impermeabilização na construção civil. Estes materiais são conhecidos por suas excelentes propriedades de flexibilidade, aderência e resistência a diversas condições ambientais. Os impermeabilizantes poliméricos são constituídos por homopolímeros ou copolímeros com características elastoméricas. Uma das principais vantagens dos impermeabilizantes poliméricos é a sua durabilidade e resistência a agentes químicos, radiação UV e intempéries (VASCONCELOS, 2015).

Segundo ABNT (2008), a Norma Técnica NBR 9574 é a responsável por estabelece as exigências e recomendações relativas à execução de impermeabilização em construções em geral. Segundo a Norma, a impermeabilização pode ser dividida em impermeabilização rígida e flexível.

4.3 Sistemas de impermeabilização

4.3.1 Classificação dos sistemas quanto à flexibilidade

4.3.1.1 Impermeabilização rígida

A impermeabilização rígida é o conjunto de materiais ou produtos que não apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas não sujeitas à movimentação do elemento construtivo (ABNT, 2010).

Os impermeabilizantes rígidos, frequentemente utilizados na construção civil, são materiais que, uma vez curados, formam uma camada impermeável e sólida. Eles são especialmente úteis em estruturas que não requerem flexibilidade após a aplicação do impermeabilizante. Os impermeabilizantes rígidos não trabalham junto com a estrutura, o que leva a exclusão de áreas expostas a grandes variações de temperatura. Este tipo de impermeabilização é indicado para locais que não estão sujeitos a trincas ou fissuras. Exemplos incluem reservatórios inferiores de água (enterrados), fundações, paredes de subsolo, galerias, piscinas enterradas, entre outros, que possuem carga estrutural estabilizada (SCHREIBER, 2012).

4.3.1.2 Impermeabilização flexível

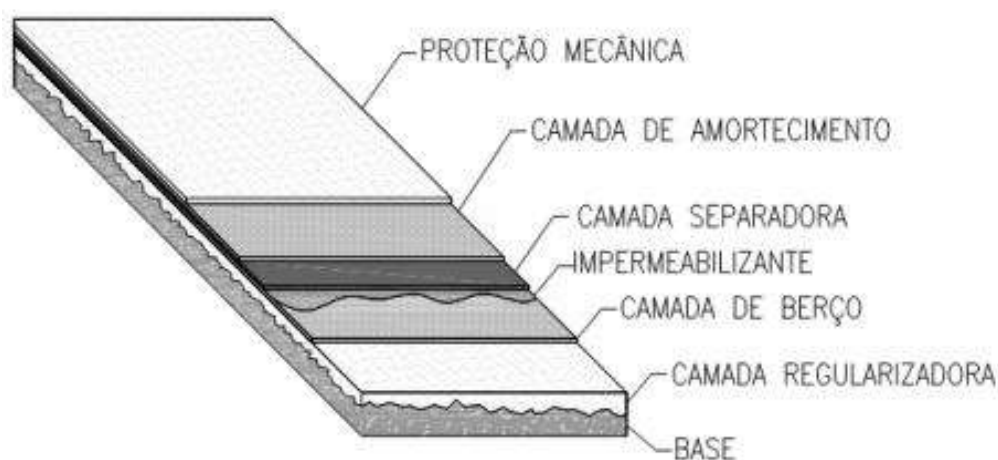
De acordo com a ABNT (2010), a impermeabilização flexível é o conjunto de produtos ou materiais que apresentam características de flexibilidade podendo ser utilizadas nas partes construtivas em que pode ocorrer movimentação do elemento construtivo.

A impermeabilização flexível refere-se ao uso de materiais e técnicas que permitem a adaptação às movimentações estruturais, seja por assentamento do solo, variações térmicas ou outras causas. Esta flexibilidade é essencial para prevenir fissuras e infiltrações, que podem levar a problemas mais sérios como a deterioração do concreto e danos à estrutura. Para adquirir essa característica de flexibilidade recebem adições e polímeros, elastômeros e etc., podendo ser dividida em dois grupos as emulsões e as mantas (SALGADO, 2014).

4.3.2 Componentes do sistema de impermeabilização

Os sistemas de impermeabilização são cruciais na construção civil e podem ser classificados em várias categorias, cada uma com suas especificidades e funções. Desta maneira, pode-se separar o sistema de impermeabilização em quatro grandes grupos, a base e camada de regularização; camada impermeável; camada de berço e camada amortecedora e pôr fim a camada de proteção mecânica.

Figura 3 - Representação de camadas de berço e amortecedora.



Fonte: SOARES, 2014.

4.3.2.1 Base e camada de regularização

A base e a camada de regularização são fundamentais para garantir o funcionamento do sistema de impermeabilização. Nestas etapas é essencial considerar o grau de fissuração e deformabilidade da estrutura sob cargas e movimentação, garantindo uma estanqueidade e uniformidade para as camadas subsequentes (SOARES, 2014).

A camada de regularização deve ter a função de regularizar o substrato a ser impermeabilizado, de maneira a proporcionar uma superfície uniforme e apta para suportar a camada impermeável. É crucial que esta camada seja adequadamente dimensionada, garantindo a compatibilidade com a base subjacente (SOARES, 2014).

Conforme estabelecido pela NBR 9574, é imperativo que a superfície a ser impermeabilizada deve ser limpa, isenta de protuberâncias, de corpos estranhos, restos de fôrmas, pontas de ferragem, restos de produtos desmoldantes ou impregnantes, falhas e ninhos. A camada de regularização deve ter um caimento mínimo e previamente dimensionado para encaminhar os fluidos aos locais devidamente dimensionados em projeto. Estes cuidados são vitais para assegurar a eficácia e durabilidade do sistema de impermeabilização (ABNT, 2008).

4.3.2.2 Camada impermeável

Segundo a NBR 9575/2010, a camada impermeável é o estrato com a função de prover uma barreira contra a passagem de fluidos. Sua principal finalidade é assegurar que nenhuma forma de umidade ou água penetre nas estruturas protegidas, mantendo a integridade e a durabilidade da edificação.

Além de sua função primária de bloquear a passagem de fluidos, a camada impermeável também desempenha um papel vital na prevenção de problemas estruturais. Essa camada é composta por materiais selecionados e essa escolha depende de vários fatores, incluindo o tipo de estrutura a ser protegida, as condições ambientais locais, e as características específicas do fluido contra o qual a barreira é necessária. Uma camada impermeável bem projetada e corretamente aplicada pode aumentar significativamente a vida útil de uma construção (MATTEVI, 2021).

A adequada aplicação e manutenção desta camada são fundamentais para garantir que a impermeabilização seja eficaz e duradoura, protegendo as edificações contra os danos causados pela água e umidade (ABNT, 2008).

4.3.2.3 Camada de berço e camada amortecedora

A camada de berço representa um componente adicional e crucial no sistema de impermeabilização, posicionada acima da camada de regularização. Sua principal função é fornecer apoio e proteção adicional à camada impermeável. Entre os materiais comumente utilizados para a camada de berço estão adesivos elastoméricos e asfálticos, que oferecem uma base flexível e aderente. Além disso, são frequentemente empregados geotêxteis feitos de poliéster ou polipropileno, manta asfáltica e por fim, o poliestireno expandido ou extrudado (EPS), com suas propriedades de isolamento térmico e leveza, é também uma escolha comum para esta camada, conforme descrito por Vieira (2008).

Os sistemas de impermeabilização não aderidos, possuem como característica a falta de contato entre a camada impermeabilizante e o substrato. Sendo assim, a camada amortecedora, com função de proteção da camada impermeabilizante, deve-se situar abaixo da proteção mecânica. Esta camada amortecedora, em conjunto com a camada de berço, forma um sistema de proteção adicional (SOARES, 2014).

A Figura 3 ilustra a configuração esquemática dessas camadas em um sistema de impermeabilização não aderido a ser executado.

4.3.2.4 Proteção mecânica

A camada de proteção mecânica possui a função de absorver e dissipar os esforços estáticos ou dinâmicos atuantes por sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra a ação deletéria destes esforços (ABNT, 2010).

Quando necessária, é de crucial importância a camada de proteção, pois ela forma uma barreira que protege a camada impermeabilizante contra danos físicos, assegurando sua eficácia

e durabilidade. Particularmente em áreas expostas a movimentos ou cargas, como pisos e coberturas, é crucial a proteção mecânica por serem locais mais vulneráveis a potenciais danos (MATTEVI, 2021).

4.4 Projeto de impermeabilização

Os sistemas de impermeabilização geralmente se qualificam por serem executados a partir de conhecimentos empíricos e na ausência de projetos específicos. O que vem sendo caracterizado, com o passar do tempo, como um dos maiores responsáveis pelas patologias das construções. Entretanto, nos últimos anos este panorama se encontra em mudança, devido a conscientização dos profissionais da construção civil (SOARES, 2014).

Segundo a NRB 9575/2010, o projeto de impermeabilização diz respeito a um 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. O projeto de impermeabilização é constituído de três etapas sucessivas, o estudo preliminar, o projeto básico e o projeto executivo de impermeabilização. Atualmente o projeto básico de impermeabilização e executivo, bem como os serviços decorrentes, devem ser realizados por profissionais legalmente habilitados. Aplica-se em obras de construção civil de uso público, coletivo e privado (ABNT, 2010).

Outro aspecto que não pode ser negligenciado é a compatibilização com os demais projetos de construção, tais como arquitetura (projeto básico e executivo), estrutural, hidráulico-sanitário, águas pluviais, gás, elétrico, revestimento, paisagismo e outros, de modo a serem previstas as correspondentes especificações em termos de tipologia, dimensões, cargas, ensaios e detalhes construtivos. Em todas as peças gráficas e descritivas (projeto básico, projeto executivo e projeto "como construído"), devem constar os dados do profissional responsável habilitado (ABNT, 2010).

4.4.1 Estudo preliminar

Conjunto de informações legais, técnicas e de custos, composto por dados analíticos que tem como objetivo determinar e quantificar as áreas a serem impermeabilizadas, de forma a atender às exigências de desempenho em relação estanqueidade dos elementos construtivos e a durabilidade frente à ação de fluidos, vapores e umidade (ABNT, 2010).

Segundo NBR 9575/2010, o estudo preliminar deve conter:

- Relatório contendo a qualificação das áreas;

- Planilha contemplando os tipos de impermeabilização aplicáveis ao empreendimento, de acordo com os conceitos do projetista e incorporador contratante.

4.4.2 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, 2010).

O projeto básico quando apresentado junto ao projeto arquitetônico possibilita prever interferências futuras, possibilitando antecipar, otimizar e baratear possíveis soluções. Segundo a NBR 9575/2010, as informações que devem estar no projeto básico são:

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

4.4.3 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, 2010).

Quanto à execução, deve ser realizada de acordo com a NBR 9574/2008, que estabelece as exigências e recomendações relativas à execução de impermeabilização, atendendo a ABNT NBR 9575/2010.

Apesar da norma contemplar vários detalhes referentes à correta execução da impermeabilização, grande parte das patologias ocorrem pela desqualificação do executante, não tendo especialização profissional na área. Dessa forma, além de todos os cuidados que devem ser tomados na elaboração do projeto, o mesmo precisa ser de fácil entendimento para os executores, que devem ser qualificados para garantir a correta execução (GOMES, 2020).

Segundo a NBR 9575/2010, o projeto executivo deve conter:

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

4.5 Patologias ocasionadas pela umidade

É de conhecimento que a durabilidade na construção civil está diretamente ligada à sua resistência ao tempo e aos fatores externos. Um dos principais desafios para garantir essa longevidade é a presença de água e umidade, especialmente quando a impermeabilização não é aplicada ou executada de forma adequada.

A ausência desse processo permite que a água penetre por superfícies porosas, provocando infiltrações que comprometem a estrutura da edificação. Entre as patologias mais comuns decorrentes de uma impermeabilização deficiente, destacam-se o surgimento de mofo e bolor, eflorescências, a corrosão do concreto e da armadura, infiltrações em lajes e danos em revestimentos e pinturas. Esses problemas não afetam apenas a estética da construção, mas também sua funcionalidade e segurança.

4.5.1 Mofo e bolor

A umidade, a temperatura e o pH da superfície são fatores determinantes para o surgimento de mofo e bolor. Essas manifestações ocorrem por meio de manchas escurecidas ou esverdeadas que exalam um odor característico. Os impactos causados por esses microrganismos podem ser classificados em dois tipos principais: a redução da vida útil da edificação e os prejuízos à saúde dos residentes (GUERRA, 2012).

O desenvolvimento desses fungos pode ser identificado macroscopicamente na superfície de diversos materiais, onde se enraízam no substrato em busca de um ambiente propício para a sua proliferação (SOUZA, 2008). Como demonstrado na Figura 4, a pintura é diretamente afetada, uma vez que os fungos perfuram o filme de tinta em busca de nutrientes no substrato. Esse processo compromete a textura, a cor e a aderência da tinta, resultando em degradação precoce do revestimento (GUERRA, 2012).

Além de comprometer a estética e a durabilidade da construção, a presença de mofo representa um risco significativo à saúde dos ocupantes. Os esporos liberados podem desencadear reações alérgicas, problemas respiratórios e, em casos mais graves, doenças, especialmente em indivíduos com o sistema imunológico fragilizado (OMS, 2009).

Para prevenir o surgimento de bolor, é essencial adotar medidas desde a fase de projeto, garantindo adequada ventilação, iluminação e insolação dos ambientes, além de prevenir infiltrações em paredes, pisos e tetos por meio do uso correto de impermeabilizantes. A erradicação desse problema depende, sobretudo, da eliminação da umidade, pois, sem a água os fungos não conseguem se desenvolver (FRANÇA, 2018).

Figura 4 – Parede com mofo e bolor.



Fonte: ZAPI, 2025.

4.5.2 Eflorescências

A eflorescência é uma das patologias relacionadas à umidade em edificações. Conforme Ferreira (2009), recebe o nome de eflorescência a camada branca, formada sobre a superfície de determinados materiais, podendo se manifestar tanto em cerâmica como no concreto.

A eflorescência tem na água seu principal agente de formação, pois esse elemento é capaz de penetrar em pequenas fissuras e porosidades, promovendo a dissolução de substâncias presentes em materiais cerâmicos, argamassas e concreto. Quando estruturas feitas com esses materiais entram em contato com a umidade, os sais se dissolvem e são transportados pela água até a superfície das paredes, onde se cristalizam, dando origem às eflorescências, como ilustrado na Figura 5 (SILVA, 2018).

Para que esse fenômeno ocorra, três fatores precisam estar presentes simultaneamente: a existência de sais nos insumos da construção, a presença de água e a pressão hidrostática (SOUZA, 2008).

Em alguns casos, os sais constituintes da eflorescência podem ser agressivos e provocar degradação profunda nas estruturas. Segundo Neville e Brooks (2013), embora isoladamente esses sais não sejam considerados prejudiciais, a elevada lixiviação do Ca(OH)_2

pode aumentar a porosidade do concreto, tornando-o mais frágil e vulnerável à penetração de agentes agressivos.

Os sais também podem levar à segregação da camada de revestimento, comprometendo sua aderência e durabilidade. Além disso, o impacto estético é significativo, pois a deposição dos sais pode gerar um forte contraste de cor entre as manchas esbranquiçadas e o substrato, afetando a aparência da edificação (FERNANDES, 2010).

A prevenção desse problema envolve a escolha de materiais de construção menos permeáveis e a adoção de um sistema de impermeabilização eficiente, garantindo maior proteção contra a umidade e prolongando a vida útil da edificação.

Figura 5 – Eflorescência em muro de tijolinhos.



Fonte: VIVA DECORA, 2025.

4.5.3 Corrosão da armadura do concreto armado

A ausência ou a aplicação inadequada de impermeabilização em estruturas de concreto armado pode resultar em sérios danos estruturais e, conseqüentemente, em prejuízos financeiros significativos. A umidade, pode acelerar a corrosão das armaduras, comprometendo a durabilidade e a resistência da edificação. Esse é um problema que, se não for prevenido, pode gerar custos elevados e até mesmo riscos à segurança.

A corrosão das armaduras pode ser classificada de acordo com sua natureza: química e eletroquímica. A corrosão química, também chamada de corrosão seca ou oxidação direta, ocorre quando há uma reação entre o metal e um gás, formando uma camada uniforme de óxido sobre a superfície metálica. Esse processo é lento e, em geral, não causa danos significativos ao material. Já a corrosão eletroquímica, ou aquosa, é a que representa um grande desafio para a

construção civil, pois é responsável pela maioria dos problemas observados nas estruturas (CÁNOVAS, 1998).

Durante o processo de corrosão, a formação de óxidos e hidróxidos de ferro gera produtos expansivos, que podem ocupar um volume de 3 a 10 vezes maior que o original. Esse aumento no volume das armaduras cria tensões internas superiores a 15 MPa, o que leva ao surgimento de fissuras no concreto. Com o tempo, essas fissuras evoluem, causando o deslocamento da camada de cobrimento e o lascamento do concreto, como pode ser observado na Figura 6. Como consequência, a aderência entre o aço e o concreto é comprometida, o que afeta diretamente a integridade estrutural (CASCUDO, 1997).

Figura 6: Armadura exposta pelo deslocamento do concreto.



Fonte: Alves e Carvalho (2019).

4.5.4 Fissuras causadas por movimentações higroscópicas

Dentre as manifestações patológicas que afetam as estruturas de concreto, as fissuras merecem atenção especial. Elas podem estar relacionadas a problemas no revestimento, sinalizar possíveis falhas estruturais ou indicar questões de estanqueidade.

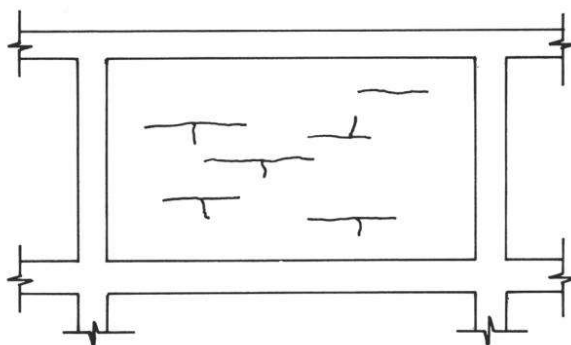
Segundo Thomas (2020), as mudanças higroscópicas provocam variações dimensionais nos materiais porosos que integram os elementos e componentes da construção; o aumento do teor de umidade produz uma expansão do material, enquanto a diminuição desse teor provoca uma contração. Essas movimentações, podem gerar problemas se houver vínculos ou restrições que impeçam o livre movimento dos materiais. Nesses casos, é comum o surgimento de fissuras nos elementos e componentes do sistema construtivo, comprometendo sua integridade e durabilidade.

Segundo Thomaz (2020), as trincas provocadas por essa variação higroscópica são semelhantes às provocadas pela variação de temperatura e sua abertura é função das propriedades dos materiais e das variações climáticas.

Quando o alicerce da alvenaria não recebe adequada impermeabilização, as vigas baldrame e as primeiras fiadas de tijolos são afetadas pela umidade ascendente do solo. Com isso, as camadas mais inferiores da alvenaria absorvem a umidade e se movimentam de forma diferencial em relação às camadas superiores. Essa movimentação diferencial dá origem a trincas horizontais na base das paredes que comumente são acompanhadas por eflorescência (THOMAZ, 2020).

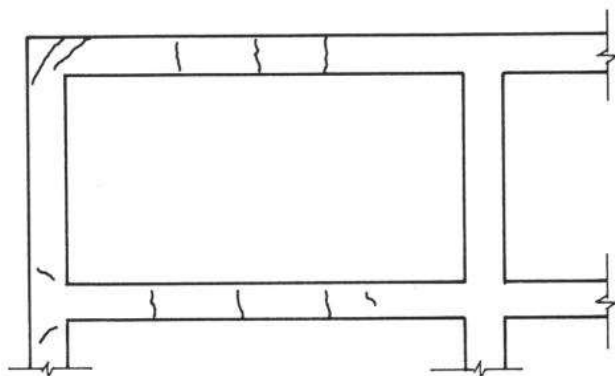
Stubbs e Putterill (1972, apud TOMAZ, 2020) registram a ocorrência de alguns casos de trincas provocadas pela expansão de tijolos cerâmicos com elevada resistência à compressão (Figuras de 7 a 9).

Figura 7 - Trincas horizontais na alvenaria provenientes da expansão dos tijolos: o painel é solicitado à compressão na direção horizontal.



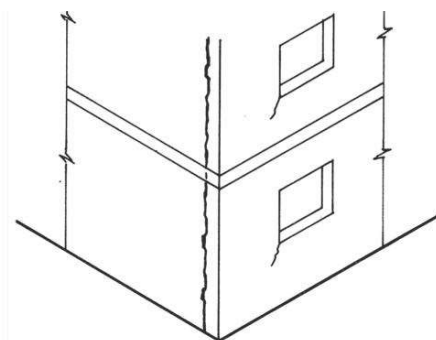
Fonte: Stubbs e Putterill (1972, apud TOMAZ, 2020).

Figura 8 - Trincas nas peças estruturais: a expansão da alvenaria solicita o concreto à tração.



Fonte: Stubbs e Putterill (1972, apud TOMAZ, 2020).

Figura 9 - Fissuramento vertical da alvenaria, no canto do edifício, pela expansão dos tijolos por absorção de umidade.



Fonte: Stubbs e Putterill (1972, apud TOMAZ, 2020).

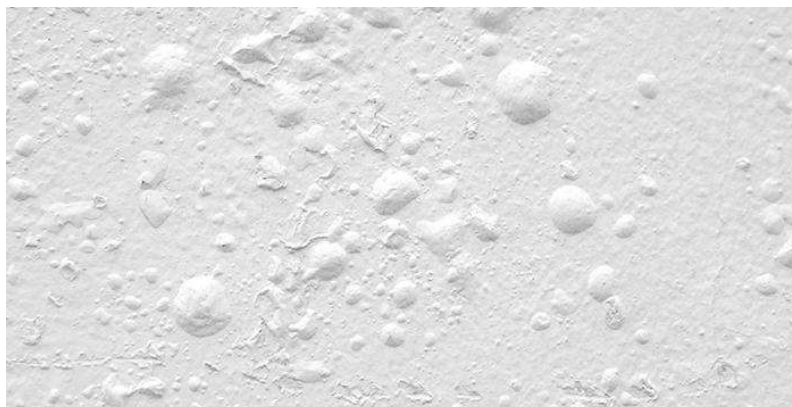
4.5.5 Patologias nas pinturas decorrentes da infiltração de água

A umidade é um dos principais fatores que contribuem para o surgimento de patologias em pinturas de edificações. Esses defeitos podem ser classificados em duas categorias principais: problemas relacionados à interface entre o filme de tinta e o substrato e aqueles que afetam diretamente a película da pintura. A seguir, são descritas as principais manifestações patológicas decorrentes da ação da água.

- **Bolhas**

As bolhas ou empolamentos são caracterizados pela perda localizada de aderência entre a película de tinta e o substrato, resultando no levantamento do filme da superfície (Figura 10). Esse problema é comum em tintas à base de óleo, que possuem baixa resistência a álcalis, especialmente quando aplicadas sobre superfícies úmidas. Além disso, a exposição da película de tinta à umidade após a aplicação e secagem também pode causar o surgimento de bolhas (POLITO, 2006).

Figura 10 – Patologia na pintura: Bolhas.



Fonte: CEC, 2025.

- **Descascamento ou Destacamento**

O descascamento ocorre quando há perda de aderência da película de tinta ao substrato (Figura 11). Essa patologia pode ser causada por diversos fatores, como a presença excessiva de umidade no substrato devido a infiltrações, a secagem rápida da tinta (que reduz a aderência), a aplicação em superfícies mal preparadas (com gordura, poeira ou outros resíduos), a repintura sem o preparo adequado da superfície ou o intervalo de tempo insuficiente entre as demãos de tinta (MARQUES, 2013).

Figura 11 – Patologia na pintura: Descascamento.



Fonte: HYDRORESOLVE, 2025.

- **Enrugamento**

O enrugamento é caracterizado pelo aparecimento de microrrugos na superfície seca da pintura (Figura 12). Essa patologia é frequente em pinturas realizadas em condições extremas de calor ou frio, especialmente quando a superfície não está completamente seca ou há excesso de umidade. Entre as causas mais comuns estão a aplicação de tinta em camadas muito espessas, a pintura em condições climáticas adversas (que fazem a camada externa secar mais rápido que a interna) e a exposição da pintura à umidade excessiva antes da secagem completa (POLITO, 2006).

Figura 12 – Patologia na pintura: Enrugamento.



Fonte: BEMATINTAS, 2025.

- **Manchas**

As manchas são áreas com coloração e textura diferenciadas, geralmente associadas à presença de umidade no substrato (Figura 13). Entre as causas mais prováveis estão a infiltração de água, a falta de ventilação no local e o excesso de umidade durante a fase de secagem da tinta (MARQUES, 2013).

Figura 13 – Patologia na pintura: Manchas.



Fonte: BEMATINTAS, 2025.

4.6 Desafios

Como visto no decorrer da revisão bibliográfica a impermeabilização garante durabilidade e segurança das estruturas. Porém, diversos desafios ainda precisam ser superados, que vão desde questões ambientais, técnicas, desempenho e sobretudo garantir a saúde dos trabalhadores e usuários das construções. Entre os principais desafios, destacam-se o uso de materiais prejudiciais à saúde, o gerenciamento dos resíduos provenientes da impermeabilização, a necessidade de capacitação profissional e a compatibilidade entre os sistemas de impermeabilização e os demais elementos construtivos.

4.6.1 Uso de materiais nocivos à saúde

Um dos desafios mais significativos na impermeabilização é a utilização de materiais potencialmente nocivos à saúde humana e ao meio ambiente. Como exemplo temos o alcatrão de hulha, material muito utilizado na impermeabilização de madeiras e contra corrosão de estruturas metálicas.

O alcatrão de hulha é produzido por coqueificação ou pirólise através do aquecimento do carvão, separando a matéria volátil em forma de gases. Esses gases são resfriados, resultando em licor amoniacal e alcatrão, que passa por decantações sucessivas para remoção de água e sólidos residuais, tornando-se um produto purificado. O alcatrão de hulha é um líquido escuro e viscoso, constituído essencialmente de hidrocarbonetos aromáticos, tais como benzeno, fenóis, naftaleno, cresóis, antraceno e piche. Um dos componentes mais perigosos presentes no alcatrão é o 3,4 benzopireno (MOTTA e VAQUEIRO, 2009).

O benzopireno é um hidrocarboneto policíclico aromático (HPA), um composto cancerígeno, bioacumulável e tóxico. De acordo com a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC, 2012), a exposição contínua a HPAs aumenta significativamente os riscos à saúde dos trabalhadores, podendo levar ao desenvolvimento de doenças graves. Em razão desses perigos, o uso desses compostos tem sido progressivamente restringido em diversos países, sendo inclusive proibido na Europa. Apesar dos seus impactos negativos, não apenas para a saúde humana, mas também para o meio ambiente, o alcatrão de hulha ainda é utilizado em algumas aplicações devido à sua alta resistência química e à abrasão, além do baixo custo (MOTTA e VAQUEIRO, 2009).

Diante dos riscos associados ao uso do alcatrão de hulha, a Petrobras decidiu cancelar duas normas que regulamentavam o uso das tintas anticorrosivas Coal Tar Epóxi, especificamente as normas N-1265 e N-1761. Em substituição, foram lançadas novas diretrizes que, além de atualizarem os requisitos técnicos, deixam explicitamente claro que os produtos

agora devem ser livres de alcatrão de hulha (Epóxi Tar Free), garantindo maior segurança ambiental e à saúde dos trabalhadores, como pode ser observado na Figura 14.

Figura 14 – Norma que regulamenta a utilização da tinta N-2851.

BR PETROBRAS CONTEC Comissão de Normalização Técnica SC-14 Pintura e Revestimentos Anticorrosivos		-PÚBLICO-		
		N-2851		
		Tinta Epóxi Modificada Isenta de Alcatrão de Hulha		
		1ª Emenda		

Esta é a 1ª Emenda da PETROBRAS N-2851 e se destina a modificar o seu texto nas partes indicadas a seguir:

NOTA 1 As novas páginas com as alterações efetuadas estão colocadas nas posições correspondentes.

NOTA 2 As páginas emendadas, com a indicação da data da emenda, estão colocadas no final da norma, em ordem cronológica, e não devem ser utilizadas.

Fonte: PETROBRAS, 2010.

Mesmo em 2025, o alcatrão de hulha continua sendo utilizado na formulação de impermeabilizantes, apesar dos riscos à saúde e ao meio ambiente. Uma pesquisa realizada na área de impermeabilização identificou que, no site da empresa VEDACIT, ainda é comercializado um produto denominado "Vedacit Tinta de Alcatrão Impermeável", destinado à impermeabilização de madeiras. De acordo com a descrição do fabricante, trata-se de um produto resistente à exposição solar e à chuva, além de prevenir o apodrecimento da madeira e a infiltração de água (VEDACIT, 2025). Na página do produto, consta a Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ), documento obrigatório para todos os produtos químicos, o que reforça a necessidade de precauções específicas em seu manuseio e aplicação.

A FISPQ do Vedacit Tinta de Alcatrão Impermeável destaca diversos riscos associados ao seu uso, evidenciando sua toxicidade e potencial carcinogênico. Entre as advertências, constam as seguintes frases de perigo: H227 - Líquido combustível; H332 - Nocivo se inalado; H319 - Provoca irritação ocular grave; H317 - Pode provocar reações alérgicas na pele; e H350 - Pode provocar câncer. Além disso, a FISPQ orienta que, em caso de contato com a pele, a área afetada deve ser lavada imediatamente com água corrente e sabão neutro por, no mínimo, 15 minutos, a fim de minimizar os riscos de absorção cutânea e possíveis reações adversas. Essas informações reforçam as preocupações quanto à segurança do produto,

demonstrando a necessidade de adoção de medidas rigorosas de proteção e manuseio (VEDACIT, 2025).

Vale ressaltar que a nova norma, a ABNT NBR 14725/2023, mudou a nomenclatura da FISPQ para FDS (Ficha de Dados de Segurança) em 2023. A mudança foi feita para se adequar às normas internacionais e facilitar a comunicação entre países.

A nova norma, trouxe outras alterações, como:

- Adição de novas classes de perigo, como explosivos dessensibilizados;
- Alteração dos critérios de classificação dos produtos químicos;
- Inclusão de novas frases de perigo e de precaução;
- Atualização das regras para rotulagem de pequenas embalagens.

4.6.2 Geração e gestão de resíduos

O setor da construção civil tem avançado significativamente na busca por soluções sustentáveis, promovendo uma indústria mais responsável. Esse processo envolve a conciliação entre crescimento econômico, inclusão social e preservação dos recursos naturais, garantindo um impacto ambiental reduzido e maior eficiência na utilização de insumos.

A entrada em vigor da Resolução nº 307/2002 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, juntamente com suas atualizações (Resolução CONAMA nº 348/2004, Resolução CONAMA nº 431/2011 e Resolução CONAMA nº 448/2012), além das Políticas Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos, reforçou a responsabilidade compartilhada em toda a cadeia produtiva da construção civil. Essas regulamentações estabeleceram diretrizes para o gerenciamento adequado dos resíduos gerados em obras, abrangendo fabricantes de produtos, revendedores, aplicadores e construtoras (IBI, 2013).

A impermeabilização gera uma quantidade significativa de resíduos, tanto durante a aplicação quanto na fase de manutenção ou demolição das estruturas. Esses resíduos podem incluir: materiais vencidos, aparas, solventes, materiais contaminados, instrumentos e ferramentas de aplicação não passíveis de reaproveitamento, embalagens e sobras de produtos. A falta de um sistema eficiente de gestão de resíduos pode levar à contaminação do solo e de corpos hídricos, além de representar um risco à saúde pública (IBI, 2013).

Um dos principais desafios da construção civil é a busca por materiais e técnicas que reduzam a geração de resíduos, promovendo a reciclagem e a reutilização. Esse é um aspecto que merece atenção não apenas dos profissionais do setor, mas também dos acadêmicos, que

desempenham um papel fundamental na evolução das práticas sustentáveis e no futuro da profissão.

A falta de um gerenciamento eficiente de insumos leva muitos construtores a adquirirem quantidades excessivas de materiais, resultando em estoques acumulados para obras futuras. Além disso, é comum a compra de produtos em promoção, muitas vezes com prazo de validade próximo do vencimento, o que pode gerar desperdícios e aumentar o impacto ambiental.

Essa realidade também se aplica aos impermeabilizantes, exigindo boas práticas de gestão para evitar perdas e destinações inadequadas. Segundo o IBI (2013), alguns métodos podem ser utilizados para a redução da geração de resíduos no manuseio e na aplicação de produtos no canteiro de obra, como:

- Promover armazenamento adequado dos produtos, seguindo a orientação do fabricante (forma e local, empilhamento máximo, condições de segurança, entre outros);
- Ter cuidados no transporte do material;
- Utilizar corretamente dos produtos, mantendo as embalagens fechadas e adequadamente acondicionadas;
- Aproveitar todo o conteúdo das embalagens, evitando sobras;
- Transportar somente o volume de material suficiente para a aplicação imediata;
- Prever o reaproveitamento de materiais e ferramentas durante a execução do serviço;
- Segregar o resíduo e destiná-lo para local adequado logo após a utilização do produto, evitando a mistura com resíduos de outras classificações.

Exemplos práticos:

- a) No caso das mantas, o aplicador deve elaborar o plano de execução de aplicação de forma a minimizar o número de recortes e promover o aproveitamento das sobras de produto;
- b) As sobras podem ser utilizadas em reforços e transpasses de tubos emergentes, ralos, fixações de equipamentos e rodapés.

Quando um responsável técnico se depara com um produto vencido, algumas alternativas podem ser adotadas: solicitar ao fabricante a revalidação do produto, mediante análise técnica e emissão de um documento comprobatório; verificar com o fabricante a possibilidade de reprocessamento ou reaproveitamento do material; e, por fim, realizar a

destinação correta dos resíduos, seguindo sua classificação ambiental e as normativas vigentes (IBI, 2013).

A Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, estabelece a classificação dos resíduos da construção e demolição, as possíveis formas de destinação além de atribuir responsabilidades para os geradores e demais envolvidos no seu gerenciamento. Em seu artigo 3º trata sobre a classificação dos resíduos da construção civil, sendo classificados em:

- **Classe A** - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- **Classe B** - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).
- **Classe C** - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (Redação dada pela Resolução nº 431/11).
- **Classe D** - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (Redação dada pela Resolução nº 348/04).
- § 1º No âmbito dessa resolução consideram-se embalagens vazias de tintas imobiliárias, aquelas cujo recipiente apresenta apenas filme seco de tinta em seu revestimento interno, sem acúmulo de resíduo de tinta líquida. (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).
- § 2º As embalagens de tintas usadas na construção civil serão submetidas a sistema de logística reversa, conforme requisitos da Lei nº 12.305/2010, que contemple a destinação ambientalmente adequados dos resíduos de tintas presentes nas embalagens. (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).

Observando os conceitos da Resolução 307, os resíduos gerados pela impermeabilização podem ser classificados nas classes B, C ou D. No entanto, para o gerenciamento adequado desses resíduos, pode ser necessária uma classificação adicional baseada na norma ABNT NBR 10004/2004, que categoriza os resíduos sólidos em Classe I e Classe II:

- **Classe I** – Perigosos: Resíduos que apresentam riscos de contaminação ambiental, exigindo um gerenciamento rigoroso para evitar danos ao meio ambiente e à saúde humana.
- **Classe II** – Não Perigosos: Divididos em duas subclasses:
 - Classe II A – Não inertes: Resíduos que, embora não sejam classificados como perigosos, possuem propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, podendo impactar o meio ambiente.
 - Classe II B – Inertes: Resíduos que não apresentam constituintes solubilizados em água destilada ou deionizada, em temperatura ambiente, que alterem a potabilidade da água. A classificação é realizada com base em amostragens e ensaios conforme as normas ABNT NBR 10007 e NBR 10006.

Para facilitar a segregação correta dos resíduos nos canteiros de obras, o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI) selecionou os principais produtos impermeabilizantes utilizados no setor e os submeteu a testes de caracterização, conforme a norma ABNT NBR 10004/2004, em laboratório acreditado pelo Inmetro.

Os resultados obtidos demonstraram que, entre os produtos analisados, apenas a Solução Asfáltica foi classificada como um resíduo perigoso (Classe I), enquanto os demais produtos foram considerados não perigosos (Classe II). Esses resultados estão detalhados na Tabela 1, evidenciando a importância de testes laboratoriais para garantir o correto manejo e destinação dos resíduos no setor da construção civil.

Tabela 1 – Classificação dos Produtos (Pré-aplicação).

Item	Produtos/Amostra	Classificação NBR 10004
1	Manta Asfáltica	Classe II A
2	Asfalto Modificado/Oxidado para impermeabilização	Classe II A
3	Solução Asfáltica	Classe I
4	Emulsão Asfáltica	Classe II
5	Emulsão Acrílica	Classe II

Item	Produtos/Amostra	Classificação NBR 10004
6	Argamassa Componente A (Sólido)	Classe II A
7	Argamassa Componente B (Líquido)	Classe II
8	Argamassa Mistura A+B	Classe II A
9	Poliuretano Componente A (Líquido)	Classe II
10	Poliuretano Componente B (Líquido)	Classe II
11	Poliuretano Mistura A+B (pastoso)	Classe II A
12	Epóxi Componente A	Classe II
13	Epóxi Componente B (pastoso)	Classe II A
14	Epóxi Mistura A+B (pastoso)	Classe II A

Fonte: (IBI, 2013)

4.6.3 Sustentabilidade

A sustentabilidade na construção civil tem ganhado cada vez mais relevância, impulsionando o desenvolvimento de produtos e embalagens que minimizem os impactos ambientais. Mais do que fornecer soluções eficientes, as empresas do setor têm a responsabilidade de oferecer alternativas ecologicamente viáveis, abrangendo desde a produção até o descarte dos materiais utilizados.

Um exemplo notável dessa tendência é a Quartzolit, que, em matéria publicada em 22 de janeiro de 2024, anunciou-se como a primeira marca no Brasil a oferecer uma linha completa de impermeabilizantes com embalagens sustentáveis (QUARTZOLIT, 2024). A iniciativa reflete um movimento global para a redução do uso de plásticos virgens e o incentivo à reciclagem.

As novas embalagens da empresa são fabricadas com plástico reciclado pós-consumo, contribuindo para a redução da extração de recursos naturais e minimizando o descarte inadequado de resíduos plásticos em aterros sanitários. Além disso, a empresa afirma que as embalagens sustentáveis mantêm a mesma qualidade e resistência das convencionais, assegurando a integridade dos produtos durante o transporte e armazenamento (QUARTZOLIT, 2024).

Dentre as empresas que têm investido em tecnologia para o desenvolvimento de produtos sustentáveis, pode-se destacar:

- **Viapol**

A Viapol, uma das líderes do mercado de impermeabilização no Brasil, tem adotado práticas inovadoras para reduzir o impacto ambiental de seus produtos. Um dos principais

avanços da empresa, na área sustentável, foi o desenvolvimento do Vitpoli Eco, uma membrana elastomérica à base de poliuretano, isenta de solventes e com baixo teor de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs). Essas características tornam o produto menos agressivo ao meio ambiente e à saúde dos aplicadores (VIAPOL, 2025).

O Vitpoli Eco é um produto bicomponente, resultando em uma membrana flexível e resistente à radiação ultravioleta (UV) e ao vapor d'água. Além disso, não altera a potabilidade da água, o que o torna ideal para aplicações em estações de tratamento de esgoto (ETE) e tanques de efluentes industriais em concreto, sejam eles elevados ou apoiados no solo (VIAPOL, 2025).

- **Moshe**

Em seu site a empresa relata que trabalha em seu produto a mais moderna tecnologia para impermeabilização e também um produto 100% sustentável, além de possuir certificação HBC de sustentabilidade. O Healthy Building Certificate (HBC), também conhecido como Selo Casa Saudável, é uma certificação que avalia a saúde e o bem-estar dos usuários de espaços e construções (MOSHE, 2025).

O Moshe 3000, produto desenvolvido pela empresa, é uma mistura de concreto patenteada, feita a partir de minerais inertes que não prejudicam os seres humanos ou o meio ambiente. Um produto reciclável e atóxico que reduz os compostos orgânicos voláteis enquanto minimiza impactos locais. O produto possui a certificação HBC de Sustentabilidade (MOSHE, 2025).

- **Fibersals**

A Fibersals desenvolveu um sistema de impermeabilização inovador (com a utilização de silicone) que pode ser aplicado diretamente sobre o piso existente, eliminando a necessidade de demolições e a consequente geração de entulho. Essa tecnologia reduz significativamente o impacto ambiental, além de promover a sustentabilidade nas obras, ao evitar o desperdício de materiais e reduzir os custos operacionais (FIBERSALS, s.d.).

Essa busca por produtos e métodos mais sustentáveis está alinhada com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, que incentiva a redução de resíduos, a logística reversa e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010). A evolução do setor da construção civil para práticas mais ecológicas demonstra o compromisso crescente das empresas com a preservação ambiental e a sustentabilidade no longo prazo.

4.7 Tendências emergentes

4.7.1 Estudo de caso: Nanotecnologia

A nanotecnologia é uma tendência emergente na construção civil, impulsionando o desenvolvimento de materiais inovadores com alto desempenho. Entre suas aplicações mais promissoras, destaca-se o uso dessa tecnologia em tintas anticorrosivas, que oferecem propriedades avançadas na proteção de superfícies metálicas.

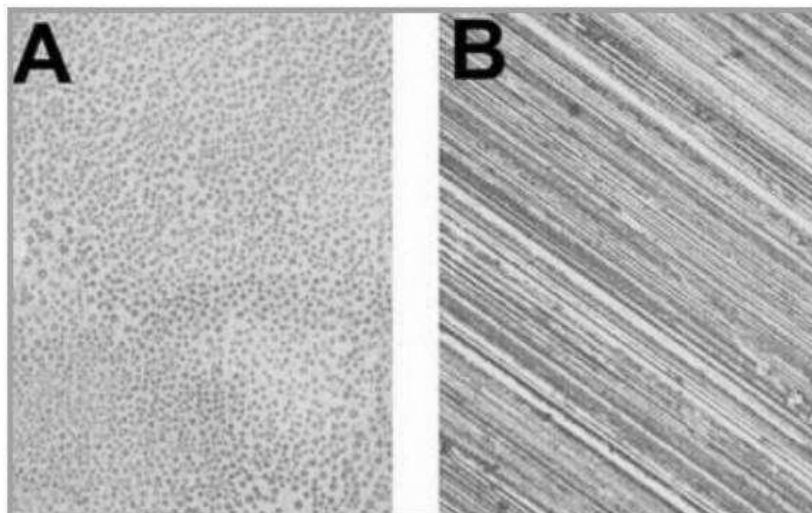
As tintas anticorrosivas de revestimentos poliméricos desempenham um papel crucial na construção e na indústria, atuando como uma barreira física entre o metal e os agentes corrosivos. Esse mecanismo de proteção se assemelha ao dos impermeabilizantes, cuja função principal é impedir a infiltração de água e umidade, evitando a degradação estrutural. Diante disso, a incorporação da nanotecnologia em produtos impermeabilizantes representa uma inovação promissora, que pode ampliar a durabilidade das estruturas e reduzir custos com manutenção.

Com base nessa perspectiva, o estudo de caso proposto será conduzido com tintas anticorrosivas dotadas de propriedades de autorreparação, utilizando microcápsulas com inibidores de corrosão. Nesse processo, as microcápsulas são incorporadas a um primer e aplicadas sobre superfícies metálicas. Quando o revestimento sofre danos por ação química, física ou exposição à radiação UV, as cápsulas se rompem, liberando o agente protetor, que restaurando a integridade da proteção e prolongando a vida útil das superfícies tratadas (COTTING e AOKI, 2015).

Cotting e Aoki (2015) em seu projeto de pesquisa buscaram desenvolver microcápsulas poliméricas contendo inibidores de corrosão em seu núcleo para o efeito de autorreparação em uma resina epóxi. O aditivo escolhido foi o octilsilanol aditivado com íons de Ce^{3+} . Para a validação do método foram utilizados ensaios eletroquímicos (espectroscopia de impedância eletroquímica) e ensaios acelerados em câmara de névoa salina.

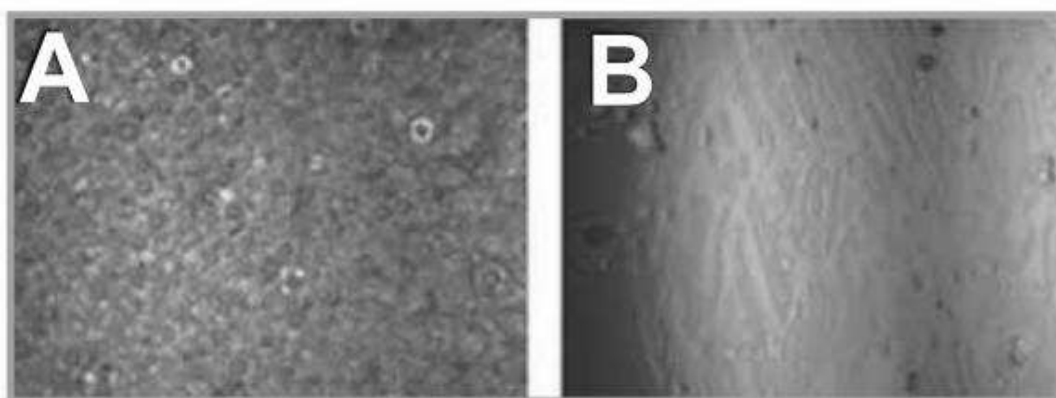
Estas microcápsulas foram adicionadas em uma resina à base epóxi tipo clear (sem carga mineral ou pigmentos) na proporção de 30% em massa em base úmida, como pode ser observado na Figura 15.

Figura 15 – Imagens obtidas através da microscopia ótica com a objetiva de 20x, das amostras de aço-carbono revestido com resina epóxi A) com aditivação de 30% de microcápsulas e B) sem a aditivação.



Fonte: Cotting e Aoki (2015).

Figura 16 – Imagens obtidas através do microscópio óptico. A) cápsulas antes de serem pressionadas com aumento de 10x e B) após serem pressionadas (imagem com objetiva de aumento de 50x).



Fonte: Cotting e Aoki (2015).

A amostra foi submetida a um teste físico para avaliar o encapsulamento das microcápsulas, no qual estas foram depositadas sobre uma lâmina de vidro e pressionadas com o auxílio de uma espátula. Como demonstrado na Figura 16, após serem pressionadas, as microcápsulas liberaram um material líquido sobre a lâmina (Figura 16B), confirmando o sucesso do encapsulamento. Esse resultado indica que o inibidor de corrosão (silanol + íons Ce^{3+}) foi devidamente encapsulado pelo método empregado, garantindo sua liberação controlada em condições adequadas.

Os resultados dos testes mostraram que, quando a resina aditivada com microcápsulas sofria danos mecânicos, os inibidores de corrosão eram liberados, reduzindo significativamente a taxa de corrosão do aço-carbono. Em comparação com a resina sem microcápsulas, o sistema aditivado apresentou uma proteção prolongada e uma menor formação de bolhas e produtos de corrosão, especialmente em áreas danificadas.

Além disso, os ensaios em câmara de névoa salina confirmaram que a resina com microcápsulas teve um desempenho superior, com menor migração subcutânea de agentes agressivos e menor destacamento do revestimento. O estudo demonstrou que a técnica é uma solução viável e eficaz para revestimentos autorreparáveis. Essa abordagem não apenas aumenta a durabilidade dos revestimentos, mas também reduz a necessidade de manutenção e reparos frequentes, o que pode levar a uma redução de custos e a um menor impacto ambiental.

4.7.2 Estudo de caso: Produtos fotocatalíticos

Outra técnica inovadora que também pode ser utilizada no impermeabilizantes são os revestimentos fotocatalíticos, que se destacam pela sua capacidade de degradar compostos orgânicos presentes na superfície das construções, devido à ação da luz solar, um fenômeno conhecido como fotocatalise. Essa característica foi comprovada por meio de testes de laboratório que demonstraram a degradação de poluentes atmosféricos e o efeito autolimpante em superfícies tratadas.

Além disso, essa técnica pode ser empregada junto a impermeabilização, proporcionando benefícios adicionais, reduzindo a necessidade de manutenção, redução de microrganismos e fungos, resultando em ambientes mais saudáveis.

Atualmente são empregados semicondutores destinados ao processo de fotocatalise, o mais utilizado é o dióxido de titânio (TiO_2), que atua como catalisador na degradação de poluentes orgânicos e na autolimpeza das superfícies.

O estudo desenvolvido por Resende e Faria (2022) investiga a aplicação do dióxido de titânio (TiO_2) em concreto usinado, visando conferir propriedades fotocatalíticas e autolimpantes ao material. A pesquisa parte da necessidade de reduzir os custos com manutenção de fachadas expostas ao intemperismo, poluição e outros agentes de degradação, promovendo uma solução sustentável e de baixa manutenção para edificações urbanas.

O principal objetivo do estudo foi avaliar o desempenho do concreto aditivado com TiO_2 na redução do acúmulo de sujeira e na preservação estética das superfícies. Para isso, foram preparadas amostras de concreto usinado com cimento Portland CP III, adicionando diferentes teores de dióxido de titânio (0%, 5%, 10%, 15% e 20%). Como resultado, os ensaios

demonstraram que a adição de TiO_2 conferiu propriedades autolimpantes ao concreto, acelerando a degradação das manchas ao longo do tempo. Os principais achados incluem:

- Autolimpeza eficiente: Todas as amostras manchadas com Rhodamina B e lodo de cinzas foram totalmente limpas após 3 dias de exposição ao clima urbano, independentemente do teor de TiO_2 ;
- Resistência mecânica variável: Os valores de resistência à compressão não aumentaram de forma linear com o aumento do teor de TiO_2 , mas houve um ganho significativo nas misturas com 5% e 15% do aditivo;
- Absorção de água: A permeabilidade do concreto variou conforme a dosagem de TiO_2 , sendo maior nas amostras com 10% do aditivo;
- Boa interação pasta-agregado: A análise por microscopia eletrônica indicou baixa incidência de fissuras e boa aderência entre o agregado e a argamassa, sugerindo que a incorporação do TiO_2 não comprometeu a coesão da mistura.

A pesquisa demonstra que a adição de TiO_2 ao concreto resulta em superfícies autolimpantes e resistentes, reforçando o potencial desse material na construção civil. Esses benefícios associados à autolimpeza e à preservação estética tornam essa tecnologia uma alternativa viável para fachadas e superfícies expostas ao intemperismo.

4.8 Proposta de desenvolvimento de novo produto

A evolução das tecnologias de proteção e durabilidade das edificações tem impulsionado o desenvolvimento de novos materiais capazes de atender às demandas da construção civil de forma mais eficiente e sustentável. Entre essas inovações pode-se destacar os revestimentos poliméricos com capacidade de autorreparação e os produtos fotocatalíticos autolimpantes, tecnologias que vêm sendo amplamente estudadas por seu potencial de aumentar a vida útil das superfícies, reduzindo custos com manutenção e impactos ambientais.

Diante desse cenário, este estudo propõe a criação de um impermeabilizante inovador, aditivado com micropartículas de um agente impermeabilizante e um semicondutor fotocatalítico, combinando, em um único produto, três funções essenciais para a conservação de estruturas: impermeabilização, autorregeneração e autolimpeza.

Caso a formulação desse novo material tenha êxito e seja economicamente viável, vai superar as limitações dos sistemas convencionais de impermeabilização, proporcionando um

revestimento mais resistente, eficiente e sustentável. Além disso, a aplicação desse tipo de tecnologia pode ser ampliada para diversos setores, como a indústria automotiva.

O uso de tecnologias inteligentes na construção civil não é apenas uma tendência, mas uma necessidade para garantir estruturas mais duráveis, econômicas e ambientalmente responsáveis. Com base nos estudos realizados, a viabilidade dessa tecnologia deve ser explorada em ensaios laboratoriais e aplicações em campo, validando seu desempenho e potencializando sua implementação no mercado da construção civil. Ficando como sugestão para trabalhos futuros, buscando reforçar o compromisso com a inovação e o desenvolvimento de soluções inteligentes, alinhadas às novas exigências de eficiência, sustentabilidade e durabilidade das construções.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho ressaltou a importância da impermeabilização na construção civil, evidenciando desafios como a degradação estrutural, o uso de materiais nocivos, como o alcatrão de hulha, e a necessidade de soluções mais eficientes e sustentáveis.

Foram analisadas tendências emergentes, como nanotecnologia e revestimentos fotocatalíticos, que conferem autorreparação e autolimpeza aos materiais, reduzindo custos de manutenção e prolongando a vida útil das edificações.

Diante dessas inovações, propôs-se um estudo para o desenvolvimento de um impermeabilizante avançado, combinando materiais poliméricos autorregenerativos e semicondutores fotocatalíticos, visando maior durabilidade, eficiência e sustentabilidade. Dessa forma, torna-se essencial que novas pesquisas e regulamentações avancem no sentido de incentivar soluções inovadoras e ambientalmente responsáveis para a impermeabilização na construção civil. A adoção dessas novas tecnologias pode representar um avanço significativo na redução de impactos ambientais e na melhoria da durabilidade das edificações.

Com base no levantamento realizado durante este Trabalho de Conclusão de Curso, será desenvolvido um artigo científico intitulado: "**Impactos ambientais e riscos à saúde do uso de alcatrão de hulha na construção civil: alternativas sustentáveis para impermeabilização**". O estudo buscará aprofundar a análise dos efeitos nocivos desse material, explorando soluções inovadoras e ambientalmente responsáveis para sua substituição no setor da construção civil.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos** – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755: Revestimentos cerâmicos e paredes externas com utilização de argamassa de fachadas colante**. Rio de Janeiro, p. 24. 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574: Execução de Impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Impermeabilização: Seleção e Projeto**. Rio de Janeiro, 2010.

ABRACO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A CONSERVAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES. **N-2851: Patologias em Fachadas de Edifícios**. Disponível em: <https://abraco.org.br/src/uploads/2020/07/N-2851.pdf>. Acesso em: 24/01/2025.

ALVES, J. C. de C.; CARVALHO, L. G. de S. e. Corrosão: Estudo de caso sobre ruptura do concreto. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 10, Vol. 04, pp. 16-28. 2019.

BEMATINTAS. **Principais defeitos de pintura**. Disponível em: <https://bematintas.com.br/principais-defeitos-de-pintura/>. Acesso em: 26/01/2025.

BERNARDES, M. de S.; SILVA, T. F. P. da; GAMEZ, D. S.; GONÇALVES, P. de CASSIA. Processos de impermeabilização: estudo de caso residencial. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.8, n.10, p. 66191-66214. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 29/01/2025.

BRASIL. **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2002.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia do concreto armado**: Tradução de Maria Celeste Marcondes, Carlos W. F. dos Santos, Beatriz Cannabrava. São Paulo: Pini, 1988. 522 p.

CEC. **Bolhas na pintura: saiba como eliminar**. Disponível em: <https://www.cec.com.br/blog/bolhas-na-pintura-saiba-como-eliminar?postId=470>. Acesso em: 25/01/2025.

COTTING, Fernando; AOKI, Idalina Vieira. Autorreparação em resina contendo microcápsulas com inibidores de corrosão. **Corrosão e Proteção**, n. 56, 2015. Disponível em: <https://abraco.org.br/src/uploads/2015/04/Revista-corrosao-e-protecao-56.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2025.

CRUZ, J. H. P. **Manifestações patológicas de impermeabilização com uso de sistema não aderido com mantas asfálticas: avaliação com auxílio de sistema multimídia**. 2003. 168f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2003.

FERNANDES, Paulo Henrique Campos. **Estudo sobre a influência do massará no processo de formação de salitre em rebocos na região de Teresina - PI**. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Processamento de Materiais a partir do Pó; Polímeros e Compósitos; Processamento de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

FERREIRA, C. C.; BERGMANN, C. P. Formação da eflorescência em cerâmica vermelha: fatores de influência no transporte dos íons SO_4^{2-} e Ca^{2+} . **Cerâmica**, v. 57, p. 356-363, 2011.

FIBERSALS. **Impermeabilização e sustentabilidade**. FIBERSALS [s.d.]. Disponível em: <https://fibersals.com.br/blog/impermeabilizacao-e-sustentabilidade/>. Acesso em: 27/01/2025.

FRANÇA, F. O. **Uso de metacaulinita em argamassa de revestimento para combate de patologias relacionadas ao excesso de umidade em alvenarias de vedação**. 2018. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Instituto Federal de educação, Ciência e tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

GOMES, Daniel Braz Pereira. **Impermeabilização: patologias mais comuns em construções residenciais na cidade de Ariquemes-RO**. 2020. 56f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, Rondônia, 2020. GUERRA, F. L.; Eduardo G. da C.; Antônio C. S. B. da S.; Stífany K. Análise das condições favoráveis à formação de bolor em edificação histórica de Pelotas, RS, Brasil. **Ambiente Construído**, v. 12, p. 7-23, 2012.

HYDRONORTH. **Como reparar descascamento?**. Disponível em: <https://www.hydronorth.com.br/hydroresolve/como-reparar-descascamento/>. Acesso em: 26/01/2025.

IARC. **Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. International Agency for Research on Cancer, 2012.

IBI – INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO. **Manual de gerenciamento de materiais e resíduos de impermeabilização**. São Paulo: IBI, 2013. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1tttdn10dn04jsu2fbpqbwec8cu7ozswz/view?pli=1>. Acesso em: 23/11/2024.

MARQUES, Francisco Pedro Ferreira Maria. **Tecnologias de aplicação de pinturas e patologias em paredes de alvenaria e elementos de betão**. 2013. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013.

MATTEVI, Bruno. **Sistemas de impermeabilização – importância, seleção e métodos executivos**. 2021. 74f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

MOSHE. **Sustentabilidade**. Disponível em: <https://moshe3000.com/sustentabilidade>. Acesso em: 15/01/2025.

MOTTA, Eduardo Correa Valpassos; VAQUEIRO, José Guilherme de Almeida. **Familiarização com ensaios de desempenho de tintas: um breve comparativo entre as tintas alcatrão de hulha e tar free**. 2009. 62 f. Projeto de Graduação (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Vitória, 2009.

NEVILLE, A. M., BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

OMS – Organização Mundial de Saúde. **WHO Guidelines for indoor Air Quality: Dampness and Mould**. Copenhagen: OMS. 248p. 2009.

PETROBRAS. **N-2851: Tinta Epóxi Modificada Isenta de Alcatrão de Hulha**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://abraco.org.br/src/uploads/2020/07/N-2851.pdf>. Acesso em: 26/01/2025.

POLITO, Giulliano. **Principais Sistemas de Pinturas e suas Patologias**. Apostila. Faculdade de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

Disponível em:

https://www.academia.edu/39366684/Universidade_Federal_de_Minas_Gerais_Principais_Sistemas_de_Pinturas_e_suas_Patologias. Acesso em: 26/01/2025.

SALGADO, Júlio Cesar Pereira. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. 3.ed. São Paulo: Érica, 2014.

SCHREIBER, Patrícia Antônia de Abreu. **Impermeabilização de lajes de cobertura: caracterização, execução e patologias**. 2012. 67f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2012.

SIKA. **Soluções sustentáveis** – Sika Brasil [s.d.]. Disponível em:

<https://bra.sika.com/pt/institucional/sustentabilidade/solucoes-sustentaveis.html>. Acesso em: 29/01/2025.

SILVA, João Pedro Ribeiro. **Análise e identificação de anomalias em revestimentos de reboco de um conjunto de edifícios na cidade de Uberlândia, e proposição de novas argamassas com vista à sua recuperação**. 2018. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

SOARES, Felipe Flores. **A importância do Projeto de Impermeabilização em Obras de Construção Civil**. 2014. 120f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica – UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.

SOUZA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 2ª ed. rev. e ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2020, 233p.

VASCONCELOS, PAULO H. **Correlação entre as propriedades mecânicas de materiais impermeabilizantes a base de elastômeros de poliuréia e poliuretano com o desempenho do sistema aplicado em lajes estruturais**. 2015. 180f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil), Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

VEDACIT. **Vedacit Tinta de Alcatrão Impermeável**. Vedacit, [s.d.]. Disponível em:

<https://vedacit.com.br/para-voce/produtos-e-solucoes/produtos/vedacit-tinta-de-alcatrao-impermeavel>. Acesso em: 25/01/2025.

VIAPOL. **Vitpoli Eco**. Disponível em: <https://www.viapol.com.br/produtos/impermeabilizacao/membrana-liquida-manta-liquida/vitpoli-eco/>. Acesso em: 29/01/2025.

VIVA DECORA. **Eflorescência: o que é, como evitar e tratar**. Disponível em: <https://arquitetura.vivadecora.com.br/eflorescencia>. Acesso em: 26/01/2025.

ZAPI. **Sintomas de umidade na alvenaria**. Disponível em: <https://drzapi.com.br/sintomas-de-umidade-na-alvenaria>. Acesso em: 26/01/2025.