

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS
CAMPUS MANAUS CENTRO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFRAESTRUTURA**

GLENDDA FEITOSA FEIJÃO

**IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJES: UMA COMPARAÇÃO ENTRE O USO DE
MANTA ASFÁLTICA E BORRACHA LÍQUIDA**

MANAUS

2024

GLENDDA FEITOSA FEIJÃO

**IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJES: UMA COMPARAÇÃO ENTRE O USO DE
MANTA ASFÁLTICA E BORRACHA LÍQUIDA**

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

Orientador(a): Prof. Dr. Laerte Melo de Barros

MANAUS

2024

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

F297i Feijão, Glendda Feitosa.

Impermeabilização de lajes: uma comparação entre o uso de manta asfáltica e borracha líquida / Glendda Feitosa Feijão. – Manaus, 2025.

53 p. : il. color.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Laerte Melo de Barros.

1. Engenharia civil. 2. Construção civil. 3. Impermeabilização. 4. manta asfáltica. I. Barros, Laerte Melo de. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 625

GLENDDA FEITOSA FEIJÃO

**IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJES: UMA COMPARAÇÃO ENTRE O USO DE
MANTA ASFÁLTICA E BORRACHA LÍQUIDA**

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

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 28/01/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Dr. Laerte Melo de Barros – IFAM
Orientador

Prof.º Ms. Fábio Martins da Silva – IFAM
Membro

Prof.º Ms. Francisco José Rodrigues Fernandes – IFAM
Membro

Dedico este trabalho à minha mãe,
Maria Auxiliadora Feitosa, por ter acreditado
em mim mais do que qualquer outra pessoa.

AGRADECIMENTOS

Todas as dificuldades, desafios e incertezas enfrentados ao longo desses cinco anos se transformam agora na mais profunda gratidão que carrego em meu coração.

Agradeço, primeiramente, à toda equipe do IFAM, que, com determinação e resiliência, conseguiu se reinventar e dar continuidade às aulas mesmo em meio à adversidade de uma pandemia global.

Meu sincero reconhecimento vai também aos meus colegas de curso, que compartilharam comigo momentos de companheirismo, apoio e colaboração, tornando a jornada muito mais leve e enriquecedora.

Sou profundamente grata à equipe da Montagem do Motor, especialmente a Mauro Kawano, Lucélia Paiva e Joabe Maia, por sua compreensão e apoio às demandas da minha graduação. Vocês foram pilares importantes no equilíbrio dessa etapa da minha vida.

À equipe de Infraestrutura da Moto Honda, registro meu mais caloroso agradecimento pelo acolhimento e pelos valiosos ensinamentos durante os seis meses de estágio. Em especial, ao Engenheiro Armando Filho, cuja orientação foi essencial.

Por fim, à minha família e aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado com palavras de incentivo, gestos de carinho e o suporte necessário para que eu seguisse em frente: meu coração transborda gratidão por vocês. Vocês foram minha fortaleza e a razão de muitos sorrisos nos dias mais desafiadores. Obrigada por tudo!

“Nada na vida deve ser temido, apenas compreendido. Agora é hora de compreender mais, para temer menos.”

Marie Curie

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise comparativa entre dois métodos amplamente utilizados para a impermeabilização de lajes: a manta asfáltica e a borracha líquida. A pesquisa avaliou critérios como facilidade de aplicação, durabilidade, custo e impacto ambiental, considerando um cenário realista de aplicação em uma área de 263,07 m². Os resultados indicaram que a borracha líquida oferece maior praticidade e economia, sendo aproximadamente 32% mais barata do que a manta asfáltica. No entanto, a manta asfáltica apresentou maior durabilidade, estimada entre 15 e 20 anos, contra 10 a 15 anos da borracha líquida. Em relação ao impacto ambiental, ambos os materiais apresentam desafios, como baixa biodegradabilidade e riscos associados ao descarte inadequado, sendo necessária a adoção de práticas responsáveis para mitigar os efeitos negativos. Este estudo contribui para decisões mais conscientes no setor da construção civil, destacando os benefícios e limitações de cada material para diferentes contextos de projeto.

Palavras-chave: Impermeabilização, manta asfáltica, borracha líquida, construção civil.

ABSTRACT

This study presents a comparative analysis of two widely used methods for waterproofing slabs: asphalt membranes and liquid rubber. The research evaluated criteria such as ease of application, durability, cost, and environmental impact, considering a realistic scenario involving a 263.07 m² area. The results showed that liquid rubber offers greater practicality and cost-effectiveness, being approximately 32% cheaper than asphalt membranes. However, asphalt membranes exhibited greater durability, estimated between 15 and 20 years, compared to 10 to 15 years for liquid rubber. Regarding environmental impact, both materials present challenges, such as low biodegradability and risks associated with improper disposal, requiring responsible practices to mitigate negative effects. This study contributes to more informed decisions in the construction sector, highlighting the benefits and limitations of each material for different project contexts.

Keywords: Waterproofing, asphalt membranes, liquid rubber, construction sector.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: EXEMPLO DE INFILTRAÇÃO – VISTA A	18
FIGURA 2: EXEMPLO DE INFILTRAÇÃO – VISTA B	18
FIGURA 3: PROBLEMAS CONSTRUTIVOS MAIS RECORRENTES.....	19
FIGURA 4: FORMAS DE AÇÃO DA UMIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	21
FIGURA 5: BOLORES E EFLORESCÊNCIAS	25
FIGURA 6: UMIDADE ACIDENTAL	27
FIGURA 7: IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJE UTILIZANDO MANTA ASFÁLTICA	33
FIGURA 8: PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE	34
FIGURA 9: APLICAÇÃO DO PRIMER	35
FIGURA 10: APLICAÇÃO DA MANTA COM MAÇARICO	35
FIGURA 11: TESTE DE ESTANQUEIDADE	36
FIGURA 12: APLICAÇÃO DA MANTA LÍQUIDA EM LAJE	39
FIGURA 13: PLANTA BAIXA USADA NA AVALIAÇÃO DE CUSTO.....	40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – SIMULAÇÃO DE ORÇAMENTO USANDO MANTA ASFÁLTICA.....	44
TABELA 2 – SIMULAÇÃO DE ORÇAMENTO USANDO BORRACHA LÍQUIDA.....	45
TABELA 3 – QUADRO GERAL DE COMPARAÇÃO.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CGU	Controladoria-Geral da União
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FISPQ	Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico
MCMV	Minha Casa Minha Vida
MEC	Ministério da Educação
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	IMPACTOS DA UMIDADE NA INTEGRIDADE ESTRUTURAL DAS CONSTRUÇÕES E NA SAÚDE DA POPULAÇÃO.....	22
3.2	PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS ASSOCIADAS A UMIDADE.....	23
3.3	A IMPERMEABILIZAÇÃO COMO MEDIDA PROTETIVA.....	27
3.4	MÉTODOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO: CLASSIFICAÇÃO E APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	29
3.5	AVALIAÇÃO DO CONCRETO EM LAJES ESTRUTURAIS.....	30
3.6	AVALIAÇÃO DA MANTA ASFÁLTICA COMO MATERIAL IMPERMEABILIZANTE:.....	32
3.7	AVALIAÇÃO DA BORRACHA LÍQUIDA COMO MATERIAL IMPERMEABILIZANTE:.....	36
4	METODOLOGIA	40
4.1	ABORDAGEM GERAL.....	40
4.2	MÉTODOS E FONTES UTILIZADAS.....	40
4.3	DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTOS.....	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1	FACILIDADE DE APLICAÇÃO.....	42
5.2	DURABILIDADE.....	43
5.3	CÁLCULO DE CUSTOS.....	44
5.3.1	Custo da Impermeabilização com Manta Asfáltica.....	44
5.3.2	Custo da Impermeabilização com Borracha Líquida.....	45
5.4	IMPACTO AMBIENTAL.....	46

5.4.1 Borracha Líquida	46
5.4.2 Manta Asfáltica	46
5.5 COMPARAÇÃO GERAL	47
6 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

Proteger construções contra os efeitos da água e da umidade tem sido uma preocupação constante. Civilizações antigas, como a egípcia, já utilizavam betume para resguardar monumentos como as pirâmides de Gizé, enquanto na Idade Média a cal era amplamente aplicada em estruturas como castelos. No Brasil colonial, materiais como alcatrão e piche eram empregados em portos e outras edificações. Com o avanço da ciência no século XX, especialmente durante o Ciclo da Borracha, novos materiais sintéticos começaram a ser desenvolvidos, marcando um salto significativo nas opções de impermeabilização.

Na construção civil contemporânea, a diversidade de soluções para impermeabilização reflete a evolução das tecnologias. A manta asfáltica, consolidada desde os anos 1970, é amplamente reconhecida pela resistência e durabilidade. Entretanto, materiais como a borracha líquida vêm ganhando espaço, especialmente em projetos que priorizam maior flexibilidade, facilidade de aplicação e menor impacto ambiental. O tratamento adequado de superfícies expostas às intempéries, como lajes, não apenas previne infiltrações, mas também protege a estrutura contra danos que podem comprometer a sua integridade ao longo do tempo.

A impermeabilização é regulamentada no Brasil pela NBR 9575 (ABNT, 2010), que define o processo como um conjunto de técnicas destinadas a proteger construções contra a ação de fluidos, vapores e umidade. Essas técnicas são fundamentais para preservar a segurança, a funcionalidade e a durabilidade das edificações, especialmente em um cenário de crescente demanda por soluções mais sustentáveis e eficientes. Nesse contexto, a análise criteriosa dos métodos disponíveis torna-se essencial para atender às exigências normativas e às necessidades do mercado.

Este trabalho tem como objetivo comparar dois métodos bastante utilizados na impermeabilização de lajes: a manta asfáltica e a borracha líquida. A manta asfáltica é amplamente empregada em obras de médio e grande porte e se destaca por sua popularidade adquirida ao longo de décadas. Já a borracha líquida representa uma alternativa mais recente, com características que prometem atender a demandas específicas, como maior adaptabilidade e menor agressão ao meio ambiente. A análise abordará aspectos como desempenho técnico, durabilidade, custo de investimento e impacto ambiental.

Avaliando esses critérios, o estudo pretende oferecer uma visão comparativa que auxilie a comunidade técnica na escolha mais pertinente entre os sistemas de impermeabilização. Espera-se, ainda, que os resultados possam contribuir para a tomada de

decisões mais embasadas no setor da construção civil, equilibrando as demandas práticas das obras com os desafios impostos pelas questões ambientais e econômicas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar e comparar a manta asfáltica e a borracha líquida como métodos de impermeabilização para lajes, com foco em eficiência, custo, durabilidade e impacto ambiental, buscando identificar as melhores práticas para garantir a integridade das construções.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- a) analisar a eficácia da manta asfáltica e da borracha líquida na prevenção de infiltrações, resistência às variações climáticas e facilidade de aplicação;
- b) comparar os custos de aquisição e aplicação, incluindo materiais, mão de obra especializada e ferramentas necessárias;
- c) avaliar a durabilidade e o desempenho de cada material, determinando a frequência de manutenção necessária para garantir a eficiência da impermeabilização ao longo do tempo;
- d) examinar o impacto ambiental dos métodos, considerando o ciclo de vida dos materiais, desde a produção até o descarte, e sua conformidade com regulamentações ambientais e práticas de sustentabilidade.

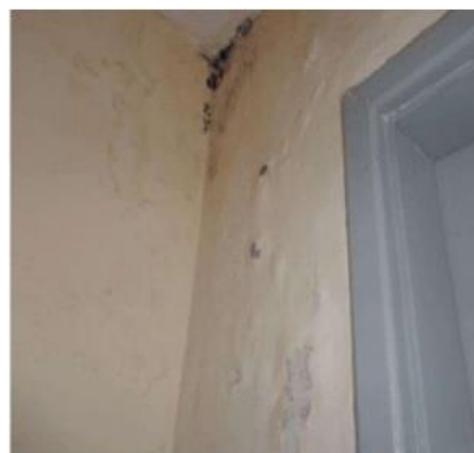
3 REFERENCIAL TEÓRICO

A Controladoria-Geral da União (CGU), órgão dedicado à transparência e integridade da administração pública brasileira, avaliou em 2017 1,4 mil residências de baixo e médio padrão entregues pelo programa Minha Casa Minha Vida. Os resultados revelaram que 56% dessas moradias apresentavam algum tipo de falha construtiva, tendo a infiltração como problema de maior ocorrência, presente em 47% das residências avaliadas, Figuras 1 A e B. Esse dado é particularmente preocupante, pois reforça a ideia de que as residências destinadas a pessoas de classe mais baixa apresentam maior quantidade de defeitos devido à falta de preocupação com a qualidade e segurança perante a necessidade de baixo custo nas operações (Lichtenstein, 1985).

FIGURA 1: EXEMPLO DE INFILTRAÇÃO – VISTA A



FIGURA 2: EXEMPLO DE INFILTRAÇÃO – VISTA B



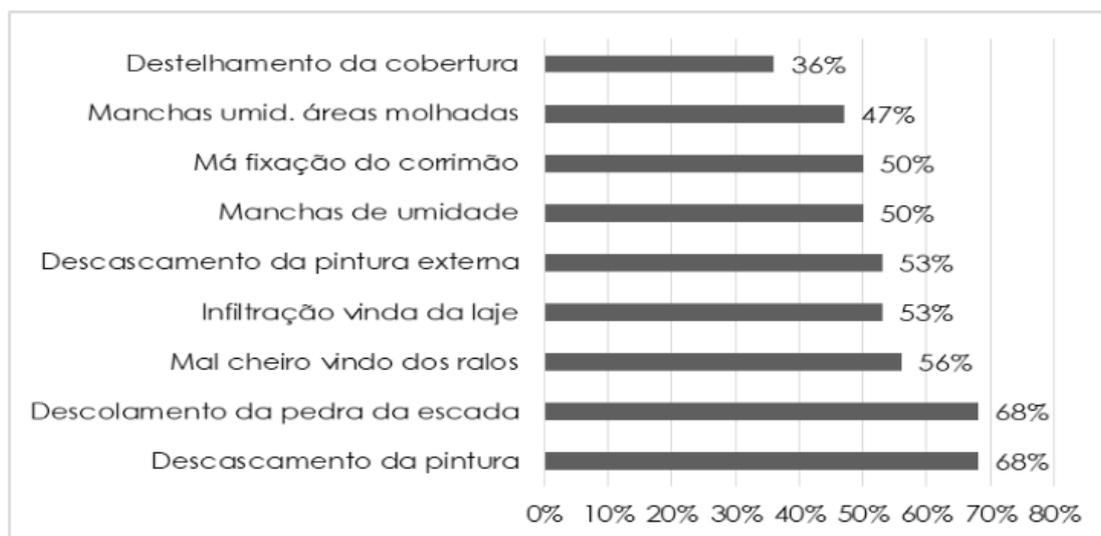
Fonte: Barbosa, 2014

Esse dado é particularmente alarmante, pois evidencia uma questão estrutural nas habitações destinadas às classes de menor poder aquisitivo. Como aponta Silva (2018), a busca por custos reduzidos nas operações do programa muitas vezes resulta na utilização de materiais de qualidade inferior e na falta de preocupação adequada com a fiscalização das etapas construtivas. Essa conjuntura compromete não apenas a durabilidade das residências, mas também a segurança e o bem-estar dos moradores.

A infiltração é um problema crônico que vai além da questão estética, sendo frequentemente associada a impactos na saúde dos residentes. De acordo com Pereira e Souza (2019), a presença de umidade constante em ambientes internos pode levar ao desenvolvimento de mofo e bolor, que são fatores de risco para doenças respiratórias, como asma e rinite alérgica,

A Figura 3 demonstra os principais problemas mais recorrentes nas edificações, tendo as manchas por umidade, infiltração vinda das lajes como um dos seus principais problemas. No âmbito social, tal situação acentua a vulnerabilidade das famílias de baixa renda, que já enfrentam desafios relacionados à precariedade da infraestrutura básica.

FIGURA 3: PROBLEMAS CONSTRUTIVOS MAIS RECORRENTES



Fonte: Adaptado de Relatório Final do Programa Extensionista PROEXT 2016 – MEC/SESu (2018) por Ferreira e Zambrano, 2019.

Outro aspecto a ser considerado é o impacto econômico das falhas construtivas. Segundo Almeida (2020), os custos associados à manutenção corretiva em moradias do MCMV são frequentemente arcados pelos próprios moradores, uma vez que as garantias oferecidas pelas construtoras nem sempre abrangem problemas que emergem após um determinado período. Essa realidade cria um ciclo de gastos não planejados, que pode comprometer ainda mais o orçamento familiar.

A relação entre qualidade construtiva e fiscalização também merece destaque. Conforme observado por Oliveira et al. (2021), as falhas de planejamento e a ausência de inspeções rigorosas durante as fases de execução do projeto são fatores determinantes para a ocorrência de infiltrações. Além disso, a falta de treinamento adequado dos trabalhadores envolvidos nas obras do MCMV é um aspecto frequentemente negligenciado, mas que possui impacto direto na qualidade do produto final.

Nesse contexto, é fundamental considerar soluções que promovam a melhoria dos processos construtivos e a garantia da qualidade nas obras do programa. Conforme argumenta

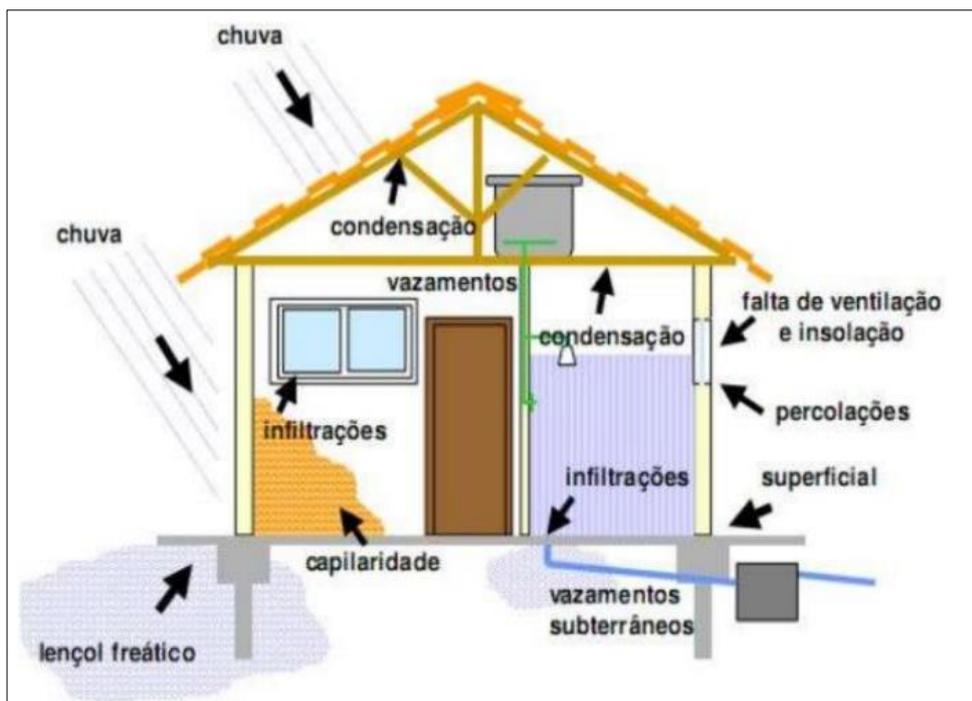
Santos (2022), a introdução de tecnologias inovadoras e sustentáveis na construção civil pode ser uma alternativa viável para aumentar a eficiência e reduzir os custos de manutenção. Entre essas tecnologias, destacam-se os sistemas de impermeabilização avançados, que poderiam prevenir problemas relacionados à infiltração desde o estágio inicial do projeto.

Ademais, a fiscalização mais rigorosa e a participação ativa de órgãos de controle, como a CGU, são indispensáveis para assegurar que os recursos públicos sejam utilizados de forma eficiente. Segundo um estudo de Carvalho (2023), programas habitacionais bem-sucedidos em outros países têm como característica comum a existência de um controle social efetivo e a transparência nas operações, elementos que podem ser adaptados à realidade brasileira.

Os problemas de infiltração e outras falhas construtivas nas moradias do programa Minha Casa Minha Vida são reflexos de um modelo que prioriza o baixo custo em detrimento da qualidade. Para reverter esse cenário, é necessária uma abordagem integrada que inclua a utilização de materiais mais duráveis, a capacitação da mão de obra, a implantação de tecnologias sustentáveis e a fiscalização constante por parte de órgãos competentes.

Baseada na norma NBR 15575-1, a habitabilidade de uma residência é assegurada pelo cumprimento de requisitos normativos e técnicos que visam proporcionar segurança, saúde e conforto aos seus ocupantes. Esses requisitos abrangem uma série de fatores críticos, incluindo a correta distribuição e intensidade da iluminação, a adequada ventilação dos ambientes, o isolamento acústico eficaz para minimizar a transmissão de ruídos indesejados e a estanqueidade das superfícies e estruturas (ABNT, 2013). A Figura 4, demonstra as diversas formas de ações da umidade em uma edificação. Os diversos elementos construtivos, quando projetados e executados corretamente, contribuem significativamente para a qualidade de vida dos moradores, ao mesmo tempo em que aumentam a durabilidade e a funcionalidade da edificação.

FIGURA 4: FORMAS DE AÇÃO DA UMIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL



Fonte: Barreiros (2019)

De acordo com a ABNT (2013), a NBR 15575, também conhecida como Norma de Desempenho, detalha exigências mínimas para os sistemas construtivos, com ênfase na segurança estrutural, estanqueidade e sustentabilidade. Essa norma está dividida em seis partes que abrangem desde os requisitos gerais até os módulos específicos para sistemas de pisos, coberturas e vedações verticais.

Além da NBR 15575-1, outras normas brasileiras complementam os requisitos para a habitabilidade das edificações. A NBR 5413, por exemplo, trata dos níveis de iluminação para ambientes internos, garantindo condições visuais adequadas tanto para conforto quanto para atividades específicas (ABNT, 1992). Já a NBR 10152 estabelece critérios para o isolamento acústico e limites de ruídos em ambientes habitacionais, buscando promover o conforto acústico (ABNT, 1987).

A ventilação adequada dos ambientes, essencial para a qualidade do ar e para evitar problemas como mofo e umidade, é regulada pela NBR 16401, que define parâmetros para sistemas de climatização e ventiladores mecânicos em edificações habitacionais e comerciais (ABNT, 2008). Essa norma destaca a importância da renovação do ar e da eficiência energética.

Outro ponto fundamental está relacionado à estanqueidade, regulada pela NBR 9575, que aborda os sistemas de impermeabilização. Essa norma define critérios para prevenir

infiltrações e danos estruturais decorrentes de problemas de umidade (ABNT, 2003). Conforme Silva e Pereira (2018), o cumprimento da NBR 9575 é imprescindível para garantir a longevidade das edificações e evitar custos adicionais com manutenções.

A observação das normas também reflete diretamente na sustentabilidade e no desempenho energético das construções. A NBR 15220 estabelece parâmetros para o desempenho térmico das edificações, contemplando requisitos como o uso de materiais com baixo coeficiente de condutividade térmica e a proteção das superfícies externas contra radiação solar excessiva (ABNT, 2005). Segundo Oliveira et al. (2021), o respeito à NBR 15220 contribui para a redução do consumo energético e para o conforto térmico dos moradores.

O atendimento às normas brasileiras é um requisito essencial para garantir a qualidade, a segurança e a sustentabilidade das edificações habitacionais. A NBR 15575-1, juntamente com normas complementares como a NBR 5413, NBR 10152, NBR 16401, NBR 9575 e NBR 15220, proporciona um arcabouço regulatório robusto que orienta a concepção e a execução de projetos voltados à habitabilidade e à qualidade de vida dos ocupantes.

3.1 IMPACTOS DA UMIDADE NA INTEGRIDADE ESTRUTURAL DAS CONSTRUÇÕES E NA SAÚDE DA POPULAÇÃO

De acordo com a norma NBR 15575-3, a estanqueidade das áreas molhadas da edificação, como banheiros, cozinhas e lavanderias, deve "impedir a passagem da umidade para outros elementos construtivos da habitação". Este requisito é crucial para evitar a degradação da estrutura e garantir a integridade da construção ao longo do tempo.

A água é amplamente reconhecida como um dos principais agentes causadores de patologias em sistemas construtivos, atuando tanto de maneira direta quanto indireta, independentemente de seu estado físico, seja sólido, líquido ou gasoso. Sua presença no ambiente das edificações desempenha um papel significativo, tanto como agente ativo na degradação de materiais quanto como meio que favorece a proliferação e a ação de outros agentes patológicos, contribuindo para processos de deterioração que comprometem o desempenho, a durabilidade e a segurança das estruturas ao longo do tempo (QUERUZ, 2007).

A localização de um edifício em regiões de clima úmido agrava ainda mais as condições de degradação dos materiais. Verçozza (1991) indica que a umidade decorrente da infiltração de água da chuva é considerada a mais comum e, ao mesmo tempo, a mais variável nas edificações. Essa variabilidade está diretamente relacionada a fatores externos, como a direção predominante dos ventos, o volume de precipitação e os níveis de umidade relativa do ar. Esses elementos interagem de forma dinâmica, contribuindo para a complexidade do

controle e da mitigação desse tipo de umidade, que pode comprometer significativamente o desempenho das construções ao longo do tempo.

A presença de umidade exerce um impacto direto sobre a estrutura e a funcionalidade dos edifícios, influenciando negativamente a integridade dos materiais construtivos. Quando associada à formação de fissuras no concreto, a umidade pode comprometer a durabilidade das armaduras, acelerando processos de corrosão que reduzem a vida útil das estruturas. Além disso, a umidade interfere na salubridade do ambiente interno, criando condições que tornam o espaço insalubre e prejudicial à saúde dos ocupantes, contribuindo para o surgimento de problemas respiratórios e outras enfermidades relacionadas ao ambiente (DOS SANTOS, 2021).

3.2 PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS ASSOCIADAS A UMIDADE

A umidade é uma das principais responsáveis por uma série de patologias em edificações. Esses problemas afetam tanto a estrutura quanto a funcionalidade dos edifícios, além de comprometerem a salubridade dos ambientes internos.

A presença de umidade nas edificações pode desencadear uma série de patologias que comprometem tanto a estética quanto a funcionalidade e a segurança das estruturas. Entre os danos mais comuns estão o surgimento de manchas, formação de bolhas em revestimentos, corrosão de elementos metálicos, proliferação de mofo, bolor e algas, bem como o aparecimento de eflorescências e o deslocamento de revestimentos. Além disso, a umidade pode causar danos estruturais mais graves, como ferrugem e dilatação de componentes metálicos, que afetam diretamente a estabilidade e a durabilidade das construções (PINETTI, 2012).

A umidade nas edificações pode ser classificada em diferentes tipos, de acordo com sua origem e forma de manifestação. Os principais tipos incluem:

- a) **Umidade por infiltração:** Ocorre devido à entrada de água através de falhas nas superfícies externas. Esse tipo de umidade é frequentemente observado em regiões com altos índices pluviométricos ou onde a proteção contra água não foi adequadamente projetada. Segundo Silva e Pereira (2018), a impermeabilização deficiente é um dos principais fatores que contribuem para infiltrações, destacando a necessidade de materiais e técnicas adequados para evitar esses problemas.

A umidade por infiltração é uma das principais causas de patologias em edificações, resultando da entrada de água através de falhas nas superfícies externas. Esse fenômeno é particularmente prevalente em regiões com altos índices pluviométricos ou onde as medidas de

proteção contra a água não foram adequadamente projetadas. Silva e Pereira (2018) destacam que uma impermeabilização deficiente é um dos principais fatores que contribuem para infiltrações, enfatizando a importância da seleção de materiais e técnicas apropriadas para evitar esses problemas.

A infiltração pode ocorrer por diversas vias, incluindo fissuras em paredes, coberturas mal impermeabilizadas e juntas de dilatação inadequadas. Essas falhas permitem a penetração de água da chuva, que, ao se infiltrar nos materiais de construção, pode causar uma série de danos, como manchas, eflorescências, desagregação de revestimentos e comprometimento da integridade estrutural. Além disso, a presença constante de umidade favorece o desenvolvimento de fungos e bolores, tornando os ambientes insalubres e prejudiciais à saúde dos ocupantes.

Em um estudo de caso apresentado por Bertotto (2021), foram analisadas infiltrações em um edifício localizado no litoral norte do Rio Grande do Sul. A pesquisa identificou que a ausência de impermeabilização adequada nas bases das paredes permitiu a ascensão capilar da umidade, resultando em manchas e descolamento de revestimentos. A autora ressalta a importância de diagnósticos precisos para a implementação de soluções eficazes, evitando intervenções inadequadas que não resolvem o problema e podem até agravá-lo.

Outro estudo relevante é o de Montecielo e Edler (2016), que analisaram patologias ocasionadas pela umidade em edificações. Os autores destacam que a umidade é responsável por diversas patologias, como manchas, formação de bolor e fissuras, e enfatizam a importância do conhecimento e identificação dessas patologias para a resolução ou prevenção de problemas que possam se tornar danosos nas edificações.

A detecção precoce de infiltrações é crucial para a manutenção da saúde estrutural das edificações. Técnicas como a termografia infravermelha têm se mostrado eficazes na identificação de áreas afetadas pela umidade, mesmo quando não há sinais visíveis a olho nu. Conforme estudo de Oliveira et al. (2018), a termografia permite mapear a distribuição de temperatura nas superfícies, identificando zonas com acúmulo de umidade que apresentam variações térmicas em relação às áreas secas.

Para ilustrar os efeitos da umidade por infiltração, diversos artigos acadêmicos e técnicos disponibilizam imagens que demonstram as manifestações patológicas associadas. Por exemplo, o trabalho de Santos (2020) apresenta fotografias de paredes com descolamento de revestimentos e formação de eflorescências devido à infiltração de água. Essas imagens auxiliam na compreensão visual dos danos causados pela umidade e reforçam a necessidade de medidas preventivas e corretivas adequadas, conforme demonstrado na Figura 5.

FIGURA 5: BOLORES E EFLORESCÊNCIAS



Fonte: Paz, 2016.

A umidade por infiltração representa um desafio significativo na conservação de edificações, demandando atenção desde as etapas de projeto até a execução e manutenção. A adoção de sistemas de impermeabilização eficientes, a utilização de materiais de qualidade e a realização de inspeções periódicas são medidas essenciais para prevenir e mitigar os efeitos nocivos da infiltração, garantindo a durabilidade das construções e a saúde de seus ocupantes.

- b) **Umidade ascensional:** Resulta do movimento capilar da água a partir do solo. Esse fenômeno ocorre em edificações onde a base estrutural não possui uma barreira eficaz contra a umidade, como indicado por Almeida (2015), que destaca que a capilaridade é influenciada pela porosidade dos materiais e pela ausência de sistemas de proteção adequados na fundação.
- c) **Umidade por condensação:** Provocada pela formação de vapor d'água em superfícies frias. Oliveira et al. (2018) explicam que esse tipo de umidade é comum em regiões com altos níveis de umidade relativa do ar, especialmente em espaços com ventilação inadequada. A falta de ventilação adequada e o isolamento térmico ineficaz contribuem para o surgimento de condensados em paredes e tetos.
- d) **Umidade de obra:** Decorrente do uso de materiais com excesso de água durante a construção. Cardoso (2020) destaca que a correta proporção de água na mistura de concreto e argamassa é essencial para evitar a retenção de umidade nos materiais, que pode levar a patologias como eflorescências e fissuras ao longo do tempo.

- e) **Umidade acidental:** é uma das principais causas de patologias construtivas em edificações urbanas. Esse fenômeno é decorrente de eventos imprevistos, como vazamentos ou rompimentos em sistemas hidráulicos, frequentemente associados à falta de manutenção preventiva nos sistemas de distribuição de água e esgoto. Segundo estudos, a umidade acidental pode comprometer a integridade estrutural, reduzir a vida útil das edificações e prejudicar a saúde dos ocupantes ao favorecer condições para o surgimento de mofo e bolor (ANIMA EDUCAÇÃO REPOSITÓRIO, 2024).

Uma das principais causas da umidade acidental é a ocorrência de vazamentos em tubulações. Falhas nos sistemas de água ou esgoto permitem a infiltração de água em elementos construtivos, como paredes e pisos, causando danos significativos. De acordo com o estudo realizado por ANIMA EDUCAÇÃO REPOSITÓRIO (2024), tais vazamentos muitas vezes decorrem de materiais de baixa qualidade ou instalação inadequada, o que ressalta a importância de seguir normas técnicas específicas, como a NBR 5626:2020, que trata de sistemas prediais de água fria e quente.

O desgaste natural ou acidentes podem levar ao rompimento de tubulações, resultando em infiltrações significativas. Segundo Santos e Almeida (2019), esses rompimentos podem ser evitados com a aplicação de métodos avançados de diagnóstico, como inspeções por câmera termográfica e testes de pressão em tubulações. Esses métodos auxiliam na detecção precoce de falhas e contribuem para a prevenção de problemas de maior gravidade.

A ausência de manutenção preventiva é um fator determinante no surgimento de umidade acidental. A realização de inspeções regulares é essencial para identificar possíveis falhas antes que estas se tornem críticas. Checklist Fácil (2024) destaca que um plano de manutenção bem estruturado pode reduzir em até 40% os custos relacionados a reparos emergenciais, ao mesmo tempo em que prolonga a vida útil dos sistemas hidráulicos.

Como a umidade acidental é causada por eventos imprevistos, como vazamentos ou rompimento de sistemas hidráulicos, Figura 6. Segundo Santos (2021), essa é uma das formas mais comuns de umidade em edificações urbanas, sendo frequentemente associada à falta de manutenção preventiva nos sistemas de distribuição de água e esgoto.

FIGURA 6: UMIDADE ACIDENTAL



Fonte: Barreiros (2019)

A correta identificação do tipo de umidade é fundamental para a escolha das soluções mais adequadas, como aponta a NBR 9575 (ABNT, 2003), que estabelece diretrizes para projetos de impermeabilização em edificações. Ademais, a NBR 15575 (ABNT, 2013) reforça a necessidade de desempenho mínimo em sistemas construtivos, enfatizando a estanqueidade como requisito essencial.

3.3 A IMPERMEABILIZAÇÃO COMO MEDIDA PROTETIVA

A umidade representa um desafio significativo para as construções e para a população. Sua presença compromete a integridade estrutural, reduz a vida útil dos edifícios e prejudica a saúde e o bem-estar dos ocupantes. A adoção de soluções eficazes de impermeabilização é essencial para minimizar esses impactos, garantir a durabilidade das estruturas e promover ambientes mais seguros e confortáveis para todos.

Na impermeabilização, os pontos de vazamento frequentemente estão ocultos, dificultando a identificação de sua origem. Essa falta de visibilidade torna o processo de correção mais complexo, pois, sem localizar a causa exata, é desafiador implementar soluções eficazes para resolver o problema de forma definitiva (VERÇOZA, 1991).

A prevenção de problemas relacionados à umidade em edificações exige uma abordagem abrangente que englobe diversas etapas do processo construtivo. Isso inclui a realização de um planejamento adequado na fase de projeto, garantindo que a impermeabilização seja corretamente especificada, a seleção criteriosa de materiais que atendam às condições e demandas da construção, a supervisão técnica durante a execução das obras para assegurar a conformidade com os padrões estabelecidos e a realização de manutenção periódica, indispensável para preservar a funcionalidade e a durabilidade dos sistemas impermeabilizantes ao longo do tempo (PINETTI, 2012).

De acordo com Verçoza (1991), grande parte das patologias relacionadas à infiltração ocorre devido à ausência de impermeabilização ou à execução inadequada desse sistema. Na ausência de impermeabilização, torna-se indispensável o desenvolvimento de um projeto específico que atenda plenamente às demandas da edificação, uma vez que soluções paliativas, como remendos, não garantem eficiência a longo prazo. Quando a impermeabilização é mal executada, a resolução do problema geralmente exige avaliações detalhadas, e, em muitos casos, a única alternativa viável é a substituição integral do material impermeabilizante, já que reparos pontuais tendem a ser insuficientes para restaurar a eficácia do sistema.

Conforme Porcello (1998, APUD Moraes, 2002), o investimento em um projeto de impermeabilização geralmente corresponde a cerca de 1% a 3% do custo total da obra. No entanto, quando ocorrem falhas na execução ou necessidade de retrabalho, esse percentual pode aumentar significativamente, alcançando de 5% a 10% do valor total, evidenciando a importância de um planejamento e execução adequados para evitar custos adicionais e prejuízos futuros.

Os principais fatores a serem considerados no planejamento e execução de sistemas de impermeabilização incluem a pressão hidrostática, que influencia diretamente a capacidade de resistência do material; a frequência e intensidade da umidade na área de aplicação; a exposição ao sol, que pode causar degradação de determinados materiais; a exposição a cargas, que pode gerar tensões adicionais sobre os sistemas impermeabilizantes; a movimentação da base, que requer materiais com alta flexibilidade para acomodar deformações; e a extensão da área de aplicação, que determina a complexidade e os recursos necessários para uma execução eficaz. Esses fatores, quando avaliados adequadamente, contribuem para a durabilidade e eficiência do sistema impermeabilizante. Sabbatini (2006, APUD Righi, 2009).

O conhecimento aprofundado das causas da umidade é fundamental para o desenvolvimento de sistemas de impermeabilização eficientes, que devem ser planejados e projetados desde as etapas iniciais do planejamento da edificação. Além disso, a adoção de

métodos adequados de execução durante a obra e a implementação de práticas regulares de manutenção são indispensáveis para prevenir falhas nos sistemas impermeabilizantes, garantindo a proteção da estrutura contra os efeitos nocivos da umidade ao longo do tempo.

3.4 MÉTODOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO: CLASSIFICAÇÃO E APLICAÇÕES PRÁTICAS

Conforme a NBR 9575:2003, os sistemas de impermeabilização são classificados em três categorias principais: rígidos, semirrígidos e flexíveis. Os sistemas rígidos são recomendados para estruturas com deformações restritas, como cisternas, onde a estabilidade estrutural permite o uso de materiais de menor elasticidade. Por outro lado, os sistemas flexíveis são indicados para estruturas que estão sujeitas a movimentações constantes, como lajes e coberturas, demandando materiais com alta capacidade de acomodação às deformações. Já os sistemas semirrígidos atuam como uma opção intermediária, atendendo a situações específicas onde é necessária uma resistência moderada à movimentação.

De acordo com Moraes (2002), os sistemas de impermeabilização podem ser classificados com base em diferentes critérios, abrangendo aspectos técnicos e funcionais. Entre esses critérios, destacam-se:

- a) Pressão e fluxo da água: Considera as condições de exposição ao meio.
- b) Rigidez: Classifica os sistemas em rígidos, semirrígidos e flexíveis.
- c) Aderência ao substrato: Avalia a integração entre o material impermeabilizante e a superfície de aplicação.
- d) Materiais utilizados: Define as características e o desempenho do sistema.
- e) Tipo de aplicação: Refere-se ao método empregado na execução, como aplicação a frio, a quente ou por projeção.

Esses critérios são fundamentais para a escolha do sistema mais adequado a cada situação, levando em conta as especificidades de cada projeto.

Conforme Moraes (2002), a execução de um sistema de impermeabilização envolve uma série de etapas integradas que garantem sua eficiência e durabilidade. Essas etapas incluem:

- a) Regularização da superfície: Corrige imperfeições e cria uma base uniforme.
- b) Criação de caimentos adequados: Promove o escoamento eficiente da água.
- c) Aplicação do sistema impermeabilizante: Etapa principal de execução.
- d) Instalação de isolamento térmico: Necessária em algumas situações para mitigar impactos de variações térmicas.

- e) Proteção mecânica: Resguarda o sistema contra danos físicos causados por tráfego ou agentes externos.

Essas etapas são fundamentais para assegurar a funcionalidade e a longevidade do sistema de impermeabilização.

De acordo com Perdigão (2007, apud Righi, 2009), as coberturas podem ser classificadas em três categorias principais, considerando sua funcionalidade e uso:

- a) Coberturas não acessíveis: Destinadas apenas à proteção das edificações, sem acesso regular de pessoas.
- b) Coberturas acessíveis: Projetadas para suportar o tráfego de pedestres ou veículos.
- c) Coberturas ajardinadas: Incorporam vegetação, combinando benefícios estéticos, ambientais e de isolamento térmico.

Essa classificação é essencial para definir os requisitos técnicos de cada tipo de cobertura e, conseqüentemente, determinar o sistema de impermeabilização mais adequado.

3.5 AVALIAÇÃO DO CONCRETO EM LAJES ESTRUTURAIS

A execução eficiente de uma impermeabilização inicia-se com a utilização de um concreto adequado às solicitações específicas da estrutura, considerando os esforços e condições a que a área impermeabilizada estará submetida. É fundamental que o concreto seja dimensionado para suportar as tensões previstas, especialmente em áreas como terraços, que estão expostos a significativas movimentações higrotérmicas causadas por variações de temperatura e umidade. Esse cuidado contribui para a durabilidade e eficácia do sistema de impermeabilização ao longo do tempo (MORAES, 2009).

O concreto utilizado em áreas a serem impermeabilizadas deve apresentar resistência e propriedades adequadas para suportar as condições específicas do ambiente. Isso inclui a capacidade de resistir a tensões mecânicas e variações ambientais, de modo a prevenir o surgimento de fissuras e trincas que possam comprometer a eficácia do sistema de impermeabilização, garantindo a proteção e a durabilidade da estrutura ao longo do tempo (PINETTI, 2012).

Conforme a ABNT NBR 16697:2018, o cimento Portland é definido como um ligante hidráulico resultante da moagem do clínquer Portland, ao qual são adicionadas, durante o processo de fabricação, quantidades adequadas de uma ou mais formas de sulfato de cálcio e de adições minerais, em conformidade com os teores estabelecidos pela norma. Essa

composição confere ao cimento suas propriedades características, tornando-o adequado para uma ampla gama de aplicações na construção civil.

De acordo com a ABNT NBR 16697:2018, a escória granulada de alto-forno é um subproduto gerado durante a produção da gusa, originado pelo resfriamento do minério de ferro no alto-forno. Esse resfriamento ocorre de maneira brusca, resultando em um material na forma vítrea e granulada. Esse subproduto é amplamente utilizado como adição ao cimento Portland, contribuindo para propriedades específicas, como maior durabilidade e resistência química.

O concreto utilizado em lajes está sujeito ao surgimento de fissuras decorrentes de movimentações térmicas e da ação da umidade, fatores que podem comprometer a integridade das armaduras e, conseqüentemente, a resistência da estrutura. A aplicação de sistemas de impermeabilização torna-se indispensável para proteger o concreto desses agentes, garantindo a durabilidade e a segurança da edificação ao longo do tempo (HUSSEIN, 2013).

O concreto empregado em lajes requer proteção eficaz contra a umidade, pois esta pode ocasionar corrosão das armaduras e favorecer o surgimento de fissuras, comprometendo a integridade estrutural (DOS SANTOS, 2021). Nesse contexto, a impermeabilização adequada desempenha um papel essencial, assegurando a segurança e a durabilidade da estrutura ao longo de sua vida útil.

Como material poroso, o concreto contém muitas microfissuras e microporos internos, que são defeitos que não podem ser ignorados. Devido à porosidade, íons corrosivos nocivos podem penetrar facilmente no concreto com transporte de água sob ação capilar, alterando o ambiente interno e levando à decomposição dos produtos de hidratação do cimento. A estrutura porosa interna do concreto pode ser categorizada em macroporos (> 1000 nm), poros capilares (100–1000 nm), poros de transição (10–100 nm) e poros de gel (< 10 nm). Poros capilares são os principais canais para transporte de água em meios porosos, como o concreto, devido à absorção capilar (WONG et al., 2015).

Atualmente, não há uma definição universalmente aceita para concreto impermeável. O Comitê Alemão de Concreto Armado define concreto impermeável como aquele com taxa de absorção de água reduzida em mais de 50% em comparação ao concreto de referência não tratado. A National Corporation of Highway Research Program nos EUA sugere que essa taxa deve ser inferior a 2,5%. Já o British Standard (BS 2010) afirma que o concreto impermeável deve impedir o movimento de umidade de um lugar para outro. Apesar das diferentes definições, todas convergem para a necessidade de uma baixa taxa de absorção de água.

Várias medidas têm sido adotadas para reduzir a absorção de água do concreto, como a adição de materiais cimentícios suplementares, redução da proporção água-cimento e uso de

reforço adicional para controlar fissuras. Métodos mais recentes incluem o uso de membranas externas, revestimentos de superfície ou impermeabilização integral (WONG et al., 2015).

A impermeabilização é essencial para prevenir danos causados pela água, que podem levar a reparos caros e até falhas estruturais. Métodos como membranas, revestimentos, selantes e sistemas de drenagem ajudam a proteger as construções (KUBAL, 2008). No caso de membranas, sua aplicação envolve a formação de uma barreira fina contra a penetração de água, sendo indicada para lajes, porões e fundações. Revestimentos, como tintas ou selantes, também são amplamente usados em superfícies como concreto e alvenaria (KUBAL, 2008).

Os sistemas de impermeabilização devem alinhar critérios técnicos de projeto, como seleção de materiais, tipo de substrato e correta execução, para garantir estanqueidade e integridade da construção. Para sistemas aderidos a substratos de concreto, fatores como métodos de preparação e perfil da superfície impactam diretamente na adesão e resistência à fissuração do sistema (KUBAL, 2008).

3.6 AVALIAÇÃO DA MANTA ASFÁLTICA COMO MATERIAL IMPERMEABILIZANTE:

De acordo com a ABNT NBR 9952:2014, a manta asfáltica é um produto pré-fabricado cujo componente principal é o asfalto, utilizado como elemento predominante. Esse material é reforçado por armaduras específicas, como poliéster, fibra de vidro ou outras, que conferem à manta propriedades mecânicas adequadas para atender às demandas estruturais e de impermeabilização das áreas onde é aplicada.

Conforme a ABNT NBR 9952:2014, a seleção do tipo de manta asfáltica deve considerar diversos fatores relacionados às características do local e das estruturas a serem impermeabilizadas. Esses fatores incluem a carga que será exercida sobre a manta, o grau de fissuração previsto, a flecha máxima admissível, a exposição às intempéries e a forma de aplicação, seja ela aderida ou não ao substrato. A definição do tipo de manta mais adequado para cada situação é de responsabilidade do técnico responsável, que deve seguir as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 9575, garantindo a eficiência e durabilidade do sistema de impermeabilização, a Figura 7 demonstra a impermeabilização com manta asfáltica.

FIGURA 7: IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJE UTILIZANDO MANTA ASFÁLTICA



Fonte: <https://www.escolaengenharia.com.br/impermeabilizacao-de-lajes/>, 2025.

De acordo com a ABNT NBR 9952:2014, as mantas asfálticas devem atender a requisitos técnicos específicos para garantir sua eficiência e durabilidade. Entre essas exigências, destacam-se a compatibilidade entre seus constituintes, assegurando a coesão e estabilidade do material; a capacidade de formar um conjunto monolítico, evitando discontinuidades no sistema de impermeabilização; resistência à umidade sem alterações de volume, o que previne deformações; e a aptidão para suportar a acidez das chuvas, garantindo a integridade do material em condições ambientais adversas.

Conforme Mello (2005, apud Righi, 2009), as mantas asfálticas oferecem diversas vantagens que as tornam uma solução eficiente para sistemas de impermeabilização. Entre essas vantagens destacam-se: espessura uniforme, que garante a consistência do desempenho; facilidade no controle de qualidade e fiscalização durante a aplicação; execução do sistema de forma integral em uma única etapa; redução significativa no tempo de aplicação; e a ausência da necessidade de aguardar processos de secagem, otimizando o cronograma da obra.

As mantas asfálticas representam um sistema flexível amplamente utilizado em impermeabilizações de lajes e coberturas, sendo valorizadas por sua alta durabilidade e desempenho (PINETTI, 2012). Sua aplicação é realizada por meio de fusão, processo que assegura a aderência adequada ao substrato e contribui para a eficiência na proteção contra infiltrações, tornando-as uma escolha frequente em obras de construção e manutenção.

As mantas asfálticas pré-fabricadas, frequentemente utilizadas em sistemas de impermeabilização, estão sujeitas a falhas devido a movimentações estruturais, como a dilatação das lajes, que podem causar rasgamentos, especialmente nas confluências com as paredes. Entre as principais causas de falhas estão a sobreposição insuficiente entre as mantas, a aplicação inadequada sem a pressão necessária para garantir a aderência e o uso inadequado de chama direta durante a instalação, fatores que comprometem a eficácia do sistema de impermeabilização e a proteção da estrutura (MORAES, 2009).

Preparação da superfície: antes de iniciar a impermeabilização é necessário o corte de pontas de ferro, o preenchimento de ninhos e correção de outras eventuais falhas. Em seguida deve ser feita a limpeza das superfícies a serem impermeabilizadas, retirando-se qualquer partícula solta. Tendo a superfície limpa e preparada, executa-se uma camada de regularização com argamassa de areia e cimento no traço 1:3, espessura mínima de 2 cm. Cantos vivos e arestas devem ser arredondados, Figura 8.

FIGURA 8: PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE



Fonte: Pezzolo, 2007.

Sobre o substrato seco, inicia-se o processo de imprimação, Figura 9, aplicando-se o primer, que proporciona total aderência ao sistema impermeabilizante. Após a secagem do primer, a superfície está pronta para receber o sistema impermeabilizante.

FIGURA 9: APLICAÇÃO DO PRIMER



Fonte: Pezzolo, 2007.

No processo de colagem com o uso do maçarico Figura 10, direciona-se a chama para aquecer a parte inferior da bobina e a superfície imprimada ao mesmo tempo.

FIGURA 10: APLICAÇÃO DA MANTA COM MAÇARICO



Fonte: Pezzolo (2007).

O teste de estanqueidade pode ser feito de forma hidrostática ou elétrica, segundo Petrobrás (2006), após a conclusão da impermeabilização e cura total do sistema, fechando-se as saídas para ralos e colocando-se uma lâmina d'água de 5 cm, pelo prazo mínimo de 72 horas, Figura 11.

FIGURA 11: TESTE DE ESTANQUEIDADE



Fonte: Pezzolo (2007).

A manta asfáltica é amplamente reconhecida como uma solução eficaz para impermeabilização, especialmente em áreas como lajes e pisos, onde proporciona uma barreira eficiente contra infiltrações. Sua aplicação pode ser realizada a quente ou a frio, conforme as condições específicas da obra. No entanto, sua eficiência está diretamente vinculada à execução correta do processo e à atenção minuciosa aos detalhes, garantindo a funcionalidade e a durabilidade do sistema de impermeabilização (DOS SANTOS, 2021).

3.7 AVALIAÇÃO DA BORRACHA LÍQUIDA COMO MATERIAL IMPERMEABILIZANTE:

Conforme a ABNT NBR 13321:2008, a membrana acrílica é um material monocomponente ou bicomponente à base de polímeros acrílicos em emulsão aquosa, que forma uma camada contínua e flexível ao ser aplicado. Ela atua como barreira à passagem de líquidos, especialmente água, sendo amplamente utilizada em superfícies como lajes, telhados

e coberturas devido à sua elasticidade, resistência às intempéries e excelente aderência ao substrato.

A membrana acrílica apresenta-se como uma solução versátil para impermeabilização, utilizada em lajes, telhados e outras coberturas de forma eficiente. Sua aplicação, geralmente realizada com rolo ou equipamentos airless, garante praticidade e uniformidade. Além disso, oferece benefícios como redução na penetração de água, economia de energia, rápida secagem, ampla adesão a diferentes substratos e maior sustentabilidade.

Com a evolução das tecnologias, a membrana acrílica superou limitações anteriores, como baixa proteção contra raios UV e a necessidade de, no mínimo, seis demãos com intervalos superiores a seis horas entre aplicações. Atualmente, é possível aplicar apenas duas ou três demãos com intervalos reduzidos de 3 a 5 horas, garantindo proteção contra umidade, raios UV e intempéries, o que aumenta significativamente seu desempenho.

Já a borracha líquida, conforme Freitas (apud Righi, 2009), ainda carece de uma norma técnica específica, o que pode reduzir sua aceitação no mercado. No entanto, utiliza conceitos estabelecidos em normas como a ABNT NBR 13321, NBR 9574, NBR 9575 e NBR 15885. Freitas destaca a importância de garantir o desempenho desses sistemas, especialmente em aplicações desafiadoras, para assegurar a segurança do consumidor final quanto à durabilidade do material.

A borracha líquida é uma solução flexível e durável, caracterizada por ser moldada diretamente no local de aplicação (*in loco*), proporcionando uma barreira eficiente contra a umidade. Além disso, devido à sua elevada elasticidade e resistência química, é particularmente recomendada para áreas sujeitas a movimentações ou vibrações, como pisos industriais e telhados, garantindo proteção e eficiência ao longo do tempo.

A ABNT NBR 13245:2011 apresenta diretrizes detalhadas sobre preparação e aplicação de superfícies em contextos de impermeabilização e acabamentos. Ela destaca a importância de adequar os materiais a ambientes externos agressivos, como regiões com elevada poluição ou localizadas próximas à orla marítima, e estabelece critérios como:

- a) Preparação da superfície: deve estar firme, coesa, seca, limpa e livre de contaminações como poeira, gordura, graxa ou mofo.
- b) Recomendações gerais de aplicação: leitura e respeito às indicações do fabricante, homogeneização dos materiais e uso de ferramentas adequadas, como rolos de lã sintética de cerdas baixas.

- c) Aplicação em pisos: exige análise do tipo e estado da superfície (cimentado novo ou antigo, queimado ou rústico) para ajustar os procedimentos conforme necessário.

Lavagem e Limpeza

O substrato para aplicação deve estar previamente lavado, isento de pó, seca, resíduos de óleos, graxas, desmoldantes, vernizes, fungos ou qualquer material que possa prejudicar a aderência do produto.

Regularização do Piso

Preparação dos Cantos e Arestas Onde necessário, execute regularização com caimento mínimo de 2% em direção aos pontos de escoamento de água. A superfície a ser impermeabilizada deve estar regularizada com argamassa de cimento e areia (traço 1:3). Arredonde todos os cantos e arestas para garantir uma aplicação uniforme do sistema de impermeabilização. O produto não poder ser aplicado em locais de com formação de poças de água em hipótese alguma.

Trincas e Fissuras

Trate quaisquer trincas e fissuras existentes com selante de base acrílica ou poliuretano antes da aplicação da Manta Líquida. Aguardar a cura da argamassa de regularização no mínimo 7 dias antes de iniciar a impermeabilização.

Preparo do Produto

O produto já vem pronto para uso, homogeneizar o produto antes e durante aplicação, utilizando ferramentas limpa a fim de evitar contaminação.

Aplicação

Com auxílio de aplicador mecânico, rolo, pincel ou trincha, aplicar em superfície seca uma demão de Manta Líquida diluída em 15% de água essa terá a função de camada de imprimação. Aguarde um intervalo mínimo de 3 a 6 horas entre demãos, considerando ventilação e condições climáticas do local. Homogeneíze bem o produto antes de aplicar as demãos subsequentes. Não é necessário diluir nas demãos seguintes. A Figura 12 demonstra que o produto pode ser aplicado em quantas demãos forem necessárias, desde que, obedeça ao consumo máximo recomendado por demão de 1,0 kg/m² e se atinja a espessura mínima de 2mm.

FIGURA 12: APLICAÇÃO DA MANTA LÍQUIDA EM LAJE



Fonte: <https://hmrubber.com.br/mantas-x-borracha-liquida-qual-a-melhor-opcao-para-a-sua-residencia>, 2025.

Essas orientações são fundamentais para assegurar a durabilidade e a qualidade do acabamento, especialmente em ambientes mais exigentes (RIGHI, 2009).

4 METODOLOGIA

4.1 ABORDAGEM GERAL

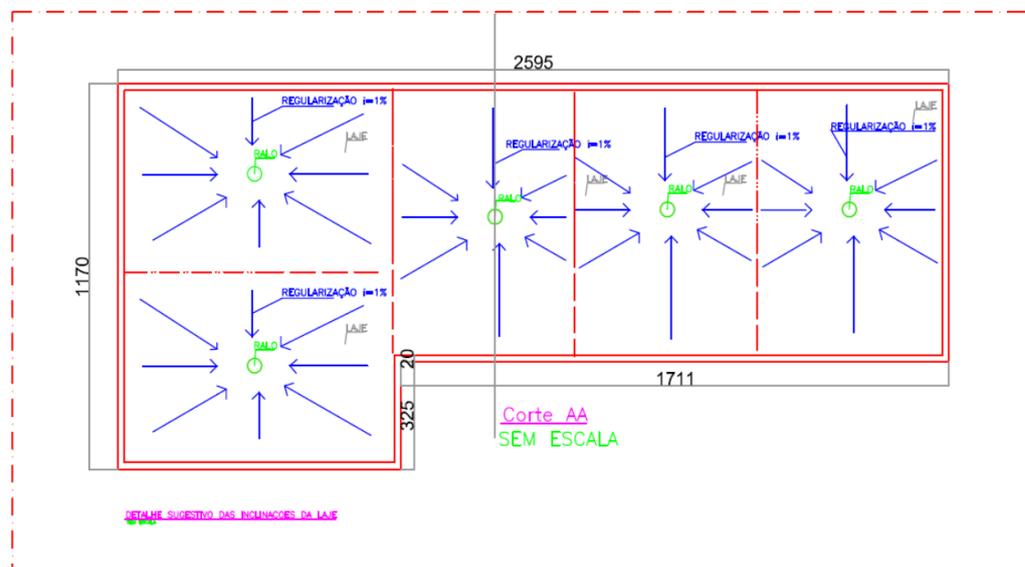
A presente pesquisa pode ser classificada como aplicada, com foco em solucionar problemas práticos relacionados à impermeabilização de lajes. A análise comparativa entre manta asfáltica e borracha líquida será conduzida a partir de uma combinação de dados qualitativos e quantitativos, com base em fontes secundárias confiáveis, como artigos científicos, normas técnicas, folhetos de fabricantes e a Tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil). O objetivo principal é verificar a viabilidade da borracha líquida como uma alternativa à manta asfáltica, com foco em eficiência, durabilidade, custo e impacto ambiental.

4.2 MÉTODOS E FONTES UTILIZADAS

Os métodos adotados para esta pesquisa incluem:

- Revisão Bibliográfica e Documental: Análise de publicações científicas, monografias e normas técnicas, como as que regem os métodos de aplicação e desempenho de materiais de impermeabilização.
- Análise de Dados Quantitativos: Utilização da Tabela SINAPI para cálculo de custos detalhados dos materiais, mão de obra e serviços auxiliares necessários para a aplicação em uma laje de 263,07 m², em conformidade com a Figura 13.

FIGURA 13: PLANTA BAIXA USADA NA AVALIAÇÃO DE CUSTO



Fonte: Figueiredo et al., 2017

- c) Estudo Comparativo: Comparação de características técnicas, custos, facilidade de aplicação, durabilidade e impacto ambiental entre os dois métodos.

4.3 DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTOS

Os procedimentos metodológicos foram organizados de maneira a responder aos objetivos específicos da pesquisa de forma estruturada. Inicialmente, a eficácia dos materiais foi analisada a partir de suas características de aplicação, abrangendo desde a preparação do substrato até o método de aplicação e o tempo necessário para a conclusão. Além disso, foram consideradas as condições adversas enfrentadas pelos materiais, como movimentações estruturais e variações climáticas, aspectos fundamentais para avaliar sua eficiência em diferentes cenários.

Em seguida, os custos de aplicação foram detalhadamente calculados com base em referências técnicas e financeiras. Utilizando os valores fornecidos pela Tabela SINAPI, foram considerados os custos de materiais, mão de obra e serviços auxiliares, além de itens como transporte e equipamentos necessários para cada método. A integração dessas informações permitiu uma visão comparativa clara sobre o impacto financeiro de cada sistema de impermeabilização.

A análise da durabilidade foi conduzida com base na expectativa de vida útil dos materiais, na resistência a fatores externos, como exposição a raios UV, e na frequência de manutenção necessária. Esses elementos foram essenciais para compreender a longevidade de cada método e sua relação com os custos ao longo do tempo. Por fim, o impacto ambiental foi avaliado considerando a composição química dos materiais, sua biodegradabilidade, toxicidade e as recomendações de descarte adequadas, conforme descrito em fichas de segurança e normas técnicas. A transição entre os aspectos técnicos e ambientais permitiu uma análise abrangente dos materiais estudados, garantindo que as conclusões fossem alinhadas às demandas contemporâneas por sustentabilidade na construção civil.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise comparativa entre a manta asfáltica e a borracha líquida para impermeabilização de lajes revelou diferenças significativas em termos de facilidade de aplicação, durabilidade, custos e impacto ambiental. Os resultados apresentados a seguir são organizados de acordo com os critérios estabelecidos na metodologia e refletem as características observadas durante a execução e avaliação de cada sistema.

5.1 FACILIDADE DE APLICAÇÃO

A facilidade de aplicação demonstrou-se um diferencial importante entre os dois sistemas analisados, com a borracha líquida apresentando vantagens em diversos aspectos.

- a) Preparação do Substrato: ambos os materiais exigem a limpeza prévia da superfície e a aplicação de um primer compatível. No entanto, a manta asfáltica requer etapas adicionais, como a regularização da superfície com argamassa para corrigir imperfeições, o que aumenta o tempo e a complexidade inicial de preparação;
- b) Método de Aplicação: a aplicação da manta asfáltica demanda o uso de maçaricos para fusão térmica, além de sobreposições precisas para garantir a vedação. Esse processo exige mão de obra qualificada e maior atenção aos detalhes técnicos. Em contrapartida, a borracha líquida apresentou um método de aplicação mais simples, utilizando trincha, rolo ou sistema airless, com a possibilidade de incorporar telas estruturantes em áreas sujeitas a movimentações. A ausência de fusão térmica tornou a aplicação da borracha líquida mais segura e prática;
- c) Equipamentos Necessários: a manta asfáltica exige o uso de maçaricos, cilindros de gás e ferramentas de corte, enquanto a borracha líquida utiliza ferramentas básicas, como rolos de pintura, trinchas e sistemas airless. Essa diferença impacta diretamente o custo operacional e a logística do processo;
- d) Tempo de Execução: a borracha líquida apresentou menor tempo de execução, com intervalos curtos entre demãos (3 a 5 horas), permitindo maior agilidade no processo. Já a manta asfáltica exigiu maior tempo devido à fusão térmica e à sobreposição manual dos rolos.

A análise comparativa demonstrou que a borracha líquida apresenta vantagens significativas em termos de simplicidade de aplicação, necessitando apenas de ferramentas básicas, como rolos ou pincéis, enquanto a manta asfáltica exige equipamentos especializados,

como maçaricos e cilindros de gás. Esses resultados corroboram com Verçozza (1991), que enfatiza a necessidade de um planejamento adequado e execução precisa para garantir a eficácia dos sistemas de impermeabilização. A complexidade associada à aplicação da manta também é apontada por Moraes (2002) como um dos fatores que influenciam diretamente na qualidade final do sistema.

Apesar disso, a exigência de mão de obra qualificada para a manta asfáltica pode ser vista como um ponto positivo em situações onde a qualidade da instalação é crítica para garantir a durabilidade do sistema, conforme discutido por Sabbatini (2006).

5.2 DURABILIDADE

A durabilidade dos materiais foi avaliada considerando sua vida útil estimada, resistência a variações climáticas e capacidade de adaptação a movimentações estruturais.

- a) Vida Útil: a manta asfáltica apresentou uma vida útil estimada de 15 a 20 anos, desde que protegida adequadamente com uma camada de argamassa ou contrapiso. A borracha líquida, por sua vez, apresentou uma durabilidade de 10 a 15 anos, dependendo da exposição direta a radiação UV e das condições de aplicação.
- b) Resistência a UV: a manta asfáltica mostrou-se vulnerável à radiação UV, exigindo proteção mecânica adicional para evitar degradação. A borracha líquida, embora possa incorporar aditivos anti-UV, também requer proteção em condições de alta exposição solar para prolongar sua durabilidade.
- c) Movimentações Estruturais: a borracha líquida destacou-se por sua alta flexibilidade, adaptando-se melhor a movimentações estruturais sem risco de fissuras. A manta asfáltica, embora resistente, demonstrou menor adaptabilidade a deformações significativas, sendo mais suscetível a falhas em situações de movimentação constante.

A durabilidade é um dos fatores mais importantes na escolha de um sistema de impermeabilização. A manta asfáltica apresenta maior vida útil (15 a 20 anos) em comparação à borracha líquida (10 a 15 anos), desde que protegida contra raios UV e mantida adequadamente. Esses resultados estão em conformidade com as observações de Pinetti (2012), que destaca a superioridade da manta asfáltica em condições de alta exigência mecânica.

Contudo, a flexibilidade superior da borracha líquida permite que ela se adapte melhor a movimentações estruturais, reduzindo o risco de fissuras, especialmente em regiões sujeitas

a variações térmicas e sísmicas, como discutido por Hussein (2013). Essa característica torna a borracha líquida uma opção vantajosa para aplicações onde a adaptação à movimentação é essencial.

5.3 CÁLCULO DE CUSTOS

Para a análise comparativa dos custos, considerou-se o cenário de uma laje com área de **263,07 m²**. Os valores utilizados foram baseados na tabela **SINAPI** de agosto de 2024 para a região do Amazonas, complementados pelas necessidades específicas de cada material. As quantidades foram ajustadas conforme as especificidades de aplicação e os custos totalizados incluem materiais, mão de obra e serviços auxiliares.

5.3.1 Custo da Impermeabilização com Manta Asfáltica

Conforme detalhado na **Tabela 1**, os custos para impermeabilização com manta asfáltica foram calculados com base nos seguintes itens:

TABELA 1 – SIMULAÇÃO DE ORÇAMENTO USANDO MANTA ASFÁLTICA

ITEM	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	QUANTIDADE	CUSTO TOTAL (R\$)
MANTA ASFÁLTICA	m ²	40,00	303,255	12.130,20
PRIMER ASFÁLTICO	m ²	5,00	263,7	1.318,50
ARGAMASSA DE PROTEÇÃO	m ²	20,00	263,7	5.274,00
MÃO DE OBRA	m ²	30,00	263,7	7.911,00
LIMPEZA (ANTES E DEPOIS)	m ²	4,00	263,7	1.054,80
FERRAMENTAS	unid	–	1	500,00
TRANSPORTE	unid	–	1	800,00
MAÇARICO	unid	–	1	300,00
EPIS (ÓCULOS, LUVAS, BOTAS)	unid	–	1	200,00
TOTAL FINAL	–	–	–	29.488,50

Fonte: elaborado pela autora com base em SINAPE, 2024.

Materiais principais:

Manta asfáltica: R\$ 40,00/m², com consumo ajustado para 263,07 m² mais 5% de perdas (total: 276,22 m²).

Primer asfáltico: R\$ 5,00/m², aplicado em toda a área.

Argamassa de proteção: R\$ 20,00/m², aplicada em 263,07 m².

Mão de obra:

Custo médio de R\$ 30,00/m² para instalação da manta e acabamento.

Custos adicionais:

Transporte, ferramentas, maçarico e EPIs, totalizando R\$ 1.800,00.

Total final ajustado: R\$29.488,50.

5.3.2 Custo da Impermeabilização com Borracha Líquida

Conforme detalhado na Tabela 2, os custos para impermeabilização com borracha líquida foram calculados com base nos seguintes itens:

TABELA 2 – SIMULAÇÃO DE ORÇAMENTO USANDO BORRACHA LÍQUIDA

ITEM	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	QUANTIDADE	CUSTO TOTAL (R\$)
BORRACHA LÍQUIDA	m ²	25,00	263,7	6.592,50
PRIMER COMPATÍVEL	m ²	4,00	263,7	1.054,80
PROTEÇÃO FINAL (ARGAMASSA)	m ²	15,00	263,7	3.955,50
MÃO DE OBRA	m ²	20,00	263,7	5.274,00
LIMPEZA (ANTES E DEPOIS)	m ²	4,00	263,7	1.054,80
FERRAMENTAS	unid	–	1	500,00
TRANSPORTE	unid	–	1	800,00
EPIS (ÓCULOS, LUVAS, BOTAS)	unid	–	1	200,00
ROLOS DE PINTURA	unid	–	1	100,00
TELA ESTRUTURANTE	unid	–	1	500,00
TOTAL FINAL	–	–	–	20.031,60

Fonte: elaborado pela autora com base em SINAPE, 2024.

Metodologia do Cálculo

a) Critérios Adotados:

- Área da laje: 263,07 m², representando um projeto de edificação de médio porte.

- Margem de Segurança: aplicou-se uma margem de 5% de perdas para os materiais, considerando desperdícios comuns em campo.

b) Cálculo Detalhado:

- As quantidades foram ajustadas de acordo com os métodos de aplicação específicos de cada material, seguindo as instruções técnicas fornecidas pelos fabricantes.

- Critérios de Comparação: custo total por metro quadrado.

5.4 IMPACTO AMBIENTAL

Os impactos ambientais foram avaliados com base na composição química, toxicidade e métodos de descarte de cada material.

5.4.1 Borracha Líquida

A borracha líquida apresentou vantagens na fase de aplicação devido à ausência de solventes e COV, contribuindo para menores emissões. No entanto, a presença de Nonilfenol, um componente tóxico para organismos aquáticos, representa um risco ambiental significativo em caso de vazamentos ou descarte inadequado. Sua baixa biodegradabilidade aumenta a persistência no meio ambiente, exigindo descarte controlado.

5.4.2 Manta Asfáltica

A manta asfáltica demonstrou menor toxicidade imediata, mas sua alta persistência e mobilidade no solo aumentam os riscos de contaminação de lençóis freáticos em caso de descarte inadequado. A necessidade de coprocessamento ou aterros industriais para o descarte também representa um desafio logístico.

Ambos os materiais apresentam desafios ambientais. A borracha líquida é menos agressiva durante a aplicação, por não utilizar solventes e possuir baixos níveis de compostos orgânicos voláteis (COVs), o que está alinhado às observações de Freitas (apud Righi, 2009). Contudo, certos aditivos utilizados em sua composição, como o nonilfenol, podem causar impactos negativos ao meio ambiente em casos de descarte inadequado, conforme discutido por Barreiros (2019).

Por outro lado, a produção da manta asfáltica envolve o uso de derivados de petróleo, que possuem baixa biodegradabilidade, tornando seu ciclo de vida ambientalmente mais oneroso. Essa questão é destacada por Oliveira et al. (2021), que reforçam a necessidade de gestão correta de resíduos e de práticas sustentáveis, independentemente do sistema escolhido.

5.5 COMPARAÇÃO GERAL

A tabela 3 sintetiza os principais resultados obtidos na análise comparativa:

TABELA 3 – QUADRO GERAL DE COMPARAÇÃO

Critério	Manta Asfáltica	Borracha Líquida
Facilidade de Aplicação	Maior Complexidade	Mais Simples
Tempo de Execução	Maior	Menor
Vida Útil	15-20 anos	10-15 anos
Custo Total	R\$ 29.488,50	R\$ 20.031,60
Impacto Ambiental	Baixa Biodegradabilidade	Toxicidade para organismos

Fonte: elaborado pela autora.

Os resultados destacam que a escolha entre os dois sistemas depende do contexto específico de aplicação:

- a) Borracha Líquida: Recomendável para projetos que demandam flexibilidade, rapidez na execução e menor impacto ambiental durante a aplicação, conforme salientado por Montecielo e Edler (2016).
- b) Manta Asfáltica: Indicado para aplicações onde a durabilidade é prioritária e os custos de manutenção a longo prazo são mais relevantes, como destacado por Almeida (2020).

Os dados apresentados contribuem para orientar a escolha de sistemas de impermeabilização de forma mais embasada, considerando aspectos técnicos, financeiros e ambientais. Este estudo também reforça a importância de capacitar profissionais para a aplicação adequada dos materiais e de implementar políticas de sustentabilidade que minimizem o impacto ambiental, conforme sugerido por Carvalho (2023).

6 CONCLUSÃO

Este estudo comparativo entre a manta asfáltica e a borracha líquida como sistemas de impermeabilização para lajes revelou que ambas as tecnologias possuem características únicas que atendem a diferentes demandas de projetos de construção civil. A análise abrangeu critérios técnicos como facilidade de aplicação, durabilidade, custo e impacto ambiental, permitindo identificar os pontos fortes e as limitações de cada material.

A borracha líquida destacou-se pela simplicidade e praticidade em sua aplicação, exigindo ferramentas básicas e menos preparo do substrato. Esse fator a torna uma escolha atrativa em projetos que priorizam agilidade e menor complexidade técnica. Em contrapartida, a manta asfáltica requer maior qualificação da mão de obra e equipamentos especializados, o que aumenta o tempo de execução e a complexidade operacional.

A durabilidade da manta asfáltica, estimada entre 15 e 20 anos, é superior à da borracha líquida, que varia de 10 a 15 anos, dependendo das condições de aplicação e exposição. No entanto, a borracha líquida demonstrou maior adaptabilidade a movimentações estruturais, reduzindo o risco de fissuras em áreas sujeitas a deformações. Assim, a escolha do material depende da natureza do projeto, considerando a necessidade de flexibilidade ou resistência a longo prazo.

Do ponto de vista financeiro, a borracha líquida apresentou um custo total significativamente inferior, sendo aproximadamente 32% mais econômica em comparação à manta asfáltica. Essa diferença de custo é particularmente relevante em projetos de médio a grande porte, onde a economia por metro quadrado pode representar um impacto expressivo no orçamento total.

Ambos os materiais possuem características que requerem atenção no descarte e manuseio. A manta asfáltica apresentou menor toxicidade imediata, mas sua baixa biodegradabilidade e alta mobilidade no solo aumentam os riscos de contaminação ambiental a longo prazo. A borracha líquida, apesar de menos nociva durante a aplicação, contém componentes tóxicos para organismos aquáticos, exigindo cuidados rigorosos em caso de vazamentos. Ambos os sistemas requerem descarte controlado para mitigar impactos ambientais.

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que a escolha entre a manta asfáltica e a borracha líquida deve considerar as especificidades do projeto e suas prioridades. A manta asfáltica é indicada para projetos que demandam maior durabilidade e resistência

mecânica, enquanto a borracha líquida se destaca em situações que requerem flexibilidade, agilidade na aplicação e economia.

Além disso, o impacto ambiental dos dois materiais destaca a importância de um planejamento adequado que inclua práticas de descarte responsável e conformidade com regulamentações ambientais. Assim, a adoção de soluções que equilibrem desempenho técnico, custo e sustentabilidade deve ser uma prioridade no setor da construção civil.

Este trabalho contribui para a tomada de decisão no setor da construção civil ao fornecer uma análise detalhada das principais tecnologias de impermeabilização de lajes disponíveis no mercado. Espera-se que as conclusões aqui apresentadas sirvam como base para escolhas mais conscientes, que priorizem não apenas os aspectos técnicos e financeiros, mas também as implicações ambientais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. NBR 5413: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. NBR 10152: Níveis de ruídos para conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. NBR 16401: Instalações de ar-condicionado – sistemas centrais e unitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ALMEIDA, R. Umidade ascensional em edificações: causas e soluções. *Revista Engenharia Habitacional*, v. 14, n. 2, p. 22-30, 2015.

ALMEIDA, J. Custos de Manutenção no Programa Minha Casa Minha Vida. *Revista Brasileira de Engenharia Habitacional*, v. 12, n. 3, p. 45-60, 2020.

ANIMA EDUCAÇÃO REPOSITÓRIO. PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2024. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br>. Acesso em: 7 jan. 2025.

Barbosa, Guilherme Vieira. *Patologias em obras do programa minha casa minha vida.* / Guilherme Vieira Barbosa. – Paracatu, 2021. 23 f. il.

BARREIROS, José V. Patologias em residência unifamiliares associadas a falha ou falta de impermeabilização: estudo de casos. Palhoça: UNISUL, 2019.

BERTOTTO, P. Infiltrações em edifícios – A busca das causas. IBAPE Nacional, 2021.

BRASIL. Controladoria-Geral da União. Minha Casa, Minha Vida: 56,4% dos imóveis avaliados apresentam defeitos na construção. 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/cgu/pt-br/assuntos/noticias/2017/08/minha-casa-minha-vida-56-4-dos-imoveis-avaliados-apresentam-defeitos-na-construcao>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

CARDOSO, J. Patologias construtivas associadas à umidade de obra. *Construção Sustentável*, v. 5, n. 2, p. 33-42, 2020.

CARVALHO, L. Controle Social e Qualidade em Programas Habitacionais. *Habitat e Sociedade*, v. 18, n. 2, p. 30-48, 2023.

CHECKLIST FÁCIL. Manutenção Preventiva: Quando Fazer, Exemplos e Mais [Guia]. 2024. Disponível em: <https://checklistfacil.com>. Acesso em: 7 jan. 2025.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil: tabelas de composição analítica, sintética e insumos. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/caixa>. Acesso em: 06 jan. 2025.

FIGUEREDO, Vanessa Saldanha et al. Impermeabilização com manta asfáltica de uma laje plana de cobertura. *Revista Construindo*, Belo Horizonte, v. 9, ed. esp. de Patologia, p. 62–72, jul.–dez. 2017. Disponível em: <http://www.fumec.br/revistas/construindo/index>. Acesso em: 06 nov. 2024.

FERREIRA, Karine; ZAMBRANO, Letícia. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE HABITAÇÕES DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2019. Anais [...]. [S. l.], 2019. p. 1074–1087. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbqp/article/view/3209>. Acesso em: 7 jan. 2025.

LICHTENSTEIN, Norberto Blumenfeld. Patologia das construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações. 1985. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MONTECIELO, J.; EDLER, M. A. R. Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2016.

MORAES, Claudio Roberto Klein de. Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre. 2002. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

OLIVEIRA, F.; SANTOS, R.; PEREIRA, T. Efeitos da umidade em ambientes internos: um olhar sobre a saúde dos ocupantes. *Revista Engenharia Habitacional*, v. 18, n. 4, p. 78-89, 2018.

OLIVEIRA, F.; SANTOS, R.; PEREIRA, T. Detecção de infiltração em áreas internas de edificações com termografia infravermelha: estudo de caso. *Ambiente Construído*, v. 18, n. 4, p. 329-340, 2018.

OLIVEIRA, F.; SANTOS, R.; PEREIRA, T. Desempenho térmico e sustentabilidade em edificações. *Revista de Engenharia Habitacional*, v. 18, n. 2, p. 45-58, 2021.

OLIVEIRA, F.; SANTOS, R.; PEREIRA, T. Falhas Construtivas no Programa MCMV: Diagnóstico e Soluções. *Revista de Engenharia Civil*, v. 25, n. 1, p. 12-28, 2021.

PAZ, L. F. da Láylla Cristhine de A. Costa, Matheus O. de Paula, Wagner Junior D. de Almeida e Fernando A. da S. Fernandes. Levantamento de patologias causadas por umidade em uma edificação na cidade de Palmas – TO. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria*, v. 20, n. 1, jan.-abr. 2016, p. 174-180 *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM*.

PEREIRA, M.; SOUZA, A. Impactos da Umidade na Saúde dos Moradores. *Saúde e Ambiente*, v. 15, n. 4, p. 50-64, 2019.

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

PINETTI, Cinthia Cristina Hirata. Impermeabilização em lajes de cobertura: análise da execução com sistema flexível de manta asfáltica. 2012. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construções Cívicas: Excelência Construtiva e Anomalias) – Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.

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

QUERUZ, Francisco. Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga. 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

RIGHI, Geovane Venturini. Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos. 2009. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SABBATINI, F. et al. Impermeabilização – sistemas e execução. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 2006. 20 p. Disponível em: <http://pcc2436.pcc.usp.br>. Acesso em: 06 set. 2009.

SANTOS, J. P.; ALMEIDA, R. Diagnóstico e Prevenção de Patologias em Edificações. São Paulo: Editora Técnica, 2019.

SANTOS, F. Levantamento de patologias causadas por umidade em uma edificação na cidade de Palmas - TO. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 24, p. 19063, 2020.

SANTOS, F. Umidade em edificações: impactos na salubridade e manutenção. Habitat e Saúde, v. 12, n. 1, p. 33-47, 2021.

SANTOS, Julie Anne Braun dos. Desenvolvimento de metodologia para avaliação da transferência de fissuras em sistemas de impermeabilização aderidos. 2021. 177 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

SANTOS, V. Tecnologias Sustentáveis na Construção Habitacional. *Revista de Inovação e Sustentabilidade na Construção*, v. 10, n. 3, p. 100-115, 2022.

SILVA, G.; PEREIRA, M. Prevenção de infiltrações: boas práticas e requisitos normativos. *Construção e Sociedade*, v. 12, n. 4, p. 23-35, 2018.

SILVA, G. Qualidade e Fiscalização em Programas Habitacionais. *Construção e Sociedade*, v. 14, n. 2, p. 89-102, 2018.

SILVA, G.; PEREIRA, M. Prevenção de infiltrações: boas práticas e requisitos normativos. *Construção e Sociedade*, v. 12, n. 4, p. 23-35, 2018.

TERRA. A Umidade e os Riscos que ela proporciona. 2024. Disponível em: <https://www.terra.com.br>. Acesso em: 7 jan. 2025.

VERÇOZA, Enio José. Patologia das edificações. Porto Alegre: Sagra, 1985. 172 p.