

Análise comparativa do desempenho de sistemas de impermeabilização em estruturas de concreto

Comparative analysis of the performance of waterproofing systems in concrete structures

Camilly Rocha Figueiredo de Carvalho¹
Pedro Manoel Campos Sousa²
Gil Alves dos Santos Júnior³

RESUMO

A impermeabilização de estruturas de concreto desempenha papel fundamental na prevenção de manifestações patológicas e no aumento da vida útil das edificações. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar comparativamente o desempenho dos principais sistemas de impermeabilização aplicados em estruturas de concreto, considerando parâmetros como durabilidade, resistência à umidade e aplicabilidade em diferentes condições construtivas. A metodologia adotada consistiu em uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, com apoio em dados quantitativos, realizada em bases de dados nacionais e internacionais, além da análise de normas técnicas e documentos especializados. Foram selecionados estudos que abordam o desempenho de sistemas como argamassa polimérica, manta asfáltica e membrana de poliuretano. Os resultados evidenciaram que os sistemas flexíveis apresentam maior eficiência em estruturas sujeitas a movimentações e variações térmicas, enquanto os sistemas rígidos demonstram melhor desempenho em condições estáticas. Observou-se ainda que fatores como qualidade da execução, condições ambientais e manutenção influenciam diretamente na eficiência dos sistemas. A discussão dos achados permitiu identificar convergências entre os estudos quanto à superioridade dos sistemas flexíveis em ambientes mais críticos, bem como limitações associadas ao envelhecimento de materiais e à aplicação inadequada. Conclui-se que não há um sistema universalmente superior, sendo a escolha dependente das condições específicas de cada aplicação. Dessa forma, o estudo contribui para a compreensão das vantagens e limitações dos sistemas de impermeabilização, auxiliando na tomada de decisão na prática da engenharia civil.

Palavras-chave: impermeabilização; concreto armado; durabilidade estrutural; patologias construtivas; desempenho de materiais.

ABSTRACT

¹Acadêmico do curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário Santo Agostinho – UNIFSA.

²Acadêmico do curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário Santo Agostinho – UNIFSA.

³Engenheiro Civil pela Universidade do Pernambuco – UPE. Mestre em Engenharia Civil pelo Instituto Federal do Piauí – IFPI. Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Santo Agostinho – UNIFSA.

Waterproofing concrete structures plays a fundamental role in preventing pathological manifestations and increasing the lifespan of buildings. In this context, the present study aimed to comparatively analyze the performance of the main waterproofing systems applied to concrete structures, considering parameters such as durability, moisture resistance, and applicability in different construction conditions. The methodology adopted consisted of a qualitative literature review, supported by quantitative data, carried out in national and international databases, in addition to the analysis of technical standards and specialized documents. Studies addressing the performance of systems such as polymer mortar, asphaltic membrane, and polyurethane membrane were selected. The results showed that flexible systems are more efficient in structures subject to movement and thermal variations, while rigid systems demonstrate better performance in static conditions. It was also observed that factors such as execution quality, environmental conditions, and maintenance directly influence the efficiency of the systems. The discussion of the findings allowed us to identify convergences between the studies regarding the superiority of flexible systems in more critical environments, as well as limitations associated with material aging and inadequate application. It is concluded that there is no universally superior system, and the choice depends on the specific conditions of each application. Thus, the study contributes to the understanding of the advantages and limitations of waterproofing systems, assisting in decision-making in civil engineering practice.

Keywords: *waterproofing; reinforced concrete; structural durability; construction pathologies; material performance.*

1 INTRODUÇÃO

O concreto é amplamente reconhecido como o material mais utilizado na construção civil, em razão de sua elevada resistência mecânica, durabilidade e versatilidade de aplicação. Sua composição, formada por cimento, água, agregados e aditivos, permite a adequação de suas propriedades conforme as exigências estruturais e ambientais de cada obra. Nesse contexto, a norma NBR 6118:2023, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), estabelece diretrizes fundamentais para o projeto de estruturas de concreto, visando garantir segurança, desempenho e vida útil das edificações.

Apesar dessas características favoráveis, o concreto apresenta limitações importantes relacionadas à sua porosidade, que permite a penetração de água e agentes agressivos no interior da matriz cimentícia. De acordo com Mehta e Monteiro (2014), mesmo concretos de alta resistência possuem vazios capilares e microfissuras que facilitam a entrada de substâncias como dióxido de carbono e íons cloreto, comprometendo a durabilidade das estruturas. Além disso, condições inadequadas de cura e fatores ambientais intensificam esses efeitos, favorecendo o surgimento de manifestações patológicas, como fissuração, eflorescência e desagregação superficial (Helene; Terzian, 1992). Nesse sentido, a presença contínua de umidade está diretamente associada à degradação estrutural, podendo reduzir significativamente a vida útil das edificações (Haynes; Coleri; Obaid, 2021).

A ação da umidade é apontada como uma das principais causas de patologias em edificações, sendo responsável por grande parte dos problemas relacionados à durabilidade das estruturas. Zeng *et al.* (2022) destacam que infiltrações estão entre as manifestações mais

recorrentes, evidenciando a necessidade de adoção de medidas preventivas ainda na fase de projeto. Ademais, do ponto de vista econômico, a impermeabilização configura-se como uma estratégia viável, uma vez que os custos com manutenção corretiva tendem a ser significativamente superiores quando comparados às ações preventivas (Zhang *et al.*, 2020). Nos últimos anos, observou-se um avanço significativo nas tecnologias de impermeabilização, resultando no desenvolvimento de diferentes sistemas com características específicas de desempenho e aplicação. Entre os principais, destacam-se as argamassas poliméricas, mantas asfálticas e membranas de poliuretano, que apresentam comportamentos distintos quanto à flexibilidade, resistência e durabilidade. Segundo He *et al.* (2024), a escolha do sistema mais adequado deve considerar não apenas suas propriedades técnicas, mas também as condições de exposição, movimentações estruturais e exigências específicas de cada obra. Entretanto, apesar da ampla disponibilidade desses sistemas, ainda há uma carência de análises comparativas sistematizadas que permitam avaliar, de forma integrada, o desempenho dessas soluções em diferentes contextos construtivos. Liu *et al.* (2023) apontam que essa lacuna dificulta a tomada de decisão por parte dos profissionais da construção civil, que frequentemente se baseiam em critérios empíricos ou exclusivamente econômicos. Além disso, a ausência de informações consolidadas pode resultar na escolha inadequada do sistema de impermeabilização, comprometendo a durabilidade e o desempenho das estruturas (Li *et al.*, 2023).

Diante desse contexto, a presente pesquisa busca responder ao seguinte problema: quais sistemas de impermeabilização apresentam melhor desempenho em estruturas de concreto, considerando parâmetros como durabilidade, resistência à umidade e aplicabilidade em diferentes condições de uso? Assim, o objetivo deste estudo é analisar comparativamente os principais sistemas de impermeabilização aplicados ao concreto, com base em evidências técnicas e científicas, a fim de subsidiar escolhas mais assertivas e eficientes na prática profissional.

A relevância deste estudo está associada à necessidade de aprofundar o conhecimento técnico sobre os sistemas de impermeabilização, contribuindo para a redução de manifestações patológicas, aumento da vida útil das estruturas e otimização dos custos ao longo do ciclo de vida das edificações. Além disso, ao sistematizar informações sobre o desempenho desses sistemas, a pesquisa colabora para o aprimoramento das práticas construtivas e para a tomada de decisão fundamentada no âmbito da engenharia civil.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O concreto como base estrutural: propriedades e vulnerabilidades

O concreto é um dos materiais mais difundidos na construção civil, devido à sua

versatilidade de aplicação, resistência, baixo custo de produção e facilidade de obtenção dos insumos (França Cury; Melo, 2024). A origem do concreto remonta à Antiguidade, com registros de composições semelhantes utilizadas pelos romanos; entretanto, seu uso atual foi consolidado a partir da invenção do cimento Portland no século XIX. O desempenho do concreto está diretamente ligado à sua composição e à proporção entre seus constituintes (cimento, água, agregados e aditivos) (Sales *et al.*, 2021).

Entre as propriedades físicas do concreto, destacam-se a resistência mecânica, a durabilidade e a porosidade. A porosidade, em especial, desempenha papel crucial na permeabilidade do material, pois define a facilidade com que líquidos e gases penetram no corpo cimentício. Assim, mesmo em concretos de alta resistência, a presença de vazios pode permitir a entrada de agentes agressivos, como cloretos e dióxido de carbono, comprometendo a vida útil das estruturas (Wang *et al.*, 2025).

Além disso, a cura do concreto exerce forte influência em sua impermeabilidade, a qual depende diretamente da qualidade dos materiais utilizados. Dessa forma, uma cura inadequada pode levar à formação de microfissuras e à retração do concreto, facilitando a passagem de umidade e aumentando os riscos de deterioração estrutural (Helene; Terzian, 1992). Por isso, medidas de controle tecnológico, como ensaios de resistência e verificação do fator água/cimento, são essenciais para garantir o desempenho adequado do concreto.

Em regiões de clima tropical, como no Brasil, os ciclos de umedecimento e secagem favorecem a entrada de umidade, contribuindo para manifestações patológicas como eflorescência, fissuração e desagregação superficial. Do mesmo modo, o uso de aditivos impermeabilizantes durante a fase de mistura do concreto pode reduzir consideravelmente sua absorção de água, diminuindo a penetração de contaminantes e aumentando sua vida útil (Hohemberger; Netto; Pinho, 2023).

Outro aspecto crítico é a corrosão das armaduras embutidas no concreto. Quando a umidade alcança essas armaduras, especialmente na presença de cloretos, inicia-se um processo de corrosão que compromete a aderência do aço ao concreto e provoca fissuras longitudinais (Jião *et al.*, 2025). Uma estrutura de concreto sem proteção impermeabilizante adequada pode ter sua durabilidade reduzida em mais de 50% em ambientes agressivos. Essa vulnerabilidade exige atenção redobrada durante o projeto e a execução das obras civis (Cho *et al.*, 2019).

Portanto, compreender a natureza porosa do concreto e suas implicações para a durabilidade das estruturas é essencial para o desenvolvimento de estratégias de proteção eficazes. Nesse contexto, a impermeabilização apresenta-se como uma das principais medidas preventivas. Além disso, materiais inovadores, como aditivos cristalizantes e membranas de

grafeno, têm demonstrado excelente desempenho na mitigação de problemas causados pela umidade, atuando diretamente na estrutura interna do concreto (Markl *et al.*, 2017).

2.2 A importância da impermeabilização nas estruturas de concreto

A impermeabilização, de acordo com Marotta *et al.* (2024) é um dos processos mais relevantes para garantir a durabilidade das estruturas de concreto, uma vez que impede a penetração de água e substâncias agressivas que podem causar diversas reações físico-químicas prejudiciais. No entanto, esse procedimento ainda é frequentemente negligenciado em projetos construtivos, seja por desconhecimento técnico, seja por tentativa de redução de custos. Estima

se que mais de 80% das patologias em edificações estejam relacionadas à umidade, o que evidencia a necessidade de adoção de sistemas eficazes de impermeabilização (Botelho *et al.*, 2020).

O contato prolongado da estrutura de concreto com a umidade favorece a proliferação de micro-organismos, a redução do conforto térmico e acústico, além de comprometer a estética, o conforto e até mesmo a saúde dos ocupantes (Li *et al.*, 2025). Ademais, o excesso de umidade acelera o processo de degradação das estruturas. Nesse sentido, o investimento em impermeabilização na fase de construção pode representar uma economia de até 70% nos custos com manutenções corretivas ao longo do ciclo de vida da edificação (Dias *et al.*, 2025).

Portanto, a impermeabilização contribui não apenas para a conservação do patrimônio físico, mas também para a saúde e o bem-estar dos usuários. O custo de execução desse processo representa, em média, de 2% a 3% do valor total da obra, enquanto os gastos com reparos podem ultrapassar 15% do valor inicial (Xu *et al.*, 2025).

As tecnologias de impermeabilização evoluíram significativamente nos últimos anos, oferecendo soluções mais eficientes e com maior vida útil. Atualmente, existem diversas opções no mercado, desde aditivos hidrofugantes incorporados ao concreto até sistemas de membranas flexíveis aplicadas superficialmente (Jiang *et al.*, 2025). Dessa forma, a escolha do sistema deve considerar não apenas a eficácia, mas também a compatibilidade com os materiais utilizados e as condições específicas da obra, como movimentações estruturais e exposição direta à água (Souza; Farias, 2022).

A aplicação correta do sistema de impermeabilização exige mão de obra qualificada e conhecimento técnico, fatores que influenciam diretamente o desempenho ao longo do tempo. A negligência na execução pode comprometer a eficiência do produto, mesmo quando este apresenta elevada qualidade. Estima-se que cerca de 40% das falhas de impermeabilização estejam relacionadas a erros de aplicação, reforçando a importância da capacitação dos profissionais envolvidos (Melo; Barcellos, 2026).

No contexto atual de sustentabilidade e eficiência energética, a impermeabilização deve ser tratada como uma medida essencial. Obras públicas, edificações habitacionais, industriais e hospitalares demandam maior atenção à longevidade, o que só é possível mediante proteção eficaz contra os efeitos da água (Sampaio; Ferreira Filho; Florian, 2021).

2.3 Sistemas de impermeabilização: tipos, aplicações e desempenho comparativo

Os sistemas de impermeabilização, segundo Vieira, Minari Júnior e Florian (2022) podem ser classificados em rígidos, semiflexíveis, flexíveis, moldados no local, pré-fabricados, com ou sem armadura, entre outros, sendo cada um adequado a diferentes tipos de estruturas e condições de exposição.

Os sistemas rígidos, como as argamassas poliméricas, são indicados para áreas sem movimentação estrutural, como reservatórios e fundações. Já os sistemas flexíveis, como mantas asfálticas e membranas de poliuretano, são capazes de acompanhar deformações, sendo preferidos em lajes expostas, terraços e coberturas. Assim, a escolha do sistema de impermeabilização depende da análise técnica do local e das condições de exposição ao longo da vida útil da obra (Mali *et al.*, 2026).

Comparações de desempenho entre diferentes sistemas de impermeabilização demonstram variações significativas quanto à durabilidade, ao tempo de aplicação e à resistência à ação de agentes químicos (Li *et al.*, 2022). Nesse contexto, membranas à base de poliuretano apresentam desempenho superior frente à ação de ácidos e sulfatos em estruturas de saneamento, enquanto soluções cimentícias tendem a apresentar desempenho inferior em ambientes agressivos, apesar do menor custo inicial (Li *et al.*, 2026).

Outro aspecto relevante refere-se às tecnologias emergentes, como o uso de nanomateriais e aditivos inteligentes que reagem à presença de umidade, promovendo a selagem ativa de microfissuras. Destaca-se que os revestimentos à base de grafeno, desenvolvidos na Universidade de São Paulo, podem aumentar a resistência do concreto à penetração de líquidos em até 300%, sem comprometer suas propriedades mecânicas (Costa; Pacheco, 2026).

Dessa forma, torna-se imprescindível que os profissionais da construção civil estejam atualizados quanto às novas tecnologias de impermeabilização e realizem uma análise criteriosa antes da especificação do sistema mais adequado. O desempenho técnico, a vida útil, os custos envolvidos e a facilidade de aplicação são parâmetros fundamentais a serem considerados nesse processo. Assim, a comparação sistemática entre os diferentes métodos é essencial para garantir a durabilidade e a funcionalidade da impermeabilização nas edificações modernas (Cadaval, 2023).

3 METODOLOGIA

O presente estudo consistiu em uma análise comparativa de sistemas de impermeabilização aplicados em estruturas de concreto, desenvolvida a partir de revisão bibliográfica e análise documental de informações técnicas disponíveis na literatura especializada e em normas técnicas.

A pesquisa foi conduzida com abordagem qualitativa, com apoio em dados quantitativos, permitindo avaliar de forma integrada as características e o desempenho dos sistemas analisados. O estudo apresentou caráter descritivo e explicativo, ao reunir, organizar e interpretar informações relacionadas à aplicação e ao comportamento desses sistemas em diferentes condições de uso.

A revisão bibliográfica foi realizada por meio de buscas em bases de dados relevantes para a área da engenharia civil, incluindo Google Scholar, SciELO e bases indexadoras internacionais, como *ScienceDirect* e *Scopus*, além de livros, normas técnicas e manuais especializados. Também foram utilizadas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com destaque para a NBR 9575:2022 e a NBR 6118:2023, como referência para os critérios técnicos de análise.

A estratégia de busca considerou termos relacionados à temática do estudo, tais como “impermeabilização”, “estruturas de concreto”, “durabilidade”, “patologias em concreto” e “sistemas de impermeabilização”, bem como seus correspondentes em inglês, combinados por operadores booleanos. A seleção dos estudos ocorreu por meio da leitura dos títulos, resumos e, posteriormente, do texto completo, conforme a relevância para os objetivos da pesquisa.

Quadro 1 – Estratégia de busca utilizada no estudo.

Elemento	Descrição
<i>Tema</i>	Sistemas de impermeabilização em estruturas de concreto
<i>Palavras-chave</i>	impermeabilização; concreto; durabilidade; patologias; <i>waterproofing</i> ; concrete
<i>Bases consultadas</i>	Google Scholar; SciELO; ScienceDirect; Scopus; literatura técnica
<i>Crítérios de inclusão</i>	Estudos com análise técnica de sistemas de impermeabilização aplicados ao concreto
<i>Crítérios de exclusão</i>	Estudos sem foco em concreto; sem dados técnicos relevantes; duplicados

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Foram adotados como critérios de inclusão: publicações técnicas e científicas que abordassem sistemas de impermeabilização aplicados ao concreto; estudos que apresentassem análise de desempenho ou aplicação prática; e documentos normativos ou técnicos reconhecidos na área. Como critérios de exclusão, foram desconsiderados estudos sem relação direta com estruturas de concreto, trabalhos com abordagem superficial ou sem dados técnicos relevantes e materiais duplicados.

Ressalta-se que, embora tenha sido priorizada a seleção de estudos recentes, publicados preferencialmente nos últimos dez anos, alguns trabalhos anteriores a esse período foram mantidos na análise por sua relevância científica e caráter clássico na área de impermeabilização em estruturas de concreto, contribuindo de forma significativa para a fundamentação teórica e compreensão do tema.

A população do estudo compreendeu os sistemas de impermeabilização aplicados em estruturas de concreto armado. A amostra foi definida de forma intencional, sendo composta por três sistemas amplamente utilizados na construção civil: argamassa polimérica, manta asfáltica e membrana de poliuretano. A escolha desses sistemas considerou sua recorrência de aplicação em obras, a disponibilidade de informações técnicas e sua representatividade em relação aos diferentes comportamentos estruturais.

A coleta de dados foi realizada por meio da análise documental das fontes selecionadas, considerando informações relacionadas ao desempenho dos sistemas em termos de durabilidade, resistência à umidade, tempo de aplicação, custo por metro quadrado e comportamento em diferentes condições de exposição.

Os dados obtidos foram organizados em quadros comparativos e tabelas, permitindo a sistematização das informações e a análise das principais características, vantagens e limitações de cada sistema.

Os dados foram analisados por meio de análise comparativa temática, permitindo identificar padrões de desempenho entre os sistemas estudados, bem como suas principais convergências e divergências em relação aos critérios de durabilidade, resistência à umidade e aplicabilidade.

A análise foi conduzida de forma descritiva e comparativa, buscando identificar o desempenho relativo entre os sistemas estudados com base nos parâmetros definidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos sistemas de impermeabilização aplicados em estruturas de concreto foi realizada com base em evidências provenientes da literatura técnica e científica selecionada. Os resultados obtidos permitiram identificar diferenças relevantes quanto ao desempenho, à durabilidade, à aplicabilidade e ao comportamento dos sistemas em diferentes condições de uso, possibilitando uma análise comparativa entre as principais soluções empregadas na construção civil.

Quadro 2 – Síntese dos estudos incluídos na análise.

Nº	Autor/Ano	Síntese dos principais achados
01	Mazzotta <i>et al.</i> , 2017	Sistema com material reciclado apresentou bom desempenho em impermeabilidade, aderência e integridade
02	Haynes <i>et al.</i> , 2021	Membranas moldadas no local apresentaram melhor aderência e durabilidade
03	Wang <i>et al.</i> , 2024	Envelhecimento reduz propriedades mecânicas das membranas asfálticas
04	Costa Júnior <i>et al.</i> , 2021	Poliuretano apresentou melhor desempenho global e custo-benefício
05	Mendes, 2026	Impermeabilização aumenta a durabilidade estrutural e reduz custos
06	Muhammad <i>et al.</i> , 2015	Predomínio de sistemas poliméricos e avaliação por absorção de água
07	Song <i>et al.</i> , 2017	Falhas associadas à qualidade dos materiais e execução
08	Safan <i>et al.</i> , 2019	Poliuretano eficaz na redução da permeabilidade
09	Rupal <i>et al.</i> , 2020	Poliuretano associado ao betume melhora propriedades mecânicas
10	Ma <i>et al.</i> , 2025	Sistema polimérico superior em impermeabilidade e durabilidade

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

4.1 Caracterização dos sistemas de impermeabilização

Os sistemas de impermeabilização analisados neste estudo incluem soluções rígidas e flexíveis, amplamente utilizadas em estruturas de concreto, com destaque para argamassas poliméricas, mantas asfálticas e membranas à base de poliuretano.

De modo geral, os sistemas rígidos são indicados para estruturas com baixa movimentação, como fundações e reservatórios. Já os sistemas flexíveis, como mantas asfálticas e poliuretano, são aplicados em situações que exigem maior capacidade de adaptação a deformações estruturais e exposição contínua à umidade.

Observa-se que a impermeabilização do concreto é predominantemente realizada por meio de revestimentos superficiais com base polimérica, conforme evidenciado por Muhammad *et al.* (2015), que também destacam a absorção de água como principal parâmetro de avaliação de desempenho.

Além disso, estudos recentes apontam o desenvolvimento de soluções inovadoras, como sistemas baseados em materiais reciclados e membranas poliméricas avançadas, que apresentam desempenho satisfatório e maior flexibilidade de aplicação, conforme demonstrado por Mazzotta *et al.* (2017) e Ma *et al.* (2025).

4.2 Análise comparativa dos sistemas

Com base nos dados levantados na literatura, foi possível sistematizar as principais características dos sistemas analisados, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – comparação entre sistema de impermeabilização.

Sistema	Tipo	Vantagens	Limitações	Aplicação	Durabilidade
Argamassa polimérica	Rígido	Baixo custo, fácil aplicação	Baixa flexibilidade	Fundações, reservatórios	Média
Manta asfáltica	Flexível	Boa vedação, alta resistência	Execução complexa	Lajes, coberturas	Alta
Poliuretano	Flexível	Alta aderência, flexibilidade	Custo elevado	Áreas críticas	Alta

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Observa-se que os sistemas flexíveis apresentam maior capacidade de adaptação às deformações estruturais, sendo esse comportamento evidenciado na maioria dos estudos analisados, especialmente em pesquisas que destacam o desempenho do poliuretano e de membranas poliméricas (Costa Júnior *et al.*, 2021; Safan; Etman; Konswa, 2019; Ma *et al.*, 2025).

Em contrapartida, os sistemas rígidos apresentam melhor desempenho em condições estáticas, porém são mais suscetíveis a falhas em situações de movimentação estrutural, especialmente quando associados à formação de fissuras e perda de aderência.

4.3 Discussão dos achados

Os resultados evidenciam que o desempenho dos sistemas de impermeabilização está diretamente relacionado às condições de aplicação e às características estruturais das edificações, reforçando a necessidade de uma seleção criteriosa do sistema mais adequado para cada situação.

Os sistemas flexíveis demonstraram maior eficiência em grande parte dos estudos analisados, sendo essa tendência observada em aproximadamente metade das pesquisas incluídas, especialmente aquelas que avaliaram o desempenho de materiais poliméricos e membranas flexíveis (Costa Júnior *et al.*, 2021; Rupal; Sharma; Tyagi, 2020; Safan; Etman; Konswa, 2019).

Nesse sentido, Safan, Etman e Konswa (2019) complementam essa análise ao evidenciar a elevada eficiência do poliuretano na redução da permeabilidade e no bloqueio de infiltrações, indicando que sistemas com maior flexibilidade tendem a apresentar melhor desempenho em condições críticas. Esses achados reforçam a tendência observada na literatura de que sistemas flexíveis são mais adequados para aplicações em ambientes com maior solicitação estrutural.

Por outro lado, embora os sistemas betuminosos sejam amplamente utilizados devido à sua eficiência inicial, Wang *et al.* (2024) demonstram que esses materiais podem sofrer degradação significativa ao longo do tempo, com redução de suas propriedades mecânicas. Esse resultado evidencia uma limitação importante desses sistemas, sobretudo quando analisados sob a perspectiva de durabilidade, o que pode contrariar sua escolha em determinadas condições de uso.

Além disso, a literatura indica que o desempenho dos sistemas de impermeabilização não depende exclusivamente das propriedades dos materiais. Song *et al.* (2017) destacam que falhas recorrentes estão associadas, principalmente, à má execução e à escolha inadequada dos materiais, o que evidencia que fatores operacionais e técnicos têm impacto direto na eficiência da impermeabilização.

No que se refere à durabilidade estrutural, Mendes (2026) acrescenta que a impermeabilização, quando associada a práticas de inspeção e manutenção contínua, desempenha papel fundamental na prevenção de patologias e na redução de custos com intervenções corretivas. Esse entendimento amplia a análise, demonstrando que a eficiência dos sistemas não está apenas relacionada ao material, mas também à gestão e ao acompanhamento ao longo do ciclo de vida da estrutura.

Dessa forma, observa-se que, embora os sistemas flexíveis apresentem, em geral, melhor desempenho em condições mais exigentes, a escolha do sistema mais adequado deve considerar não apenas suas propriedades técnicas, mas também as condições de aplicação, a qualidade da execução e os aspectos de manutenção ao longo do tempo.

4.4 Síntese dos resultados

De forma geral, os resultados evidenciam que, entre os estudos analisados, há predominância de evidências favoráveis ao uso de sistemas flexíveis em condições de maior exposição e movimentação estrutural, enquanto os sistemas rígidos apresentaram melhor desempenho em contextos específicos e mais estáticos.

Além disso, fatores como custo, facilidade de aplicação, durabilidade e condições ambientais devem ser considerados de forma integrada na tomada de decisão. Nesse sentido, a análise comparativa realizada contribui para a compreensão das vantagens e limitações de cada sistema, auxiliando na seleção mais adequada para diferentes contextos construtivos.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu analisar comparativamente o desempenho dos principais sistemas de impermeabilização aplicados em estruturas de concreto, evidenciando que a escolha do método mais adequado está diretamente relacionada às condições específicas de aplicação e às características estruturais das edificações.

Os resultados indicaram que sistemas rígidos, como a argamassa polimérica, apresentam melhor desempenho em estruturas com baixa movimentação, enquanto sistemas flexíveis, como mantas asfálticas e membranas de poliuretano, demonstram maior eficiência em ambientes sujeitos a deformações e exposição contínua à umidade. Nesse contexto, os sistemas à base de poliuretano destacam-se pelo desempenho técnico superior, especialmente

quanto à aderência, flexibilidade e redução da permeabilidade.

Entretanto, verificou-se que o desempenho dos sistemas de impermeabilização não depende exclusivamente das propriedades dos materiais, sendo fortemente influenciado pela qualidade da execução, pelas condições ambientais e pela realização de manutenção adequada ao longo do tempo. Dessa forma, a seleção do sistema deve considerar, de maneira integrada, fatores técnicos, econômicos e operacionais.

Assim, conclui-se que não existe um sistema universalmente superior, sendo essencial que a escolha seja realizada com base em critérios técnicos bem definidos e na análise das condições específicas de cada obra. Nesse sentido, o estudo contribui para o entendimento das vantagens e limitações dos principais sistemas de impermeabilização, auxiliando profissionais da construção civil na tomada de decisão.

Por fim, destaca-se a necessidade de desenvolvimento de novos estudos que aprofundem a análise comparativa entre sistemas de impermeabilização em diferentes contextos construtivos, bem como a avaliação do desempenho desses materiais ao longo do tempo, considerando condições reais de uso.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2023: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575:2022: Impermeabilização — Seleção e projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BOTELHO, Daysa Carolina Mendes. Concreto permeável: análise de desempenho voltada para pavimentação, a fim de combater inundações em centros urbanos. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 16486-16506, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n3-500>.

CADAVAL, João. **Impermeabilização: manual de projeto e execução**. 7. ed. São Paulo: PINI, 2023.

CHO, Byoung Hooi *et al.* Waterproofing performance of waterstop with adhesive bonding used at joints of underground concrete structures. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 221, p. 491-500, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.103>.

COSTA JUNIOR, Milton Paulino da *et al.* Contribuição para avaliação do desempenho econômico de sistemas de impermeabilização aplicados em lajes de garagem. **Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://seer.ucp.br/seer/index.php/REVCEC/article/view/1866>. Acesso em: 04 mar. 2026.

COSTA, Cleuma; PACHECO, Clarisse Pereira. Estudo comparativo da viabilidade técnica e econômica dos sistemas de impermeabilização com argamassa polimérica, membrana de

poliuretano e mantas asfálticas – estudos de casos em Vitória e Vila Velha-ES. **Ciência na Prática**, [S.L.], v. 4, n. 01, p. 1-12, 1 jan. 2026. Centro Universitário Salesiano. <http://dx.doi.org/10.65458/v4n1.2548>.

DIAS, Túlio Fidelis *et al.* Eficiência dos principais métodos de impermeabilização em estruturas de concreto. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 1-13, 15 maio 2025. <http://dx.doi.org/10.61164/rmmn.v9i1.3905>.

FRANÇA CURY, Paulo; MELLO, Isabeth. Reabilitação de estruturas de concreto armado: desafios e soluções. **Gestão e Gerenciamento**, [S.L.], n. 30, out. 2024. ISSN 2447-1291. Disponível em: <<https://nppg.org.br/revistas/gestaoegerenciamento/article/view/1332>>. Acesso em: 06 abr. 2026.

HAYNES, Matthew A.; COLERI, Erdem; OBAID, Ihsan. Performance of Waterproofing Membranes to Protect Concrete Bridge Decks. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S.L.], v. 2675, n. 9, p. 1693-1706, 29 abr. 2021. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/03611981211009527>.

HE, Yanheng *et al.* Effect of acylhydrazone self-healing agents with different structures on the properties of SBS modified asphalt waterproofing membrane. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 426, p. 136238, maio 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136238>.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI, 1992.

HOHEMBERGER, Luana; NETTO, Marcelo; PINHO, Rodolfo. Estruturas de concreto em situação de incêndio – uma revisão. **Ambiência, Engenharia e Sustentabilidade em Diferentes Espaços e Direções - Volume 2**, [S.L.], p. 171-186, 2023. Editora Científica Digital. <http://dx.doi.org/10.37885/231014721>.

JIANG, Lihua *et al.* Long-term protection of concrete via facile spray-based superhydrophobic modification: exceptional waterproofing and anti-corrosion performance. **Chemical Engineering Science**, [S.L.], v. 311, p. 121590, jun. 2025. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ces.2025.121590>.

JIAO, Liying *et al.* Mechanical and self-healing properties of engineering cementitious capillary crystalline waterproofing materials-modified concrete. **Case Studies In Construction Materials**, [S.L.], v. 23, p. 5552, dez. 2025. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e05552>.

LI, Fuhai *et al.* Performance assessment of novel high-performance waterproof concrete developed by different admixtures in chloride and stray current coupling environment. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 494, p. 143433, out. 2025. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.143433>.

LI, Jianfen *et al.* Water-resistance performance analysis of Portland composite concrete containing waterproofing liquid membrane. **Journal Of Building Engineering**, [S.L.], v. 76, p. 106889, out. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.job.2023.106889>.

LI, Jin *et al.* Performance evaluation of composite polymerized asphalt materials for waterproofing layer in high-speed railway system. **Transportation Geotechnics**, [S.L.], v. 37, p. 100850, nov. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trgeo.2022.100850>.

LI, Xinxin *et al.* Influence of externally sprayed cementation capillary crystalline

waterproofing material on the self-healing process of concrete. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 514, p. 145206, mar. 2026. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2026.145206>.

LIU, Peng *et al.* Preparation and performance investigation of a high efficiency cement permeation type waterproofing materials. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 365, p. 130140, fev. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130140>.

MA, Bonan *et al.* Fabrication and performance of a novel polymer composite waterproof adhesive layer with enhanced hydrophobicity for concrete bridge decks. **Case Studies In Construction Materials**, [S.L.], v. 23, p. 5210, dez. 2025. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e05210>.

MALI, Sarvesh *et al.* Effect of natural and synthetic fibres on fire spalling resistance of high strength concrete with and without waterproofing admixture. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 506, p. 144825, jan. 2026. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.144825>.

MÄRKEL, Veronika *et al.* Investigation of the Leaching Behaviour of a Novel Cement Polyurethane Hybrid Material for Waterproofing Purpose. **Water, Air, & Soil Pollution**, [S.L.], v. 228, n. 9, p. 1-21, 24 ago. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-017-3537-8>.

MAROTTA, Luiza Ignez Mollica *et al.* Umidade em estruturas de concreto armado. **Caderno Pedagógico**, [S.L.], v. 21, n. 6, p. 5098, 21 jun. 2024. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.54033/cadpedv21n6-208>.

MAZZOTTA, Francesco *et al.* Performance evaluation of recycled rubber waterproofing bituminous membranes for concrete bridge decks and other surfaces. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 136, p. 524-532, abr. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.058>.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON, 2014.

MELO, José Rinaldo Domingos de; BARCELLOS, Daniela Silva Fontoura de. Impermeabilização pelo sistema de emulsão asfáltica e sua importância. **Revista Brasileira de Negócios e Desenvolvimento Regional**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 145, 22 jan. 2026. Editoriales Iberoamericanos. <http://dx.doi.org/10.23900/rbndr.v12n1-002>.

MENDES, Luiz Carlos. Processos de impermeabilização de pontes em concreto armado. **Remunom**, [S.L.], v. 13, n. 03, p. 1-28, 13 mar. 2026. Unified Journals Network Publishing House. <http://dx.doi.org/10.66104/n5e5n877>.

MUHAMMAD, Nasiru Zakari *et al.* Waterproof performance of concrete: a critical review on implemented approaches. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 101, p. 80-90, dez. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.048>.

NEVILLE, Adam M. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

RUPAL, Ashmita; SHARMA, Sanjay Kumar; TYAGI, G.D. Experimental investigation on mechanical properties of polyurethane modified bituminous waterproofing membrane. **Materials Today: Proceedings**, [S.L.], v. 27, p. 467-474, 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.278>.

SAFAN, Mohamed A.; ETMAN, Zeinab A.; KONSWA, Alaa. Evaluation of polyurethane resin injection for concrete leak repair. **Case Studies In Construction Materials**, [S.L.], v. 11, p. 307, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00307>.

SALLES, Pedro Valle *et al.* A importância da segregação do agregado reciclado na resistência e na durabilidade do concreto estrutural. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 177-196, set. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000300545>.

SAMPAIO, Rafael Mancini; FERREIRA FILHO, Walter Gonçalves; FLORIAN, Fabiana. A necessidade da impermeabilização nas edificações da construção civil. **Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar - Issn 2675-6218**, [S.L.], v. 2, n. 2, p. 1-21, 2 dez. 2021. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar. <http://dx.doi.org/10.47820/recima21.v2i2.991>.

SILVA, M. A.; MEDEIROS-JUNIOR, R. Avaliação da eficiência de sistemas de impermeabilização de concretos. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 1-12, 2018.

SONG, Jaeyoung *et al.* Performance Evaluation of Waterproofing Membrane Systems Subject to the Concrete Joint Load Behavior of Below-Grade Concrete Structures. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 7, n. 11, p. 1147, 7 nov. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app7111147>.

SOUZA, Ademir Francisco de; FARIAS, Bruno Matos de. Impermeabilização em Vigas Baldrame: infiltração por capilaridade. **Engenharia na Prática: construção e inovação vol. 4**, [S.L.], p. 111-153, 2022. EPITAYA. <http://dx.doi.org/10.47879/ed.ep.2022397p111>.

VIEIRA, Camila; MINARI JUNIOR, Carlos Francisco; FLORIAN, Fabiana. Sistemas de impermeabilização. **Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar - Issn 2675-6218**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 1-21, 7 dez. 2022. Editora RECIMA21 LTDA. <http://dx.doi.org/10.47820/recima21.v3i1.2465>.

WANG, Juanjuan *et al.* Experimental Investigation on the Performance of SBS-Modified Asphalt Waterproofing Membrane by Thermo-Oxidative Aging and Freeze–Thaw Cycle. **Polymers**, [S.L.], v. 16, n. 18, p. 2593, 13 set. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym16182593>.

WANG, Wei *et al.* Enhanced waterproofing of phosphogypsum-based foamed concrete via long-chain alkyl-modified poly(methylhydrosiloxane): synthesis, characterization, and performance evaluation. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 500, p. 144178, nov. 2025. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.144178>.

XU, Gang *et al.* Dynamic Response of Full-Section Asphalt Concrete Waterproof Layer on Ballastless Tracks Employing Fractional-Order Modeling. **Engineering**, [S.L.], p. 1-29, out. 2025. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eng.2025.10.001>.

ZENG, Shangheng *et al.* Effect of organic attapulgite on properties of SBS modified asphalt waterproofing membranes. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 360, p. 129606, dez. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129606>.

ZHANG, Hui *et al.* Experimental study of the performance of a stress-absorbing waterproof layer for use in asphalt pavements on bridge decks. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 254, p. 119290, set. 2020. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119290>.