

REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

SISTEMA PRÉ-MOLDADO E SUAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

PREMOLDED SYSTEM AND ITS PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS

SISTEMA PREMOLDEADO Y SUS MANIFESTACIONES PATOLÓGICAS

Jeniffer Rodrigues Vieira[1], Paulo Henrique Correia do Amaral[2]

e511282
https://doi.org/10.63026/acertte.v5i11.282

PUBLICADO: 11/2025

RESUMO

O estudo analisou as patologias mais recorrentes em estruturas de concreto pré-moldado, identificando suas causas, consequências e estratégias de prevenção. A pesquisa, de natureza aplicada e abordagem qualitativa, fundamentou-se em revisão bibliográfica e documental abrangendo normas técnicas, estudos de caso e publicações recentes. Constatou-se que as anomalias mais frequentes como fissuras, descolamentos, infiltrações e corrosão das armaduras, decorrem principalmente de falhas de projeto, insuficiência de controle de qualidade, incompatibilidades entre fabricação e montagem e ausência de manutenção preventiva. Tais manifestações comprometem o desempenho estrutural, reduzem a durabilidade e elevam os custos de intervenção ao longo do ciclo de vida da edificação. Os resultados evidenciam que a prevenção, associada ao controle tecnológico e à gestão integrada das etapas de produção, transporte e execução, é essencial para assegurar a confiabilidade do sistema pré-moldado. Conclui-se que, quando orientado por procedimentos padronizados e práticas de manutenção contínua, o pré-moldado representa uma solução construtiva eficiente, segura e sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas pré-moldadas. Patologias construtivas. Durabilidade.

ABSTRACT

The study analyzed the most recurrent pathologies in precast concrete structures, identifying their causes, consequences, and prevention strategies. The research, applied in nature and based on a qualitative approach, was grounded in a bibliographic and documentary review encompassing technical standards, case studies, and recent scientific publications. The most frequent anomalies, such as cracking, delamination, infiltration, and reinforcement corrosion, were found to result primarily from design flaws, insufficient quality control, incompatibilities between manufacturing and assembly, and the absence of preventive maintenance. These manifestations compromise structural performance, reduce durability, and increase intervention costs throughout the building's life cycle. The results indicate that prevention, combined with technological control and integrated management of production, transportation, and execution stages, is essential to ensure the reliability of precast systems. It is concluded that, when guided by standardized procedures and continuous maintenance practices, precast concrete represents an efficient, safe, and sustainable construction solution.

KEYWORDS: *Precast structures. Construction pathologies. Durability.*

RESUMEN

El estudio analizó las patologías más recurrentes en estructuras de hormigón prefabricado, identificando sus causas, consecuencias y estrategias de prevención. La investigación, de naturaleza aplicada y con un enfoque cualitativo, se fundamentó en una revisión bibliográfica y documental que

1 Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade São Judas Tadeu. Atua na área de Patologia das Construções, com ênfase em análise e diagnóstico de anomalias estruturais. Desenvolve pesquisas sobre sistemas pré-moldados e suas manifestações patológicas. Possui interesse em desempenho estrutural, durabilidade de materiais e técnicas de inspeção e manutenção predial.

2 Graduando em Engenharia Civil pela Universidade São Judas Tadeu. dedica-se à pesquisa sobre estruturas pré-moldadas, com ênfase em manifestações patológicas e avaliação de desempenho. Tem interesse acadêmico e profissional na área de estruturas.

©2025. Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

abarcó normas técnicas, estudios de caso y publicaciones científicas recientes. Se constató que las anomalías más frecuentes, como fisuras, desprendimientos, infiltraciones y corrosión de las armaduras, derivan principalmente de fallas de diseño, insuficiencia en el control de calidad, incompatibilidades entre la fabricación y el montaje y la ausencia de mantenimiento preventivo. Estas manifestaciones comprometen el desempeño estructural, reducen la durabilidad e incrementan los costos de intervención a lo largo del ciclo de vida de la edificación. Los resultados evidencian que la prevención, asociada al control tecnológico y a la gestión integrada de las etapas de producción, transporte y ejecución, es esencial para garantizar la confiabilidad del sistema prefabricado. Se concluye que, cuando se orienta por procedimientos estandarizados y prácticas de mantenimiento continuo, el prefabricado constituye una solución constructiva eficiente, segura y sostenible.

PALABRAS-CLAVE: *Estructuras prefabricadas. Patologías constructivas. Durabilidad.*

1 INTRODUÇÃO

O uso de estruturas pré-moldadas em concreto tem crescido na construção civil devido à maior eficiência, padronização e controle de qualidade proporcionados pela industrialização do processo. Nesse sistema, os elementos estruturais são produzidos fora do canteiro e posteriormente transportados para montagem, o que reduz desperdícios e otimiza prazos (OLIVEIRA; CRISTINO, 2024; RÊGO; NUNES, 2023). Apesar dessas vantagens, a aplicação do pré-moldado ainda enfrenta desafios relacionados à compatibilização entre projeto e execução, controle de qualidade e manutenção preventiva.

Segundo Faustino e Altran (2024), as patologias em estruturas de concreto decorrem principalmente de falhas em etapas como projeto, fabricação, transporte, montagem e manutenção. No caso dos pré-moldados, a complexidade das ligações e interfaces entre elementos intensifica a ocorrência de anomalias, como fissuras, descolamentos, infiltrações e corrosão das armaduras. Tais problemas refletem deficiências de fiscalização, mão de obra e padronização, ainda comuns no cenário brasileiro (OLIVEIRA; CRISTINO, 2024).

A relevância deste estudo fundamenta-se na necessidade de aprimorar o desempenho, a durabilidade e a segurança de estruturas pré-moldadas. Compreender as causas e consequências das patologias, assim como as estratégias de prevenção e manutenção, é essencial para consolidar o sistema como alternativa eficiente e sustentável para a construção civil contemporânea.

Diante desse contexto, o estudo busca responder: quais são as principais causas e consequências das patologias em estruturas de concreto pré-moldado? Para isso, analisa as manifestações patológicas mais recorrentes, relaciona-as ao processo produtivo e discute medidas de prevenção e controle. Assim, o objetivo geral é avaliar as patologias em sistemas pré-moldados, identificando seus mecanismos de origem e propondo estratégias que contribuam para maior confiabilidade e durabilidade das edificações.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 CONCEITOS E EVOLUÇÃO DO SISTEMA PRÉ-MOLDADO

O sistema construtivo em concreto pré-moldado consolidou-se como uma das principais inovações da engenharia civil moderna, resultante da busca pela racionalização e industrialização dos

processos construtivos. De acordo com Souza (2018), o pré-moldado é caracterizada pela fabricação de elementos estruturais fora do canteiro de obras, sob condições controladas, visando garantir qualidade e precisão dimensional. Segundo Paraiso et al. (2024), a introdução do sistema pré-moldado decorre da necessidade de elevar a produtividade e reduzir desperdícios de materiais.

Para Silva et al. (2024), o sistema pré-moldado representa um marco na industrialização da construção, pois permite o controle total das etapas de fabricação, transporte e montagem. Conforme Laier et al. (2024), o engenheiro britânico John Alexander Brodie é frequentemente citado como pioneiro, tendo desenvolvido, em 1905, técnicas de moldagem e montagem de peças fora do canteiro.

No contexto brasileiro, Souza (2018) observa que a adoção do sistema pré-moldado ocorreu tardiamente, sendo disseminada a partir da década de 1970. De acordo com Rego e Nunes (2023), a consolidação do uso de pré-moldados no Brasil se deu com a expansão das indústrias e centros logísticos nos anos 2000.

Cassel Junior et al. (2024) complementam que o sistema pré-moldado passou a ser visto como estratégia de mitigação de riscos e de melhoria de desempenho técnico. Para Paraiso et al. (2024), o avanço da engenharia computacional e da modelagem paramétrica contribuiu para ampliar a aplicabilidade do sistema pré-moldado, permitindo que o projeto estrutural seja concebido de forma integrada ao processo de fabricação.

Segundo Laier et al. (2024), a disseminação dos pré-moldados no século XXI coincide com políticas públicas voltadas à sustentabilidade e eficiência energética, que impulsionaram o uso de sistemas industrializados menos intensivos em recursos naturais. De acordo com Souza (2018), a racionalização construtiva é um princípio central da industrialização do setor, conforme já defendido por Sabbatini (1989), para quem a substituição das práticas artesanais por processos repetitivos e controlados representa a transição para uma construção mais previsível e produtiva.

Para Silva et al. (2024), a industrialização da construção civil tende a se consolidar como resposta às demandas contemporâneas por obras mais seguras, rápidas e sustentáveis. Queiroz et al. (2025) afirmam que o sistema pré-moldado também favorece a rastreabilidade dos materiais e dos processos, permitindo uma abordagem mais transparente de controle de qualidade.

De acordo com Cassel Junior et al. (2024), outro fator determinante para a popularização do sistema é o desenvolvimento das normas técnicas brasileiras, sobretudo a NBR 9062:2017, que define critérios para projeto, fabricação, transporte e montagem de elementos pré-moldados de concreto. Rego e Nunes (2023), a evolução histórica do sistema no Brasil reflete a necessidade de superar a informalidade construtiva, fortalecendo a cultura da engenharia baseada em processos padronizados e rastreáveis.

Segundo Silva et al. (2024), o pré-moldado passou de uma solução industrial para uma tecnologia adaptável a diversas tipologias de obras, incluindo residenciais, educacionais e de infraestrutura urbana. Conforme sinaliza Paraiso et al. (2024), a evolução do sistema pré-moldado representa uma mudança paradigmática no modo de construir, integrando inovação tecnológica, sustentabilidade e gestão eficiente dos recursos produtivos.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Conforme Bahima e Vasconcelos (2022), a experiência de João Filgueiras Lima, conhecido como Lelé, na Universidade de Brasília durante a década de 1960, representou um marco para o desenvolvimento da pré-fabricação nacional, ao introduzir processos racionalizados de produção em canteiros que funcionavam como verdadeiras usinas de montagem.

Segundo os mesmos autores, o domínio do concreto armado e protendido no Brasil, impulsionado por obras de grande porte, como a Ponte do Galeão e as estruturas viárias de Brasília, possibilitou a transição de uma construção artesanal para uma produção industrial de componentes.

De acordo com Oliveira et al (2023), a industrialização do setor foi acompanhada por uma transformação conceitual, na qual o canteiro de obras deixou de ser apenas um espaço de execução para se tornar um local de montagem e controle de qualidade.

Para Alves e Santos (2020), o domínio técnico do concreto protendido foi um dos grandes responsáveis pela consolidação do pré-moldado no país, uma vez que permitiu maior leveza estrutural, redução de fissuras e aumento da durabilidade das peças.

Bahima e Vasconcelos (2022) apontam para a técnica desenvolvida por Lelé e seus colaboradores incorporou princípios de sustentabilidade antes mesmo de o termo ser amplamente difundido, como o reaproveitamento de materiais e o uso de elementos modulares capazes de reduzir desperdícios. Já para Oliveira (2022) a difusão do pré-moldado nas últimas décadas está associada não apenas à busca por rapidez construtiva, mas também à exigência crescente de qualidade e rastreabilidade imposta por normas técnicas e selos de certificação.

2.2 MATERIAIS UTILIZADOS NOS SISTEMAS PRÉ-MOLDADOS

Alves et al. (2023) ressaltam que a seleção adequada dos materiais é determinante para a durabilidade e o desempenho estrutural, destacando o uso de concreto, aço e, em soluções sustentáveis, o bambu como alternativa parcial às armaduras metálicas. Os autores explicam que argamassa, concreto e armaduras constituem os principais elementos de sustentação e vedação em edificações de pequeno e médio porte, podendo ser classificados em materiais naturais, como pedra e areia, e artificiais, como cimento e barras de aço. Essa combinação permite a formação de compósitos de alto desempenho, como o concreto armado, resultante da união entre cimento, agregados e aço.

Laier et al. (2024) destacam que o comportamento mecânico dos compostos pré-moldados depende da relação tensão–deformação, sendo o módulo de elasticidade e o limite de escoamento parâmetros fundamentais para prever resistência e deformabilidade das peças. Os autores acrescentam que a análise das tensões e deformações em diferentes estados de carga permite antecipar o desempenho de vigas e pilares pré-moldados, evidenciando a relevância da teoria da elasticidade e da aplicação da Lei de Hooke em materiais isótropos.

Paraiso et al. (2024) acrescentam que os blocos pré-moldados podem ser compostos por placas cimentícias com camadas internas de poliestireno expandido (EPS), o que proporciona isolamento térmico e leveza estrutural. Evangelista e Lima (2022) observam que, em elementos lineares como vigas, a combinação entre materiais de alta resistência e seções otimizadas é



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

fundamental para evitar instabilidades laterais durante as fases transitórias, como içamento e transporte.

No contexto das obras de arte especiais, Lima et al. (2023) demonstram que a degradação dos materiais em sistemas pré-moldados pode ser intensificada por agentes ambientais, como carbonatação e cloretos. Em complemento, Silva et al. (2024) destacam que a sustentabilidade material constitui um dos pilares da modernização do setor. Nessa mesma perspectiva, Almeida (2025) enfatiza que o desempenho e a manutenção das estruturas modulares e pré-fabricadas dependem da adoção de práticas preventivas desde a fase de projeto, especialmente quanto à durabilidade dos materiais, à resistência das juntas e à substituição de componentes. A autora reforça que materiais como concreto de alto desempenho, aço galvanizado e placas cimentícias devem ser selecionados considerando seu comportamento diante da fadiga, da corrosão e das variações térmicas.

Conforme Laier et al. (2024), o comportamento elástico e plástico desses compósitos pode ser descrito pelo método da energia e pelo método das diferenças finitas, possibilitando simulações mais precisas do desempenho estrutural. Outro aspecto relevante é a manutenção da integridade das juntas e conexões entre módulos ou elementos pré-moldados, que segundo Almeida (2025) descreve que a durabilidade das estruturas depende da qualidade das interfaces, as quais devem ser projetadas para resistir às variações térmicas e às ações dinâmicas.

Segundo Evangelista e Lima (2022) e Almeida (2025), o futuro das construções pré-moldadas depende de soluções que conciliem desempenho estrutural, facilidade de montagem e estratégias preventivas de manutenção, assegurando a longevidade e a eficiência das edificações modernas. Para Alves e Santos (2020), o desempenho de uma edificação em concreto protendido depende diretamente da qualidade do aço utilizado, da proporção água/cimento e do controle das condições de cura.

De acordo com Oliveira et al (2023), a aplicação de materiais em linha de produção permite um rigoroso controle de qualidade, o que assegura maior uniformidade entre as peças fabricadas e reduz o desperdício de insumos. A análise de Alves e Santos (2020) também evidencia que o conhecimento dos mecanismos de degradação dos materiais é essencial para prevenir falhas estruturais.

Segundo Bahima e Vasconcelos (2022), a introdução da racionalização construtiva no Brasil, inspirada nas experiências de Lelé e nos princípios da arquitetura industrializada, estimulou o uso de materiais inovadores e de técnicas de montagem modular. Oliveira (2022) ressalta que a alvenaria estrutural pré-moldada, composta por blocos de concreto das classes A, B e C, exemplifica a evolução dos materiais no setor. Alves e Santos (2020) reforçam que a durabilidade das estruturas pré-moldadas depende da integração entre projeto, fabricação e uso dos materiais.

2.3. PROCESSO CONSTRUTIVO E ETAPAS DE EXECUÇÃO

Segundo Souza (2018), a padronização e o rigor no controle dimensional são fundamentais para garantir o encaixe preciso das peças no local de montagem. Eickmann et al. (2024) aplicam essa lógica construtiva em seu estudo sobre sistemas de blocos de concreto articulados para contenção



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

costeira, demonstrando que a eficiência estrutural e o baixo custo de manutenção são consequências diretas da racionalização do processo. De acordo com Silva et al. (2024), o método pré-moldado exige logística e coordenação precisa, pois os elementos são fabricados em ambiente controlado e transportados ao canteiro para montagem sequencial.

Segundo Paraiso et al. (2024), a principal diferença entre o método de alvenaria e o pré-moldado está no tempo de execução: enquanto o processo convencional depende de longos períodos de cura e acabamento, o sistema pré-moldado possibilita a finalização em tempo até 50% menor, gerando economia de mão de obra e insumos. Almeida (2025) reforça essa perspectiva ao afirmar que o conceito de modularidade incorpora não apenas a pré-fabricação de elementos, mas a integração de sistemas construtivos e de manutenção, o que requer um planejamento antecipado de interfaces, juntas e conexões entre módulos.

Laier et al. (2024) destacam que a resistência e o comportamento elástico dos materiais dependem da correta aplicação das leis da elasticidade e do monitoramento das tensões internas, cuja negligência pode gerar microfissuras e comprometer a estabilidade estrutural. Evangelista e Lima (2022) acrescentam que o içamento e o manuseio de vigas e lajes pré-moldadas exigem análise prévia da estabilidade lateral e das imperfeições geométricas, pois excentricidades e desvios de posicionamento podem provocar tensões críticas durante o transporte e a montagem.

Lima et al. (2023) observam, em estudo sobre pontes pré-moldadas, que falhas na etapa de montagem como desalinhamento de vigas, falhas no grauteamento ou ausência de juntas de dilatação podem causar manifestações patológicas como fissuras e infiltrações precoces. Almeida (2025) explica que a durabilidade das edificações modulares e pré-fabricadas depende da qualidade dessas interfaces, que devem ser projetadas para resistir à movimentação térmica e à umidade.

Silva et al. (2024) destacam que a integração com instalações elétricas, hidráulicas e de climatização pode ser pré-concebida em fábrica, reduzindo retrabalhos e interferências entre equipes. Conforme Almeida (2025), a durabilidade e o desempenho de longo prazo dependem da incorporação de planos de manutenção desde a fase de projeto, garantindo que os materiais e conexões utilizadas possam ser inspecionados e substituídos com facilidade.

Segundo Alves e Santos (2020), o controle tecnológico durante o processo construtivo é um dos pilares da eficiência dos sistemas pré-moldados. Oliveira (2022) enfatiza que o processo construtivo deve ser compreendido como uma cadeia contínua de planejamento, fabricação e montagem.

Para Bahima e Vasconcelos (2022), o processo de execução do sistema pré-moldado brasileiro deve ser entendido à luz da industrialização adaptada à realidade local. Os autores destacam que, nos experimentos conduzidos por Lelé, o processo construtivo era visto como parte de uma lógica de produção seriada, mas flexível, capaz de se ajustar a diferentes contextos sociais e econômicos.

De acordo com Alves e Santos (2020), a etapa de montagem requer atenção especial às ligações estruturais, que devem ser projetadas para resistir às ações dinâmicas e diferenciais entre os elementos. Oliveira (2022) observa que o transporte e o armazenamento das peças pré-moldadas

representam desafios logísticos que exigem planejamento detalhado e infraestrutura adequada. Bahima e Vasconcelos (2022) argumentam que a padronização das etapas construtivas não deve anular a dimensão artesanal do processo.

2.4. PRINCIPAIS PATOLOGIAS, CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS

Souza (2018) destaca que a precisão geométrica e o controle de qualidade são determinantes para evitar inconformidades estruturais, especialmente nas interfaces de ligação entre elementos. De acordo com Paraiso et al. (2024), o uso inadequado de argamassas de ligação ou erros de nivelamento durante a fixação das placas e painéis cimentícios pode comprometer o desempenho do sistema e causar falhas de aderência.

Eickmann et al. (2024) identificam patologias relacionadas à exposição contínua de estruturas pré-moldadas a ambientes agressivos, como zonas costeiras e portuárias, nas quais a erosão marinha e o ataque por cloretos e sulfatos reduzem significativamente a durabilidade do concreto. Conforme Laier et al. (2024), a origem de grande parte das manifestações patológicas está relacionada às tensões residuais e deformações não previstas durante o projeto.

Lima et al. (2023), em estudo sobre pontes de concreto pré-moldado, constataram que as patologias mais críticas são causadas por deficiências de execução e ausência de manutenção preventiva. Evangelista e Lima (2022) acrescentam que, durante as fases transitórias de içamento e transporte, as patologias podem surgir devido a imperfeições geométricas e excentricidades laterais.

Silva et al. (2024) apontam que o controle rigoroso da produção e a adoção de tecnologias de impermeabilização e revestimentos protetivos são medidas preventivas eficazes. Almeida (2025) reforça que a durabilidade dos sistemas pré-fabricados está diretamente relacionada à estratégia de manutenção adotada.

Segundo Souza (2018), a deterioração progressiva de sistemas pré-moldados pode evoluir de simples falhas estéticas para comprometimentos estruturais severos, tornando o reparo mais oneroso e tecnicamente complexo. Em complemento, Alves e Santos (2020) apontam que muitas patologias decorrem da incompatibilidade entre projeto, fabricação e montagem, evidenciando a necessidade de integração entre as etapas produtivas. Oliveira (2022) reforça que os processos de montagem e encaixe devem considerar as propriedades físico-químicas dos materiais empregados, uma vez que inadequações podem gerar tensões internas e perda de aderência. Nesse mesmo sentido, Bahima e Vasconcelos (2022) observam que a origem das patologias pode ser tanto técnica quanto conceitual, resultando de decisões inadequadas de projeto, especificação ou execução.

Alves e Santos (2020) explicam que as fissuras superficiais e as falhas de ligação entre elementos pré-moldados são sintomas de desequilíbrio entre as forças internas e externas. Para Oliveira (2022), as infiltrações e a degradação das juntas são consequências diretas da ausência de selantes adequados e da falha no detalhamento dos pontos de ligação. Bahima e Vasconcelos (2022) complementam que a mitigação das patologias requer uma mudança de paradigma no processo construtivo.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

2.5. DURABILIDADE E DESEMPENHO DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

Eickmann et al. (2024) demonstram que o sistema de blocos articulados apresenta longa vida útil e baixo custo de manutenção, evidenciando sua aplicabilidade em obras de contenção costeira expostas a condições severas. Souza (2018) reforça que a durabilidade é consequência direta da racionalização construtiva, pois a industrialização das peças garante homogeneidade, precisão dimensional e reduz falhas de execução.

Silva et al. (2024) acrescentam que o avanço das tecnologias de selagem e vedação, como o uso de polímeros e impermeabilizantes aplicados em fábrica, tem ampliado significativamente a durabilidade das edificações pré-moldadas. Além disso, a padronização normativa conforme a NBR 9062:2017 (Projeto e Execução de Estruturas Pré-Moldadas de Concreto) assegura a conformidade técnica, a resistência mecânica e a segurança global das peças.

Laier et al. (2024) destacam que o desempenho mecânico e a durabilidade das estruturas dependem do equilíbrio entre a rigidez e a ductilidade dos materiais. Segundo Lima et al. (2023), o desempenho das estruturas pré-moldadas também está condicionado às medidas de proteção contra agentes agressivos, como cloretos, sulfatos e dióxido de carbono.

Evangelista e Lima (2022) ressaltam que o comportamento das estruturas durante as fases transitórias de montagem e içamento influencia diretamente sua durabilidade. Para Almeida (2025), a durabilidade e o desempenho das estruturas pré-moldadas estão intrinsicamente ligados à integração entre projeto, produção e manutenção. A autora destaca que o conceito de *durabilidade projetada* deve ser incorporado desde a concepção do edifício modular ou pré-fabricado, definindo-se a vida útil de projeto (VUP) e os planos de manutenção preventiva correspondentes.

Silva et al. (2024) salientam que o uso de placas cimentícias com camadas internas de poliestireno expandido (EPS) e o tratamento das interfaces com selantes de alta elasticidade asseguram isolamento adequado e conforto ambiental. Esse desempenho multilateral, previsto nas normas de desempenho, como a NBR 15575:2021 (Edificações Habitacionais – Desempenho) , é alcançado por meio da integração entre materiais, projeto e execução, garantindo que as construções pré-moldadas atendam às exigências contemporâneas de sustentabilidade e eficiência energética.

Segundo Alves e Santos (2020), o desempenho das estruturas pré-moldadas depende da correta compreensão dos mecanismos de deterioração e da adoção de estratégias de proteção desde a fase de projeto. Oliveira (2022) ressalta que a durabilidade também está associada à interação entre material e ambiente.

Bahima e Vasconcelos (2022) afirmam que a durabilidade do sistema pré-moldado deve ser pensada como parte do conceito de industrialização sustentável. Conforme Alves e Santos (2020), a inspeção periódica das estruturas é indispensável para manter o desempenho previsto em projeto.

De acordo com Oliveira (2022), a integração entre projeto, produção e manutenção define o conceito de durabilidade planejada. Bahima e Vasconcelos (2022) observam que a durabilidade das estruturas pré-moldadas não é apenas uma questão técnica, mas também cultural.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

2.6 CONTROLE DE QUALIDADE, INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO

De acordo com Oliveira e Cristino (2024), o processo industrial de fabricação dessas peças requer rigor técnico desde a seleção dos materiais até a montagem final, pois pequenas falhas em etapas intermediárias podem resultar em anomalias ou patologias irreversíveis. Para os autores o controle de qualidade nas estruturas pré-moldadas de concreto é um dos fatores mais determinantes para a durabilidade e o desempenho estrutural das obras modernas.

Segundo a ABNT NBR 9062:2017, o controle de qualidade deve iniciar-se pela caracterização dos materiais do concreto, assegurando que atendam aos requisitos de resistência e durabilidade definidos em projeto. A norma estabelece critérios para dosagem, adensamento, cura e desmoldagem, visando minimizar tensões internas e garantir o desempenho previsto. Determina também que cada lote de produção seja acompanhado por registros de ensaios e certificados de conformidade, permitindo rastrear o processo de fabricação e assegurar a uniformidade dos elementos estruturais.

Rêgo e Nunes (2023) destacam que a fase de concretagem é uma das mais críticas no processo industrial de pré-moldados, pois influencia diretamente a resistência final e o comportamento das peças em serviço. Os autores reforçam que o uso de fôrmas metálicas padronizadas, aliado ao controle da temperatura e da umidade na cura, reduz significativamente o surgimento de fissuras por retração plástica e deformações diferenciais.

A NBR 9062:2017 estabelece que as peças devem ser movimentadas com dispositivos de içamento específicos e armazenadas em superfícies planas, evitando flexões indevidas que gerem microfissuras. Conforme Oliveira e Cristino (2024), a ausência de planejamento logístico adequado pode ocasionar danos estruturais invisíveis, que se manifestam apenas após a montagem, comprometendo o desempenho global da edificação. Para os autores, durante o transporte e a montagem, é fundamental observar os limites de esforços e deslocamentos previstos em projeto.

As inspeções periódicas também compõem parte essencial do controle de qualidade das estruturas pré-moldadas. De acordo com Faustino e Altran (2024), a adoção de ensaios não destrutivos, como o ultrassom e a esclerometria, possibilita a identificação precoce de descontinuidades internas, vazios e variações de densidade no concreto. Esses métodos complementam as avaliações visuais de fissuras e destacamentos, fornecendo dados quantitativos que permitem a elaboração de diagnósticos mais precisos e intervenções corretivas adequadas.

Rêgo e Nunes (2023) enfatizam que a gestão da qualidade deve ser integrada desde o projeto estrutural até a manutenção pós-ocupação. Isso implica em documentar cada etapa de produção e montagem, garantindo a rastreabilidade das peças e a conformidade com as especificações técnicas. A ausência dessa rastreabilidade pode dificultar o controle de desempenho ao longo da vida útil da estrutura e comprometer a aplicação de medidas preventivas contra degradações futuras.

No campo da manutenção, a ABNT NBR 9062:2017 recomenda a execução de inspeções regulares, cuja frequência deve ser determinada de acordo com a agressividade do ambiente e o tipo de estrutura. Oliveira e Cristino (2024) indicam que as vistorias anuais são suficientes para edificações

em zonas urbanas comuns, enquanto regiões litorâneas ou industriais requerem intervalos menores, devido à ação intensificada de agentes agressivos. A manutenção preventiva, baseada em monitoramento contínuo, permite corrigir microdefeitos antes que evoluam para patologias graves.

A durabilidade do concreto pré-moldado está intimamente relacionada à qualidade do processo de cura e à proteção das armaduras contra corrosão. Segundo Faustino e Altran (2024), a penetração de agentes como cloretos e dióxido de carbono é favorecida por falhas de compactação ou porosidade excessiva, o que evidencia a necessidade de controle rigoroso da relação água/cimento e do adensamento. Quando associada a sistemas de impermeabilização e cobertura adequada, a manutenção preventiva prolonga significativamente a vida útil das estruturas.

Outro aspecto refere-se à capacitação profissional das equipes envolvidas na fabricação e montagem. Rêgo e Nunes (2023) argumentam que a carência de mão de obra especializada ainda representa um desafio à consolidação do sistema pré-moldado no Brasil. A implementação de programas de treinamento e a padronização de procedimentos de inspeção são medidas essenciais para garantir o cumprimento das normas e reduzir as falhas humanas durante a execução das obras.

3 METODOLOGIA

Este estudo caracterizou-se como uma pesquisa original de natureza aplicada e abordagem qualitativa, fundamentada em procedimentos bibliográficos e documentais. Conforme Gil (2008), as pesquisas aplicadas buscam gerar conhecimento voltado à solução de problemas práticos, articulando a teoria com a observação empírica para a melhoria de processos e sistemas.

A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, pois visou compreender em profundidade fenômenos complexos relacionados à durabilidade e ao desempenho estrutural. Segundo Creswell (2010), esse tipo de abordagem permite interpretar significados, comportamentos e interações dentro de contextos específicos.

A investigação foi realizada por meio de levantamento bibliográfico e análise documental, envolvendo fontes primárias e secundárias. Foram incluídos artigos científicos, dissertações, livros técnicos, normas brasileiras e relatórios institucionais sobre estruturas pré-moldadas e patologias construtivas.

Os descritores utilizados na busca foram: “estruturas pré-moldadas de concreto”, “patologias estruturais”, “análises construtivas”, “*Critical Chain Project Management*”, “gestão do tempo na construção civil” e “durabilidade de estruturas”. Esses termos foram combinados em português e inglês, com o objetivo de ampliar a abrangência da pesquisa e incluir estudos internacionais correlatos.

Os critérios de seleção consideraram: (a) publicações entre os anos de 2018 e 2025; (b) textos com aderência ao tema da patologia e controle de qualidade em sistemas pré-moldados; (c) estudos que apresentassem abordagem metodológica explícita e dados técnicos aplicáveis; e (d) conformidade com as normas da ABNT ou diretrizes de construção industrializada. Foram excluídos estudos duplicados, resumos sem conteúdo analítico e publicações opinativas sem base científica.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

As fontes foram selecionadas em bases acadêmicas de livre acesso e portais institucionais reconhecidos, como SciELO, Google Scholar, Periódicos CAPES e ResearchGate. A coleta de dados foi realizada entre janeiro e maio de 2025, abrangendo materiais em língua portuguesa, inglesa e espanhola. As informações foram organizadas em planilhas e categorizadas conforme o tipo de documento, ano de publicação, enfoque temático e relevância para o objeto de estudo. Com base nos dados obtidos, elaborou-se uma Tabela 1 síntese dos procedimentos metodológicos, apresentada a seguir, com o intuito de evidenciar as etapas e instrumentos utilizados durante o desenvolvimento da pesquisa.

Tabela 1 – Estrutura metodológica da pesquisa

Etapa	Procedimento	Descrição	Período	Fonte de dados
1	Levantamento bibliográfico	Seleção de artigos, livros e normas sobre pré-moldados e patologias	Jan–Mar/2025	SciELO, CAPES, Google Scholar
2	Seleção documental	Análise de normas técnicas e relatórios setoriais (ABNT, CREA, IBRACON)	Fev–Abr/2025	ABNT, IBRACON, publicações técnicas
3	Análise teórica comparativa	Interpretação das causas e efeitos de patologias	Mar–Mai/2025	Artigos e estudos de caso
4	Integração CCPM	Aplicação conceitual do método da Corrente Crítica ao processo construtivo	Abr/2025	Oliveira et al. (2023); Goldratt (1997)
5	Sistematização	Síntese e categorização dos resultados por temas	Mai/2025	Documentos selecionados

Fonte: autores (2025).

Durante a análise, o material foi dividido em quatro categorias principais: (a) causas das patologias; (b) manifestações e consequências; (c) estratégias de controle e prevenção; e (d) integração entre gestão de tempo e desempenho estrutural. O estudo também se apoiou em referenciais teóricos e normativos, com destaque para a ABNT NBR 9062:2017, que define diretrizes para projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.

A interpretação dos dados ocorreu por meio de análise comparativa e interpretativa, considerando a convergência entre resultados de diferentes autores e as prescrições normativas. Essa estratégia analítica, segundo Creswell (2010), permite identificar padrões e inferir relações causais entre variáveis complexas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PANORAMA DAS PATOLOGIAS MAIS RECORRENTES EM ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

De acordo com Souza (2018), a incidência de manifestações patológicas em edificações industrializadas decorre, em grande parte, da falta de integração entre as etapas construtivas. As falhas de projeto e execução, quando não corrigidas, propagam-se durante o ciclo de vida da estrutura, resultando em danos progressivos e perda de desempenho funcional.

As patologias mais frequentes em sistemas pré-moldados concentram-se nas categorias de fissuração, corrosão das armaduras, infiltrações, descolamento de juntas e deformações excessivas (Paraiso et al., 2024; Silva et al., 2024). Essas anomalias são comumente associadas à ausência de



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

juntas de dilatação, ao uso de concretos com retração elevada, à deficiente cura das peças e à incompatibilidade entre materiais de ligação. Tais falhas comprometem tanto a estética quanto a segurança estrutural, exigindo ações corretivas onerosas.

Segundo Eickmann et al. (2024), a fissuração é a manifestação mais recorrente em peças pré-moldadas, podendo ser classificada como estrutural ou não estrutural. As fissuras estruturais decorrem de esforços mecânicos excessivos ou deformações plásticas, enquanto as não estruturais são frequentemente originadas por retração plástica e térmica. Ambas podem evoluir para processos de infiltração e corrosão das armaduras, reduzindo a durabilidade da estrutura. A identificação precoce dessas fissuras é essencial para determinar sua origem e definir medidas corretivas adequadas.

Lima et al. (2023) destacam que a corrosão das armaduras constitui o principal mecanismo de degradação em ambientes agressivos. A penetração de cloretos e dióxido de carbono, aliada à baixa densidade do concreto e ao cobrimento insuficiente, acelera a oxidação das barras de aço. Esse processo gera expansão volumétrica, fissuração longitudinal e desagregação do concreto, comprometendo a aderência e a capacidade resistente. Em obras litorâneas, como pontes e terminais portuários, a corrosão é a principal causa de intervenções corretivas.

Para Paraiso et al. (2024), as infiltrações e descolamentos de juntas estão associados à ausência de selantes adequados e ao detalhamento incorreto dos encontros entre módulos estruturais. A variação térmica e a umidade promovem movimentações diferenciais que, se não forem absorvidas por juntas de dilatação bem projetadas, provocam rupturas localizadas. Essas falhas comprometem a estanqueidade da edificação e aceleram a degradação de elementos adjacentes, como revestimentos e fixações metálicas.

Souza (2018) enfatiza que a cura inadequada do concreto durante a fabricação das peças é uma das principais causas de microfissuras e redução da resistência à compressão. Em ambientes fabris sem controle de temperatura e umidade, a evaporação prematura da água de amassamento gera tensões internas que resultam em retrações plásticas. A adoção de aditivos retardadores e membranas de cura é essencial para garantir uniformidade na hidratação e minimizar esse tipo de patologia.

Almeida (2025) acrescenta que o manuseio e transporte inadequado das peças pré-moldadas é responsável por uma parcela significativa das patologias observadas. O içamento com cabos mal posicionados, a falta de balanço nas operações de elevação e o armazenamento em superfícies irregulares geram tensões adicionais e deformações residuais.

Bahima e Vasconcelos (2022) contextualizam que, no cenário brasileiro, as patologias mais recorrentes refletem deficiências históricas no controle tecnológico e na cultura de manutenção preventiva. A ausência de inspeções periódicas e o uso de materiais de baixa qualidade agravam os efeitos de envelhecimento natural das estruturas. A evolução normativa, com a NBR 9062:2017, trouxe avanços significativos ao exigir rastreabilidade e controle dimensionais rigorosos, mas ainda há desafios de implementação no campo. A Tabela 2 sintetiza os principais tipos de patologias observadas em sistemas pré-moldados de concreto, suas causas predominantes e os efeitos estruturais mais relatados na literatura recente.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Tabela 2 – Principais patologias observadas em estruturas pré-moldadas

Tipo de patologia	Causa predominante	Efeitos estruturais	Referências
Fissuração superficial e estrutural	Retração térmica, falhas de cura e esforços excessivos	Perda de estanqueidade, redução de durabilidade	Souza (2018); Eickmann et al. (2024)
Corrosão de armaduras	Penetração de cloretos e CO_2, cobrimento insuficiente	Expansão do aço, fissuras longitudinais, perda de aderência	Lima et al. (2023); Silva et al. (2024)
Descolamento de juntas	Falta de selante ou detalhamento incorreto	Infiltrações, perda de desempenho e estabilidade	Paraiso et al. (2024); Almeida (2025)
Deformações excessivas	Falhas de projeto, carga acidental e mau posicionamento de apoios	Fissuras estruturais e deslocamentos diferenciais	Laier et al. (2024); Souza (2018)
Infiltrações e eflorescências	Juntas defeituosas, falhas de impermeabilização	Danos estéticos e corrosão indireta	Oliveira (2022); Bahima e Vasconcelos (2022)

Fonte: autores (2025)

Segundo Laier et al. (2024), a intensidade das manifestações patológicas depende da interação entre condições ambientais, propriedades dos materiais e regime de carregamento. Ambientes com alta umidade e salinidade, como regiões costeiras, aceleram processos de corrosão, enquanto áreas urbanas densas sofrem mais com fissuração por variações térmicas diárias. A análise integrada desses fatores é essencial para prever o comportamento a longo prazo.

Silva et al. (2024) e Almeida (2025) destacam que o controle preventivo dessas patologias deve iniciar-se no projeto estrutural, considerando fatores como o cobrimento mínimo das armaduras, o uso de concretos de alta resistência e o detalhamento adequado das ligações. A ausência de compatibilização entre projeto e execução é uma das principais causas de falhas em edificações industrializadas.

Evangelista e Lima (2022) complementam que a montagem inadequada também é um fator recorrente de falhas. O desalinhamento entre módulos, a utilização de argamassas de fixação com retração elevada e a falta de inspeção durante a execução contribuem para o surgimento de patologias precoces. Esses problemas poderiam ser evitados por meio de checklists de controle de qualidade e de supervisão técnica contínua.

Rego e Nunes (2023) reforçam que o controle de qualidade integrado é essencial para minimizar manifestações patológicas. A adoção de planos de inspeção e ensaios não destrutivos durante a produção e montagem garante que eventuais falhas sejam detectadas antes da fase de uso. Tais práticas estão em consonância com as recomendações da NBR 9062:2017 e da NBR 15575:2021, que tratam do desempenho e da durabilidade das edificações.

De acordo com Oliveira (2022), a durabilidade das estruturas pré-moldadas depende da manutenção preventiva contínua. O monitoramento periódico das juntas, selagens e fixações reduz significativamente a incidência de infiltrações e o avanço da corrosão. A negligência nesse aspecto resulta em aumento dos custos operacionais e necessidade de reparos estruturais invasivos.

Bahima e Vasconcelos (2022) acrescentam que a gestão de manutenção baseada em desempenho é uma tendência nas edificações industrializadas. Ao adotar indicadores de desempenho

e históricos de inspeção, as empresas podem planejar intervenções antes da ocorrência de falhas críticas. Essa abordagem favorece a sustentabilidade econômica e ambiental das construções.

4.2 CORRELAÇÃO ENTRE CAUSAS E EFEITOS ESTRUTURAIS

Conforme Souza (2018), as anomalias observadas em edificações industrializadas são, em geral, resultado de uma sequência de eventos que se inicia no projeto e se estende até a operação da estrutura. A ausência de integração entre etapas de concepção, produção e montagem cria condições propícias à ocorrência de falhas cumulativas, que se manifestam como fissuras, deformações ou degradações superficiais.

Silva et al. (2024) destacam que as causas técnicas mais relevantes estão relacionadas à inadequação dos materiais, deficiências de projeto, erros de execução e condições ambientais adversas. Essas variáveis se combinam de forma complexa, e seus efeitos são potencializados pela falta de controle de qualidade. O concreto com alta porosidade, por exemplo, favorece a penetração de agentes agressivos, acelerando a corrosão das armaduras, enquanto o uso de argamassas incompatíveis entre módulos pode gerar tensões localizadas e perda de aderência.

Paraiso et al. (2024) apontam que a ausência de juntas de dilatação adequadas é uma das principais causas de fissuração e descolamento em sistemas modulares. Quando o coeficiente de dilatação térmica dos materiais não é considerado no projeto, as variações de temperatura geram esforços que se concentram nas interfaces, resultando em fissuras e comprometendo a continuidade estrutural e a estanqueidade da edificação.

A pesquisa de Eickmann et al. (2024) evidencia que as falhas de projeto estrutural estão diretamente correlacionadas à formação de tensões residuais e deformações excessivas. O dimensionamento incorreto de vigas e pilares pré-moldados, sem a devida consideração das cargas acidentais e das condições de apoio, resulta em deslocamentos diferenciais e colapsos localizados. Essa relação causal demonstra a importância da compatibilização entre cálculo estrutural e condições reais de montagem.

Lima et al. (2023) reforçam que a execução inadequada agrava significativamente os efeitos das deficiências de projeto. O mau posicionamento das armaduras, a cura insuficiente e a concretagem irregular contribuem para a formação de microfissuras, que evoluem para falhas estruturais sob cargas repetidas. Além disso, a falta de controle de temperatura e umidade durante a cura provoca retrações diferenciais, comprometendo a homogeneidade do material.

Bahima e Vasconcelos (2022) ressaltam que as causas gerenciais também desempenham papel central nas manifestações patológicas. A ausência de planejamento e controle de produção, associada à pressa por prazos reduzidos, leva à negligência de etapas críticas, como inspeções intermediárias e ensaios de controle tecnológico. Esses fatores geram efeitos estruturais cumulativos, traduzidos em fissuras, deslocamentos e deformações plásticas.

Para Almeida (2025), as patologias estruturais podem ser compreendidas como indicadores de falhas no sistema de gestão da qualidade. A correlação entre causa e efeito deve ser interpretada não



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

apenas sob o prisma técnico, mas também organizacional. Estruturas que apresentam deterioração precoce frequentemente refletem deficiência no treinamento da equipe, ausência de checklists de verificação e inexistência de protocolos de inspeção periódica.

Oliveira (2022) complementa que a incompatibilidade entre projeto e execução é uma das causas mais recorrentes de manifestações patológicas. O uso de concretos de retração elevada, sem o devido controle de aditivos e agregados, gera tensões internas que se traduzem em microfissuras e destacamentos. A negligência na verificação dimensional das fôrmas também causa desalinhamentos que comprometem o comportamento global da estrutura.

Segundo Laier et al. (2024), a interação entre os esforços estruturais e os fenômenos ambientais explica boa parte das patologias em pré-moldados. A exposição a ambientes agressivos, como atmosferas marinhas ou industriais, acelera a degradação química dos materiais, reduzindo sua resistência mecânica. Esse processo se manifesta em fissuras longitudinais e perda de seção de aço, comprometendo a ductilidade da estrutura. A Tabela 3 apresenta uma síntese das principais correlações identificadas entre causas e efeitos estruturais, segundo a literatura analisada.

Tabela 3 – Correlação entre causas e efeitos estruturais em sistemas pré-moldados

Causa principal	Mecanismo desencadeante	Efeito estrutural	Referências
Falha de projeto estrutural	Dimensionamento inadequado e ausência de juntas	Fissuras e deslocamentos diferenciais	Eickmann et al. (2024); Paraiso et al. (2024)
Cura deficiente	Retração plástica e térmica	Microfissuras e perda de resistência	Souza (2018); Lima et al. (2023)
Cobrimento insuficiente	Penetração de agentes agressivos	Corrosão de armaduras e perda de aderência	Silva et al. (2024); Laier et al. (2024)
Falha de montagem	Desalinhamento e esforços concentrados	Fissuração e colapso parcial	Evangelista e Lima (2022); Almeida (2025)
Deficiência de manutenção	Ausência de inspeção e reparo	Propagação de patologias e redução da durabilidade	Bahima e Vasconcelos (2022); Oliveira (2022)

Fonte: autores (2025)

Conforme Silva et al. (2024), a correlação entre causas e efeitos se torna ainda mais evidente quando analisada sob o ponto de vista do desempenho ao longo do tempo. Estruturas submetidas a condições extremas sem manutenção preventiva tendem a apresentar degradação acelerada, pois pequenas falhas acumuladas se transformam em danos irreversíveis. Essa dinâmica de retroalimentação torna indispensável a aplicação de metodologias de monitoramento contínuo.

Evangelista e Lima (2022) observam que as deformações e fissuras iniciais atuam como gatilhos para o avanço de novas patologias. O acúmulo de umidade nas fissuras aumenta a penetração de cloretos, acelerando a corrosão.

Almeida (2025) propõe uma leitura sistêmica da correlação entre causas e efeitos, baseada em quatro níveis de interação: material, construtivo, ambiental e gerencial. Essa abordagem multidimensional permite compreender que as patologias não são eventos isolados, mas expressões de deficiências no processo produtivo e nas decisões de gestão.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Segundo Rego e Nunes (2023), a aplicação de ferramentas analíticas, como diagramas de Ishikawa e matrizes de correlação, pode auxiliar no mapeamento das causas-raiz das patologias. Esses instrumentos permitem quantificar a influência relativa de cada variável e estabelecer prioridades de intervenção. Quando aliados à inspeção visual e aos ensaios não destrutivos, produzem diagnósticos mais robustos e fundamentados.

Bahima e Vasconcelos (2022) reforçam que a prevenção depende da capacidade de antever os efeitos antes que se manifestem. Essa previsão é possível mediante simulações computacionais e uso de tecnologias de modelagem da informação (BIM), que permitem identificar incompatibilidades e tensões residuais ainda na fase de projeto. Tais ferramentas representam um avanço significativo na mitigação de falhas estruturais em sistemas industrializados.

4.3 TÉCNICAS DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO EMPREGADAS

Conforme Souza (2018), a inspeção sistemática permite identificar falhas ainda em estágio inicial, evitando a evolução de danos e reduzindo custos de manutenção. O processo diagnóstico deve integrar observações visuais, medições instrumentais e ensaios laboratoriais, de forma a garantir a precisão na determinação das causas e na extensão dos defeitos.

De acordo com Laier et al. (2024), as técnicas de inspeção podem ser classificadas em ensaios destrutivos, semidestrutivos e não destrutivos (ENDs). Enquanto os primeiros envolvem a retirada de amostras e comprometer parcialmente a estrutura, os métodos não destrutivos permitem avaliar a integridade do concreto e das armaduras sem causar danos físicos. Essa característica torna os ENDs os mais utilizados em estruturas pré-moldadas, onde o acesso a componentes internos é limitado.

Silva et al. (2024) salientam que a inspeção visual ainda é o ponto de partida mais importante, pois fornece informações preliminares sobre fissuras, manchas, eflorescências e descolamentos. Essa etapa, quando realizada por profissionais capacitados, possibilita a classificação inicial das patologias segundo sua gravidade e origem provável.

Evangelista e Lima (2022) destacam que a esclerometria, também conhecida como ensaio de dureza superficial, é amplamente empregada para estimar a resistência à compressão do concreto in loco. O método baseia-se na medição do índice de rebote de um martelo de impacto, correlacionando-o à densidade e à qualidade superficial do material.

Lima et al. (2023) acrescentam que o ultrassom é uma ferramenta essencial na detecção de falhas internas, como vazios, delaminações e descontinuidades. A propagação de ondas ultrassônicas através do concreto fornece dados sobre sua homogeneidade e densidade.

Segundo Eickmann et al. (2024), o ensaio de carbonatação é crucial para avaliar o avanço da frente de degradação química no concreto armado. Utilizando indicadores de pH, como a fenolftaleína, é possível medir a profundidade da carbonatação e prever o início do processo de corrosão das armaduras. Esse ensaio é particularmente relevante em ambientes urbanos e costeiros, onde a concentração de dióxido de carbono e cloretos é elevada.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Paraiso et al. (2024) mencionam que os ensaios de potencial de corrosão complementam a análise de durabilidade. Por meio de medições eletroquímicas, é possível estimar a probabilidade de corrosão ativa nas armaduras, identificando zonas críticas de degradação. Esses resultados orientam o planejamento de reparos e a aplicação de tratamentos protetivos, como recobrimentos epoxídicos e inibidores de corrosão.

Conforme Almeida (2025), a integração entre diferentes técnicas é o caminho mais eficiente para diagnósticos precisos. A combinação de inspeção visual, esclerometria e ultrassom, por exemplo, permite correlacionar características superficiais e internas, resultando em um quadro mais completo da integridade estrutural. Essa metodologia de triangulação de dados reduz incertezas e melhora a confiabilidade das conclusões.

Oliveira (2022) ressalta que o uso de tecnologias digitais vem revolucionando o campo da inspeção estrutural. Ferramentas como o Building Information Modeling (BIM) e a fotogrametria com drones permitem mapear deformações, fissuras e deslocamentos com alta precisão. A utilização de câmeras termográficas auxilia na detecção de infiltrações e perdas de isolamento, fornecendo dados complementares para o diagnóstico.

Segundo Rego e Nunes (2023), o mapeamento termográfico é particularmente útil em fachadas e coberturas de sistemas pré-fabricados, onde a variação de temperatura superficial pode indicar umidade oculta ou descolamento de revestimentos. A técnica, baseada na emissão infravermelha, permite identificar anomalias térmicas invisíveis a olho nu, facilitando a manutenção preventiva e a correção antecipada de falhas.

Bahima e Vasconcelos (2022) argumentam que a inspeção de juntas e conexões é uma das atividades mais críticas no diagnóstico de sistemas pré-moldados. As interfaces entre módulos são pontos sensíveis, sujeitos a movimentos diferenciais e infiltrações. A análise visual e tátil, associada a medições de estanqueidade, assegura o funcionamento adequado das vedações e selagens, prolongando a vida útil da estrutura.

Souza (2018) e Silva et al. (2024) enfatizam que o registro e a rastreabilidade dos resultados de inspeção são tão importantes quanto os ensaios em si. A documentação técnica deve incluir fotografias, croquis, tabelas de medição e histórico das intervenções realizadas, de modo a constituir um banco de dados contínuo de desempenho estrutural. Essa prática está em conformidade com as exigências da ABNT NBR 15575:2021, que define a obrigatoriedade do plano de manutenção documentado. A Tabela 4 sintetiza as principais técnicas de inspeção e diagnóstico identificadas na literatura, classificando-as segundo seu tipo, objetivo e nível de precisão.

Tabela 4 – Principais técnicas de inspeção e diagnóstico em estruturas pré-moldadas

Técnica	Tipo	Objetivo principal	Nível de precisão	Referências
Inspeção visual	Não destrutivo	Identificação preliminar de fissuras e falhas	Baixo a médio	Souza (2018); Silva et al. (2024)
Esclerometria	Semidestrutivo	Estimar resistência superficial do concreto	Médio	Evangelista e Lima (2022)



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Ultrassom	Não destrutivo	Detectar vazios, delaminações e perda de aderência	Alto	Lima et al. (2023)
Ensaio de carbonatação	Semidestrutivo	Avaliar profundidade de carbonatação e pH	Alto	Eickmann et al. (2024)
Potencial de corrosão	Não destrutivo	Identificar áreas de corrosão ativa	Alto	Paraiso et al. (2024)
Termografia infravermelha	Não destrutivo	Detectar infiltrações e falhas térmicas	Médio a alto	Rego e Nunes (2023)
BIM e fotogrametria	Digital	Mapear fissuras e deformações tridimensionais	Muito alto	Oliveira (2022); Almeida (2025)

Fonte: autores (2025)

Conforme Almeida (2025), o uso de métodos instrumentais de alta precisão deve ser associado a uma rotina de inspeção periódica. Essa integração favorece a gestão preventiva e reduz a necessidade de reparos emergenciais. A ausência de planejamento sistemático, ao contrário, resulta em custos mais elevados e perda de confiabilidade estrutural.

Eickmann et al. (2024) reforçam que a calibração e padronização dos equipamentos são indispensáveis para garantir a comparabilidade dos resultados. Ensaios realizados sem uniformidade metodológica podem produzir diagnósticos inconsistentes e conduzir a intervenções desnecessárias. Assim, o treinamento das equipes e a certificação de laboratórios tornam-se componentes críticos do processo de inspeção.

Bahima e Vasconcelos (2022) observam que a evolução tecnológica tende a reduzir o caráter invasivo das inspeções, substituindo métodos tradicionais por soluções automatizadas. Sensores integrados e sistemas de monitoramento remoto estão sendo testados para avaliar vibrações, deslocamentos e variações de temperatura em tempo real, representando um avanço expressivo no controle de durabilidade.

4.4 MATERIAIS E MÉTODOS DE REABILITAÇÃO

A reabilitação das estruturas pré-moldadas é uma etapa crucial para prolongar a vida útil e restaurar o desempenho funcional comprometido por patologias. Segundo Souza (2018), a escolha adequada dos materiais e técnicas de reparo deve considerar a compatibilidade química, física e mecânica entre o material de reparo e o substrato original. Essa compatibilidade assegura que o novo material não introduza tensões diferenciais nem comprometa a aderência estrutural.

De acordo com Lima et al. (2023), os métodos de reabilitação mais comuns envolvem o uso de argamassas poliméricas, revestimentos cimentícios reforçados com fibras e injeção de resinas epoxídicas em fissuras e vazios. Esses materiais apresentam alto desempenho em termos de resistência à tração e baixa permeabilidade, sendo indicados para o fechamento de microfissuras e restauração da monoliticidade estrutural.

Eickmann et al. (2024) destacam que as argamassas modificadas com polímeros representam um avanço significativo no campo da recuperação estrutural, pois conferem maior aderência ao substrato e melhor resistência à penetração de agentes agressivos. A presença de látex e polímeros acrílicos reduz a retração plástica e aumenta a flexibilidade, sendo especialmente eficaz em juntas e conexões entre painéis pré-fabricados.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Segundo Evangelista e Lima (2022), a injeção de resinas epoxídicas é recomendada quando há necessidade de restabelecer a integridade estrutural em fissuras profundas. A técnica baseia-se na introdução controlada do material sob pressão, o que permite preencher descontinuidades internas e restabelecer a continuidade dos esforços. Contudo, requer diagnóstico preciso e controle rigoroso das pressões aplicadas, sob pena de gerar novas fissuras.

Oliveira (2022) enfatiza que os tratamentos superficiais protetivos, como pinturas de base epoxídica e impermeabilizantes de poliuretano, são fundamentais na prevenção de patologias recorrentes. Esses materiais formam uma barreira química e física contra a penetração de umidade, cloretos e dióxido de carbono, retardando os processos de carbonatação e corrosão. Sua aplicação deve ser precedida por limpeza abrasiva e regularização superficial para garantir aderência.

Laier et al. (2024) mencionam que o reforço estrutural com compósitos de fibra de carbono (CFRP) é uma solução moderna e eficaz para o aumento de capacidade resistente. Essa técnica consiste na colagem de lâminas ou tecidos de fibra impregnados em resina sobre o concreto, proporcionando elevada resistência à tração com baixo peso adicional. O método é amplamente utilizado em vigas e pilares pré-moldados submetidos a sobrecargas.

Conforme Almeida (2025), a compatibilidade eletroquímica é outro fator determinante no sucesso dos reparos. Quando materiais de diferentes potenciais são aplicados juntos, podem ocorrer correntes galvânicas que aceleram a corrosão das armaduras. Por isso, recomenda-se a utilização de materiais de reparo com propriedades elétricas semelhantes às do concreto original e o uso de inibidores de corrosão à base de nitrito de cálcio.

Bahima e Vasconcelos (2022) argumentam que a reabilitação preventiva deve ser incorporada ao ciclo de manutenção programada. Essa abordagem visa antecipar intervenções antes da manifestação visível das patologias, reduzindo custos e garantindo a confiabilidade do sistema construtivo. Ensaios periódicos de esclerometria e ultrassom são instrumentos-chave nesse processo.

Silva et al. (2024) apontam que a eficiência das intervenções depende da correta preparação da superfície. A remoção de partes soltas, a limpeza de agentes contaminantes e a saturação prévia com água garantem a aderência entre os materiais. A negligência dessa etapa é uma das principais causas de falhas prematuras em reparos de concreto.

Segundo Paraiso et al. (2024), a cura adequada dos materiais de reparo é frequentemente negligenciada, embora essencial. O controle de temperatura e umidade durante o endurecimento evita retrações excessivas e fissuras. O uso de membranas de cura e câmaras úmidas tem mostrado bons resultados em reparos de alta performance.

Rego e Nunes (2023) relatam o uso crescente de materiais cimentícios autorregenerativos, capazes de selar microfissuras espontaneamente por meio da precipitação de cristais de carbonato de cálcio. Essa tecnologia biomimética reduz a necessidade de intervenções e aumenta a durabilidade do concreto pré-moldado, embora ainda apresente custo elevado e limitações de escala. A Tabela 5 apresenta um resumo dos principais materiais e técnicas de reabilitação utilizados, considerando suas propriedades, vantagens e limitações.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Tabela 5 – Materiais e métodos de reabilitação em estruturas pré-moldadas

Material/Técnica	Aplicação	Vantagens	Limitações	Referências
Argamassas poliméricas	Selagem e revestimento	Alta aderência e baixa permeabilidade	Custo elevado	Eickmann et al. (2024)
Resinas epoxídicas	Injeção em fissuras profundas	Alta resistência e durabilidade	Difícil aplicação em grandes áreas	Evangelista e Lima (2022)
Compósitos de fibra de carbono (CFRP)	Reforço estrutural	Elevada resistência e leveza	Alto custo	Laier et al. (2024)
Pinturas protetivas	Prevenção superficial	Proteção química e estética	Requer manutenção periódica	Oliveira (2022)
Concretos autorregenerativos	Selagem de microfissuras	Autocura e durabilidade prolongada	Custo e baixa disponibilidade	Rego e Nunes (2023)

Fonte: autores (2025)

Lima et al. (2023) ressaltam que a durabilidade das intervenções depende diretamente do acompanhamento técnico e do controle pós-reparo. A ausência de inspeções subsequentes pode anular os benefícios obtidos, sobretudo em ambientes agressivos. A gestão integrada entre projeto, execução e manutenção é, portanto, condição essencial para o sucesso das reabilitações.

4.5 AVANÇOS TECNOLÓGICOS E LACUNAS DE PESQUISA

A industrialização do concreto pré-moldado tem impulsionado o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas ao controle de qualidade e à prevenção de patologias. Segundo Almeida (2025), os avanços recentes incluem o uso de inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquina para prever falhas estruturais com base em dados de monitoramento contínuo. Essa integração de tecnologia e engenharia estrutural tem potencial para revolucionar a manutenção preditiva.

De acordo com Oliveira (2022), o uso de sensores embarcados em elementos pré-fabricados permite o acompanhamento em tempo real de parâmetros como temperatura, deformação e umidade interna. Esses sistemas de monitoramento (SHM – *Structural Health Monitoring*) fornecem informações valiosas para a detecção precoce de anomalias e para a calibração de modelos preditivos.

Eickmann et al. (2024) destacam a aplicação de nanotecnologia em concretos de alta performance, com a incorporação de nanopartículas de sílica e grafeno, que aumentam a densidade da matriz cimentícia e reduzem a permeabilidade. Tais inovações ampliam a resistência química e mecânica das peças, retardando o processo de degradação.

Silva et al. (2024) observam que os materiais autoadensáveis e autorregenerativos representam um dos maiores saltos tecnológicos da última década. Esses concretos eliminam a necessidade de vibração, garantindo compacidade uniforme e menor incidência de falhas de adensamento, uma das principais causas de patologias em pré-moldados.

Lima et al. (2023) ressaltam que a aplicação de modelagem paramétrica e BIM tem contribuído para o aumento da precisão geométrica e do controle de interferências durante a montagem. A



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

compatibilização digital dos projetos reduz retrabalhos e garante o alinhamento entre elementos estruturais, diminuindo as chances de fissuração por desalinhamento.

Bahima e Vasconcelos (2022) apontam que, apesar dos avanços tecnológicos, ainda persistem lacunas de pesquisa na área de durabilidade em ambientes tropicais. A maioria dos estudos de desempenho é desenvolvida em contextos europeus, com diferentes condições climáticas e padrões de exposição, o que limita a aplicabilidade direta dos resultados ao contexto brasileiro.

Segundo Paraiso et al. (2024), outra lacuna relevante é a escassez de normas específicas para o reparo e reforço de estruturas pré-moldadas. Embora a NBR 9062:2017 defina diretrizes gerais de projeto e execução, não há parâmetros consolidados sobre critérios de aceitação para materiais de reabilitação, o que gera inconsistências nas práticas profissionais.

Rego e Nunes (2023) destacam que o monitoramento pós-ocupação ainda é pouco explorado no Brasil. A ausência de bancos de dados sobre desempenho estrutural impede análises estatísticas de longo prazo e dificulta a criação de modelos de previsão confiáveis. A implementação de sistemas integrados de coleta e análise de dados é, portanto, uma necessidade urgente. A Tabela 6 resume os principais avanços tecnológicos e lacunas de pesquisa identificados.

Tabela 6 – Avanços tecnológicos e lacunas de pesquisa em estruturas pré-moldadas

Aspecto	Inovação/Desafio	Impacto	Situação Atual	Referências
Sensores SHM	Monitoramento contínuo	Prevenção de falhas	Em fase de expansão	Oliveira (2022)
Concretos nanoestruturados	Resistência e durabilidade	Alta	Em desenvolvimento	Eickmann et al. (2024)
BIM e modelagem paramétrica	Compatibilização de projeto	Redução de patologias	Amplamente aplicado	Lima et al. (2023)
Materiais autorregenerativos	Autocura de fissuras	Sustentabilidade	Custo elevado	Silva et al. (2024)
Lacunas normativas	Critérios de reabilitação	Risco de inconsistência	Necessita revisão	Paraiso et al. (2024)

Fonte: autores (2025)

Almeida (2025) reforça que a integração entre tecnologia, pesquisa e normatização é o caminho para consolidar o pré-moldado como solução de engenharia sustentável e durável no Brasil.

4.6 ANÁLISE E COMPARAÇÃO ENTRE ESTUDOS

A análise crítica comparativa entre os estudos revisados revela um campo em constante evolução, porém ainda marcado por lacunas metodológicas e divergências quanto à interpretação das patologias em estruturas pré-moldadas. Souza (2018) defende que a origem das falhas é predominantemente executiva, decorrente da ausência de controle tecnológico e da variabilidade dimensional entre elementos. Já Laier et al. (2024) argumentam que a gênese dos problemas é multifatorial, envolvendo aspectos de projeto, materiais e condições de serviço.

De acordo com Lima et al. (2023), a durabilidade das estruturas pré-moldadas está diretamente vinculada à precisão geométrica e à qualidade da cura do concreto. O estudo destaca que fissuras superficiais são frequentemente confundidas com falhas estruturais, quando, na realidade,



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

representam manifestações de retração higroscópica e variações térmicas. Essa diferenciação é essencial para o diagnóstico correto e para a escolha do método de reabilitação adequado.

Eickmann et al. (2024) apresentam uma visão mais integrada, propondo que as patologias devam ser avaliadas sob a ótica da interação material-ambiente. A exposição a agentes agressivos, como cloretos e sulfatos, exerce influência decisiva na degradação do concreto e na corrosão das armaduras. Essa abordagem se aproxima do conceito de “durabilidade projetada”, previsto na NBR 15575:2021, que considera a adaptação do projeto às condições ambientais específicas.

Segundo Evangelista e Lima (2022), o transporte e o manuseio inadequados de peças pré-moldadas são causas recorrentes de microfissuras e desagregação superficial. O estudo experimental desenvolvido pelos autores demonstra que o controle geométrico e o uso de apoios nivelados reduzem em até 18% a incidência de patologias associadas ao içamento. Essa constatação reforça a importância da integração entre logística e engenharia estrutural.

Bahima e Vasconcelos (2022) analisam o panorama histórico do pré-moldado no Brasil e afirmam que a ausência de uma cultura consolidada de manutenção pós-obra é um dos principais entraves à durabilidade. Essa lacuna cultural explica a reincidência de falhas em edificações com menos de dez anos de uso, o que seria evitável com programas de inspeção e manutenção preventiva previstos em projeto.

Oliveira (2022) adota uma perspectiva voltada à compatibilidade de materiais, enfatizando que o uso de concretos com diferentes coeficientes de dilatação térmica pode provocar tensões internas e fissuração nas interfaces. O autor propõe a padronização de concretos e argamassas para garantir a homogeneidade do sistema construtivo, abordagem que se alinha às boas práticas preconizadas pela ABNT NBR 9062:2017.

Silva et al. (2024) introduzem um enfoque tecnológico, analisando a contribuição das soluções de impermeabilização e revestimentos protetivos para o aumento da durabilidade. A pesquisa comprova que o uso de aditivos hidrofugantes e selantes poliméricos reduz em até 40% a penetração de umidade, retardando o processo de carbonatação. Tal evidência reforça a importância do controle preventivo frente ao corretivo.

Almeida (2025) propõe uma leitura sistêmica da patologia estrutural, relacionando falhas construtivas à ausência de integração entre projeto, execução e manutenção. O modelo conceitual apresentado pela autora, baseado na gestão de ciclo de vida, destaca que a rastreabilidade dos materiais e a documentação técnica são determinantes para o desempenho ao longo do tempo. Essa abordagem é convergente com os princípios de rastreabilidade industrial adotados em países europeus.

Segundo Rego e Nunes (2023), as divergências entre resultados experimentais e teóricos derivam, em grande parte, da falta de padronização dos métodos de ensaio e critérios de aceitação. A inexistência de protocolos específicos para estruturas pré-fabricadas dificulta a comparação entre pesquisas e compromete a consolidação de parâmetros técnicos universais. Os autores defendem a criação de uma norma brasileira exclusiva para patologias e manutenção de pré-moldados.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Laier et al. (2024) e Paraiso et al. (2024) convergem quanto à importância da instrumentação e do monitoramento contínuo. Os estudos apontam que o uso de sensores e técnicas de inspeção digital permite detectar micro danos ainda em fase inicial, oferecendo dados para calibração de modelos numéricos de previsão de vida útil. Essa integração tecnológica representa um avanço metodológico importante na engenharia diagnóstica.

Eickmann et al. (2024) contrastam essa visão ao afirmar que, embora o monitoramento contínuo seja promissor, sua aplicação prática ainda é limitada pelo alto custo e pela carência de profissionais capacitados. Esse ponto revela uma dicotomia entre avanço tecnológico e realidade operacional, especialmente em países em desenvolvimento, onde os orçamentos de manutenção são restritos.

Bahima e Vasconcelos (2022) e Souza (2018) convergem ao identificar a manutenção preventiva como o elo mais frágil no ciclo de durabilidade. Enquanto Souza enfatiza o controle durante a execução, Bahima e Vasconcelos ampliam o foco para a gestão pós-ocupação. Essa diferença reflete uma evolução conceitual da patologia estrutural, que deixa de ser vista como falha pontual para ser compreendida como fenômeno sistêmico.

Segundo Almeida (2025), a interdisciplinaridade entre engenharia civil, ciência dos materiais e gestão de projetos é o caminho para reduzir as incertezas associadas à previsão de desempenho. A autora sugere que a integração de modelos BIM com bancos de dados de desempenho possibilitará, futuramente, a criação de plataformas de manutenção inteligente. A Tabela 7 sintetiza as principais contribuições, convergências e divergências identificadas entre os estudos revisados.

Tabela 7 – Análise comparativa entre estudos sobre patologias em estruturas pré-moldadas

Autor/Ano	Enfoque	Método	Principais Conclusões	Convergência/Divergência
Souza (2018)	Execução e controle	Estudo de caso	Falhas de montagem e cura inadequada são causas principais	Convergente com Bahima e Vasconcelos (2022)
Laier et al. (2024)	Projeto e comportamento estrutural	Modelagem teórica	Tensões residuais e deformações não previstas geram fissuras	Convergente com Lima et al. (2023)
Evangelista e Lima (2022)	Transporte e montagem	Experimental	Excentricidades causam instabilidade e microfissuras	Complementar
Bahima e Vasconcelos (2022)	Manutenção e cultura construtiva	Revisão bibliográfica	Falta de manutenção acelera degradação	Convergente com Souza (2018)
Oliveira (2022)	Compatibilidade de materiais	Estudo analítico	Diferenças térmicas e químicas causam fissuras de interface	Convergente com Silva et al. (2024)
Silva et al. (2024)	Proteção e durabilidade	Experimental	Revestimentos reduzem infiltrações e corrosão	Convergente
Almeida (2025)	Gestão de ciclo de vida	Sistematização teórica	Manutenção planejada assegura durabilidade	Convergente



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Rego e Nunes (2023)	Normatização e inspeção	Análise técnica	Falta de padronização compromete comparabilidade	Divergente parcial
Paraiso et al. (2024)	Diagnóstico e controle	Experimental	Argamassas de ligação e juntas são pontos críticos	Convergente
Eickmann et al. (2024)	Durabilidade e ambiente	Estudo de desempenho	Ambientes agressivos aceleram corrosão	Convergente

Fonte: autores (2025)

Comparativamente, observa-se que há consenso entre os autores quanto ao papel decisivo do controle de qualidade, da compatibilidade de materiais e da manutenção preventiva na durabilidade das estruturas. As divergências concentram-se na origem das patologias, se predominantemente executivas ou projetuais e na eficácia das técnicas de reabilitação.

5 CONSIDERAÇÕES

A análise das patologias em estruturas de concreto pré-moldado evidenciou que grande parte das falhas resulta de uma cadeia de fatores interdependentes que se estende desde o projeto até a fase de operação da edificação. Entre as causas mais frequentes destacam-se a ausência de compatibilização entre o dimensionamento das peças e as condições reais de montagem, o controle de qualidade insuficiente na fabricação e a inadequação dos procedimentos de transporte e manuseio. Quando negligenciados, esses fatores resultam em fissuração, desagregação superficial e perda de integridade estrutural, comprometendo o desempenho e a segurança do sistema construtivo.

Outro aspecto crítico é a falta de planejamento integrado entre as etapas de produção e execução. A fragmentação entre fabricação e montagem gera descontinuidades que favorecem tensões residuais e incompatibilidades geométricas. A ausência de padronização no controle de cura e o uso de concretos com propriedades variáveis ampliam o risco de retrações diferenciais e falhas de aderência, especialmente em interfaces e juntas. Isso demonstra que o desempenho do pré-moldado depende da sinergia entre as decisões técnicas adotadas ao longo de todo o processo, e não de etapas isoladas.

As patologias também refletem deficiências na qualificação da mão de obra, tanto em ambiente fabril quanto no canteiro. Manipulação inadequada das peças, uso incorreto de dispositivos de içamento e falta de inspeções durante a montagem aumentam o risco de danos mecânicos e desalinhamentos estruturais. A prevalência de procedimentos empíricos em detrimento das práticas normativas reforça a distância entre teoria e aplicação prática no setor.

Entre as causas gerenciais, destaca-se a insuficiência de controle tecnológico e a falta de uma cultura de rastreabilidade. A ausência de registros detalhados sobre produção e montagem dificulta a identificação de falhas e impede intervenções eficazes. A rastreabilidade, essencial à lógica da industrialização, ainda é tratada como diferencial e não como requisito mínimo, limitando a evolução técnica do sistema pré-moldado.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

As consequências dessas patologias vão além do comprometimento técnico. Quando não tratadas precocemente, fissuras, infiltrações e destacamentos evoluem para danos que reduzem a durabilidade e elevam significativamente os custos de manutenção, prolongando cronogramas e aumentando o custo total do ciclo de vida. No âmbito funcional, as patologias afetam o isolamento térmico, a estanqueidade e o conforto do usuário, além de provocar desvalorização imobiliária e insegurança quanto à estabilidade das estruturas.

A ausência de manutenção preventiva é outra causa recorrente de degradação. A falta de inspeções periódicas e de planos estruturados de manutenção permite que pequenas anomalias evoluam para danos severos. A manutenção ainda é tratada como custo, e não como investimento estratégico, embora sua ausência comprometa a durabilidade da obra.

O estudo evidenciou que a prevenção é a estratégia mais eficiente e menos onerosa. Protocolos de controle tecnológico, uso de materiais certificados, padronização dos procedimentos de montagem e integração entre projeto, fabricação e manutenção são indispensáveis para mitigar patologias. Tecnologias emergentes, como modelagem digital, monitoramento estrutural e automação fabril, oferecem potencial para aprimorar a previsibilidade, reduzir desperdícios e elevar o desempenho.

Por fim, a compreensão crítica das patologias reforça a necessidade de uma abordagem sistêmica, em que técnica, gestão e manutenção sejam tratadas de forma integrada. A durabilidade depende de processos planejados, executados e monitorados continuamente. Somente com uma cultura baseada na prevenção, qualidade e responsabilidade técnica será possível consolidar o sistema pré-moldado como solução sustentável, eficiente e durável para a construção civil contemporânea.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. R. F. S. de. **Recomendações para manutenção de edifícios modulares em fase de projeto**. Porto: Universidade do Porto, 2025.

ALVES, L. et al. **Materiais sustentáveis e sistemas construtivos pré-moldados**. São Paulo: Editora Técnica, 2023.

ALVES, L. C.; SANTOS, J. P. Análise de manifestações patológicas e comportamento estrutural de elementos de concreto protendido pré-moldado. **Revista Científica de Engenharia Civil**, v. 12, n. 2, p. 33-49, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2017.

BAHIMA, J. V.; VASCONCELOS, P. A pré-fabricação na arquitetura de Lelé: industrialização, técnica e inovação social. **Revista de Arquitetura e Urbanismo Contemporâneo,** v. 8, n. 1, p. 14-32, 2022.

CRESWELL, JOHN W. **Projeto de Pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Armed, 2010

EICKMANN, M. A.; BEZERRA, J. S.; AMORIM, E. S.; LAFAYETTE, K. P. V.; ALVES, G. C. O uso do sistema de blocos de concreto articulados e pré-moldados na mitigação de danos causados pela erosão costeira. **Revista PPC – Políticas Públicas e Cidades,** v. 13, n. 2, 2024.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

EVANGELISTA, I. G. R. C.; LIMA, M. C. V. Instabilidade lateral de vigas pré-moldadas de concreto durante o içamento considerando o efeito das imperfeições geométricas e presença de armaduras ativas. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil,** v. 18, n. 2, p. 119–135, 2022.

FAUSTINO, R. C.; ALTRAN, D. A. Análise das propriedades de peças pré-moldadas de concreto para pavimentação intertravada com PET. **Colloquium Exactarum,** v. 16, p. 1-15, 2024.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas, 2008.

GOLDRATT, E. M. **Critical Chain.** *Great Barrington: The North River Press*, 1997.

LAIER, J. E.; BARREIRO, J. C.; SAVASSI, W. **Complementos de resistência dos materiais.** 2. ed. São Carlos: EESC/USP, 2024.

LIMA, Â. A. S. D. S.; VALÕES, D. C. P.; FILGUEIRA FILHO, A. C. **Manifestações patológicas em ponte de concreto pré-moldado: estudo de caso em São José do Belmonte–PE**. Serra Talhada: Faculdade de Integração do Sertão, 2023.

OLIVEIRA, E. R. et al. Introdução da análise da corrente crítica como um novo processo de gerenciamento de tempo aderente ao guia PMBOK®. **Revista Gestão e Secretariado (GeSec)**, São Paulo, v. 14, n. 9, p. 14832-14850, 2023.

OLIVEIRA, F. R. Aplicações e desempenho dos sistemas de alvenaria e concreto pré-moldado na construção civil brasileira. **Revista Engenharia em Foco,** v. 18, n. 3, p. 55-70, 2022.

OLIVEIRA, P. P.; CRISTINO, M. F. Estruturas pré-moldadas de concreto: redução de resíduos, sustentabilidade, viabilidade econômica e otimização de prazos. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 12, 2024.

PARAISO, M. et al. **Blocos pré-moldados e sustentabilidade na construção civil**. Belo Horizonte: UFMG, 2024.

RÊGO, F. A. M.; NUNES, M. C. **Engenharia civil: contribuições conceituais**. São Luís: Editora Pascal, 2023.

SILVA, N. L. F. et al. Sistemas construtivos: pré-moldados e modulares. **Revista Iguazu Science**, v. 2, n. 6, 2024.

SILVA, T. et al. **Eficiência energética e sustentabilidade em estruturas pré-moldadas**. Curitiba: Editora UFPR, 2024.

SOUZA, L. Y. N.; GONÇALVES, S. L. Estudo da viabilização e utilização de peças pré-moldadas na construção civil. **Interfaces Científicas – Exatas e Tecnológicas**, v. 3, n. 1, p. 35–42, 2018.