

DELAMINAÇÃO DE CONCRETO EM CONSTRUÇÕES CIVIS

Bruno Oliveira Silveira¹
Lucas José Talarico Esteves¹
Jhonnatan de Lima Ferreira¹
Leonardo Martins Sleutjes²

sleutjesleonardo@gmail.com

ÁREA DO CONHECIMENTO: Engenharias

RESUMO

Este estudo investigou a delaminação de concreto em estruturas civis, uma patologia crítica que compromete a durabilidade e segurança das edificações. Iniciando com a industrialização brasileira em 1924 e sua rápida expansão na virada do século, a demanda por construções de alta qualidade resultou em manifestações patológicas, incluindo a delaminação, definida como o descolamento da camada superficial do piso de concreto. As questões centrais abordadas foram as causas da patologia, métodos eficazes de detecção precoce e técnicas de reparo para garantir a durabilidade das estruturas. Com essa base, a pesquisa utilizou uma abordagem metodológica de revisão bibliográfica e análise integrativa, destacando a importância de normas técnicas e conhecimento teórico-prático na prevenção e mitigação do problema. Concluiu-se que a compreensão aprofundada dos mecanismos de delaminação e a aplicação de técnicas adequadas são fundamentais para a segurança e sustentabilidade das construções civis. patologia, revestimento cerâmico, deslocamento

PALAVRAS-CHAVE: patologia, descolamento, infraestrutura.

INTRODUÇÃO

O ano de 1924 foi marcado pelo início da industrialização no Brasil, acompanhada pela chegada da Companhia Brasileira de Cimento Portland. Surgiu naquele momento uma crescente necessidade de obras de infraestrutura cada vez maiores e, com a demanda acelerada, tornou-se essencial realizar construções com maior qualidade em menor tempo. Na virada do século, o crescimento da construção civil brasileira alcançou grandes proporções, levando a uma rápida expansão do mercado imobiliário, resultando em uma corrida na construção civil e,

¹ Acadêmico de Engenharia da Faculdade Vértix Trirriense – Univértix

² Bacharel em Engenharia Civil – Especialista em Docência do Ensino Superior e Segurança do Trabalho – Docente da Faculdade Vértix Trirriense - Univértix

consequentemente, em inúmeras manifestações patológicas nas edificações (Chaves, 2005).

As manifestações patológicas mais comuns em pisos industriais, são o aparecimento de trincas e fissuras, o esborcinamento das juntas, a delaminação e o empenamento das placas. Por sua vez, a delaminação, conforme descrita por Fortes, Souza e Junior (2008), refere-se ao descolamento da camada superficial do concreto. Isso resulta em uma drástica redução de sua durabilidade, já que a deterioração da camada superior expõe as camadas inferiores do piso à condições desfavoráveis. Os autores também explicam que essa patologia se origina durante a execução do acabamento, que torna a superfície mais impermeável do que o recomendado, deixando-a suscetível aos vapores de água provenientes das camadas inferiores.

Nesse viés, nota-se que a grande quantidade de danos que ocorrem nas estruturas de concreto é causada, principalmente, pelo efeito combinado da agressividade ambiental com os problemas estruturais com que elas interagem, bem como a utilização de práticas inadequadas durante as diferentes etapas do processo construtivo. Quando não detectada e tratada adequadamente, a delaminação pode comprometer seriamente a integridade estrutural, levando a falhas prematuras e custos elevados de manutenção e reparo (Aranha, 1994).

Com isso, as principais questões investigadas neste estudo incluíram a compreensão das causas dessa patologia, identificação de métodos eficazes para sua detecção precoce e avaliação das técnicas de reparo que garantam a integridade estrutural a longo prazo. Desse modo, o objetivo foi levantar dados e analisar características do processo de delaminação do concreto em construções civis, examinando a possibilidade de prevenção e restauração para minimizar a incidência do problema.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste estudo visou proporcionar um embasamento sólido para a investigação sobre a delaminação de concreto. Foram abordados conceitos e teorias dessa área de estudo, com foco nas contribuições de Yichen *et al.* (2021), Rodrigues, Faria e Silva (2015), Duarte (2023) e Pozzer *et al.* (2024), além

das normas TR 34, ACI 304 e ACI 546 estabelecidas pelo Concrete Society (2013) e American Concrete Institute (2005 e 2014), respectivamente.

De acordo com Gomes (2020), existe uma diferença clara entre manifestações patológicas e patologia. Manifestações patológicas referem-se aos sinais visíveis produzidos pelos mecanismos de degradação, enquanto a patologia é a ciência que estuda e explica como e por que esses mecanismos ocorrem. Diante do exposto, percebe-se que há diversos fatores que podem causar manifestação patológica de delaminação em diferentes estruturas de concreto, como por exemplo, o concreto armado demonstrado na Figura 1.

Figura 1: Deterioração por corrosão dos vergalhões causada pela delaminação do concreto (Antes X Depois).



Fonte: Silva (2017).

Primeiro, entende-se que as estruturas podem desenvolver defeitos de delaminação devido ao carregamento cíclico e dinâmico, erosão ambiental, envelhecimento do material e corrosão das barras de reforço. Yichen *et al.* (2021) dizem que esses problemas são causados principalmente por três fatores: (1) a expansão por corrosão, que causa lascamento do concreto; (2) o vazamento descontínuo na camada de ligação; (3) a descolagem da camada de ligação que ocorre durante uma obra de longo prazo. Embora os dois últimos sejam geralmente chamados de descolamento (o que difere do defeito de delaminação em termos de mecanismo), eles têm a mesma forma de defeito e métodos de detecção. Por conveniência, ambas as formas de defeito são referidas como delaminação neste artigo.

Rodrigues, Faria e Silva (2015) dizem que o agregado miúdo usado em construções civis tem uma forte influência na trabalhabilidade do concreto. Quando se utiliza material muito fino, as operações de acabamento são facilitadas e a exsudação do concreto (formação de uma película de nata) é melhor controlada. No entanto, isso

também aumenta a demanda de água, o que pode resultar em maior retração hidráulica. Além disso, há indícios de que areias muito finas podem favorecer o fenômeno da delaminação, embora isso ainda não tenha sido cientificamente comprovado.

O ACI 302 e a TR34, desenvolvidos pelo *American Concrete Institute* e pelo *Concrete Society*, são importantes documentos técnicos direcionados às boas práticas de projeto e execução de pisos industriais de concreto. Duarte (2023) relata que esses documentos convergem no entendimento da ocorrência destas patologias, compreendendo que a maioria dos casos possui forte ligação com o aprisionamento de água ou ar, devido a um selamento prematuro da superfície na fase em que o concreto ainda está em estado plástico. Isso gera uma pressão interna, que provoca o deslocamento superficial do concreto, que pode ser observado durante a fase de acabamento/polimento do piso ou em momento futuro.

Já a norma ACI 546.1R ressalta que a delaminação é comumente inspecionada usando métodos tradicionais de testes não destrutivos (TND), como batidas de um martelo leve, arrastamento de correntes ou pelo uso de um aparelho de rodas denteadas com o qual se percorre a área a ser examinada. Pozzer *et al.* (2024) complementam que técnicas mais avançadas podem ser usadas para fins de teste, como teste de penetração no solo (GPR), eco de impacto (IE) e termografia de infravermelho (IRT). Em qualquer caso, exceto o último, as zonas que “soarem a oco” são zonas delaminadas, e são marcadas, de modo a poderem ser facilmente identificadas. Para o IRT, as áreas impactadas aparecem como padrões térmicos distintos, geralmente com temperaturas mais baixas ou mais altas do que o restante da superfície, dependendo das condições ambientais.

De modo geral, as diferentes fontes apresentadas se complementam ao oferecer uma visão detalhada sobre as causas, detecção e componentes do concreto que influenciam a delaminação. As normas, por sua parte, fornecem uma base técnica sólida que é expandida pelos estudos acadêmicos, principalmente de Duarte, tanto em termos de entendimento dos mecanismos de delaminação quanto em métodos de detecção.

Por outro lado, a sugestão de Rodrigues, Faria e Silva sobre a influência do agregado miúdo na delaminação carece de comprovação científica clara,

representando uma área que pode ser explorada mais a fundo em estudos futuros. Além disso, embora Pozzer *et al.* avancem na introdução de novas tecnologias de detecção, uma integração mais detalhada dessas tecnologias com práticas normativas poderia ser benéfica.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, com abordagem qualitativa. A revisão integrativa é um método que tem como finalidade sintetizar resultados obtidos em pesquisas sobre um tema ou questão, de maneira sistemática, ordenada e abrangente. A abordagem qualitativa exige um estudo amplo do objeto de pesquisa, considerando o contexto em que ele está inserido e as características da sociedade a que pertence.

Esta revisão integrativa seguiu as seis etapas estabelecidas para este tipo de revisão, que são: 1ª Fase: Elaboração de perguntas norteadoras, 2ª Fase: Busca ou amostragem na literatura, 3ª Fase: Coleta de dados, 4ª Fase: Análise crítica dos estudos incluídos, 5ª Fase: Discussão dos resultados e 6ª Fase: Apresentação da revisão integrativa (Souza, Silva, Carvalho, 2010).

As perguntas de pesquisa foram: Quais são as causas mais comuns de delaminação em estruturas de concreto? Quais métodos são mais eficazes para a detecção precoce de delaminação? Quais técnicas de reparo oferecem os melhores resultados a longo prazo? Como a implementação de práticas de manutenção preventiva pode minimizar a ocorrência de delaminação? Essas perguntas foram desenvolvidas considerando a relevância do tema, a importância de abordar o problema da delaminação de concreto na engenharia civil e a necessidade de contribuir para o avanço do conhecimento nessa área. Elas orientaram a pesquisa teórica e prática, fornecendo um foco mais claro e direcionado para o estudo.

Para identificar os estudos relevantes, foi realizado buscas em bases de dados acadêmicas como Science Direct, SciELO e Google Scholar, além de periódicos, livros, teses, dissertações, manuais e protocolos especializados em engenharia civil e normas de segurança. Foram utilizadas combinações de palavras-chave como "delamination", "concrete delamination", "fadiga de alto ciclo", "delaminação por fadiga", entre outras, para realizar buscas abrangentes.

Os critérios de inclusão foram definidos como estudos publicados entre 2015 e 2024, (porém, algumas bibliografias antigas foram fundamentais), escritos em inglês ou português, que abordassem especificamente a delaminação de concreto em construções civis. Os critérios de exclusão incluíram estudos que não estavam disponíveis na íntegra ou que estavam em outro idioma além dos já definidos ou que não se encaixavam nos temas específicos da pesquisa.

Após a seleção de estudos relevantes sobre a delaminação na engenharia civil, o próximo passo consistiu em analisar e sintetizar esses dados. Nesse processo, os estudos escolhidos foram cuidadosamente examinados para identificar padrões, tendências e lacunas na literatura existente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 1 mostra de forma sucinta os estudos explorados nessa revisão integrativa.

Tabela 2 - Classificação dos artigos implicados nessa revisão, mostrando autores, objetivos, resultados e conclusão.

Autor	Objetivos	Resultados	Conclusões
DUARTE, J.	Explicar o fenômeno da delaminação em pisos de concreto.	Identificou as causas da delaminação, como a exsudação de água e má aderência entre camadas.	Delaminação pode ser mitigada com boas práticas de construção e controle de qualidade.
POZZER, S. <i>et al.</i>	Investigar e comparar a capacidade da termo grafia infravermelha passiva na detecção de delaminações subsuperficiais em infraestruturas de concreto.	Demonstrou que a métodos modernos são eficazes na detecção de delaminações subsuperficiais, especialmente com técnicas avançadas de processamento de sinal.	GPR, IE e IRT são ferramentas promissoras para inspeções não destrutivas de delaminações em concreto.

RODRIGUES, P. P. F. FARIA, B. M.; SILVA, J. B. R. da.	Estabelecer novos critérios para a construção e manutenção de pavimentos industriais de concreto armado.	Propôs novos parâmetros de design e manutenção que aumentam a durabilidade e resistência dos pavimentos industriais de concreto.	Os novos critérios melhoram a performance e longevidade dos pavimentos industriais, reduzindo falhas estruturais.
YICHEN H. <i>et al.</i>	Estudar a evolução de danos nas juntas e a deformação arqueada de trilhos sem lastro CRTS-II sob carregamento complexo.	Revelou como as diferentes variações afetam a integridade das juntas e a deformação estrutural por delaminação.	A necessidade de considerar os efeitos térmicos no design e manutenção de trilhos sem lastro para evitar danos significativos.

A leitura apurada dos artigos selecionados expostos na Tabela 1 possibilitou que os temas tratados fossem agrupados e especificados de forma organizada, proporcionando uma análise qualitativa desta pesquisa. Os resultados obtidos abrangem as causas e os fatores associados a delaminação de concreto, mostrando uma convergência entre diferentes estudos e normas e proporcionando uma compreensão mais profunda das causas, métodos de detecção e componentes que influenciam esse fenômeno.

Além disso, os resultados também revelaram que a delaminação de concreto é frequentemente causada por múltiplos fatores. A correlação com os estudos de Duarte (2023), Yichen *et al.* (2021) e Rodrigues, Faria e Silva (2015) demonstra que a qualidade da execução e dos materiais, especialmente o agregado miúdo, desempenha um papel crucial na resistência à delaminação. A presença de partículas finas pode aumentar a demanda de água durante a mistura, contribuindo para a retração hidráulica e potencialmente favorecendo a delaminação.

Em relação aos métodos de detecção, foi identificado que técnicas avançadas como GPR, IE e IRT são eficazes para identificar zonas delaminadas de forma não destrutiva, conforme discutido no ACI 546 e por Pozzer *et al.* (2024). A aplicação

desses métodos permite uma intervenção precoce, crucial para evitar danos estruturais maiores e reduzir os custos de manutenção a longo prazo.

Em suma, esta progressão destaca a importância de uma abordagem multidisciplinar e a necessidade de incorporar tecnologias modernas na manutenção e prevenção de problemas estruturais, como a delaminação. A utilização dos métodos abordados reflete uma tendência crescente na engenharia civil de minimizar intervenções invasivas, preservando a integridade estrutural e prolongando a vida útil das construções.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os objetivos estabelecidos neste estudo, os resultados confirmam que a compreensão detalhada dos mecanismos de delaminação é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de detecção e reparo. A correlação entre a fundamentação teórica e os dados coletados sublinha a importância das normas, que fornecem diretrizes claras para a execução e inspeção de estruturas de concreto, reduzindo assim a incidência de delaminação.

Em conjunto, esses estudos e normas se complementam, oferecendo uma visão detalhada das causas e métodos de detecção da delaminação de concreto. As normas fornecem uma base técnica sólida que é expandida por estudos acadêmicos que investigam mecanismos específicos de delaminação e introduzem tecnologias avançadas de detecção. Enquanto isso, a introdução de novas tecnologias de detecção também se torna mais bem integrada às práticas normativas, proporcionando uma abordagem mais holística e eficaz na prevenção e identificação da delaminação em estruturas de concreto.

Em resumo, a integração de práticas normativas com inovações tecnológicas e a exploração contínua da área são fundamentais para avançar na prevenção e detecção eficaz da delaminação em estruturas de concreto. É necessário que sejam realizadas inspeções periódicas em construções para identificar eventuais problemas patológicos como a delaminação e tomar as medidas necessárias para corrigi-los. Nisso, torna-se fundamental que os projetos sejam bem elaborados e executados com materiais de qualidade e mão de obra qualificada, além de acompanhar a evolução das técnicas para, assim, garantir a durabilidade e segurança das construções.

REFERÊNCIAS

Anais do FAVE – Fórum Acadêmico da Faculdade Vértix Trirriense- Univértix, Três Rios, outubro, 2024.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 309R-05: Guide for Consolidation of Concrete**. 2005.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 546R-14: Guide to Concrete Repair**. 2014.

ARANHA, P. M. da S. **Contribuição ao estudo das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região amazônica**. 1994.

CHAVES, M. A. **Da periferia ao centro da(o) capital: perfil dos trabalhadores do primeiro complexo cimenteiro do Brasil**. São Paulo:1925-1945. Dissertação de mestrado em História: UNICAMP, 2005.

DUARTE, J. **O que é delaminação em pisos de concreto?**. 2023. Disponível em: <https://lpe.eng.br/o-que-e-delaminacao-em-pisos-de-concreto/>. Acesso em: 12 de junho de 2024.

FORTES, R. M.; SOUZA, C. J. N.; JÚNIOR, A. S. B. Recuperação de Piso Industrial – Peculiaridades e Dificuldades. **Recuperação Estrutural: diagnóstico e terapias para prolongar a vida útil das obras**, São Paulo. n. 49 p. 44-45, jan/mar., 2008. Disponível em: https://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_49.pdf. Acessado em: 12 de junho de 2024.

GOMES, A. R. **Análise da manifestação patológica no processo de carbonatação no concreto: mapeamento do índice de carbonatação correlacionado com a localização construtiva**. 2020.

POZZER, S.; OMIDI, Z. EL REFAI, A.; LÓPEZ, F.; IBARRA-CASTANEDO, C.; MALDAGUE, X. **Passive infrared thermography for subsurface delamination detection in concrete infrastructure**. Capabilities, Construction and Building Materials, Volume 419, 2024.

RODRIGUES, P. P. F.; FARIA, B. M.; SILVA, J. B. R. da. Novos critérios para pavimentos industriais de concreto armado. **IBTS Instituto Brasileiro de Telas Soldadas**, São Paulo. 2015.

SOUZA, M. T. de; SILVA, M. D. da; CARVALHO, R. de. **Revisão integrativa: o que é e como fazer**. Einstein (São Paulo), São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, mar. 2010.

THE CONCRETE SOCIETY. **TR 34 Concrete Industrial Ground Floors: A Guide to Design and Construction** (4^a ed.). 2013.

YICHEN H.; LIANG G.; YANGLONG Z.; CHENYI Z. **Study on the damage evolution of the joint and the arching deformation of CRTS-II ballastless slab track under complex temperature loading**. Construction and Building Materials, Volume 309, 2021.

