De 24/06/2026 a 27/06/2026
São Paulo
https://doi.org/10.67775/4p4b9303

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

FISSURAS POR RETRAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO

Esther Mignoni[1], Francieli Tiecher[2]*
*Autor de contato: francieli.bonsembiante@atitus.edu.br

[1] Escola Politécnica, Curso de Graduação em Engenharia Civil, ATITUS Educação, Passo Fundo, Brasil
[2] Escola Politécnica, Pós Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo, ATITUS Educação, Passo Fundo, Brasil

RESUMO

O artigo analisou a ocorrência de fissuras em lajes de concreto armado de um edifício residencial em Passo Fundo (RS), com foco na retração plástica do concreto. A pesquisa envolveu inspeções técnicas, medições das fissuras, registros fotográficos e análise das condições de concretagem, cura e clima. Os resultados indicaram fissuras com aberturas entre 4,35 mm e 7,70 mm, embora o concreto tenha apresentado resistência conforme o projeto. Foram identificados intervalos prolongados entre mistura e lançamento do concreto, além de cura inadequada. Conclui-se que as fissuras decorreram principalmente da retração, agravada por práticas executivas inadequadas e condições ambientais desfavoráveis.
Palavras-chave: retração; fissuras; cura do concreto.

ABSTRACT

The article analyzed the occurrence of cracks in reinforced concrete slabs of a residential building in Passo Fundo (RS), focusing on plastic shrinkage of the concrete. The research involved technical inspections, crack measurements, photographic records, and analysis of concreting, curing, and climatic conditions. The results indicated cracks with openings ranging from 4.35 mm to 7.70 mm, although the concrete presented compressive strength consistent with the design specifications. Prolonged intervals between mixing and placement of the concrete were identified, as well as inadequate curing procedures. It is concluded that the cracks mainly resulted from shrinkage, aggravated by inadequate construction practices and unfavorable environmental conditions.

Keywords: Shrinkage; cracks; concrete curing.

1. INTRODUÇÃO

Todas as etapas do processo construtivo exigem controle tecnológico para assegurar o desempenho adequado e vida útil. Procedimentos inadequados ou falhas nos cuidados necessários levam às manifestações patológicas que podem acometer as edificações e que podem prejudicar a segurança estrutural e causar desconfortos aos usuários. Entre as manifestações patológicas mais comuns estão as fissuras (Tang et al., 2015; Askar et al., 2023).

Quando as fisuras acometem as estruturas de concreto, fatores como ausência de cura adequada, altas temperaturas, vento e baixa umidade relativa do ar contribuem para a perda de água por evaporação, gerando gradientes de umidade que provocam tensões internas e consequente fissuração, especialmente nas primeiras horas após a concretagem (Alexandre, 2008; Sitter, 1984; Weimer, 2018). Estudos recentes destacam que condições ambientais severas e inadequado controle de cura aumentam significativamente a suscetibilidade do concreto à fissuração inicial (Shen, 2024; Lura et al., 2025). Além disso, os processos fissuratórios do concreto podem se originar de falhas no dimensionamento, execução inadequada e sobrecargas. Nesse sentido, o diagnóstico precoce de uma manifestação patológica, como enfatizado por Sartor (2017), é essencial para evitar danos irreversíveis, reduzir custos de manutenção e prolongar a vida útil das estruturas (Zhang et al., 2024).

O período anterior ao endurecimento do concreto corresponde à fase em que o concreto ainda pode ser remoldado após o lançamento, antes do início da pega, o que pode variar de 1 hora a 12 horas, conforme a temperatura ambiente, a relação água/cimento e o uso de aditivos modificadores do tempo de pega, como aceleradores ou retardadores (ABNT NBR 12655, 2015). Pesquisas recentes também destacam que a composição do cimento, o tipo de adição mineral e a presença de aditivos químicos podem alterar significativamente o comportamento reológico e o tempo de início de pega, influenciando diretamente o risco de retração plástica e fissuração precoce (Babhuiya et al., 2025; Miao et al., 2025).

No estado endurecido, Carasek e Cascudo (2013) salientam que outros fatores também contribuir para o surgimento das fissuras, tais como as variações volumétricas decorrentes de gradientes térmicos e de umidade, as fissuras de retração por secagem. Trata-se um fenômeno físico-químico que ocorre no concreto endurecido, decorrente da perda de água livre para o ambiente. Inicialmente, a água removida não está quimicamente ligada aos produtos da hidratação do cimento, e sua evaporação variações volumétricas significativas. No entanto, à medida que a secagem prossegue e a maior parte da água livre é removida, a perda de água adicional passa a gerar maiores tensões internas, ocasionando fissuração e, em alguns casos o empenamento das bordas do elemento de concreto (Balthar, 2004). Estudos recentes confirmam que a retração por secagem continua sendo uma das principais causas de fissuração em elementos estruturais de concreto, sobretudo em ambientes com variações de temperatura e umidade (Zhang et al., 2024; Long et al., 2025)

Este tipo de fissuração é especialmente relevante em estruturas de grande superfície exposta, como as lajes, onde a variação de umidade entre a superfície e o interior do concreto é mais acentuada. Diversas estratégias podem ser adotadas para mitigar os efeitos da retração por secagem. Entre elas, destacam-se a correta disposição de juntas de controle, a redução da relação água cimento, o uso de armaduras de pele em elementos alongados, a escolha de agregados graúdos com maior dimensão máxima característica, e a utilização de agregados miúdos com baixo teor de materiais argilosos (Balthar, 2004). Além disso, a cura eficiente e o controle da umidade do ambiente nas primeiras idades do concreto são fundamentais para reduzir a perda excessiva de água, promovendo

uma secagem mais homogênea e segura. Pesquisas também apontam que o uso de adições minerais, fibras e agentes redutores de retração pode contribuir significativamente para minimizar a formação de fissuras e melhorar a durabilidade das estruturas de concreto (Debnath et al., 2025).

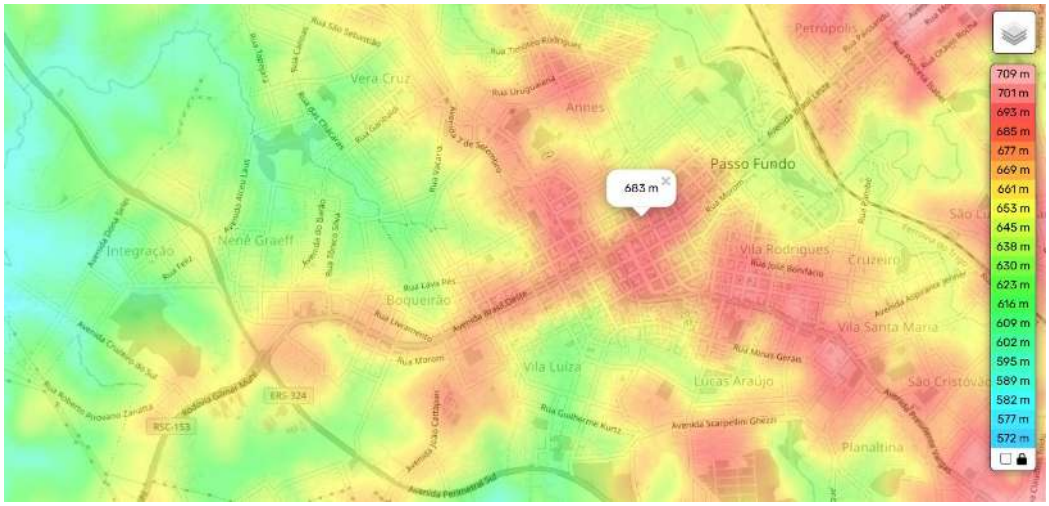
Através da avaliação das condições construtivas, dos aspectos ambientais e de projeto, a presente pesquisa apresenta as principais causas e os mecanismos que levaram o surgimento de fissuras excessivas em lajes de concreto armado de um edifício localizado na cidade de Passo Fundo.

2. MÉTODO

2.1 Objeto de estudo

A fissuração excessiva que surgiu em lajes de concreto armado após a concretagem, em um edifício situado na região central do município de Passo Fundo, é o objeto de estudo deste trabalho. O edifício onde foi realizada a pesquisa se encontra em uma área topograficamente elevada, do município de Passo Fundo, na região Sul do Brasil, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Mapa topográfico de Passo Fundo, RS, Brasil



Fonte: Topographic-Map.Com, 2025.

O edifício onde se localizam as lajes que apresentaram fissuras possui 15 pavimentos, sendo um pavimento térreo, três pavimentos de garagem e onze pavimentos tipo, residenciais. São 9 apartamentos por andar, totalizando 99 unidades habitacionais. A análise desta pesquisa concentrou-se na laje de concreto armado localizada no 7º pavimento, na face norte do edifício, embora as fissuras também tenham sido identificadas no 13º pavimento, na mesma posição. A Figura 2 mostra o aspecto fissuratório da laje estudada, permitindo observar a extensão e o padrão de distribuição das fissuras, bem como sua orientação predominante.

Figura 2 – Fissuras observadas no estudo de caso



Fonte: De autoria própria, 2025.

2.2 Etapas da pesquisa

Para conduzir a investigação foram feitas inspeções técnicas para a identificação e registro das fissuras presentes nas lajes. Durante as inspeções foram realizados registros fotográficos, bem como leituras da abertura e profundidade das fissuras, por meio de paquímetro.

Além das inspeções foram coletadas informações referentes ao concreto e às concretagens das lajes, a partir do fornecedor de concreto e junto à equipe de obra (engenheiros, mestre, entre outros), sendo elas:

- Datas e horários de concretagem, início e término de descarregamento de cada caminhão betoneira;
- Ordens de serviço e documentos de registros de execução;
- Informações sobre o abatimento do concreto (slump test), adição de água (se houver), número e localização dos corpos de prova moldados;
- Rastreabilidade da concretagem, através do mapeamento das lajes, efetuada por meio da marcação com tintas coloridas dos locais de deposição de cada uma das betonadas (procedimento que permite a identificação de cada caminhão).
- Traços utilizados, tipo de cimento, aditivos, fator a/c.

Para avaliar a influência das condições climáticas na ocorrência das fissuras observadas, foram coletadas informações sobre a temperatura, a umidade relativa do ar e velocidade do vento no dia da concretagem e nos 07 dias subsequentes. As informações foram obtidas através do banco de dados da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), disponíveis no site: https://www.embrapa.br/trigo/infraestrutura/agrometeorologia/laboratorio-agrometeorologia.

3. RESULTADOS

A partir da inspeção detalhada da laje estudada foi possível avaliar as características das fissuras presentes, conforme apresentado na Tabela 1, onde verifica-se que a maioria das fissuras possui orientação transversal, com aberturas variando entre 4,35 mm e chegando 7,70 mm. As profundidades atingem valores da ordem de 91,7 mm (caso da fissura de número 11), que também pode ser observada através da Figura 3. Cabe salientar que a espessura da laje inspecionada é de 150 mm, ou seja, a fissura praticamente transpassa a laje de uma extremidade a outra.

Tabela 1 – Características das fissuras identificadas na laje do 7º pavimento

Identificação	Largura (mm)	Profundidade (mm)	Orientação
1	4,70	19,55	L
2	4,35	46,90	T
3	5,70	40,00	T
4	6,00	30,60	L
5	5,60	21,40	T
6	6,30	42,45	T
7	7,00	65,70	T
8	7,10	39,40	T
9	6,70	29,60	T
10	7,70	42,40	T
11	6,40	91,70	L

L= longitudinal; T= transversal

Figura 3 – Fissura com profundidade de 91,70 mm



Fonte: De autoria própria, 2025.

A NBR 12655:2015 estabelece, no item 4.3, a obrigatoriedade de se "efetuar a rastreabilidade do concreto lançado na estrutura", sendo esta uma atribuição do profissional responsável pela execução da obra. Este procedimento é fundamental para vincular eventuais não conformidades a lotes específicos de concreto.

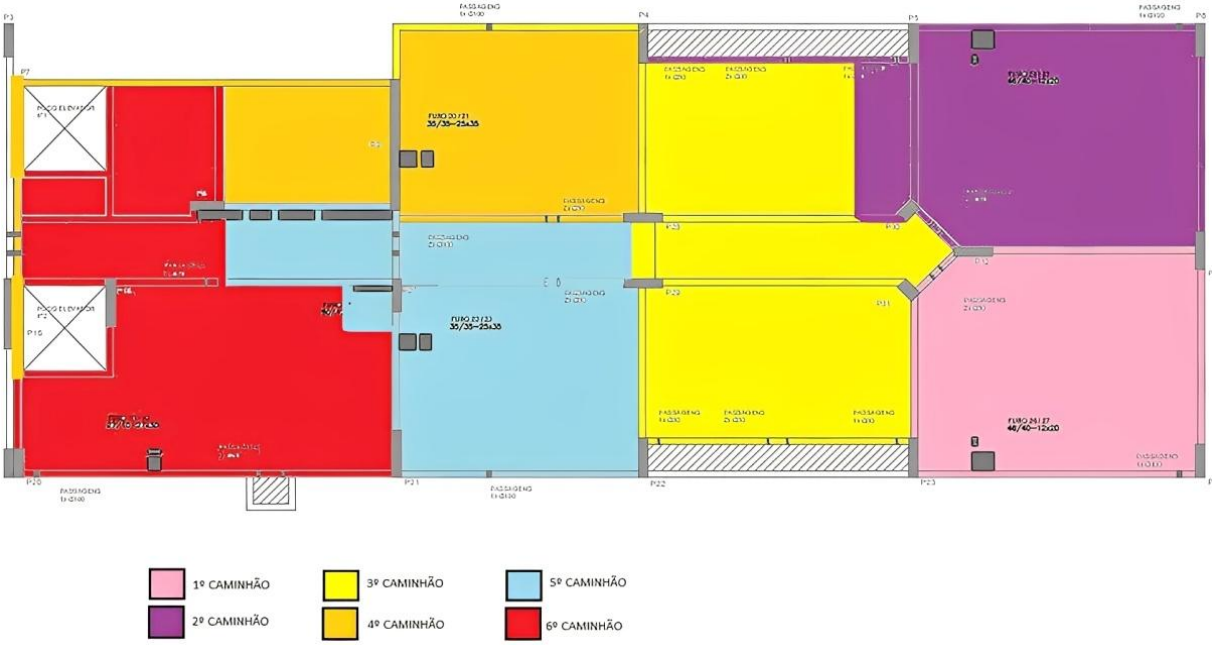
A Tabela 2 mostra informações sobre as condições de mistura do concreto, em relação ao tempo de mistura e o tempo de concretagem. A Figura 4 ilustra o mapa de rastreabilidade, associando cada betonada a uma região específica da laje.

Tabela 2 – Tempo de mistura e tempo de concretagem

Betonada (Nota Fiscal)	Volume de concreto (m³)	Mistura (hora:min)	Chegada (hora:min)	Início (hora:min)	Término (hora:min)
58313	8	7:15	8:05	9:05	9:20
58315	8	8:30	9:20	9:35	10:03
58316	8	8:48	9:42	10:17	10:50
58318	8	9:30	10:15	11:02	11:45
58328	6	10:30	11:10	11:55	12:20
58329	8	12:08	12:45	13:05	13:35

Fonte: De autoria própria, 2025.

Figura 4 – Rastreabilidade do concreto



Fonte: De autoria própria, 2025.

A avaliação dos procedimentos de concretagem permitiu constatar que o concreto fornecido pelo 1º caminhão (58313) ultrapassou 120 minutos de mistura, tendo em vista os horários de início da mistura (07:15) e do descarregamento (09:05). Esse intervalo situa-se próximo ao limite de 150 minutos, estabelecido pela NBR 6212 (ABNT, 2012) para a descarga completa do concreto e entende-se que pode levar ao comprometimento do material no estado fresco, especialmente a trabalhabilidade, dificultando a uniformidade da distribuição do concreto e o seu adensamento.

Estudos apontam que a perda de abatimento do concreto ao longo do tempo é inevitável, podendo chegar a 40% entre o início e o fim de uma concretagem (Erdoğdu, 2005; Teixeira; Pelisser, 2007). Assim, o tempo de mistura para este caminhão pode ter contribuído para a perda de desempenho

do concreto, aspecto que se correlaciona com a incidência das fissuras mais severas registradas na laje, uma vez que a laje acometida pelas fissuras foi atendida pelo referido caminhão.

A análise da distribuição das concretagens revelou uma correlação espacial entre a ocorrência das fissuras mais severas (com aberturas superiores a 6,0 mm – vide Tabela 1) e as betonadas dos caminhões 58313 (1º caminhão), 58315 (2º caminhão) e 58316 (3º caminhão).

Através de informações obtidas do projeto das estruturas de concreto, as lajes foram dimensionadas considerando-se o emprego de um concreto com resistência à compressão de 30 MPa e abatimento de 120 mm. Para o controle de qualidade da resistência à compressão do concreto foram moldados 2 corpos de prova (CPs) por caminhão betoneira e, conforme os resultados médios, apresentados na Tabela 2, nota-se que a resistência do concreto foi superior ao especificado em projeto. A partir do cálculo do f_{ck} estimado, segundo o que recomenda a NBR 12655 (ABNT, 2015), foi obtido um resultado de resistência à compressão de 30,3 MPa. Este resultado, comparativamente aos obtidos pelo controle tecnológico, aponta para aceitação dos concretos fornecidos.

Tabela 1 – Controle tecnológico do concreto

Caminhão (Nota Fiscal)	Abatimento (mm)	Resistência à compressão média aos 28 dias (MPa)
58313	140	30,8
58315	120	39,5
58316	140	31,8
58318	130	32,0
58328	140	31,4
58329	120	36,4

Fonte: De autoria própria, 2025.

Os procedimentos posteriores à concretagem envolvem a cura do elemento estrutural. A Norma NBR 14931 (ABNT, 2023) é enfática ao prescrever que a cura deve ser iniciada imediatamente após o término da concretagem e mantida de forma ininterrupta, sob pena de perda prematura de água. A Figura 5 mostra a ausência de umidade na superfície da laje estudada nos horários de pico de temperatura e insolação, ou seja, a cura não foi efetuada de forma contínua e ineficaz. A cura adequada tem por objetivo manter a superfície do concreto permanentemente saturada durante os primeiros e críticos dias após o lançamento, permitindo a hidratação completa do cimento e evitando a geração de tensões internas decorrentes da retração por secagem (Neville, 2016; Figueiredo et al., 2020).

A correlação entre as informações sobre a concretagem e a cura do concreto com as condições climáticas do dia da concretagem e os 7 dias seguintes, apresentada na Tabela 4, mostra que no dia da concretagem (21/01/2025) ocorreu uma combinação crítica de fatores ambientais que podem ter influenciado a ocorrência das fissuras. Primeiramente, nota-se uma grande amplitude térmica, da ordem de 14,3ºC (15,4°C a 29,7°C). Em um segundo momento, verifica-se que a velocidade do vento era considerável, de até 9,3 m/s. Ambos os fatores tornam propício o fenômeno de retração, especialmente considerando-se a ausência da cura. A umidade relativa também contribui para a ocorrência de retração e, neste caso um dia após a concretagem foi registrada uma umidade considerada crítica – 44% (Neville, 2013).

Figura 5 – Aspecto da estrutura após a concretagem: ausência de procedimentos de cura



Fonte: De autoria própria, 2025.

Tabela 2 – Condições climáticas

Data	Etapa de registro	Temperatura (ºC)		Precipitação (mm)	U.R. (%)	Vento	
		Máxima	Mínima			Vel. Máx. (m/s)	Direção
20/01/2025	24h antes da concretagem	28,5	19,8	2,00	68	10,5	W
21/01/2025	Concretagem	29,7	15,4	0,00	62	9,3	NW
22/01/2025	24h após a concretagem	32,2	18,0	0,00	44	8,6	NW
23/01/2025	48h após a concretagem	34,5	18,4	0,00	51	17,9	NW
24/01/2025	72h após a concretagem	27,0	18,9	2,20	87	12,4	NW
25/01/2025	96h após a concretagem	27,5	18,9	5,00	78	11,2	SE
26/01/2025	120h após a concretagem	29,4	19,4	0,00	71	8,5	SE
27/01/2025	144h após a concretagem	32,0	19,2	0,20	74	10,8	NE
28/01/2025	168h após a concretagem	30,5	19,3	8,60	76	9,6	W

Fonte: Adaptado de EMBRAPA, 2025.

Segundo Cánovas (1988), a rápida evaporação da água superficial do concreto, induzida pelo vento, gera um encurtamento imediato na superfície do elemento, que, por estar ainda sem resistência mecânica, fissura-se. Paralelamente, a grande variação de temperatura entre a noite anterior à concretagem e o pico diurno pode ter gerado gradientes térmicos no interior da peça, promovendo tensões adicionais, que exacerbaram a fissuração.

3.1 Discussão dos resultados

A partir das avaliações realizadas, considerando-se o f_{ck} estimado (30,3 MPa), verificou-se que o concreto empregado na estrutura possui a resistência adequada, bem como o fornecedor atendeu o abatimento requerido. Sendo assim, sob esse aspecto, o concreto não interferiu na ocorrência da fissuração. As análises realizadas permitiram verificar que o surgimento das fissuras decorreu primordialmente do fenômeno de retração, agravada por uma conjunção crítica de fatores inter-relacionados.

Os procedimentos de cura adotados na laje avaliada mostraram-se incapazes para criar a barreira de saturação necessária e impedir a evaporação excessiva de água, ou seja, a inobservância da cura acabou atuando, não como uma medida mitigatória, mas como um fator que potencializou o mecanismo de fissuração, aumentando a retração do concreto. A falha neste procedimento essencial constitui uma das causas para que se ultrapasse o Estado Limite de Serviço (ELS-W) por fissuração excessiva, conforme estabelecido pela NBR 6118 (ABNT, 2023).

Conforme demonstrado experimentalmente por Figueiredo et al. (2020), a aplicação intermitente de água não neutraliza os efeitos de condições ambientais severas, resultando em resistências mecânicas inferiores e, principalmente, no surgimento de microfissuras.

As condições climáticas registradas no dia da concretagem, caracterizadas por amplitude térmica acentuada, baixa umidade relativa do ar e ventos considerados intensos estabeleceram um cenário ideal para a ocorrência deste mecanismo, propiciando a evaporação acelerada da água de amassamento e consequente surgimento de tensões de tração no concreto ainda fresco.

Paralelamente, verificou-se a ocorrência de intervalos de concretagem próximos ao limite máximo estabelecido pela norma, o que pode ter comprometido a homogeneidade e a trabalhabilidade da mistura. Esta condição possivelmente contribuiu para reduzir a capacidade do concreto em resistir às solicitações iniciais decorrentes da retração plástica.

Dessa forma, a partir dos aspectos observados, aponta-se como causa principal das fissuras o fenômeno de retração plástica, intensificado pela ação combinada de condições ambientais adversas com práticas executivas inadequadas, em especial no que concerne aos procedimentos de cura.

Em relação aos procedimentos de reparo das fissuras é importante ponderar que o tratamento deve ser precedido pela identificação de atividade, ou não, da fissura, para que a técnica de reparo seja adequada e duradoura (Oliveira, 2014). De acordo com diversos autores, a injeção de resinas a técnica de excelência para a recuperação da monoliticidade e durabilidade do concreto fissurado. No caso de fissuras passivas, a aplicação de resinas rígidas, como de base epóxi, é indicada; enquanto as fissuras ativas, ou sujeitas a movimentação, demandam produtos flexíveis, como o poliuretano (Duarte; Barbosa; Farias, 2021).

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa permitiu identificar que as fissuras excessivas observadas na laje de um edifício em localizado n acidade de Passo Fundo, RS, resultaram de uma combinação crítica de fatores, a seguir listados:

- Condições climáticas desfavoráveis no dia da concretagem, caracterizadas por alta amplitude térmica, baixa umidade relativa do ar e ventos expressivos, criaram um ambiente propício à evaporação acelerada da água superficial do concreto ainda fresco, gerando tensões capazes de ultrapassar sua resistência inicial;
- Etapas executivas inadequadas, como o prolongado tempo de descarregamento de algumas betonadas, que comprometeu a homogeneidade e a trabalhabilidade do concreto;
- Execução da cura de forma descontínua.

Ressalta-se que o concreto utilizado apresentou resistência mecânica satisfatória, afastando falhas de dosagem ou qualidade do material como causa principal, o que pôde ser constatado pela comparação das resistências obtidas com o fck estimado. Dessa forma, é possível concluir que as fissuras que foram objeto de estudo desta pesquisa decorreram essencialmente de falhas no controle tecnológico do concreto no estado fresco e na adoção de práticas executivas incompatíveis com as condições ambientais vigentes.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores expressam agradecimento à Atitus Educação pelo suporte dado durante o andamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, I. F. Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural: uma análise da relação de causa e efeito. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

ASKAR, MAND KAMAL et al. Cracks in concrete structures causes and treatments: A review. **Journal of Duhok University**, v. 26, n. 2, p. 148-165, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BALTHAR, V. K. B. L. Retração autógena e evolução de propriedades mecânicas de pastas pozolânicas. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

BARBHUIYA, Salim; DAS, Bibhuti Bhusan; ADAK, Dibyendu. Effects of chemical admixtures on the properties of concrete. In: **Binding Materials for Sustainable Construction**. Woodhead Publishing, 2025. p. 329-362.

CÁNOVAS, M. F. Patologia e Terapia do Concreto Armado. 1ª. ed. São Paulo: Pini, 1988.

CARASEK, H.; CASCUDO, O. Notas de aula da disciplina de patologia das construções para a turma de engenharia civil. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2013.

DEBNATH, Sunanda. Crack Formation and Control Strategies in Concrete Systems. **Journal of Manufacturing Engineering**, v. 20, n. 2, p. 067-075, 2025.

DUARTE, Hiago Simões; BARBOSA, Melissa; FARIAS, Bruno Matos de. Fissuras em estruturas de concreto armado: estudo de caso. In: ENGEHHARIA NA PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E INOVAÇÃO, 3., 2021, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: Universidade Estado de Sá, 2021.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Dados Agrometeorológicos – Ano 2025. Disponível em: https://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/agromet.php?ano=2025.

ERDOĞDU, S. Effect of retempering with superplasticizer admixtures on slump loss and compressive strength of concrete subjected to prolonged mixing. Cement & Concrete Research 35, 907-912, 2005.

FIGUEIREDO, Camila do Mont; ARAUJO, Murilo Aziz; BARBOZA, Lucas da Silva; SARTORIT, Artur Lenz. Análise da influência do método de aplicação da cura na resistência do concreto. Revista Tecnológica, Universidade Estadual de Maringá, v. 27, n. 1, 2020.

LONG, Zhaofei et al. Regulating drying shrinkage behavior of cement-based materials in low vacuum environments and developing a predictive model. **Journal of Building Engineering**, v. 99, p. 111639, 2025.

LURA, Pietro et al. Mitigation of plastic shrinkage cracking with natural fibers-kenaf, abaca, coir, jute and sisal. **Cement and Concrete Composites**, v. 155, p. 105827, 2025.

MIAO, Yanchun et al. Shrinkage cracking evolvement in concrete cured under low relative humidity and its relationship with mechanical development. **Journal of Building Engineering**, v. 72, p. 106670, 2023.

NEVILLE, A.M. Propriedades do concreto. 5ª edição. Porto Alegre: Book, 2016.

OLIVEIRA, Jerfran Januário. Recuperação de estruturas de concreto com injeção de resina de poliuretano. 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014.

SARTOR, A. S. Identificação das patologias internas de um edifício residencial do município de Alegrete/RS. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Instituto Federal Farroupilha, Alegrete, 2017.

SHEN, Dejian. **Early-age Cracking Control on Modern Concrete**. Beijing, China: Springer, 2024.

SITTER, W. R. Costs for service life optimization: the law of fives. In: DURABILITY OF CONCRETE STRUCTURES: Workshop Report, 1984.

TANG, Sheng Wen et al. Recent durability studies on concrete structure. **Cement and Concrete Research**, v. 78, p. 143-154, 2015.

TEIXEIRA, R. B.; PELISSER, F. Análise da perda de resistência à compressão do concreto com adição de água para correção da perda de abatimento ao longo do tempo. Revista de Iniciação Científica da UNESC, Vol. 5, No 1, 2007.

WEIMER, B. F.; THOMAS, M.; DRESCH, F. Patologia das estruturas. Porto Alegre, RS: SAGAH, 2018.

ZHANG, Jinghua et al. A review on concrete structural properties and damage evolution monitoring techniques. **Sensors**, v. 24, n. 2, p. 620, 2024.