

Avaliação da cicatrização de concretos fissurados com uso de aditivo cristalizante

IGOR A. DE OLIVEIRA – ENG., IGORALVES@UNIPAM.EDU.BR, SHEILLA P. VIEIRA – ENG. Ms., UNIPAM

RESUMO

As principais manifestações patológicas que acometem o concreto armado são as fissuras e a corrosão de armaduras. Tendo em vista a procura por estruturas com maior vida útil e autorregenerantes, este estudo busca avaliar a capacidade do aditivo cristalizante na cicatrização de estruturas de concreto fissuradas, sendo ensaiados três grupos de amostras com o mesmo traço de referência e com indução de microfissuras aos 7 dias, diferenciando-se na forma de utilização do aditivo, sendo o

primeiro grupo sem aditivo, o segundo com aditivo na pintura e o terceiro com aditivo incorporado ao concreto, buscando realizar a comparação entre elas quanto à estanqueidade e à resistência mecânica. A utilização do aditivo apresentou um bom potencial de cicatrização do compósito fissurado, reduzindo a absorção de água por imersão e o índice de vazios, além de gerar uma melhoria de 12,70% na resistência à compressão, comparando o concreto sem aditivo e com incorporação deste.

PALAVRAS-CHAVE: CONCRETO, CICATRIZAÇÃO, CRISTALIZAÇÃO E PATOLOGIA.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início de sua utilização até a atualidade, o concreto é objeto de estudos e pesquisas para torná-lo um material cada vez mais adequado às diversas finalidades e aplicações.

Porém, o concreto e seus materiais constituintes são susceptíveis ao surgimento de manifestações patológicas, que podem ocorrer devido à agressividade do ambiente, projetos elaborados de forma inadequada, não atendimento às normas técnicas vigentes, escolha incorreta de métodos construtivos e materiais, falta de mão de obra treinada e a falta de fiscalização e acompanhamentos das obras por profissionais qualificados.

De acordo com Dal Molin (1988), uma das manifestações patológicas mais frequentes no concreto armado são as fissuras, que ocorrem em proporção inversa ao nível de qualidade da execução das etapas de concretagem. Essas fissuras podem ser causadas por diversos fatores como retração, deformações, dilatações, entre outros. A autora ainda complementa que essas fissuras podem causar danos à estrutura devido à percolação de água através dessas aberturas, diminuindo, assim, a vida útil da mesma.

Os aditivos cristalizantes são materiais com a finalidade de vedação das fissuras presentes em concretos e argamassas, a partir da formação de cristais oriundos dos silicatos ativos contidos em sua composição. Sua utilização ainda é pouco divulgada e pesquisada em nível nacional, apresentando a necessidade de novos estudos sobre os diversos materiais e marcas disponíveis no mercado e sua interação com as propriedades do concreto tanto no estado fresco quanto no estado endurecido.

Tendo em vista que a percolação de água ou umidade pela estrutura de concreto está intimamente ligada à corrosão de suas armaduras, pois propicia um ambiente favorável para sua oxidação, este estudo se justifica por buscar por uma solução, tanto para a fase de execução das estruturas quanto para a fase de manutenção, que iniba a percolação e o ataque de agentes agressivos do meio à estrutura de concreto ao longo da sua vida útil de projeto (VUP).

O aditivo estudado é menos ofensivo que a maioria dos impermeabilizantes disponíveis no mercado, por possuírem em sua constituição materiais à base de petróleo, que é um produto finito e que no seu refinamento gera grandes impactos ao ambiente.

O objetivo geral desta pesquisa é o estudo do aditivo cristalizante e a sua capacidade de cicatrização em estruturas de concreto fissuradas, avaliando seu efeito quanto à estanqueidade e à resistência mecânica dos materiais cimentícios, visando assim à maior durabilidade das edificações e/ou de seus componentes. São objetivos específicos: dosar um concreto padrão, aplicar o aditivo cristalizante no concreto, incorporando-o ao traço ou como pintura nas superfícies microfissuradas, e verificar a influência do aditivo cristalizante nas propriedades físicas e mecânicas do concreto padrão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o cumprimento dos objetivos listados nesta pesquisa, com base na revisão de literatura, normas técnicas e estudos de caso, a pesquisa prática, experimental, qualitativa e quantitativa seguiu conforme os tópicos apresentados a seguir.

2.1 Dosagem

A dosagem do concreto padrão foi feita pelo método da ABCP, buscando atingir resistências mais usuais na região de estudo (25 a 30 MPa). Como esse método constitui de uma dosagem mais simples, é viável para o

estudo da cicatrização, visto que reduz a possibilidade de interferência entre os materiais no compósito.

2.1.1 CÁLCULO DA DOSAGEM

Para o cálculo da dosagem pelo método ABCP, foi necessária a realização da caracterização dos agregados e do aglomerante utilizado no compósito, através de ensaios de granulometria, massa específica e massa unitária. Os resultados destes ensaios são apresentados na Tabela 1.

A resistência requerida do concreto dosado foi calculada pelas formulações do método de dosagem e aplicando-se a condição A de preparo, onde os materiais são quantificados em massa e com a correção da água de acordo com a umidade dos demais constituintes.

De posse dos valores obtidos na caracterização e da resistência requerida, realizou-se os cálculos do consumo de cada um dos materiais, inclusive os aditivos, cristalizante e plastificante, conforme apresenta a Tabela 2.

Buscou-se na dosagem utilizar a relação a/c maior que 0,4 evitando o estímulo à cicatrização autóloga pela hidratação posterior do cimento. O slump estabelecido foi de 100 mm, visto que este é o maior valor de abatimento relacionado no método utilizado.

2.2 Produção do concreto

Foram produzidos corpos de prova (CP's) de formato cilíndrico (Ø100 mm x 200 mm) para a execução dos ensaios listados na metodologia deste estudo. Foi utilizado o traço com aditivo cristalizante em 16 CP's e sem a incorporação deste nos 32 restantes, a fim de realizar a comparação entre o aditivo incorporado ao concreto, tratamento com pintura (idade de 7 dias) e sem tratamento.

Os corpos de prova foram produzidos e condicionados em cura submersa.

Durante a produção do concreto e moldagem dos corpos de prova,

foram realizados ensaios de abatimento do concreto, obtendo-se em ambos os traços o abatimento de 100 mm.

2.3 Microfissuração do concreto

Realizou-se o rompimento de amostras do compósito com idade de 7 dias, a fim de determinar a carga necessária para a microfissuração dos demais CP's.

A fissuração dos CP's foi feita com aplicação de 85% da carga média de ruptura dos corpos de prova com idade de 7 dias, sendo necessária a produção de CP's especificamente para a determinação desta resistência, conforme realizado por Bianchin (2018) em seu estudo.

Após a imposição destas fissuras na matriz cimentícia, foi aplicado o impermeabilizante com o aditivo cristalizante nas superfícies de metade dos corpos de prova que não tiveram o aditivo incorporado na dosagem, obtendo-se assim as amostras com aditivo, sem aditivo e com aditivo na pintura.

2.4 Ensaios

Foram realizados no laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais da Construção Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNI-PAM), ensaios a fim de determinar as características no estado fresco e endurecido - de absorção de água, resistência mecânica e estanqueidade, através das normas descritas na Tabela 3.

Para execução dos ensaios citados, produziu-se corpos de prova conforme apresenta a Tabela 4.

As comparações entre os concretos foram realizadas após a finalização dos ensaios e são apresentadas no item a seguir.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral

Foi realizado o rompimento por

compressão axial do concreto com idades progressivas, conforme apresenta a Figura 1.

► **Tabela 1**
Caracterização dos materiais

Cimento CP II E 32		
Massa específica	3100	kg/m ³
Agregado miúdo		
Módulo de finura	2,6	
Massa específica	2564	kg/m ³
Massa unitária compactado	1565	kg/m ³
Agregado graúdo		
Dmax	12,5	mm
Massa específica	2730	kg/m ³
Massa unitária compactado	1536	kg/m ³

Fonte: Oliveira e Vieira (2020)

► **Tabela 2**
Dosagem

Dosagem com consumo de materiais		
Volume concreto	1	m ³
Cimento	435,00	Kg
Areia	1081,48	Kg
Brita	963,84	Kg
Água	217,50	L
Aditivo plastificante	1,74	Kg
Aditivo cristalizante	3,48	kg

Fonte: Autoria própria

► **Tabela 3**
Especificação de ensaios

Ensaio	Norma
Concreto fresco – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone	ABNT NBR NM 67: 1998
Concreto endurecido – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica	ABNT NBR 9778:2009
Concreto endurecido – Absorção de água por capilaridade	ABNT NBR 9779:2012
Concreto endurecido – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos	ABNT NBR 5739:2018
Concreto endurecido – Resistência à tração por compressão diametral	ABNT NBR 7222:2011

Fonte: Autoria própria

Observou-se que o uso do aditivo propiciou um crescimento de resistência mais linear em relação à idade, comprovando que a ação do mesmo ocorre de forma progressiva na estrutura quando em contato com umidade. Cappellessi *et al.* (2016) e Bianchin (2018) veri-

ficaram em seus estudos que o aditivo cristalizante contribuiu para a melhoria na resistência mecânica do concreto, fato ligado à colmatação dos poros pelo cristalizante.

Para a compressão diametral, foram realizados os ensaios aos 28 dias e os re-

sultados são apresentados na Tabela 5.

Para a resistência à tração na compressão diametral, observou-se melhoria de aproximadamente 8% no concreto com aditivo incorporado à matriz e decréscimo de aproximadamente 17,5% no concreto com aditivo na pintura. Weng e Cheng (2014) observaram em sua pesquisa que os concretos com aditivos cristalizantes incorporados e submetidos à cura úmida tiveram sua resistência a tração melhorada quando comparados ao concreto sem aditivação.

Não foi possível observar na literatura correlação entre a perda de resistência à tração e o tratamento superficial com aditivo cristalizante, devido à ausência de estudos neste sentido.

3.2 Absorção de água, índice de vazios e massa específica

Os ensaios para o cumprimento deste item foram realizados aos 28 dias, iniciando com a secagem das amostras em estufa, saturação (24, 48 e 72 horas) e saturação com fervura. De posse dos dados colhidos nestas etapas, foram realizados os cálculos e apresentados os resultados.

Os resultados obtidos para a absorção de água por imersão e índice de vazios dos três grupos ensaiados estão apresentados na Figura 2.

Os valores de massa específica do concreto foram calculados para o estado saturado e seco, e estão apresentados na Tabela 6.

Notou-se, com base nestes resultados, que o aditivo cristalizante aos 28 dias já havia iniciado a formação dos cristais e conseqüentemente reduziu os poros presentes na matriz, visto que as amostras com aditivo incorporado ao composto e na pintura superficial deste apresentaram redução da absorção de água e do índice de vazios, além de possuírem maior massa específica em relação ao traço sem aditivo. Bilesky, Ourives e Yokoyama (2009) obtiveram em sua pesquisa resultados similares, verificando que a utilização de aditivo cristalizante gerou a cristalização de poros e fissuras, proporcionando redução do fluxo de água no concreto.

3.3 Absorção de água por capilaridade

Para obtenção dos valores do

Tabela 4
Quantificação de CP's

Ensaio	Aditivo	Idade (ruptura)	Quant. CP's	
Compressão axial	-	7	2	
		28	3	
		56	3	
	Incorporado ao concreto	-	7	2
			28	3
			56	3
		Pintura	7	2
			28	3
			56	3
Resistência à tração por compressão diametral	-	28	2	
	Incorporado ao concreto	28	2	
	Pintura	28	2	
Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica	-	28	3	
	Incorporado ao concreto	28	3	
	Pintura	28	3	
Absorção de água por capilaridade	-	28	3	
	Incorporado ao concreto	28	3	
	Pintura	28	3	
Total CP's cilíndricos (ø 100 x 200 mm)			48	

Fonte: Autoria própria

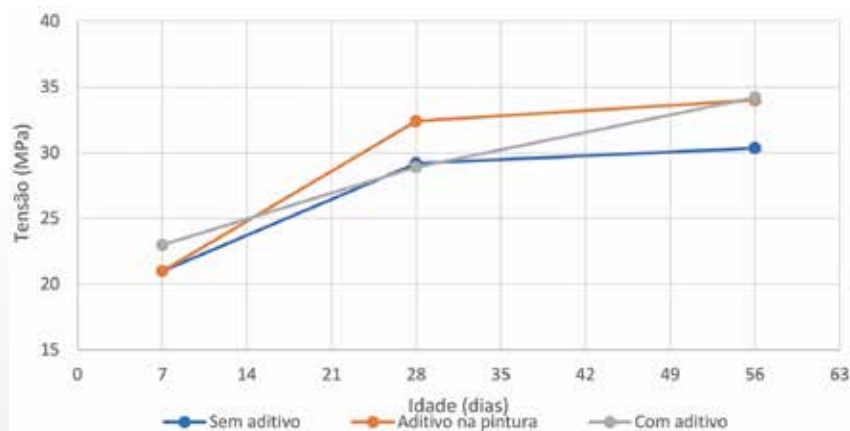


Figura 1
Resultados de resistência à compressão axial
Fonte: Autoria própria

coeficiente de capilaridade do concreto, foram realizados os ensaios conforme apresentados no item 2.4 deste artigo, e os resultados apresentados na Figura 3.

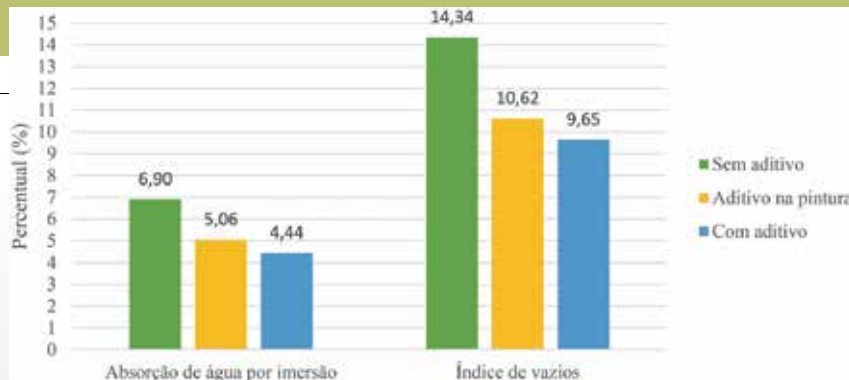
Os resultados para absorção por capilaridade não seguiram o mesmo padrão dos valores obtidos para absorção por imersão, sendo que o compósito com aditivo incorporado e o tratado com aditivo na pintura apresentaram maior coeficiente de capilaridade. Esse fato pode estar relacionado com o início da ação do aditivo.

Neste sentido, Cappellesso *et al.* (2016) observaram em sua pesquisa resultados similares, apresentando que, com o uso do aditivo cristalizante, pode haver a mudança nas dimensões dos poros capilares, facilitando assim a absorção por capilaridade.

Segundo Bilesky, Ourives e Yokoyama (2009), as reações de cristalização de concretos produzidos com cimento CP-II-E 32 são mais lentas e demandam mais ciclos de secagem e água sob pressão (comparado com o cimento CP-III 40) para apresentarem maiores efeitos, podendo este fato ter contribuído para os resultados apresentados para o coeficiente de capilaridade, visto que os ensaios foram realizados aos 28 dias de idade.

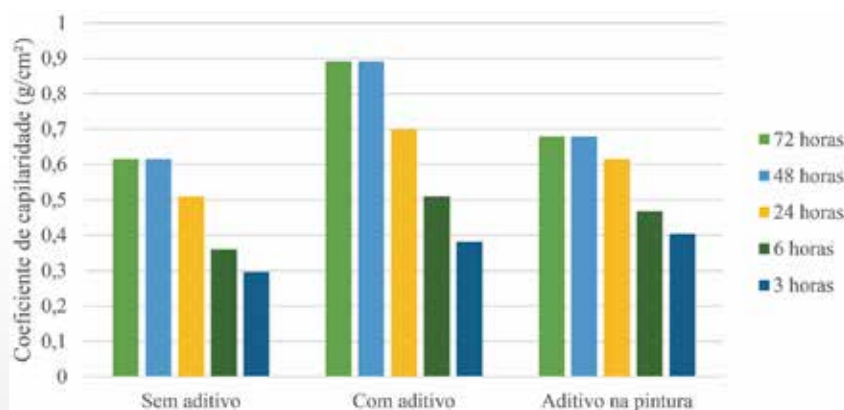
4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, foi possível concluir que o aditivo cristalizante proporcionou melhorias ao concreto quanto as características estudadas, exceto quanto a absorção de água por capilaridade,



► **Figura 2**
Absorção de água por imersão e índice de vazios

Fonte: Autoria própria



► **Figura 3**
Absorção de água por capilaridade

Fonte: Autoria própria

visto que a ação inicial do aditivo não foi capaz de fechar totalmente os poros capilares.

Observou-se que o concreto com aditivo incorporado obteve melhores resultados, quando comparado ao tratado com aditivo na pintura, fato que já era esperado visto que o tratamento com pintura é mais superficial.

O aditivo proporcionou uma redução na absorção de água por imersão de aproximadamente 2,50% e de 4,70% no índice de vazios aos 28 dias, além de um aumento na resistência à compressão de 12,70 % (56 dias) e à tração na compressão diametral de aproximadamente 8% (28 dias), quando comparado ao concreto de referência.

► **Tabela 5**
Resultados de resistência à tração na compressão diametral

Idade (dias)	Resistência à tração na compressão diametral (MPa)		
	Sem aditivo	Aditivo na pintura	Com aditivo
28	3,15	2,6	3,4

Fonte: Autoria própria

► **Tabela 6**
Massa específica

Corpos de prova	Seca	Saturada	Unidade
Sem aditivo	2080	2220	kg/m ³
Aditivo na pintura	2100	2210	kg/m ³
Com aditivo	2180	2270	kg/m ³

Fonte: Autoria própria

Visto o exposto, conclui-se que o aditivo cristalizante apresentou bom potencial quanto à cicatrização autônoma e que esta cicatrização está intimamente ligada ao tempo de ação do aditivo, tipo de aglomerante

utilizado e a exposição do concreto à umidade.

Tendo em vista esses fatores, são viáveis para próximos estudos a análise das características em concretos com idades superiores,

com maior consumo de aditivo e com a utilização de ciclos de secagem durante a cura do compósito, visando catalisar a reação do aditivo, além da utilização de ensaios de microscopia. ☒

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BIANCHIN, Felipe Hirata. Avaliação da autocicatrização em concretos produzidos com aditivo cristalizante e fissurados nas primeiras idades. 2018. 102 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/188442>. Acesso em: 20 jun. 2019.
- [2] BILESKY, P. C.; OURIVES, C. N.; YOKOYAMA, C. M. Avaliação do desempenho dos sistemas de impermeabilização por cristalização capilar do concreto. Revista Concreto & Construções, São Paulo, ano XXXVII, nº 55. Julho/agosto/setembro, 2009. Acesso em: 19 ago. 2019.
- [3] CAPPELLESSO, Vanessa Giarretton *et al.* Use of crystalline waterproofing to reduce capillary porosity in concrete. Journal of Building Pathology and Rehabilitation, Suíça, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41024-016-0012-7>. Acesso em: 2 nov. 2020.
- [4] DAL MOLIN, D. C. C. Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1988. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15655/000011437.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 out. 2019.
- [5] OLIVEIRA, Igor Alves de; VIEIRA, Sheilla Pereira. Utilização de fibra PET reciclada na produção de concreto de alta resistência. Anais do 62º Congresso Brasileiro do Concreto, Florianópolis, 2020.
- [6] WENG, Tsai-Lung; CHENG, An. Influence of curing environment on concrete with crystalline admixture. Monatshefte für Chemie-Chemical Monthly, v. 145, n. 1, p. 195-200, 2014.

DURABILIDADE DO CONCRETO

Durabilidade do Concreto

Bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente



Ed. JEAN-PIERRE OLLIVIER e ANGÉLIQUE VICHOT

Editores da tradução: Oswaldo CASCUDO e Helena CARASEK

→ Editores	Jean-Pierre Ollivier e Angélique Vichot
→ Editora francesa	Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées – França
→ Coordenadores da edição em português	Oswaldo Cascudo e Helena Carasek (UFG)
→ Editora brasileira	IBRACON

Esforço conjunto de 30 autores franceses, coordenados pelos professores Jean-Pierre Ollivier e Angélique Vichot, o livro "Durabilidade do Concreto: bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente" condensa um vasto conteúdo que reúne, de forma atualizada, o conhecimento e a experiência de parte importante de membros da comunidade científica europeia que trabalha com o tema da durabilidade do concreto. A edição brasileira da obra foi enriquecida com o trabalho de tradução para a língua portuguesa e sua adaptação à realidade técnica e profissional nacional.

→ Informações: www.ibracon.org.br

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-22-0

Edição: 1ª edição

Formato: 18,6 x 23,3cm

Páginas: 615

Acabamento: Capa dura

Ano da publicação: 2014

