

## Estudo preliminar do desempenho físico de concretos autocicatrizados por ação de catalisador cristalino

## Preliminary study for physical performance of concretes self-healed by action of crystalline catalyzer

**Carolina Cassiano Welzel**  
[carolinaw@alunos.utfpr.edu.br](mailto:carolinaw@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**Arthur Medeiros**  
[arthur.med@gmail.com](mailto:arthur.med@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

### RESUMO

O concreto é um dos materiais da construção civil mais utilizados devido a grande quantidade de constituintes à disposição, elevada resistência à compressão e pela variedade de formas que podem ser criadas para diversos tipos de estruturas. Entretanto, a suscetibilidade deste material à fissuras pode torná-lo vulnerável à deterioração, prejudicando assim sua característica resistência e durabilidade. O uso de catalisadores autocicatrizantes, capazes de preencher estas falhas na presença de umidade, é uma alternativa para evitar estes problemas. Sua aplicação no Brasil, contudo, ainda é limitada pelo desconhecimento e pelo alto custo agregado à sua utilização. Este estudo analisou o comportamento de três diferentes tipos de concreto, produzindo amostras cujos traços intercalavam a presença ou não de um catalisador cristalino autocicatrizante e de uma fibra de PVA (acetato de polivinila), avaliando a influência desses componentes na resistência à compressão e no teor de absorção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Autocicatrização. Catalisador cristalino. Concreto.

### ABSTRACT

Concrete is one of the most used materials in civil construction due to its great amount of available components, high compressive strength and the variety of shapes that can be created with it for many types of structures. However, this material's susceptibility to cracks makes it more vulnerable to deterioration, therefore threatening its resistance and durability. The use of self-healing catalyzers that can fill those gaps in the presence of humidity is an alternative to avoid these problems. Its application in Brazil, though, is still limited by the lack of knowledge and high cost within its utilization. This study analyzed the behavior of three different kinds of concrete, through samples that matched different possibilities of production with or without a self-healing crystalline catalyzer and PVA (polyvinyl acetate) fibers, evaluating the influence of these components in the compressive strength and absorption.

**KEYWORDS:** Self-healing. Crystalline catalyzer. Concrete.

**Recebido:** 06 set. 2018

**Aprovado:** 04 out. 2018

#### Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

Dentro dos estudos de prevenção e tratamento de patologias do concreto, em especial a fissuração, o uso de catalisadores capazes de promover a cicatrização deste material tem se mostrado um método promissor na recuperação total ou parcial dessas aberturas, evitando futuros gastos com reparos e manutenção das estruturas. Na verdade, EDVARDSEN (citado por TITTELBOOM, WANG, 2015) afirma que o concreto também possui um tipo de habilidade natural para reparar danos até certo ponto. Porém, como o mecanismo de cicatrização natural, denominado autógeno, é limitado a pequenas fissuras, reproduzir artificialmente a habilidade de cicatrização autônoma de modo eficiente tem sido um tópico relevante no estudo de concretos.

O catalisador cristalino (aditivo cristalizante) é um produto que atua na redução da permeabilidade de compósitos cimentícios e que consiste em uma mistura de cimento Portland, sílica e diversas substâncias químicas ativas. Quando adicionado ao concreto, as substâncias ativas reagem com a umidade do concreto fresco e com os subprodutos da reação de hidratação do cimento (C-S-H e portlandita), causando uma reação catalítica. Esta reação gera uma formação cristalina insolúvel nos poros e capilaridades do concreto tornando-o permanentemente selado contra a penetração da água ou substâncias agressivas de qualquer direção e protegido contra a deterioração mesmo em condições ambientais severas (FERRARA; KRELANI; CARSANA, 2014; ROIG-FLORES et al., 2015).

Este estudo teve como foco analisar a influência de uma adição de composto catalisador de base cristalina e de fibras de PVA (acetato de polivinila) em características de autocicatrização, permeabilidade e resistência à compressão axial de concretos produzidos com três tipos de cimentos: dois que se caracterizam por, quando em grandes quantidades, aumentar a fissuração do concreto por retração térmica, como o CP II-F e o CP V-ARI; e também o CP III, que apresenta escória de alto forno em sua composição - fator que, segundo os estudos de Takagi (2013), proporciona concretos de melhor comportamento quanto a impermeabilidade e autocicatrização.

## METODOLOGIA

Para poder analisar a ação da autocicatrização e comparar os resultados dessa adição entre os diferentes tipos de cimentos, seguindo a NBR 5739 (ABNT, 2007) foi produzida uma variedade de corpos de prova com 10 tipos de concreto diferentes, intercalando-se a presença ou não de fibra de PVA e do catalisador cristalino, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – traços de concreto produzidos

Concreto	Tipo de cimento	Catalisador cristalino	Fibra PVA
Traço 1	CP II F-40	-	-
Traço 2	CP II F-40	+	-
Traço 3	CP II F-40	-	+
Traço 4	CP II F-40	+	+

Traço 5	CP III	-	-
<b>Concreto</b>	<b>Tipo de cimento</b>	<b>Catalisador cristalino</b>	<b>Fibra PVA</b>
Traço 6	CP III	+	-
Traço 7	CP V-ARI	-	-
Traço 8	CP V-ARI	+	-
Traço 9	CP V-ARI	-	+
Traço 10	CP V-ARI	+	+

Fonte: autoria prpria, (2018).

O traço padro das amostras foi previamente estabelecido em 1:2.66:2.43, utilizando-se 380 kg de cimento por metro cbico e fator gua/cimento 0,45. A produo dos seis corpos de prova (dimenses 10x20 cm) por traço de cimento foi realizada numa betoneira eltrica de 120 litros, e o adensamento deu-se por cinco impactos na lateral dos moldes metlicos, dada a alta fluidez do concreto fabricado.

### ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO

Após moldados, os corpos de prova foram mantidos em cma úmida durante 28 dias. Para analisar o fenmeno da autocicatrizao, primeiramente, dois corpos de prova de cada traço foram ensaiados a resistncia à compresso axial, conforme a NBR 5739 (ABNT, 2007) para concreto aos 28 dias, até a ruptura. Nos corpos de prova restantes, foi aplicada uma pré-carga de valor equivalente a 90% da resistncia média dos corpos previamente rompidos, estimulando assim a produo de fissuras nas amostras.

Estes foram imersos em gua para a cura, em ambiente de temperatura controlada de  $23 \pm 2$  °C, até os 56 dias. Dado este prazo, foram ento mantidos em temperatura ambiente por 4 dias, secando para um ensaio de absoro por imerso simplificado. Os corpos de prova foram medidos e pesados em estado seco, levados novamente à imerso em gua durante 24h e ento pesados na condies saturado e de superfcie seca, para observar qual foi a quantidade de gua possivelmente absorvida pelo processo de autocicatrizao.

Em seguida, as amostras de concreto pré-fissuradas foram ensaiadas a resistncia à compresso axial até a ruptura total, a fim de verificar se houve ou no aumento da resistncia após o processo de autocicatrizao.

### RESULTADOS

Os resultados dos ensaios de resistncia à compresso axial aos 28 dias, valores de pré-carga, resistncia após a autocicatrizao e absoro podem ser observados na Tabela 2. Nela, destacam-se os experimentos nos quais houve suposto aprimoramento das caractersticas avaliadas.

Tabela 2 – Resultados dos ensaios realizados

Traço	Composição do traço	Resistência à compressão (MPa)			Absorção
		28 dias	pré-carga	56 dias	
1	CP II F-40 puro	35,2	29,6	28,6	0,64%
		34,4	29,8	28,2	0,86%
2	CP II F-40 + catalisador cristalino	41,4	37,4	35,6	0,64%
		39,2	35,0	29,8	-
3	CP II F-40 + Fibra PVA	37,6	34,7	30,2	0,64%
		37,4	34,6	<b>50,9</b>	<b>0,05%</b>
4	CP II F-40 + Fibra PVA + catalisador cristalino	43,4	36,9	37,7	<b>0,22%</b>
		39,8	38,8	<b>50,8</b>	<b>0,42%</b>
5	CP III puro	15,3	15,8	<b>28,8</b>	0,73%
		19,3	15,0	13,7	0,63%
6	CP III + catalisador cristalino	20,7	16,6	<b>20,6</b>	<b>0,53%</b>
		21,9	18,6	<b>21,6</b>	0,83%
7	CP V puro	31,2	27,9	20,4	-
		35,9	26,2	<b>34,9</b>	0,46%
8	CP V + catalisador cristalino	42,0	35,2	37,7	<b>0,41%</b>
		42,0	36,5	<b>46,4</b>	<b>0,33%</b>
9	CP V + Fibra PVA	35,4	26,9	29,4	0,79%
		30,1	29,5	<b>33,6</b>	0,49%
10	CP V + Fibra PVA + catalisador cristalino	27,0	28,1	24,0	-
		34,3	25,2	25,7	1,50%

Como pode ser observado na Tabela 2, os resultados dos ensaios não seguem um padrão de aprimoramento no desempenho pela autocicatrização conforme o esperado. Entretanto, podem ser feitas algumas considerações sobre os procedimentos para trabalhos futuros, especialmente quanto a quantidade de corpos de prova produzidos e a aplicação de pré-carga durante os ensaios. Dado que este foi um estudo piloto com o objetivo de selecionar os traços com maior potencial de aperfeiçoamento pela ação do catalisador, foram produzidos por traço apenas seis corpos de prova, dos quais dois foram rompidos para a obtenção do valor da pré-carga a ser aplicada nos demais, reduzindo a quantidade de amostras para análise. A prensa utilizada para o ensaio de compressão axial e aplicação da pré-carga tem operação manual, de modo que não é possível programar o equipamento para interromper o ensaio automaticamente quando atingida determinada carga, como os 90% da resistência à compressão. Desta forma, houve oscilação nas pré-cargas, quando a carga determinada era atingida, o ensaio era interrompido manualmente. Devido a imprecisão deste procedimento, alguns dos corpos de prova que deveriam apenas receber pré-carga romperam-se completamente durante o ensaio, diminuindo ainda mais as amostras disponíveis para a avaliação dos resultados.

## CONCLUSÕES

As falhas experimentais não impediram que houvesse aumento da resistência à compressão axial em algumas das amostras, bem como diminuição da absorção de água por ação da autocicatrização, apontando que as abordagens sob investigação têm potencial para serem aplicadas em larga escala. Por ser um estudo piloto com o objetivo de direcionar aos procedimentos que ressaltariam



os efeitos da cicatrização autógena, não foi possível estabelecer uma relação direta dos casos de aumento da resistência com a presença ou não do catalisador cristalino. Entretanto, para obtenção de resultados mais conclusivos, é possível aperfeiçoar a metodologia aplicada através de, por exemplo, indução de ciclos de molhagem e secagem em comparação com a cura imersa em água após a pré-carga, assim como a realização de análises microscópicas e termogravimétricas que verifiquem a formação do carbonato de cálcio durante a cicatrização.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

FERRARA, L.; KRELANI, V.; CARSANA, M. A “fracture testing” based approach to assess crack healing of concrete with and without crystalline admixtures. *Construction and Building Materials*, v. 68, p. 535–551, 2014. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0950061814007235?via%3Dihub>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

TAKAGI, E. M. Concretos autocicatrizantes com cimentos brasileiros de escória de alto-forno ativados por catalisador cristalino. Dissertação de Mestrado. **Instituto Tecnológico de Aeronáutica**. São José dos Campos, 2013. Disponível em: <<http://www.bdata.bibl.ita.br/tesesdigitais/65639.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

V. TITTELBOOM; J. WANG; M. Araújo; D. Snoeck; E. Gruyaert; B. Debbaut; H. Derluyn; V. Cnudde; E. Tsangouri; D.V. Hemelrijck; N. De Belie; *Construction and Building Materials*, Vol.107, p.125-137, 2016. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0950061815308576?via%3Dihub>>. Acesso em: 25 ago. 2018.