

## ANÁLISE DE CORROSÃO EM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

DAVID DA SILVA LOURENÇO<sup>1</sup>, BRUNO VITAL DA SILVA <sup>2</sup>, TAYSON ROCHA TAVARES<sup>3</sup>, WELLINGTON JÚNIO OLIVEIRA MOURA<sup>4</sup> e ROSINEIDE MIRANDA LEÃO<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, davidengenharia.unip@gmail.com;

<sup>2</sup>Acadêmico de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, vitalbruno050@gmail.com;

<sup>3</sup>Acadêmico de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, taysontavares@hotmail.com;

<sup>4</sup>Acadêmico de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, wellingtonjunio14@gmail.com;

<sup>5</sup>Dr<sup>a</sup>. em Ciências Mecânicas, Msc. em Ciências Mecânicas, UNB, Brasília-DF, rosemirandaleao@gmail.com;

Apresentado na  
Universidade Paulista – Campus Asa Sul  
Brasília/DF – Brasil  
26 de abril a 02 de maio de 2022

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo analisar a corrosão em estruturas de concreto armado, com foco na observação de 4 categorias de tratamento para os corpos de prova, sendo que foram distribuídos em dois grupos de cobrimentos de 1 cm e de 2,5 cm das armaduras, onde em cada grupo, uma amostra apresenta a adição de 2% (m/m) ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) em relação à massa total de material, realizando uma corrosão mais agressiva na estrutura, tornando a deterioração mais ágil que os outros dois tratamentos sem ácido. Como resultado, não é possível observar mudanças significativas nas amostras devido o pouco tempo de cura e observação do concreto, entretanto, foi possível obter um corpo de prova resistente ao ambiente proposto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto Armado; Corrosão; Deterioração; Edificações.

## CORROSION ANALYSIS IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

**ABSTRACT:** The purpose of this work is to analyze corrosion in reinforced concrete structures, focusing on the observation of 4 treatment categories for the specimens, which were distributed into two groups of 1 cm and 2.5 cm coverings of the reinforcement. , where in each group, a sample presents the addition of 2% (m/m) sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) in relation to the total mass of material, performing a more aggressive corrosion in the structure, making the deterioration more agile than the other two treatments no acid. As a result, it is not possible to observe significant changes in the samples due to the low curing time and observation of the concrete, however, it was possible to obtain a specimen resistant to the proposed environment.

**KEY WORDS:** Reinforced Concrete; Corrosion; Deterioration; Buildings.

## INTRODUÇÃO

O concreto é o material mais utilizado no Brasil e no mundo, seja em edificações residenciais, comerciais ou industriais, obras de engenharia (pontes, túneis e viadutos) ou infraestrutura de estruturas mecânicas como estradas, barragens e estações de tratamento de água e efluentes. Tais estruturas, expostas ao ambiente em que estão localizadas, podem sofrer danos totais ou parciais temporalmente, o que afetará sua durabilidade e desempenho. (PINHEIRO, 2003).

O concreto, é uma mistura de agregados miúdos e graúdos, cimento e água, é por si só um material capaz de suportar consideráveis esforços de compressão da estrutura, porém, suas propriedades não são naturais ao efeito de cargas de tração. Para solucionar este problema, são adicionadas ao sistema barras de aço, que formam a famosa armadura da estrutura, garantindo que o complexo formado pelo concreto e a armadura tenha características favoráveis às necessidades,

suportando forças em compressão. Portanto, o termo “concreto armado” é a soma desses dois materiais (concreto e aço), que, trabalhando em conjunto, conseguem garantir a estabilidade da estrutura. (GONÇALVES, 2015).

A crescente preocupação com a qualidade das construções demonstra a maior atenção às especificações de projeto que garantem, não só a segurança em relação à resistência e uso, mas sobretudo a durabilidade e o bom desempenho da estrutura frente aos agentes agressivos que podem ser presentes no ambiente em que se encontram. (BRANDÃO, 1998).

O concreto armado requer uma preparação cuidadosa para garantir sua longevidade e desempenho. A implementação e uso corretos incluem estudos de traço, dose, manuseio, cura adequada, manutenção de rotina e prevenção de agentes nocivos. A maioria das patologias em edificações ocorre em decorrência de falhas de implantação, como falta de controles de capacidade, afetando a segurança e sustentabilidade do negócio. Problemas patológicos surgem dessas falhas, ocorrendo durante uma ou mais fases das atividades inerentes à engenharia civil: concepção/projeto, implantação e uso. (SANTOS, 2014).

O vergalhão inserido na estrutura de concreto armado é inicialmente protegido pelo revestimento especificado em projeto, formando uma barreira aos elementos externos. A perda dessa camada protetora desencadeia e acelera o processo de corrosão. A corrosão ocorre quando o concreto é suficientemente permeável para permitir que os íons penetrem na armadura de aço (esses íons, juntamente com a água e o oxigênio, iniciarão o processo de corrosão). (E-CIVIL, 2015).

A corrosão é um efeito geral muito comum que pode ser definido como a degradação de um material (geralmente um metal) devido à ação química ou eletroquímica do ambiente, com ou sem esforços mecânicos. A deterioração causada por interações físico-químicas entre um material e seu ambiente operacional caracteriza as mudanças adversas indesejadas que um material sofreu, como desgaste, transmutação química ou alterações estruturais, tornando-o impróprio para uso. (GENTIL, 2012).

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a produção de 4 amostras, foi adotado 4 categorias de tratamento, sendo que o tratamento 1 e 3 apresentam cobertura de 1 cm, enquanto os tratamentos 2 e 4 foi utilizado o cobertura de 2,5 cm. Os tratamentos 3 e 4 obtiveram adição de 2% (m/m) de ácido sulfúrico em relação a massa total do concreto produzido.

O preparo do concreto foi realizado utilizando o traço de 1 : 1,64 : 1,75 : 0,475 (cimento: areia: brita: água/cimento), sendo que as dimensões dos corpos de prova de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, totalizando um volume de 0,00157 m<sup>3</sup> para cada corpo de prova. Determinado o traço, foi feito o cálculo do volume do molde, e os materiais foram devidamente pesados e separados em dois grupos para realização de duas massas de concreto distintas (uma em estado normal e uma com adição de 2% m/m de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em relação ao peso da massa total).

A primeira massa produzida foi sem a adição do ácido H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, assim iniciou-se adicionando o agregado miúdo e o cimento portland em uma bacia metálica, mexendo-os até ficar homogêneo, tornando uma massa com consistência adequada. Logo após, foi adicionado o agregado graúdo e misturou-se até que ficasse distribuído uniformemente na massa, assim adicionando água, mexendo a massa por mais 5 minutos, para obter uma mistura homogênea. Com a massa pronta, realizou-se o processo de passar “Óleo Diesel” nos moldes para facilitar a retirada dos corpos de prova posteriormente. Em seguida, o concreto foi despejado nos recipientes, seguido do abatimento do mesmo para garantir a forma correta no modulador e, assim, com o auxílio de uma trena, foi colocado duas barras de aço respeitando os cobrimentos dos tratamentos. A segunda massa seguiu o mesmo procedimento da primeira, mas, adicionando a solução (água + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2% m/m) na mistura. Assim, é possível simular um ambiente com agressividade elevada.

Conforme a Figura 1, após 24 horas, os 4 corpos de prova foram retirados dos seus moldes, e foram posteriormente submersos em água por 7 dias para que se realize a cura do concreto armado. Os corpos de prova foram rompidos com o auxílio de uma marreta, e, analisados para fins de comparação entre si, observando-se o processo de corrosão.

Figura 1: Processos de Elaboração dos Corpos de Prova



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para obtenção dos resultados, foi realizado a pesagem das barras de aço de 10mm de diâmetro e 25cm de comprimento, tendo como comparativo as amostras B1, B2, B3 e B4, sem adição de ácido, e, B5, B6, B7 e B8, com adição de ácido  $H_2SO_4$  na mistura do concreto armado.

Tabela 1: Pesagem das Amostras de Barra de Aço

Amostra	Massa Inicial	Massa Final	Cobrimento
B1	151g	151g	2,5 cm
B2	149g	149g	2,5 cm
B3	151g	151g	1 cm
B4	152g	152g	1 cm
B5	151g	151g	2,5 cm
B6	150g	150g	2,5 cm
B7	151g	151g	1 cm
B8	150g	150g	1 cm

É possível observar na Tabela 1 que, considerando o período de 4 dias que os corpos de prova ficaram em ambiente controlado, favoráveis ao surgimento de processos corrosivos, não houve variação de massa, tendo em vista que a massa inicial aferida, foi a mesma que a final. Um dos fatores pelo qual não teve redução de massa significativa, foi em virtude do tempo, ocorrendo apenas a fase inicial desse processo corrosivo.

Nota-se que, na Figura 2 é possível verificar a fase inicial do processo corrosivo nos corpos de prova. Mediante análise visual, foi possível observar uma diferença mínima entre os corpos de provas, o resultado com maiores visibilidades de fatores corrosivos, ocorreram nos tratamentos com adição de ácido sulfúrico, onde se evidencia que o processo foi acelerado.

Figura 2: Análise de Corrosão na Barra de Aço



Para uma análise mais precisa, faz-se necessário determinar a intensidade de corrosão do metal, por meio da taxa média de corrosão, em função de um determinado intervalo de tempo (taxa de corrosão = perda de massa / área x tempo), entretanto, considerando uma amostra aleatória exposta ao agente agressivo no concreto e outra sem a presença do ácido, ambas sem variação de massa inicial e final, o resultado da taxa será igual a “zero”, tendo como classificação de metais quanto a resistência à corrosão  $TC \leq 5$  mpy, considerada “Boa Resistência”.

Além do mais, o concreto pode ser definido como resistente, quando o mesmo projetado para determinado ambiente, permanece com sua qualidade, forma e capacidade de uso, iguais as quando foi planejado. (MEHTA e MONTEIRO, 2008). Desse modo as normas ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 12655:2006 definem as especificações do concreto para maior resistência a ambientes com alta agressividade, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Relação entre a classe de agressividade ambiental, possibilidades de deterioração e recomendações das especificações do concreto.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Possibilidades de deterioração	Relação água/cimento recomendado		Consumo de cimento por metro cúbico de concreto (kg/m <sup>3</sup> )
I	Fraca	Insignificante	≤ 0,65	CA*	≥ 260
			≤ 0,60	CP*	
II	Média	Pequena	≤ 0,60	CA*	≥ 280
			≤ 0,55	CP*	
III	Forte	Grande	≤ 0,55	CA*	≥ 320
			≤ 0,50	CP*	
IV	Muito forte	Elevada	≤ 0,45	CA*	≥ 360
			≤ 0,45	CP*	

\*concreto armado (CA); protendido (CP)

Fonte: ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 12655:2006: Modificado

Como o propósito da pesquisa, foi simular um ambiente em que a classe de agressividade ambiental exposto aos corpos de prova, representa o nível IV, assim as medidas adotadas com relação à água/cimento (0,475) e o consumo de cimento por metro cúbico (484,21 kg/m<sup>3</sup>) foram respeitadas,

enquadrando os corpos de prova nas normas estabelecidas. Devido à resistência já esperada e o baixo tempo de observação das amostras, não foi possível encontrar resultados sucintos ao que se era esperado, não apresentando diferença significativa aos cobrimentos adotados para o experimento.

## CONCLUSÃO

Com ênfase nos resultados obtidos, foi possível observar que, mesmo não tendo o período necessário para uma análise complexa, a corrosão em uma estrutura é caracterizada como uma patologia bastante agressiva, podendo afetar significativamente sua vida útil. Apesar dos resultados esperados não serem alcançados, é notável a diferença da corrosão no aço. Como sugestão para trabalhos futuros, seria interessante a realização de ensaio de compressão, podendo ainda observar a taxa de corrosão nas barras de aço com intervalo superior ao analisado.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CONTECC pela oportunidade, a UNIP de Brasília pelo apoio e as instalações laboratorial e aos envolvidos do grupo, pela ajuda no desenvolvimento deste artigo científico.

## REFERÊNCIAS

- PINHEIRO, S. M. de M. - **Impacto da colonização do fungo Cladosporium sphaerospermum na argamassa do concreto**. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. Dissertação de mestrado, 135p, 2003
- SAMPAIO, A. C; SILVA, K. R. C; GONÇALVES, G. H. V. **Concreto armado: Análise de corrosão, prevenção e tratamento**. 2018. 19f. Graduação em Engenharia Civil no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, São Paulo, 2018.
- BRANDÃO, A. M. da S. - **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**. Escola de Engenharia de São Carlos, SP. Dissertação de mestrado, 137 p, 1998.
- SANTOS, C.F. Centro de tecnologia, **patologia de estruturas de concreto armado**. 2014. 91 f. Trabalho de conclusão de curso – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2014.
- E-CIVIL. **Corrosão de armaduras**. Disponível em: <[http://www.ecivilnet.com/artigos/corrosao\\_de\\_armaduras.htm](http://www.ecivilnet.com/artigos/corrosao_de_armaduras.htm)>. Acesso em: 24 abril 2022.
- FELIX, E.F; BALABUCH, T.J.R; POSTERLLI, M.C; POSSAN.E; CARRAZEDO.R. **Análise da vida útil de estrutura de concreto armado sob corrosão uniforme por meio de um modelo com RNA acoplado ao MEF**. 2018. Revista ALCONPAT, 8 (1), pp. 1-15. São Paulo. ISSN 2007- 6835.
- SAMPAIO, A. C; SILVA, K. R. C; GONÇALVES, G. H. V. **Concreto armado: Análise de corrosão, prevenção e tratamento**. 2018. 19f. Graduação em Engenharia Civil no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, São Paulo, 2018
- GENTIL. V; **Corrosão**. 6ed. Rio de Janeiro. BRASIL: LTC,306p, 2012.
- PELLIZZER, Giovanni Pais. **Análise mecânica e probabilística da corrosão de armaduras de estruturas de concreto armado submetidas à penetração de cloretos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2015. doi:10.11606/D.18.2015.tde-08042015-093036. Acesso em: 2022-05-01.
- MEHTA, PK.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. Tradução da 3. Ed. Em inglês. São Paulo: Ibracon,2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. ABNT NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. ABNT NBR 12655: **Controle de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2006.