

AVALIAÇÃO DA CORROSÃO DA ARMADURA EM AMBIENTES DE ALTA AGRESSIVIDADE

Rafael Guilherme Araújo Benevides¹, Rafael Barreto Castelo Da Cruz²

^{1,2}Centro Universitário FEI

benevidesrafael8@gmail.com ; rafaelcastelo@fei.edu.br

Resumo: Esse projeto tem como objetivo principal a verificação da corrosão das barras de aço do concreto armado pelo ataque de íons de cloreto e pela carbonatação do concreto, fixando o cimento Portland CII-E e variando a relação água/cimento.

1. Introdução

Apesar de ser um dos materiais mais usados na construção civil, o concreto está sempre suscetível a manifestações patológicas que o deterioram e fazem sua resistência cair, além de gerar custos para repará-lo, levando países a adotar medidas para prevenir tais efeitos [1]. Este projeto tem como objetivo estudar como esses ataques patológicos acontecem, fixando o cimento CII-E, e variando a relação água/cimento de 0,45 a 0,65, de 0,05 em 0,05, focando nos ataques por íons de cloreto e a carbonatação, analisando como essas patologias atacam as barras de aço estruturais contidas no concreto armado, tal efeito é denominado como corrosão da armadura e consiste na deterioração do material por ação química ou eletroquímica [2].

2. Fundamentação Teórica

O concreto é considerado durável até o momento em que se desempenham as funções que a ele foram atribuídas, mantendo sua resistência e utilidade esperada durante certo período [4]. Logo, a corrosão da armadura do concreto armado só faz com que a sua durabilidade diminua, portanto, evitar que a corrosão comece é mais seguro do que aceitar um valor para as barras que já iniciaram o processo de corrosão.

Os cloretos responsáveis pela corrosão do aço são introduzidos no concreto no momento da mistura (cloreto interno) ou penetram após o endurecimento do concreto (cloreto externo). Independentemente do modo pelo qual o cloreto adentra a estrutura, diz-se que os cloretos que permanecem em solução (cloretos livres) que são responsáveis pela despassivação do aço e conseqüentemente a corrosão da armadura [5], logo os concretos que são expostos a maior quantidade de cloretos, devem oferecer maior cobrimento ao aço, evitando a corrosão por mais tempo.

Para a corrosão oriunda pela carbonatação do concreto é correto dizer que os efeitos diminuem de acordo com o período de cura pelo qual o concreto submetido, sendo que para um concreto curado em água por 28 dias, os efeitos da carbonatação foram de 17% em relação ao concreto curado ao ar livre, pelos mesmos 28 dias, antes da exposição direta ao CO₂ [6].

3. Metodologia

Realizaram-se corpos de prova de concreto armado contendo quatro barras de aço em cada um como pode ser visto na figura 1, sendo essas barras dispostas nas extremidades do corpo de prova. Para os ensaios de ataques de íons de cloretos livres, foram desenvolvidas

câmaras salinas de diferentes concentrações, sendo elas 35 gramas de cloreto de sódio por litro, 40 gramas por litro e 45 gramas por litro, isto, pois a corrosão da armadura pode ser influenciada por fatores químicos [3] como a concentração salina. Em cada câmara foi ensaiado, por 90 dias, um corpo de prova de cada relação a/c, sendo que todos os corpos de prova passaram por um processo de cura de 28 dias antes de serem ensaiados, e para verificar a profundidade do ataque de íons de cloreto foi aspergido Nitrato de Prata, indicador que sinaliza a presença ou não de cloretos livres através da coloração do concreto, sendo que se o concreto ficar marrom não há cloretos livres, e se caso o mesmo fique com manchas brancas, há a presença de cloretos livres.



Figura 1 – Disposição do aço no Corpo de prova

4. Resultados

4.1 Resultados da Revisão Bibliográfica

A carbonatação é um fenômeno natural que ocorre de modo a prejudicar o concreto, podendo ser definida como uma reação físico-química, que provocará uma redução do pH, dando início a um processo de corrosão.

Já a corrosão induzida por cloretos é o fenômeno que mais deteriora as estruturas de concreto armado, de modo que os íons de cloreto são carregados pela brisa marinha e penetram nas estruturas.

4.2 Resultados Experimentais

A figura 2 demonstra como ficaram os corpos de prova ensaiados em concentração salina de 35 gramas de cloreto de sódio por litro, sendo que os corpos ensaiados para as outras concentrações salinas seguiram a mesma metodologia. Os corpos foram seccionados ao meio, uma vez que não se pode aspergir o nitrato de prata na face que ficou diretamente em contato com o meio salino, e foi aspergido o reagente em sua superfície. Na figura os corpos estão organizados da esquerda para a direita de acordo com a sua relação a/c.

Nota-se que o ensaio teve uma distribuição em que os traços com relação a/c de 0,45 e 0,50 foram mais atacados do que os demais, podendo ser justificado pela porosidade do CP, que pode ser explicada como uma falta de água para hidratar todo o cimento. Porém é notável também que os corpos de prova com a/c de 0,60 e 0,65 foram mais atacados do que o de a/c=0,55, podendo dizer que nesses corpos de prova foi colocada água em excesso, que ao evaporar, deixou poros, facilitando a entrada dos íons de cloreto.



Figura 2 – Corpos de Prova ensaiados para íons de cloreto

Após a aspersão do nitrato de prata, mediu-se a profundidade de penetração dos cloretos livres nos corpos de prova, e como os corpos de prova foram seccionados ao meio, mediu-se a profundidade, tanto na direção vertical (200 mm) quanto na horizontal (100 mm), a partir dessas medições foram traçadas curvas para cada direção, as curvas estão representadas pelas figuras 3 e 4, sendo que a figura 3 é para as medições na direção vertical, e a figura 4 para a horizontal.

Em ambas figuras a série azul representa o ensaio para a concentração de 35 g/L, a série laranja para 40 g/L e a série cinza para o ensaio com 45 g/L de NaCl.

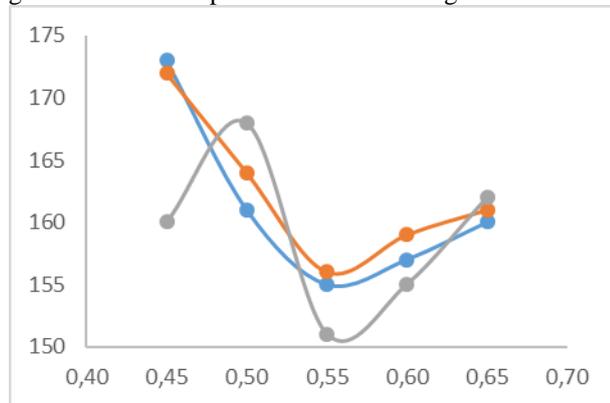


Figura 3 – Profundidade de penetração de cloretos X relação a/c na direção de 200 mm

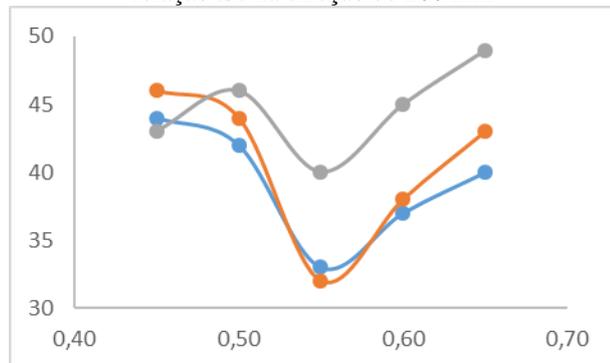


Figura 4 – Profundidade de penetração de cloretos X relação a/c na direção de 100 mm

Analisando as curvas, vale ressaltar que a relação de água/cimento de 0,45 foi a mais atacada pelos cloretos livres com exceção da concentração de 45 g/L, fato que pode ser compreendido pela ausência de água para realizar toda a hidratação do cimento aumentando a porosidade, enquanto que para a relação de água/cimento de 0,65 o índice de ataque ser maior que 0,55, é compreendido como um excesso de água, que evaporou após o processo de cura.

5. Conclusões

O modo pelo qual os cloretos livres atacam o aço estrutural piora quanto maior for a concentração salina que a estrutura está inserida, sendo de total importância levar em conta o local em que a obra está sendo realizada.

A partir das análises realizadas, conclui-se que a relação água/cimento é fundamental para evitar os ataques patológicos, fazendo-se necessário trabalhar sempre com a relação ótima, que no caso desse estudo foi de aproximadamente 0,55, sendo que esse resultado deve se manter mesmo com as outras concentrações salinas que irão ser ensaiadas.

O resultado da relação a/c de 0,55 para esse ensaio confirma o que descreve a NBR 6118 para estruturas de concreto submetidas à ação da brisa marinha, em que a relação a/c proposta pela norma é justamente 0,55 no máximo.

Este estudo deve ser ampliado para a investigação deste fenômeno com um maior tempo, permitindo uma análise de forma sistêmica.

É necessária a investigação da corrosão em meio salino com diferentes tipos de cimento Portland para se perceber se as conclusões apresentadas neste trabalho se repetem independentemente do tipo de cimento, podendo assim ser parametrizadas.

6. Referências

- [1] ANDRADE, C.; GONZALES, J.A. **Tendencias actuales em La investigación sobre corrosion de armaduras**. Informes de La Construcción. V.40, n. 398, p. 7-14, 1988.
- [2] GENTIL, Vicente. **Corrosão**. Rio de Janeiro: Ltc, 2012. 360 p.
- [3] ANDRADE, C. Types of Models of Service Life of Reinforcement: The case of the Resistivity. **Concrete Research Letters**. Vol. 1. 2010.
- [4] NEVILLE, Adam M.. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2015.
- [5] ARYA, C.; XU, Y.. Effect Of Cement Type On Chloride Binding And Corrosion Of Steel In Concrete. **Cement And Concrete Research**, Londres, v. 25, n. 4, p.893-902, maio 1995. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846\(95\)00080-v](http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846(95)00080-v).
- [6] FATTUHI, N.i.. Concrete carbonation as influenced by curing regime. **Cement And Concrete Research**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.426-430, mayo 1988. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846\(88\)90076-2](http://dx.doi.org/10.1016/0008-8846(88)90076-2).

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 10/17 a 09/18.