

AVALIAÇÃO DA PENETRAÇÃO DE CLORETOS EM CONCRETO SUBMETIDOS A CICLO DE SECAGEM E MOLHAGEM

**ALINE TABARELLI¹; SOFIA B. SCHEIBLER²; FERNANDO R. TEIXEIRA²; ARIELA
S. TORRES²; ESTELA O. GARCEZ³; CÉSAR A. O. AVELLANEDA³**

¹Universidade Federal de Pelotas – tabarellialine@gmail.com

²Faculdade Anhanguera – sofiaabscheibler@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – fernandoteixeira5400@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – arielatorres@gmail.com

³Deakin University – estelagarcez@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – cesaravellaneda@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O concreto é o material de construção mais comum e amplamente utilizado por ser versátil, adaptável, econômico e, considerado durável, se produzido adequadamente (ALEXANDER *et al.*, 2017). Mas nas últimas décadas, há uma preocupação mundial com as questões de sua durabilidade e vida útil, devido, principalmente, a problemas de degradação e custos com reparos e substituições das estruturas (SILVESTRO e DAL MOLIN, 2018).

O processo de degradação do concreto é notoriamente um processo complexo, dependendo de vários fatores, como a composição do material utilizado, o ambiente em que está inserido e ações em que está submetido, como intemperismo e ação humana (SERRALHEIRO *et al.*, 2017).

A corrosão do aço das armaduras através da penetração de cloretos no concreto é a principal causa de deterioração ao longo do tempo em estruturas de concreto armado e como, consequência direta, afeta a capacidade resistente dos elementos estruturais à medida que o processo evolui com o tempo. (PELLIEZER *et al.*, 2018). A razão predominante da deterioração das estruturas de concreto armado está relacionada a sua resistência a penetração dos agentes agressivos.

O presente trabalho tem como objetivo investigar pelo método colorimétrico e pela técnica de perda de massa os mecanismos de degradação em corpos de prova de concreto expostos a íons de cloretos, para prescrever a avaliação da profundidade de cloretos no concreto.

2. METODOLOGIA

Os materiais adotados na produção dos concretos foram cimento Portland CP V-ARI (massa específica de 3,21 g/cm³), agregado gráúdo granítico britado (massa específica de 2,65 g/cm³) e agregado miúdo areia quartzosa (massa específica de 2,604 g/cm³) sem adição de aditivos.

A dosagem do concreto adotada foi a metodologia do IPT/EPUSP (HELENE E TERZIAN, 1992). Os corpos de prova de (20 x 10) cm foram moldados de acordo com a norma ABNT NBR 5738:2016 e inseridos barras de aço de CA 50 de 8 mm no interior do corpo de prova com cobrimento mínimo de 40 mm de acordo com a norma ABNT NBR 6118:2014.

As propriedades do estado fresco foram de acordo com a ABNT NBR NM 67:1998. Foi adotado um slump de 70 mm (±10 mm) (Figura 1) de acordo com os ensaios de trabalhabilidade considerando um concreto convencional e não bombeável. Para o traço a relação água/cimento adotada foi de 0,5 e uma relação

de argamassa de 51%, com um consumo de cimento de 382,6 kg/m³ considerando os limites de uma classe de agressividade forte (Classe III).



Figura 1 – Teste de Trabalhabilidade (Slump Test)

As propriedades do estado endurecido foram segundo a ABNT NBR 5739:2018 considerando uma classe superior a C30 (ABNT NBR 8953: 2015).

Para o estudo da penetração de cloretos nos corpos de prova de 28 dias foram submetidos a uma solução de NaCl através de ciclo semanais de secagem e molhagem (WEI *et al.*, 2018; WU *et al.*, 2017). Após a realização do ensaio acelerado de penetração de cloretos as amostras de 25 ciclos (período de 6 meses), foram submetidas a aspersão de AgNO₃ conforme ensaio colorimétrico (REAL *et al.*, 2015; HELENE *et al.*, 2018). Como a penetração de cloretos não é uniforme, a NT BUILD 492 (2000) recomenda realizar medidas a cada 1 cm, sendo o resultado a média entre todas elas. A corrosão foi avaliada mediante a determinação da taxa de corrosão gravimétrica descrito pela ASTM G1:1998.

A análise microscópica foi feita através da técnica de análise de microscopia eletrônica de Varredura (MEV) com um SSX-550 Superscan – Shimadzu Scientific Instruments.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da resistência mecânica a compressão axial no estado endurecido para os corpos de prova moldados e desmoldados após 24 h e curados respeitando as idades do concreto são mostrados na tabela 1. As resistências encontradas estão de acordo com a resistência mínima necessária normatizada para a Classe de agressividade forte.

Tabela 1–Resistência a Compressão nas idades de 3, 7, 28 e 91 dias

Ensaio a Compressão	3 dias (MPa)	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)	91 dias (MPa)
CP1	27,52	31,75	42,67	47,23
CP2	34,51	30,55	43,76	45,07
CP3	26,15	32,98	40,71	45,77
fcj*	29,39	31,76	42,38	46,02

fcj* - resistência média a compressão

No ensaio da penetração dos cloretos, primeiramente é rompido o corpo de prova e aspergido o nitrato de prata que reage com a amostra. O ensaio colorimétrico é mostrado na figura 2 (b, c) onde na imagem a parte esbranquiçada, com precipitação de cloreto de prata indica a presença de cloretos e a outra parte marrom a parte livre dos cloretos há a formação do óxido de prata. Deste modo o resultado encontrado da média foi de aproximadamente 1,8 cm.



Figura 2 – Ensaio Colorimétrico (a, b)

Na figura 3 (a) mostra-se a remoção dos produtos de corrosão na barra de aço em uma solução a base de ácido clorídrico, e na figura 3 (b) a região da corrosão da armadura, de contato do corpo de prova e a barra de aço na superfície. Os resultados preliminares encontrados foi uma redução aproximadamente de 0,361%, sendo representativa, se considerarmos o período de 6 meses.



Figura 3 – Ensaio taxa de corrosão gravimétrica (a, b)

Na figura 4 visualizamos modificações na microestrutura após o período de exposição a cloretos e os ciclos de secagem e molhagem.

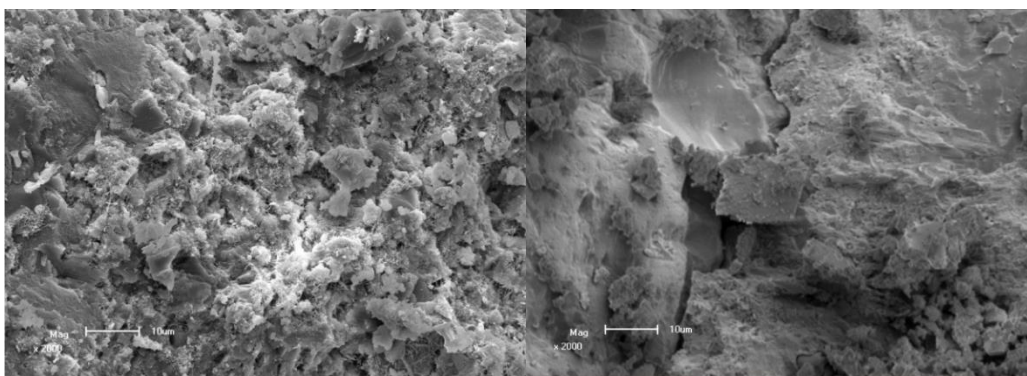


Figura 4 – Microscopia eletrônica de varredura da amostra inicial (a) após 25 ciclos (b)

4. CONCLUSÕES

O método colorimétrico adotado permitiu prescrever a profundidade de cloretos na amostra de concreto armado estudada. A partir do ensaio acelerado

de molhagem e secagem em solução contendo cloretos fica evidente a penetração no interior do concreto pelo transporte da água contaminada. Considerando que se trata de um traço que segue os critérios de durabilidade de acordo com a norma ABNT NBR 6118:2014, para uma classe de agressividade forte (meio marítimo) cabe salientar, que os parâmetros de relação água/cimento, resistência mecânica e cobrimento não confere necessariamente durabilidade à estrutura, sendo explícito a dependência ao meio que está inserido. No concreto estrutural, o desempenho relacionado a resistência à compressão não é o único critério a se considerar já que a ação a intemperes irá provocar a corrosão da armadura e perda do desempenho mecânico da mesma. O aspecto poroso da pasta de cimento e a região de interface com o agregado, também deve ser focado já que a permeabilidade em uma situação crítica aponta o ingresso dos íons cloreto na amostra o que poderá influenciar no processo de corrosão do concreto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, M.; BENTUR, A.; MINDESS, S. **Durability of concrete: design and construction**. Boca Raton: CRC Press, 2017.

SILVESTRO, L.; DAL MOLIN, D. C.C. **Avaliação de modelos para previsão de vida útil de estruturas de concreto armado localizadas em ambientes com cloretos**. PATORREB, UFRJ. 2018.

SERRALHEIRO, M. I.; DE BRITO, J.; SILVA, A. Methodology for service life prediction of architectural concrete facades. **Construction and Building Materials**, v. 133, p. 261-274, 2017.

PELLIZZER, G. P.; LEONEL, E. D.; NOGUEIRA, C. G. Numerical approach about the effect of the corrosion on the mechanical capacity of the reinforced concrete beams considering material nonlinear models. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 11, n. 1, p. 26-51, 2018.

HELENE, P., Guignone, G., Vieira, G., Roncetti, L., Moroni, F. Avaliação da penetração de cloretos e da vida útil de concretos autocicatrizantes ativados por aditivo cristalino. **RIEM-IBRACON Structures and Materials Journal**, v. 11, n. 3, 2018.

HELENE, Paulo R. L.; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini, 1992. 350 p.

REAL, L. V., OLIVEIRA, D. R. B., SOARES, T., MEDEIROS, M. H. F.. Método colorimétrico por aspersión de nitrato de prata para laevaluación de lapenetración de cloruro en concreto: estado del arte. **Revista Alconpat**, v. 5, n. 2, p. 151-161, 2015.

WEI, Y.; GUO, W.; LIANG, S. Chloride Ingress in Internally Cured Concrete under Complex Solution. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 30, n. 4, p. 04018037, 2018.

WU, L.; LI, W.; YU, X. Time-dependent chloride penetration in concrete in marine environments. **Construction and Building Materials**, v. 152, p. 406-413, 2017.