

ENSAIOS ACELERADOS COMO ARTIFÍCIO PARA A DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DIFUSÃO DE CLORETOS EM CONCRETOS NA CONDIÇÃO SATURADA

TASSIA FANTON¹; FRANCIELE MULLER²; ANDRÉ T. C. GUIMARÃES³

¹Universidade Federal do Rio Grande 1 – tassiafanton@gmail.com 1

²Universidade Federal do Rio Grande 2 – tfrancielemullerribeiro@gmail.com 2

³Universidade Federal do Rio Grande 3 – atcg@vetorial.net 3

1. INTRODUÇÃO

A despassivação da película formada sobre o aço envolvido pelo concreto causa uma das patologias mais preocupantes do ponto de vista estrutural e econômico: a corrosão das armaduras. Assim sendo, quando se faz referência às estruturas expostas em ambientes marítimos, deve-se lembrar que seu comportamento frente ao ataque de cloretos é diretamente proporcional ao seu tempo de vida útil. A vida útil de uma estrutura, em concreto armado ou protendido, corresponde ao período de tempo necessário para que agentes agressivos penetrem no concreto, atingindo a armadura e provocando sua despassivação (Helene, 1993). Segundo Guimarães (2000), o filme passivante que envolve o aço é estável se o pH da solução no interior do concreto endurecido for maior que 12 e se não houver a presença de cloretos, foco dessa pesquisa. Dos íons despassivantes, são os cloretos os mais fortes causadores da dissolução da capa passiva formada sobre o aço envolvido pelo concreto.

Desta forma, nota-se que cada vez mais são necessários métodos de ensaio precisos e ágeis que possam vir a avaliar como os materiais de uma estrutura de concreto armado irão se comportar em meios agressivos. Vale salientar, que dentre os mecanismos de transporte de cloretos através da rede de poros ou fissuras do concreto, pode-se destacar a difusão. A difusão ocorre devido ao contato íntimo da solução presente nos poros com o meio ambiente, sendo o fenômeno mais intenso quanto maior a sua concentração na solução externa (MONTEIRO apud PEREIRA, 2001).

Assim sendo, a presente pesquisa possui o intuito de investigar a variação do coeficiente de difusão (D) de cloretos em concretos na condição saturada, testando diferentes concentrações de NaCl. A partir disso, pretende-se desenvolver ou adaptar um método acelerado para a constatação do (D) com eficácia entre 7 e 21 dias de contaminação, haja vista que os métodos normatizados permitem isso com um tempo mínimo de 35 dias. Para o cálculo do coeficiente de difusão D, será utilizada a solução da segunda lei de Fick, visto que é uma das expressões matemáticas mais empregadas para efetuar a previsão da velocidade de penetração de cloretos por meio da difusão (CRANK, 1975).

2. METODOLOGIA

Para verificar o comportamento do coeficiente de difusão (D) ao longo do tempo, estão sendo realizados ensaios a partir de dois métodos: Guimarães e Helene (2001) e o que chamaremos aqui de Método Acelerado Modificado da Norma Europeia NT BUILD 443 (1995) – NaCl 250 g/dm³, para as idades de contaminação de 7, 14, 21 e 35 dias. Os resultados encontrados serão comparados com os obtidos pelos métodos normatizados: Norma Europeia NT

BUILD 443 (1995) – NaCl 165 g/dm³ com idade de contaminação de 35 dias e Método NaCl 0,5 M/dm³ com idade de 90 dias.

As amostras de concreto em estudo, foram moldadas em corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 10 cm e altura de 20cm, o processo de moldagem e cura das amostras obedeceu o exposto na NBR 5738- Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova. O cimento utilizado na confecção das amostras é do tipo CP IV 32 RS, a escolha deste material se deu por conta de que em pesquisas anteriores esse tipo de cimento obteve melhor comportamento aos demais quando exposto em ambientes com presença de cloretos. Assim sendo, na Tabela 01 é apresentada a dosagem do concreto em estudo, bem como sua resistência característica à compressão aos 28 dias de idade

Tabela 01 – Dosagem do Concreto

Cimento (Kg/m ³) - CP IV- 32 RS	530
Areia (Kg/m ³)	829,5
Brita 01 (Kg/m ³)	994,5
Água (Kg/m ³)	212,0
Relação a/c	0,4
SP (%) Superplastificante	1,0
Slump (cm)	15,0
Resistência à compressão [Mpa]	43,5

Fonte: Próprio autor.

Passados seis meses da data da moldagem dos corpos de prova (CPs), tempo necessário para ocorrerem quase por completo as reações de hidratação deste concreto, os CPs foram fatiados em 4 partes com altura de aproximadamente 4cm, desconsiderando-se uma espessura de 1cm em suas extremidades. Como os ensaios acelerados são realizados com o concreto estando saturado, foi necessário realizar o procedimento de saturação nos CPs, o método escolhido foi o de fervura. Então, para atingir o esperado grau de saturação, submergiu-se as amostras em água destilada até ser verificada sua constância de peso, ou seja, uma diferença inferior a 0,5% da massa entre duas pesagem espaçadas de 24h. Constatado isso, os CPs foram fervidos por 5h, após esse período é considerado que seu grau de suturação é de 100%.

Após isso, os CPs são contaminados de acordo com o previsto em cada método de ensaio. Para o Métodos Acelerados da Norma Européia 165g/dm³, Modificado 250g/dm³ e Método NaCl 0,5M NaCl, os CPs foram resvestidos com resina epóxi, deixando uma de suas faces livres, permitindo assim um fluxo unidirecional para a penetração dos cloretos. Já para o método de Guimarães e Helene (2001) não foi necessário realizar esse procedimento, visto que neste ensaio o NaCl fica em contato direto com o CP e não dissolvido em água destilada como nos demais métodos.

Efetivado o tempo de contaminação 7, 14, 21, 35 ou 90 dias, são extraídas amostras dos CPs em 10 camadas com profundidade de aproximadamente 2mm. Vale salientar, que na superfície exposta à contaminação, é efetuada uma limpeza com lixa, escova de aço e ar comprimido retirando-se, assim o material contaminante excedente. A extração é realizada em um equipamento projetado especialmente para este trabalho, as amostras extraídas se encontram na forma pulverulenta e são armazenadas em sacos plásticos com fechamento hermético. Tendo isso em mãos, é possível obter o perfil de penetração de cloretos, o qual é realizado através de potenciometria. É válido explanar, que para cada método de

ensaio e para cada idade de contaminação foram ensaiadas duas amostras, fornecendo assim, uma maior credibilidade aos resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De posse do perfil de penetração de cloretos resultante, são determinados os valores da concentração superficial (Cs) e do coeficiente de difusão de cloretos (D) em cada amostra. Até o presente momento, têm-se resultados parciais para os métodos analisados, no entanto, pode-se observar que o método de 250g/dm³ aos 21 dias de contaminação apresentou valores satisfatórios quando comparado ao método normatizado de 0,5M, conforme exposto na Tabela 02.

Tabela 02 – Resultados obtidos

Traço	Testemunho	t. Cont	Cs %/m concr.	D . 10^{-6} mm ² /s	Dmédio . 10^{-6} mm ² /s	Des. Pad.	Coef. Variação
T7- 250g/l	POZ_250_T7_4d_21d	21dias	1,15	1,20	1,00	0,28	28%
	POZ_250_T7_6c_21d	21 dias	0,97	0,80			
T7 - 0,5M	POZ_0,5_T7_5b_91d	91 dias	0,64	1,06	1,28	0,31	24%
	POZ_0,5_T7_8a_91d	91 dias	1,01	1,50			

Fonte: Próprio autor

Para os demais métodos em questão, ainda não é possível se discutir a respeito, haja vista, que os ensaios ainda estão em andamento.

4. CONCLUSÕES

Haja vista que os resultados até o presente momento são satisfatórios para o traço de concreto em questão, porém parciais, busca-se aplicar a metodologia aqui apresentada em novos traços de concreto, um dosado a partir de cimento de alta resistência inicial, CP V ARI 32 RS com relação água/aglomerante (a/g) de 0,40 e outro dosado com CP V ARI 32 RS com adição de 10% de microssílica com a mesma relação água/aglomerante citada anteriormente. Com isso, visa se proporcionar maior credibilidade aos métodos propostos e ainda criar um ábaco o qual indicará qual o método mais indicado para um determinado tipo de concreto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5738, 2015.
Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova

CRANK, J. **The Mathematic of Diffusion**, second Ed., Oxford Univ. Press, Oxford, UK 1975.

GUIMARÃES, A.T.C. **Vida útil de estruturas de concreto armado em ambientes marítimos**. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo.

GUIMARÃES, A. T .C et al. **Behaviour of Chloride Content at the Surface of Concrete in Submerged Test Conditions**. In: XII DBMC, International Conference on Durability of Building Materials and Components. Porto, Portugal. Abril 2011.

HELENE, P.R.L. **Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado.** São Paulo, 1993. 231p. Tese (LivreDocência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

NT BUILD 443, Concrete, **Hardened: Accelerated Chloride Penetration,** NORDTEST, Espoo, Finland, November 1995.

PEREIRA, V. G. A. **Avaliação do coeficiente de difusão de cloretos em concretos: influência do tipo de cimento, da relação a/c, da temperatura e do tempo de cura.** Porto Alegre, 2001. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RODRIGUES, F. T. **Medição do grau de saturação e a difusão de íons de cloretos em concretos executados com cimento de alta resistência inicial.** Rio Grande, 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande.