



Coordenação de Iniciação Científica, Monitoria e Extensão
Curso de Engenharia Civil

**MONITORAMENTO DA EVOLUÇÃO DO POTENCIAL DE
CORROSÃO EM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO**

Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita

Fortaleza - CE

2018

(FOLHA DE ROSTO)

MONITORAMENTO DA EVOLUÇÃO DO POTENCIAL DE CORROSÃO EM ESTRUTURA DE
CONCRETO ARMADO

Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita

Projeto de Iniciação Científica do Curso de
Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá.

Fortaleza-CE

2018

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	JUSTIFICATIVA	6
3	OBJETIVOS	7
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
5	METODOLOGIA	8
6	CRONOGRAMA	8
	REFERÊNCIAS	9

RESUMO

Estruturas civis, ainda que protegidas por um determinado revestimento, estão susceptíveis aos efeitos nocivos da corrosão. Um exemplo é o concreto armado onde a armadura metálica se encontra recoberta pelo próprio concreto. Este funciona como uma barreira protetora impedindo o contato do metal com o ambiente. Certos gases como oxigênio e carbono e íons como cloretos e sulfetos acabam por penetrar o revestimento e desta forma, alcançam a superfície metálica. As interações destes elementos com o metal dão início ao processo corrosivo e conseqüente dissolução do mesmo. A composição do concreto, a sua forma de aplicação e a intensidade de penetração desses agentes estão diretamente relacionados com a taxa de corrosão. Levando em consideração o exposto acima, o presente trabalho tem por objetivo analisar o avanço na taxa de corrosão em uma edificação construída em concreto armado. Será delimitada uma área de estudo, a qual será aspergida com uma solução salina de cloreto de sódio, durante um período de 12 (doze) meses com intervalos de sete dias entre as aplicações da solução. Utilizando um equipamento de medição de potencial pretende-se observar, com o decorrer do tempo, a diminuição no valor dos potenciais em toda a área estudada. Esta diminuição é um indicio do aumento dos efeitos da corrosão, podendo ser analisada também a dinâmica da estrutura frente às ações agressivas dos cloretos.

Palavras-chave: Corrosão. Potencial de corrosão. Análise estrutural.

1. INTRODUÇÃO

O concreto armado (CA) pode ser entendido como a associação de barras de aço recobertas por concreto a qual comportamento estrutural depende da aderência entre o concreto e a armadura. O CA começou a ser empregado efetivamente na Construção Civil para fins estruturais a cerca de 100 anos, sendo utilizado até então (CLÍMACO, 2005). Um dos motivos para essa ampla utilização se dá devido às inúmeras vantagens proporcionadas pela congregação desses dois materiais, tais como: proteção da armadura à corrosão pelo concreto; ser uma estrutura monolítica; obter boa resistência e boa trabalhabilidade; ser um material moldável, permitindo diversas variações arquitetônicas; ter alta durabilidade.

Entretanto, quando se refere à durabilidade das estruturas de concreto armado, deve-se levar em consideração aspectos internos, ou seja, relativo aos materiais utilizados (cimento, agregados, aço..) e o modo de mistura, e aspectos externos o qual é relativo à construção. Além disso, deve-se avaliar o meio o qual a estrutura será inserida, pois este pode reduzir significativamente a vida útil da estrutura. Dentre os fatores ambientais de influenciam na durabilidade do CA, pode-se citar o clima (macroclima e microclima) e a grande extensão litorânea brasileira, além de fatores meteoro-químicos, o qual se destaca a umidade relativa (DE LIMA, 2011).



Figura 1: Representação esquemática das interações do meio ambiente com a estrutura interna do concreto (COMMITTEE on CONCRETE DURABILITY, 1987 apud HELENE, 1993).

A umidade relativa tem grande relevância no estudo da durabilidade do CA pois a sua presença nos poros do material interfere diretamente para o aumento da velocidade de carbonatação ou corrosão da armadura, uma vez que quando os poros estão parcialmente preenchidos haverá maior possibilidade de difusão, tanto de CO_2 , quanto de sais (FIGUEIREDO, 2005).

O processo de corrosão em armaduras de concreto é um caso específico de corrosão eletroquímica, ou seja, se dá através da movimentação de íons em meio aquoso, acarretando no desenvolvimento de uma diferença de potencial entre duas regiões (CASCUDO, 1997). Isso ocorre devido à ação agressiva dos ambientes salinos os quais a edificação está inserida, que são capazes de passivar a armadura. O ataque por esses sais, principalmente a base de cloretos, se dá de forma involuntária, sendo introduzido no concreto por diversas vias, tais como maresia e impurezas nos constituintes do concreto (FIGUEIREDO, 2005).

Os danos causados nas estruturas variam desde microfissuras até o colapso da mesma, sendo esses um dos responsáveis pela vida útil da construção, entretanto essa relação não se dá de forma linear devido a grande quantidade de fatores que interferem na durabilidade, como aborda Metha (1994) apud Andrade (1997), e sim, o autor propõe essa nova forma de consideração da vida útil. A parte hachurada da figura é a representação do comportamento da degradação de uma estrutura.

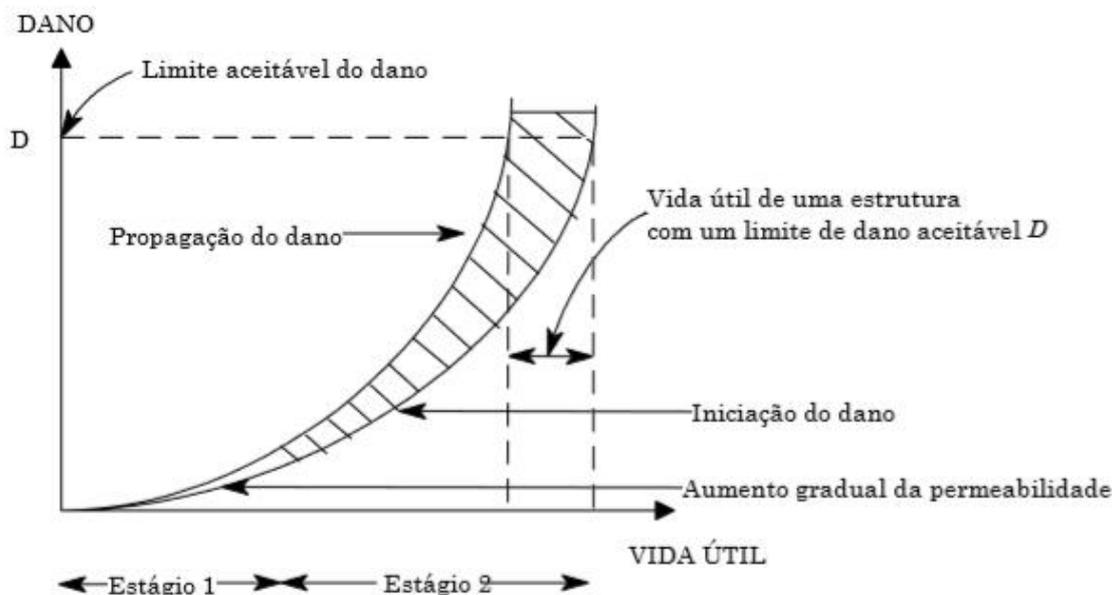


Figura 2: Vida útil de estruturas de concreto (MEHTA, 1994 apud ANDRADE, 1997).

Todavia, os métodos empregados na avaliação da atividade de corrosão de estruturas de CA ainda estão ligados as necessidades de se coletarem amostras e levadas para análise em laboratório, tornando, por vezes, demorado o processo de diagnostico. Assim, o presente projeto tem por objetivo desenvolver uma metodologia não destrutiva para compreensão da evolução do potencial de corrosão em estruturas de concreto armado.

2. JUSTIFICATIVA

O Brasil possui um extenso litoral, onde grande parte das cidades brasileiras se encontram, sendo o Ceará uma das maiores e mais importantes faixas litorâneas do país do ponto de vista turístico, que se estende por 573 km, entretanto, ao decorrer do tempo vêm sofrendo extensos processos erosivos. Além disso, sabe-se que o Ceará possui 19 municípios que fazem fronteira com o mar, dessa forma, as edificações nas proximidades da costa estão sujeitas à degradação estrutural constante por diferentes vias, sendo através de reações químicas ou eletroquímicas, que podem ser provocadas por diferentes fatores tais como a extensão litorânea, temperatura, umidade relativa, vento, poluição, agressividade a água, entre outros.

De modo específico, a penetração de cloretos, provenientes do aerossol marítimo ou do contato direto com a água do mar, são grandes causas de danos graves e perdas financeiras significantes em manutenção/reparo das edificações expostas às condições relatadas, alguns dos danos causados em decorrência desse efeito vão desde microfissuras, trincas e até mesmo o colapso da construção.

Dessa forma, o presente estudo se faz necessário uma vez que o Estado do Ceará obtém uma larga faixa litorânea, logo, uma grande agressão de cloretos nas construções, além disso possui a finalidade de ampliar o

conhecimento acerca do tema, assim como caracterizar e analisar a estrutura proposta para que possa haver uma expectativa de vida útil maior e a redução dos custos de manutenção e reparos.

3. OBJETIVOS

Geral

Desenvolver uma metodologia de análise da evolução do potencial de corrosão em uma estrutura de concreto armado.

Específicos

- Caracterizar o índice de corrosão na alvenaria de CA quando submetido à induções semanais através a partir da utilização da solução de cloreto de sódio.
- Definições de parâmetros decorrentes do desgaste ocasionado pela diferença de potencial induzido;
- Análise da vida útil da estrutural;

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Atualmente, o concreto é um dos materiais que mais evoluíram com o tempo, destacando-se pela sua trabalhabilidade, baixo custo, alta resistência à tração e a compressão. Entretanto, essas características não são suficientes para estabelecer um padrão de qualidade, para isso, deve-se levar em consideração também a durabilidade do material. Segundo Neville e Brooks (2013), a durabilidade de uma estrutura é uma das características mais importantes, entretanto há fatores internos ao concreto e externos advindos do meio capazes de reduzi-las.

Pode-se observar a relevância dessa característica nos trabalhos como o de Lima, Landim e Rocha (2017) e Parente, Barretto e Costa (2017), o quais analisam os problemas patológicos de uma construtora em Juazeiro do Norte (CE), onde a durabilidade da estrutura é afetada principalmente pela permeabilidade do concreto armado à água; e ressaltam a importância da continuidade dos estudos referentes aos vários fatores envolvidos na durabilidade das estruturas, respectivamente.

Dentre os fatores redutores da durabilidade, destaca-se a corrosão, que segundo Andrade (2001), pode ser caracterizada por um processo físico-químico originando os produtos da corrosão (óxidos e hidróxidos), o qual aumenta significativamente o volume da estrutura metálica. Pode também ser dividida em duas formas: (i) com um caráter puramente químico e, (ii) com um caráter eletro-químico, que é o que causa as deteriorizações nas estruturas de concreto armado (GENTIL, 1996).

“Esse fenômeno de natureza expansiva pode levar ao aparecimento de elevadas tensões de tração no concreto, ocasionando a fissuração e o posterior lascamento do cobrimento do material. Todos esses fatores causam uma perda de seção transversal e de aderência entre a armadura e o concreto, inabilitando a transferência de tensões entre os materiais, podendo levar o elemento estrutural ao colapso” (ANDRADE, 2001).

Os danos mais comuns às estruturas, são ocasionadas pelos ataques químicos por sulfatos e cloretos que ocorrem no interior do concreto induzindo uma corrosão eletroquímica da armadura, contudo, para isso, o concreto deve obter uma certa facilidade de penetração desses íons, e a presença desses agentes químicos na armadura causam a deteriorização de muitas estruturas devido a sua ação expansiva (LAPA, 2008). Logo, a permeabilidade da matriz cimentícia é fundamental, sendo esta a propriedade mais relevante para a redução da vida útil da estrutura, e levando em consideração que o Brasil possui um extenso litoral, onde grande parte das cidades brasileiras se encontram, há uma necessidade de extimar a vida útil de uma estrutura, assim como verificar como se dá o aumento do potencial de corrosão.

5. METODOLOGIA

A metodologia a ser adotada no presente projeto de pesquisa consistirá em 3 etapas, descritas a seguir:

1° Etapa: Consistirá primeiramente em um amplo levantamento bibliográfico sobre a corrosão de concreto armado no que se refere a: fatores relevantes para seu desenvolvimento, como se dá o potencial de corrosão, os danos causados e a vida útil da construção. Ainda no levantamento bibliográfico será estudada a relevância do revestimento utilizado na construção quando se diz respeito aos danos causados pela corrosão.

2° Etapa: Será realizada a caracterização e reconstrução do traço da argamassa utilizada, afim de obter uma maior compreensão acerca da reação da argamassa à agressividade dos íons. Ainda nesta etapa, serão realizadas induções com solução de cloreto de sódio através da molhagem da estrutura semanalmente, além de medições semanais de potencial de corrosão a partir da DDP presente na estrutura com o equipamento da PROCEQ de Potencial de Corrosão e Resistividade elétrica.

3° Etapa: O *software* utilizado para a congregação dos dados recolhidos será o ORIGIN®. Será analisada como se dá a distribuição do potencial de corrosão nos pontos pré-estipulados, o período em que a estrutura começará a ser danificada com o aparecimento de fissuras e/ou microfissuras até a sua possível ruína, qual o índice de cloreto necessário para o estágio final da estrutura.

6. CRONOGRAMA

Atividades	Ano 2018										
	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Revisão bibliográfica											
Indução à corrosão											
Realização de medições de potencial de corrosão na estrutura											
Caracterização, reconstrução e análise das propriedades da argamassa de revestimento											
Análise dos resultados											
Preparação e apresentação dos resultados da pesquisa											

Fonte: Elaborado pela autora.

RECURSOS

Primeiramente o bolsista fará um amplo estudo bibliográfico aprofundado sobre a corrosão e seus danos aplicado à análise de estruturas, sobre os efeitos de ações de caráter indutivo em alvenaria. Posteriormente, o bolsista será auxiliado pelo orientador no laboratório do NUTEC para coletar (com o equipamento da *Proceq: Profometer Corrosion*) e manipular os dados referentes aos potenciais de corrosão estabelecidos na estrutura ao longo dos meses, dados os quais serão analisados e trabalhados na pesquisa, assim como realizar a caracterização e reconstrução da argamassa utilizada no sistema construtivo. Por fim, utilizando o *software ORIGIN®* na análise, preparação e apresentação dos resultados obtidos na pesquisa. Todas estas atividades serão supervisionadas e orientadas pelo professor orientador.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Jairo Jose de Oliveira. Contribuição à previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras: iniciação por cloretos. 2001.

CASCUDO, Osvaldo. **O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto**. 1ª ed. Goiânia: PINI e UFG, 1997.

CLIMACO, J.C.T.S. Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. **Editora Universidade de Brasília: Finatec**, Brasília, 2005.

DE LIMA, Maryangela G. Ações do meio Ambiente sobre as Estruturas de Concreto. Capítulo 21. In: Geraldo C. Isaia. (Org.). **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1 ed. São Paulo: **Ibracon**, 2011, v. 2, p. 733-771.

FIGUEIREDO, ENIO PAZINI. Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto. **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**, IBRACON, Cap, v. 27, p. 829-855, 2005.

FIGUEIREDO, A.D. Concreto com Fibras. In.: **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005, V.2, Cap. 39.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3ª Ed. Livros técnicos e científicos. Rio de Janeiro, 1996. 345 p.

HELENE, P. **Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado**. 271p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo; 1993.

LAPA, J. S. **PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REPARO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

LIMA, V. N.; LANDIM, G. L.; ROCHA, L. DE M. CAUSAS PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO EM UMA CONSTRUTORA DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE. In: **Anais do XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas**. XIII ed. Crato (CE): [s.n.]. p. 134–152.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2ª edição ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PARENTE, I. M. D. S.; BARRETTO, T. C. M.; COSTA, F. N. CORROSÃO NEGRA: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS CAUSAS E MECANISMOS DE CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. In: **Anais do XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas**. XIII ed. Crato (CE): [s.n.]. p. 153–164.

SILVA, L. K. **Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do Ceará**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza; 2011.