



## **ANÁLISE QUANTITATIVA DA PERDA DE MASSA POR OXIDAÇÃO EM BARRAS DE AÇO CARBONO CA-50**

CLARISSE G. SOARES<sup>1</sup>, GUSTAVO FRIAÇA<sup>2</sup>, KARINA DE FREITAS BORGES<sup>3</sup>, POUL KLEBER F. MELO E ROSINEIDE MIRANDA LEÃO<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Estudante de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, RA: F2241C4, cla.g.s.rocha@gmail.com

<sup>2</sup>Estudante de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, RA: F31EBJ1, gufriaca@hotmail.com

<sup>3</sup>Estudante de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, RA: F33ICI7, karinadefreitas214@gmail.com

<sup>4</sup>Estudante de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, RA: N640JC9, poul\_s13@hotmail.com

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

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
a 15 de agosto de 2022

**RESUMO:** A patologia da corrosão em armaduras de aço é uma das principais causas de acidentes e desabamento de estruturas. Assim, a pesquisa tem como objetivo estudar a taxa de corrosão dos corpos de prova. Os corpos de prova após limpos foram ligados, por meio de um arame galvanizado, a uma fonte de 12v inicialmente, criando assim um circuito de energia para acelerar a deterioração do aço carbono CA-50, permanecendo, nessas condições por 2 horas e 45 minutos. O experimento permitiu uma análise do processo corrosivo, possibilitando a avaliação visual da intensidade de corrosão ao longo do tempo e a comprovação da deterioração do processo corrosivo em barras de aço carbono CA-50.

**PALAVRAS-CHAVE:** Corrosão, patologia, CA-50, deterioração, oxidação

### **QUANTITATIVE ANALYSIS OF MASS LOSS BY OXIDATION IN CA-50 CARBON STEEL BARS**

**ABSTRACT:** The pathology of corrosion in steel reinforcement is one of the main causes of accidents and collapse of structures. The research aimed to study the corrosion rate of the specimens making all the necessary measurements for the best possible result during the research. The specimens after cleaning were connected, by a galvanized wire attached to a source of 12 initially, thus creating a power circuit to accelerate the deterioration of the iron. They remained in these conditions for 2 hours and 45 minutes, but after 1 hour it was already possible to see the difference between the initial and current state of the specimens. Bearing in mind that the divergence of theoretical and experimental data was less than 8%, it is considered that both the experiment was carried out correctly and the theoretical framework is remarkably close to reality.

**KEYWORDS:** Corrosion, Pathology, Electrolysis, Experiment

### **INTRODUÇÃO**

A corrosão é definida como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada ou não a esforços mecânicos. A deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional representa alterações prejudiciais e indesejáveis, sofridas pelo material, tais como desgaste, variações químicas ou modificações estruturais, tornando-o inadequado para o uso (GENTIL, 2007). Todos os materiais

possuem uma interação com o meio ambiente, que na maioria dos casos essas interações provocam deteriorações das propriedades dos materiais (RIJEZA, 2020), como por exemplo:

- Eletroquímica: Este tipo de corrosão metálica ocorre quando há a presença de água. Nesse processo corrosivo estão envolvidos um condutor (metal) e um condutor iônico (eletrólito) em uma solução, tendo assim a formação de uma pilha com a circulação de elétrons na superfície metálica, ocorrendo a oxirredução.

- Corrosão Química: Esse processo de corrosão é também conhecido por oxidação. Este processo acontece quando existe a ação de um agente químico sobre a superfície metálica. Nesse mecanismo de corrosão não há a necessidade da presença de água nem da troca de elétrons de uma superfície para a outra. Esse tipo de corrosão é favorecido em ambientes com temperaturas elevadas.

A clareza quanto aos parâmetros da integridade física das estruturas é necessária para estabelecer os requisitos gerais mínimos da sua estabilidade e segurança. Nesse sentido, a ABNT 6118 define a durabilidade, como a capacidade da estrutura se manter, nas suas condições de utilização, sem apresentar danos, que comprometam o uso para qual foi projetada. Com relação a vida útil do material, é o período durante o qual são mantidas as suas características (ABNT, 2014). No intuito de conservar a vida útil das estruturas, são feitas manutenções periódicas de prevenção e reparo de patologias, procedimentos que incluem a proteção catódica e a galvanização. Porém, em muitas ocasiões a estrutura sofre avarias ao ponto que é necessário que seus componentes sejam substituídos. Estima-se que cerca de 20% do ferro produzido todo ano é para repor os corroídos (SALES; SOUSA; MEDEIROS, 2020).

## MATERIAL E MÉTODOS

- Preparação dos Corpos de Prova

Cortou-se barras CA-50 em 4 pedaços de cerca de 12,5 cm de comprimento e diâmetro de 9,5 mm. As barras passaram por uma limpeza mecânica executada com escovas de aço e por uma limpeza química, onde mergulham-se as barras por 25 minutos na solução de (50 mL de ácido clorídrico e 150 mL de água destilada) e os outros componentes metálicos na mesma solução, porém retirados com 10 minutos. Durante este procedimento foi-se aferido a massa inicial de cada barra e seus respectivos diâmetros efetivos para obter informações para a realização do ensaio gravimétrico e a avaliação da perda de seção, de forma a obter resultados precisos.

- Sistema para realização do ensaio de corrosão acelerada por imersão modificada (CAIM)

- O ensaio foi realizado em um béquer na qual proporcionou a imersão de 70% da barra na solução salina.

- Para obter um ambiente agressivo preparou-se uma solução salina com 4,76% de cloreto de sódio (12,5g de NaCl para 200mL de água destilada). Para as alterações sofridas em um tempo reduzido, utilizou-se a impressão de corrente. Utilizou-se uma fonte de alimentação de tensão, as barras foram ligadas ao polo positivo da fonte onde ocorrerá a oxidação (ânodo), e no polo negativo, onde ocorre a redução, conectou-se uma placa de aço galvanizado (cátodo).

- Nesse estágio do experimento foi realizado uma análise com base nos procedimentos básicos da eletroquímica, tais como a montagem das pilhas ou células eletroquímicas, identificação dos polos, dos potenciais de redução e das reações que decorrem. Aplicação da densidade de corrente de corrosão ( $I_{app}$ ), abordando as Leis de Faraday, para comprovação com cálculo da perda de massa nas barras de aço. Neste teste utilizou-se uma tensão de 3,5V e uma amperagem de 2,344 e as barras foram submetidas à aceleração por 2:45 horas. Com intuito de quantificar a perda de massa dos materiais, foi-se realizado um ensaio gravimétrico com base nos estudos de Cascudo (1997).

- Ao finalizar a infusão de corrente, as barras passaram por uma limpeza química e pesagem para a análise da perda de massa e seção. Calculou-se somente a perda de massa e seção sofrida pela parte imersa da barra, ou seja, considera-se apenas a parte imersa como afetada pela corrosão, faz-se então a proporção da massa proveniente dos 70% da barra, antes e depois do ensaio, e assim aplica-se para delimitação do diâmetro efetivo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio de corrosão acelerada por imersão modificada (CAIM) realizado se deu por eletrólise sem interferência de agentes químicos ácidos (de baixo pH). Tendo em mente que a divergência dos dados teóricos e experimentais foram menores que 8% consideram-se que o tanto o experimento foi realizado de forma correta quanto o referencial teórico aproxima-se notavelmente da realidade. Na Tabela 1 é apresentado os resultados em relação à perda de massa.

Tabela 1: perda de massa das barras metálicas antes e depois da deterioração

Corpo de prova	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Perda de Massa (g)	Percentual da perda de Massa (%)
1	74,5	73,43	1,07	1,44
2	75,4	72,69	2,71	3,59
3	75,0	73,12	1,88	2,51
4	74,8	73,66	1,14	1,52
<b>TOTAL</b>	<b>299,7</b>	<b>292,9</b>	<b>6,8</b>	<b>2,27</b>

A partir dos resultados gravimétricos obtidos no experimento foi necessário calcular da taxa de corrosão que oferece uma análise da intensidade da corrosão, para isso utilizou-se a equação (1). Do experimento foi obtida a taxa de corrosão igual a 22,72 mg/cm<sup>2</sup> por hora, este valor é bem próximo ao encontrado na literatura 21,26 mg/cm<sup>2</sup> por hora (LOPES et al., 2018)

$$T_{\text{corr}} = (W_I - W_F) / (A * t) \quad (1)$$

Onde:

WF: Massa final [g]  
 WI: Massa inicial [g]  
 A: Área submetida à corrosão [cm<sup>2</sup>]  
 t: Tempo [s]

- Análise da perda de massa teórica de Ferro usando a lei de Faraday

A massa de ferro produzida pela área da superfície de aço em consequência da aplicação de corrente é dada pela Equação (2) baseada na lei de Faraday. (Ahmad, 2009):

$$W_{\text{th}} = (W_M * I_{\text{app}} * T) * F^{-1} \quad (2)$$

Onde:

W<sub>th</sub>: Massa teórica de ferro produzida por unidade de área da superfície [g /cm<sup>2</sup>]  
 W<sub>M</sub>: Massa entre a massa atômica do ferro e a valência dele [28g]  
 I<sub>app</sub>: Densidade de corrente aplicada [A/cm<sup>2</sup>]  
 T: Tempo de aplicação da corrente [s]  
 F: Constante de Faraday [96480 A\*s]

A partir dos resultados obtidos, observou-se uma perda de massa de ferro em torno de 7,38g e taxa de corrosão equivalente a 24,6 mg/cm<sup>2</sup> por hora. Com a perda de massa em torno de 6,8 g, calcula-se uma diferença de 0,56 g do projetado teoricamente, assim, validando os resultados.

Durante a análise da perda de seção foi observado que o trecho submerso durante o experimento sofreu pouca ou nenhuma variação de diâmetro. Isso foi propiciado pela presença dos íons na solução salina que facilitaram o processo de oxirredução entre o oxigênio e o aço o que não ocorreu com a parte que permaneceu fora da água. Havia diferentes distancias entre o fio de aço (Ânodo) e as barras

(cátodo) de forma que o processo de corrosão não ocorreu uniformemente, os corpos mais próximos do cátodo sofreram maior perda de massa devido à sua menor resistência a migração de íons, conforme a Figura 1.

Figura 1: Disposição das barras no béquer durante o ensaio



Fonte: autoria própria

Durante todo o experimento, foi possível observar os efeitos mais bruscos acontecendo rapidamente, tanto na superfície do ferro quando na eletrolise utilizada. Como, por exemplo, manchas brancas em toda a extensão do ferro e uma massa escura se depositando no fundo do béquer, provavelmente resíduos do material corroído.

A taxa de corrosão foi posteriormente calculado e foi observado que o ferro sofreu grande corrosão, sendo este material classificado com baixa resistência, tornando o mesmo inapropriado para ambientes similares ao simulado, um ambiente litorâneo, levando em consideração que a corrosão ocorreu por meio da eletroquímica. A Tabela 2 apresenta os dados da taxa de corrosão.

Tabela 2: Taxa de corrosão do aço CA-50 avaliados

Amostras	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Densidade g/cm <sup>3</sup>	MPY	Classificação
1	74,6	73,4	8,7	9.541	Baixa Resistência
2	75,4	72,6	8,8	21.851	Baixa Resistência
3	75,0	73,1	8,5	14.667	Baixa Resistência
4	74,8	73,6	8,5	9.234	Baixa Resistência

## CONCLUSÃO

O ensaio CAIM apresentou desempenho satisfatórios ao ser realizado com a fonte ligada com uma voltagem final de 3,5V, com duração de 2h45 minutos e com volume de solução em 70% da barra de aço, os resultados foram de 6,8 g de perda de massa, ressaltando a relevância deste trabalho quando se dimensionam estruturas de concreto para ambientes sujeitos ao ataque de íons cloreto. Os resultados obtidos na taxa de corrosão mostram que é inviável a utilização desse aço em ambientes parecidos com o simulado. As regiões litorâneas, possuem um ambiente parecido por ser húmido e salgado, e por isso, será corroído e necessitará de manutenção mais frequente do que em demais regiões. Se não ocorrer a manutenção, poderá ter danos irreversível das estruturas. É necessário a aplicação de ações concretas para que se prolongue a vida útil das armaduras de aço atacadas pela patologia em estudo.

## REFERÊNCIAS

GENTIL, Vicente. Corrosão. 5ª ed. Rio de Janeiro. Ed. LTC, 2007.

OLIVEIRA, Antônio Roberto de. Corrosão e tratamento de superfície. Belém: IFPA; Santa Maria: UFSM, 2012.

MERÇON, Fábio; GUIMARÃES, Pedro Ivo Canesso; MAINIER, Fernando Benedito. Corrosão: Um Exemplo Usual de Fenômeno Químico. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a04.pdf>. Acessado em: 30 de abril de 2022.

RIJEZA METALURGIA. Corrosão Metálica. Disponível em: [https://rijeza.com.br/wp-content/uploads/2020/08/corrosao\\_metalica.pdf](https://rijeza.com.br/wp-content/uploads/2020/08/corrosao_metalica.pdf). Acessado em: 30 de abril de 2022.

COSTA, Fabio Gomes da. MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS COM UTILIZAÇÃO DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS, São Paulo. 2012. Disponível em: <https://www.abcem.org.br/construmetal/2012/arquivos/Cont-tecnicas/31-Construmetal2012-manutencao-e-avaliacao-estruturas-metalicas-por-ensaios-nao-destrutivos.pdf>. Acesso em: 24 de abril de 2022.

SALES LS, SOUZA LO, MEDEIROS RK. FORMAS DE CORROSÃO DO AÇO E COMO COMBATÊ-LAS, Anais do 20º Simpósio de TCC do Centro Universitário ICESP. 2020; 1073-1082. Disponível em: [http://nippromove.tempsite.ws/anais\\_simposio/arquivos\\_up/documentos/artigos/11168822f8a531f60795d9a8f6292a07.pdf](http://nippromove.tempsite.ws/anais_simposio/arquivos_up/documentos/artigos/11168822f8a531f60795d9a8f6292a07.pdf). Acesso em: 25 de abril de 2022.

SOUZA, Hugo Henrique de Simone. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E INFLUÊNCIA DO TEMPO DE VIDA ÚTIL DOS POSTES DE MADEIRA E DE CONCRETO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, Salvador. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/15356/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Hugo%20Henrique%20de%20Simone%20Souza.pdf>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 6118: PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO – PROCEDIMENTO. Rio de Janeiro. 2014. Acesso em: 24 de abril de 2022.

LOPES, FLC et al. ANÁLISE QUANTITATIVA DA PERDA DE MASSA POR OXIDAÇÃO EM BARRAS DE AÇO CARBONO CA-50: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO DA CORROSÃO EM CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL/IFS. Sustentabilidade e Meio Ambiente, 2018.