

## ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO CA-50 EM ESTADO DE CORROSÃO

BRENNA MATOS SOUSA<sup>1</sup>, MARCOS ANTONIO MESQUITA DA SILVA<sup>2</sup>, AMANDA ARYDA SILVA RODRIGUES DE SOUSA<sup>3</sup> e PAULO RICARDO ALVES DOS REIS SANTOS<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ac. de Engenharia Civil, UNIFACEMA, Caxias-MA, brenna.mattos@hotmail.com;

<sup>2</sup>Ac. de Engenharia Civil, UNIFACEMA, Caxias-MA, marcos123321mep@gmail.com;

<sup>3</sup>Mestranda em Integridade das Estruturas, UNB, Brasília-DF, eng.amandaaryda@gmail.com;

<sup>4</sup>Esp. em Planejamento de Obras, Prof. Titular UNIFACEMA, Caxias-MA, pauloricardoars@gmail.com.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO:** O presente trabalho tem como finalidade constatar através de ensaios mecânicos, as alterações nas propriedades (limite de escoamento, limite de resistência a tração e o alongamento) das barras de aço CA-50 já em estado de corrosão, fazendo comparações com barras de aço CA-50 em perfeito estado de conservação. Este experimento baseou-se na NBR ISO 6892-1(ABNT, 2018) – Materiais metálicos – Ensaio de tração Parte 1: Método de ensaio à temperatura ambiente, na qual as barras foram padronizadas, pesadas em balanças de precisão para obtenção da sua massa e então ensaiadas à tração utilizando a Máquina Universal de Ensaio SHIMADZU. Os resultados obtidos com esse experimento foram satisfatórios, visto que foi comprovado que o aço quando mal acondicionado pode perder desempenho no que diz respeito às suas propriedades, havendo o risco de o mesmo comprometer a segurança estrutural em relação aos estados limite último e de serviço.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensaio, Patologia, Estrutura.

## ANALYSIS OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF CA-50 STEEL IN STATE OF CORROSION

**ABSTRACT:** The present work aims to verify through mechanical tests, the changes in properties (flow limit, tensile strength and elongation) of CA-50 steel bars already in a corroded state, making comparisons with CA steel bars -50 in perfect condition. This experiment was based on NBR ISO 6892-1(ABNT, 2018) - Metallic materials - Tensile test Part 1: Test method at room temperature, in which the bars were standardized, weighed on precision scales to obtain their mass and then tensile tested using the SHIMADZU Universal Testing Machine. The results obtained with this experiment were satisfactory, since it was proven that when poorly packaged steel can lose performance with regard to its properties, with the risk of compromising the structural safety in relation to the ultimate and service limit states.

**KEYWORDS:** Essay, Pathology, Structure.

### INTRODUÇÃO

A utilização do aço no Brasil deu-se a partir da metade do século XIX, as transformações socioeconômicas e culturais sofridas pela sociedade brasileira ocasionaram um impulso grandioso no desenvolvimento na área da construção civil. O sistema construtivo em aço apresenta vantagens significativas sobre o sistema construtivo convencional tal como: flexibilidade, compatibilidade com outros materiais, menor prazo de execução, reciclabilidade e preservação ambiental.

A fim de que o aço desempenhe seu papel de forma a alcançar 100% do seu potencial, o mesmo deve estar em perfeitas condições e para que isso ocorra, vários cuidados devem ser tomados principalmente no seu armazenamento. Caso o contrário, o mesmo pode acabar desenvolvendo

manifestações patológicas que podem afetar diretamente o seu desempenho, gerando problemas na estrutura.

A corrosão das armaduras é considerada como um dos principais tipos de manifestação patológica que ocorre ameaçando as estruturas de concreto armado no Brasil e no mundo. Vários pesquisadores como Aranha, Dal Molin e Andrade fizeram estudos com o foco em manifestações patológicas em estruturas de concreto armado em diferentes lugares do Brasil, e segundo seus estudos, é a patologia mais ocorrente.

O objetivo do presente trabalho foi mostrar através de ensaios mecânicos, as alterações nas propriedades das barras de aço CA-50 já em estado de corrosão, fazendo comparações com barras de aço CA-50 em bom estado de conservação. Objetivos específicos foram almejados ao longo dos ensaios, tendo como foco a obtenção das possíveis variações nas propriedades mecânicas do aço como o limite de escoamento, limite de resistência e o alongamento.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Nesse trabalho, foi realizada uma pesquisa experimental com materiais coletados em uma obra localizada na zona urbana da cidade de Caxias no interior do Maranhão.

Nesta pesquisa exploratória, em relação à abordagem dos dados obtidos, os mesmos foram processados de forma qualitativa e quantitativa, levando em conta que a essência do trabalho está diretamente relacionada à qualidade das barras, e a qualidade das mesmas foi avaliada através da análise de dados numéricos obtidos através do ensaio realizado.

Afim de executar esse estudo foram utilizados equipamentos específicos e todos os processos envolvidos neste estudo, no que diz respeito à execução do ensaio e análise dos dados obtidos, foram realizados no laboratório do IFPI (Instituto Federal do Piauí). Sendo assim, os materiais e equipamentos utilizados estão listados a seguir:

- Máquina Universal de Ensaio SHIMADZU;
- Barras de aço CA-50;
- Balança de precisão.

Para verificar e analisar as propriedades mecânicas das barras de aço, as amostras foram então submetidas ao ensaio de tração.

Foram coletadas ao todo 6 (seis) barras, sendo 3 (três) em estado de corrosão, com bitolas entre 10 mm e 16 mm. Da quantidade total de barras coletadas, foram selecionadas 3 (três) amostras, sendo que também foi recolhido 3 barras em bom estado de conservação com diâmetros correspondentes às amostras em estado de corrosão. As barras em estado de corrosão estavam a aproximadamente 90 dias no canteiro de obras, expostas ao meio e em contato direto com o solo e umidade presente. As amostras em bom estado de conservação foram coletadas diretamente do fornecedor.

O ensaio de resistência à tração foi executado segundo a NBR ISO 6892-1 – Materiais Metálicos – Ensaio de tração Parte 1: Método de ensaio à temperatura ambiente, em que as barras foram cortadas em tamanhos diferentes conforme as bitolas, pesadas em balanças de precisão para obtenção da sua massa e então ensaiadas utilizando a máquina universal de ensaios.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após a execução do ensaio de tração os resultados foram enfim obtidos com êxito. Os dados extraídos das amostras foram o alongamento, o limite de escoamento e o limite de resistência. As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados correspondentes às amostras em bom estado de conservação e as amostras em estado de corrosão, respectivamente.

Tabela 1 – Resultados do ensaio de tração realizado com amostras em bom estado de conservação.

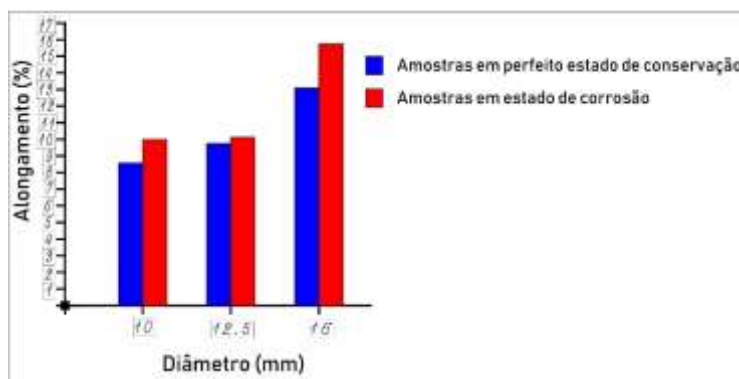
Amostra	Classe do aço	Diâmetro (mm)	Massa (g)	Alongamento (%) <b>Limite mínimo: &gt; 8</b>	Limite de escoamento fy (MPa) <b>Limite mínimo: 500 MPa</b>	Limite de Resistência fst (MPa) <b>Limite mínimo: 1,08 fy</b>
1	CA-50	10	183,67	8,66	540	670
2	CA-50	12,5	314,82	9,84	565	696,15
3	CA-50	16	567,39	13,05	610	663,25

Tabela 2 – Resultados do ensaio de tração realizado com amostras em estado de corrosão.

Amostra	Classe do aço	Diâmetro (mm)	Massa (g)	Alongamento (%) <b>Limite mínimo:&gt;8</b>	Limite de escoamento fy (MPa) <b>Limite mínimo: 500MPa</b>	Limite de Resistência fst (MPa) <b>Limite mínimo: 1,08fy</b>
4	CA-50	10	181,33	10	519	667,5
5	CA-50	12,5	306,28	10,15	510	604,38
6	CA-50	16	567,24	15,83	590	605,35

Em relação ao alongamento das barras submetidas à tração, as mesmas estiveram conforme os limites estabelecidos pela norma NBR 7480, a Figura 1 mostra um gráfico elaborado a partir dos valores de alongamento obtidos durante o ensaio com cada uma das amostras.

Figura 1 – Gráfico de alongamentos.



O maior valor de alongamento obtido foi 15,83% correspondente à amostra 6 de 16mm de diâmetro, em estado de corrosão. A amostra 3 que possui o mesmo diâmetro e se encontra em bom estado de conservação obteve um valor de 13,05%. Se compararmos a amostra 3 com a amostra 6, pode-se verificar que, apesar de estar dentro do valor exigido pela norma, a amostra 6 teve sua capacidade de alongamento aumentada em 2,78%. Observando a Figura 1 nota-se que todas as amostras em estado de corrosão obtiveram maiores valores de alongamento.

Percebe-se que as amostras em estado de corrosão possuem maior facilidade em se deformar. Essa característica pode influenciar consideravelmente no comportamento estrutural de uma edificação, se por exemplo a amostra 6 fosse utilizada na constituição de um elemento estrutural constantemente solicitado a tração ou a flexão, seria provável que o mesmo deformaria excessivamente. Se um elemento estrutural possui deformação excessiva diz-se que o mesmo não

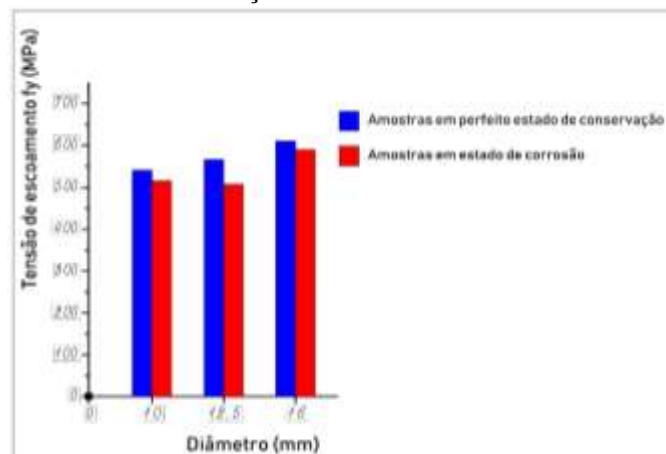
respeita o estado limite de serviço, fazendo com que seja inviável a utilização da estrutura que contém esse elemento estrutural. Sendo assim, o emprego de uma barra de aço em estado de corrosão em um elemento estrutural pode acabar sendo uma desvantagem considerável.

Os valores de tensão de escoamento obtidos no ensaio, estão dentro do limite fixado pela norma NBR 7480. Para cada amostra ensaiada a máquina de ensaios forneceu um gráfico tensão x deformação, indicando o seu regime elástico e o regime plástico. As amostras 1, 2 e 3 se encontravam em bom estado de conservação.

Foi possível verificar através dos gráficos fornecidos que as tensões de escoamento das respectivas amostras não obtiveram resultados com valores próximos ao exigido pela norma. Contatou-se que as mesmas também possuem um patamar de escoamento bem definido, ou seja, é visualmente claro o nível da tensão de escoamento.

Os gráficos referentes às amostras em estado de corrosão (amostras 4,5 e 6) obtiveram valores bem equilibrados em relação às amostras em bom estado de conservação. Com base na Figura 2 pode-se visualizar o equilíbrio dos valores da tensão de escoamento nas diferentes amostras.

Figura 2 – Gráfico ilustrativo da variação dos valores da tensão de escoamento nas amostras.



Analisando a Figura 2 verifica-se que a maior diferença de valores ocorreu entre a amostra 2 e a amostra 5, nesse caso foi constatado que a amostra 2 (em perfeito estado de conservação) mostrou-se cerca de 9,73% mais resistente ao escoamento que a amostra 5 (em estado de corrosão). Visualizando superficialmente os resultados, imagina-se que esse resultado não seja relevante no papel que esse material pode desempenhar. No entanto, examinando os valores detalhadamente, nota-se que a diferença de resultados é de 55MPa que corresponde a uma carga de 550kgf/cm<sup>2</sup>, conclui-se que esse resultado pode ser expressivo o suficiente para merecer a devida atenção no tratamento desse material.

Todos os valores de limite de resistência obtidos no ensaio estão em concordância com o limite estabelecido pela norma NBR 7480, exceto a amostra 6. A mesma obteve 605,35MPa como limite de resistência, já para a tensão de escoamento obteve-se 590MPa. Tomando como base os princípios estabelecidos pela norma NBR 7480, o valor que corresponde ao limite de resistência não está em conformidade com os parâmetros exigidos, pois a mesma estabelece que o valor da tensão limite de resistência deve ser no mínimo 1,08fy (tensão de escoamento), o que nesse caso não é verídico. Assim, levando em consideração esse resultado em particular, percebe-se o quão imprudente pode ser utilizar o aço em estado de corrosão.

## CONCLUSÃO

A maior parte das amostras submetidas ao ensaio mostraram que o aço manteve suas propriedades mecânicas preservadas o suficiente para sua utilização, ou seja, as mesmas obtiveram valores que atendem às tolerâncias normativas exigidas pela NBR 7480. Apenas a amostra 6 mostrou resultados que não respeitaram os limites estabelecidos pela norma, mais especificamente o seu valor de tensão correspondente ao limite de resistência a tração esteve abaixo do limite fixado pela norma.

Houveram diferenças perceptíveis nos resultados se comparadas às amostras em perfeito estado de conservação. Isso ratifica a importância da utilização do aço em seu perfeito estado de

conservação, visto que fora comprovado através do ensaio realizado que o aço quando utilizado em estado de corrosão pode acarretar sérios problemas à estrutura comprometendo a segurança da mesma em relação ao estado limite último e estado limite de serviço. Deve-se também citar a importância do armazenamento correto do aço, pois uma das principais razões para o desenvolvimento da corrosão do aço é o seu acondicionamento inadequado.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. J. O. **Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

ARANHA, P.M.S. **Contribuição ao estudo das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região amazônica.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6892:** Materiais metálicos - Ensaio de tração à temperatura ambiente Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação.** Rio de Janeiro. 2007.

BERTOLINI, L. Materiais de construção: patologia, reabilitação e prevenção. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 414 p.

CALLISTER, W. D. Introdução a Ciência e Engenharia dos Materiais. 7ª Edição. John Wiley e Sons, Inc., 2007.

CASCUDO, O. **Inspeção e diagnóstico de estrutura de concreto com** problemas de corrosão de armadura. Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações, IBRACON, Vol 2, Cap. 35, 2005.

DAL MOLIN, D.C.C. **Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul.** Dissertação Mestrado em Engenharia – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

DALCIN, G. B. **Ensaio dos Materiais.** Curso de Engenharia Industrial Mecânica. Santo Ângelo, 2007.

FREITAS, D. R.; COELHO, M. F. O. **A importância do aço na construção civil.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 09, Vol. 07, pp. 05-10. Setembro de 2018. ISSN:2448-0959.

GEROLLA, G. **Como construir da prática: Equipe de obra.** <http://equipedeobra17.pini.com.br>, 2011. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/37/estoque-de-materiais-220679-1.aspx>>. Acesso em: 20 maio 2019.

LUZ, G. Limite de resistência a tração. Blog Materiais, [s. 1], 2017. Disponível em: <https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/12/limite-de-resistencia-tracao.html>. Acesso em: 07 de setembro de 2019.

MERÇON, F. **Experimentos utilizados na determinação de taxas de corrosão em materiais metálicos.** Anais do XXX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Piracicaba, SP, 2002.

NUNES, L.P. **Fundamentos de Resistência à Corrosão.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 330p.2007.