

## **DEGRADAÇÃO EM AÇO CARBONO COM E SEM REVESTIMENTOS GERADA PELA EXPOSIÇÃO A ÁCIDO CLORÍDRICO**

**Izabelle Carolina Lukaski  
Luis Felipe Felisberto Consorte  
Rodrigo de Lima Niz  
Marcelo Augusto Gonçalves Bardi**

### **RESUMO**

Este estudo tem como propósito analisar a degradação em amostras de materiais de aço carbono com dois tipos de revestimentos diferentes, induzida pela exposição ao ácido clorídrico. As amostras dos materiais possuem revestimento de galvanização, pintura e o terceiro material é apenas escovado. Possuem diâmetro de 64 mm e espessura de 0,5 mm. Na primeira etapa do estudo, as amostras foram suspensas por eixos de modo a terem apenas uma parte do seu diâmetro em contato com a solução de ácido clorídrico, durante um período de cinco dias em recipientes individuais. Na segunda etapa, as amostras de cada tipo de material foram totalmente imersas em ácido clorídrico e mantidas em recipientes individuais por um período de cinco dias. Este estudo visa avaliar a resposta à corrosão de materiais de aço carbono expostos ao ácido clorídrico, a fim de compreender a degradação e a eficácia de diferentes revestimentos de proteção.

**Palavras-chave:** Estudo, degradação de materiais, aço, ácido clorídrico.

### **SUMMARY**

This study aims to analyze the degradation in samples of carbon steel materials with two different types of coatings, induced by exposure to hydrochloric acid. The material samples have galvanization coating, painting and the third material is just brushed. They have a diameter of 64 mm and a thickness of 0.5 mm. In the first stage of the study, the samples were suspended on axles so that only part of their diameter was in contact with the hydrochloric acid solution, for a period of five days in individual containers. In the second stage, samples of each type of material were completely immersed in hydrochloric acid and kept in individual containers for a period of five days. This study aims to evaluate the corrosion response of carbon steel materials exposed to hydrochloric acid in order to understand the degradation and effectiveness of different protective coatings.

**Keywords:** Study, materials handling, steel, hydrochloric acid.

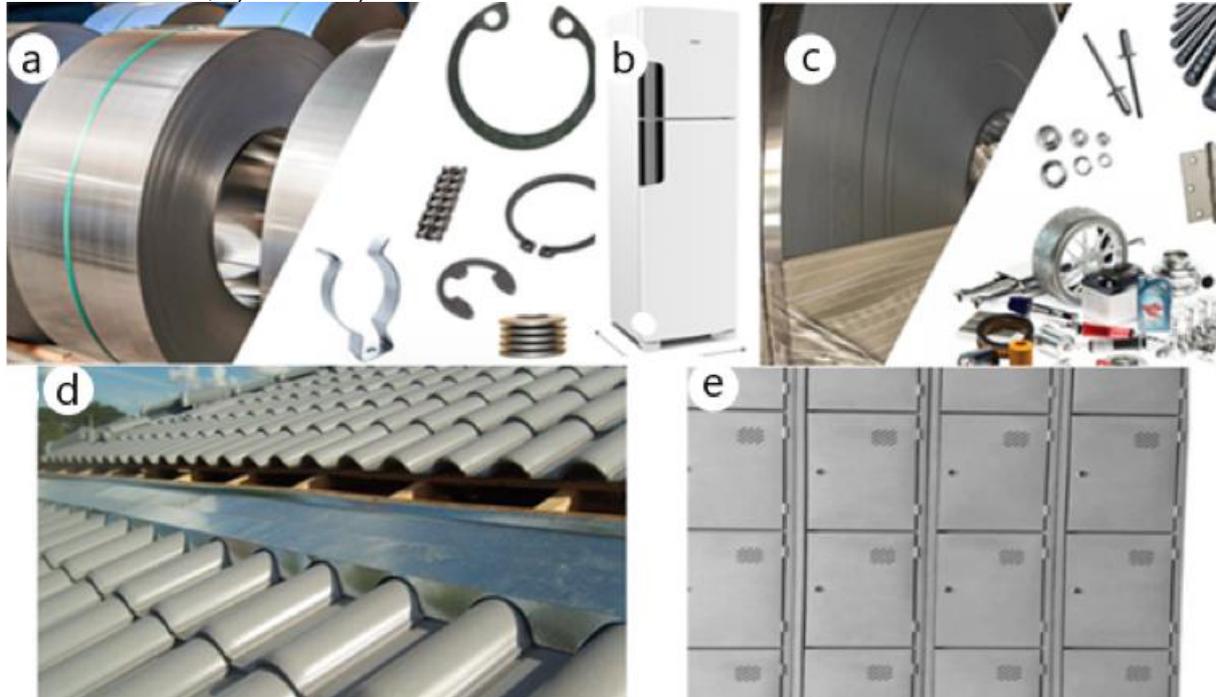
## 1 INTRODUÇÃO

O objetivo da pesquisa, é avaliar a ação degradante do ácido sobre as amostras de aço carbono e através de fotografias no início e no final dos testes, registrar a degradação do aço ao ser exposto ao ácido clorídrico. Esse tipo de material pode ser aplicado em diversas situações e ficar sujeito a uma variedade de ambientes e substâncias químicas. Chapas como as utilizadas para as análises são comumente encontradas em produtos como telhas, calhas, rufos, proteções de equipamentos, elementos mecânicos, armários, porta-retratos, painéis e eletrodomésticos. A utilização do aço desempenha um papel fundamental em diversos setores da economia mundial (SMITH, 2019). A indústria automotiva é uma grande consumidora de aço (JOHNSON, 2019). O setor de energia é outro importante usuário do aço (DAVIS, 2018). Na geração de energia elétrica, por exemplo, o aço desempenha um papel fundamental na construção de torres eólicas, estruturas de suporte para painéis solares e nas turbinas das usinas hidrelétricas (WILSON, 2021). Além disso, o aço é amplamente utilizado na fabricação de tubulações e equipamentos para a indústria de petróleo e gás, desempenhando um papel crucial na garantia da segurança e do desempenho dessas operações (SMITH, 2020). A indústria de máquinas e equipamentos também é uma grande consumidora de aço (BROWN, 2019). O aço desempenha um papel essencial na fabricação de máquinas industriais, equipamentos agrícolas, ferramentas e diversos componentes mecânicos (JOHNSON, 2020).

Porém um desafio significativo que afeta esse material de alto valor é a degradação, em particular a corrosão. Isso ressalta a importância de implementar métodos eficazes para preservar e proteger o aço carbono. Dentre as diversas abordagens para enfrentar a corrosão, destacam-se métodos como pinturas, sistemas de proteção catódica, fosfatização, cromatização e o uso de inibidores de corrosão, entre outras estratégias.

**ARTIGO**

Figura 1 - Aplicação do aço carbono em diversos ramos. a - c) elementos mecânicos; b) eletrodomésticos; d) rufos e e) armários

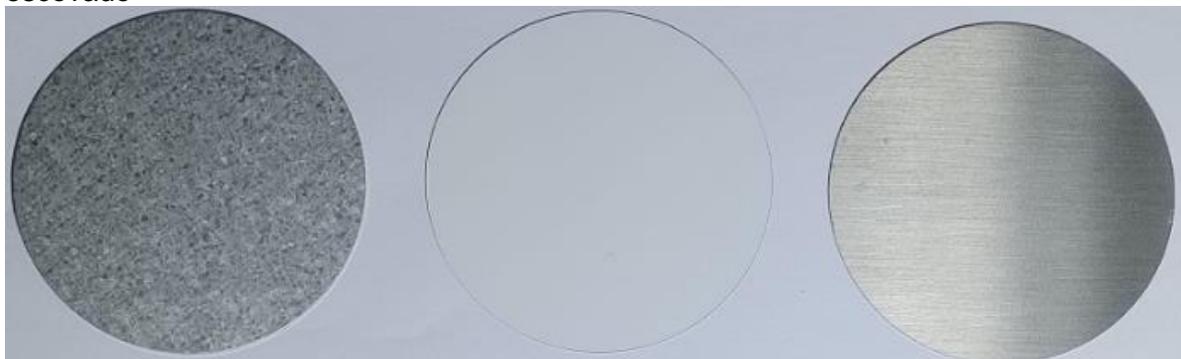


Fontes: Metalfitas; Consul e Macro estantes (2023)

O material das três amostras são de aço carbono e possuem revestimentos como pintura, galvanização e a terceira é escovada. Uma chapa galvanizada é uma chapa de aço que foi submetida a um processo de galvanização, o que implica na aplicação de uma camada de zinco, alumínio e outros metais nobres para proteger o aço da chapa. Já uma chapa pintada é uma chapa que passou por um processo de pintura. Nesse processo, a chapa é submetida à limpeza, tratamento e proteção por meio da aplicação de um primer epóxi, seguido de uma camada de pintura de acabamento, geralmente feita de epóxi. E uma chapa escovada é uma chapa que foi submetida aos processos de decapagem, laminação, galvanização e em seguida passou por processos de limpeza e escovação, recebendo por fim, uma micro camada de resina para protegê-la contra as intempéries do ambiente.

**ARTIGO**

Figura 2 – Amostras de material com revestimento. a) galvanizado; b) pintura; e c) material escovado



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Utilizamos para os testes o ácido clorídrico, que na forma líquida apresenta coloração amarelada, odor penetrante e irritante. É um ácido forte, corrosivo em seu estado puro a temperatura ambiente. Quando em contato com a água se dissolve completamente formando ácido clorídrico aquoso, sua forma mais conhecida. O composto é empregado na fabricação de PVC, agrotóxicos, seda artificial, medicamentos e como reagente químico para laboratórios e diversos processos industriais. Pode ser utilizado como agente de limpeza doméstica, em solução diluída que recebe o nome de ácido muriático.

Figura 3 - Ácido clorídrico 37%



Fonte: SP Labor (2023)

## ARTIGO

---

Através de pesquisas foram encontrados alguns trabalhos que relacionam a proteção e reações com o ácido clorídrico como parte dos reagentes de estudos. Estudos que relacionam a proteção em componentes em meio ao ácido, vigas de concreto com aço armado submetidos ao contato com o ácido, identificação de resistência em juntas de soldagem em trocadores de calor e identificação de inibidores de corrosão atóxicos para aço carbono em meio ao ácido clorídrico. Os trabalhos comentados acima estão citados nos capítulos de referências deste artigo.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Para a realização dos testes que tiveram a duração de cinco dias, foram preparadas amostras com diâmetro de 64 mm e espessura de 0,5 mm e recipientes. Uma furação de 4 mm foi feita em uma unidade de cada amostra para passagem de um eixo, que servirá como suporte para uma segunda análise. Em seguida, a quantidade 800 ml de ácido clorídrico foi coletada para dar início aos testes.

Na primeira análise, as amostras foram suspensas por meio de um eixo de material polimérico com uma seção de 3,25 mm. As amostras foram colocadas em recipientes individuais, tiveram apenas um contato parcial com o ácido. Foi adicionada uma quantidade de 200 ml de ácido, o que resultou em um contato de aproximadamente 40% das amostras.

Na segunda análise, uma única amostra de cada material foi colocada em um recipiente individual e, em seguida, foram adicionados aproximadamente 40 ml de ácido, o suficiente para submergir completamente o material, com uma quantidade adicional para possíveis reações de evaporação futuras.

## 3 RESULTADOS

## ARTIGO

---

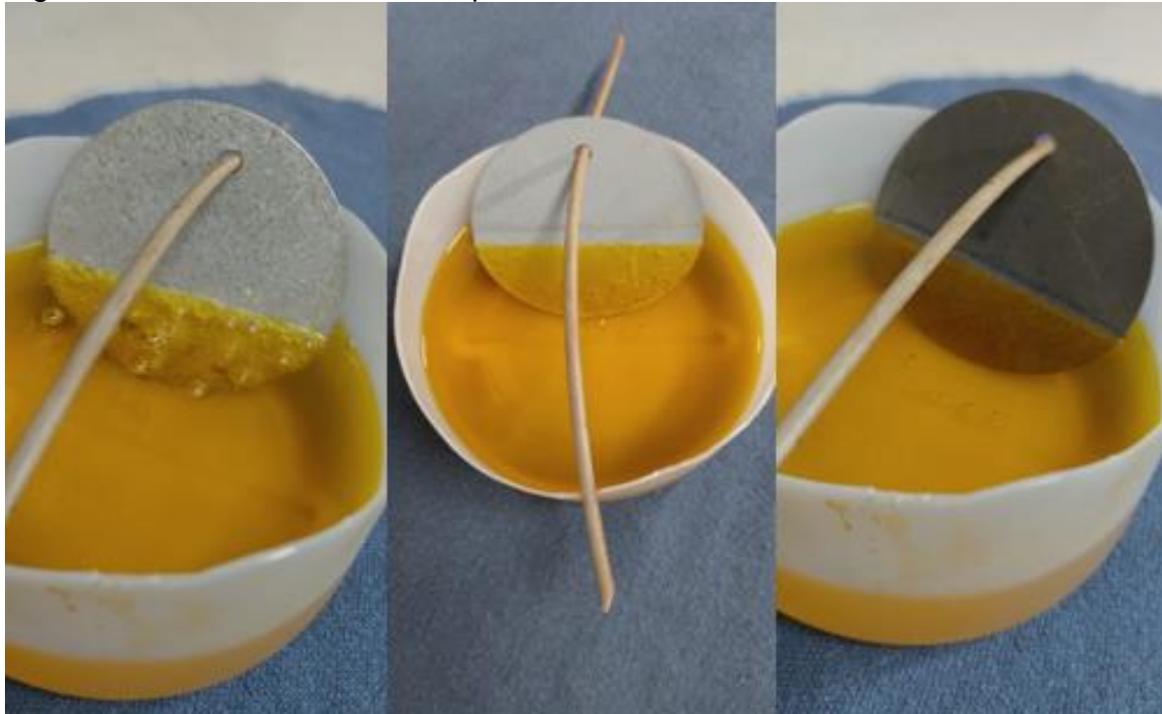
No início da primeira análise, cada material obteve um tipo de reação ao contato ao ácido. Porém após o ciclo de testes os materiais apresentaram algumas similaridades nos resultados. Em ambas as amostras foi identificado que a corrosão teve início nas bordas das amostras, gerando entradas de desgaste. Pois é a área afetada pelo corte, reduções nas massas após o ciclo de testes e faces desgastadas. Ambas as amostras sofreram degradações consideráveis nas bordas que estavam submersas.

As amostras de material galvanizado recebem revestimento igualmente em ambas as faces do material, sendo assim seria indiferente a face inferior ou superior. A amostra de material galvanizado iniciou a reação de modo acelerado, acreditamos que por conta dos materiais de revestimento. Após o período de testes obteve desgastes nas bordas em contato com o ácido e perda de massa.

A amostra de material com revestimento de pintura possui pintura apenas em uma das faces a outra face possui uma camada de primer. Definimos que a face com pintura ficaria posicionada para cima para visualização das reações. As reações foram de maneira lenta. Após o período de testes foi identificado que no lado com primer o material obteve uma maior degradação do que na face que possuía pintura. A amostra de material escovado recebe uma camada de primer na parte inferior do material. Sendo assim definimos que a parte escovada ficaria posicionada para cima para visualização das reações. A amostra escovada também obteve uma reação lenta. Após os testes pode ser analisado que o lado com primer obteve uma menor degradação, porém não tão significativa.

**ARTIGO**

Figura 4 – Amostras em contato parcial com o ácido



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 5 – Resultados das mostras em contato parcial com o ácido



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

No início da segunda análise foram obtidas reações diferentes nos testes, porém após o ciclo de testes os materiais apresentaram algumas similaridades nos resultados. Em ambas as amostras foi identificado que a corrosão teve início nas bordas das amostras, gerando entradas de desgaste. Pois é a área afetada pelo corte, pequena redução nas massas após o ciclo de testes e faces desgastadas.

## ARTIGO

---

Após o ciclo de testes o material galvanizado obteve alta degradação nas bordas e nas faces da amostra.

Após os cinco dias ambas as faces do material com pintura, estavam sem revestimento e a película inferior quase se diluiu com o ácido, já a camada com pintura sofreu menos com a reação e a face com revestimento de pintura sofreu menos com a reação e a camada de pintura ficou entre a chapa e a camada de ácido.

A amostra de material escovado teve a película inferior quase diluída com o ácido, porém foi a face que menos sofreu com o contato com o ácido.

Figura 6 - Amostras em contato total com o ácido



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 7 - Resultados das mostras em contato total com o ácido



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

## ARTIGO

---

Após os resultados, podemos identificar perdas de massa em todas as amostras submetidas ao contato com ácido. As amostras dos primeiros testes, sendo as amostras que tiveram apenas contato parcial tiveram redução de massa inferior aos dos segundos testes. As amostras que estavam completamente no ácido obtiveram uma significativa redução em suas massas.

Tabela 1 – Degradação das amostras. Perda de massa no período de testes (5 dias)

<b>AMOSTRAS / MATERIAL</b>	<b>GALVANIZADO</b>	<b>COM PINTURA</b>	<b>ESCOVADO</b>
AMOSTRAS SEM TESTES	11 g	11 g	14 g
AMOSTRAS CONTATO PARCIAL	7 g	9 g	10 g
AMOSTRAS CONTATO TOTAL	5 g	3 g	4 g

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário criado para esses testes foi uma forma extremamente educacional, pois o ácido estava em seus estados mais concentrados, gerando assim maior agressividade de degradação sobre as amostras. Pois em cenários industriais que possuam fluídos químicos similares ou iguais ao do estudo, os materiais que serão empregados em tubulações, componentes e estruturas, serão de diversas maneiras protegidos e revestidos por materiais que não permitam ou de alguma maneira atrasem o processo de corrosão e também a utilização de materiais que não reajam com os fluídos em fluxo.

Acreditamos que para estudos futuros, podem ser realizadas análises em outros materiais, com outros tipos de revestimentos e em outros meios fluídos. Realização de ensaios mecânicos e testes laboratoriais.

**REFERÊNCIAS**

ABREU, F. D. Concreto reforçado com fibras de carbono submetido a ataque por ácido clorídrico. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/38498>. Acessado em 04 nov. 2023.

CETESB. Divisão de Toxicologia Humana e Saúde, 2020. Ácido Clorídrico. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/A%CC%81cido-clori%CC%81drico.pdf>. Acessado em 08 nov. 2023.

GUILHERME, L. H.; KURI, S. E.; OLIVEIRA, M. F.; ROVERE, C. A. Resistência à corrosão de junta dissimilar soldada pelo processo TIG composta pelos aços inoxidáveis AISI 316L e AISI 444. Revista Soldagem & Inspeção, v. 19, n. 1. mar. 2014, p.42-50. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-92242014000100006>. Acesso em 4 nov. 2023.

HOTSUMI, T. N.; KODAMA, A. L. Investigação e caracterização de produtos naturais como inibidores de corrosão atóxicos para aço carbono em meio de ácido clorídrico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/p/augusto.neiva/TCC/arquivos/1>. Acesso em 4 nov. 2023

LOJA CONSUL, 2023. Geladeira Consul Frost Free Duplex com Espaço Flex e Painel Eletrônico Externo 451 litros cor Branca - CRM56FB. Disponível em: <https://www.consul.com.br/geladeira-consul-frost-free->. Acessado em 08 nov. 2023.

LORENZETTI, S. P. Mercado mundial de ferro e aço e a participação do Brasil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/247228>. Acessado em 04 nov. 2023.

MACRO ESTANTES, 2023. Armário roupeiro de aço com 16 portas com chave. Disponível em: <https://www.macroestantes.com.br> Acessado em 08 nov. 2023.

METAL FITAS, 2023. Fitas de aço de baixo carbono. Disponível em: <https://metalfitas.com.br/>. Acessado em 08 nov. 2023.

SP LABOR, 2023. Solução de Ácido Clorídrico 1 N – SYNTH. Disponível em: <https://www.splabor.com.br/produto/solucao-de-acido-cloridrico-1-n-synth/>. Acessado em 08 nov. 2023.



Esta obra está licenciada com Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.  
[Recebido/Received: Abril 30, 2023; Aceito/Accepted: Agosto 29, 2023]