

# A APLICAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA CORROSÃO METÁLICA

THE APPLICATION OF PLANT SPECIES IN THE PREVENTIVE MAINTENANCE  
PROCESS OF METAL CORROSION

**JOÃO VICTOR DOS REIS SANTOS**

Universidade Federal de Sergipe, Umbaúba, SE, Brasil  
Graduado em Física. E-mail: joaovictorreissantos1412@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0005-6058-5316>

**RAFAEL RODRIGO FERREIRA DE LIMA**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, PR, Brasil  
Mestre em Ciências Ambientais e em Desenvolvimento e Meio Ambiente. E-mail:  
[rafaelarielrodrigo@gmail.com](mailto:rafaelarielrodrigo@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-9485-9283>

Submissão: 27-01-2025 - Aceite: 14-08-2025

**RESUMO:** A corrosão é um problema inato às estruturas e equipamentos metálicos, principalmente quando estão dispostos em sistemas produtivos ou utilizáveis em ambientes altamente agressivos aos metais, especialmente ao aço e suas ligas. Dada tal importância de contenção e prevenção da corrosão e a emergência de desenvolver e utilizar produtos minimamente agressivos ao ambiente, visando a sustentabilidade, este artigo objetiva analisar a viabilidade da utilização de espécies vegetais como inibidores de corrosão ecológicos e como esses inibidores se comportam na aplicação desejada. A metodologia utilizada compreendeu a revisão narrativa da literatura e a análise dos experimentos de produção e aplicação laboratorial dos inibidores de corrosão ecológicos desenvolvidos nos últimos quinze anos. Os resultados demonstraram que uma ampla gama de vegetais, no todo ou em parte, podem contribuir significativamente para conter ou prevenir o processo corrosivo em ambientes agressivos similares ao comportamento ácido do HCl e do NaCl. Concluiu-se que os vegetais, ainda que na forma de resíduo agroindustrial, podem ser aplicados como inibidores de corrosão ecológicos de materiais metálicos, especialmente o aço macio e as ligas de aço. No entanto, as pesquisas carecem de adesão dos setores industriais para a transformação em produtos de ampla utilização e de procedimentos capazes de estabelecer a sustentabilidade da exploração desses vegetais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Corrosão. Aço. Inibidor de Corrosão Ecológico.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons  
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

**ABSTRACT:** Corrosion is an inherent problem in metal structures and equipment, especially when they are used in production systems or in environments that are highly aggressive to metals, especially steel and its alloys. Given the importance of containing and preventing corrosion and the need to develop and use products that are minimally aggressive to the environment, aiming at sustainability, this article aims to analyze the feasibility of using plant species as ecological corrosion inhibitors and how these inhibitors behave in the desired application. The methodology used included a narrative review of the literature and the analysis of experiments on the production and laboratory application of ecological corrosion inhibitors developed in the last fifteen years. The results demonstrated that a wide range of plants, in whole or in part, can contribute significantly to containing or preventing the corrosive process in aggressive environments similar to the acidic behavior of HCl and NaCl. It was concluded that plants, even in the form of agro-industrial waste, can be applied as ecological corrosion inhibitors of metallic materials, especially mild steel and steel alloys. However, research lacks the support of industrial sectors for transformation into widely used products and procedures capable of establishing the sustainability of the exploitation of these plants.

**KEYWORDS:** Corrosion. Steel. Ecological Corrosion Inhibitor.

## Introdução

A corrosão representa um desafio econômico e físico para os mais diversos ramos industriais em virtude do seu papel no processo de fragilização de estruturas e equipamentos que utilizam materiais metálicos, no todo ou em parte, especialmente naquelas estruturas, fixas ou móveis, em que o aço é o principal componente metálico (Kumari *et al.*, 2025; Rajhi *et al.*, 2025). Nesse entendimento, as estruturas que dependem do aço macio, assim como as demais estruturas que dependem essencialmente das ligas de aço, requerem cuidados para a sua longevidade de utilização, especialmente em ambientes altamente agressivos a esse tipo de material (Pan; Xian; Kun, 2024).

Para contornar os problemas econômicos e físicos provocados pela corrosão é possível a aplicação de técnicas que permitam a melhor seleção de materiais, a aplicação da proteção catódica e a aplicação de revestimentos orgânicos ou inorgânicos ou de inibidores de corrosão (Pan; Xian; Kun, 2024; Hafazeh *et al.*, 2025). Dentre essas alternativas, os inibidores de corrosão representam a melhor forma de evitar os danos provocados pela corrosão e embora possam ser categorizados em inibidores orgânicos e inorgânicos, são os orgânicos os mais indicados para a aplicação anticorrosiva por conter ligações químicas duplas conjugadas, interações física e/ou química com heteroátomos e anéis aromáticos que tendem a proporcionar maior adsorção em superfícies metálicas e, conseqüentemente, aumentar a resistência à corrosão (Pan; Xian; Kun, 2024; Hafazeh *et al.*, 2025; Shi *et al.*, 2025).

Além dessas características inatas aos inibidores de corrosão orgânicos e ditos ecológicos, a preocupação com a preservação e a conservação ambiental dos locais em que as estruturas metálicas são inseridas e que precisam ser protegidas faz com que esse tipo de inibidor de corrosão torne-se fundamental para reduzir o impacto ambiental dos processos produtivos, uma vez que são provenientes de vegetais com facilidade de preparação e disponibilidade relativas, dada a sua

biodegradabilidade e a sua atoxicidade (Pan; Xian; Kun, 2024; Gapsari *et al.*, 2025; Iranpour; Babaei; Bagherzadeh, 2025; Rajhi *et al.*, 2025).

Os vegetais representam, nesse processo de proteção à corrosão, importantes aliados que podem ser empregados, no todo ou em parte, em produtos inibidores. São exemplos desse tipo de aproveitamento vegetal o caule do tabaco (Qiu *et al.*, 2025), todo espécime vegetal, como ocorreu com a *Melilotus Officinalis* (Iranpour; Babaei; Bagherzadeh, 2025), a folha, como realizado com a *Anthonotha macrophylla* (Iloamaeke *et al.*, 2025) e a semente da *Annona muricata* L. (Lima, 2023). Dessa maneira, o avanço dos estudos sobre as potencialidades de aplicação de espécies vegetais na indústria metalúrgica recai sobre o pilar da sustentabilidade.

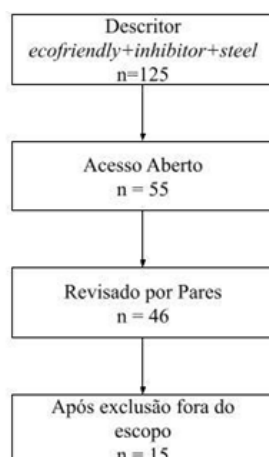
Nesse quesito, é preciso que não apenas a academia esteja atenta, mas preocupada com as possibilidades de reduzir o impacto ambiental dos processos de manutenção e preservação de estruturas funcionais e equipamentos, destinados ao processo produtivo dos mais diversos setores industriais. Nesse contexto, este artigo objetiva analisar a viabilidade da utilização de espécies vegetais como inibidores de corrosão ecológicos e como esses inibidores se comportam na aplicação desejada. Dessa forma, fazem parte do escopo deste artigo apenas os procedimentos de obtenção de inibidores de corrosão diretamente da espécie vegetal, sem a adição de polímeros ou outros elementos alheios ao próprio vegetal e que sejam essencialmente necessários para a produção do inibidor de corrosão de maneira que seja possível elencar, direta ou indiretamente, as vantagens desse tipo de produto para o futuro e para o presente dos sistemas produtivos.

## Metodologia

Este artigo caracteriza-se como uma pesquisa básica e qualitativa, tendo em vista seu caráter revisional de pesquisas científicas publicadas em veículos científicos nacionais e internacionais. Foi empregada a revisão narrativa da literatura com foco exclusivo em pesquisas que utilizaram espécies vegetais, terrestres e aquáticas, para a síntese de inibidor de corrosão ecológico e que empregaram no processo de obtenção apenas o vegetal e os veículos necessários, descartando os processos que envolveram polímeros ou a adição de metais e/ou compostos metálicos.

A base de dados utilizada para a coleta foi a Plataforma Periódicos CAPES, para o período de 2010 a 2025, utilizando como critérios de exclusão e descritores os apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Percurso metodológico de seleção dos trabalhos analisados



Fonte: autores (2025).

É importante destacar que foram excluídos todos os trabalhos que não possuíam a utilização de espécies vegetais para a produção de inibidor de corrosão ou que envolvia a mistura de espécie vegetal com algum aditivo que poderia descaracterizar o processo direto de produção de inibidor de corrosão a partir da espécie vegetal.

Os trabalhos selecionados foram analisados a partir das técnicas de caracterização dos materiais utilizadas e condensado o resultado obtido na análise discursiva realizada neste trabalho. Adicionalmente e sempre que possível, as análises da morfologia dos metais foram elencadas à discussão para melhor visualização dos resultados obtidos pelos autores.

## Resultados e discussões

A aplicação de espécies vegetais para a produção de inibidores de corrosão tem sido objeto de alguns pesquisadores tendo em vista as vantagens que esse tipo de produto possui em relação ao seu similar inorgânico. No entanto, dada a complexidade de cada espécie vegetal e a necessidade de desenvolver e aprimorar tais inibidores de corrosão, a procura por espécies que melhor se adaptem às condições agressivas que resultam no agravamento do processo corrosivo, não é uma tarefa exaustiva. Nesse sentido, Bouyanzer *et al.* (2009) descreveram a eficácia da utilização de sementes de feno-grego como inibidor de corrosão e obtiveram êxito na redução da taxa de corrosão do aço imerso na solução de 1M HCl. Entretanto, dado o importante efeito da temperatura no processo, a taxa de corrosão aumentou, no experimento realizado, ainda que a adição do feno-grego tenha atuado de forma constante ao aumento da temperatura como inibidor e agido com eficiência de aproximadamente 95% na faixa de temperatura entre 313K e 353K.

Afia *et al.* (2011) empregaram a *Argania spinosae*, na forma de extrato de grãos e de óleo cosmético de argan, para evitar o processo corrosivo em aço submerso em solução de 1M HCl. Os pesquisadores verificaram que o aumento da concentração dos inibidores promoveu o aumento da eficiência de inibição. Para o extrato do grão, na concentração de 3g/L, a eficiência inibitória foi de 96% e para o óleo cosmético de argan, na concentração de 6 g/L, foi de 91%. No entanto, o aumento da temperatura provocou a queda da eficiência de inibição para esse inibidor ecológico de feno-grego.

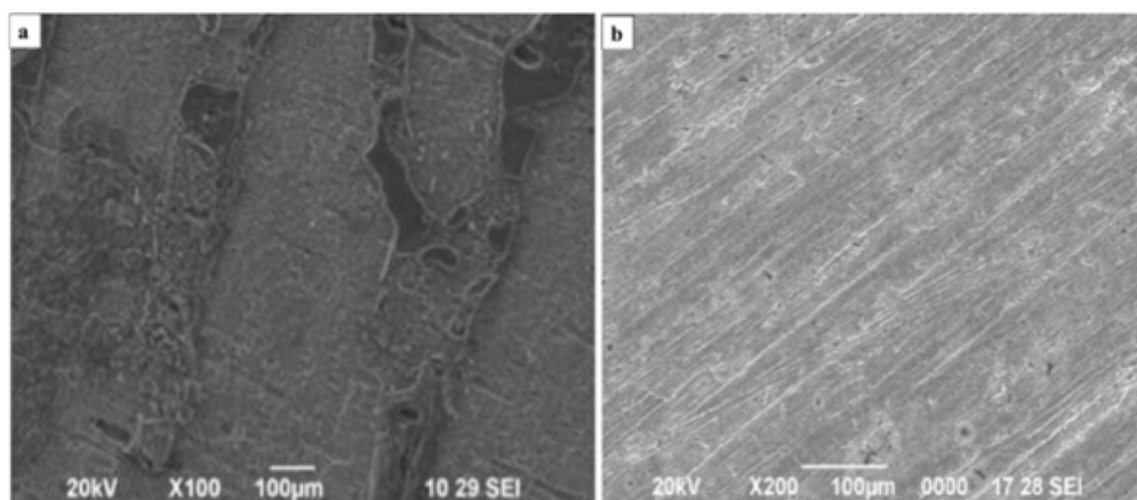
Dahmani *et al.* (2012) utilizaram a pimenta preta para obter a piperanina a fim de aplicá-la como inibidor de corrosão em aço C38, imerso em 1M HCl. Os resultados obtidos indicaram que a piperanina adsorve na superfície metálica, tanto por adsorção química quanto por adsorção física, e perde eficiência de inibição com o aumento da temperatura, embora sua eficiência de inibição ocorra em até 97,5% para uma concentração de  $10^{-3}$  mol/L.

Ameer e Fekry (2015) investigaram a possibilidade de utilizar o *Hibiscus sabdariffa*, conhecido como caruru-azedo, como inibidor de corrosão no aço macio imerso 5M HCl e verificaram que o aumento da concentração do inibidor provocou a redução do processo corrosivo nas condições de 40mg/L durante 2h a 298K, alcançando uma eficiência de inibição de 91,4%.

As flores também possuem protagonismo no processo de inibição. Prithiba e Rajalakshmi (2016) investigaram a potencialidade de aplicação da *Tecoma capensis* para a produção de inibidor de corrosão para o aço macio a 1M HCl. Os autores verificaram que o aumento da concentração

desse inibidor aumenta a eficiência da inibição em virtude do aumento de cobertura da superfície metálica. Entretanto, a eficiência de inibição possui um aumento limitado quando correlacionada com o tempo. Verificou-se que o aumento da inibição ocorreu até o período de 6h de imersão do metal, na presença do inibidor e em solução ácida. Após 6h de exposição, essa eficiência de inibição decai e se estabiliza com 24h de exposição, alcançando a taxa de 86,8% de ação inibitória. Em relação à temperatura, os autores verificaram que a taxa de inibição ocorre até a temperatura de 323K e corresponde a uma taxa de 93,8%. Esse inibidor atua por adsorção física. A Figura 2a evidencia o processo corrosivo do ácido clorídrico sobre o metal enquanto a figura 2b demonstra a proteção do metal em virtude da aplicação do inibidor de corrosão, obtido a partir da *Tecoma capensis*. É possível observar a redução da área atacada pelo ácido em pequenos pontos na superfície metálica.

Figura 2 - Morfologia da superfície do metal sem (a) e com (b) inibidor na solução



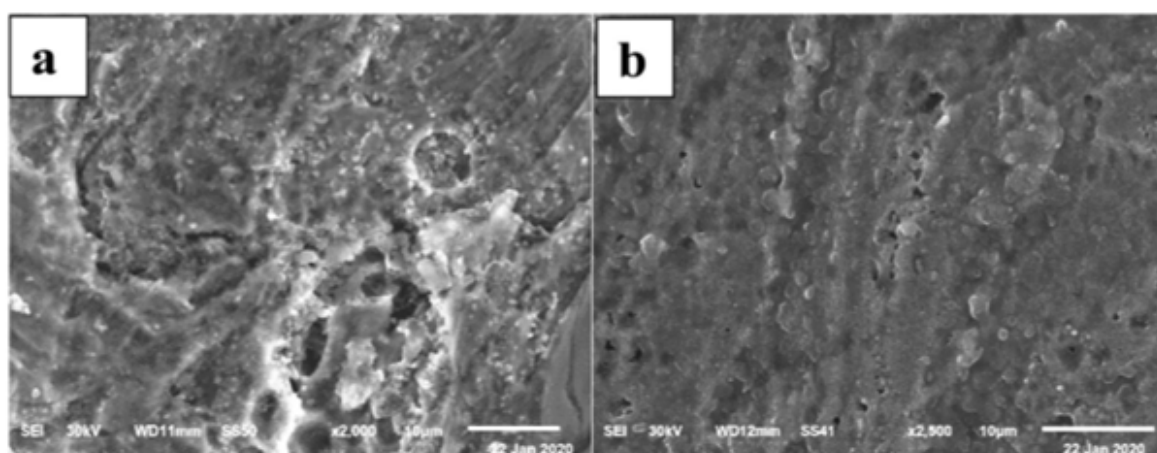
Fonte: Prithiba e Rajalakshmi, p. 8, 2016.

Zhao *et al.* (2019) estudaram a possibilidade de utilizar os frutos da *Momordica charantia* (cabaça amarga) como possível inibidor ecológico de corrosão em aço macio em solução de 1M HCl. Os autores utilizaram fruto, folha, caule e sementes, inviabilizando determinar, com precisão, a origem dos constituintes químicos responsáveis pelo processo de inibição. No entanto, verificaram a possibilidade de utilizar a *Momordica charantia* como inibidor de corrosão, do tipo misto - que possui adsorção física e química -, uma vez que o inibidor proposto não se comportou exclusivamente como catódico nem exclusivamente como anódico.

Oguntade *et al.* (2020) investigaram o potencial inibidor da mistura de gergelim e do óleo de rícino em aço macio imerso em petróleo bruto e verificaram, ao considerar pH, tempo e concentração, que essa mistura apresentava inibição da ordem de de 0,04mm/ano, em pH de 5, concentração de 30mg/L e tempo de 13 dias. Em relação ao pH, os autores relataram que esse parâmetro tem pouca influência no processo corrosivo quando, em petróleo bruto, a concentração e o tempo são mantidos constantes. Por outro lado, a constância do pH igual a 5 em um tempo maior de exposição elevou a taxa de corrosão em virtude do decaimento da camada formada pelo inibidor de gergelim e óleo de rícino no metal, indicando a necessidade de reaplicação desse inibidor com regularidade.

A páprica foi sondada como candidata a inibidor de corrosão de aço carbono em solução de 1M HCl, por Kamel *et al.*(2021) e foi constatado que o aumento da concentração até 300ppm do extrato de páprica melhora a eficiência de inibição da corrosão. Esse fato foi repetido com o aumento da temperatura até 393K, alcançando a eficiência de inibição máxima de 95%, caracterizando-se como um inibidor de corrosão misto. Na Figura 3  possível observar a morfologia do metal exposto ao agente corrosivo e sob o efeito do inibidor derivado da páprica. Em 3a a superfície do aço ao agente agressivo é evidenciada após 6h de exposição.  nítido o processo de corrosão através da rugosidade da superfície. E em 3b a superfície do metal, sob o efeito do inibidor de corrosão  concentração de 300ppm, demonstra possuir uma camada protetora contra o agente agressivo e, visivelmente, menos rugosidade.

Figura 3 - Morfologia do metal sem (a) e com (b) o inibidor de corrosão de páprica



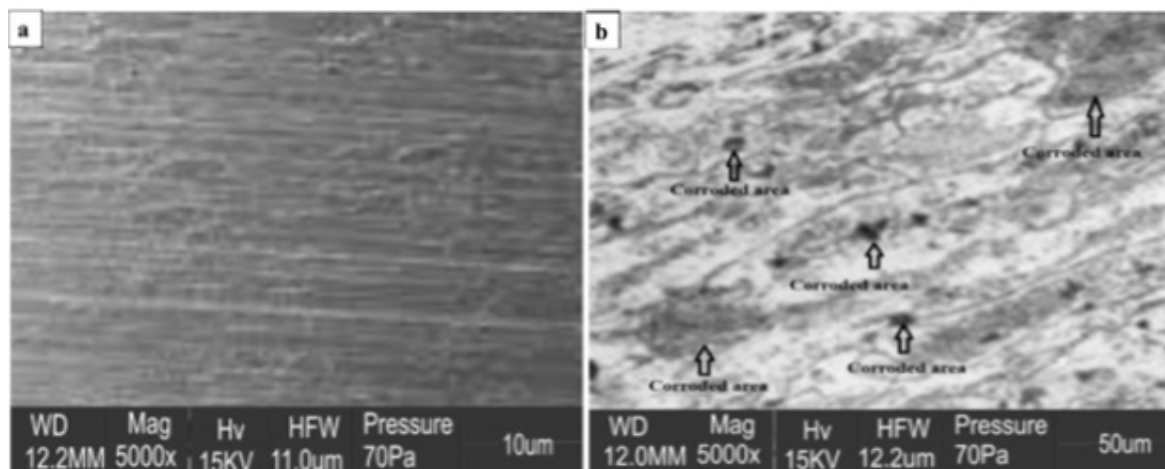
Fonte: Kamel et al., p.608, 2021.

Em relação à estrutura de concreto, Bhattarai *et al.* (2021) analisaram a *Vitex negundo* e a *Catharanthus roseus* para a aplicação como inibidores de corrosão em concreto armado sob condições ambientais e verificaram o aumento da eficiência inibidora da *C. roseus* ao aumentar a concentração de 2000ppm e 4000ppm. Já para a *V. negundo*, concentrações entre 500 e 1000ppm atuaram no processo de inibição de corrosão nas condições estudadas.

A utilização da *Cucumeropsis mannii* como mteria-prima para inibidor de corrosão ecológica para o aço carbono A515 grau 70 CS, imerso em 1M NaCl a 303K, foi estudado por Popoola *et al.* (2023). Os autores verificaram que esse inibidor tem um comportamento do tipo misto, apesar da prevalência anódica, com adsorção física ao metal. O decaimento da taxa de corrosão foi verificado quando aumentada a concentração do inibidor ecológico em tempo e temperatura menores. Assim, a eficiência de inibição do extrato da *Cucumeropsis mannii* alcançou 91,2% para a concentração de 10 g/L do inibidor.

Na Figura 4  possível observar a ação do inibidor de corrosão produzido a partir da *Cucumeropsis mannii*. É observado, na micrografia da Figura 4a, que a adição de 10 g/L do inibidor por 5 dias,  temperatura de 60C, promoveu a proteção da superfície do metal contra ao corrosiva do NaCl. Por outro lado, na superfície não protegida pelo inibidor, Figura 4b, é observado a ocorrência de corrosão por pites.

Figura 4 - Morfologia da superfície metálica com aumento de 5000x com (a) e sem (b) o inibidor de corrosão

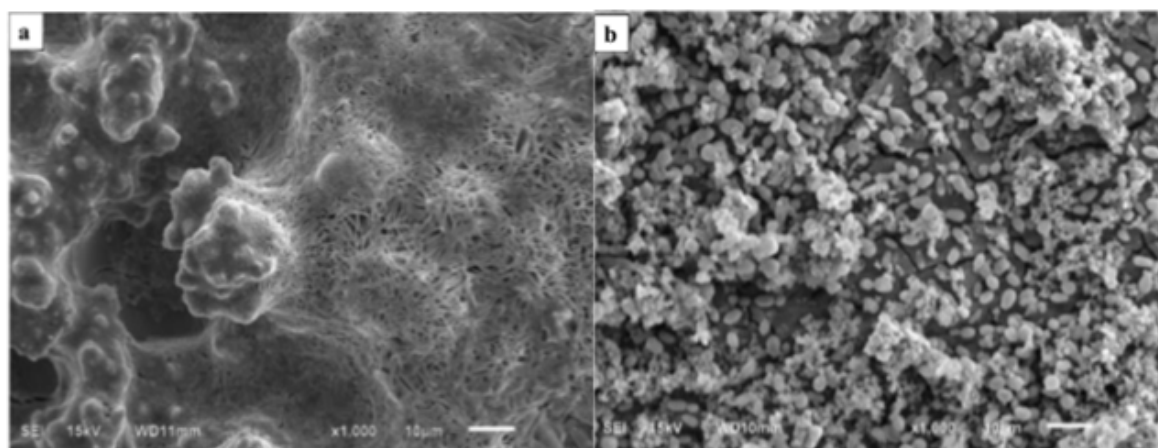


Fonte: Popoola et al., p. 15, 2023.

Lambert *et al.* (2023) analisaram a alga *Sargassum fluitans III* para a aplicação como inibidor de corrosão do aço C38, em meio ácido de 1M HCl e concluíram que o inibidor derivado possui efeito misto na solução de ácido clorídrico e, a uma concentração de 300mg/L, a eficiência de inibição foi de 83%.

Já a aplicação da *Syzygium cumini* foi objeto de estudo de Ali *et al.* (2024) para aço de baixo carbono, em meio ácido de NaCl 3,5%. Os autores verificaram que a taxa de corrosão diminuiu com o aumento da concentração do inibidor utilizado. Nesse caso, a taxa de inibição alcançou 74,15% para a concentração de 500ppm do inibidor. A Figura 5 evidencia a atuação da ação inibitória da *Syzygium cumini* no aço de baixo carbono, imerso na solução de NaCl 3,5%, por um período de 25 dias. A Figura 5a mostra a superfície metálica após a exposição ao agente corrosivo. É possível observar grande variação na morfologia da superfície demonstrando a ação agressiva do NaCl 3,5% sobre o metal. Na Figura 5b o inibidor proveniente da *Syzygium cumini* na concentração de 500ppm demonstrou atuar protegendo a superfície metálica após formar uma camada protetora, impedindo a ação livre do NaCl 3,5%.

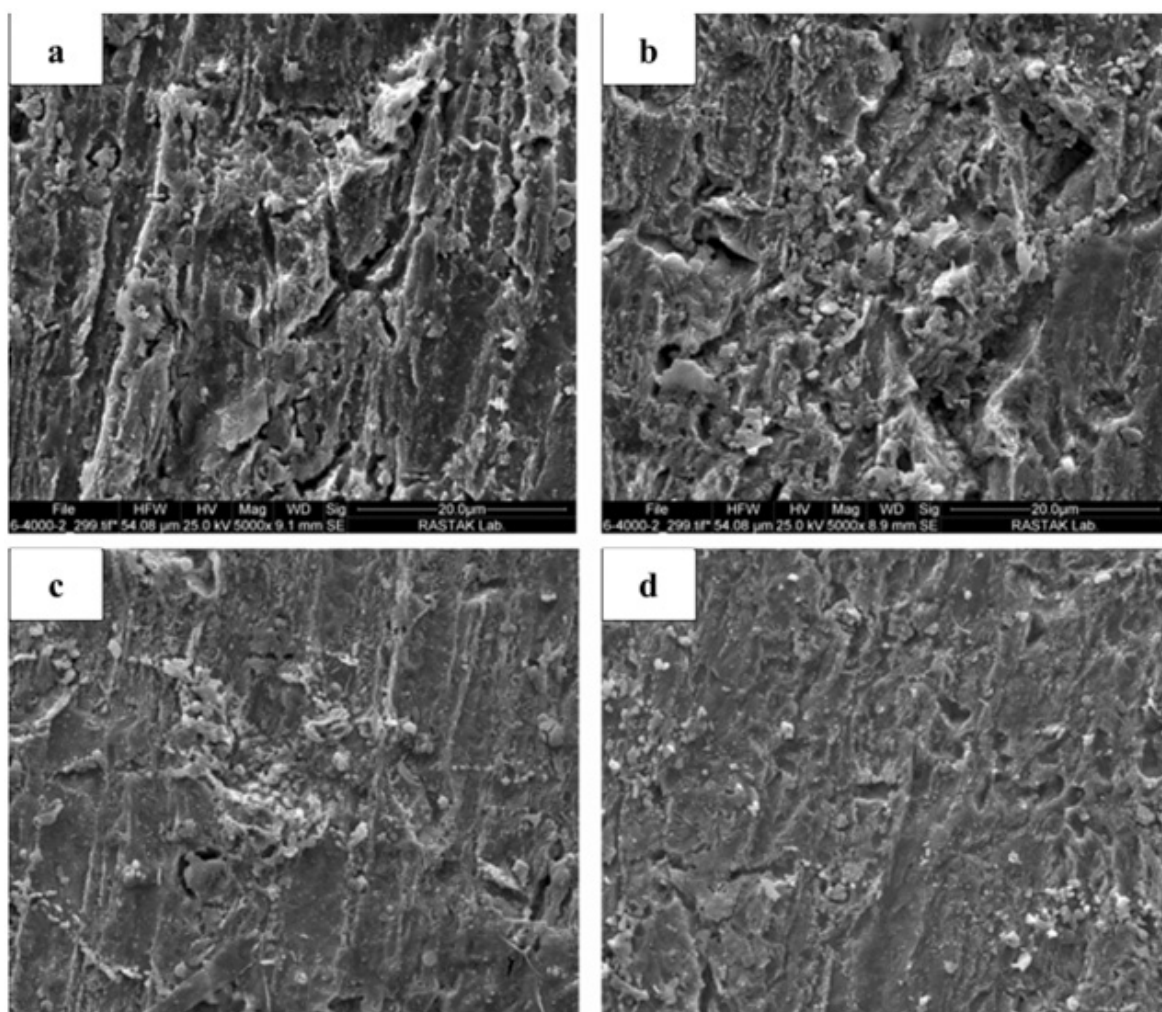
Figura 5 - Morfologia da superfície metálica sem (a) e com (b) o inibidor de corrosão



Fonte: Ali et al., p. 233, 2024

Marhamati, Mahdavian e Bazgir (2021) investigaram o poder inibitório da casca e da semente de uva (*Vitis vinifera*) em aço carbono imerso em 1M HCl. Os autores verificaram que o aumento da temperatura provocou o aumento da prevenção à corrosão provocada pelo inibidor, que adsorveu quimicamente à superfície do aço. Esse efeito inibidor pode ser observado na Figura 6a-d em que, à medida que a concentração do inibidor aumenta, é possível observar aumento na camada protetora na superfície do metal e, conseqüentemente, aumento da inibição da corrosão. Nos achados desses autores, a concentração de 300ppm, Figura 6d, obteve 92% de eficiência inibitória.

Figura 6 - Morfologia da superfície metálica com aumento de concentração de inibidor de corrosão: 6a - 0ppm, 6b - 100ppm, 6c - 200ppm e 6d - 300ppm



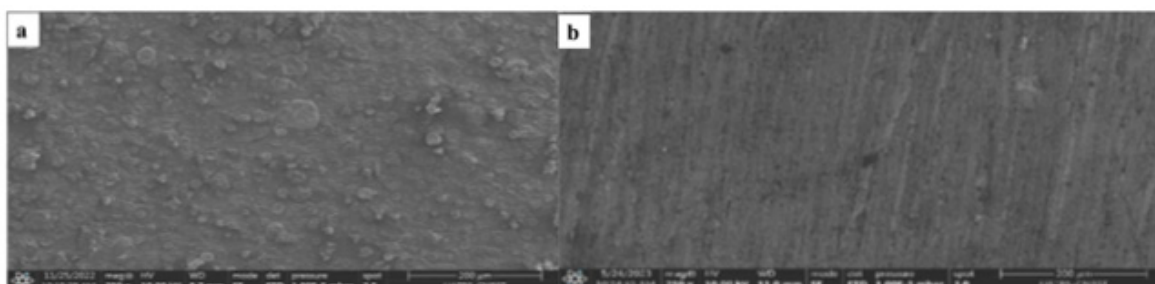
Fonte: Marhamati, Mahdavian e Bazgir, p. 8, 2021.

A ação inibitória da *Citrullus colocynthis*, conhecida como maçã amarga ou pepino amargo, foi analisada por Doumane *et al.* (2024) em aço macio imerso em 1M HCl a 298K. Para esse inibidor de corrosão, os autores constataram que o aumento da temperatura leva a um aumento da ineficiência inibitória, principalmente a 328K, aumentando, portanto, a taxa de corrosão à medida que a temperatura aumenta. Apesar disso, foi observado que o inibidor de

corrosão empregado é capaz de criar uma barreira ao processo corrosivo em uma concentração de 2g/L, adsorvendo-se quimicamente à superfície do material.

Na Figura 7 é possível observar o efeito da adição do inibidor de corrosão à superfície metálica. Na Figura 7a, onde não há a presença do inibidor, é possível observar a ocorrência da corrosão, demonstrada na rugosidade da superfície. Na Figura 7b, por outro lado, é possível observar a superfície lisa, em virtude da camada protetora do inibidor que impede o processo corrosivo nas condições experimentais realizadas.

Figura 7 - morfologia da superfície metálica sem (a) e com (b) a presença do inibidor



Fonte: Doumane et al., p. 13, 2024.

Pandey *et al.* (2024) analisaram o potencial inibidor de corrosão da *Murraya koenigii* em solução de 1M HCl para o aço macio e em concentrações que variaram de 200 a 1000ppm. Os autores constataram que o aumento da concentração do inibidor de corrosão derivado da *Murraya koenigii*, em um período de 24h, foi maior para a concentração de 1000ppm. A atuação do inibidor estudado em relação ao tempo de imersão no HCl mostrou que a concentração de 1000ppm aumentou até o tempo de 6h, onde atingiu a eficiência de 94,95%. A partir daí, permaneceu constante até 24h de imersão, podendo atingir 96,39% de eficiência. Em relação à temperatura, os autores verificaram que a partir de 38°C a eficiência da inibição diminuiu, mesmo para a concentração de 1000ppm, mantendo-se a inibição da corrosão acima de 70%, mesmo em temperaturas acima de 38°C. Para esse inibidor de corrosão ecológico, o mecanismo de adsorção sugerido pelos autores é a adsorção física seguida da adsorção química.

## Considerações finais

As pesquisas experimentais ao longo dos últimos quinze anos e em diversas partes do globo terrestre demonstram que os vegetais possuem capacidade satisfatória para a produção de inibidores de corrosão orgânicos capazes de conter ou prevenir o processo corrosivo dos metais, em especial do aço macio, nos meios corrosivos similares ao HCL e ao NaCl. Isso indica que há uma janela de oportunidade para que as indústrias da construção civil e metal-mecânica possam explorar de forma sustentável os processos de manutenção de estruturas e equipamentos metálicos.

No entanto, quando se trata de sustentabilidade e da preservação das espécies vegetais, deve-se considerar que ainda existe uma dessincronia entre a disponibilidade dessas espécies no ambiente e o volume de inibidores de corrosão ecológicos demandados pelos setores industriais, isto é, uma vez que ocorra a produção intensiva de inibidores de corrosão ecológicos é possível

que, de forma proporcional à essa produção, ocorra a extinção das espécies utilizadas se não ocorrer um manejo adequado desse tipo de matéria-prima. Assim, para se alcançar a real sustentabilidade, faz-se necessário estudos de áreas correlatas quanto à capacidade produtiva das localidades típicas de crescimento dessas espécies, além de outras que venham a figurar no conjunto de matéria-prima de inibidores de corrosão ecológicos, de forma que não haja um desequilíbrio ou extinção de tais espécies.

## Referências

- AFIA, L. *et al.* Testing natural compounds: Argania spinosa Kernels extract and cosmetic Oil as ecofriendly inhibitors for steel corrosion in 1 M HCl. **International Journal of Electrochemical Science**, v. 6, n. 11, p. 5918-5939, 2011. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1452-3981\(23\)18449-5](https://doi.org/10.1016/S1452-3981(23)18449-5)
- ALI, N. *et al.* Assessment of *Syzygium cumini* (Jamblang) fruit extract as an ecofriendly corrosion inhibitor for low-carbon steel in 3.5% NaCl medium. **Int. J. Corros. Scale Inhib.**, 13, n. 1, p. 223–240, 2024.
- AMEER, M. A.; FEKRY, A. M. Corrosion inhibition by naturally occurring Hibiscus sabdariffa plant extract on a mild steel alloy in HCl solution. **Turkish Journal of Chemistry**, v. 39, n. 5, p. 1078-1088, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3906/kim-1408-69>
- BHATTARAI, J. *et al.* Study on the effects of green-based plant extracts and water-proofers as anti-corrosion agents for steel-reinforced concrete slabs. In: **E3S Web of Conferences**. EDP Sciences, 2021. p. 02018. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130202018>
- BOUYANZER, A. *et al.* Testing natural fenugreek as an ecofriendly inhibitor for steel corrosion in 1 M HCl. **Portugaliae Electrochimica Acta**, v. 28, n. 3, p. 165-172, 2010. DOI: [10.4152/pea.201003165](https://doi.org/10.4152/pea.201003165)
- DAHMANI, M. *et al.* Investigation of piperanine as HCl ecofriendly corrosion inhibitors for C38 steel. **International Journal of Electrochemical Science**, v. 7, n. 3, p. 2513-2522, 2012. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1452-3981\(23\)13897-1](https://doi.org/10.1016/S1452-3981(23)13897-1)
- DOUMANE, G. *et al.* Alkaloid extract of seed Citrullus colocynthis as novel green inhibitor for mild steel corrosion in one molar HCl acid solution: DFT and MC/MD approaches. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 16857, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67011-y>
- GAPSARI, F. *et al.* Efficacy of Andrographis paniculata leaf extract as a green corrosion inhibitor for mild steel in concentrated sulfuric acid: Experimental and computational insights. **Results in Surfaces and Interfaces**, v. 18, p. 100361, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsurfi.2024.100361>
- HAFAZE, A. *et al.* Corrosion inhibition of steel in sulphuric acid using Ferula Assa foetida L. extract as an eco-friendly inhibitor: Experimental and computational study. **Results in Engineering**, v. 25, p. 103736, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103736>

ILOAMAEKE, I. M. *et al.* Biomass of *Anthonotha macrophylla* leaf extract as a mild steel acid corrosion inhibitor: Experimental and theoretical study. **Next Materials**, v. 7, p. 100344, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nxmte.2024.100344>

IRANPOUR, M.; BABAEI, A.; BAGHERZADEH, M. Microwave and Heat-Assisted Extracted *Melilotus Officinalis* as a Potential Eco-friendly Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in 0.5 M HCl Solution. **Cleaner Chemical Engineering**, p. 100149, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clce.2025.100149>

KAMEL, M. M. *et al.* Paprika extract: a green inhibitor for mitigating carbon steel disintegration in 1 M HCl pickling solution. **Green Chemistry Letters and Reviews**, v. 14, n. 4, p. 600-611, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/17518253.2021.1985173>

KUMARI, A. *et al.* Sustainable corrosion prevention of mild steel in acidic media with *Rumex Nepalensis* herb extract. **RSC advances**, v. 15, n. 2, p. 924-937, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1039/D4RA07958B>

LAMBERT, P. *et al.* Molecules from *Sargassum* algae as Green Inhibitor for C38 in HCl Medium: Extraction, Characterization and Electrochemical Study. **Coatings**, v. 13, n. 12, p. 2076, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/coatings13122076>

LIMA, R. R. F. de. Avaliação da aplicação do resíduo da *Annona muricata* L. como inibidor de corrosão ecológico. **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia-ISSN: 1984-5693**, v. 15, 2023. DOI: <https://doi.org/10.22407/1984-5693.2023.v15.p.e.20231506>

MARHAMATI, F.; MAHDAVIAN, M.; BAZGIR, S Corrosion mitigation of mild steel in hydrochloric acid solution using grape seed extract. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, p. 18374, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97944-7>

OGUNTADE, T. I. *et al.* A binary mixture of sesame and castor oil as an ecofriendly corrosion inhibitor of mild steel in crude oil. **The Open Chemical Engineering Journal**, v. 14, n. 1, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/1874123102014010025>

PAN, J.; HE, X.; CAO, K.. Electrochemical and theoretical studies of two amino acid ionic liquids as corrosion inhibitors for mild steel in 3.5 wt% NaCl solution. **International Journal of Electrochemical Science**, p. 100916, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijoes.2024.100916>

PANDEY, B. *et al.* Methanol Extract of *Murraya koenigii* Stem as Green Inhibitor for Mild Steel Corrosion in 1 M HCl Solution. **Results in Surfaces and Interfaces**, p. 100245, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsurfi.2024.100245>

POPOOLA, L. T. *et al.* Carbon steel behavior towards *Cucumeropsis mannii* shell extract as an ecofriendly green corrosion inhibitor in chloride medium. **Scientific African**, v. 21, p. e01860, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01860>

PRITHIBA, A.; RAJALAKSHMI, R. An ecofriendly initiative for the corrosion inhibition of mild steel in 1 M HCl using *Tecoma capensis* flower extract. **International Journal of Metals**, v. 2016, n. 1, p. 8579429, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/8579429>

QIU, L. *et al.* Agricultural waste of tobacco stem extract as a novel and efficient inhibitor for the corrosion of steel in HCl solution. **Industrial Crops and Products**, v. 224, p. 120367, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.120367>

RAJHI, I. *et al.* Capparis spinosa L. leaves extract as a novel eco-friendly antioxidant and corrosion inhibitor for St37 steel in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> medium. **Industrial Crops and Products**, v. 225, p. 120473, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120473>

SHI, Q. *et al.* Rapeseed cake waste meal extract as an efficient plant-based inhibitor for the corrosion of steel in Cl<sub>2</sub>CHCOOH: Experiments and molecular modeling calculations. **Industrial Crops and Products**, v. 225, p. 120540, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120540>

ZHAO, A. *et al.* Electrochemical studies of bitter gourd (*Momordica charantia*) fruits as ecofriendly corrosion inhibitor for mild steel in 1 M HCl solution. **International Journal of Electrochemical Science**, v. 14, n. 7, p. 6814-6825, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20964/2019.07.75>.