



Inibidores de corrosão verdes e glicerina: revisão e perspectivas futuras

Jakson Fernandes Lima¹; Marcelo Monteiro Valente Parente²; Victor Pereira Pascoal³; Luiz Francisco Wemmenson Gonçalves Moura⁴

Como Citar:

LIMA; Jakson Fernandes, PARENTE; Marcelo Monteiro Valente; PASCOAL; Victor Pereira, MOURA; Luiz F. W. Gonçalves. Inibidores de corrosão verdes de glicerina: revisão e perspectivas futuras. Revista Sociedade Científica, vol.7, n.1, p.1528-1544, 2024.
<https://doi.org/10.61411/rsc202440117>

DOI: 10.61411/rsc202440117

Área do conhecimento: Interdisciplinar

Palavras-chaves: Inibidores de corrosão verdes; Glicerina; Corrosão de metais usados na indústria.

Publicado: 20 de março de 2024

Resumo

O uso de inibidores de corrosão verdes vem se destacando ao longo dos anos, e a glicerina como matéria-prima de origem renovável, mostra-se uma boa alternativa a ser usada para desenvolver novos inibidores, substituindo os inibidores de corrosão agressivos ao meio ambiente, por ser de origem renovável e se mostrar amigável ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho é avaliar na literatura estudos que tratam sobre inibidores de corrosão verdes e o uso da glicerina como inibidor de corrosão. Nesse contexto foi realizada uma revisão sistemática, com uma busca nas bases de dados, Science Direct, Periódicos Capes e Google Acadêmico, delimitada aos últimos seis anos (2017-2024). Palavras-chaves, inibidores de corrosão verdes, inibidores de corrosão e glicerina, glicerina e aplicações industriais. Por meio dessa metodologia foram selecionados 108.491 artigos, e deste total foram extraídos 22 artigos usando critérios aplicados nessa revisão sistemática, as plataformas Science Direct, Periódicos Capes, Google Acadêmico foram os indexadores da busca, após a discussão dos trabalhos selecionados os inibidores verdes e a glicerina de origem renovável ainda podem contribuir muito no setor industrial na área de inibidor de corrosão.

1. Introdução

A corrosão é um processo natural que acomete vários tipos de materiais, sejam eles metálicos ou não, tais como; concreto, polímeros, madeira, borracha, dentre outros, esse fenômeno pode ocorrer devido à ação química do meio ambiente agressivo e o material, acarretando muitas perdas, principalmente a corrosão em plantas industriais,

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Maracanaú, Brasil. ✉

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Maracanaú, Brasil ✉

³Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil ✉

⁴Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Brasil ✉

transporte, eletrônica que sofrem com prejuízos diretos e indiretos causados por esse fenômeno [1].

Os valores da corrosão são em torno de 3,5 por cento do Produto Interno Bruto dos países industrializados. Um estudo feito na China avaliou o prejuízo causado pela corrosão: no ano de 2017, com um custo de 310 bilhões de dólares por ano, mostrou o quanto a corrosão é prejudicial a uma das maiores economias mundiais atuais [2].

A figura 1 detalha a estrutura de uma caldeira e exemplos de tubos corroídos e incrustados.



Figura 1 - Estrutura de caldeiras, corrosão e incrustações de tubos. Fonte: <https://create.vista.com/pt/unlimited/stock-photos/234137684/stock-photo-fragments-old-large-water-pipes/> (2023).

Desde então, várias empresas do setor industrial e universidades públicas e privadas fazem investimentos em pesquisas, a fim de produzirem novos produtos para amenizar esse problema, como o uso de anticorrosivos sintéticos, que, na sua grande maioria, são agressivos ao meio ambiente, por conterem em suas composições metais pesados e outros bioacumulativos, mas que apresentam um custo elevado e são agressivos ao meio ambiente e aos seres que se encontra nele [3].

Na figura 02 pode ser observada a representação estrutural desse composto formado por três carbonos, oito hidrogênios e três oxigênios. Segundo a IUPAC, é

denominado de propano-1,2,3-triol, tem densidade $1,26 \text{ g/cm}^3$ e ponto de ebulição se encontra a 290°C .

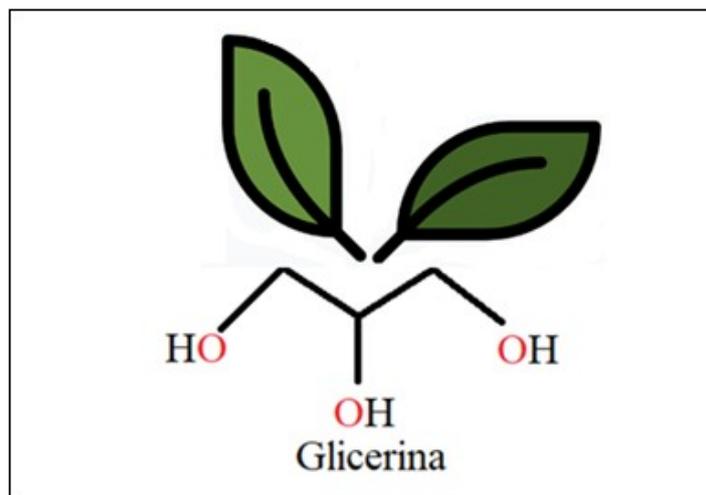


Figura 02- propano-1,2,3-triol

No Brasil, em maio de 2023, foram produzidos um total de mais de 4,1 milhões de barris de óleo por dia. De acordo com a NACE, o custo anual total da corrosão na indústria de produção de petróleo e gás é estimado em US\$ 1,372 bilhão. Esse valor pode ser dividido em US\$ 589 milhões, em custos de instalação e dutos de superfície; \$ 463 milhões, anualmente, em despesas com tubos de fundo de poço; e outros US\$ 320 milhões, em gastos de capital relacionados à corrosão [4].

Problemas com corrosões, incrustações, depósitos e arrastes de partículas são causados por falta de tratamento na água de alimentação, aumentando o número de manutenções. Limpeza de caldeiras, oleodutos e gasodutos da indústria são fundamentais para garantir o bom funcionamento e produtividade, surgindo um mercado especializado para a limpeza desses equipamentos [5].



2. Referencial teórico

Os bioinibidores ou inibidores verdes, são uma alternativa para a substituição de inibidores convencionais e a glicerina obtida como resíduo na produção de biodiesel, que tem uma grande demanda atualmente, considerada resíduo, que pode trazer inúmeros benefícios econômicos e ambientais por se tratar de uma matéria-prima amigável ao meio ambiente [6].

Matérias-primas de fontes renováveis vem sendo testada como uma alternativa viável a ser estudada como inibidor de corrosão menos agressivo ao meio ambiente. Neste contexto, a glicerina pode vir a ser uma fonte de baixo custo, agregando valor quando associada à produção de inibidores de corrosão aplicadas ao setor industrial [7].

Uma revisão sistemática, é um método utilizado para pesquisar uma temática específica, usado critérios de inclusão em exclusão indexadores científicos em um determinado tempo [8].

3. Metodologia

Para o referido trabalho foi realizado uma revisão sistemática, que por meio de um levantamento em bases indexadoras de caráter científico, usando palavras-chave associadas a inibidores de corrosão verde, e inibidores contendo Glicerina em sua composição, fazendo uma seleção criteriosa dos trabalhos mais relevantes dos últimos cinco anos. As plataformas utilizadas foram Science Direct, Periódicos Capes e Google Acadêmico. O período de tempo delimitado em aproximadamente sete anos (2017-2024), com a finalidade de buscar artigos científicos que avaliassem a utilização de inibidores de corrosão verdes e inibidores contendo Glicerina, usada como inibidor de corrosão menos agressivo a natureza, foi feito o uso das seguintes palavras-chave: Glicerina e aplicação industrial, Glicerina e inibidores de corrosão e por fim Inibidores de corrosão verdes.



A seleção dos manuscritos fora norteada em critérios de inclusão: artigos publicados em inglês, espanhol ou português e artigos com palavras-chave no título, resumo ou palavras-chave de qualquer espécie contendo a palavra Inibidores de corrosão verde, Glicerina e inibidores de corrosão, outros artigos que não preenchiam os critérios de inclusão foram excluídos desta revisão sistemática, bem como 'publicações' pouco fiáveis, tais como esboços, artigos do sítio e pré-impressões de artigos submetidos.

Os artigos selecionados foram revistos manualmente, por ordem identificar e excluir obras que não cumpriam os critérios descritos acima. Este estudo abrangeu um total de 91.080 publicações contendo a palavras: Inibidores corrosão verdes, inibidores de corrosão contendo glicerina, glicerina e aplicações industriais. Todos os dados obtidos foram documentados e listados em tabelas e números, como serão apresentados ao longo deste artigo.

A primeira busca usando as palavras-chave “Glycerin and industrial applications” identificou 56.654 resultados, sendo 39.243 Science Direct, 311 no Periódicos Capes e 17.100 Google Acadêmico. Fazendo uso das palavras-chaves “Glycerin and corrosion inhibitors” foi obtido um total de 7.418 resultados, sendo 4.124 no Science Direct, 4 da Periódicos Capes, 3.290 Google Acadêmico, e por fim as palavras-chaves “Green corrosion inhibitor” foram obtidas um total de 44.419, sendo 24.727 trabalhos Science Direct, 2.492 no Periódicos Capes e 17.200 Google Acadêmico. No entanto, entre estes, 91.080 resultados foram descartados por se tratar da glicerina em outro contexto, aplicada a áreas da indústria, como; alimentação, cosméticos, solventes, artigos duplicados em duas ou mais bases de dados e foram considerados apenas uma vez, resultando em 16.613, que foram analisados minuciosamente e dentre esses trabalhos, selecionados um total de 22 artigos que fizeram uso de matérias primas renováveis e menos agressiva ao meio ambiente, tratando-se de inibidores verdes com temáticas



convergentes. Após uma seleção inicial de títulos, resumos, completos apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Artigos selecionados

Titulos	Meios	Metais	Eficiência de inibição %
1 Comprehensive evaluation of corrosion inhibition performance and ecotoxicological effect of cinchona IIa as a green corrosion inhibitor for pickling of Q235 steel	Ácido	Aço Q235	-
2 Exploration of procyanidin C1 from <i>Uncaria laevigata</i> as a green corrosion inhibitor in industry: Electrochemical assessment, theoretical simulation, and environmental safety	Ácido	Aço Q235	97,70
3 A sustainable method of mitigating acid corrosion of mild steel using jackfruit pectin (JP) as green inhibitor: Theoretical and electrochemical studies.	Ácido	Aço macio	89,75
4 Moroccan, Mauritania, and senegalese gum Arabic variants as green corrosion inhibitors for mild steel in HCl: Weight loss, electrochemical, AFM and XPS studies	Ácido	Aço macio	96,0
5 Novel glycoluril pharmaceutically active compound as a green corrosion inhibitor for the oil and gas industry	Ácido e básico	Aço St3	95,62
6 Novel gossypol–indole modification as a green corrosion inhibitor for low–carbon steel in aggressive alkaline–saline	Básico e salino	Aço macio	96,01
7 Cupressus arizonica fruit essential oil: A novel green inhibitor for acid corrosion of carbon steel: Cupressus arizonica fruit essential oil	Ácido	Aço	93,0
8 Turnip peel extract as green corrosion bio-inhibitor for copper in 3.5% NaCl solution	Salino	Cobre	92,0



9 Corrosion behavior of 20 steel, copper, brass, and aluminum in inhibited acid solutions	Ácido	Aço 20; Alumínio; Cobre; Latão	-
10 Corrosion protection evaluation of Allium Jesdianum as a novel and green source inhibitor for mild steel in 1M HCl solution	Ácido	Aço macio	96,18
11 Bilayer micro-arc oxidation-poly (glycerol sebacate) coating on AZ91 for improved corrosion resistance and biological activity	Básico	Az91	-
12 Corrosion of iron, nickel and aluminium in deep eutectic solvents	Ácido	Ferro, Alumínio e cromo	-
13 Novel bromide-cucurbit[7]uril supramolecular ionic liquid as a green corrosion inhibitor for the oil and gas industry	Ácido e salino	Aço St2	97,54
14 Potential use of eucalyptus leaves as green corrosion inhibitor of steel reinforcement	Ácido	Aço	-
15 Failure investigation of water wall tubes in a drum boiler of a thermal power plant	Básico	Aço C-Mn	-
16 Corrosion inhibition study on glycerol as simultaneous gas hydrate and corrosion inhibitor in gas pipelines.	Salino	Aço macio X52	66,36
17 Effect of polyalcohols on the anticorrosive behaviour of alkyd coatings prepared with drying oils	Ácido e Salino	Aço macio	-
18 Glycerin-Grafted starch as corrosion inhibitor of C-Mn steel in 1 M HCl solution	Ácido	Aço C-Mn	94,0
19 Influence of technical glycerine and composition on his base on 20 steel and aluminium corrosion durability in 0,1% NaCl	Salino	Aço e alumínio	57,0 a 67,0
20 Crude glycerol as an innovative corrosion inhibitor	Ácido	Aço carbono	98,0
21 Glycerol-based ionic liquids: Crucial microwaves-assisted synthetic step for solketal amines	-	-	-
22 Fabrication of amphiphobic surface of pipeline steel by acid etching and its anti-corrosion			



Properties

A tabela 1, apresenta os artigos que compõe a discussão da presente revisão sistemática, que de acordo com [9] consiste em realizar uma discussão critica de trabalhos relevantes com uma temática específica, para determinar a direção, limitações, desafios para futuras pesquisas. A referida tabela destaca os pontos essenciais de cada artigo, tais como os metais estudados, a eficiência dos inibidores verdes.

4. **Desenvolvimento e discussão**

4.1 **Inibidores verdes**

Os inibidores de origem vegetal, ou bioinibidores são caracterizados como verdes por serem menos agressivos ao meio ambiente, e apresentarem baixo custo, tornaram-se uma alternativa acessível para o problema da corrosão, por serem de origem renovável. Um estudo usando o óleo essencial do fruto *Cupressus arizônica*, foi realizado em aço carbono em meio ácido, onde foi usado o ácido clorídrico-HCl, aplicadas técnicas eletroquímicas e microscópio eletrônico de varredura obtiveram, resultado satisfatórios de inibição na concentração 0,5 g/L de mais de 90% nas condições do experimento em bancada, [10], outro experimento que fez uso, do mesmo meio de corrosão ácido, com casca de arroz matéria-prima, em um intervalo de tempo de 17 dias obtendo uma eficiência similar aos resultados do óleo essência do fruto *Cupressus arizônico*, de 97,73% em uma concentração de 80 partes por milhão-ppm, corroborando com [11] e [12] que usaram como matéria-prima a *uncaria laevigata* e *gossipol-indole* modificada e em meio básico e saline, obtiveram resultados similares, com eficiência superiores a 90% [13], [14].

O resíduo da indústria alimentícia podem ser melhor aproveitado, como a casca no nabo, que foi usada como matéria-prima para bioinibidor em meio salino, a eficiência foi estudada em diferentes temperaturas da solução corrosiva em temperatura ambiente e a 338 K que mostrou que o aumento da temperatura, reduz a eficiência de inibição [15].



Um estudo usou como matéria prima a goma arábica, muito empregado em outros setores industriais como alimentícios e obteve uma boa aplicação como inibidora de corrosão na seguinte concentração de 1 g/L, atingiu 96% de eficiência de inibição em meio ácido, as técnicas empregadas foram as medidas de perda de massa e testes como polarização potenciodinâmica- PDP e espectroscopia de impedância eletroquímica- EI [16].

O eucalipto é uma planta muito usada na medicina popular, e foi testada o seu potencial como bioinibidor de corrosão, aplicada em armação de concreto feitas de aço, onde em concentrações de 30% e 40%, mostrou uma boa eficiência em relação a concentrações inferiores, chegando a retardar o processo de degradação em 18% a 28%, respectivamente [17].

A indústria de petróleo e gás é acometida com grandes prejuízos causados pela corrosão e o uso de inibidores menos agressivos ao meio ambiente como os líquidos iônicos, um novo líquido iônico supramolecular de brometo-cucurbita[7]uril (BrCU) foi aplicado ao aço St2 e obteve um bom resultado de eficiência de inibição superior a 90% em meios salinos e ácidos, simulando o meio agressivo das plataformas de petróleo um estudo similar fez uso de um composto farmacêutico ativo glicoluril, aplicado no aço St3 muito usado em gasodutos, obtendo um resultado de inibição superior a 90% [13].

4.2 **Inibidores de corrosão verdes contendo glicerina**

O uso de materiais orgânicos e biodegradáveis foram investigados como inibidores de corrosão no estudo de [18] onde, onde eles testaram várias substâncias de origem verde, dentre elas a glicerina, goma xantana, extrato de carvalho, aplicadas em metais como; aço 20, cobre e latão, obtiveram resultados de inibição, a glicerina formou um filme protetor nas peças dos metais usadas nos experimentos, o método utilizado no estudo foi o teste gravimétrico, que consiste em analisar a perda de massa dos metais, usando concentrações diferentes de inibidores em meios corrosivos, foi realizado a temperatura de 25° Celsius, corroborando com os resultados dos estudos de [19] e, que



fizeram uso em seus experimentos, na mesma temperatura, em um intervalo de tempo de 2 horas, onde a glicerina obteve uma ação inibidora de corrosão na concentração de 2 g/dm³ na solução, inibindo a corrosão em 50%, quando, associados os inibidores produzidos no estudo, obtiveram um resultado igual 91% de ação inibidora de corrosão para o aço 20 [20].

O glicerol foi testado quanto ao seu desempenho de inibição de corrosão em aço macio X52 em ambiente salino, semelhante a água do mar, neste trabalho, a propriedade inibidora de corrosão do glicerol em aço macio X52 em solução de salmoura de NaCl a 3,5% em peso foi investigada, usando as concentrações de glicerol de 400, 600, 800, 1.000, 5.000 e 10.000 partes por milhão, feitos o teste de perda de massa, para constatar a eficiência de inibição da glicerina, a *allium Jesdianum*, uma espécie de cebola comum encontrada principalmente no Irã, foi investigada como inibidora de corrosão em aço macio, onde seu extrato obteve uma eficiência de mais de noventa por cento nas condições do experimento em laboratório [21], [22].

No trabalho de [23], fizeram uso da glicerina juntamente com os óleos de Sacha e de linhaça, para produzir uma resina, com o intuito de testar suas propriedades como inibidoras de corrosão na forma de revestimento, onde a eficiência da tinta produzida com matéria prima renovável foi posta em teste com uma tinta comercial, onde obtiveram resultados promissores com o uso de tais materiais.

O alumínio é muito utilizado em vários setores industriais, assim como o aço carbono, que é o metal mais utilizado na indústria, sofrem corrosão devida a suas aplicações, em estudos gravimétricos e eletroquímicos, constataram que a glicerina técnica (TG) tem efeito anticorrosivo sobre aço e alumínio em solução de Cloreto de sódio - NaCl a 0,1%, as propriedades inibitórias do TG devido à sua adsorção na superfície desses metais com predominância do componente energético (dupla camada) do efeito protetor [24].



4.3 **Glicerina como subproduto da produção do Biodiesel**

A glicerina de origem renovável apresenta um valor de custo bem inferior a glicerina comercial, cerca de 22 vezes mais barata, tornando-se uma matéria prima de fácil acesso e economicamente viável, porém é necessário que a glicerina bruta passar por um processo de purificação para a sua utilização em vários setores industriais, tais como cosméticos, alimentício e inibidores de corrosão [25], [26].

A glicerina pode ser usada para a produção de líquidos iônicos, por meio da alquilação de aminas de solketal, produziram líquidos iônicos, que dentre as suas diversas utilidades, podem ser testados com a finalidade de inibidores de corrosão [27].

4.4 **Aços especiais**

Equipamentos usados em caldeiras e trocadores de calor presentes em plantas industriais, aços usados para o transporte de óleo e gás natural, são expostos a ambientes altamente corrosivos, conseqüentemente necessitam de constantes manutenções e proteger esses equipamentos caros é uma forma de reduzir os custos, uma saída é o uso de inibidores associados às soluções usadas nas caldeiras que fazem uso de aços como o X80 [28].

As condições em que esses equipamentos produzem vapores são muito propicio a desgaste e corrosão, os aços-manganês austenítico, apresentam uma boa resistência a impacto, porém sofre corrosão devido ao ambientes e condições que são expostos, que são usados em muitas finalidades dentre elas em produção de vapor, [29] , [30] investigaram um inibidor de corrosão verde a base de amido e glicerina em meio ácido, onde a eficiência de inibição aumenta com o aumento da concentração do biocopolímero, atingindo um máximo de 94% na concentração de 300 mg L, onde as técnicas empregadas foram perda de massa e eletroquímicas, potencial de circuito aberto, polarização potenciodinâmica e espectroscopia de impedância eletroquímica.



As biocorrosões afetam as próteses de ligas especiais no organismo de pacientes submetidos a processo cirúrgicos, a liga de magnésio AZ91 têm sido recentemente utilizadas na área biomédica devido à sua baixa proteção contra tensões e densidade similares ao do osso natural, a glicerina foi usada com o intuito de melhorar a resistência à corrosão e a biocompatibilidade obtendo resultados positivo [31].

4.5 **Uso de simulações para inibidores de corrosão**

O uso de software para simulações é eficiente para o desenvolvimento de novos produtos químicos, e quando associadas a teste em laboratórios podem corroborar os resultados experimentais com resultados teóricos [29], aplicou essa metodologia, usando como matéria prima o resíduo da fruta Jaca, tendo como corpo de prova o aço macio, obtendo um filme protetor, corroborando com os resultados de [18].

5. **Considerações finais**

A análise crítica dos artigos discutida nesse estudo mostrou que a utilização de inibidores verdes e de glicerol de origem renovável vem crescendo a cada dia, devido as suas características e por ser considerado de fonte renovável, principalmente a glicerina por ser considerada um subproduto do biodiesel, pode e deve ser melhor aproveitada na indústria na área de corrosão, pois foram encontradas poucas produções como inibidora de corrosão associada a outros matérias que seja menos agressivo ao meio ambiente. Conclui-se que os inibidores verdes e a glicerina de origem renovável ainda podem contribuir muito no setor industrial na área de inibidor de corrosão.

6. **Indicação de trabalhos futuros**

O presente trabalho sugere que a matéria prima glicerina ainda é pouco usado na área da corrosão de fato e pode ser o ponto de partida para a produção de futuros produtos.



7. **Biografia**

Mestre em energias renováveis IFCE Maracanaú na linha de pesquisa Engenharia aplicada a conservação do meio ambiente (2024).

Graduado em Química pela Universidade Federal do Ceará (2015).

<http://lattes.cnpq.br/4592227539884381>

8. **Declaração de direitos**

O(s)/A(s) autor(s)/autora(s) declara(m) ser detentores dos direitos autorais da presente obra, que o artigo não foi publicado anteriormente e que não está sendo considerado por outra(o) Revista/Journal. Declara(m) que as imagens e textos publicados são de responsabilidade do(s) autor(s), e não possuem direitos autorais reservados à terceiros. Textos e/ou imagens de terceiros são devidamente citados ou devidamente autorizados com concessão de direitos para publicação quando necessário. Declara(m) respeitar os direitos de terceiros e de Instituições públicas e privadas. Declara(m) não cometer plágio ou auto plágio e não ter considerado/gerado conteúdos falsos e que a obra é original e de responsabilidade dos autores.

9. **Referências**

1. Gentil, Corrosão Gentil, 6.ed. 2017. V. 1928-2008 [Online]. Disponível em: www.doccity.com
2. B. Hou et al., “The cost of corrosion in China”, *Npj Mater Degrad*, vol. 1, no 1, dez. 2017, doi: 10.1038/s41529-017-0005-2.
3. Y. L. Kobzar e K. Fatyeyeva, “Ionic liquids as green and sustainable steel corrosion inhibitors: Recent developments”, *Chemical Engineering Journal*, vol. 425. Elsevier B.V., 1o de dezembro de 2021. doi: 10.1016/j.cej.2021.131480. NACE, International Measures of prevention, application, and economics of corrosion Technologies Study, NACE International, 15835 Ten Place, Houston, TX 77084. 2016.
4. DE MELO, Grazielma Ferreira et al. Análise de diferentes fontes de água tratada por osmose reversa para aplicação em caldeiras industriais. *Engineering Sciences*, v. 9, n. 1, p. 138-147, 2021.



5. J. Zhang, Y. Wang, V. L. Muldoon, e S. Deng, “Crude glycerol and glycerol as fuels and fuel additives in combustion applications”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 159. Elsevier Ltd, 1o de maio de 2022. doi: 10.1016/j.rser.2022.112206.
6. Al Zubaidi, H. Ibrahim, R. Jones, M. Alzughaihi, M. Albayyadhi, e F. Darzi, “Waste Glycerol as New Green Inhibition for Metal Corrosion in Acid Medium”, 2016.
7. De Freitas Vieira, Márcia; DA SILVA, Carlos Manuel Seco. A Educação no contexto da pandemia de COVID-19: uma revisão sistemática de literatura. *Revista brasileira de informática na educação*, v. 28, p. 1013-1031, 2020.
8. W. M. I. W. M. Kamaruzzaman et al., “25 years of progress on plants as corrosion inhibitors through a bibliometric analysis using the Scopus database (1995–2020)”, *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 15, no 4, abr. 2022, doi: 10.1016/j.arabjc.2021.103655.
9. S. Cherrad et al., “Cupressus arizonica fruit essential oil: A novel green inhibitor for acid corrosion of carbon steel: Cupressus arizonica fruit essential oil”, *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 15, no 6, jun. 2022, doi: 10.1016/j.arabjc.2022.103849.
10. Huang, Li; LI, Hui-Jing; WU, Yan-Chao. Avaliação abrangente do desempenho de inibição de corrosão e efeito ecotoxicológico da cinchona IIa como inibidor de corrosão verde para decapagem de aço Q235. *Revista de Gestão Ambiental*, v. 335, pág. 117531, 2023.
11. E. Berdimurodov et al., “Novel gossypol–indole modification as a green corrosion inhibitor for low–carbon steel in aggressive alkaline–saline solution”, *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp*, vol. 637, mar. 2022, doi: 10.1016/j.colsurfa.2021.128207.



12. E. Berdimurodov et al., “Novel bromide–cucurbit[7]uril supramolecular ionic liquid as a green corrosion inhibitor for the oil and gas industry”, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, vol. 901, nov. 2021, doi: 10.1016/j.jelechem.2021.115794.
13. A. Paul Setiawan Kaban et al., “Experimental and modelling waste rice husk ash as a novel green corrosion inhibitor under acidic environment”, *Mater Today Proc*, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.04.738.
14. M. H. Fekri, F. Omidali, M. M. Alemnezhad, e A. Ghaffarinejad, “Turnip peel extract as green corrosion bio-inhibitor for copper in 3.5% NaCl solution”, *Mater Chem Phys*, vol. 286, jul. 2022, doi: 10.1016/j.matchemphys.2022.126150.
15. M. el Azzouzi et al., “Moroccan, Mauritania, and senegalese gum Arabic variants as green corrosion inhibitors for mild steel in HCl: Weight loss, electrochemical, AFM and XPS studies”, *J Mol Liq*, vol. 347, fev. 2022, doi: 10.1016/j.molliq.2021.118354.
16. N. Al-Akhras e Y. Mashaqbeh, “Potential use of eucalyptus leaves as green corrosion inhibitor of steel reinforcement”, *Journal of Building Engineering*, vol. 35, mar. 2021, doi: 10.1016/j.jobe.2020.101848.
17. Z. v. Slobodian, L. Mahlatiuk, R. B. Kupovych, e Patsai, “Corrosion Behavior of 20 Steel, Copper, Brass, and Aluminum in Inhibited Acid Solutions”, *Materials Science*, vol. 56, no 5, p. 608–612, mar. 2021, doi: 10.1007/s11003-021-00471-z.
18. I. al Zubaidi, R. Jones, M. Alzughaihi, M. Albayyadhi, F. Darzi, e H. Ibrahim, “Crude glycerol as an innovative corrosion inhibitor”, *Applied System Innovation*, vol. 1, no 2, p. 1–15, jun. 2018, doi: 10.3390/asi1020012.



19. E. I. Ahmed, K. S. Ryder, e A. P. Abbott, “Corrosion of iron, nickel and aluminium in deep eutectic solvents”, *Electrochim Acta*, vol. 397, nov. 2021, doi: [10.1016/j.electacta.2021.139284](https://doi.org/10.1016/j.electacta.2021.139284).
20. Kahkesh e B. Zargar, “Corrosion protection evaluation of Allium Jesdianum as a novel and green source inhibitor for mild steel in 1M HCl solution”, *J Mol Liq*, vol. 344, dez. 2021, doi: [10.1016/j.molliq.2021.117768](https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.117768).
21. Sivabalan, B. Walid, Y. Madec, A. Qasim, e B. Lal, “Corrosion Inhibition study on Glycerol as simultaneous gas hydrate and corrosion inhibitor in gas pipelines (Kajian Perencanaan Kakisan oleh Gliserol sebagai Perencat Serentak untuk Hidrat Gas dan Kakisan dalam Saluran Paip Gas)”, 2020.
22. Hadzich, G. A. Gross, M. Leimbach, A. Ispas, A. Bund, e S. Flores, “Effect of polyalcohols on the anticorrosive behaviour of alkyd coatings prepared with drying oils”, *Prog Org Coat*, vol. 145, ago. 2020, doi: [10.1016/j.porgcoat.2020.105671](https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.105671).
23. Slobodyan, L. Mahlatiuk, R. Kupovych, e P. Sydor, “Udc 620.197.3 Influence Of Technical Glycerine And Composition On His Base On 20 Steel And Aluminium Corrosion Durability In 0,1% Nacl”, 2019, doi: [10.33108/visnyk_tntu](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu).
24. Chakravarty e N. Mallick, “Carbon dioxide mitigation and biodiesel production by a marine microalga under mixotrophic mode by using transesterification by-product crude glycerol: A synergy of biofuels and waste valorization”, *Environ Technol Innov*, vol. 27, p. 102441, ago. 2022, doi: [10.1016/j.eti.2022.102441](https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102441).
25. López J. M. et al., “A theoretical and experimental study of liquid-liquid equilibrium to refine raw glycerol obtained as a byproduct on the biodiesel production”, *Chemical Engineering Journal Advances*, vol. 10, p. 100257, maio 2022, doi: [10.1016/j.ceja.2022.100257](https://doi.org/10.1016/j.ceja.2022.100257).



26. Mbakidi J. P. e S. Bouquillon, “Glycerol-based ionic liquids: Crucial microwaves-assisted synthetic step for solketal amines”, *J Mol Liq*, vol. 252, p. 218–224, fev. 2018, doi: [10.1016/j.molliq.2017.12.102](https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.12.102).
27. Ren, J. D. Gao, R. J. Y. Zhang, Y. Liu, e T. Ding, “Fabrication of amphiphobic surface of pipeline steel by acid etching and its anti-corrosion properties”, *Journal of the Chinese Society of Corrosion and Protection*, vol. 37, no 3, p. 233–240, jul. 2017, doi: [10.11902/1005.4537.2016.017](https://doi.org/10.11902/1005.4537.2016.017).
28. Assefinejad, A. H. et al. Failure investigation of water wall tubes in a drum boiler of a thermal power plant. *Engineering Failure Analysis*, v. 118, nov. 2020.
29. Lahrou, S. A. Benmoussat, B. Bouras, A. Mansri, L. Tannouga, e S. Marzorati, “Glycerin-Grafted starch as corrosion inhibitor of C-Mn steel in 1 M HCl solution”, *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 9, no 21, nov. 2019, doi: [10.3390/app9214684](https://doi.org/10.3390/app9214684).
30. Ghafarzadeh, M. Kharaziha, e M. Atapour, “Bilayer micro-arc oxidation-poly (glycerol sebacate) coating on AZ91 for improved corrosion resistance and biological activity”, *Prog Org Coat*, vol. 161, dez. 2021, doi: [10.1016/j.porgcoat.2021.106495](https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106495).
31. K O, S. A. R Prasad, M. Arshad, e A. Joseph, “A sustainable method of mitigating acid corrosion of mild steel using jackfruit pectin (JP) as green inhibitor: Theoretical and electrochemical studies”, *Journal of the Indian Chemical Society*, vol. 99, no 1, jan. 2022, doi: [10.1016/j.jics.2021.100271](https://doi.org/10.1016/j.jics.2021.100271).
32. Kahkesh, H.; Zargar, B. Corrosion protection evaluation of Allium Jesdianum as a novel and green source inhibitor for mild steel in 1M HCl solution. *Journal of Molecular Liquids*, v. 344, 15 dez. 2021.