

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO  
CENTRO PAULA SOUZA

Alanis dos Santos Caetano  
Carla Cristina Ribeiro de Moraes  
Gabriele Angélica de Carvalho Bento  
Jheimily Kamilly Santos Pereira

ESTUDOS DE SUBSTÂNCIAS NATURAIS COM EFEITO  
ANTIOXIDANTE COMO MEIO INIBIDOR DE CORROSÃO PARA O  
AÇO CARBONO EM MEIO ÁCIDO

Fernandópolis  
2024

Alanis dos Santos Caetano  
Carla Cristina Ribeiro de Moraes  
Gabriele Angélica de Carvalho Bento  
Jheimily Kamilly Santos Pereira

ESTUDOS DE SUBSTÂNCIAS NATURAIS COM EFEITO  
ANTIOXIDANTE COMO MEIO INIBIDOR DE CORROSÃO PARA O  
AÇO CARBONO EM MEIO ÁCIDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do Curso de ensino médio com **Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio em Química** no Eixo tecnológico de **Produção Industrial** à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação da Professora **Joelma Evelin Pereira Kume**.

Fernandópolis  
2024

Alanis dos Santos Caetano  
Carla Cristina Ribeiro de Moraes  
Gabriele Angélica de Carvalho Bento  
Jheimily Kamilly Santos Pereira

ESTUDOS DE SUBSTÂNCIAS NATURAIS COM EFEITO  
ANTIOXIDANTE COMO MEIO INIBIDOR DE CORROSÃO PARA O  
AÇO CARBONO EM MEIO ÁCIDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do Curso de ensino médio com **Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio em Química** no Eixo tecnológico de **Produção Industrial** à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação da Professora **Joelma Evelin Pereira Kume**.

Examinadores:

---

Flávia Meira Cotrim

---

Joelma Evelin Pereira Kume

---

Joslaine de Carvalho Scorsio

Fernandópolis  
2024

## DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos professores que nos auxiliaram no desenvolvimento do artigo, nos estimulando a buscar conhecimento, ampliando nosso repertório científico.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos professores que nos incentivaram a nunca desistir de nossos sonhos e objetivos, a nossos familiares e entes queridos e a Deus.

## EPÍGRAFE

“O sucesso é cair nove vezes e levantar-se  
outras dez.”  
-Jon Bon Jovi

# ESTUDOS DE SUBSTÂNCIAS NATURAIS COM EFEITO ANTIOXIDANTE COMO MEIO INIBIDOR DE CORROSÃO PARA O AÇO CARBONO EM MEIO ÁCIDO

Alanis dos Santos Caetano  
Carla Cristina Ribeiro de Moraes  
Gabriele Angélica de Carvalho Bento  
Jheimily Kamilly Santos Pereira

**RESUMO:** O presente trabalho é um estudo sobre inibidores de corrosão que são substâncias essenciais para a proteção de metais contra oxidação, evitando a perda de elétrons e o aumento do número de oxidação. Apesar de sua importância, muitos inibidores sintéticos apresentam riscos ambientais significativos, em razão da presença de compostos tóxicos, como cromatos, fosfatos e silicatos. Esses componentes podem causar toxicidade ao meio ambiente, eutrofização e dificuldades em sua remoção, gerando passivos ambientais. Diante dessa problemática, este estudo se justifica, pois, há um crescente interesse no desenvolvimento de alternativas mais seguras e sustentáveis. Estudos recentes destacam o potencial de extratos vegetais, obtidos de ervas aromáticas, especiarias e resíduos alimentares, como inibidores de corrosão eficazes. Os materiais mencionados incluem cascas de frutas e sementes, são economicamente viáveis, de fácil obtenção e apresentam menor impacto ambiental. Por isso, o trabalho tem como objetivo avaliar a eficácia dos extratos secos de folhas de carqueja (*Baccharis trimera*) e sementes de mamão (*Carica papaya*) como inibidores da corrosão do aço carbono 1020 em solução de ácido clorídrico 0,25 mol/L. Os extratos foram preparados por infusão em água destilada, e o comportamento do aço carbono foi analisado após o contato com as soluções em meio ácido. Os resultados esperados incluem a comprovação da eficácia dos extratos vegetais, reforçando seu potencial como substitutos sustentáveis para os inibidores sintéticos. Este estudo contribui para a adoção de práticas industriais ambientalmente responsáveis, alinhadas às demandas por tecnologias menos agressivas ao meio ambiente e ao desenvolvimento de soluções inovadoras e acessíveis.

**Palavras-chave:** Aço carbono 1020; Carqueja; Corrosão; Inibidor de corrosão; Semente de mamão.

**ABSTRACT:** This study investigates corrosion inhibitors, which are essential substances for protecting metals against oxidation by preventing electron loss and an increase in oxidation states. Despite their importance, many synthetic inhibitors pose significant environmental risks due to the presence of toxic compounds such as chromates, phosphates, and silicates. These components can lead to environmental toxicity, eutrophication, and challenges in their removal, resulting in environmental liabilities. This research is justified by the growing interest in developing safer and more sustainable alternatives. Recent studies highlight the potential of plant extracts, derived from aromatic herbs, spices, and food waste, as effective corrosion inhibitors.

These materials, including fruit peels and seeds, are economically viable, easily obtainable, and have a lower environmental impact. Therefore, this study aims to evaluate the efficacy of dry extracts from carqueja (*Baccharis trimera*) leaves and papaya (*Carica papaya*) seeds as corrosion inhibitors for AISI 1020 carbon steel in a 0.25 mol/L hydrochloric acid solution. The extracts were prepared by infusion in distilled water, and the carbon steel's behavior was analyzed after exposure to the organic extract solutions in the acidic medium. The expected results include confirming the effectiveness of the plant extracts, reinforcing their potential as sustainable substitutes for synthetic inhibitors. This study contributes to the adoption of environmentally responsible industrial practices, addressing the demand for less harmful technologies while promoting the development of innovative and accessible solutions.

**Keywords:** 1020 carbon steel; Carqueja; Corrosion; Corrosion inhibitor; Papaya seed.

## 1. INTRODUÇÃO

Inibidores de corrosão, como seu próprio nome já sugere, são substâncias utilizadas para prevenir o processo de oxirredução — conhecido como a corrosão — em metais. Esses compostos ajudam a evitar que um determinado metal oxide e perca elétrons, perdendo também cargas negativas e, conseqüentemente, aumentando seu Nox (Número de oxidação) (Agência Cana, 2023).

As indústrias estão constantemente aprimorando a busca por inibidores de corrosão mais eficazes, o que resulta, por consequência, na criação de formulações cada vez mais prejudiciais ao meio ambiente. Os inibidores sintéticos possuem estruturas que facilitam a adsorção, mas sua utilização pode trazer prejuízos ambientais em razão da presença de metais pesados, cromatos, fosfatos, silicatos e outros componentes nocivos aos seres humanos e a natureza. Isso, por sua vez, resulta em uma maior toxicidade, eutrofização e persistência no ambiente, tornando a remoção desses compostos um processo caro e complexo (Negm, 2013).

Atualmente, há uma preocupação ambiental em reduzir o uso de substâncias tóxicas e buscar alternativas favoráveis ao meio ambiente, a fim de evitar impactos negativos e passivos ambientais (Darling; Rakshpal, 1998). Por isso, torna-se essencial desenvolver produtos naturais e sustentáveis para os inibidores de corrosão, visando minimizar os impactos desses produtos. Encontrar um inibidor de corrosão ecologicamente correto é uma necessidade no contexto hodierno da sociedade. As preocupações com o meio ambiente e a saúde humana têm levado



alguns pesquisadores a focarem seus estudos na utilização de extratos vegetais de ervas aromáticas, especiarias e plantas medicinais como agentes naturais para prevenir a corrosão de diferentes sistemas metálicos em ambientes corrosivos. A utilização destes extratos como inibidores naturais de corrosão é ainda mais atraente quando se considera o uso de resíduos — subprodutos impróprios para consumo humano — alimentares e vegetais (Rocha, J., *et al.*, 2018).

Portanto, extratos de cascas de frutas, sementes de diversas espécies e outros resíduos, muitas vezes, surgem como candidatos promissores a inibidores de corrosão. Além de baratos, os extratos vegetais estão disponíveis por meio de um processo simples de extração (Torres, V. *et al.*, 2016). Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo conduzir a extração de sementes e cascas de frutas, como meio inibidor natural de corrosão para o aço-carbono 1020 em meio ácido, esperando-se obter uma solução eficiente e ecológica.

## **2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. AÇO CARBONO 1020**

O aço carbono 1020 é um dos metais mais significativos na indústria de manufatura, graças às suas excelentes características mecânicas e à facilidade de processamento. Este metal, mostrado na figura 1, é predominantemente composto por ferro, com pequenas proporções de carbono, fósforo, manganês e outros elementos (Sacchelli, [s.d.]).

Figura 1. Aço carbono 1020



Fonte: (Bertene, 2024)

As características do material, em conjunto, tornam a soldagem mais simples ao empregar métodos convencionais. Adicionalmente, o aço 1020 pode ser submetido a tratamentos térmicos, como a têmpera ou o revenimento, que aprimoram suas propriedades mecânicas, devido à sua resistência à corrosão ser bastante baixa em locais corrosivos (Bertene, 2024).

Entre os pontos positivos desse aço, destaca-se sua disponibilidade, versatilidade e ampla disseminação no mercado, sendo uma opção mais econômica em comparação às ligas de maior custo que podem ser utilizadas para diversas aplicações (Rodoços, 2024). Além disso, este tipo de aço alcança uma dureza máxima de 260 HRC. Com resistência mecânica e temperabilidade reduzidas, ele se destaca em forjas e na produção de peças pequenas devido à combinação dessas propriedades. Sua aplicação se dá na fabricação de peças destinadas a setores não críticos da indústria automobilística e mecânica (Sacchelli, [s.d.]).

## **2.2. CORROSÃO**

O potencial elétrico de um metal é avaliado pela energia que é liberada ou absorvida em uma solução. Quando há corrosão, essa condição é referida como potencial de corrosão e é medida em comparação com o potencial padrão. O que realmente é relevante, no entanto, é a intensidade ou a taxa de corrosão, que é determinada pela quantidade de corrente que circula entre os eletrodos. De acordo com a lei de Ohm, a corrente é diretamente proporcional ao potencial, considerando um valor fixo de resistência (Oliveira, 2012). A corrosão pode manifestar-se de várias formas: uniforme, por placas, alveolar, puntiforme, intergranular ou intercrystalina, intragranular ou transcrystalina, filiforme, por esfoliação, galvânica, entre outras variações que podem ser identificadas conforme a análise realizada. Segundo Maxwell (1996), a corrosão uniforme ocorre em toda a superfície, sendo a sua característica principal a redução de espessura de maneira homogênea, também conhecida como corrosão generalizada. Esse tipo de corrosão pode ser resultado de reações químicas ou eletroquímicas e, do ponto de vista técnico, é considerado menos problemático, uma vez que permite uma previsão mais precisa da vida útil do material afetado por esse tipo de deterioração física e química.

A corrosão por placas, de acordo com o site Engenheiros de Materiais (2017), ocorre de forma localizada e resulta na criação de placas com cavitações,

causadas pelo descolamento dessas placas, que se soltam gradualmente. Normalmente, isso acontece em metais passivados, onde a camada protetora, que foi formada inicialmente, se desvincula devido ao seu espessamento excessivo provocado pela gravidade. A corrosão alveolar é um tipo de corrosão que ocorre na superfície de metais, criando sulcos ou cavidades que se assemelham a alvéolos. Essas formações têm fundo arredondado e geralmente sua profundidade é menor que o diâmetro. Esse fenômeno costuma surgir quando a corrosão acontece sob a camada de detritos trazidos pelo fluido que escoar (Ferraz, 2023).

### **2.3. ÁCIDO CLORÍDRICO HCl**

O Ácido clorídrico (HCl) foi descoberto por volta de 800 a.C. século VIII, por Jabir Hayyan, alquimista persa, quando misturou ácido sulfúrico com cloreto de sódio (Silva A., 2021). O HCl é um composto inorgânico, forte e corrosivo em temperatura ambiente e o seu estado puro é em pó. Sua fórmula molecular se apresenta com uma molécula principal de Cl (cloro) interligado com uma ligação simples a uma molécula de H (hidrogênio), formando-se o ácido clorídrico. Em seu estado líquido, tem aspecto amarelado, altamente cáustico e tóxico, que é a sua forma mais conhecida.

Esse composto é empregado em vários processos industriais, tais como na fabricação de PVC, agrotóxicos, cloridratos farmacêuticos, medicamentos e como reagente químico para laboratórios e entre outros empreendimentos (Álvaro, 2023). Está presente também no organismo humano, atuando no estômago, como o suco gástrico, sendo responsável na digestão dos alimentos e no auxílio na manutenção do pH do órgão (Maciel, 2024). A exposição, inalação ou ingestão desse ácido é altamente perigosa à saúde, causando irritações nos olhos, nas vias aéreas, a pele, como queimaduras e, caso ingerido, pode causar lesões e até mesmo levar a óbito (Cetesb, 2020).

#### **2.3.1. ÁCIDO CLORÍDRICO COMO MEIO CORROSIVO**

As regiões do ferro/aço são separadas como camada de imunidade e camada de passivação, ambas camadas são responsáveis pela proteção do metal. Na imunidade, a camada é termodinamicamente mais estável, ou seja, é a região na

qual o metal está protegido, já na região da camada de passivação, em caso de corrosão, ela é termodinamicamente vantajosa e sua proteção anticorrosiva é feita por meio de alterações na cinética da dissolução ácida. O ácido clorídrico, quando utilizado em solução aquosa e em temperatura ambiente, com o objetivo de corroer um determinado ferro, tem o seu efeito halogênico na corrosão do ferro, afetando a camada passivante do aço. Os halogênios têm alto poder oxidante podendo reagir com metais alcalinos, metais e gases nobres (Callado, 2018). No caso do aço carbono faz com que a camada torne-se porosa e com a aderência prejudicada, fazendo com que ocorra, assim, o processo corrosivo.

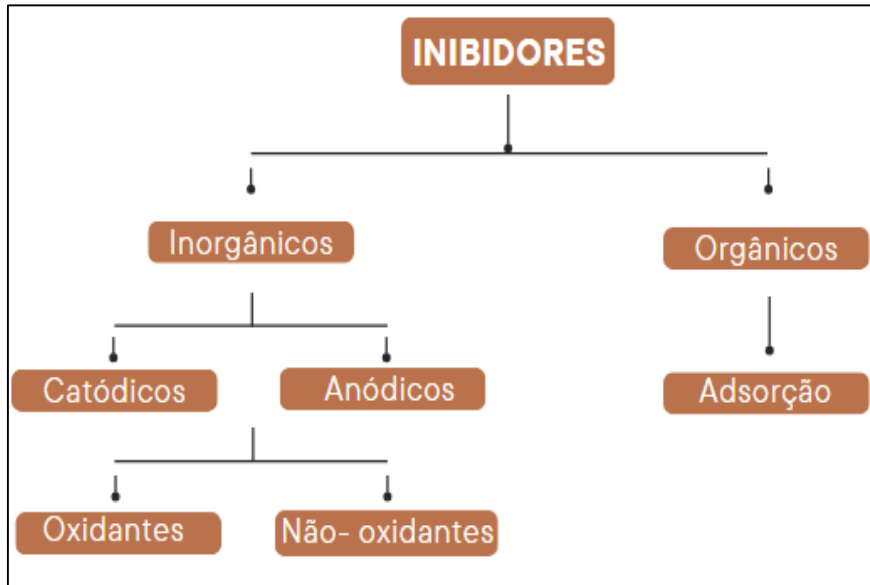
O ácido clorídrico é um poderoso agravante de corrosão do aço carbono, pois torna possível a degradação do ferro, agravando a camada passivante. O agente responsável por realizar a reação de corrosão é o íon cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), que tem a capacidade de substituir as moléculas de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) contidas na camada de hidratação do aço, que é adsorvida pelo metal. Este contato permite alterações no mecanismo de dissolução do ferro, afetando a formação da camada passivante, e consequentemente a deterioração do aço (Callado, 2018).

## **2.4. INIBIDORES DE CORROSÃO**

As substâncias anticorrosivas consistem em compostos químicos que, quando contidas em materiais suscetíveis à corrosão, têm a capacidade de prolongar e/ou retardar o processo de corrosão (Lima, 1996). Segundo o site Instel Service (2023), os inibidores de corrosão atuam “[...] como uma barreira física, formando uma camada protetora sobre a superfície do material que impede o contato direto com o meio corrosivo”. Para Kodama (2011), os mecanismos de atuação dos inibidores de corrosão incluem os seguintes aspectos: a adsorção na superfície do metal, resultando na formação de uma fina camada protetora, que pode ser composta apenas pelo inibidor ou por uma combinação dele com íons metálicos da superfície;

- A criação de uma camada de óxido que protege o metal base;
- A interação com um elemento que pode causar corrosão, encontrado no meio aquoso. A respeito dos tipos de inibidores pode-se citar a existência de inibidores anódicos, catódicos, ambos e por adsorção. A figura 2 a seguir representa essas classificações:

Figura 2. Tipos de Inibidores



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Os inibidores catódicos evitam reações de evolução de hidrogênio em ambientes ácidos. Por outro lado, os inibidores anódicos controlam a dissolução e atuam como promotores da formação passiva do filme. No caso do aço carbono, o uso desses inibidores pode aumentar a taxa de formação de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ou gerar outros óxidos, como o óxido de cromo, melhorando, assim, a estrutura da camada de passivação natural. Os inibidores mistos são, principalmente, compostos orgânicos polares que formam filmes finos em superfícies metálicas e dificultam fisicamente as reações anódicas e catódicas (Souza *et al.*, 2018). Por último, os inibidores de adsorção incluem compostos orgânicos que possuem grupos polares intensos, como aminas e aldeídos, além de sabões de metais pesados, em geral. Nesse tipo de inibidor, as películas se formam por meio da adsorção, contribuindo para a prevenção de reações tanto anódicas quanto catódicas (Propeq, 2023).

## 2.5. TANINOS

Os Taninos são substâncias fenólicas encontradas naturalmente em vegetais, sendo encontradas principalmente em frutas, cascas e sementes, atuando como mecanismos de defesa contra pragas, doenças e insetos. Eles apresentam um sabor adstringente em frutos, bebidas como vinho e chá, e outros produtos vegetais, uma vez que, a sensação de adstringência ocorre porque as glicoproteínas salivares

se agregam e precipitam, reduzindo sua capacidade de lubrificar a boca. (Bruneton, 1991 *apud* Castejon, 2011).

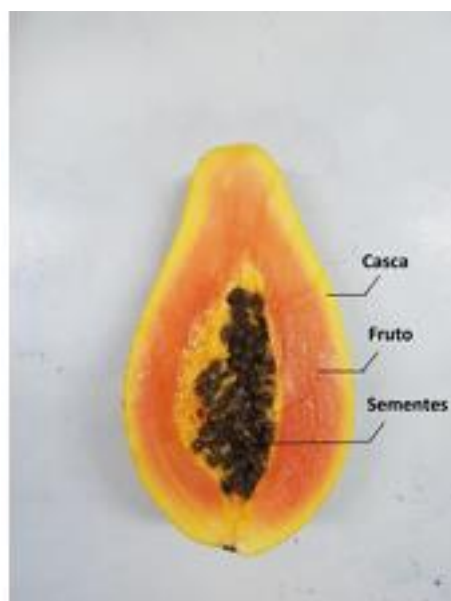
Podem ser classificados em dois tipos: Os hidrolisáveis e os condensados. Os taninos hidrolisáveis são ésteres compostos por uma molécula de açúcar, geralmente a glicose, cujos grupos hidroxila se ligam a ácidos fenólicos, sendo esses na maior parte dos casos, os ácidos gálicos e ácidos elágicos. Enquanto os condensados, também chamados de proantocianidinas, possuem a presença de diversas moléculas de flavonóis na estrutura (Monteiro *et al.*, 2005).

Embora os compostos tânicos possam interferir na digestão de proteínas e absorção do ferro no corpo humano, ao mesmo tempo, eles podem ser benéficos por possuírem propriedades anti-inflamatórias, antimicrobianas e antioxidantes, retardando o envelhecimento precoce já que, os bioativos presentes neles ajudam a combater os radicais livres contidos nas células corporais. (Silva *et al.*, 1999). Também podem agir como inibidores de corrosão naturais, devida a formação de complexos que eles fazem com íons metálicos, criando assim, um filme protetor que reduz e retarda o processo corrosivo em metais como o aço carbono 1020. (Marcolino *et al.*, 2012).

## **2.6. SEMENTE DE MAMÃO**

O mamão é um fruto nativo de clima tropical ou subtropical, sendo originário da América do Sul, encontrado e produzido principalmente no Brasil. Ele pertence à família *Caricaceae*, e dele se conhece diversas espécies diferentes sendo as mais conhecidas a Papaya e a Formosa (Mesquita, 2021). O mamão é composto pela casca (epicarpo), semente (endocarpo) e o fruto (mesocarpo), conforme pode ser observado na figura 3.

Figura 3: Partes do Mamão



Fonte: (Rosário, 2019).

A semente do mamão, assim como a fruta em si, também é comestível e apresenta grande parte dos mesmos nutrientes encontrados na polpa do mamão em si, como proteínas, fibras, fósforo, cálcio, ácidos oleicos, ácidos palmíticos, carpaína, e outros compostos. Sendo assim, ela é muito benéfica para a saúde, pois pode reduzir inflamações, apresentar propriedades protetoras dos rins, efeito anti-inflamatório, reduzir os níveis de glicose e de lipídios no sangue, agir como antimicrobiana (Incluindo o combate a *Salmonella*, *Escherica coli* e *Staphylococcus*) e colaborar com o funcionamento digestivo (Maia, 2017). Em sua estrutura podem ser encontrados diversos minerais, carboidratos, lipídios, fibras, vitaminas e compostos fenólicos que podem interferir na absorção da glicose, vitamina 12 e do ferro, além de participarem do escurecimento enzimático (Rosário, 2019). Nela também podem estar contidas diversas enzimas, cuja principal delas é a papaína, que ajuda na hidrólise (degradação) das proteínas em aminoácidos, o que gera uma maior absorção de nutrientes pelo organismo, ao longo do trato gastrointestinal (Olivas, 2021).

Além disso, o extrato da semente de mamão destaca-se como um anticorrosivo natural, graças à sua riqueza em compostos orgânicos, como flavonoides, alcaloides e polifenóis, os quais são reconhecidos por suas propriedades antioxidantes e pela capacidade de adsorção. Esses componentes criam uma camada protetora sobre a superfície dos metais, minimizando a interação entre o material metálico e agentes corrosivos, como os ácidos (Torres, *et al.*, 2014). Pesquisas

indicam que, ao ser aplicado em metais como o aço carbono, o extrato de semente de mamão pode reduzir a taxa de corrosão em até 90% em ambientes ácidos, como no caso do ácido clorídrico. Esse efeito positivo deve-se, predominantemente, à adsorção das moléculas do extrato nas superfícies anódicas e catódicas do metal, que impede as reações eletroquímicas responsáveis pela corrosão. Essa forma de proteção é considerada "mista", pois o extrato exerce influência em diversos estágios da reação de corrosão (Torres *et al.*, 2016).

## 2.7. CARQUEJA

A carqueja, cientificamente conhecida como *Baccharis trimera*, é uma planta originária da América do Sul, sendo especialmente comum em nações como Brasil, Argentina e Uruguai. Pertencente à família *Asteraceae*, ela pode ser facilmente identificada por suas folhas longas podendo atingir até 80 cm de altura, com bordas irregulares, arranjadas de forma oposta ao longo dos ramos, como ilustrado pela figura 4. A carqueja é um ativo importante na medicina popular, utilizada há séculos no tratamento de diversas enfermidades (Richau, 2017).

Figura 4. Planta carqueja



Fonte: (Heiden *et al.*, 2006)

Com o crescente interesse por alternativas naturais na saúde, as pesquisas científicas contemporâneas começam a confirmar várias utilizações tradicionais da carqueja, aumentando a valorização e reconhecimento dessa planta essencial. Essa união entre saberes tradicionais e investigação científica é crucial



para a compreensão e preservação de vegetações pouco conhecidas, como a carqueja (Cardoso, 2005).

Diversos compostos orgânicos encontrados na composição química dos extratos de carqueja, como flavonoides, ácidos fenólicos e polissacarídeos, têm o potencial de funcionar como inibidores de corrosão. A adoção desses extratos naturais é de grande relevância no enfrentamento dos inibidores sintéticos, pois contribui para a diminuição do impacto ambiental nos ecossistemas (Gentil, 2016).

Os inibidores de corrosão são frequentemente utilizados para a proteção de estruturas elaboradas com diversas ligas, incluindo trocadores de calor e tubulações utilizadas na perfuração e produção de petróleo e gás, particularmente em estruturas localizadas em águas de injeção e formação. A inibição aumenta proporcionalmente ao aumento da concentração presente de inibidor. A maior eficiência medida foi de 98,5% quando a concentração do inibidor foi de 10 g/L e extraída por infusão (Damborenea *et al.*, 2014). Assim como o presente trabalho estará baseado.

### **3. METODOLOGIA**

O presente trabalho baseou-se em pesquisas bibliográficas para embasamento teórico das plantas e sementes com poder anticorrosivo, com a finalidade de compreender o processo de inibição de corrosão em aço carbono 1020 utilizando o meio orgânico em meio ácido. Tais pesquisas foram fundamentadas em artigos científicos, trabalhos acadêmicos e procedimentos experimentais.

A metodologia desenvolveu-se, também, por pesquisas experimentais laboratoriais com análises qualitativas e quantitativas por meio de testes utilizando a semente de mamão e extratos de carqueja, aplicados em meio ácido para que seja analisado a ação de inibição da corrosão do aço e a qualidade dos meios orgânicos. Também foram calculados a eficiência da inibição, quando estes materiais orgânicos são empregados para essa finalidade.

### **4. DESENVOLVIMENTO**

Utilizou-se de metodologia experimental, o estudo sobre a utilização de meios orgânicos como inibidores de corrosão em meio ácido, adaptado para a inibição

do aço carbono 1020, no laboratório de química da Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo. Segue abaixo a tabela 1 dos materiais e reagentes usados no processo.

Tabela 1. Materiais e reagentes utilizados.

<b>MATERIAIS</b>	<b>REAGENTES</b>
Aço carbono 1020	Ácido clorídrico
Algodão	Água destilada
Almofariz com pistilo	Carqueja
Balança semi-analítica	Cetona
Balão volumétrico	Semente de mamão
Bastão de vidro	
Béquer	
Espátula	
Liquidificador	
Lixa d'água	
peneira	
Pipeta graduada	
Proveta	

Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

#### **4.1. PREPARO DA SEMENTE DE MAMÃO**

Inicialmente, foram retiradas as sementes de mamão da fruta, e em seguida foram lavadas e secadas em meia sombra. Após a lavagem e secagem, realizou-se a moagem das sementes de mamão com o auxílio do almofariz com pistilo para a obtenção de um extrato seco, como mostra a figura 5 abaixo.

Figura 5. Maceração da semente de mamão.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Após a maceração das sementes fez-se necessário a pesagem de 50 gramas. Com isso, colocou-se as sementes já moídas no béquer e pesou-se a quantidade desejada. Como observa-se a figura 6.

Figura 6. Semente macerada ao lado da semente em seu estado original.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

A figura acima retrata a comparação, com relação ao volume, feita pelas alunas entre as sementes já moídas com as sementes ainda em seu estado original.

#### **4.2. PREPARO DA PLANTA CARQUEJA**

Iniciou-se o preparo colhendo a planta e a deixando secar em meia sombra, e em seguida triturando-a no liquidificador para que fosse quebrada em pequenas frações, como mostra a figura 7.

Figura 7. Carqueja sendo triturada.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

A trituração é necessária pois, desta forma, o ácido clorídrico apresenta uma maior e melhor interação com as partículas inibidoras presentes na planta, devido a maior superfície de contato entre ambos.

Figura 8. Pesagem da carqueja



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Após o processo de trituração, pesou-se 10 gramas da carqueja já triturada para, posteriormente, utilizá-la, como mostra a figura 8 acima.

#### **4.3. PREPARO DA SOLUÇÃO DE ÁCIDO CLORÍDRICO**

Para preparar a solução de ácido clorídrico 0,1 mol/L utilizou-se de um balão volumétrico de 500 mL, onde foi colocado uma pequena quantidade de água destilada e em seguida pipetou-se o HCl.

Figura 9. Solução de ácido Clorídrico



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Logo após, depositou-se o ácido coletado na vidraria anteriormente citada e completou-se o menisco com o restante de água destilada, como mostra a figura 9 acima.

#### 4.4. PREPARO DO AÇO CARBONO 1020

Para poder utilizar o aço carbono 1020 para as eventuais análises, o aço foi lixado com lixa d'água para retirar qualquer resquício de corrosão que poderia estar contida no aço, logo depois utilizou-se acetona para remover a gordura presente e quaisquer impurezas contidas no aço, como observa-se na figura 10.

Figura 10. Processo de lixamento do aço carbono 1020.



Fonte (Dos próprios autores, 2024)

Em seguida, os aços foram separados em duas partes e pesados, o pedaço maior contendo 128 gramas e o pedaço menor 112 gramas, como se vê na figura 11.

Figura 11. Aço Carbono 1020 lixado.



Fonte (Dos próprios autores, 2024)

Por conseguinte, para realizar os posteriores testes, fez-se necessário que os dois pedaços de aço carbono fossem cortados em cinco partes e separados respectivamente de forma decrescente como se observa na tabela 2 a seguir:

Tabela 2. Peso das amostras de aço.

<b>AÇOS</b>	<b>PESOS</b>
1	57,50g
2	52,10g
3	51,10g
4	48,60g
5	26,04g

Fonte (Dos próprios autores, 2024)

Após os cortes, os pedaços foram higienizados novamente com acetona para que removesse quaisquer outras impurezas, corrosões e gorduras presentes no aço depois deste processo.

Figura 12. Limpeza do aço com acetona.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

A figura 12 acima mostra o processo de higienização das amostras de aço, com acetona pelas alunas integrantes do grupo.

#### 4.5. PREPARO DOS INIBIDORES

Para dar início ao preparo das soluções orgânicas inibidoras de corrosão, mediu-se 200mL de solução ácida para duas amostras, e logo foram depositadas em dois béqueres, um para a semente de mamão e outra para a planta carqueja. Foram despejadas as duas matérias orgânicas separadamente em cada um dos béqueres, e aguardou o tempo de uma hora para que as matérias orgânicas atuassem o seu efeito no meio ácido, como pode ser observado na figura 13.

Figura 13. Soluções inibidoras em meio ácido (HCl 0,1mol/L).



Fonte (Dos próprios autores, 2024).

Após o aguardo, peneirou-se as duas amostras, descartando a semente e a planta carqueja, deixando nos béqueres apenas a solução ácida e aguardando 6 dias para a solução perder um pouco sua acidez. Contudo, no final deste período foi observado que ambas as soluções, acabaram sofrendo com a proliferação de fungos, o que impediu de prosseguir com o processo, sendo assim, além de terem sido descartadas, foi necessário refazer as soluções. Ao repetir o processo, o grupo optou por alterar partes da metodologia anterior, desta vez preparando-se uma solução de ácido clorídrico a 0,25mol/L e foram pesados 50 gramas de semente de mamão e carqueja para o preparo do extrato.

#### 4.6. PREPARO DOS INIBIDORES E DAS SOLUÇÕES

Para realizar o processo de extração do elemento essencial para inibir a corrosão, no caso o tanino, ferveu-se 2 litros de água destilada, sendo 1 litro para cada composto orgânico. Logo após atingir seu ponto de ebulição (100°C) foram adicionadas as 50g de carqueja e as de sementes trituradas na água destilada separadamente e deixadas em repouso por 1 hora para obter os extratos aquosos da planta carqueja e da semente de mamão, como observa-se nas figuras 14 e 15.

Figura 14. Preparo do extrato de semente de mamão



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Figura 15. Preparo do extrato de carqueja.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).



Desta vez o grupo optou por também produzir 250mL de soluções com concentrações pré-determinadas de 200mg/L e 400mg/L de ambas as matérias orgânicas e uma de 100mL sem inibidor apenas para método comparativo de corrosão, todas submetidas a uma solução de HCl a 0,25mol/L, sendo produzidos assim 5 diferentes amostras para testar a eficiência dos extratos inibidores. Os pedaços de aço 1, 2 e 5 foram imersos em soluções de extrato de mamão e de ácido clorídrico (HCl) a 0,25 mol/L por um período de 2 semanas (336 horas), tanto na ausência quanto na presença das diversas concentrações do inibidor. Como são retratados nas figuras de 16, 17 e 18.

Na figura 16 abaixo, a solução foi realizada com 200mg/L de extrato de semente de mamão em 150ml de ácido clorídrico, sendo ela a menor concentração dos 2 testes relacionados à eficiência de inibição da semente de mamão. O aço utilizado para na solução foi o aço 1.

Figura 16. Solução de HCl com extrato de mamão de 200mg/L em 150ml (amostra 1).



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Na figura 17 abaixo, a solução foi realizada com 400mg/L de extrato de semente de mamão em 50mL de ácido clorídrico, sendo ela a maior concentração dos 2 testes relacionados à eficiência de inibição desta semente. O aço utilizado para essa solução foi o aço 2.

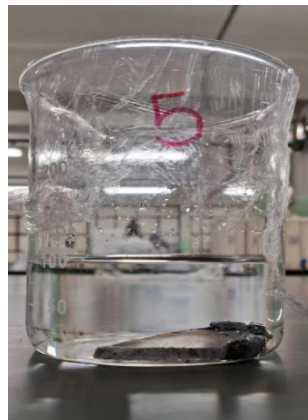
Figura 17. Solução de HCl com extrato de mamão de 400mg/L em 50mL (amostra 2).



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Na figura 18 abaixo, a solução foi preparada apenas como meio corrosivo, com 100mL ácido, para testar assim o efeito corrosivo do ácido em contato com o aço 5.

Figura 18. Solução de HCl de 100mL (amostra 5).



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Após aguardar as duas semanas, os aços imersos nas soluções foram retirados e analisados visualmente, como mostra as figuras 19, 20 e 21.

Figura 19. Solução de HCl com extrato de mamão do aço 2.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Figura 20. Solução de HCl com extrato de mamão do aço 1.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Após a análise dos aços das figuras 19 e 20, notou-se que eles não resultaram uma estrutura totalmente afetada, isso se dá por conta do efeito de inibição da semente do mamão. Em relação ao aço que ficou submerso apenas na solução em meio corrosivo, como observa-se na figura 21 abaixo, o aço teve sua estrutura totalmente corroída.

Figura 21. Solução de HCl do aço 5.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Em seguida, os aços retirados das soluções foram comparados visualmente, como mostra a figura 22.

Figura 22. Aços comparados da solução de mamão e da solução com apenas meio ácido.

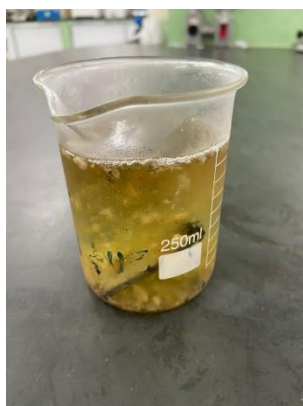


Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Nas figuras 23 e 24, citadas a seguir, é possível observar os pedaços de aço 3 e 4 que foram imersos em soluções de extrato de carqueja e ácido clorídrico (HCl) a 0,25 mol/L, também por um período de 2 semanas.

Na figura 23, a solução foi realizada com 20g/L de extrato da planta carqueja em 150ml de ácido clorídrico, sendo ela a menor concentração dos 2 testes relacionados à eficiência de inibição da planta carqueja. O aço utilizado para essa solução foi o aço 3.

Figura 23. Solução de HCl com extrato de carqueja de 20g/L em 150ml (amostra 3).



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Na figura 24 abaixo, a solução foi realizada com 40g/L de extrato da planta carqueja em 50mL de ácido clorídrico, sendo ela a maior concentração dos 2

testes relacionados à eficiência de inibição desta planta. O aço utilizado para essa solução foi o aço 4.

Figura 24. Solução de HCl com extrato de carqueja de 40g/L em 50mL (amostra 4).



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

A seguir as figuras 25 e 26, observadas abaixo, retratam os pedaços de aços após o período de duas semanas. Os aços imersos nas soluções de carqueja foram retirados analisados visualmente, não apresentando inicialmente nenhuma mudança visual, porém depois de alguns dias observou-se que houve a formação de uma camada de óxido na superfície devido ao contato com o oxigênio.

Figura 25. Solução de HCl com extrato de carqueja do aço 3.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Figura 26. Solução de HCl com extrato de carqueja do aço 4.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Após a análise dos aços das figuras 25 e 26, notou-se que eles não resultaram em uma estrutura totalmente afetada, isso se dá por conta do efeito de

inibição da planta carqueja, já demonstrando-se eficaz quanto a isso. Em seguida, os aços retirados das soluções foram comparados visualmente, como mostra a figura 27.

Figura 27. Aços comparados da solução de carqueja e da solução sem inibidor.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

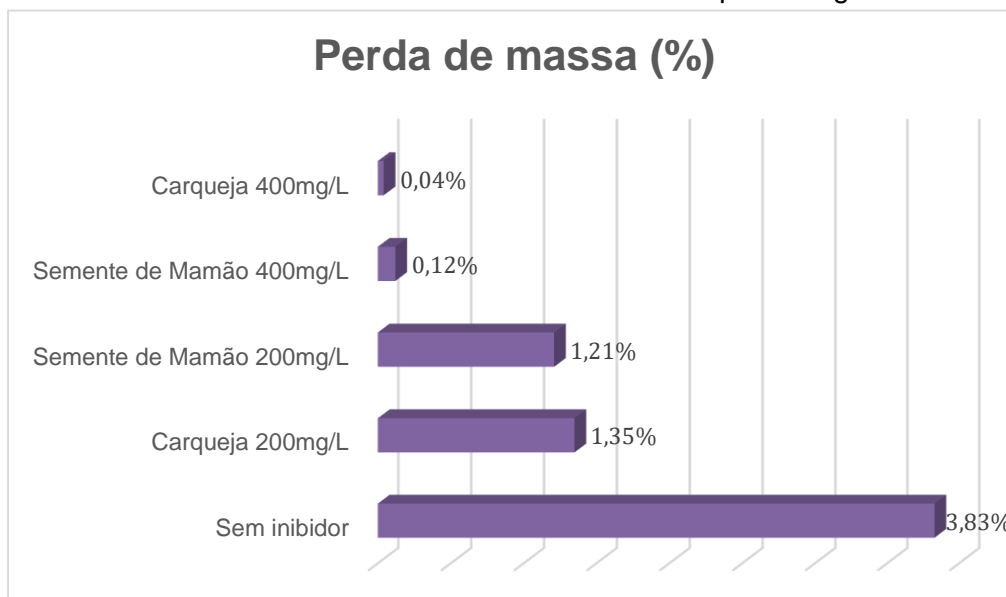
Após esse intervalo, as amostras foram retiradas do meio e pesadas novamente na balança semi-analítica, registrando-se a perda de massa devido à corrosão. A variação da massa dos aços imersos nas soluções ácidas, tanto com quanto sem o inibidor, está ilustrada na tabela 3 e no gráfico 1.

Tabela 3. Perda de massa das amostras.

<b>Concentração dos inibidores (mg/L)</b>	<b>Perda de massa (g)</b>	<b>Perda de massa (%)</b>
Sem inibidor	1,01g	3,83%
Carqueja 200mg/L	0,77g	1,35%
Semente de Mamão 200mg/L	0,59g	1,21%
Semente de Mamão 400mg/L	0,06g	0,12%
Carqueja 400mg/L	0,02g	0,04%

Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Gráfico 1. Perda de massa das amostras em porcentagem.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

É possível notar que a presença do inibidor resultou em uma redução significativa na perda de massa das amostras, enquanto as soluções com maior concentração de inibidor apresentaram as menores perdas do peso dos aços, como evidencia o gráfico 1, mostrando assim um resultado satisfatório.

#### 4.7. RESULTADOS OBTIDOS

A fim de calcular a eficiência do inibidor, foi utilizada a seguinte equação, como mostra a figura 28, de acordo com a norma ASTM G31-72 (Teste de Corrosão por Imersão de Metais).

Figura 28. Equação para o cálculo da eficiência.

$$\text{Eficiência de inibição} = \left( \frac{W_a - W_p}{W_a} \right) \times 100$$

Fonte: (Ferreira et al., 2018).

Na equação,  $W_a$  denota a perda de massa no experimento sem o uso de inibidor, enquanto  $W_p$  refere-se à perda de massa no experimento em que o inibidor está presente, também em gramas (Ferreira et al., 2018). Com base nesses

dados, foram determinadas as taxas das eficiências de inibição do aço carbono 1020 imerso nos meios já mencionados. Após os cálculos foram obtidos os seguintes resultados expressos na tabela 4.

Tabela 4. Eficiência de inibição dos extratos.

<b>Concentração dos inibidores (mg/L)</b>	<b>Eficiência de inibição</b>
Carqueja 200mg/L	23,76%
Semente de Mamão 200mg/L	41,58%
Semente de Mamão 400mg/L	94,05%
Carqueja 400mg/L	98,01%

Fonte: (Dos próprios autores, 2024).

Dessa forma, percebeu-se que as soluções com maiores porcentagens de eficiência foram também as de maiores concentrações do extrato, sendo elas, respectivamente, a de carqueja 400mg/L e a de semente de mamão 400mg/L.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, os extratos obtidos das sementes de mamão papaia e das folhas de carqueja, preparados pelo método de infusão, demonstraram ser eficazes como inibidores naturais da corrosão do aço-carbono 1020 em meio ácido clorídrico  $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ . Isso foi comprovado ao realizar uma análise comparativa entre a quantidade de massa perdida do aço carbono 1020 em meio ácido sem nenhum inibidor de corrosão e a quantidade de massa perdida nele em meio ácido com as soluções de carqueja e de semente de mamão.

Assim, pode-se concluir que o objetivo principal deste trabalho — que era inibir a corrosão do aço carbono 1020 por meio de soluções com extrato naturais e sustentáveis ao meio ambiente — foi alcançado. A comprovação do êxito está na observação dos dados obtidos, os quais indicaram que todas as soluções contendo os extratos vegetais foram eficazes no combate à corrosão. Dentre elas, a solução de extrato de carqueja com concentração de 400 mg/L foi a que apresentou o maior potencial anticorrosivo. Isso deve-se ao fato de que, ao submeter um pedaço de aço carbono a uma solução de ácido clorídrico (HCl)  $0,25 \text{ mol/L}$  por um período de 2 semanas, a perda de massa foi de apenas 0,04% na solução com extrato de carqueja.



Por outro lado, o outro pedaço de aço carbono submerso na mesma solução de HCl, sem nenhum extrato, sofreu uma perda de 3,83%.

Observou-se, também, que o aumento da concentração dos extratos resultou em uma maior eficiência de inibição (%), com um valor máximo de 98,01% para a concentração de 400 mg L<sup>-1</sup>. Portanto, estipula-se que quando a concentração dos extratos aumenta, a eficiência na inibição da corrosão tende a crescer, porque há uma maior quantidade de compostos ativos disponíveis. Em hipótese, esses compostos se espalham sobre a superfície do aço-carbono, formando uma camada protetora que dificulta o contato direto do metal com o ácido e, devido a isso, com mais compostos presentes, essa camada se torna mais espessa e eficaz, impedindo que o metal entre em contato direto com o meio corrosivo a qual exposto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIACANNA. **A diferença entre oxidação de metais, ferrugem e corrosão;** Copper Metal, 2023. Disponível em: <<https://www.coppermetal.com.br/oxidacao-de-metais/>>. Acesso em: 29 ago. 2024

ALVARO, J. **Ácido clorídrico possui ampla aplicação industrial.** Química.com.br, 2013. Disponível em: <<https://www.quimica.com.br/acido-cloridrico-possui-ampla-aplicacao-industrial/>>. Acesso em: 29 ago. 2024.

BERTENE, L. **Propriedades do aço SAE AISI 1020, resistência ao escoamento do aço carbono C1020;** Compraco,2024. Disponível em: <<https://compraco.com.br/blogs/especificacoes-do-aco/propriedades-do-aco-sae-aisi-1020-resistencia-ao-escoamento-do-aco-carbono-c1020-equivalente>>. Acesso em 21 jun. 2024.

BOSSU, C.; FERREIRA, E.; NOGUEIRA, R. **Determinação de tanino hidrolisável empregando análise por injeção em fluxo.** Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/47709/4/PROCIARAN2006.00215.PDF>>. Acesso em: 6 out. 2024.

BRASIL ESCOLA. **Ácido clorídrico.** Brasil Escola, [2024? ]. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/Acido-cloridrico.htm>. Acesso em: 29 ago. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Farmacopeia brasileira.**5. ed. Brasília: Anvisa, 2v/il. 5 ed. 718-723, 852p 2010. Acesso em 06 de julho de 2024.

CALLADO, Lucas. **Inibidores de corrosão naturais: uma comparação com substâncias de uso comercial.** 2018. 104 f. Projeto Final (Bacharelado em Engenharia Química). - Departamento de Engenharia Química e Petróleo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018. Acesso em 08 de dezembro de 2024.

CARDOSO, S. *et al.* **Avaliação do uso de espécies da flora brasileira para prevenção da corrosão do aço-carbono em meio ácido: uma revisão.** Química Nova , v. 5, pág. 756-760, 2005. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422005000500004>> . Acesso em: 8 dez. 2024.

CASTEJON, F. **Taninos e saponinas.** Anais do seminário de pesquisa da UFG, Goiânia, 2011. Disponível em: <[https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/semi2011\\_Fernanda\\_Castejon\\_1c.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/semi2011_Fernanda_Castejon_1c.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2024

CETESB. **Ácido clorídrico.** São Paulo: CETESB, 2020. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/A%CC%81cido-clori%CC%81drico.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2024.

DAMBORENEA, J *et al.* **Corrosion inhibition with rare earth metal compounds in aqueous solutions.** Rare Earth-Based Corrosion Inhibitors, p. 84–116, 2014. Science Direct. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780857093479500035?via%3Dihub>>. Acesso em: 8 dez. 2024.

DARLING, D., RAKSHPAL, R. **Green chemistry applied to corrosion and scale inhibitor;** U.S. Department of Energy Office of Scientific and Technical, Information Materials Performance (NACE), vol 37, n° 12, 1998, p 42-45. Acesso em 28 de junho de 2024.

ENGENHEIRO DE MATERIAIS. **As formas de corrosão.** [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://engenheirodemateriais.com.br/2017/04/26/as-formas-de-corrosao/#:~:text=Corros%C3%A3o%20por%20placas%3A%20Esse%20tipo,espessura%20pela%20a%C3%A7%C3%A3o%20da%20gravidade.>>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

FERNANDES, M. **Da produção à aplicação de ácidos fortes.** São Carlos: UFSCar, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/13000/Mirella%20Fernandes%20-%20Da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1cidos%20fortes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 29 ago. 2024.

FERRAZ, A. **Tipos de corrosão: Saiba diferenciar cada processo corrosivo;** ABC Ferraz, 2023. Disponível em: <<https://abcferraz.com.br/tipos-de-corrosao/>>. Acesso em 08 de dezembro de 2024.

FERREIRA, B. *et al.* **Inibição da corrosão do aço carbono empregando extrato de semente de mamão formosa;** Copyright 2018, ABRACO. Disponível em: <[https://abraco.org.br/src/uploads/intercorr/2018/INTERCORR2018\\_093.pdf](https://abraco.org.br/src/uploads/intercorr/2018/INTERCORR2018_093.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2024.

FERREIRA, M. L. *et al.* **Análise da eficácia de métodos para a remoção de íons metálicos em água.** Revista de Materiais, v. 22, n. 2, p. 45-56, 2024. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rmat/a/mQFHQ7FSRwMDGJ43nJSmRdH/>>. Acesso em: 29 ago. 2024.

GENTIL, V. **Corrosão: fundamentos e aplicações. 3.ed.** Rio de Janeiro: LTC, 1996. Discussão sobre inibidores orgânicos e suas propriedades no contexto de corrosão metálica. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/B978-044452787-5>> . Acesso em: 8 dez. 2024.

HEIDEN, G. *et al.* **Comercialização de carqueja por ervateiros da zona central de Pelotas,** Rio Grande do Sul. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 6, n. 2, p. 50-57, 2006.

KODAMA, Lucas *et al.* **Investigação e caracterização de produtos naturais como inibidores de corrosão atóxicos para aço carbono em meio de ácido clorídrico;**

Escola Politécnica Da Universidade São Paulo. Disponível em: <<https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/9c62cfbe-1294-412b-8982-e2aca32bd053/ArthurLKodama.pdf>>. Acesso em: 7 dez. 2024.

LIMA, M. G. **Inibidores de corrosão: avaliação da eficiência frente a corrosão de armaduras provocada por cloretos.** 1996. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. Acesso em: 25 abr. 2024.

MACIEL, J. **Estômago: qual a função, ph ácido e suco gástrico.** Quero Bolsa, [2024? ]. Disponível em: <<https://querobolsa.com.br/enem/biologia/estomago/>>. Acesso em: 29 ago. 2024.

MAIA, M. F. **Propriedades biológicas das sementes da papaia (*Carica papaya L.*): Valorização de um resíduo alimentar.** Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Ciências da Nutrição) - Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2017. Disponível em: <[https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/7565/1/TC\\_29210.pdf](https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/7565/1/TC_29210.pdf)>. Acesso em: 28 nov. 2024.

MARCOLINO, J. B., COSTA, E. M. VECCHIA, F. D. **Avaliação do potencial de utilização do tanino vegetal da acácia negra como inibidor de corrosão de aço carbono em presença de CO<sub>2</sub> supercrítico.** Anais do Congresso Brasileiro de Corrosão (INTERCORR), 2012. Disponível em: <[https://abraco.org.br/src/uploads/intercorr/2012/INTERCORR2012\\_184.pdf](https://abraco.org.br/src/uploads/intercorr/2012/INTERCORR2012_184.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2024.

MAXWELL. **3 FORMAS DE CORROSÃO;** puc-rio, 1996. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/20714/20714\\_4.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/20714/20714_4.PDF)>. Acesso em: 07 de dezembro de 2024.

MESQUITA, Mércia da Silva. **Estudo do potencial nutricional e bioativo das sementes e encapsulação por spray drying dos extratos de sementes de mamão (*Carica papaya L.*) formosa.** 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2021. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74132/tde-29112021-111047/>>. Acesso em: 29 nov. 2024.

MONTEIRO, J. M., ALBUQUERQUE, U. P, ARAÚJO, E. L. **Taninos: Uma abordagem da química à ecologia.** EMBRAPA CEPA, Curitiba, v. 23, n. 2, p. 435-462, 2005. Disponível em: <<file:///C:/Users/cliente/Downloads/masson,+15+GUSTAVO+SAAVEDRA-EMBRAPACE435-462.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2024.

NATUREMED. **Carqueja: Benefícios, Como Tomar e Onde Comprar.** [S.l.], 2022. Disponível em: <[https://naturemed.com.br/noticia/carqueja?srsltid=AfmBOopfuFxlZ\\_\\_35iWTdfqAg3TdiY\\_NX6Dgk3U7\\_EszCdH3o8VZfEvU](https://naturemed.com.br/noticia/carqueja?srsltid=AfmBOopfuFxlZ__35iWTdfqAg3TdiY_NX6Dgk3U7_EszCdH3o8VZfEvU)>. Acesso em: 29 ago. 2024.

NEGM, N. A.; YOUSEF, M. A.; TAWFIK, S. M. **Impact of Synthesized and Natural Compounds in Corrosion Inhibition of Carbon Steel and Aluminium in Acidic**

**Media.** Recent Patents on Corrosion Science, Bentham Science Publishers, 2013. Acesso em 28 de junho de 2024.

OLIVASDIGITAL. **Mamão ajuda trânsito intestinal e a controlar colesterol;** veja benefícios. Disponível em: <<https://abeso.org.br/mamao-ajuda-transito-intestinal-e-a-controlar-colesterol-veja-beneficios/>>. Acesso em 06 de out. De 2024.

OLIVEIRA, A. R. **Corrosão e tratamento de superfície.** Paraná: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2012. Disponível em: <[https://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo\\_ctrl\\_proc\\_indust/tec\\_metal/corr\\_trat\\_superf/161012\\_corr\\_trat\\_superf.pdf](https://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_metal/corr_trat_superf/161012_corr_trat_superf.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2024.

PONTE, A. A. **Fundamentos da corrosão.** Paraná: UFPR, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.gea.ufpr.br/arquivos/lea/material/Fundamentos%20da%20Corrosao.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2024.

PROPEQ. **Inibidores de corrosão: o que são e quais os seus tipos?;** propeq, 2023. Disponível em: <<https://propeq.com/inibidores-de-corrosao-o-que-sao-e-quais-os-seus-tipos/>>. Acesso em 05 de outubro de 2024.

RICHAU, Caroline. **Guia de campo para o Jardim Sensorial do Jardim Botânico do Rio de Janeiro-** Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <[https://www.decb.uerj.br/arquivos/monografias/Monografia%20Caroline%20S%20Ri%20chou\\_VERSAO%20FINAL\\_%20site%20DECB.pdf](https://www.decb.uerj.br/arquivos/monografias/Monografia%20Caroline%20S%20Ri%20chou_VERSAO%20FINAL_%20site%20DECB.pdf)> . Acesso em 08 de dezembro de 2024.

ROCHA, J; GOMES, J.; **Inibidores de corrosão naturais - Proposta de obtenção de produtos ecológicos de baixo custo a partir de resíduos industriais.** Matéria (Rio de Janeiro), v. 22, 8 jan. 2018. Acesso em 04 de julho de 2024.

RODOAÇOS. **Aço Carbono 1020: Uma Fundação de Resistência e Versatilidade;** Rodoaços, 2024. Disponível em: <<https://rodoacos.com.br/2024/05/28/aco-carbono-1020-uma-fundacao-de-resistencia-e-versatilidade/>>. Acesso em 20 jun. 2024.

ROSÁRIO, H. F.; **Caracterização de farinhas de sementes de mamão papaia e formosa.** Trabalho de Conclusão de Graduação (Engenharia Química) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2019.

SACCHELLI. **Aço Carbono; Aço SAE 1020.** Disponível em: <<https://sacchelli.com.br/aco-sae-1020/#:~:text=O%20a%C3%A7o%201020%20%C3%A9%20um>>. Acesso em: 24 maio. 2024.

SILVA, A. **Apresentação 10: ÁCIDO CLORÍDRICO.** São Paulo: USP, [2024? ]. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6697466/mod\\_resource/content/1/Apresentacao%2010%20Acido%20cloridrido.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6697466/mod_resource/content/1/Apresentacao%2010%20Acido%20cloridrido.pdf)>. Acesso em: 29 ago. 2024.

SILVA, Antônio. **Apresentação 09: ÁCIDO CLORÍDRICO**; Moodle USP: e-Disciplinas, 2021. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6697466/mod\\_resource/content/1/Apresentacao%20Acido%20cloridrido.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6697466/mod_resource/content/1/Apresentacao%20Acido%20cloridrido.pdf)>. Acesso em: 7 dez. 2024.

SILVA, M. R., SILVA, M. A. A. P. **Aspectos nutricionais de fitatos e taninos**. Faculdade de Nutrição, Campinas, 1999. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rn/a/JhbqGzKBsLfVq5ym7XRGLMt/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 26 nov. 2024

SOARES, E. **Estudo de um sistema de controle para um processo de polimerização em leite fluidizado**. São Carlos: UFSCar, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/7288/DissEGAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 29 ago. 2024.

SOUZA, P. D. C., MENEZES, P. L. F., LINS, V. F. C., CAPELOSSI, V. R. **Evaluation of the use of species of Brazilian flora to inhibit corrosion of carbon steel in acidic medium: a review**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rmat/a/sMhKKdXtxr8q5vHNSSDCwkL/?format=pdf&lang=en>>. Acesso em: 20 nov. 2024

TORRES, V. V. *et al.* **Ação inibidora de extratos da semente do mamão papaia na corrosão do aço-carbono 1020 em HCL 1 mol L<sup>-1</sup>**. Química Nova, v. 39, p. 423–430, 1 maio 2016. Acesso em: 18 abr. de 2024.

TORRES, V. V. *et al.* [s.l: s.n.]. **Estudo do extrato da semente de mamão papaia (Carica papaya) como inibidor de corrosão para o aço-carbono 1020 em meio ácido**. Disponível em: <[https://abraco.org.br/src/uploads/intercorr/2014/INTERCORR2014\\_261.pdf](https://abraco.org.br/src/uploads/intercorr/2014/INTERCORR2014_261.pdf)>. Acesso em: 6 out. 2024.