

Avaliação de Redutores de Corrosão por H₂S em Aço Inoxidável: uma Implicação Industrial

Lucas Antonio da Silva de Jesus¹

<https://orcid.org/0009-0003-9306-4635>

RESUMO

Estruturas metálicas estão sujeitas a processos de degradação, destacando-se a corrosão como um dos principais mecanismos de falha, no contexto industrial, o sulfeto de hidrogênio (H₂S) constitui um dos agentes corrosivos mais agressivos, afetando não apenas a integridade dos equipamentos, mas também representando riscos à saúde ocupacional e ao meio ambiente. Este trabalho consiste em uma revisão de literatura com o objetivo de analisar os efeitos corrosivos do H₂S em peças metálicas, especialmente de aço inoxidável, e de investigar estratégias eficazes para mitigação desses efeitos. A abordagem inclui o estudo de tecnologias de prevenção e controle da corrosão, tais como inibidores químicos, bioinibidores e revestimentos protetores. A escolha da metodologia de proteção mais adequada depende do tipo de corrosão envolvida e do grau de comprometimento do material. A implementação de medidas eficientes de controle da corrosão impacta diretamente na vida útil dos equipamentos industriais e na economia das empresas, promovendo redução de custos operacionais e aumento da confiabilidade dos processos. Diante disso, observa-se um crescente investimento por parte da indústria em pesquisas e desenvolvimento de soluções inovadoras para o monitoramento e prevenção da corrosão em ambientes agressivos.

Palavras-chave

Corrosão H₂S; Aço inoxidável; Redutores; Inibidores; Bioinibidores

Evaluation Of H₂S Corrosion Reducers In Stainless Steel: An Industrial Implication

ABSTRACT

Metallic structures are subject to degradation processes, with corrosion standing out as one of the main failure mechanisms. In the industrial context, hydrogen sulfide (H₂S) is one of the most aggressive corrosive agents, affecting not only the integrity of equipment, but also representing risks to occupational health and the environment. This work consists of a literature review with the objective of analyzing the corrosive effects of H₂S on metallic parts, especially stainless steel, and investigating effective strategies to mitigate these effects. The approach includes the study of corrosion prevention and control technologies, such as chemical inhibitors, bioinhibitors and protective coatings. The choice of the most appropriate protection methodology depends on the type of corrosion involved and the degree of damage to the material. The implementation of efficient corrosion control measures directly impacts the useful life of industrial equipment and the economy of companies, promoting reduction of operating costs and increased process reliability. In view of this, there is growing investment by the industry in research and development of innovative solutions for monitoring and preventing corrosion in aggressive environments.

Keywords

H₂S Corrosion; Stainless Steel; Reducers; Inhibitors; Bioinhibitors

Submetido em: 07/07/2025 – Aprovado em: 21/07/2025 – Publicado em: 21/07/2025

¹ Engenharia Química, UFRN, RN, lucasantonio.eq@gmail.com



1 INTRODUÇÃO

O gás sulfeto de hidrogênio (H_2S), também conhecido como gás sulfídrico ou sulfidreto, é caracterizado por seu odor penetrante e desagradável, frequentemente comparado ao cheiro de ovos em decomposição. Sua presença no ambiente representa riscos significativos à fauna e à flora devido à sua toxicidade. No contexto industrial, o H_2S pode reagir e originar dióxido de enxofre (SO_2), um composto altamente poluente, de elevada toxicidade e conhecido por intensificar processos corrosivos, especialmente quando presente em concentrações elevadas (MANIER; VIOLA, 2005).

O sulfeto de hidrogênio (H_2S) é um gás que pode ser gerado tanto por fontes naturais quanto por atividades antrópicas, especialmente aquelas relacionadas a processos industriais. Em ambientes naturais, sua presença está associada a emissões vulcânicas, águas subterrâneas, depósitos de gás natural, fontes termais sulfurosas, áreas pantanosas e à ação de microrganismos anaeróbios responsáveis pela decomposição de matéria orgânica, como vegetais e proteínas de origem animal (MAINIER et al., 2007).

O H_2S é um gás altamente tóxico, caracterizado por seu odor pungente e penetrante. Sua inalação pode afetar diretamente o sistema nervoso central, além de causar lesões nos olhos e no trato respiratório. A intoxicação por H_2S pode ser classificada em aguda, subaguda ou crônica, dependendo de fatores como a concentração do gás no ambiente, o tempo e a frequência da exposição, bem como a susceptibilidade individual do organismo (LINS et al., 2005).

A corrosão tem se consolidado como um dos principais temas de investigação e discussão no meio científico e industrial, especialmente no que se refere aos seus agentes causadores, às consequências operacionais e aos métodos de mitigação e reparo em sistemas industriais. Dentre os agentes corrosivos mais significativos no ambiente fabril destaca-se o sulfeto de hidrogênio (H_2S), um gás amplamente utilizado em processos industriais, principalmente nas áreas de refino de petróleo e na indústria petroquímica. Devido às suas propriedades químicas agressivas, o H_2S é responsável por acelerar significativamente os processos de degradação de materiais metálicos, além de representar riscos adicionais associados à toxicidade e à geração de subprodutos danosos (VAKILI, 2024).

A corrosão, popularmente conhecida como "ferrugem", refere-se aos fenômenos naturais que degradam materiais, especialmente metais. Esse processo pode levar à deterioração parcial ou total desses materiais, afetando tanto sua aparência quanto sua integridade estrutural. Em ambientes industriais, a corrosão é frequentemente observada em equipamentos como tubulações de aço inoxidável, representando um desafio significativo para a engenharia e a ciência dos materiais. Diante disso, a humanidade tem investido no desenvolvimento de técnicas avançadas para proteger essas estruturas e prolongar sua vida útil (GENTIL, 2011).

A deterioração de materiais metálicos é intensificada principalmente por dois processos: a corrosão eletroquímica e a oxidação direta. A primeira ocorre na presença de umidade, seja água ou soluções aquosas que atuam como eletrólito, como observado em armaduras de aço. Já a segunda surge da interação entre os átomos do metal e o oxigênio, caracterizando-se como uma reação gás-metal ou íon-metal. Estudos indicam que a oxidação direta progride rapidamente em altas temperaturas, enquanto em condições ambientais seu avanço é significativamente mais lento (HELENE, 1993).

O aço inoxidável possui uma composição química que favorece a formação de uma camada de óxido superficial, na qual apresenta propriedades autorregenerativas devido à sua capacidade de disponibilizar oxigênio, conferindo proteção contra processos corrosivos. No entanto, embora esse material exiba elevada resistência à corrosão, não é completamente imune à degradação oxidativa em determinados ambientes agressivos. Em contrapartida, metais não ferrosos demonstram suscetibilidade significativa ao sulfeto de hidrogênio (H_2S), com efeitos potencialmente mais severos do que em ligas ferrosas. Essa vulnerabilidade pode resultar em danos generalizados a componentes críticos, como reguladores de pressão, medidores de fluxo de gás, sistemas valvulados e até mesmo em carcaças de motores operando em atmosferas sulfurosas (MARCOLIN, 2014).

Diante dos prejuízos causados pela corrosão, a ciência tem buscado soluções eficazes, destacando-se os inibidores de corrosão, os bioinibidores e os revestimentos – tecnologias capazes de reduzir em até 95% a velocidade das reações corrosivas. Esses compostos atuam como barreiras químicas ou físicas, inibindo ou mesmo interrompendo o processo de degradação metálica quando aplicados em condições adequadas. A aplicação de inibidores de corrosão é uma prática consolidada no setor industrial, sendo a seleção do tipo adequado determinada pelos objetivos específicos do processo: seja para inibir, retardar ou mesmo eliminar a ação do agente corrosivo. Isso ocorre porque a função primordial desses compostos é estabelecer uma camada protetora entre o metal e o eletrólito, minimizando a degradação do material (ARCHANJO, 2007).

Este trabalho tem como objetivo estudar os processos corrosivos causados pelo sulfeto de hidrogênio (H_2S) em aço inoxidável, buscando compreender seus mecanismos de ação e apresentar formas eficazes de prevenção e controle. Para isso, foi realizada uma análise detalhada das propriedades químicas do H_2S e de seu comportamento corrosivo, com especial atenção aos efeitos sobre peças de aço inoxidável. Além disso, o estudo também se propõe a descrever as características do H_2S e seu potencial para causar corrosão em ambientes industriais, explicando como esse gás age sobre os metais e quais fatores como umidade, temperatura e composição do material influenciam nesse processo. E como objetivo principal, são apresentadas recomendações práticas para minimizar os danos causados pelo H_2S em máquinas e equipamentos industriais, com o intuito de aumentar sua vida útil e garantir maior segurança nas operações.

Através dessa abordagem, a pesquisa contribui para uma melhor compreensão dos riscos associados ao H₂S e oferece subsídios para o desenvolvimento de estratégias mais eficientes no combate à corrosão em sistemas industriais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A geração de sulfeto de hidrogênio (H₂S) depende da disponibilidade de fontes de enxofre, como sulfatos solúveis (SO₄²⁻) presentes em sedimentos marinhos, sulfato de cálcio (CaSO₄) ou sulfato de bário (BaSO₄). Em ambientes vulcânicos, o H₂S e o enxofre são liberados por meio da decomposição térmica e/ou vaporização de minerais sulfatados sob temperaturas extremamente elevadas. No contexto industrial, a presença do H₂S está associada a processos como extração química, tratamento de efluentes, lavagem de gases ácidos, fermentações e decapagens ácidas. Esses mecanismos destacam a diversidade de vias pelas quais esse composto pode ser formado e liberado no meio ambiente (MAINIER; VIOLA, 2005).

As propriedades físico-químicas desse elemento, substância ou produto são fundamentais para definir sua natureza intrínseca. Nesse contexto, o Quadro 2 apresenta as principais características do gás sulfídrico (H₂S), bem como os parâmetros de segurança estabelecidos para seu manuseio, conforme destacado por Mainier et al. (2007).

Quadro 1 – Características físicas, químicas e de segurança do H₂S.

Estado físico²	Gasoso
Peso molecular	34,08
Gravidade específica (em relação ao ar) ²	1,192
Cor ²	Incolor
Odor ²	Característico de ovos podres
pH ³	Não aplicável
Temperaturas específicas ou faixas de temperatura nas quais ocorrem mudanças de estado físico	
Ponto de ebulição ²	-62°C
Ponto de congelamento ²	-82,8°C
Temperatura de autoignição ²	290°C
Ponto de fulgor ²	Não determinado
Limite de explosividade ²	LIE 4%
	LSE 44%
(TWA) 8 horas de concentração média ponderada ¹	10ppm
(STEL) 15 minutos de exposição média ponderada ¹	15ppm
Concentração perigosa à vida e a saúde (IPVS) ¹ (OSHA) ¹	300ppm
Densidade ²	1,46kg/m ³ a 21°C e 1atm

Densidade do gás no ponto de ebulição	915kg/m ³
Pressão de vapor ²	1840kPa (21°C e 1atm)

Fonte: OSHA (2002)¹; Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico²

Os aços inoxidáveis são ligas metálicas compostas principalmente por ferro (Fe), carbono (C) e cromo (Cr), sendo necessário um teor mínimo de 10,50% de Cr para garantir sua resistência à corrosão. Sua classificação pode ser feita com base em dois critérios distintos: composição química ou microestrutura predominante em temperatura ambiente. Quando considerada a composição, a categorização leva em conta os elementos que definem suas propriedades. Já a classificação microestrutural aplica-se exclusivamente aos aços inoxidáveis, dividindo-os em quatro grupos principais: austeníticos, ferríticos, ferríticos-austeníticos (também conhecidos como duplex) e martensíticos (GENTIL, 2011). Essa distinção é essencial para determinar suas aplicações industriais e desempenho em diferentes condições.

A corrosão consiste em um processo de degradação metálica que ocorre predominantemente em superfícies, podendo manifestar-se de diferentes maneiras. Compreender tais mecanismos é essencial para elucidar os fenômenos envolvidos nesse tipo de deterioração. A corrosão pode ser avaliada a partir de suas características visuais, origens e processos envolvidos. Sua manifestação varia conforme a morfologia do ataque, os fatores desencadeantes (como esforços mecânicos – tensão, fadiga ou erosão) e as propriedades do meio corrosivo. Além disso, a localização do dano – seja por pites, de modo uniforme, ou ao longo dos contornos de grão (intergranular/transgranular) – também serve como critério distintivo (HELENE, 1993; GENTIL, 2011).

O sulfeto de hidrogênio (H₂S) promove a corrosão de materiais, ocasionando a deterioração progressiva ou generalizada de suas superfícies e componentes estruturais. Esse fenômeno ocorre devido a reações químicas, processos eletroquímicos ou à interação sinérgica entre esses mecanismos e esforços mecânicos. O H₂S desencadeia corrosão química quando entra em contato com metais em um ambiente eletrolítico. Em sua forma anidra, o gás reage diretamente com o material, sem a necessidade de água ou troca de elétrons. Após adsorver-se na superfície, o H₂S provoca um ataque químico, gerando uma película de sulfeto. Condições como altas concentrações de H₂S, temperaturas elevadas e pressão excessiva aceleram significativamente a degradação do metal. (MAINIER et al., 2007).

A corrosão eletroquímica induzida pelo H₂S surge quando um metal entra em contato com um meio eletrolítico, permitindo a ocorrência simultânea de reações anódicas e catódicas. Esse fenômeno opera sob o mesmo princípio de uma célula galvânica, em que o cátodo (polo positivo) e o ânodo (polo negativo) interagem eletroquimicamente. Conforme descrito por Mainier e Rocha (2003), quando o ânodo (por exemplo, um recipiente de zinco) é conectado ao cátodo (como uma barra de grafite), estabelece-se um fluxo de corrente, resultando na oxidação progressiva do zinco até a perfuração do material.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste artigo foi desenvolvida a partir de uma revisão bibliográfica sistemática, com o objetivo de avaliar os métodos de redução da corrosão por sulfeto de hidrogênio (H_2S) em aços inoxidáveis. Para garantir uma análise abrangente e atualizada, foram selecionados artigos científicos, patentes, normas técnicas e relatórios industriais publicados entre 2010 e 2024, priorizando estudos que apresentassem dados experimentais claros sobre a eficácia de diferentes redutores de corrosão. A busca foi realizada em bases de dados como *ScienceDirect*, *Scopus*, *IEEE Xplore*, *SpringerLink* e *ACS Publications*, além de repositórios técnicos como *Google Scholar* e *ResearchGate*, e plataformas de normas técnicas como ASTM e NACE. As palavras-chave utilizadas incluíram termos como "*H₂S, corrosion, inhibitors, stainless steel*", "*sulfide, stress, corrosion, cracking, prevention*" e "*hydrogen, sulfide, corrosion, mitigation industrial*", garantindo a abrangência da pesquisa.

Os critérios de inclusão adotados priorizaram estudos que abordassem especificamente a corrosão por H_2S em aço inoxidável, com ênfase em inibidores químicos, bioinibidores e revestimentos protetores, além de dados quantitativos sobre taxas de corrosão e porcentagem de inibição. A análise dos dados coletados permitiu categorizar os redutores de corrosão em três grupos principais: inibidores químicos (como aminas, fosfonatos e molibdatos), bioinibidores (como bactérias redutoras de sulfeto) e revestimentos protetivos (incluindo polímeros e cerâmicos). Além disso, foram avaliados os mecanismos de ação de cada método, sua eficiência em diferentes condições industriais e os possíveis impactos econômicos e ambientais de sua aplicação. A metodologia adotada neste estudo permitiu uma avaliação detalhada das estratégias disponíveis para mitigar a corrosão por H_2S em aços inoxidáveis, destacando suas vantagens, limitações e potencial de aplicação industrial. A combinação de uma revisão bibliográfica rigorosa com a análise crítica dos dados coletados fornece uma base sólida para discussões sobre otimização de processos industriais e desenvolvimento de novas tecnologias anticorrosivas.

4 RESULTADOS

4.1 Inibidores de Corrosão

Em unidades industriais, a aplicação de inibidores de corrosão torna-se indispensável em áreas críticas, onde há intensa degradação de materiais devido ao fluxo de produtos químicos agressivos. Essa estratégia não apenas protege a infraestrutura, mas também possibilita a escolha de ligas metálicas mais acessíveis financeiramente para a fabricação de equipamentos (SOLMAZ, 2014). Para que um inibidor de corrosão atue de maneira eficiente, é essencial considerar uma série de variáveis independentes como pH, peso molecular, temperatura, pressão e velocidade do fluido desempenham um papel determinante na eficácia do produto.

Outro ponto crucial é o estabelecimento da concentração ideal para inibição da corrosão, bem como as condições de armazenamento, já que ambos os aspectos impactam diretamente os resultados esperados pela indústria (FERNANDES, 2016).

Os inibidores podem ser classificados em duas categorias principais, baseadas em suas propriedades químicas como inorgânicos e orgânicos. Além disso, também podem ser agrupados de acordo com seu mecanismo de proteção, sendo divididos em anódicos, catódicos, mistos ou por adsorção. Uma subclassificação adicional diferencia os inibidores anódicos em oxidantes e não oxidantes (ARCHANJO, 2007).

Os inibidores anódicos atuam promovendo a passivação da superfície de ligas metálicas, inibindo a reação anódica e formando uma camada protetora aderente ao substrato. Entre esses compostos, destacam-se os inibidores com propriedades oxidantes, como cromatos e nitritos, que induzem a formação de uma película. Estudos indicam que os cromatos apresentam desempenho superior devido à sua reação de redução, que gera um depósito sólido na superfície do metal. Essa camada, ao interagir com o ferro, origina um composto altamente eficaz na proteção contra corrosão (SOLMAZ, 2014).

Além disso, existem inibidores não oxidantes, como molibdatos, boratos, vanadatos e tungstanatos, que atuam por adsorção na superfície metálica, reduzindo a corrente crítica necessária para a passivação. No entanto, para que esse mecanismo seja eficiente, é fundamental que o inibidor anódico esteja presente em concentrações elevadas. Essa condição garante que a densidade de corrente catódica, no primeiro potencial de passivação, supere a densidade de corrente anódica crítica. Vale destacar que, quando aplicados em baixas concentrações, esses inibidores podem ter um efeito mais prejudicial do que sua completa ausência. Isso ocorre porque a cobertura superficial do metal se torna incompleta, favorecendo a formação de pites de corrosão (SANTOS, 2014).

O inibidor de corrosão catódico atua impedindo a reação catódica em ligas metálicas. Esse mecanismo ocorre devido à interação entre os íons metálicos presentes no inibidor e o meio alcalino, levando à precipitação de compostos insolúveis que se depositam sobre a superfície do metal, principalmente nas zonas catódicas. Como resultado, essa camada formada reduz a difusão de oxigênio e a transferência de elétrons, elevando a impedância da superfície protegida. Entre os compostos mais empregados nesse tipo de proteção estão os íons de magnésio, cálcio, zinco e níquel (FERNANDES, 2016).

4.2 Bioinibidores de Corrosão

Os inibidores são compostos ou combinações de substâncias que, em determinadas concentrações, atuam na superfície metálica exposta a ambientes corrosivos, reduzindo significativamente a taxa de corrosão associada ao meio. Já os bioinibidores, também chamados de inibidores verdes, destacam-se por sua biocompatibilidade com o meio ambiente, podendo ser classificados em orgânicos e inorgânicos.

Os bioinibidores orgânicos, como flavonoides e alcaloides, são compostos naturais extraídos de plantas que apresentam eficácia no controle da corrosão metálica em meios ácidos e alcalinos. Estudos demonstram que esses inibidores verdes atuam principalmente por meio de mecanismos de adsorção. Em condições de pH ácido, ocorre a transferência de elétrons para a superfície do metal, onde se adsorvem e formam uma camada protetora. Esse filme isolante impede o contato direto entre o substrato metálico e o meio corrosivo, especialmente por meio da interação com heteroátomos, como oxigênio, e carbonos presentes em ligações duplas (DANTAS, 2018).

Algumas substâncias oriundas de extratos vegetais podem incentivar a adsorção, onde os átomos de hidrogênio e carbono tornam possível a delimitação da corrosão. Todas as estruturas possuem átomos de hidrogênio e carbono desbalanceados dos anéis, que serão responsáveis pela adsorção à superfície do metal e, conseqüentemente, a formação do filme que reduz os efeitos da corrosão (ASADI, et al., 2018). No contexto da corrosão em meio aquoso, verificou-se que o clopidogrel apresenta uma notável ação anticorrosiva. Esse composto demonstra capacidade de adsorção preferencial sobre as superfícies metálicas, deslocando as moléculas de água e atuando como um eficiente inibidor de corrosão (Naseri et al. 2018).

O funcionamento do mecanismo de adsorção na superfície do metal em meio aquoso, acontece isolando, através da formação de uma película aderente e impermeável, o substrato do meio degradante que provoca a corrosão. Desta forma, entende-se que o modo de ação dos inibidores orgânicos sobre superfícies ferrosas expõe que a proteção é ocasionada pela adsorção do composto na superfície do metal. A adsorção é influenciada pelos locais de superfície onde as transferências de cargas se processam, os tipos de íons que pertencem ao eletrólito e a estrutura química do inibidor (AKROUT, et al., 2005).

4.3 Revestimento

Dentre os métodos de proteção à corrosão existentes, pode-se contar que os revestimentos fornecem: barreira de proteção; proteção catódica/sacrifícios (revestimentos requintados por zinco) e proteção inibitiva/passivação (revestimentos formulados com inibidores e/ou aditivos (SILVA, 2011).

Os revestimentos podem ser formados por meio da geração de películas de óxidos, hidróxidos e outros compostos, resultantes da reação entre metais (como alumínio, cromo, níquel e zinco) e os agentes oxidantes presentes no meio corrosivo. Alternativamente, esses revestimentos podem ser metálicos, aplicados sob a forma de partículas de metal líquido sobre uma superfície de aço previamente preparada (limpa e com rugosidade controlada). No mercado, os revestimentos compósitos se destacam por oferecer estabilidade dimensional em amplas faixas de temperatura, maior vida útil, elevada resistência dielétrica e baixa permeabilidade. No entanto, apesar dessas vantagens, o desempenho desses materiais ainda não está completamente caracterizado (Santos et al. 2014).

A garantia da qualidade nesse método anticorrosivo exige a adoção de precauções específicas e a aplicação de técnicas consagradas na área. O processo inicia-se com a preparação adequada da superfície, envolvendo limpeza minuciosa, remoção completa de contaminantes e eliminação de qualquer vestígio de umidade, etapas fundamentais para assegurar o desempenho esperado. Outro aspecto crítico é a utilização de revestimentos orgânicos formulados com concentrações otimizadas de pigmentos anticorrosivos, que conferem proteção adicional ao material. Igualmente importante é a seleção criteriosa de tintas contendo aditivos em quantidades balanceadas, os quais potencializam o efeito protetor. A combinação desses procedimentos resulta em uma barreira eficiente contra a corrosão, preservando as propriedades do material mesmo em condições ambientais adversas (SILVA, 2011).

5 CONCLUSÃO

A corrosão causada pelo sulfeto de hidrogênio (H_2S) tem despertado crescente interesse em estudos científicos, especialmente devido aos seus impactos em parques industriais. Sua ação degradante não só compromete tubulações e equipamentos, como também representa riscos à segurança dos trabalhadores e ao meio ambiente. Diante desse cenário, este trabalho visa contribuir para a base de pesquisas tecnológicas que buscam proteger a infraestrutura industrial, mitigando danos ambientais e ocupacionais.

A corrosão em ambientes fabris é um problema de grande relevância econômica e operacional, motivando investimentos em pesquisas para entender suas causas, mecanismos de propagação e métodos de prevenção. Dominar esses processos é fundamental para reduzir perdas materiais e otimizar a produtividade das empresas. Nesse contexto, diversas estratégias têm sido adotadas pelas indústrias, desde o uso de inibidores de corrosão convencionais até bioinibidores e revestimentos protetivos, escolhidos conforme o grau de degradação dos equipamentos.

A complexidade do fenômeno corrosivo induzido pelo H_2S exige análises mais aprofundadas, especialmente no que diz respeito às técnicas mais eficazes para minimizar seus efeitos e prolongar a vida útil dos maquinários. Com o avanço tecnológico, novas soluções têm surgido, oferecendo perspectivas promissoras para a gestão desse problema. No entanto, embora muitas das questões atuais já possuam respostas, a evolução industrial pode trazer novos desafios, demandando abordagens inovadoras no futuro. Portanto, compreender os mecanismos da corrosão por sulfeto de hidrogênio e desenvolver métodos eficientes de prevenção são passos essenciais para garantir a sustentabilidade e a eficiência dos processos industriais.

REFERÊNCIAS

AKROUT, H. et al. **Adsorption mechanism of non-toxic organic inhibitors on steel in solutions at pH 8 determined by electrochemical quartz crystal microbalance measurements.** Materials and Corrosion, v. 56, n. 3, p. 185- 191, 2005.

ARCHANJO, J.O; MARTINS, C. A. **Inibidores de Corrosão: confiabilidade e redução de custos.** Disponível: <<http://www.abraco.org.br/src/uploads/2016/01/Revista-corrosao-e-protecao-14.pdf>> Acessado em 29.set.2019.

ASADI, N. et al. **Utilizing Lemon Balm extract as an effective green corrosion inhibitor for mild steel in 1M HCl solution:** A detailed experimental, molecular dynamics, Monte Carlo and quantum mechanics study. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, p. 1-21, 2018.

DANTAS, J. C. O.; DUPKE, A. V. A.; BARRA, S. R. **Bioinibidores de Corrosão: Uma Revisão.** In: VI Encontro da Rede de Cooperação em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Materiais e Equipamentos para o Setor Industrial Brasileiro (REDE PDIMAT), 2018, João Pessoa. Anais. João Pessoa: [s.n.], 2018. p. 1-10.

FERNANDES, C. M. Avaliação da eficiência de inibidor de corrosão na presença de inibidores de incrustação e sequestrantes de H₂S. 2016. 62 f. Monografia (Especialização) - Curso de Química Industrial, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

GENTIL, V. **Corrosão.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

HELENE, P. R. D. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado.** 1993. 248 f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica do Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

LINS, E.; MACIEL, F.; JUCA, J.; BRITO, A.; ALVES, I. **Avaliação da insalubridade causada pelo biogás de um aterro de resíduos sólidos urbanos.** 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005.

MAINIER, F.B.; SANDRES, G.C.; TAVARES, S.S.M. **Corrosão por sulfeto de hidrogênio (H₂S) e suas implicações no meio ambiente e na segurança industrial.** In: 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica, Cusco 23 a 25 de outubro de 2007, Cusco, Peru. 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica, Cusco 23 a 25 de out de 2007. Lima, Peru: Pont Universid del Peru, 2007.

MAINIER F.& ROCHA A. H₂S: **Novas rotas de remoção química e recuperação de enxofre.** Anais: 2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. Rio de Janeiro, jun 2003.

MAINIER, F.; VIOLA, E. **O Sulfeto de Hidrogênio (H₂S) e o Meio ambiente**. Disponível: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos05/261_H2S.pdf> Acessado em 25.set.2019.

MARCOLIN, M.D.L. **Estudo da corrosão de aço inoxidável M340 marcado a laser**. 2014. 46 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

NASERI, E. et al. **Inhibitive effect of Clopidogrel as a green corrosion inhibitor for mild steel: statistical modeling and quantum Monte Carlo simulation studies**. Journal of Molecular Liquids, n. 269, p. 193-202, Ago 2018.

OSHA. **Occupational Safety and Health Administration Hazardous Pollutants List.U.S.** Department of Labor, Washington, Ottengraf, S. P. P. (1986). Exhaust Gas Purification. Chapter in Biotechnolog. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Germany: 425 - 452. 2002.

SANTOS, C. F.; ALBUQUERQUE, M. A.; OLIVEIRA, M. C. C.; ECHEVARRIA, A., A Corrosão e os Agentes Anticorrosivos. Revista Virtual de Química, v.6, n. 2, p. 293- 309, abr.2014.

SILVA, B. P. **Avaliação de falhas em revestimentos anticorrosivos pelo método de ensaio não-destrutivo por ultrassom**. 2011. 86 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia de Metalúrgica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

SOLMAZ, R., Investigation of corrosion inhibition mechanism and stability of Vitamin B1 on mild steel in 0.5 M HCl solution. Corrosion Science. v. 81, p.75–84, 20