

## INVESTIGAÇÃO SOBRE A RESISTÊNCIA À CORROSÃO DE AÇO CARBONO REVESTIDO COM DIFERENTES CAMADAS DE ÓLEO PROTETIVO\*

Raffaele Alves Paranhos<sup>1</sup>  
Alberto Nei Carvalho Costa<sup>2</sup>  
Elivelton Alves Ferreira<sup>3</sup>  
Neilor da Silva Oliveira<sup>4</sup>

### Resumo

A proteção contra corrosão em aços carbono sem revestimento é essencial nos processos siderúrgicos. Esta proteção pode ser através da composição química do material adicionando componentes como cromo e níquel ou também aplicando uma proteção superficial após o produto final. Este é um desafio contínuo, visto que deve ser bem padronizado para evitar que o aço chegue em processo de corrosão no cliente final e também não comprometa seus processos internos de conformação por excesso durante sua aplicação. O objetivo do trabalho foi avaliar esta proteção superficial através de técnicas eletroquímicas fazendo a comparação de diferentes camadas de óleo protetivo utilizadas industrialmente. Durante o desenvolvimento foram realizados os ensaios físico-químicos, ensaios acelerados (Salt spray), potencial de circuito aberto e espectroscopia de impedância eletroquímica. A partir destes resultados pode-se identificar a resistência à corrosão para cada camada de óleo aplicada na chapa, podendo, desta forma, ser útil para priorização de embalagens em cada segmento de processo produtivo e também criar parâmetros para homologação de novos fornecedores de protetivos industriais.

**Palavras-chave:** Aço carbono; Corrosão; Técnicas Eletroquímicas.

### RESEARCH ON RESISTANCE TO CORROSION OF CARBON STEEL COATED WITH DIFFERENT LAYERS OF PROTECTIVE OIL

#### Abstract

Corrosion protection in uncoated carbon steels is essential in steelmaking processes, this protection can be through the chemical composition of the material adding components such as chromium and nickel or also applying a surface protection after the final product. This is a continuous challenge, since it must be well standardized to prevent the steel from getting into the final customer's corrosion process and also does not compromise its internal overconforming processes during its application. The objective of the work was to evaluate this surface protection through electrochemical techniques comparing different layers of protective industrial used. During the development, physical chemical tests, accelerated tests (Salt spray), open circuit potential and electrochemical impedance were carried out. With the laboratory results, we can identify the corrosion resistance for each layer of oil applied to the plate, which can be useful for prioritizing packaging in each segment of the production process and also creating parameters for homologation of new suppliers of industrial protective.

**Keywords:** Carbon steel; Corrosion; Electrochemical Techniques.

<sup>1</sup> Engenharia Elétrica, Especialista em Engenharia, Recozimento, GGLD/GRX, Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>2</sup> Engenharia Química, Especialista em Desenvolvimento de produtos, GGPD, Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>3</sup> Bacharel em Química, Doutor em Ciências na área de concentração em Físico-Química, Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>4</sup> Técnico em Química, Técnico em desenvolvimento de produtos, GGPD, Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os aços Carbono laminados a frio, ganham resistência mecânica durante o processo de deformação a frio e são, normalmente, recozidos posteriormente. O recozimento pode ser realizado em diferentes temperaturas e, dependendo desta, o material passa por alívio de tensões (recuperação), recozimento envolvendo a recristalização ou ainda recozimento em temperatura mais elevada e que leva ao crescimento de grão. No primeiro, conduzido a baixas temperaturas (~550°C), apenas um alívio de tensões é proporcionado, não havendo alteração significativa na microestrutura (forma dos grãos) que permanece inalterada. Quando ultrapassamos a temperatura de recristalização (~670°C), o material passa por uma forte reorganização interna, surgindo uma nova microestrutura, de grãos equiaxiais refinados. Por último, quando o aço é submetido a recozimento em mais elevada temperatura (800°C), além da completa recristalização do material, ocorre rapidamente o crescimento dos grãos, que leva à obtenção de aços laminados com maior estampabilidade final. [1]

Após este processo o material é encruado em laminadores de Encruamento para eliminar o patamar de escoamento e delinear as propriedades mecânicas e superficiais do aço de acordo com as normas e solicitações de ordem de venda do cliente.

A corrosão pode ser definida basicamente como a deterioração de um metal ou liga, a partir de sua superfície, pelo meio no qual está inserido. O processo envolve reações de oxidação e de redução (redox) que convertem o metal ou componente metálico em óxido, hidróxido ou sal. Para entender melhor este processo é necessário iniciar o estudo conhecendo o material e o meio. Os aços-carbono comuns contêm mais de 97% de Fe, até 2% de C e outros elementos remanescentes do processo de fabricação. [2]

Um material metálico, ou contendo componentes metálicos, se não for adequadamente protegido, durante sua fabricação, estocagem ou transporte, pode sofrer corrosão antes mesmo de sua utilização. [3]

O método de proteção usando protetivos temporários é baseado na obtenção de uma película superficial, fácil de aplicar e remover, que atua como uma barreira de proteção, impedindo a penetração de umidade e de substâncias agressivas. Geralmente esses protetivos são dissolvidos, ou dispersos, em solventes para facilitar sua aplicação e dar uma película mais uniforme, após evaporação. [3]

Na indústria, a solução encontrada para a obtenção da proteção nos aços carbono sem revestimento é aplicar esta película de óleo protetivo após a laminação de encruamento e antes da embalagem final através de equipamentos próprios para garantir a faixa de gramatura solicitada pelo cliente.

A importância da aplicação adequada e da quantidade solicitada é de extrema importância tanto para fornecedor do material quanto a do cliente, devido ao fato que envolve elevação do custo da fabricação do material em caso de excessos durante a aplicação e também perdas de material com corrosão devido aplicação inadequada. Os clientes de aço carbono solicitam o tipo e a faixa de gramatura de óleo protetivo utilizado na ordem de venda do material. O óleo protetivo utilizado é de base oleosa de origem mineral, da classe de revestimentos orgânicos.

De acordo com Grundmeier et al. [4], as taxas de difusão de H<sub>2</sub>O e O<sub>2</sub> excedem muito o valor limitado de difusão para redução de oxigênio nos revestimentos orgânicos utilizados para proteção contra corrosão. Entretanto, a solubilidade do íon dentro do revestimento é tipicamente mínima, devido às baixas

constantes dielétricas de revestimentos comuns. A proteção contra corrosão proporcionada pelo revestimento é devida à criação de uma barreira contra cloreto, acetato e íons H<sup>+</sup>, levando a uma camada de difusão estendida, aderência do revestimento e bloqueio de caminhos iônicos entre ânodos locais e catodos ao longo do metal/ interface de polímero

No presente trabalho é proposto investigar a resistência desta proteção contra corrosão dos protetivos temporários sob o aço carbono a fim de definir parâmetros de controle e evitando perdas na cadeia produtiva até o uso final no cliente.

Esta investigação trata-se do uso de técnicas eletroquímicas para termos ensaios quantitativos quanto sua resistência à corrosão e complementar os ensaios tradicionais de Físico químico e Salt Spray.

### 1.1- OBJETIVO GERAL

O objetivo geral é a medição da resistência à corrosão de um aço carbono destinado ao segmento de uso geral submetidos às aplicações de camadas de óleos protetivos diferenciadas a fim de definir parâmetros de controle no processo e utilizá-los para homologações de novos fornecedores/produtos.

### 1.2- OBJETIVO ESPECÍFICO

- Realizar ensaios físico químicos do protetivo utilizado, para verificar a compatibilidade com especificação adotada;
- Analisar as características de protetividade do óleo utilizado no substrato metálico mediante análises de Salt spray, baseando-se na garantia e especificação do produto.
- Avaliar as curvas de ensaios eletroquímicos de potencial de circuito aberto, curvas de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIS) do substrato metálico revestido com diferentes camadas de óleo protetivo em contato com solução aquosa salina;

## 2 - DESENVOLVIMENTO

### 2.1- MATERIAIS E MÉTODOS

O óleo protetivo utilizado nos ensaios foi a base oleosa com viscosidade na faixa de 31 CsT e Densidade de 0,916, utilizado normalmente em escala industrial.

As amostras utilizadas nestes estudos foram fornecidas pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e é proveniente do processo da Linha de Recozimento Contínuo de Chapas com dimensões aproximadas de 300 x 1000 mm, grau 2710 norma SAE1006 destinados a usos gerais e foram cortadas em laboratório com as dimensões necessárias para cada ensaio realizado.

#### 2.1.1- NÉVOA SALINA

As amostras do material aço carbono revestidas em laboratório com fluido protetivo a base de óleo (com as especificações citadas acima) no formato de chapas com dimensões de 20 x 15 cm e com as bordas protegidas com fita adesiva e com tempo de cura de 48 horas, foram colocadas em suportes dentro da câmara

de Salt Spray Equilam modelo SS 1300EXP - série 00170307, do laboratório do Centro de Pesquisas da CSN, seguindo como referência as normas ASTM B117 e [10] ABNT NBR 8094. As amostras são avaliadas de tempos em tempos e a duração do ensaio dependerá da resistência dos materiais à corrosão.

Formatado: Fonte: Não Negrito

### 2.1.2- POTENCIAL DE CIRCUITO ABERTO (OCP)

O potencial de circuito aberto (OCP) é o potencial do eletrodo de trabalho em relação a um eletrodo de referência quando nenhum potencial ou corrente é aplicado à célula. Este potencial é medido entre o eletrodo de trabalho e o eletrodo de referência. Como os revestimentos orgânicos formam uma barreira de proteção, torna-se este potencial menos negativo em relação as medidas de potenciais do substrato metálico puro [5] (Pongaba)

Para determinação do OCP foi utilizado o potenciostato Modulab (figura 1) e célula eletroquímica composta do eletrodo de trabalho (amostra do material estudado), um eletrodo de referência de Ag|AgCl saturado com KCl ligado à solução através de um capilar de Luggin e um contra eletrodo de platina (figura 2). O potenciostato foi conectado a um microcomputador que capta os dados do ensaio através do software "Modulab ECS".



Figura 1-Potenciostato Modulab. ( Fonte: Universidade Federal Fluminense)



Figura 2-Célula Eletroquímica usada no estudo ( Fonte: Universidade Federal Fluminense)

As amostras analisadas foram cortadas na dimensão de 100x60mm e revestidas com óleo protetivo na gramatura de 0,3 e 1,0 g/m<sup>2</sup> aplicados em

laboratório com 48 horas de cura, para a conferência da gramatura utilizamos balança de precisão.

Os ensaios para determinação do OCP foram realizados a temperatura ambiente, com aeração, utilizando como eletrólito a solução de NaCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> preparada com reagente com grau analítico e água deionizada, que foi inserida na célula eletroquímica de modo que o eletrodo de referência e o contra eletrodo, inseridos na parte superior da célula eletroquímica, pudessem permanecer em contato com a solução. O eletrodo de trabalho, acoplado na parte inferior da célula eletroquímica, permaneceu em contato com o eletrólito em uma área de 20 cm<sup>2</sup>, delimitada pelo o'ring da célula.

No estudo foram realizadas medidas de potencial de circuito aberto durante 10min na primeira amostragem, 60 min na segunda amostragem e 180 min na terceira amostragem.

### 2.1.3- ESPECTROSCOPIA DE IMPEDÂNCIA ELETROQUÍMICA (EIE)

A técnica de EIE permite analisar vários parâmetros referentes, como a condutividade, as concentrações de equilíbrio das espécies carregadas, contribuição da dupla camada, e coeficiente de difusão de espécies sem carga [6] (BRETT, 1996). Em relação aos revestimentos como, por exemplo, os temporários, permitem a análise da adesão dos mesmos ao material e a eficiência da proteção contra corrosão do substrato metálico. A principal vantagem da EIE frente à técnica de curva de polarização é o fato de ser não-destrutiva [7] (Orazen).

Com base na corrente alternada e tensão, espectroscopia de impedância eletroquímica (EIS) tem sido amplamente utilizado em estudos de corrosão, pois pode esclarecer seus mecanismos. EIE é uma técnica linear determinada no domínio da frequência que é capaz de medir propriedades eletroquímica através de uma escala larga das frequências. Além disso, em um único procedimento experimental, o EIS pode abranger uma escala suficientemente larga das frequências para distinguir entre potenciais aplicados. [5] (Pongaba)

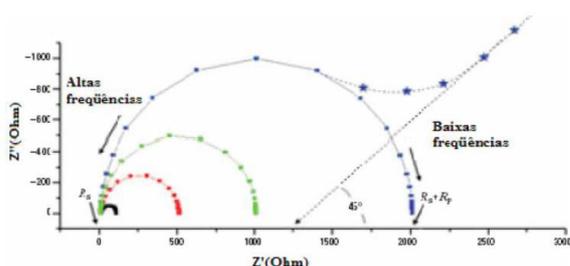


Figura 3- Diagrama de Nyquist ( Fonte: Nunes- 2006)

O principal diagrama no qual podemos avaliar e identificar as impedâncias resistivas e capacitivas- em função da frequência é o diagrama de Nyquist ( Figura 3), onde  $R_s$  é a resistência da solução e  $R_p$  a resistência de polarização, a diferença entre estas é a resistência de transferência de carga, onde podemos utilizá-la como a resistência à corrosão. [8] (Nunes, 2006)

Este experimento foi realizado em continuidade ao ensaio de OCP com a mesma amostra após sua estabilidade e também realizado com uma amostra isenta de protetivo. Os espectros de impedância das amostras de aço carbono com e sem protetivo foram obtidos aplicando-se um potencial AC de 10 mV e um potencial DC igual ao estabilizado em circuito aberto. A faixa de frequência utilizada foi de 100 kHz a 10 MHz registrando 10 pontos por década em temperatura ambiente.

### 3- RESULTADOS E DISCURSÃO

#### 3.1- ENSAIO FÍSICO QUÍMICO

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos das análises físico químicas do óleo protetivo analisado neste trabalho.

Tabela 1- Resultados de ensaio Físico Químico. ( Fonte: Laboratório de Físico Química da CSN)

Análise	Valores		Normas
Viscosidade a 37,8 °C (SSU)	200,1	199,85	ABNT MB 326 ABNT NBR 14950[11]
Viscosidade a 37,8 °C (CST)	43	43	ABNT NBR 14950[11] ABNT MB 326
Viscosidade a 40,0 °C (SSU)	174,9	179,26	ABNT MB 326 ABNT NBR 14950[11]
Viscosidade a 40,0 °C (CST)	38	39	ABNT MB 326 ABNT NBR 14950[11]
Índice de Acidez (mg KOH/g amostra)	2,63	2,69	ABNT NBR 11115[12] ABNT MB 74
Ponto de Fulgor (°C)	193	195	ABNT NBR 11341[13]
Ponto de Inflamação (°C)	202	204	ABNT NBR 11341[13]
Não Voláteis a 150 °C / 3h (%)	88,96	88,90	ABNT NBR 14675 ABNT MB 80 - 197[14]

Os resultados de ensaio físico químico mostraram que estão de acordo com a especificação do produto, atendendo os pré-requisitos para a aplicação do uso final. Esta avaliação é importante no intuito de verificarmos sua composição e definir seus limites de segurança, principalmente em relação aos valores de ponto de fulgor e inflamação.

#### 3.2- ENSAIO DE SALT SPRAY

As figuras 3 e 4 apresentam as imagens das amostras e a tabela 2 apresenta os resultados obtidos após 3, 6 e 11 horas de ensaio salt spray, gramatura na faixa de 1,5 a 2 g/m².

Formatado: Recuo: Primeira linha: 0,63 cm

Formatado: Espaçamento entre linhas: simples

Formatado: Espaçamento entre linhas: simples

Formatado



**Figura 43**- Amostras após 6 horas de Salt spray ( Fonte: Laboratório de Corrosão, CSN)



**Figura 45**- Amostras após 11 horas de Salt Spray ( Fonte: Laboratório de corrosão, CSN)

**Tabela 2**- Resultado do ensaio de Salt spray (Fonte: Laboratório de corrosão, CSN, 2018)

Amostra	3 horas	6 horas	11 horas	Resultado
1	OK	OK	5%	OK
2	OK	OK	5%	OK
3	OK	OK	5%	OK

Os resultados foram compatíveis com a especificação do produto que solicita 11 horas mínima de exposição à atmosfera salina com no máximo 15% de corrosão ( Figura 5).

### 3.3 ENSAIOS DE OCP

O comportamento dos potenciais de circuito aberto das amostras estudadas em função do tempo em solução de NaCl 0,1 mol/L ficaram estabilizados de acordo com o tempo de exposição ( tabela 3).

**Tabela 3**-Valores de potencial em circuito aberto em função do tempo para as diferentes amostras com e sem protetivo( Fonte: Autoria própria).

Amostra (g/m <sup>2</sup> )	Tempo e imersão na solução de NaCl 0,1 mol/L	
	60 min	180 min
Sem protetivo	-	- 610 mV

Formatado: Cor da fonte: Automática

Formatado: Cor da fonte: Automática

Formatado: Fonte: Não Negrito, Cor da fonte: Automática

Formatado: Fonte: 9 pt, Não Negrito, Itálico, Cor da fonte: Automática

Formatado: Fonte: Não Negrito, Cor da fonte: Automática

Formatado: Cor da fonte: Automática

Formatado: Cor da fonte: Automática

Formatado: Fonte: Não Negrito, Cor da fonte: Automática

Formatado: Cor da fonte: Automática

Tabela formatada

Formatado: Espaçamento entre linhas: simples

Formatado: Cor da fonte: Automática

Formatado: Fonte: Não Negrito, Cor da fonte: Automática

Formatado: Fonte: Não Negrito, Cor da fonte: Automática

Formatado: Cor da fonte: Automática

	0,3	-586mV	-597mV
Com protetivo	1,0	- 457mV	-524mV

O OCP da amostra sem protetivo estabilizou em 60 min no potencial de – 610 mV, porém quando houve a aplicação do protetivo com diferentes gramaturas, podem-se observar, nos diferentes tempos, valores de potencial em circuito aberto mais positivos do que a amostra sem protetivo mostrando que houve uma proteção contra corrosão proporcionada pela camada formada pelo material depositado. Podem ser observadas, para ambas as amostras com protetivos com diferentes gramaturas, uma diminuição do potencial em circuito aberto com o tempo indicando a diminuição da resistência à corrosão sendo que a com maior gramatura garantiu uma maior proteção contra corrosão.

### 3.4- ANÁLISES POR EIS

Foram realizados testes comparativos da resistência à corrosão após estabilização de ensaio de OCP do material sem e com filme protetivo nas gramaturas de 0,3 e 1,0 g/m<sup>2</sup> através da técnica EIS.

Observa-se no diagrama de Nyquist (Figura 56) para todas as amostras um único arco capacitivo-resistivo sendo que a amostra com maior gramatura e com 1 h de imersão em solução no potencial em circuito aberto apresentou maior valor de resistência à polarização (Rp) e conseqüente resistência de transferência de carga (Rct) (determinada a baixas frequências). Conseqüentemente, esta amostra apresentou maior resistência à corrosão. Pode ser observado também que o valor desta resistência diminui com 3 horas de imersão, mantendo-se com valor de Rp 3 vezes maior do que a amostra sem o protetivo.

A redução da gramatura de 1,0 g/m<sup>2</sup> para 0,3 g/m<sup>2</sup> provou uma diminuição do valor de Rp, porém não houve variações significativas do Rp com o tempo de imersão para esta amostra. Os valores de Rp para os diferentes tempos de imersão foram superiores ao da amostra sem protetivo.

Finalmente, os resultados de EIS foram coerentes com os obtidos em circuito aberto e com os de ensaios de sal de spray mostrando que a técnica de EIS é viável na análise deste tipo de revestimento temporário.

Conforme citado por Manawwer Alam[5] a resistência a corrosão tende a reduzir com o tempo de imersão em solução de NaCl, mas mostrando uma proteção ainda maior do que o sem protetivo, conseguimos ter esta ~~percepção~~ percepção nos ensaios acima, entendendo que com menor escala devido estarmos tratando de protetivos temporários.

Conforme citado por Z. Bensouda[9], com o aumento da concentração do inibidor de corrosão, a resistência de polarização aumenta e conseqüente a sua eficiência em relação ao aço sem inibidor, através da equação:

$$E(\%) = \frac{1 - R_{ct}(\text{sem protetivo})}{R_{ct}(\text{com protetivo})}$$

Formatado: Espaçamento entre linhas: simples

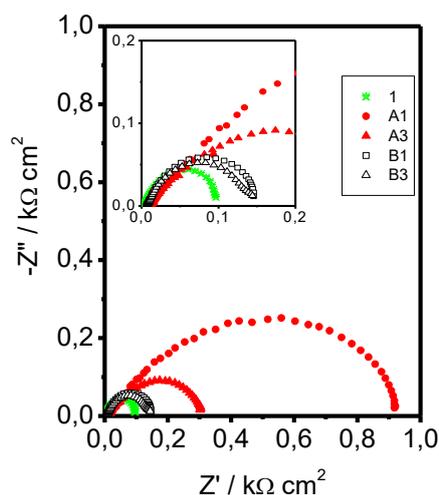
Em relação aos resultados obtidos tivemos a mesma caracterização, onde podemos observar que com o aumento da gramatura do óleo obtém-se o aumento da resistência de polarização.

*Figura 5– Diagrama de Nyquist para as amostras: sem protetivo (1) e com protetivo na quantidade de 1,0 g/m<sup>2</sup> (A) e 0,3 g/m<sup>2</sup> (B) nos tempos de imersão em solução de 1h (A1 e B1) e 3h (A3 e B3). A figura inserida no diagrama representa a ampliação do diagrama para verificar os arcos capacitivos – resistivos das amostras com valores de impedância baixos (Fonte: Autoria própria).*

Formatado: Cor da fonte: Automática

Formatado: Fonte: Não Negrito, Cor da fonte: Automática

Formatado: Cor da fonte: Automática



*Figura 6– Diagrama de Nyquist para as amostras: sem protetivo (1) e com protetivo na quantidade de 1,0 g/m<sup>2</sup> (A) e 0,3 g/m<sup>2</sup> (B) nos tempos de imersão em solução de 1h (A1 e B1) e 3h (A3 e B3). A figura inserida no diagrama representa a ampliação do diagrama para verificar os arcos capacitivos - resistivos das amostras com valores de impedância baixos (Fonte: Autoria própria).*

#### 4- CONCLUSÃO

A partir das diferentes técnicas utilizadas pode-se concluir que a presença do protetivo proporcionou uma melhor resistência à corrosão do material.

As medidas de sal de spray mostraram que em 6 horas de exposição no ambiente corrosivo, o protetivo garantiu a proteção do material metálico e,

finalmente, a partir dos dados de EIS, pode-se confirmar quantitativamente a diminuição da resistência à corrosão com o tempo de imersão. Os resultados de EIS mostraram também que mesmo em quantidades pequenas de gramatura, depois de 3 horas de imersão em solução, houve proteção contra corrosão.

Os ensaios de EIS mostram viáveis para análises destas amostras uma vez que os resultados foram coerentes com os de outras técnicas.

Esta técnica pode ser útil na homologação de novos fornecedores de protetivo para uso industrial e também podendo ser usada como parâmetros de processo.

### Agradecimentos

Agradecimento a UFF pela estrutura oferecida na cidade de Volta Redonda RJ e todos os professores do curso, e também a CSN pelas amostras e estruturas para realização dos ensaios.

### REFERÊNCIAS

[1] — Scheid, Adriano- Curso Básico de Aços-[Universidade Federal do Paraná: Curitiba :-2010 Curitiba, 2010; 1-5](#)

[2] — Marcos V. F. Silva, Marinalda C. Pereira, Eduardo N. Codaro e Heloisa A. Acciari\*; [Departamento de Física e Química, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Campus de Guaratinguetá, 12516-410 Corrosão do aço-carbono: uma abordagem do cotidiano no ensino de química- Guaratinguetá - SP; Departamento de Física e Química. Dissertação, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Campus de Guaratinguetá; 2014; 38; Brasil 2014](#)

[3] — Gentil, V. Corrosão. 3ª ed., Rio de Janeiro. LTC Livros Técnicos e Científicos, 1996.

[4] G. Grundmeier, W. Schmidt, M. Stratmann, Corrosion protection by organic coatings: electrochemical mechanism and novel methods of investigation, [Electrochim. Acta-45.-\(2000\) \[Acesso em 25/09/2019\];45: 2515-2533, Disponível em http://dx.doi.org/10.1016/S0013-4686\(00\)00348-0](#)

[5] [Manawwer Alam, Naser M Alandis, Naushad Ahmad, Mohammad Asif Alam; Corrosion Protection of Carbon Steel by Pongamia glabra Oil-Based Polyetheramide Coatings: International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE.2018;13: 3124 – 3135](#)

[6]

[Brett, A. M. O.; Brett, C. M. A.; Electroquímica princípios, métodos e aplicações - Livraria Almedina - 1996](#)

**Formatado:** Fonte: Não Negrito

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, Não Negrito, Cor da fonte: Automática

**Comentado [ssdsdp1]:**

**Comentado [ssdsdp2R1]:**

**Formatado:** Fonte: Não Negrito, Cor da fonte: Automática

**Formatado:** Fonte parágraf. padrão, Fonte: (Padrão) Vancouver, Não Negrito, Cor da fonte: Automática

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, Não Negrito, Cor da fonte: Automática

**Formatado:** Sem sublinhado, Cor da fonte: Preto

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver

**Formatado:** Recuo: Primeira linha: 0 cm

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver

**Formatado:** À esquerda, Recuo: Primeira linha: 0 cm, Espaço Depois de: 0 pt

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver

**Formatado:** Normal, À esquerda, Hifenizar

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, 12 pt

**Formatado:** Normal, À esquerda, Hifenizar, Tabulações: Não em 1,5 cm

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver

[7] [Mark E. Orazem, Bernard Tibollet. Electrochemical Impedance Spectroscopy. Pennington, A John Wiley e Sons, 2008.](#)

**Formatado:** Normal, À esquerda, Hifenizar, Tabulações: Não em 1,5 cm

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver

[8] [Nunez G. M. M. Avaliação do comportamento em corrosão dos aços API 5LX70 e API 5LX80 em meio contendo CO2 por técnicas de análises superficiais eletroquímicas. Dissertação. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006.](#)

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, 12 pt

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, 12 pt

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver

[9] [Z. Bensouda1, M. Driouch, M. Sfaira1, A. Farah, M. Ebn Touhami, B. Hammouti, et al. Effect of Mentha Piperita essential oil on mild steel corrosion in hydrochloric acid. International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE, 2018;13: 8198 - 8221](#)

**Formatado:** Fonte pará. padrão, Fonte: Times New Roman, Cor da fonte: Preto, Francês (França)

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, 12 pt, Não Itálico

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, 12 pt, Não Itálico

**Formatado:** Fonte: Vancouver, 12 pt, Cor da fonte: Automática, Português (Brasil)

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, 12 pt, Não Itálico

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, 12 pt, Não Negrito

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, 12 pt, Não Negrito, Não Itálico

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, 12 pt, Não Negrito

**Formatado:** Fonte pará. padrão, Fonte: Times New Roman, Cor da fonte: Preto, Francês (França)

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, 12 pt, Não Negrito, Cor da fonte: Automática

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, 12 pt, Não Negrito, Cor da fonte: Automática

**Formatado:** Normal, Sem marcadores ou numeração

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver

**Formatado:** Fonte: (Padrão) Vancouver, 12 pt

[10] [International Standards . ASTM B117- Standard Practice for Operating Salt Spray \(Fog\) Apparatus1. United States: ASTM International :2018.](#)

[11] [ABNT. NBR14950- Materiais Betuminosos- Determinação da viscosidade\\* Saybolt Furol. Rio de Janeiro, IBP- Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, 2003.](#)

[12] [ABNT. NBR11115- Determinação do Índice de Acidez. 2ª Edição. Rio de Janeiro, ABNT, 2014](#)

[13] [ABNT. NBR11341- Determinação do ponto de fulgor e combustão. 4ª Edição. Rio de Janeiro, ABNT, 2014](#)

[14] [ABNT. NBR14675- Roteiro de ensaio para determinação do teor de não voláteis. Rio de Janeiro, ABNT, 2014.](#)