

## ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS DIVERSOS MÉTODOS EMPREGADOS NO COMBATE À CORROSÃO NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO

Breno Xavier Porto Alves (1); Grazielle Lins de Moura (2); Taynah Pereira Galdino (3); Maria Cláudia Rodrigues Brandão (4)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Campina Grande

(1) brenoxpa@gmail.com

(2) graziellelins21@gmail.com

(3) taynah\_galdino@hotmail.com

(4) claudiabrandao.quimica@gmail.com

**RESUMO:** São diversos os casos da redução da vida útil de equipamentos nos mais variados setores industriais devido à corrosão, sendo o petrolífero um dos que mais sofre deste problema. Os efeitos da corrosão nessa área podem ser catastróficos, resultando em acidentes que põem em risco a saúde e a vida humana, bem como provocando prejuízos econômicos imensos. Levando em consideração a importância deste setor para o país, o mesmo faz uso de algumas técnicas no combate à corrosão – que buscam solucionar, ou pelo menos minimizar o problema. O presente artigo busca listar estas medidas empregadas para evitar a corrosão e suas consequências, através de comparativos, apontando vantagens e desvantagens de cada um.

**Palavras-chave:** Corrosão. Corrosão na Indústria do Petróleo. Técnicas Anticorrosivas.

**ABSTRACT:** *There are many cases of reduction of the useful life of equipments in several industrial sectors due to corrosion, and the petrol one is one of those that most suffers from this problem. The effects of the corrosion in this area can be catastrophic, resulting in accidents that endanger the human health and life, as well as causing huge economic losses. Considering the importance of this sector to the country, some techniques are used in corrosion prevention in order to solve, or at least mitigate, the problem. This paper aims to cast these techniques used to avoid corrosion and its consequences, through a comparative, pointing out advantages and disadvantages of each one.*

**Keywords:** *Corrosion. Corrosion in the Petroleum Industry. Anticorrosive Techniques.*

### 1 INTRODUÇÃO

Desde que o homem aprendeu a manipular os materiais metálicos, ele vem combatendo a corrosão. A corrosão pode ser definida como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos (GENTIL, 2007)

Esse problema, ainda hoje, é bastante impertinente, visto que grande parte dos mais variados setores industriais possuem os materiais metálicos como matéria-prima principal para a fabricação de seus produtos. (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013).

A indústria do petróleo e petroquímica sofre com a corrosão desde a extração do petróleo, até os processos de refino (REIS, 2011). A corrosão dos materiais metálicos neste setor é responsável por enormes prejuízos econômicos, podendo ser economizados US\$ 30 bilhões em casos do emprego de medidas de prevenção à corrosão (AMBROZIN, 2009). Com o objetivo de minimizar e prevenir os efeitos da corrosão, o setor petrolífero faz uso de várias técnicas anticorrosivas, tais como os revestimentos, as proteções catódicas e anódicas e os inibidores de corrosão (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013).

Pelo fato de que a corrosão impede a produtividade das indústrias, como também põe em risco o ser humano, faz-se necessário uma maior atenção voltada para essa área. Sendo assim, o presente artigo busca elencar e comparar os diversos métodos de inibição e prevenção da corrosão utilizados no setor petrolífero, apontando suas vantagens e desvantagens.

## 2 CORROSÃO

### 2.1 Mecanismos de Corrosão

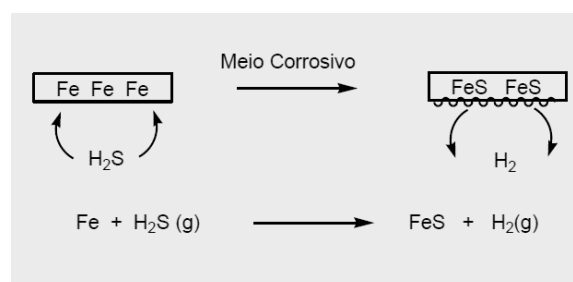
Corrosão pode ser definida, de modo simples, como sendo a tendência do metal produzido e conformado de reverter ao seu estado original, de mais baixa energia livre. Uma outra definição, amplamente aceita, é a que afirma que corrosão é a deterioração que ocorre quando um material reage com seu ambiente (PANNONI, 2004).

Segundo Frauches-Santos (2013), a corrosão está constantemente transformando os materiais metálicos de tal maneira que compromete a durabilidade e o desempenho dos mesmos, ocasionando em falhas e/ou panes.

Não há um mecanismo universal que possa ser aplicado para todas as situações, no entanto, podem ser classificados em três formas de o meio agir sobre o material, degradando-o; por isso, a corrosão é classificada em: eletroquímica, química e eletrolítica (WOLYNEC, 2003).

A Figura 1 exemplifica o processo corrosivo, no qual ocorre o desgaste do ferro (Fe) pelo ataque do ácido sulfídrico ( $H_2S$ ), com a conseqüente formação do produto de corrosão, o sulfeto de ferro ( $FeS$ ), e a liberação do gás hidrogênio ( $H_2$ ).

**Figura 1 – Processo corrosivo.**



Fonte: Frauches-Santos (2013).

#### 2.1.1 Corrosão Eletroquímica

Segundo Gentil (2007), a corrosão eletroquímica é o tipo de corrosão mais comum, pois é a que ocorre com os metais, geralmente na presença de água. Ela pode se dar de duas formas principais:

Quando o metal está em contato com um eletrólito (solução condutora ou condutor iônico que envolve áreas anódicas e catódicas ao mesmo tempo), formando uma pilha de corrosão. E quando dois metais são ligados por um eletrólito, formando uma pilha galvânica.

### 2.1.2 Corrosão Química

No mecanismo químico de um processo corrosivo, ocorrem reações químicas diretas entre o material metálico, ou não metálico, com o meio corrosivo, podendo ou não haver transferência de cargas ou de elétrons e, portanto, não havendo a formação de uma corrente elétrica. A corrosão química pode ocorrer em um material metálico, em temperaturas elevadas, por gases ou vapores e em ausência de umidade ou em materiais metálicos onde ocorre o ataque de metais por solventes orgânicos isentos de água. A corrosão química pode também ocorrer em materiais não-metálicos (GENTIL, 2007).

### 2.1.3 Corrosão Eletrolítica

É um processo eletroquímico que ocorre com a aplicação externa de uma corrente elétrica. Esse processo não é espontâneo, ao contrário dos outros tipos de corrosão mencionados acima. Quando não há isolamento ou aterramento, ou estes estão com alguma deficiência, formam-se correntes de fuga, e quando elas escapam para o solo formam-se pequenos furos nas instalações (MAINIER, 2001).

## 2.2 Tipos de Corrosão

Segundo Gentil (2007), a corrosão pode ocorrer sob diferentes formas, e o conhecimento das mesmas é muito importante no estudo dos processos corrosivos. As formas (ou tipos) de corrosão podem ser apresentadas considerando-se a aparência ou forma de ataque causas de corrosão e seus mecanismos.

As formas em que a corrosão pode aparecer são: Corrosão uniforme; por placas; alveolar; puntiformes ou por pites; intergranular; intragranular; filiforme; por esfoliação; grafítica; dezincificação; empolamento pelo hidrogênio; em torno do cordão de solda; em frestas; sob tensão; e galvânica (ARRUDA, 2009). A Figura 2 exemplifica alguns destes tipos de corrosão.

**Figura 2 – Tipos de Corrosão**



Fonte: Gentil (2007).

### 2.3 Corrosão no Setor Petrolífero

Mesmo havendo fontes de energias renováveis, o setor petrolífero ainda possui um grande destaque na matriz energética brasileira (TOLMASQUIM, 2007). E por sua grande atividade, é importante que este setor esteja longe dos prejuízos.

Nos mais diversos processos na indústria do petróleo, pode-se observar estruturas metálicas em contato com um eletrólito, tornando propícia a ocorrência da corrosão eletroquímica (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013). Quando se trata de exploração *off-shore*, as coisas tendem a ser ainda mais agressivas, pois a concentração de sais é elevada, além da presença de gases dissolvidos como H<sub>2</sub>S e CO<sub>2</sub>, há ainda a interferência dos microrganismos, aliados a altas profundidades e consequentemente altas pressões e elevadas temperaturas (MARIANO, 2006).

Na etapa de extração são comuns atividades como a acidificação de matriz, que consiste em aumentar a permeabilidade do poço com a utilização de ácidos, geralmente clorídrico ou fluorídrico que promovem o desgaste dos componentes da coluna de produção (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013).

O petróleo brasileiro possui uma gama de frações comercialmente atrativas (gasolina, querosene, óleo diesel, etc.), contudo apresenta também várias impurezas (compostos sulfurados, nitrogenados, oxigenados, água, areia, etc.) que acarretam em um elevado grau de corrosividade do petróleo, podendo assim, danificar diversos pontos em uma planta de processamento (SILVA et al., 2005).

O elevado teor de enxofre e seus compostos na composição do petróleo pode ser um agravante de problemas, pois tende a causar corrosão e incrustações. Para tanto, nas refinarias, é comum a presença de unidades de dessulfurização. Em contrapartida, a presença de nitrogênio pode ser algo útil, uma vez que no processo de craqueamento catalítico do petróleo bruto ocorre a formação de cianeto (CN<sup>-</sup>) que corrói os produtos de corrosão formados pela ação do enxofre (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013).

Dentre as principais medidas empregadas pela indústria do petróleo, vale destacar os revestimentos, as proteções catódicas e anódicas, bem como os inibidores de corrosão como sendo os principais e de maior aplicabilidade neste setor (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013).

### **3 MÉTODOS UTILIZADOS NO COMBATE À CORROSÃO**

#### **3.1 Revestimentos**

O revestimento é a técnica contra a corrosão mais difundida por se tratar de um processo de fácil execução na maioria dos casos. Essa facilidade pode aparentar que essa técnica não seja considerada uma tecnologia complexa, mas sua performance é fortemente influenciada pelos requisitos de qualidade mínimos que devem ser alcançados nas etapas que compõem o processo. São elas (BRAVIM, 2009; QUINTELA, 2006; GASPARETTO, 2014):

- a) Limpeza da superfície para eliminação de substâncias contaminantes como poeira, gordura, produto de corrosão, sais solúveis, carepa de laminação,
- b) Preparação de superfície para conferir rugosidade, de forma a aumentar a área de contato entre superfície metálica e o revestimento, aumentando a aderência,
- c) Qualidade do revestimento em relação aos seus constituintes básicos, formulação e resistência química ao meio corrosivo onde irá atuar,
- d) Qualidade de aplicação de modo a obter películas isentas de falhas,
- e) Inspeção durante todo o processo para o cumprimento das etapas e procedimentos indispensáveis ao bom desempenho do revestimento.

Os equipamentos metálicos estão sujeitos a deteriorações de diversas naturezas, como perda de espessura por corrosão ou erosão, fragilização ou empolamento por difusão de hidrogênio e incrustação por depósitos. Dentre as técnicas de proteção anticorrosivas disponíveis, a aplicação de revestimentos é uma das mais empregadas. (GENTIL, 2007).

As ações protetoras dos revestimentos anticorrosivos podem ser explicadas devido a formação de películas de óxidos, hidróxidos e outros compostos pela reação de metais como alumínio, cromo, níquel e zinco com os oxidantes do meio corrosivo. Além disso, os metais também podem ser usados como revestimentos e os mais adequados apresentam valores elevados de sobretensão ou sobrevoltagem, sendo por isso mais resistentes ao ataque dos ácidos em meios não aerados como, por exemplo, o estanho, chumbo, zinco e cádmio. O revestimento também pode ser metálico e, é constituído de partículas de metal líquido aplicado sobre a superfície limpa e rugosa do aço, por exemplo. A partir disso, o metal que está em sua forma líquida é solidificado ao atingir a superfície, formando uma camada levemente porosa de lâminas que se acumulam de modo a obter a máxima resistência à corrosão. Não há a formação de intermetálicos (ligas constituídas por dois elementos metálicos) e a adesão é obtida pelo ancoramento mecânico junto à superfície. (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013)

Os revestimentos não metálicos inorgânicos, constituídos de compostos inorgânicos, são depositados diretamente na superfície metálica ou formados sobre essa superfície. Os mais usados na proteção contra corrosão são: esmaltes vitrosos, vidros, porcelanas, cimentos, óxidos, carbetos, nitretos, boretos e siliciletos. Os revestimentos compósitos, ou seja, materiais cerâmicos, mais comuns contêm vidro na forma de fibra ou flocos. Sua durabilidade é definida pela dureza dos componentes como a fibra (ou flocos) de vidro, a matriz polimérica formada e interface com o metal. A umidade, por exemplo, pode reduzir a resistência mecânica da fibra de vidro e, na resina pode aumentar sua plasticidade, iniciar microfissuras ou causar inchamento. (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013).

Segundo Bravim (2009), as principais propriedades requeridas por um revestimento são: a inércia, a aderência e a resistência à erosão.

Durante sua vida útil, um bom revestimento deve ser inerte quimicamente ao meio em que se encontra imerso, mantendo sua aderência e sua resistência mecânica (BRAVIM, 2009).

A aderência é crítica quando o revestimento é sujeito a meio erosivos ou corrosivos. Falhas em revestimentos orgânicos são diretamente proporcionais à falta de aderência. Quando a aderência é fraca o revestimento gradualmente apresentará falhas por empolamento, descolamento, delaminação por dilatação diferencial e corrosão sob o filme. De forma oposta, revestimentos com aderência elevada podem resistir melhor aos ambientes que poderiam afetar sua integridade (MUNGER, 1999; BRAVIM, 2009).

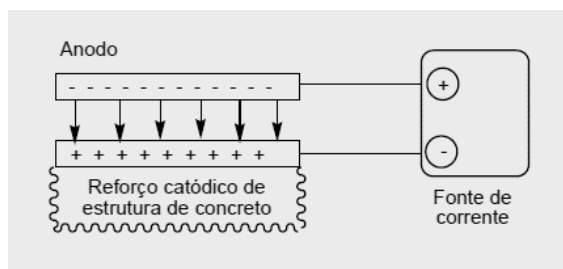
A resistência de um filme de revestimento ao escoamento de um fluido erosivo pode ser avaliada através de ensaios de erosão. Esses ensaios consistem basicamente em impelir um fluido contra uma superfície, controlando o tempo, a velocidade e o ângulo de impacto. Os resultados são obtidos através da relação entre a perda de massa da superfície e a massa total de fluido incidente. (BRAVIM, 2009).

### 3.2 Proteção catódica e anódica

A proteção catódica é um dos métodos mais empregados para a proteção de grandes estruturas quer sejam enterradas ou submersas (parcial ou totalmente). Assim, tubulações e tanques de estocagem de gás e combustíveis diversos, plataformas de petróleo, navios, píeres e mesmo edifícios de concreto armado, mais e mais são protegidos por este método (SCHROEDER, 2014).

A proteção catódica é um método de aumento da resistência à corrosão, que consiste em tornar a estrutura a proteger em cátodo, forçando um alto grau de polarização catódica (formação de hidrogênio e outros compostos sobre a superfície do cátodo) (MAGNAN, 2011). A Figura 3 representa a proteção catódica.

**Figura 3 – Representação da proteção catódica.**



Fonte: Frauches-Santos et al. (2013).

Os protetores catódicos neutralizam a corrosão através do deslocamento do potencial de corrosão para valores negativos, aumentando o pH do meio e diminuindo a solubilidade do íon ferroso. A proteção catódica é empregada para estruturas enterradas ou submersas. Não pode ser usado em estruturas aéreas em face da necessidade de um eletrólito contínuo, o que não se consegue na atmosfera. Os protetores catódicos são substâncias que possuem íons metálicos capazes de reagir com a alcalinidade catódica, produzindo assim compostos insolúveis. Esses compostos envolvem toda a área catódica, impedindo a difusão do oxigênio e dos elétrons, inibindo o processo catódico (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013).

Há dois tipos de proteção catódica para estruturas metálicas: galvânica e por corrente impressa. Na galvânica, instala-se um ânodo galvânico paralelo à tubulação. Com o fim da vida útil do ânodo, é necessária sua substituição para preservar os tubos. Já na proteção por corrente impressa, a estrutura metálica é ligada a um retificador de corrente elétrica. Conforme o revestimento externo perde sua eficiência, é preciso aumentar a intensidade da corrente do retificador (CORSINI, 2011).

O sistema de proteção catódica galvânica ou por ânodo de sacrifício é aquele que utiliza uma força eletromotriz de natureza galvânica para imprimir a corrente necessária à proteção da estrutura considerada. Esta força eletromotriz resulta da diferença entre o potencial natural do ânodo e o potencial da estrutura que se deseja proteger. É uma grandeza que depende das características do ânodo, do material que compõe a estrutura que se deseja proteger e, de certa forma, do próprio eletrólito (DUTRA; NUNES, 2014).

O sistema de proteção catódica por corrente impressa é aquele que utiliza uma força eletromotriz, proveniente de uma fonte de corrente contínua, para imprimir a corrente necessária à proteção da estrutura considerada. Esta força eletromotriz pode provir de baterias convencionais, baterias solares, termogeradores, conjuntos motor-gerador ou retificadores de corrente. A proteção catódica por corrente impressa aplica-se a estruturas situadas em eletrólitos de baixa, média e alta

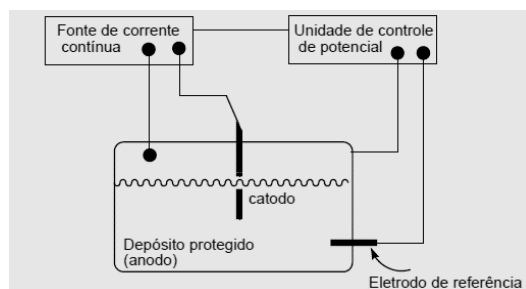
resistividade. Também ela é aplicada onde se exige maiores correntes, portanto, em estruturas de média para grande porte o que não impede o seu uso em estruturas pequenas, quando houver conveniência (DUTRA; NUNES, 2014).

Os sistemas galvânicos são aqueles que utilizam um material mais reativo, geralmente zinco, alumínio (para água salgada) ou magnésio (para água doce), para se desgastar e suprir a corrente de proteção e por isso são chamados de sistemas galvânicos ou por anodo de sacrifício. Nos sistemas por corrente impressa utiliza-se de uma fonte externa de corrente contínua e anodos inertes para suprir a corrente de proteção (GOMES, 2014).

Embora a proteção catódica possa ser utilizada com eficiência para a proteção de estruturas metálicas completamente nuas, sua aplicação torna-se extremamente econômica e mais simples quando as superfícies a proteger são previamente revestidas. Sua finalidade, nesses casos, consiste em complementar a ação protetora dos revestimentos que sempre contêm poros, falhas e se tornam deficientes com o passar do tempo. (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013).

Os protetores anódicos são aqueles que atuam nas reações anódicas, ou seja, aqueles que migram para a superfície anódica, causando passivação em presença de oxigênio dissolvido. A proteção fornecida por este método se dá pela formação de um filme aderente e insolúvel oriundo da reação entre o protetor e o produto de corrosão (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013). A Figura 4 esquematiza a proteção anódica.

**Figura 4 – Representação da proteção anódica.**



Fonte: Frauches-Santos et al. (2013).

A proteção anódica é empregada com sucesso somente para os metais e ligas formadores de películas protetoras, como o titânio, cromo, ligas de ferro-cromo e ligas de ferro-cromo-níquel (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013). Sendo assim, sua aplicação maior se encontra em meios altamente corrosivos, como tanques de armazenamento de ácidos, reatores de sulfonação, digestores alcalinos, dentre outras (GENTIL, 2007). No Brasil, a utilização da proteção anódica é muito restrita, porém, tem grande aplicabilidade na indústria química e petroquímica em outros países (MAINIER, 2006).

Quando feita a comparação entre proteção catódica e anódica, pode-se perceber que: 1) a proteção anódica é restrita aos metais que se passivam, enquanto que a proteção catódica é empregada para qualquer metal; 2) No entanto, a proteção catódica é melhor utilizada para meios corrosivos fracos (solos, água doce ou do mar), ao passo que a proteção anódica pode ser empregada tanto em meios corrosivos fortes quanto em meios fracos; 3) Enquanto que a proteção anódica tem um custo de investimento muito elevado, seu custo de operação é muito baixo, já para

a proteção catódica ocorre o inverso, possuindo baixo custo de investimento e alto custo de operação (GENTIL, 2007).

### 3.3 Inibidores de Corrosão

Inibidores são substâncias orgânicas ou inorgânicas, que quando adicionadas ao meio corrosivo, evitam ou diminuem o desenvolvimento das reações de corrosão. Esses inibidores normalmente são adsorvidos, fazendo um filme muito fino e persistente, o qual leva a uma diminuição na taxa de corrosão, devido ao abrandamento das reações anódicas, catódicas ou ambas. Inibidores de corrosão são compostos químicos normalmente utilizados em pequenas concentrações, sempre que um metal se encontra em contato com um meio agressivo. A presença de tais compostos retarda o processo de corrosão, e mantém a sua taxa em um mínimo e, assim, evita perdas econômicas devido à corrosão metálica. (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013).

A eficiência de proteção oferecida pelos inibidores depende dos metais e ligas bem como da severidade do meio. Embora o termo inibidor de corrosão seja mais abrangente, em alguns casos também são chamados de aditivos, protetivos e anticorrosivos. (MAINIER, 2006)

Os inibidores de corrosão podem ser classificados, quanto à composição, que são os inibidores orgânicos e inorgânicos; e quanto ao comportamento que são os inibidores oxidantes, não-oxidantes, anódicos, catódicos e mistos (SILVA, 2016).

Os inibidores anódicos atuam reprimindo as reações anódicas, ou seja, retardam ou impedem a ação do anodo. Funcionam, geralmente, reagindo com o produto de corrosão inicialmente formado, ocasionando um filme aderente e extremamente insolúvel, na superfície do material, ocorrendo a polarização anódica (SILVA, 2016).

Os inibidores catódicos atuam reprimindo as reações catódicas. São substâncias que fornecem íons metálicos capazes de reagir com a alcalinidade catódica, produzindo compostos insolúveis. Esses compostos insolúveis envolvem a área catódica, impedindo a difusão do oxigênio e a condução de elétrons, inibindo assim o processo catódico. Os inibidores agem, portanto, fazendo uma polarização catódica, e como o metal, no catodo, não entra em solução, mesmo que este não esteja totalmente coberto, não haverá corrosão localizada nessas áreas. Logo, esses inibidores, quaisquer que sejam as suas concentrações, são considerados mais seguros, o que não ocorre com os anódicos (SILVA, 2016).

Os compostos químicos que podem ser utilizados para esta finalidade devem apresentar alguns requisitos relativos à estrutura e comportamento químico. Os compostos inorgânicos, por exemplo, devem ser capazes de oxidar o metal, formando uma camada passiva sobre a sua superfície. Os inibidores orgânicos são compostos orgânicos contendo insaturações e/ou grupamentos fortemente polares em sua estrutura com a presença de átomos de nitrogênio, oxigênio ou enxofre. Esses inibidores são geralmente indicados para proteger os materiais metálicos em meio ácido; são inibidores de adsorção, os quais se adsorvem sobre as regiões catódicas e/ou anódicas do metal, protegendo-o. (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013).

Na indústria petrolífera, os inibidores são utilizados em larga escala, devido ao alto custo dos equipamentos, e a corrosão estarem presente em diversos meios, principalmente devido à composição dos produtos, a utilização destes, auxilia na diminuição dos custos, e gera menos riscos ao ambiente (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013).



## 4 CONCLUSÃO

Existem diferentes situações em que os materiais metálicos são atacados pela corrosão e, por isso, existem formas diferentes de prevenir e/ou combater a corrosão. Cada técnica possui suas próprias características, como a complexidade da execução e a eficiência da técnica.

Portanto, faz-se necessário uma maior atenção das academias voltada para o estudo dos métodos anticorrosivos, buscando novas tecnologias ou aperfeiçoando as já existentes, de tal maneira que superem as suas limitações.

## REFERÊNCIAS

- AMBROZIN, A.R.P.; KURI, S.E.; MONTEIRO, M.R. Corrosão metálica associada ao uso de combustíveis minerais e biocombustíveis. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1910-1916, 2009.
- ARRUDA, E. A. Estudo comparativo do processo corrosivo do aço patinável e do aço carbono comum. Monografia (Engenharia Mecânica) – Belém – PA **Universidade Federal do Pará - UFPA**, 80p, 2009.
- BRAVIM, E. C. Estudo da aplicação de materiais orgânicos em meios corrosivos do processamento primário do petróleo. Dissertação de Mestrado. 91f. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais: **UFRGS**, 2009.
- CORSINI, R. Proteção Catódica. **Infraestrutura Urbada/Saneamento**. Edição 14 - Dezembro/2011.
- DUTRA, A. C.; NUNES, L. P. Trabalho Experimental - Proteção Catódica. **PucMinas**, 2014.
- FRAUCHES-SANTOS, C. et al. A Corrosão e os Agentes Anticorrosivos. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 2, p. 293-309, 2013.
- GASPARETTO, D. Projeto e validação de válvula industrial do tipo esfera com revestimento anticorrosivo orgânico interno. 2014.
- GENTIL, V. Corrosão. 5º Ed. Rio de Janeiro: **LTC**, 2007.
- GOMES, L. P. Proteção Catódica de Estruturas Submersas - **IEC Engenharia**, 2014.
- MAGNAN, M. C. Pintura na Proteção Anticorrosiva. **Centro Universitário Estadual Da Zona Oeste – UEZO**, Rio de Janeiro, 2011.
- MAINIER, F. B. Material do curso *Corrosão e Inibidores*. In: **Instituto Brasileiro de Petróleo**, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.
- MAINIER, F. B.; LETA, F. R. O ensino de corrosão e de técnicas anticorrosivas compatíveis com o meio ambiente. In: **Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**. 2001.
- MARIANO, N. A. et al. Avaliação da resistência à corrosão em aço inoxidável martensítico do tipo Cr-Ni em meio marinho sintético simulando atividades em águas profundas. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 59, n. 1, p. 135-139, 2006.
- MUNGER, C. G.; VINCENT, L. D. Corrosion prevention by protective coatings. 1999.
- PANNONI, F. D. Princípios da proteção de estruturas metálicas em situações de corrosão e incêndio. **Gerdau Açominas**, 2004.

QUINTELA, J. P. Reabilitação de Dutos Corroídos com Revestimento Interno – Solução ou Problema. **COTEQ165**. 2006.

REIS, M. I. P. et al. Deposição mineral em superfícies: problemas e oportunidades na indústria do petróleo. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 1, p. 2-13, 2011.

SCHROEDER, R. M. Proteção catódica. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Campus do Vale, Laboratório de Pesquisa de Corrosão – LAPEC**, 2014.

SILVA, C. C. et al. Avaliação da resistência à corrosão de aços inoxidáveis utilizados como revestimentos de torres de destilação de petróleo. In: **3º Congresso Brasileiro em P&D de Petróleo e Gás, Salvador BA, Brasil**. 2005.

SILVA, J. Principais métodos de prevenção contra à corrosão. Disponível em:  
<<http://pt.slideshare.net/jwps/71601130-principaismetodosdeprevencaodecorrosao>>. Acesso em: 24 de março de 2016.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos estudos-CEBRAP**, n. 79, p. 47-69, 2007.

WOLYNEC, S. **Técnicas Eletroquímicas em Corrosão Vol. 49**. Edusp, 2003.