

## ESTUDO DE CASO DE EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA: Setor Industrial de Três Lagoas/MS

**Evandro Aurélio Cardoso Takahashi**

Graduando em Engenharia Elétrica,  
Faculdades Integradas de Três Lagoas – (FITL/AEMS)

**Danilo Eder Vilalba Camargo**

Graduando em Engenharia Elétrica,  
Faculdades Integradas de Três Lagoas – (FITL/AEMS)

**Rodrigo Andrade Pereira**

Mestre em Letras – UFMS;  
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

**Cristiane Pirola Narimatsu**

Doutora em Engenharia Química - UFSCar  
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

### Resumo

Os problemas de degradação dos materiais metálicos são sucessivos e atingem diversas áreas dos setores produtivos, sendo que os setores mais prejudicados com a degradação são o petrolífero e o industrial. Nesse contexto, este trabalho tem por finalidade analisar um sistema de proteção catódica para uma instalação de tubulações, que contempla o ramal interno de gás natural de uma fábrica de celulose, entre estação de entrega e medição de uma distribuidora de gás natural do estado de Mato Grosso do Sul e a estação de redução de pressão de uma empresa de celulose. (novo parágrafo). Para a elaboração do projeto, utilizou-se a corrente elétrica impressa na tubulação para a proteção da mesma, sendo esse sistema constituído por um retificador e um leito de ânodos. A partir dos princípios foi possível montar o sistema de proteção catódica, no qual foi definido os valores referentes a corrente elétrica a ser empregada. Mediante os estudos, verificou-se que o sistema de proteção catódica é uma técnica de prevenção da corrosão em instalações metálicas enterradas ou submersas, muito utilizada e barata quando comparada ao valor das estruturas, e apresenta fatores consideráveis para o projeto Porém não é um método eficaz para projetos de pequeno porte.

**PALAVRAS-CHAVE:** proteção catódica; corrosão; estruturas; corrosão na indústria.

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema de proteção catódica é uma técnica de prevenção da corrosão em instalações metálicas enterradas ou submersas muito utilizada e de baixo custo quando comparada ao valor das estruturas que protege. Ela consiste na alteração do potencial de redução do material a ser protegido a fim de evitar a perda de elétrons para o meio com a oxidação, evitando assim, deterioração do equipamento.

O termo corrosão está associado ao processo espontâneo resultante da ação do meio sobre diversos materiais, propiciando a deterioração e a redução da

vida útil do material. Esta, por sua vez, pode-se apresentar como um desgaste total ou parcial de origem química, eletroquímica ou eletrolítica. Por isso, prevenir o processo de deterioração seria uma forma de evitar vazamentos de produtos perigosos que podem comprometer a vida do meio ambiente e até mesmo ocasionar um acidente ao trabalhador.

O sistema de proteção catódica instalado em um ramal interno de gás natural de uma empresa industrial, no município de Três Lagoas, localizado no estado do Mato Grosso do Sul, entre a estação de entrega da distribuidora de gás natural e a estação de redução de pressão da consumidora, utiliza a corrente elétrica impressa na tubulação para a proteção da mesma, sendo esse sistema constituído por um retificador e um leito de ânodos. Para verificação do sistema de proteção catódica são instalados, ao longo do ramal, os pontos de teste (PTE's), que tem como objetivo realizar a medição do potencial de proteção da tubulação.

É devido ao sistema de proteção catódica que as tubulações enterradas podem operar de maneira econômica e segura, garantindo o conforto da comunidade. Entretanto, é extremamente importante manutenções preventivas das tubulações de gás e avaliações periódicas da eficiência dos sistemas de proteção.

Existem outras maneiras de se avaliar a eficiência do sistema de proteção catódica e a integridade do revestimento da tubulação enterrada. Os métodos para verificação são de atenuação de corrente e localização de falhas (ACVC), gradiente de potencial em corrente alternada, que visa à detecção de possíveis defeitos, balizando assim medidas de caráter corretivo e/ou preventivo, no sentido de assegurar o cumprimento dos requisitos de proteção do gasoduto.

Devido ao grande desenvolvimento industrial e tecnológico, as companhias relegam a manutenção dos equipamentos, se preocupando somente com a produção, sem perceberem que os bens valiosos são os acessórios metálicos. Em uma empresa um dos principais problemas é a deterioração do material, podendo ocasionar vazamento do fluido de serviço, seguido de incêndios ou explosões de grandes proporções, com custos exorbitantes, impacto ambiental e possibilidade de perda de vidas humanas. Diante desse fato, para aumentar o tempo de vida dos equipamentos metálicos é feito um método de proteção, que se denomina proteção catódica, que tem por objetivo prolongar a vida útil do material retardando o movimento iônico, nos quais o princípio básico é impedir o contato do meio corrosivo

com o material que deseja proteger. Para tanto, são necessários procedimentos e métodos de conservação que precisam ser organizados e devem atender a algumas normas, ou seja, é necessário que haja um roteiro de comissionamento e condicionamento destes sistemas.

## 1.1 Corrosão

Segundo Gentil (1996), corrosão seria um processo inverso da metalurgia extrativa, onde o material retorna ao seu estado original, causando a deterioração devido a reações químicas e eletroquímicas com seu meio. A seguir, serão apresentadas algumas definições de corrosão.

### 1.1.1 Corrosão Galvânica

Segundo Gentil (1996), a corrosão galvânica ocorre quando há contato elétrico entre dois metais que apresentam diferentes potenciais elétricos, com a presença do eletrolítico.

### 1.1.2 Corrosão em Frestas

Pecequillo e Panossa (2013) definiram que a corrosão em frestas acontece quando os metais entram em contato com um meio onde a concentração de oxigênio é menor que nas regiões vizinhas e por uma variação de determinados componentes no qual o material está permanente. Ocorrem principalmente em chapas parafusadas, em ligações roscadas, juntas rebitadas, dentre outras.

### 1.1.3 Corrosão Atmosférica

Segundo Almeida e Panossian (1999), o processo da corrosão atmosférica progride por uma reação eletroquímica na qual o eletrólito é a umidade do ar. A umidade deposita-se por precipitação ou condensação como orvalho sobre as superfícies expostas com a redução de temperatura. Os principais fatores que influenciam na corrosividade da atmosfera são: regime de chuvas, partículas sólidas em suspensão, regime de ventos, entre outras.

### 1.1.4 Corrosão pelo Solo

Segundo a Embrapa (1997), a corrosão pelo solo ocorre devido ao baixo potencial hidrogeniônico, a correntes de parasitas, à baixa resistividade, à ação de bactérias, presença de água e oxigênio.

### 1.1.5 Corrosão Eletrolítica

Segundo Dutra e Nunes (1987), a corrosão eletrolítica é um processo que envolve transferência de elétrons para transformação de energia química em energia elétrica com a aplicação externa de uma corrente elétrica. Esse processo não é espontâneo e acontece quando não há isolamento ou aterramento, formam-se corrente de fuga, também chamadas de correntes parasitas. Isso acontece em tubulações submersas ou enterradas, cabos elétricos, oleodutos, adutoras, entre outras.

## 1.2 Métodos de Combate à Corrosão

Como visto, os processos corrosivos sofrem consequências de formas diretas e indiretas, sendo algumas delas de natureza econômica. Os principais métodos aplicados de combate a corrosão é o da proteção catódica interna e externa, proteção catódica por corrente impressa e proteção anódica. Há outros métodos para se determinar o combate à corrosão, sendo eles de natureza preventiva (por exemplo, pintura, adição de inibidores de corrosão; revestimento, etc.), paralisação do equipamento, substituição do equipamento corroído, contaminação ou perda de produtos, conforme descritos em Vicente (1996).

Na Figura 1 podem-se observar alguns parafusos mal revestidos sofrendo degradação direta devido à exposição ao ar livre, ocasionando sua deterioração.

**Figura 1. Parafuso de uma válvula de proteção secundária de gás natural.**



**Fonte:** Extraído de uma fornecedora de gás do MS.

### 1.2.1 Proteção Catódica

Segundo Dutra e Nunes (1987), este método de combate à corrosão consiste em transformar a estrutura e proteger no catodo de uma célula

eletroquímica. A técnica pode ser empregada para estruturas enterradas ou submersas, utilizando o avanço tecnológico na modernização deste grande campo anticorrosivo.

#### 1.2.2 Proteção Anódica

Segundo Dutra e Nunes (2011), é um método de aumento da resistência à corrosão, que consiste na aplicação de uma corrente anódica na estrutura a ser protegida. Aplicável somente em materiais metálicos apresentando a transição ativo/passivo no meio corrosivo, favorecendo a passivação do material dando-lhe resistência à corrosão.

Este método é empregado com sucesso somente para os metais e ligas formadoras de películas protetoras, especialmente o titânio, o cromo, ligas de ferro-cromo-níquel.

Um exemplo típico é o sistema aço inoxidável austeníticos/ácido sulfúricos. O seu emprego encontra maior interesse para eletrólitos de alta agressividade (eletrólitos fortes), como por exemplo, em tanques metálicos para armazenar ácidos e em digestores das fábricas de celulose.

#### 1.2.3 Proteção Catódica Interna

De acordo com Dutra e Nunes (2011), a técnica é aplicada em navios, tubulações e tanques de armazenamento de água, utilizando um sistema de proteção galvânica e um sistema de corrente impressa.

#### 1.2.4 Proteção Catódica Externa

Segundo Melo e Livia (2011), é um tipo de proteção que se utiliza corrente impressa, onde-se usa os ânodos de um tipo que não se dissolve facilmente em íons metálicos, mais sustenta uma reação alternativa, a oxidação dos íons de cloretos dissolvidos. Esse método é utilizado em equipamentos elevados ao solo através de uma superfície sólida de concreto. E mesmo com uma excelente impermeabilização entre a base inferior da estrutura sendo considerado insetos de corrosão ao fundo, vendo do ponto de vista econômico, interessante fazer a proteção catódica externamente ao fundo do equipamento utilizando potencial de corrente impressa (Figura 2).

**Figura 2. Válvula de Interface (EMRP) Estação medição rede de pressão.**



Fonte: Extraído de uma fornecedora de gás do MS.

### 1.2.5 Proteção catódica por corrente impressa

Segundo Dutra e Nunes (2011), a energia usada é fornecida por uma unidade de alimentação CC (corrente contínua) externa, utilizando ânodos que não dissolvem em íons metálicos, sustentado por uma reação da oxidação dos íons de cloreto dissolvidos. As estruturas metálicas enterradas recebem a corrente de proteção de um retificador ou fonte externa de corrente, constituído por um leito de anodos fixo.

O retificador é o equipamento fundamental para o sistema por corrente impressa devendo por esse motivo a sua especificação, operação e manutenção serem feitas de forma criteriosa (Figura 3).

**Figura 3. Retificador aberto.**



Fonte: Extraído de uma fornecedora de gás do MS.

### 1.3 Critério de Proteção

Segundo Gomes (1993), “a proteção catódica, com todos os sistemas elétricos, precisa ser inspecionada regulamente e receber serviço de manutenção sempre que necessário”. O critério de proteção catódica seria o potencial de proteção tradicionalmente definido por um eletrodo portátil o qual consiste em atingir, a borda do equipamento, garantindo assim a obtenção do potencial dessa determinada região. A finalidade é obter o potencial de uma estrutura em relação ao meio, verificando assim o material metálico e a influência de corrente parasitas. Um tipo portátil ou permanente bastante utilizado para a medição do potencial de corrosão seria Cu/CuSO<sub>4</sub>, com objetivo de manter a qualidade e desempenho das estruturas enterradas (Figura 4). A norma aplicada no sistema de proteção em tubulações enterradas é definida pela ABNT NBR ISSO 15589-1 - Indústria de petróleo petroquímica e gás natural - Proteção catódica de sistema de transporte por dutos – Parte 1 - Dutos terrestres.

**Figura 4. Semi-célula Cu/CuSO<sub>4</sub> de sulfato e cobre do tipo portátil, para medição do potencial.**



Fonte: Elaborado pelos autores.

## 2 OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo avaliar a eficiência do sistema de proteção catódica analisando o comportamento de duas tubulações, onde uma delas ficou uma década enterrada e outra exposta ao meio ambiente.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo qualitativo, na qual foi empregado o método comparativo a fim de formular soluções que posteriormente tornaram-se base para o estudo.

Conforme Mill (1843), o método comparativo seria buscar suas origens e o desenvolvimento da concepção. Ele propõe as regras fundamentais do que deveria ser o raciocínio lógico e científico em relação aos métodos de pesquisa experimentais, definidos de duas maneiras básicas. “Os métodos mais simples e familiares de escolha entre as circunstâncias que precedem ou seguem um fenômeno, aquelas às quais esse fenômeno está realmente ligado por uma lei invariável são dois: um consiste em comparar os diferentes casos em que o fenômeno ocorre, o outro, em comparar casos em que o fenômeno não ocorre. Esses dois métodos podem ser respectivamente denominados o método de concordância e o método de diferença” (MILL, 1984, p. 196).

Para a elaboração do estudo, admitiu-se comparar duas tubulações de aço, sendo uma delas com diâmetro predominante de 14 polegadas e 13 metros de comprimento, não revestida por um protetor convencional. A outra tubulação consistiu de uma parte de uma estação, composta por uma tubulação com a mesma proporção e tamanho, sendo revestida com métodos isolantes e protetores, entre o material metálico e o eletrólito em atuação.

Admitiu-se também analisar os níveis de degradação dos materiais, sendo que uma das tubulações encontrava-se enterrada sob solo durante dez anos e a outra, exposta pelo mesmo período a agentes corrosivos do meio ambiente. Assim, compararam-se as duas estruturas e mediu-se a eficiência de proteção catódica.

#### 3.1 Proteção Catódica na Área Industrial de Três Lagoas/MS

O município de Três Lagoas apresenta população estimada em 2016 de 115.561 (População 2010: 101.791), área territorial (2015) de 10.206,949 km<sup>2</sup> e estimativa de densidade demográfica 11,32 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2016).

Segundo a consultoria Urban Systems, os investimentos das fábricas de papel e celulose, tornou a capital mundial da celulose, líder no quesito desenvolvimento econômico. Junto com IP, Fibria e Eldorado também instalaram-se na cidades empresas de fornecedoras de insumos e serviços para produção da

celulose o que demandou um aumento no consumo da energia em larga escala. Desde 21 de maio de 1998, o Estado de Mato Grosso do Sul conta com uma Distribuidora no ramo de Gás Natural: a Companhia de Gás do Estado de Mato Grosso do Sul (MSGÁS). A MSGÁS é uma Sociedade de Economia Mista, composta pelo Estado de Mato Grosso do Sul com 51% das ações e pela Petrobrás Gás S.A (GASPETRO), com 49% das ações. A MSGÁS possui redes de distribuição de Gás Natural construídas com tubulações de aço carbono ou polietileno de alta densidade (PEAD), rigorosamente projetadas conforme normas técnicas nacionais e internacionais, sendo também responsável pela operação e manutenção das redes de distribuição, de forma a garantir a segurança do fornecimento de gás aos seus clientes, bem como a segurança da população.

Contra o ataque corrosivo do solo, as tubulações são protegidas por um sistema conhecido por proteção catódica. Com base nos estudos e pesquisas, a proteção catódica tem por objetivo determinar a prevenção de vazamentos de produtos perigosos que podem comprometer a vida do meio ambiente e até mesmo ocasionar um acidente ao trabalhador. A técnica consiste em energizar suavemente as instalações a serem protegidas, de modo a eliminar totalmente os processos corrosivos. Essa energização pode ser conseguida com o auxílio de ânodos galvânicos de magnésio, zinco ou alumínio (proteção catódica galvânica). O procedimento também pode ser executado por um ou mais retificadores de corrente, complementados com ânodos inertes (proteção catódica por corrente impressa).

A MSGÁS fornece gás para uma empresa de celulose da região de Três Lagoas/MS, o qual é transportado através tubulações metálicas. Para realizar medição do potencial da tubulação são utilizados alguns dispositivos, os pontos de teste eletrolítico (PT'E), que se encontram em perfeitas condições, operando dentro dos parâmetros normais (Figura 5).

Existem outras maneiras de se avaliar a eficiência do sistema de proteção catódica e a integridade do revestimento da tubulação enterrada.

Conforme Uhlig (1962), os métodos para verificação são de atenuação de corrente e localização de falhas (ACVC), gradiente de potencial em corrente alternada que visa à detecção de possíveis defeitos, balizando assim medidas de caráter corretivo ou preventivo, no sentido de assegurar o cumprimento dos requisitos de proteção do gasoduto.

**Figura 5. Ponto de teste de um duto enterrado.**



**Fonte:** Extraído de uma fornecedora de gás do MS.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Na Figura 6 é possível verificar uma tubulação de aço que permaneceu enterrada num período de dez anos, exposta a oxidação sem a proteção catódica.

**Figura 6. Detalhe da corrosão de tubulações enterradas por um período de 10 anos sem sistema de proteção catódica.**



**Fonte:** Extraído de uma fornecedora de gás do MS.

Por outro lado, a Figura 7 apresenta uma tubulação que mesmo exposta a agentes corrosivos por um período superior a dez anos não apresentou nenhum tipo de degradação devido a aplicação da proteção catódica.

Comparando-se as Figuras 6 e 7, nas figuras 8 e 9 não é possível verificar essa diferença. Pode-se perceber que o efeito da degradação ocorrido durante uma década sobre a estrutura metálica sem proteção catódica, é muito superior a outra tubulação que apresenta tal proteção no mesmo período de exposição.

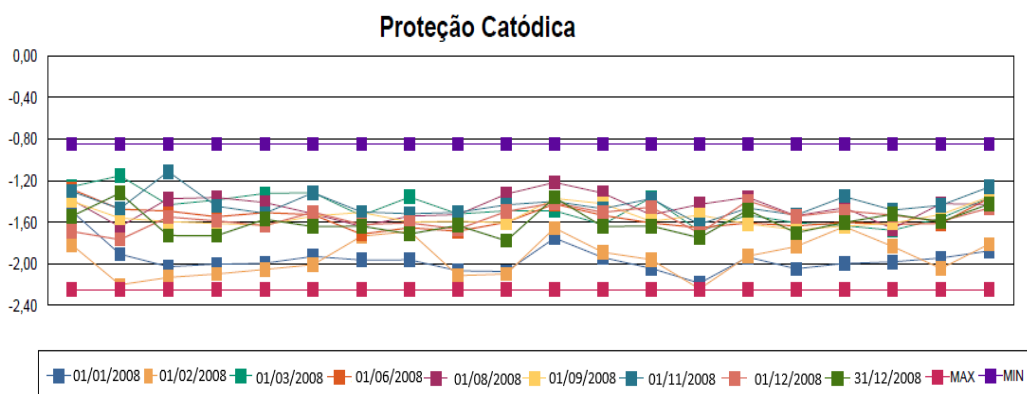
**Figura 7. Estrutura metálica protegida da oxidação devido a proteção catódica.**



Fonte: Extraído de uma fornecedora de gás do MS.

Na Figura 8 é mostrado um gráfico de proteção catódica para vários períodos, no ano de 2008. Verifica-se o perfeito funcionamento de proteção catódica durante um ano, na tubulação protegida.

**Figura 8. Potencial de proteção catódica durante o ano de 2008.**



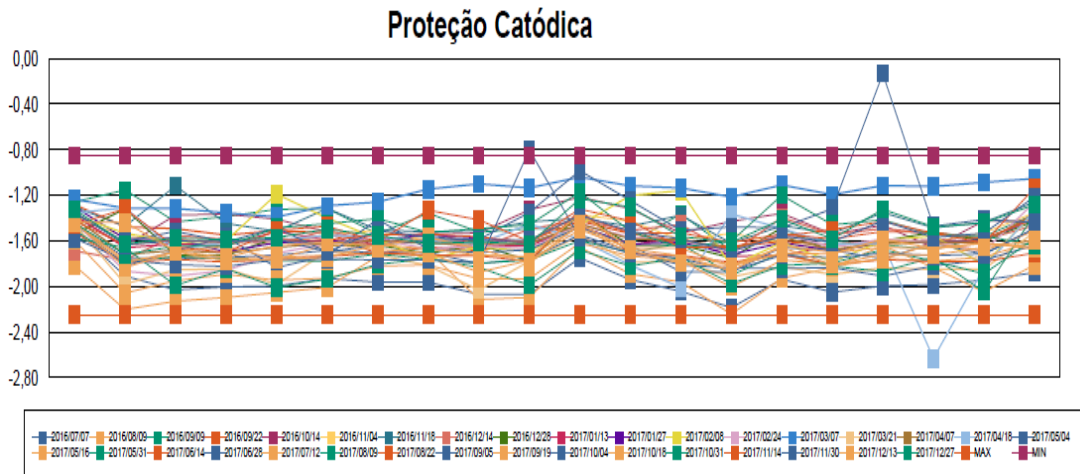
Fonte: Elaborado pelos autores.

Através do método de atenuação de corrente e localização de falhas (ACVC), pode-se determinar um potencial de corrente máxima e mínima, para encontrar possíveis defeitos e assim, prevenir a ruptura de uma tubulação.

Na Figura 9, é possível avaliar o que ocorreu durante dez anos com tubulação utilizando-se os métodos de proteção, sendo possível detectar possíveis falhas na tubulação.

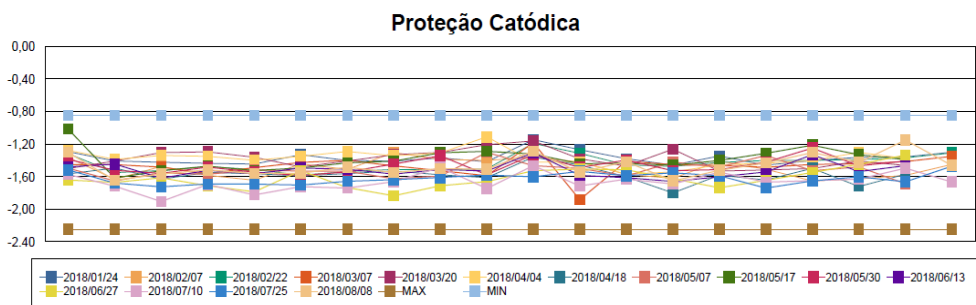
Na figura 10, que seria a forma de dados da figura 9 podemos concluir que ao passar dos anos, a tubulação ficou em perfeitas condições sem quaisquer aspectos de corrosão.

Figura 9. Potencial de proteção catódica durante dez anos, de 2008-2018.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 10. Potencial de proteção catódica durante dez anos 2008 a 2018 da tubulação com proteção catódica.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim, através da análise, pode-se concluir que a proteção catódica pode atuar no combate à corrosão em materiais metálicos de forma inovadora e ambientalmente correta prolongando a vida útil do material.

## 5 CONCLUSÃO

Com base nos estudos e pesquisas realizadas, pôde-se verificar que a corrosão dos materiais metálicos, exemplificados através de uma tubulação de aço utilizada no transporte de gás, pode ser reduzida pela aplicação da proteção catódica. A técnica atuou como complemento das falhas e dos poros de revestimentos, protegendo com eficiência o material e aumentando o tempo de vida útil do equipamento. Essas observações foram possíveis através da apresentação dos fatores consideráveis para o estudo, levantando-se informações e dados a

campo durante os anos. Porém, implica dizer, que seria uma aplicação eficiente quando comparada ao preço da estrutura a ser protegida, tendo como desvantagem o custo de inspeção e manutenção no sistema.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISSO 15589 - Industriais de petróleo petroquímica e gás natural Proteção catódica de sistema de transporte por dutos – Parte 1 Dutos terrestres.

AECWEB, Proteção Catódica protege tubulações contra corrosão e oferece segurança 2018. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/protecao-catodica-protege-tubulacoes-contracorrosao-e-oferece-seguranca\\_16664\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/protecao-catodica-protege-tubulacoes-contracorrosao-e-oferece-seguranca_16664_10_0)>\_. Acesso em 11. maio., 2018.

ALMEIDA, Lira, N.; PANOSSIAN, Z. Corrosão atmosférica: 17 anos. São Paulo: IPT, 1999. 130p. 1999.

DUTRA, A. C.; NUNES, L. P. Proteção Catódica – Técnica de Combate à Corrosão Rio de Janeiro: JR Editora Técnica, 1987.

DUTRA A. C.; NUNES, L. P. Proteção Catódica – Técnica de Combate à Corrosão 5ª Edição. ed. Rio de Janeiro: ABRACO, 2011.

EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos. Manual de métodos de análise de solos. 2ª. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

GENTIL, V. Corrosão. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996, p. 210-211.

GENTIL, V. Corrosão. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

GIL, C. A. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6ª ed. São Paulo, ATLAS, 2008.

GOMES, L. P. Sistemas de Proteção Catódica para Postos de Serviço. Anais: I Encontro Técnico sobre Questões Ambientais em Postos de Serviço. São Paulo, CETESB, 1993.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/1009>>. Acesso em 26.maio., 2018.

IBGE. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/1009>>. Acesso em 26 maio., 2018.  
VICENTE. G. Corrosão Técnicos e Científicos. 3ª ed. S.A, 1996.

MELLO, S. L. Estudo de corrosão localizada dos aços inoxidáveis em sistemas de resfriamento industrial. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

PECEQUILO, V, C.; PANOSSIAN, Z. Revisando conceitos: corrosão em frestas, parte 3. Corrosão e Proteção. Editora Abraco, n.47, p.18-32, 2013.

PEABODY, A. W. Control of pipeline Corrosion. Houston, ed. Nace, p. 44, 1996.

RABALD, E. Corrosion Guide, New York, Elsevier Scuentific Publishing, ed. Elsevier, 1968.

UHLIG, H. H. Corrosion and Corrosion Control. New York, John Wiley & Sons, Inc, p. 2, 1962.