



DEGRADAÇÃO E PROTEÇÃO MATERIAIS

Proteção contra corrosão

Profa. Maria Ismenia Sodero

maria.ismenia@usp.br



PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO

**Métodos para
combate à
corrosão**

Modificação do Processo

Modificação do Meio Corrosivo

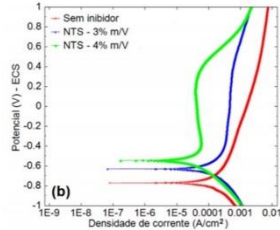
Modificação do Material

Revestimentos Protetores

Modificação do Meio Corrosivo



Desaeração da água ou solução neutra



Adição de inibidores



Diminuição da umidade do ar



Modificação do Meio Corrosivo

Adição de Inibidores

Existem três grandes classes de inibidores:

- ✓ inibidores formando um filme protetor sobre o metal;
- ✓ inibidores de adsorção: adsorvem-se sobre o metal e funcionam como películas protetoras;
- ✓ inibidores em fase vapor: são usados como método de proteção temporária contra a corrosão pela umidade de produtos metálicos durante a estocagem e o transporte

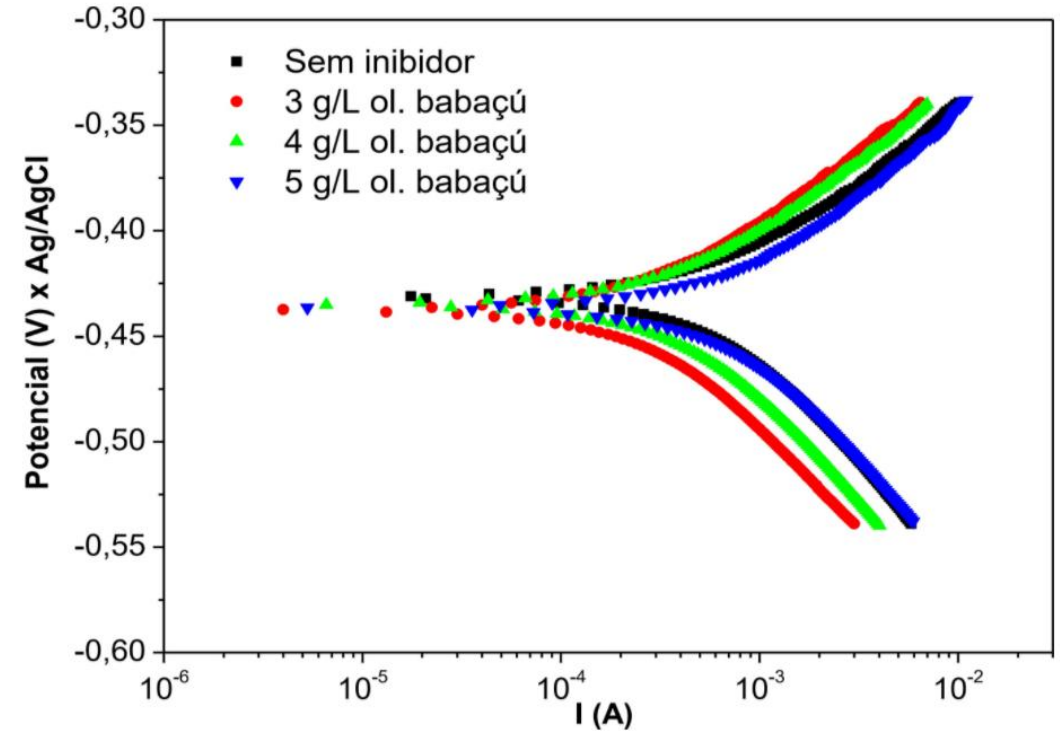


Figura 2 Curvas de polarização representativas de Tafel na ausência e presença de diferentes concentrações de *Orbignya*

Estudo da eficiência do *Orbignya oleifera* como inibidor verde de corrosão para aço com baixo teor de carbono comparado com inibidor comercial em solução HCl 1M - Matéria (Rio J.) vol.24 no.3 Rio de Janeiro 2019 Epub Sep 16, 2019



Inibidores anódicos e catódicos

curvas de Tafel

Inibidor anódico

Inibidor catódico

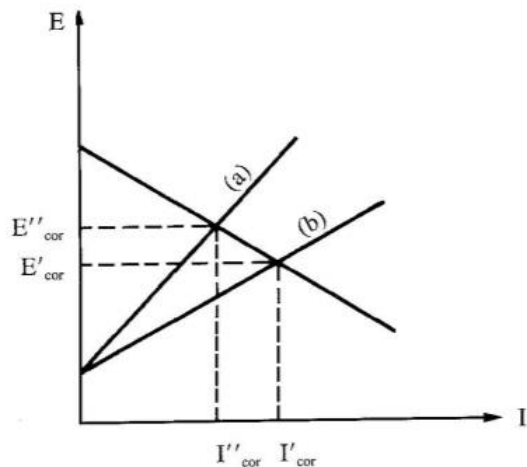
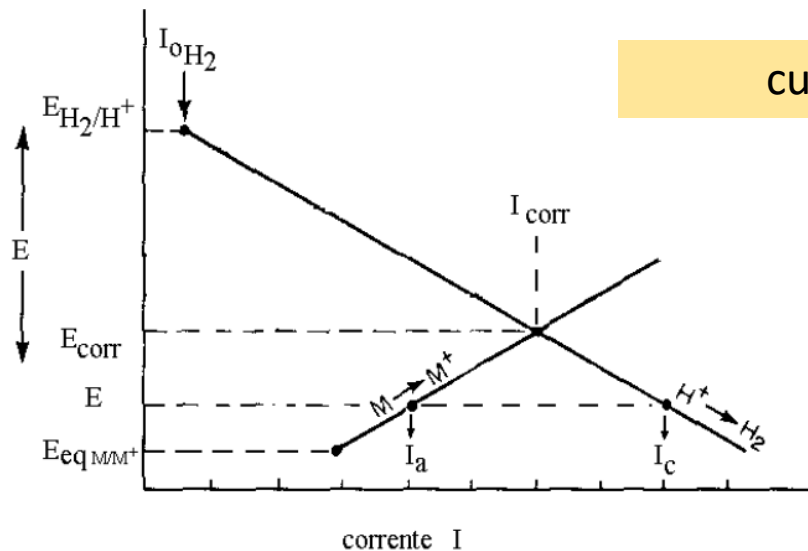


FIGURA 23. DIAGRAMA DE POLARIZAÇÃO: AÇÃO DE INIBIDOR ANÓDICO. (a) COM INIBIDOR; (b) SEM INIBIDOR ^[2]

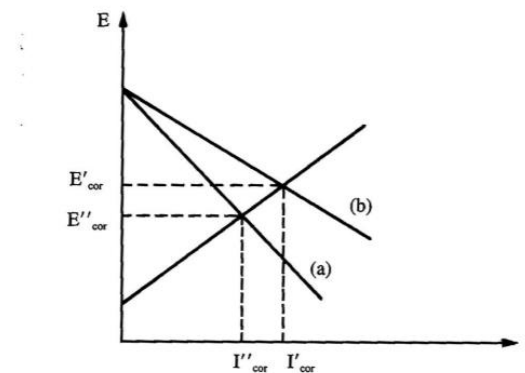


FIGURA 24. DIAGRAMA DE POLARIZAÇÃO: AÇÃO DE INIBIDOR CATÓDICO. (a) COM INIBIDOR; (b) SEM INIBIDOR ^[2]



Modificação do Material

seleção de materiais

- propriedades químicas
- propriedades mecânicas
- propriedades físicas
- disponibilidade
- fabricabilidade
- custo

compatibilidade dos materiais

- contato direto entre metais dissimilares;
- inversão possível de polaridade;
- transferência de partículas de um metal para o fluido;
- influência de possíveis correntes de fuga;
- Usar isolamentos, metal mais nobre com a área menor do par galvânico

geometria dos componentes

- facilitar a manutenção.
- Evitar geometrias complexas
- Utilizar formas que facilitem o acesso.
- Usar tubulações com formato suave.
- Evitar reduções repentinas de diâmetro;
- Projetar pontos de drenagem para os tanque
- ligação mecânica com rebites

Fatores mecânicos

- evitar materiais propensos à corrosão sob tensão, corrosão sob fadiga, à fragilização pelo hidrogênio
- usar materiais com resistência à corrosão intergranular

métodos de proteção

- proteção catódica ou anódica
- revestimentos
- inibidores de corrosão

facilidade de manutenção

- Permitir inspeção simples das instalações
- as partes inspecionadas devem ser acessíveis
- a desmontagem das peças deve ser simples
- o projeto deve prever o acesso de pessoas, ferramentas, luz, ventilação...

fatores econômicos

- custo inicial dos materiais
- custo devido às paradas das linhas de produção para manutenção ou substituição de peças
- custo dos métodos de proteção a serem utilizados
- custo de manutenção

Modificação do Material

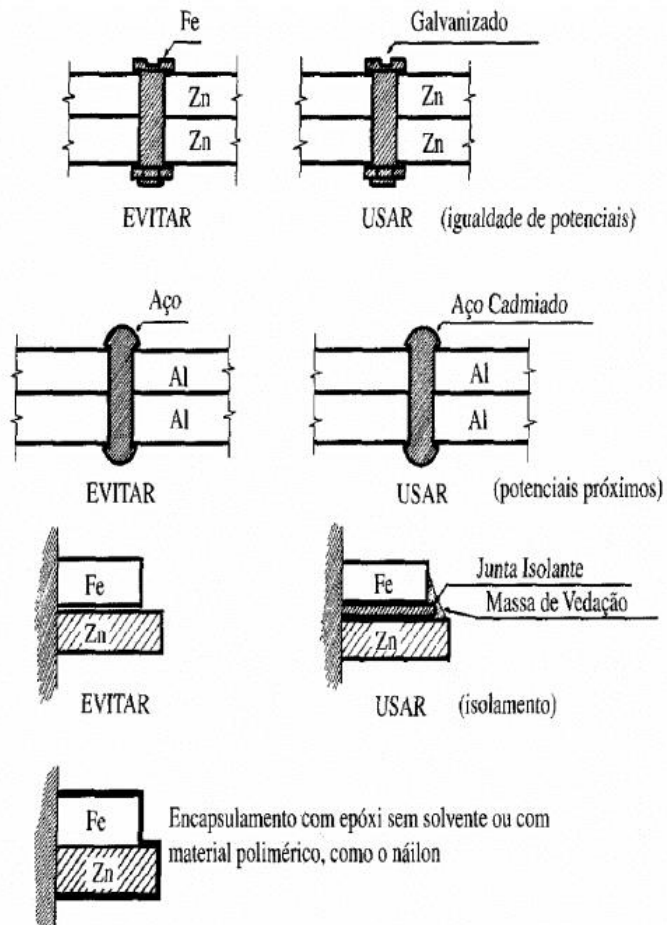


Figura 3.1.1.: Revestimentos ou isolamento para evitar o contato direto de dois metais.

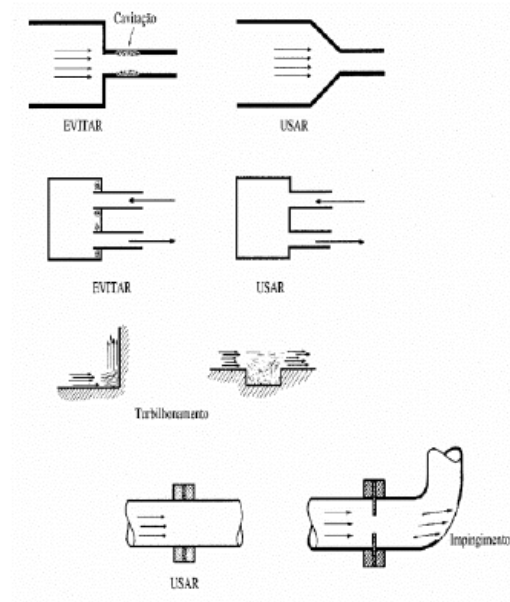


Figura 3.1.2.

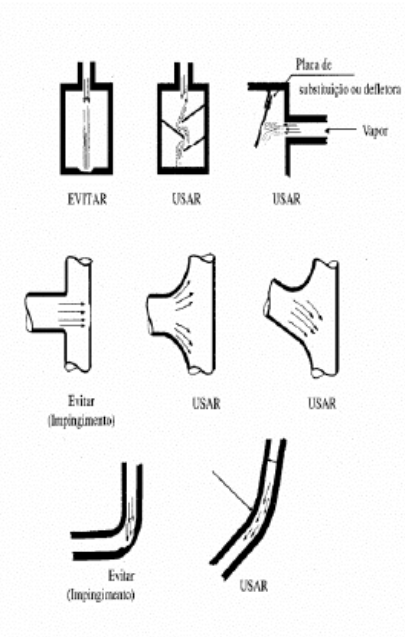
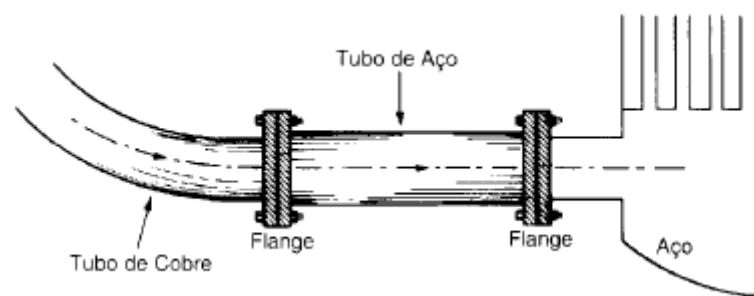


Figura 3.1.3.



Proteção Catódica

Mecanismo

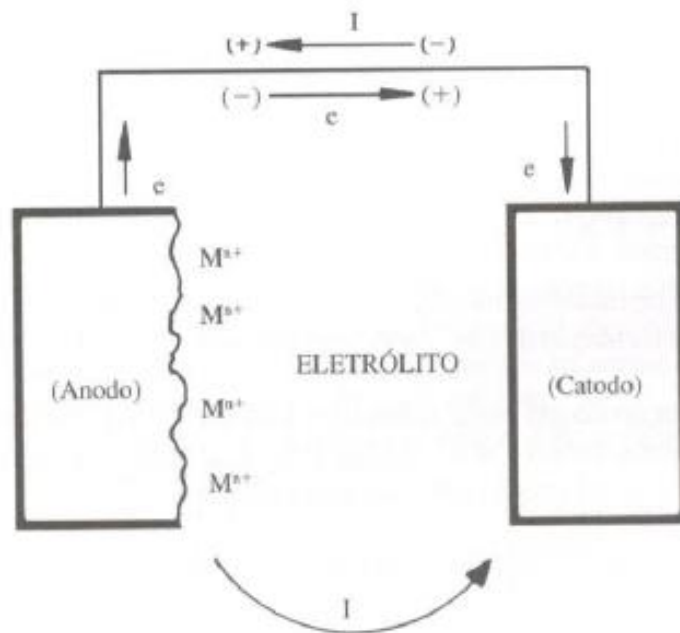


Fig. 25.4

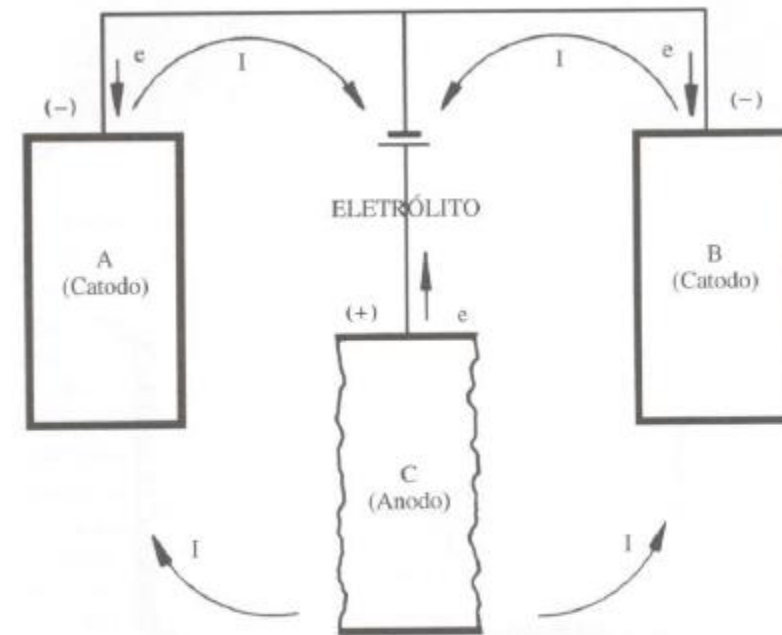


Fig. 25.5

Sistemas de Proteção Catódica

- A proteção catódica pode ser produzida de duas maneiras:
 - por corrente impressa
 - por anodos de sacrifício (proteção chamada também de galvânica)

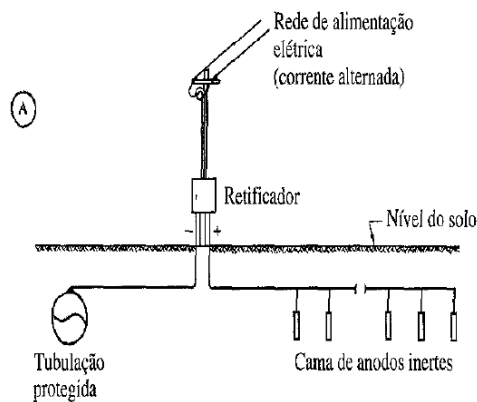


Figura 3.2.4.: Sistema de proteção catódica por corrente impressa em solos

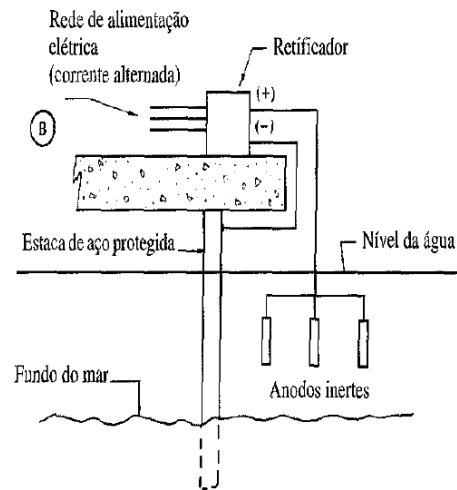


Figura 3.2.5.: Sistema de proteção catódica por corrente impressa em água do mar

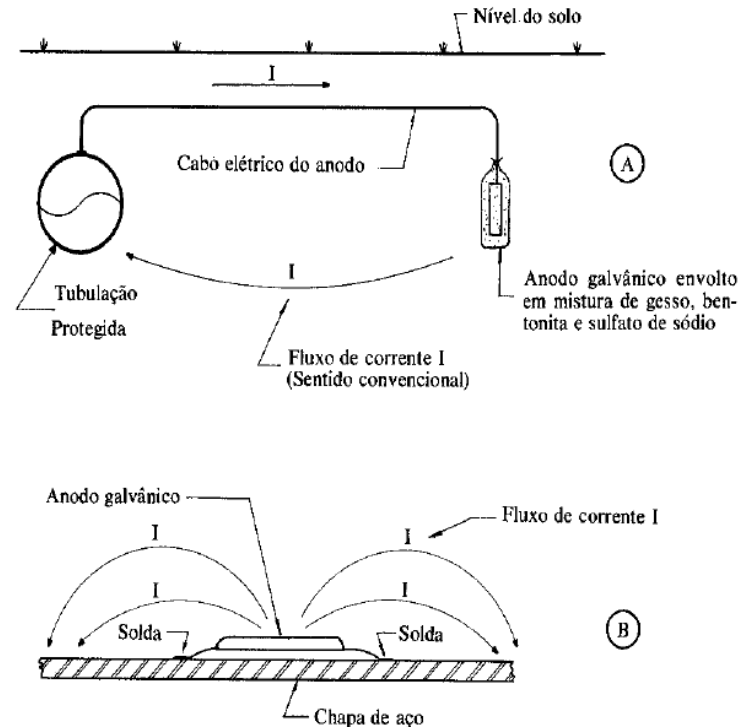


Figura 3.2.6.: Aplicações típicas da proteção catódica por anodos de sacrifício

A/ proteção de tubulações enterradas

B/ proteção de cascos de navio de pequeno e médio porte



Proteção Catódica

Principais requisitos dos anodos de sacrifício

- **composição química:**

- os anodos não devem conter impurezas que poderiam levar à auto-corrosão dos anodos
- os anodos devem permanecer ativos (não devem se formar filmes passivantes)
- em ligas de Al se adiciona elementos como Zn para tornar os potenciais mais negativos. Hg e In previnem a formação de películas passivantes sobre Al
- em ligas de Mg, se adiciona Al e Zn para aumentar a eficiência dos anodos e Mn para ter potenciais mais negativos

- **forma**

a razão entre área superficial /massa é um parâmetro importante que vai determinar o tempo de vida do anodo

- **rendimento da corrente:**

a proteção de uma estrutura com uma certa área exposta vai corresponder a uma certa corrente necessária quando maior o rendimento do anodo, menor o número de anodos necessário para produzir uma dada corrente. Neste caso o consumo de anodos será maior.

as eficiências das ligas de Mg , Zn e Al são respectivamente 50-60%, 90-95% e 75-95%.

- **capacidade do anodo:**

- é a carga que pode ser produzida por um anodo de sacrifício por kg de material considerando a

- **enchimentos condutores dos anodos**

- são usados para circundar os anodos de Mg e Zn usados em solos. São usualmente constituídos de 75% gipsita (sulfato de cálcio hidratado) + 20% bentonita ($\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$) + 5% sulfato de sódio.

Proteção catódica por anodos de sacrifício	Proteção catódica por corrente impressa
Vantagens	
• não requer fonte de corrente externa • facilidade de instalação • perigo de falha mínimo • facilidade para ter uma distribuição uniforme de corrente • interação (por corrente de fuga) com instalações vizinhas mínima • econômica para proteger instalações pequenas ($I < 5A$) • manutenção fácil e custos baixos	• controle fácil da corrente • vida do sistema longa (até > 20 anos) • pode ser usada para proteção de instalações de grande porte • econômica para $I > 5A$
Desvantagens	
• rendimento do anodo alto na instalação mas diminui com o tempo • não econômica para estruturas de grande porte • em eletrólitos de alta resistividade, o rendimento é baixo • se o rendimento é alto, é necessário trocar os anodos com frequência • regulação precária	• interação (por corrente de fuga) possível com outras estruturas • instalação sujeita a disponibilidade de rede de energia elétrica • requer manutenção elétrica e inspeção regular • custos constantes com o consumo de energia elétrica • sujeita a corte no fornecimento de energia elétrica

Proteção Anódica

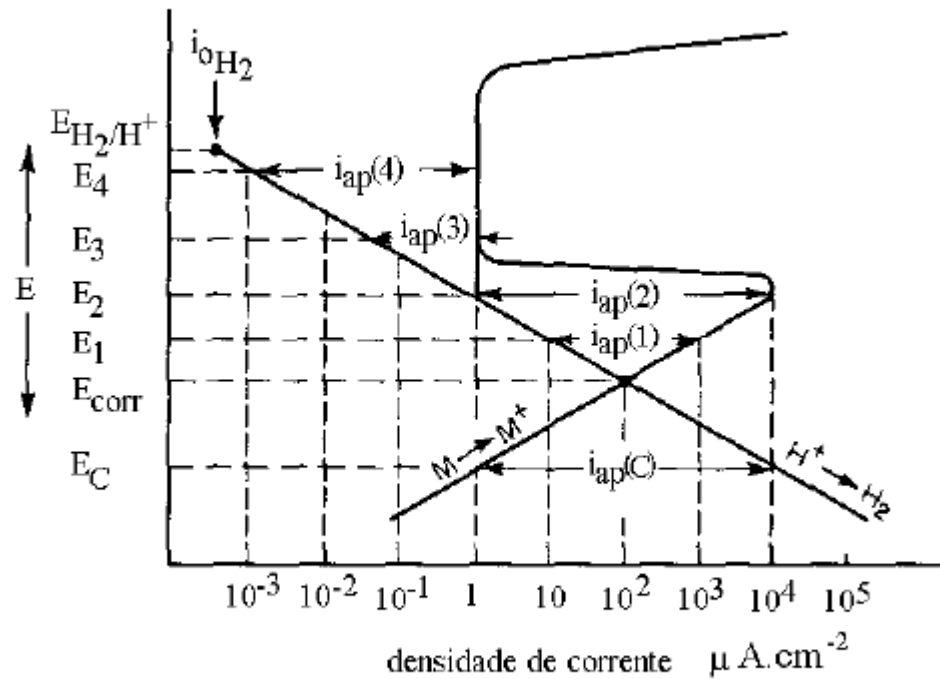


Figura 3.2.14.: Princípio da proteção anódica

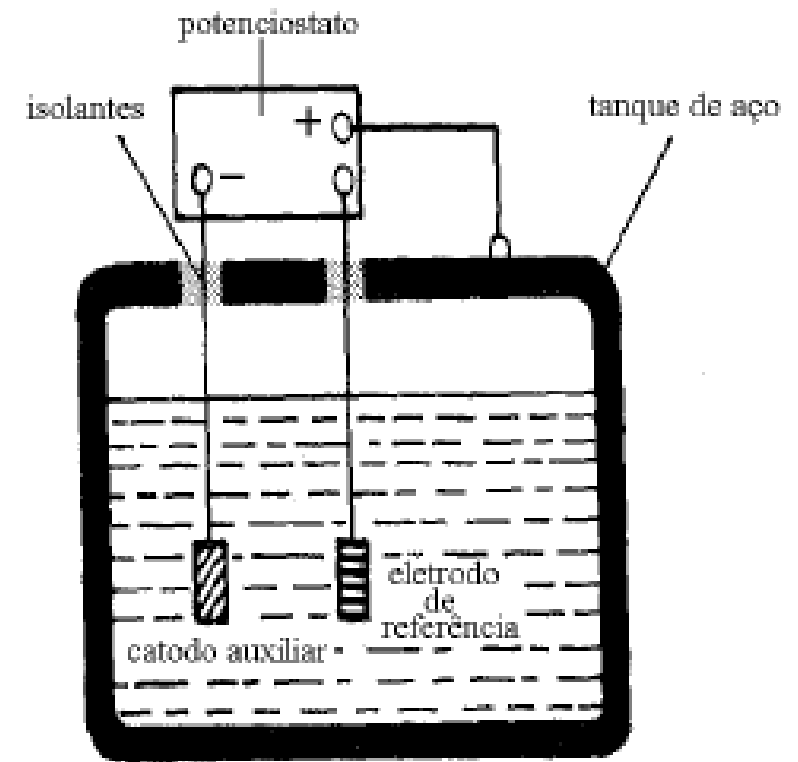


Figura 3.2.13.: Montagem utilizada para a proteção anódica

Campo de aplicação, vantagens e desvantagens da proteção anódica frente à proteção catódica

Proteção anódica	Proteção catódica
• para metais que se passivam • para meios corrosivos fortes ou fracos • corrente inicial elevada e depois baixa • uniformidade da distribuição de corrente • custo de investimento alto (potenciostato) • baixo custo de operação • evitar usar este método de proteção em meios contendo Cl^- (destruição das camadas de óxidos)	• para qualquer metal • para meios corrosivos fracos (solos, água doce ou do mar) • corrente constantemente elevada • não há uniformidade da distribuição de corrente (precisa-se usar leito de anodos) • custo de investimento baixo • custo de operação alto