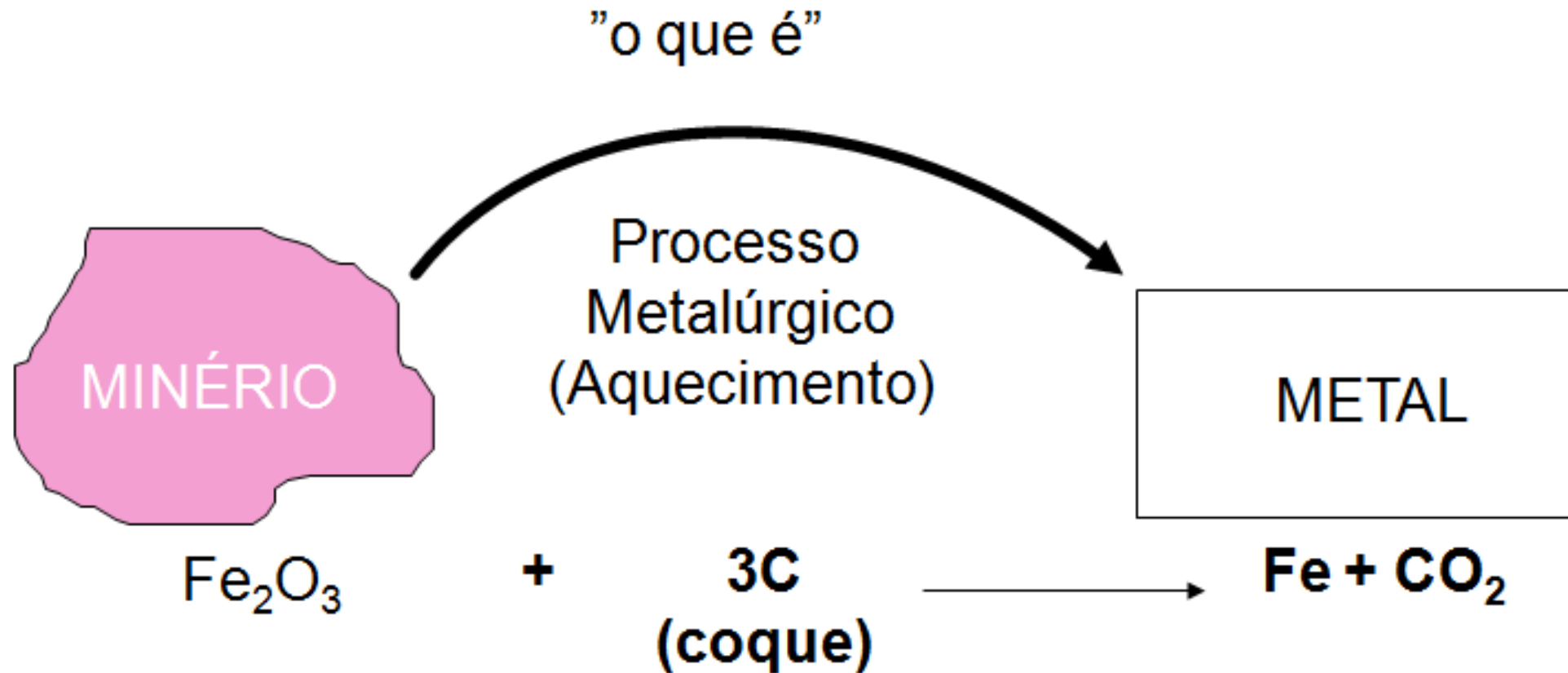


CORROSÃO DOS AÇOS INOXIDÁVEIS


Ramón S. Cortés Paredes, Dr. Eng.
LABATS/DEMEC/UFPR
2016

CORROSÃO GERAL

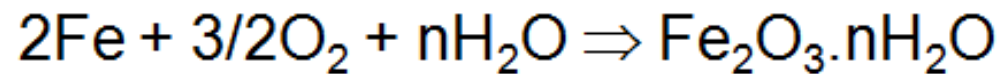
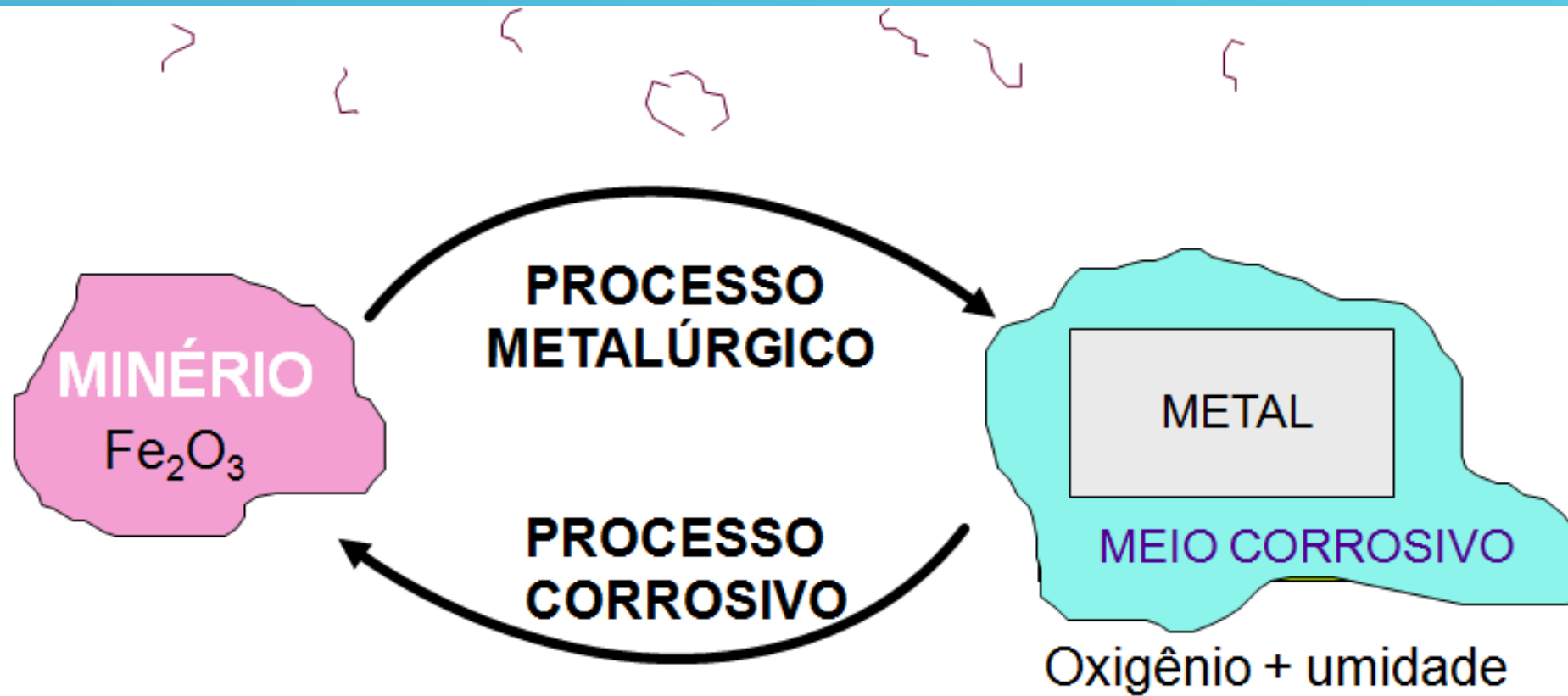
O material metálico industrializado recebeu energia durante processo metalúrgico



MEIOS CORROSIVOS

- Atmosfera;
 - Produtos Químicos;
 - Solos;
 - Água doce;
 - Água do mar.
- 
- A decorative graphic consisting of several parallel white lines of varying lengths, slanted upwards from left to right, located in the bottom right corner of the slide.

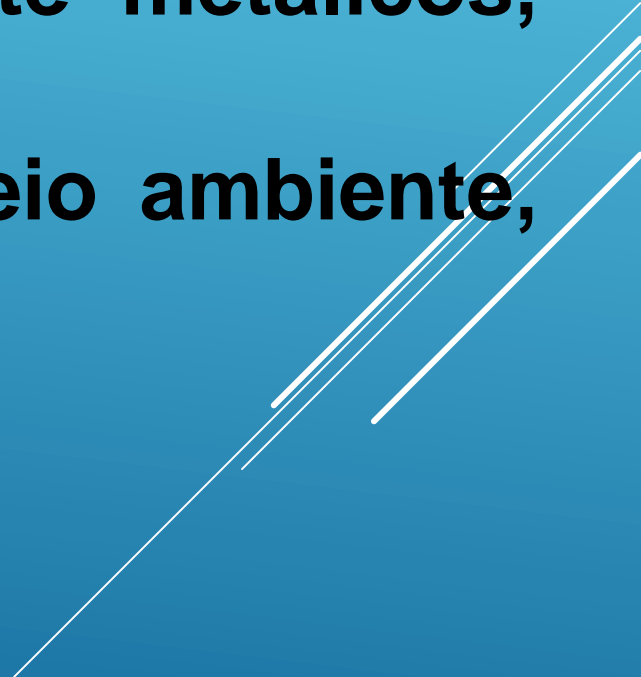
CORROSÃO



Ferro + Oxigênio + Umidade \Rightarrow Óxido de Ferro

CORROSÃO

É a deterioração dos materiais, geralmente metálicos, pela ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliado ou não a esforços mecânicos.

Decorative white lines consisting of several parallel diagonal strokes in the bottom right corner of the slide.

CLASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS CORROSIVOS

Corrosão Química

- Ausência de água;
- Temperaturas elevadas (acima do ponto de orvalho da água);
- Interação direta metal/meio.

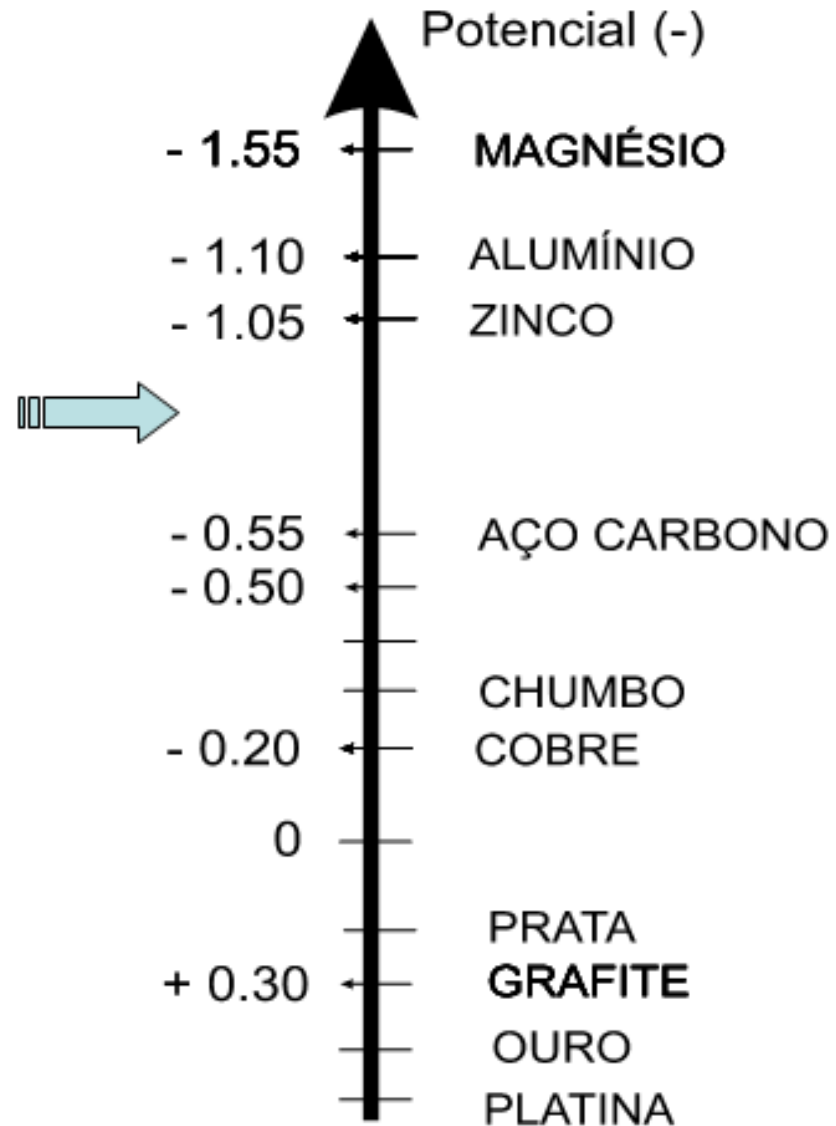
Corrosão Eletroquímica

- **Presença de água;**
- **Temperatura ambiente;**
- **Pilha de corrosão (anodo + catodo + conexão elétrica + eletrólito).**

A Corrosão Eletroquímica

Se processa nas áreas onde a corrente elétrica convencional sai do metal para o eletrólito.

POTENCIAL DE COORSÃO DOSMATERIAIS



Série Galvânica prática de Potenciais de Metais no Solo, em relação ao Eletrodo de Referência de Cu/CuSO_4

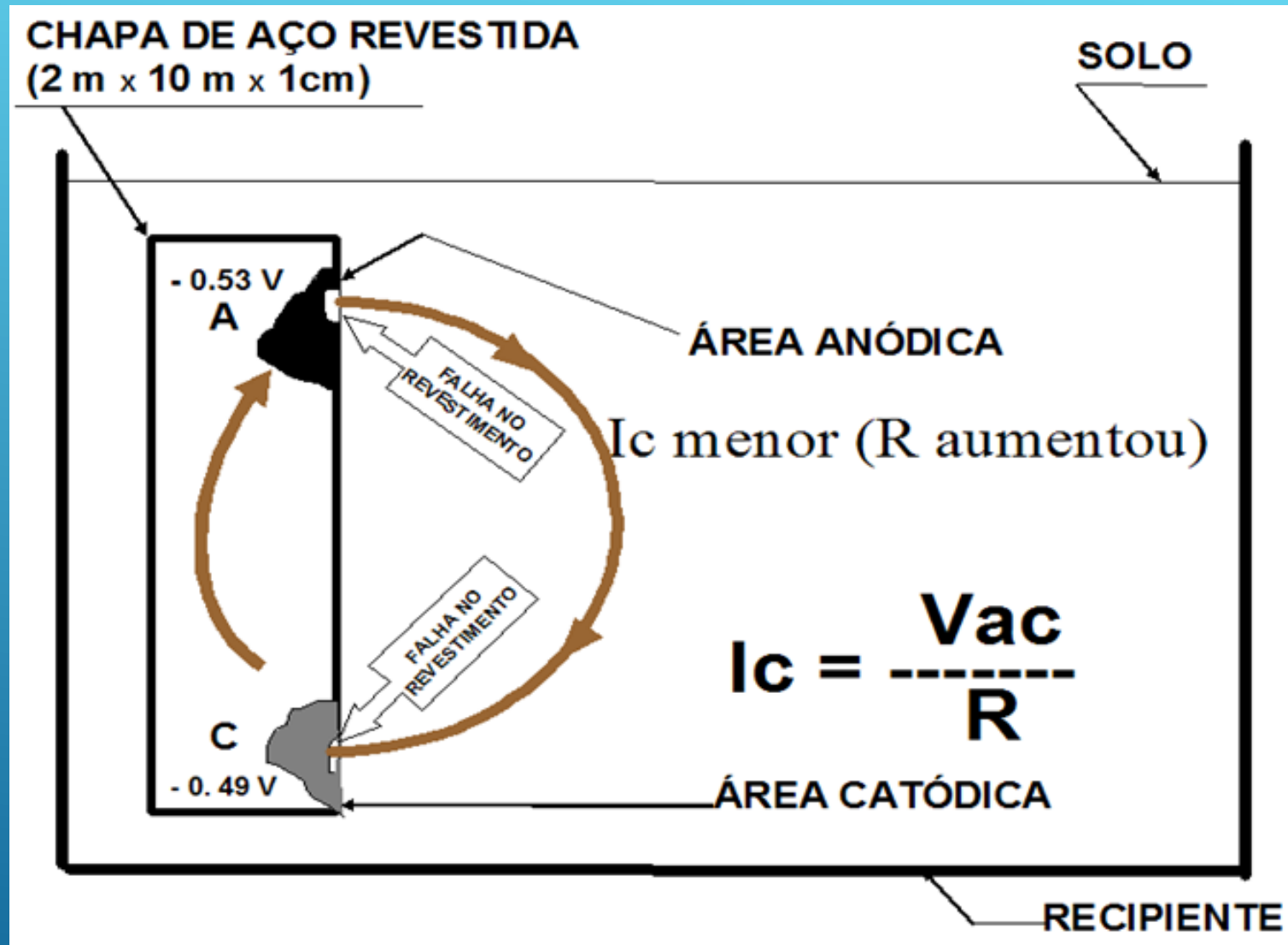
PROTEÇÃO CATÓDICA

- É uma técnica de combate a corrosão de instalações metálicas enterradas ou submersas, bastante empregada atualmente e de custo reduzido, se comparado ao valor dessas instalações.
- Ela constitui-se, também, em uma importante ferramenta na preservação do meio ambiente, pois evita danos a ecologia.

PROTEÇÃO CATÓDICA

A proteção catódica é uma técnica que controla o processo de Corrosão Eletroquímica

PROTEÇÃO CATÓDICA



Proteção Catódica - Técnica de Combate à Corrosão -
Aldo Cordeiro Dutra e Laerce de Paula Nunes

PROCESSOS DE REVESTIMENTOS METÁLICOS

Revestimentos metálicos

Quase todos os metais podem ser aplicados como revestimento dos mais diversos materiais, sejam metálicos ou não. Aplicados sobre as superfícies metálicas, exercem sua função protetora segundo diferentes mecanismos.

PROCESSOS DE REVESTIMENTOS METÁLICOS

Revestimentos metálicos

- Formam camadas protetoras de óxidos, hidróxidos, etc. quando reagem com o meio corrosivo e assim impedindo a continuação do ataque. Ex. Al e Zn.
- A camada protetora apresenta uma elevada sobrevoltagem de hidrogênio, impedindo desta maneira a continuação do ataque. São exemplos os revestimentos de estanho, de chumbo, e de cádmio.
- Apresentam um comportamento anódico ou catódico em relação ao metal base.

PROCESSOS DE REVESTIMENTOS METÁLICOS

Principais processos de Revestimentos Metálicos

- **G Galvanização;**
- **M Metalização;**
- **P Proteção Catódica;**
- **R Revestimento Externo.**

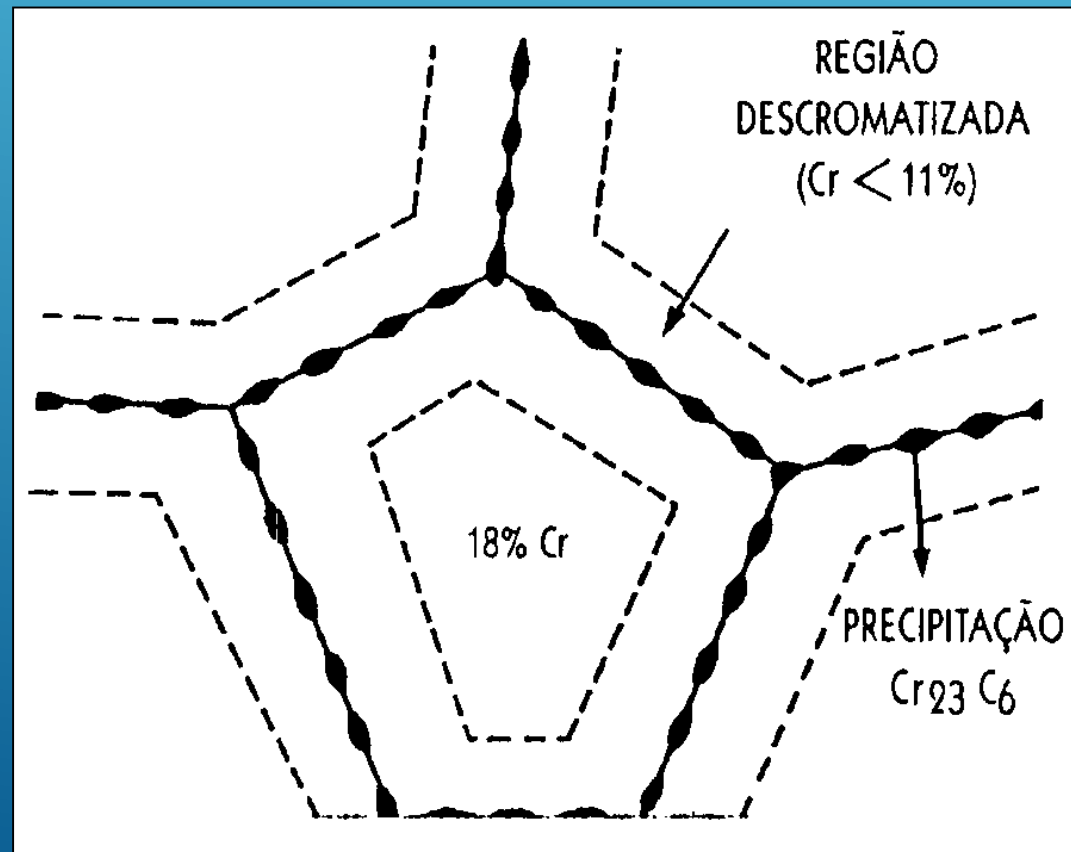
Corrosão nos aços inoxidáveis

Corrosão intergranular

- Os aços inoxidáveis austeníticos quando:
 - Tratados termicamente;
 - Aquecidos para trabalhos;
 - Soldagem;
 - Ou seja, aquecidos numa faixa de temperatura 400 a 870°C;
 - Estão sujeitos a uma precipitação de carbonetos no contorno de grão.
 - Nessa faixa de temperatura o Cr e o C se combinam para formar um carboneto de cromo (Cr_{23}C_6) e criar uma região empobrecida em cromo próxima ao contorno de grão.
- ⇒ Esse fenômeno é denominado: ***SENSITIZAÇÃO.***

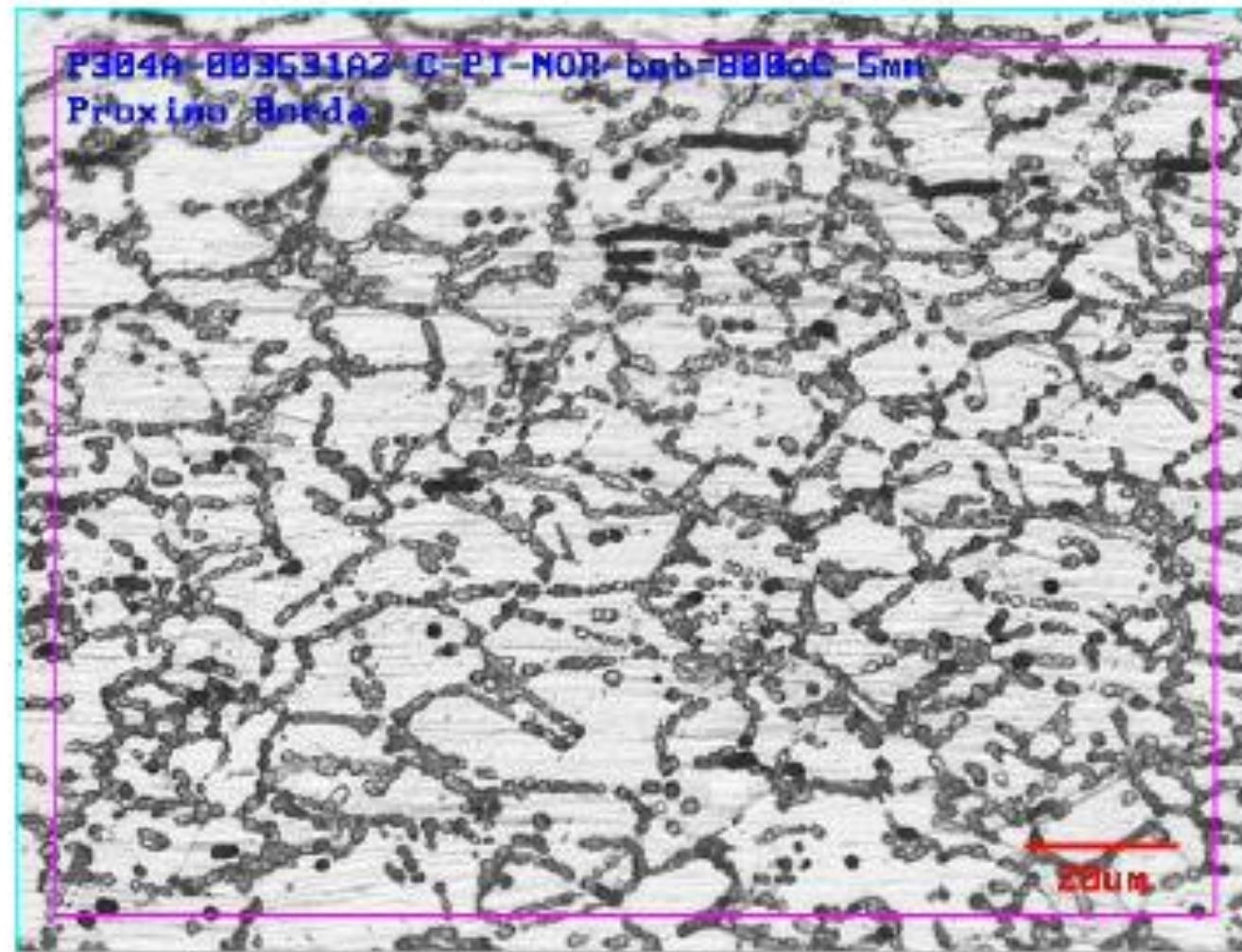
- Corrosão intergranular

Ocorre devido a precipitação de carbonetos de cromo nos contornos de grão, deixando uma região pobre em cromo no entorno. Esta região é preferencialmente anódica em relação ao interior dos grãos.



Corrosão intergranular

Formação de carbonetos de cromo nos contornos de grãos



Fonte: Edson Rossi - BCP

Corrosão intergranular

Mecanismo :

Precipitação de carboneto



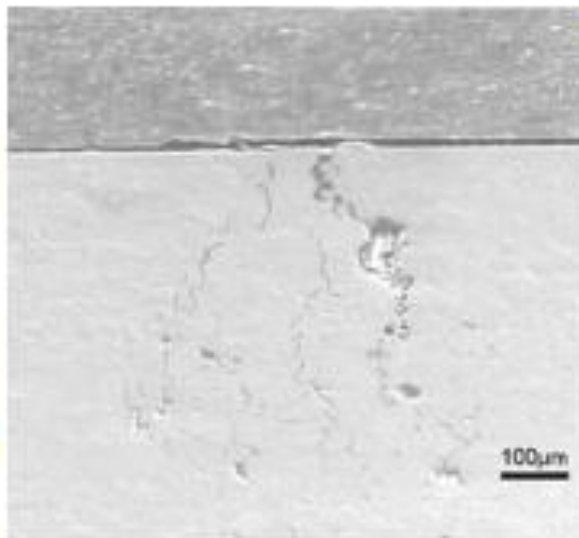
Queda de cromo localizada



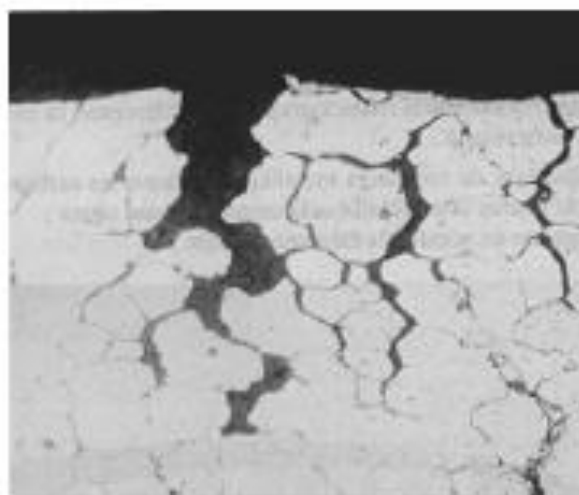
Corrosão no contorno do grão



Fratura intergranular



fratura intergranular



Corrosão e fratura intergranular

Corrosão intergranular

Soluções

- Austenitização à temperatura de 1100°C, seguido de resfriamento rápido.
- Temperatura > 1050°C o Cr_{23}C_6 é rapidamente dissolvido. O C e Cr ficam novamente em solução sólida.
- Quando resfria rápido, não ocorre a precipitação de Cr_{23}C_6 pois não tem tempo o Cr e C para combinar-se e o carbono pode ficar em solução sólida na austenita até temperatura ambiente.

Corrosão intergranular

....continuação das soluções.....

- Nos anos 30 desenvolveram a adição de estabilizadores ou estabilizantes.
- O Ti e Nb, inibem a formação de Cr_{23}C_6 , devido ao fato de terem maior afinidade pelo C/N.
- Assim precipitam TiC e NbC e o Cr permanece em solução sólida.
- Ou seja, o Ti e Nb, são estabilizadores do C/N.
- Temos os denominados Aços Inoxidáveis estabilizados ao Ti e/ou Nb.

...continuam as soluções.....

- Redução do teor (%) de Carbono

- É a técnica mais utilizada.

- Quanto maior o % de C = maior formação de Cr_{23}C_6 .

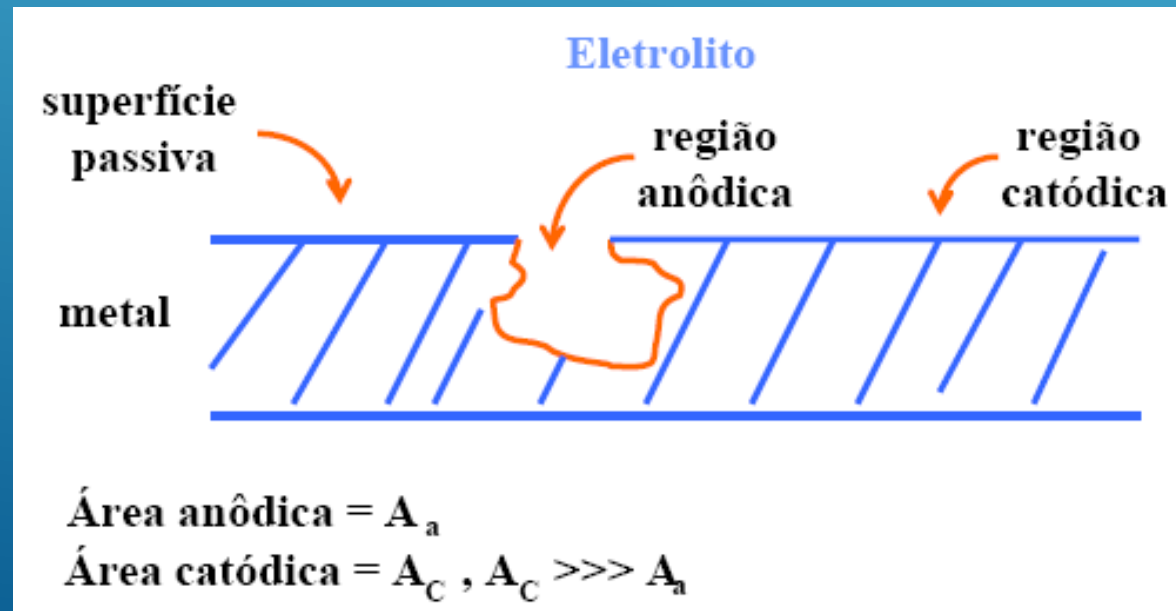
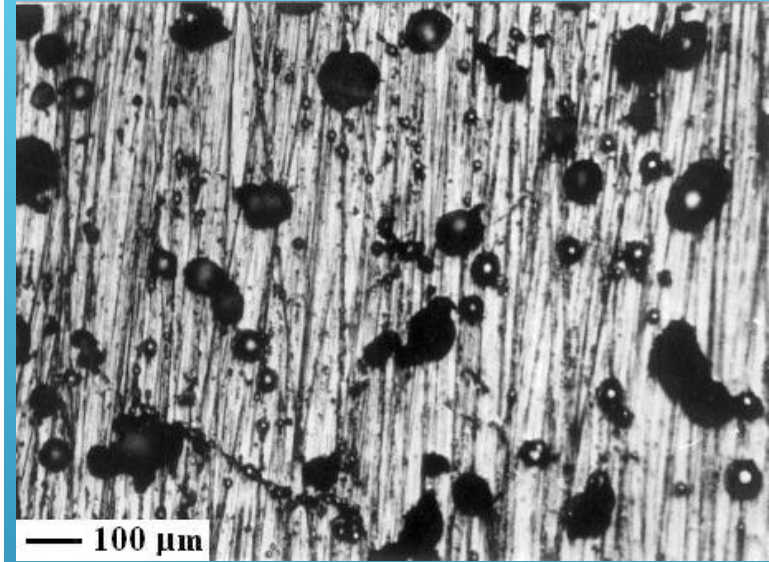
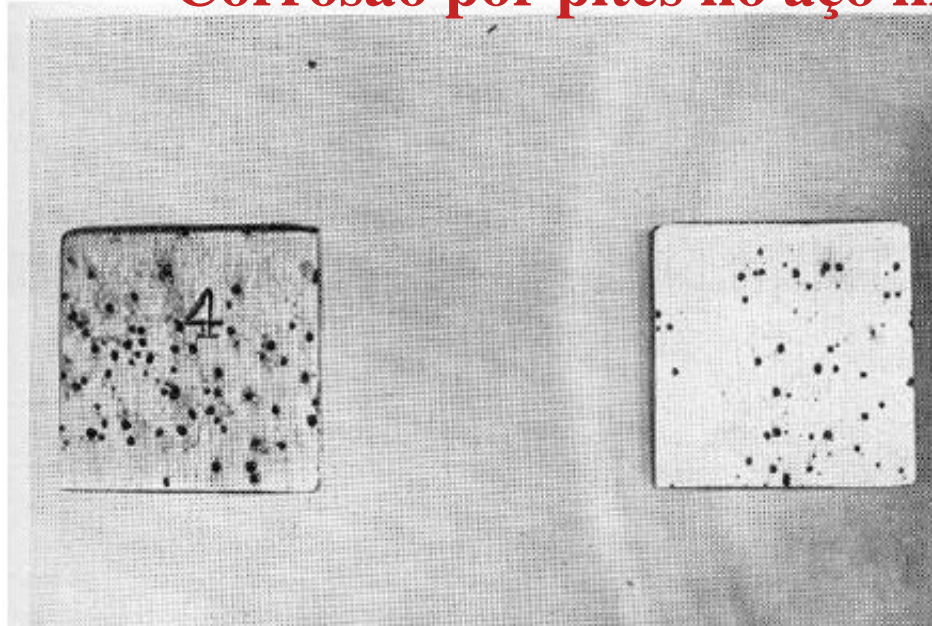
- Ou seja, a redução do teor de C diminui a intensidade de formação de carbonetos, com conseqüente menor remoção de Cr próximo aos contornos de grão.

Corrosão intergranular

Até 0,03% C - O carbono permanece dissolvido sem efeito nocivo. Precipita-se Cr_{23}C_6 em quantidade insuficiente para prejudicar, quando o tempo for suficiente longo na temperatura de formação.

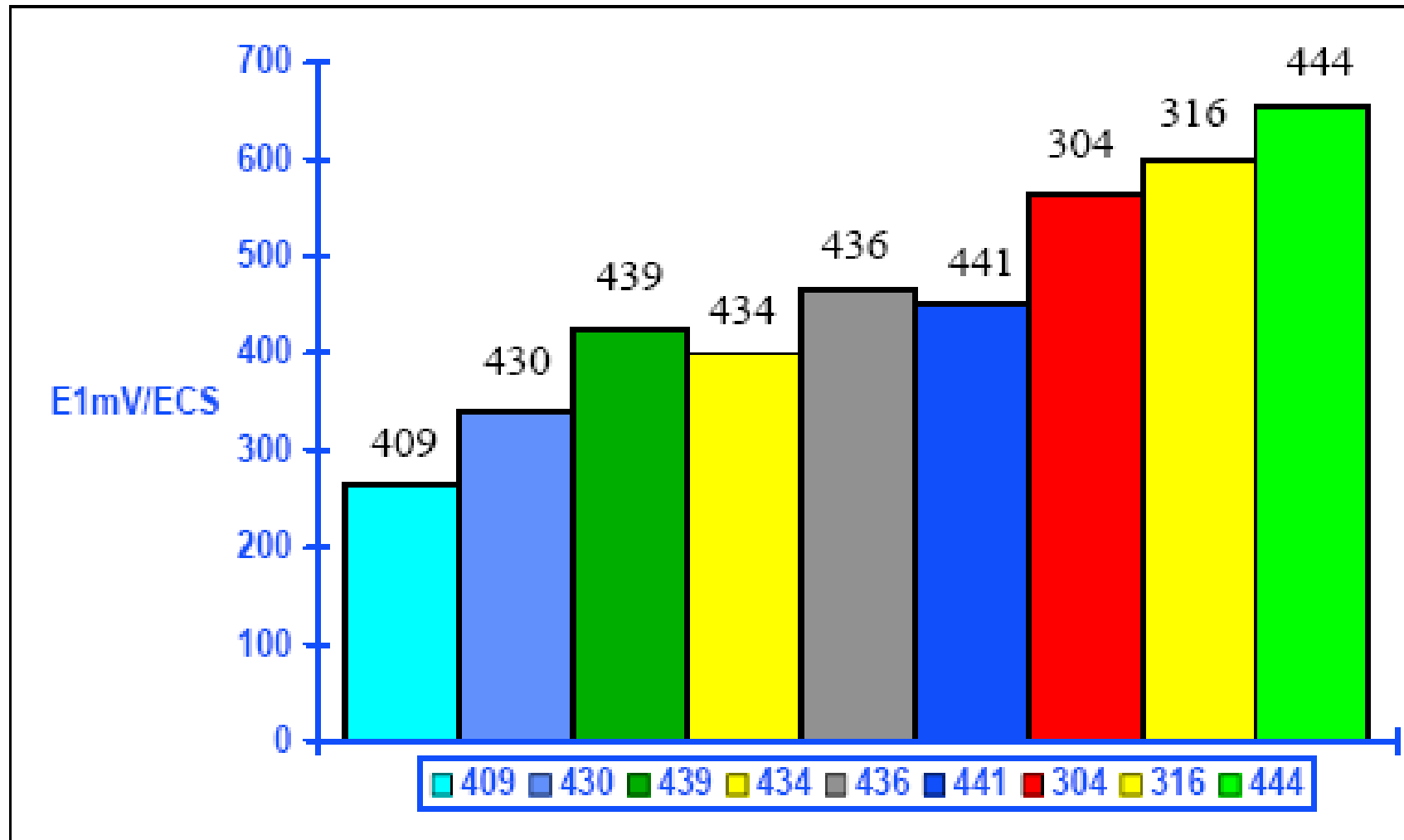
Acima de 0,03%C - O Cr_{23}C_6 começa a envolver os contornos de grãos de forma contínua, prejudicando a resistência à corrosão.

Corrosão por pites no aço inoxidável AISI 304



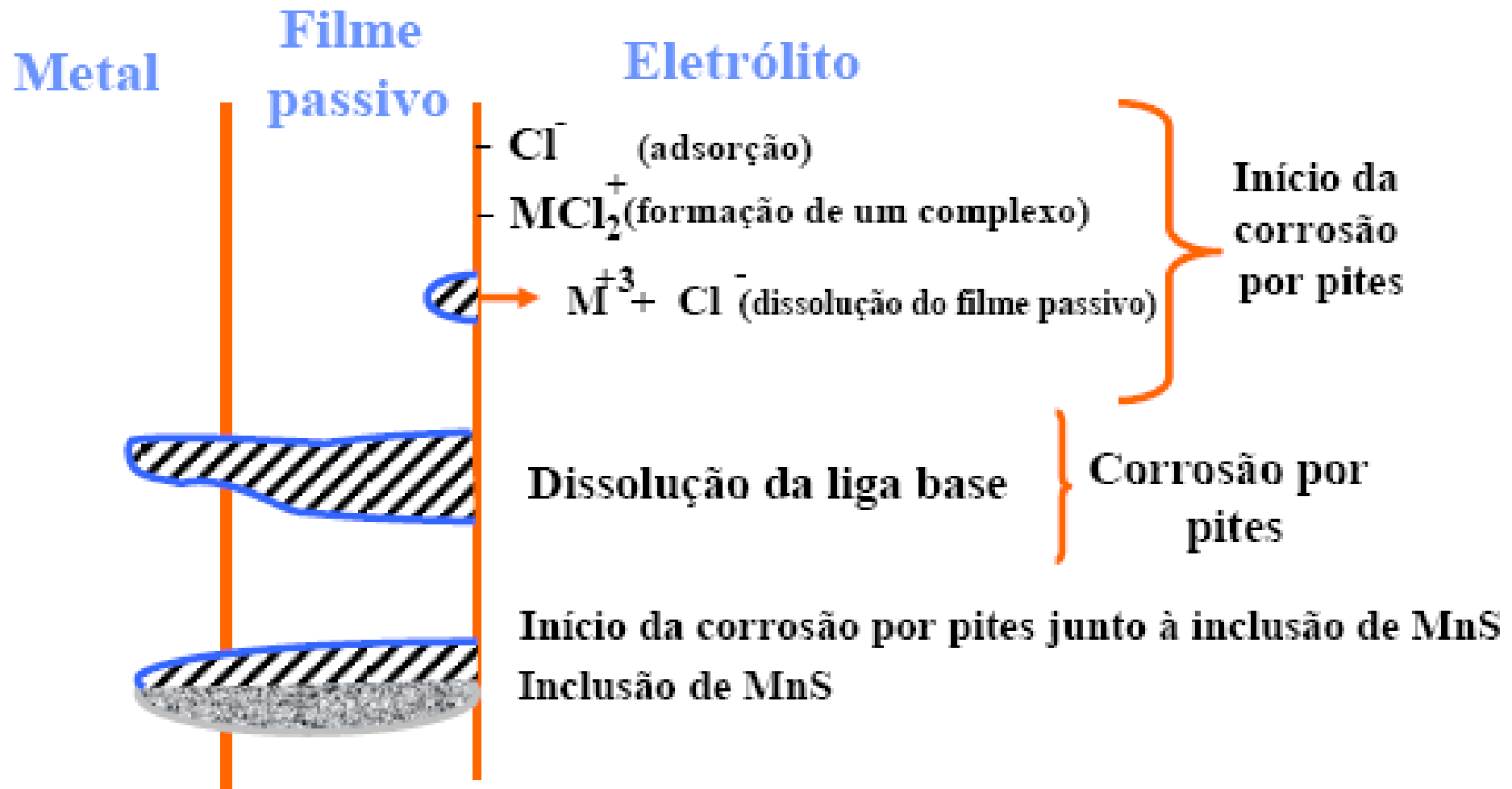
Corrosão por Pites

Potencial de Pite 0.02M NaCl pH=6.6



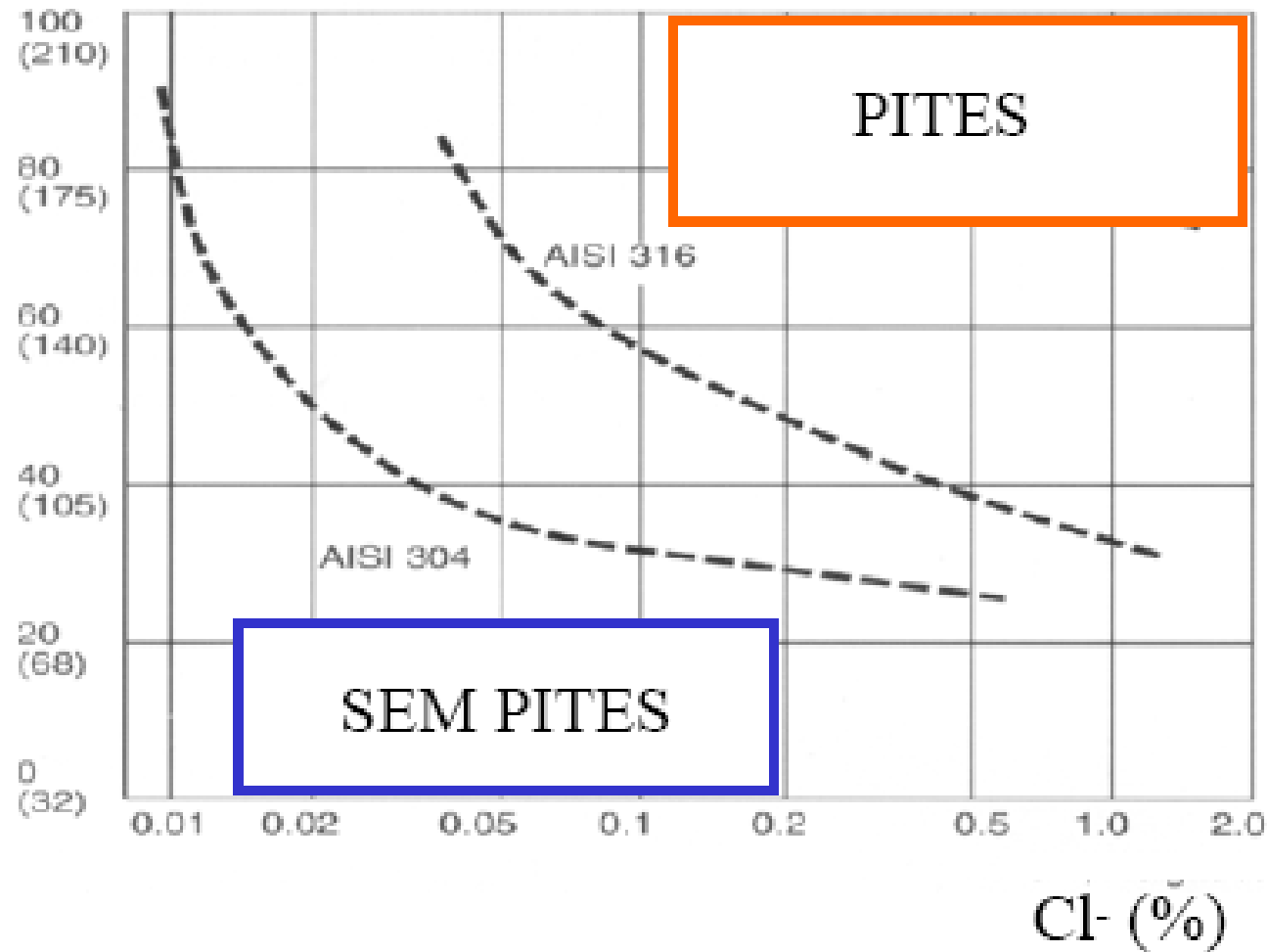
Corrosão por Pites

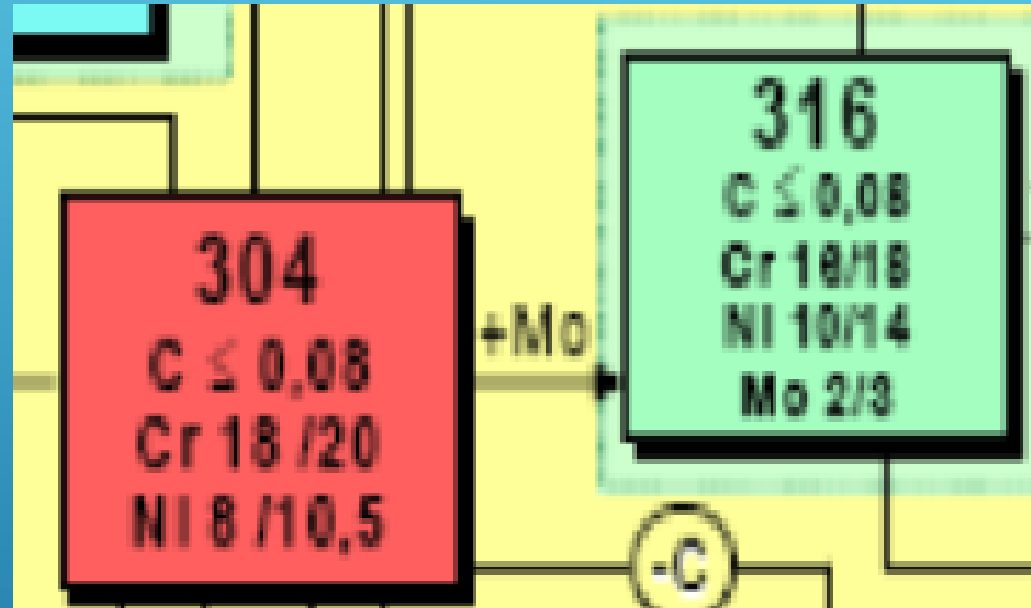
Mecanismo



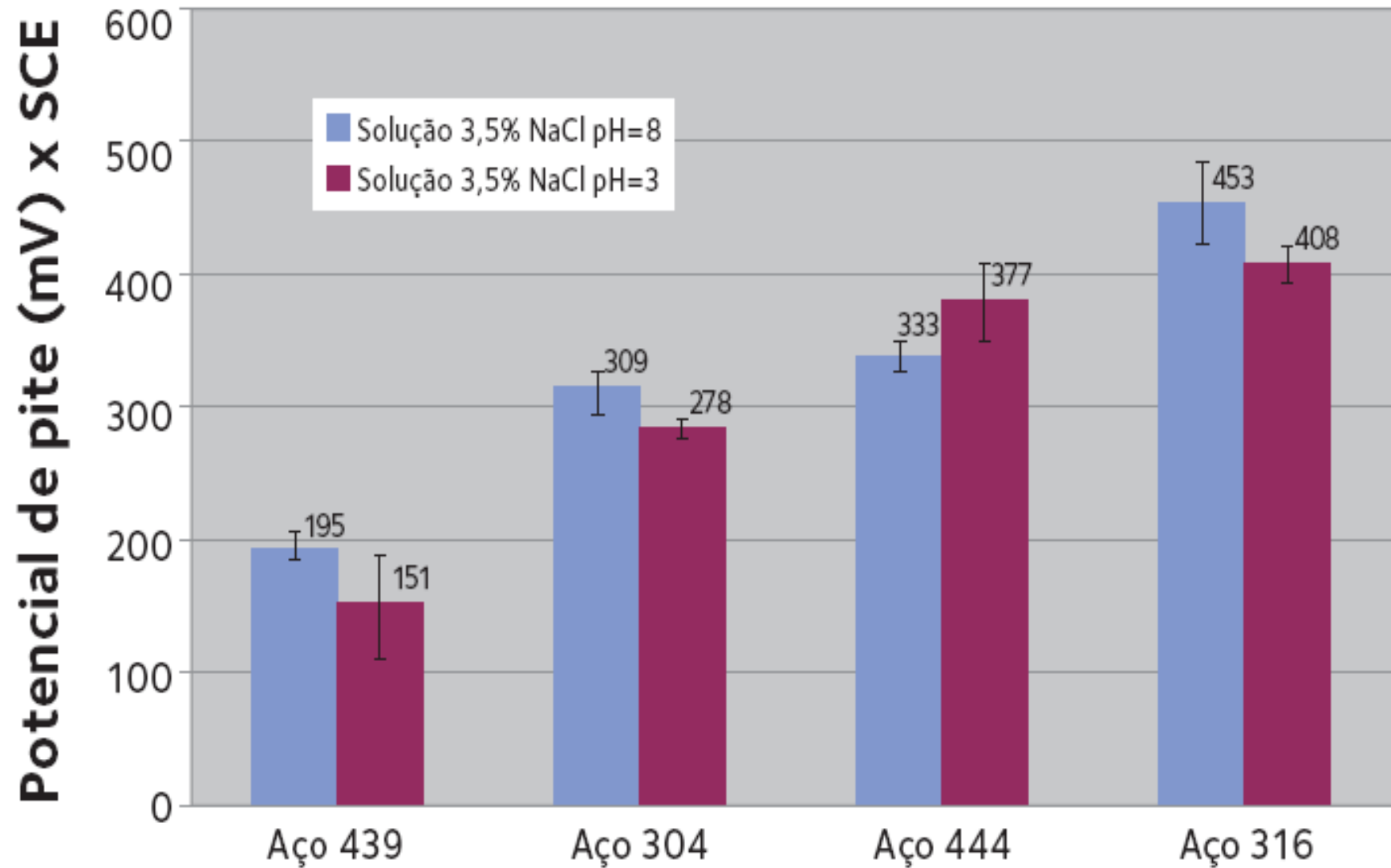
Corrosão por Pites

T(° C/F)

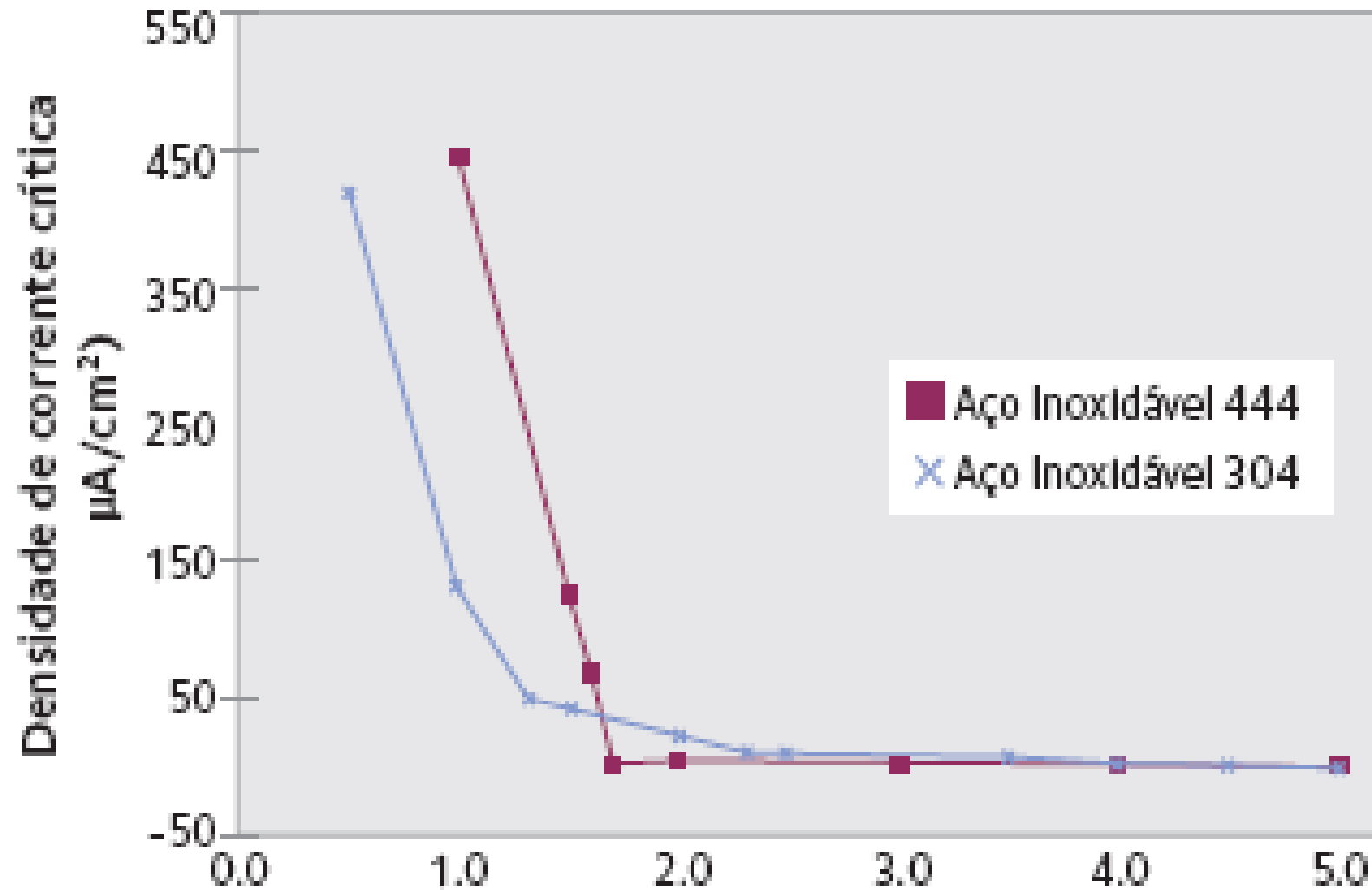




Corrosão por Pites

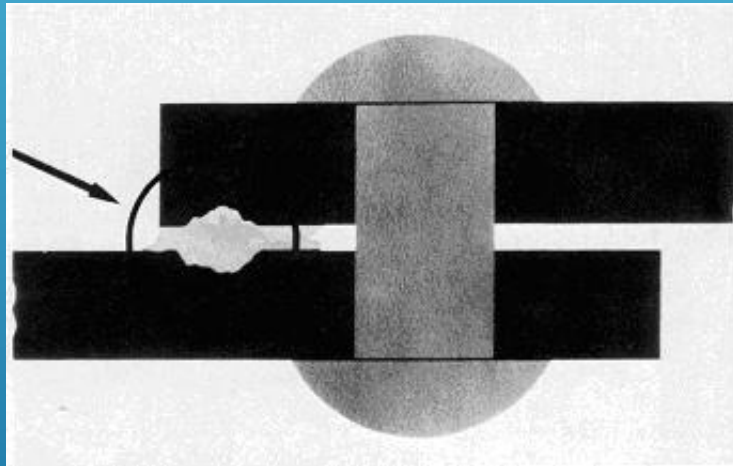


Corrosão por Pites



OUTROS TIPOS DE CORROSÃO NOS AÇOS INOXIDÁVEIS

- Corrosão em aresta ou frestas



- Pilha de aeração diferencial – a região em contacto com a menor pressão de O_2 se torna anódica → a corrosão ocorre nas interior das frestas.

- Pilha de concentração iônica – o eletrodo se torna mais ativo quando decresce a concentração de seus íons na solução → a corrosão ocorre nas bordas das frestas.

Corrosão por frestas

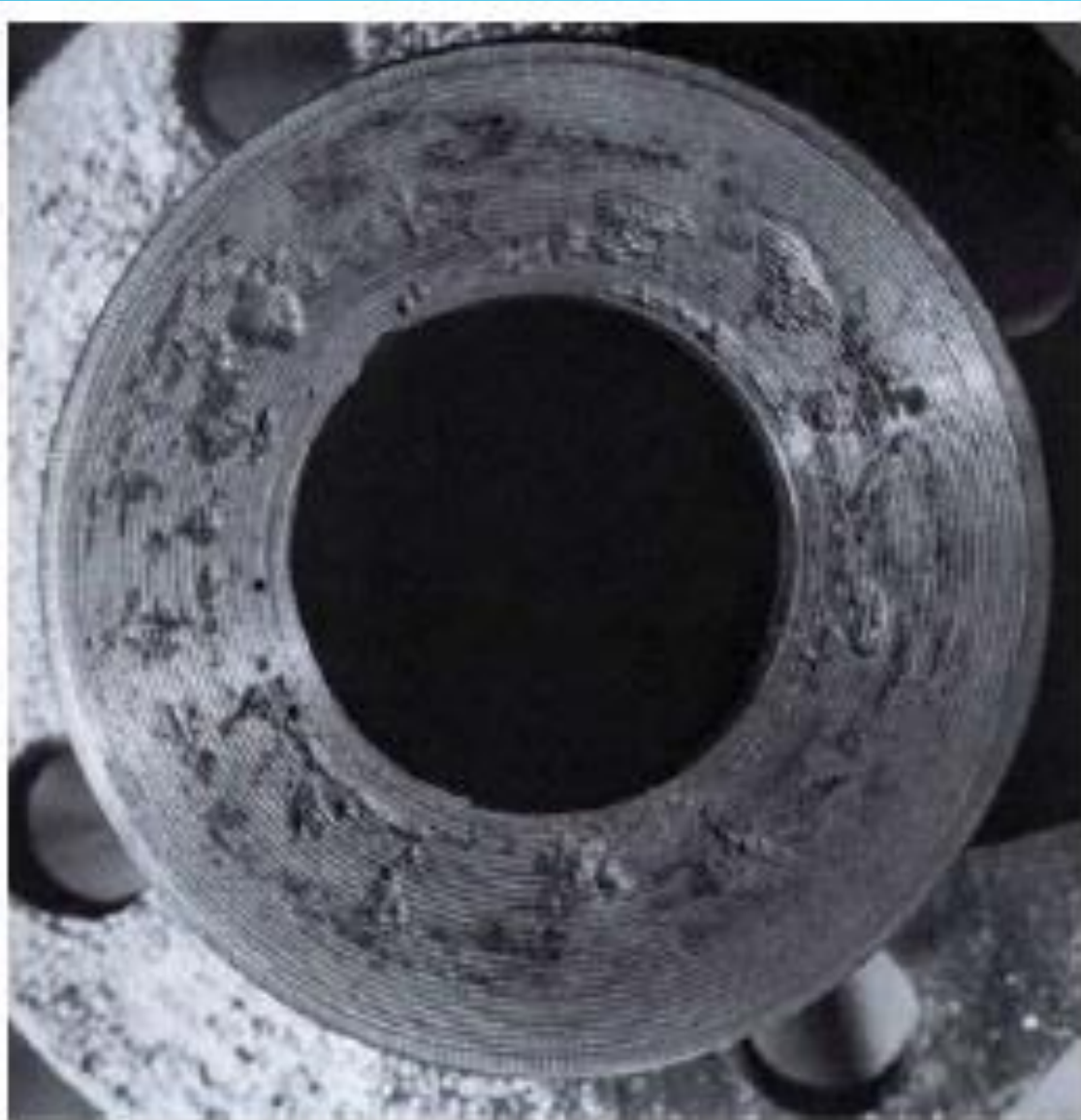


Fig. 9 - Corrosão por frestas em um aço inoxidável.



- Corrosão sob tensão



- **Materiais susceptíveis: aços inoxidáveis austeníticos, aços inoxidáveis martensíticos;**
- **Meios agressivos: soluções contendo cloretos, hidrogênio (H₂S, carregamento catódico).**

Corrosão Geral ou uniforme

Características Principais:

- Corrosão a uma velocidade uniforme, em toda a sua superfície. O resultado final seria a perda de espessura.
- Reação química ou eletroquímica que se processa sobre toda a superfície exposta do material. Este se torna mais fino e, eventualmente, fratura.

Corrosão Geral ou uniforme

Características Principais:

As adições de Ni e Mo também expandem a faixa passiva.

A corrosão geral é uma ruptura uniforme do filme passivo.

Referências:

- taxa de corrosão $< 0,05$ mm/ano - para alimentos,
- taxa de corrosão de 0,5 mm/ano - para aplicação industrial.
- taxa de corrosão $> 1,3$ mm/ano – pode ser toleradas, e acima não são viáveis.