



# FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas - FEM/UNICAMP

Rua Mendeleev, 200 - CEP 13083-860

Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo

Campinas - SP [www.fem.unicamp.br](http://www.fem.unicamp.br)

## EXPERIMENTO 7: ENSAIOS DE CORROSÃO

### Objetivos:

Evidenciar o mecanismo eletroquímico que rege as reações de corrosão, através de procedimentos experimentais. Observar e avaliar o comportamento do ferro em diferentes meios.

### Fundamentação Teórica (OBS.: LER A BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA NO FINAL DO ROTEIRO)

Define-se corrosão como sendo a deterioração de um material por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, podendo haver a associação de ações mecânicas ou físicas (tensões, deformações, esforços de fadiga, ação erosiva, etc.). Basicamente, é a natureza buscando o estado de menor energia do material. Para os metais, a corrosão ocorre pela transformação do metal em óxido. Ela pode ocorrer nos mais variados meios: gasoso (ex: ar atmosférico), sólido (ex: solos) e líquido (ex: água doce e salgada, e produtos químicos em geral).

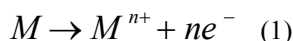
A corrosão eletroquímica é provocada pelo aparecimento de várias pilhas (ex.: pilhas de eletrodos diferentes, pilha de concentração, pilha de aeração diferencial, pilha eletrolítica e pilha de tensão) ou elementos de corrosão funcionando em curto-circuito. Para que haja corrosão é necessário estarem presentes concomitantemente os seguintes elementos:

- **Eletrodos:** duas ou mais regiões diferenciadas do material metálico, as quais devem apresentar características contrárias quanto à tendência de ceder ou receber elétrons. Assim, ânodo é o eletrodo no qual se processa a reação de **oxidação** ou **corrosão** (perda de elétrons), e o **cátodo** é o eletrodo em que se processa a reação de **redução** (ganho de elétrons).

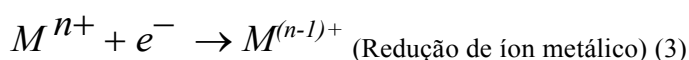
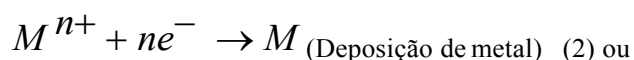
- **Circuito Interno:** É o meio onde se processa a condução de íons. Neste circuito, os cátions migram do ânodo para o cátodo e os ânions do cátodo para o ânodo.

- **Circuito Externo:** É o meio onde ocorre transporte de carga elétrica pela diferença de potencial entre os eletrodos. Os elétrons migram através do ânodo para o cátodo.

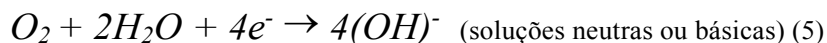
Assim, ânodo é o eletrodo no qual se processa a reação de oxidação ou corrosão (perda de elétrons). Em outras palavras, o metal vai da forma metálica para a forma iônica com a liberação de íons, conforme a reação (1) abaixo:



O cátodo é o eletrodo em que se processa a reação de redução (ganho de elétrons), conforme as reações (2) e (3) abaixo:



Conforme a natureza da solução em que o metal está exposto podem ocorrer outras reações de redução:



Ao imergir um metal em uma solução ocorre a formação da dupla camada elétrica, e como consequência estabelece-se uma diferença de potencial na interface metal/solução, (Figura 1). Essa diferença de potencial é responsável pela troca de cargas que ocorre na interface, e permite que as reações eletroquímicas aconteçam.

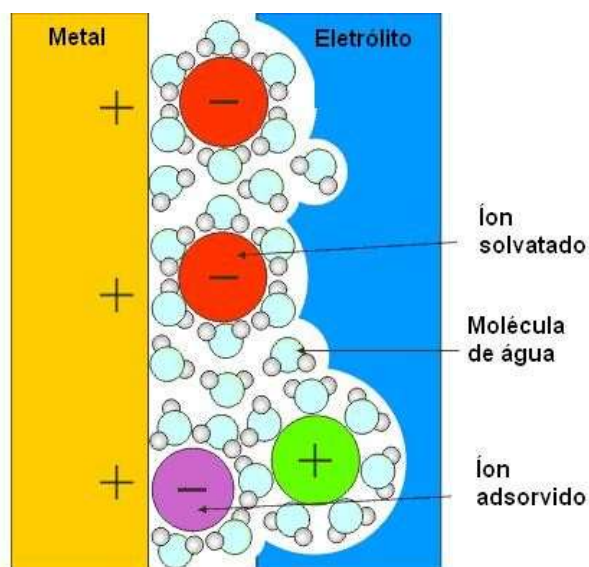


Figura 1. Diagrama esquemático da dupla camada elétrica.

Uma pilha é caracterizada pela diferença de potencial entre duas semipilhas, as quais apresentam reações de oxirredução (oxidação e redução em distintos pontos simultaneamente) caracterizada pela transferência de elétrons e consequentemente mudança do número de oxidação.

De maneira geral os processos de corrosão podem ser divididos em corrosão uniforme, corrosão localizada e corrosão associada a esforços físicos ou mecânicos. Algumas subdivisões também podem ser criadas de acordo com variações de meio, par de semipilhas, geometria, etc. Abaixo, são descritos brevemente alguns dos principais mecanismos de corrosão:

**A) Corrosão generalizada:** a superfície do metal se oxida de maneira uniforme.

**B) Corrosão localizada:** o processo de corrosão estabelece-se preferencialmente em alguns pontos. É um tipo bastante perigoso de corrosão pois é mais difícil a sua detecção.

**b1) corrosão por pites:** o processo corrosivo provoca a perfuração do material em pontos discretos. Ex: corrosão do alumínio em água do mar.

**b2) corrosão Inter granular:** é um processo de corrosão que ocorre preferencialmente nos contornos de grãos. Só é detectável por análise microscópica.

**b3) corrosão seletiva:** é a corrosão preferencial de um dos componentes de uma liga. Ex: a dezincificação em latões (liga Zn-Cu), que é a corrosão preferencial do zinco nessas ligas.



# FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas - FEM/UNICAMP

Rua Mendeleev, 200 - CEP 13083-860

Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo

Campinas - SP [www.fem.unicamp.br](http://www.fem.unicamp.br)

**b4) corrosão galvânica:** o processo corrosivo se dá devido ao contato de materiais metálicos diferentes, os quais apresentam características distintas quanto à tendência em receber ou doar elétrons.

**b5) corrosão por correntes de fuga:** o processo corrosivo se dá em instalações enterradas ou submersas próximas a rede de estrada de ferro eletrificada ou instalações de retificação de corrente.

**b6) corrosão por aeração diferencial (ou concentração iônica diferencial):** ocorre devido às concentrações iônicas diferentes em regiões distintas do material, criando a DDP motriz para a corrosão.

**b7) corrosão por frestas (crevice corrosion):** o processo de corrosão se dá quando há a presença de frestas, como por exemplo em juntas ou na presença de depósitos. Nesse caso ocorre um processo corrosivo acentuado e localizado no interior da fresta. Esta corrosão está diretamente relacionada à corrosão por aeração diferencial.

**C) Corrosão associada a esforços físicos ou mecânicos.** Como a corrosão está associada à energia, a presença de tensões influencia também seu mecanismo.

## Pré-teste:

Tópicos a serem abordados no pré-teste:

- Definição de corrosão
- Elementos necessários para que ocorra a corrosão eletroquímica
- Reação anódica e exemplos.
- Reação catódica
- Correlação entre as reações catódicas e anódicas.
- Definição dos diversos tipos de corrosão.

## Procedimento Experimental

**Observação:** Para a realização dos experimentos 1ml equivale a aproximadamente 20 gotas.

### Experimento 7.1: Pilhas de eletrodos metálicos diferentes

Em um béquer de 150 ml colocar 100 ml de solução aquosa de cloreto de sódio a 3%, 2,0 ml de fenolftaleína e 2 ml de solução aquosa de ferrocianeto de potássio. Imergir dois eletrodos metálicos, sendo um de cobre e outro de ferro, ligando-os por meio de um fio condutor. Decorridos alguns instantes observar e anotar os resultados.

Reações da fenolftaleína e ferricianeto de potássio (indicadores):

$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$  (reação de oxidação) – coloração azul (ferricianeto de potássio).

$2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$  (reação de redução) – coloração róseo-avermelhada (fenolftaleína)

Em um outro béquer, deve-se preparar novas soluções e repetir o mesmo procedimento anterior, mas com



# FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas - FEM/UNICAMP

Rua Mendeleev, 200 - CEP 13083-860

Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo

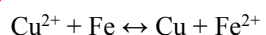
Campinas - SP [www.fem.unicamp.br](http://www.fem.unicamp.br)

eletrodos de zinco e ferro. Observar e anotar os resultados.

## Experimento 7.2: Verificação do sentido espontâneo da equação

- Em um béquer de 150 ml, colocar 80 ml de solução molar de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ). Em seguida mergulhar, parcialmente, uma lâmina de ferro bem limpa nessa solução. Observar.
- Em um béquer de 150 ml, colocar 80 ml de solução molar de sulfato de ferro II ( $\text{FeSO}_4$ ). Em seguida mergulhar, parcialmente, uma lâmina de cobre nessa solução. Observar.

Definir o sentido da reação:



## Experimento 7.3: Experiência da gota

Gotejar em uma placa de ferro limpa uma mistura (realizar a mistura em um béquer) contendo cerca de 10 gotas de solução aquosa a 3% de cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ), 1 gota de ferricianeto de potássio ( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ) e 1 de fenolftaleína. Decorridos alguns minutos, observar.

## Experimento 7.4: Corrosão do ferro

Materiais e reagentes:

- 6 tubos de ensaio identificados
- 6 lâminas de ferro
- Água destilada e de torneira
- 1 pipeta volumétrica
- Soluções de reagentes:  $\text{NaCl}$  (1g/L),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (2g/L),  $\text{KMnO}_4$  (1g/L),  $\text{NaOH}$  40g/L
- Solução de ferricianeto de potássio

**OBS:** Todas as lâminas de ferro devem estar muito limpas, sem nenhuma oxidação. Caso necessário: Lixar muito bem cada lâmina a ser utilizada. Lavar com água corrente e secar com secador ou papel absorvente.

Procedimento experimental:

1. Observar e anotar detalhadamente a aparência do metal antes de inseri-lo na solução.
2. Colocar em cada tubo de ensaio, 1 ml da solução de ferricianeto de potássio. A seguir, adicionar a cada um deles, cerca de 20 ml de uma das soluções, conforme indicado na tabela apresentada a seguir. O volume da solução deve ser suficiente para cobrir bem a lâmina de ferro.
3. Homogeneizar as soluções dos tubos de ensaio e inserir, cuidadosamente, uma lâmina em cada tubo de ensaio.
4. Observar cada sistema durante cerca de 30 minutos.



# FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas - FEM/UNICAMP

Rua Mendeleev, 200 - CEP 13083-860

Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo

Campinas - SP [www.fem.unicamp.br](http://www.fem.unicamp.br)

Tubo	Conteúdo do tubo de ensaio	Observações
1	Água destilada	
2	Água de torneira	
3	NaCl (1,0g/L)	
4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (2,0g/L)	
5	KMnO <sub>4</sub> (1,0g/L)	
6	NaOH 40g/L	

## Relatório:

- 1) Introdução;
- 2) Objetivos do experimento;
- 3) Metodologia experimental;
- 4) Resultados e discussão;
  - a) Relate o que aconteceu no experimento 7.1, sugira e justifique, um método para cada experimento, de como evitar ou diminuir a taxa de corrosão.
  - b) Defina qual o sentido da reação, cite e explique qual material se deposita nas superfícies das lâminas do experimento 7.2.
  - c) Explique o que ocorre no experimento 7.3 em relação a mudança de cor durante o ensaio e relacione o mecanismo de corrosão com a corrosão em frestas.
  - d) Explique o comportamento do ferro nas diferentes soluções aquosas no experimento 7.4, enfatizando a evolução do processo de corrosão em cada solução.
  - e) Discutir a necessidade de tratamento da água (experimento 7.4) em sistemas de resfriamento industriais, que utilizam tubos de aço carbono (galvanizado ou não) para evitar problemas de corrosão; assim como, dê exemplos de outros problemas de ordem prática que podem ocorrer envolvendo corrosão.
- 5) Conclusões;
- 6) Referências bibliográficas.

## BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

FONTANA, M.G., "Corrosion Engineering", 3. edição, McGraw-Hill International Editions, 1987.

GENTIL, V., Corrosão, 3a. edição, Livros Técnicos e Científicos, 1996.

ASKELAND, D.R. The science and engineering of materials. 6 ed, Cengage Learning, 652p, 2008.

CALLISTER Jr, W.D. Materials science and engineering – An introduction. 7 ed, John Wiley & Sons, 975p, 2007.