

Degradação e Proteção de Materiais

Lista 3 - 2002

Proteção catódica – Proteção anódica - Inibidores

1/ A figura 1 representa as curvas de polarização anódica e catódica de uma estrutura de ferro (área: 100 m^2) em água do mar.

a/ Quais são a densidade de corrente de corrosão espontânea e o potencial de corrosão da estrutura de ferro no mar? Calcule a perda de massa total da estrutura depois de 5 anos ?

($M_{\text{Fe}} = 56 \text{ g}$; $F = 96487 \text{ C}$).

b/ Um sistema de proteção catódica por corrente impressa com anodos de Fe-Si-Cr foi usado para proteger a estrutura. Após 5 anos foram consumidos 120 kg de anodos. Sabendo que o desgaste dos anodos é de $0,4 \text{ kg}/(\text{A}\cdot\text{ano})$, determine a corrente média fornecida pelos anodos. Quais foram a densidade de corrente de corrosão e o potencial da estrutura no mar durante a proteção?

c/ Um sistema de proteção catódica por anodos de sacrifício de alumínio foi usado para proteger a estrutura. Após 5 anos foram consumidos 400 kg de anodos. Sabendo que a capacidade dos anodos é de $2200 \text{ A}\cdot\text{h}/\text{kg}$, determine a corrente média fornecida pelos anodos. Quais foram a densidade de corrente de corrosão e o potencial da estrutura de ferro no mar durante a proteção?

obs.: todas as respostas devem ser indicadas na figura 1 por pontos (A, B, C)

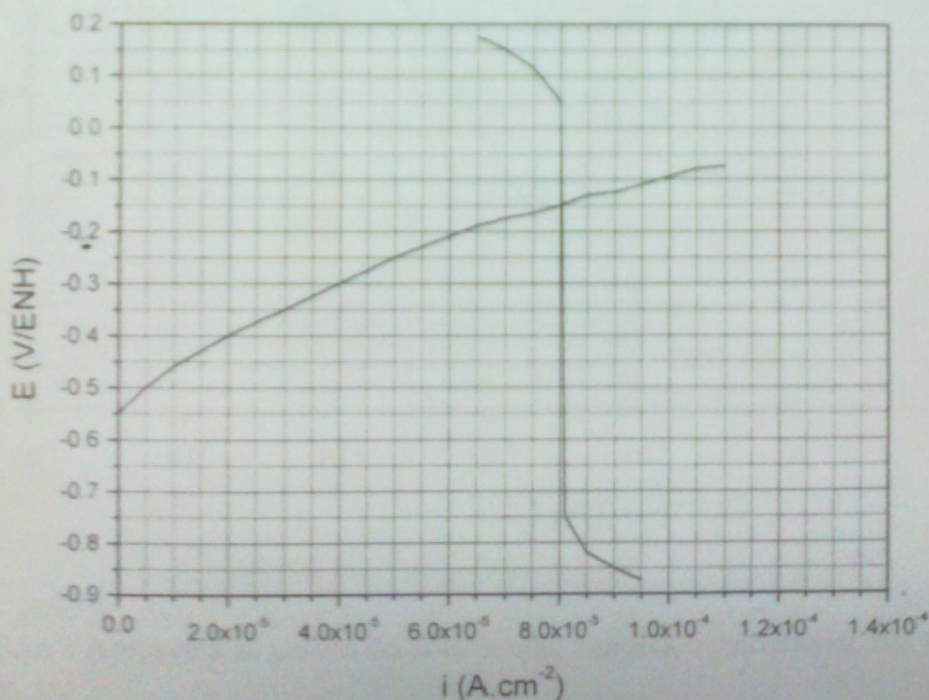


Fig. 1

2/ A figura 2 representa as curvas de polarização anódica (ox.M) e catódica (red./M) de uma estrutura do metal M de área 20 m^2 numa dada solução eletrolítica.

a/ Quais são o potencial de corrosão espontâneo e a densidade de corrente de corrosão da estrutura ?

b/ Um sistema de proteção catódica por anodos de sacrifício de metal N de área $0,5 \text{ m}^2$ foi usado para proteger a estrutura de M. A partir das curvas de polarização anódica e catódica para M e N da figura 2, determine o potencial e a densidade de corrente de corrosão do metal M quando protegido pelo metal N.

c/ Mesmas perguntas se a área dos anodos for aumentada para 5 m^2 .

d/ Um sistema de proteção catódica por corrente impressa foi usado para proteger a estrutura de M. Determine o potencial de corrosão e a densidade de corrente de corrosão de M quando o gerador de corrente contínua fornece 100, 200 e 2000 mA, respectivamente.

Obs.: todas as respostas devem ser indicadas na figura 1 por pontos (A, B, C...)

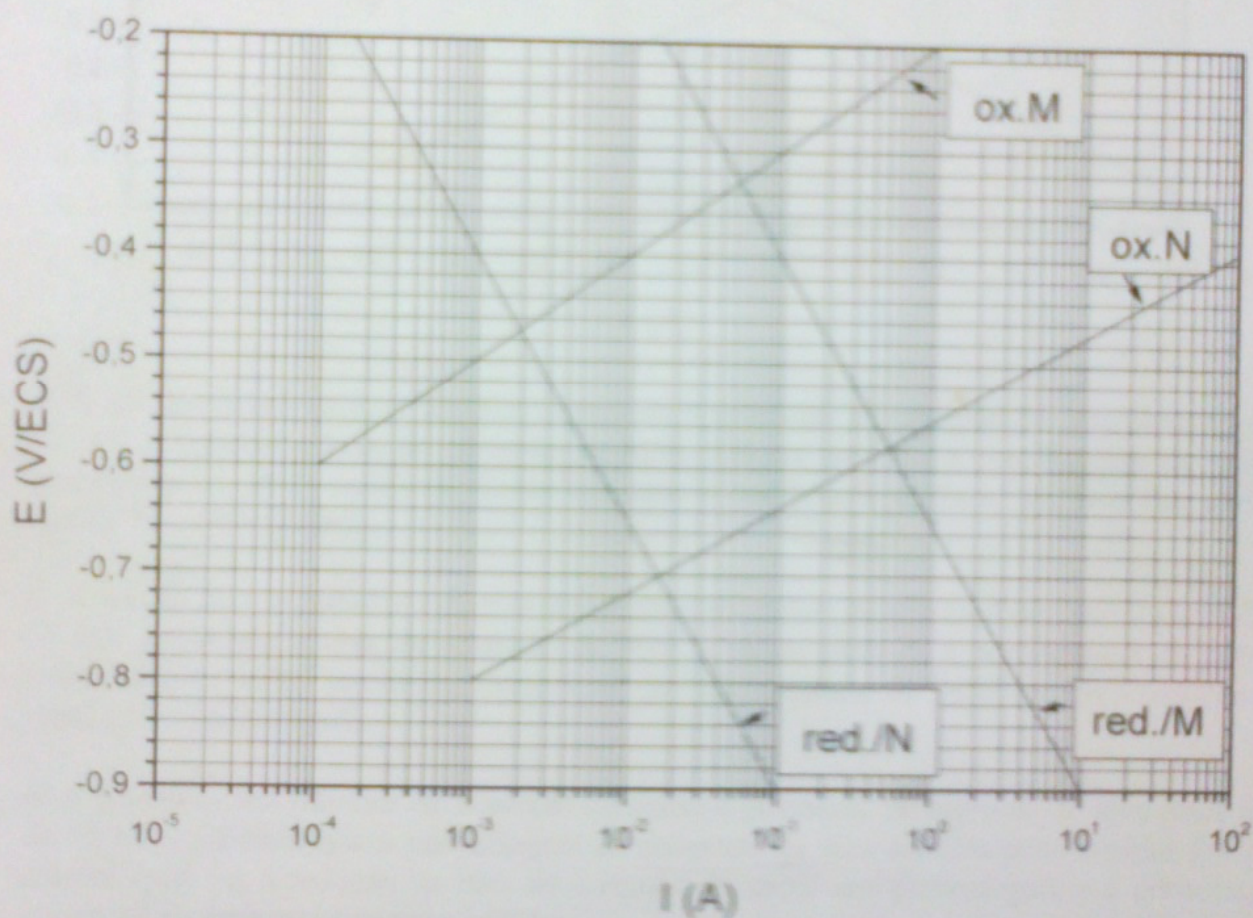


Fig. 2

3/ A figura 3 representa as curvas de polarização anódica e catódica de um metal suscetível de se passivar.

a/ Qual é a corrente de corrosão espontânea do metal ?

b/ Qual é a corrente total mínima a ser aplicada para passivar o metal e a corrente necessária para manter a passivação ?

c/ Qual é a corrente a ser aplicada, em proteção catódica desta vez, para obter o mesmo nível de proteção do que em proteção anódica (item b') ?

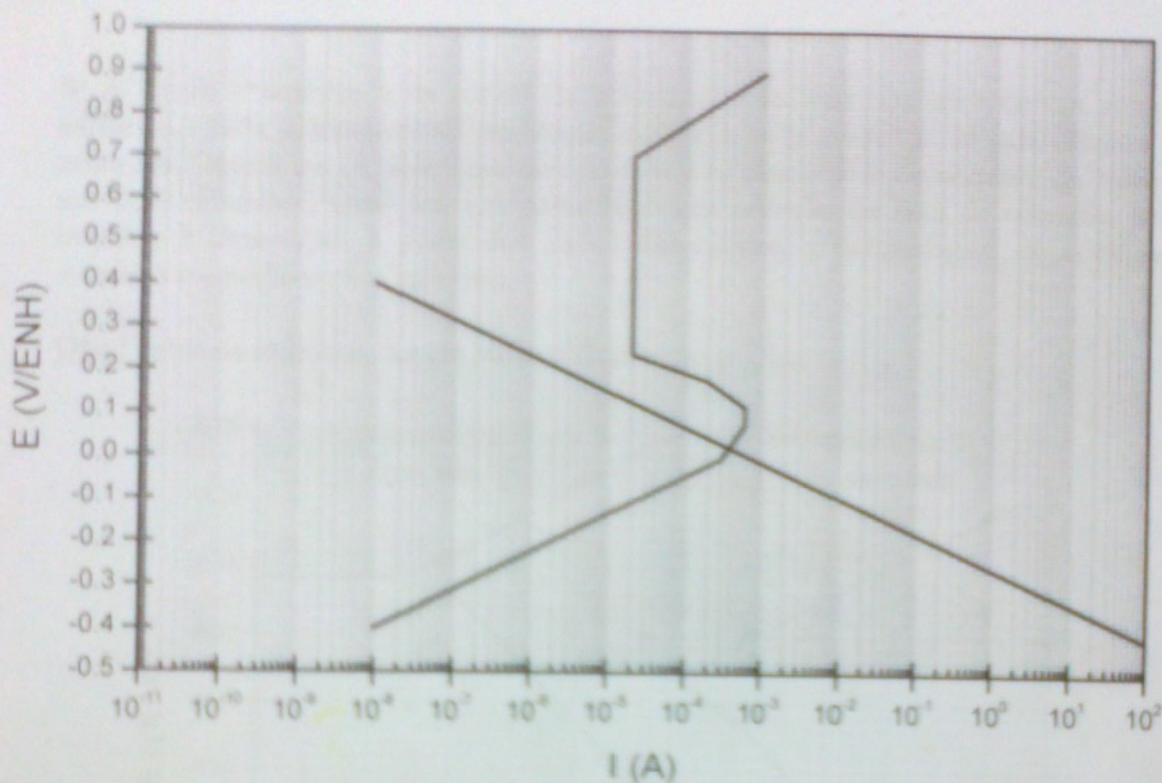


Fig.3

4/ A adição de um inibidor anódico aumentou o potencial de corrosão de uma placa metálica de 15 mV e reduziu a taxa de corrosão de 80%. Calcule qual foi a porcentagem de redução da quantidade de sítios anódicos. Considerar que o coeficiente de Tafel anódico fica constante e igual a +0,060 V/década.

5/ A adição de um inibidor catódico diminuiu o potencial de corrosão de uma placa metálica de 15 mV e reduziu a taxa de corrosão de 90%. Calcule qual foi a porcentagem de redução da quantidade de sítios catódicos. Considerar que o coeficiente de Tafel catódico fica constante e igual a -0,120 V/década.

6/ A adição de um inibidor de adsorção diminuiu o potencial de corrosão de uma placa metálica de 15 mV. Sabendo que a porcentagem de cobertura da área anódica pelo inibidor foi de 80%, calcule qual foi a redução da taxa de corrosão do metal em porcentagem e a porcentagem de cobertura da área catódica pelo inibidor.

Considerar que os coeficientes de Tafel anódico e catódico ficam constantes e iguais respectivamente a 0,060 V/década e -0,120 V/década.

7/ Um inibidor de adsorção foi adicionado num meio corrosivo para proteger uma estrutura metálica da corrosão. Sabendo que a porcentagem de cobertura da área anódica pelo inibidor foi de 80% e da área catódica de 95%, calcule qual foi a redução da taxa de corrosão do metal em porcentagem e a variação do potencial de corrosão da estrutura metálica. Considerar que os coeficientes de Tafel anódico e catódico ficam constantes e iguais respectivamente a 0,060 V/década e -0,120 V/década.

8/ A figura 4 representa as curvas de polarização de uma aço carbono em solução de ácido sulfúrico 10% a temperatura ambiente, com e sem a presença de um inibidor orgânico de adsorção. Determine os potenciais de corrosão e as densidades de corrente de corrosão do metal nas duas situações. Qual foi, em porcentagem, a redução da taxa de corrosão pela adição do inibidor? Determine, a partir dos dados das curvas, a porcentagem de cobertura das áreas anódicas e catódicas pelo inibidor.

Obs.: todas as respostas devem ser justificadas no gráfico.

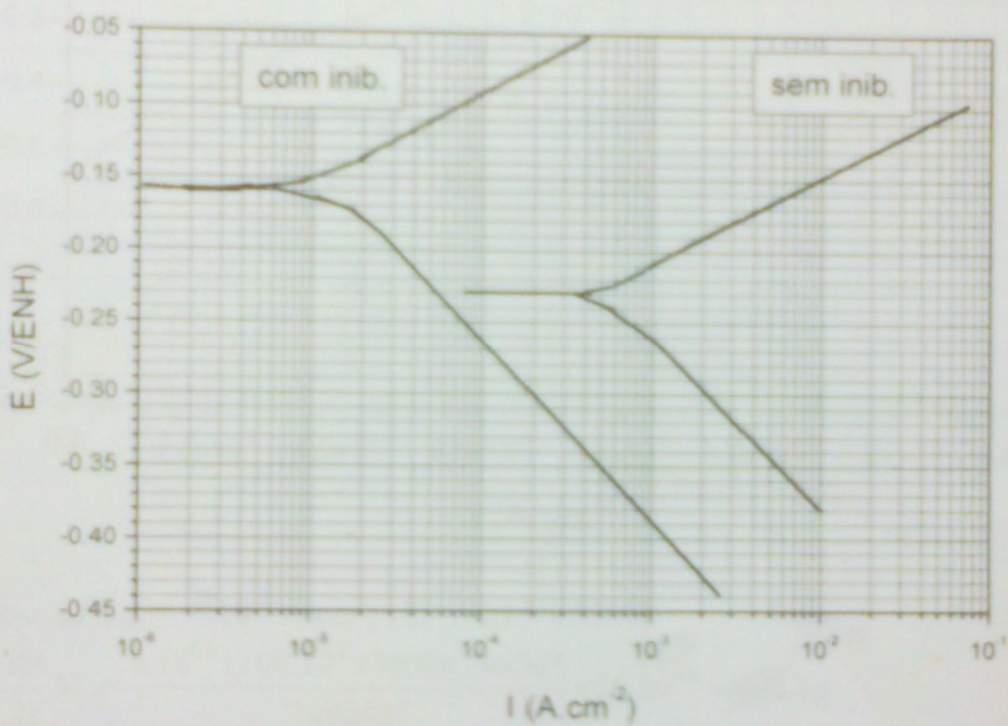


Fig. 4

Respostas Lista 3 -2002

1/

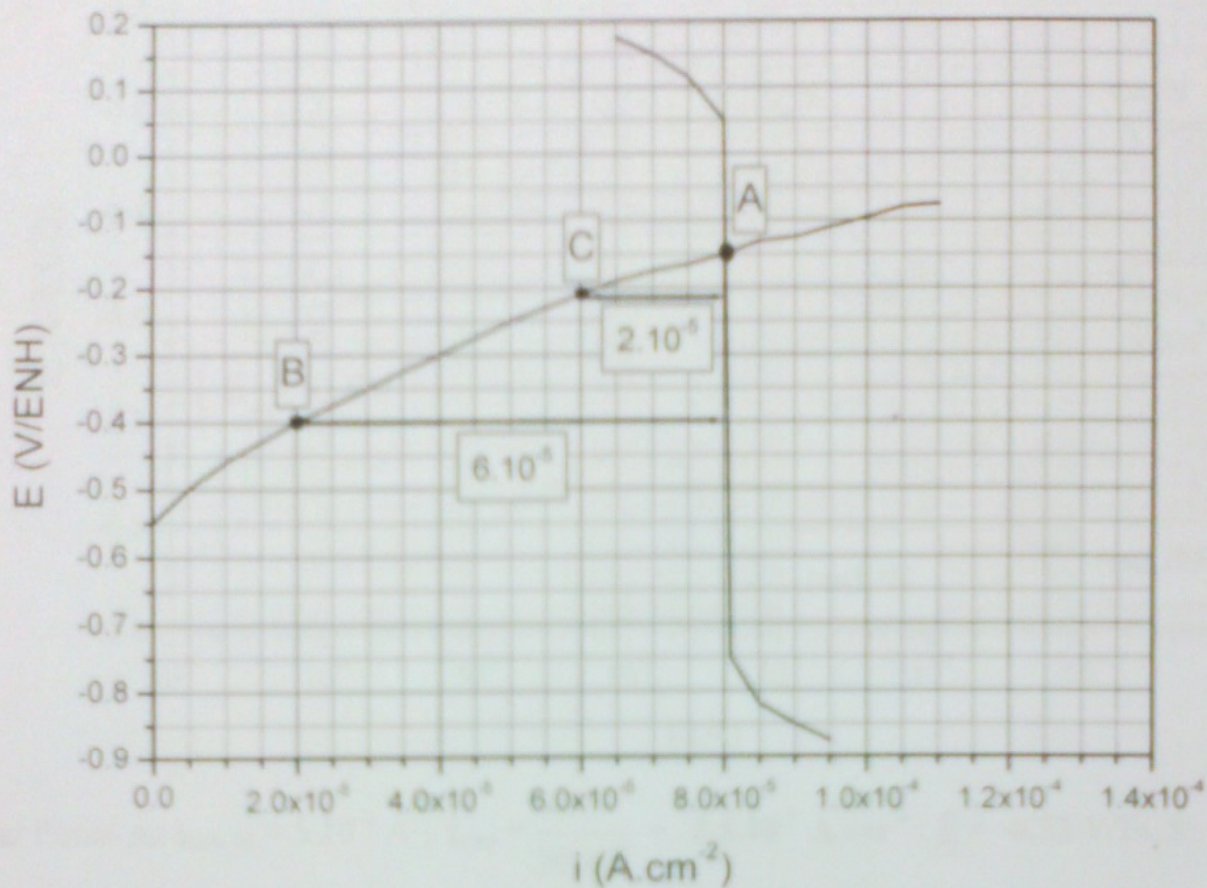


Fig. 1

a/ Ponto A: $i_{corr} = 8.10^{-5} \text{ A.cm}^{-2}$; $E = -0,15 \text{ V/ENH}$

$$\Delta m = \frac{iSt}{2F} M = \frac{8.10^{-5} \times 100.10^4 \times 3600 \times 24 \times 365}{2 \times 96487} \times 56.10^{-3} = \overset{3660}{\cancel{482}} \text{ kg}$$

b/ $\Delta m = 120 \text{ kg} = 0,4 \times 5 \times I_{media} \Rightarrow I_{media} = 60 \text{ A} \Rightarrow i_{media} = \frac{60}{100.10^4} = 6.10^{-5} \text{ A.cm}^{-2}$

Ponto B: $i_{corr} = 2.10^{-5} \text{ A.cm}^{-2}$; $E = -0,4 \text{ V/ENH}$

$$\Delta m = \cancel{315} \text{ kg}$$

315

c/ $\Delta m = 400 \text{ kg} = \frac{I_{media} \times 5 \times 365 \times 24}{2200} \Rightarrow I_{media} = 20 \text{ A} \Rightarrow i_{media} = \frac{20}{100.10^4} = 2.10^{-5} \text{ A.cm}^{-2}$

Ponto C: $i_{corr} = 6.10^{-5} \text{ A.cm}^{-2}$; $E = -0,2 \text{ V/ENH}$

$$\Delta m = \cancel{2745} \text{ kg}$$

2745

2/

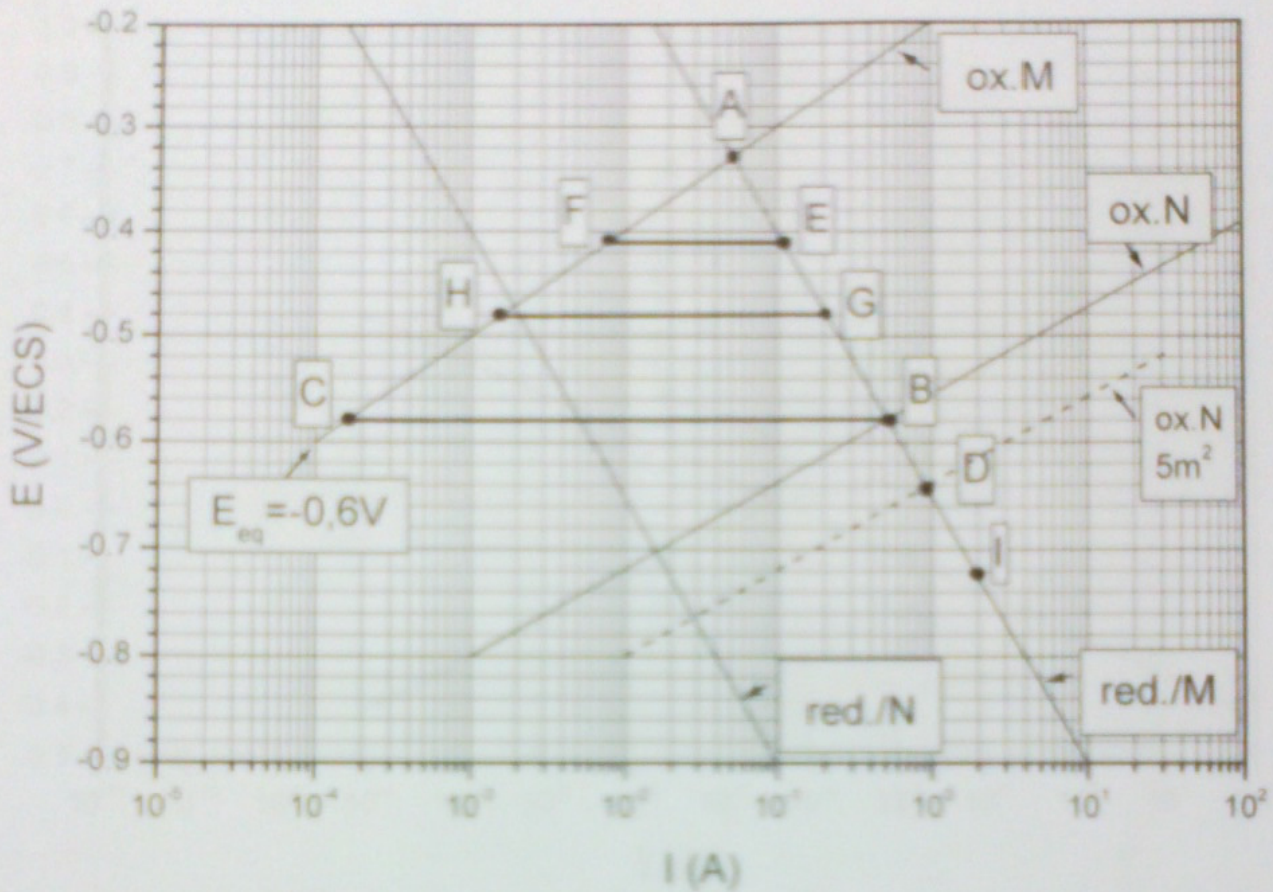


Fig. 2

a/ Ponto A: $I_{\text{corr M}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ A}$; $i_{\text{corr}} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{20 \cdot 10^4} = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ A.cm}^{-2}$; $E = -0,33 \text{ V/ECS}$

b/ Ponto B/C: $E_C = -0,58 \text{ V/ECS}$; $I_{\text{corr M}} \sim 2 \cdot 10^{-4} \text{ A}$; $i_{\text{corr}} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{20 \cdot 10^4} = 10^{-9} \text{ A.cm}^{-2}$

c/ Ponto D: $E_D = -0,64 \text{ V/ECS}$; como $E_D < E_{\text{eq M}} \Rightarrow I_{\text{corr M}} = 0 \text{ A}$; $i_{\text{corr}} = 0 \text{ A.cm}^{-2}$

d/ $I = 100 \text{ mA}$:

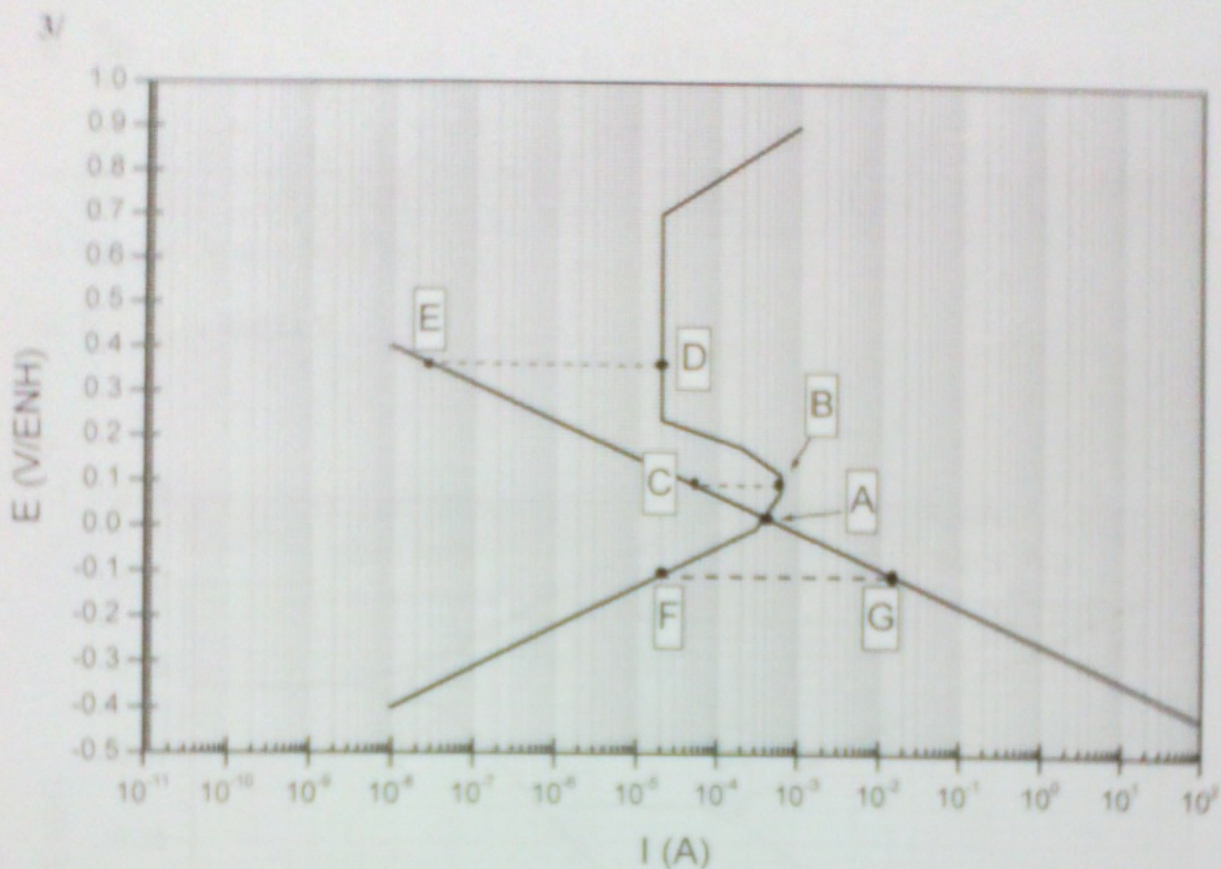
\Rightarrow Ponto E/F: $E_F = -0,41 \text{ V/ECS}$; $I_{\text{corr M}} = 7 \text{ a } 8 \cdot 10^{-3} \text{ A}$; $i_{\text{corr}} = 3,5 \text{ a } 4 \cdot 10^{-8} \text{ A.cm}^{-2}$

$I = 200 \text{ mA}$:

\Rightarrow Ponto G/H: $E_H = -0,48 \text{ V/ECS}$; $I_{\text{corr M}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ A}$; $i_{\text{corr}} = 7 \cdot 10^{-9} \text{ A.cm}^{-2}$

$I = 2000 \text{ mA}$:

\Rightarrow Ponto I: $E_I = -0,72 \text{ V/ECS}$; como $E_I < E_{\text{eq M}} \Rightarrow I_{\text{corr M}} = 0 \text{ A}$; $i_{\text{corr}} = 0 \text{ A.cm}^{-2}$



a/ Ponto A: $I_{corr} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ A}$

b/ Ponto B/C: $I_{\text{mínimo a aplicar para passivar}} = I_B - I_C = 6 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ A}$

Ponto D/E: $I_{\text{para manter a passivação}} = I_D - I_E = 2 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-8} \sim 2 \cdot 10^{-5} \text{ A}$

c/ Para ter $I_{corr} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ A}$ em proteção catódica, (ponto F), é necessário aplicar:
 $I = I_C - I_F \sim 10^{-2} - 2 \cdot 10^{-5} \sim 10^{-2} \text{ A}$

4/ $0,015 = 0,06 \cdot \log\left(0,2 \frac{S_{1a}}{S_{2a}}\right) \Rightarrow \frac{S_{2a}}{S_{1a}} = 0,112 \Rightarrow$ redução da área anódica de **88,7%**

5/ $-0,015 = -0,12 \cdot \log\left(0,1 \frac{S_{1c}}{S_{2c}}\right) \Rightarrow \frac{S_{2c}}{S_{1c}} = 0,075 \Rightarrow$ redução da área catódica de **92,5%**

6/ $E_2 - E_1 = -0,015 \text{ V}$ e $\frac{S_{2a}}{S_{1a}} = 0,2 \Rightarrow -0,015 = 0,06 \cdot \log\left(\frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{1}{0,2}\right) \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 0,112 \Rightarrow$
 redução da taxa de **88,7%**

$-0,015 = -0,12 \cdot \log\left(0,112 \frac{S_{1c}}{S_{2c}}\right) \Rightarrow \frac{S_{2c}}{S_{1c}} = 0,084 \Rightarrow$ cobertura da área catódica = **91,6%**

$$7/ \frac{S_{2a}}{S_{1a}} = 0,2 \quad \text{e} \quad \frac{S_{2c}}{S_{1c}} = 0,05 \Rightarrow E_2 - E_1 = 0,06 \cdot \log\left(\frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{1}{0,2}\right) \quad \text{e} \quad E_2 - E_1 = -0,12 \cdot \log\left(\frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{1}{0,05}\right)$$

$$\Rightarrow \left(\frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{1}{0,2}\right)^{0,06} = \left(\frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{1}{0,05}\right)^{-0,12} \Rightarrow \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^{0,18} = \left(\frac{1}{0,2}\right)^{-0,06} \left(\frac{1}{0,05}\right)^{-0,12} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 0,079$$

\Rightarrow redução da taxa de 92%

$$\Rightarrow E_2 - E_1 = -0,024 \text{ V}$$

8/

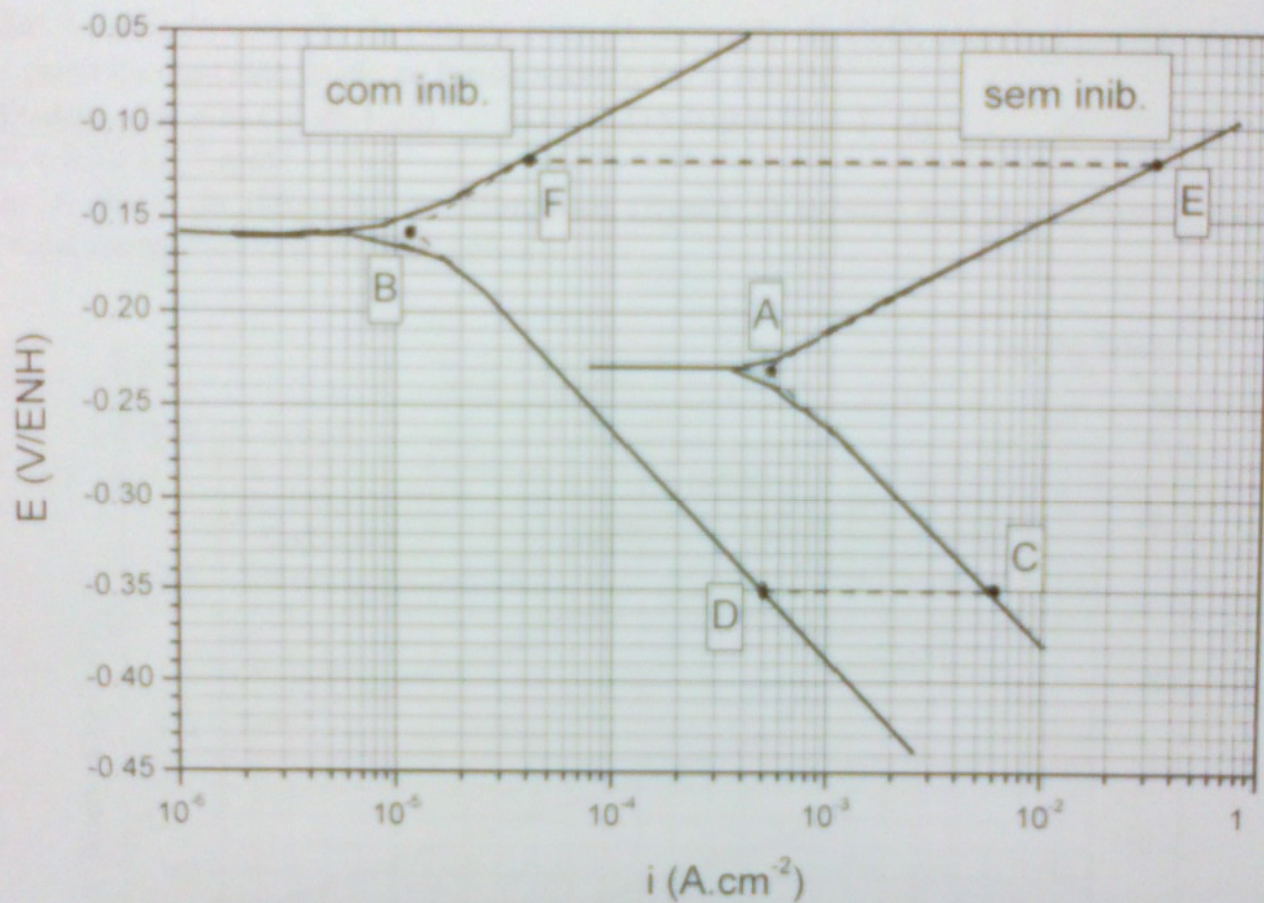


Fig. 4

a/ sem inibidor: ponto A: ; $E = -0,23 \text{ V}$; $i_{\text{corr}} \sim 6 \cdot 10^{-4} \text{ A.cm}^{-2}$
 com inibidor: ponto B: ; $E = -0,16 \text{ V}$; $i_{\text{corr}} \sim 10^{-5} \text{ A.cm}^{-2}$

b/ redução da taxa = $1 - \frac{10^{-5}}{6 \cdot 10^{-4}} = 98,3\%$

c/ % cobertura da área catódica = $1 - \frac{I_D}{I_C} = 1 - \frac{5 \cdot 10^{-4}}{6 \cdot 10^{-3}} = 91,7\%$

% cobertura da área anódica = $1 - \frac{I_F}{I_E} = 1 - \frac{4 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-2}} = 99,8\%$