

21 DE SETEMBRO DE 2023

Corrosão e eletroquímica: ferramentas para pesquisa e monitoramento

Guilherme Zamboni

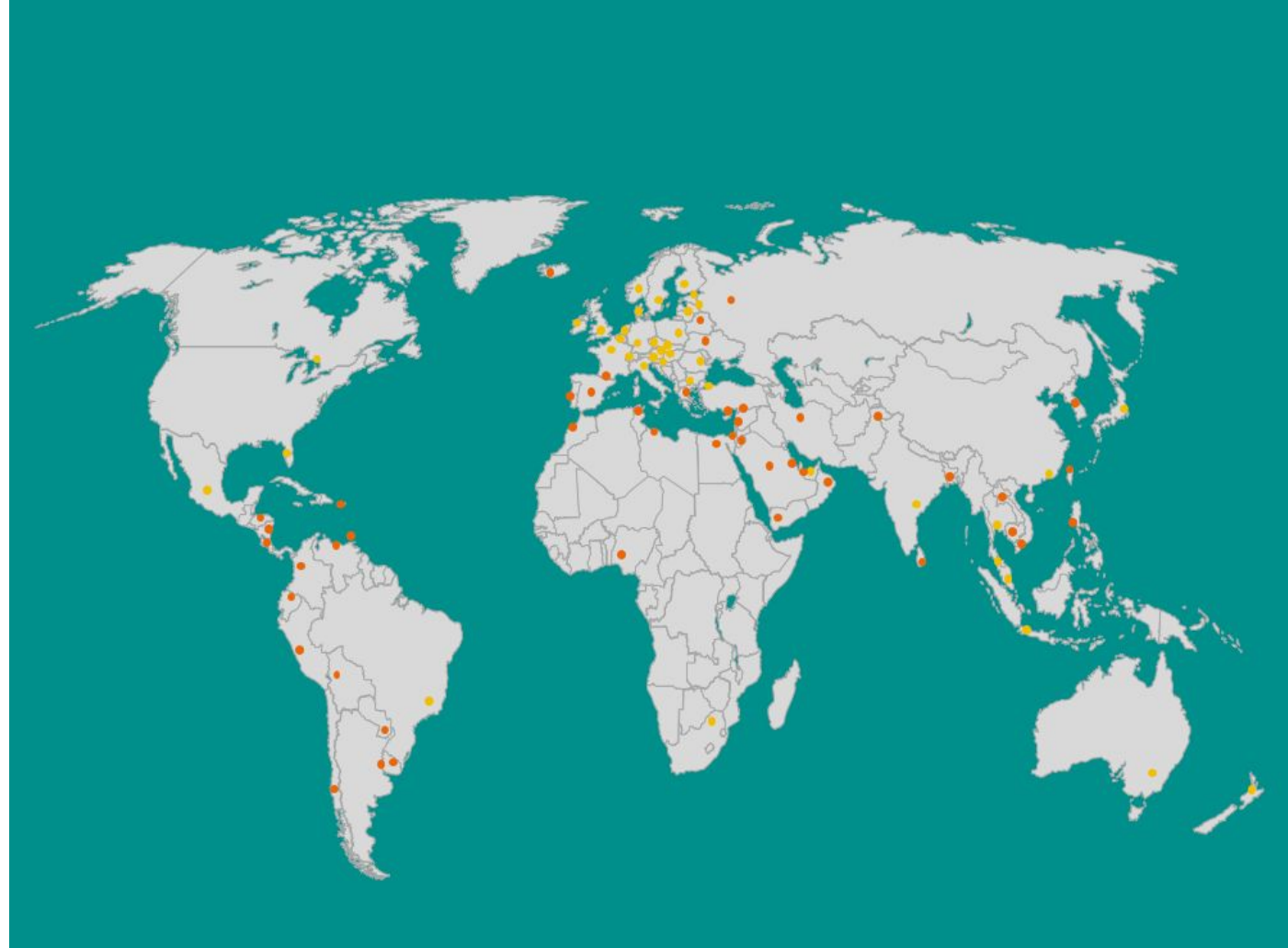


- Metrohm AG
- Fundada em 1943
- Herisau, Suíça

Distribuidores

41 Subsidiárias

44 Distribuidores
Independentes



Metrohm Brasil

Soluções para Laboratório
e Processos

Rua Minerva, 161
São Paulo/SP

PROCESSO

- Amônia
- Fósforo Total
- Cianeto livre e total
- Demanda Química de Oxigênio

CROMATOGRAFIA DE ÍONS

- Ânions e Cátions como parâmetros de potabilidade e qualidade de águas
- Carboidratos em alimentos e bebidas
- Ativos e impurezas em fármacos

TITULAÇÃO E KARL FISHER

- Acidez em óleos
- Teor de água em fármacos
- Dureza (Ca e Mg) em águas
- Concentração de surfactantes
- Teor de cloreto em alimentos



VOLTAMETRIA E ELETROQUÍMICA

- Determinação de metais pesados
- Especificação de metais
- Corrosão
- Sensores e biosensores
- Baterias, capacitores e energia solar

ESPECTROSCOPIA NIR E RAMAN

- Índice de hidroxila, H₂O e NCO em polímeros
- Umidade, densidade e lignina em madeira (P&C)
- Identificação de matérias-primas, teor de ativos (API) e UC em fármacos
- Identificação de substâncias ilícitas, explosivos e minerais preciosos

Linhas Parceiras

Balanças, Refratômetros, Micropipetas e mais!

SARTORIUS



 **SCHMIDT
HAENSCH**

 **SOCOREX**
SWISS





Nome: Guilherme Zamboni
Área: Eletroquímica
Cargo: Coordenador de Produto

Tecnólogo em Eletrônica
Bacharel em Química

15 anos na Metrohm

**1 ano como coordenador de
Produto Eletroquímica**

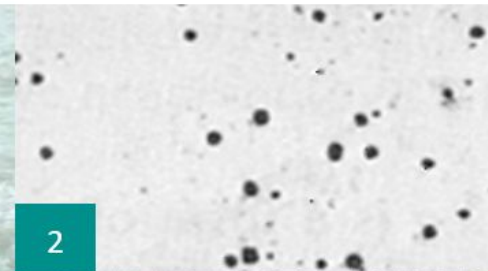


A corrosão gera uma redução de 3,4% do PIB mundial anualmente*. Além de causar enormes impactos ambientais e problemas de segurança

<https://inspectioneering.com/news/2016-03-08/5202/nace-study-estimates-global-cost-of-corrosion-at-25-trillion-ann>

Tipos de Corrosão

1. Uniforme
2. Pitting
3. Galvânica
4. Fresta
5. Microbiológica



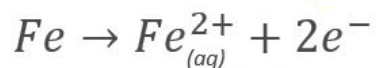
Corrosão e Eletroquímica

A oxidação de metais é uma das formas de corrosão mais presentes no nosso dia a dia. Nesse processo, uma reação de óxido-redução ocorre com o metal perdendo elétrons para uma outra espécie presente no meio.

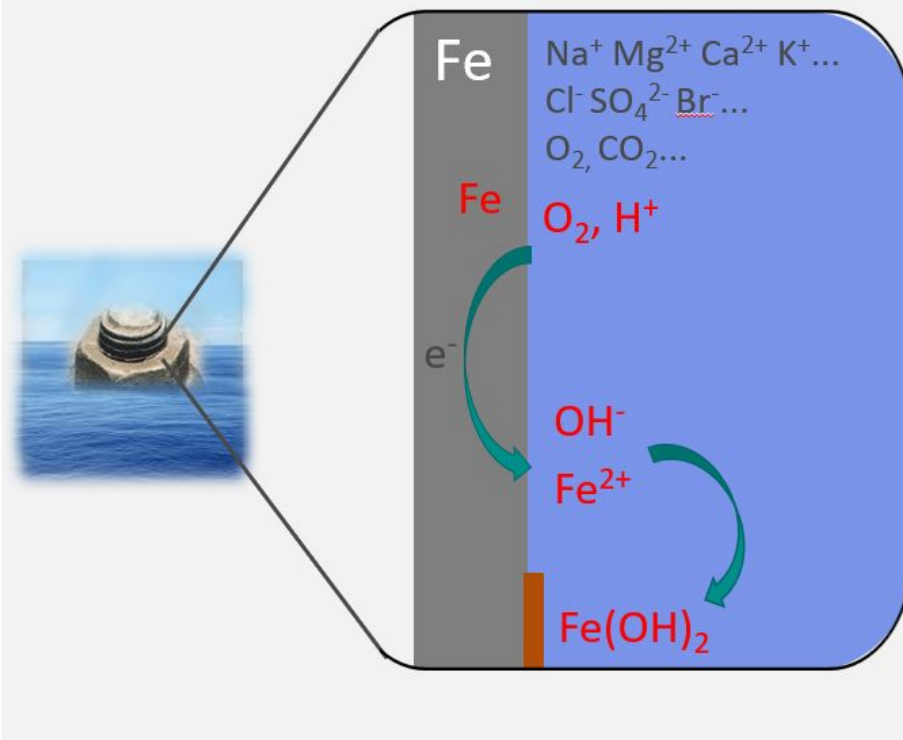
Esse é um processo espontâneo, que ocorre em interfaces sólido/líquido e necessita de um eletrólito que facilite a transferência de elétrons.

A formação de ferrugem é uma reação de precipitação, entre os produtos da reação de oxidação e espécies presentes no meio.

Reação Anódica (oxidação)



Reação Catódica (redução)



Sistema de 3 Eletrodos

Eletrodo de trabalho - WE

Amostra em que está sendo estudada/medida a corrosão

Eletrodo de Referência - RE

É utilizado pelo Potenciostato para controlar o potencial do eletrodo de trabalho. Exs: Ag/AgCl e Calomelano

Contra Eletrodo - CE

Tem polaridade oposta ao eletrodo de trabalho, é por onde flui a corrente medida. Material inerte de área grande.



Flat Sample Platform



0,250 L Corrosion Cell



1L Corrosion Cell

Potenciostatos

- A Metrohm possui equipamentos com softwares voltados para diferentes áreas de pesquisas eletroquímicas.
- Equipamentos operados pelos softwares NOVA, INTELLO ou DropView que permitem a programação de procedimentos simples e avançados, como ciclos de repetições com variação de parâmetros, execução de ações de acordo com os sinais medidos (cutoffs), e tratamento de dados automatizados.
- Há módulos para atender diferentes aplicações.



Potenciostatos

- A Metrohm possui equipamentos com softwares voltados para diferentes áreas de pesquisas eletroquímicas.
- Equipamentos operados pelos softwares NOVA, INTELLO ou DropView que permitem a programação de procedimentos simples e avançados, como ciclos de repetições com variação de parâmetros, execução de ações de acordo com os sinais medidos (cutoffs), e tratamento de dados automatizados.
- Há módulos para atender diferentes aplicações.

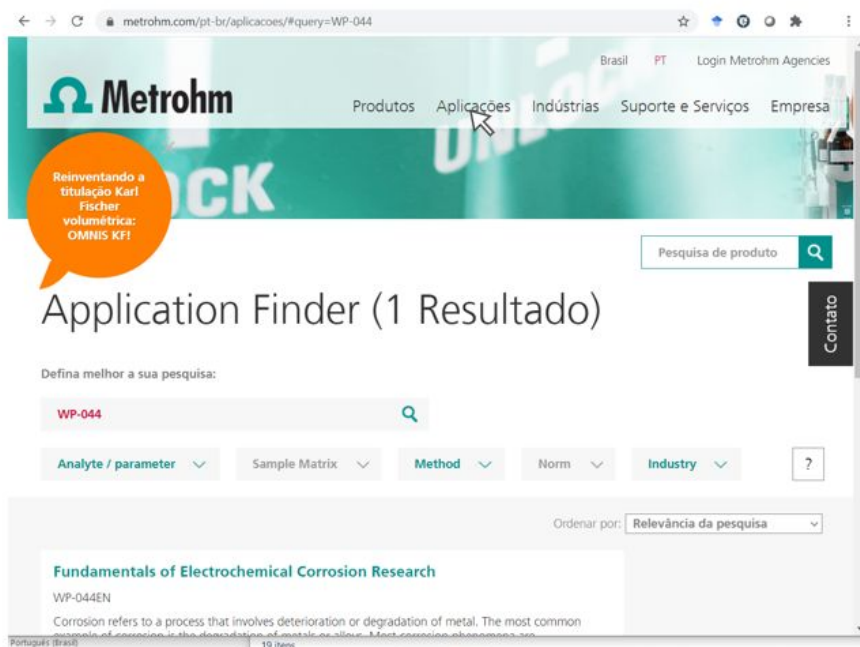




Métodos de Caracterização Eletroquímica para Corrosão

Metrohm White Paper

Fundamentals of Electrochemical Corrosion Research



The screenshot shows the Metrohm website interface. At the top, there is a navigation menu with 'Produtos', 'Aplicações', 'Indústrias', 'Suporte e Serviços', and 'Empresa'. A search bar contains 'WP-044'. Below the search bar, the results are displayed under the heading 'Application Finder (1 Resultado)'. The search criteria are set to 'Analyte / parameter', 'Sample Matrix', 'Method', 'Norm', and 'Industry'. The search results are ordered by 'Relevância da pesquisa'. The first result is titled 'Fundamentals of Electrochemical Corrosion Research' with the ID 'WP-044EN'. The description of the result is: 'Corrosion refers to a process that involves deterioration or degradation of metal. The most common example of corrosion is the degradation of metals or alloys. Most corrosion phenomena are electrochemical in nature and consist of at least two reactions on the surface of the corroding metal (...)'.

Fundamentals of Electrochemical Corrosion Research

WP-044EN

Corrosion refers to a process that involves deterioration or degradation of metal. The most common example of corrosion is the degradation of metals or alloys. Most corrosion phenomena are electrochemical in nature and consist of at least two reactions on the surface of the corroding metal (...)

Métodos de Caracterização Eletroquímica para Corrosão



- Potencial de Circuito Aberto (OCP)
- Curvas de Polarização
- LPR
- Impedância

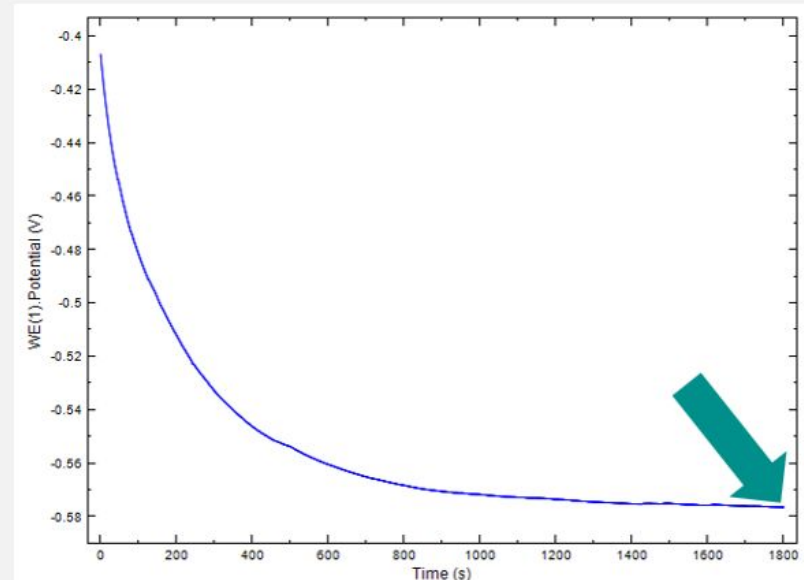
Potencial de Circuito Aberto (OCP)

Medida do Potencial entre o eletrodo de trabalho e o referência com a célula eletroquímica desligada, o sistema é medido em equilíbrio e o potencial é dado pela equação de Nernst.

$$E = E_0 + \frac{0.059}{n} \log \frac{[ox]}{[red]}$$

Potenciostato apenas mede o potencial, não o controla. Não há passagem de corrente entre os eletrodos. A corrente total é zero pois os processos anódicos e catódicos nas interfaces possuem mesma velocidade.

Geralmente sofre variação enquanto o material não estiver estabilizado, o que indica mudanças na interface eletrodo solução (ex: passivação, adsorção, acúmulo de produtos na superfície do eletrodo). Dependendo do material essa estabilização pode levar muitas horas.



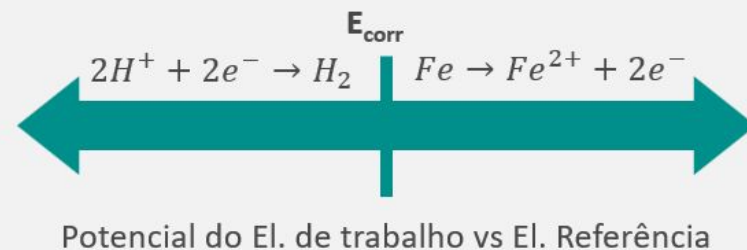
Potencial de Circuito Aberto (OCP)

Quando o potenciostato controla o potencial do eletrodo levando-o para valores diferentes do OCP o sistema sai do equilíbrio. Com isso, o el. de trabalho e o el. auxiliar ficam polarizados, e uma corrente é medida entre eles.

Quando o potencial do el. de trabalho está acima do OCP ele se torna um ânodo, possui carga positiva, e reações de oxidação ocorrem em sua superfície.

Quando o potencial do el. de trabalho está abaixo do OCP ele se torna um cátodo, possui carga negativa, e reações de redução ocorrem em sua superfície.

O OCP é associado ao potencial de corrosão E_{corr} , pois é o potencial de equilíbrio em que ocorre o processo espontâneo de corrosão. Ao aplicar um potencial acima do OCP, o potenciostato acelera o processo corrosão, pois fornece energia que aumenta a velocidade da reação de oxidação.



Potencial de Circuito Aberto (OCP)

OCP VIRT00001

Procedimento de medida de OCP

Diversas técnicas eletroquímicas aplicadas à corrosão utilizam o OCP. Seja como um potencial de referência, ou como potencial para sobrepôr outros sinais.

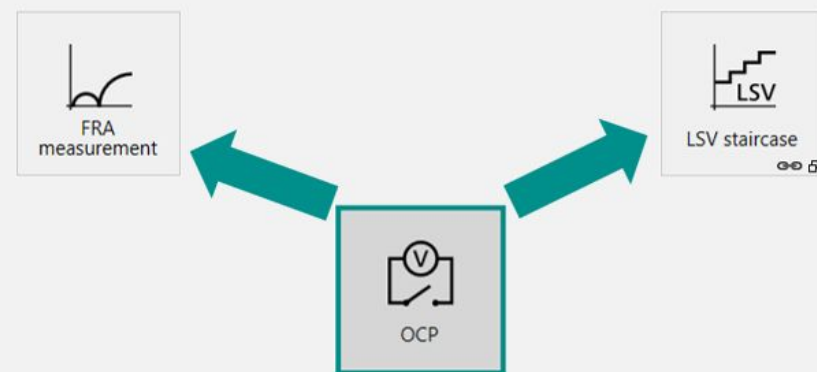
Linear polarization VIRT00001

Procedimento de Polarização Linear com OCP

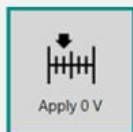
O software NOVA permite a medida do OCP de maneira independente ou associado a outras medidas. O comando utilizado é o *OCP Determination*.

FRA impedance potentiostatic VIRT00001

Procedimento de Impedância com OCP



Potencial de Circuito Aberto (OCP)



Properties

Apply 0 V

Command name

Potential

 VOCP
 VREF
 VOCP

O comando *OCP Determination* também permite que o potencial controlado por outros comandos seja relativo ao OCP, ao invés do eletrodo de referência.

Essa alteração é realizada nas propriedades de cada comando.



Properties

LSV staircase

Command name

Start potential

 VOCP
 VREF
 VOCP

Stop potential

Scan rate

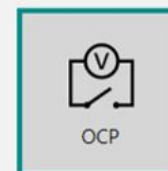
Step V

Interval time s

Estimated number of points

Estimated duration s

More



Métodos de Caracterização Eletroquímica para Corrosão

- ✓ ● Potencial de Circuito Aberto (OCP)
- Curvas de Polarização
- LPR
- Impedância

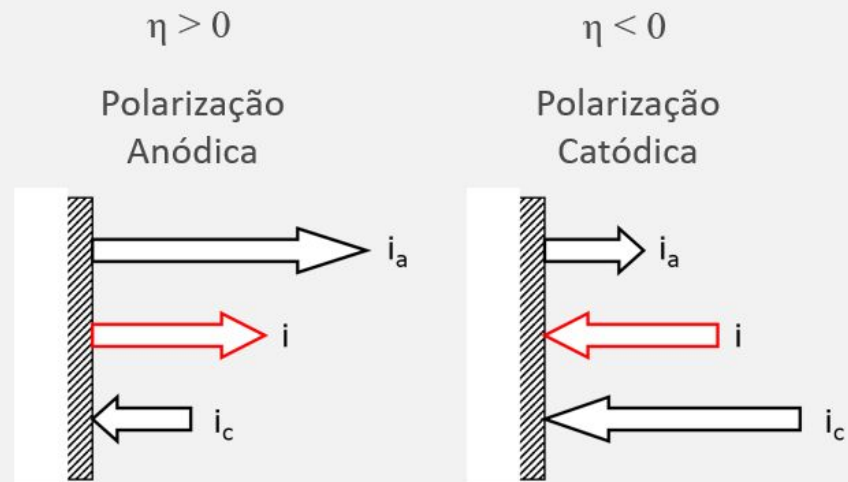
Curvas de Polarização

Ao forçar um potencial diferente do OCP dizemos que um sobrepotencial η é aplicado ao eletrodo, removendo o sistema do equilíbrio. O eletrodo de trabalho fica polarizado, e uma das semirreações da reação de óxido-redução apresenta maior velocidade, gerando maior corrente.

OCP = 0,2 V / Potencial aplicado no eletrodo = 0,3 V / $\eta = +0,1$ V

A equação de Butler-Volmer mostra a relação entre a densidade de corrente e o sobrepotencial, para um sistema em que a corrente possui apenas controle cinético sem a influência de outros processos (ex: transporte de massa).

$$i = \underbrace{i_0 e^{\frac{\alpha n F \eta}{RT}}}_{\text{Densidade de corrente anódica}} - \underbrace{i_0 e^{-\frac{(1-\alpha) n F \eta}{RT}}}_{\text{Densidade de corrente catódica}}$$



i – corrente total (medida durante o experimento)

i_a – corrente anódica

i_c – corrente catódica

Curvas de Polarização

Numa curva de polarização, o potenciostato realiza uma varredura do potencial do eletrodo de trabalho, controlado através do eletrodo de referência, enquanto mede a corrente que passa entre o eletrodo de trabalho e o contra eletrodo. A varredura mais simples que pode ser realizada é a varredura linear entre dois pontos de potencial.

O gráfico de polarização linear é normalmente exibido com o eixo de corrente em escala logarítmica, e em alguns casos, costuma-se colocar a corrente no eixo X ao invés do eixo Y.

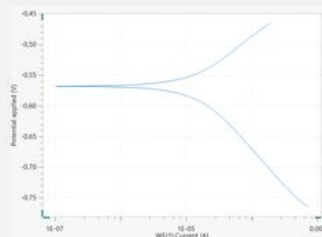
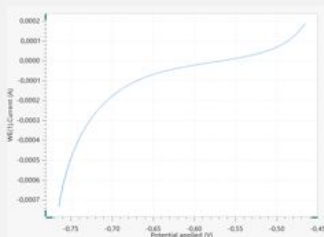
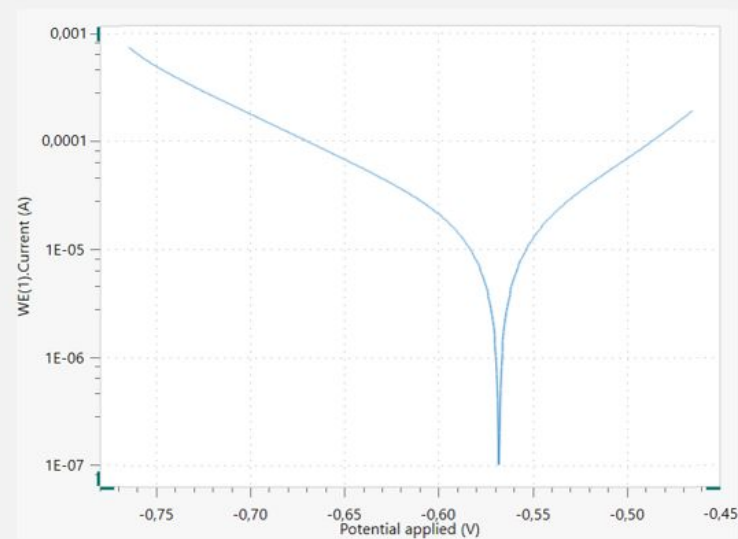
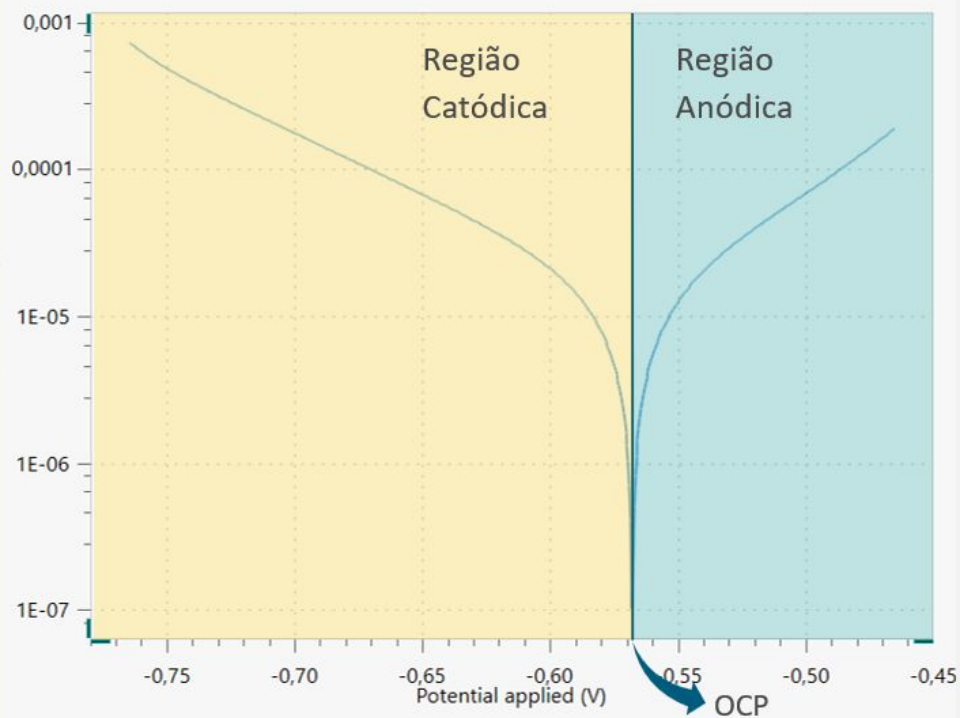


Gráfico com escalas lineares

Gráfico log(i) no eixo X

Curvas de Polarização

Escalas logarítmicas não exibem valores negativos. O valor apresentado no eixo é o módulo da corrente, e os valores negativos são aqueles abaixo do OCP.



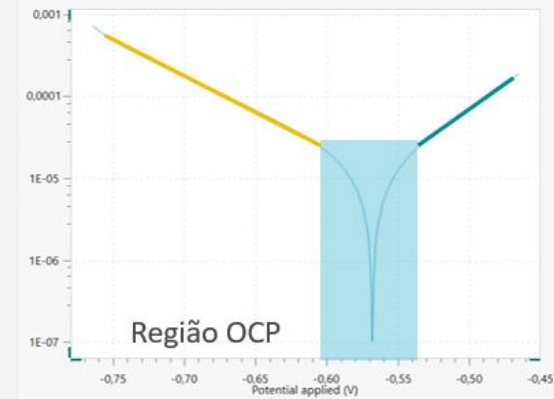
Curvas de Polarização - Tafel

Informações quantitativas do processo de corrosão podem ser obtidos com uma curva de polarização.

Para isso, são utilizadas as regiões em que a corrente é dominada por uma das semirreações envolvidas, ou seja, as faixas lineares da curva $\text{Log}(i)$ vs E , onde há um alto sobrepotencial anódico ou catódico.

A região próxima ao OCP ($\sim 50\text{mV}$) não é utilizada, pois a corrente medida possui grande influência de ambos os processos catódicos e anódicos.

Nas condições de alto sobrepotencial a equação de Butler-Volmer pode ser reduzida para encontrar os parâmetros de Tafel. Sendo b_a para o ramo anódico e b_c para o ramo catódico.



$$i = i_0 e^{\frac{\alpha n F \eta}{RT}} - i_0 e^{-\frac{(1-\alpha) n F \eta}{RT}}$$

Alto sobrepotencial anódico

Alto sobrepotencial catódico

$$i = i_0 e^{\frac{\alpha n F \eta}{RT}} = i_0 e^{\frac{\eta}{b_a}^*}$$

$$i = -i_0 e^{-\frac{(1-\alpha) n F \eta}{RT}} = -i_0 e^{-\frac{\eta}{b_c}^*}$$

$$*b_{a,c} = \frac{RT}{\alpha n F}, \alpha = 0,5$$

Curvas de Polarização - Tafel

A equação de Butler-Volmer pode ser rearranjada nas equações de Tafel, para as duas regiões de alto sobrepotencial temos:

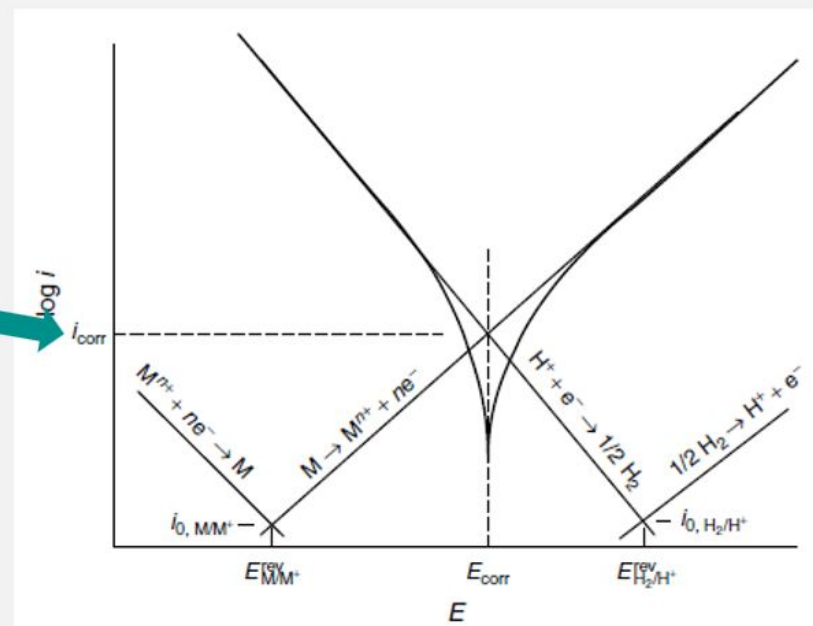
$$E - E_{corr} = \log i_{corr} + b_a \log|i|$$

$$E - E_{corr} = \log i_{corr} - b_c \log|i|$$

Na equação de Tafel encontramos a corrente de corrosão (i_{corr}), que pode ser obtida pela intersecção das retas anódicas e catódicas.

Aplicando-se a lei de Faraday é possível obter a taxa de corrosão (r) a partir de i_{corr} .

$$r = \frac{C M i_{corr}}{\rho n F}$$



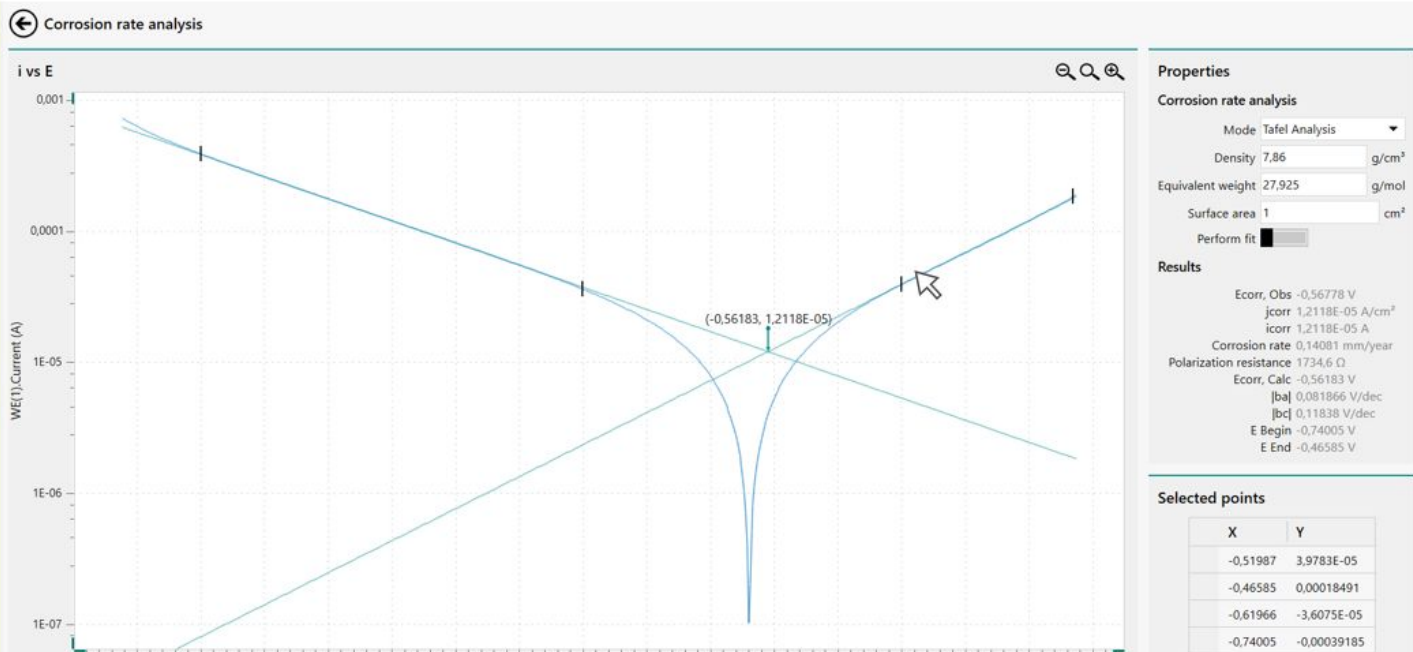
Bard, Allen J., Martin Stratmann, and Hans-Jürgen Schäfer, eds. **Encyclopedia of Electrochemistry: Volume 4: Corrosion and Oxide Films**. Wiley-VCH, 2003.

Curvas de Polarização - Corrosion Rate Analysis

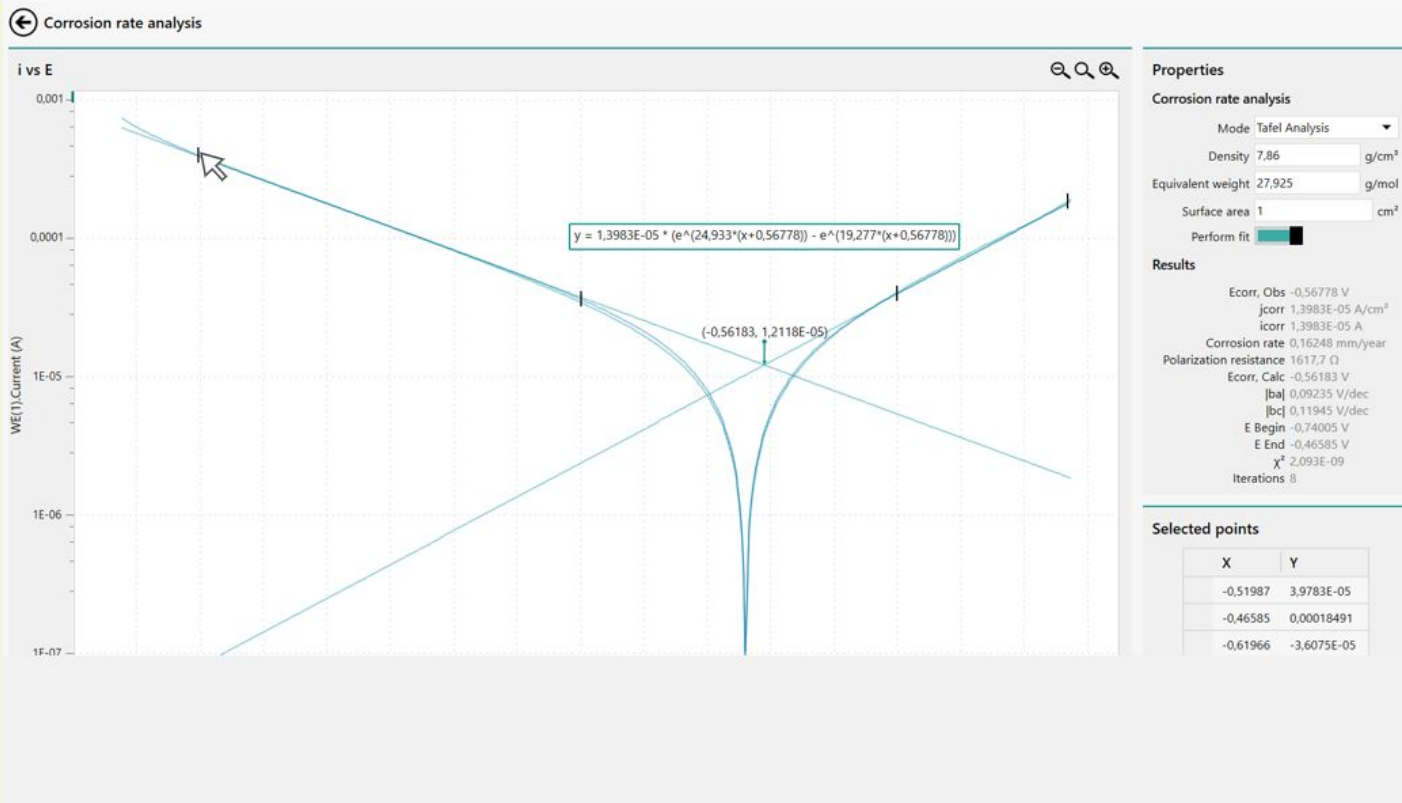
Através da Ferramenta *Corrosion rate analysis* o software NOVA permite que o usuário defina os pontos para traçar as retas de Tafel.

A intersecção das retas é utilizada para encontrar o valor de i_{CORR}

Com os parâmetros do material indicados em Properties a taxa de corrosão é calculada.



Curvas de Polarização - Corrosion Rate Analysis



Ativando-se a opção *Perform Fit* um ajuste da curva utilizando a equação de Butler-Volmer é realizado.

O resultado do Fitting é exibido como uma curva verde, sobreposta à curva original. A equação do ajuste também é exibida.

O uso da equação de Butler-Volmer no lugar das retas de Tafel leva à resultados mais precisos.

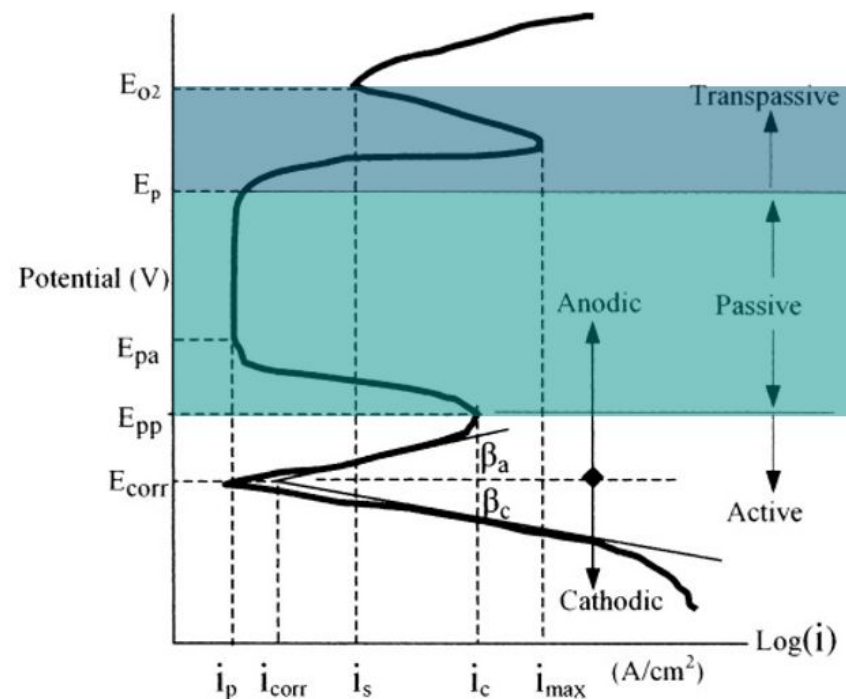
Curvas de Polarização - Passivação e Pitting

Alguns aços possuem elementos de liga em sua composição que geram a passivação da superfície do eletrodo, protegendo-os da corrosão.

A região de passivação é identificada como uma queda na corrente na curva de polarização, indicando que a superfície do eletrodo foi bloqueada, geralmente pela formação de um óxido metálico com boa aderência ao eletrodo.

O processo de pitting é muito comum em meios com cloreto. O pitting é um processo de corrosão localizada, que devido à composição química do meio acelera o processo de corrosão do aço em algumas regiões específicas, podendo inclusive atravessar o aço e gerar perfurações em estruturas e tubulações.

O pitting é geralmente identificado como um aumento da corrente na curva de polarização após a região de passivação.



Curvas de Polarização - Inibidores de corrosão

Inibidores de corrosão são amplamente empregados em diversos setores, sendo a área de gás e petróleo um dos principais destaques. Eles são adicionados à solução em contato com o metal, e podem atuar por diferentes mecanismos.

Geralmente os experimentos são realizados em duas etapas. Uma primeira medida da amostra na ausência do inibidor (curva azul), e após a renovação da superfície do eletrodo de trabalho um segundo experimento é realizado na presença do inibidor de corrosão (curva vermelha).

Ao lado, observamos que a adição do inibidor de corrosão gerou tanto o deslocamento do OCP, quanto o surgimento de uma região de passivação onde antes se via um processo de corrosão ativa.

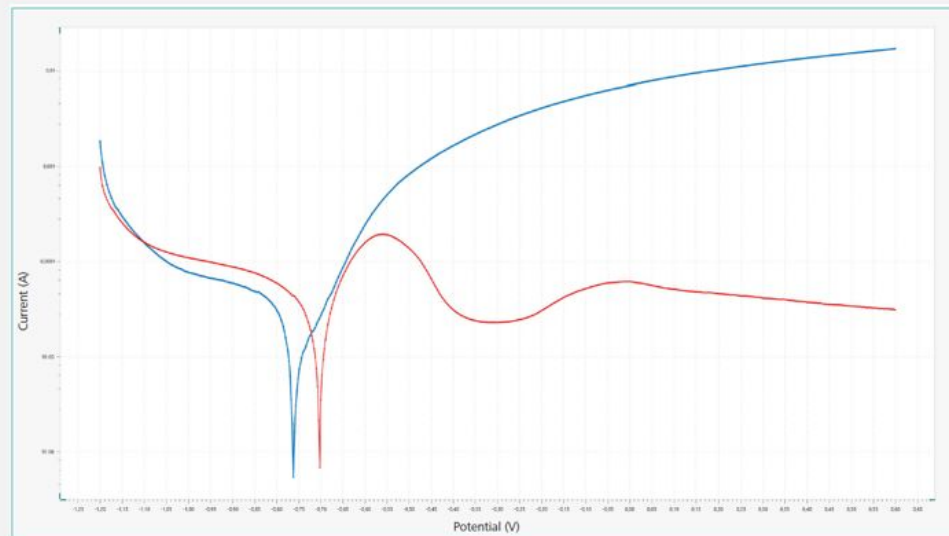


Figure 8 – Linear polarization measurement in the absence (blue) and presence (red) of a corrosion inhibitor

Curvas de Polarização - Tribocorrosão

A tribocorrosão é o processo de corrosão amplificado pela presença de um desgaste mecânico de fricção, observado em peças que movem-se gerando atrito, e em próteses ortopédicas localizadas em articulações.

Os estudos de tribocorrosão são realizados em aparelhos que geram o atrito na amostra, que pode ser simultâneo à medida de polarização (nesse caso é necessário um potenciostato com aterramento flutuante) ou pode ser realizado entre as medições.

Na curva ao lado, observa-se o deslocamento da curva de polarização após o desgaste da amostra.

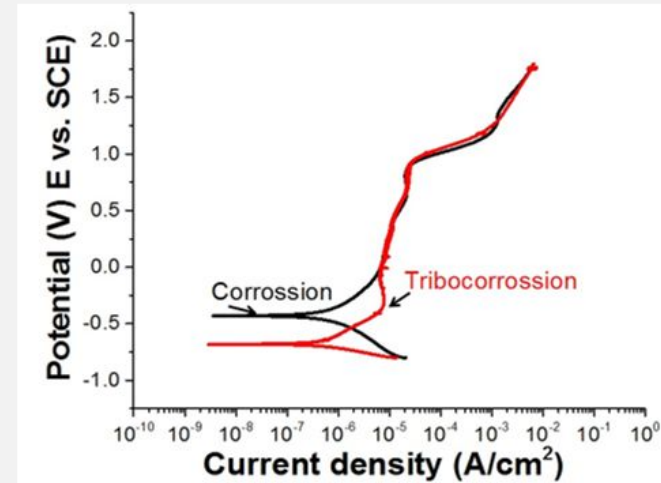


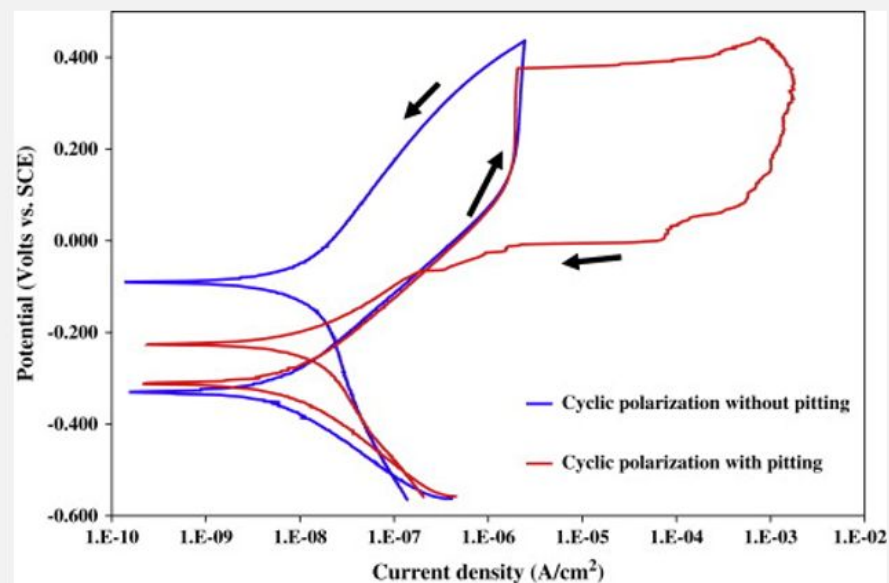
Fig. 3(a) Potentiodynamic curves for AHNS: Corrosion vs. Tribocorrosion

"Suitability Of Nickel-free High-nitrogen Steel As A Promising Implant Material For Orthopedic Applications- Electrochemical And Tribocorrosion Study"
 Farooqui, P.Stemmer, R.Pourzal, D.Royhman, A.Fischer, M.A. Wimmer, M.Mathew,
 Rush University Medical Center Chicago IL USA ; University of Duisburg-Essen Duisburg Germany

Curvas de Polarização Cíclica

Curvas de polarização cíclica são muito utilizadas para estudar a corrosão por Pitting.

Após o ataque do pitting, a superfície do eletrodo de trabalho não será mais a mesma, com isso, ao inverter o sentido da varredura da curva de polarização os valores de corrente registrados serão muito maiores quando comparados com a varredura de ida, isso significa que o pitting continua ativo pois a corrosão é observada mesmo com a redução do potencial. Quanto mais a corrente se manter elevada na varredura de volta, mais intenso terá sido o ataque do pitting.



N. Segal et. al., AJO-DO, Volume 135, Issue 6, Pages 764–770

Métodos de Caracterização Eletroquímica para Corrosão

- ✓ ● Potencial de Circuito Aberto (OCP)
- ✓ ● Curvas de Polarização
 - LPR
 - Impedância

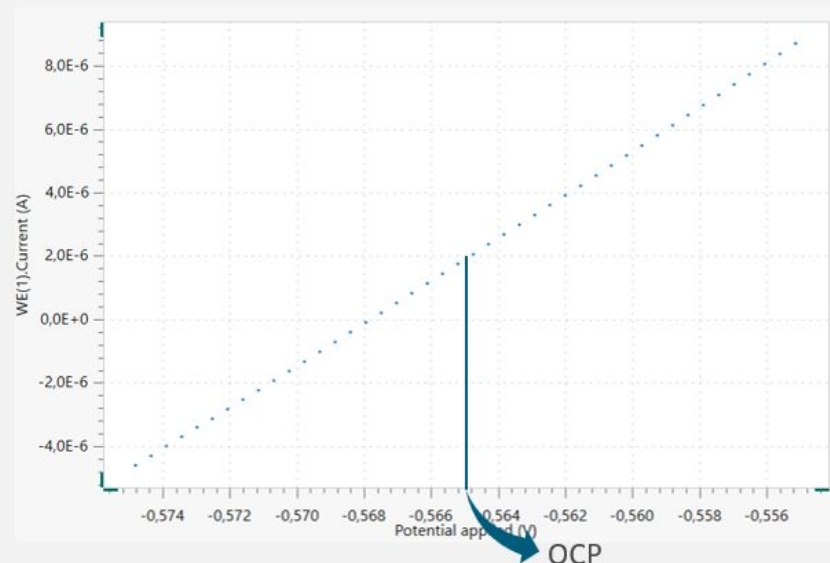
LPR - Linear Polarization Resistance

A medida de LPR realiza uma varredura do potencial do eletrodo de trabalho, controlado através do eletrodo de referência, enquanto se mede a corrente que passa entre o eletrodo de trabalho e o contra eletrodo. Assim como na medida de polarização linear.

A diferença entre as técnicas está na maneira como o gráfico é exibido e no tratamento dos dados.

A medida de LPR costuma ser realizada em uma pequena faixa ao redor do OCP (iniciando em -10mV vs OCP e terminando em +10mV vs OCP). O objetivo é que a polarização seja bem pequena, a ponto de não ocorrer ataque à superfície do eletrodo.

O gráfico do LPR é apresentado com todos os eixos em escala linear. De modo que possa ser observado um comportamento ôhmico próximo à região do OCP.



LPR - Linear Polarization Resistance

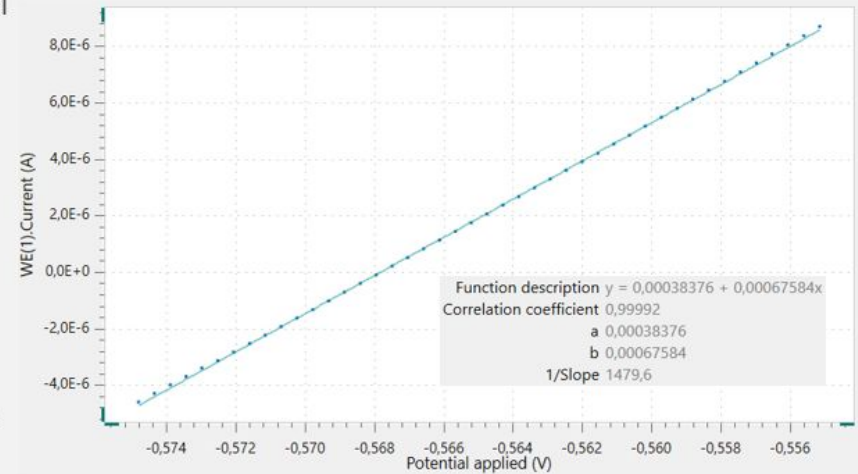
Através da curva de LPR é possível extrair o valor da Resistência de Polarização (R_p). Utilizando a lei de Ohm temos que a resistência é igual a $1/\text{slope}$ da curva i vs E .

$$U = R_p \times i$$

$$R_p = \frac{U}{i}$$

Com o valor de R_p e os coeficientes de tafel b_a e b_c é possível utilizar a equação de Stern-Geary para encontrar a corrente de corrosão, e a partir dela determinar a taxa de corrosão (mesma equação utilizada na polarização linear).

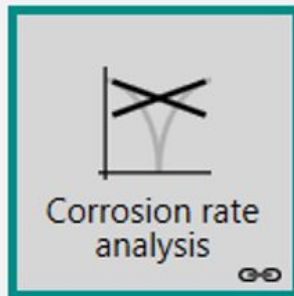
$$i_{\text{corr}} = \frac{b_a b_c}{(b_a + b_c) 2.3 R_p}$$



LPR - Linear Polarization Resistance

O comando Corrosion rate analysis, o mesmo utilizado na curva de polarização, pode ser utilizado para calcular o LPR no software NOVA.

Basta mudar a opção Mode e indicar os parâmetros ao lado.



Properties

Corrosion rate analysis

Mode	<input type="text" value="Polarization Resistanc"/>
Density	<input type="text" value="7,86"/> g/cm ³
Equivalent weight	<input type="text" value="27,925"/> g/mol
Surface area	<input type="text" value="1"/> cm ²
ba	<input type="text" value="0,12"/> V/dec
bc	<input type="text" value="0,12"/> V/dec
Range	<input type="text" value="20"/> mV

Results

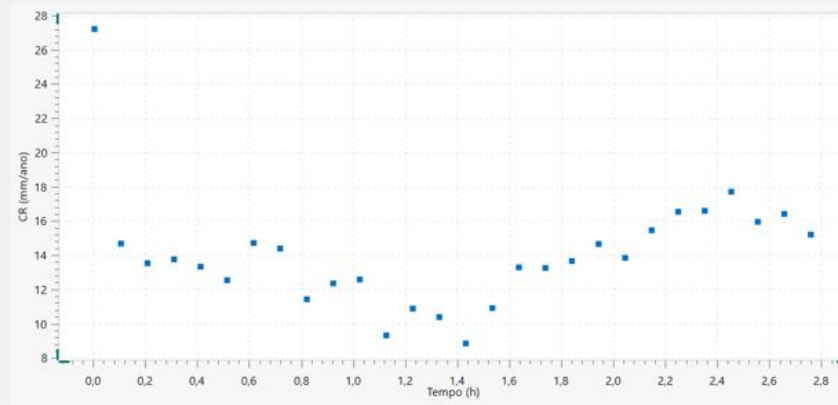
E_{corr, Obs} -0,56778 V
 j_{corr} 1,7703E-05 A/cm²
 i_{corr} 1,7703E-05 A
 Corrosion rate 0,20571 mm/year
 Polarization resistance 1471,9 Ω

LPR - Linear Polarization Resistance

Utilizando uma faixa de potencial próxima ao OCP, o LPR permite que a medida seja repetida múltiplas vezes sem a necessidade de renovação da superfície da amostra (lixamento e polimento).

Por esse motivo, é utilizado em experimentos de monitoramento da corrosão. Sendo utilizado em ensaios com inibidores onde se deseja estudar a alteração do R_p com o tempo após a adição de um inibidor no meio (Bubble Test).

A tendência é que o inibidor gere um aumento do valor de R_p . Mas com o tempo, pode ser observada uma queda quando o inibidor começa a diminuir sua eficiência.

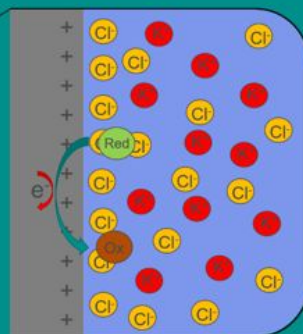


Métodos de Caracterização Eletroquímica para Corrosão

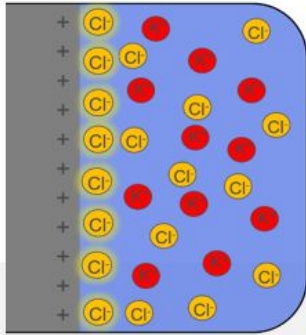
- ✓ ● Potencial de Circuito Aberto (OCP)
- ✓ ● Curvas de Polarização
- ✓ ● LPR
- Impedância

Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE ou EIS)

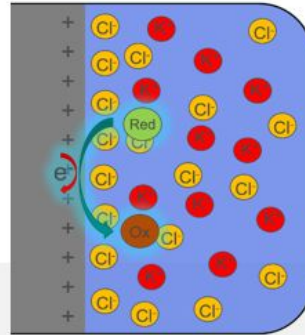
Permite o estudo de fenômenos que ocorrem na interface Eletrodo/Solução



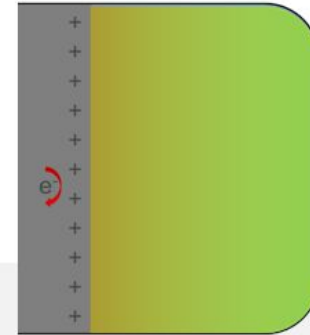
EIS - Exemplos de Fenômenos na Interface Eletrodo/Solução



Dupla Camada Elétrica



Transferência de Carga



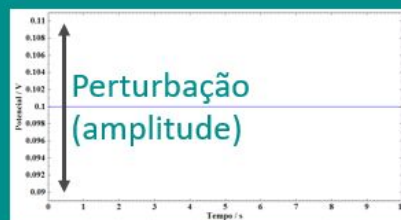
Transporte de Massa (Difusão)

Em uma medida potenciostática, o sistema eletroquímico é inicialmente polarizado em um potencial constante.

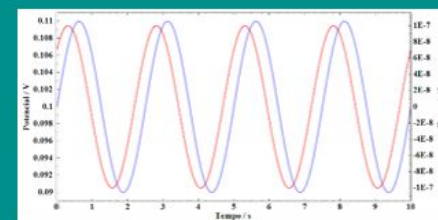
Um sinal AC (senoidal) com amplitude fixa é sobreposto ao sinal constante, e como resultado uma corrente AC de mesma frequência é medida.

A medida de EIS consiste na variação da frequência de perturbação. O valor da impedância, para cada frequência, é calculado a partir dos valores de potencial e corrente tratados por uma transformada de Fourier.

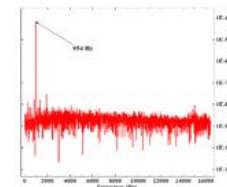
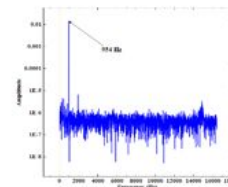
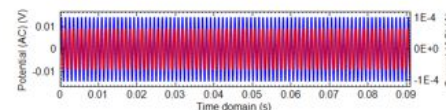
Sinal DC



Sinal AC



Transformada de Fourier

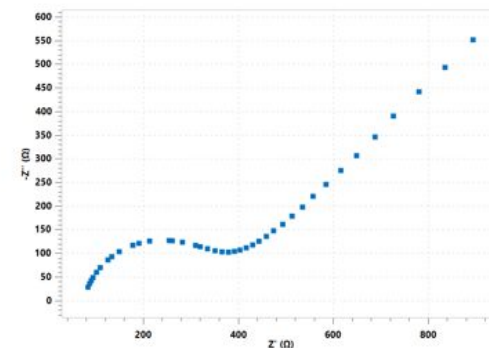


A razão entre os valores de Potencial e Corrente é chamada de impedância. O valor é apresentado por um número complexo que possui magnitude e deslocamento de fase de acordo com a frequência aplicada.

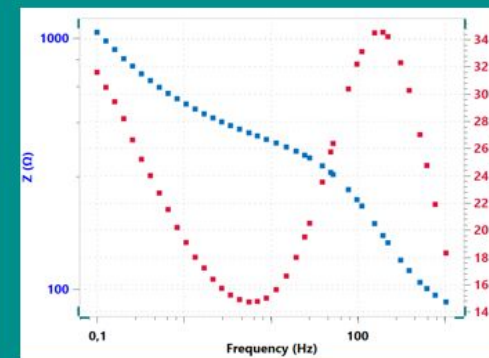
O gráfico de Nyquist apresenta os valores de impedância real e imaginária nos eixos X e Y, respectivamente, para cada frequência.

O gráfico de Bode apresenta os valores de fase e módulo, em dois eixos Y separados, pela frequência de perturbação indicada no eixo X.

Nyquist



Bode



Métodos para Interpretação de Resultados

A interpretação dos resultados, para extração de informações quantitativas dos gráficos, pode ser realizada com diferentes métodos.

Circuitos Equivalentes Análogos

Modelos Cinéticos

Diffusion Impedance

Sistemas Semicondutores

Dispersão Tempo-Constante

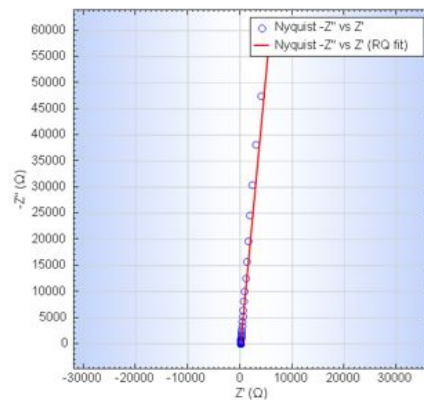
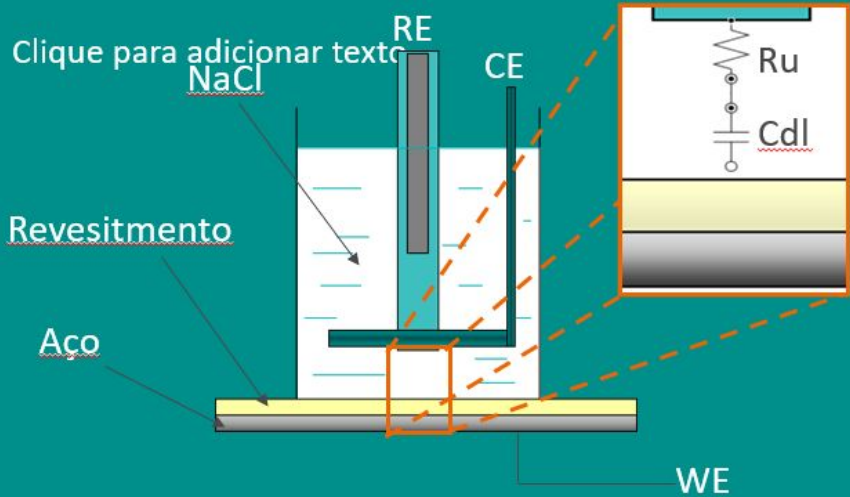
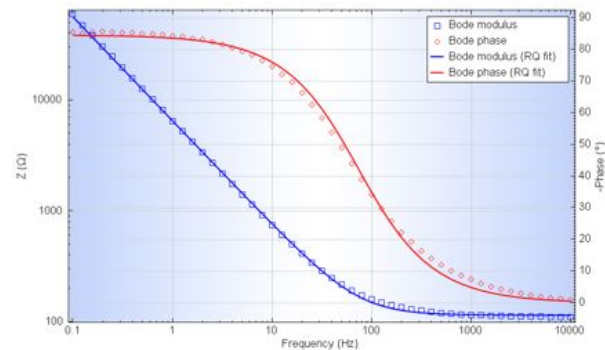
Funções de Transferência Generalizadas

Impedância Eletrodinâmica

Mark E. Orazem/Bernard Tribollet

Electrochemical Impedance Spectroscopy

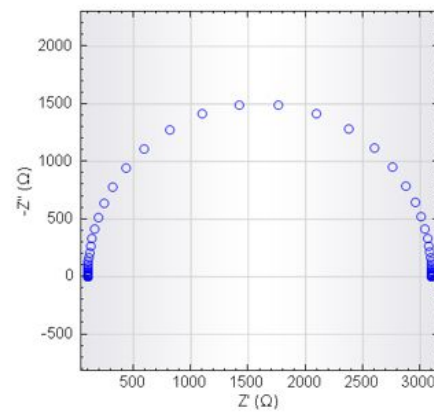
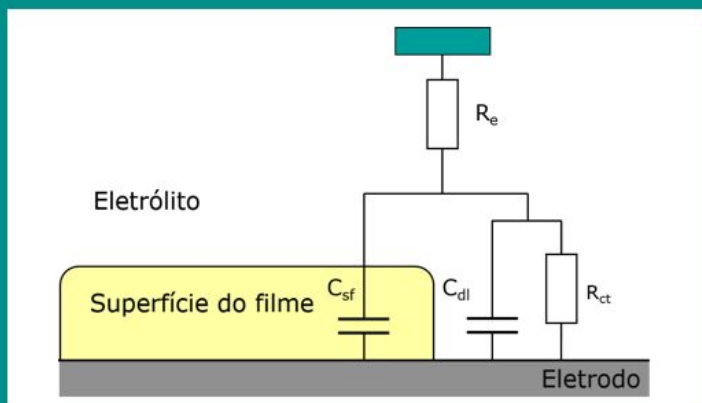
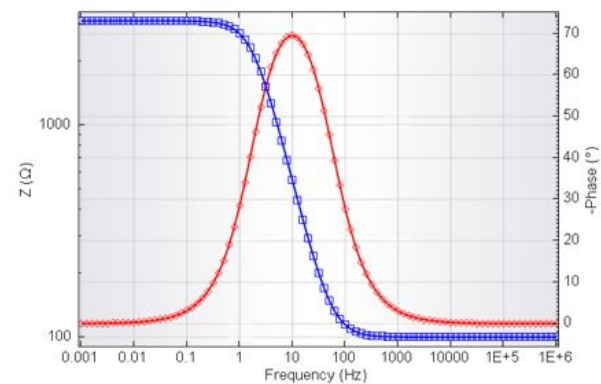
Coatings em aço



Element	Parameter	Value	Estimated Error (%)
Ru	R	114.67	0.977
Q1	Y0	2.7345E-05	1.254
	N	0.9401	0.355
χ^2		0.091813	

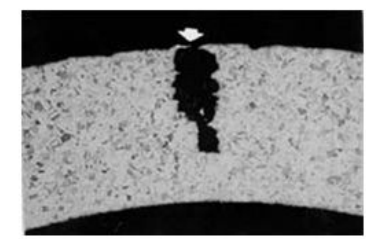
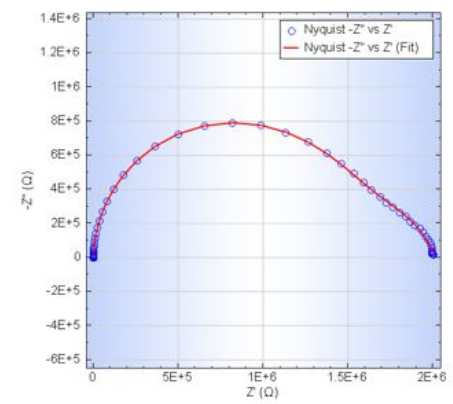
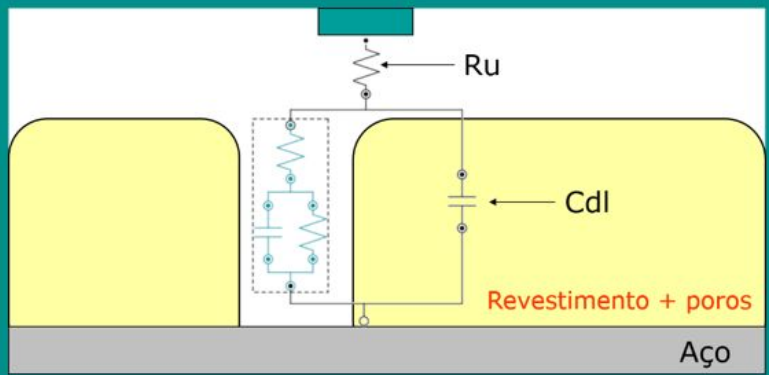
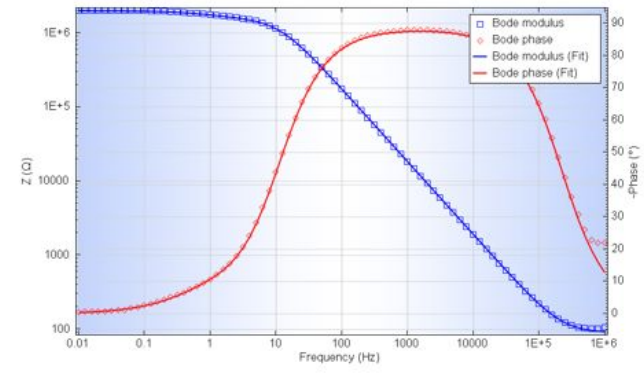
Coatings em aço

Superfície parcialmente bloqueada



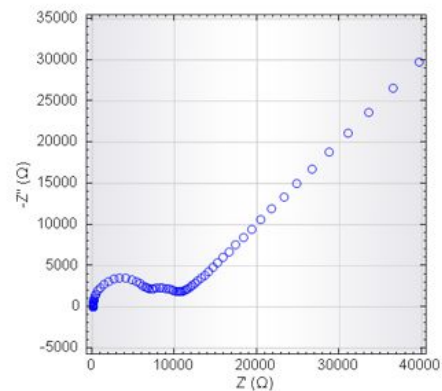
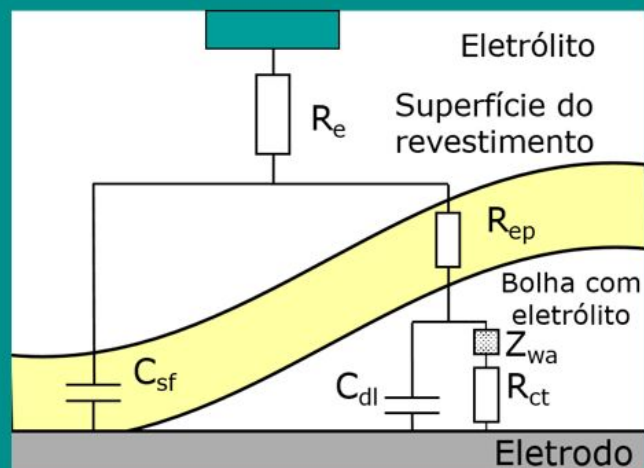
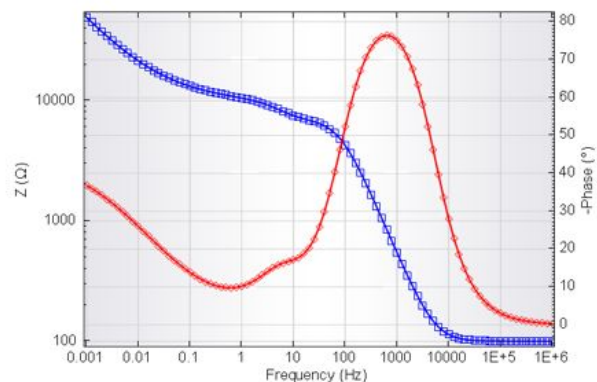
Coatings em aço

Revestimento com falha



Coatings em aço

Revestimento com bolhas



Métodos de Caracterização Eletroquímica para Corrosão

- ✓ ● Potencial de Circuito Aberto (OCP)
- ✓ ● Curvas de Polarização
- ✓ ● LPR
- ✓ ● Impedância

ASTM Standards

F746:	Standard Test Method for Pitting or Crevice Corrosion of Metallic Surgical Implant Materials
F2129:	Standard Test Method for Conducting Cyclic Potentiodynamic Polarization Measurements to Determine the Corrosion Susceptibility of Small Implant Devices
G5:	Standard Reference Test Method for Making Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements
G59:	Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements
G61:	Standard Test Method for Conducting Cyclic Potentiodynamic Polarization Measurements for Localized Corrosion Susceptibility of Iron-, Nickel -, or Cobalt-Based Alloys
G69:	Standard Test Method for Measurement of Corrosion Potentials of Aluminum Alloys
G100:	Standard Test Method for Conducting Cyclic Galvanostaircase Polarization
G102:	Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements
G106:	Standard Practice for Verification of Algorithm and Equipment for Electrochemical Impedance Measurements
G148:	Standard Practice for Evaluation of Hydrogen Uptake, Permeation, and Transport in Metals by an Electrochemical Technique
G150:	Standard Test Method for Electrochemical Critical Pitting Temperature Testing of Stainless Steels and Related Alloys
G185:	Standard Practice for Evaluating and Qualifying Oil Field and Refinery Corrosion Inhibitors Using the Rotating Cylinder Electrode
G199:	Standard Guide for Electrochemical Noise Measurement

Obrigado pela
presença!

Siga-nos nas
redes sociais!



@metrohm.brasil



/metrohm-brasil



metrohm.com/pt-br