

# AVALIAÇÃO DA PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO NAS TEMPERATURAS DE 30°C e 70°C OFERECIDA PELOS INIBIDORES DIETANOLAMINA E TRIETANOLAMINA AO AÇO API 5L GRAU B<sup>1</sup>

Najila Cardoso Saleh<sup>2</sup>  
 Viviane Azambuja Favre-Nicolin<sup>3</sup>

## Resumo

Neste trabalho é feita uma comparação da proteção contra a corrosão oferecida pela aplicação dos inibidores dietanolamina e trietanolamina ao aço API 5L grau B. Os ensaios potenciodinâmicos e de espectroscopia de impedância eletroquímica foram realizados nas temperaturas de 30°C e 70°C, usando concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols dos inibidores dietanolamina e trietanolamina. As curvas de polarização mostram que há um aumento do potencial de pite e, conseqüentemente, melhoria da passivação do aço com a adição tanto do inibidor dietanolamina quanto do inibidor trietanolamina. A proteção oferecida ao aço API 5L grau B pelos dois inibidores testados se torna mais efetiva com o aumento da temperatura de 30°C para 70°C, conforme mostram os ensaios eletroquímicos.

**Palavras-chave:** API 5L grau B; Inibidores; Polarização anódica.

## EVALUATION OF CORROSION PROTECTION IN TEMPERATURES OF 30°C and 70°C MADE BY INHIBITORS DIETHANOLAMINE TRIETHANOLAMINE AND THE STEEL API 5L GRADE B

### Abstract

In this study a comparison is made of corrosion protection offered by the application of inhibitors diethanolamine and triethanolamine steel API 5L grade B, usually employed in pipelines transporting oil and gas. Potentiodynamic tests and electrochemical impedance spectroscopy tests were performed at temperatures of 30°C and 70°C, using concentrations of 2.5, 5.0, 7.5 and 10 milimols of diethanolamine and triethanolamine inhibitors. The polarization curves show that there is an increase of the pitting potential and hence improvement of the steel passivation with the addition of either diethanolamine or triethanolamine inhibitor. The protection provided to steel API 5L grade B by the two inhibitors tested becomes more effective with increasing temperature from 30°C to 70°C, as shown by the electrochemical tests.

**Key words:** API 5L grade B; Inhibitors; Anodic polarization.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Aluna de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Instituto Federal de Educação do Espírito Santo (IFES), Campus Vitória, Vitória, ES, Brasil.

<sup>3</sup> Doutora em Engenharia Metalúrgica e Professora do Programa de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (IFES), ES, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

Dutos são um meio de transporte muito usado para produtos, como petróleo, gás natural, além de outros, com segurança, agilidade, baixa flexibilidade e confiabilidade, por onde se movimentam produtos de um ponto a outro.<sup>(1-3)</sup>

A necessidade desses dutos de transportes de fluidos gera um grande crescimento no desenvolvimento de materiais com qualidades e exigências nos requisitos mecânicos, estruturais de fabricação e de custo. Esses aços, além de atenderem a condições de processo em que a tecnologia é bem desenvolvida, podem ser adequados para algumas aplicações em que se requer uma escolha econômica e de segurança. Um dos fatores preocupantes relacionados aos dutos seria a sua vida útil, que pode sofrer agravamento de problemas de corrosão afetando a sua integridade.<sup>(4-6)</sup>

Segundo Gentil,<sup>(7)</sup> uma das alternativas para controlar a corrosão é o emprego de substâncias chamadas de inibidores de corrosão. Inibidor é uma substância ou mistura de substâncias que, quando presente em concentrações adequadas, no meio corrosivo, reduz ou elimina a corrosão.

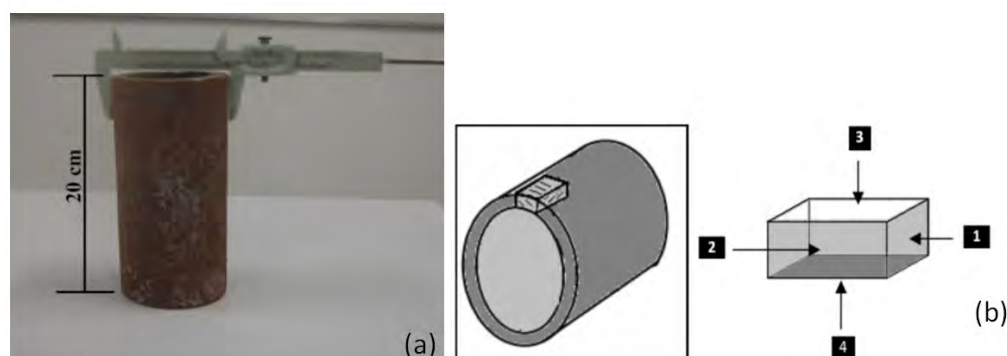
Para atender às necessidades da indústria petroquímica, foram desenvolvidos os aços API, que possuem características de elevada resistência, aliados à boa soldabilidade, baixo nível de inclusões e boa qualidade superficial, que são especificados pela *American Petroleum Institute* (API), no caso, o API 5L.<sup>(8)</sup> Em razão dessas características, possibilita-se o desenvolvimento de novo material para esses ambientes e aplicações. A escolha por um dos níveis de especificação do produto vai depender do emprego e das condições de operação do tubo.

Neste trabalho foram utilizados corpos de prova retirados de um segmento de duto, o Aço API 5L grau B, destinados principalmente ao transporte de fluido. Para esses ensaios, foram utilizados métodos de análises eletroquímicas com variação de temperatura.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

O tubo fornecido pela Petrobrás, selecionado para o estudo, é o aço API 5L grau B (Figura 1), com comprimento de 20 cm, diâmetro externo 73 mm e 53 mm de diâmetro interno. As amostras utilizadas para o teste metalográfico foram obtidas pelos cortes com base no desenho esquemático (Figura 1b).



**Figura 1.** (a) Tubo de aço API 5L grau B (posição horizontal e vertical) e (b) Corte microestrutura do aço API 5L grau B (1 = longitudinal, 2 = transversal, 3 = superfície externa, 4 = superfície interna).

## 2.2 Água Sintetizada

Os constituintes mais relevantes na composição química são acetato (ácido acético) e bicarbonato e ferro (sulfato ferroso), dos quais resultou a água sintetizada produzida em laboratório, utilizada nos ensaios deste trabalho.

## 2.3 Análise Química

O duto recebido foi analisado e apresentou as composições químicas de acordo com a norma API 5L. A composição química do material é mostrada na Tabela 1. O ensaio foi realizado por meio do espectrômetro de emissão ótica da marca Oxford Instruments modelo foundry-master pro.

**Tabela 1.** Análise da composição química do aço carbono API 5L grau B

Composição Química	Carbono	Manganês	Silício	Fósforo	Enxofre	Cromo	Molibdênio	Níquel
%	0,215	1,168	0,047	0,015	0,002	0,949	0,345	0,119

## 2.4 Análises Metalográficas

Os corpos de provas do aço API 5L grau B, utilizados nos ensaios, foram embutidos com resina epóxi. No total foram analisadas quatro amostras (superfície, corte longitudinal, corte transversal e região interna do duto), conforme Figura 1b.

Para esse processo, as peças foram preparadas com lixas de granulometria de 150 a 1.000 mesh, prosseguindo com polimento de alumina de granulometria de 1  $\mu\text{m}$  até a formação espelhada da superfície.

Em seguida, foram lavadas com água e álcool e secadas adequadamente para o processo de ataque químico. O ataque químico foi realizado utilizando reagente Nital 2% em torno de 15 segundos para estudo metalográfico. Para a verificação da microestrutura da superfície do aço, foi empregado um microscópio ótico da marca Quimis, modelo MOTIC BA 310.

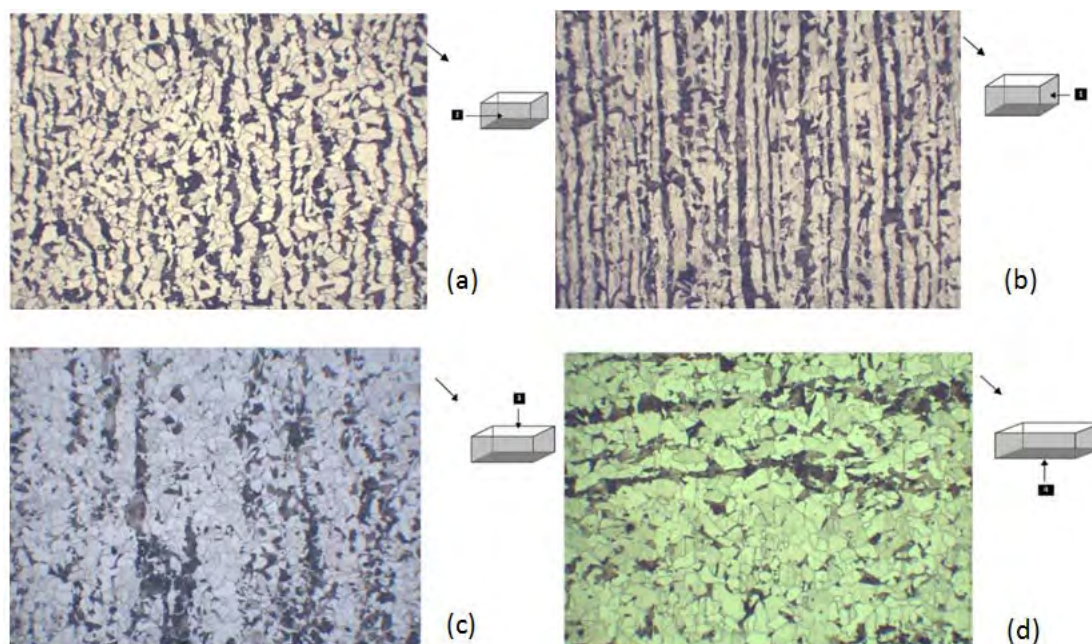
## 2.5 Testes Eletroquímicos

Amostras com área de 0,5 x 0,5 mm e 1 mm de espessura do aço API 5L grau B foram também lixadas e polidas até uma superfície espelhada. Após esse preparo, as amostras foram submetidas aos ensaios eletroquímicos em um potenciostato de marca Ivium modelo Compactstat. A célula eletroquímica utilizada consta de três eletrodos: a amostra como eletrodo de trabalho, eletrodo de platina como contraeletrodo e eletrodo de calomelano saturado como eletrodo de referência. O eletrólito utilizado foi a água sintetizada produzida em laboratório (descrita no item 2.3) em temperaturas de 30°C e 70°C com e sem solução de inibidores de dietanolamina e trietanolamina. As técnicas eletroquímicas utilizadas foram de circuito aberto por 3.600 s e, em seguida, polarização linear, com a variação de potencial de -0,5 V a 1,5 V com taxa de varredura de 1 mV/s. Os testes de impedância eletroquímica foram realizados próximo à estabilidade em baixo potencial, em torno de 0,10 mV e amplitude de frequência entre 4 mHz a 40.000 KHz.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Metalografia

A Figura 2 apresenta as microestruturas obtidas por microscopia ótica do tubo de aço API 5L grau B.

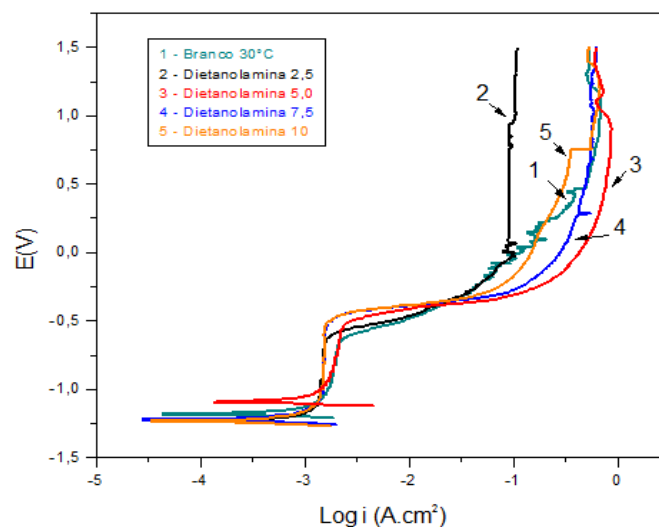


**Figura 2.** Micrografias do tubo de aço API 5L grau B obtidas por microscopia ótica e aumento 200X. Ataque Nital 2% (a) longitudinal, (b) transversal, (c) superfície externa, (d) superfície interna.

#### 3.2 Testes Eletroquímicos

##### 3.2.1 Dietanolamina 30°C

As curvas de polarização anódica e catódica para o aço API 5L grau B, em meio à água sintetizada sem e com o inibidor dietanolamina nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols a 30°C, estão inseridas na Figura 3.



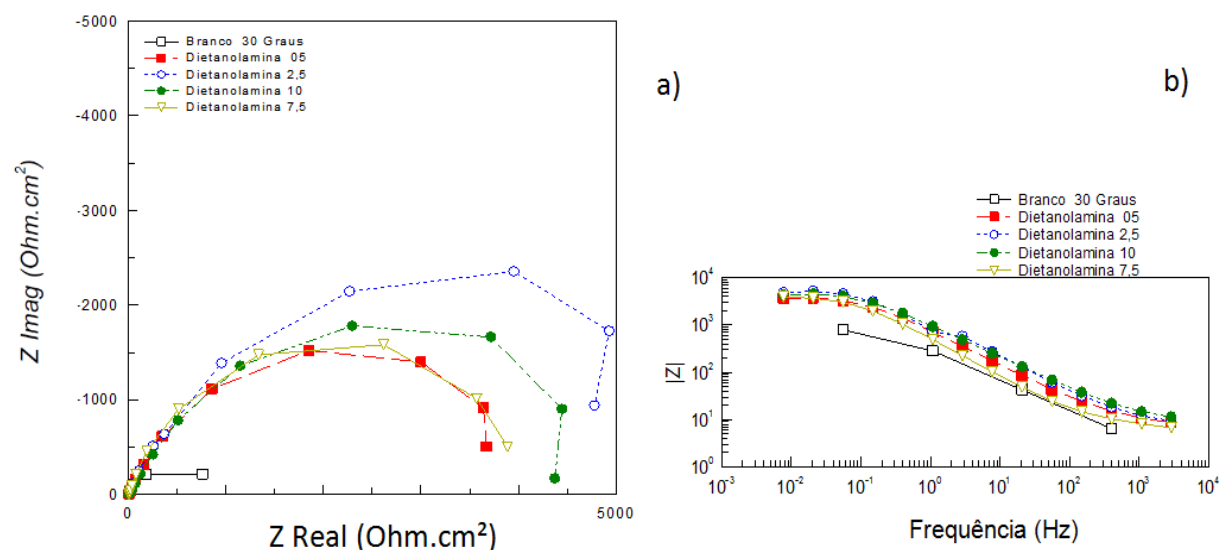
**Figura 3.** Curva de polarização aço API 5L grau B imerso em água sintetizada sem e com dietanolamina em 30°C nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols.

A Tabela 2 apresenta os dados obtidos com base nas análises das curvas de polarização apresentadas na Figura 3.

**Tabela 2.** Parâmetros eletroquímicos obtidos no estudo das inclinações de Tafel dos ensaios de corrosão por polarização linear do inibidor dietanolamina em 30°C nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols

Dietanolamina em 30°C	2,5	5,0	7,5	10,0	Branco
<b>Ecorr (V)</b>	-1.18	-1.09	-1.22	-1.24	-1.18
<b>Icorr A/cm<sup>2</sup></b>	$3,9 \times 10^{-4}$	$2,93 \times 10^{-4}$	$4,26 \times 10^{-4}$	$9,66 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-4}$
<b>Epite (V)</b>	-0,63	-0,52	-0,50	-0,50	-0,66

A Figura 4 apresenta, com base nos ensaios de espectroscopia de impedância eletroquímica, os diagramas de Nyquist e de Bode para o aço API 5L grau B com e sem a presença do inibidor dietanolamina na temperatura de 30°C.



**Figura 4.** a) Impedância eletroquímica do aço API 5L grau B sem e com a presença do inibidor dietanolamina nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols e temperatura de 30°C; b) Diagrama de Bode.

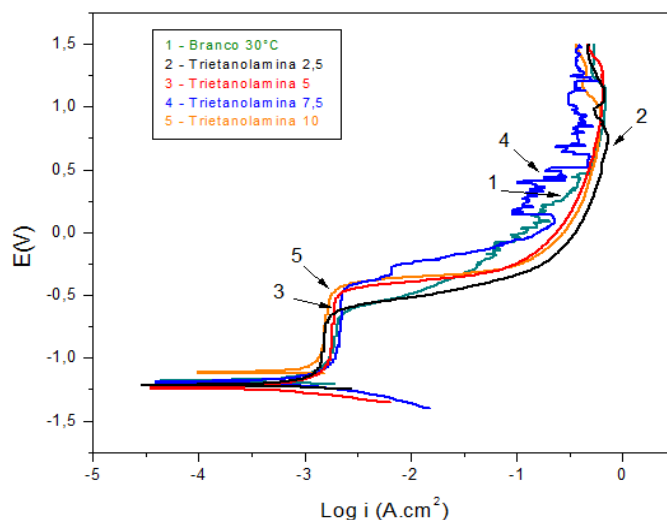
A Tabela 3 apresenta os dados obtidos por meio das análises das curvas apresentadas na Figura 4.

**Tabela 3.** Dados de impedância para o aço API 5L grau B imerso em água sintetizada com dietanolamina em 30°C nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols

Dietanolamina 30°C	2,5	5,0	7,5	10,0	Branco
<b>R1 (Ω)</b>	2,69	2,77	2,44	3,28	1,11
<b>R2 (kΩ)</b>	2202	1544	1561	1854	857,7
<b>Capacitância (mF)</b>	$3,21 \times 10^{-06}$	$67,89 \times 10^{-09}$	$11,64 \times 10^{-09}$	$48,28 \times 10^{-09}$	$856,10 \times 10^{-09}$

### 3.2.2 Trietanolamina 30°C

Na Figura 5 são apresentadas as curvas de polarização anódica e catódica para o aço API 5L grau B imerso em água sintetizada na temperatura de 30°C sem e com trietanolamina nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols.



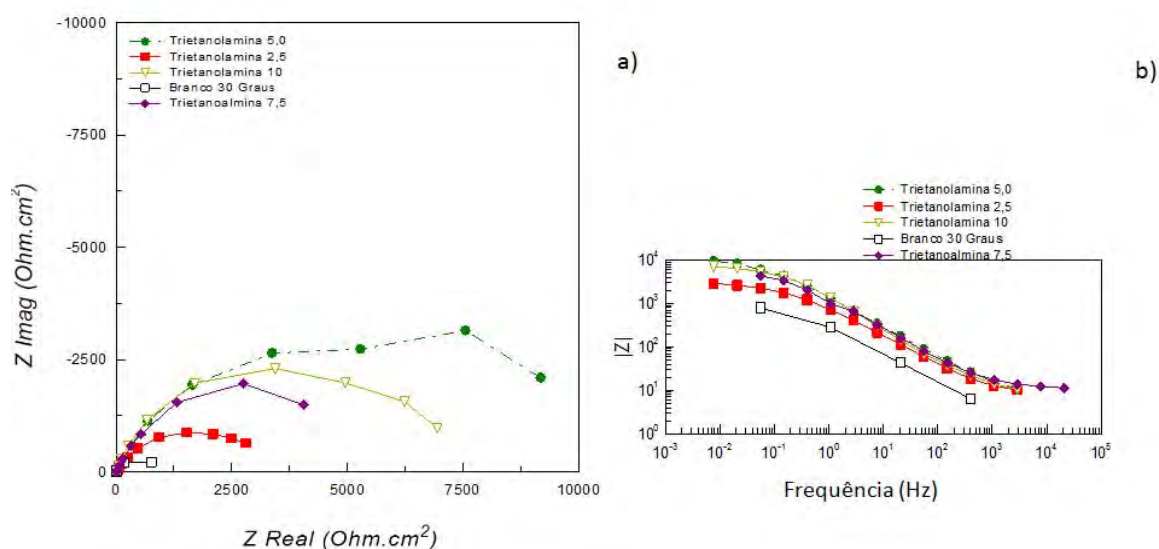
**Figura 5.** Curva de polarização aço API 5L grau B imerso em água sintetizada sem e com trietanolamina a 30°C nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols.

A Tabela 4 apresenta os dados obtidos com base nas análises das curvas de polarização apresentadas na Figura 5.

**Tabela 4.** Parâmetros eletroquímicos obtidos no estudo das inclinações de Tafel dos ensaios de corrosão por polarização linear do inibidor trietanolamina em 30°C nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols

Trietanolamina a 30°C	2,5	5,0	7,5	10,0	Branco
<b>E<sub>corr</sub> (V)</b>	-1,21	-1,24	-1,19	-1,10	-1,18
<b>I<sub>corr</sub> (A/cm<sup>2</sup>)</b>	8,11 x 10 <sup>-5</sup>	1,80 x 10 <sup>-4</sup>	2,96 x 10 <sup>-4</sup>	4,25 x 10 <sup>-4</sup>	2,51 x 10 <sup>-4</sup>
<b>E<sub>pite</sub> (V)</b>	-0,65	-0,49	-0,44	-0,47	-0,66

A Figura 6 apresenta, por meio dos ensaios de espectroscopia de impedância eletroquímica, os diagramas de Nyquist e de Bode para o aço API 5L grau B com e sem a presença do inibidor trietanolamina na temperatura de 30°C.



**Figura 6.** a) Impedância eletroquímica do aço API 5L grau B sem e com a presença do inibidor trietanolamina nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols e temperatura de 30°C; b) Diagrama de Bode.

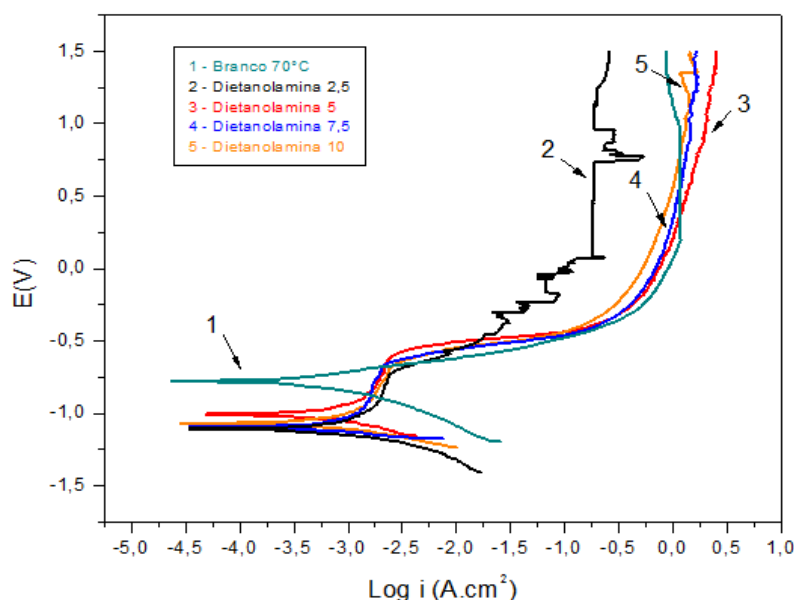
A Tabela 5 apresenta os dados obtidos por meio das análises das curvas apresentadas na Figura 6.

**Tabela 5.** Dados de impedância para o aço API 5L grau B imerso em água sintetizada com trietanolamina em 30°C nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols

Trietanolamina 30°C	2,5	5,0	7,5	10,0	Branco
R1 (Ω)	1229	1,39	1,97	1,39	1,11
R2 (kΩ)	479	2059	1085	1147	858
Capacitância (mF)	$242,2 \times 10^{-09}$	$24,6 \times 10^{-09}$	$102,4 \times 10^{-09}$	$60,4 \times 10^{-09}$	$856,1 \times 10^{-09}$

### 3.2.3 Dietanolamina 70°C

Na Figura 7 são apresentadas as curvas de polarização anódica e catódica para o aço API 5L grau B imerso em água sintetizada na temperatura de 70°C sem e com inibidor dietanolamina nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 mmols.



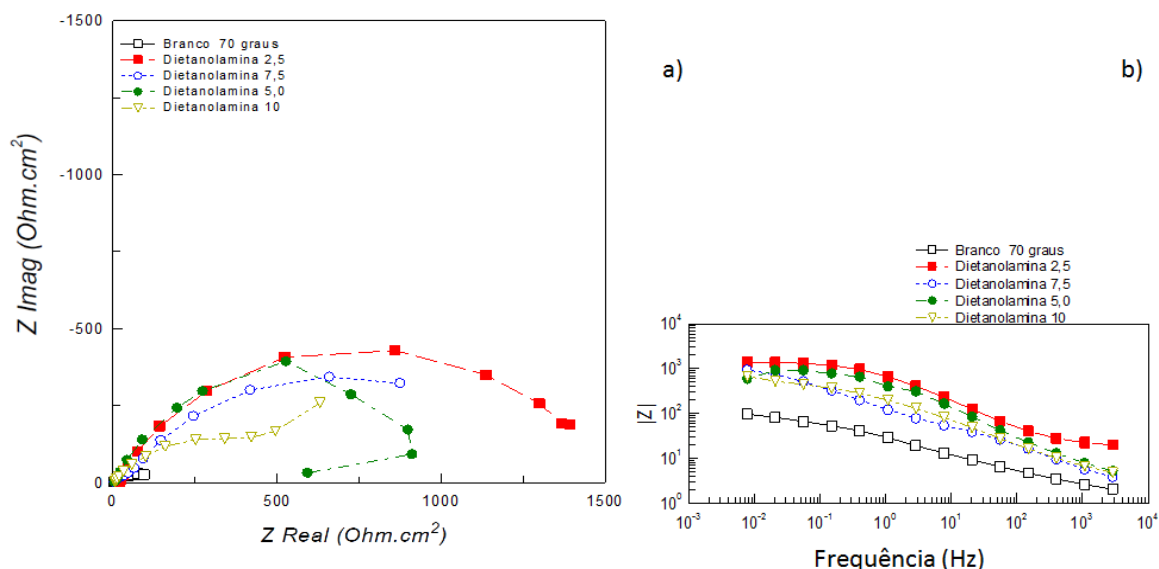
**Figura 7.** Curva de polarização aço API 5L grau B imerso em água sintetizada sem e com dietanolamina em 70°C nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols.

A Tabela 6 apresenta os dados obtidos mediante as análises das curvas de polarização apresentadas na Figura 7.

**Tabela 6.** Parâmetros eletroquímicos obtidos no estudo das inclinações de Tafel dos ensaios de corrosão por polarização linear do inibidor dietanolamina em 70°C nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols

Dietanolamina em 70°C	2,5	5,0	7,5	10,0	Branco
E <sub>corr</sub> (V)	-1,11	-1,01	-1,10	-1,07	-0,81
I <sub>corr</sub> A/cm <sup>2</sup>	$2,70 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$	$2,48 \times 10^{-4}$	$4,60 \times 10^{-4}$	$1,71 \times 10^{-4}$
E <sub>pite</sub> (V)	-0,73	-0,59	-0,66	-0,65	--

A Figura 8 apresenta, com base nos ensaios de espectroscopia de impedância eletroquímica, os diagramas de Nyquist e de Bode para o aço API 5L grau B com e sem a presença do inibidor dietanolamina na temperatura de 70°C.



**Figura 8.** a) Impedância eletroquímica do aço API 5L grau B sem e com a presença do inibidor dietanolamina nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols e temperatura de 70°C; b) Diagrama de Bode.

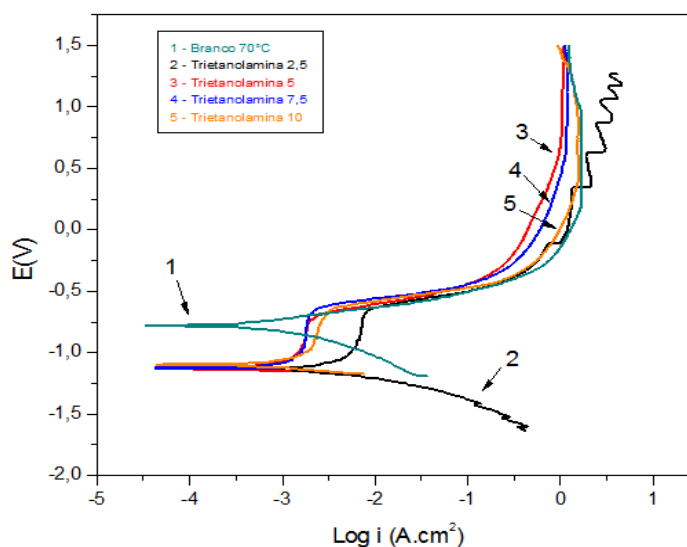
A Tabela 7 apresenta os dados obtidos por intermédio das análises das curvas apresentadas na Figura 8.

**Tabela 7.** Dados de impedância para o aço API 5L imerso em água sintetizada com dietanolamina em 70°C nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols

Dietanolamina 70°C	5,0	2,5	7,5	10,0	Branco
R1 (Ω)	0,57	3,50	1356	0,44	0,41
R2 (kΩ)	139,4	0,69	867	134,7	52,09
Capacitância (mF)	$2,91 \times 10^{-06}$	$132,55 \times 10^{-06}$	$948,06 \times 10^{-09}$	$4,57 \times 10^{-06}$	$110,61 \times 10^{-06}$

### 3.2.4 Trietanolamina 70°C

Na Figura 9 são apresentadas as curvas de polarização anódica e catódica para o aço API 5L grau B imerso em água sintetizada na temperatura de 70°C sem e com trietanolamina nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols.



**Figura 9.** Curva de polarização aço API 5L grau B imerso em água sintetizada sem e com trietanolamina em 70°C nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols.

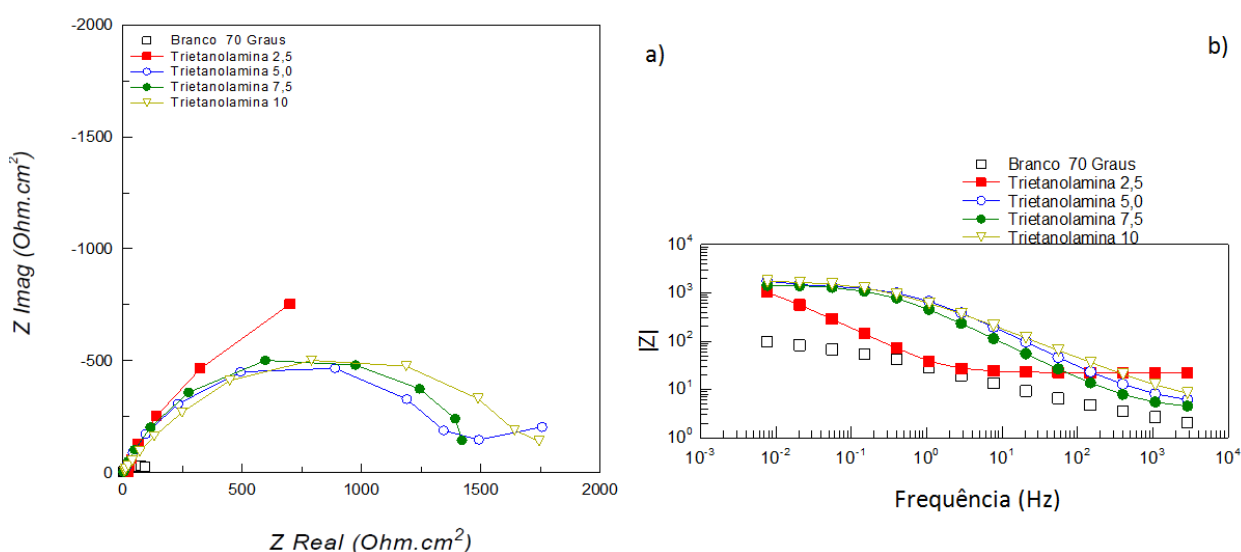


A Tabela 8 apresenta os dados obtidos com base nas análises das curvas de polarização apresentadas na Figura 9.

**Tabela 8.** Parâmetros eletroquímicos obtidos no estudo das inclinações de Tafel dos ensaios de corrosão por polarização linear do inibidor trietanolamina em 70°C nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols

Trietanolamina em 70°C	2,5	5,0	7,5	10,0	Branco
<b>Ecorr (V)</b>	-1,14	-1,13	-1,12	-1,10	-0,81
<b>Icorr A/cm<sup>2</sup></b>	2,82 x 10 <sup>-4</sup>	1,17 x 10 <sup>-4</sup>	8,35 x 10 <sup>-5</sup>	2,95 x 10 <sup>-4</sup>	1,71 x 10 <sup>-4</sup>
<b>Epite (V)</b>	-0,65	-0,73	-0,64	-0,63	--

A Figura 10 apresenta, por meio dos ensaios de espectroscopia de impedância eletroquímica, os diagramas de Nyquist e de Bode para o aço API 5L grau B com e sem a presença do inibidor trietanolamina na temperatura de 70°C.



**Figura 10.** a) Impedância eletroquímica do aço API 5L grau B sem e com a presença do inibidor trietanolamina nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols e temperatura de 70°C; b) Diagrama de Bode.

A Tabela 9 apresenta os dados obtidos nas análises das curvas apresentadas na Figura 10.

**Tabela 9.** Dados de impedância para o aço API 5L imerso em água sintetizada com trietanolamina em 70°C nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 milimols

Trietanolamina 70°C	5,0	2,5	7,5	10,0	Branco
<b>R1 (Ω)</b>	0,92	4,23	0,78	0,91	0,40
<b>R2 (kΩ)</b>	306,9	426,1	297,3	368	52,1
<b>Capacitância (mF)</b>	1,11 x 10 <sup>-06</sup>	500,95 x 10 <sup>-09</sup>	1,07 x 10 <sup>-06</sup>	753,44 x 10 <sup>-09</sup>	110,61 x 10 <sup>-06</sup>

#### 4 DISCUSSÕES

As micrografias mostradas na Figura 2 apresentaram estruturas compostas por ferrita e perlita, ordenadas e com estrias contínuas, por se tratar de um aço laminado e recozido.

A Figura 3 mostra um deslocamento de potencial de corrosão para valores mais positivos para o inibidor dietanolamina em concentração de 5,0 milimols a 30°C,

sugerindo uma maior proteção ao meio corrosivo em relação à amostra sem inibidor e a outras concentrações estudadas. Já para o inibidor trietanolamina a 30°C (Figura 5) se observa que o aumento no potencial de corrosão foi mais significativo para a amostra ensaiada com concentração de 10,0 milimols.

Pode-se observar também que, nos ensaios a 30°C, o potencial de pite aumenta para todas as concentrações de inibidores tanto de dietanolamina quanto de trietanolamina em relação ao ensaio com eletrólito sem a presença de inibidor. Para o inibidor dietanolamina a 30°C o potencial de pite é menos negativo à medida que as concentrações de inibidor são aumentadas. Para o inibidor trietanolamina a 30°C se observa também essa tendência, evidenciando a concentração de 7,5 milimols que apresentou o maior potencial de pite. Quanto maior o potencial de pite, maior a região de passivação nas curvas de polarização anódica, preservando o filme passivador e aumentando com isso a resistência a corrosão <sup>(7)</sup>.

As Tabelas 2 e 4 mostram que o potencial de corrosão se torna mais negativo em relação à amostra sem inibidor, para o inibidor dietanolamina a 30°C nas concentrações de 7,5 e 10,0 milimols e nas concentrações de 2,5 e 5,0 milimols no caso do inibidor trietanolamina na mesma temperatura. Esse fato prejudica a resistência à corrosão do material; entretanto, tal efeito é minimizado quando se observa que para essas concentrações um filme passivador é formado e os valores de potencial de pite são maiores do que o valor para a amostra sem inibidor.

Nos ensaios realizados a 70°C para ambas as aminas, observa-se que os valores de potencial de corrosão são menores para todas as concentrações de inibidores quando comparados com a amostra ensaiada sem a presença desses inibidores na mesma temperatura. Todavia, a amostra ensaiada sem a presença de inibidor apresenta um avanço contínuo da densidade de corrente a partir do potencial de corrosão, indicando uma corrosão contínua e generalizada. Já as amostras ensaiadas com a presença de inibidores apresentaram para todas as concentrações utilizadas no trabalho uma região de passivação devido à formação de um filme passivador. A formação de um filme passivador eleva a resistência à corrosão indicando a eficiência dos inibidores, o que pode ser comprovado com os resultados de impedância eletroquímica (Figuras 8 e 10) em que as amostras com a presença desses inibidores apresentaram maiores valores de resistividade superficial em relação à amostra sem inibidor.

No artigo de Martinez et al. (2009), foi observado que, para o aço API X 52 com concentração 5, 50 e 100 ppm de inibidores do tipo amina, a concentração de 50 ppm apresenta um melhor resultado formando em filme estável e reduzindo a formação de incrustações e sua susceptibilidade à erosão na superfície do aço, apresentando, assim, uma melhor resistência à corrosão.

## 5 CONCLUSÕES

Para os resultados das curvas de polarização realizadas a 30°C, a dietanolamina na concentração de 5,0 milimols e a trietanolamina na concentração de 10,0 milimols apresentaram maiores valores de potencial de corrosão aumentando a resistência à corrosão do material.

O aço API 5L grau B, quando ensaiado a 70°C, apresenta uma corrosão contínua e generalizada. Esse comportamento muda quando ele é ensaiado à presença das aminas dietanolamina e trietanolamina. Uma região de passivação é formada logo no início do avanço da densidade de corrente, conferindo ao material uma melhoria na resistência à corrosão.

Para a técnica espectroscopia de impedância eletroquímica, houve um aumento na resistência à corrosão com o uso da dietanolamina e da trietanolamina tanto na temperatura de 30°C quanto na temperatura de 70°C, devido a maiores valores de resistividade superficial em relação à amostra sem inibidor.

### Agradecimentos

À Fapes, pelo financiamento concedido, e à Petrobrás, pelo fornecimento do material.

### REFERÊNCIAS

- 1 QUITES, V. Avaliação da tenacidade à fratura e da resistência à fadiga de aços do tipo AISI/SAE 4140 utilizado em Parafusos de Bombas de polpa de Minério de Ferro em Função do Tratamento Térmico, Tese de Mestrado, Redemat. 2006.
- 2 BRASIL AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, Anuário Estatístico da Indústria Brasileira de Petróleo, 2002, Rio de Janeiro, ANP 2002.
- 3 SANT'ANNA, A. A história dos oleodutos e gasodutos no Brasil: estrutura de abastecimento de petróleo e derivados e o transporte por oleodutos. **Jornal da AMBEP**. Encarte especial, 1<sup>a</sup> parte, maio de 1998.
- 4 KERMANI, M. B.; MORSHED, A. **Carbon Dioxide Corrosion in Oil and Gas Production – A Compendium**. Corrosion, v. 59, n. 8, p. 659-683, 2003.
- 5 Ferreira, M.; Camargo Jr., S. S.; Silva, R. L. G. - in Anais do 2<sup>o</sup>. Seminário Brasileiro de Dutos, Rio de Janeiro, 1999.
- 6 ANUCHKIN, M.P.; MOROSCHNCHENKO, B.I. on the method of gas pipelines fracture resistance evolution. In: INTERNATIONAL SEMINAR OR FRACTURE IN GAS PIPELINES. Proceedings, p. 27-47, Moscou, 1984.
- 7 GENTIL, V. Corrosão. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. Editora, 1994.
- 8 AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **Specification for line Pipe 5L**. - API, Washington, April, 25p, 1995.
- 9 MARTINEZ, A. et al. **Amine type inhibitor effect on corrosion-erosion wear in oil gas pipes**. Wear, v. 267, p. 255–258, 2009.