

## AVALIAÇÃO DA CORROSÃO NO AÇO 10B22 PARA FIXADORES\*

Loyslene Rabelo Fernandes<sup>1</sup>  
Gustavo Henrique Sousa<sup>2</sup>

### Resumo

O presente artigo estuda a resistência à corrosão do aço 10B22, que é utilizado na produção de fixadores de alta resistência mecânica para a indústria automobilística. O aço foi imerso em soluções de ácido sulfúrico e ácido clorídrico em concentração de 4,5 M durante um intervalo de 54 dias e em temperatura ambiente. Os efeitos da corrosão foram analisados através da realização de ensaio de tração e do cálculo da taxa de corrosão, que apresentou valores maiores na presença de ácido sulfúrico.

**Palavras-chave:** corrosão, aço PL22, ensaio de tração.

### CORROSION EVALUATION ON STEEL 10B22 FOR FASTENERS

### Abstract

This paper studies the corrosion resistance of 10B22 steel, which is used in the production of fasteners of high mechanical strength for the automotive industry. The steel was immersed in solutions of sulfuric acid and hydrochloric acid at a concentration of 4.5 M for a period of 54 days and at room temperature. The effects of corrosion were analyzed by performing a tensile test and the calculation of the corrosion rate, which presented higher values in the presence of sulfuric acid.

**Keywords:** corrosion, steel PL22, tensile test.

1. *Formada em Engenharia Metalúrgica, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, Minas Gerais, Brasil.*
2. *Formado em Engenharia Metalúrgica, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, Minas Gerais, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado mundial do aço neste século exige que a Siderurgia passe por inúmeras transformações, estudos e melhorais, dentre as quais a adição do Boro no aço 10B22 visando proporcionar nesse um melhor aproveitamento no processo de conformação a frio. Essa adição permite que esse aço aumente suas propriedades mecânicas e consequentemente reduza o risco de trincas ao passar pelo processo de tempera e tratamento térmico.

Para conseguir esse êxito torna-se fundamental definir os parâmetros no processo de fabricação do aço, assegurando a especificação final do produto para melhor atender as exigências do mercado e do cliente. Sendo o aço um produto de importância no mundo e produzido em larga escala, exige cada vez mais estudos para o desenvolvimento de produtos que possam assegurar e oferecer as melhores propriedades físicas e mecânicas.

Uma das aplicações do aço 10B22 é a produção de fixadores de alta resistência utilizados na indústria automobilística. Esses aços são desenvolvidos para atender a construção mecânica em uma demanda cada vez mais rigorosa de qualidade para suprir diversas aplicações. Eles se destacam em diversos setores da indústria, em especial, a automobilística, eletrodoméstica e de moveis (BELGO BEKAERT ARAMES, 2015). Segundo Baumgarten (2015), dentre os principais fixadores estão os parafusos, porcas, estojos, tirantes, rebites, pinos, anéis de pressão, arruelas. Cada fixador possui função específica contando com um rigoroso controle de processo, composição química, microestrutura, macroestrutura e outras propriedades mecânicas.

A figura 1 representa dois exemplos de fixadores feitos com o aço 10B22.



Figura 1: Exemplo de fixadores.

Os aços mais utilizados para os fixadores são aqueles que dentre as suas qualidades metalúrgicas conseguem agregar melhores propriedades ao produto, tais como, dureza uniforme, baixo nível de resíduos, melhor resistência mecânica, boa estampabilidade e baixo teor de defeitos superficiais. Dentre esses aços mais utilizados estão os aços ao boro, boro baixa liga e ligados (BELGO BEKAERT ARAMES, 2015). No desenvolvimento desse trabalho será dado ênfase ao aço que pertence a família 10B22, utilizados na fabricação de fixadores de alta resistência para indústria automobilística. A utilização dos aços para fixadores podem ou não estar diretamente ligados à realização de tratamentos térmicos, o que depende, em parte, de alguns elementos de liga estar presentes. Tudo vai depender da utilização e das propriedades mecânicas que se deseja para o produto final. Já os arames e os fios-máquina, que são matérias-primas utilizadas para esse produto, passam por tratamento térmico de esferoidização, em fornos de alta convecção com o objetivo

de garantir uma melhor homogeneização e eliminação de descarbonetação (BELGO BEKAERT ARAMES, 2015).

### Aços PL22 (SAE 10B22)

Gonçalves (2013) enfatiza que o aço SAE 10B22 é caracterizado pela norma SAE/AISI e apresenta em sua composição química baixo teor de carbono, quantidade considerável de manganês e o boro como elemento de liga principal, que atribui a essa liga um aumento de temperabilidade e uma excelente resposta a processos termoquímicos como cementação e carbonitreção, combinando dessa forma propriedades de dureza e resistência ao desgaste com tenacidade e ductilidade que são imprescindíveis para sua aplicação. A tabela 1 mostra os teores máximos dos elementos constituintes desse aço pela norma SAE/AISI. Esses valores podem variar de acordo com o segmento produtivo da siderurgia que o fabrica.

Tabela 1: Composição química especificada pela norma SAE/AISI para o aço 10B22

Composição Química (%)										
LIGA	C	Mn	Si	P	S	Al	Ti	Cr	N	B
10B22	0,19	1,1	0,15	0,01	0,01	0,02	0,02	0,15	0,002	0,002

Por apresentar limite mínimo de resistência ao escoamento equivalente a 116030.16 PSI (Pound Force per Square Inch ou Libras Força por Polegadas Quadradas) que corresponde a 800 MPa e alongamento mínimo de 12%, que é indicado pela especificação ISO 898. O aço aqui descrito é utilizado em larga escala para confecção fixadores de alta resistência para a indústria automobilística. Essa característica em termos de resistência permite ao mesmo uma melhor deformação a frio. A figura 2, representa esquematicamente a designação do aço aqui estudado, de acordo com a designação SAE/AISI.



Figura 2: Especificação do nome do aço

O principal objetivo do estudo é mostrar influência da corrosão no aço 10B22 em concentração de 4,5 M de ácido clorídrico (HCl) e ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) simulando condições de ambiente as quais o esse aço é submetido. Além da análise da velocidade ou taxa de corrosão, que representa a velocidade média de 'desgaste' da superfície metálica. Seu conhecimento permite estimar a vida útil de parafusos, porcas e demais fixadores expostos a determinado meio. Os valores das taxas de corrosão podem ser expressos por meio da perda de massa por unidade de área e de tempo (GIRÃO,2008). O trabalho consistiu na realização de ensaios de imersão, com o objetivo de determinar a perda de massa e obter a taxa de corrosão do aço 10B22.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho utilizou-se sete amostras do aço 10B22, estas amostras foram pesadas inicialmente em balanças analíticas, em que três amostras foram imersas em solução de ácido clorídrico na concentração de 4,5 M e outras três amostras imersas em solução de ácido sulfúrico 4,5M, restando apenas uma amostra para o controle. Realizou-se a medição de pH em um phmetro, diferença de potencial em um voltímetro semanalmente e posteriormente a medição a soluções eram completas nos tubos de ensaio. As amostras ficaram imersas durante 54 dias e a solução foram trocadas apenas uma vez. Após o processo corrosivo, retirou-se as amostras das soluções e posteriormente a limpeza da superfície para retirar o produto de corrosão e pesou-se novamente as amostras em balança analítica. Em seguida realizou-se o cálculo de taxa de corrosão. A Figura 3 apresenta o desenvolvimento das etapas do ensaio de corrosão efetuado semanalmente, com medições de pH e potencial, além da troca de soluções conforme programado.



Figura 3: Desenvolvimento das etapas do ensaio de corrosão

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma das formas de avaliar o efeito corrosivo dos ácidos foi realizando os cálculos da taxa de corrosão. Considerando que a taxa de corrosão do material é descrita pelo cálculo dos milésimos de polegada por penetração por ano (mpy):

$$mpy = \frac{W \cdot 534}{A \cdot t \cdot d}$$

onde:

W = perda de massa, expressa em miligramas (mg);

A = área do corpo de prova exposta (in<sup>2</sup>);

t = tempo de exposição (horas);

d = densidade do aço (g/cm<sup>3</sup>).

Utilizando o comprimento medido inicialmente, que permitiu calcular a área exposta e considerando o tempo exposto de 54 dias ou 1296 horas foi possível determinar a taxa de corrosão para o material, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Relação das Massas, Perda de Massa e Taxa de Corrosão

Amostra	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Perda de Massa(g)	Taxa de Corrosão(mpy)
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1	68,4106	62,7304	5,6802	28,3601
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 2	70,6149	64,3293	6,2856	30,0382
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 3	68,4801	62,3724	6,1077	30,8352
HCl 1	63,8417	61,8912	1,9505	10,0763
HCl 2	71,8127	69,9329	1,8798	8,8876
HCl 3	68,8169	67,0005	1,8164	8,9562
Controle	70,8564	71,1338	+ 0,2774	–

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

- Corrosão com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

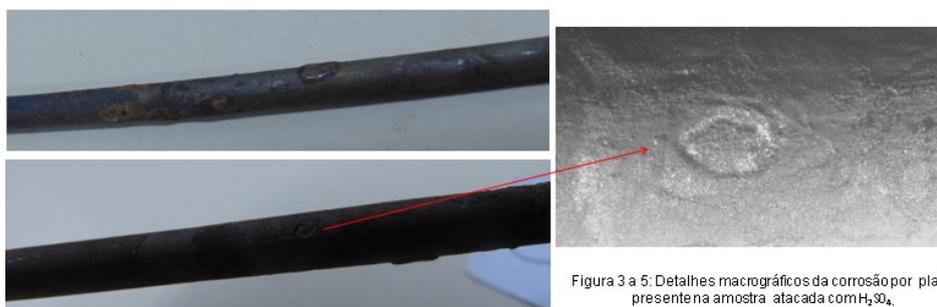
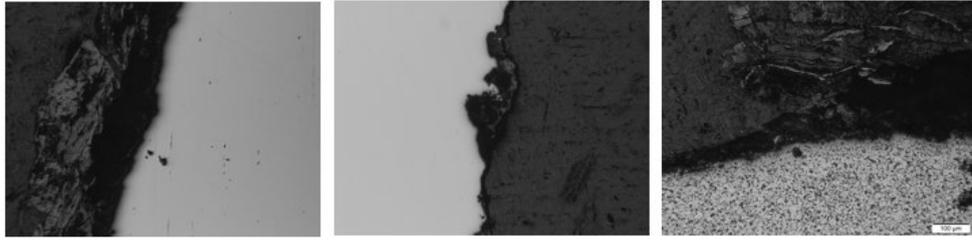


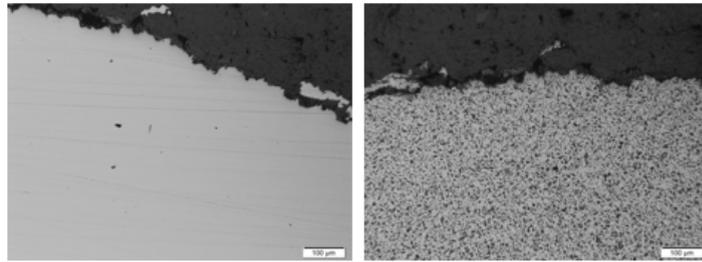
Figura 3 a 5: Detalhes macrográficos da corrosão por placa presente na amostra atacada com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Aumento: 18x

- Corrosão com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



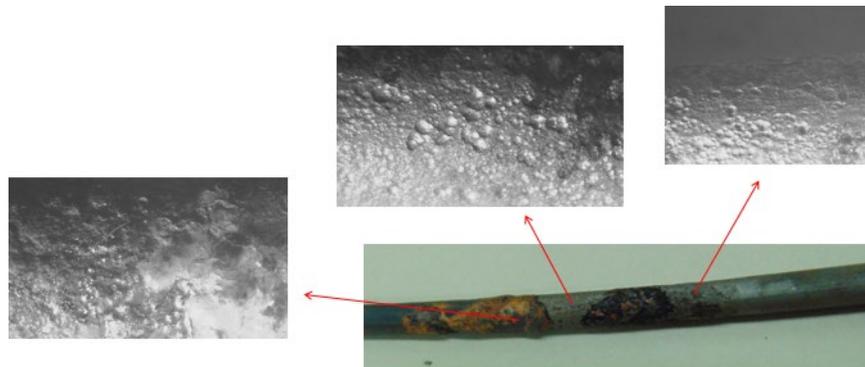
Figuras 5 a 7: Detalhes micrográficos da corrosão presente nas amostras.  
Seção longitudinal e transversal polida e com ataque Nital 2%  
Aumento: 100x

- Corrosão com  $H_2SO_4$



Figs. 8 e 9: Detalhes micrográficos da corrosão presente nas amostras.  
Seção transversal polida e com ataque Nital 2%  
Aumento: 100x

- Corrosão com HCl



Figs. 11 a 14: Detalhes macrográficos da corrosão por pite presente na amostra atacada com HCl.  
Aumento: 18x

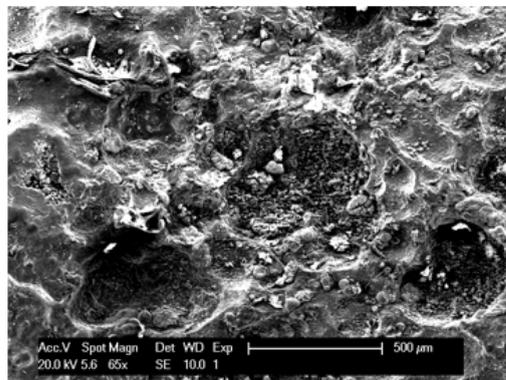
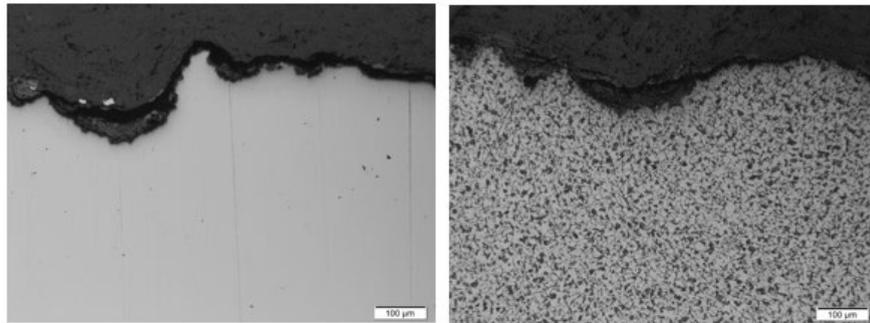


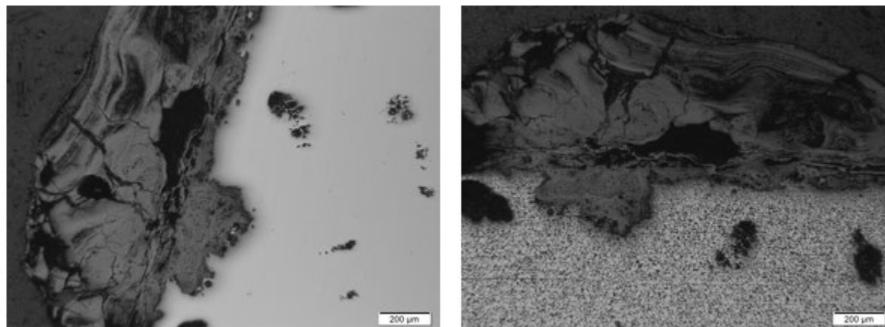
Figura 15: Detalhes da corrosão por pites com imagem por elétrons secundários.

- Corrosão com HCl

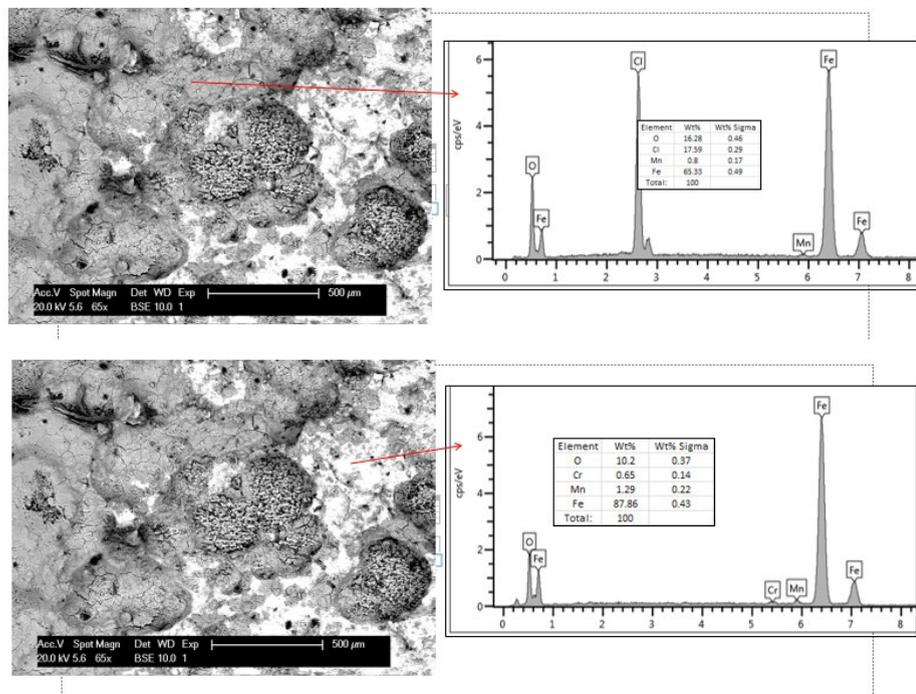


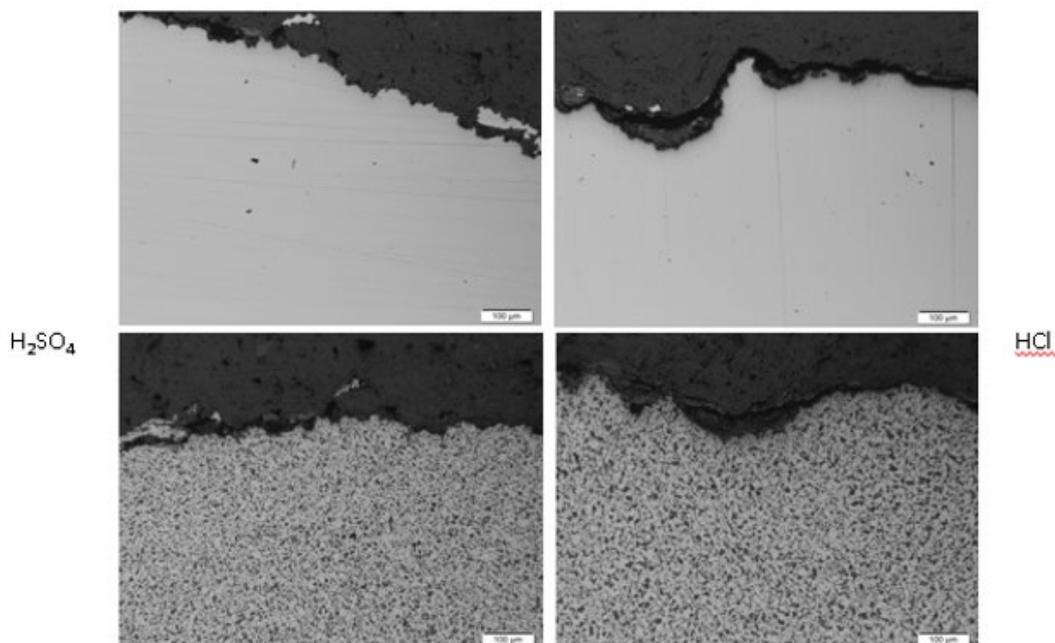
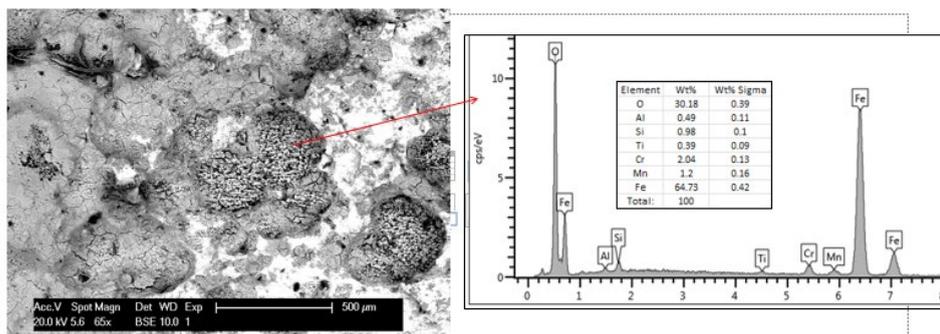
Figs. 18 e 19: Detalhes micrográficos da corrosão presente nas amostras.  
Seção longitudinal polida e com ataque Nital 2%  
Aumento: 100x

- Corrosão com HCl



Figs. 16 e 17: Detalhes micrográficos da corrosão presente nas amostras.  
Seção longitudinal polida e com ataque Nital 2%  
Aumento: 50x





As amostras corroídas em meio de HCL, sofreram maior processo de corrosão comparado as amostras de H2SO4, como podemos perceber pela tabela abaixo.

Tabela 3: Controle DDP HCl e H2SO4

TABELA DE CONTROLE - DDP								
AMOSTRAS	SEMANAS							
	08/mai	15/mai	22/mai	29/mai	05/jun	12/jun	19/jun	26/jun
1) HCl - 4,5%	0,31	0,36	0,39	0,4	0,4	0,2	0,14	0,12
2) HCl - 4,5 %	0,47	0,42	0,31	0,3	0,4	0,39	0,25	0,22
3) HCl-4,5%	0,31	0,05	0,02	0,04	0,37	0,11	0,2	0,3
1) H2SO4 - 4,5 %	0,35	0,39	0,34	0,39	0,36	0,2	0,5	0,52
2) H2SO4 - 4,5%	0,45	0,41	0,4	0,24	0,36	0,2	0,49	0,53
3) H2SO4 - 4,5%	0,47	0,49	0,31	0,35	0,38	0,38	0,4	0,45

O gráfico abaixo mostra a variação das amostras ao longo dos 54 dias na concentração de 4,5 M de HCL.

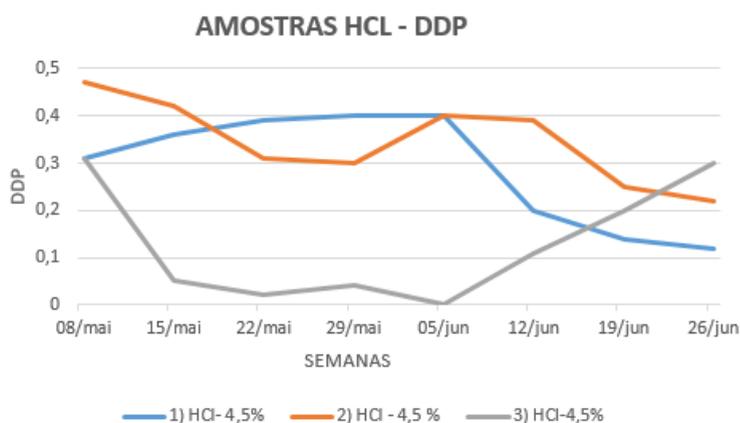


Gráfico: DDP x SEMANAS das amostras de HCL 4,5%

O gráfico abaixo mostra a variação das amostras ao longo dos 54 dias na concentração de 4,5 M de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

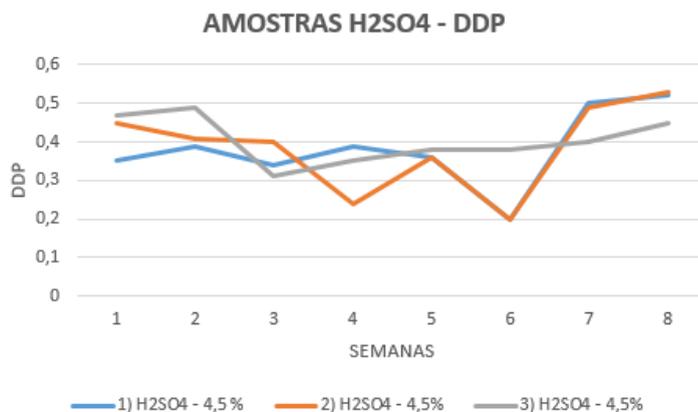


Gráfico: DDP x SEMANAS das amostras de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4,5%.

As três amostras em solução de ácido clorídrico na concentração de 4,5 M e outras três amostras imersas em solução de ácido sulfúrico 4,5M foram analisadas durante esses 54 dias, semanalmente, a realização de medição de pH em um phmetro de todas as amostras em soluções. Abaixo estão os gráficos das variações de pH das amostras. Abaixo podemos comparar as variações de pH das amostras.

Tabela 4: Controle de pH HCl e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

TABELA DE CONTROLE - PH								
AMOSTRAS	SEMANAS							
	08/mai	15/mai	22/mai	29/mai	05/jun	12/jun	19/jun	26/jun
1) HCL - 4,5%	3,85	4,52	4,67	4,75	4,75	5,19	4,5	3,73
2) HCL - 4,5 %	4,5	4,71	4,72	4,74	4,74	5,23	5,1	4,35
3) HCL-4,5%	4,4	4,82	4,78	4,8	4,96	5,1	4,9	4,6
1) H2SO4 - 4,5 %	5,05	1,23	5,4	5,6	4,99	5,14	5,15	5,29
2) H2SO4 - 4,5%	4,42	1,1	4,43	4,5	5,44	4,9	5	5,13
3) H2SO4 - 4,5%	4,86	1,2	4,85	4,9	5,35	5,03	5,03	5,03

As amostras corroídas em meio de HCL possuem pH próximos um dos outros. Exceto a amostra de número 3 que sofre uma mudança de ph na metade do tempo de experimento mas em seguida volta no padrão seguido pelas demais amostras. Abaixo está o gráfico onde podemos observar esse ocorrido.

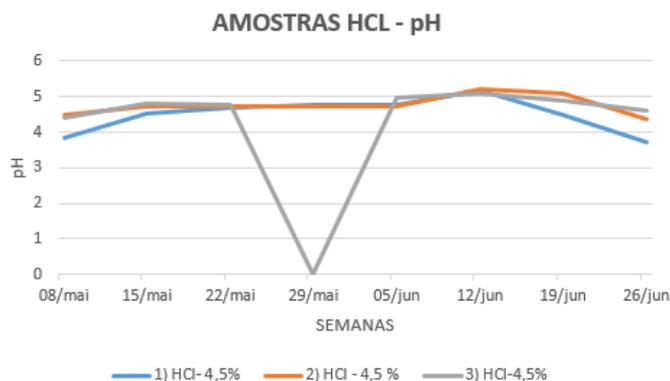


Gráfico: pH x SEMANAS das amostras de HCl 4,5%

As amostras corroídas em meio de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> possuem pH próximos um dos outros. Houve uma variação de ambas as amostras no começo do tempo, mas depois seguiram no mesmo padrão de variação. Como observado no gráfico abaixo:

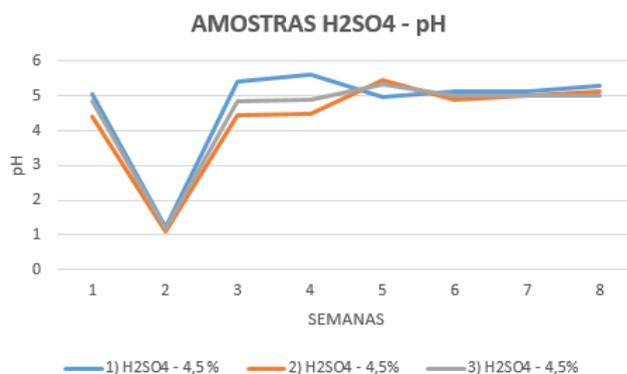


Gráfico: pH x SEMANAS das amostras de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4,5%.

#### 4 CONCLUSÃO

Observou-se que a taxa de corrosão para os dois ácidos utilizados esteve na classe 5 – 50 mpy, que significa que uma alta taxa de corrosão é tolerada pelo aço 10B22. Contudo, este aço é mais vulnerável à corrosão por ácido sulfúrico do que por ácido clorídrico, já que a taxa de corrosão quando se utilizou ácido sulfúrico foi até três vezes maior. O aço é mais vulnerável à corrosão por ácido sulfúrico do que por ácido clorídrico.

Os valores de pH e potencial medidos, apresentaram muitas variações ao longo das medições como os gráficos mostraram, o que pode estar ligado a variações de temperatura, corrosões mais acentuadas ou outros fatores.

#### REFERÊNCIAS

- 1 BAUMGARTEN, J.F.. METALAB Análise de Materiais Ltda. Centro tecnológico de Engenharia de Materiais. Palestra: Importância da Análise de Materiais em Fixadores aplicados na Indústria de Óleo e Gás.
- 2 Belgo Bekaert Arames, Aços Boro, Baixa Liga e Ligado (Elementos de Fixação Resistenciados), Disponível em: [http://www.belgobekaert.com.br/Produtos/Paginas/A%C3%A7os-ao-Boro,-Baixa-Liga-e-Ligado-\(Elementos-de-Fixacao-Resistenciados\).aspx](http://www.belgobekaert.com.br/Produtos/Paginas/A%C3%A7os-ao-Boro,-Baixa-Liga-e-Ligado-(Elementos-de-Fixacao-Resistenciados).aspx). Acesso em 16 de Abril de 2015.

3 GIRÃO, I.F., Caracterização da Resistência à corrosão por pite do aço UNS S31803 após soldagem. Bernardo do Campo, P-1-7, 2008.

4 GONÇALVES, F. V. Influência da temperatura de revenido na fragilização por hidrogênio no aço ABNT 10B22- Modificado. Porto Alegre, 2013.