

Copyright 2016, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2016, em Búzios/RJ no mês de maio de 2016.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

## ESTUDO DA CORROSÃO EM JUNTAS DE SOLDA DO AÇO API 5L X80 EM AMBIENTE MARINHO

<sup>1</sup>Edivânia S. L. Vasconcelos, <sup>2</sup>Maria A. G. A. Lima, <sup>3</sup>Pulkra Silva, <sup>4</sup>Sara H. Oliveira, <sup>5</sup>Severino L. Urtiga Filho

### Abstract

The platforms of oil exploration and production, oil and gas pipelines in operation are made from sheets with different welding processes. These devices, when submerged in seawater, are susceptible to corrosion which can be aggravated by association of factors such as heat affected zone in the welding area and the salinity of the medium. This set of factors can weaken the material, especially in the solder joint in the region may cause the nucleation and propagation of cracks in preferred regions. The objective of this work is to obtain a better understanding of the corrosion of solder joints in the marine. For both were mounted static systems containing sea water, collected in the port area of Recife and inserted steel specimens API 5L X80 with and without weld bead. They were carried out mass loss calculations and corrosion rates and observing the surfaces by scanning electron microscope. Said steel showed moderate corrosivity, in the conditions. There was no significant variation compared with welding conditions and without welding. The corrosion rates were growing up, initially, however, after 60 days of immersion, now has passivation behavior.

Keywords: API 5L X80 steel, corrosion, weld joints

### Resumo

As plataformas de prospecção e produção de petróleo, oleodutos e gasodutos em operação, são fabricados a partir de chapas com diferentes processos de soldagem. Estes equipamentos, quando submersos em água do mar, estão susceptíveis a corrosão a qual pode ser agravada por associação de fatores como zona termicamente afetada na área da solda e a salinidade do meio. Esse conjunto de fatores pode enfraquecer o material, principalmente na região da junta de solda podendo ocasionar a nucleação e propagação de trincas em regiões preferenciais. O objetivo deste trabalho é obter uma melhor compreensão sobre a corrosão em juntas de solda em meio marinho. Para tanto, foram montados sistemas estáticos contendo água do mar, coletada na região portuária do Recife e inseridos corpos de prova do aço API 5L X80, com e sem cordão de solda. Foram realizados cálculos de perdas de massa e taxas de corrosão e

<sup>1</sup>Mestre - Estudante, Engenharia de materiais - Universidade Federal de Pernambuco

<sup>2</sup>Doutora - Professora, Engenharia Química - Universidade Federal de Pernambuco

<sup>3</sup>Mestre - Estudante, Engenharia Química - Universidade Federal de Pernambuco,

<sup>4</sup>Doutora - Professora, Engenharia de materiais - Universidade Federal de Pernambuco

<sup>5</sup>Doutor - Professor, Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Pernambuco

observadas as superfícies por microscópio eletrônico de varredura. O referido aço apresentou corrosividade moderada, nas condições de estudo. Não houve variação significativa, quando comparadas as condições com solda e sem solda. As taxas de corrosão apresentaram-se crescentes, inicialmente, porém, após 60 dias de imersão, passou a ter comportamento de passivação.

**Palavras-chave:** aço API 5L X80, corrosão, Juntas de solda

## **Introdução**

---

A crescente demanda no transporte de gás, petróleo e seus derivados, bem como, instalações industriais de um modo geral, vêm tornando cada vez mais exigentes as especificações de tubos e equipamentos metálicos (1). Os aços da classe API são amplamente utilizados para fabricação de tubos destinados ao transporte de gás, água e óleo nas indústrias de petróleo e gás natural devido à sua boa resistência mecânica (2).

As plataformas de prospecção e produção de petróleo, oleodutos e gasodutos, em operação, são fabricados a partir de chapas com diferentes processos de soldagem, o procedimento de soldagem envolvido na produção e junção de tubos e equipamentos pode modificar a microestrutura do metal de base, na região da junta de solda e, conseqüentemente, as propriedades mecânicas e de resistência à corrosão, podendo tornar essa região mais suscetível a danos por corrosão (3). O fenômeno da corrosão é encarado como a destruição dos materiais metálicos e não metálicos em contato com o meio ambiente, devido a interações químicas e/ou mecânicas. (4).

A água do mar, devido a sua salinidade e outros constituintes, apresenta-se como um ambiente altamente agressivo que pode comportar-se como acelerador do processo eletroquímico de corrosão (5). Em águas salgadas, ou seja, de elevada condutividade, anodo e catodo tende a se distanciar e por isso há formação de produto de corrosão pouco aderente à superfície metálica, resultando em um depósito poroso pouco efetivo como barreira protetora (6).

A interação dos materiais utilizados na construção de equipamentos com o ambiente a que estão expostos em serviço provoca, com frequência, sua degradação, a qual pode tornar-se ainda mais severa quando houver associação do meio corrosivo com regiões mecanicamente fragilizadas, o que pode modificar as propriedades mecânicas dos materiais metálicos e alterar a durabilidade e desempenho dos mesmos(7).

Devido a crescente demanda no transporte de gás, petróleo e seus derivados, bem como, instalações industriais de um modo geral, em meio marinho, torna-se fundamental o estudo da corrosão desses materiais em presença de água do mar. Este trabalho teve por objetivo obter uma melhor compreensão sobre a corrosão em juntas de solda do aço API 5L X80 em meio marinho.

## **Metodologia**

---

### **Corpos de prova**

O aço utilizado foi proveniente de um tubo com 864 mm de diâmetro 235 mm de comprimento e 19 mm de espessura o qual foi produzido a partir de chapas conformadas por

laminação controlada sem resfriamento acelerado. A partir do tubo foram confeccionadas chapas com dimensões de 300 mm x 300 mm x 19 mm, unidas por solda utilizando o processo de soldagem a arco com eletrodo tubular (FCAW). A partir desta chapa foram usinados corpos de prova da região de solda e do metal de base, ficando os cupons com dimensão média de 26 mm X 5 mm X 17 mm. Os corpos de prova foram dispostos em biorreatores em presença do fluido e foram retirados para análises em períodos de 30, 60 e 104 dias.

Antes de serem expostos no experimento, os corpos de prova foram submetidos ao processo de jateamento abrasivo, para uniformização das superfícies. Em seguida, foi realizado um processo de limpeza superficial com álcool isopropílico durante 5 segundos e em acetona por mais 5 segundos. Após o processo de limpeza, os corpos de prova foram secos com jato de ar, mantidos em dissecador por 20 minutos e pesados ao décimo de miligrama (8).

### Composição Química do Aço API 5L X80 Utilizado

A análise química do metal de base foi realizada pela SIMISA utilizando a técnica de espectroscopia de emissão óptica. Com esta análise química, apresentada na Tabela 1 foi determinado o valor para o carbono equivalente  $CE = 0,440\%$ .

**Tabela 1 – Composição química percentual (%)**

<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>
0,08	0,28	1,76	0,013	0,02	0,17	0,01
<b>Mo</b>	<b>Cu</b>	<b>Al</b>	<b>V</b>	<b>W</b>	<b>Ti</b>	<b>Nb</b>
0,19	0,01	0,037	0,23	0,005	0,019	0,074

### Fluido do processo

No ensaio foi utilizada água do mar coletada na região portuária do Recife, a qual foi esterilizada em autoclave a 121 °C por 20 minutos, para posteriormente ser adicionada ao biorreator estéril. O experimento foi conduzido em sistema estático, onde os corpos de prova foram presos por fios de nylon à tampa do biorreator e em seguida acrescentou-se 2L do fluido. Todo o conjunto exceto os cupons haviam sido esterilizado em autoclave à 121° C e 2 Atm de pressão por 20 min.

### Perdas de Massa e Taxa de Corrosão

Após períodos de 30, 60 e 104 dias de imersão, foram retirados corpos de prova sem solda (s/s) e com solda (c/s) os quais foram imersos em água destilada e levados ao banho em ultrassom por 15s para retirada dos produtos de corrosão e em seguida submetidos à decapagem ácida. A decapagem foi realizada por meio da norma NACE (9), que consiste na imersão do cupom em solução ácida de HCl a 37,5% em 1:1 de H<sub>2</sub>O por 5min, imersão em solução de bicarbonato por 1min e em seguida imersão em isopropanol e em acetona, secagem com jato de ar e pesagem. Este procedimento foi repetido até que não houvesse mais variação na massa. A partir das perdas de massa foram calculadas e classificadas as taxas de corrosão conforme a norma NACE-RP-07-75 (9), que classifica a corrosividade dos meios em função da taxa de corrosão.

## Análises das superfícies dos cupons

Com o objetivo de avaliar possíveis mudanças nas superfícies, devida ao processo corrosivo, os cupons foram observados através de microscópio eletrônico de varredura (MEV), antes de serem expostos nos sistemas e após 104 dias de exposição ao sistema e passados pelo processo de decapagem. A microscopia foi realizada no Laboratório de Microscopia e Caracterização Microestrutural da UFPE. O microscópio utilizado foi o TM 3000 da HITACHI.

## Resultados e discussão

### Taxa de Corrosão

As taxas de corrosão, apresentada na Tabela 2, mostram que não houve variação significativa entre as condições, com e sem solda. Quanto aos períodos de imersão, foi observado um crescimento na taxa entre 30 dias e 60 dias, voltando a decrescer no período entre 60 dias e 104 dias. Segundo Gentil, 2007 a corrosão em água do mar se deve a associação do ambiente agressivo com o oxigênio, que pode comportar-se como acelerador do processo eletroquímico de corrosão (5). Em água do mar natural, a queda na taxa de corrosão pode ser causada pela hidrólise de sais, que agem como inibidores de corrosão para alguns metais, passivando o ferro em presença de oxigênio dissolvido (10). Alguns destes sais como o fosfato e o silicato formam películas insolúveis constituídas de fosfatos ou silicatos de ferro, que agem como barreiras protetoras contra a corrosão (5).

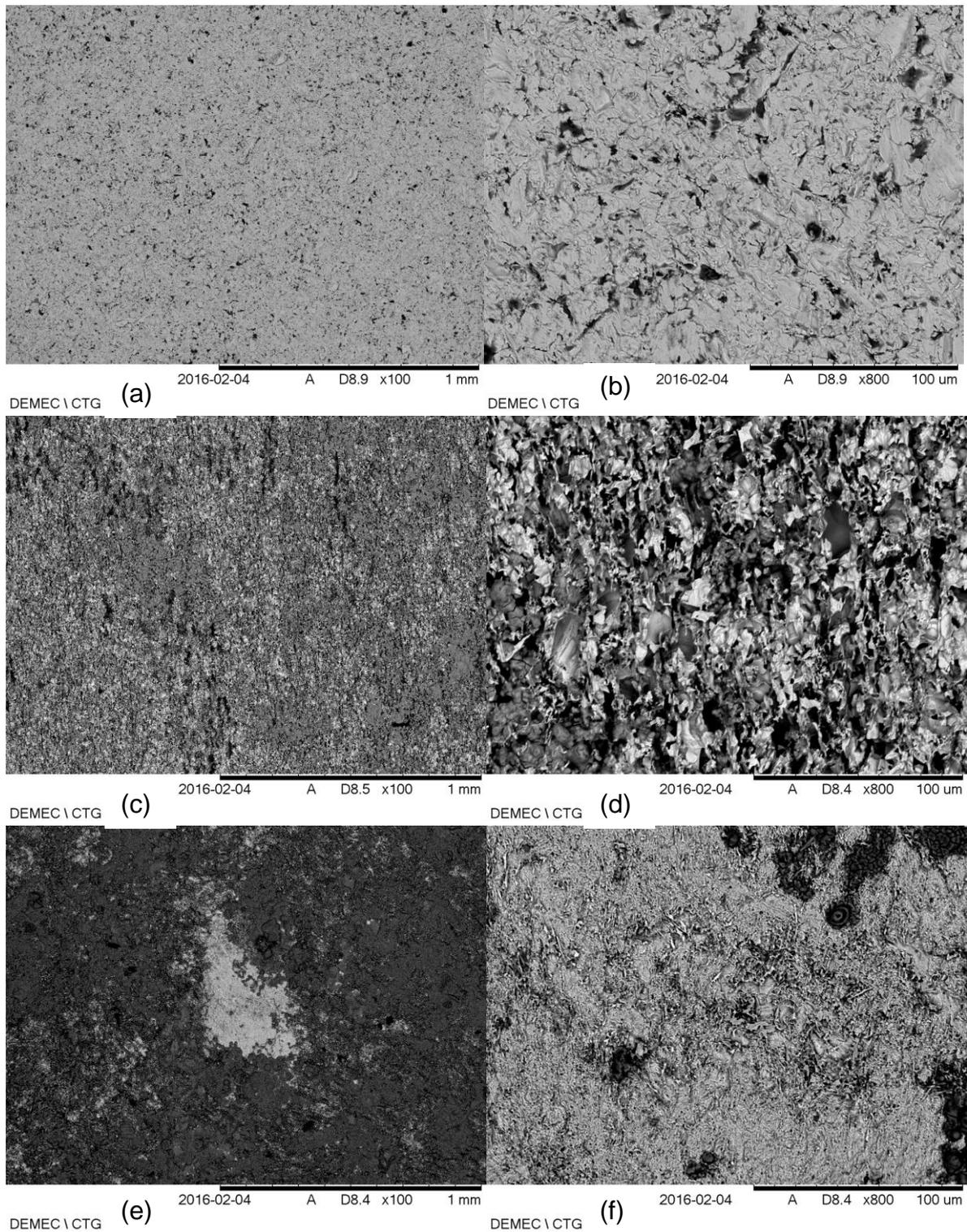
**Tabela 2- Taxa de Corrosão e classificação dos corpos de prova com e sem solda**

dias	$\tau$ (c/s)	$\tau$ (s/s)	Classificação
30	$0,0395 \pm 0,0034$	$0,0383 \pm 0,0010$	Moderada
60	$0,0475 \pm 0,0007$	$0,0493 \pm 0,0040$	Moderada
104	$0,0382 \pm 0,0009$	$0,0396 \pm 0,0003$	Moderada

A taxa de corrosão foi classificada em moderada para todas as condições, conforme a norma NACE-RP-07-75. Segundo esta norma, taxas de corrosão entre 0,025 mm/ano e 0,12 mm/ano, classificam o meio corrosivo com agressividade moderada (9).

### Análise das superfícies dos cupons

Na Figura 1 são apresentadas as imagens por MEV das superfícies dos corpos de prova com aumentos de 100 X e 800 X, respectivamente. É possível observar aspectos de corrosão generalizada, sendo mais acentuado nos corpos de prova sem solda, conforme figura 1(c). Este resultado está de acordo com o valor da taxa de corrosão, que para este período, foi superior no corpo de prova sem solda, quando comparado ao corpo de prova com solda.



**Figura 1– MEV das superfícies dos corpos de prova: corpo de prova como recebido 100x (a) e 800x (b); corpo de prova sem solda, após 104 dias de imersão no sistema 100x (c) e 800x (d); corpo de prova com solda, após 104 dias de imersão no sistema 100x (e) e 800x (f)**

---

## Conclusões

---

Neste estudo foi realizada a investigação da corrosão de juntas de solda do aço API 5L X80 em presença de água do mar. O referido aço apresentou corrosividade moderada, nas condições de estudo. Não houve variação significativa, quando comparadas as condições com solda e sem solda. A taxa de corrosão apresentou-se crescente, inicialmente, porém, após 60 dias de imersão, passou a ter comportamento passivante.

## Referências bibliográficas

---

- (1) ALABBAS, F. M., WILLIAMSON, C.b, BHOLA S. M., SPEAR, J. R., OLSON, D. L., MISHRA, B. , KAKPOVBIA, A.E.. Influence of sulfate reducing bacterial biofilm on corrosion behavior of low-alloy, high-strength steel (API-5L X80) International Biodeterioration & Biodegradation 78 (2013) 34 – 42.
- (2) NIAKAN, H., NAJAFIZADEH, A. Mater. Sci. Eng. A. 2010; 527 (21): 5410-5414
- (3) ALI, I. A., FARZAM , M., GOLOZAR, M. A., DANAEI, I. The effect of repeated repair welding on mechanical and corrosion properties of stainless steel 316L Materials and Design 54 (2014) 331–341.
- (4) MARTINS, J. I. F. P. A corrosão: a outra perspectiva de abordagem. Corrosão e Proteção de Materiais 2012, 31, 59.).
- (5) GENTIL, V. Corrosão. 6.ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 2012.
- (6) HAMILTON,W.A. Role of surfate-reducing bacteria in corrosion of mild steel: A review. Biofouling, v.8, p.165-194,1995.
- (7) VENZLAFF, H.; ENNING, D. ; SRINIVASAN, J.; MAYRHOFE, KARL J.J. ; WALTER, A. H.;; WIDDEL, F.; STRATMANN, M.. Accelerated cathodic reaction in microbial corrosion of iron due to direct electron uptake by sulfate-reducing bacteria. Corrosion Science 66 (2013) 88–96.
- (8) DANTAS E. Geração de vapor e água de refrigeração, falhas – tratamentos – limpeza química. Rio de Janeiro: Ecolab, 1988. 305p.
- (9) NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS. NACE-RP-07-75: preparation, installation, analysis, and interpretation of corrosion coupons in oilfield operations. Houston, 2005. 19 p.
- (10) MACHUCA L.L., BAILEY S.I., GUBNER R., WATKIN E.L.J., GINIGE M.P., KAKSONEN A.H., HEIDERSBACH K. Effect of oxygen and biofilms on crevice corrosion of UNS S31803 and UNS N08825 in natural seawater. Corrosion Science Volume 67, February 2013, Pages 242–255