



INTERCORR
2016
ABRACO
Atlântico Búzios Convention & Resort
Búzios/RJ • 16 a 20 de maio

Teste de longa duração monitorando oxigênio e potencial de corrosão em design de Umbilical

D. Thierry and N. Larché (Larché Corrosion Institute)
L. Mehus and K. Van Thoor (Aker Subsea)
T. Cassagne (Total EP)
U.Kivisäkk and J. Eihagen (Sandvik)



OBJETIVO DO ESTUDO

Tubo umbilical é usado para controle e operação de instalações de petróleo e produção de gás.

Os objetivos deste trabalho foram:

- Avaliar o potencial à corrosão por fresta em tubos de aços inoxidáveis superduplex soldados, em um teste de tubo umbilical exposto em água do mar a 30°C
- Compreender a corrosividade real da água do mar confinado entre o tubo metálico e a matriz polimérica considerando assim análise do biofilme, teor de oxigênio e a eficiência de redução catódica a condutividade.



MATERIAIS PARA O EXPERIMENTO

Materiais:

2 amostras de 2 metros cada de tubo UNS S32750 com PRE 42,5 com 5 pontos de solda orbital em cada uma das amostras (solda a cada 300mm)

1º amostra: 14,7 x 1,0 mm

2º amostra: 21,25 x 1,1 mm

Solda

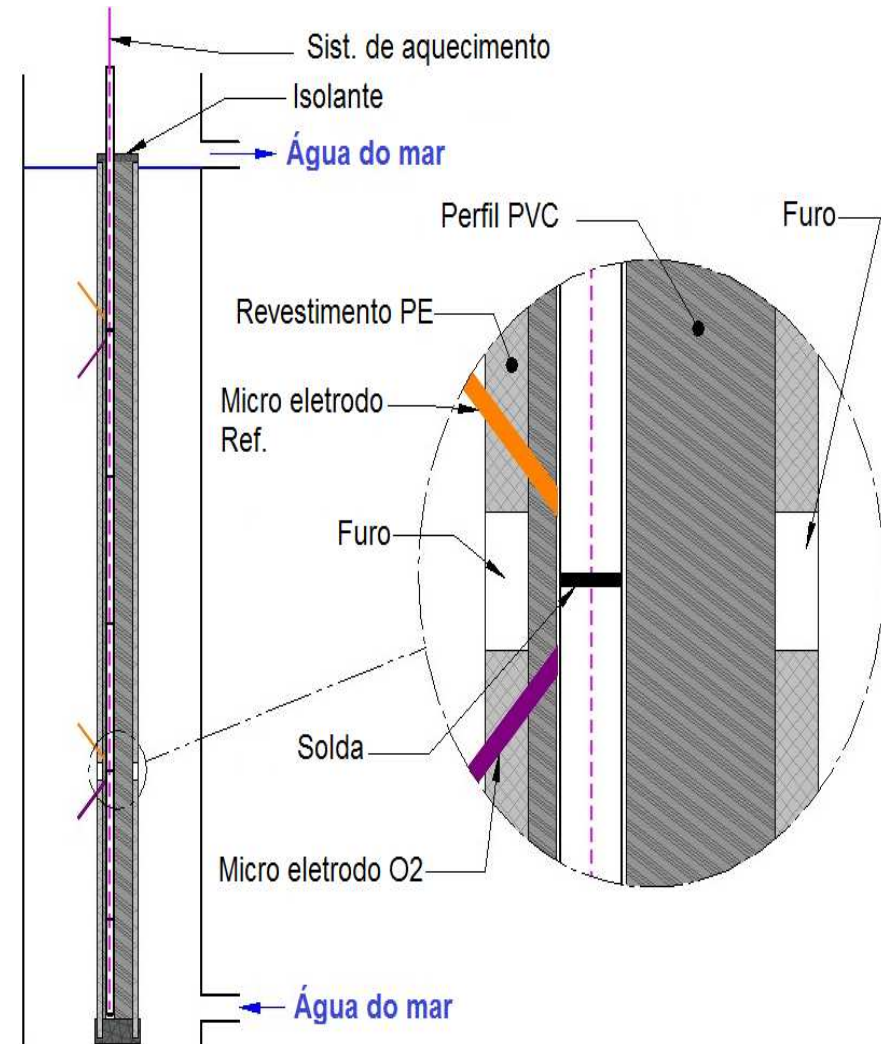
GTAW – Gas Tungsten Arc Welding usando 98% Ar + 2%N₂ misturados. Material 25.10.4.L usado para todas as soldas orbitais

Água do mar 300 l/dia com renovação completa em 2 dias

Microeletrodo de referência Ag/ AgCl

Microeletrodo de O₂ dissolvido através de luminescência

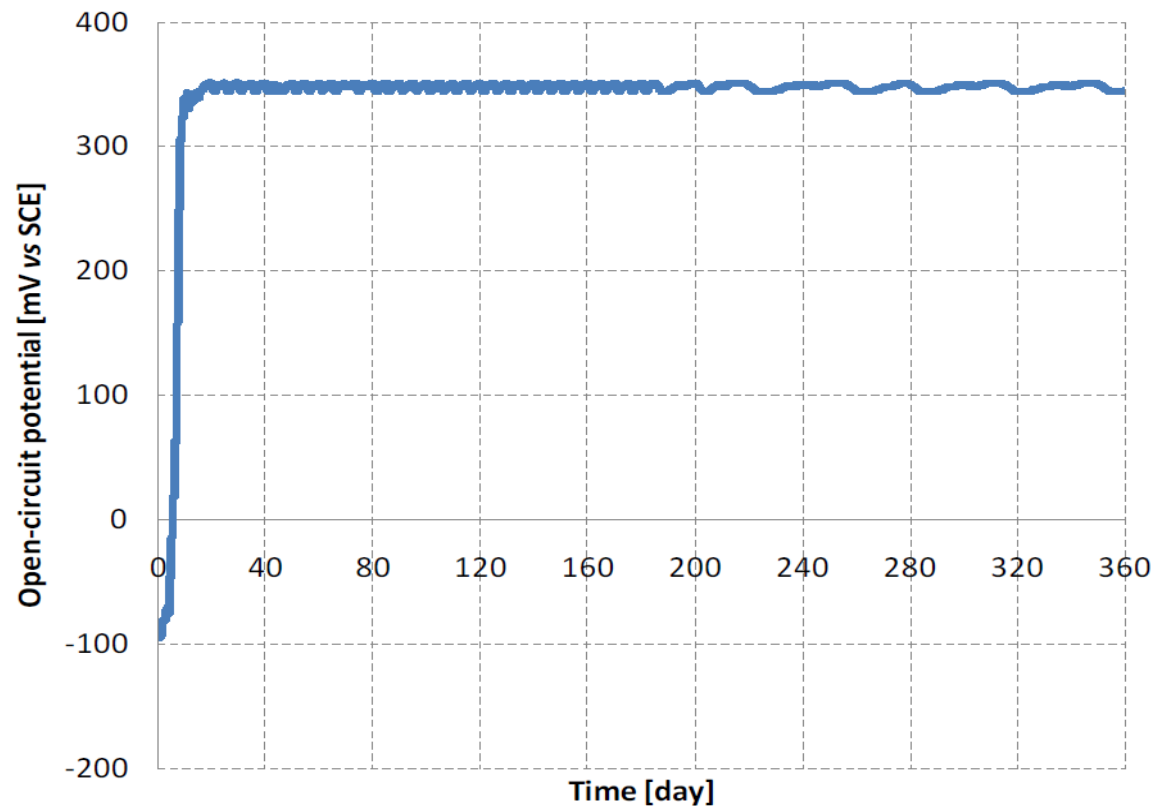
Foi usado um tubo para estudar o desenvolvimento de biofilme seu potencial de circuito aberto. Um eletrodo padrão foi utilizado para isso.



RESULTADOS – POTENCIAL DE CIRCUITO ABERTO PRÓXIMO SOLDA FORA DO UMBILICAL

Houve um potencial enobrecimento na primeira semana de teste mostrando assim que houve desenvolvimento do biofilme com circuito aberto de cerca de 340 mV/SCE.

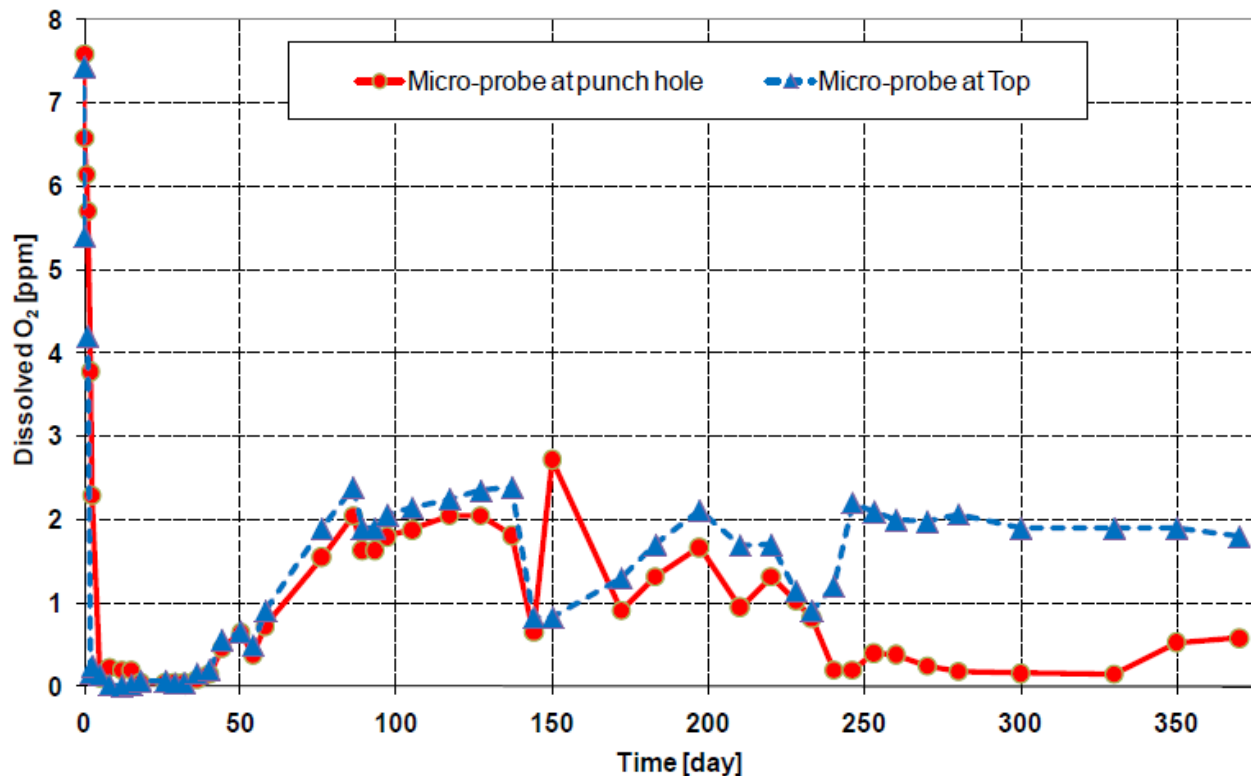
Valor médio de oxigênio dissolvido saturado a 30°C foi de 6,8 +/- 0,2 ppm e se manteve durante todo o tempo de exposição considerando a renovação da água do mar



RESULTADOS – POTENCIAL DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO INTERIOR DO UMBILICAL

Oxigênio consumido rapidamente durante os primeiros dias de exposição devido a reação catódica para manter a passividade.

A concentração de O₂ aumentou ligeiramente devido a difusão do oxigênio da água do mar através do perfil ou canais de PVC mas o valor médio de oxigênio dissolvido foi de 1 ppm por ano. Isso indica que a zona confinada teve empobrecimento de oxigênio.

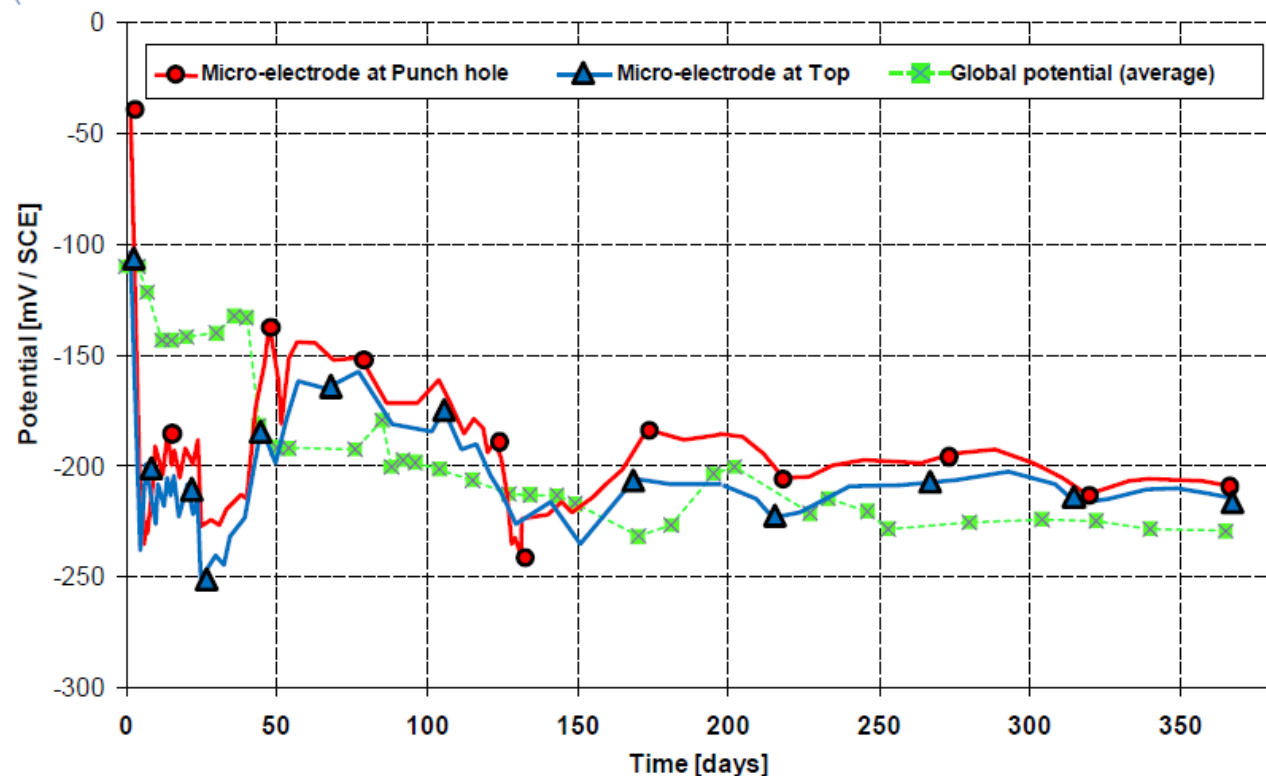


RESULTADOS – POTENCIAL DE CIRCUITO ABERTO DENTRO DO UMBILICAL

Foram usados microeletrodos confinados e um eletrodo de macro referência de Ag/AgCl colocado em um conduíte dedicado para cabo elétrico e é clara a queda do potencial de -50mV/SCE para -220 mV/SCE.

É evidente que não houve enobrecimento do potencial na zona confinada. Isso está relacionado com a diferença de micro ambiente pois há diferença na quantidade de oxigênio.

O pH foi medido também no início e durante o teste mantendo-se em 8,1 +/- 0,1 e a condutividade em 56 +/- 1 ms/cm indicando que não houve aumento na condutividade.



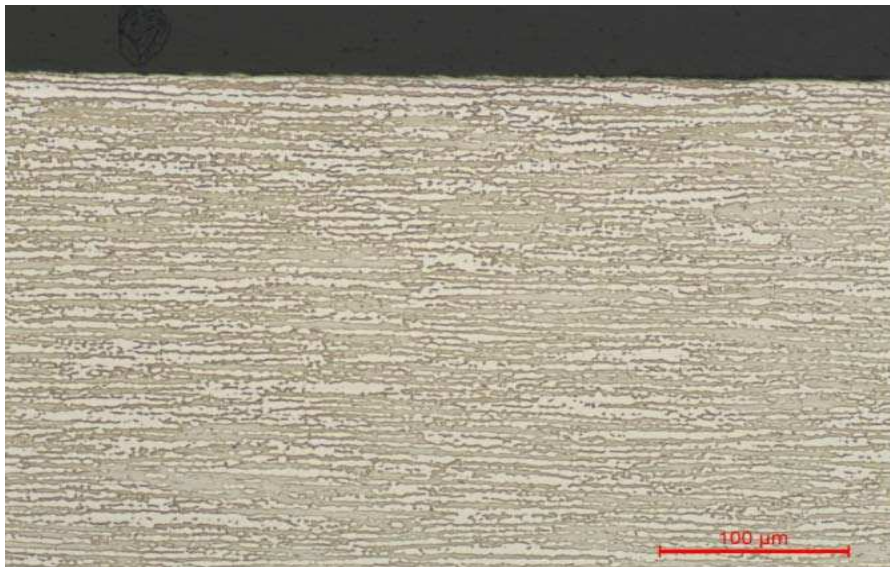
RESULTADOS – FOTOS DO TUBO E REGIÃO DA SOLDA APÓS TESTE

Os tubos em UNS S32750 foram retirados do Umbilical para serem analisados após 2 anos de teste em água do mar a 30°C e não houve corrosão no corpo do tubo e nem mesmo a região de solda. Houve apenas pequenas regiões de descoloração as quais foram verificadas através da microscopia.

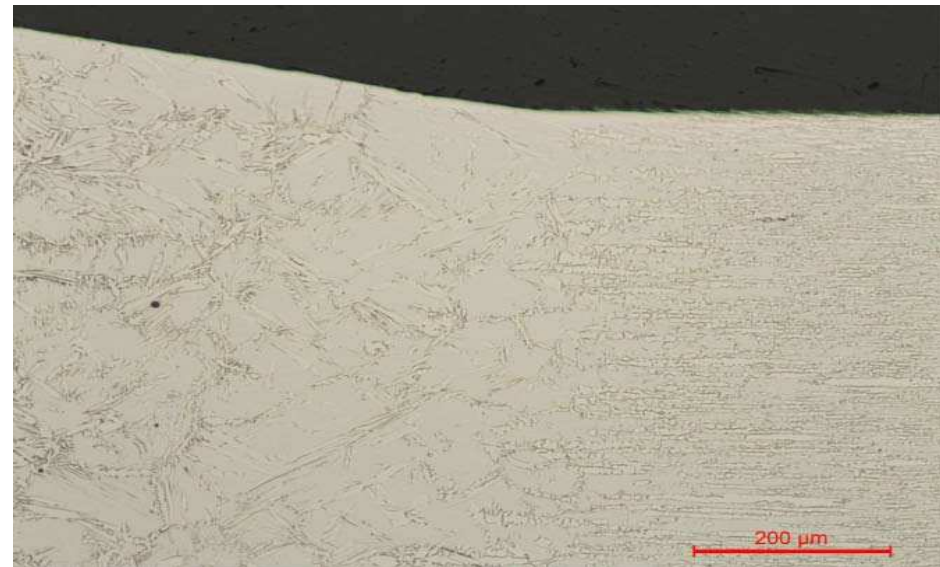


RESULTADOS – FOTOS DA MICROESTRUTURA DO SUPERDUPLEX UNS32750

Não houve nenhuma interferência na microestrutura do tubo e nem na solda.



Corpo do tubo

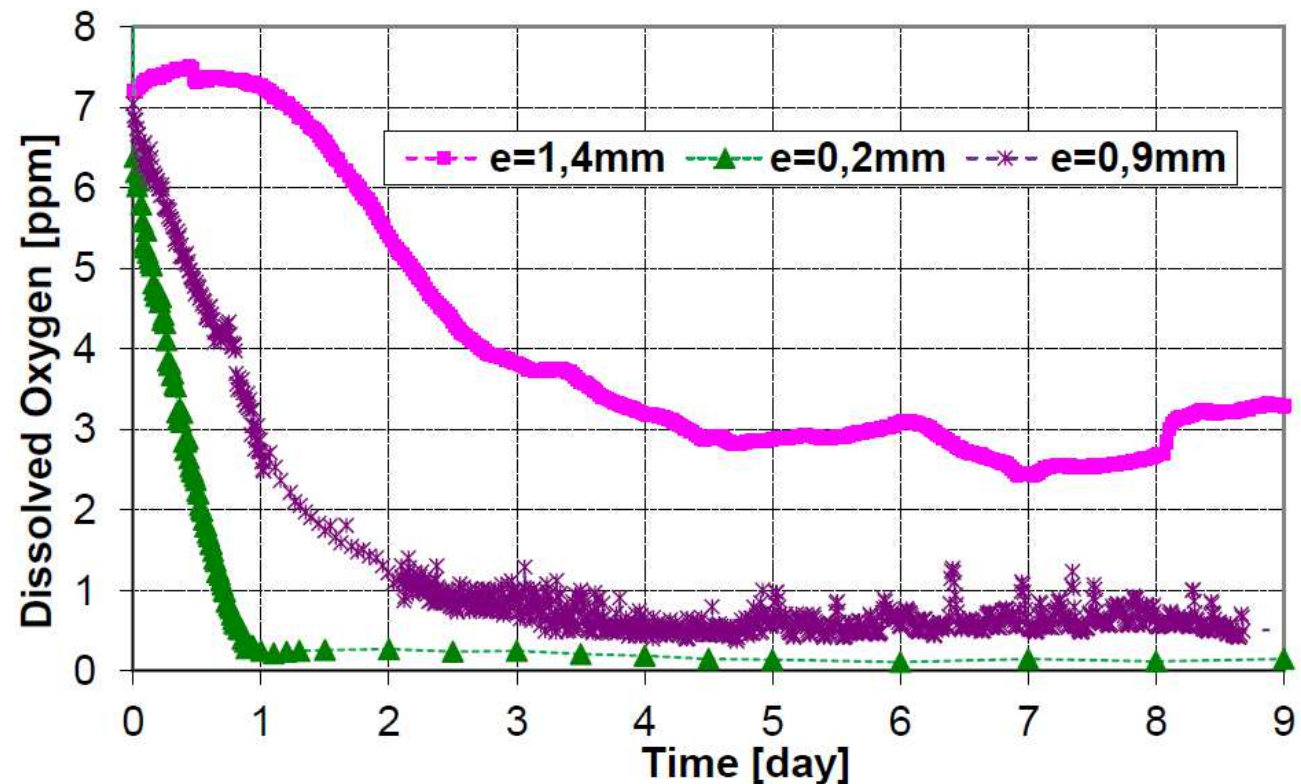


Área de solda do tubo

RESULTADOS – TEOR DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM FUNÇÃO AO ESPAÇAMENTO ENTRE A MATRIZ POLIMÉRICA E TUBO

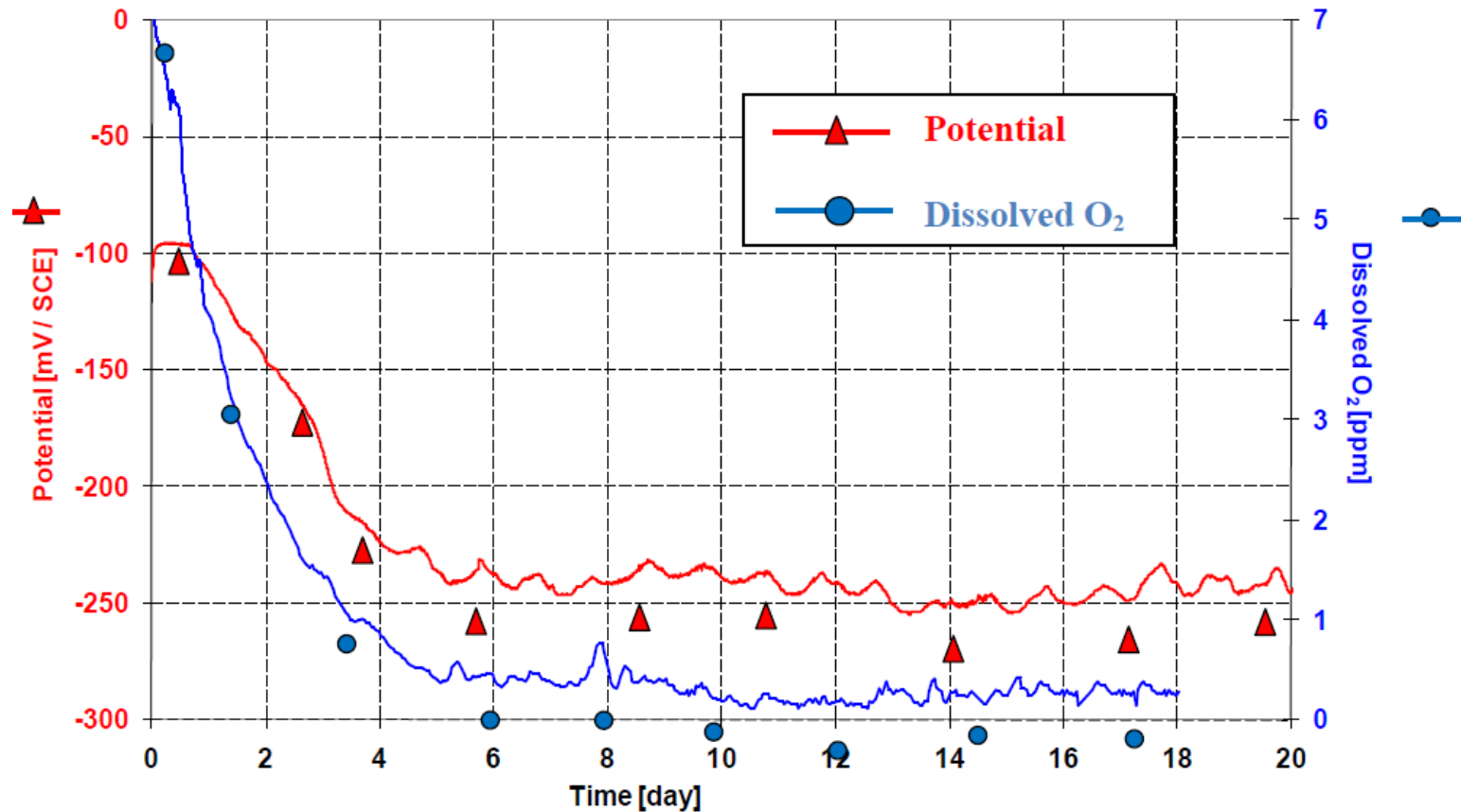
O espaçamento real entre o tubo e a matriz polimérica em um Umbilical é de 0.2 a 1.4mm. 0.9 mm é o espaçamento em nossa amostra testada e em todos os casos, o teor de oxigênio dissolvido diminuiu rapidamente e depois ficou constante para cada geometria.

Um calculo para saber consumo de oxigênio usando a lei de Coulomb foi usado para gap de 0,9 e 1,4mm o os resultados obtidos foram 0,7 e 3,5 ppm de oxigênio



RESULTADOS – TEOR DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO E CIRCUITO ABERTO EM ZONA CONFINADA DE 0,9 mm

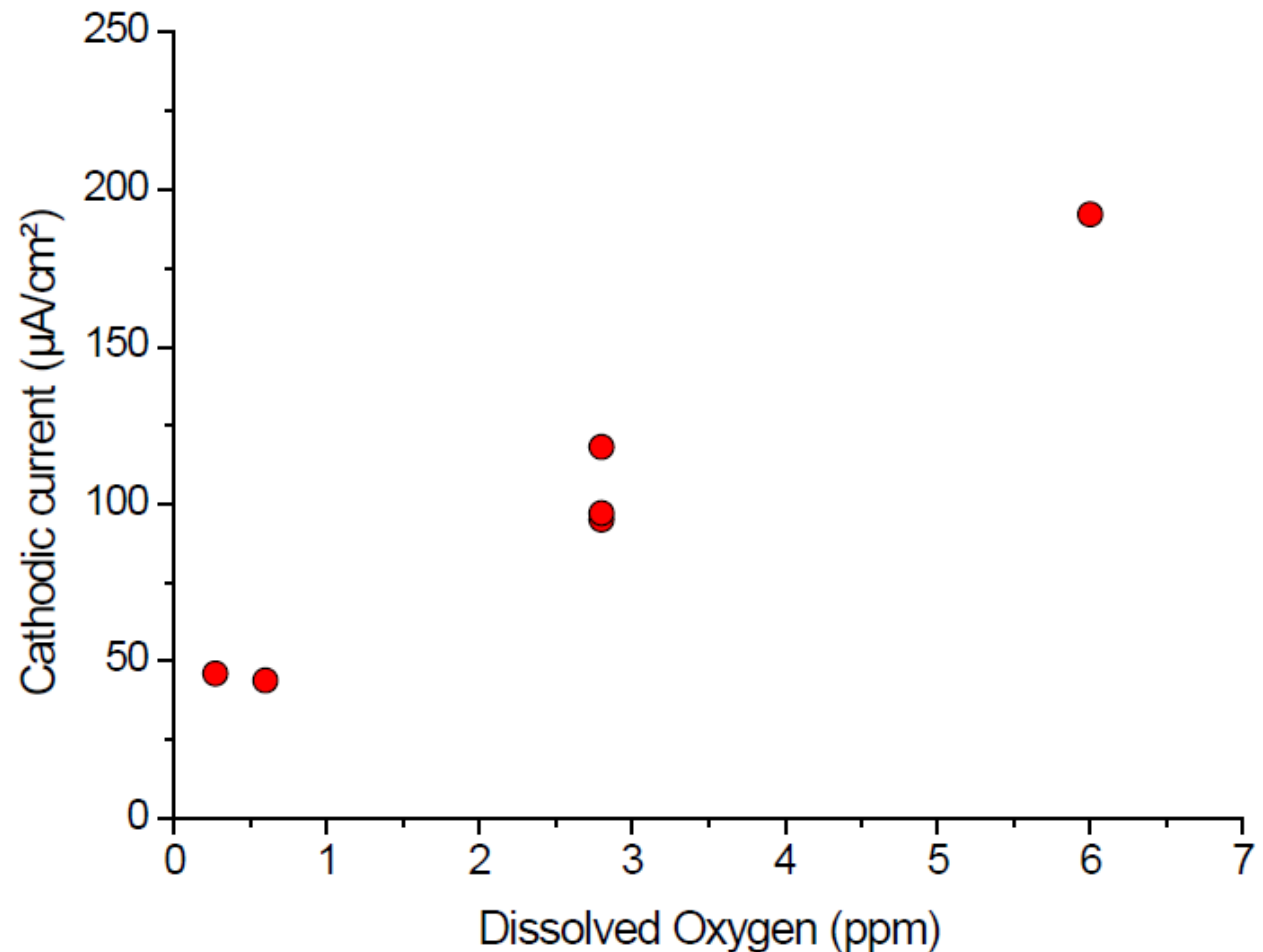
A diminuição inicial a um valor de potencial de circuito aberto está correlacionada a diminuição para teor de oxigênio dissolvido.



RESULTADOS – CORRENTE CATÓDICA MEDIDA EM FUNÇÃO AO TEOR DE OXIGÊNIO (-600 mV/ECS E 400 rpm)

Corrente medida através de um eletrodo de disco rotativo a -600 mV/ECS

A magnitude da corrente catódica depende em grande parte do teor de oxigênio. Isso significa que a taxa de propagação da corrosão por fresta deve ser baixa a valores de oxigênio.



CONCLUSÃO

Nos primeiros dias de teste foi constatado um rápido consumo de oxigênio pela corrente passiva dos tubos de aço superduplex resultando em uma baixa do potencial de circuito aberto em cerca de -220mV/SCE na zona confinada.

Apesar de alguma difusão de oxigênio através do perfil PVC, o oxigênio dissolvido entre o tubo em superduplex e a matriz polimérica foi de 1-2 ppm.

Não foi observada corrosão após 2 anos de exposição.

Não foi observada formação de biofilme provavelmente devido ao baixo teor de oxigênio e/ou restrição de nutrientes devido ao confinamento.

Em condições de água do mar natural totalmente gaseificadas, corrosão por fresta são favorecidas pela formação de biofilme aumentando o potencial de circuito aberto. A medida que o potencial de corrosão permanece baixa na zona confinada, a probabilidade para a iniciação de corrosão por fresta será fortemente reduzida e o baixo teor de oxigênio na zona confinada resultará numa baixa taxa de propagação da corrosão por fresta.