

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Biocorrosão em solos: Um Estudo de cupons de aço carbono API 5LX60

AUTORES:

Germana Arruda de Queiroz, Tiago Barros Santos Malta, Jessica Simões de Andrade, Glória Maria Vinhas e Maria Alice Gomes de Andrade Lima.

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal de Pernambuco – Departamento de Engenharia Química

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºPDPETRO.

Biocorrosão em solos: Um Estudo de cupons de aço carbono API 5LX60

Abstract

It is extremely important to study the soil as the corrosive medium in view of the diversity of buried metallic structures such as gas pipelines, pipelines, water pipelines and storage tanks. The environmental issue is crucial in preventing cases of corrosion in these structures to prevent leakage and consequent contamination of soil or aquifers and possible fire. The corrosion by soil responds to a considerable portion of overall costs of corrosion, considering the vast pipeline network exists in this context several studies are being proposed to relate soil properties to corrosion of buried metal. This study aims to evaluate the corrosion induced by microorganisms in metal coupons buried in soil from SUAPE (PE-Brazil). The coupons with dimensions 25x25x3mm were previously sandblasted, treated and weighed. The experiments were conducted in bioreactors. Soil samples were collected and analyzed (physico-chemical, geotechnical and microbiological) at the beginning and end of 100 days of the process. Analyses for the quantification of microorganisms in the soil (heterotrophic bacteria, acid producing, anaerobic total, iron Bacteria, sulfate-reducing bacteria (SRB), and filamentous fungi) were held throughout the period. In the same period, coupons were also removed for quantification of microorganisms sessiles. Subsequently, the coupons were analyzed by characterization of the metal surface and realized the count of pits. The weight loss and the evaluation of corrosion rate were also performed. It follows that what the API 5L X60 carbon steel in clay soil had a high and severe rate of corrosion, while in the landfill soil is a sandy soil obtained a moderate rate of corrosion. This happened because of the microbial diversity found in clay soil while in the landfill there was no such feature. The analysis of optical microscopy showed the pits formed on metal coupons and where it was all done a count.

Keywords: biocorrosion, microorganisms, soils, carbon steel.

Introdução

A corrosão é um processo destrutivo que causa danos em quase todos os setores industriais. A consequência desses danos pode ser apenas de ordem econômica, acarretando prejuízos financeiros devido à manutenção ou substituição de materiais corroídos. Em outros casos, a corrosão pode ocasionar graves acidentes com consequências serias, tanto para a preservação da natureza quanto do homem, como, por exemplo, perfuração de tubulação de condução de gases combustíveis podendo causar incêndio ou contaminação, queda de pontes e viadutos. Segundo NUNES (2007), o gasto com corrosão no Brasil corresponde ao índice de 3,5% do Produto Interno Bruto (PIB), ou seja, cerca de R\$45 milhões.

A maioria das estruturas metálicas utilizadas nas tubulações enterradas é construída em aço carbono, que é um material relativamente barato. O aço carbono pode ser encontrado comercialmente em uma diversidade de formas e com ampla gama de propriedades tais como: alta resistência a impactos, ductibilidade e facilidade de soldagem, sendo desta forma largamente empregado (SILVA, 2009). Apesar das vantagens citadas, o aço carbono apresenta, em geral, baixa resistência à corrosão.

Em tubulações enterradas nos solos contendo sulfato observa-se a ocorrência de corrosão por micro-organismos, destacando-se as Bactérias Redutoras do Sulfato (BRS), as Oxidantes do Ferro, as Oxidantes de Enxofre, além das formadoras de exopolissacarídeos e alguns tipos de algas e fungos.

O Objetivo principal deste trabalho foi avaliar a interação dos micro-organismos dos solos presentes na região portuária de SUAPE-PE em cupons metálicos de aço carbono da liga API 5L X60.

Metodologia

Corpos de prova

Foram utilizados cupons de aço carbono da liga API 5LX60 com dimensões 25x25x3 mm como corpos de prova. Os cupons receberam um tratamento prévio antes de serem enterrados nos biorreatores. Eles foram jateados com microesferas de vidro, lavados com álcool isopropílico e acetona e em seguida secados em estufa. Após esse procedimento os cupons foram pesados para determinação de sua massa inicial.

Amostra de Solo

Os solos foram coletados na região do complexo portuário de SUAPE em Pernambuco a 1 metro de profundidade. Dois tipos de solo foram coletados o solo de mangue, solo natural da região, e o solo de aterro, utilizado para receber o complexo industrial. Os solos foram condicionados em caixas plásticas a uma temperatura de 25° C.



Figura 1. Ilustração dos biorreatores e os dois tipos de solo.

Análises Geotécnicas

As análises realizadas foram: análise de granulometria do solo, capacidade de retenção de água e a permeabilidade do solo. Foram conduzidas de acordo com ABNT. (NBR –7181, NBR - 6457/86, NBR – 14545, NBR – 6459, NBR – 7180, NBR – 6508)

Análises Microbiológicas

Foram quantificadas as bactérias precipitantes de ferro (5), bactérias aeróbias produtoras de ácido (6), bactérias heterotróficas aeróbias (7), bactérias anaeróbias (7), bactérias redutoras de sulfato (8) pela técnica do número mais provável (NMP) e os fungos (7) pela técnica pour plate. As análises foram realizadas tanto nos dois tipos de solos quanto nos cupons metálicos. A quantificação se deu no período de 7, 15, 30, 60 e 100 dias.

Taxa de Corrosão

Os cupons tiveram um tratamento prévio para se determinar a sua massa inicial e após cada período de análise eles foram pesados novamente para se obter a perda de massa e assim poder calcular a taxa de corrosão que obedeceu a classificação da norma NACE RP-07-75 (1999) (9) mostrada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da taxa de corrosão segundo a norma NACE RP-07-75 (1999).

Taxa de corrosão uniforme (mm/ano)	Taxa de pite (mm/ano)	Corrosividade
< 0,025	< 0,13	Baixa
0,025 a 0,120	0,130 a 0,200	Moderada
0,130 a 0,250	0,210 a 0,380	Alta
> 0,250	> 0,380	Severa

Caracterização da superfície metálica

A avaliação da corrosão por pite foi realizada após a decapagem ácida, os cupons foram desengordurados por imersão em acetona e secos com jato de ar quente para assegurar uma superfície uniforme e livre de imperfeições que poderiam comprometer a determinação da densidade e profundidade dos pites (Norma ASTM G 46/94, 2005). Foram inspecionados com microscópio ótico Axion Plan 2 – Zeiss, com lente objetiva de 10X (aumento de 100X), quanto à presença e distribuição dos pites ao longo da superfície metálica corroída, em aumento de 50X, 100X e 200X.

Resultados e Discussão

Análises Geotécnicas

Com a análise granulométrica foi possível a classificação dos solos coletados. Com uma composição de areia fina igual a 46% e a quantidade de silte + argila de 14%, o solo de aterro foi classificado como solo arenoso. O solo natural da região, de mangue, apresentou uma quantidade de silte + argila de 40% e a quantidade de areia fina de 38%, sendo classificado como solo argiloso. Essa classificação é importante com relação à umidade do solo. O solo argiloso apresenta uma maior capacidade de retenção de água, sendo assim, mais úmido. A umidade é um importante fator para o crescimento microbiano.

Análises microbiológicas

Nas análises microbiológicas do solo notou-se uma maior diversidade microbiana no solo argiloso. Esse solo foi analisado em uma profundidade de 1 metro. No solo arenoso se observou uma menor diversidade microbiana que pode ser explicada por não apresentar condições favoráveis ao

desenvolvimento de BRS e bactérias aeróbias produtoras de ácido. A Figura 2 mostra a diversidade e concentração de células no solo argiloso e a Figura 3 as características no solo arenoso.

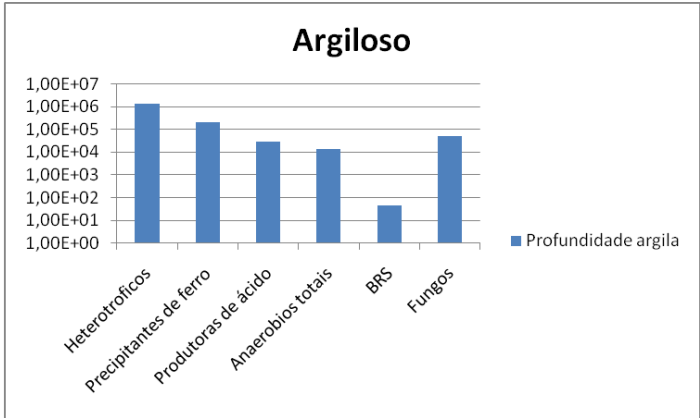


Figura 2: Concentrações de células na profundidade de 1,0m no solo argiloso.

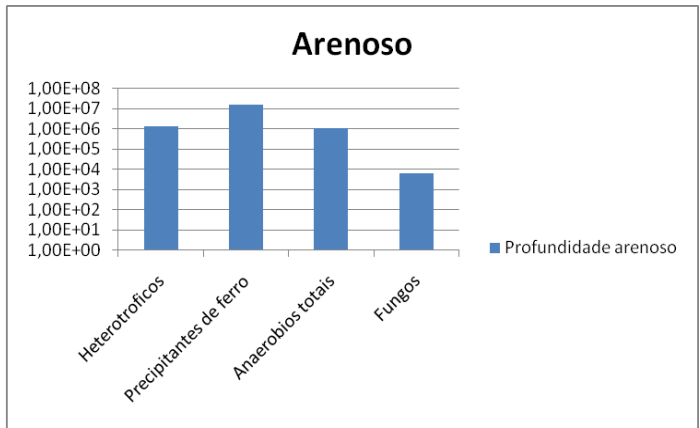


Figura 3: Concentrações de células na profundidade de 1,0m no solo arenoso

Os micro-organismos aderidos à superfície metálica dos cupons, formadores do biofilme, foram avaliados em 7, 15, 30, 60 e 100 dias. A quantificação das bactérias e dos fungos durante o processo corrosivo no solo argiloso e arenoso está ilustrada nas Figuras 4 e 5 respectivamente. Nota-se uma maior variedade dos micro-organismos formadores do biofilme no solo argiloso com um destaque para a presença de BRS que contribui para o processo corrosivo. Bactérias precipitantes de ferro, heterotróficas e anaeróbias totais foram encontradas em ambos os solos em elevadas concentrações.

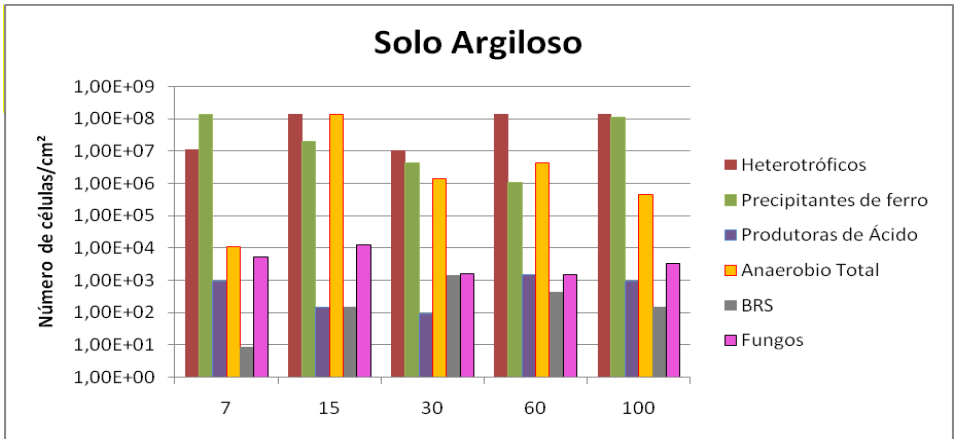


Figura 4. Concentração dos micro-organismos dos biofilmes formados nos cupons metálicos enterrados no solo argiloso em função do período de estudo.

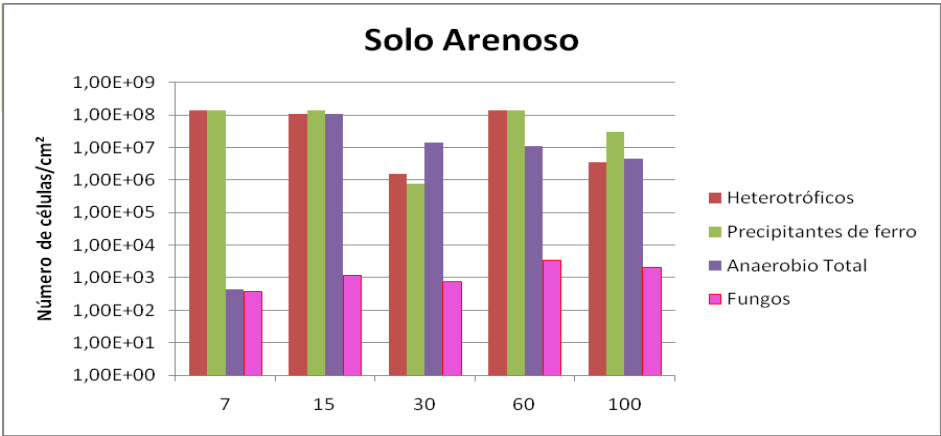


Figura 5. Concentração dos micro-organismos dos biofilmes formados nos cupons metálicos enterrados no solo arenoso em função do período de estudo.

Taxa de Corrosão

A taxa de corrosão nos períodos de 7 a 100 dias mostrou que o solo argiloso apresentou uma classificação alta de acordo com a norma. O solo arenoso a classificação se deu como moderada, pois, chegou a um máximo de 0,15 mm/ano enquanto que o solo argiloso no final de 100 dias alcançou 0,31mm/ano. A Figura 6 mostra a curva da taxa de corrosão pelo tempo para os dois tipos de solos.

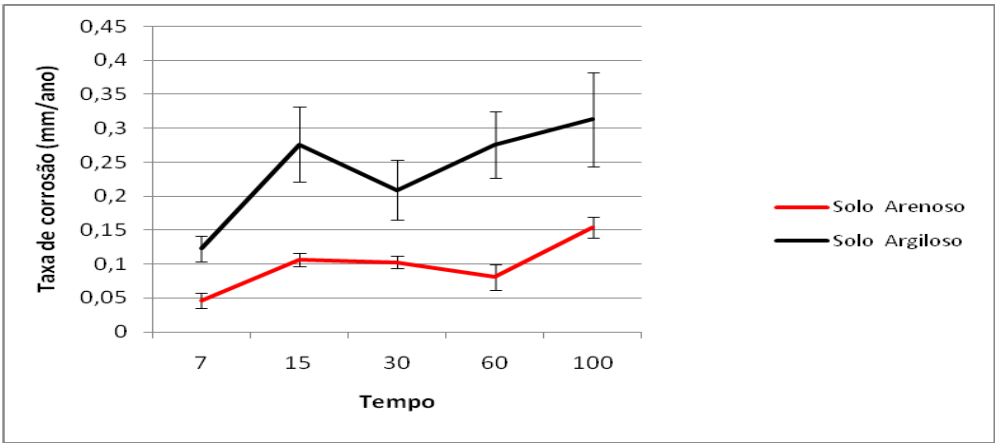


Figura 6. Taxa de corrosão dos solos arenoso e argila.

Caracterização da Superfície

A microscopia óptica foi usada para avaliar a formação dos pites. Em ambos os solos foi notada a presença de pites como ilustrado nas Figuras 7 e 8.

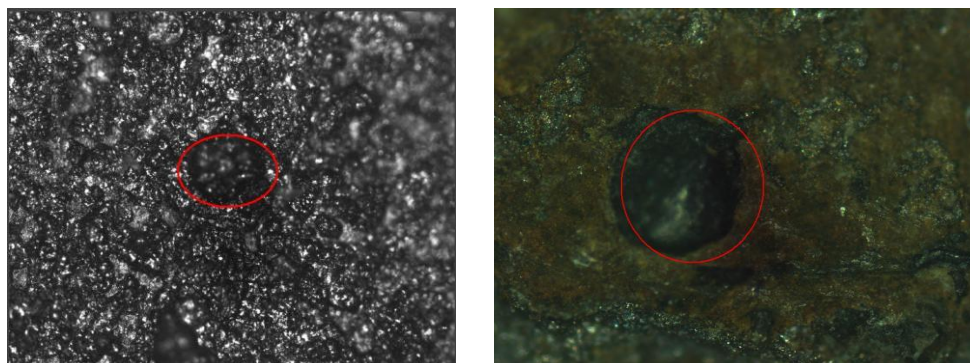


Figura 7. Imagem com os pites encontrados na superfície metálica do solo argiloso e Imagem dos pites em solo argiloso com formação de produtos da corrosão visualizados em 10 μ m.

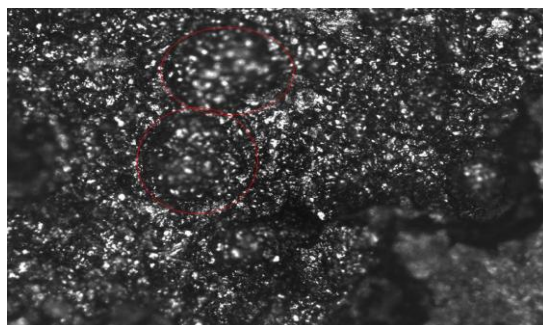


Figura 8. Imagem com pites encontrados na superfície metálica do solo arenoso.

Conclusões

Nesse trabalho foi possível verificar que as análises microbiológicas são fundamentais para conhecer a influência do solo no processo corrosivo. O estudo dos dois tipos de solo na região de SUAPE mostrou uma maior agressividade aos dutos que serão enterrados em regiões argilosas devido a maior diversidade microbiana, principalmente pela presença de BRS, a maior capacidade de retenção de água. Por apresentar características adversas o solo de aterro apresentou uma menor agressividade. A avaliação da taxa de corrosão mostrou a agressividade do solo argiloso, sendo considerada alta durante o período de 100 dias, em contrapartida o solo de aterro foi classificado com uma taxa moderada. A microscopia óptica detectou a presença de pites em cupons provenientes de ambos os solos.

Agradecimentos



Referências Bibliográficas

- (1) ALBERTINI J.A. de C. Estudo da influencia da corrente alternada na corrosão em dutos metálicos enterrados/ São Caetano do Sul, SP:IMT-CEUN, 2008. 95p.
- (2) NUNES,L.P. *Fundamentos da Resistência à corrosão*. 1.ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda, v. 1, p. 330, 2007.
- (3) ROCHA, C.C. Corrosão bacteriológica no concreto de Etes. Recupera: revista do Instituto de Patologia da Construção.[S.l], [2001]
- (4) GENTIL, Vicente. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2007. 353 p.
- (5) CETESB, Norma L5.207. Contagens de Colônias de Bactérias que Precipitam o Ferro (1992). 1-11 p.
- (6) TORRES, E. S. **Potencialidade de PIGs na remoção de biofilmes formados em dutos**. 2005. 108 p. Tese (Doutorado em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- (7) SILVA, N.; NETO, R. C; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica da água**. São Paulo: Varela Editora e Livraria Ltda, 2005.164 p.
- (8) POSTGATE, J. R. *The Sulphate-Reducing Bacteria*. (1984). 2a ed., Cambridge, University Press.
- (9) NACE Standard RP0169 - 2002, Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems, (Houston, TX: NACE, 2002).