

Copyright 2012, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2012, em Salvador/BA no mês de maio de 2012.

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

PIG DE LIMPEZA X CORROSÃO MICROBIOLÓGICA: Uma técnica eficaz no controle da corrosão microbiana em dutos de petróleo

Giovanna Ferrazzo Naspolini¹; André Varvello Nunes²

Abstract

The cleaning pig is a device mainly used to drag possible accumulations of water, waste and incrusted, and prevent the development of bacterial colonies in the pipeline, since the presence of these factors contributes to a corrosive action on the all internal pipeline, is so generalized and / or localized. Despite its great importance, the activity of passing the cleaning pig is often understood only as compliance with the inspection recommendations, without real evidence of its importance in maintaining the integrity of the pipeline. This paper presents practical results of the efficiency of pig passage in the treatment of internal corrosion in pipelines. Actual data are shown concentration bacteriological and chemical analyzes of residues away by the cleaning pig or collected on the weight loss coupons (technique used to evaluate qualitatively and quantitatively, the internal corrosion of pipelines) exposed at different periods to the interior of the pipeline that transports crude oil with low content of formation water, and presenting critical values of microbial concentration, but after treatment with pigs after cleaning with appropriate frequency, sharply reduced the bacterial concentration, increasing the life of the pipeline.

Keywords: Internal Corrosion, Pipeline, Integrity, Pig Cleaning.

Resumo

O pig de limpeza é um equipamento usado, principalmente, para arrastar possíveis acúmulos de água, bem como resíduos incrustados, além de evitar o desenvolvimento de colônias de bactérias no interior do duto, já que a presença desses fatores contribui para uma ação corrosiva na parede interna do duto, seja de forma generalizada e/ou localizada. Apesar de sua tamanha importância, a atividade de passar o pig de limpeza é, muitas das vezes, entendida apenas como cumprimento às recomendações de inspeção, sem ter evidências reais da sua importância na manutenção da integridade do duto. Este trabalho apresenta resultados práticos da eficiência da passagem de pig no tratamento da corrosão interna em dutos. São mostrados dados reais de concentração bacteriológica e análises químicas dos resíduos arrastados pelo pig de limpeza ou recolhido sobre os cupons de perda de massa (técnica usada para avaliar, qualitativa e quantitativamente, a corrosão interna dos dutos) expostos ao meio em diferentes períodos de um duto que transporta petróleo cru com baixo teor de água de formação, e que

¹ Engenheira Química – TRANSPETRO/PRES/SE/ENG/STSPL/INSP

² Engenheiro Mecânico – TRANSPETRO/PRES/SE/ENG/STSPL/INSP

apresentava valores críticos de concentração microbiana, mas após o tratamento com pigs de limpeza passados com uma frequência adequada, reduziu bruscamente a concentração bacteriológica, aumentando a vida útil do duto.

Palavras-chave: Corrosão Interna, Dutos, Integridade, Pig de Limpeza.

Introdução

O PIG (Pipeline Inspection Gauge) é uma ferramenta sólida, rígida ou flexível, a ser introduzida na tubulação e deslocada pela vazão do fluido conduzido. Possui a finalidade de separação de produto, inspeção e/ou realização limpeza (pig de limpeza) (1).

Os pigs de limpeza são usualmente empregados para a remoção de resíduos sólidos aderidos à parede do duto e também para o arraste de água. Podem vir com acessórios, tais como escovas, copos e discos para aumentar a eficiência na limpeza da tubulação.

A frequência da passagem de pigs de limpeza e arraste de água é determinada em função dos resultados obtidos no monitoramento da corrosão interna dos dutos (2).

O monitoramento da corrosão interna baseia-se, principalmente, em acompanhamento da taxa de corrosão através dos cupons de perda de massa e sondas corrosimétricas aliados às análises químicas e microbiológicas dos resíduos e fluidos coletados quando da passagem de pigs de limpeza ou das trocas dos cupons de perda de massa.

As análises microbiológicas têm por intuito acompanhar a proliferação de bactérias que possam causar corrosão localizada na parede da tubulação. Neste caso foram feitas análises para detecção de bactérias anaeróbias heterotróficas totais (BANHT) e bactérias redutoras de sulfato mesófilas (m-BRS).

A corrosão por BRS encontrada no ferro e suas ligas é do tipo localizado e predominantemente por pites, com produtos de corrosão pouco aderentes, de cor escura e geralmente com odor de sulfeto de hidrogênio. Trata-se de um tipo gravíssimo de corrosão, uma vez que perfura as paredes de tubulações ou de tanques de armazenamento em curto tempo. Em tubulações enterradas e em diversos ambientes industriais e marinhos, a atividade metabólica das BRS introduz no meio diversos compostos de enxofre, tanto como produtos finais do metabolismo (sulfetos, bissulfetos e sulfeto de hidrogênio) quanto como produtos intermediários (tiosulfatos, politionatos). Esses compostos do enxofre, proveniente da redução dos íons sulfatos pelas BRS, são reconhecidamente corrosivos para o ferro e suas ligas. (3)

Devido à importância dessas bactérias no processo corrosivo interno em dutos, as suas concentrações são consideradas como um dos parâmetros para a classificação do potencial de corrosividade do fluido, conforme considerado em norma PETROBRAS e apresentado a seguir:

Tabela 1: Classificação do Potencial de Corrosividade de acordo com a concentração microbiológica

	Potencial de Corrosividade		
	Severo	Moderado	Baixo
Concentração BRS (*)	$> 10^5$	10^2 a 10^5	$< 10^5$
Concentração BANHT (*)	$> 10^7$	10^4 a 10^7	$< 10^7$
Tempo de Crescimento	1 a 6 dias	7 a 14 dias	> 14 dias

(*) Valores de Concentração podem ser expressos em NMP/g ou cm^2 .

O objetivo deste trabalho é mostrar a importância da passagem de pig de limpeza e arraste de água no controle da proliferação microbiológica em um duto de 96 cm (38") de diâmetro com extensão de 49 km, que opera com petróleo cru em fluxo intermitente de terminal para terminal a uma velocidade média de 1,50 m/s.

Metodologia e Procedimentos

A metodologia para a contagem dos microrganismos é a do Número Mais Provável (NMP), obtida mediante a técnica de tubos múltiplos.

Para realizar a quantificação das bactérias, foram empregadas soluções e meio de cultura recomendadas pelo Setor de Meio Ambiente e Biotecnologia (SEAMB) do Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES). As quantificações de BAHNT e m-BRS foram realizadas seguindo os padrões CENPES, conforme recomendação de norma PETROBRAS.

Foram realizadas amostragens de resíduos em pontos ao longo do duto, tais como provadores de corrosão e canhões recebedores de pig.

Os resíduos coletados foram devidamente acondicionados e analisados no Laboratório de Corrosão e Proteção pertencente ao IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

Além das análises de microbiologia, foram realizadas análises qualitativas em campo (*in situ*) a fim de verificar a presença ou não de sulfetos na amostra. Essa análise consiste na acidificação da amostra com ácido clorídrico (HCl) e utilização de papel embebido em acetato de chumbo ($\text{PbC}_2\text{H}_3\text{O}_2$). Quando há presença de sulfeto no meio, este se torna o gás ácido sulfídrico (H_2S), que ao se volatilizar e entrar em contato com o acetato de chumbo, forma o sulfeto de chumbo (PbS), enegrecendo o papel.

Resultados e discussão

A tabela a seguir apresenta os resultados das análises microbiológicas realizadas.

Tabela 2 - Resultados das Análises Microbiológicas realizadas nos resíduos

Data da Amostragem	Microorganismos(*)	Período de Incubação		
		5 dias	10 dias	28 dias
06/05/2010	(BANHT)	$7,9 \times 10^3$	$2,4 \times 10^4$	$5,0 \times 10^4$
	(m-BRS)	$2,4 \times 10^3$	$2,4 \times 10^3$	$3,9 \times 10^4$
12/08/2010	(BANHT)	$2,5 \times 10^2$	$4,5 \times 10^5$	$2,5 \times 10^6$
	(m-BRS)	$9,5 \times 10^5$	$9,5 \times 10^5$	$9,5 \times 10^5$
05/10/2010	(BANHT)	$3,0 \times 10^7$	$3,0 \times 10^7$	$3,0 \times 10^7$
	(m-BRS)	$7,9 \times 10^1$	$3,0 \times 10^2$	$4,0 \times 10^2$
10/11/2010	(BANHT)	$5,1 \times 10^4$	$9,2 \times 10^4$	$1,8 \times 10^5$
	(m-BRS)	$1,9 \times 10^4$	$5,1 \times 10^4$	$8,2 \times 10^5$
06/01/2011	(BANHT)	$5,0 \times 10^5$	$7,9 \times 10^5$	$7,9 \times 10^5$
	(m-BRS)	$6,8 \times 10^3$	$6,8 \times 10^3$	$1,8 \times 10^4$

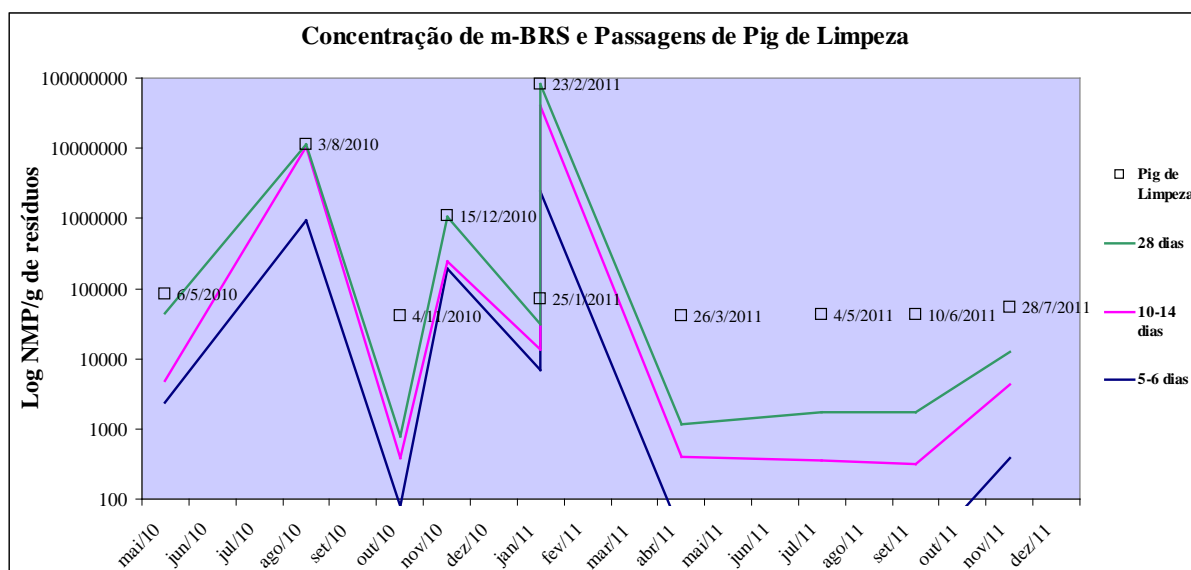
Data da Amostragem	Microorganismos	4 dias	6 dias	14 dias	28 dias
27/01/2011	(BANHT)	$1,1 \times 10^4$	$1,8 \times 10^4$	$2,4 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$
	(m-BRS)	$6,3 \times 10^4$	$2,4 \times 10^6$	$3,8 \times 10^7$	$4,1 \times 10^7$
19/04/2011	(BANHT)	$1,2 \times 10^2$	$1,2 \times 10^2$	$7,6 \times 10^2$	$5,6 \times 10^3$
	(m-BRS)	-	$3,2 \times 10^1$	$3,6 \times 10^2$	$7,6 \times 10^2$
26/07/2011	(BANHT)	$2,2 \times 10^3$	$2,2 \times 10^3$	$2,2 \times 10^3$	$6,6 \times 10^3$
	(m-BRS)	-	-	$3,6 \times 10^2$	$1,4 \times 10^3$
21/09/2011	(BANHT)	$7,8 \times 10^1$	$3,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$
	(m-BRS)	-	$1,3 \times 10^1$	$3,0 \times 10^2$	$1,4 \times 10^3$
29/11/2011	(BANHT)	$2,2 \times 10^3$	$8,2 \times 10^3$	$8,2 \times 10^3$	$8,2 \times 10^3$
	(m-BRS)	$3,4 \times 10^1$	$3,9 \times 10^2$	$3,9 \times 10^3$	$8,2 \times 10^3$

(*) Número mais provável de bactérias por grama de resíduo (NMP/g).

Obs.: Pelo fato de ser observada alta concentração de microrganismos nas primeiras análises (2010), o tempo da primeira contagem foi reduzido e uma nova medição foi acrescentada a fim de monitorar de maneira mais eficiente o crescimento da colônia de bactérias.

Na tabela acima foram observados alguns pontos severos, destacados em vermelho, de acordo com a Tabela 1. Os pontos destacados em negrito indicam concentrações moderadas de bactérias.

Já o gráfico abaixo apresenta o logaritmo da variação das concentrações de m-BRS ao longo do tempo, bem como a frequência de passagem de pig de limpeza para o mesmo período analisado.



Pode ser observada pelo gráfico a redução da quantidade de bactérias (da ordem de 10^7 à zero NMP/g para o período de incubação de 5-4 dias; de 10^7 à 10^2 NMP/g para 10-14 dias e de 10^7 à 10^2 NMP/g para 28 dias) quando houve um aumento da frequência de passagem de pig de limpeza de trimestral para mensal, bem como uma redução da classificação do potencial de corrosividade do fluido, de acordo com a Tabela 1.

Tal fato ocorre porque o pig de limpeza remove as colônias de bactérias que estão aderidas à parede do duto. Nas análises realizadas em campo, foi observada sensível diminuição do enegrecimento do papel, ou seja, redução da concentração de sulfeto presente no meio.

Além da remoção de colônias, a passagem de pig de limpeza tem também a finalidade de arrastar água livre, que contém nutrientes indispensáveis para o crescimento das colônias. Dessa forma a proliferação das bactérias é sensivelmente reduzida, como pode ser observado na Tabela 2, para todos os tempos de incubação.

Conclusões

Conforme observado na Tabela 2 e Gráfico 1, o aumento da frequência da passagem de pigs de limpeza reduziu a concentração de bactérias sésseis (presentes nos resíduos) no duto, indicando então uma redução do processo corrosivo por atividade microbiológica. Com isso, pode-se concluir que o pig de limpeza é uma ferramenta eficaz no combate a corrosão microbiológica interna em duto de petróleo cru e, conseqüentemente, contribui para manutenção da integridade do mesmo.

Fica evidente que deve ser estabelecida uma rotina controlada de limpeza interna do duto utilizando equipamentos como pigs de limpeza para promover a remoção de resíduos e colônias de bactérias sésseis, bem como arraste de água.

Sugere-se como trabalho futuro: viabilização de rotina de análise para avaliar a quantidade de sulfetos provenientes de atividade metabólica da m-BRS, ou seja, detectar se a fonte de

sulfetos no duto é biogênica e/ou abiótica; avaliar a quantidade de ferrobactérias no resíduo; traçar um panorama entre a qualidade dos pigs de limpeza utilizados e a eficiência alcançada.

Referências bibliográficas

- (1) www.wikidutos.org.br.
- (2) DESMARAIS, M. L. A. *et al*; De olho na saúde dos dutos: pig de limpeza x corrosão interna em dutos – evidências de uma prática eficiente e barata.
- (3) VIDELA, H. A.; Biocorrosão, biofouling e biodeterioração de materiais – 1ª edição – 2003. página 44.