

# MODELAGEM E PROTÓTIPO DE PIG DE LIMPEZA UTILIZADO EM TUBULAÇÕES DA INDÚSTRIA PETROLÍFERA

Paulo Sérgio Lins da Silva Filho<sup>1</sup>

Talvanes Lima Felismino<sup>2</sup>

José Ítalo Gonçalves da Silva Santos<sup>3</sup>

Aílton Lima Felismino<sup>4</sup>

Ane Karolaine da Silva<sup>5</sup>

Décio Manoel Gomes da Silva<sup>6</sup>

Ana Jessica Candido dos Santos<sup>7</sup>

Marcos Antônio Costa Júnior<sup>8</sup>

Engenharia Petróleo



cadernos de  
graduação

ciências exatas e tecnológicas

ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

## RESUMO

Devido às diferenças de temperaturas presentes na malha dutoviária, que transporta o óleo bruto, as incrustações surgem de maneira gradativa, tendo como consequência a diminuição da produção ou até colocando em risco toda a operação a vista de um desastre natural. Por isso, é de extrema importância inspecionar as tubulações, periodicamente. Este trabalho teve como objetivo a construção de um modelo em *SolidWorks* e posterior modelo físico de um sistema de *Pipeline Inspection Gauge* (PIG). O modelo construído propiciou o pleno entendimento de como um sistema de limpeza desse tipo funciona.

## PALAVRAS-CHAVE

Tubulação. Limpeza. PIG.

## ABSTRACT

Due to the differences in temperature in the pipeline that transports the crude oil, the incrustations appear in a gradual way, resulting in a decrease in production or even putting at risk the entire operation in view of a natural disaster. Therefore, it is extremely important to periodically inspect the pipes. This work had as objective the construction of a model in SolidWorks and later physical model of a PIG system. The built model provided the full understanding of how a cleaning system of this type works.

## KEYWORDS

Tubing. Cleaning. PIG.

## 1 INTRODUÇÃO

Os dutos de transporte de petróleo e seus derivados sofrem constantemente com o acúmulo de parafinas e outros compostos em suas paredes, causando problemas como aumento nas pressões das bombas e redução na vazão por causa de detritos, por conta da diminuição da área útil do duto. Tudo isso pode causar corrosão, podendo culminar com o rompimento do duto e posterior vazamento do produto transportado (LIMA, 2016)

Por ser um dispositivo eficiente e com funções importantes, o *Pipeline Inspection Gauge* (PIG) se destacou entre tantas outras ferramentas de inspeção ou de limpeza de dutos. Com o passar do tempo, o *PIG* tornou-se um aparelho inteligente e sofisticado, sendo capaz de limpar as paredes dos dutos e inspecionar internamente essas tubulações, identificando as corrosões ou algum ponto de esmagamento.

O nome *PIG*, que significa "porco" em inglês, foi dado em alusão aos animais, pois entram limpos na tubulação e saem sujos ao final do trabalho de limpeza. São equipamentos conhecidos como raspadores de linha, que são introduzidos nas tubulações e deslocados pelo próprio fluido em escoamento ou por outro fluido injetado com essa finalidade, tendo como objetivo remover as parafinas depositadas. (VIANA, 2016)

Existem *PIG* de diversos tamanhos e classificações. Eles podem diferenciar-se entre *PIG* de limpeza e *PIG* instrumentados. Alguns possuem grande tecnologia aplicada e outros são mais simples. Os mais sofisticados realizam diversas tarefas durante seu percurso na tubulação, o que os tornam mais eficientes e precisos.

Os *PIG* são equipamentos que quando inseridos dentro do duto, viajam por toda sua extensão, impulsionados pela própria vazão do fluido, podendo executar uma grande variedade de funções. Em geral, os *PIG* que realizam função de limpeza, separação de produtos, ou remoção de água são denominados de *Cleaning PIG*. Por outro lado, os *PIG* que fornecem informações das condições da linha, como a localização de amassamentos e ovalizações, detecção de vazamentos ou pontos onde há redução da espessura de parede do duto, são denominados *PIG* instrumentados, ou

ainda *Smart PIG*. Estes últimos informam com boa precisão a localização e extensão de defeitos existentes no duto (MAZZINI, 2009).

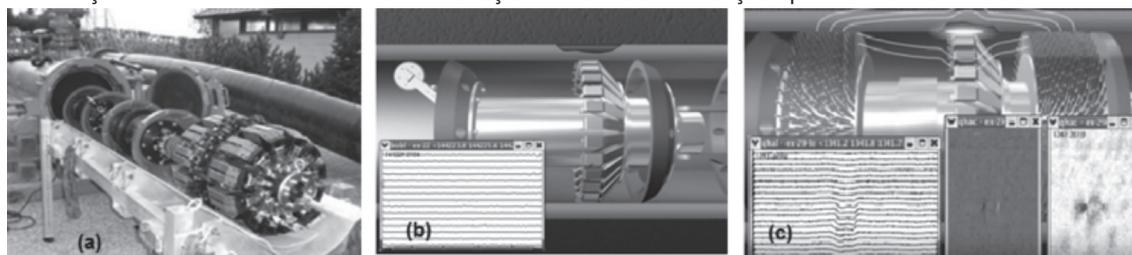
Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi modelar e fazer um protótipo de um PIG de limpeza aplicado em tubulações da indústria de petróleo.

## 2 CLASSIFICAÇÃO DOS PIG

### 2.1 PIG INSTRUMENTADO

A técnica de inspeção de dutos por *PIG* é uma forma bastante utilizada para mapear defeitos causados pela corrosão em um duto ao longo dos anos. Sua grande vantagem é possibilitar uma investigação em toda a extensão do duto, ou seja, permite realizar uma ação preventiva para evitar transtornos, o que seria, usando outra técnica, inviável economicamente, no caso de dutos enterrados de grandes extensões (MAZZINI, 2009). A Figura 1 apresenta (a) o PIG instrumentado (LIMA, 2016); (b) passagem por um duto sem deformações (PIPEWAY, 2011) e (c) a detecção de um duto com deformação em sua formação por meio de sensores (PIPEWAY, 2011).

Figura 1 – (a) PIG instrumentado, (b) Passagem por um duto sem deformações e (c) Detecção de um duto com deformação em sua formação por meio de sensores



Fonte: Pipeway (2011).

### 2.2 PIG De Limpeza

Os *PIG* de limpeza são designados para realização da limpeza interna dos dutos, possibilitando uma reabilitação do sistema, ou seja, retiram as incrustações ou resíduos depositados nas paredes das tubulações, aumentando a vazão do escoamento do óleo bruto ou derivado. Essa limpeza é essencial para evitar a diminuição da produção ou outros agravos ambientais.

Para uma melhor limpeza interna de tubulação com o *PIG*, são oferecidos modelos com alta flexibilidade, o que possibilita que o equipamento passe por toda a extensão da tubulação, proporcionando uma limpeza com excelência, sem ter o seu movimento impedido, mesmo quando a tubulação utiliza diversas conexões diferentes. A limpeza interna de tubulação com *PIG* é feita a partir de um ponto de acesso,

sendo necessário algum ponto simples para a inserção do aparelho para a realização da limpeza por toda a extensão da tubulação (OPERTEC, 2018). Ver Figura 2.

Figura 2 – *PIG* de limpeza



Fonte: Lima (2016).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

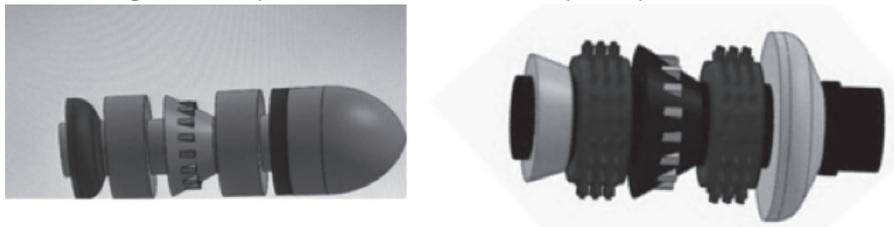
Para executar o projeto, foi realizada uma pesquisa teórica para entender e escolher o melhor tipo de *PIG* para construir. O *PIG* Espuma foi o escolhido, que é fabricado com poliéster ou com um tipo de poliuretano. O *PIG* Espuma tem a característica de deformar-se de acordo com as limitações do duto e fragmentar-se, no caso de o obstáculo ser intransponível. Alguns modelos possuem capa externa, que é um revestimento de poliuretano elastomérico aplicado nos *PIG* Espuma para aumentar a resistência à abrasão, sendo utilizado para limpezas mais severas.

Assim, este trabalho foi dividido em duas etapas, iniciando pelo estudo e escolha do *PIG*, a modelagem no *solidworks* e a construção física do *PIG*.

#### 3.1 DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM NO *SOLIDWORKS*

Para construção do protótipo físico foi feita a modelagem computacional, utilizando o *SolidWorks*, um *software* bastante eficiente para efetuar desenhos em 3D no computador, fazer a migração de 2D para 3D e visualizar toda a construção do projeto, desde sua parte interna quanto sua parte externa, ele ainda permite a exportação que possibilita a interação com os diversos softwares CAD. A Figura 3 mostra o início e o da modelagem do *PIG* no programa.

Figura 3 – Modelagem computacional do *PIG* do tipo Espuma



Fonte: Autores (2018).

### 3.2 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO FÍSICO

Os materiais selecionados na construção do *PIG* espuma, foram: 30 cm e 1,5 m de cano PVC, cola quente, desentupidor de pia, garrafa PET, caixa de fósforos, vassoura, esponja, tinta spray preta, tinta de tecido cinza, parafuso pistão, conforme Figura 4.

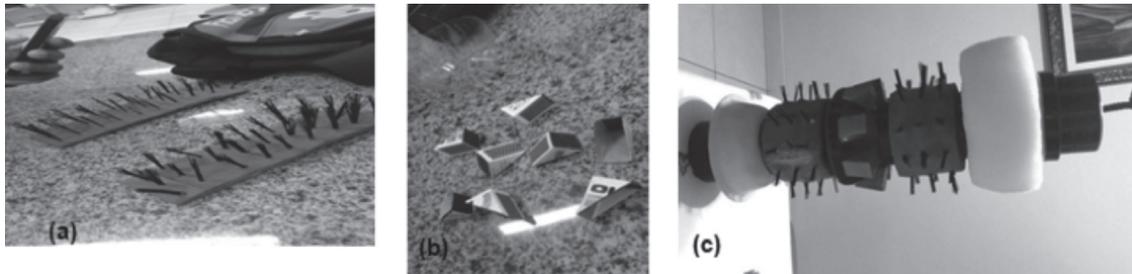
Figura 4 – Materiais selecionados para construção do *PIG* Espuma



Fonte: Autores (2018).

As etapas de construção podem ser vistas na Figura 5: (a) construção das escovas do *PIG*, (b) sensores do *PIG* com caixa de fósforos e (c) estrutura mecânica do *PIG*, que é composta por uma cápsula cilíndrica com dois suportes, sendo um de borracha e outro feito com uma esponja, duas escovas rotatórias e na parte central estão localizados os sensores.

Figura 5 – (a) Construção das escovas do *PIG*, (b) Sensores do *PIG* e (c) Estrutura mecânica do *PIG*



Fonte: Autores (2018).

## 4 CONCLUSÕES

O processo de modelagem de um sistema de *PIG* se mostra essencial na indústria de petróleo, especialmente na área de manutenção e na garantia da segurança dos processos. O modelo elaborado com o *software SolidWorks* propiciou a visualização dos principais componentes do sistema de um *PIG* de limpeza e facilitou a escolha dos componentes e a posterior construção do modelo físico, utilizado para fins didáticos.

## REFERÊNCIAS

LIMA, G. F. Plataforma arduino no controle de velocidade de PIG's. In: II Simpósio de Automação e Sistemas, 2, 2016. **Anais[...]**, Natal-RN, 2016.

MAZZINI, Carlos Eduardo. **Comparação de métodos de inspeção de integridade de dutos:** método PIG e CIS/DCVG. 2009. Disponível em: <[http://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/pg\\_2009.pdf](http://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/pg_2009.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2018.

OPERTEC Engenharia. **Limpeza interna de tubulações com PIG.** Disponível em: <http://www.opertec.com.br/limpeza-interna-tubulacao-pig>. Acesso em: 12 dez. 2018.

PIPEWAY, 2011. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gnE-fIDw5JM>. Acesso em: 8 nov. 2018.

VIANA, C. **Passagem de PIG – operação crítica.** Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/passagem-de-pig-opera%C3%A7%C3%A3o-cr%C3%ADtica-conceitos-opera%C3%A7%C3%B5es-viana>. Acesso em: 8 nov. 2018.

---

**Data do recebimento:** 21 de julho de 2016

**Data da avaliação:** 9 de novembro de 2016

**Data de aceite:** 12 de dezembro de 2017

---

---

1 Acadêmico do Curso Engenharia de Petróleo, Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.  
E-mail: pslinsfilho@hotmail.com

2 Acadêmico do Curso Engenharia de Petróleo, Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.  
E-mail: talvaneslima@hotmail.com

3 Acadêmico do Curso Engenharia de Petróleo, Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.  
E-mail: italocrb12@gmail.com

4 Acadêmico do Curso Engenharia de Petróleo, Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.  
E-mail: ailtonlima97@outlook.com

5 Acadêmica do Curso Engenharia de Petróleo, Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.  
E-mail: akarolaine54@gmail.com

6 Acadêmico do Curso Engenharia de Petróleo, Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.  
E-mail: deciog.72@hotmail.com

7 Acadêmica do Curso Engenharia de Petróleo, Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.  
E-mail: ana.jessica@souunit.com.br

8 Engenheiro Químico, Mestre em Engenharia Química e Professor Assistente I do Curso de Engenharia de Petróleo, Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL. E-mail: marcos.ajunior@souunit.com.br