



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

PROJETO DE PLATAFORMA PARA TESTES DE PIG'S

Ivanoé João Rodowanski^{*1}, Geydison Gonzaga Demetino², Luiz Carlos Simões Soares Jr.³
, Bruno Moraes Guimarães⁴, Iuri Muniz Pepe⁵.

Laboratorio de Parafinas - Nucleo Regional da Bahia -Universidade Federal da Bahia.
Av. Adhemar de Barros s/n Campus Universitário de Ondina, CEP: 40170-110, Salvador -BA.

¹ ivanoeh@gmail.com, ² jdemetino@gmail.com, ³ simoeslc@gmail.com, ⁴ b3.lapo@gmail.com,
⁵ lapo.if@gmail.com

RESUMO

Este artigo descreve uma plataforma de testes para avaliar 'PIGs' no interior de amostras de dutos. 'PIGs' são dispositivos utilizados na manutenção preventiva e corretiva de *pipelines*, atuando na inspeção, ou na limpeza de dutos e tem sido utilizado desde os primórdios da indústria petrolífera.

Novos dispositivos requerem ambiente laboratorial para testar e validar sua funcionalidade em determinadas tarefas. Geralmente, utiliza-se um *loop* de teste, contendo certa quantidade de tubulação, e possua lançadores e receptores de 'PIGs' além de uma central de bombeamento para o fluido, este aparato requer espaço físico e elevado custo de montagem, inviabilizando sua aplicação em pequena escala, como ocorre no meio acadêmico.

Alternativamente, esta sendo montada uma plataforma de testes de baixo custo, para testar PIG's, avaliando a dinâmica do dispositivo no duto sem a necessidade de *loop* ou linha pressurizada, onde, a pressão de bombeio é substituída por um sistema de cabo tracionado por guincho deslocando do dispositivo.

Esta bancada não se aplica a ensaios de copos de selagem, mas é viável para testar instrumentação de PIGs, onde não é necessário os copos de selagem acoplados.

O sistema consiste em uma amostra de 3 metros de comprimento divididos em 3 partes flangeadas, facilitando a substituição das amostras, permitindo simular defeitos em determinado trecho. A amostra esta disposta na vertical, fixa pela base. Uma estrutura externa sustenta a tubulação e suporta o guincho fixo a um pórtico móvel. O guincho além de deslocar o PIG também é usado na montagem das amostras de dutos.

Os ensaios podem ser realizados a seco ou com um fluido alimentado por uma pequena estação de bombeamento, localizada na parte inferior da bancada.

Espera-se como resultado uma bancada capaz de realizar testes de interação do PIG com as paredes do duto de forma econômica e prática, sem possuir uma planta em escala industrial.

Palavras Chaves: Bancada de testes, Teste de Pigs, SmartPIG's, Manutenção de dutos

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da indústria petrolífera, associado à descoberta de novos campos de petróleo na camada do pré-sal, trouxe a necessidade de implantação de novas tecnologias no que diz respeito à construção de novas plataformas de exploração dos novos campos e de maneiras alternativas de transporte do óleo produzido. O meio mais comum é o uso de oleodutos submersos, os quais transportam óleo ao longo de centenas de quilômetros dos campos produtores em alto mar às refinarias no continente [1].

A vida útil destes oleodutos está sujeita a uma série de fatores ambientais e condições de trabalho que podem comprometer sua integridade. Com o intuito de minimizar acidentes e as interrupções de transporte de óleo, estas instalações devem passar por inspeções rotineiras e manutenção preventiva e/ou corretiva. Por se tratar de um campo de grande interesse da indústria petrolífera muito se investe em tecnologias e equipamentos para manutenção com finalidade preventiva. Neste contexto que se inserem os 'PIGs', que podem atuar em processos preventivos ou mesmo corretivos de manutenção de dutos [1].

Desde o final do século XIX as operações de 'pigagem' de linhas de produção e transporte de óleo são comuns na indústria do petróleo, para que se possa fazer a limpeza de pontos de entupimento de dutos em oleodutos. 'PIGs', como conhecidos, são ferramentas de diferentes formas e complexidades, que variam de tamanho e geometria, podendo ser manufaturados com diferentes materiais e técnicas (espuma, poliuretano, aço, etc.) e utilizam a pressão das linhas de bombeamento como meio de propulsão [2].

'PIGs' são dispositivos utilizados na indústria, na manutenção preventiva e corretiva de '*pipelines*'. Sendo que para a inspeção são usados os chamados *Smart'PIGs*', enquanto para a limpeza são usados os *Cleaning'PIGs*'. De forma mais precisa os PIGs podem ser classificados em três grandes variedades: 'PIGs' de limpeza, 'PIGs' de inspeção ou instrumentados além de 'PIGs' de intervenção ou reparo. Esse dispositivo tem sido utilizado desde os primórdios na indústria petrolífera e desde então cada vez mais se investe em tecnologias e dispositivos com esta finalidade.

A Figura 1 mostra um exemplo simples de um 'PIG' de espuma se deslocando no interior da linha, a medida que este se desloca arrasta consigo partículas depositadas nas paredes internas dos dutos, até que o resíduo seja expelido ou depositado em uma câmara própria para recebê-lo.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

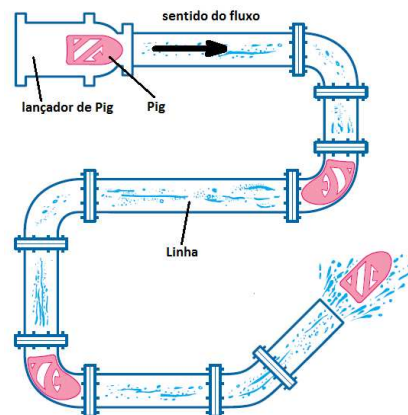


Figura 1 Operação de limpeza no interior da linha por meio de 'PIG' de espuma [3].

'PIGs' de Limpeza Figura 2 (A) são normalmente do tipo mandril, montados a partir de um corpo metálico em aço carbono, com extremidades roscadas, nas quais são montados discos em material plástico que fazem a raspagem das paredes internas dos dutos. Apesar de cumprirem um papel importante, estas ferramentas de limpeza são conceitualmente e estruturalmente simples e não carregam consigo nenhuma instrumentação, nem sensoriamento inteligente.

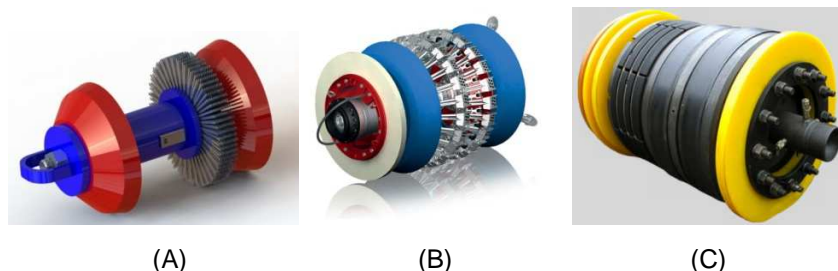


Figura 2 Tipos comuns de Pig, (A) Pig de Limpeza [4], (B) Pig de inspeção [5] e (C) Pig de intervenção e reparo [6].

'PIGs' de Inspeção Figura 2 (B) são dotados de sensores de alta precisão, inteligência embarcada, capacidade de memorizar dados e, geralmente, carregam fontes de energia elétrica (baterias). Dentre as atividades realizadas por 'PIGs' de inspeção pode-se destacar: medida de diâmetro, monitoramento de curvatura, perfil da tubulação, detecção de corrosões, detecção de rachaduras, detecção de vazamentos e mapeamento.

'PIGs' de Intervenção ou Reparo, Figura 2 (C), são geralmente utilizados para isolar um trecho de tubulação pressurizado, enquanto se realiza um determinado reparo nesta mesma linha. Eles possuem alta capacidade de vedação, são aplicados geralmente para: separação de produtos, remoção de detritos, preenchimento da linha para testes hidrostáticos, tratamento com produtos químicos especiais, remoção de 'PIGs' presos, etc.

2. LOOP DE TESTES TRADICIONAL

O projeto de novos dispositivos requer um ambiente laboratorial para testar e validar sua funcionalidade na execução de determinada tarefa no interior de um oleoduto, seja com finalidade de limpeza ou inspeção.

Geralmente para testar um novo dispositivo, é necessário o uso de um *loop* como o mostrado na Figura 3, que é normalmente composto por uma linha de teste com certo comprimento de tubulação, indo de uma centena de metros a poucos quilômetros. Também é necessário que possua nas extremidades dispositivos lançadores e receptores de 'PIGs' conhecidos como *pigtrap*, além de ser necessária uma central de bombeamento e tanque de armazenamento para o fluido de teste.

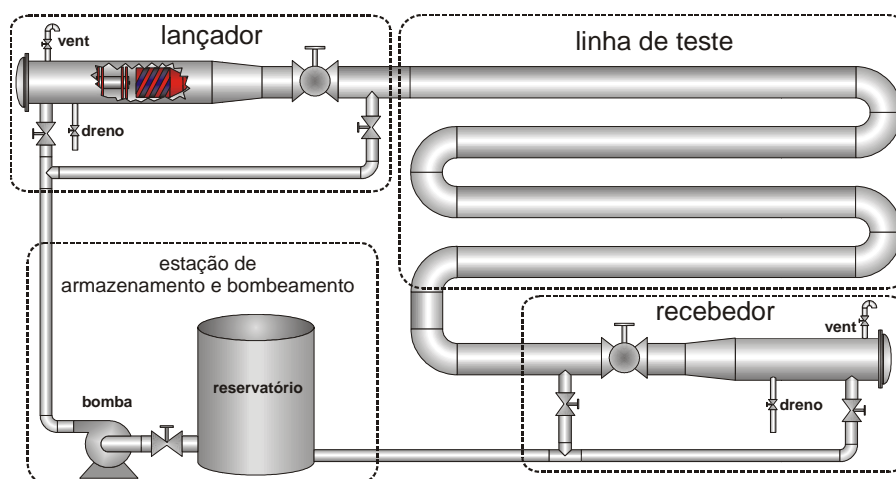


Figura 3 Loop para teste de PIGs.

A linha de teste, mostrada na Figura 3, geralmente é composta de segmentos de tubos flangeados para facilitar a montagem/desmontagem e a inserção de amostras de tubos com defeitos ou anomalias propositais bem como outros elementos como curvas, junções em T, reduções, válvulas

e entre outros, com a finalidade de avaliar o comportamento do PIG em teste quando passando por estes elementos.

Todo este aparato requer espaço físico e elevado custo de montagem e manutenção, inviabilizando o uso de tais instalações para testes em pequena escala, como os geralmente realizados no meio acadêmico.

Todo projeto de PIG deve passar por uma etapa de testes antes desse dispositivo ser utilizado em campo, durante a fase de projeto um dispositivo pode passar por uma dezena de testes até ser aprovado. No entanto nem todos os testes devem ser realizados em *loops* de, sendo possível realizar uma série de análises em um dispositivo antes que o mesmo passe para a fase de teste dinâmicos em um *loop*.

3. A PLATAFORMA DE TESTES

Este trabalho descreve a montagem de uma plataforma de teste como alternativa para o ensaio de 'PIGs'. A plataforma de testes em questão não elimina a necessidade de testes em um *loop*, no entanto ela permite que uma série de testes sejam possíveis antes que o 'PIG' seja testado em um *loop*. Isso poupa tempo e minimiza custos, pois cada passagem de 'PIG' em um *loop* de testes gera certo custo, advindo do consumo de energia por parte da estação de bombeamento e custo de hora homem de profissionais técnicos de operação. Com a plataforma desenvolvida esses custos podem ser minimizados.

A plataforma de testes de baixo custo está sendo montada em anexo ao prédio do Núcleo Regional da Bahia localizada no Campus Universitário de Ondina da Universidade Federal da Bahia na cidade de Salvador estado da Bahia.

Esta bancada de testes tem a função de avaliar a dinâmica do dispositivo no interior do tubo sem a necessidade de ensaia-lo em um *loop* ou linha pressurizada. Neste caso, a força de deslocamento promovida pelo diferencial de pressão é substituída por um sistema de cabo de aço tracionado por guincho que promove a força necessária para o deslocamento do dispositivo.

A idéia é que os testes realizados nesta bancada avaliem a interação do 'PIG' com a tubulação e não a sua capacidade de propulsão através da pressão sobre discos e copos de selagem. Isso é comum quando se testa 'PIGs' instrumentados.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

O sistema mostrado na Figura 4 consiste um duto de 3 metros de comprimento divididos em 3 partes flangeadas de 1 metro cada, isso para facilitar a montagem e substituição das amostras de tubo bem como simular defeitos e imperfeições em determinados pontos do comprimento do tubo.

O duto 3 metros é disposta na vertical, fixa pela base na parte inferior. Uma estrutura externa sustenta a tubulação e suporta o guincho fixo a uma estrutura em forma de pórtico móvel. O guincho além de tracionar o PIG no interior da linha também ajuda no processo de montagem e desmontagem para troca das amostras de tubo.

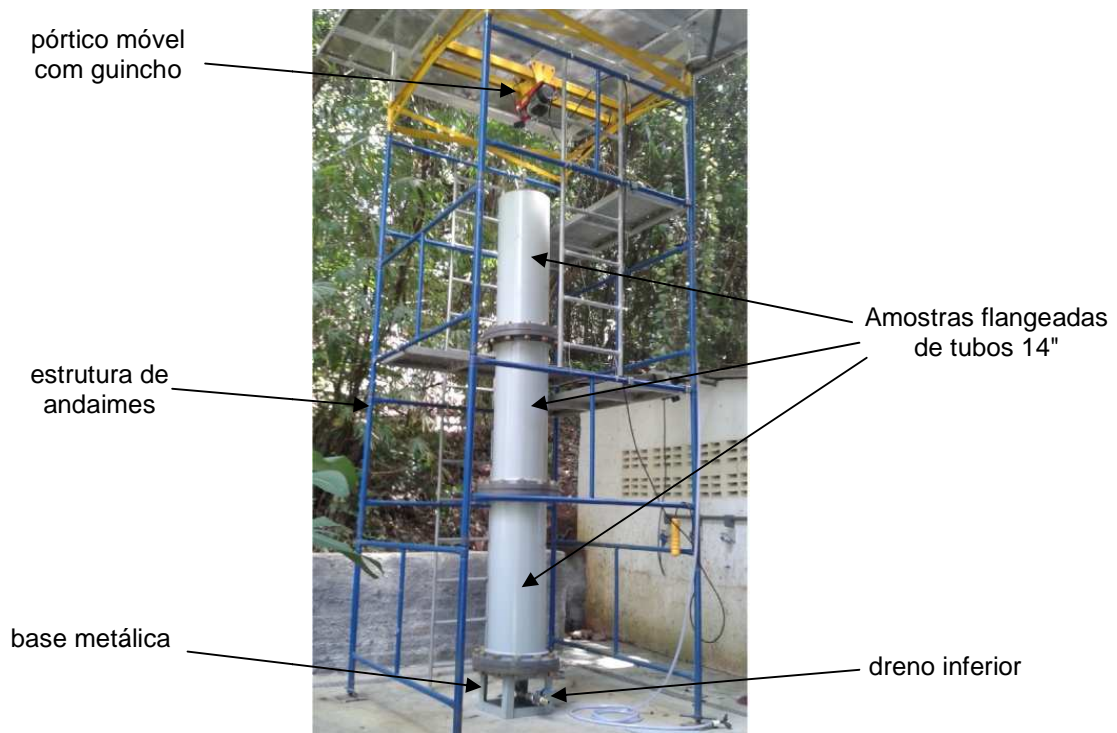


Figura 4 Plataforma montada.

Os ensaios podem ser realizados a seco ou em meio fluido, que pode ser alimentado por uma pequena estação de bombeamento localizada na parte inferior da bancada.

3.1 Montagem da plataforma.

A 1ª etapa de montagem foi a fabricação das peças do pórtico móvel que posteriormente seria montado sobre a estrutura de andaime. O mesmo foi projetado e fabricado para que fosse

desmontável de forma prática tornando a estrutura flexível, em relação à possíveis alterações futuras na plataforma de testes.

A estrutura principal do pórtico é encaixada sobre a tubulação de andaimes com padrão 1,5 metros de largura e 4 metros de altura. O pórtico é colocado sobre os trilhos em V da estrutura principal, o carro trole é fixo sobre o trilho do pórtico e o guincho elétrico é fixo na parte inferior do trole.

A estrutura de andaimes foi montada sobre um piso de concreto projetado e fabricado especialmente para este fim, devidamente reforçado para suportar as cargas da estrutura mecânica da plataforma de testes. Em caso de vazamentos ou escape de fluido de teste, o piso conta com diques de contenção que levam o fluido para um tanque de retenção, isso impede que os fluidos vazem e contaminem o solo.

A segunda etapa de montagem consistiu na instalação da tubulação que efetivamente serve como aparato de teste do 'PIG'. Para tanto foi adquirida uma unidade nova de tubulação, com 14 polegadas de diâmetro e 6 metros de comprimento, segmentada em 6 partes com 1 metro cada. Estas servirão como amostras iniciais para testes. No entanto, somente foram utilizados 3 seções de tubo, que receberam flangeamento, sendo duas em ambas extremidades e uma em apenas 1 extremidade, montada na parte superior da montagem. A vedação entre flanges é garantida por juntas fabricadas no próprio laboratório a partir de uma folha de velumóide de 3 mm de espessura.

Na parte inferior da plataforma foi montada uma estrutura de base, fixada com chumbadores ao piso em 4 pontos, um flange cego foi fixo a base pelos próprios parafusos do flange. O flange cego recebeu um furo central onde foi soldada uma meia luva que recebera um dreno com válvula para facilitar as operações de esvaziamento.

Foi realizada 1ª montagem dos tubos, já na vertical, iniciando pela montagem do flange cego na parte inferior, e em sequência a montagem de tubo sobre tubo.

Após essa primeira montagem foi realizado um teste hidrostático para verificar a vedação da interface tubos/flange e interface flange/flange. Com auxílio de um tanque auxiliar para reter o descarte de fluido dos tubos e posterior reutilização, e uma bomba, foram realizados alguns ciclos de enchimento e escoamento com água para limpeza e para averiguar a presença de possíveis vazamentos, o que não foi verificado.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

4. TESTES

Alguns testes iniciais foram realizados para avaliar a dinâmica de um 'PIG' na plataforma de teste. O 'PIG' foi inserido no duto contendo água e fixo ao guincho por uma corrente. O movimento de descida foi controlado pelo guincho com a ajuda de uma anilha de aço carbono como contrapeso, Figura 5. O objetivo principal desse teste foi verificar se o PIG se deslocaria verticalmente no duto sem ocorrer nenhum travamento. Outro resultado obtido foi a constatação da estanqueidade do 'PIG' quando submetido à pressão da coluna de líquido.



Figura 5 Teste dinâmico com PIG não instrumentado.

Durante os testes se verificou que o 'PIG' se deslocou pelo duto sem que houvesse travamento, o guincho se mostrou estável do ponto de vista de sustentação e foi capaz de manter estável a velocidade na descida e na subida do PIG. A plataforma de testes, no que tange sua estabilidade mecânica em regime de carregamento e operação, se mostrou estável durante a operação de montagem e de testes. É possível que até três pessoas trabalhem na plataforma com boa mobilidade e pouca vibração da estrutura.

5. CONCLUSÕES

No estado atual da plataforma testes já é possível testar alguns dispositivos 'PIGs' quanto a dinâmica do mesmo no interior dos trechos de duto que formam a plataforma.

Os testes iniciais mostraram que a bancada é capaz de realizar pequenos ensaios de 'PIGs', avaliando a capacidade e a interação deste dispositivo com as paredes do duto de forma econômica e prática, possibilitando o desenvolvimento das diversas soluções técnicas requeridas para o aprimoramento do PIG, sem que necessariamente o grupo de pesquisa tenha a seu dispor uma planta de teste em escala industrial.

Esta planta de testes permite a instalação de instrumentação e controle de acordo com a necessidade e com natureza da investigação do dispositivo em teste. Novos testes estão em andamento e serão reportados em publicações.

6. REFERÊNCIAS

- [1] CTDUT, Centro de Tecnologia de Dutos, “Practical Pigging Training Course”, 2011.
- [2] PPSA, Pigging Products & Services Association “An Introduction to Pipeline Pigging”, 104 Pgs. 1995.
- [3] HidroPig, “Sistema de Limpeza Interna de Tubulações com Pigs”. 2012.
Disponível em: http://www.hidropig.com.br/2011/downloads/catalogo_limpeza.pdf
- [4] Hidropig, 2014 “Linha de produtos, Pig LUN-CC2-EC” 2014.
Disponível em: <http://www.hidropig.com.br/ver-produto.php?nome=pig-luncc2ec>
- [5] Marathon Pipeline, 2014, “Internal Inspections Ultrasonic Crack Detection (UTCD) Tool”,
Disponível em: http://www.marathonpipeline.com/What_We_Do/Pipelines/Internal_Inspection/
- [6] Stats Group, 2014, “Tecno Plug™ - Process & Pipeline Isolation”, Technical Data Sheet UK-
GRA-REF-003,
Disponível em: <http://www.statsgroup.com/downloads/DataSheet/PipelineIsolationTecnoPlug.pdf>

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio (da)do:

Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica (PPGM) da UFBA.

Laboratório de Propriedades Óticas (LaPO) do Inst. De Física da UFBA, e todos seus colaboradores.

Fundação de Apoio a Pesquisa e Extensão do Estado da Bahia (Fapesb).

Núcleo Regional da Bahia, Petrobras S/A.