

**GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DE DUTOS TERRESTRES:** estudo de caso do uso das ferramentas de manutenção em equipamentos estáticos.

Danilo Magno Mendes<sup>1</sup>

Manoel Teodoro Belitardo Pereira<sup>2</sup>

## RESUMO

Nos dias atuais, as organizações fazem uso de produtos derivados de petróleo, no entanto, o seu transporte através de oleodutos terrestres necessita de cuidados na elaboração do projeto e no seu processo construtivo. Logo, a inserção da gestão da manutenção preventiva para equipamentos estáticos juntamente com as ferramentas de manutenção busca proporcionar uma maior confiabilidade e promover a operação prolongada no transporte de petróleo, eliminando os riscos aos seres humanos e ao meio ambiente. Visto isso, o objetivo deste estudo é analisar como a gestão de manutenção preventiva e o uso de ferramentas de manutenção e normas contribuem para atestar a confiabilidade operacional dos dutos terrestres.

**Palavras-chave:** Manutenção Preventiva. Ferramentas de Manutenção. Dutos Terrestres.

## 1 INTRODUÇÃO

A gestão da manutenção em qualquer ambiente econômico visa, dentre outras coisas, identificar as causas que introduzam danos em máquinas, produtos e

---

<sup>1</sup> Engenheiro de Produção graduado pela Universidade Estadual de Santa Cruz/BA. E-mail: [danilo.eps@gmail.com](mailto:danilo.eps@gmail.com)

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico graduado pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Campina Grande/PB. E-mail: [belitardo@gmail.com](mailto:belitardo@gmail.com)

serviços, fazendo uso de análises referentes aos diversos tipos de problemas e defeitos ali encontrados. Para isso ocorrer, os objetivos próprios de uma gerência de manutenção moderna são: maximizar a produção com menor custo e a mais alta qualidade sem infringir normas de segurança e causar danos ao meio ambiente, (MISHAWAKA, 1993).

A condução moderna dos negócios requer uma mudança profunda de mentalidade e de posturas (KARDEC, 2009). Pensando nisso, chegar-se-á a uma gestão concisa quando a gerência conseguir: assegurar um local de trabalho limpo, seguro, agradável e higiênico ao empregado; combater o desperdício; alcançar as metas planejadas atingindo o crescimento da produtividade e lucratividade da organização.

É sabido que depois dos empregados, os equipamentos são o maior recurso de uma empresa. Dessa maneira, não é mais aceitável que o equipamento ou sistema pare de maneira não prevista (KARDEC, 2009). Assim, espera-se que a manutenção venha a ser uma prática constante nas organizações com o objetivo, de, através da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, evitar interrupções nos processos produtivos.

Dessa maneira, a manutenção não deve ser apenas o departamento que conserta, mas, sim, aquele que busca eliminar a necessidade de consertar, o que leva a entender que a manutenção está presente nas diversas áreas no que se diz respeito aos processos produtivos. Considerando-se, por exemplo, a construção e montagem de dutos terrestres, a manutenção preventiva permite ao gerente planejar a execução das atividades com os menores custos possíveis, sobretudo pela disponibilidade dos equipamentos para operação.

Dentro das atividades de construção e montagem, encontra-se a de certificar a integridade física do duto antes que o mesmo inicie sua operação. Assim, são utilizadas ferramentas de manutenção em equipamentos estáticos para avaliar e indicar a necessidade de reparos em falhas encontradas no seu processo construtivo, garantindo ao cliente qualidade operacional, juntamente com a prevenção de danos ao meio ambiente e à sociedade.

Por fim, para tal verificação serão utilizados as inspeções (Ensaio Não Destrutivo) e os testes de segurança iniciais (Teste Hidrostático), ambos necessários para que o transporte do produto ocorra de maneira segura.

### **1.1 Justificativa**

Quando ocorre uma parada inesperada promovida por defeitos, há uma condição do ativo em estado parado, ou seja, o mesmo deixa de realizar sua função no processo produtivo, afetando toda uma organização.

Assim, tal parada promove o atraso na entrega do produto, impactando na imagem da empresa frente ao cliente. Com isso, ao se buscar a transferência de fluidos por um duto terrestre, este deve estar íntegro em sua constituição, isto é, apresentar integridade estrutural sem regiões que promovam acidentes e vazamentos ao meio ambiente.

### **1.2 Objetivo**

Este trabalho objetiva destacar a importância da gestão da manutenção preventiva como um mecanismo estratégico a ser utilizado em um empreendimento de construção e montagem de dutos terrestres, cujas ferramentas da manutenção (ensaio não destrutivo e testes hidrostáticos) e normas sirvam de fatores comprobatórios da integridade do duto.

Para tanto, será realizado uma revisão bibliográfica da gestão da manutenção e das ferramentas de manutenção, juntamente com uma explanação da forma como foram aplicadas tais ferramentas, sua monitoração e controle na construção e montagem do duto terrestre.

## **2 APORTE TEÓRICO**

Para Xenos (2004), a qualidade dos produtos e serviços depende cada vez mais do bom funcionamento dos equipamentos e instalações. Disso resulta que, em

qualquer processo produtivo, deve-se fazer uso de manutenções que permitam satisfazer às necessidades almeçadas sem ameaçar a segurança e o meio ambiente.

Logo, a manutenção preventiva em dutos terrestres é realizada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a de degradação do funcionamento de um item (NBR 5462:1994), enquadra-se como meio de assegurar a integridade dos equipamentos alcançando-se a qualidade desejada. Para isso, utiliza-se de ferramentas de manutenção e norma específica para construção de dutos, descritas a seguir.

## **2.1 Ferramentas da Manutenção em Equipamentos Estáticos**

As ferramentas da manutenção em equipamentos estáticos têm como objetivo verificar as condições dos equipamentos durante uma inspeção seja ela de rotina, paradas (interna e externa), etc. Dessa maneira, foram selecionados os ensaios normalmente utilizados para a construção e montagem de dutos terrestres.

### **2.1.1 Ensaio Visual de Solda (EVS):**

O ensaio de inspeção visual de solda visa garantir que descontinuidades superficiais grosseiras – mordeduras ou deposição insuficiente, por exemplo, – não levem à rejeição da solda. Seu processo deve ser feito, segundo a norma Petrobras N-1597 F (2011), em ambiente com boa luminosidade, a fim de evitar-se interferência na interpretação do inspetor.

Antes do início da soldagem, o inspetor de solda visual verifica a preparação (procedimentos, certificados, consumíveis), montagem, limpeza, dentre outros aspectos, da região a ser soldada. Após a soldagem, outros parâmetros devem ser analisados: a limpeza final (verificação de remoção total da escória, se houver); caso se tenha acesso - penetração e exame de raiz (verificação de toda a extensão da raiz da junta quanto à penetração, concavidade e perfuração dentro dos limites); acabamento (atendimento a altura máxima do reforço especificado); dimensão da solda, mordedura e sobreposição (comprimento da solda e profundidade).

### 2.1.2 Ensaio por Líquido Penetrante (LP):

Segundo Andreucci (2010), a finalidade do ensaio por líquido penetrante consiste na detecção de descontinuidades superficiais e que sejam abertas à superfície, tais como trincas, poros, dobras, podendo ser aplicado em todos os materiais não magnéticos e que não sejam porosos ou com superfície grosseira.

Conforme o tipo de material, o ensaio deve seguir um procedimento elaborado por inspetor de líquido penetrante, qualificado como nível 3, em virtude das propriedades características do material a ser inspecionado.

Andreucci (2010) divide o ensaio em cinco etapas básicas: 1) preparação e limpeza da superfície com retirada de qualquer contaminante; 2) aplicação do penetrante (conforme a técnica) sobre a superfície obedecendo o tempo para a penetração/reacção; 3) remoção do excesso de penetrante; 4) aplicação do revelador sobre a superfície, aguardando-se o tempo necessário para a perfeita revelação; 5) avaliação e inspeção da mancha causada pela absorção do penetrante contido nas descontinuidades (trincas, poros, etc.), sendo em seguida elaborado relatório dos resultados (aprovação ou reprovação). Por fim, é realizada a limpeza final pós-ensaio (uso de água ou solvente).

### 2.1.3 Ensaio por Ultrassom Automatizado:

O ensaio por ultrassom (US) automatizado é um método não destrutivo, no qual um feixe sônico de alta frequência é introduzido no material a ser inspecionado com o objetivo de detectar descontinuidades internas e superficiais (SANTIN, 2003). Através desse princípio, o som que atravessa o material, é refletido nas interfaces e, consegue-se, assim, detectar e analisar a presença, bem como, a localização de descontinuidades (trincas, laminações, poros, falta de fusão, etc.).

Os aparelhos de ultrassom são constituídos de visores e cabeçotes que permitem ao inspetor emitir e visualizar a intensidade das ondas enviadas/recebidas e, assim, identificar as descontinuidades provenientes do material.

Ainda segundo Santin (2003), o ensaio torna-se vantajoso pelo poder de penetração das ondas e sua alta sensibilidade na detecção de descontinuidades e portabilidade. Entretanto, têm-se como desvantagens a dificuldade na avaliação de peças com formas irregulares e a necessidade de blocos padrões como referência para calibração do aparelho.

#### 2.1.4 Ensaio Radiográfico (RX):

Para Andreucci (2014), a radiografia é um ensaio não destrutivo (END) que se baseia na absorção diferenciada de radiação penetrante quando aplicada em direção a uma peça, detectada por um filme como meio de registro. Essa detecção, é uma imagem projetada do filme radiográfico que representa a "fotografia" interna da peça.

Inclusive Andreucci (2014) relata que a variação da quantidade de radiação absorvida pelo material, devido a diferença de densidade e variações de espessura, permite o diagnóstico da existência de uma falha interna ou defeito no mesmo, ou seja, na parte em que existir a falha, haverá uma menor absorção. Nessas regiões com diferenças de espessura ou densidade a radiação permite detectar com boa sensibilidade os defeitos volumétricos.

Sua vantagem é o registro permanente através dos filmes permitindo uma leitura objetiva quando comparado com outros ensaios avaliados de maneira subjetiva pelo inspetor. Todavia, o uso de fontes radioativas, que são prejudiciais ao ser humano, deve ser realizado de forma especial para com os executantes, público em sua vizinhança e meio ambiente.

## 2.2 Normas NBR 15280-1 e NBR 15280-2

Para a elaboração do projeto de construção e montagem de dutos terrestres, a norma de referência é a NBR 15280-1:2009, a qual oferece as condições e os requisitos mínimos exigidos para a sua constituição, como por exemplo: as tolerâncias, cargas e limites de pressão e temperatura a que um duto está sujeito,

apresentando as classes de pressão, tensões admissíveis, tolerâncias de projeto e valores mínimos de projeto. Além disso, é nela que se encontram os requisitos técnicos para seleção de tubos e componentes de aço-carbono que serão utilizados e/ou inseridos no duto.

Na norma brasileira NBR 15280-2:2005 são definidos os requisitos mínimos necessários para a construção, montagem, condicionamento, ensaio e aceitação de dutos terrestres novos de aço, seus componentes e complementos, visando atender os parâmetros de segurança e saúde dos envolvidos, bem como, os riscos atrelados ao meio ambiente. Assim, ocorre que na NBR 15280-2 (2005), as características, o alto valor do empreendimento e as necessidades operacionais exigem que os trabalhos executados durante a construção e montagem de um duto sejam de alta qualidade.

Nesse documento, a construção e montagem de dutos terrestres deve atender a procedimentos executivos específicos, com ênfase na manutenção e condicionamento do duto, ou seja, fazendo uso de ensaios não destrutivos (END) e testes hidrostáticos (TH), os quais permitirão verificar a integridade física do conjunto (duto e complementos).

Para realização dos END e TH, os inspetores devem ser certificados por entidades acreditadas pelo INMETRO, bem como, atender às exigências do item 5.12 - inspeção após soldagem - da NBR 15280-2:2005, com atenção aos registros de 100% do volume da solda em toda a circunferência.

Por fim, no item 7 da NBR 15280-2:2005 encontram-se todos os requisitos necessários (segurança, meio ambiente, instrumentação, comunicação, uso do perfil topográfico, entre outros) para a realização do ensaio hidrostático de dutos e suas interligações. Também é nesse item que são descritas as orientações de como devem testados os equipamentos (válvulas; lançadores / recebedores de pig, sendo esse pig um instrumento em forma cilíndrica ou esférica utilizado inicialmente com o objetivo de varrer escórias do interior de dutos, etc.), os quais serão incorporados ao duto terrestre (após finalização do processo de TH).

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho aborda um estudo de caso em uma obra de construção e montagem de dutos terrestres no estado do Rio Grande do Norte, unidade federativa do Brasil, realizada entre março/2013 e setembro/2014.

O empreendimento estudado compreende a construção em duas etapas distintas: um oleoduto com diâmetro nominal (DN) de 18 polegadas para transporte de petróleo com aproximadamente 55,6 km e um oleoduto com diâmetro nominal (DN) de 26 polegadas para transporte de petróleo totalizando aproximadamente 54,4 km, ambos interligados em uma estação central, ligando diversas estações alimentadoras de petróleo a uma refinaria.

Visto isso, os relatórios das atividades executadas no que tange às inspeções das soldas juntamente com os relatórios dos testes de segurança iniciais no duto e nos equipamentos estáticos, foram as fontes de dados que conferiram os meios de análise para a pesquisa apresentada.

### 4 DESENVOLVIMENTO

Antes do acoplamento e soldagem entre os tubos, suas extremidades (interna e externa) passaram por inspeção através do ensaio visual, no intuito de verificar a existência de descontinuidades como: defeitos de laminação, mossas, “adoçamento”, entalhes e outras descontinuidades superficiais, as quais, quando presentes podem ser eliminadas por desbaste ou esmerilhamento, desde que apresente profundidade máxima de 2 mm; no caso de profundidades superiores, promove-se a retirada de um anel que compreenda a região defeituosa. Finalizado o processo de soldagem entre os tubos, o inspetor de solda nível I verificou o estado da solda e, posteriormente, emitiu o laudo técnico.

Terminado os processos de soldagem no duto, 100% de suas soldas passaram por ensaios de ultrassom automatizado para atestar a condição estrutural da solda, com apresentação dos relatórios.



Durante a execução dos ensaios foram constatadas descontinuidades em algumas soldas, as quais foram devidamente eliminadas, atendendo, dessa maneira, os critérios de qualidade previstos em projeto. Os ensaios visuais de solda, líquido penetrante e ultrassom foram refeitos, conforme a Figura 1, para assegurar que os defeitos previamente detectados foram eficientemente eliminados.



Figura 1 - Ensaios visual de solda, ultrassom automatizado e líquido penetrante.

Nos oleodutos ocorrem as confecções de lançadores de pig (LP) e receptores de pig (RP) – equipamentos utilizados para a manutenção (limpeza e inspeção) do ativo – os quais são instalados em suas extremidades como itens para futuras manutenções do ativo. No empreendimento, tais complementos foram fabricados e inspecionados utilizando-se os ensaios não destrutivos (EVS, LP, US e Raios-X), para a garantia da integridade das soldas e do conjunto.

Além disso, os mesmos passaram por teste hidrostático para averiguar as condições da solda e estanqueidade do conjunto como visto na Figura 2.



Figura 2. Teste hidrostático nos LP/RP: Lançadores de 26 pol. e 18 pol.

Para o condicionamento do duto terrestre, fez-se o uso do item 7 da norma NBR 15280-2, dando atenção especial à segurança dos envolvidos através do isolamento e sinalização da área.

No perfil topográfico da linha de diâmetro nominal (DN) 18 polegadas, visto pela Figura 3, foi observado uma grande variação de altitude, cerca de 260 metros entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo, no trajeto do duto terrestre. Essa variação dificultou o trabalho de teste hidrostático a ser executado, mas fora vencida fazendo uso de bombas em série para impulsionar a coluna de água no duto.

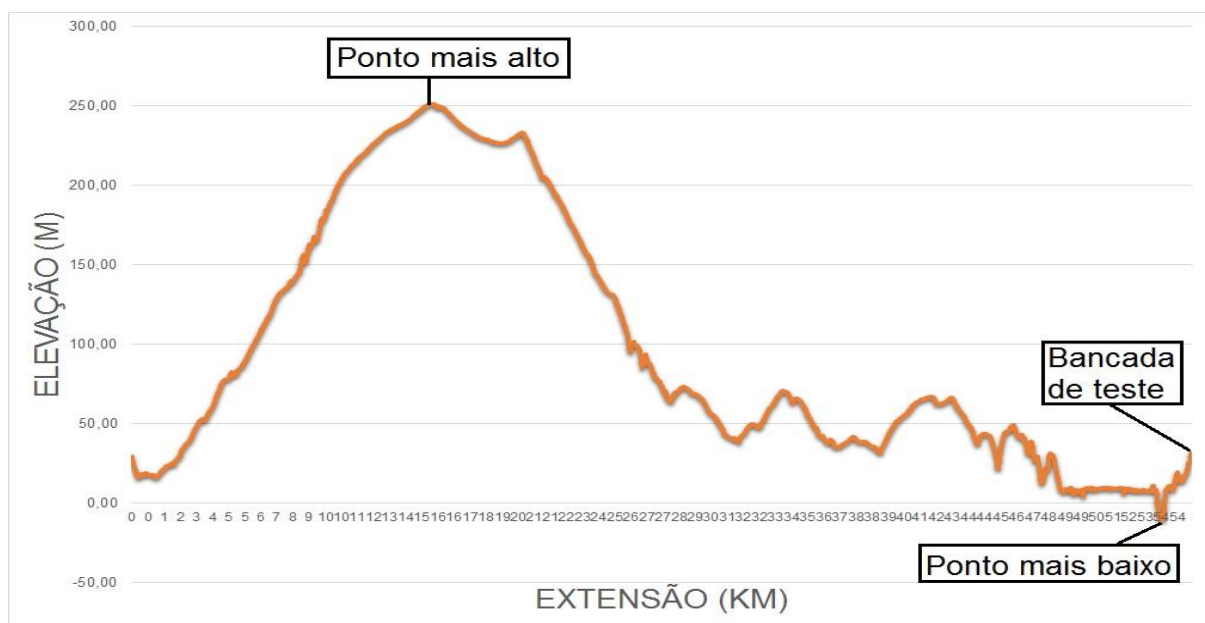


Figura 3: Perfil topográfico do oleoduto de DN 18 pol.

Conforme critérios da norma NBR 15280-1, foram obtidas as pressões necessárias para a avaliação da resistência mecânica e da estanqueidade, como informado na Tabela 1, de acordo às exigências da NBR 15280-2.

**Tabela 1** - Pressões de teste hidrostático do duto DN 18 pol.

Item	Pressões Mínima / Máxima (MPa)		
	Ponto alto	Ponto baixo	Bancada
Resistência Mecânica	9,81 - 14,01	10,04 - 14,24	10,04 - 14,31
Estanqueidade	8,83 - 12,98	9,16 - 13,06	9,15 - 12,75

Fonte: Elaborado pelo autor

Em contrapartida, o perfil topográfico da linha de diâmetro nominal (DN) 26 polegadas, mostrada na Figura 4, indicou pequenas variações de altitude, ou seja, um perfil muito próximo a ser considerado plano e de melhor execução do teste hidrostático.

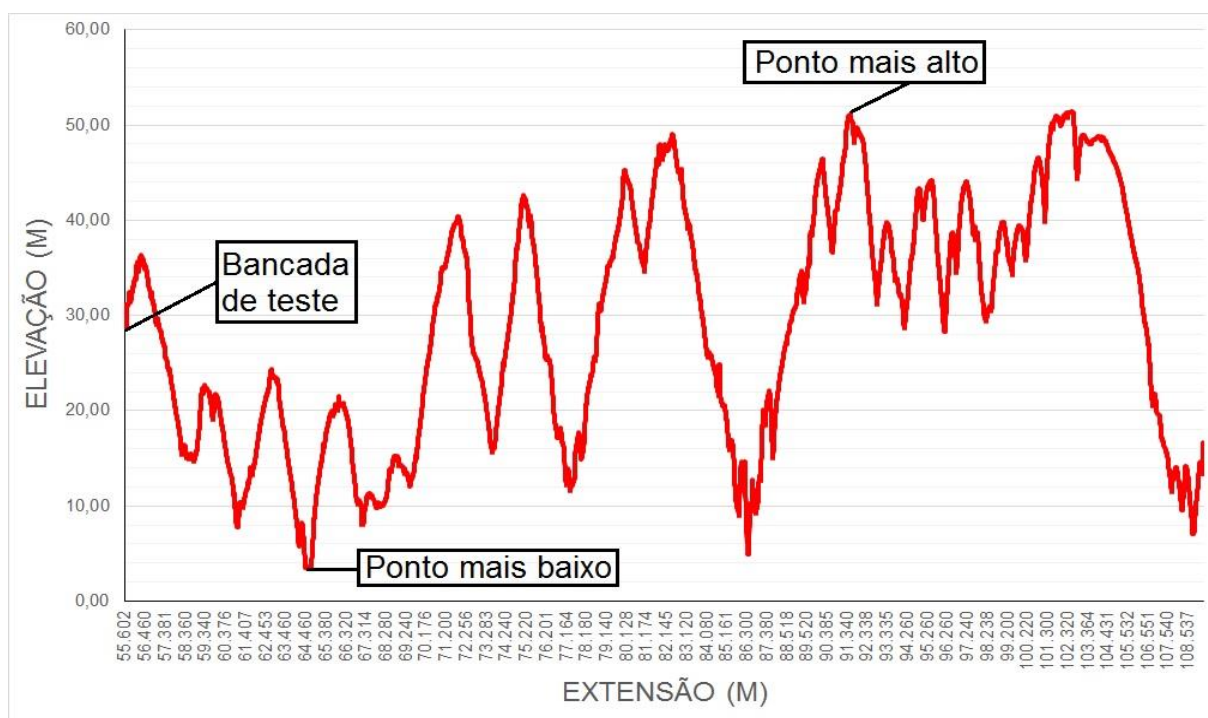


Figura 4: Perfil topográfico do oleoduto de DN 26 pol.

Utilizando-se dos mesmos critérios da norma NBR 15280-1, obteve-se as pressões necessárias para a avaliação da resistência mecânica e da estanqueidade, Tabela 2, segundo às exigências da NBR 15280-2.

**Tabela 2** - Pressões de teste hidrostático do duto DN 26 pol.

Item	Pressões Mínima / Máxima (MPa)		
	Ponto alto	Ponto baixo	Bancada
Resistência Mecânica	10,40 - 12,06	10,89 - 12,55	10,59 - 12,26
Estanqueidade	6,37 - 12,06	6,86 - 12,55	6,67 - 12,26

Fonte: Elaborado pelo autor

As atividades foram divididas em duas etapas: inicialmente a linha de DN 26 pol., em seguida a linha de DN 18 pol., conforme Figura 5. Como sendo uma atividade de risco, foram elaborados procedimentos e planos contendo a composição de equipe, ferramentas e materiais, instrumentos de medição (medidores de vazão, manômetros, termômetros, etc.) calibrados e operando em perfeito estado, bem como, requisitos de segurança, meio ambiente e saúde (SMS) e comunicação interdepartamental, no intuito de preservação de todos os envolvidos.



Figura 5: Teste hidrostático do oleoduto de DN 26 pol.

Durante as atividades descritas (ensaios não destrutivos e testes hidrostáticos), relatórios foram emitidos para registrar e comprovar a execução e montagem dos oleodutos, bem como, para atendimento às futuras consultas por parte do cliente.

## 5 RESULTADOS

Os ensaios utilizados (EVS e US) no duto, conforme Tabela 3, garantiram que as soldas foram confeccionadas corretamente, não oferecendo risco de vazamentos quando da entrada em operação.

Tabela 3. Desempenho dos ENDS nas Soldas do Duto

Item	Oleoduto DN 18 pol.		Oleoduto DN 26 pol.		Total (un)
	EVS (un)	US (un)	EVS (un)	US (un)	
<b>Ensaio Realizados</b>	4.792	4.792	4.704	4.764	9.556
<b>Soldas Reprovadas</b>	0	234	0	266	500
<b>Índice de Reparo</b>	0,00%	4,88%	0,00%	5,58%	5,23%

Fonte: Elaborado pelos autores

A aplicabilidade do uso desses dois ensaios se deve à necessidade de complementação da efetividade de um perante o outro. Isso se deu em virtude de não existir nenhuma reprovação pelo EVS. Em contrapartida, no ensaio por US foram encontradas 500 (quinhentos) soldas defeituosas de um total de 9.556 (nove mil, quinhentos e cinquenta e seis) soldas realizadas, acarretando desperdício de material, custo com mão-de-obra e equipamentos necessários para a realização do retrabalho nas soldas reparadas.

Apesar dos retrabalhos, o índice de reparo geral foi reduzido pela metade frente ao esperado pelo cliente (não superior a 10,00% do volume total de soldas executadas), evidenciando-se o controle da gestão da manutenção aplicada de maneira estratégica com o uso das ferramentas, o que permitiu uma aceleração de execução do empreendimento e entrega do mesmo ao cliente.

Na Tabela 4 são encontrados os quantitativos de ensaios (LP, US e Raios-X) realizados para a construção e montagem dos lançadores e receptores de pig (LRPs). De acordo com os dados obtidos, observa-se que em virtude das não reprovações por nenhum dos ensaios não destrutivos realizados, as soldas foram executadas com precisão, ou seja, livres de defeitos durante sua execução.

Tabela 4. Desempenho dos ENDS nas Soldas dos LRPs

Item	LRPs do Oleoduto DN 18 pol.			LRPs do Oleoduto DN 26 pol.		
	LP (un)	US (un)	RAIO-X (un)	LP (un)	US (un)	RAIO-X (un)
<b>Ensaios Realizados</b>	106	28	8	113	32	12
<b>Soldas Reprovadas</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Índice de Reparo</b>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fonte: Elaborado pelos autores

Por fim, concluídos os ensaios não-destrutivos, o duto terrestre fora consolidado com os testes de segurança iniciais (testes hidrostáticos). Para isso, o processo obedeceu aos critérios (verificação de suas resistências mecânicas e de suas estanqueidades) estabelecidos na norma NBR 15280-2 como pode-se observar nos gráficos das Figura 6-A e 6-B.

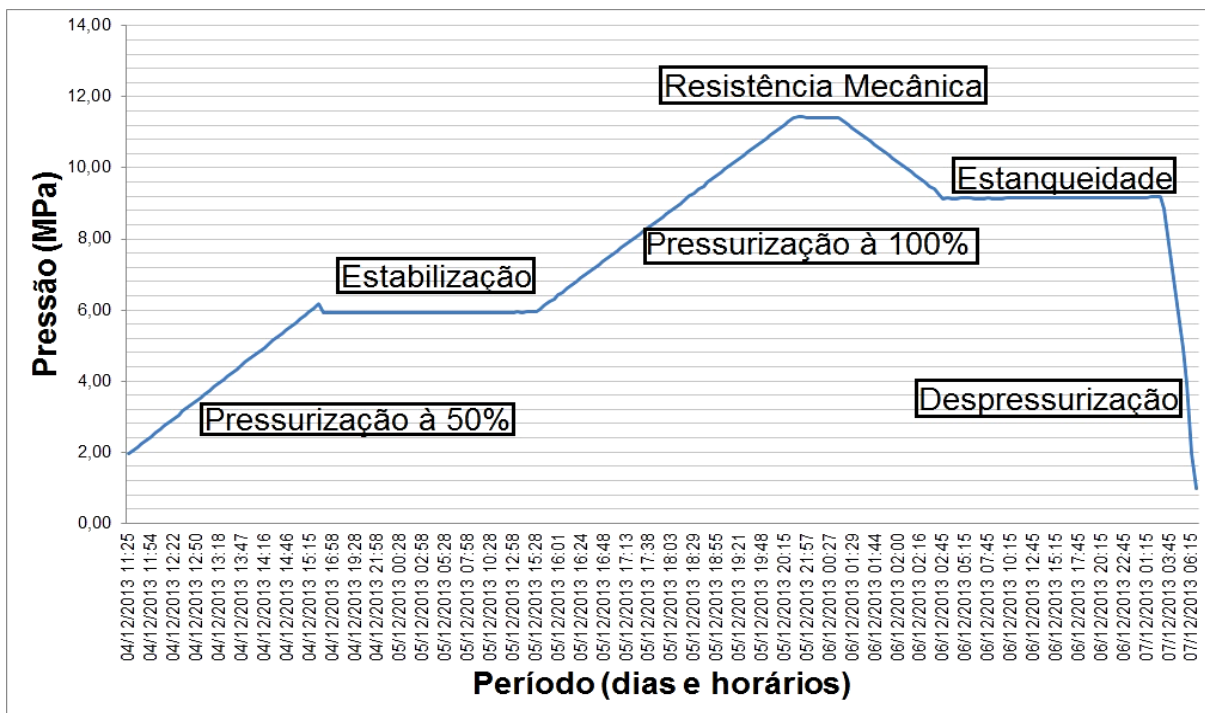


Figura 6-A. Gráfico do Teste Hidrostático no oleoduto de DN 26 pol.

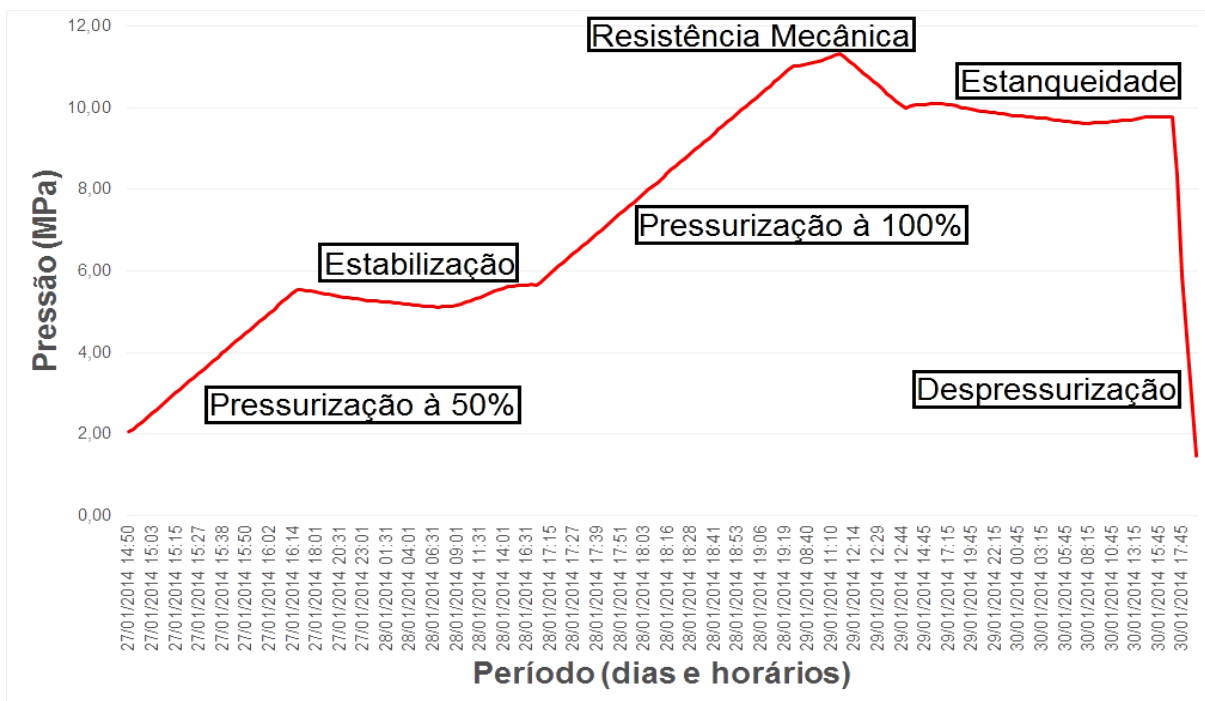


Figura 6-B. Gráfico do Teste Hidrostático no oleoduto de DN 18 pol.

Por fim, após os testes, os equipamentos (duto terrestre e lançadores e recebedores de pig) encontram-se aptos a operar na transferência do fluido dentro das margens de segurança do projeto, garantindo sua integridade e reduzindo os riscos à sociedade e ao meio ambiente.

## 6 CONCLUSÃO

A gestão da manutenção preventiva em conjunto com a obtenção dos bons desempenhos alcançados pela aplicação das ferramentas de manutenção (EVS, LP, US e RX) permitiu concluir que sua condição estratégica é de suma importância para a construção e montagem de dutos terrestres. Isso foi possível pelo planejamento das atividades (uso dos ensaios não destrutivos e realização dos testes hidrostáticos) na contribuição de aceleração da entrega do empreendimento em condições operacionais.

Tudo isso se deu porque as ferramentas de manutenção juntamente com o condicionamento (testes hidrostáticos), serviram como mecanismos de suporte para a efetividade de garantia da integridade construtiva de todo o conjunto (duto e lançadores/recebedores de pig), conferindo confiabilidade operacional ao equipamento, dentro da qualidade exigida pelo cliente, com prioridade na prevenção de acidentes.

Assim, atingiu-se o objetivo da revisão bibliográfica dos temas abordados, desenrolando-os no que se concerne ao ambiente da obra de construção e montagem de dutos terrestres, fazendo uso do monitoramento e controle das atividades de inspeção e atendendo à necessidade do cliente - transportar o fluido por um “canal” confiável e fora de riscos.



**MANAGEMENT OF PREVENTIVE MAINTENANCE IN CONSTRUCTION AND ASSEMBLY OF ONSHORE PIPELINES:** case study of the use of maintenance tools for static equipment.

Danilo Magno Mendes

Manoel Teodoro Belitardo Pereira

**ABSTRACT**

Nowadays, organizations make use of petroleum products, however their transport through land pipelines need care in the preparation of the project and in the construction process. Soon, inclusion of the management of preventive maintenance for static equipment along with the maintenance tools seeks to provide greater reliability and promote the extended operation to transport oil, eliminating the risks to humans and to environment. Seen it, the aim of this study is to analyze how the management of preventive maintenance and the use of maintenance tools and standards contribute to attest the operational reliability of onshore pipelines.

**Keywords:** Preventive Maintenance. Tools Maintenance. Onshore pipelines.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade*. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15280-1: Dutos Terrestres Parte 1: Projeto*. Rio de Janeiro, 2011. 75 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15280-2: Dutos Terrestres Parte 2: Construção e montagem*. Rio de Janeiro, 2005. 84 p.

ANDREUCCI, Ricardo. *Ensaio por Líquidos Penetrantes*. Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos (Abendi), 2010. 71 p.

ANDREUCCI, Ricardo. *A Radiologia Industrial*. Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos (Abendi), 2014. 129 p.

KARDEC, Alan. *Manutenção: função estratégica*. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009. 384 p.

MISHAWAKA, Victor e OLMEDO, N. L. *Manutenção - Combate aos Custos da Não Eficácia - A vez do Brasil*. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1993. 373 p.

PETROBRAS, Norma N-1597 F: *Ensaio Não-Destrutivo Visual*. Rio de Janeiro, 2011.

SANTIN, Jorge Luiz. *Ultra-som: técnica e aplicação*. 1. ed. Curitiba: Optagraf Gráfica e Editora, 2003. 276 p.

XENOS, Harilaus Georgius D' Plhilippos. *Gerenciando a manutenção produtiva*. 2. ed. Nova Lima: Editora Falconi, 2004. 312 p.