



ESTRATÉGIAS E TÉCNICAS PARA PLANO DE MANUTENÇÃO DE TANQUES DE ARMAZENAMENTO DE COMBUSTÍVEIS

Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica: Antonio Carlos Mariano Neto
Docente Orientador do Curso de Engenharia Mecânica: Cleiton Silvano Goulart

Universidade de Uberaba – Uniube, Uberaba – MG, Brasil
E-mail do autor correspondente: tom.marianoneto@edu.uniube.br

RESUMO

Este artigo investiga estratégias e técnicas voltadas para a elaboração de planos de manutenção de tanques de armazenamento de combustíveis, com foco na inspeção externa e interna, além de medidas anticorrosivas, como pintura e proteção estrutural. A corrosão, um processo natural e inevitável, é um dos principais desafios enfrentados nesse contexto, pois seus impactos vão além do desgaste físico, afetando a segurança operacional e o meio ambiente. Por meio de um estudo de caso realizado em um tanque de armazenamento de etanol, foram aplicados métodos modernos de manutenção, incluindo técnicas de inspeção não destrutiva, como ultrassom e partículas magnéticas, jateamento abrasivo e análise de integridade estrutural. Essas práticas permitiram identificar problemas críticos de corrosão, determinar o nível de comprometimento das superfícies metálicas e aplicar soluções adequadas para prevenir danos futuros. Os resultados confirmam que um plano de manutenção bem estruturado não só preserva a funcionalidade e a vida útil dos equipamentos, mas também reduz custos operacionais, previne vazamentos e diminui riscos ambientais. Assim, este estudo destaca a importância de adotar estratégias preventivas e corretivas alinhadas às normas técnicas, evidenciando a relevância da engenharia na segurança e na eficiência de operações industriais envolvendo tanques de armazenamento.

Palavras-chave: Tanques de armazenamento, Corrosão, Manutenção, Inspeção.

ABSTRACT

This article investigates strategies and techniques for developing maintenance plans for fuel storage tanks, focusing on external and internal inspections, as well as anticorrosive measures such as painting and structural protection. Corrosion, a natural and unavoidable process, poses significant challenges, as its impacts extend beyond physical degradation, affecting operational safety and the environment. Through a case study conducted on an ethanol storage tank,

modern maintenance methods were applied, including non-destructive inspection techniques such as ultrasound and magnetic particle testing, abrasive blasting, and structural integrity analysis. These practices enabled the identification of critical corrosion issues, assessment of surface degradation, and implementation of effective solutions to prevent future damage. The results confirm that a well-structured maintenance plan not only preserves the functionality and lifespan of equipment but also reduces operational costs, prevents leaks, and mitigates environmental risks. This study highlights the importance of adopting preventive and corrective strategies aligned with technical standards, emphasizing the role of engineering in ensuring safety and efficiency in industrial operations involving storage tanks.

Keywords: Storage tanks, Corrosion, Maintenance, Inspection.

1. INTRODUÇÃO

A operação de tanques de armazenamento de etanol em uma empresa localizada no Triângulo Mineiro destacou, após dez anos de uso, a necessidade de um plano consistente de inspeção e manutenção. Esses tanques desempenham papel crucial na logística de recebimento, transporte e armazenamento, mas a ausência de manutenção preventiva pode comprometer sua integridade estrutural, resultando em riscos ambientais, operacionais e financeiros. Vazamentos de combustíveis podem causar danos significativos ao solo e à saúde dos trabalhadores envolvidos, como evidenciado por acidentes históricos, incluindo as explosões em Cubatão e Guadalajara, que resultaram em graves perdas humanas e materiais. Assim, este estudo propõe soluções práticas e técnicas para a elaboração de um plano de manutenção eficaz, abordando desde a identificação dos tipos de corrosão até medidas preventivas e corretivas para garantir a segurança e a eficiência operacional.

A justificativa para esse estudo reside na crescente necessidade de disseminar práticas de manutenção alinhadas às melhores práticas do setor e às normas regulatórias, como API 653 e ABNT NBR 17505. A negligência nesse tipo de infraestrutura pode acarretar não apenas prejuízos financeiros, mas também impactos significativos ao meio ambiente e à segurança humana. Um plano de manutenção adequado é essencial para preservar a vida útil dos ativos, assegurar a operação em conformidade com as exigências legais e reduzir riscos de acidentes. Dessa forma, este artigo busca consolidar o conhecimento técnico-científico necessário para a adoção de medidas assertivas e seguras, contribuindo para a sustentabilidade e a rentabilidade das operações industriais.

Neste contexto, o objetivo do trabalho é desenvolver um plano abrangente de inspeção e manutenção para tanques de armazenamento de combustíveis, detalhando etapas essenciais como inspeção externa e interna, retirada do tanque de operação, hidrojateamento, jateamento abrasivo, pintura protetiva e arqueação, respondendo aos desafios impostos pela corrosão. Além disso, o estudo busca analisar de forma teórica os tipos de tanques e formas de corrosão, realizar estudos das técnicas de inspeção e manutenção reguladas por

normas como API 653 e ABNT NBR 17505, e avaliar a integridade do ativo antes e após os processos aplicados, garantindo uma operação sustentável e segura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tanques de Armazenamento de Combustíveis

Os tanques de armazenamento de combustíveis desempenham um papel crucial na logística industrial, garantindo o armazenamento seguro e eficiente de produtos líquidos como derivados de petróleo. Essas estruturas são projetadas para operar em condições controladas, minimizando riscos ambientais e perdas de produto. No Brasil, a norma ABNT NBR 7821 estabelece os critérios técnicos para a construção, instalação e operação desses tanques, incluindo especificações de materiais, dimensões e procedimentos de teste. Essa regulamentação é essencial para padronizar a operação, garantir a segurança e assegurar a conformidade com normas ambientais e industriais. Além disso, os tanques são frequentemente equipados com dispositivos de segurança e monitoramento, como válvulas de alívio e sistemas de controle de pressão, que aumentam a confiabilidade operacional.

Os tanques podem ser classificados em diferentes categorias, com base no tipo de teto. Os tanques de teto flutuante são amplamente utilizados para armazenar líquidos voláteis, uma vez que sua estrutura minimiza significativamente as perdas por evaporação. Esse tipo de tanque apresenta tetos que flutuam diretamente sobre a superfície do líquido, acompanhando sua movimentação. Já os tanques de teto fixo são mais adequados para produtos menos voláteis e apresentam custos de construção relativamente menores. Por outro lado, os tanques sem teto, geralmente utilizados para armazenar água bruta ou produtos não inflamáveis, são menos complexos, mas demandam cuidados específicos para evitar contaminações externas.

A escolha do tanque mais adequado depende de fatores como características do produto armazenado, condições ambientais, requisitos de segurança e custos operacionais. Além disso, acessórios como bocais de inspeção, sistemas de drenagem e dispositivos de medição são componentes fundamentais para a manutenção e operação eficiente desses tanques. A instalação de acessórios bem projetados facilita as inspeções periódicas, reduz os riscos operacionais e melhora a eficiência da manutenção preventiva. Assim, o planejamento cuidadoso e a escolha apropriada de tanques e acessórios desempenham um papel essencial na gestão segura e econômica dos produtos armazenados.

2.2 Corrosão

A corrosão é um fenômeno natural que ocorre devido à interação de metais com o ambiente, resultando em sua degradação progressiva. Em tanques de armazenamento, esse processo é agravado por fatores como exposição a atmosferas úmidas, variações de temperatura e contato com produtos químicos agressivos. Essa degradação pode se manifestar de diversas formas, incluindo corrosão uniforme, por pite e alveolar. Cada tipo apresenta características específicas que influenciam diretamente na integridade estrutural do tanque.

Além das perdas físicas do material, a corrosão pode causar vazamentos de produtos perigosos, resultando em sérios impactos ambientais, operacionais e financeiros. Por isso, sua prevenção é essencial para a segurança e a eficiência das operações.

A identificação precoce dos danos causados pela corrosão é um aspecto crítico da manutenção de tanques. Métodos de monitoramento, como ensaios não destrutivos, desempenham um papel vital nesse contexto. Técnicas como ultrassom, partículas magnéticas e líquido penetrante permitem detectar irregularidades e falhas estruturais antes que se tornem catastróficas. A utilização dessas tecnologias não apenas prolonga a vida útil dos tanques, mas também minimiza os custos operacionais e previne acidentes. Dessa forma, a corrosão, apesar de inevitável, pode ser gerenciada de maneira eficaz por meio de estratégias proativas de monitoramento e manutenção.

2.3 Métodos Anticorrosivos

A aplicação de métodos anticorrosivos é fundamental para proteger tanques de armazenamento contra os efeitos da corrosão. Dentre as opções, a pintura industrial se destaca por sua ampla utilização, especialmente com tintas à base de resina epóxi. Essas pinturas funcionam como uma barreira física entre o metal e o ambiente, prevenindo o contato com agentes corrosivos. Além disso, sua aplicação é relativamente simples, o que torna esse método uma escolha prática e econômica. O uso de múltiplas camadas de revestimento aumenta a durabilidade do tanque, garantindo maior resistência ao longo do tempo.

Outro método amplamente utilizado é a proteção catódica, que protege os metais ao transformá-los em cátodos em um circuito eletroquímico. Esse processo pode ser implementado por meio de correntes impressas ou eletrodos de sacrifício, sendo eficaz em tanques expostos a ambientes agressivos, como atmosferas salinas. A proteção catódica é especialmente relevante para áreas do tanque que apresentam maior risco de corrosão, como o fundo e as junções.

Inibidores de corrosão também são aplicados em alguns casos, atuando diretamente no meio corrosivo para reduzir a velocidade do processo. Esses agentes químicos são frequentemente usados em tanques que armazenam líquidos específicos ou que operam em ambientes particularmente agressivos. A escolha do método mais adequado depende de fatores como o tipo de produto armazenado, as condições ambientais e os requisitos de manutenção, garantindo proteção eficaz e econômica.

2.4 Inspeções

As inspeções regulares são uma das principais estratégias para garantir a segurança e a integridade estrutural dos tanques de armazenamento. Essas inspeções permitem a detecção precoce de falhas ou danos causados por corrosão, esforços mecânicos e outros fatores. A inspeção externa inclui a análise do costado, do teto e dos acessórios, avaliando aspectos como corrosão visível, deformações e desgastes. Já a inspeção interna concentra-se em componentes críticos, como o fundo do tanque, áreas de solda e junções. A realização dessas análises é essencial para identificar problemas estruturais

antes que comprometam a operação, prevenindo vazamentos e outros incidentes que podem impactar negativamente a segurança e o meio ambiente.

Entre os métodos utilizados nas inspeções, destacam-se os ensaios não destrutivos, que permitem avaliar a integridade do material sem causar danos. O ensaio por partículas magnéticas, por exemplo, é eficaz para detectar descontinuidades superficiais em materiais ferromagnéticos. Já o ultrassom é amplamente utilizado para medir a espessura do material e localizar defeitos internos, como trincas ou corrosão localizada. O líquido penetrante, por sua vez, é uma técnica simples e eficaz para identificar fissuras superficiais em áreas de difícil acesso. Esses métodos fornecem informações precisas para embasar decisões de manutenção e reparo.

A inspeção detalhada e contínua dos tanques de armazenamento prolonga sua vida útil e aumenta a eficiência operacional. Ao identificar áreas críticas e realizar as correções necessárias, é possível evitar custos elevados com reparos emergenciais e reduzir os riscos associados à operação. Além disso, a conformidade com normas regulatórias, como API 653 e ABNT NBR 17505, assegura que as inspeções sejam realizadas de forma padronizada e eficiente. Assim, as inspeções regulares não apenas preservam a integridade física dos tanques, mas também promovem segurança, confiabilidade e sustentabilidade nas operações industriais.

2.5 Arqueação

A arqueação consiste no processo de medição volumétrica de tanques de armazenamento, essencial para determinar a capacidade exata de armazenamento e para assegurar a precisão das operações de carregamento e descarregamento de combustíveis. Regulamentada pela Portaria Inmetro nº 171/2018, essa prática requer o uso de equipamentos de alta precisão, como instrumentos de medição certificados e técnicas padronizadas que garantam a confiabilidade dos cálculos. Durante a arqueação, são realizados cálculos volumétricos detalhados, considerando fatores como deformações do tanque e condições operacionais, assegurando a medição exata e a eficiência na logística de produtos armazenados.

Além de sua importância operacional, a arqueação desempenha um papel vital na prevenção de perdas econômicas e riscos ambientais. Erros na medição podem levar a falhas no controle do inventário, comprometendo o faturamento e resultando em prejuízos financeiros significativos. Também contribui para a segurança operacional, reduzindo riscos de transbordo ou manipulação inadequada de produtos perigosos. Assim, a arqueação não apenas promove a eficiência das operações, mas também fortalece a sustentabilidade e a confiabilidade das atividades industriais, sendo indispensável para a gestão segura e eficiente de tanques de armazenamento.

3. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido com base em um plano abrangente de manutenção aplicado a um tanque de armazenamento de etanol carburante, construído em aço carbono ASTM A-36 e com capacidade volumétrica de 6.000 m³. O tanque, em operação contínua desde 2014, foi selecionado para este

estudo devido à identificação de sinais iniciais de corrosão que poderiam comprometer sua integridade estrutural. As etapas seguiram um protocolo detalhado, alinhado às normas API 653, API 650, ABNT NBR 17505, e à Portaria Inmetro nº 171/2018, para assegurar a precisão dos procedimentos, a segurança operacional e a conformidade com regulamentações.

3.1 Inspeção Externa

A inspeção externa consistiu em uma análise visual inicial para identificar falhas visíveis na pintura, deformações no costado, irregularidades na bacia de contenção e desgastes nos acessórios do tanque. Equipamentos como drones para captura de imagens detalhadas e medições digitais podem ser utilizados para mapear áreas críticas. Além disso, foi empregada a técnica de ultrassom para analisar a espessura das chapas. Este diagnóstico foi fundamental para priorizar os pontos que necessitavam de maior atenção durante a inspeção interna.

3.2 Retirada do Tanque de Operação

Após a análise externa, o tanque foi desativado de forma controlada. O processo incluiu o bloqueio de todas as energias perigosas e a realização de degasagem com ventilação forçada para remover vapores inflamáveis, conforme as normas NR-33 e NR-13. Em seguida, o fundo do tanque foi limpo mecanicamente para remoção de lodo metálico e resíduos acumulados ao longo do tempo. Essa etapa assegurou a segurança dos colaboradores e permitiu a realização das inspeções internas com maior assertividade.

3.3 Inspeção Interna

A inspeção interna foi realizada com o auxílio de ensaios não destrutivos (END), incluindo ultrassom para medição de espessura das chapas e detecção de corrosão localizada, líquidos penetrantes para identificação de microfissuras em áreas críticas e partículas magnéticas para localizar corrosão não visível a olho nu, especialmente em áreas de difícil acesso, como soldas e junções. Todas as medições foram registradas em um software especializado, permitindo uma análise detalhada e comparativa dos dados.

3.4 Jateamento Abrasivo e Preparação da Superfície

O processo de jateamento abrasivo foi conduzido para remover completamente os resíduos de corrosão e preparar a superfície metálica para a pintura. Foram utilizadas partículas metálicas de granulometria controlada, garantindo que a rugosidade da superfície atendesse aos padrões ISO 8501-1 e ISO 8503-1. Após o jateamento, a superfície foi inspecionada quanto à limpeza, salinidade residual, poeira e rugosidade, utilizando métodos como fitas de réplica e detectores de sais. Apenas após a certificação da qualidade da preparação, a etapa seguinte foi iniciada.

3.5 Aplicação de Pintura Protetiva

A pintura protetiva foi realizada utilizando revestimentos à base de resina epóxi, aplicados em múltiplas camadas para maximizar a resistência à corrosão

e aumentar a durabilidade. A aplicação foi monitorada em todas as etapas, com verificações de espessura da película seca (DFT) e aderência da tinta por meio de ensaios de pino de tração. Esse controle rigoroso garantiu que o revestimento atendeu aos padrões exigidos pelas normas ABNT e API.

3.6 Análise Pós-Manutenção

Após a conclusão das etapas de manutenção, foi realizada uma análise detalhada para validar a integridade do tanque. Novos ensaios não destrutivos foram conduzidos para confirmar a ausência de defeitos estruturais e garantir que o tanque estava em conformidade com as normas técnicas aplicáveis. Além disso, uma arqueação volumétrica foi executada para recalibrar as medições e assegurar a precisão operacional.

3.7 Resultados e Impactos

Esse estudo de caso demonstrou que a implementação de um plano sistemático e normativo de manutenção preventiva e corretiva é essencial para prolongar a vida útil de tanques de armazenamento. A metodologia aplicada não apenas mitigou os riscos de falhas estruturais, mas também reduziu os custos de manutenção a longo prazo e garantiu a segurança ambiental e operacional. A integração de tecnologia avançada, como drones e softwares de análise, reforçou a eficiência do processo, trazendo contribuições significativas para a área de manutenção industrial.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de detalhar os resultados da inspeção externa, é importante ressaltar o papel crucial das inspeções regulares na manutenção da integridade dos tanques de armazenamento. Esses processos permitem a identificação precoce de falhas estruturais ou desgastes, proporcionando uma base para intervenções corretivas ou preventivas antes que problemas mais graves ocorram. No caso deste estudo, as inspeções foram realizadas com equipamentos de alta precisão, garantindo medições confiáveis e detalhadas sobre o estado físico do tanque. Esse enfoque proativo, aliado ao cumprimento de normas como API 653 e ABNT NBR 17505, reforça a segurança operacional e reduz custos com reparos emergenciais. A metodologia empregada visou abranger tanto os componentes visíveis quanto as áreas de difícil acesso, assegurando uma análise completa.

As técnicas utilizadas incluíram inspeções visuais e ensaios não destrutivos, como ultrassom e partículas magnéticas, permitindo uma avaliação precisa das condições externas do tanque. A análise abrangeu elementos estruturais como costado, teto, bacia de contenção e acessórios, verificando desgastes, oxidações superficiais e eventuais deformações. Esses dados serviram de base para as intervenções subsequentes e forneceram um panorama abrangente das condições externas do tanque, facilitando o planejamento da manutenção e garantindo a conformidade com os padrões técnicos e regulatórios.

4.1 Inspeção Externa

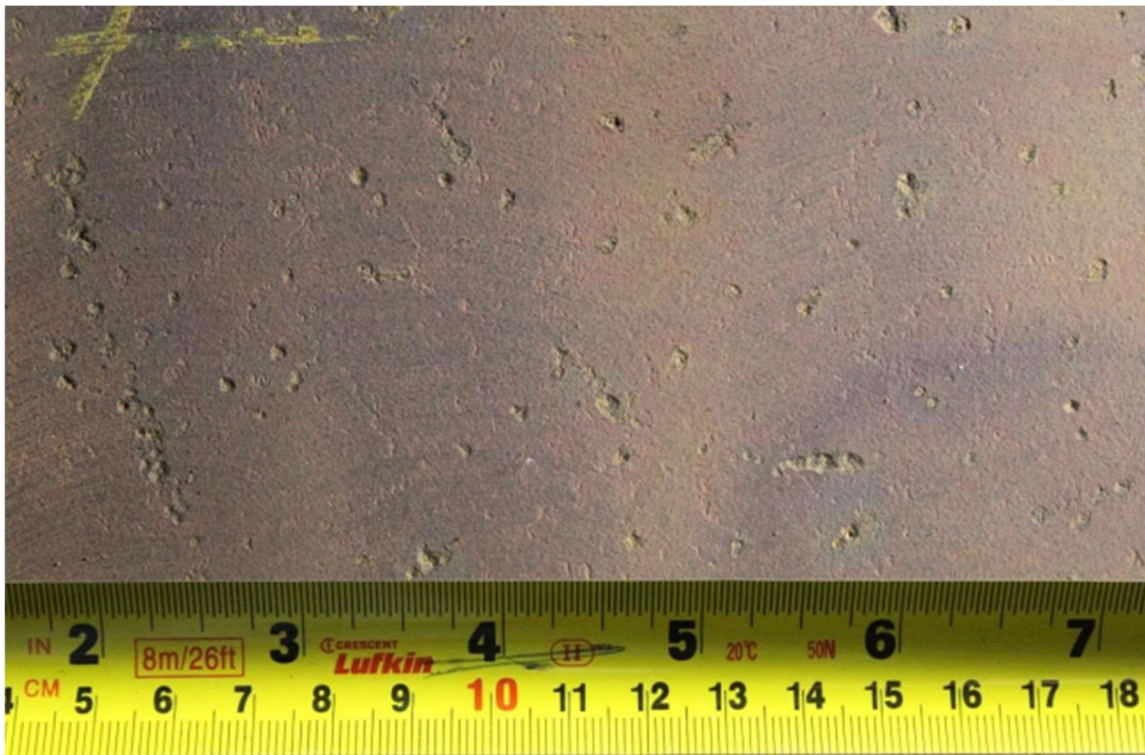
Os resultados da inspeção externa indicaram que o tanque apresentava condições gerais satisfatórias em seus componentes estruturais visíveis. A análise visual do costado, teto e acessórios, como válvulas e conexões, revelou que a pintura externa estava preservada em grande parte das superfícies, com pequenas áreas de desgaste. Utilizando os critérios da norma ASTM D610, o costado foi avaliado com uma classificação de "9 S 0,03%", indicando níveis mínimos de oxidação superficial.

Além disso, os ensaios de ultrassom confirmaram que as espessuras das chapas metálicas permaneciam dentro dos limites de segurança operacionais, comprovando a ausência de corrosão significativa que comprometesse a estabilidade estrutural. Elementos complementares, como escadas, plataformas de acesso e passadiços, foram avaliados quanto à integridade física e considerados seguros para uso contínuo, mas recomendações foram feitas para inspeções futuras mais frequentes desses itens.

4.2 Inspeção Interna

A inspeção interna revelou a presença de corrosão uniforme e por pitting, concentrada principalmente no fundo. A corrosão por pitting foi avaliada com profundidades variando entre 0,2 e 1,5 mm, indicando diferentes estágios do processo corrosivo, conforme mostrado na **Figura 1**.

Figura 1 - Amostragem de verificação de corrosão por pitting



Fonte: Autor (2024).

O acúmulo de lodo metálico, formado por partículas sedimentadas ao longo do tempo, foi identificado como um fator agravante para a corrosão localizada. Uma amostra do lodo metálico foi coletada para análise externa para

identificar e quantificar os constituintes diretos ou indiretos dos processos corrosivos. Ensaios de líquidos penetrantes e ultrassom foram aplicados para avaliar a extensão das irregularidades e confirmar a integridade das chapas metálicas. Os resultados apontaram que, apesar da corrosão detectada, as chapas mantinham espessuras aceitáveis para a operação segura, porém necessitavam de intervenção para evitar agravamentos futuros. A análise destacou a importância de melhorias no sistema de filtragem do tanque, de modo a minimizar a entrada de contaminantes que aceleram os processos corrosivos.

4.3 Preparação da Superfície e Revestimento

O jateamento abrasivo foi realizado utilizando partículas metálicas com granulometria controlada, garantindo que a superfície atingisse os padrões Sa 2½, conforme especificado na ISO 8501-1 e **Figura 2**.

Figura 2 - Padrão visual de chapa de fundo após jateamento



Fonte: Autor (2024).

A rugosidade média foi avaliada em 80 µm, proporcionando uma base adequada para a aplicação do revestimento protetivo. Os testes de salinidade e poeira, realizados de acordo com as normas ISO 8502-6, ISO 8502-9 e ISO 8502-3, confirmaram a limpeza ideal da superfície antes da aplicação da tinta. A pintura protetiva foi aplicada com equipamentos de pulverização Airless, utilizando revestimentos à base de resina epóxi em múltiplas camadas. A espessura média das camadas foi de 579 µm, medida por ensaios não destrutivos, atendendo plenamente às normas da ABNT NBR 15877. Ensaios de aderência realizados com pinos de tração registraram valores médios de 23,65 MPa, confirmando a eficácia e durabilidade do revestimento.

4.4 Análise Pós-Manutenção

Após a aplicação do revestimento protetivo, foi realizada a arqueação volumétrica que recalibrou os parâmetros operacionais, garantindo a precisão das medições de carga e descarga de produtos armazenados. Essa recalibração, realizada conforme a Portaria Inmetro nº 171/2018, assegurou a conformidade com os padrões regulatórios e a eficiência operacional.

Os resultados obtidos demonstraram que a manutenção preventiva, combinada com técnicas avançadas de inspeção e aplicação de revestimentos, foi altamente eficaz na preservação da integridade estrutural do tanque. A redução da taxa de corrosão, proporcionada pelo uso de revestimentos epóxi, evidenciou o impacto positivo de estratégias bem planejadas e executadas. Contudo, a análise revelou oportunidades de melhoria, como a implementação de sistemas de filtragem mais eficientes que reduziria o acúmulo de contaminantes internos, mitigando a corrosão por pitting e prolongando ainda mais a vida útil do equipamento. Os resultados confirmam a relevância de intervenções periódicas e estratégicas na gestão de ativos industriais, garantindo a segurança, a eficiência e a sustentabilidade das operações.

5. CONCLUSÕES

A implementação de um plano de manutenção sistemático para o tanque de armazenamento de etanol demonstrou ser altamente eficaz na preservação da integridade estrutural e na mitigação de riscos operacionais e ambientais. A inspeção externa revelou que o tanque apresentava condições gerais satisfatórias, com áreas pontuais de desgaste que puderam ser tratadas preventivamente. A inspeção interna destacou problemas mais críticos, como corrosão por pitting e a presença de lodo metálico, evidenciando a importância de métodos avançados de inspeção, como ultrassom e líquidos penetrantes, para a identificação precoce de danos estruturais. Esses procedimentos permitiram que ações corretivas fossem implementadas antes que falhas maiores comprometessem a operação.

A preparação da superfície por meio de jateamento abrasivo e a aplicação de revestimentos protetivos mostraram-se fundamentais para reduzir a taxa de corrosão e aumentar a vida útil do tanque. O revestimento à base de resina epóxi foi aplicado de forma precisa, com testes rigorosos que garantiram sua durabilidade e aderência. Essas intervenções não apenas restauraram a condição operacional do tanque, mas também proporcionaram uma proteção adicional contra fatores corrosivos futuros, reduzindo os custos associados à manutenção corretiva.

A análise pós-manutentiva confirmou a eficácia das estratégias adotadas, com todos os ensaios indicando que o tanque atendia aos requisitos técnicos e normativos para operação segura. A arqueação volumétrica recalibrou os parâmetros operacionais, assegurando a precisão nas medições e prevenindo perdas econômicas e riscos ambientais. O processo como um todo validou a importância de um planejamento bem estruturado, reforçando a necessidade de inspeções regulares e a adoção de tecnologias modernas no gerenciamento de ativos industriais.



Apesar dos resultados positivos, a análise revelou oportunidades de melhoria, como a modernização dos sistemas de filtragem, reduzindo a entrada de contaminantes que aceleram os processos corrosivos.

Com base nos resultados obtidos, sugere-se a realização de estudos voltados à análise do impacto ambiental dos materiais utilizados no revestimento e a busca por alternativas sustentáveis poderiam complementar a pesquisa. Por fim, o desenvolvimento de diretrizes específicas para tanques em diferentes tipos de ambiente operacional seria uma contribuição valiosa para o setor

REFERÊNCIAS

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API STD 650:2020** - Welded Tanks for Oil Storage. Disponível em: API STD 650:2020.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API STD 653:2014** - Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction. 5th ed. Washington, D.C.: API Publishing Services, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 17505** - Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6022**: informação e documentação: artigo em publicação periódica técnica e/ou científica: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D610-08** - Standard Practice for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces. West Conshohocken: ASTM, 2008.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 13** - Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações. Portaria n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 06 jul. 1978. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-33** - Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados. Brasília, 2006.

BRASIL. **Portaria Inmetro nº 171**, de 18 de abril de 2018. Aprova o regulamento técnico metrológico para arqueação de tanques de armazenamento. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 19 abr. 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8501-1:2017** - Preparation of steel substrates before application of paints and related products -- Visual assessment of surface cleanliness -- Part 1: Rust grades and



preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings. Geneva: ISO, 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8502-3:2017** - Preparation of steel substrates before application of paints and related products -- Tests for the assessment of surface cleanliness -- Part 3: Assessment of dust on steel surfaces prepared for painting (pressure-sensitive tape method). International Organization for Standardization, 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8502-6** - Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Tests for the assessment of surface cleanliness — Part 6: Extraction of soluble contaminants for analysis — The Bresle method. [S.I.]: ISO, 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8502-9** - Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Tests for the assessment of surface cleanliness — Part 9: Field method for the conductometric determination of water-soluble salts. [S.I.]: ISO, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8503-1** - Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates — Part 1: Specifications and definitions for ISO surface profile comparators for the assessment of abrasive blast-cleaned surfaces. [S.I.]: ISO, 2001.