



Plano de gerenciamento da corrosão em tanques atmosféricos de armazenamento de derivados de petróleo

Lucas Leonardo Santos de Oliveira e Walber Paschoal da Silva

Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil

OPEN ACCESS

Notas dos Autores

Os autores declaram que não há conflitos de interesses.

Autor correspondente: Lucas Leonardo Santos de Oliveira - lucas.sdo@hotmail.com

Financiamento: Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Montagem Industrial

Recebido: 16 jul. 2023

Versão do autor aceita publicada online: 29 jan. 2025

Publicado online: 31 jan. 2025

Como citar esse artigo - American Psychological Association (APA):

Oliveira, L. L. S., & Silva, W. P. (2025, artigo aceito online). Plano de gerenciamento da corrosão em tanques atmosféricos de armazenamento de derivados de petróleo. *Exacta*, artigo aceito online. <https://doi.org/10.5585/2025.24851>

Resumo

A garantia da integridade de tanques de armazenamento em plantas industriais é importante para evitar falhas que possam gerar impactos ambientais, financeiros e de segurança industrial. Tendo a corrosão como fator de preocupação na gestão de integridade desses equipamentos e o elevado custo associado aos impactos da corrosão na indústria, este trabalho tem por objetivo estruturar um plano de gerenciamento da corrosão em tanques atmosféricos de armazenamento de produtos derivados do petróleo. Para tanto, é utilizado o estudo de caso como procedimento de pesquisa, sendo realizado por meio de uma pesquisa da literatura relacionada e de entrevistas com especialistas nesses equipamentos, nas empresas do setor. O produto deste trabalho é um referencial teórico capaz de auxiliar os profissionais da área, por meio da apresentação estruturada dos procedimentos a serem utilizados para o gerenciamento

da corrosão nos tanques de armazenamento, e das práticas aplicadas pelas principais empresas desse setor.

Palavras-chave: gerenciamento da corrosão, tanques atmosféricos de armazenamento, proteção anticorrosiva, monitoramento e inspeção da corrosão

Abstract

Corrosion management plan for atmospheric storage tanks of petroleum derivatives

Ensuring the integrity of storage tanks in industrial plants is of paramount importance to avoid failures that can result in environmental, financial and industrial safety impacts. Considering corrosion as a concern in the management of equipment integrity and the high cost associated with the impacts of corrosion in the industry, this study aims to structure a corrosion management plan for atmospheric storage tanks of petroleum-derived products. For this purpose, a case study approach is used as a research procedure, conducted through a literature review and interviews with experts in this equipment from companies in the sector. The outcome of this study is a theoretical reference capable of helping professionals in the field, by providing a structured presentation of the procedures to be used for corrosion management in storage tanks, along with the practices implemented by leading companies in this sector.

Keywords: corrosion management, atmospheric storage tanks, corrosion protection, corrosion monitoring and inspecting

1 Introdução

O petróleo é uma das principais *commodities* globais, com importância estratégica para a indústria, dado que serve como matéria-prima diversos produtos. Esse protagonismo envolve diversos processos e equipamentos ao longo da cadeia de produção, desde a extração até a entrega dos derivados ao consumidor final. Entre esses equipamentos, destacam-se os tanques de armazenamento, essenciais para o refino, transporte e distribuição de petróleo e derivados.

No Brasil, a infraestrutura logística inclui 126 terminais autorizados, que possuem 2.346 tanques de armazenamento, com uma capacidade total de 15,2 milhões de m³ de produtos (ANP, 2022). Muitos desses tanques estão localizados em áreas portuárias, expostos a atmosferas agressivas que aceleram processos corrosivos e comprometem sua vida útil. Nesse cenário, a garantia da integridade dos tanques em uma planta industrial de armazenamento de produtos derivados do petróleo é de suma importância, sendo a corrosão um fator de grande preocupação.

Segundo Koch et al. (2016), os custos anuais globais com corrosão na indústria são estimados em 1,44 trilhão de dólares, dos quais entre 15% e 35% poderiam ser evitados com a adoção de práticas estruturadas de prevenção e controle, isto é, a partir da implementação de um plano estruturado de gerenciamento da corrosão. No entanto, embora existam normativas e estudos relacionados, persiste uma lacuna específica no desenvolvimento de planos estruturados de gerenciamento da corrosão voltados para tanques atmosféricos em terminais marítimos.

Este estudo busca preencher essa lacuna ao propor um plano de gerenciamento da corrosão adaptado às particularidades deste contexto, combinando embasamento teórico, análise de normas e práticas, e dados coletados por meio de entrevistas com especialistas do setor. Com isso, o trabalho pretende contribuir para a melhoria da gestão de integridade de ativos, podendo ser uma ferramenta prática e aplicável que auxilie engenheiros e gestores na mitigação de custos e riscos associados à corrosão em tanques atmosféricos, promovendo maior eficiência e segurança nas operações industriais.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Corrosão

A corrosão é um processo, em geral, espontâneo que é definido como a deterioração de um material, podendo ser por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada, ou não, com esforços mecânicos. (GENTIL, 2011).

Para equipamentos de processo, o agente causador que gera o processo corrosivo mais grave e de maneira mais frequente no material, geralmente, é o próprio fluido contido no equipamento. Entretanto, existem também outros agentes capazes de provocar a corrosão, como a atmosfera externa, o contato com água, o contato com o solo ou o contato entre metais diferentes. Esses agentes podem agir de maneira simultânea ou individual (TELLES, 2003).

2.2 Tanques de Armazenamento

No atual trabalho, os tanques de armazenamentos estudados são tanques expostos à pressão atmosférica, cilíndricos, verticais, não enterrados e fabricados especialmente de aço carbono, tendo como principal função o armazenamento de derivados de petróleo. A Figura 1 a seguir mostra um parque de tanques de armazenamento.

Figura 1

Parque de Tanques de Armazenamento



Fonte: Ultracargo (2024).

2.3 Gerenciamento da Corrosão

A corrosão na indústria é amplamente estudada devido aos riscos que oferece, como falhas nos equipamentos, paradas inesperadas, vazamentos com potenciais danos ambientais e sociais, e até fatalidades ocupacionais. Além do elevado risco operacional, a corrosão gera um impacto financeiro significativo, superando setores como o agrícola e de serviços. Esses fatores evidenciam a necessidade de novas tecnologias e estratégias de gestão para mitigar seus efeitos e otimizar a integridade dos ativos industriais.

Isso posto, o gerenciamento da corrosão é uma prática que vem sendo abordada pela indústria ao longo dos últimos anos e é relevante pois, além da redução dos custos mais visíveis, há também custos que não eram evidenciados pelo setor. Dentre esses custos, pode-se destacar a redução do custo com manutenção a médio e longo prazo, redução nos custos de monitoramento e inspeção, gerando também um maior espaçamento das inspeções e extensão da vida útil do ativo (KOCH et al., 2016).

Ondine et al. (2023) destacam que a implementação de uma estrutura de gerenciamento da corrosão traz benefícios econômicos e ambientais, prevenindo falhas críticas, minimizando a possibilidade de vazamento de produtos, mitigando impactos ambientais e fortalecendo a reputação das empresas que possuem esses ativos.

Para Isa et al. (2018), o gerenciamento da corrosão lida com a implementação de técnicas e métodos de controle da corrosão de forma a manter a taxa de corrosão dentro dos limites aceitáveis na fase operacional do equipamento, sendo uma abordagem dinâmica de controlar e monitorar a integridade técnica dos ativos relacionada à degradação do material.

Ainda segundo Isa et al. (2018), algumas atividades essenciais do sistema de gerenciamento da corrosão incluem: identificação e revisão das ameaças de corrosão; determinação de medidas de controle; avaliação dos riscos associados; implementação de inspeções e monitoramento; aplicação de medidas corretivas; auditoria e assimilação de lições aprendidas de experiências operacionais passadas; revisão contínua dos processos de gerenciamento. Complementando essa abordagem, Badalova e Johansson (2022) ressaltam a necessidade de um processo contínuo de identificação de ameaças, como vazamentos de água e problemas em sistemas de proteção catódica, aliado à aplicação de soluções eficazes para mitigar os impactos e garantir a integridade dos ativos.

De acordo com Omer (2016), o gerenciamento da corrosão é uma parte do sistema de gestão global das empresas, sendo este interessado especificamente no desenvolvimento, implementação, revisão e manutenção da política da corrosão, de forma a proporcionar uma estrutura para a identificação de riscos associados a corrosão, desenvolvimento e operacionalização de medidas de controle desses riscos.

De acordo com Odinde et al. (2023), o gerenciamento da corrosão deve ser tratado como parte integrante de um sistema global de gestão de ativos. Ele proporciona uma abordagem estruturada para integrar a avaliação de riscos, o monitoramento e a mitigação de ameaças, garantindo a integridade dos ativos ao longo de sua vida útil. Uma estrutura de gerenciamento da corrosão promove consistência nos processos e fortalece a tomada de decisão baseada em dados.

Para Njomane e Telukdarie (2018), atualmente, o gerenciamento da corrosão da corrosão pode ser dividido em duas abordagens, a técnica e a de gestão. A abordagem técnica abrange os planos, procedimentos e práticas de trabalhos específicas da corrosão, envolvendo a etapa de projeto, seleção do material, proteção anticorrosiva, monitoramento e inspeção da corrosão. A abordagem de gestão trata do sistema de gestão da empresa que inclui: política, estratégia, objetivos e os facilitadores, controles e indicadores. A Figura 2 mostra a hierarquia dos elementos de gestão gerais e específicos da corrosão.

Figura 2

Hierarquia dos elementos de gestão gerais e específicos da corrosão



Fonte: Adaptado de Koch *et al.* (2016).

2.3.1 Elementos do Sistema de Gestão

Os elementos do Sistema de Gestão são os elementos centrais para garantia da eficiência, consistência e comunicação dos processos do gerenciamento da corrosão, sendo identificado por muitas organizações como uma área que necessita de melhorias e acompanhamento (KOCH *et al.*, 2016).

São elementos do sistema de gestão: Existência de Política, Estratégia e Objetivos do gerenciamento da corrosão; Organização – Definição de funções e responsabilidades definidas e documentadas; Gestão de Fornecedores; Provimento de Recursos; Fluxo de Comunicação; Gerenciamento de risco; Gerenciamento de mudança; Treinamento e competência; Investigação de incidentes; Gestão de Documentação; Garantia do Cumprimentos dos planos, procedimentos e processos; Avaliação da gestão (alta direção); Melhoria contínua.

2.3.2 Elementos Específicos para o Gerenciamento da Corrosão

2.3.2.1 Monitoramento da corrosão

O monitoramento da corrosão tem como objetivo auxiliar na compreensão do processo corrosivo e no controle da corrosão em equipamentos. É necessário o uso de técnicas de monitoramento para detectar alterações no comportamento de materiais e componentes frente à corrosão, incluindo a medição da taxa de corrosão. Segundo Kumari e Lavanya (2024), o monitoramento contínuo ou periódico permite identificar regiões suscetíveis à corrosão, avaliar a eficiência das medidas preventivas e acompanhar a evolução do processo corrosivo ao longo do tempo, fornecendo informações cruciais para a preservação da integridade dos ativos industriais.

2.3.2.2 Controle da Corrosão (Proteção Anticorrosiva)

A fim de se evitar as consequências diretas e indiretas da corrosão, tais como: a paralisação dos equipamentos por falhas ocasionadas pela corrosão, necessidade de substituição de equipamentos corroídos, contaminação ou perda de produtos armazenados, perda de eficiência do equipamento, e outros, devem-se prever métodos de combate e controle da corrosão. Assim, a escolha do método de controle da corrosão tem como pré-requisito o conhecimento do mecanismo das reações envolvidas no processo corrosivo de modo a garantir que a corrosão e seu método de controle não sejam tratados de forma isolada, gerando um resultado mais eficiente (GENTIL, 2011).

2.3.2.3 Inspeção

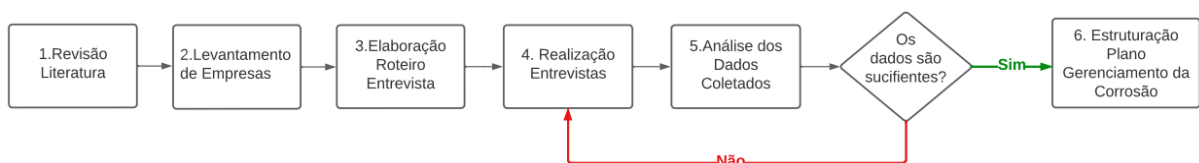
Dada a importância dos tanques de armazenamento para a indústria petroquímica e as graves consequências que podem ocorrer por dano decorrente da corrosão, uma rotina de inspeção com a utilização de técnicas específicas para esse tipo de equipamento se faz de suma importância para garantir a segurança operacional.

Segundo Barros (2010), a inspeção em tanques de armazenamento visa verificar as condições físicas do equipamento e seus componentes (externa e internamente), determinar a taxa de corrosão e avaliação da vida útil do equipamento, e verificar as causas de deterioração e/ou avaria. Além disso, normas como a API 653 e a API 2610 estabelecem diretrizes práticas para determinar a frequência e a profundidade das inspeções, considerando fatores operacionais, como temperatura de operação, corrosividade do produto armazenado, entre outros fatores específicos do ramo de atuação da empresa, e regionais, como atmosferas corrosivas. Já a NR-13, obrigatória no Brasil, reforça a necessidade de inspeções periódicas documentadas e adaptadas às condições operacionais e ambientais locais, como climas tropicais. Essas normas, aplicadas em conjunto, ajudam a garantir que as inspeções sejam realizadas de maneira consistente e eficaz, promovendo a integridade estrutural dos tanques e prevenindo falhas catastróficas.

3 Metodologia

O fluxograma da Figura 3 apresenta a sequência das etapas da metodologia proposta para a estruturação do plano de gerenciamento da corrosão em tanques atmosféricos de armazenamento de derivados de petróleo.

Figura 3 - Metodologia proposta



Fonte: O Autor (2022).

3.1 Revisão da Literatura

A revisão da literatura constituiu a primeira etapa da pesquisa e teve como objetivo construir a base teórica necessária para as análises e o plano proposto. Foram utilizados documentos normativos, como API 2610, API 653, entre outras normas relevantes, além de artigos acadêmicos e relatórios técnicos que abordam aspectos relacionados à corrosão, inspeção, proteção anticorrosiva e práticas de gerenciamento. Essa etapa permitiu identificar lacunas no conhecimento e orientar as demais fases do estudo.

3.2 Levantamento das Empresas

Para se estruturar um plano de gerenciamento da corrosão em tanques de armazenamento, que consolide as principais informações e conhecimentos sobre essa atividade, e, ainda, que seja efetivamente aplicável por profissionais da indústria, se fez necessário, além da análise da literatura correlata, o estudo das práticas utilizadas pelas empresas que possuem esses equipamentos. O universo da pesquisa foi definido como as empresas do setor de armazenamento de produtos derivados do petróleo, tendo em vista que possuem uma grande quantidade de tanques e têm, esse equipamento, como principal ativo.

A fim de melhor direcionar a amostra dentro do universo do estudo, foi realizada uma análise da representatividade das empresas a serem entrevistadas. Considerando que um dos principais fatores de dimensionamento da posição das empresas, dentro do setor de armazenamento, é sua capacidade de armazenamento de produtos, este foi o fator considerado para análise de representatividade.

Por fim, não houve limitação de localidade para a definição da amostra, podendo a empresa estar disposta em diferentes regiões do Brasil, especialmente considerando que empresas de grande porte desse setor, em seu processo de expansão, tendem a estar em mais de um estado.

3.3 Elaboração do Roteiro da Entrevista

A partir da definição da necessidade de levantamento das práticas de mercado, dentro das empresas do setor de armazenamento de derivados do petróleo, e considerando ainda, que a coleta de dados ocorreu por meio de uma entrevista com os profissionais dessas empresas, fez-se necessária a estruturação de um roteiro a ser aplicado.

Nesse sentido, o roteiro buscou abranger o conhecimento sobre os procedimentos adotados, pelas empresas, para o gerenciamento da corrosão em tanques de armazenamento de derivados de petróleo, assim como as técnicas utilizadas e sugestões, apresentadas pelos entrevistados, para melhorias nos processos vigentes. Por fim, ele serviu como base para a realização das entrevistas com os especialistas e gestores de manutenção dos equipamentos estudados.

3.4 Realização das Entrevistas

Após a definição das empresas do setor de armazenamento de produtos derivados do petróleo, a pesquisa seguiu com a realização de entrevistas em duas etapas simultâneas. A primeira consistiu na seleção de profissionais das áreas de manutenção, integridade e inspeção de tanques de armazenamento, com conhecimento técnico e gerencial sobre o gerenciamento da corrosão. Foram priorizados gestores, inspetores e outros profissionais com experiência prática relevante.

A segunda etapa envolveu a condução das entrevistas, realizadas remotamente e em tempo real, permitindo interação direta com os participantes. As entrevistas foram semiestruturadas, seguindo um roteiro elaborado previamente, mas flexíveis para explorar questões adicionais surgidas durante as conversas. Essa abordagem garantiu a coleta de informações abrangentes e detalhadas, conforme o modelo de entrevista semiestruturada descrito por Zanella (2013).

3.5 Validação e Análise dos Dados Coletados

Nesta etapa, inicialmente, foi realizada uma análise quanto à representatividade da amostra entrevistada dentro o universo do setor de armazenamento de produtos derivados do petróleo, de modo a garantir relevância dos dados coletados, tornando possível avaliar as informações e chegar às conclusões. Após validação da amostra, foram realizadas as análises dos dados considerando fatores como: a estrutura de gerenciamento da corrosão nas empresas, incluindo setores envolvidos e responsabilidades; as práticas ligadas à corrosão em novos projetos e intervenções, com ênfase na avaliação de impactos; as técnicas de inspeção e monitoramento utilizadas, incluindo métodos e responsáveis; e as medidas de proteção anticorrosiva, com foco na definição de métodos, aplicação e garantia de eficácia.

Essas análises permitiram avaliar práticas existentes e identificar padrões e lacunas no gerenciamento da corrosão.

3.6 Estruturação do Plano de Gerenciamento da Corrosão

Por fim, estruturou-se um plano de gerenciamento da corrosão para tanques atmosféricos de armazenamento de derivados de petróleo, acessível a profissionais de diferentes níveis de conhecimento e setores. O plano foi desenvolvido com base na literatura técnica e nas melhores práticas do mercado, abrangendo recomendações de projeto para mitigação da corrosão e facilidade de manutenção, diretrizes para a estrutura organizacional do gerenciamento da corrosão, rotinas de inspeção e monitoramento, e técnicas de proteção anticorrosiva mais eficazes para esses equipamentos.

4 Aplicação

4.1 Levantamento das empresas – definição do universo da pesquisa

Por se tratar de empresas cuja capacidade de armazenamento é um fator de suma importância, estando relacionado diretamente com a sua competitividade dentro de seu mercado, a pesquisa iniciou-se por meio de uma busca das empresas atuantes no setor de armazenamento de granéis líquidos. Assim, foram identificadas as empresas com grandes quantidades de tanques, sendo estes os seus principais ativos.

A partir da base de dados da Agência Nacional do Petróleo (ANP), foi possível quantificar e tipificar as empresas atuantes no setor de armazenamento de granéis líquidos de forma a definir o universo deste trabalho.

Tendo em vista que, conforme apresentado na Tabela 1, os terminais marítimos têm maior representatividade, esse grupo, que possui mais de 1.665 tanques de armazenamento, foi escolhido para este estudo.

Tabela 1

Capacidade de armazenamento por tipo de terminais

Tipos de Terminais	Quantidade Tanques	Capacidade de Armazenamento (m ³)	Representatividade (%)
Fluvial	83	189.783	1,98%
Lacustre	32	140.454	1,47%
Terrestre	614	2.900.871	30,33%
Marítimo	1665	6.332.304	66,21%
Total	2394	9.563.412	100,00%

Fonte: Adaptado de ANP (2022).

Além disso, somente foram quantificados os tanques que armazenam derivados do petróleo, não sendo considerados os equipamentos de armazenamento de petróleo. Isso ocorreu para que fosse possível comparar dados de gerenciamento da corrosão em mais de uma empresa, considerando que o petróleo é armazenado e distribuído, no Brasil, por somente uma empresa, podendo assim, enviar o resultado da análise.

Ao analisar as empresas que atuam em terminais marítimos, com foco nas mais representativas, ou seja, aquelas com capacidade de armazenamento de pelo menos 60 mil metros cúbicos e que atuam no setor de armazenamento e distribuição, foi possível identificar as principais empresas desse setor para esta pesquisa. A Tabela 2 apresenta a capacidade de armazenamento e a representatividade dessas empresas. O grupo "OUTROS" consiste em empresas de baixa representatividade em termos de capacidade de armazenamento e foi excluído do universo estudado.

Tabela 2

Capacidade de armazenamento das empresas do setor

EMPRESAS - TERMINAIS MARÍTIMO	TANQUES	ARMAZENAMENTO	RELEVÂNCIA %
TRANSPETRO	297	2.605.384	44,74%
OILTANKING	23	70.189	1,21%
ULTRACARGO	354	921.184	15,82%
GRANEL QUIMICA	107	274.063	4,71%
VOPAK	168	339.665	5,83%
STOLTHAVEN	82	127.485	2,19%
AGEO	255	482.942	8,29%
ADONAI	72	94.042	1,61%
COSAN/ILHA TERMINAL	29	62.588	1,07%
CBL PARANAGUA	18	93.615	1,61%
CATTALINI	101	525.844	9,03%
PANDENOR	32	121.197	2,08%
DECAL	7	105.141	1,81%
TOTAL UNIVERSO DA PESQUISA	1.545	5.823.339	100,00%
OUTROS *	120	508.965	N/A

Fonte: Adaptador de ANP (2022).

4.2 Elaboração do roteiro de entrevista

O roteiro de entrevista foi elaborado e dividido em duas partes, a primeira buscou caracterizar a empresa estudada, levantando, por exemplo, as informações sobre o ramo de atuação e seu dimensionamento, tanto em porte da empresa no seu segmento quanto em quantidade de tanques de armazenamento disponíveis, sendo informações importantes para análise e ponderação dos dados coletados. Além disso, procurou-se, também, tornar possível a identificação do perfil do profissional entrevistado, entendendo, não só o tempo na empresa estudada, mas também sua experiência profissional pregressa.

Por outro lado, a segunda parte do roteiro, teve por objetivo direcionar a entrevista de modo a levantar as informações, tornando possível a compreensão da forma como a empresa trata o risco da corrosão em seus tanques de armazenamento. Desse modo, esta parte foi subdividida em cinco áreas macro que abordam os seguintes temas: estrutura atual de gerenciamento da corrosão, elaboração de novos projetos, medidas de proteção anticorrosiva, medidas de monitoramento da corrosão e medidas de inspeção.

4.3 Realização das entrevistas

Após a identificação das empresas que representam o universo a ser estudado, foram contatados diversos profissionais, de diferentes localidades, abrangendo também profissionais terceirizados, isto é, que prestam serviços de manutenção e inspeção nos tanques de armazenamento dessas empresas. O público desejado foi de profissionais que atuam

diretamente nas áreas de integridade, manutenção ou inspeção desses equipamentos, que possuam conhecimento de todos os processos de sua respectiva área.

Para que fosse possível capturar as práticas do mercado de armazenamento de grânéis líquidos foram realizadas entrevistas com os profissionais de diferentes empresas, a fim de garantir que a amostra entrevistada representasse efetivamente o universo estudado, pois a quantidade de tanques e a capacidade de armazenamento refletem a representatividade da empresa neste mercado, estes parâmetros foram escolhidos para análise da amostra.

4.4 Validação e análise dos dados coletados

4.4.1 Caracterização e validação da amostra

Durante o processo de coleta de dados das práticas do mercado foram entrevistados onze profissionais que trabalham nas áreas de manutenção, inspeção e integridade de tanques de armazenamento em diferentes empresas, sendo um total de seis empresas, de grande representatividade deste setor.

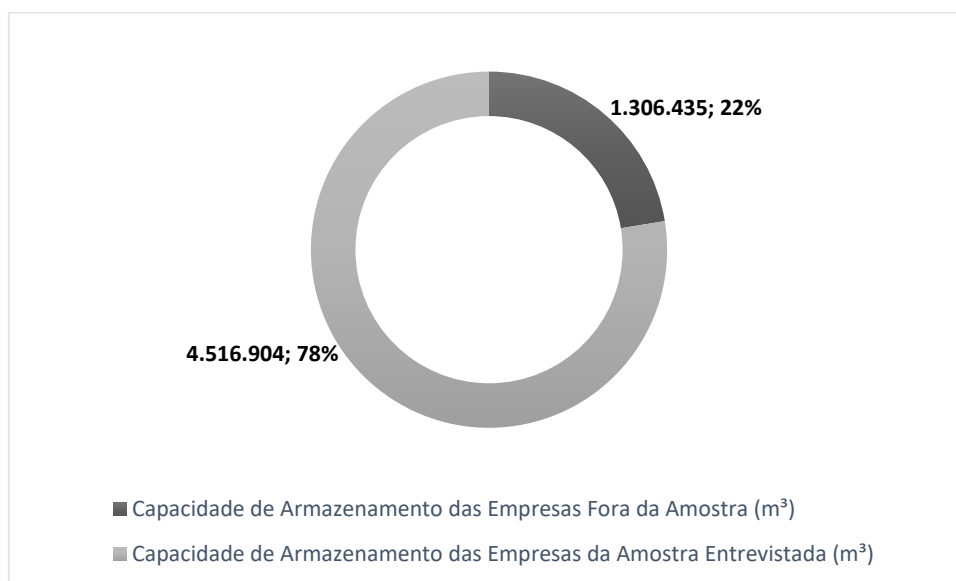
Além das empresas do setor específico de armazenamento de grânéis líquidos, foram entrevistados, por oportunidade, dois profissionais de empresas de grande porte que possuem grande quantidade de tanques de armazenamento nos seus processos produtivos, sendo considerado também as suas impressões e sugestões de melhoria nos processos ligados ao gerenciamento da corrosão nesses equipamentos. Todas as empresas entrevistadas possuem as principais certificações de gestão, dentre elas a ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001.

A título de quantificação, considerando o universo de empresas de armazenamento de grânéis líquidos derivados do petróleo, foram entrevistados nove profissionais de seis empresas, que totalizam aproximadamente 78% da capacidade de armazenamento desse universo.

Além disso, algumas dessas empresas possuem atuação também fora do Brasil, o que traz, inclusive, padrões internacionais em suas práticas. As empresas que foram entrevistadas possuem mais de 4,50 milhões de m³ de capacidade de armazenamento e mais de 1.000 tanques. A Figura 4 apresenta a representatividade da amostra, considerando a capacidade de armazenamento como fator de comparação.

Figura 4

Representatividade da amostra



Fonte: O Autor (2022).

Em relação ao perfil profissional, os entrevistados possuem em média mais de nove anos de trabalho nas empresas em questão, mostrando que esses profissionais tendem a conhecer a fundo a cultura e os processos da empresa, acompanhando as mudanças ao longo dos anos. Além do mais, em termos de experiência profissional nas áreas de manutenção, integridade e inspeção, os entrevistados informaram possuir em média mais de 14 anos.

Logo, essas informações ratificam que a amostra entrevistada é composta por profissionais experientes nas suas áreas de atuação e conhecedores das empresas que compõem este estudo. Além disso, a amostra é composta de empresas de grande porte e que possuem, considerando como parâmetro a quantidade de tanques e capacidade de armazenamento, grande representatividade, validando essa amostra como fonte de dados para avaliação das práticas de mercado.

4.4.2 Análise dos dados coletados

4.4.2.1 Estrutura de gerenciamento da corrosão nas empresas entrevistadas

Foi possível verificar que cerca de 66% das empresas entrevistadas têm como método de trabalho tratar a corrosão como mais um mecanismo de dano, sendo de responsabilidade do setor de manutenção essa gestão, não havendo um setor específico que lide com os assuntos relacionados à corrosão nos equipamentos.

Entretanto, as demais empresas têm estruturada, tanto já de forma consolidada quanto recentemente, uma área de gestão de integridade de ativos que controla também a corrosão,

fazendo todo o acompanhamento de vida residual do equipamento (AVR – Análise de Vida Residual), acompanhamento da taxa de corrosão, recomendações de inspeção, participação em discussões técnicas/avaliações de impactos relacionados à corrosão em novos projetos e armazenamento de todo o histórico do equipamento.

Dentre as recomendações dos entrevistados em relação à estrutura de gerenciamento da corrosão na empresa foi possível destacar:

- A importância de se ter um setor específico responsável pela integridade do ativo formado também por corpo técnico, com conhecimento de inspeção e corrosão, de forma a não depender unicamente das empresas terceiras e que possa suportar e capacitar outros setores da empresa.
- Ter o histórico dos equipamentos, isto é, documentação de projetos, intervenções, condições operacionais, relatórios de inspeção, documentações relativas às proteções anticorrosivas utilizadas (relatórios de pintura, certificações dos produtos aplicados e outros), recomendações de inspeção e demais documentações pertinentes armazenadas de uma forma organizada e disponível para auxiliar na tomada de decisão. Quando possível, utilizando *softwares* de gerenciamento de inspeção ou similar.

4.4.2.2 Aspectos ligados a corrosão em novos projetos

Buscou-se o entendimento quanto à forma que novos projetos são desenvolvidos dentro das empresas do setor de armazenamento de grânéis líquidos. Entende-se por novos projetos, como, por exemplo, a expansão do parque de tanques com a construção de novos equipamentos, intervenções e alterações fora das condições rotineiras da empresa, por exemplo, a alteração das condições operacionais ou produto armazenado, que podem impactar diretamente no ambiente corrosivo no equipamento.

Foi possível verificar que a maioria das empresas têm como o principal responsável por essa avaliação o setor encarregado pela execução da atividade, podendo ser o setor de projetos para grandes projetos, setor de manutenção, em situações de intervenções corretivas/preventivas ou o setor de operações em situações de mudança de condições operacionais do equipamento. Algumas empresas possuem setores específicos de engenharia e projetos que executam projetos de médio e grande porte, como a conhecimento técnico para a execução das atividades.

4.4.2.3 Cenário relacionado às medidas de inspeção/monitoramento da corrosão

Dentre as atividades relacionadas à corrosão, o monitoramento/inspeção é de suma importância, pois dão embasamento para tomada de diversas decisões para garantia da integridade dos tanques de armazenamento.

Considerando, conforme Gentil (2011), que o monitoramento da corrosão é uma sistemática de medição da corrosão com o objetivo de ser ter um diagnóstico *on-line* sobre as condições da superfície de contato com o meio corrosivo, após a avaliação dos dados coletados, foi possível identificar que nenhuma das empresas entrevistadas dispõe de técnicas de monitoramento contínuo da corrosão em seus tanques de armazenamento.

A maioria dos entrevistados relatou que, dentro de sua empresa, nunca foi realizada uma avaliação quanto à utilização desse tipo de técnica. Entretanto, cerca de 40% dos entrevistados informaram que já foi cogitado, dentro da sua empresa, a utilização de técnicas de monitoramento da corrosão nas chapas de fundo do tanque, por ser uma área de maior dificuldade de acompanhamento, não sendo dado sequência na sua instalação tanto por questões técnicas do método proposto pelo fornecedor do equipamento quanto por questões financeiras.

Em suma, a partir das entrevistas, constatou-se que, para os tanques de armazenamento, as empresas fazem o monitoramento da corrosão por meio de suas rotinas de inspeção, não utilizando técnicas de monitoramento contínuo para esses equipamentos, e sendo avaliado pela maioria delas como uma metodologia eficaz.

Além do atendimento aos prazos normativos por parte das empresas, foi possível verificar que ao menos 40% das empresas entrevistadas realizam alguma rotina de inspeção visual externa anterior à inspeção externa que deve ser realizada com prazo máximo a cada cinco anos, esses intervalos variam em rotina trimestral, semestral e anual.

Em relação à execução das atividades de inspeção, foi verificado que todas as empresas terceirizam essas atividades para empresas especializadas, sendo elas responsáveis por todas as documentações e laudos de inspeção tendo que possuir, inclusive, profissional legalmente habilitado (PLH) como responsável técnico das atividades.

Ainda, foi verificado que 66% das empresas entrevistadas possuem procedimentos executivos próprios das suas atividades de inspeção a serem seguidos pelas empresas contratadas. Por outro lado, as demais empresas entrevistadas seguem os procedimentos sugeridos pelas empresas terceiras contratadas, desde que sigam os padrões normativos, por entenderem que a atividade de inspeção não faz parte do seu *core business*, contratando assim, empresas especialistas nessa atividade.

Por fim, quanto às técnicas de inspeção utilizadas, além da inspeção de líquido penetrante, muito utilizado nas soldas entre chapas do tanque para verificação de descontinuidades, inspeção visual e inspeção por ultrassom, que são utilizadas por todas as

empresas entrevistadas, quando necessário, foi verificado que 66% das empresas utilizam também a inspeção por ultrassom automatizado *C-Scan*, o que confere, segundo Cortines (2014), uma maior velocidade, repetibilidade e confiabilidade ao ensaio.

Outra inspeção também utilizada por 50% das empresas entrevistadas é a inspeção por vazamento de fluxo magnético para avaliação das condições da chapa do fundo do tanque, nas inspeções internas.

4.4.2.4 Cenário relacionado às medidas de proteção anticorrosivas

Foi possível identificar que a utilização de revestimentos anticorrosivos, especialmente as tintas, é a principal forma de proteção para mitigação da corrosão utilizada, estando presente em todas as empresas entrevistadas.

Logo, esse tipo de revestimento anticorrosivo pode ser utilizado tanto na parte externa do tanque de armazenamento, para a proteção da face em relação ao meio externo, quanto na parte interna, para a proteção da face interna em relação ao meio corrosivo gerado pelo produto e demais condições. O revestimento anticorrosivo interno, embora menos utilizado que o externo, ainda mostrou ser bastante utilizado, estando em mais 80% das empresas entrevistadas, especialmente no fundo do tanque e no primeiro anel do costado, áreas que tendem a sofrer mais com os processos corrosivos. Além do revestimento anticorrosivo, tem-se a proteção catódica, podendo ser por corrente impressa ou galvânica, utilizada por cerca de 33% das empresas entrevistadas, de forma conjunta ao revestimento anticorrosivo para a proteção da chapa de fundo do tanque de armazenamento.

Diferentemente dos procedimentos das atividades de inspeção, ao qual nem todas as empresas possuem documentos próprios, conforme visto na seção anterior, foi relatado por todos os entrevistados que suas empresas possuem procedimentos próprios para as atividades de pintura anticorrosiva que deve ser seguido pelas empresas terceiras contratadas. Nestes procedimentos constam toda a metodologia de aplicação do revestimento, desde o tipo de tratamento de superfície, método de aplicação e tipo de tinta a ser utilizada.

5 Discussão (Plano de gerenciamento da corrosão proposto)

Para o desenvolvimento do plano de gerenciamento da corrosão para tanques de armazenamento usou-se, em conjunto à literatura, dados coletados das práticas de mercado utilizadas pelas principais empresas do setor de armazenamento de graneis líquidos. A participação dos especialistas entrevistados tornou possível capturar as diferentes técnicas e formas de controle da corrosão e da integridade dos tanques de armazenamento, viabilizando comparação entre diferentes empresas de forma a embasar o plano de gerenciamento da corrosão para tanques de armazenamento apresentado nesta seção.

A análise dos dados coletados reforça a importância das práticas discutidas na fundamentação teórica, e destaca aspectos essenciais para a estruturação do plano de gerenciamento da corrosão. Por exemplo, a prevalência de técnicas como o uso de revestimentos anticorrosivos, mencionadas por diversas empresas, está alinhada às diretrizes normativas apresentadas, como a API 653. Além disso, a identificação de lacunas, como a ausência de integração entre monitoramento contínuo e rotinas de inspeção, evidencia a necessidade de um plano estruturado que contemple tanto a aplicação prática das normas quanto as adaptações às condições específicas de terminais marítimos. Esses achados não apenas validam os objetivos iniciais da pesquisa, mas também fundamentam as recomendações propostas no plano, conectando diretamente as práticas observadas ao desenvolvimento de soluções aplicáveis e alinhadas às demandas do setor.

O plano de gerenciamento da corrosão está disposto em quatro partes, sendo elas:

- Estrutura geral de gerenciamento da corrosão;
- Concepção de projetos e boas práticas de mitigação da corrosão;
- Monitoramento/inspeção da corrosão;
- Proteção anticorrosiva.

5.1 Estrutura geral de gerenciamento da corrosão

Em relação à estrutura de gerenciamento da corrosão em tanques de armazenamento, é importante possuir uma ferramenta eletrônica para armazenar informações de manutenção e documentação, conforme exigido pela norma ABNT NBR ISO 9001 (ABNT, 2015). Entretanto, foi possível identificar em algumas empresas do setor a limitação de históricos dos tanques de armazenamento. Assim, é imprescindível para esses equipamentos que se tenha toda a base histórica para possibilitar a análise das variações de sua estrutura, ao longo do tempo, facilitando tomadas de decisão de manutenção e inspeção, reduzindo custos e aumentando a segurança industrial.

É essencial armazenar de forma eficaz o histórico de inspeção, que inclui relatórios detalhados com informações sobre as partes inspecionadas, condições incomuns, taxas de corrosão e recomendações para futuras inspeções. Da mesma forma, o histórico de manutenção deve registrar todas as manutenções realizadas ao longo do tempo, a fim de prever falhas e planejar ações preventivas. É importante documentar as condições de operação, como produtos armazenados, pressão de trabalho e temperatura. De forma a possibilitar análises e correlações entre condições operacionais e taxa de corrosão.

Foi possível analisar a forte presença da terceirização das atividades de manutenção e inspeção dos tanques de armazenamento por parte das empresas do setor. Sendo assim, por

ser um processo majoritário no setor de armazenamento de grânéis líquidos, a seleção destes terceiros, isto é, empresas fornecedoras dessas atividades, se torna um fator de elevada importância na garantia da integridade dos ativos da empresa.

Portanto, é recomendado que no memorial descritivo de contratação do serviço sejam especificados, de forma detalhada, todos os requisitos que a empresa contratada deve cumprir, tendo ela notória experiência na execução das atividades previstas. Pode-se ter como itens requeridos: Anotações de Capacidade Técnica – ACT de serviços similares emitidas pela Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA; corpo técnico com experiência registrada, isto é, Anotações de Responsabilidade Técnica – ART de serviços similares; certificações de qualidade ISO e certificações de entidades técnicas relacionadas as atividades como: NACE, SSPC, ABENDI e outros.

Dentre os objetivos da terceirização das atividades, busca-se trazer empresas com profissionais experientes e capacitados para a realização dos serviços de manutenção e inspeção, entretanto, foi verificado que esse processo não deve eximir a empresa de ser ter um setor de integridade, mesmo que ligado ao setor de manutenção, com profissionais também como experiência e habilitado de forma a reter o conhecimento adquirido ao longo do tempo e que possa propor melhorias nas atividades e invenções. Além de efetivar extrema dependência de terceiros, como risco empresarial.

Por fim, ainda a respeito da terceirização, se faz necessário a gestão e fiscalização dos serviços prestados pelas empresas contratadas, sendo importante não só possuir no quadro da empresa contratante profissionais capazes de avaliar de forma técnica e criteriosa os serviços realizados, mas também parâmetros de avaliação.

Assim, tem-se por parâmetros de avaliação, memoriais descritivos e contratos bem elaborados, contendo todos os requisitos esperados para a contratação do serviço, e procedimentos, elaborados pela empresa contratante, de todas as atividades a serem executados pela empresa contratada, que nortearão a realização destes serviços de forma a garantir o padrão estabelecido pela contratante. Além de se ter indicadores de performance possibilitando a avaliação dos fornecedores.

5.2 Projetos e intervenções – Boas práticas para mitigação da corrosão

Nesta seção busca-se apresentar as medidas e recomendações para a mitigação da corrosão tanto em novos projetos ou intervenções nos tanques de armazenamento, buscando-se consolidar os principais conhecimentos relacionados, tanto da literatura quanto por meio dos dados coletados na seção anterior, por intermédio das entrevistas com os profissionais do setor de armazenamento de grânéis líquidos. Inicialmente, é importante destacar que está sendo considerado somente os tanques atmosféricos, cilíndricos, verticais, não enterrados e fabricados especialmente de aço, e que armazenam de derivados de petróleo.

Para projetos de novos tanques um fator importante é, segundo API 650, a sobre-espessura para corrosão, que é uma espessura extra adicionada às chapas e demais componentes metálicos utilizados na construção de um tanque de armazenamento, considerando ser passível da corrosão (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007).

Em relação a este fator, o gerente de projetos e manutenção de uma das empresas entrevistadas neste trabalho, relatou a importância de se dimensionar essa sobre-espessura de uma forma bastante criteriosa, considerando não só os mínimos normativos, mas também analisando a perspectiva comercial do equipamento. Isto é, garantindo que o tanque projetado possa armazenar uma variedade de produtos de acordo com a necessidade da empresa, considerando que são equipamentos projetados para décadas de utilização e que as demandas do mercado podem variar ao longo de sua vida útil.

Segundo a API 650, todos os componentes construtivos do tanque (escadas e plataformas de acesso, teto, estruturas de suportaço e outros) devem ser projetados e instalados de forma a minimizar acúmulo de água ou, em regiões onde é possível, deve ser considerado sistemas de drenagem. (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2007).

A empresa deve ter o controle de todas as mudanças planejadas relacionadas as suas atividades. A vista disso, considerando tanques já existentes, é recomendado que, para qualquer manutenção de médio e grande porte ou alteração da condição operacional, seja realizada uma análise crítica sobre possível impactos que determinada intervenção ou modificação podem gerar em relação à corrosão, sendo recomendado a participação nesta avaliação: o setor da empresa contratante responsável pelo projeto, os especialistas responsáveis pela execução da atividade da empresa contratante e o setor de integridade/inspeção.

5.3 Monitoramento e inspeção da corrosão

Conforme verificado na seção 4.4, tem-se como prática usual do mercado o monitoramento da corrosão por meio da rotina de inspeção, isto é, sem a utilização de equipamentos ou técnicas que monitorem a taxa de corrosão de maneira mais frequente e, a depender da tecnologia, em tempo real. Entende-se que, embora a utilização desse tipo de ferramenta proporcione informações com maior frequência, é possível se ter uma gestão da corrosão eficiente por meio de um planejamento e execução de inspeções rotineiras dos tanques de armazenamento, somados a uma estrutura de coleta e armazenamento de dados.

Isso posto, a atividade de inspeção é a principal fornecedora de informações para a garantia da integridade deste equipamento. A partir dela, é possível que o setor responsável pela gestão da integridade do ativo atue de maneira estratégica, sendo possível conhecer de forma qualitativa e quantitativa as condições dos equipamentos.

A norma API 675, apresenta a inspeção baseada na condição do equipamento, em que, através de um histórico robusto do equipamento, as inspeções são programadas baseadas nas

condições atuais, histórico passado e projeção esperada da condição do tanque para o futuro. Sendo utilizado para essas avaliações todas as recomendações de inspeção passadas, a taxa de corrosão anual e análise de vida residual (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2020).

Ainda, a norma API 653, apresenta uma outra metodologia de planejamento de inspeção que é a inspeção baseada em risco, sendo fundamentada na avaliação do risco associado à falha do tanque de armazenamento, considerando a probabilidade de falha e sua consequência. Esta última exige além de um histórico robusto, para análises estatísticas, a disponibilidade de profissional com proficiência também neste tipo de metodologia de inspeção (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2014).

Foi identificado como boa prática utilizada pelas empresas do setor de armazenamento de grânéis líquidos que, além dessa inspeção de rotina mensal, os operadores dos tanques de armazenamento, usuários diários desses equipamentos, tenham com procedimento o reporte de qualquer anomalia encontrada, mesmo que pequena, para a equipe de manutenção/integridade.

A inspeção externa é realizada por mão de obra especializada e com a utilização, além da inspeção visual, de técnicas de inspeção mais robustas, de forma a avaliar as condições das áreas inspecionadas de forma mais técnicas e com maior nível de detalhes. Sendo as seguintes regiões a serem inspecionadas: base do tanque, áreas com pintura e/ou isolamento térmico, os acessórios, aterramento, sistema de proteção catódica caso possua, costado e teto (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2014).

Nesse tipo de inspeção, o equipamento pode ou não estar operando, desde que seja possível cumprir todas as inspeções requeridas. Em situações em que não é possível se ter a inspeção baseada na condição do equipamento, a norma API 653 recomenda que a frequência dessa inspeção não ultrapasse cinco anos (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2014).

Por fim, tem-se a inspeção interna, também conhecida como inspeção geral, que é realizada com o tanque fora de operação, tornando possível a avaliação da condição geral do equipamento. Nesse tipo de inspeção, deve-se verificar, além dos itens descritos na inspeção externa, também todos os elementos e regiões internas, como costado, fundo, teto e suportes, e acessórios e equipamentos auxiliares interno. (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2014).

A norma API 653 estabelece, para situações em que não é possível se ter a inspeção baseada na condição do equipamento, que a frequência dessa inspeção não ultrapasse dez anos (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2014).

Quando nenhuma das metodologias de planejamento de inspeção possam ser praticadas, por limitação de histórico bem desenvolvido dos equipamentos e desconhecimento da taxa de corrosão, são definidos critérios e frequências pela norma API 653, tida como referência em inspeção para as principais normas relacionadas a tanques atmosféricos de

armazenamento, API 675, API 2610 e N-2318. A Tabela 3 apresenta um resumo das frequências de inspeção para tanques que já passaram pela sua primeira inspeção.

Tabela 3

Resumo de rotina de inspeção

O que?	Quando?	Quem?	Referência	Comentário
Relatório de anomalias	Rotineiramente	Operadores e outros usuários	Boa prática de mercado	
Inspeção de Rotina	Mensalmente	Profissionais próprios treinados	API 653	
Inspeção Externa	Em até 05 anos	Equipe de inspeção especializada	API 653	Em nenhum caso a inspeção externa deve ultrapassar o prazo de 1/4 da vida útil estimada para o costado e teto
Inspeção Interna (Geral)	Em até 10 anos	Equipe de inspeção especializada	API 653	Sem barreira protetiva: não ultrapassar 20 anos. Com barreira protetiva: não ultrapassar 30 anos.

Fonte: O Autor (2022).

As condições apresentadas na Tabela 3 podem ser alteradas em determinadas situações como eventos climáticos severos, sísmicos que possam danificar alguma estrutura, identificação de vazamentos em inspeções com o equipamento operacional, ou condições operacionais muito que criem ambientes corrosivos muito agressivos (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2020).

Sumariamente, em se tratando de inspeção em tanques de armazenamento, tem-se como recomendação o desenvolvimento de um histórico do equipamento de forma bem estruturada para dar suporte em um plano de inspeção otimizado e assertivo, suas atividades serem baseadas tanto na condição do equipamento quanto no risco, com uma robusta análise estatística, auxiliando no processo de tomada de decisão. É importante enfatizar a criticidade de se ter todas as atividades de inspeção bem planejadas, de modo a prover todos os recursos necessários, minimizando o tempo de parada do equipamento e a exposição ao risco dos profissionais.

5.4 Proteção anticorrosiva

O desenvolvimento das técnicas de proteção anticorrosiva tem sido um fator muito importante na garantia da integridade e aumento da vida útil dos tanques de armazenamento. Reforçando a importância e efetividade dos métodos de proteção anticorrosiva, a norma API 653, apresenta, para tanques recém-fabricados, que ainda não passaram pela primeira inspeção geral, a possibilidade de extensão de período da inspeção inicial de acordo com o método de “tanque salvaguarda”, ou seja, método de prevenção da corrosão (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2014). A Tabela 4 apresenta o impacto positivo da aplicação desses métodos.

Tabela 4

Tempo adicional da inspeção inicial de acordo x salva guarda existente

Salva Guarda	Tempo Adicional da Inspeção Inicial
Fundo do tanque, em contato com o produto armazenado, com revestimento reforçado com fibra de vidro aplicado conforme API RP 652	5 anos
Interior do tanque com revestimento de baixa espessura aplicado conforme API RP 652	2 anos
Fundo do tanque, em contato com o solo, com proteção catódica instalada, mantida e inspecionada conforme API RP 651	5 anos

Fonte: Adaptado de American Petroleum Institute (2014).

Conforme verificado, dentre as técnicas de proteção anticorrosivas utilizadas em tanques de armazenamento, tem-se a aplicação de revestimento anticorrosivo como a técnica mais utilizada no setor de armazenamento de graneis líquidos, no universo estudado. Isso ocorre por ser uma técnica que tem evoluído constantemente ao longo dos anos, mostrando eficiência na proteção anticorrosiva e adaptabilidade a diferentes cenários de corrosão.

Como informação relevante para se ter no procedimento de pintura da empresa. Além do revestimento a ser utilizado e sua espessura tem-se ainda, para completar as informações necessárias do esquema de pintura, a definição do tratamento de superfície requerido. Isto é, a definição do grau de limpeza, de maneira a remover contaminantes ou materiais que possam impedir o contato entre o revestimento e o substrato, e o perfil de rugosidade necessário do substrato, garantindo a aderência necessária para a aplicação do revestimento.

Outra técnica de proteção anticorrosiva utilizada em tanques de armazenamento, citada pela API 653, como forma de prolongar o prazo de inspeção inicial é a proteção catódica para a mitigação da corrosão no fundo do tanque. Tem-se por principais objetivos da utilização da proteção catódica: proteção do fundo em contato com o solo; minimização de correntes de fuga; prover flexibilidade de modo a acomodar mudanças na operação e ser uma salva guarda de proteção anticorrosiva. A proteção catódica pode ocorrer por meio de sistema galvânico e sistema de corrente impressa (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2014).

Foi verificado também nas empresas analisadas, do setor de armazenamento, a utilização de proteção catódica galvânica (utilização de anodo), internamente, na chapa de fundo do tanque, sendo um complemento ao revestimento anticorrosivo utilizado.

Por fim, pode-se verificar que a utilização de proteção catódica para a proteção do fundo do tanque tanto internamente quanto externamente pode trazer benefícios e junto com a

análise do histórico do equipamento e inspeções, se prolongar a vida útil e otimizar a rotina de inspeção. Entretanto, deve ser realizada uma verificação prévia de forma a garantir a aplicabilidade de forma eficaz nos tanques de armazenamento já operacionais, dado que há algumas restrições e limitações na utilização desse método de proteção anticorrosiva.

6 Conclusões

O plano de gerenciamento da corrosão em tanques atmosféricos de armazenamento de produtos derivados de petróleo foi desenvolvido com base em uma revisão da literatura e na análise de práticas adotadas por empresas do setor de armazenamento de grânéis líquidos em terminais marítimos. A pesquisa evidenciou a relevância estratégica desses ativos para o setor de petróleo e gás e destacou a corrosão como um dos principais mecanismos de dano, cuja gestão inadequada pode gerar falhas catastróficas, comprometendo a segurança, o meio ambiente e a viabilidade econômica das operações.

As entrevistas realizadas com especialistas do setor permitiram compreender como o gerenciamento da corrosão é tratado nas empresas, abordando estruturas organizacionais, procedimentos técnicos, rotinas de inspeção e monitoramento, além de práticas de proteção anticorrosiva. Essa etapa também possibilitou identificar lacunas importantes, como a falta de integração entre monitoramento contínuo e rotinas de inspeção, e oportunidades de melhoria que foram incorporadas ao plano proposto.

Com base nesse referencial teórico e prático, o plano de gerenciamento da corrosão contempla recomendações para organização interna, inspeções, monitoramento e proteção anticorrosiva, apresentando-se como um recurso útil e adaptável para profissionais do setor. Contudo, o estudo apresentou limitações, como o foco exclusivo em tanques atmosféricos localizados em terminais marítimos e a ausência de comparações quantitativas entre empresas quanto à eficácia das práticas de gerenciamento ou os benefícios econômicos e operacionais obtidos, aspectos que representam oportunidades para trabalhos futuros.

Ainda, para futuras pesquisas, sugere-se a ampliação do escopo para incluir tanques com características diferentes, como tanques enterrados ou que armazenem produtos mais agressivos, bem como análises comparativas que avaliem quantitativamente a eficácia das práticas adotadas por diferentes empresas. Indicadores como redução de custos, aumento da vida útil dos ativos e impactos na segurança operacional podem ser explorados para demonstrar os benefícios econômicos e técnicos associados ao gerenciamento estruturado da corrosão. Esses avanços podem contribuir para o refinamento do plano proposto e sua aplicação em contextos industriais mais amplos.

Referências

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. (2007a). *API 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage*. Washington.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. (2014b). *API 653: Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction*. Washington.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. (2018). *API 2610: Design, Construction, Operation, Maintenance, and Inspection of Terminal and Tank Facilities*. Washington.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. (2020). *API 675: Inspection Practices for Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks*. Washington.

ANP. (2022). *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás natural e Biocombustível*. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2015). *ABNT NBR ISO 9001: Sistema de gestão da qualidade - Requisitos*. Rio de Janeiro.

Badalova, G., & Johansson, M. (2022). Corrosion Management Learning for Storage Tanks. *AMPP Annual Conference + Expo*. San Antonio, Texas, USA.

Barros, S. M. (2010). *Tanques de Armazenamento*. Rio de Janeiro: Petrobras.

Cortines, V. J. (2014). *Estudo da inspeção e caracterização de materiais compósitos por ultrassom*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Materiais) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Nova Friburgo.

Gentil, V. (2011). *Corrosão* (6ª ed.). Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.

Isa, M., Manaf, A., & Anuar, M. (2018). Combating Corrosion: Risk Identification, Mitigation and Management. *Magnetic Research & Treatment Centre, Science & Technology Research Institute for Defence (STRIDE)*, 11.

Koch, G., Varney, J., Thompson, N., Moghissi, O., Gould, M., & Payer, J. (2016). *Internacional Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies Study*. NACE Internacional, Houston .

- Kumari, P., & Lavanya, M. (2024). Optimization strategies for corrosion management in industries with artificial neural network and respose surface technology: A comprehensive review. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*.
- Ministério do Trabalho e Emprego. (1978). *Norma Regulamentadora NR-13: Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações. Portaria nº 3.214*.
- Njomane, L., & Telukdarie, A. (2018). *Corrosion Management: A Case Study on South African Oil*. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Paris.
- Odinde, P., Ezeifedi, H., Akanni, J., Anyachor, N., Oladipo, A., Ohia, C., . . . Onuorah, C. (2023). Corrosion Management Framework: A structured Approach to Managing Corrosion in Oil and Gas Facilities. *Gas & Oil Technology Showcase and Conference*. Dubai, UAE.
- Omer, F. (2016). Improvement of Oil and Petrochemical Processing by Performance of Corrosion Integrity Management. *ICCPGE*, pp. 70-75.
- Telles, P. C. (2003). *Materiais para Equipamentos de Processo* (6ª ed.). Rio de Janeiro: Interciência.
- Ultracargo. (Novembro de 2024). *Ultracargo*. Fonte: Imagem do Terminal de Santos: <https://www.ultracargo.com.br/terminal/santos/>
- Zanella, L. (2013). *Metodologia de Pesquisa*. Departamento de Ciência da Administração/UFSC. Florianópolis: D.

ARTIGO ONLINE