



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

GABRIEL FONTES DOS SANTOS

ESTUDO DA CORROSÃO EM TANQUES DE COMBUSTIVEL

PAU DOS FERROS – RN

2023

GABRIEL FONTES DOS SANTOS

ESTUDO DA CORROSÃO EM TANQUES DE COMBUSTIVEL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal Rural
do Semi-Árido - UFERSA, Campus Pau
dos Ferros, como requisito para a
obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kytéria Sabina
Lopes de Figueredo.

PAU DOS FERROS – RN

2023

GABRIEL FONTES DOS SANTOS

ESTUDO DA CORROSÃO EM TANQUES DE COMBUSTÍVEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido -
UFERSA, Campus Pau dos Ferros, como requisito
para a obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kytéria S. L. de Figueredo

DATA DE APROVAÇÃO 19 DE MAIO DE 2023

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
KYTERIA SABINA LOPES DE FIGUEREDO
Data: 25/05/2023 00:19:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

PROFA.DRA. KYTÉRIA SABINA LOPES DE FIGUEREDO
PRESIDENTE



Documento assinado digitalmente
SHARON DANTAS DA CUNHA
Data: 25/05/2023 00:27:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

PROF.DR. SHARON DANTAS DA CUNHA
1º EXAMINADOR



Documento assinado digitalmente
WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS
Data: 25/05/2023 11:05:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

PROF. DR. WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS
2º EXAMINADOR

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

SS237
e
SANTOS , gabriel fontes dos santos.
ESTUDO SOBRE A CORROSÃO EM TANQUES DE
COMBUSTIVEL / gabriel fontes dos santos SANTOS .
- 2023.
45 f. : il.
Orientadora: Dr.^a Kytéria Sabina Lopes de
Figueredo. Figueredo.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência da
Computação, 2023.
1. Tanque de combustíveis. 2. Problemas de
corrosão . 3. sustentabilidade. 4. Corrosão. I.
Figueredo, Dr.^a Kytéria Sabina Lopes de
Figueredo., orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).
Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, cuja graça e bênçãos estiveram presentes em cada etapa deste projeto. Sua sabedoria e orientação foram fundamentais para me manter motivado e perseverante durante todo o processo. Sou profundamente grato por Sua presença constante, fortalecendo-me nas horas de dificuldade e iluminando meu caminho com inspiração.

Gostaria também de expressar minha gratidão à minha família, que esteve ao meu lado desde o início. Agradeço pelo amor incondicional, encorajamento e apoio contínuo que recebi de meus pais, irmãos e demais familiares.

Queria agradecer também os meus camaradas da faculdade ``os cabas`` que muito me ajudaram nessa jornada e sempre me trazendo ótimas risadas fazendo o cotidiano na faculdade ser um ambiente mais leve.

Por fim, quero expressar minha profunda gratidão à minha orientadora, a brilhante Dra. Kytéria Sabina Lopes de Figueredo por ter feito muitas vezes mais do que sua obrigação, me ajudando sempre que pedia orientação de domingo a domingo, as vezes até abdicando de seu tempo livre para me auxiliar. A senhora é um exemplo de profissional!

Que este TCC seja uma celebração do trabalho árduo, dedicação e apoio mútuo. Que possamos continuar a caminhar juntos em busca de novos desafios e conquistas.

“Tudo quanto te vier à mão para fazer, faze-o conforme as tuas forças, porque na sepultura, para onde tu vais, não há obra nem projeto, nem conhecimento, nem sabedoria alguma.”

Eclesiastes 9:10

RESUMO

Os tanques de armazenamento de combustíveis para comercialização desempenham uma importante função na nossa sociedade tendo o importante papel de manter em segurança grandes quantidades e por longos períodos, se não fossem os tanques e a segurança que eles no promovem, provavelmente teríamos mais acidentes com o manuseio desses materiais infláveis. No entanto frequentemente passam por problemas de corrosão que ocorre em praticamente em todas as estruturas metálicas. Este estudo buscou identificar as causas e os problemas de infiltração de água nos tanques de armazenamento de combustíveis, determinar as formas de corrosão existentes nos tanques e propor alternativas para contribuir com a redução da corrosão e da ocorrência de vazamentos nestes equipamentos, e por consequência, reduzir a possibilidade de danos ambientais.

Palavra-chave: postos de combustível, controle de corrosão, manutenção e segurança.

ABSTRACT

Fuel storage tanks for commercialization play an important role in our society, having the important role of keeping large quantities safe and for long periods, if it weren't for the tanks and the safety they promote, we would probably have more accidents with handling of these inflatable materials. However, they often experience corrosion problems that occur in practically all metallic structures. This study sought to identify the causes and problems of water infiltration in fuel storage tanks, determine the forms of corrosion existing in the tanks and propose alternatives to contribute to the reduction of corrosion and the occurrence of leaks in these equipment, and consequently, reduce the possibility of environmental damage.

Keywords: fuel stations, corrosion control, maintenance and security.

Lista de Figuras

Figura 1: Construção da estrutura dos tanques	17
Figura 2: Exemplo de sistema subterrâneo	17
Figura 3 Exemplo de contaminação por tanques subterrâneos	18
Figura 4: Tanque externo vendido pronto pela DIFEPRAM.....	19
Figura 5: Tanques individuais instalado em fazenda	19
Figura 6: tanque externo para gerador da marca, WebPlástico	22
Figura 7: Modelo de tanque da marca ARXO	23
Figura 8: ciclo do metal na corrosão	24
Figura 9: Exemplos de corrosão.....	25
Figura 10: Corrente em processo de corrosão uniforme	26
Figura 11: Peça danificada por corrosão por pites.	27
Figura 12: Esquema de corrosão por pites.....	27
Figura 13: Esquema de corrosão em frestas	28
Figura 14: Esquema de proteção catódica da ROBIALAC	30
Figura 15: Mapa da cidade de Alexandria-RN	32
Figura 16: tanque do modelo estudado.....	32
Figura 17: Diagrama dos tanques no subterrâneo.....	33
Figura 18: Exemplo de sump (caixa de inspeção do tanque)	33
Figura 19: Mapa de Rafael Fernandes-RN	34
Figura 20: Exemplo de tanque bipartido	34
Figura 21: Esquema de funcionamento da sonda.....	35
Figura 22: Sump primeiro posto de combustível.	36
Figura 23: Retirada de água do sump.....	37
Figura 24: Amostragem dos sensores.....	37
Figura 25: Foto ampliada da corrosão	38
Figura 26: Sump do segundo posto	39
Figura 27: Ampliação da figura 26,	39
Figura 28: Sensor alertando a presença de água no tanque de gasolina	40
Figura 29: Foto de um sump novo.....	41

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	14
2.1	GERAL	14
2.2	ESPECÍFICOS	14
3	REVISÃO TEÓRICA.....	15
3.1	ARMAZENAMENTO DE COMBUSTÍVEIS.....	15
3.2	TIPOS DE ARMAZENAMENTO	16
3.3	TANQUES SUBTERRÂNEOS	17
3.4	TANQUES EXTERNOS.....	18
3.5	NORMAS DA ABNT	20
3.6	O MATERIAL DOS TANQUES.....	21
3.7	TANQUES SUBTERRÂNEOS	22
3.8	CORROSÃO	23
3.8.1	Tipos de corrosão	24
3.8.2	Formas de corrosão	25
3.8.3	Corrosão Uniforme.....	26
3.8.4	Corrosão por Pites.....	26
3.8.5	Corrosão por Frestas.....	27
3.8.6	Proteção contra corrosão	28
4	METODOLOGIA.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
6	CONSIDERAÇÕES FINAL.....	42
7	REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

Os tanques de armazenamento para comercialização de combustíveis desempenham uma importante função na nossa sociedade tendo o importante papel de manter em segurança grandes quantidades e por longos períodos. Sem eles, provavelmente teríamos mais acidentes com o manuseio desses materiais infláveis.

O armazenamento do combustível nos postos de venda se dá através de grandes tanques de aço carbono e cobertos (jaqueados) com uma fibra de vidro termofixa. O armazenamento de combustíveis nestes tanques é bastante seguro, e é observado que os poucos problemas que acontecem Brasil e no mundo está na forma que são instalados. Geralmente, os tanques são enterrados e uma camada de concreto é adicionada, criando mais uma camada caso alguma coisa aconteça dentro do tanque, por exemplo, uma explosão. Assim, para fins de segurança todo o processo é feito de forma minuciosa e muito bem inspecionado, segundo normas vigentes (NBR 16161).

A corrosão é um fenômeno natural e espontâneo causado pelo ar e umidade em metais por meio de reação química. Geralmente por meio de uma reação de oxidação, a popular ferrugem, que deixa o material desgastado e poroso, formando resíduos e desgastando o material. Por esse motivo, o fenômeno reduz a vida útil do equipamento. Existem diversos estágios de corrosão, que pode ser crucial para um problema de segurança (EME JR, 2021). E a corrosão ainda é mais acentuada quando por exemplo está sobre uma umidade maior e esse é justamente o caso dos tanques. Que são expostos tanto a baixa umidade pelo fato de estarem abaixo do solo e em alguns casos até com a infiltração de água.

Para os órgãos regulamentadores, é comum a utilização de sondas para monitoramento ambiental que tem por função medir o tanto de combustível e o monitoramento verifica possíveis vazamentos. Entretanto, na maioria dos postos de combustíveis, as caixas de inspeção do tanque, também chamado de “sump”, são os locais onde saem tubos flexíveis, que é por onde o combustível é puxado para as bombas. Muitas vezes, devido a erros no projeto, o “sump” é muito suscetível a se preencher com água, causando o alagamento as vezes por inteiro dessa área específica.

Apesar de tecnicamente não parecer um problema muito grave em relação a acidentes, esse acúmulo de água favorece a corrosão e pode causar problemas e riscos à

saúde pública, como: explosão e incêndio, vazamentos que podem acarretar sérios impactos ambientais devido à contaminação do solo e das águas subterrâneas, comprometendo a qualidade dos recursos hídricos e seu uso para o abastecimento.

Esse trabalho buscar identificar as causas e os problemas de infiltração de água nos tanques de armazenamento de combustíveis, determinar as formas de corrosão existentes nos tanques visando propor alternativas para contribuir com a redução da corrosão e possível redução da ocorrência de vazamentos nestes equipamentos, e por consequência, reduz a possibilidade de danos ambientais.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar os problemas da infiltração de água e os processos corrosivos que ocorrem nos tanques de combustível, mais precisamente nos sump's que são as caixas de inspeção.

2.2 ESPECÍFICOS

- Identificar a origem da água infiltrada por meio de observação, verificando como e o porquê de ela estar ali e procurar meios de parar essa infiltração.
- Constatar por meio da sonda a quantidade de água dentro do tanque e se a uma quantidade maior do que a permitida nos combustíveis.
- Verificar a corrosão e identificar qual a forma de corrosão.
- Comparar análises de solos e combustíveis, verificando assim se existe poluição no solo ou problemas com a qualidade da gasolina nos tanques analisados.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 ARMAZENAMENTO DE COMBUSTÍVEIS

Os combustíveis são substâncias inflamáveis e, portanto, podem ser perigosos se não forem armazenados adequadamente. O armazenamento de combustíveis pode ser realizado em tanques, tambores, containers ou em outros recipientes apropriados. A seguir estão algumas considerações importantes para o armazenamento seguro de combustíveis, e que segundo as normas que serão apresentadas no decorrer do texto necessitam de: (Blog Texaco, 2017).

O local de armazenamento deve ser bem ventilado, longe de fontes de calor e chamas, e deve ser isolado de outras áreas ocupadas. Também deve ser mantido limpo e livre de detritos e outros materiais combustíveis.

O recipiente escolhido para armazenar o combustível deve ser apropriado para o tipo de combustível e deve ser resistente à corrosão. O recipiente também deve ser devidamente rotulado com informações sobre o tipo de combustível, o nome do produto e quaisquer avisos de segurança.

É importante limitar a quantidade de combustível que é armazenada em qualquer local para evitar riscos desnecessários. As regulamentações locais podem ser consultadas para determinar as limitações de quantidade de armazenamento.

O armazenamento de combustíveis deve ser feito com cuidado e em conformidade com as normas e regulamentações aplicáveis. Isso inclui garantir que os recipientes estejam bem vedados e que haja medidas de segurança adequadas em vigor, como extintores de incêndio próximos e equipamentos de segurança pessoal disponíveis para as pessoas que manipulam o combustível.

Em geral, o armazenamento seguro de combustíveis envolve cuidadosa seleção de recipientes e locais de armazenamento apropriados, juntamente com medidas adequadas de segurança para minimizar os riscos potenciais.

O armazenamento de combustíveis se dá pelos tanques, e devido sua característica primordial que é a sua fácil combustão ``O Processo de Combustão Constitui-se essencialmente na oxidação daqueles elementos, dentre os constituintes de um

combustível, que são passíveis de serem oxidados. Pode dessa for má ser representado por uma equação química. Durante o processo de combustão, a massa de cada elemento permanece constante, e portanto escrever as reações químicas e resolve-las constitui-se basicamente na realização do balanço de massa entre os reagentes e os produtos.`` JOSMAR... ( 1984) esse processo nos combustíveis é bem mais sensível até pela função que desempenha nos motores pois esse liquido tem que ser rapidamente ``explodido`` pela fagulha que a vela faz, ou seja ele precisa de um sistema de armazenamento muito eficaz que evite ao máximo que esse liquido escape causando acidentes, e para isso, aqui no Brasil foi feita uma norma que dá toda essa regulamentação dos tanques NBR 16161 nela estão todas as características que são necessárias num tanque para que ele seja seguro para acomodar tais materiais.

3.2 TIPOS DE ARMAZENAMENTO

São vários os tipos de armazenamento para líquidos inflamáveis (tendo em vista que não existe uma norma especifica para combustíveis) os tipos de armazenamento usando tanques são: tanque elevado: Tanque instalado acima do nível do solo, apoiado em uma estrutura e com espaço livre sob esta, tanque de superfície: Tanque que possui sua base totalmente apoiada sobre a superfície do solo, tanque subterrâneo: Tanque horizontal construído e instalado para operar abaixo do nível do solo e totalmente enterrado, tanque vertical: Tanque com eixo vertical, instalado com sua base totalmente apoiada sobre a superfície do solo, tanque horizontal: Tanque com eixo horizontal, que pode ser construído e instalado para operar: acima do nível, no nível ou abaixo do nível do solo, tanque atmosférico: Tanque vertical projetado para operar com pressão manométrica interna, desde a pressão atmosférica, até 6,9 kPa (1 psig) medida no topo do tanque, tanque de baixa pressão: Tanque vertical projetado para operar com pressão manométrica interna, superior a 6,9 kPa (1 psig) até 103,4 kPa (15 psig), medida no topo do tanque, tanque de teto flutuante: Tanque vertical projetado para operar à pressão atmosférica, cujo teto flutua sobre a superfície do líquido, todas essas classificações estão na norma regulamentadora (NBR 7505: Armazenagem em tanques estacionários).

3.3 TANQUES SUBTERRÂNEOS

Os tanques subterrâneos segundo o site especializado em postos ``webposto.com`` são estruturas como o próprio nome já diz que são feitas no subsolo, eles são muito utilizados por postos de gasolina. Nesse caso, o tanque fica completamente enterrado, figura 1, e nos casos dos postos é ligado por uma série de conexões com as bombas de combustível para que o abastecimento seja viável, como pode ser visto na figura 2.

Figura 1: Construção da estrutura dos tanques



Fonte: Passafaro, (2019)

Figura 2: Exemplo de sistema subterrâneo

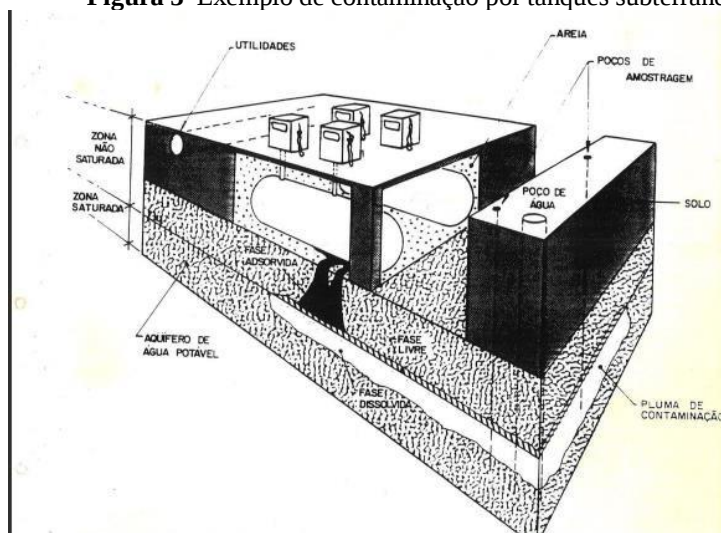


Fonte: Zeppinni, (2023)

Esse tipo de estrutura é muito viável nesse caso pois ele acaba por utilizar bem menos espaço do que um que ficasse acima do solo deixando assim mais espaços para os carros circularem dentro das dependências do estabelecimento. Além disso, o perigo de incêndio é minimizado, visto que a terra impede a entrada de oxigênio, de maneira a inibir o processo de combustão.

Apesar de todos os prós o tanque subterrâneo tem os seus ônus que podem ser a instalação, que um tanque subterrâneo é muito mais caro do que a instalação de um tanque de superfície devido toda à estrutura que é feita para ser acomodados e as conexões que vão para as bombas a difícil manutenção que é muito mais difícil devido à sua localização subterrânea e à dificuldade de acesso, os riscos de vazamentos que podem acontecer devido a danos na superfície do tanque ou à corrosão. Estes vazamentos podem contaminar o solo e o lençol freático, causando danos ambientais graves, como pode ser visto na figura 2. (OLIVEIRA, 1992).

Figura 3 Exemplo de contaminação por tanques subterrâneos



Fonte: Oliveira, (1992)

3.4 TANQUES EXTERNOS

Os tanques externos ficam sob o solo, e precisam de estruturas tanto para cobrir das chuvas quanto do sol, para os tanques não fiquem no chão geralmente são colocados em cima de estruturas de metais (palets) ou qualquer outro tipo de armação que sirva de base, esse tipo de armazenamento quase nunca é usado pelos postos de gasolina pelos

fatos citados acima. O principal usuário desse tipo de técnica são campos de agro (abastecer maquinário), empresas de logística e afins com o intuito de economizar dinheiro dos postos transformando-se em seu próprio distribuidor de combustível. (BITTENCOURT, 2021). Na figura 4 e 5 são apresentados exemplos destes tanques.

Figura 4: Tanque externo vendido pronto pela DIFEPRAM



Fonte: DIFEPRAM, (2016)

Figura 5: Tanques individuais instalado em fazenda



Fonte: blog do aegro (2018)

Os pontos positivos dessa forma de armazenar combustível em comparação com o outro é sua facilidade e sendo relativamente barato que no caso seria caso seriam só o custo do tanque em si, e do sistema de bombas que ia puxar o combustível. A manutenção

de tanques externos é muito mais fácil do que a dos tanques subterrâneos, pois devido a sua localização são de fácil acesso, a mobilidade também é um fator a se considerar pois a pessoas que colocar um tanque desse talvez precise trocar de lugar ou até mesmo vender deixando tudo isso mais fácil e pratico comparando com os subterrâneos

3.5 NORMAS DA ABNT

TABELA 1: TABELA DAS NORMAS DA ABNT

ABNT NBR:1546	Estabelece requisitos para a construção de tanques estacionários de aço-carbono, atmosféricos, de até 190 mil litros. Estes tanques são destinados ao armazenamento aéreo de líquidos cuja densidade relativa não exceda em 110% a da água.
ABNT NBR:7821	A norma estabelece exigências mínimas para materiais, projeto, fabricação, montagem e testes de aço-carbono, soldados, cilíndricos ou verticais, não enterrados, com teto fixo ou flutuante. Eles devem ser destinados ao armazenamento de petróleo e seus derivados líquidos.
ABNT NBR:15456	Dita regras para construção e ensaios de unidades de abastecimento que possuam um gabinete hidráulico, a serem instaladas em bases fixas. Essas bases são destinadas a abastecer combustíveis líquidos nos tanques de veículos ou em recipientes portáteis a vazões de até 400 L/min. Também podem ser destinadas à utilização e armazenagem a temperaturas ambientes entre – 20 °C e + 40 °C.
ABNT NBR: 13787:2013	Sobre procedimentos de controle de estoque e movimentação de combustíveis do Sasc (sistema de armazenamento subterrâneo de combustíveis). Fornece subsídios para avaliação de variação de volumes.
ABNT NBR: 14606:2013	Sobre procedimentos de segurança para a entrada em espaço confinado, em quaisquer tipos de tanques de armazenamento de combustíveis líquidos em locais de abastecimento.
ABNT NBR: 7505-1 e 7505-4	Fixa condições para projetos de instalações de armazenagem de combustíveis em tanques estacionários com capacidade superior a 250 L, à pressão manométrica igual ou inferior a 103,4 kPa (15 psig). Além dessas regras, é importante que você use: medidores volumétricos e bombas de abastecimento; filtros e sistema de verificação de vazamento, tubulações metálicas e não metálicas conforme normas da ABNT.

3.6 O MATERIAL DOS TANQUES

No Brasil, a construção de tanques para armazenamento de líquidos inflamáveis é regulamentada por diversas normas e leis que visam garantir a segurança e a proteção do meio ambiente e das pessoas envolvidas. Algumas das principais legislações que se aplicam à construção de tanques para líquidos inflamáveis no Brasil são:

- NBR 17505 - Tanques metálicos para armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Requisitos construtivos e de segurança;
- ABNT NBR 13786 - Sistema de Proteção contra descargas atmosféricas - Procedimento;
- NR-20 - Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis, do Ministério do Trabalho e Emprego;
- Decreto nº 2.657/1998 - Regulamenta a Lei nº 7.802/1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

Essas normas e leis estabelecem requisitos técnicos e de segurança para a construção, operação e manutenção de tanques de líquidos inflamáveis, incluindo questões como a escolha dos materiais, dimensionamento dos tanques, sistemas de segurança e prevenção de vazamentos, e outros aspectos relacionados à segurança e à proteção do meio ambiente.

Tanques Externos - A NBR 17505 é norma que regulamenta as construções de tanques externos tanto para postos quanto para outros usos, essa norma dá as diretrizes para que os projetos possuam segurança e confiabilidade para todos em sua instalação e utilização, a norma define:

- Dimensionamento do tanque de acordo com a capacidade de armazenamento;
- Especificações técnicas para a construção do tanque, incluindo materiais, soldagem, revestimentos e isolamentos;
- Requisitos de segurança para o armazenamento e manuseio dos líquidos inflamáveis;

- Procedimentos de inspeção e manutenção do tanque e seus acessórios;
- Medidas de proteção contra vazamentos e explosões;

Normas de transporte e instalação do tanque - A observância da NBR 17505 é obrigatória no Brasil para os tanques de armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis utilizados em indústrias, postos de combustíveis, instalações portuárias, entre outros locais. A norma é atualizada periodicamente, de acordo com os avanços tecnológicos e as mudanças na legislação e nas normas técnicas internacionais. Na figura 6 é apresentado um exemplo de tanque externo.

Figura 6: Tanque externo para gerador da marca, WebPlástico



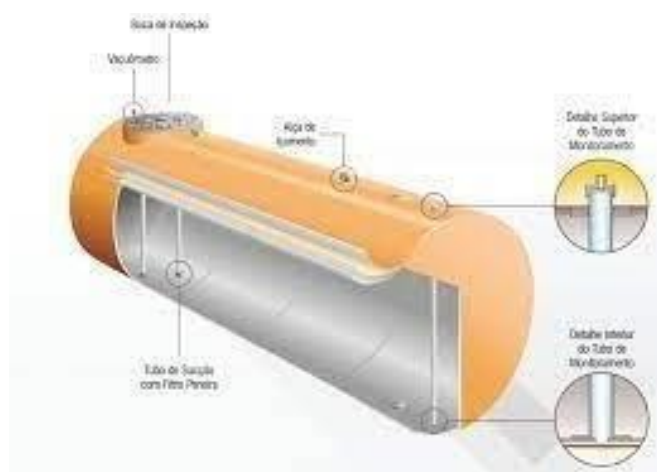
Fonte:webplastico(2019)

3.7 TANQUES SUBTERRÂNEOS

O material dos tanques é também pré-definido na NBR 16161, que define e estabelece as normas de fabricação de tanques metálicos cilíndricos, de parede simples revestido ou de parede dupla jaquetado. Os tanques jaquetados são os utilizados no solo e em sua grande maioria é utilizado por postos de combustíveis (Figura 2). Os tanques jaquetados NBR 16161 devem seguir estas diretrizes: O tanque pode ser pleno (com um único compartimento) ou com vários compartimentos independentes. O tampo deve ser fabricado a partir de chapas de aço- carbono e formado por processo de conformação por

rebordeamento ou prensagem. O costado deve ser fabricado a partir de aço-carbono, não sendo permitido cruzamento de soldas. Os tanques aplicáveis a um posto revendedor devem ser instalados os seguintes acessórios: boca de visita, conexão de carga de produto e tubo de monitoramento. A jaqueta (parede secundária) é construída em material não metálico (plástico reforçado com fibra de vidro– PRFV), com espaço intersticial, para conter vazamentos e proteger o tanque metálico de corrosões. Pode ser instalado um sensor eletrônico de monitoramento no espaço intersticial entre o tanque metálico e a jaqueta. A figura 7 mostra um modelo de um tanque comercial, com a presença dos sensores e dos itens citados anteriormente.

Figura 7: Modelo de tanque da marca ARXO



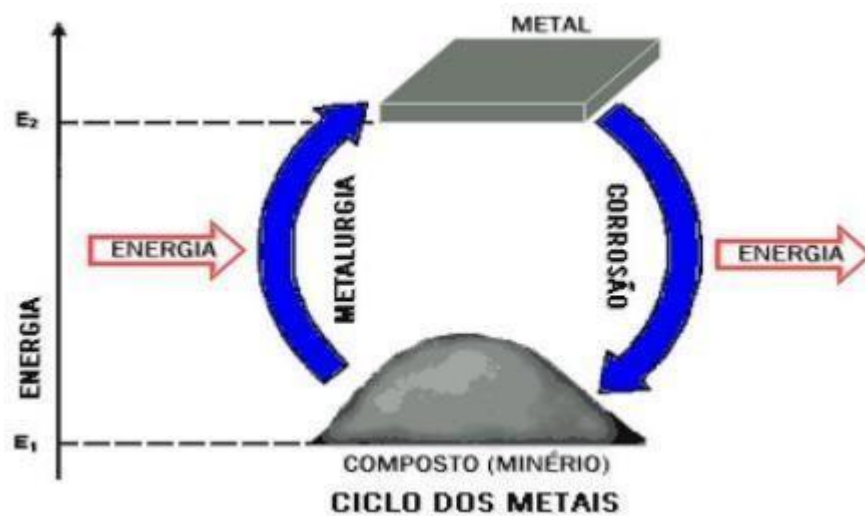
Fonte: site da ARXO(2019)

3.8 CORROSÃO

A Corrosão é uma forma do ambiente exercer influência sobre o metal. Segundo Helene (1986), este processo é uma interação entre o ambiente e o metal, sendo que esta interação ocorre de maneira destrutiva, alterando as propriedades dos materiais. Essa interação acontece por meio de uma reação química. Em geral, nos processos de corrosão, os metais reagem com os elementos não metálicos presentes no meio, particularmente o oxigênio e o enxofre, produzindo compostos semelhantes aos encontrados na natureza, dos

quais foram extraídos. Conclui-se, portanto, que nestes casos a corrosão corresponde ao inverso dos processos metalúrgicos (figura 8) (PONTE , 2011), ou seja, é uma forma do ambiente transformar o metal em basicamente composto de ferro e que se exposto ainda em condições mais propensa a que isso aconteça pode acabar gerando problemas na estrutura.

Figura 8: ciclo do metal na corrosão



Fonte: PONTE , 2011.

3.8.1 Tipos de corrosão

Existe três tipos de corrosão (Gentil, 2007): corrosão química, conhecida por “corrosão seca”, ocorre quando um agente químico entra em contato direto com o material, desse modo, não é necessário a ação da água como solvente e não há transferência de elétrons. Normalmente, ocorre de maneira mais lenta e há formação de um produto de corrosão que em geral se acumula sobre a superfície. Na corrosão Eletroquímica, mais frequente, acontece quando um metal está em contato com um eletrólito, substância que em água forma íons positivos e negativos e conduz eletricidade, ocorrendo reações anódicas e catódicas simultaneamente. e a última é a corrosão A biocorrosão ocorre graças à formação de colônias de microrganismos (biofilmes) em um ambiente que o favorece (metálicos ou não). É muito comum no dia a dia e provocando

grandes perdas em todos os setores.

3.8.2 Formas de corrosão

A corrosão pode se manifestar de diversas formas, e segundo TELLES (2006), os tipos de corrosão mais comuns em tanques são a de forma uniforme, corrosão por bites e corrosão por frestas, que dependendo diretamente da tensão e de tração elevada, meio corrosivo e material metálico suscetível.

Figura 9: Exemplos de corrosão



Fonte: ARAUJO (2012)

3.8.3 Corrosão Uniforme

Segundo TELLES (2003) e ROBERGE (2000) é o tipo mais comum de corrosão e ocorre quando a superfície de um metal é corroída de maneira uniforme e homogênea. É frequentemente causada pela exposição prolongada do metal a um ambiente corrosivo, pelo fato dessa corrosão atingir quase que toda a estrutura ela é bastante visível, e ela não é a mais perigosa, pois pode ser prevista, controlada e facilmente medida.

Figura 10: Corrente em processo de corrosão uniforme



Fonte: Rijeza metalúrgica (2023)

3.8.4 Corrosão por Pites

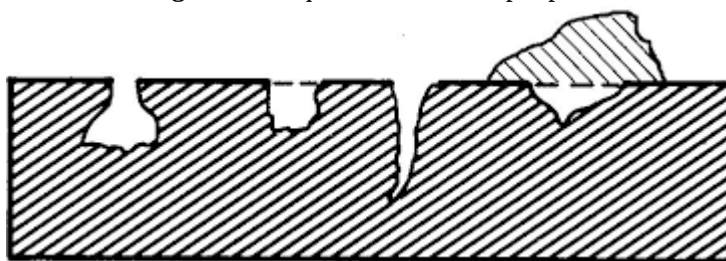
É um tipo de corrosão que segundo (TELLES, 2003) é fornada por pequenas cavidades que vão se expandido e gerando danos as estruturas. Geralmente é causada pela exposição do metal a ambientes que contenham cloretos ou outros ânions agressivos. Esse tipo de corrosão é mais perigoso do que os demais, isso se dá pelo fato de haver o dano estrutural da peça. Na figura 11 é apresentado estruturas corrosão por pites, e na figura 12, um esquema deste tipo de processo.

Figura 11: Peça danificada por corrosão por pites.



Fonte: sulcrons(2015)

Figura 12: Esquema de corrosão por pites



Fonte: Gentil (2006, p. 46)

Segundo Gentil (2006), a composição química do meio corrosivo ou do material metálico podem influenciar significativamente no ataque por pites. Os mecanismos propostos para o início da formação dos pites, admitem: - o íon, como o cloreto por exemplo, penetrando na película de passivação (óxido) existente na superfície do material metálico, aumenta a condutividade iônica de forma localizada na película, e ocasiona ataque anódico com formação de pite; - o íon é adsorvido na interface película de passivação (óxido) – solução, reduzindo a energia interfacial, gerando fratura ou deslocamento da película de passivação (CASTRO , 2018)

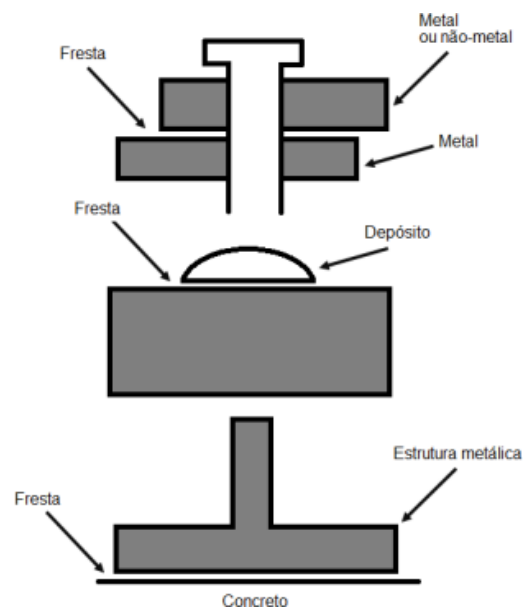
3.8.5 Corrosão por Frestas

Segundo Shreir (1993) e Panossian (1993), a corrosão por frestas ocorre em locais confinados, como em juntas soldadas, parafusos e porcas, e é causada pelo acúmulo de um eletrólito nas frestas, levando à formação de ácido que pode corroer o metal. Também

ocorre devido:

- a geometria da estrutura, juntas de rosca, soldas, etc.;
- o contato do metal com metal ou metal com não-metal;
- à deposição de areia, produtos de corrosão permeáveis, incrustações marinhas e outros sólidos (corrosão por depósitos);
- decorrência de trincas e outros defeitos metalúrgicos (ESCHER; FILHO, 2015).

Figura 13: Esquema de corrosão em frestas



Fonte: Adaptado de Panossian (1993)

A Figura13 representa esquemas de corrosão de frestas, onde percebemos as diferentes configurações das mesmas. Shreir (1993) estabeleceu um tamanho de fresta de 0,025 mm a 0,1 mm como ideal para o surgimento da corrosão, pois a fresta deve ser grande o suficiente para o acesso do meio corrosivo e pequena o suficiente para dificultar o transporte de matéria entre o ânodo e o cátodo, de modo que a fresta funcione como célula oclusa. (ESCHER; FILHO, 2015).

3.8.6 Proteção contra corrosão

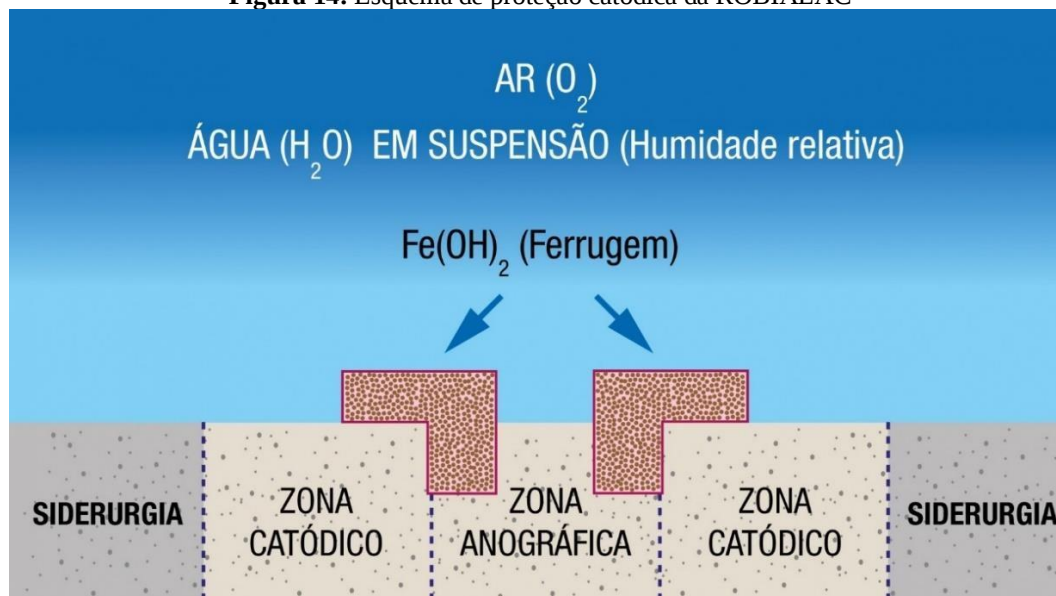
A maior parte de todas as corrosões que ocorrem nesse meio, que aqui são os tanques de combustíveis, são as do tipo de eletroquímica e para prevenimos e

remediarmos essa situação é necessário. Segundo Dutra e Nunes (2006), a ideia principal para estancar de vez ou diminuir a corrosão eletroquímica é impedir ou tentar controlar a criação de pilhas de corrosão, e para isso podemos fazer ações tanto no meio corrosivo quanto no aço. O método que é mais utilizado para parar ou diminuir a corrosão é a proteção catódica, e também podem ser usados diversos tipos inibidores de corrosão que segundo Dutra e Nunes (2006) são compostos orgânicos que tem como sua principal função é ser colocado no meio corrosivo para diminuir ou estancar a sua agressividade.

Existem dois métodos para a aplicação dos sistemas de proteção catódica. O primeiro é o sistema galvânico, que utiliza anodos galvânicos ou de sacrifício de ligas especiais de Magnésio, Zinco ou Alumínio. A diferença de potencial entre o aço e o anodo faz com que circule uma corrente elétrica através do eletrólito (solos, água ou concreto). E essa circulação de corrente modifica o potencial do aço em relação ao eletrólito, eliminando as pilhas de corrosão. Os sistemas galvânicos são muito utilizados para a proteção de instalações submersas, estruturas de concreto e pequenas tubulações enterradas. O segundo método é o sistema por corrente impressa. Esse sistema utiliza uma fonte externa de corrente (retificadores de proteção catódica) e anodos inertes especiais. Os anodos mais utilizados são os de Ferro-Silício-Cromo e os de Titânio. Nesse caso a corrente elétrica de proteção é gerada pelo retificador e não pela diferença de potencial entre a estrutura e o anodo. Os sistemas por corrente impressa são muito utilizados para a proteção de instalações submersas, obras de concreto e grandes tubulações enterradas. A escolha de um ou de outro depende de vários fatores técnicos e de um estudo econômico adequado. (IEC ENGENHARIA, 2023)

Em resumo, o anticorrosivo catódico é um método de proteção contra a corrosão que envolve a criação de uma diferença de potencial elétrico entre o metal que se deseja proteger e outro metal mais reativo, através do uso de ânodos de sacrifício e controle de corrente elétrica. Isso ajuda a proteger as estruturas metálicas expostas a ambientes corrosivos e pode prolongar sua vida útil.

Figura 14: Esquema de proteção catódica da ROBIALAC



Fontes: site da ROBIALAC(2018)

4 METODOLOGIA

A pesquisa tem como objetivo analisar e comparar dados de alguns tanques de combustível com o intuito principal de verificar se há corrosão e se houver, definir qual o tipo e para isso ser feito será necessária uma breve pesquisa de campo que tenha como o objetivo fotografar e se possível pegar amostras de material para então termos um material para examinar a situação dos tanques.

A área que será realizado todo o estudo corresponde ao sump (caixa de inspeção do tanque) do tanque que é a parte externa, onde ficam as conexões e a boca do tanque é nessa parte onde tem a maior incidência de corrosão, e isso se dá pelo excesso de umidade que acaba se criando ali dentro e por muitas das vezes ter vazamentos e infiltrações que acabam por levar água para aquela região tudo isso acaba fomentando ainda mais a criação da corrosão que apesar de ser um processo natural e gradativo acaba por ser potencializado por esses fatores, como diz o artigo no site da empresa de engenharia química da Unicamp, PROPEQ (2021)

A ideia principal é tirar como base dois tanques e fazer análises dos dois e comparando assim todo o processo corrosivo analisando o como e o porquê daquilo está acontecendo. Verificando os dois e tirando as respectivas informações sobre cada um aí sim teria o material para fazer uma conclusão geral do que foi feito, e posteriormente comparar com um modelo que seria um sump(caixa de inspeção do tanque) perfeito, para podermos comparar e analisar diferenças de um sump(caixa de inspeção do tanque) corroído e de um em estado perfeito.

As duas cidades onde foram retiradas as amostras são da nossa região do alto oeste potiguar e elas são Alexandria e Rafael Fernandes. Os lugares exatos onde foram feitos os estudos serão preservados por se tratar de uma propriedade particular.

Alexandria é uma cidade do Estado do Rio Grande do Norte. O município se estende por 381,2 km² e contava com 13 577 habitantes no último censo, e seus habitantes se chamam alexandrienses. A densidade demográfica é de 35,6 habitantes por km² no território do município. Os limites dos municípios são Várzea, Brejo dos Santos e Santa Cruz no estado da Paraíba, e se situa a 30 km a Sul-Oeste de Catolé do Rocha a maior cidade nos arredores. A sua altitude é 303 metros, e possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 6° 24' 15" Sul, Longitude: 38° 0' 35" Oeste. Cidade-brasil (2021).

Figura 15: Mapa da cidade de Alexandria-RN



Fonte: google maps(2023)

Nesta cidade, o estudo ocorreu em um tanque de marca Arxo de 10000 litros, que é usado no armazenamento de gasolina e instalado de forma subterrânea. Nestes tanques, a única parte que iremos visualizar é o sump, onde tem todas as conexões e é formado por composto por duas paredes, uma em aço-carbono ASTM A-36 e outra em fibra de vidro laminada (termofixa), entre elas há um espaço intersticial para a instalação de sensor eletrônico de monitoramento (Arxo, 2021).

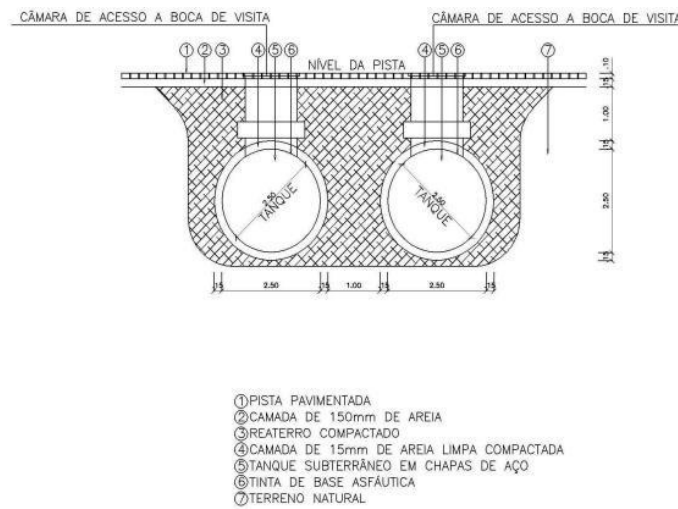
Figura 16: tanque do modelo estudado



Fonte: Arxo

É no sump, a parte de interesse deste trabalho, pois é o local que será retirada as amostras de corrosão e o local que ficam as conexões. Na figura 17 é apresentado um corte do projeto dos tanques instalados, é os locais de saída das conexões. A conexões são os flexíveis que são quem leva o combustível até as tubulações das bombas (figura 18).

Figura 17: Diagrama dos tanques no subterrâneo.



Fonte: Corpo de bombeiros do estado do Maranhão

Figura 18: Exemplo de sump (caixa de inspeção do tanque)



Fonte: google imagens

A outra cidade foi Rafael Fernandes, cidade do Estado do Rio Grande do Norte e o município se estende por 78,2 km² e possui com 5098 habitantes no último censo, e seus habitantes se chamam rafael-fernandenses. A densidade demográfica é de 65,2 habitantes por km² no território do município. Os limites dos municípios são os municípios de Pau dos Ferros, Água Nova e Encanto. Rafael Fernandes se situa a 10 km a Sul-Oeste de Pau dos Ferros a maior cidade nos arredores. A altitude do município é 223 metros de altitude, e tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 6° 11' 37" Sul, Longitude: 38° 13' 34" Oeste. Cidade-brasil (2021).

Figura 19: Mapa de Rafael Fernandes-RN



Fonte: google maps (2023)

Assim, como na outra cidade, as amostras foram coletadas basicamente do mesmo jeito e local, só mudando o formato do tanque que dessa vez era um de 15000 litros bipartido, ou seja, armazena dois tipos de combustível em cada parte tendo a capacidade diminuía pela metade (7500 litros para cada combustível) da marca PASSAFARO. O tanque é composto por PAREDES DUPLAS, uma em AÇO CARBONO revestido com resina poliéster e reforçado com fibra de vidro resistente a hidrocarbonetos, podendo possuir até quatro compartimentos. (Passafaro, 2020).

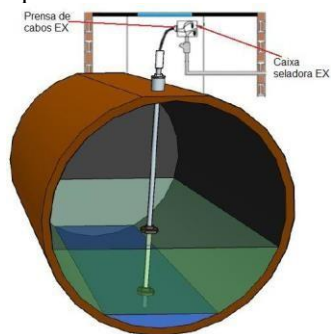
Figura 20: Exemplo de tanque bipartido



Fonte: passafaro(2018)

No interior dos tanques existem sensores para medir a quantidade de combustível, e para saber se os tanques possuem água em seu interior, danificando a qualidade do combustível, existe sensores que detectam a presença de água. Na figura 21 mostra o esquema de funcionamento da sonda.

Figura 21: Esquema de funcionamento da sonda

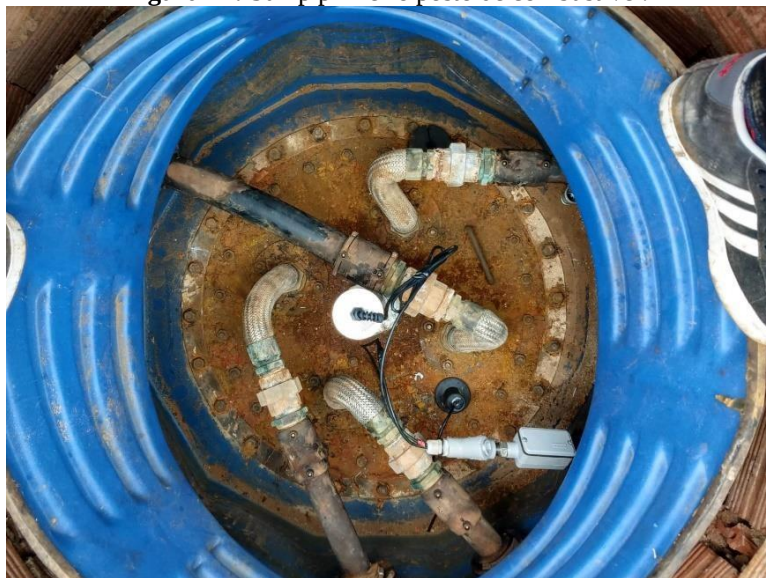


Fonte: Manual de Instalação sistema de medição EZTECH(2015)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A corrosão em tanques de combustível subterrâneo é uma preocupação comum na indústria de armazenamento de combustíveis. As tampas dos tanques são expostas a ambientes úmidos e agressivos, onde ocorre a corrosão e consequente falha estrutural. Como o ambiente é corrosivo, a oxidação do metal pode enfraquecer a tampa, o que pode levar à deformação, rachaduras ou até mesmo à falha completa. Segundo TELLES (2003) e ROBERGE (2000) o tipo mais comum de corrosão ocorre quando a superfície de um metal é corroída de maneira uniforme e homogênea. É frequentemente causada pela exposição prolongada do metal a um ambiente corrosivo, pelo fato dessa corrosão atingir quase que toda a estrutura ela é bastante visível, por isso não é a mais perigosa, pois pode ser prevista, controlada e facilmente medida. Além do lugar em si que já é úmido e ser propício a corrosão por ela mesmo, no local de estudo, foi identificado água que acabou por aumentar a velocidade desse processo, como pode ser visto na figura 22.

Figura 22: Sump primeiro posto de combustível.



Fonte: Autor (2023).

A presença da água favorece a formação da ferrugem porque possui íons dissolvidos, o que facilita o fluxo dos elétrons (Augusto e Mendoza, 2018). A figura 23 mostra o processo de retirada da água pelo autor deste trabalho.

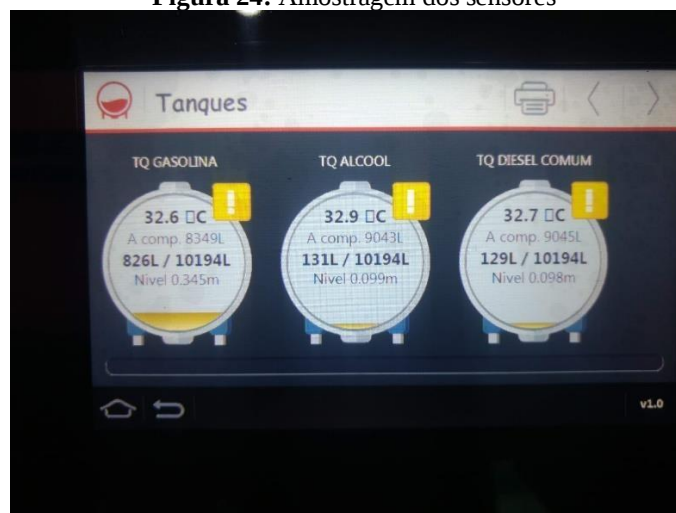
Figura 23: Retirada de água do sump



Fonte: Autor (2023)

Apesar de ter sofrido com a corrosão por tanto tempo, como observado na figura 22, segundo as sondas dos tanques não foi observado problemas na operacionalidade do tanque, e nenhum vazamento. O vazamento é identificado pela sonda que mede as informações dos combustíveis, segundo interface apresentada na figura 24.

Figura 24: Amostragem dos sensores



Fonte: Autor (2023)

Os parafusos com corrosão são um problema comum na indústria e na construção, pois podem levar a falhas estruturais, vazamentos e mau funcionamento dos equipamentos, como mostrado na figura 25.

Figura 25: Foto ampliada da corrosão



Fonte: Autor(2023)

A corrosão pode ser minimizada ou prevenida através do uso de materiais resistentes à corrosão, como aço inoxidável ou plásticos de engenharia. Além disso, é importante realizar uma manutenção regular para detectar e corrigir problemas de corrosão antes que eles se tornem graves. Apesar de aparentemente não possuir problemas estruturais é provável que todos esses parafusos que selam os flexíveis estejam corrompidos, e assim qualquer que seja a manutenção, haverá dificuldades em abrir essas tampas.

No segundo posto de combustível aconteceu um processo semelhante ao primeiro, como podemos visto na figura 26. Nesta figura é possível observar uma corrosão se formando, mas em um nível bem menor, se localizando principalmente nos parafusos de fixação (figura 27).

Figura 26: Sump do segundo posto



Fonte: Autor (2023)

Figura 27: Ampliação da figura 26,



Fonte: Autor (2023)

Quando os parafusos apresentam corrosão, é importante substituí-los o mais rápido possível, a fim de evitar problemas mais graves. A corrosão pode afetar a força e a integridade do parafuso, bem como a capacidade de se conectar com outras peças. Em alguns casos, a corrosão pode fazer com que o parafuso se quebre ou se solte, o que pode ser perigoso em situações críticas. Assim, como no primeiro caso, o sump ainda não

apresentou sinais de defasagem de estrutura, e não há vazamentos para dentro do tanque. Porém, com o passar do tempo e a corrosão desses parafusos esse tanque poderia perder a sua estanqueidade, gerando danos ao combustível armazenado. Outro ponto que podemos abordar sobre esse sump é que ele está tendo uma infiltração devido a presença de água nas extremidades, e o sensor desse tanque detectar a presença de água (figura 28).

Figura 28: Sensor alertando a presença de água no tanque de gasolina



Fonte: autor(2023)

A presença de água e entulho pode aumentar significativamente a corrosão de materiais metálicos. A água é um dos principais fatores que contribuem para a corrosão, pois reage com o metal, formando óxidos e hidróxidos que corroem a superfície. Além disso, a água pode dissolver produtos químicos, como sais e ácidos, que também podem acelerar a corrosão (Augusto e Mendonça, 2018). O entulho, por sua vez, pode contribuir para a corrosão de diversas maneiras, como acumular água, formando assim poças que aumentam o contato com a superfície metálica e acelerando a corrosão, conforme a revista Construction and Building Materials (2016).

A figura 29 apresenta a foto de um sump novo (limpo) para comparar com os da figura 22 e 26, para exemplificar um funcionamento ideal ou limpo no site de uma empresa especializada em instalação em tanques. Neste exemplo se pode tirar diversos ensinamentos para os outros dois que foram analisados, dentre eles cito, a limpeza do sump, tudo organizado gerando assim mais segurança e confiança ao profissional na hora de fazer manutenção.

Figura 29: Foto de um sump novo.



Fonte: Instalbombas (2019)

Segundo o site Instalbombas (2019) é recomendado colocar parafusos de modelos que suportam a corrosão, como aço inoxidável ou latão. Além disso, eles podem ter revestimentos protetores, como zinco, níquel ou cromo, que ajudam a evitar a oxidação (Lider inox, 2023). A não presença de água também melhora as condições do local pois diminui o meio corrosivo. Provavelmente, o sump da figura 29 deverá ter uma vida útil consideravelmente maior e sem tantas manutenções do que dos primeiros que foram analisados, e isso deveria ser levado em conta uma boa organização de fios e de material contando com uma periodicidade pode aumentar em muitos anos a vida útil de um tanque.

6 CONSIDERAÇÕES FINAL

A detecção precoce da corrosão é fundamental para evitar danos as estruturas, e assim evitar danos e prejuízos mais graves. No armazenamento de combustíveis, em especial, nos postos de combustíveis, os sinais de corrosão podem indicar vazamentos, mudanças na cor ou textura do tanque, mau cheiro ou perda de pressão do combustível. Assim, é necessário uma inspeção regular e uma manutenção adequada dos tanques de combustível podem ajudar a prevenir a corrosão, e garantir qualidade do combustível, ajudando na segurança do veículo e de seus ocupantes.

Portanto, é de muita importância que as empresas que administrem esses tanques tomem as devidas precauções com os problemas da corrosão. que podem acabar gerando danos futuros. Como foi observado, apesar de ainda não ter afetado a estrutura do tanque e não ter gerado infiltrações para o solo devido a não diminuição no nível de combustível, a falta de manutenção nos sumps pode comprometer a estrutura, e assim diminuir sua vida útil através da entrada de água pelo sump. Tendo em vista tudo isso, é necessário também análise da estrutura do local para verificar de onde vem a água podendo assim evitar o problema recorrente da água no sump, o que já seria um grande avanço no sentido de diminuir os fatores que ocasionam a corrosão. A escolha, ou troca periódica, dos parafusos dos sumps poderiam evitar a corrosão e ajudar os tanques a suportarem por mais tempo a corrosão, e conservarem suas características de fábrica.

7 REFERÊNCIAS

ARAUJO, ANNE. GERENCIAMENTO DE FALHAS POR CORROSÃO EM DUTOS. PUC , [S. l.], p. 1-12, 14 nov. 2012.

AUGUSTO , Antônio; MENDOÇA, Diego. METAIS E ÁGUA: OXIDAÇÃO, CORROSÃO E FERRUGEM. REVISTA DE TRABALHOS ACADÊMICOS, [S. l.], p. resumo, 26 abr. 2018.

BLOG TEXACO. QUER MONTAR um posto de gasolina e não sabe por onde começar? Confira o passo a passo. [S. l.], 26 abr. 2017. Disponível em: <https://blog.texaco.com.br/havoline/como-montar-um-posto-de-gasolina-passo-passo/>. Acesso em: 26 abr. 2023.

Citação no texto:

CASTRO, M. CORROSÃO EXTERNA EM FUNDO DE TANQUE DE ARMAZENAMENTO DE PETRÓLEO E DERIVADOS. 2018. Tese de mestrado (Montagem Industrial) - Portal Universidade Federal Fluminense, NITEROI, 2018.

COMO FAZER o armazenamento de combustível na fazenda de forma segura. In: BITTENCOURT , MÁRIO. Como fazer o armazenamento de combustível na fazenda de forma segura. [S. l.], 25 ago. 2021. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/armazenamento-de-combustivel-na-fazenda/>. Acesso em: 12 fev. 2023.

DUTRA, A. C.; NUNES, L. P. Proteção Catódica: técnica de combate à corrosão. 4 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2006

ESCHER, KÁSSIA; FILHO, JAIR. Estudo da corrosão por fresta no aço inoxidável AISI 409 tratado por SHTPN. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [S. l.], p. 44-68, 2 mar. 2015.

GENTIL, V. Corrosão. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 353 p

IEC ENGENHARIA. O QUE É PROTEÇÃO CATÓDICA?. In: O QUE É PROTEÇÃO CATÓDICA?. [S. l.], 23 fev. 2023. Disponível em: <https://www.iecengenharia.com.br/noticia/o-que-e-protecao-catodica/>. Acesso em: 23 fev. 2023.

OLIVEIRA, Everton de. Contaminação de aquíferos por hidrocarbonetos provenientes de vazamentos de tanques de armazenamento subterrâneo. 1992. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, University of São Paulo, São Paulo, 1992. doi:10.11606/D.44.1992.tde-19112013-163218. Acesso em: 2023-02-12.

PANOSSIAN, Z. Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas. 1 ed. São Paulo: IPT, 1993.

Lider inox. PARAFUSOS com tratamentos superficiais. São paulo, 28 abr. 2023. Disponível em: <https://liderinox.com.br/parafusos-com-tratamentos-superficiais/>. Acesso em: 28 abr. 2023.

ROBERGE, P. R. Handbook of Corrosion Engineering. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 2000. 1085 p.

SHREIR, L. L.; JARMAN, R. A.; BURSTEIN, G. T. Corrosion: Metal/environment reactions. Vol 1. 3 ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1993.

TANQUE JAQUETADO SUBTERRÂNEO PARA COMBUSTÍVEL. [S. l.], 25 abr. 2021. Disponível em: <http://www.arxostore.com/produto/tanque-jaquetado-subterraneo-para-combustivel/51/>. Acesso em: 25 abr. 2023.

TANQUE SUBTERRÂNEO JAQUETADO NBR 16161. [S. l.], 2 jul. 2020. Disponível em: <https://www.passafaro.com.br/combustivel/tanque+subterraneo+jaquetado+nbr+16161+>

/1420. Acesso em: 25 abr. 2023.

TELLES, P. C. S. Materiais para Equipamentos de Processo. 6 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 275