



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

JARDEL FREIRE DA SILVA

**ESTUDO SOBRE PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO DO METAL EM
AMBIENTE SALINA.**

MOSSORÓ-RN
2020

JARDEL FREIRE DA SILVA

**ESTUDO SOBRE PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO DO METAL EM AMBIENTE
SALINA.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro de Ciências Exatas e Naturais (CCEN), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências e Tecnologia.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Manoel Reginaldo Fernandes.

MOSSORÓ-RN
2020

©Todos os direitos estão reservados à 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 tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo (a) autor (a)

S587e Silva, Jardel Freire Da Silva.
Estudo sobre a proteção do metal em ambiente salina / Jardel Freire Da Silva Silva. - 2020.
42 f. : il.
Orientador: Manoel Reginaldo Fernandes Fernandes.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2020.
1. Estruturas Metálicas. 2. Corrosão. 3. Anodo de Sacrifício. I. Fernandes, Manoel Reginaldo Fernandes, orient. II. Título.

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.

JARDEL FREIRE DA SILVA

**ESTUDO SOBRE PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO DO METAL EM AMBIENTE
SALINA.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Centro de Ciências Exatas e Naturais
(CCEN), como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciências e Tecnologia.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Manoel Reginaldo
Fernandes.

Defendia em: 22 / 01 / 2020

BANCA EXAMINADORA

Manoel Reginaldo Fernandes

Prof. Dr. Manoel Reginaldo Fernandes – CE – UFERSA
Presidente

Kalyanne K. P. Gomes

Prof.^a Dr.^a Kalyanne Keyly Pereira Gomes – CE – UFERSA
Membro Examinador

André Luís Novais Mota

Prof. Dr. André Luís Novais Mota – CE – UFERSA
Membro Examinador

MOSSORÓ-RN
2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois ele quem me deu forças até aqui sem, ele nada teria acontecido, toda honra toda gloria dada a ti meu Deus.

Aos meus familiares e amigos que sempre estiveram comigo me apoiando e incentivando até mesmo quando eu duvidei, eles acreditaram em mim. Especialmente a minha mãe Edilza Freire da Silva por lutar essa batalha comigo, também a meu pai que sempre me incentivou.

Ao meu orientador, Manoel Reginaldo Fernandes pela paciência e atenção, por estar sempre disposto a ajudar mesmo estando muito atarefado sem sua ajuda seria muito difícil a conclusão do trabalho. E aos demais não citados meus eternos agradecimentos.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

RESUMO

A corrosão é um processo de desgaste do material, geralmente metálico, que recebe interferência direta do meio em que está presente, tendendo a acelerar ou diminuir a taxa de corrosão do metal. Com a necessidade de aumentar a vida útil dos metais em ambiente salina, viu-se a necessidade de fazer um estudo, sobre as formas de proteção do ferro. O estudo foi realizado em uma salina, localizada no município de Grossos/RN. Salinas são empresa produtoras de cloreto de sódio, (sal de cozinha) deixando claro que na maioria das vezes, é feito o beneficiamento desse cloreto de sódio antes de ser entregue ao consumidor final, no qual essas salinas extraem água do mar colocam a água em reservatórios, conhecido por baldes ou cristalizadores onde pela vaporização e cristalização da água e devido a presença de sais, cloro, magnésio, vento, isolação, elevada umidade do ar, sol e diversos fatores para a formação do ouro branco. Esses fatores agem de forma bastante corrosiva no maquinário das empresas salineiras ali presente. Caso falte alguma forma de proteção o maquinário logo fica inutilizado devido à ferrugem. O presente trabalho tem por intuito, analisar as formas de proteção em um ambiente salina, ambiente esse que agride de maneira severa as estruturas metálicas. Foi utilizado duas formas de proteção uma por anodo de sacrifício e outra por revestimento orgânico, (tinta zarcão) com a finalidade de se obter resultados satisfatórios, na proteção do metal tipo barra de ferro 24 milímetros. Foi alocado seis chapas de ferro, em que três chapas ficavam exposta ao ar e as outras ficaram submersas na água salina, estavam dispostas da seguinte ordem, uma sem revestimento outra com revestimento de tinta e outra com revestimento por ânodo de sacrifício. Após o acompanhamento das amostras, por pesagens e fotos tivemos uma melhor proteção, na chapa de ferro exposta ao ar com revestimento de tinta.

Palavras-Chaves: Estruturas Metálicas, Corrosão, Anodo de Sacrifício.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: corrosão em tubulação devido a corrente externa	14
Figura 02: corrosão uniforme em chapa de aço-carbono	14
Figura 03: corrosão em placa	15
Figura 04: corrosão alveolar	15
Figura 05: corrosão puntiforme	16
Figura 06: correlação entre o ph	18
Figura 07: curvas relacionando cloreto de sódio e umidade relativa	20
Figura 08: chapas lisas de ferro	24
Figura 09: chapas lisas de zinco	25
Figura 10: suporte de madeira	25
Figura 11: empresa escolhida para o experimento	29
Figura 12: chapa de ferro sem proteção no (ar/água)	32
Figura13: chapa de ferro com zinco (ar/água)	33
Figura14: chapa de ferro com tinta (ar/água)	34
Figura15: chapa de zinco (ar/água)	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - composição da atmosfera (altitude de 0 a 25 km)	17
Tabela 02: taxas de corrosão para aço na água do mar	19
Tabela 03 – potencial de redução padrão	23
Tabela 04: corpos de prova de ferro	26
Tabela 05: corpos de prova de zinco	27
Tabela 06: pesagem e descrição dos corpos de prova utilizados	28
Tabela 07: variação de massa	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2.0 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVOS GERAIS	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3.0 REVISÃO DA LITERATURA	12
3.1 Corrosão	12
3.2 FORMAS DE CORROSÃO	12
3.2.1 Corrosão Uniforme.....	14
3.2.2 Corrosão Por Placas.....	15
3.2.3 Corrosão Alveolar	15
3.2.4 Corrosão Puntiforme.....	15
3.3 AMBIENTE	16
3.3.1 Ar Da Atmosfera	17
3.3.2 Água Do Mar.	18
3.3.3 Efeitos Do Ph Na Corrosão.	18
3.3.4 Taxa De Corrosão.	19
3.3.5 Umidade Relativa Do Ar.	19
4.0 REVESTIMENTOS	20
4.1 Revestimentos Metálicos.	20
4.2 Revestimentos Não Metálicos.....	21
4.2.1 Tinta Zarcão.....	21
4.3 Tipos de Ligas Metálicas.....	21
4.4 Proteção Catódica.	22
4.4.1. Galvânica	22
4.4.2 Corrente Impressa.....	23
5.0 MATERIAIS E MÉTODOS	24
5.1 Materiais:	24
5.1.1 Chapa Lisa De Ferro.....	24
5.1.2 Chapa Lisa De Zinco.....	24
5.1.3 Tinta Tipo Zarcão.....	25
5.1.4 Madeira, Pregos, Parafusos e Porcas.	25
5.1.5 Descrições Dos Corpos De Provas Utilizados.	26

5.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	29
5.2.1 Balança Analítica e Tesoura Para Cortes De Barras Metálicas.....	29
5.3 A Empresa Onde Foi Realizado o Experimento.....	29
5.3.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	29
6.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
6.1 Acompanhamento Dos Corpos De Prova.....	30
6.2 CORPO DE PROVA 01: CHAPA DE FERRO SEM PROTEÇÃO NO (AR/ÁGUA).	31
6.3 CORPO DE PROVA 02: CHAPA DE FERRO COM ZINCO (AR/ÁGUA).	32
6.4 CORPO DE PROVA 03: CHAPA DE FERRO COM TINTA (AR/ÁGUA).....	33
6.5 CORPO DE PROVA 04: CHAPA DE ZINCO (AR/ÁGUA):.....	34
7.0 ALGUNS MATERIAIS ALTERNATIVOS PARA UTILIZAR EM SALINAS.	35
8.0 CONCLUSÕES.....	36
REFERENCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

As empresas produtoras de cloreto de sódio (NaCl), popularmente conhecido como sal de cozinha é uma das principais fontes de renda do Rio Grande do Norte, onde podemos citar algumas cidades circunvizinhas de Mossoró que fazem parte da grande parcela da produção do estado do Rio Grande do Norte no refino do sal, como Areia Branca, Grossos, Macau e Porto do Mangue.

Essas empresas salineiras enfrentam severas ações de corrosão em suas máquinas e equipamentos, devido ao ambiente ter diversos fatores que contribuem no processo de corrosão, alta salinidade do ambiente, ar úmido e insolação.

O processo de corrosão é definido segundo Gentil (1996). Como “a deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional representa alterações prejudiciais indesejáveis”.

Alterações ou deformações no metal, devido a corrosão, comprometem e desvalorizam o projeto modificando o visual das estruturas metálicas, fazendo com que projetistas busquem alternativas viáveis na proteção dessas estruturas, para que não haja uma perda excessiva tanto do visual como da funcionalidade das máquinas. No intuito de evitar excessos nos gastos com a perda de maquinário devido ao desgaste, são necessárias medidas de proteção e manutenção.

Uma medida para diminuir gastos nessas empresas, é a manutenção do maquinário, que grande parte das empresas salineiras fazem semanalmente, geralmente ao término dos trabalhos, durante as semanas são feitas limpezas e aspiração dos resíduos do sal.

A manutenção é formada por um conjunto de ações que ajudam no correto funcionamento. O termo manutenção também está vinculado, com a conservação periódica, ou seja, com os cuidados e consertos feitos entre determinados períodos de tempo com o intuito de preservar, reparar ou repor algo que está estragado ou que não funciona corretamente, corrigindo para que volte a funcionar adequadamente.

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Analisar qual forma de proteção, catódica por anodo de sacrifício ou revestimento orgânico seja a mais eficiente na proteção do ferro em ambiente salina.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar qual dos materiais proporciona maior e mais durável proteção;
- Determinar qual entre os metais apresenta menor perda de massa;
- Determinar qual o mais viável, a se utilizar em uma estrutura metálica, para proteção do ferro contra a corrosão;

3.0 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Corrosão

A corrosão pode ser vista como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos, ou *como a transformação de um determinado metal, em sua forma metálica, em íons, pela ação da transferência de elétrons deste metal para outro elemento químico, que pode ser metal ou não.*

Segundo Gentil (1996). “A corrosão, é um processo espontâneo, está constantemente transformando os materiais metálicos de modo que a durabilidade e desempenho dos mesmos e deixam de satisfazer os fins a que se destinam”.

A corrosão dos metais, principalmente, o ferro está bastante presente em nosso dia a dia, isso pode ser notado ao nosso redor, nas latarias dos automóveis, nas cadeiras metálicas, nos portões e em outras superfícies metálicas desprotegidas.

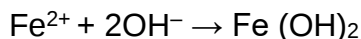
3.2 FORMAS DE CORROSÃO

Dependendo do tipo de ação do meio corrosivo sobre o material, os processos corrosivos podem ser classificados em três grandes grupos, abrangendo todos os casos de deterioração por corrosão: Corrosão Eletroquímica, Corrosão eletrolítica e Corrosão Química.

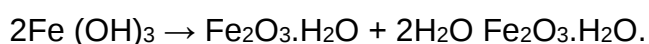
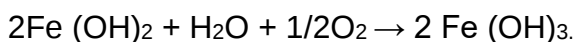
01. Corrosão eletroquímica: Esse é o tipo de corrosão mais comum, pois é a que ocorre com os metais, geralmente na presença de água. Ela pode se dar de duas formas principais: Quando o metal está em contato com o eletrolítico (solução condutora, ou condutor iônico que envolve áreas anódicas e catódicas, ao mesmo tempo), formando uma pilha de corrosão. Exemplo: A formação de ferrugem é um exemplo de corrosão eletroquímica. O ferro se oxida facilmente quando exposto ao ar úmido (oxigênio (O₂) e água (H₂O)). Essa oxidação resulta no cátion Fe²⁺, formando o polo negativo (que perde elétrons) da pilha: Ânodo: $\text{Fe}_{(s)} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^{-}$

Entre os vários processos de redução que podem ocorrer a mais significativa é a da água: Cátodo: $2\text{H}_2\text{O} + 2e^{-} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^{-}$

Enquanto os cátions Fe^{2+} migram para o polo negativo (cátodo), os ânions OH^- migram para o polo positivo (Ânodo) ocorrendo a formação do hidróxido ferroso ($\text{Fe}(\text{OH})_2$).



Na presença de oxigênio, esse composto é oxidado a hidróxido de ferro III ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), que depois perde água e se transforma no óxido de ferro (III) mono-hidratado ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), que é um composto de coloração castanho-avermelhada, isto é, a ferrugem que conhecemos:

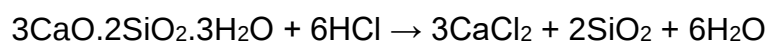


Quando dois metais estão ligados em um eletrólito, formando uma pilha galvânica. Por exemplo, se colocarmos uma placa de cobre e uma de ferro, ambas mergulhadas num eletrólito neutro aerado e postas em contato, formando um circuito elétrico, cada placa se tornará um eletrodo. O zinco será o ânodo, oxidando-se e perdendo elétrons que migram para o cátodo (placa de ferro), que por sua vez, é reduzido. O ânodo sofrerá o desgaste, formando o óxido de zinco.

02. Corrosão química: É o ataque de algum agente químico diretamente sobre determinado material, que pode ou não ser um metal. Ela não precisa da presença de água e não há transferência de elétrons como na corrosão eletroquímica.

Exemplos:

- Solventes ou agentes oxidantes podem quebrar as macromoléculas de polímeros (plásticos e borrachas), degradando-os;
- O ácido sulfúrico corrói o zinco metálico;
- Concreto armado de construções pode sofrer corrosão com o passar do tempo por agentes poluentes. Em sua constituição há silicatos, aluminatos de cálcio e óxido de ferro que são decompostos por ácidos, como mostrado na reação a seguir:



03. Corrosão eletrolítica: É um processo eletroquímico que ocorre por meio da aplicação de uma corrente elétrica externa, na superfície do material. Esse processo não é espontâneo, ao contrário dos outros tipos de corrosão mencionados acima. Quando não há isolamento ou aterramento, ou estes estão com alguma

deficiência, formam-se correntes de fuga, e quando elas escapam para o solo formam-se pequenos furos nas instalações.

Exemplos: Isso acontece em tubulações de água e de petróleo, em canos telefônicos e de postos de gasolina.

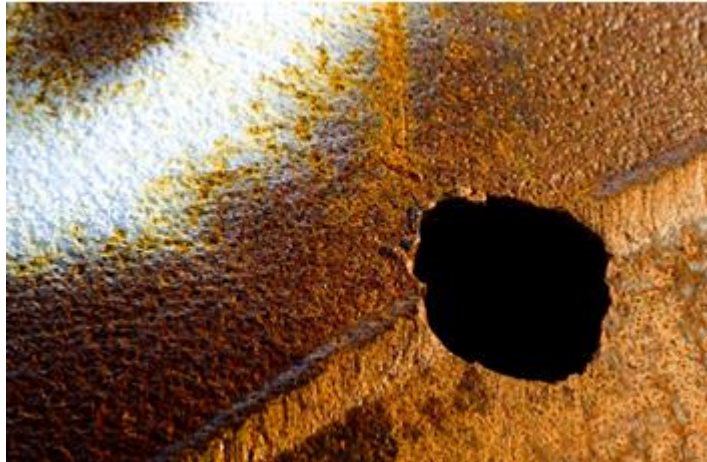


Figura 01: Corrosão em Tubulação devido a corrente externa.
(Fonte: Fogaça, 2019).

3.2.1 Corrosão Uniforme.

A corrosão uniforme (Figura 02) é a que se processa em toda a extensão da superfície e sua principal característica é a perda uniforme de espessura, chamada também de corrosão generalizada. Ela pode ocorrer através de uma reação química ou eletroquímica e do ponto de vista técnico, é uma corrosão que não traz grandes problemas, pois é fácil de programar a vida útil do material que passa por esse tipo de degradação física e química.



Corrosão uniforme em chapa de aço-carbono.

Figura 02: Corrosão uniforme em chapa de aço-carbono
(Fonte: Gentil, 1996).

3.2.2 Corrosão Por Placas.

A corrosão formada por placas (Figura 03) é a que se localiza em regiões de superfície metálica e não em toda sua extensão, caracterizando-se por apresentar uma espécie de escavação no material.



Figura 03: Corrosão em placa
(Fonte: Gentil, 1996).

3.2.3 Corrosão Alveolar.

A corrosão alveolar (Figura 04) se processa na superfície metálica produzindo sulcos com certa profundidade, sempre inferiores ao seu diâmetro de superfície. Sua principal característica são sulcos semelhantes a alvéolos com fundo arredondado. É um tipo de corrosão localizada.



Figura 04: Corrosão alveolar
(Fonte: Gentil, 1996).

3.2.4 Corrosão Puntiforme.

A corrosão puntiforme (Figura 05) se processa ponto a ponto, em pequenas áreas localizadas na superfície metálica, produzindo uma espécie de pites ou

simplesmente furos que são cavidades em forma angulosa com profundidades superior ao diâmetro de superfície do furo. Alguns autores chamam-na de corrosão por pitting.



Figura 05: Corrosão puntiforme
(Fonte: Gentil, 1996).

3.3 AMBIENTE

“Em maior ou menor extensão, a maioria dos materiais experimenta algum tipo de interação com um grande número de ambientes diversos”. (Callister, 2008).

A atmosfera é naturalmente oxidativa, devido a presença de oxigênio e água (O_2 H_2O), logo espontaneamente os metais tendem a sofrer oxidação quando em contato com essas substâncias. “Além disso, à medida que substâncias ácidas estão presentes na água, a velocidade de oxidação dos metais tende a aumentar”. (Maia *et al.*, 2014, p.71).

A chuva é normalmente ácida (valores de pH menor que 7) devido à presença de ácido carbônico (formado pela reação entre o gás carbônico e a água: $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$). E quando presente alguns poluentes a tornam mais ácida, tais como óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3) e de nitrogênio (N_2O , NO e NO_2), presentes na atmosfera, principalmente em atmosferas poluídas, forma ácidos, aumentando a acidez da chuva.

Quanto mais ácido o ambiente (maior concentração de íons H^+), maior a velocidade de oxidação das estruturas metálicas. Em um ambiente ácido, o processo predominante de oxidação pode ser representado da seguinte maneira: Redução do O_2 por ação dos íons hidrogênio: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ Oxidação dos íons metálicos: $Fe \rightarrow Fe^{3+} + 3e^-$ Quanto mais ácido um meio, maior a diferença entre a concentração de íons H^+ em relação aos íons OH^- (meio ácido: $[H^+] > [OH^-]$). Nesse

caso, o produto formado será preferencialmente óxido de ferro (Fe_3O_4 – coloração preta). Portanto o ambiente ácido acelera o processo de oxidação.

3.3.1 Ar Da Atmosfera.

Não se pode pegar ou ver o ar, mas sabemos que ele existe. Através de suas propriedades, é possível comprovar a sua existência.

O ar é matéria, e ocupa todo o espaço do ambiente em que não exista outra matéria. A composição do ar, trata-se da disposição dos diferentes gases, que permanecem flutuando ao redor da terra, em razão da força da gravidade. Os principais elementos químicos que compõem o ar da Terra são apresentados na tabela 01.

Tabela 01 - Composição da atmosfera (altitude de 0 a 25 km).

Constituinte	Fórmula	% em volume	ppm
Nitrogênio	N_2	78,08	780.800
Oxigênio	O_2	20,95	209.500
Argônio	Ar	0,93	9300
Dióxido de carbono	CO_2	0,0358	358*
Neônio	Ne	0,0018	18
Hélio	He	0,00052	5,2
Metano	CH_4	0,00017	1,7
Criptônio	Kr	0,00011	1,1
Hidrogênio	H_2	0,00005	0,5
Óxido nitroso	N_2O	0,00003	0,3
Ozônio	O_3	0,000004	0,04

* Em 2000, a concentração média de CO_2 na baixa troposfera já havia atingido 365ppm.

(Fonte: Masters, 1997).

3.3.2 Água do Mar.

A água do mar é considerada como uma substância, na qual estão presentes diversos tipos de sólidos e gases, nas formas dissolvidas ou particuladas, constituída por solvente (água) e por soluto (sais).

Você consegue responder a seguinte pergunta: Por que a água do mar é salgada? De onde vêm estes sais? Bem, a água dos oceanos é salgada porque contém sais dissolvidos (com concentrações entre cerca de 33 e 37 g por cada quilograma de água do mar) que têm várias origens: (1) as rochas da crosta vão-se desgastando por erosão e há uma parte dissolvida desse material que é transportada para o oceano pelos rios. (2) as erupções vulcânicas libertam substâncias voláteis (tais como dióxido de carbono, cloro e sulfato) para a atmosfera, uma parte das quais é transportada por precipitação, diretamente para o oceano, ou indiretamente por meio dos rios. As erupções vulcânicas submarinas contribuem fortemente para os íons no oceano.

3.3.3 Efeitos Do Ph Na Corrosão.

Dependendo do valor do ph, o material pode ser, mais facilmente corroído em baixas concentrações de ph, já em ph entre 4 e 10 a taxa de corrosão não apresenta variação significativa.

Em solução alcalina a taxa de corrosão é baixa. O efeito da acidez na velocidade de corrosão do ferro, em água aerada e em temperatura ambiente, pode ser verificado na Figura 06 (Gentil 2011).

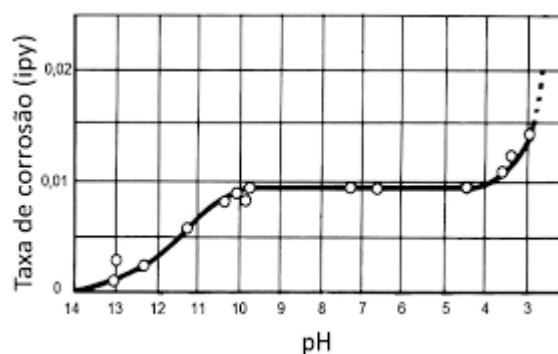


Figura 06: Correlação entre o pH e a taxa de corrosão do ferro (Gentil, 2011).

3.3.4 Taxa De Corrosão.

A corrosão é algo inevitável, pois é um processo natural, logo esse processo devido a diversos fatores presente na atmosférica a qual o metal está inserido pode acelerar ou atrasar o processo de desgaste do metal. Na tabela 02 temos um gráfico que mostra a taxa de corrosão do aço carbono em água do mar, próximo a superfície e em profundidade.

Tabela 02: Taxas de corrosão para aço na água do mar.

Taxas de corrosão de aço carbono para imersão em água do mar, próximo à superfície e em profundidade				
Profundidade de imersão (m)	Temperatura, (°C)	Concentração de oxigênio, (ppm)	Tempo de imersão, (dias)	Taxa de corrosão (µm/ano)
Próximo à Superfície (a)				
'''	5 -30	5 -10	365	130
Em Profundidade (b)				
715	7.2	0.6	197	43
1615	2.5	1.8	1604	23
1720	2.8	1.2	123	50
	2.3	2.1	751	20
2065	2.7	1.7	403	58
(a) Wrightsville, Carolina do Norte				
(b) Oceano Pacífico .				

Fonte: CIMM.

3.3.5 Umidade Relativa Do Ar.

A atmosfera é um fator que colabora muito com a velocidade da corrosão na empresa o qual foram feitas medições da umidade relativa tem uma média de cerca de 78% do ar úmido o qual observa-se uma forte tendência a corrosão do metal devido a altas concentração de ar úmido juntamente com o cloreto de sódio que é o que se tem mais presente no ambiente salina. Segundo Icz (2011, P.03).

Na presença de ar em que o eletrólito é sempre descontínuo, áreas pequenas de aço nu estão protegidas. “A potência de cobertura é de cerca de 0,125 pol. [3.2 mm], embora isso possa variar de modo significativo de acordo com o tipo de atmosfera”.

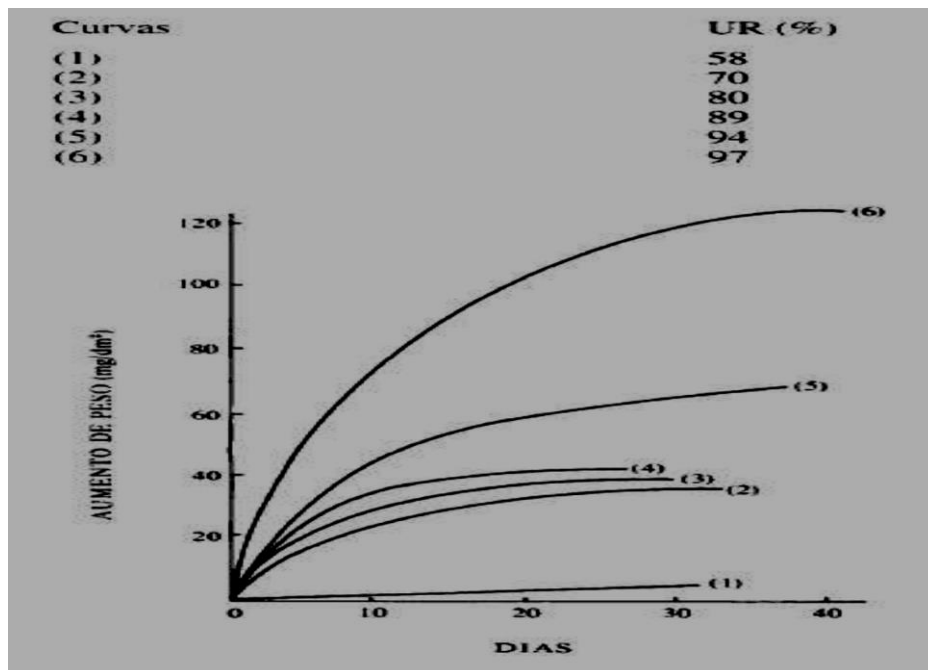


Figura 07: Curvas Relacionando Cloreto de Sódio e Umidade Relativa
(Fonte: Gentil, de Preston e Souval, 1956).

4.0 REVESTIMENTOS

Os metais sofrem constantemente agressões devido ao processo de oxidação, logo é utilizado formas de proteção do metal para uma maior duração, são utilizados revestimentos metálicos (ânodo) e não metálicos (tintas).

4.1 Revestimentos Metálicos.

Os revestimentos metálicos consistem, na interposição de uma película metálica entre o meio corrosivo e o metal que se quer proteger. Os mecanismos de proteção das películas metálicas podem ser: por formação de produtos insolúveis, por barreira, por proteção catódica, dentre outros.

As películas metálicas protetoras, quando constituídas de um metal mais catódico que o metal de base, devem ser perfeitas, ou seja, isentas de poros, trincas, etc., para que se evite que diante de uma eventual falha provoquem corrosão na superfície metálica do metal de base ao invés de evitá-la. As películas mais anódicas podem ser imperfeitas, porque elas conferem proteção catódica à superfície do metal de base.

4.2 Revestimentos Não Metálicos.

Os revestimentos não-metálicos orgânicos, conhecidos são principalmente as tintas, com a finalidade de proteger, ornamentar e higienizar as superfícies, apesar da concorrência que hoje lhes movem os diversos tipos de plásticos e as ligas de alumínio.

Caracterizam-se por permitir a fácil aplicação e reparação, pela sua razoável durabilidade e economicidade. Têm uma composição química, geralmente viscosa, formando um filme opaco e aderente ao substrato. Estima-se que 80% de todo o trabalho de proteção anticorrosiva ainda sejam efetuados por meio de pintura.

4.2.1 Tinta Zarcão.

É um tipo de tinta que é utilizado em primeira demão, sobre superfícies metálicas ferrosas em geral, não é utilizado para acabamentos, zarcão é um produto que serve de fundo protetor com função anticorrosiva e de uniformização da superfície, permitindo a aplicação de diversos acabamentos com máxima durabilidade.

A proteção é transferida formando uma película de cor alaranjada e textura levemente acetinada, com excelente aderência e super-resistente à formação de ferrugem. Possui secagem rápida permitindo agilidade no processo de pintura e aplicação do acabamento no mesmo dia. Possui ótimo rendimento, é fácil de lixar e a aplicação é muito simples.

4.3 Tipos de Ligas Metálicas.

Zinco: O zinco como ânodo é usado bastante em água do mar, como em navios, barcos, píeres etc. É necessário que o Zn seja bastante puro, principalmente isento de Fe, Cu, tendo em vista que estes elementos aumentam muito a reação catódica do hidrogênio sobre o metal. Desse modo, ocorre uma auto corrosão do ânodo, pois parte da dissolução do metal se dá por causa da reação catódica que acontece sobre o zinco. Aliás, esse cuidado de evitar as impurezas metálicas, que possam catalisar a reação de hidrogênio. Segundo instituto de metais não ferrosos a corrosão do zinco também se dá devido ao ambiente que se encontra, “Quando umedecido completa e

continuamente, especialmente por um eletrólito forte, como água do mar, áreas relativamente grandes de aço expostas serão protegidas contanto que ainda exista um pouco de zinco” (ICZ, 2011, P.03).

Magnésio: As ligas de magnésio apresentam o potencial de corrosão mais negativo dos três tipos de ligas citados. Em geral são usadas em água doce, como, por exemplo no interior de tanques de água, mas também em solos de baixa resistividade (até 6000 ohm.cm). Tem o problema do preço e o risco de incêndio em caso de faíscas.

Alumínio: Ligas de alumínio tem sido desenvolvida para a aplicação em proteção catódica. É preciso que a natural formação de um óxido protetor sobre o Al seja evitada, pois do contrário se terá uma corrosão muito heterogênea (por pites).

4.4 Proteção Catódica.

A Proteção Catódica é uma técnica usada para controlar a corrosão de uma superfície metálica, no qual tem-se a agregação de dois metais, onde um dos metais cede os elétrons que é recebido pelo outro, formando uma pilha.

São dois os tipos de proteção catódica uma é a galvanização ou ânodo de sacrifício e a outra é a pôr corrente impressa.

4.4.1. Galvânica

É utilizado dois métodos na proteção catódica um método simples de proteção conecta o metal a ser protegido a um "metal de sacrifício" mais facilmente corrosível devido ao seu potencial de oxidação ser maior do que o outro, para atuar como o ânodo.

O metal de sacrifício então é corroído no lugar do metal a ser protegido. Na tabela 3 podemos ver o potencial de redução onde observa-se qual metal tende a reduzir e oxidar.

Tabela 03 – Potencial De Redução Padrão.

TABELA 2: Tabela de potenciais padrão de eletrodo (H_2)

E^0_{ox} (V)	REAÇÃO OXIDAÇÃO	E^0_{red} (V)
+3,045	$Li^+ + e^- \leftrightarrow Li$	-3,045
+2,925	$Rb^+ + e^- \leftrightarrow Rb$	-2,925
+2,924	$K^+ + e^- \leftrightarrow K$	-2,924
+2,923	$Cs^+ + e^- \leftrightarrow Cs$	-2,923
+2,900	$Ba^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Ba$	-2,900
+2,890	$Sr^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Sr$	-2,890
+2,760	$Ca^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Ca$	-2,760
+2,109	$Na^+ + e^- \leftrightarrow Na$	-2,109
+2,375	$Mg^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Mg$	-2,375
+1,850	$Be^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Be$	-1,850
+1,660	$Al^{+3} + 3e^- \leftrightarrow Al$	-1,660
+1,180	$Mn^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Mn$	-1,180
+0,763	$Zn^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Zn$	-0,763
+0,740	$Cr^{+3} + 3e^- \leftrightarrow Cr$	-0,740
+0,508	$S + 2e^- \leftrightarrow S^{2-}$	-0,508
+0,410	$Cr^{+3} + e^- \leftrightarrow Cr^{+2}$	-0,410
+0,409	$Fe^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Fe$	-0,409
+0,402	$Cd^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Cd$	-0,402
+0,280	$Co^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Co$	-0,280
+0,136	$Sn^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Sn$	-0,136
+0,126	$Pb^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Pb$	-0,126
+0,036	$Fe^{+3} + 3e^- \leftrightarrow Fe$	0,036
0,000	$2H^+ + 2e^- \leftrightarrow H_2$	0,000
-0,150	$Sn^{+4} + 2e^- \leftrightarrow Sn^{+2}$	+0,150
-0,158	$Cu^{+2} + e^- \leftrightarrow Cu^+$	+0,158
-0,340	$Cu^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Cu$	+0,340
-0,522	$Cu^+ + e^- \leftrightarrow Cu$	+0,522
-0,535	$I_2 + 2e^- \leftrightarrow 2I^-$	+0,535
-0,770	$Fe^{+3} + e^- \leftrightarrow Fe^{+2}$	+0,770
-0,798	$Hg_2^{+2} + 2e^- \leftrightarrow 2Hg$	+0,798
-0,800	$Ag^+ + e^- \leftrightarrow Ag$	+0,800
-0,830	$Pd^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Pd$	+0,830
-0,851	$Hg^{+2} + 2e^- \leftrightarrow Hg$	+0,851
-1,065	$Br_2 + 2e^- \leftrightarrow 2Br^-$	+1,065
-1,358	$Cl_2 + 2e^- \leftrightarrow 2Cl^-$	+1,358
-1,510	$Mn^{+3} + e^- \leftrightarrow Mn^{+2}$	+1,510
-1,679	$Au^+ + e^- \leftrightarrow Au$	+1,679
-1,820	$Co^{+3} + e^- \leftrightarrow Co^{+2}$	+1,820
-2,850	$F_2 + 2e^- \leftrightarrow 2F^-$	+2,850

Fonte: Gentil, 2003, p.19; CALLISTER, 2002, p. 391; CASCUDO, 1997, p.26

4.4.2 Corrente Impressa.

Para estruturas como tubulações longas, onde a proteção catódica galvânica passiva não é adequada, uma fonte de energia elétrica de CC externa (corrente impressa) é utilizada para fornecer corrente suficiente.

5.0 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Materiais:

Foram utilizados 6 chapas lisa de ferro, todas padronizadas e confeccionadas para ter uma boa precisão na pesquisa, além da utilização de 2 chapa lisa de zinco.

Utilizamos madeira, pregos para fixação dos suportes de madeira, tinta zarcão (Pb_3O_4) no revestimento das placas de ferro, porcas e parafusos com revestimento de zinco, para uma boa proteção e conservação da sua utilidade que é a de fixar as placas de zinco com as de ferro.

5.1.1 Chapa Lisa De Ferro.

Foi utilizado chapa lisa de ferro (Figura 08), com teor de carbono de 1020 preto um metal bastante presente nas industrias salineiras da região. Com dimensões de 300x300x0.6mm.



Figura 08: Chapa Lisa de Ferro.
Fonte: Autoria própria.

5.1.2 Chapa Lisa De Zinco.

Foi usado chapa lisa de zinco (Figura 09), com dimensões: 150x150x0.5mm. Foram utilizadas espessuras finas para se ter uma maior agressão nas placas devido a velocidade de corrosão está ligada também a área da chapa.



Figura 09: Chapa Lisa de Zinco.
Fonte: Autoria própria.

5.1.3 Tinta Tipo Zarcão.

Utilizamos da tinta zarcão para pintarmos duas dessas chapas de ferro nas quais uma dessas chapas de ferro vai ficar submerso em uma área com água do mar denominada de balde e outra no ar.

5.1.4 Madeira, Pregos, Parafusos e Porcas.

Utilizamos pregos para fixar o suporte de madeira, figura 10. No qual vai abrigar as placas, os parafusos e porcas serviram para fixação das placas de ferro com os ânodos de zinco.

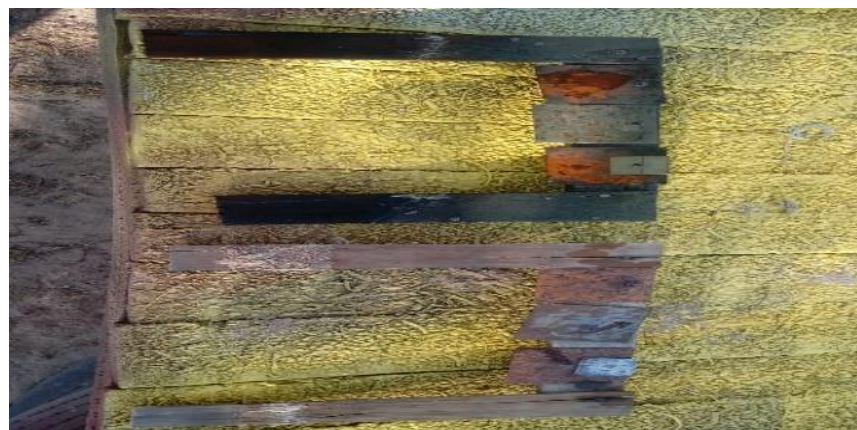


Figura 10: Suportes Para fixação das Placas.

Fonte: Autoria própria.

5.1.5 Descrições Dos Corpos De Provas Utilizados.

A tabela 04 mostra os resultados das massas iniciais e os percentuais de perdas e ganhos ao decorrer de cinco semanas do experimento, em ambiente salina.

Tabela 04: Pesagem e Descrição Dos Corpos De Prova Utilizados.

Material	Especificação	Massa 01 (g)	Massa 02 (g)	Massa 03 (g)	Massa 04 (g)	Massa 05 (g)	Massa 06 (g)
Corpo de prova 01	Chapa de ferro lisa (sem proteção) na água	29.7363	30.6035	31.4097	28.8597	29.1327	28.6597
Corpo de prova 02	Chapa de ferro lisa (com tinta) na água	30.2083	30.6406	31.2043	29.7305	28.2375	26.7375
Corpo de prova 03	Chapa de ferro lisa (com zinco) na água	31.2751	32.1321	32.3768	31.6678	31.2910	31.2592
Corpo de prova 04	Chapa de ferro lisa (sem proteção) no ar	29.6916	30.6302	31.4480	31.7587	32.2346	32.9095
Corpo de prova 05	Chapa de ferro lisa (com zinco) no ar	29.6118	30.2929	30.9463	31.1242	31.5674	32.1107

Material	Especificação	Massa 01 (g)	Massa 02 (g)	Massa 03 (g)	Massa 04 (g)	Massa 05 (g)	Massa 06 (g)
Corpo de prova 06	Chapa de ferro lisa	30.4688	30.6934	30.7654	30.7367	30.7325	30.7333
Corpo de prova 07	Chapa lisa de zinco 01 na água	4.9008	4.9168	4.9769	4.8732	4.8619	4.8610
Corpo de prova 08	Chapa lisa de zinco 02 no ar	4.8953	4.9539	4.9352	4.9099	4.9125	4.9152

Tabela 05: Corpos De Prova De Zinco.

A tabela 05 mostra o dimensionamento inicial dos zínco utilizados nas análises.

Corpos de prova	Especificação	Revestimento / meio inserido	Massa (g)	Dimensões (mm)
Corpo de prova 01	Chapa lisa de zinco	Sem proteção /Água	4.9008	150x150x0.5
Corpo de prova 02	Chapa lisa de zinco	Sem proteção /Ar	4.8953	150x150x0.5

Tabela 06: Corpos De Prova De Ferro.

A tabela 06 mostra os resultados iniciais dos corpos de prova de ferro utilizados no ambiente salina.

Corpos de prova	Especificação	Revestimento / meio inserido	Massa (g)	Dimensões (mm)
Corpo de prova 01	Chapa lisa de ferro	Sem proteção / Água	29.7363	300x300x0.6
Corpo de prova 02	Chapa lisa de ferro	Com ânodo de sacrifício / Água	31.2751	300x300x0.6
Corpo de prova 03	Chapa lisa de ferro	Com tinta / Água	30.2083	300x300x0.6
Corpo de prova 04	Chapa lisa de ferro	Sem proteção / Ar	29.6916	300x300x0.6
Corpo de prova 05	Chapa lisa de ferro	Com ânodo de sacrifício / Ar	29.6118	300x300x0.6
Corpo de prova 06	Chapa lisa de ferro	Com tinta / Ar	30.4688	300x300x0.6

5.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

5.2.1 Balança Analítica e Tesoura Para Cortes De Barras Metálicas.

Os cortes das chapas de ferro foram feitos com uma tesoura de cortar metal e estas foram pesadas em balança analítica.

5.3 A Empresa Onde Foi Realizado o Experimento.

O experimento foi realizado em uma salina no município de grossos, salina essa que fica próxima ao mar mostrada na (Figura 11).



Figura 11: Empresa Escolhida Para o Experimento
Fonte: Autoria própria.

5.3.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Se procedeu da seguinte maneira: de início foram montados dois suportes de madeira, os quais cada um suporte acolheria 3 placas de ferro no caso ao total foram 6 placas de ferro, um desses suporte ficou no ar atmosférico e outro submerso em um reservatório, com o intuito de analisar a corrosão ocasionada no ar presente na salina e no eletrólito forte água salgada.

Nos suportes haviam uma placa de ferro sem revestimento, outra com zinco e a última com revestimento de tinta, tipo zarcão. Os dois suportes estavam orientados de acordo com essa ordem prescrita da esquerda para a direita. Foi realizado acompanhamentos semanais durante cinco semanas da seguinte forma: retirou-se os

suportes de madeira, os fixadores das placas e logo após, foram feitas as limpezas das peças para retirar resíduos proveniente do acúmulo de poeira, algas marinhas e seres microscópicos como cistos.

É importante ressaltar que nas 3 primeiras semanas essa limpeza estava sendo feito de forma muito superficial, as duas últimas semanas utilizamos papel toalha e pincel para retirar os excessos, para melhor obtenção da variação de massa.

Foram tiradas fotos para o acompanhamento qualitativo da degradação dos corpos de prova.

6.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES.

6.1 Acompanhamento Dos Corpos De Prova.

Foram feitos acompanhamentos dos corpos de provas, durante cinco semanas esses acompanhamentos eram feitos de forma visual, por fotos dos corpos de provas retiradas no local e por variação de massa exposto na tabela 7.

Tabela 07: Variação Percentual De Massa.

Material	Especificação	% Primeira Semana	% Segunda Semana	% Terceira Semana	% Quarta Semana	% Quinta Semana
Corpo de prova 01	Chapa de ferro lisa (sem proteção) na água	2,92	5,63	-2,95	-2,03	-3,62
Corpo de prova 02	Chapa de ferro lisa (com zinco) na água	0,04	0,21	-0,08	-0,11	-0,01
Corpo de prova 03	Chapa de ferro lisa (com tinta) na água	1,43	3,30	-1,58	-6,52	-11,49

Material	Especificação	% Primeira Semana	% Segunda Semana	% Terceira Semana	% Quarta Semana	% Quinta Semana
Corpo de prova 04	Chapa de ferro lisa (sem proteção) no ar	3,16	5,92	6,96	8,56	10,84
Corpo de prova 05	Chapa de ferro lisa (com zinco) no ar	0,17	0,12	0,04	0,05	0,06
Corpo de prova 06	Chapa de ferro lisa (com tinta) no ar	0,67	0,91	0,82	0,80	0,80

Já na primeira semana foi possível visualizar os efeitos da corrosão nos corpos de provas, no qual foi possível identificar, quais placas iriam ser mais agredidas devido ao ambiente salina, em que foram expostas.

As placas que estavam fora da água tiveram uma maior agressão do meio, devido a maior presença do oxigênio e a alta umidade do ar. Foi possível também observar nas placas de zinco a agregação de uma fina camada deste metal, devido a precipitação do óxido de zinco que é uma forma de proteção do metal. Isso pode ter ocorrido, em função de algum fator como má fixação ou pouca área de cobertura pelo zinco (dimensionamento incorreto do metal), conseqüentemente, não foi possível obter grande eficiência na proteção do zinco.

Foi possível perceber um aumento no percentual de massa, tanto nas expostas ao ar quanto as submersas no eletrólito.

As placas na atmosfera ocorreram um aumento de massa devido à alta umidade do ar, que ocasiona uma agregação do oxigênio nas placas. Nas placas dentro da água houve um aumento de massa devido a deposição de cistos proveniente de crustáceos e algas que se depositam nas placas.

6.2 CORPO DE PROVA 01: CHAPA DE FERRO SEM PROTEÇÃO NO (AR/ÁGUA).

As placas que estavam fora da água, sem proteção alguma, figura 12. Foram mais agredidas devido à alta umidade do ambiente salina e a exposição ao ar, sendo visualmente as que mais sofreram com a corrosão.

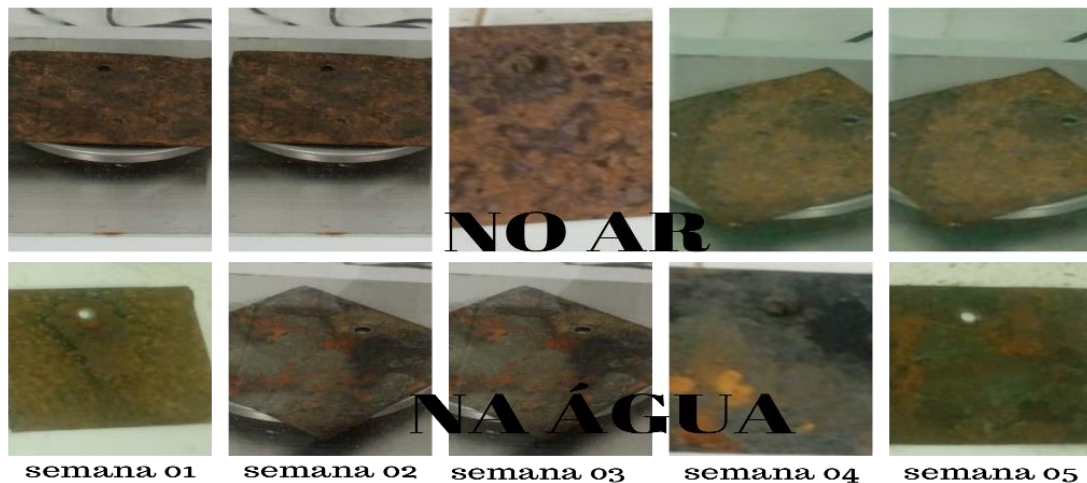


Figura 12: Chapa De Ferro Sem Proteção No (Ar/Água)

Fonte: autoria própria.

Como dar para notar visualmente, as placas que estavam fora da água sofreram mais do que as que estavam submersas, segundo a literatura as placas submersas geralmente encontram-se na presença de uma menor quantidade de oxigênio fazendo com que a oxidação retarde um pouco.

Assim podemos observar como ocorre com os metais presentes no ambiente salina, estes são bastante agredidos devido ao ambiente propicio a degradação do metal.

6.3 CORPO DE PROVA 02: CHAPA DE FERRO COM ZINCO (AR/ÁGUA).

As placas de ferro com zinco se mostraram pouco eficaz, como podemos ver na figura 13.



Figura13: Chapa De Ferro Com Zinco (Ar/Água)

Fonte: autoria própria.

Os corpos de prova com revestimentos por meio de ânodo de proteção não obtiveram os resultados desejados. Pois, a proteção foi pouco eficaz no ferro, devido a um dimensionamento errado do material ou problemas na fixação dos metais que foram porcas e parafusos que não tem uma boa fixação, assim comprometendo o contato das peças, e consequentemente, não facilitando a passagem de elétrons.

6.4 CORPO DE PROVA 03: CHAPA DE FERRO COM TINTA (AR/ÁGUA).

As amostras com revestimento de tinta, foram bastante satisfatórias as expostas ao ar. Já as submersas se comportaram bem nas primeiras semanas, mas a partir da terceira semana houve um desprendimento das camadas de tinta da superfície do metal, ver figura 14.

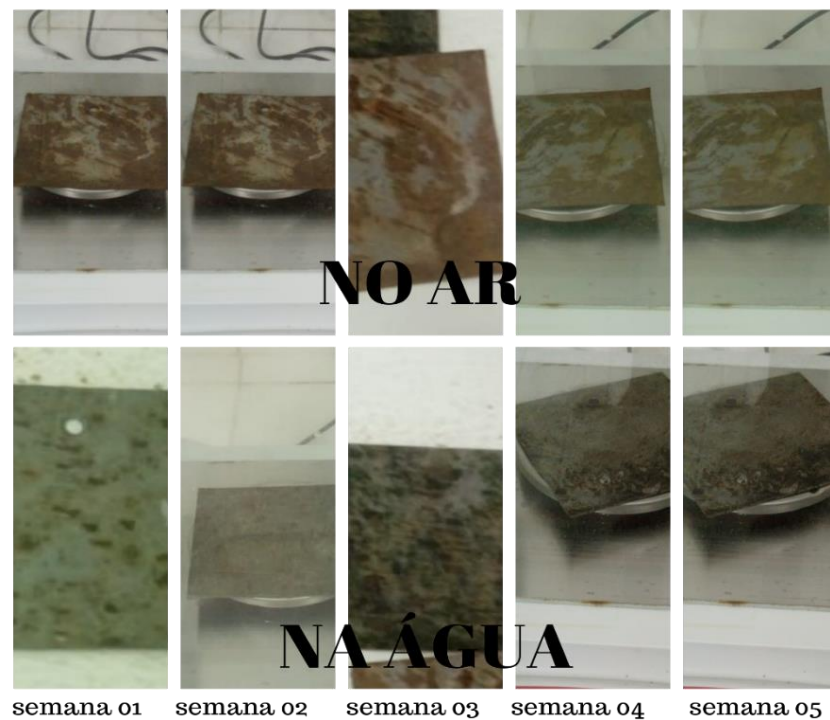


Figura14: Chapa De Ferro Com Tinta (Ar/Água)

Fonte: autoria própria.

Como podemos ver, os corpos de prova com revestimento orgânico, foram os quais tiveram menor agressão do meio salino, foram cinco semanas de contato com o ambiente potencialmente oxidante, no qual podemos ver que nas bordas foram mais oxidadas, pois foram os locais onde se desprenderam com maior facilidade o revestimento.

O revestimento por meio de tinta é o mais usado nas salinas por ser mais baratos e a duração compensar sua manutenção.

6.5 CORPO DE PROVA 04: CHAPA DE ZINCO (AR/ÁGUA):

As chapas de zinco receberam uma maior oxidação em suas extremidades, ver figura 15.



Figura15: Chapa De Zinco (Ar/Água)

Fonte: Autoria própria.

A partir da segunda semana, podemos observar uma camada esbranquiçada em sua superfície, que se trata de óxido de zinco devido a oxidação do material, e posterior a essa película foi ocorrendo a oxidação que se caracteriza por uma coloração mais amarronzada.

7.0 ALGUNS MATERIAIS ALTERNATIVOS PARA UTILIZAR EM SALINAS.

A proteção contra corrosão do ferro e outros metais, podem ser feitas também com a utilização de materiais alternativos. Esses tendem a ter uma maior durabilidade em ambientes onde os efeitos da corrosão são acelerados.

Alguns materiais sugeridos são: Madeira, Technyl e Aço inoxidável. Pois os mesmos tendem a ter uma maior vida útil em ambiente salina.

8.0 CONCLUSÕES

O trabalho realizado foi de suma importância, para o melhor conhecimento sobre os processos de corrosão, na indústria em ambiente salina, para que possamos estudar o processo oxidante nesses ambientes e as formas de combater ou minimizar gastos, comprometimento visual e mecânico de peças e maquinários, a pesquisa foi realizada no município de Grossos-RN cidade do interior do rio grande do norte a qual tem sua maior fonte de arrecadação e sustento as salinas, as quais fornecem para todo o Brasil e exterior.

Coletadas informações a respeito de conhecimentos entre funcionários e posteriores pesquisas realizadas, o recolhimento de informações sobre intempéries no local, assim como foi feito uma pesquisa a respeito do melhor local a ser realizada esse experimento, restringindo o acesso a poucas pessoas. Foi realizado algumas análises com placas expostas tanto ao ar como submersas, com ou sem revestimentos. E podemos afirmar que a proteção por anodo de sacrifício é bastante eficaz, mas por revestimento de tinta ainda sobressai na proteção daqueles metais.

Foi possível analisar de diferentes formas as agressões e meios de proteções nesse ambiente, que é muitas vezes tido como comprometedor ou oxidante. Também vimos a viabilidade de materiais alternativos que são de baixo custo e durabilidade inquestionáveis que podem ser agregados na proteção do maquinário e ferramentas de metais.

REFERENCIAS

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 3. ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC- Livros técnicos e científicos editora S.A., 1996. 345p.

CALLISTER, William D. **Ciência e engenharia dos materiais: uma introdução**. 7.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 705p. Disponível em:< Biblioteca Orlando Teixeira, UFERSA, Campus Mossoró> Acesso em 22 Out. 2019.

JÚNIOR, C. C. S. **Técnica de recuperação de estruturas de concreto armado sob efeito da corrosão das armaduras**. Minas Gerais-MG: DEMC- departamento de engenharia de materiais e construção., 2008. 10p.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "**Tipos de Corrosão**"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/tipos-corrosao.htm>. Acesso em 04 de novembro de 2019.

ICZ – INSTITUTO DE METAIS NÃO FERROSOS. **Corrosão – Mecanismos, Prevenção e Teste**. Disponível em: <http://www.icz.org.br/galvinfo-notes.php> / Acesso em: 18 de nov. 2019.

CENTRO DE INFOMAÇÃO METAL MECÂNICA. **Corrosão uniforme**. São Paulo: CIMM, 2016. Disponível em: < <http://www.cimm.com.br/portal/>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

MAIA, Daltamir Justino. **Experimento sobre a influência do ph na corrosão do ferro**. São Paulo-SP: Experimentação no ensino de química. 2014.

MASTERS, G. M. Introduction to enviromental engineering and science. 2nd. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997.

