



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

NATÁLIA KELLY DA SILVA PIRES

**ESTUDO DE CASO SOBRE CORROSÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS EM
PRAÇA PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE ALEXANDRIA/RN**

**PAU DOS FERROS
2022**

NATÁLIA KELLY DA SILVA PIRES

**ESTUDO DE CASO SOBRE CORROSÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS EM
PRAÇA PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE ALEXANDRIA/RN**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Sanderlir Silva Dias.

**PAU DOS FERROS
2022**

© 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.

P667e Pires, Natália Kelly da Silva.
Estudo de caso sobre corrosão em estruturas
metálicas em praça do município de Alexandria/RN /
Natália Kelly da Silva Pires. - 2022.
36 f. : il.

Orientadora: Sanderlir Silva Dias.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2022.

1. Metais. 2. Patologia. 3. Revestimento. 4.
Proteção. I. Dias, Sanderlir Silva, orient. II.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 1115

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.

NATÁLIA KELLY DA SILVA PIRES

**ESTUDO DE CASO SOBRE CORROSÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS EM
PRAÇA PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE ALEXANDRIA/RN**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

APROVADO EM: 25/11/2022

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Sanderlir Silva Dias (Orientadora)

Dra. Arnayra Sonayra de Brito Silva Carreiro (1º Examinador)

Me. Marcelo Nascimento de Moraes Oliveira (2º Examinador)

Ao meu Deus e à minha família.

Mas Deus escolheu as coisas loucas deste
mundo para confundir as sábias; e Deus
escolheu as coisas fracas deste mundo para
confundir as fortes.

1 Coríntios 1:27

RESUMO

A corrosão é uma manifestação patológica recorrente numa sociedade que está cada vez mais urbanizada. Tendo em vista, que o metal é um material amplamente utilizado nas cidades das mais diversas maneiras, é importante estudar as causas e proteções adequadas aos processos corrosivos que o afetam. Em detrimento disso, o presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo de caso acerca da corrosão metálica presente em estruturas metálicas em praça do município de Alexandria/RN, com o intuito de descrever sobre o caráter corrosivo e propor soluções alternativas para esse problema. Para isso, foram utilizados artigos científicos, anais, periódicos, trabalhos de conclusão de curso, livros, sites acadêmicos, dentre outras fontes para embasamento das discussões, como também, análise e coleta de dados através de fotografias retiradas do local de estudo. Sendo a pesquisa apenas de caráter descritivo. Através da análise dos dados coletados, foi possível identificar o tipo de corrosão e sua morfologia, caracterizada como corrosão eletrolítica, causada pelas águas das chuvas, tempo de exposição e umidade da vegetação próxima ao solo. Para a morfologia, a corrosão é aparentemente em torno do cordão de solda na parte metálica dos bancos e alveolar nos postes de iluminação. O filme protetor utilizado de forma inadequada na tentativa de proteção dos bancos nas manutenções, não é específico para metais, e sim para pisos, o que proporcionou menor durabilidade e eficiência do revestimento. Como forma de minimizar a corrosão presente nas estruturas, mostra-se mais aconselhável a limpeza por jateamento, e uso de tinta poliuretânica, adequada para ambientes suscetíveis a intempéries, como é o caso do local estudado. Esse processo de proteção se mostra mais viável economicamente, e quando feito de maneira correta pode proporcionar maior duração do filme protetor e menor avanço corrosivo.

Palavras-chave: Metais. Patologia. Revestimento. Proteção.

ABSTRACT

Corrosion is a recurrent pathological manifestation in a society that is increasingly urbanized. Bearing in mind that metal is a material widely used in cities in the most diverse ways, it is important to study the causes and adequate protections for the corrosive processes that affect it. To the detriment of this, the present work aimed to carry out a case study about metallic corrosion present in metallic structures in a square in the city of Alexandria/RN, in order to describe the corrosive character and propose alternative solutions for this problem. For this, scientific articles, annals, periodicals, course completion works, books, academic websites, among other sources were used to support the discussions, as well as analysis and data collection through photographs taken from the study site. Being the research only of descriptive characters. Through the analysis of the collected data, it was possible to identify the type of corrosion and its morphology, characterized as electrolytic corrosion, caused by rainwater, exposure time and humidity of the vegetation close to the ground. For the morphology, the corrosion is apparently around the weld bead in the metallic part of the benches and alveolar in the lampposts. The protective film used inappropriately in an attempt to protect the seats during maintenance is not specific for metals, but for floors, which provided less durability and efficiency of the coating. As a way to minimize the corrosion present in the structures, cleaning by blasting is more advisable, and the use of polyurethane paint, suitable for environments susceptible to bad weather, as is the case of the place studied. This protection process proves to be more economically viable, and when done correctly it can provide a longer duration of the protective film and less corrosive advance.

Keywords: Metals. Pathology. Coating. Protection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Representação das formas morfológicas de corrosão.....	18
Figura 2	– Pistola utilizada para jateamento.....	20
Figura 3	– Componentes das tintas.....	21
Figura 4	– Representação da proteção catódica.....	23
Figura 5	– Representação da proteção anódica.....	24
Figura 6	– Etapas do processo de galvanização a quente.....	25
Figura 7	– Fluxograma sobre o método de pesquisa realizado.....	26
Figura 8	– Representação do município no mapa do estado do Rio Grande do Norte.....	27
Figura 9	– Fotografia frontal da praça Letício Cavalcante de Figueiredo.....	27
Figura 10	– Fotografia da vista lateral e frontal dos bancos.....	28
Figura 11	– Fotografia da estrutura fincada ao solo.....	29
Figura 12	– Fotografias da solda que liga o suporte em C ao assento de vigas de madeira...29	
Figura 13	– Fotografias da solda que liga o suporte em C ao assento de vigas de madeira...30	
Figura 14	– Fotografias dos defeitos apresentados nos bancos.....	31
Figura 15	– Fotografia de áreas com aberturas e frestas propícias a estagnação de líquidos.31	
Figura 16	– Fotografia de corrosão presente nos postes de iluminação.....	32
Figura 17	– Fotografia de parafusos instalados para substituição de danificados.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PIB	Produto Interno Bruto
pH	Potencial hidrogeniônico
CTF	Corrosão sob tensão fraturante
VV	Veículo volátil
VNV	Veículo não volátil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	REVISÃO TEÓRICA	15
3.1	Corrosão	15
3.2	Classificação quanto ao mecanismo de corrosão	15
3.3	Classificação quanto à morfologia	17
3.4	Maneiras de minimizar a corrosão	19
3.4.1	Prevenção na etapa de projeto	19
3.4.2	Revestimentos	19
3.4.2.1	Limpeza de superfície	19
3.4.2.2	Jateamento	19
3.4.2.3	Carepa de laminação	20
3.4.2.4	Tintas	20
3.4.2.5	Proteção catódica e anódica	23
3.4.2.6	Deposição por imersão a quente (ou galvanização)	24
4	METODOLOGIA	26
4.1	Método de pesquisa	26
4.2	Caracterização do local	26
5	RESULTADOS	28
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

A corrosão é um processo de deterioração de um material metálico ou não metálico, provocado devido a interação com o ambiente ao qual está inserido. Essa interação pode ocasionar reações do tipo eletroquímica, eletrolítica ou química, atrelada ou não a esforços mecânicos e físicos (NASCIMENTO, 2015).

Desde quando os metais passaram a ser utilizados em escala, a humanidade sofre com os problemas relacionados à sua corrosão, já que existe uma gama de funcionalidades para esses materiais, principalmente com respeito às indústrias e ao setor construtivo em geral. Pois, além de causar transtornos estruturais, prejudicando a vida útil, e consequentemente, gerando perdas econômicas, esse tipo de patologia pode aumentar os fatores de risco à saúde dos indivíduos (FRAUCHES-SANTOS *et al.*, 2014).

A utilização dos materiais metálicos mostra-se recorrente, haja vista que existem funções nas quais outros tipos de materiais seriam ineficientes. Uma vez que, para algumas finalidades, são requeridas determinadas propriedades como: resistência, dureza, alto ponto de fusão e ebulição, condutividade elétrica, ductilidade, entre outras características intrínsecas desse material (PADILHA, 1997).

No setor construtivo, esse material é utilizado nas armações de concreto para edificações, por exemplo, em obras de grande porte, sendo matéria prima de estruturas de estádios, pontes, entre outros. Nas indústrias tem aplicação como insumo de instrumentos e máquinas para os mais diversos fins. Além disso, o metal pode ser considerado um elemento urbanístico, porque em conjunto com o concreto, se apresenta frequentemente nas cidades, como por exemplo, nas edificações em geral, em placas de sinalização, semáforos, redes de energia, praças públicas, e outras aplicações (MASSARIN *et al.*, 2015; FERRAZ, 2003).

As patologias, normalmente encontradas, como exemplo, a corrosão, são capazes de gerar o enfraquecimento das estruturas, acabando por encurtar o tempo de vida útil e as funcionalidades esperadas. Ademais, existem as questões relacionadas à manutenção que acarretam o surgimento de transtornos econômicos.

De acordo com Silva (2018), em dados de 2015, os custos com corrosão chegaram a 3% de todo o PIB mundial, representando US\$2 trilhões. Ainda segundo o autor, soluções aplicadas ao controle dessa patologia, podem reduzir de 20% a 30% desse mesmo valor gasto.

No caso específico do presente estudo, as praças públicas, locais de convivência e recreação, abertos a frequência, não possuindo restrições, devem ser capazes de prover segurança e lazer para a população nas cidades. Além das questões de conforto dos usuários e a estética, entretanto, na maioria dos casos, são esquecidos pelos órgãos competentes, que

deveriam assegurar o bom funcionamento e as devidas manutenções, visando beneficiar a população usuária. Isso se dá, muitas vezes, pelo desconhecimento a fundo da origem dos problemas que levam à precariedade desses locais.

Ademais, visto que os materiais metálicos estão constantemente presentes nas cidades, se faz necessário compreender e estudar sobre suas patologias, para que, cada vez mais, soluções possam ser apresentadas e discutidas, contribuindo para beneficiar os fatores econômicos, como também, as questões de bem-estar, saúde e segurança dos locais.

Portanto, mostra-se necessário o entendimento e o estudo das patologias presentes nos locais que apresentam esse tipo de estrutura para um melhor gerenciamento e controle de manutenções nesses locais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Tem-se como objetivo geral desenvolver um estudo de caso acerca da corrosão presente em praça do município de Alexandria/RN. Discorrer sobre as causas e propor soluções alternativas para os problemas encontrados.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar estudo bibliográfico acerca do tema abordado;
- Realizar análise e coleta fotográfica no local;
- Discorrer sobre o caráter patológico encontrado na praça;
- Propor soluções alternativas ao problema.

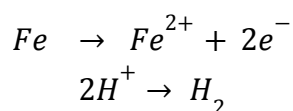
3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 Corrosão

Os metais são encontrados de maneira estável na natureza na forma de compostos óxidos. Esses compostos acabam sendo processados para se transformarem nas ligas metálicas que as indústrias tanto requerem. A corrosão pode ser compreendida como um processo natural, por meio do qual, esses elementos, pela deterioração, estão lentamente retornando a seu estado original. Entretanto, esse processo pode ser acelerado em detrimento do meio em que esses materiais estão inseridos (FELIPE *et al.*, 2013).

O processo corrosivo ocorre por meio da oxirredução, que nada mais é do que a transferência mútua de elétrons entre elementos, e assim produzindo as reações catódicas e anódicas, semelhante a uma pilha. A reação de oxidação (anódica), produz a dissolução metálica, tal como a perda de elétrons do material, em conjunto com a reação de redução (catódica), que promove a redução do oxigênio ou evolução do hidrogênio, pelo recebimento de elétrons (SOARES *et al.*, 2015; MATLAKHOV, 2021).

Os meios onde os materiais estão inseridos podem acelerar o processo corrosivo, dentre os quais pode-se citar: meio ácido, meio básico ou neutro não aerado e meio básico ou neutro aerado (FRAUCHES-SANTOS *et al.*, 2014). Uma reação em meio ácido do metal ferro por corrosão do tipo eletroquímica, pode ser visualizada abaixo.



3.2 Classificação quanto ao mecanismo de corrosão

Dos mecanismos de corrosão, pode-se citar, o químico e o eletroquímico. O químico corresponde ao meio não eletrolítico, ou seja, não existe a passagem de corrente elétrica, como exemplo, pode-se citar: gases úmidos acima de 100°C e gases secos, metais e sais (isentos de água) fundidos, solventes orgânicos isentos de água, dentre outros. Já a corrosão do tipo eletroquímica ocorre quando o material é exposto a meios eletrolíticos, como o ar atmosférico, água natural doce ou salgada, soluções químicas aquosas e solos úmidos (MATLAKHOV, 2021).

A corrosão causada pelo ar atmosférico ou corrosão atmosférica, é um tipo de corrosão eletroquímica, originada pela interação do metal com o ambiente ao qual está inserido. Acontece devido a formação de uma fina camada eletrolítica, decorrente da umidade relativa

do ar. A velocidade desse processo dependerá dos níveis de umidade e dos constituintes atmosféricos (ASSIS, 2000).

De acordo com Silva (2007), a corrosão atmosférica é influenciada pelo seguintes fatores:

1) Umidade relativa do ar: relacionada diretamente a formação da fina camada eletrolítica. Essa camada pode ser oriunda de chuvas, neblinas, névoas, e à adsorção do vapor d' água atmosférico pelo metal. Em metais, como o ferro, a umidade baixa representa menor corrosão se comparada a altas umidades.

2) Os elementos poluentes: gases e partículas sólidas, presentes no ar atmosférico, sendo produto do crescimento industrial e tecnológico das cidades, podem acelerar o processo corrosivo na camada eletrolítica.

3) A temperatura: o aumento da temperatura pode diminuir o condensamento de vapores e a adesão de gases à superfície metálica, diminuindo as chances de corrosão. Em contrapartida, essa elevação da temperatura pode propiciar a ruptura dos revestimentos, por tensões de contração e expansão dos substratos ou tensões do próprio metal, aumentando as possibilidades de corrosão.

4) Duração da camada eletrolítica a superfície metálica: quanto maior for o tempo de duração dessa película, maior será a ação corrosiva sobre o material.

Além dos fatores citados acima, Assis (2000) cita a radiação solar como um fator ao aumento da probabilidade de corrosão, pois os raios solares podem afetar os revestimentos, que acabam perdendo pigmento e brilho, responsáveis por retardar o processo corrosivo.

Outro meio eletrolítico é a água natural doce ou salgada, que possui ação corrosiva em contato com materiais metálicos, devido aos componentes que estão presentes em sua composição. As águas naturais, em casos específicos, podem conter gases desfeitos como oxigênio, carbono, nitrogênio, dióxido de enxofre, entre outros, e possuir sais dissolvidos, como cloreto de sódio, ferro e magnésio, dentre outras substâncias. Vale destacar, a presença de matéria orgânica animal e vegetal, microorganismos, e partículas suspensas. Isso tudo relacionado ao pH, a temperatura e a movimentação da água, constituem-se pontos importantes e influenciadores para o potencial corrosivo (PETERS, 2015).

É importante ressaltar o papel das chuvas no processo corrosivo, visto que podem atuar de maneira a minimizar a corrosão através do lixiviamento dos produtos, cessando o processo de deterioração do material. Entretanto, têm potencial como agente contaminante no processo eletrolítico, ao serem feitos depósitos em frestas e fissuras ou em zonas de estagnação, acelerando a corrosão (KENNY, 2009).

Além disso, os solos também exercem significativo papel nesse processo. Esses são complexos, e compostos, basicamente, por três fases da matéria: sólido, líquido e gasoso. A fase sólida compreende a parte massiva resultado do intemperismo de rochas ao longo do tempo. A porção líquida é constituída por chuvas, névoas, neblinas e adsorção, entre outros, e a parte gasosa refere-se aos produtos gasosos das atividades humanas, como também, a biodegradação da matéria orgânica presente, incluindo restos de animais e vegetação (SILVA, 2017).

Cada fase pode ser constituída de fatores que influenciam na velocidade e na potencial corrosão metálica. Esses fatores determinam a capacidade corrosiva de um solo, que é medida por sua resistividade elétrica, quanto menor for a resistividade de um solo, maior será seu potencial corrosivo (SILVA, 2017).

3.3 Classificação quanto à morfologia

Segundo Gentil (1996), a corrosão pode apresentar diferentes formas morfológicas, a seguir:

- 1) Corrosão uniforme: é aquela que se apresenta em toda extensão da superfície do metal, e produz perda de espessura uniforme.
- 2) Por placas: não se apresenta em toda a extensão da superfície metálica, originando escavações e a formação de placas.
- 3) Alveolar: caracteriza-se por sulcos na superfície do material, parecidos com alvéolos, que apresentam a profundidade menor que o diâmetro.
- 4) Por pites: se apresenta em pontos específicos na superfície metálica de maneira localizada, possuindo fundo angular, e geralmente, diâmetro muito menor que a espessura.
- 5) Intergranular: se processa em torno dos grãos da rede cristalina do metal, e pode aumentar o risco de fraturas por esforços mecânicos, pois interfere na perda das propriedades mecânicas, originando a corrosão sob tensão fraturante (CTF).
- 6) Intragranular: se processa nos grãos da rede cristalina, com a perda das propriedades mecânicas, podendo facilmente fraturar o material à esforços mecânicos, também tendo a corrosão sob tensão fraturante (CTF).
- 7) Filiforme: se apresenta na forma de filamentos finos que se dirigem em diferentes direções na superfície metálica e não se cruzam, devido a carga positiva que o produto da corrosão adquire. Comuns em superfícies com revestimentos de tintas ou outros metais, gerando o deslocamento dos mesmos. Geralmente, ocorre em ambientes mais úmidos, ou em revestimentos mais suscetíveis a penetração de água e oxigênio.

8) Por esfoliação: ocorre paralelamente à superfície metálica, sendo encontrada em chapas e outros componentes que tiveram alongamento e achatamento dos grãos. Com isso, o produto de corrosão formado encontra-se paralelo à superfície, sendo separado da ação corrosiva no metal, criando assim, camadas de material corrosivo na forma de placas.

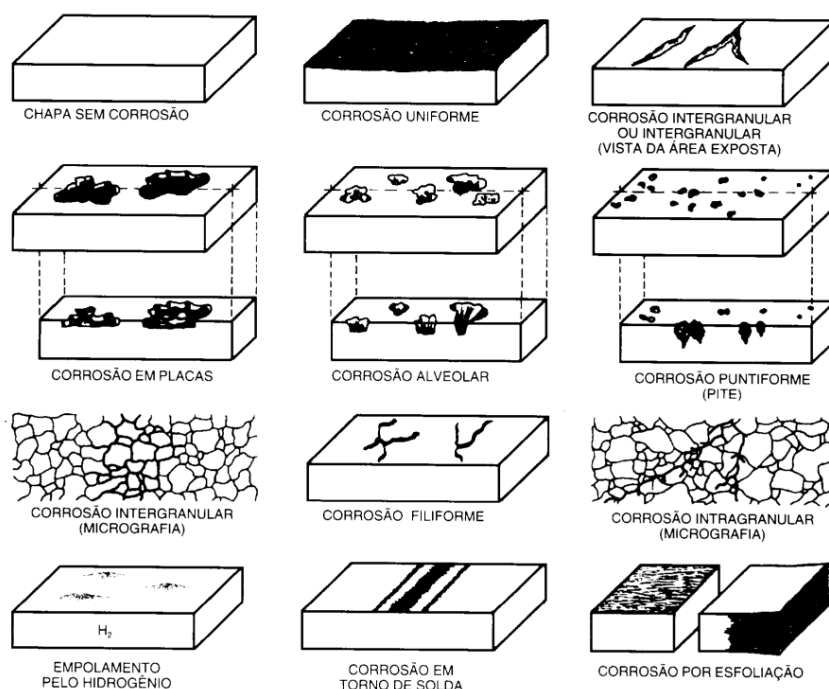
9) Corrosão gráfitica: característica do ferro cinzento fundido, na qual o ferro metálico é transformado em produto de corrosão, restando a grafite, que pode ser observada na coloração escura na área corroída.

10) Dezincificação: característica de ligas cobre-zinco (latões), notando-se o aparecimento de coloração avermelhada, divergente da cor amarelada dos latões. Entende-se que ocorreu preferencialmente a corrosão do zinco, caracterizando a corrosão seletiva.

11) Empolamento pelo hidrogênio: ocorre através da penetração do hidrogênio em seu estado atômico no material metálico, devido ao seu pequeno volume atômico, difundindo-se em hidrogênio molecular em áreas de descontinuidade, tendo aplicação de pressão e geração de bolhas na superfície metálica.

12) Em volta do cordão de solda: morfologia observada em torno do cordão de solda. Comum em aços inoxidáveis com teor de carbono superior a 0,03% ou não estabilizados.

Figura 1: Representação das formas morfológicas de corrosão.



Fonte: Gentil (1996).

Frade (2013) ainda cita sobre a corrosão em frestas e galvânica. A corrosão por frestas acontece quando duas ou mais superfícies estão em contato ou muito próximas. Esses espaços

servem como repositório para águas, possibilitando a formação de pilhas de aeração diferencial por causa da tensão superficial. Outro ponto, é que nas fendas existe maior quantidade de oxigênio nas extremidades do que nas áreas internas. Como consequência, a parte interna torna-se uma região anódica, que passa pelo processo corrosivo. Já a corrosão galvânica se dá quando diferentes materiais são utilizados em contato, formando-se pilhas eletrolíticas, pois alguns materiais metálicos tem potencial para se tornarem eletrodos com reações de oxidação e redução.

3.4 Maneiras de minimizar a corrosão

3.4.1 Prevenção na etapa de projeto

É através da etapa de projeto que os profissionais habilitados podem dispor de análises para determinar o tipo de material, revestimento, organização estrutural, entre outros pontos importantes para a prevenção de possíveis ataques corrosivos. Sendo assim, é considerada a maneira mais eficiente e de baixo custo para evitar gastos desnecessários tidos posteriormente para manutenção e troca de equipamentos das estruturas (PANNONI, 2017).

3.4.2 Revestimentos

3.4.2.1 Limpeza de superfície

Como primeiro passo a ser utilizado anteriormente a aplicação dos revestimentos, que servirão como meios inibidores da corrosão, deve ser realizada uma limpeza para retirada das sujidades: óleos, graxas, partículas sólidas, restos de tintas, carepas de laminação, e outros (PANNONI, 2017; GENTIL, 1996).

3.4.2.2 Jateamento

O jateamento é um método que utiliza partículas abrasivas: areia, granalha de aço (esférica e angular), ferro fundido, vidro, escórias, e outros, em alta velocidade contra a superfície do material a ser limpo. Sendo bastante utilizado pela indústria da pintura, como também, pelos fabricantes de estruturas metálicas (Figura 2). Esse processo promove duas vantagens:

- 1) Promove maior contato do revestimento com substrato, com a eliminação das impurezas na superfície.
- 2) Permite a ancoragem do revestimento, devido a rugosidade adquirida pela superfície do material com o jateamento (PANNONI, 2017).

Figura 2: Pistola utilizada para jateamento.



Fonte: Pinto (2022).

3.4.2.3 Carepa de laminação

De acordo com Pannoni (2017), com o aquecimento do aço carbono a temperaturas de 575°C a 1370°C ocorre a formação de uma película de cor cinza-azulada, aderente, lisa e dura, constituída de óxidos como: wustita, magnetita e hematita, alinhados em camadas sobrepostas. Essa película é denominada de carepa de laminação, e erroneamente é vista benéfica para a aplicação dos revestimentos. Entretanto, por possuir coeficiente de dilatação diferente do aço, em períodos de aquecimento e resfriamento, há o rompimento e a formação de trincas, que permitem a entrada de agentes contaminantes como o oxigênio e a água. A corrosão se espalha por debaixo da carepa, pela formação de pilhas eletrolíticas, acarretando na expulsão da película.

3.4.2.4 Tintas

De acordo com Assis (2000, p. 8),

A aplicação de tinta é um dos métodos mais difundidos de prevenção contra a corrosão, não por ser a melhor solução, mas por ser de fácil aplicação, e na maioria das vezes, o mais econômico. As tintas são formadas basicamente por: (a) veículos, (b) aditivos e (c) pigmentos [...].

Os veículos correspondem à parte líquida da tinta, na qual ficam dispersos os pigmentos. Em caso de veículos sem pigmentos, constitui-se os vernizes. Tem a função de formar a película das tintas, podendo ser considerados: voláteis (VV) e não-voláteis (VNV) (ASSIS, 2000).

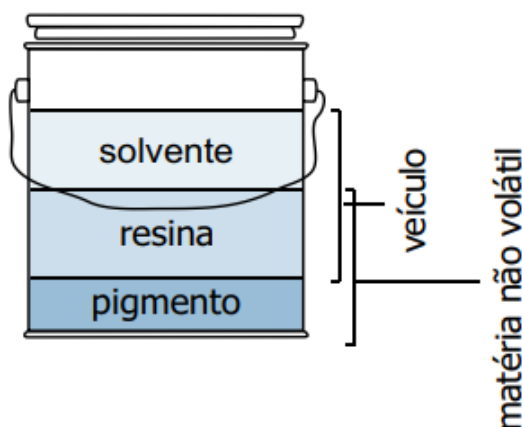
Os veículos não-voláteis (VNV) são resinas, óleos secativos, polímeros que fazem quando secos parte dos sólidos na tinta, promovendo aglutinação dos pigmentos,

impermeabilização, e plasticidade da película. Sendo a resina responsável por proporcionar à resistência física e química, como também, a ligação do filme à superfície metálica (ASSIS, 2000 *apud* RAJAGOPALAN; GURUVIAH, p. 23-33, 1979).

Já os veículos voláteis (VV) estão classificados em: solventes, falso solventes e diluentes. São responsáveis por solubilizar os VNV, para facilitar a aplicação. Os solventes são aqueles que dissolvem os VNV, e mantém os pigmentos em suspensão no filme. Promove fluidez, secagem, nivelamento, aderência e durabilidade a tinta. Após a secagem não faz parte do filme final, pois é evaporado (ASSIS, 2000 *apud* BARNHART, p. 55-58, 1997).

Os falsos solventes possuem baixa solubilização dos VNV, todavia são utilizados para diminuir os gastos da formulação e produzir tempos adequados de cura. E os diluentes são elaborados a partir de diferentes solventes, sendo substâncias utilizadas na adequação da viscosidade dos filmes, podendo conter falso solvente, mas necessariamente tem que conter o verdadeiro solvente (ASSIS, 2000).

Figura 3: Componentes das tintas.



Fonte: Pannoni (2007).

Os principais tipos de tintas utilizadas na proteção do aço carbono de acordo com a resina empregada são:

Alquídicas. Conhecidas como esmaltes sintéticos, são tintas monocomponentes de secagem ao ar. São utilizadas em interiores secos e abrigados, ou em exteriores não poluídos. Como as resinas utilizadas são saponificáveis, não resistem ao molhamento constante ou à imersão em água.

Epoxídicas. São tintas bicomponentes de secagem ao ar. A cura se dá pela reação química entre os dois componentes. O componente A é, de modo geral, à base de resina epoxídica, e o B, o agente de cura, pode ser à base de poliamida, poliamina ou isocianato alifático. São mais impermeáveis e mais resistentes aos agentes químicos do que as alquídicas. Resistem à umidade, imersão em água doce ou salgada, lubrificantes, combustíveis e diversos produtos químicos. As epoxídicas à base de água tem a mesma resistência

daquelas formuladas à base de solventes orgânicos. De modo geral, não são indicadas para a exposição ao intemperismo (ação do sol e da chuva), pois desbotam e perdem o brilho (calcinação). **Poliuretânicas.** São tintas bicomponentes em que o componente A é baseado em resina de poliéster ou resina acrílica, e, o B, o agente de cura, é à base de isocianato alifático. As tintas poliuretânicas são bastante resistentes ao intemperismo. Assim, são indicadas para a pintura de acabamento em estruturas expostas ao tempo. São compatíveis com primers epoxídicos e resistem por muitos anos com menor perda da cor e do brilho originais. **Acrílicas.** São tintas monocomponentes à base de solventes orgânicos ou de água, e, assim como as tintas poliuretânicas, são indicadas para a pintura de acabamento. São tintas bastante resistentes à ação do sol (PANNONI, 2007, p. 63).

Os pigmentos são pós finos que promovem cor, opacidade, coesão, resistência, diminuição da permeabilidade e inibição da corrosão nas tintas. Nas tintas de acabamento, têm como principal função o efeito decorativo e de cor. Já nas tinturas de fundo, possui a função protetora, com propriedades específicas em cada revestimento (PANNONI, 2007; ASSIS, 2000).

Os pigmentos também podem ser anticorrosivos, que atuam na diminuição ou na tentativa de inibir o processo corrosivo. São mais eficientes que os pigmentos comuns, pois como nenhuma resina é totalmente impermeável, os agentes corrosivos acabam entrando em contato com a película. Nesse caso, os agentes anticorrosivos atuam apassivando a superfície metálica do ataque (ASSIS, 2000 *apud* HARE, p. 48-62, 1998).

De acordo com Pannoni (2007, p. 62), os pigmentos mais utilizados na proteção do aço carbono são:

Zarcão. Um dos pigmentos mais antigos utilizados na proteção do aço, tem coloração laranja. Ele possui características alcalinas (neutraliza compostos ácidos) e oxidantes (íons solúveis, como o íon ferroso são oxidados a férricos, insolúveis). O zarcão é tóxico, pois o chumbo é um metal pesado. **Fosfato de zinco.** É um pigmento que, em contato com água, dissolve-se parcialmente, liberando os ânions fosfato que passivam localmente a superfície do aço, formando fosfatos de ferro. **Zinco metálico.** É utilizado o zinco metálico de alta pureza disperso em resinas epoxídicas ou etil silicato. As tintas ricas em zinco são também chamadas de “galvanização a frio”, e conferem proteção catódica ao substrato de aço (o zinco se corrói, protegendo o aço processo idêntico à proteção auferida pela galvanização tradicional). Um risco na pintura e o zinco começará a se corroer, protegendo o aço. **Cromato de zinco.** É um pigmento amarelo, parcialmente solúvel em água que, assim como o fosfato de zinco, passiva localmente a superfície do aço pela precipitação de cromatos de ferro. Este pigmento é tóxico, pois o cromo é um metal pesado. **Óxido de ferro.** É um pigmento vermelho que não tem nenhum mecanismo de proteção anticorrosiva por passivação, alcalinização ou proteção catódica. Entretanto, por ser sólida e maciça, a partícula atua como barreira à difusão de espécies agressivas, como água e oxigênio. Este pigmento é muito utilizado nas tintas de fundo, não é tóxico, tem bom poder de tingimento. **Alumínio e outros.** O alumínio lamelar e outros pigmentos também lamelares tais como a mica, talco, óxido de ferro

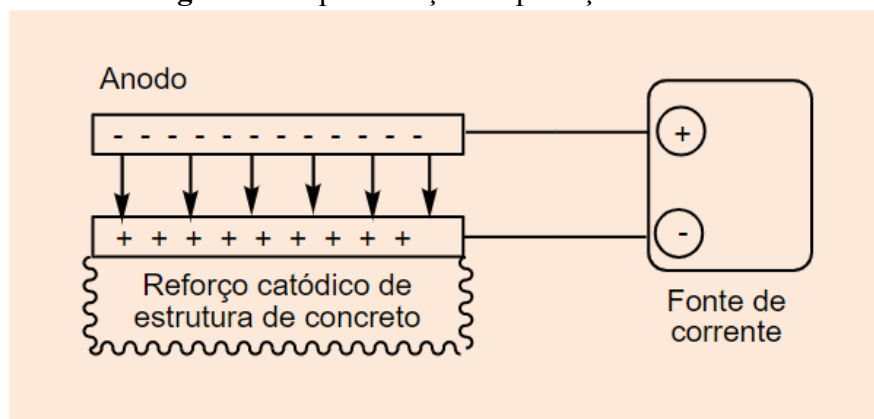
micáceo e certos caulins atuam pela formação de folhas microscópicas, sobrepostas, constituindo uma barreira que dificulta a difusão de espécies agressivas. Quanto melhor a barreira, mais durável será a tinta. A junção de resinas bastante impermeáveis com pigmentos lamelares oferece uma ótima barreira contra a penetração dos agentes agressivos.

3.4.2.5 Proteção catódica e anódica

A proteção catódica está cada vez mais sendo utilizada com êxito no mundo e no Brasil, na proteção de estruturas metálicas enterradas, submersas e eletrólitos. As instalações que utilizam-se dessa proteção conseguem permanecer livres de corrosão por períodos indeterminados, sem que haja a necessidade de revestimentos, ou mesmo, que o meio corrosivo seja agressivo.

Entretanto, apesar do que foi dito acima, acaba se tornando um método mais econômico e eficiente quando há os elementos revestidores. A corrosão se dá devido à heterogeneidade dos solos e do material metálico, grau de aeração, umidade, resistividade elétrica, e outros, fazendo com que se tenha reações no metal, produzindo regiões: anódicas e catódicas no mesmo material, com corrente elétrica que caminha no sentido convencional e retorna através do metal. Para isso, os métodos de proteção catódica, galvânica e por corrente impressa, são utilizados com a finalidade de tornarem o material em uma região catódica, o livrando do processo deteriorativo (Figura 4) (GENTIL, 1996).

Figura 4: Representação da proteção catódica.

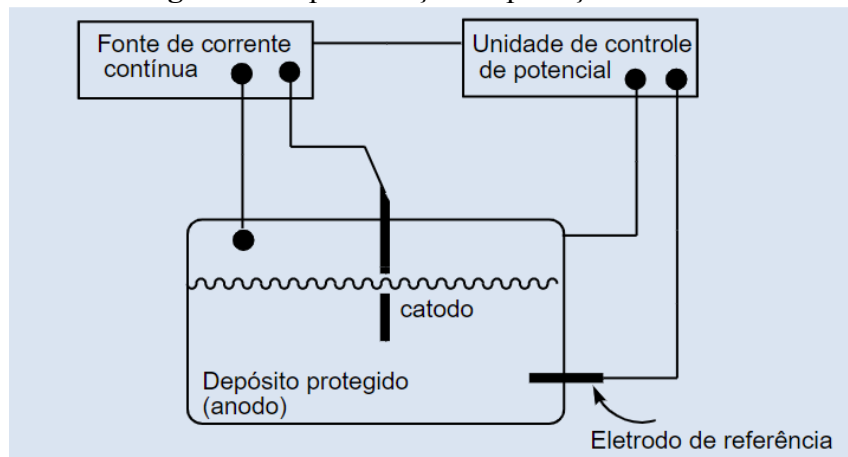


Fonte: Frauches-Santos *et al.* (2014).

A proteção anódica utiliza revestimentos metálicos com potencial de oxidação maior que o do metal revestido. No caso de acontecer falhas, rompimento ou fratura desses revestimentos, este atua protegendo o metal, agindo como um ânodo de sacrifício. Como exemplo, nas chapas galvanizadas (aço coberto com zinco), com o rompimento, cria-se uma

célula galvânica entre o zinco e o ferro, sendo o zinco o ânodo e o ferro o cátodo assim não ocorrerá ataque ao ferro até que o zinco seja consumido (Figura 5) (GENTIL, 1996).

Figura 5: Representação da proteção anódica.



Fonte: Frauches-Santos *et al.* (2014).

De acordo com as aplicações, os revestimentos podem ser subdivididos em (GENTIL, 1996):

- 1) Galvanização: deposição a quente, imersão, normalmente, obtém-se superfícies de zinco e estanho.
- 2) Metalização: deposição de camadas de materiais fundidos, por equipamento apropriado, em condições de preparo especiais, para as estruturas metálicas.
- 3) Eletrodeposição: consiste na imersão de metal ionizado em banho. A superfície que será revestida é posta como cátodo de uma célula eletrolítica. Sendo comum o revestimento com ouro, prata, níquel, cromo, estanho e cádmio.
- 4) Deposição química: se dá por um processo de redução química. Sendo comum o revestimento com cobre e níquel (ambos químicos).

3.4.2.6 Deposição por imersão a quente (ou galvanização)

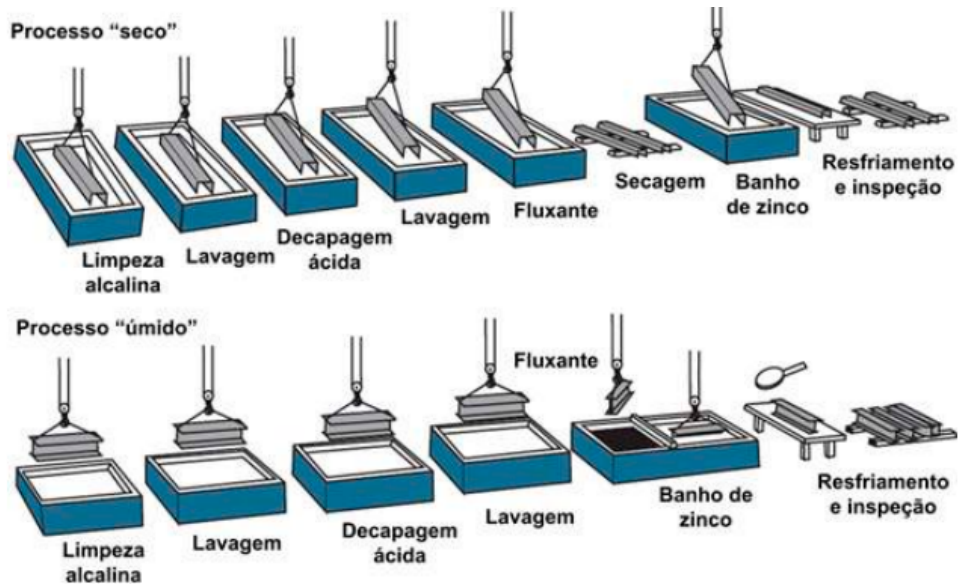
A galvanização por imersão a quente ou galvanização a fogo, é um sistema que utiliza o zinco metálico fundido em um banho para o aço ou ferro fundido, por imersão. Esse processo se comporta nas seguintes etapas (Figura 6) (PANNONI, 2017):

- 1) Limpeza de óleos e graxas presentes no material metálico, com o auxílio de desengraxante adequado.
- 2) Decapagem ácida: processo no qual são removidos a carepa de laminação e ferrugem por meio de ácido específico, em alguns casos, o ácido clorídrico

inibido. Pode ser precedida de jateamento, para remoção parcial da carepa e melhora na rugosidade.

- 3) Fluxante: o material é mergulhado nessa substância para melhor contato entre o aço e o zinco.
- 4) Banho de zinco: processo no qual se mergulha o aço no zinco líquido, na temperatura de 450°C . Sendo esta a temperatura ideal para que haja a formação de várias diferentes ligas de zinco/ferro que se aderem muito bem à superfície do aço.
- 5) De acordo com a retirada do banho, uma camada pura de zinco é formada sobre as outras camadas de liga zinco/ferro.

Figura 6: Etapas do processo de galvanização a quente.



Fonte: Pannoni (2017)

4 METODOLOGIA

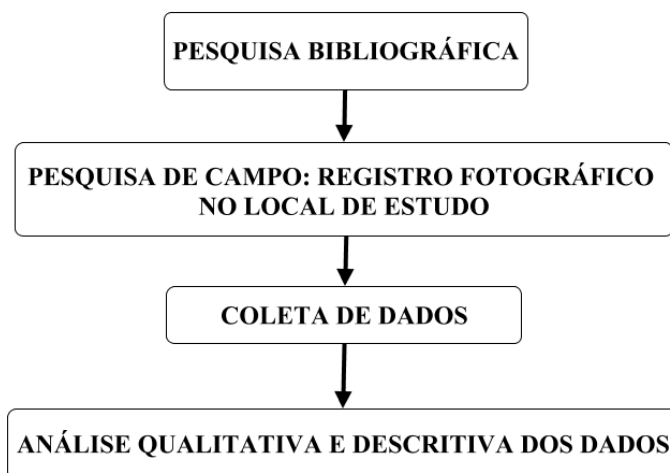
4.1 Método de pesquisa

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de caráter qualitativo, não tendo como preocupação a medição, enumeração ou emprego de análises de métodos estáticos, mas sim a geração de dados descritivos através do contato do pesquisador com a situação do local de estudo, com auxílio da pesquisa bibliográfica, desenvolvida a partir de material já elaborado (GODOY, 1995; GIL, 2002).

Portanto, este trabalho contou com a pesquisa em artigos, anais, periódicos, trabalhos de conclusão de curso, livros, sites acadêmicos, dentre outras fontes para auxiliar nas discussões.

Para a presente pesquisa um estudo de campo acerca da corrosão presente na praça do município de Alexandria foi realizado, com a efetivação de 2 registros fotográficos no local de estudo, entres os dias 7 e 8 de agosto. Ambos registros foram feitos em dias onde as condições ambientais apresentaram-se favoráveis, com clima seco e boa iluminação.

Figura 7: Fluxograma sobre o método de pesquisa realizado.



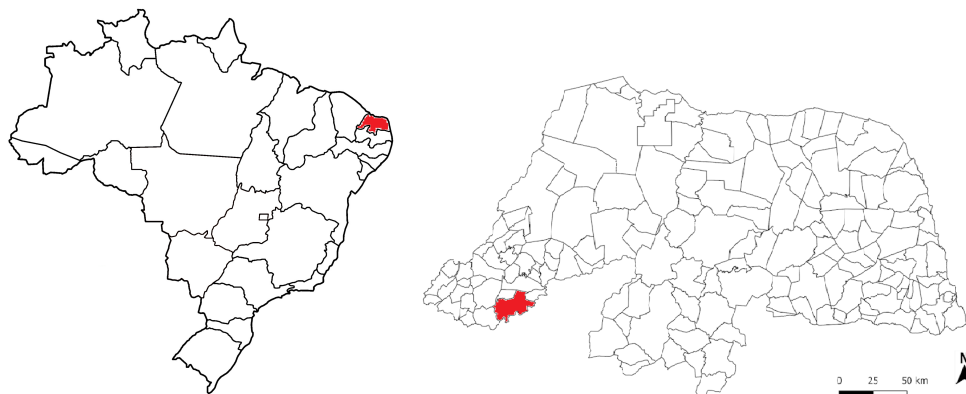
Fonte: autor (2022).

4.2 Caracterização do local

O município de Alexandria, localizado na região do alto oeste potiguar, é distante 377 quilômetros da capital do estado, Natal. Ocupa área de 381 km², com população de aproximadamente 13.507 mil habitantes, sendo o 39º município mais populoso do Rio Grande do Norte. A economia da cidade corresponde, em maior parte, à prestação de serviços e

agropecuária. Dados que foram obtidos por censo realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Figura 8: Representação do município no mapa do estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: Autor (2022).

A praça de estudo é a “Letício Cavalcante de Figueiredo”, inaugurada em 2008, localizada no bairro Cascvalho, entre a Rua Padre Carlos e a Travessa Hermes Paiva. É composta de bancos de madeira e aço, postes iluminadores: de concreto e de aço, arborização, e edificação que comporta a Capela de Santa Terezinha.

Figura 9: Fotografia frontal da praça Letício Cavalcante de Figueiredo.

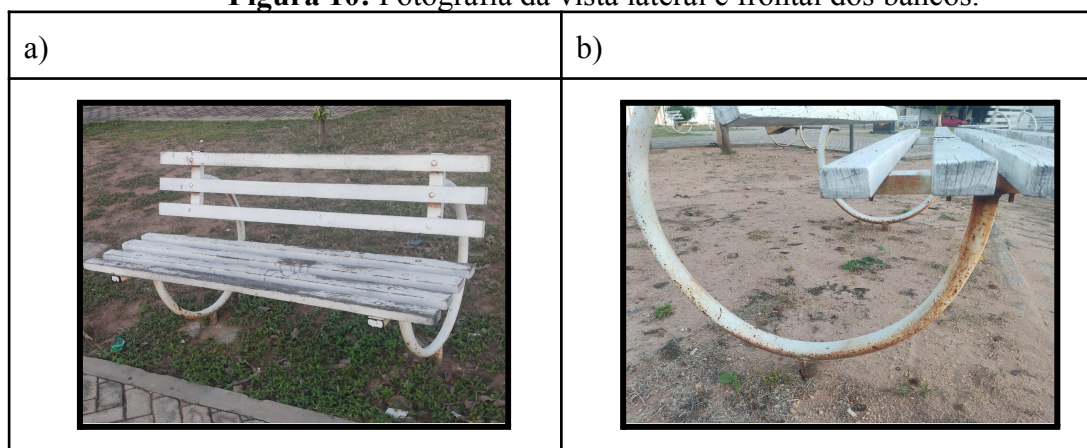


Fonte: Autor (2022).

5 RESULTADOS

Desde dois mil e oito, ano de fundação, a praça passou por alguns períodos de grande deterioração, e posteriormente, tentativas de manutenção. Em certos anos, devido ao nível avançado de corrosão encontrada nos bancos, as partes em torno da solda acabaram desprendidas do suporte, inviabilizando a utilização. Atualmente, em detrimento da última manutenção realizada, com data desconhecida pelo autor, apenas pequena quantidade sofreu desprendimento.

Figura 10: Fotografia da vista lateral e frontal dos bancos.

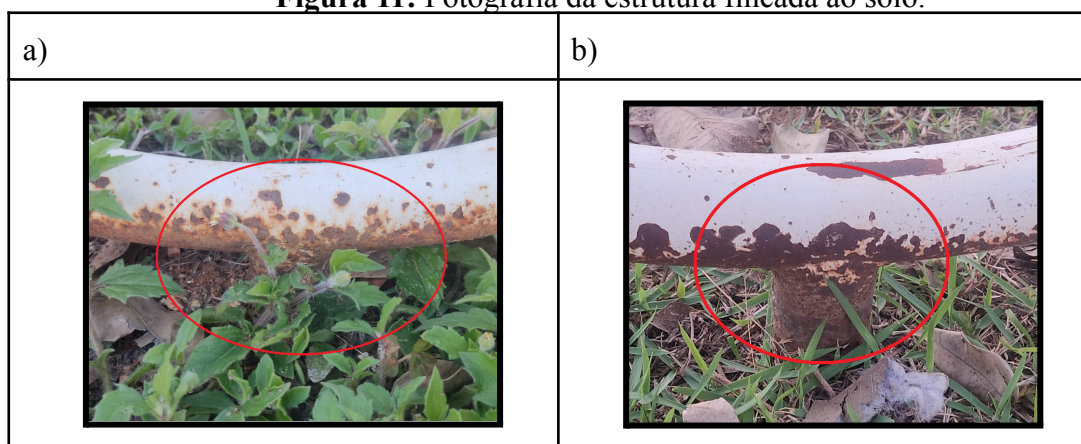


Fonte: autor (2022).

Pode-se observar, na Figura 10.a, que a estrutura está revestida com uma espécie de tinta branca, que em partes, especialmente, na região próxima ao solo e em torno da solda, é possível detectar pontos de desgaste. Esta tinta é do tipo poliuretânica, que resiste bem ao intemperismo, entretanto, foi utilizada uma linha para pisos, que não é adequada à aplicação em metais, o que pode ter causado menor adesão do filme.

Como pode ser visto na Figura 10.b, os bancos que compõem a praça, estão fincados ao solo diretamente pela estrutura. O suporte em C e a parte horizontal (usada como assento), como também a parte vertical, que serve de apoio, estão ligados por meio de solda. Já as vigas de madeira estão aparafusadas à estrutura.

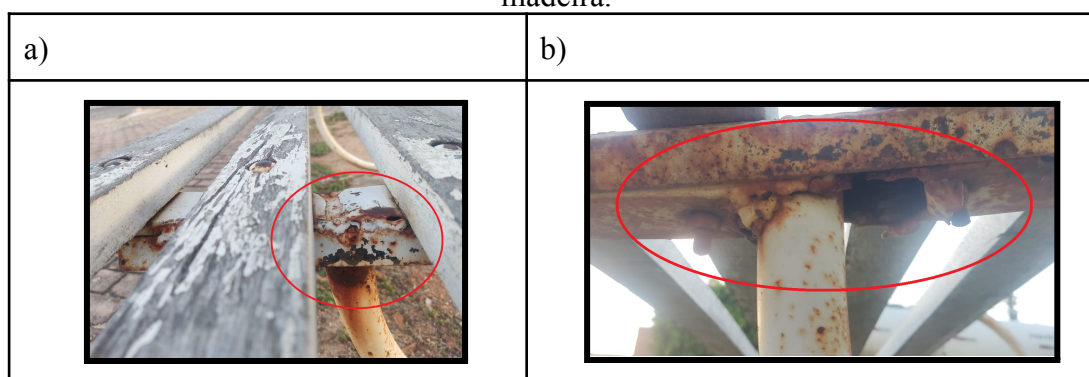
Na Figura 11, a seguir, está sendo apresentado na imagem a parte da estrutura que é fincada ao solo, a mesma apresenta desgaste do filme utilizado como revestimento. No solo podemos ver a presença de vegetação, o que propicia o acúmulo de resíduos e o acúmulo de umidade nesse local após as chuvas.

Figura 11: Fotografia da estrutura fincada ao solo.

Fonte: autor (2022).

Em todos os bancos, próximo ao solo, é possível notar este desprendimento do revestimento. Sendo também, detectada nas áreas que se encontram expostas, a cor acobreada, característica dos produtos de corrosão (Figura 11.a e 11.b). Além disso, a corrosão vista nessa parte da estrutura aparenta ser em torno do cordão de solda, possivelmente devido a ação do tempo, que acabou deteriorando essa parte da estrutura.

A Figura 12 a seguir, apresenta imagens da parte da estrutura que funciona como suporte para o assento composto de vigas de madeira. Pode-se observar também o desprendimento do revestimento, tanto na parte metálica, quanto na madeira.

Figura 12: Fotografias da solda que liga o suporte em C ao assento de vigas de madeira.

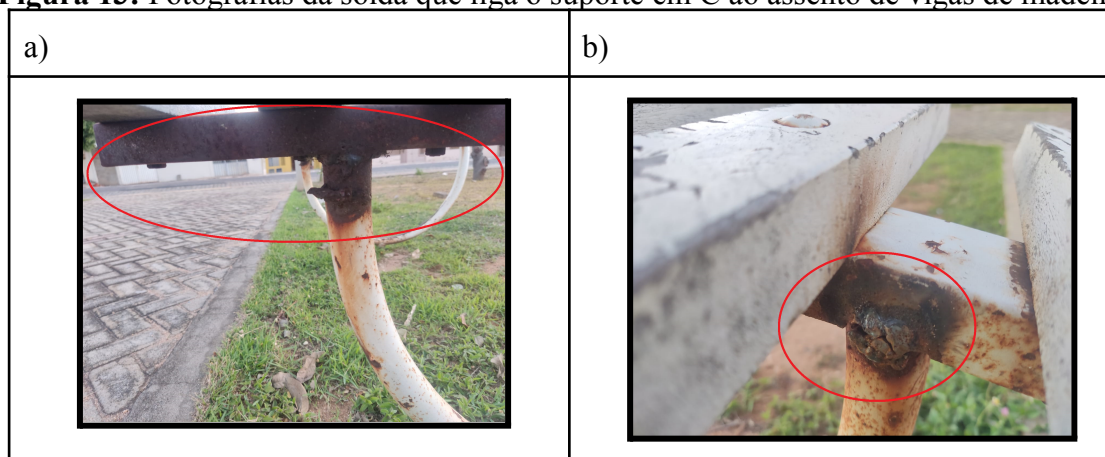
Fonte: autor (2022).

A parte da estrutura que suporta as vigas aparafusadas de madeira, acabou sofrendo deformações, devido às sucessivas manutenções e novas soldas, como também, pela fragilidade adquirida com o processo corrosivo (Figura 12.a). Outro ponto, são os parafusos usados na estrutura, que aparentam estarem sofrendo com corrosão do tipo uniforme (Figura 12.b).

Pode-se visualizar na Figura 12.b, apesar do revestimento, que o processo corrosivo é, sugestivo também em torno do cordão de solda e está se espalhando sobre a peça, ademais pode ser sugerida em partes a corrosão por placas.

A Figura 13, a seguir, apresenta também imagens do suporte metálico ligado às vigas de madeira de outro banco. O processo corrosivo se apresenta mais avançado do que o analisado anteriormente.

Figura 13: Fotografias da solda que liga o suporte em C ao assento de vigas de madeira.

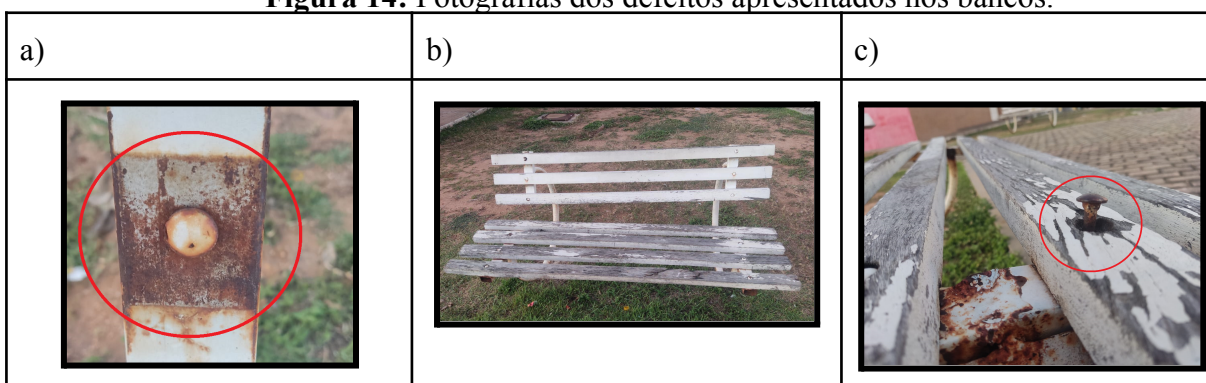


Fonte: autor (2022).

A partir da primeira imagem acima (Figura 13.a), pôde-se observar que a corrosão em torno do cordão de solda se encontra em estado avançado pela estrutura, propiciando o escurecimento dessa área. Além disso, pode-se observar na Figura 13.b, partes da estrutura onde o processo de solda foi realizado e o escurecimento dessa área causado também pelo processo corrosivo.

Em ambas imagens (Figura 12 e 13), a corrosão se deu, aparentemente, por ação do tempo e sucessivas soldas da mesma parte do material, gerando desgaste. Ademais, os agentes eletrolíticos, como a chuva, que pode ser exemplo, configurou-se como fator corrosivo. Além disso, as altas temperaturas, típicas dessa região, foram sugestivas no desgaste do revestimento, entre outros.

Na Figura 14, podem-se ser observados defeitos, deformações no metal, peças soltas e partes sem viga de madeira nas estruturas metálicas da praça.

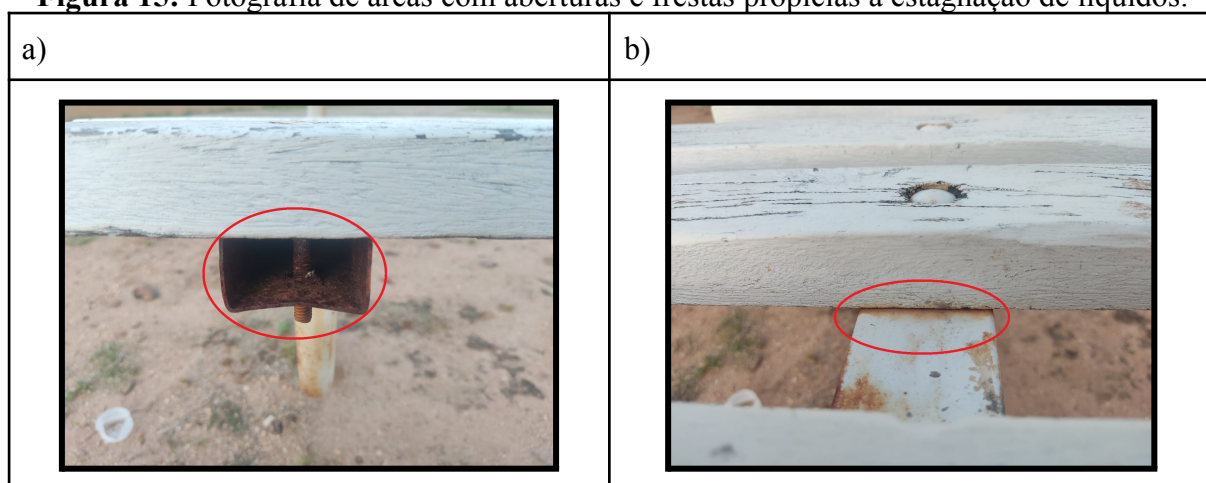
Figura 14: Fotografias dos defeitos apresentados nos bancos.

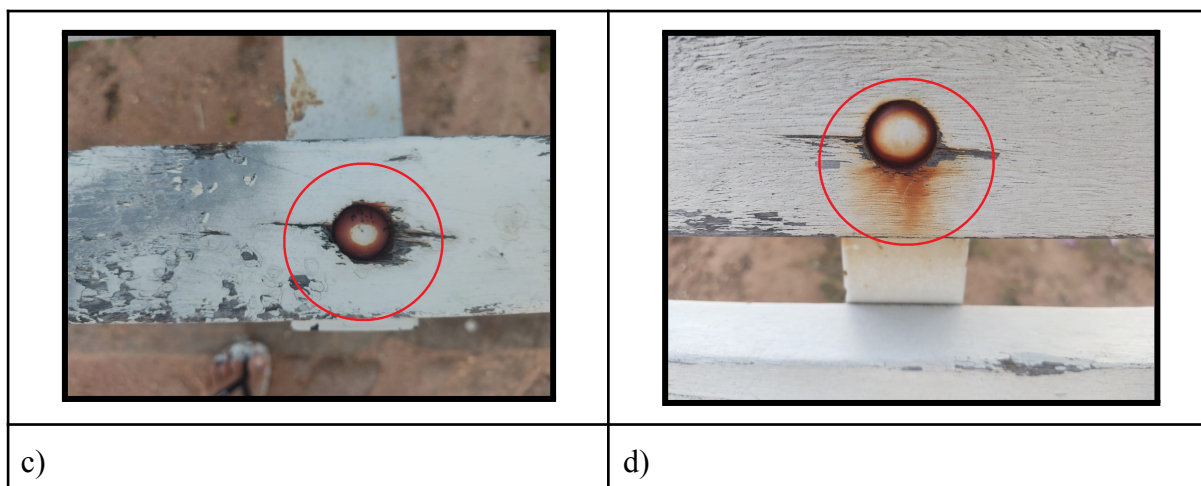
Fonte: autor (2022).

Esses defeitos se dão, aparentemente, pelo processo corrosivo e as solicitações a que as estruturas estão submetidas, fazendo com que várias partes comecem a se desprender, como por exemplo, os parafusos e as vigas de madeira que começaram a soltar-se da estrutura (Figura 14.a e 14.c). Além disso, alguns assentos não possuem estabilidade, e não estão mais firmes e retos horizontalmente (Figura 14.b).

A corrosão observada nas imagens acima se mostra do tipo eletrolítica, causada tanto pela ação do tempo como por elementos presentes no ambiente ao qual as estruturas estão inseridas.

Na Figura 15 a seguir, pode-se observar as frestas que são encontradas entre a parte metálica e as vigas de madeira, e as que são vistas nos parafusos. Como também, pode-se visualizar partes abertas da estrutura metálica que servem de abrigo para águas residuais.

Figura 15: Fotografia de áreas com aberturas e frestas propícias a estagnação de líquidos.



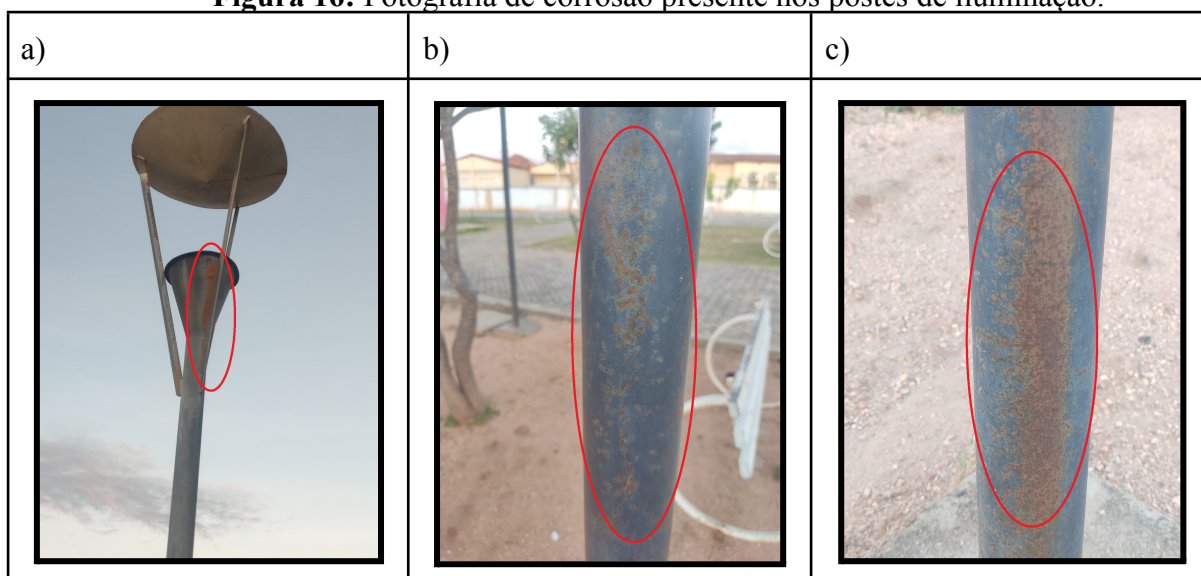
Fonte: autor (2022).

Na Figura 15.a pode-se observar parte da estrutura que liga o suporte em C ao assento de vigas de madeira com abertura que propicia a entrada de líquidos das chuvas. Já na Figura 15.b, também da parte dos assentos, pode ser visualizada fresta propicia a estagnação de águas residuais das chuvas.

Além disso, na Figura 15.c e 15.d, observa-se pontos onde as águas residuais, sejam de chuvas ou de outro meio, ficam estagnadas entre os parafusos, pois a cor acobreada, típica dos restos dos processos corrosivos, se mostra aparente. Em outro ponto, é visto o processo de lixiviação, talvez por meio da chuva, onde os produtos de corrosão escorreram sobre a viga de madeira (Figura 15.d).

A Figura 16, a seguir, apresenta imagens dos postes de iluminação da praça. Pode-se observar partes que não estão mais revestidas e produtos de corrosão em suas hastes.

Figura 16: Fotografia de corrosão presente nos postes de iluminação.

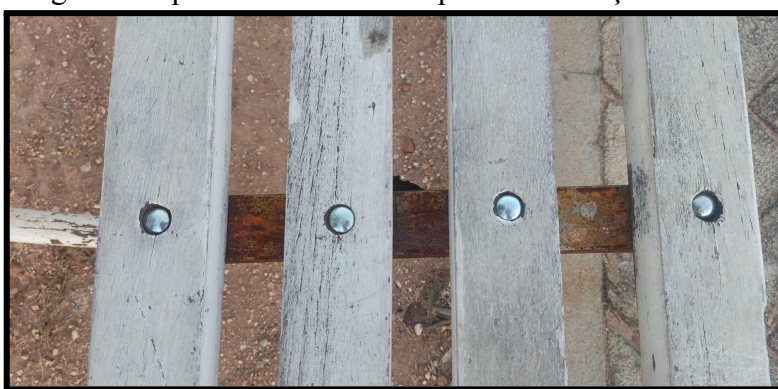


Fonte: autor (2022).

Os postes de iluminação também apresentam corrosão, sendo visto na Figura 16.a, o processo de lixiviação e o escoamento dos produtos de corrosão. A estrutura apresenta vários pontos acobreados com pouca profundidade que estão espalhados pela haste (Figura 16.b e 16.c). Dentre as causas, possivelmente, foram gerados ao decorrer do tempo devido às águas das chuvas, com a formação de gotículas de água sobre as hastes gerando pilhas de aeração diferencial.

A Figura 17 a seguir, mostra parafusos novos que foram instalados para substituição dos que estavam desgastados. Sendo este o único banco que apresentou esta substituição.

Figura 17: Fotografia de parafusos instalados para substituição de danificados.



Fonte: autor (2022).

Segundo fontes de alguns funcionários da prefeitura, as manutenções realizadas na praça constituem-se na mudança de peças danificadas (Figura 17), novas soldas e aplicações de tintas como revestimento. Entretanto, não há um trato adequado para a realização correta de manutenção, as novas peças instaladas acabam em contato com outras que apresentam corrosão, e na aplicação do revestimento não ocorre preparação da superfície que facilite a ancoragem e adesão, propiciando um rápido desgaste.

Essas manutenções foram efetuadas antes do primeiro registro fotográfico, não sendo conhecida a data precisa, pois as manutenções são realizadas de forma informal por funcionários públicos a mando da prefeitura. Os registros fotográficos foram feitos entre dois dias consecutivos do mês de agosto (7 e 8).

As manutenções ainda mais antigas, também não são de conhecimento do presente autor, pois segundo a prefeitura da cidade, muitos dos dados foram perdidos e arquivados. O presente autor não teve acesso aos dados arquivados.

Como forma de minimizar os problemas encontrados, propõe-se algumas medidas alternativas. É importante proteger a parte dos bancos que se encontra fincada ao solo (Figura 11.a e 11.b), pois essa fica próxima a vegetação, que propicia o acúmulo de umidade no local.

Sendo interessante a utilização de algum tipo de barreira (pode-se utilizar o concreto, por exemplo), que atue como proteção das partes de solda.

Além disso, se mostra relevante a retirada de peças que aparentemente sofreram numerosas soldas e estão apresentando muito desgaste como pode ser visto na Figura 12, com visíveis deformações na estrutura. A substituição dessas peças deve ser feita tendo o cuidado na escolha do tipo de material, pois é necessário que seja do mesmo tipo encontrado na estrutura dos bancos. Além disso, essa troca deve ser somente efetuada com a limpeza correta de ambas as partes.

Para as demais partes da estrutura que não apresentam deformações alarmantes, é sugerido que ocorra a limpeza. Essa limpeza deve ser feita, primeiramente, depois da retirada do filme protetor, que pode ser realizada através do lixamento da estrutura até completa remoção. Posteriormente, o jateamento é recomendado como etapa para retirada dos resíduos de sujidades restantes e produtos de corrosão. Ficando a critério dos responsáveis o tipo de material abrasivo utilizado no jateamento. Todavia, a utilização de areia se mostra uma via mais econômica.

Por fim é recomendado a utilização de um filme protetor adequado para estruturas metálicas, como é o caso das tintas para fins industriais. Com respeito ao tipo, é sugestivo o uso de tintas do tipo poliuretânicas, que resistem bem ao intemperismo (água das chuvas, ação do sol, etc.). Além disso, se mostra favorável à escolha de um revestimento que contenha pigmentos anticorrosivos, que irão retardar ainda mais o processo de corrosão e consequente desgaste das estruturas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A praça em estudo apresentou corrosão uniforme em torno do cordão de solda nos bancos e alveolar nos postes iluminadores, além disso, alguns parafusos apresentam corrosão do tipo uniforme.

A corrosão observada nessas estruturas é do tipo eletroquímica, causada possivelmente, pela ação do tempo, pela estagnação das águas das chuvas e pela umidade que se acumula na vegetação. Além disso, é importante ressaltar o papel do intemperismo, com a ação da radiação solar, temperatura, chuvas, entre outros, que sugestivamente proporcionou maior desgaste do filme protetivo.

O revestimento utilizado nas manutenções anteriores apesar de possuir propriedades que combatem as ações de intempéries (poliuretânico), não é o adequado para utilização em metal e não aparentando ter dito preparo adequado, talvez por isso não proporcionou maior adesão, consequentemente maior durabilidade e proteção da estrutura.

Algumas peças soldadas, apresentam desgaste e deformações, o que dificulta a sua utilização, sendo o ideal a substituição das mesmas.

Para as demais peças, seria interessante a retirada do antigo revestimento, e posterior limpeza por jateamento com o intuito de eliminar as sujidades e os produtos de corrosão da superfície. A etapa seguinte seria a aplicação de tinta poliuretânica do tipo industrial que contenha pigmentos anticorrosivos, que se mostra uma alternativa protetiva mais adequada e economicamente viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, Sérgio Luiz de. **Estudo comparativo de ensaios acelerados para simulação da corrosão atmosférica**. 2000. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências na Área de Reatores Nucleares de Potência e Tecnologia do Combustível Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <<http://repositorio.ipen.br>>. Acesso em: 26 jul. 2022.

FELIPE, Maria Beatriz MC et al. Aspectos gerais sobre corrosão e inibidores vegetais. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 4, p. 746-759, 2013. Disponível em: <<https://rvq-sub.sbq.org.br>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

FERRAZ, Henrique. O aço na construção civil. **Revista eletrônica de ciências**. São Paulo, n. 22, 2003.

FRADE, Walbert Cardoso. **Corrosão e suas formas de minimização**. 2013. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unis.edu.br>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

FRAUCHES-SANTOS, Cristiane; ALBUQUERQUE, M. A.; OLIVEIRA, M. C. C.; Echevarria, A. A corrosão e os agentes anticorrosivos. **Revista virtual de química**, v. 6, n. 2, p. 293-309, 2014. Disponível em: <<https://rvq-sub.sbq.org.br>>. Acesso em: 22 jul. 2022.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 3. ed. Rio de Janeiro: Ltc - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 345 p, 1996.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**, 4a edição, São Paulo: Atlas, 2002.

GODOY, Arlida Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de administração de empresas**, v. 35, p. 57-63, 1995.

KENNY, Elaine Dalledone. **Avaliação do impacto da poluição ambiental no processo da corrosão atmosférica de metais através de redes neurais artificiais**. 2009. 116 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciências dos Materiais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia – Pipe. Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <<https://www.researchgate.net>>. Acesso em: 28 jul. 2022.

MATLAKHOV, Anatoliy Nikolaevich; MATLAKHOVA, Lioudmila Aleksandrovna. Corrosão e proteção dos materiais. Jundiaí: Paco e Littera, 2021. 340 p. Disponível em: <<https://books.google.com.br>>. Acesso em: 25 jul. 2022.

MASSARIN, Lucas; PARDIM, Maicon Ian Santos; CRUZ, Roberto Casetta Alves da; MORAIS, Rodrigo Duarte de. **Valorização do uso do metal na construção civil**, 2015. 27 f. TCC (Técnico) - Curso Técnico em Desenho de Construção Civil, Etec Centro Paula Souza, Tupã, 2015.

NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante do. Corrosão em armaduras de concreto. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 3, n. 1, p. 177-188, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

PADILHA, Angelo Fernando. **Materiais de engenharia**: microestrutura e propriedades. Curitiba: Hemus Livraria, Distribuidora e Editora S.A, 1997.

PANNONI, Fábio Domingos. **Coletânea do uso do aço: princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio**. 4. ed. Minas Gerais: Perfis Gerdau Açominas, 2007. Disponível em: <<https://www.academia.edu>>. Acesso em: 24 jul. 2022.

PANNONI, F. D. Projeto e Durabilidade. CBCA, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.jodi.com.br/>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

PETERS, Steffany Rincón; LIMA, L. R. M.; SILVA, S. N.; RODRIGUES, L. M. Corrosão de aço carbono para dutos em águas naturais. In: **Proceedings of XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**. São Paulo.: Blucher, 2015. p. 19-22.

PINTO, Anderson Cardoso; CARVALHO, Luiz Fernando de; PEREIRA, Guilherme Danilo; SANTOS, Renato Pereira dos. **Cabine de jateamento**, 2022. 22 f. TCC (Nível médio) - Técnico em Mecânica, Escola Técnica Estadual Paulino Botelho, São Carlos, 2022. Disponível em: <<http://ric.cps.sp.gov.br>>. Acesso em: 6 out. 2022.

SILVA, Karinne Saraiva da. **Estudo e análise de uma metodologia para localização de corrosão atmosférica em superfícies metálicas por imagens digitais**. 2007. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Teleinformática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. Disponível em: <<http://www.cgeti.ufc.br>>. Acesso em: 27 jul. 2022.

SILVA, Érika Larissa Rodrigues da; MELO, Adriana Nery Souto Paz de; SILVA, Suzana Pedroza da. Avaliação do potencial corrosivo do solo em dutos utilizados para o transporte de água no Sertão de Pernambuco. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 4, p. 763-768, 2017. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/>>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SILVA, Luiz Guilherme da; REGO, Henrique; ERTHAL, Milton. Efeitos da corrosão atmosférica nas empresas do Porto do Açu cinco anos após o início das operações. **Cadernos do Desenvolvimento Fluminense**, n. 14/15, p. 119-132, 2018. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

SOARES, Arthur Pimentel Falcão; VASCONCELOS, Livia Tenório; NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante do. Corrosão em armaduras de concreto. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 1, n. 3, p. 177-188, nov. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br>>. Acesso em: 24 jul. 2022.