

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SERGIPE**

**CAMPUS ARACAJU**

**DIREÇÃO DE ENSINO**

**COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL**

**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MARIA RITA DOS SANTOS**

**MANUAL DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES EM  
ESTRUTURAS METÁLICAS**

**MONOGRAFIA**

**ARACAJU**

**2020**

**MARIA RITA DOS SANTOS**

**MANUAL DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES EM  
ESTRUTURAS METÁLICAS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju.

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Henrique de Carvalho

**ARACAJU**

**2020**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Geocelly Oliveira Gambardella / CRB-5 1815,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Santos, Maria Rita dos

S237m Manual de uso, operação e manutenção de edificações em estruturas metálicas. / Maria Rita dos Santos. - Aracaju, 2020.

95 f. : il.

Orientador: Carlos Henrique de Carvalho.  
Monografia (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Sergipe, 2020.

1. Manual. 2. Estrutura metálica. 3. Manutenção. 4. Patologia. 5. Corrosão. I. Carvalho, Carlos Henrique de. II. Título.

CDU 624.07(81)



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE  
Av. Jorge Amado, 1551 – Loteamento Garcia, Bairro Jardins - CEP 49025-330 – Aracaju/SE  
Fone: (79) 3711 1400 – E-mail: [reitoria@ifs.edu.br](mailto:reitoria@ifs.edu.br)

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE**

**CAMPUS ARACAJU**

**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

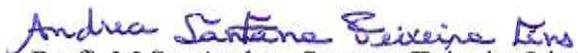
**TERMO DE APROVAÇÃO**

**Título da Monografia N° 174**

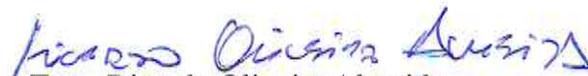
**MANUAL DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES EM  
ESTRUTURAS METÁLICAS.**

**MARIA RITA DOS SANTOS**

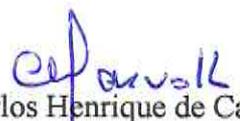
Esta monografia foi apresentada às 19 h do dia 4 de dezembro de 2020, como requisito parcial para a obtenção do título de BACHARELA EM ENGENHARIA CIVIL. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

  
Profª. M.Sc. Andrea Santana Teixeira Lins

(IFS-Campus Aracaju)

  
Eng. Ricardo Oliveira Almeida

(Especialista em Estruturas Metálicas)

  
Prof. Dr. Carlos Henrique de Carvalho

(IFS – Campus Aracaju)  
**Orientador**

  
Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa

(IFS – Campus Aracaju)  
**Coordenador da COEC**

Dedico este trabalho aos meus pais e toda a minha família, que nunca mediram esforços para me proporcionar o melhor, e sempre me apoiaram e me incentivaram na busca e realização dos meus sonhos e objetivos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e por todas as bênçãos e graças a mim concedidas, por nunca ter me abandonado, mesmo não sendo merecedora do seu amor e de sua misericórdia.

Agradeço aos meus pais, Josefina e Nilo, que nunca mediram esforços para me proporcionar o melhor e nunca me deixaram faltar nada, pelas lutas diárias e por todo amor, apoio e ensinamento que me deram, sem eles nada disso seria possível. Muito obrigada por tudo e por tanto.

Agradeço às minhas irmãs Nadja e Elza, e meus irmãos Edson, Samuel e João Paulo, que sempre acreditaram que eu poderia realizar meus sonhos e objetivos com a graça de Deus e me apoiaram nessa caminhada.

Agradeço aos meus sobrinhos por todos os momentos de birra, conforto e descontração em meio a um turbilhão de coisas que aconteciam em minha mente e ao meu redor.

Agradeço ao meu companheiro Filipe Saulo por todas as palavras de incentivo e apoio até mesmo pelas impicâncias e encrencas, por me levar cada vez mais para perto de Deus e por todos os momentos desde que entrou em minha vida.

Agradeço aos mestres do IFS que nunca mediram esforços para me transmitir conhecimento. Em especial ao professor Carlos Henrique, muito obrigada por todo o tempo, dedicação e ensinamentos não só durante a orientação, mas desde que cheguei ao IFS. Aos demais professores, como Marcílio, Andrea, Louise, Resende, Luiz Alberto que foram importantes para meu desenvolvimento tanto profissional como também pessoal.

Agradeço aos engenheiros Erick, Willian Josué e Ricardo Almeida que me auxiliaram nesse trabalho, tornando possível todo o desenvolvimento e adaptação do manual para as estruturas metálicas.

À toda minha família (avós, tios, primos, cunhados) e amigos que fizeram parte da minha caminhada desde a infância até os dias de hoje, obrigada por toda preocupação e cuidado, por todos os momentos.

## RESUMO

SANTOS, Maria Rita dos. **Manual de uso, operação e manutenção de edificações em estruturas metálicas**. 95 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2020.

O manual de uso, operação e manutenção de uma edificação é de suma importância para garantir o pleno desempenho e durabilidade da estrutura durante a vida útil de projeto, se seguidas todas as orientações e recomendações prescritas. Devido ao aumento da utilização das estruturas metálicas na construção civil se faz necessário o estudo e desenvolvimento de ferramentas que auxiliam na preservação da estrutura e prevenção de patologias, sobretudo a corrosão, principal patologia que acomete o metal. Com o intuito de subsidiar projetistas, construtores e empresas especializadas na gestão de manutenção e promover a cultura da manutenção, este trabalho tem como objetivo a criação de um manual de uso, operação e manutenção de edificações em estruturas metálicas, baseando-se na ABNT NBR 5674:2012 e ABNT NBR 14037:2014. Através de estudos e pesquisas desenvolvidas foi possível a criação deste manual, além de desenvolver um passo a passo com as principais atividades para realizar a inspeção e, conseqüentemente, a manutenção das estruturas metálicas.

**Palavras-chave:** Manual. Estrutura metálica. Manutenção. Patologia. Corrosão.

## ABSTRACT

SANTOS, Maria Rita dos. **Manual de uso, operação e manutenção de edificações em estruturas metálicas**. 95 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2020.

The building use, operation and maintenance manual is of paramount importance to guarantee the full performance and durability of the structure during the project's useful life, if all prescribed guidelines and recommendations are followed. Due to the increased use of metal structures in civil construction, it is necessary to study and develop tools that help in preserving the structure and preventing pathologies, especially corrosion, the main pathology that affects metal. In order to subsidize designers, builders and companies specialized in maintenance management and promote the maintenance culture, this work aims to create a manual for the use, operation and maintenance of buildings in metallic structures, based on ABNT NBR 5674 and ABNT NBR 14037. Through studies and research developed it was possible to create this manual, in addition to developing a step by step with the main activities to carry out the inspection and, consequently, the maintenance of the metallic structures.

**Keywords:** Manual. Metal structure. Maintenance. Pathology. Corrosion.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Monumento de aço patinável exposto à alta gessividade	20
Figura 2 - Modelo de laje steel deck	26
Figura 3 - Gráfico da Influência da distância em relação ao mar na concentração de cloretos	29
Figura 4 - Origem das patologias no aço	30
Figura 5 - Formas de corrosão	31
Figura 6 - Ligações parafusadas	34
Figura 7 - Parafuso	35
Figura 8 - Processos unitários em uma linha de galvanização a fogo	40
Figura 9 - Fluxogramas de atividades para manutenção	45
Figura 10 - Fluxograma para inspeção dos elementos estruturais metálicos	48
Figura 11 - Fluxograma para inspeção da pintura	49
Figura 12 - Fluxograma para inspeção das conexões	52
Figura 13 - Fluxograma para inspeção de deformações	55
Figura 14 - Fluxograma para reparo de pintura	61
Figura 15 - Graus de limpeza de uma superfície metálica	62
Figura 16 - Fluxograma para reparo das conexões	66
Figura 17 - Fluxograma de documentação	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teores de carbono .....	18
Tabela 2 - Características mecânicas do aço.....	21
Tabela 3 - Revestimento mínimo.....	24
Tabela 4 - Categorias de corrosividade atmosférica e exemplos de ambientes.....	28
Tabela 5 - Vantagens x Desvantagens ligações parafusadas.....	36
Tabela 6 - Processos de soldagem e tipos de soldas .....	37
Tabela 7 - Vantagens x Desvantagens ligações soldadas .....	38
Tabela 8 - Vantagens x Desvantagens da galvanização a fogo.....	41
Tabela 9 - Simbologia dos fluxogramas .....	44
Tabela 10 - Normas para avaliação da integridade da pintura .....	50
Tabela 11 - Ensaios não destrutivos para ligações parafusadas .....	53
Tabela 12 - Ensaios não destrutivos para ligações soldadas.....	54
Tabela 13 - Deformações máximas dos elementos estruturais.....	56
Tabela 14 - Corrosividade do meio ambiente em aços carbono comum.....	60
Tabela 15 - Inspeção antes do jateamento ou hidrojateamento.....	63
Tabela 16 - Inspeção após o jateamento ou hidrojateamento.....	63
Tabela 17 - Exemplos de sistemas de pintura.....	64
Tabela 18 - Consumíveis de soldagem e parafusos recomendados para diferentes aços .....	68
Tabela 19 - Garantias para estruturas metálicas.....	73
Tabela 20 - Relação de fornecedores de materiais.....	75
Tabela 21 - Relação de profissionais responsáveis .....	75
Tabela 22 - Modelo de manutenção preventiva .....	79

## LISTA DE ABREVIATURAS

ASC	Ambiental, Social e Cultural
C	Carbono
Cr	Cromo
ELS	Estado Limite de Serviço
Fe	Ferro
LSF	Light Steel Frame
LVDT	Linear Variable Differential Transformers
Mn	Manganês
Ni	Níquel
P	Fósforo
S	Enxofre
Si	Silício
VU	Vida útil
VUP	Vida útil de projeto
Zi	Zinco

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	Sociedade Americana de Testes e Materiais ( <i>American Society for Testing and Materials</i> )
CBCA	Centro Brasileiro de Construção em Aço
ISO	Organização Internacional de Normalização ( <i>International Organization for Standardization</i> )
NBR	Norma Brasileira Resgulamentadora
NM	Norma Mercosul
SE	Sergipe
USIMINAS	Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
2.1	MANUTENÇÃO	17
2.2	TIPOS DE AÇOS	17
2.2.1	Aço Carbono	18
2.2.2	Aço de Baixa Liga	18
2.2.3	Aço Patinável	19
2.2.4	Aço Inoxidável	20
2.2.5	Aço Galvanizado	21
2.3	CARACTERÍSTICAS DO AÇO	21
2.4	TIPOS DE SISTEMA EM ESTRUTURA METÁLICA	22
2.4.1	Light Steel Frame (LSF)	22
2.4.2	Laje Steel Deck	25
2.5	AGRESSIVIDADE DO MEIO AMBIENTE	27
2.6	PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS METÁLICAS	29
2.6.1	Mecanismos Químicos	31
2.6.2	Mecanismos Físicos	32
2.6.3	Mecanismos Biológicos	33
2.6.4	Mecanismos Mecânicos	33
2.7	CONEXÕES	33
2.7.1	Ligações Parafusadas	34
2.7.2	Ligações Soldadas	36
2.8	TIPOS DE PROTEÇÃO	38
2.8.1	Pintura	38
2.8.2	Galvanização	40
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DA MANUTENÇÃO</b>	<b>44</b>
4.1	ATIVIDADES PARA A MANUTENÇÃO	45
4.2	INSPEÇÃO DOS COMPONENTES ESTRUTURAIS METÁLICOS	47
4.3	INSPEÇÃO DA PINTURA	49

4.4	INSPEÇÃO DAS CONEXÕES.....	51
4.5	INSPEÇÃO DE DEFORMAÇÕES .....	54
4.6	REPAROS .....	57
4.6.1	Reparo dos Elemento Estruturais Metálicos .....	58
4.6.2	Reparo de Pintura.....	59
4.6.3	Reparo das Conexões .....	65
4.6.3.1	Reparo de parafusos das ligações superestruturais.....	67
4.6.3.2	Reparo de soldas .....	67
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>69</b>
5.1	APRESENTAÇÃO DO MANUAL .....	69
5.1.1	Introdução.....	69
5.1.2	Termos e Definições.....	70
5.2	GARANTIA E ASSISTÊNCIA TÉCNICA.....	72
5.2.1	Garantias .....	73
5.2.2	Perdas de Garantias.....	73
5.3	MEMORIAL DESCRITIVO.....	74
5.4	FORNECEDORES.....	75
5.4.1	Relação de Fornecedores.....	75
5.4.2	Relação de Profissionais Responsáveis.....	75
5.5	OPERAÇÃO, USO E LIMPEZA .....	76
5.5.1	Cuidados de Uso .....	76
5.5.2	Manutenção Preventiva .....	77
5.6	MANUTENÇÃO .....	78
5.6.1	Programa de Manutenção .....	78
5.6.2	Planejamento de Manutenção Preventiva .....	79
5.6.3	Inspeção do Programa de Manutenção .....	80
5.6.4	Registro de Documentos e Relatórios do Programa de Manutenção .....	81
5.7	INCUMBÊNCIAS À MANUTENÇÃO.....	83
5.7.1	Construtor ou Profissional Responsável.....	83
5.7.2	Proprietário/Usuário.....	83
5.7.3	Empresa ou Profissional Responsável pela Gestão da Manutenção .....	84
5.7.4	Empresa Capacitada .....	85
5.8	INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES .....	85
5.8.1	Segurança .....	85
5.8.2	Documentação Legal.....	86
5.8.3	Atualização do Manual.....	86

<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>87</b>
6.1	CONCLUSÕES.....	87
6.2	SUGESTÕES.....	88
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>90</b>
	<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA ENTREVISTA GUIADA ....</b>	<b>93</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aço é utilizado em grande escala na construção civil e com a difusão do conceito do *Lean Construction* (Construção Enxuta) novos sistemas de construção vêm sendo implantados. O que faz com que a construção em aço ganhe cada vez mais espaço na construção civil. Nos últimos anos, é perceptível a presença das estruturas metálicas, sejam casas, edifícios, galpões, pontes, dentre outras, com isso é necessário uma maior atenção para a gestão de uso e manutenção desse novo material que se destaca viabiliza no meio construtivo.

Dentre os novos sistemas de construção estrutural metálico encontra-se o *Ligth Steel Frame* (LSF), que ganha cada vez mais força em sua utilização por suas várias vantagens, dentre elas a montagem rápida e a redução na geração de resíduos. E como todo e qualquer sistema construtivo requer manutenção para garantir seu pleno desempenho durante sua vida útil, não é diferente para as estruturas metálicas, que também necessitam de manutenção, em especial para prevenir a corrosão, principal patologia que acomete as estruturas metálicas.

A corrosão é a principal preocupação nessas estruturas, principalmente, em zonas tropicais já que a ação atmosférica é muito mais agressiva. A gestão de manutenção é importante para que a construção apresente a durabilidade estabelecida no projeto, de acordo com a ABNT NBR 15575:2013. Sabendo da possibilidade do material sofrer deteriorações quando exposto a ambientes de alta agressividade e devido ao fato da não existência de um manual de uso, operação e manutenção de construções em estruturas metálicas é de extrema importância a concepção desse instrumento visando o pleno desempenho estrutural durante a vida útil.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver um Manual de Uso, Operação e Manutenção de Edificações em Estruturas Metálicas, de acordo com as normas ABNT NBR 5674:2012 e ABNT NBR 14037:2014.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Disseminar a cultura da manutenção em estruturas metálicas;
- b) Propagar a importância da gestão da manutenção para desempenho pleno das estruturas em aço visando a segurança e qualidade de vida dos usuários;
- c) Facilitar o planejamento das manutenções na pós-ocupação pelos usuários visando a VUP;
- d) Melhorar a qualidade da gestão dos recursos das construções em estruturas metálicas;
- e) Assegurar o desempenho e durabilidade de construções em estruturas metálicas estabelecidas em normas;
- f) Colaborar com a redução dos custos de manutenção corretiva, oriundos, principalmente, da corrosão.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MANUTENÇÃO

As edificações são “construídas para atender a seus usuários durante muitos anos, e ao longo deste tempo de serviço devem apresentar condições adequadas ao uso a que se destinam” (ABNT NBR 5674:2012). As condições e requisitos mínimos exigíveis que devem ser atendidos em uma edificação durante sua vida útil de projeto (VUP) são preconizados pela ABNT NBR 15575:2013, Norma de Desempenho para Edificações Habitacionais. Para garantir o pleno desempenho da estrutura durante a VUP se faz necessário e de extrema importância a realização da manutenção logo que a construção seja colocada em uso.

A manutenção é o conjunto de atividades que serão realizadas para “conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e seus sistemas constituintes, a fim de atender às necessidades e segurança de seus usuários” (ABNT NBR 15575:2013). Por isso, não pode ser realizada de maneira improvisada, é fundamental a elaboração e a implantação de um programa de manutenção corretiva e preventiva nas edificações, que garanta a manutenibilidade da edificação, segurança e qualidade de vida dos usuários, além de evitar transtornos aos usuários e sobrecurso intensivo dos serviços de recuperação (ABNT NBR 5674:2012).

O Manual de Uso, Operação e Manutenção de uma edificação é de suma importância para a garantia e desempenho da estrutura de maneira que atenda sua funcionalidade durante a vida útil (VU) estimada. Este deve ter todas as suas atividades e recomendações seguidas e executadas diligentemente para que seja efetivado o planejamento da manutenção e, conseqüentemente, sua gestão seja eficaz, de maneira que possa conservar e garantir a capacidade funcional da edificação.

### 2.2 TIPOS DE AÇOS

O aço é um material nobre, derivado de interações entre o Ferro (Fe) e o Carbono (C), além de outros componentes. Existem cerca de 3500 tipos distintos de aço e seu desenvolvimento é exponencial nos diversos aspectos da sociedade, seu

uso ganha cada vez mais espaço na construção civil, em especial, a utilização de aços de média e alta resistência mecânica. Por isso, é necessário que o engenheiro conheça os principais tipos de aço, suas vantagens e limitações, para fazer a escolha certa em cada aplicação da construção civil, com o objetivo de que as obras tenham maior durabilidade e atendam às suas especificações de projeto (IMIANOWSKY e WALENDOWSY, 2017).

Segundo Cortez *et. al* (2017), os aços mais utilizados na construção civil no sistema estrutural são divididos em dois grupos: aços-carbono e aços de baixa liga, porém, existem ainda os aços galvanizados e inoxidáveis.

### 2.2.1 Aço Carbono

Os aços-carbono são os mais utilizados na construção, principalmente, por possuírem maior resistência, esta produzida pelo acréscimo do carbono ao ferro puro, e podem ser classificados em função do seu teor (*vide* Tabela 1), dividindo-se em três categorias.

**Tabela 1 - Teores de carbono**

<i>Categoria</i>	<i>Teor de Carbono</i>
Baixo Carbono	(C) < 0,3%
Médio Carbono	0,3% < (C) < 0,7%
Alto Carbono	(C) > 0,7%

Fonte: (PANNONI, 2001 adaptado pelo AUTOR, 2020)

### 2.2.2 Aço de Baixa Liga

Os aços de baixa liga compõem-se do aço-carbono com a adição de outros elementos de liga (cromo, colúmbio, cobre, manganês, molibdênio, níquel, fósforo, vanádio, zircônio) ou apresentam componentes residuais em teores acima dos que são comumente adotados, que melhoram suas propriedades mecânicas (IMIANOWSKY e WALENDOWSY, 2017). Com a adição de pequenos teores desses elementos obtém-se características que são importantes para estruturas sujeitas a carregamentos, que necessitam de alta resistência mecânica, boa ductilidade e

soldabilidade, elevada resistência à corrosão atmosférica, propriedades indispensáveis para uma peça estrutural.

### **2.2.3 Aço Patinável**

Segundo Pannoni (2015A), o aço patinável contém, fundamentalmente, cobre, fósforo, cromo, níquel e silício como elementos de liga, totalizando um máximo de 3% da liga. Quando exposto à atmosfera, “uma camada de óxidos densa, aderente e protetora é desenvolvida sob a camada de ferrugem “desagregada” que se forma sobre a superfície metálica, retardando sua corrosão” (PANNONI, 2015A).

O primeiro tipo de aço patinável foi desenvolvido pela U.S Steel em 1932 e denominado COR-TEN, um aço de alta resistência mecânica ( $> 35 \text{ kgf/mm}^2$ ) e resistência à corrosão atmosférica (PANNONI, 2015A).

Os elementos de liga nos aços patináveis tem papel fundamental no:

- efeito sobre a formação da pátina protetora;
- melhoria das propriedades mecânicas e tenacidade; e,
- melhoria da soldabilidade.

Porém, a aplicação dos aços patináveis é limitada na presença de sais marinhos concentrados, principalmente, onde a taxa de deposição de cloretos excede  $300 \text{ mg/m}^2/\text{dia}$ , pois há formação insuficiente da camada protetora e necessita de um sistema de proteção (PANNONI, 2015B). Por isso, é de extrema importância conhecer a agressividade ambiental, pois o uso do aço patinável em ambientes altamente agressivos, apesar de ser um material com propriedades anticorrosivas pode gerar custos elevados e até mesmo a perda total do material, o que pode ser observado claramente na Figura 1 a seguir.

**Figura 1 - Monumento de aço patinável exposto à alta gessividade**



Fonte: (PANNONI, 2016)

Na figura acima, o monumento em aço patinável na Praia do Futuro, em Fortaleza, está totalmente destruído após poucos anos de inaugurado, isso se dá face à alta concentração de cloretos e nenhum sistema de proteção, como a pintura.

### 2.2.4 Aço Inoxidável

Os aços inoxidáveis são ligas de ferro (Fe), carbono (C) e cromo (Cr) com um mínimo de 10,50% de Cr, elemento que fundamental para a resistência a corrosão (CARBÓ, 2008). Outros elementos também integram essa liga, como o níquel (Ni) que melhora as propriedades mecânicas, silício (Si), manganês (Mn), fósforo (P) e enxofre (S). Porém, os principais elementos presentes neste tipo de aço são ferro, cromo e níquel, com isso podem ser divididos em dois grandes grupos principais: os aços inoxidáveis ferríticos, basicamente ligas Fe-Cr (série 400); e os aços inoxidáveis austeníticos, basicamente ligas Fe-Cr-Ni (série 300) (CARBÓ, 2008).

As principais características e vantagem desse tipo de aço é seu acabamento, que facilita na limpeza e na resistência à corrosão, outro fator crucial para suas vantagens a elevada resistência a corrosão, como também grande capacidade mecânica.

### 2.2.5 Aço Galvanizado

O aço galvanizado passa pelo processo de galvanização para que o material atinja maior resistência a corrosão. A galvanização pode ser realizada por imersão a quente ou a frio. O primeiro processo, imersão a quente, consiste na imersão do aço em um banho de zinco (Zn) fundido após limpeza cuidadosa e preparo adequado do componente a ser tratado (TEIXEIRA, 2019). O segundo processo, se dá pela aplicação através de *sprays* ou pincéis, de modo geral é o revestimento da peça com tintas ricas em Zn, que tem a mesma finalidade oferecer proteção à corrosão.

## 2.3 CARACTERÍSTICAS DO AÇO

“De maneira geral, os aços possuem excelentes propriedades mecânicas: resistem bem à tração, à compressão, à flexão, e como é um material homogêneo, pode ser laminado, forjado, estampado, estriado e suas propriedades podem ainda ser modificadas por tratamentos térmicos ou químicos” (FERRAZ, 2003 *apud* IMIANOWSKY e WALENDOWSY, 2017).

A elevada tensão de escoamento, elevada tenacidade, boa soldabilidade, homogeneidade microestrutural, susceptibilidade de corte por chama sem endurecimento e boa trabalhabilidade em operações tais como corte furação e dobramento, sem que se originem fissuras ou outros defeitos são requisitos importantes para os aços destinado à aplicação estrutural (IMIANOWSKY e WALENDOWSY, 2017).

Na Tabela 2, é possível observar as principais características desse material:

**Tabela 2 - Características mecânicas do aço**

<i>Propriedades</i>	<i>Características</i>
Ductilidade	Capacidade do material de se deformar plasticamente sem se romper e é definida pela extensão do patamar de escoamento;
Elasticidade	Capacidade do material de voltar à forma original após sucessivos ciclos de carregamento e descarregamento;
Leveza	Qualidade daquilo que é leve, exerce pouca pressão;
Plasticidade	Deformação definitiva provocada pelo efeito de tensões iguais ou superiores ao limite de escoamento do aço;
Rigidez	Capacidade de resistir bem à tração e à compressão;

Soldabilidade	Facilidade que os metais ou outros materiais têm de se unirem por meio da soldagem e de formarem uma série contínua e sólida, sem alterar as propriedades mecânicas dos materiais originais
Tenacidade	Capacidade do material de voltar à forma original após sucessivos ciclos de carregamento e descarregamento;
Trabalhabilidade	Grau de facilidade com que o concreto pode ser preparado e aplicado em obras.

Fonte: (AUTOR, 2020)

Mas apesar de todas essas benignidades do material, tem-se um fator preocupante para desempenho e durabilidade: corrosão. O aço é um material bastante suscetível ao ataque de cloretos e sais, precisa de tratamento desde sua fabricação até sua pós-ocupação e manutenção para alcançar pleno desempenho durante sua vida útil, principalmente, em zonas tropicais, onde a presença de cloretos é mais intensa devido à maresia.

## 2.4 TIPOS DE SISTEMA EM ESTRUTURA METÁLICA

A construção civil tem buscado sistemas mais eficientes com o intuito de aumentar a produtividade, diminuir o desperdício e atender a demanda crescente. O sistema de construção em aço é cada vez mais empregado por projetistas que buscam inovação tecnológica. “O emprego de estruturas metálicas, combinadas com a eficiência dos processos de construção gerou uma série de vantagens, que inclui a conclusão mais precisa e mais rápida do projeto” (FARIAS *et. al*, 2018).

### 2.4.1 Light Steel Frame (LSF)

O sistema Light Steel Frame (LSF) utiliza perfis leves e econômicos de aço galvanizado conformados a frio com fechamentos em chapas delgadas, além de proporcionar uma construção industrializada e a seco. Esse método construtivo não se limita apenas ao uso do aço galvanizado, é composto por vários componentes e subsistemas que permitem flexibilidade, versatilidade e adaptação para a maioria dos projetos arquitetônicos.

O LSF deu seus primeiros passos no Brasil em 1998, com seus projetos focados em construções residenciais de médio e alto padrão. Em 2005, as Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais (USIMINAS) patrocinaram estudos para a utilização do

LSF em habitações populares, em busca de expandir o mercado do aço galvanizado (LACERDA, 2014 *apud* FARIAS *et. al*, 2018).

Várias são as vantagens apontadas nesse sistema construtivos, como:

- Fácil transporte;
- Montagem rápida;
- Peso reduzido;
- Qualidade de acabamento superior;
- Melhor gerenciamento de insumos e operações no canteiro de obra;
- Redução no consumo de água;
- Redução no consumo de mão de obra;
- Redução na geração de resíduos de construção civil;
- Redução no prazo da construção.

Porém, ainda existem barreiras mercadológicas para a implantação efetiva desse sistema, dentre as que mais se destacam são:

- Disponibilidade de material necessário para os componentes construtivos e de qualidade;
- Instalação de fábricas que produzem componentes construtivos do Light Steel Frame;
- Mão de obra qualificada.

Essas barreiras podem ser resolvidas com a disseminação do conhecimento acerca das estruturas metálicas e com a implantação e desenvolvimento de uma cultura para a sociedade.

De acordo com Farias *et. al* (2018), o LSF possui um conceito construtivo fundamentado no uso de componentes industrializados na construção civil e incorpora uma metodologia executiva que promove um controle do processo de produção final, uma vez que exige projetos bem definidos e compatibilizados. O sistema construtivo LSF é monolítico, composto pelos montantes – perfis formados a frio de aço galvanizado e os painéis autoportantes das paredes e estrutura do telhado.

A ABNT NBR 15253:2014 estabelece os requisitos mínimos e métodos de ensaios para os perfis estruturais formados a frio que compõem o sistema LSF. O processo de formação deve garantir o emprego de bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco pela execução contínua de imersão a quente. Assegurar um tratamento superficial químico ou orgânico para os perfis com revestimento

metálico, que vez deve ser: homogêneo, sem fissuras, sem descontinuidades ou defeitos que afetem o seu uso e, conseqüentemente, pleno desempenho, além de atender aos requisitos mínimos apontados pela norma (*vide* Tabela 3). Além do mais, os perfis podem ser obtidos por conformação contínua ou dobramento de prensa dobradeira e o aço deve ter qualidade estrutural com resistência ao escoamento mínima de 230 MPa (ABNT NBR 15253:2014).

**Tabela 3 - Revestimento mínimo**

<i>Tipo de revestimento</i>	<i>Perfis estruturais</i>	
	<i>Massa mínima do revestimento (g/m<sup>2</sup>)</i>	<i>Denominação do revestimento conforme as seguintes normas</i>
Zincado por imersão a quente	275 (ABNT NBR 7008-1)	Z275 (ABNT NBR 7008-1)
Alumínio por imersão a quente	150 (ABNT NBR 15578)	AZ150 (ABNT NBR 15578)

*A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (média do ensaio triplo).*

Fonte: (ABNT NBR 15253:2014)

O revestimento é fundamental para garantir a integridade e proteção do sistema LSF contra a corrosão atmosférica, de modo que possa atender e suportar os esforços que lhe são solicitados durante sua vida útil. Dentre os processos mais efetivos e econômicos empregados para proteção do aço contra a corrosão atmosférica está a galvanização ou zincagem que permite que o aço continue protegido, mesmo com o corte das chapas ou riscos no revestimento de zinco (FARIAS *et. al*, 2018).

Mas os requisitos não são recomendados apenas na fabricação. É importante atentar-se à identificação e ao acondicionamento, para garantir o desempenho do elemento e a rastreabilidade, para que possam estar assegurados os direitos de ambas as partes, comprador e fabricante.

Para identificação a ABNT NBR 15253:2014 sugere que contenha:

- marcar e/ou identificação do fabricante;
- identificação do lote, designação do revestimento;
- designação do perfil;
- espessura nominal da chapa de aço (mm);
- referência à ABNT NBR 15253:2014 e o ano de publicação;
- outros dados, quando solicitado.

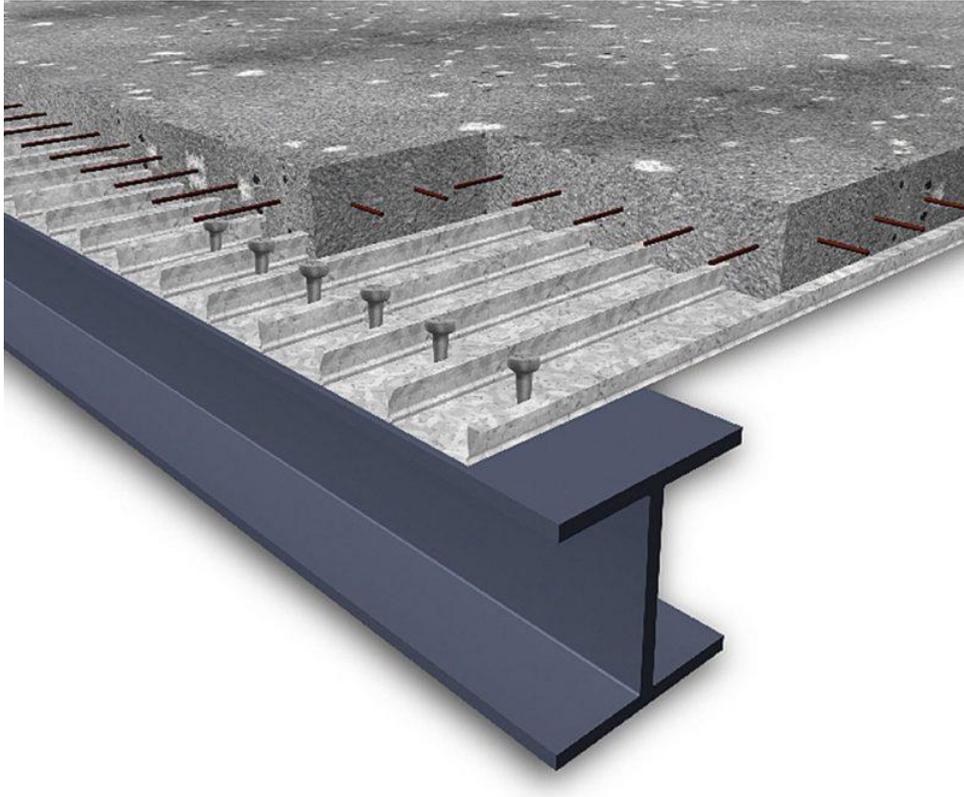
No acondicionamento os perfis não podem sofrer danos em seu manuseio e transporte, de modo a garantir sua integridade sem comprometer sua eficiência estrutural, ou seja, devem estar isentos de defeitos, não podem apresentar rebarbas de corte, marcas profundas de ferramentas, manchas e amassados em geral (ABNT NBR 15253:2014).

Após inspeção e certificação de qualidade do material, dá-se o recebimento do mesmo para a construção da obra. O bom planejamento e a correta execução são fundamentais para que sejam atendidos todos os critérios pré-estabelecidos e a estrutura tenha o desempenho requerido em projeto durante sua vida útil. Portanto, torna-se necessária a atenção em todas as atividades para que sejam desenvolvidas com excelência, pois estão interrelacionadas, bem como a escolha dos demais materiais necessários ao sistema e da mão de obra qualificada, que são essenciais para velocidade e desempenho do sistema, além do tipo de ligações adequadas (abordado no item 2.7 deste trabalho), a fim de atender ao conceito básico desse método construtivo: racionalização e industrialização.

#### **2.4.2 Laje Steel Deck**

Outro elemento em estruturas metálicas que complementa o sistema Light Steel Frame é a laje Steel Deck, que é basicamente formada por um sistema de chapas de aço perfiladas. Esse tipo de laje é considerado laje úmida, e também um sistema de estruturas mistas, justamente por possuir em sua composição aço e concreto.

A laje Steel Deck (*vide* Figura 2) também é conhecida como laje colaborante ou mista e é uma alternativa atrativa quando o objetivo é racionalizar a construção, muito utilizada atualmente com o intuito de reduzir os prazos da obra.

**Figura 2 - Modelo de laje steel deck**

Fonte: (GASPAR, 2020)

Como pode ser observada na figura acima, essa laje é composta por uma estrutura metálica e uma chapa de aço ondulada que é parafusada na estrutura. Essa chapa tem duas funções, a primeira ser utilizada como fôrma para o concreto após a concretagem e a outra é servir como armadura positiva da estrutura durante sua vida útil. Ainda são utilizadas telas soldadas para evitar as fissuras no piso devido a cura do concreto (GASPAR, 2020) e para um bom isolamento acústico pode ser instalada uma camada de lã de vidro entre a chapa de aço e o concreto, que deve ser protegida com polietileno para evitar a umidificação durante a concretagem.

Na execução é importante que sejam tomados cuidados para o correto posicionamento das chapas na estrutura de apoio e a distribuição uniforme do concreto.

O uso desse tipo de laje é muito interessante pois muitas são suas vantagens como podem ser observadas, tanto durante a fase de construção como também durante sua vida útil. Elas permitem o tráfego dos funcionários com segurança, redução ou eliminação total das escoras na concretagem, facilita a passagem de tubulações, garante isolamento térmico, estanqueidade em caso de incêndios e

travamento para a estrutura. Além de ser uma estrutura leve que proporciona uma obra mais enxuta com menos sobre de material, conseqüentemente, menos resíduos.

Apesar de todas as vantagens do uso da laje Steel Deck, ainda têm algumas desvantagens. Em sua maioria as poucas desvantagens desse tipo de estrutura remetem à estética, pois pode ser requisitado o uso de forros, o que acaba diminuindo o pé direito, além de que se não for optar pelo escoramento, necessitará de vigas maiores. E como todo elemento do sistema de estruturas metálicas, as telas utilizadas para evitar fissuras no piso não podem apresentar defeito, especialmente em telas eletro soldadas.

## 2.5 AGRESSIVIDADE DO MEIO AMBIENTE

A vulnerabilidade do aço à corrosão, é uma das desvantagens do aço, que acometem o desempenho, durabilidade e, conseqüentemente, a integridade da estrutura. A corrosão ela pode ser de causada por vários fatores e se apresentar em diversos tipos (item 2.9). Para escolha do sistema de proteção que mais se adequa à estrutura e ao ambiente em que a mesma está inserida é necessário considerar a classe de agressividade do meio ambiente.

A ABNT NBR 8800:2008 traz em um de seus anexos (ANEXO N) algumas especificações sobre a durabilidade do componente de aço frente à corrosão que são de extrema importância para escolha do sistema de proteção e os cuidados a serem tomados durante o projeto para prevenir possíveis deteriorações.

Na Tabela 4 a seguir, pode-se observar as categorias de corrosividade atmosférica, como as perdas de espessura a depender do tipo de agressividade do ambiente, além de exemplos típicos desses ambientes.

Tabela 4 - Categorias de corrosividade atmosférica e exemplos de ambientes

Categoria de corrosividade	Perda de massa por unidade de superfície/perda de espessura (após um ano de exposição)				Exemplos de ambientes típicos	
	Aço baixo-carbono		Zinco		Exterior	Interior
	Perda de massa g/m <sup>2</sup>	Perda de espessura μm	Perda de massa g/m <sup>2</sup>	Perda de espessura μm		
C1 Muito baixa	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	-	Edificações condicionadas para o conforto humano (residências, escritórios, lojas, escolas, hotéis)
C2 Baixa	> 10 a 200	> 1,3 a 25	> 0,7 a 5	> 0,1 a 0,7	Atmosferas com baixo nível de poluição. A maior parte das áreas rurais	Edificações onde a condensação é possível, como armazéns e ginásios cobertos
C3 Média	> 200 a 400	> 25 a 50	> 5 a 15	> 0,7 a 2,1	Atmosferas urbanas e industriais com poluição moderada por dióxido de enxofre. Áreas costeiras de baixa salinidade	Ambientes industriais com alta umidade e alguma poluição atmosférica, como lavanderias, cervejarias e laticínios
C4 Alta	> 400 a 650	> 50 a 80	>15 a 30	> 2,1 a 4,2	Áreas industriais e costeiras com salinidade moderada	Ambientes como indústrias químicas e coberturas de piscinas
C5-I Muito alta (industrial)	> 650 a 1500	> 80 a 200	>30 a 60	> 4,2 a 8,4	Áreas industriais com alta umidade e atmosfera agressiva	Edificações ou áreas com condensação quase que permanente e com alta poluição
C5-M Muito alta (marinha)	> 650 a 1500	> 80 a 200	>30 a 60	> 4,2 a 8,4	Áreas costeiras e <i>offshore</i> com alta salinidade	Edificações ou áreas com condensação quase que permanente e com alta poluição

Fonte: (ABNT NBR 8800:2008)

Como o sistema convencional (concreto armado), o sistema estrutural metálico também tem especificações para sua proteção contra a agressividade do meio em que será inserido. Portanto, a proteção do aço contra a corrosão atmosférica é fundamental para assegurar a durabilidade e a manutenção estética do sistema durante a vida útil.

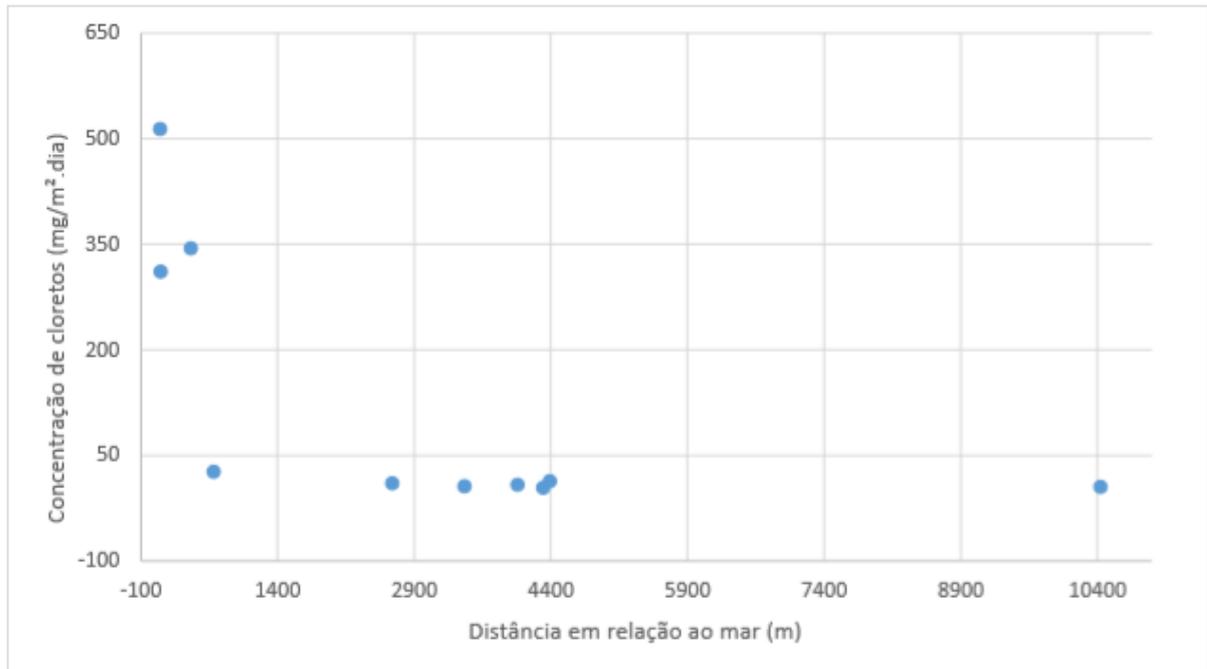
A concentração de cloretos é fator determinante para a classificação da agressividade do ambiente. Que é fundamental para a escolha do tipo de aço a ser utilizado, dimensionamento das peças e definição de posições para um sistema mais eficiente, além dos tipos de ligações, como o sistema de proteção que a estrutura receberá, ou seja, proporcionará um maior detalhamento do projeto, sendo essencial para a fase de concepção.

Vários são os fatores que interferem na concentração de cloretos da atmosfera. A proximidade com o mar, pode ser considerado um dos maiores, pois “o

cloreto constitui cerca de 55% da composição da água do mar, com isso as edificações que habitam o litoral brasileiro sofrem com a agressividade ambiental imposta por esse íon” (RIBEIRO, 2014 *apud* PRATA, 2017).

No gráfico da Figura 3 abaixo, é possível observar a influência da distância em relação ao mar na concentração de cloretos em Aracaju/SE.

**Figura 3 - Gráfico da Influência da distância em relação ao mar na concentração de cloretos**



Fonte: (PRATA, 2017)

Segundo Prata (2017), o vento é o principal meio de transporte do cloreto, pois mesmo com elevadas distâncias do mar, em mais de 10km, existe uma concentração média de cloretos em torno de 40 mg/m<sup>2</sup>/dia, confirmando que o cloreto produzido no oceano pode adentrar na superfície.

## 2.6 PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS METÁLICAS

As manifestações patológicas das estruturas de aço podem estar associadas a qualquer fase do projeto, seja na própria concepção, execução como também em sua utilização. Isso se dá, pois alguma das etapas pode não ser executada ou ser executada de maneira equivocada, e interferem em um bom projeto, além do mal uso da edificação que, conseqüentemente, influencia para o bom desempenho da estrutura.

Na fase inicial da concepção de projeto é necessário atentar-se para a escolha do tipo de aço; a agressividade do meio ambiente, tanto o macroclima quanto o

microclima; correto dimensionamento das peças para suportar aos esforços a qual será submetida; definição de um sistema mais eficiente; qual tipo de ligação utilizar; o tipo de sistema de revestimento e, principalmente, um bom detalhamento do projeto, tanto para a fase de fabricação das peças como também para sua execução.

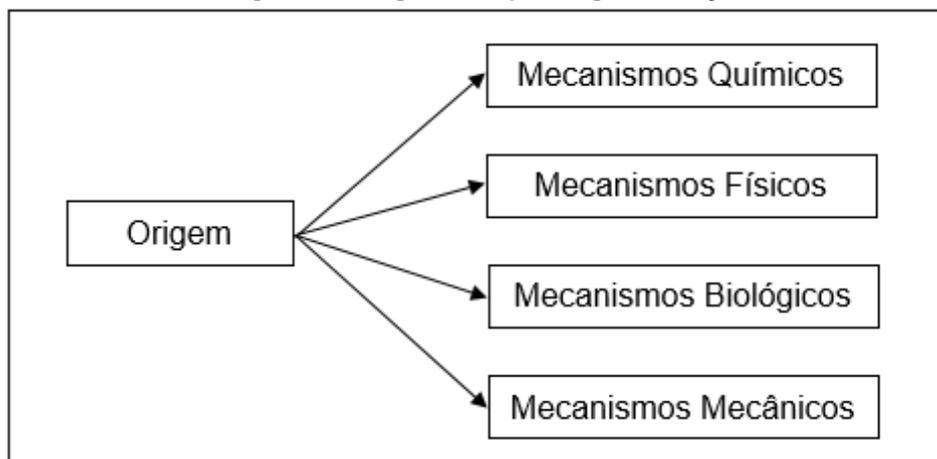
Um bom detalhamento interfere diretamente na fabricação dos perfis. O processo de fabricação é automatizado, quanto maior o nível de detalhes menor a probabilidade de erros.

Mas as patologias não são oriundas apenas devido a falhas na fase de concepção. Como já mencionada, a fase de execução, pode prover falhas futuras no sistema construtivo, principalmente, se for realizado o transporte das peças inadequadamente de modo a empená-las, ou se a equipe não for especializada. Ainda podem gerar problemas se houver colisões nas peças, se as mesmas não forem identificadas, e se for necessário a emenda de peças no próprio canteiro em condições que não sejam adequadas para a utilização da solda.

Na pós-ocupação, podem vir acometer falhas patológicas que se dão, muitas vezes, pelo mal uso da edificação, lançando sobrecargas superiores às estabelecidas em projeto, e a falta de manutenção do próprio sistema.

Na Figura 4 abaixo é apresentada a origem das patologias nas estruturas metálicas:

**Figura 4 - Origem das patologias no aço**



Fonte: (BOLINA, TUTIKIAN e HELENE, 2019).

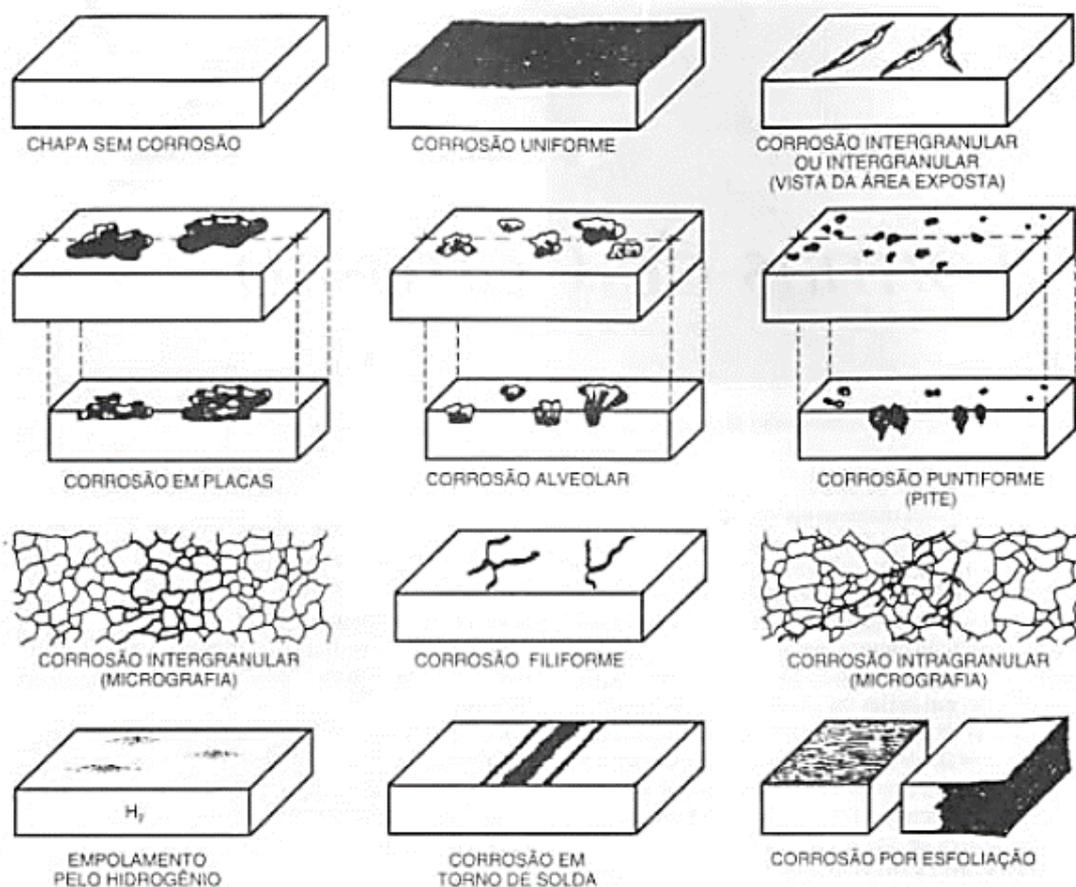
Como apresentado acima, as manifestações patológicas podem ser oriundas de vários mecanismos de deterioração. O mais frequente desses mecanismos nas estruturas metálicas são os mecanismos químicos sendo que o seu principal é a corrosão. “A corrosão é definida como um processo espontâneo, provocada pela

interação química do metal com o ambiente, promovendo variações químicas das suas propriedades, com perda das características estruturais” (BOLINA, TUTIKIAN e HELENE, 2019).

### 2.6.1 Mecanismos Químicos

O mecanismo de corrosão é um fenômeno intrínseco aos metais e podem ser de vários tipos. A Figura 5, a seguir apresenta as formas mais frequentes de corrosão.

Figura 5 - Formas de corrosão



Fonte: (GENTIL, 1996)

A corrosão uniforme é a mais frequente que acomete toda a superfície das estruturas de aço e é desencadeada por um processo eletroquímico. Esse tipo é também uma das formas mais fáceis de controlar, ver e proteger, geralmente causada pela ausência de proteção contra o fenômeno de corrosão.

Porém, as corrosões podem ser localizadas. Geralmente, causadas pela “deficiência de drenagem das águas pluviais e deficiências de detalhes construtivos, permitindo o acúmulo de umidade e de agentes agressivos” (SACCHI, 2016).

Desencadeada por um processo eletroquímico existe também a corrosão galvânica, que ocorre entre metais ou duas ligas metálicas distintas, conectadas eletricamente e em contato com o meio corrosivo.

### 2.6.2 Mecanismos Físicos

Os mecanismos físicos de deterioração, apresentam-se na forma de deformações. Geralmente, causados por movimentações térmicas, sobrecargas não previstas no projeto original, ou ainda, deficiências na disposição de travejamentos (PRAVIA e BETINELLI, 2016 *apud* SACCHI, 2016). Esses mecanismos podem ainda causar flambagem nos elementos estruturais, que pode ser local ou global, causadas pelo uso de modelos incorretos para verificação da estabilidade deficiências e/ou imperfeições não consideradas no projeto e nos cálculos, além de fraturas que são ocasionadas devido a detalhes de projetos inadequados, defeitos de soldas ou variações de tensões não previstas em projeto (PRAVIA e BETINELLI, 2016 *apud* SACCHI, 2016).

As deformações excessivas impactam diretamente nos sistemas de vedações verticais e/ou aberturas. “O acúmulo de tensões deflagra escoamento ou instabilidades locais nas mesas comprimidas dos perfis, podendo induzir instabilidades globais” (BOLINA, TUTIKIAN e HELENE, 2019).

O aço é um material muito mais suscetível às variações térmicas, o que torna necessário a presença de juntas de dilatações térmicas para que não sejam geradas instabilidades que comprometam a estrutura. Por isso, são recomendadas que as juntas sejam dimensionadas e conservadas ao longo do tempo.

Outro mecanismo a ser levado em consideração é a fadiga. Pois, “as estruturas de aço podem apresentar escoamento dos perfis ou até ruptura por fadiga quando há ciclos mecânicos, que promovem a concentração de tensões localizadas nas peças” (BOLINA, TUTIKIAN e HELENE, 2019).

Ainda segundo Bolina, Tutikian e Helene (2019), as ações que podem ser causadas por esse mecanismo são as fissuras, que se desenvolvem por nucleação, propagação e ruptura. As fissuras evoluem à medida que as ações voltam a se repetir sobre o elemento e quando não suportam as tensões aplicadas ocorre a ruptura, que é o estágio final da fadiga.

### 2.6.3 Mecanismos Biológicos

Os mecanismos biológicos são os de mais difícil ocorrência nos elementos de aço. Porém, segundo Bolina, Tutikian e Helene (2019), mesmo que pouco frequente, a deterioração do aço por organismos vivos pode ocorrer, sendo essas a biocorrosão ou corrosão microbiológica. Essa corrosão pode ser classificada em quatro tipos: formação de ácidos, despolarização catódica, aeração diferencial e ação conjunta de bactérias.

### 2.6.4 Mecanismos Mecânicos

Segundo Bolina, Tutikian e Helene (2019), os mecanismos mecânicos de deterioração são aqueles desenvolvidos por uma ação externa à estrutura. Como sobrecargas não previstas no projeto, incêndios, mecanismos congênitos.

Os mecanismos mecânicos congênitos são aqueles devido a falhas na concepção do projeto estrutural, que só resultam em deficiências após o uso e ocupação da edificação. Essas falhas podem ser provenientes durante a concepção de projeto, que resulta em equívocos:

- No detalhamento de projeto;
- Na integração dos projetos;
- Nos detalhamentos construtivos de projeto;
- No gabarito de furação e no recorte dos perfis;
- Na montagem;

O equívoco em alguma das etapas supracitadas, ocasiona em manifestações patológicas durante a vida útil da estrutura que comprometem o seu desempenho. Por isso, é de grande importância a consideração de todas as variáveis preponderantes para o projeto durante a fase de concepção, como também seguir todos os critérios e requisitos estabelecidos em normas e em manuais de montagem e manutenção para garantir o pleno desempenho da estrutura durante sua vida útil de projeto.

## 2.7 CONEXÕES

Segundo Ribeiro Neto (2016), as conexões são todos os detalhes construtivos que promovem a união de partes da estrutura entre si, ou a união da estrutura com

elementos externos a ela. Vários podem ser os tipos de dispositivos utilizados para formar a ligação das peças, dentre os mais utilizados encontram-se barras roscadas (chumbadores), parafusos e soldas. Além de garantir a união da estrutura, alguns elementos da ligação permitem e/ou facilitam a transmissão de esforços.

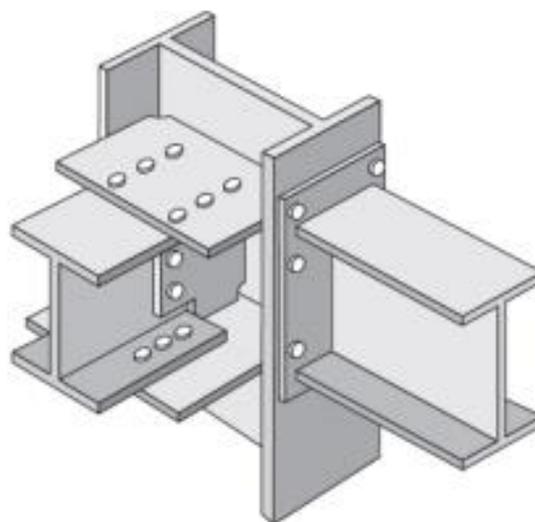
As principais características para a classificação das ligações podem ser rigidez, meios de execução, posicionamento dos esforços solicitantes e local de execução da ligação.

As ligações parafusadas e soldadas são as mais utilizadas. Dentre os critérios da classificação das ligações, o mais conhecido são os meios de execução das ligações. Porém, independentemente de como é classificada a ligação, sua concepção deve atender a critérios de resistência, como também de rigidez. A ligação deve representar fielmente o que foi previsto em projeto para que a estrutura atinja desempenho pleno durante a VUP, conforme previsto no modelo estrutural.

### 2.7.1 Ligações Parafusadas

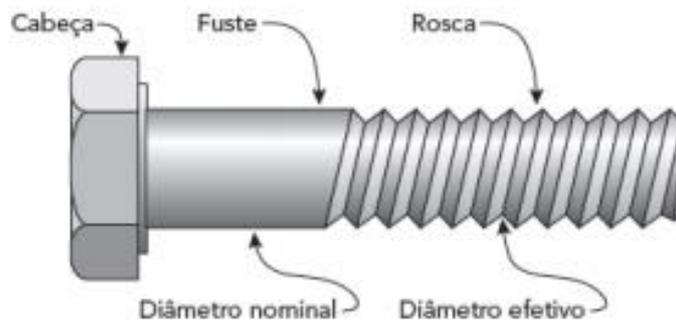
As ligações parafusadas (*vide* Figura 6) são mais utilizadas no campo, justamente pela sua facilidade de montagem e por ter um menor controle rigoroso quanto às imperfeições de montagem. Porém, não é eximida a responsabilidade do montador estar atento aos demais cuidados para que a ligação tenha desempenho pleno durante a VUP da estrutura.

**Figura 6 - Ligações parafusadas**



Os parafusos são constituídos de cabeça, fuste e rosca, como pode ser observado na Figura 7 abaixo. Os parafusos podem ser classificados como comuns e/ou de alta resistência e são identificados pelo diâmetro do fuste, no entanto, a resistência à tração do parafuso é em função do diâmetro do fundo da rosca e sua área efetiva corresponde a 75% da área nominal (SILVA, FRUCHTENGARTEN e CAMPELLO, 2012). Os parafusos de alta resistência são os mais indicados para serem utilizados nas ligações parafusadas com fins estruturais.

**Figura 7 - Parafuso**



Fonte: (SILVA, FRUCHTENGARTEN e CAMPELLO, 2012)

Os cuidados a serem tomados nas ligações começam desde a fabricação tanto dos parafusos quanto dos perfis, pois são as regiões mais frágeis da edificação. Nas ligações parafusadas esse cuidado é necessário, principalmente, na etapa de cortes e furações, pois são primordiais para que o modelo estrutural seja representado e atendido de maneira eficaz e eficiente durante a VUP.

Na etapa de montagem, é necessária a identificação de cada peça e ligação, bem como detalhamento das ligações em projeto. Todas essas observações são importantes para facilitar o processo de montagem e verificação das mesmas.

Além dos projetos e detalhamentos, deve ser exigido o boletim técnico, para um maior controle de qualidade. O boletim irá constar a especificação do parafuso galvanizado ao fogo (resistência e proteção contra corrosão); porca; arruela; controle de torque mínimo para aperto de parafuso (percentual de parafusos); resistência do parafuso; quantidade de zinco; ensaios específicos realizados, como a microscopia, ensaio realizado que se corta o parafuso e analisa a sua seção a fim de aferir a camada de zinco depositada.

As vantagens são inúmeras para a escolha dessa ligação, principalmente, quando se opta pela montagem *in loco*. A Tabela 5 a seguir apresenta as maiores vantagens desse tipo de ligação, como também as suas principais desvantagens.

**Tabela 5 - Vantagens x Desvantagens ligações parafusadas**

<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
Facilidade de montagem e desmontagem;	Custo maior (furação + parafuso);
Fácil inspeção;	Enfraquecimento das peças ligadas.
Economia de energia;	
Mão de obra não qualificada;	
Produtividade.	

Fonte: (AUTOR, 2020)

É necessário analisar e avaliar todas as variáveis para escolher o tipo de ligação, que em uma obra pode ter mais de um tipo. Para inspeção e garantia das ligações parafusadas, ao final da montagem da obra é utilizado o torquímetro que serve para calibrar o aperto do parafuso de modo que o torque correto seja aplicado garantindo assim a estabilidade da ligação e, conseqüentemente, da estrutura.

### 2.7.2 Ligações Soldadas

As ligações soldadas, geralmente, são ligações rígidas, porém também podem ser flexíveis. São preferíveis de serem executadas na fábrica, pois se tem um maior controle de qualidade. O processo de soldagem exige que sejam seguidos protocolos para que se seja executada uma boa solda. Em alguns casos é possível a soldagem de peças *in loco*, desde que sejam observados e seguidos todos os critérios e requisitos, como realizados todos os ensaios de inspeção necessário à garantia de uma solda bem executada.

Dentre os requisitos mais gerais tem a qualificação técnica do soldador, ou seja, é necessário mão-de-obra qualificada para esse serviço. Os equipamentos necessários ao processo e máquinas de solda devem ser calibrados e dispor de todos os acessórios de proteção para uma boa execução da solda. A limpeza é fundamental para que superfície da peça a ser soldada esteja isenta de qualquer resíduo de sujeira. Além do mais, nenhuma solda deverá ser executada sob condições adversas, a menos que a junta esteja devidamente protegida. Devem ser realizados ensaios para inspeção da solda e garantir que não tenham imperfeições nas mesmas. Todas essas ações são medidas exigidas pelo controle de qualidade, para que a solda seja

executada sem imperfeições que venham a comprometer seu desempenho durante a VUP.

“Os processos de soldagem podem ser classificados pelo tipo de fonte de energia ou pela natureza da união” (WAINER, BRANDI e MELLO, 2019). As fontes de energia utilizadas nos processos de soldagem são mecânica, química, elétrica e radiante (WAINER, BRANDI e MELLO, 2019), e a natureza da união pode ser por pressão ou por fusão (SACCHI, 2016). Na classificação por natureza da união das soldas, pode-se observar alguns dos tipos mais usuais na Tabela 6 abaixo:

**Tabela 6 - Processos de soldagem e tipos de soldas**

<i>Processos de Soldagem</i>	<i>Tipos de Solda</i>	
Soldagem no estado sólido (por pressão)	Por explosão	
	Por atrito	
Soldagem por fusão	Por resistência	
	Oxiacetilênica	
	Com arco	Eletrodo revestido
		Arco submerso
		TIG
		MIG
		MAG
		Soldagem por plasma
	Por feixe de elétrons	
Por laser		

Fonte: (WAINER, BRANDI e MELLO, 2019 adaptado pelo AUTOR, 2020)

Vários são os tipos de soldas que com o tempo evoluíram cada vez mais a partir do desenvolvimento e melhoria de técnicas já existentes. As mais utilizadas, atualmente, são as soldas com arcos, mas é necessário analisar todas as variáveis que influenciam na escolha da ligação e conseqüentemente no tipo de solda a ser utilizada para garantir o pleno desempenho da ligação durante a VU da estrutura.

Assim como os parafusos as soldas têm suas vantagens e desvantagens, como pode ser observado na Tabela 7 a seguir:

**Tabela 7 - Vantagens x Desvantagens ligações soldadas**

<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
Maior rigidez das ligações;	Dificuldade para desmontagem;
Redução dos custos de fabricação;	Mão de obra especializada;
Melhor acabamento final;	Dificuldade para o controle de qualidade na obra.
Facilidade de execução em estruturas existentes.	

Fonte: (AUTOR, 2020)

Como já mencionado, a análise de todas as variáveis do projeto é de suma importância para a escolha mais adequada do tipo de ligação. Além do mais, toda ligação deve ser inspecionada de modo a garantir sua boa execução e, conseqüentemente, pleno desempenho da mesma de acordo com o que foi estabelecido no projeto. Para a inspeção e garantia de uma boa solda devem ser realizados ensaios, como líquido penetrante, partícula magnética, ultrassom, radiografia, gamagrafia e dobramentos.

## 2.8 TIPOS DE PROTEÇÃO

### 2.8.1 Pintura

O sistema de revestimento para proteção anticorrosiva mais utilizado para a proteção da estrutura é a pintura. “A pintura e toda a composição aplicada à superfície do aço têm a finalidade de protegê-la contra corrosão causada pela exposição ao meio ambiente garantindo assim sua vida útil” (SACCHI, 2016).

O sistema de pintura será dimensionado de acordo com a classe de agressividade em que a edificação será inserida, ou seja, quanto maior o risco do ambiente mais robusto o sistema de pintura. O tipo de aço também define o sistema de pintura, pois pode necessitar de uma espessura de tinta maior ou menor, já que a perda de massa e de espessura varia de acordo com o tipo de aço e tratamento que o mesmo recebe, como é possível observar na Tabela 4, explanada no item 2.5 deste trabalho, retirada do Anexo N da ABNT NBR 8800:2008.

Se o aço passar por um tratamento, como a galvanização, para melhorar sua resistência e minimizar os efeitos da corrosão não é necessária uma proteção tão elevada quanto no aço comum. Caso seja um aço carbono comum, “usualmente as estruturas recebem de uma a duas demãos de tinta de fundo, imediatamente após a sua limpeza, na oficina, e em seguida recebem as duas demãos de tinta de acabamento” (LUCCHINI, 2009 *apud* SACCHI, 2016).

As tintas são definidas como sistemas líquidos viscosos ou pós, nos quais são dispersos dois ou mais componentes em um aglomerado líquido ou sólido. Ao passar pelo processo de cura, formam uma película aderente ao substrato, no qual são aplicadas, que tem como objetivo proteger e dar um acabamento estético às superfícies. (CARDOSO, 2019)

É preciso um sistema de revestimento que se complemente o máximo possível para garantir a eficácia e eficiência da proteção à corrosão. É necessário a compatibilização entre o sistema de pintura e o metal base, para que não ocorram reações que possam desencadear manifestações patológicas que comprometam o desempenho da estrutura.

Existem dois fatores a analisar na estrutura antes de realizar a pintura. O primeiro é o grau de limpeza da peça, que é realizada com o jateamento abrasivo, e após a limpeza é observado o grau, geralmente, é utilizado o parâmetro de metal quase branco que remove cerca de 95% da carepa, porém deve também ser observado o tipo da tinta que será aplicada e o grau de agressividade que será submetido. O segundo fator é a rugosidade da superfície, é necessário um padrão de rugosidade que garanta que a tinta aplicada irá aderir ao metal, para medir a rugosidade é preciso um equipamento chamado rugosímetro, por padrão é necessário ter uma rugosidade de  $\frac{1}{3}$  da espessura da tinta que será aplicada para garantir a aderência da tinta ao metal, após medir a rugosidade se estiver dentro do padrão segue para o processo de pintura.

Existem vários tipos de tintas anticorrosivas. Dentre as principais para a proteção do aço carbono, tintas à base de resinas alquídicas, epoxídicas, poliuretânicas, acrílicas (PANNONI, 2015B), além das resinas de silicone, vinílicas, etil silicato de zinco (CASTRO, 1999).

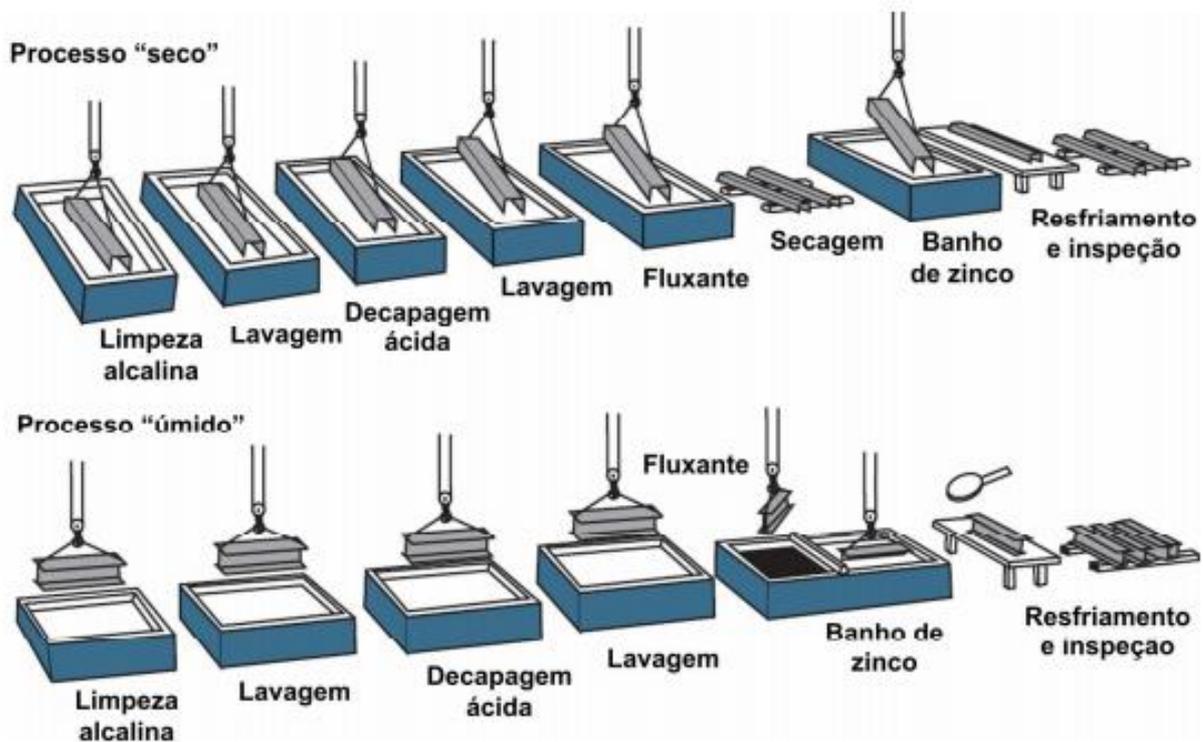
Todo o sistema de pintura é fundamental para a qualidade da estrutura, junto com os demais processos, a especificação do processo de pintura e seu seguimento tem interferência direta na qualidade da estrutura.

### 2.8.2 Galvanização

A galvanização também funciona como um sistema de proteção contra a corrosão. É um processo de aplicação de revestimentos de zinco a componentes de aço através da imersão do componente em um banho de zinco fundido (PANNONI, 2015B). Esse tipo de galvanização conhecida como galvanização a fogo ou a quente é o mais utilizado e indicado para estruturas metálicas que serão instaladas em áreas de grande agressividade, ou seja, com alta intensidade de cloretos.

Abaixo na Figura 8 é possível observar de maneira simples e objetiva os processos unitários em uma linha de galvanização a fogo:

**Figura 8 - Processos unitários em uma linha de galvanização a fogo**



Fonte: (PANNONI, 2008)

Esse processo possui vantagens e desvantagens, que podem ser observadas na Tabela 8 a seguir:

**Tabela 8 - Vantagens x Desvantagens da galvanização a fogo**

<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
Baixo custo inicial;	Não pode ser feita no canteiro de obras;
Pequena manutenção/custo menor a longo prazo;	As dimensões dos componentes são limitadas pelas dimensões da cuba de zinco líquido;
Vida longa/alta expectativa de vida útil;	A alta temperatura do banho zincado pode causar distorções em alguns componentes;
Limpeza uniforme da superfície do aço;	Requer maior cuidado nos procedimentos de soldagem.
Melhor adesão do revestimento ao substrato do aço;	
Velocidade de aplicação;	
Proteção uniforme.	

Fonte: (PANNONI, 2015B adaptado pelo AUTOR, 2020)

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa realizada, é uma pesquisa de caráter exploratório que busca avaliar e analisar as estruturas de aço abordando possíveis patologias que possam acometer a estrutura e identificando suas causas oriundas na fase da pós-ocupação e manutenção da obra. Essa pesquisa utiliza o método qualitativo para entender o processo de inspeção visual, manutenção dos perfis metálicos e situações que ocasionam as patologias, como também abordar esses tipos de patologias e apresentar o diagnóstico e as intervenções que podem ser feitas e o processo como podem ser realizadas. O estudo foi desenvolvido a partir de:

1. Pesquisas bibliográficas: em arquivos da internet, encontrados em plataformas de compartilhamento desde arquivos científicos até manuais e artigos disponibilizados pelo CBCA – Centro Brasileiro de Construção em Aço, Gerdau S.A., Fábio Domingos Pannoni, além da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, ASTM – Sociedade Americana de Testes e Materiais (*American Society for Testing and Materials*) e ISO – Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization*).
2. Pesquisa de campo: feita através de entrevistas formuladas com questões abertas (APÊNDICE A), de natureza exploratória para entender um pouco mais sobre os processos que circundam a construção em aço, desde fabricação até montagem e manutenção.
3. Visitas em obra e fábrica de aço.
4. Web seminários específicos sobre estruturas metálicas em plataformas de ensino online, como: Engeduca – Montagem de Estruturas Metálicas: Planejamento e Execução.

As entrevistas aconteceram tanto através da abordagem presencial como virtual. Os entrevistados foram escolhidos em consenso com o orientador observando-se critérios de seleção tais como: pessoas que trabalham ou já trabalharam na área e detém muita expertise a respeito para fundamentar e agregar valor ao trabalho acadêmico. A pesquisa, composta por questões exploratórias, foi aplicada em uma fábrica de aço, com um engenheiro de materiais que detém experiência no sistema de revestimentos de estruturas metálicas, um professor doutor especializado em metal e, também, dois engenheiros calculistas especialistas em estruturas metálicas. Essas foram importantes, assim como os web seminários para compreender de forma

objetiva as etapas de uma construção em estrutura metálica, desde a concepção da obra, processo de fabricação das peças até a pós-ocupação e manutenção da obra. Pois, é necessário conhecer todos os processos para assim fundamentar e trazer resultados mais precisos e verídicos para a construção do Manual de Uso, Operação e Manutenção de Edificações em Estruturas Metálicas, além de garantir que sejam atendidos os requisitos de desempenho exigidos pela ABNT NBR 15575:2013.

A utilização da ferramenta *Bizagi Modeler* foi de grande importância para a construção dos fluxogramas dos processos necessários nas etapas de manutenção das conexões, do sistema de pintura, como também das deformações sofridas pela estrutura. Os fluxogramas indicam quais são as atividades que precisam ser feitas durante a manutenção, além de permitir uma melhor visualização dessas.

Para a elaboração do Manual de Uso, Operação e Manutenção de Edificação com Estruturas Metálicas utilizou-se todas as informações coletadas nas pesquisas bibliográficas, entrevistas e web seminários. Além do modelo ser embasado pela ABNT NBR 14037:2014 – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos e ABNT NBR 5674:2012 – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão da manutenção. Todo o conteúdo estudado e adquirido através de todas as pesquisas e normas foram adequados às estruturas metálicas.

## 4 DESENVOLVIMENTO DA MANUTENÇÃO

A prática da manutenção é de suma importância para atingir a vida útil de projeto, como também garantir o desempenho e durabilidade da estrutura durante sua utilização, como já mencionado. A fim de possibilitar o direcionamento de uma boa manutenção e melhor visualização das atividades, se faz necessária a apresentação das mesmas em fluxogramas.

No primeiro momento da manutenção, seja em estruturas de concreto armado ou em estruturas metálica, é necessária uma avaliação visual da estrutura para assim apresentar a melhor estratégia e direcionar o profissional nas atividades seguintes.

Diferente das estruturas convencionais as estruturas metálicas, caso expostas, tem um ponto bastante positivo em detrimento da inspeção visual. Já que é possível a percepção de patologias com muito mais facilidade. Para isso, dois aspectos são de tamanha importância para a análise, são eles: a qualidade da pintura e as conexões.

Com o auxílio dos fluxogramas será possível observar as etapas de uma manutenção, como também discutir sobre esses e todas as atividades apresentadas e necessárias para execução do processo de manutenção.

Para compreensão dos fluxogramas, na Tabela 9 abaixo é possível acompanhar a legenda de cada item que será utilizado para formação do fluxograma.

**Tabela 9 - Simbologia dos fluxogramas**

<i>Simbologia</i>	<i>Legenda</i>
	Indica onde o processo inicia;
	Indica a atividade a ser realizada;
	Indica tomada de decisões, podem existir dois ou mais caminhos a serem seguidos;
	Indica um subprocesso, ou seja, outro processo que contém outras atividades;

	Indica anotação, um mecanismo para fornecer informações adicionais ao leitor;
	Finaliza o processo;
	Indica sequência do fluxo;
	Indica uma associação que pode ser feita entre informações e objetos do fluxo.

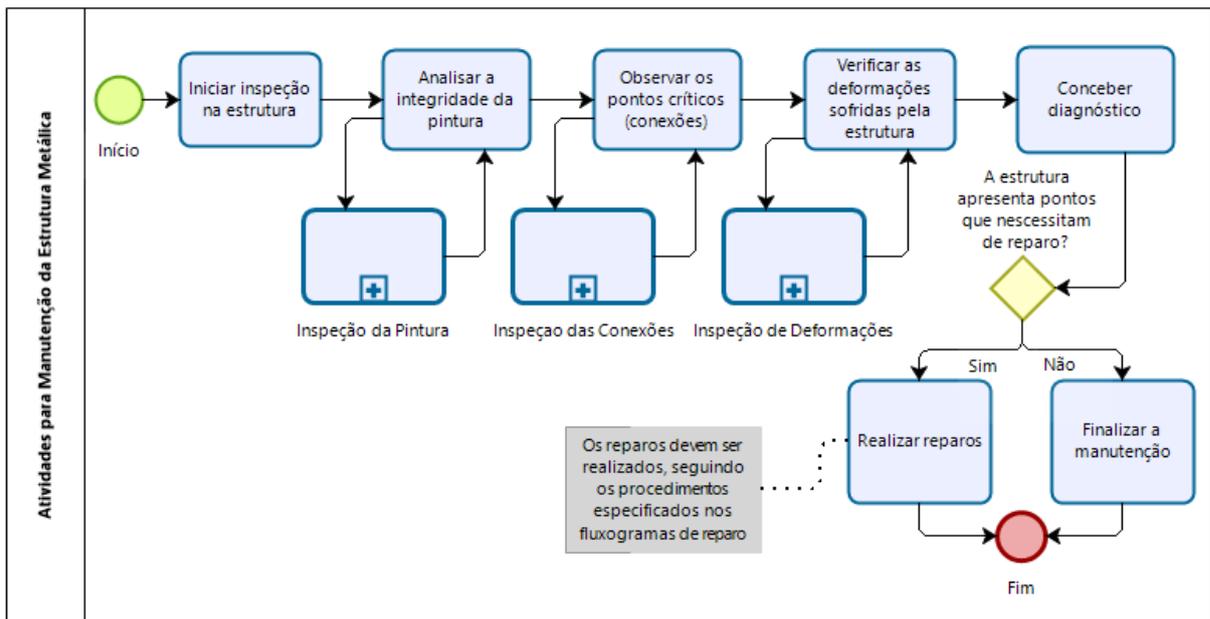
Fonte: (AUTOR, 2020)

Para uma melhor análise dos resultados e maior detalhamento nas discussões, foram divididos em subitens desse tópico as etapas da manutenção. Portanto, serão abordadas, analisadas e discutidas todas as atividades do processo de manutenção.

#### 4.1 ATIVIDADES PARA A MANUTENÇÃO

Neste primeiro momento, é importante identificar quais são as atividades necessárias para a realização de uma boa manutenção. Na Figura 9 abaixo, é possível observar as etapas que norteiam a manutenção em uma estrutura metálica em estruturas expostas. Este é o primeiro fluxograma que mapeia de forma clara e sucinta as etapas do processo de manutenção.

**Figura 9 - Fluxogramas de atividades para manutenção**



Fonte: (AUTOR, 2020)

No fluxograma acima, são apontadas as etapas necessárias para uma boa manutenção em estruturas metálicas expostas, desde o seu início até a finalização da mesma. Como primeira atividade, a inspeção na estrutura, cuja qual é o principal objetivo da manutenção. A partir dela sucedem as demais tarefas para a conclusão desse processo.

A inspeção primeiramente deve ser visual, como já mencionada, a fim de detectar quaisquer patologias que possam ser apresentadas pela estrutura em qualquer elemento do sistema estrutural e/ou de proteção, sejam essas oriundas de qualquer fenômeno, físico, químico e/ou de outra determinada natureza. A ABNT NBR NM 315:2017 normatiza os requisitos e práticas recomendadas para a inspeção visual, seja através da análise visual direta, remota ou translúcida. Toda análise visual realizada durante a manutenção deve ser realizada seguindo as diretrizes da ABNT NBR NM 315:2017. É importante ressaltar, que o presente trabalho tem como foco as patologias oriundas dos mecanismos químicos que possam vir a agredir a estrutura.

Após a inspeção, deve ser analisada de modo mais preciso a integridade da pintura e das conexões, além das deformações sofridas pela edificação. E desse jeito, ser possível gerar um diagnóstico e finalizar a manutenção, que pode solicitar que sejam realizados reparos ou não.

Os reparos dos elementos que compõem a estrutura e seu sistema de proteção podem já ser realizados durante sua inspeção, após constatadas as irregularidades.

O fluxograma tem ainda outros subprocessos, que são subatividades, ligadas às atividades de:

- Analisar a integridade da pintura;
- Observar os pontos críticos (conexões);
- Verificar as deformações sofridas pela estrutura;

Esses subprocessos, que serão abordados nos próximos itens, são, respectivamente:

- Inspeção da Pintura;
- Inspeção das Conexões;
- Inspeção de Deformações.

Após realizadas todas as atividades necessárias para a manutenção, é concebido o diagnóstico da estrutura. Que irá conter a situação em que se encontra a

edificação, se é necessário realizar reparos ou não, cujos quais já podem ter sido executados durante o processo de manutenção, dentre outras medidas que possam vir a ser tomadas pelo profissional responsável pela vistoria.

Existe ainda a vistoria realizada em estruturas metálicas revestidas, essas para a sua primeira inspeção irá ser analisada a integridade do revestimento. Para analisar os elementos estruturais metálicos é necessário que sejam já realizados ensaios não destrutivos. Pois, com o revestimento não é possível analisar apenas visualmente a estrutura metálica. Por isso, torna-se necessário o ensaio não destrutivo de potencial de corrosão, que irá avaliar a integridade do elemento estrutural. Esse ensaio é normatizado pela norma ASTM C 876:2015 e tem como finalidade monitoramento da corrosão das armaduras de estruturas de concreto armado, porém pode ser adaptado para analisar os elementos estruturais metálicos que são revestidos.

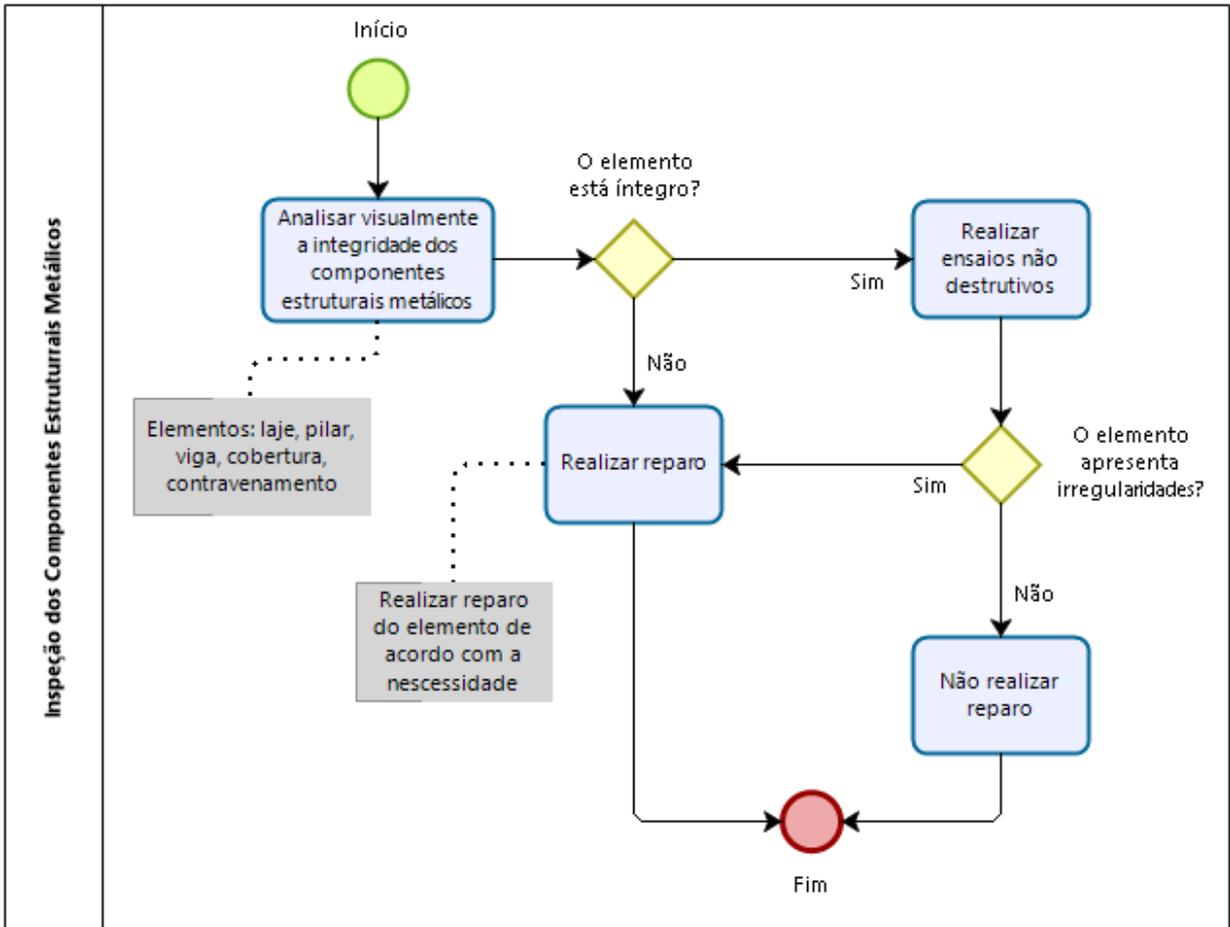
Para as estruturas metálicas revestidas é importante ressaltar que o fluxograma sofre modificações e o processo de manutenção tem algumas variações que devem ser seguidas para boa inspeção e, conseqüentemente, boa manutenção.

## 4.2 INSPEÇÃO DOS COMPONENTES ESTRUTURAIS METÁLICOS

Como já informado, no item anterior, o principal objetivo da manutenção é a inspeção, que visa assegurar e atender aos requisitos de desempenho e vida útil da estrutura. Para realizar essa vistoria de maneira a satisfazer e garantir os requisitos de desempenho é necessário atentar-se a todos os elementos da estrutura, desde lajes, pilares, vigas até componentes da cobertura e de contraventamento. Por isso, esse item irá abordar as atividades a serem realizadas em todos os elementos e componentes durante a inspeção para a manutenção dos mesmos.

Na Figura 10 a seguir é apresentado um fluxograma, onde é possível observar as atividades para realizar a inspeção em todos os elementos estruturais metálicos analisados.

Figura 10 - Fluxograma para inspeção dos elementos estruturais metálicos



Fonte: (AUTOR, 2020)

Como exposto no fluxograma acima, os componentes analisados são todos aqueles que formam o esqueleto estrutural da edificação.

Primeiramente, deve-se observar a integridade dos elementos estruturais, essa primeira análise deve ser visual. A integridade do elemento é definida pela inexistência de descontinuidades na peça. Essas descontinuidades podem ser fraturas, fissuras, corrosão, deslocamentos, empenamentos, dentre outras que comprometem o desempenho da estrutura. Atestando a ausência de tais não conformidades visualmente, se faz necessária a investigação por meio de ensaios destrutivos e/ou não destrutivos. Salienta-se que tal análise deve ser realizada em consonância com os demais itens de verificação da manutenção abordados neste item.

Após realizada a investigação, caso não sejam constatadas irregularidades é finalizada a inspeção daquele determinado componente, ou seja, não existe a necessidade de ser realizada a intervenção para reparar o componente e/ou elemento. Porém, caso sejam apresentadas irregularidades ou descontinuidades, em

qualquer que seja a etapa da análise, visualmente ou através da investigação por meio de ensaios, deve ser realizado o procedimento para realização do reparo do componente. Os reparos a serem realizados dependerão das patologias que acometem a estrutura e/ou aquele determinado componente analisado.

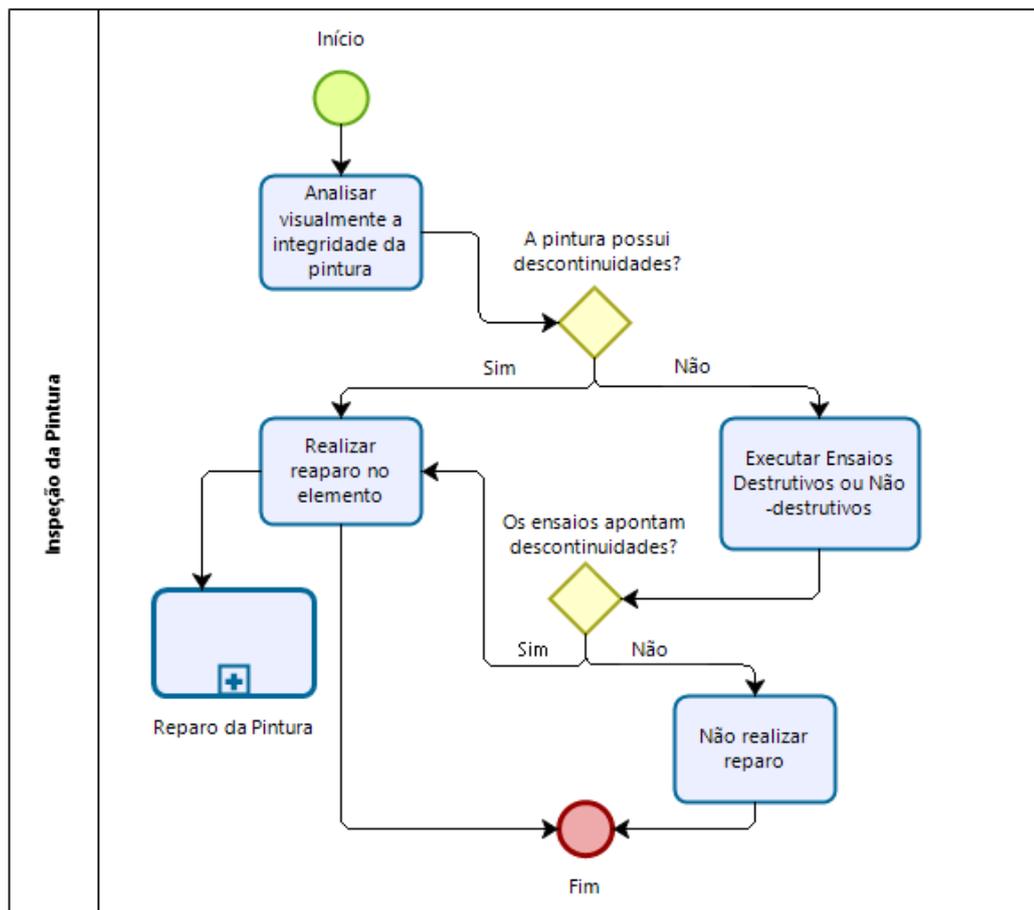
### 4.3 INSPEÇÃO DA PINTURA

Após realizada a inspeção geral na estrutura, seguem-se as atividades com os processos mais específicos. Estes irão analisar de forma mais precisa os elementos do sistema de proteção e das conexões da estrutura.

A inspeção da pintura é um dos processos que mais deve-se atentar às possíveis patologias que possam apresentar, pois é esse sistema que irá garantir a proteção do sistema estrutural. Qualquer patologia detectada nesse sistema tem interferência direta no desempenho e vida útil da estrutura.

A Figura 11 apresenta o fluxograma com as atividades necessárias ao processo de inspeção da pintura.

Figura 11 - Fluxograma para inspeção da pintura



É possível observar no fluxograma acima as atividades necessárias para a inspeção da pintura. Como primeira atividade tem-se a análise visual (ABNT NBR NM 315:2017) da integridade da pintura. Deve ser realizada de maneira mais específica analisando apenas a pintura é necessário que seja feita outra inspeção visual focando apenas nas possíveis patologias do sistema de proteção.

As patologias apresentadas no sistema de proteção do tipo pintura podem ser provenientes tanto da má aplicação da tinta durante sua execução, como também por ações alheias, como dinamismo do meio ambiente, danos mecânicos, etc. Dentre essas falhas podem ser citadas o enrugamento, craqueamento, crateras, impregnação de abrasivos e/ou contaminantes, corrosão, poros, pulverização seca (over spray), desgaste, dentre outras.

Após a análise visual do sistema de pintura é possível seguir dois caminhos. O primeiro, caso haja patologias é preciso que seja feito o reparo, cujo qual segue um novo subprocesso, o reparo da pintura (item 4.5.1). O segundo, caso não apresentem patologias visíveis é necessário que sejam realizados ensaios, que podem ser destrutivos ou não destrutivos. Na Tabela 10 abaixo é possível observar as normas que regularizam e preconizam os ensaios destrutivos e não destrutivos para a avaliação da integridade da pintura.

**Tabela 10 - Normas para avaliação da integridade da pintura**

Normas	Finalidade	Ensaios
<b>ABNT NBR 10443:2008 – Tintas e vernizes – Determinação da espessura da película seca sobre superfícies rugosas – Método de ensaio</b>	Determinar a espessura de películas secas de tintas.	Ímã permanente Magneto indutivo e correntes parasitas Relógio comparador Corte em “V”
<b>ABNT NBR 11003:2009 – Tintas – Determinação da aderência</b>	Determinar e avaliar a aderência de tintas sobre substratos metálicos de uma ou mais camadas de tintas	Corte em X Corte em grade
<b>ABNT NBR 16172:2014 – Revestimento anticorrosivos – Determinação de descontinuidades aplicados sobre substratos metálicos</b>	Determinar as descontinuidades em revestimentos anticorrosivos não condutores.	Medidor de descontinuidade (Holiday Detector)
<b>ISO 4624:2016 – Paints and varnishes – Pull-off test for adhesion</b>	Determinar a resistência ao arrancamento ou aderência de	<i>Pull-off test</i>

um revestimento aplicado em substratos rígidos.

Fonte: (AUTOR, 2020)

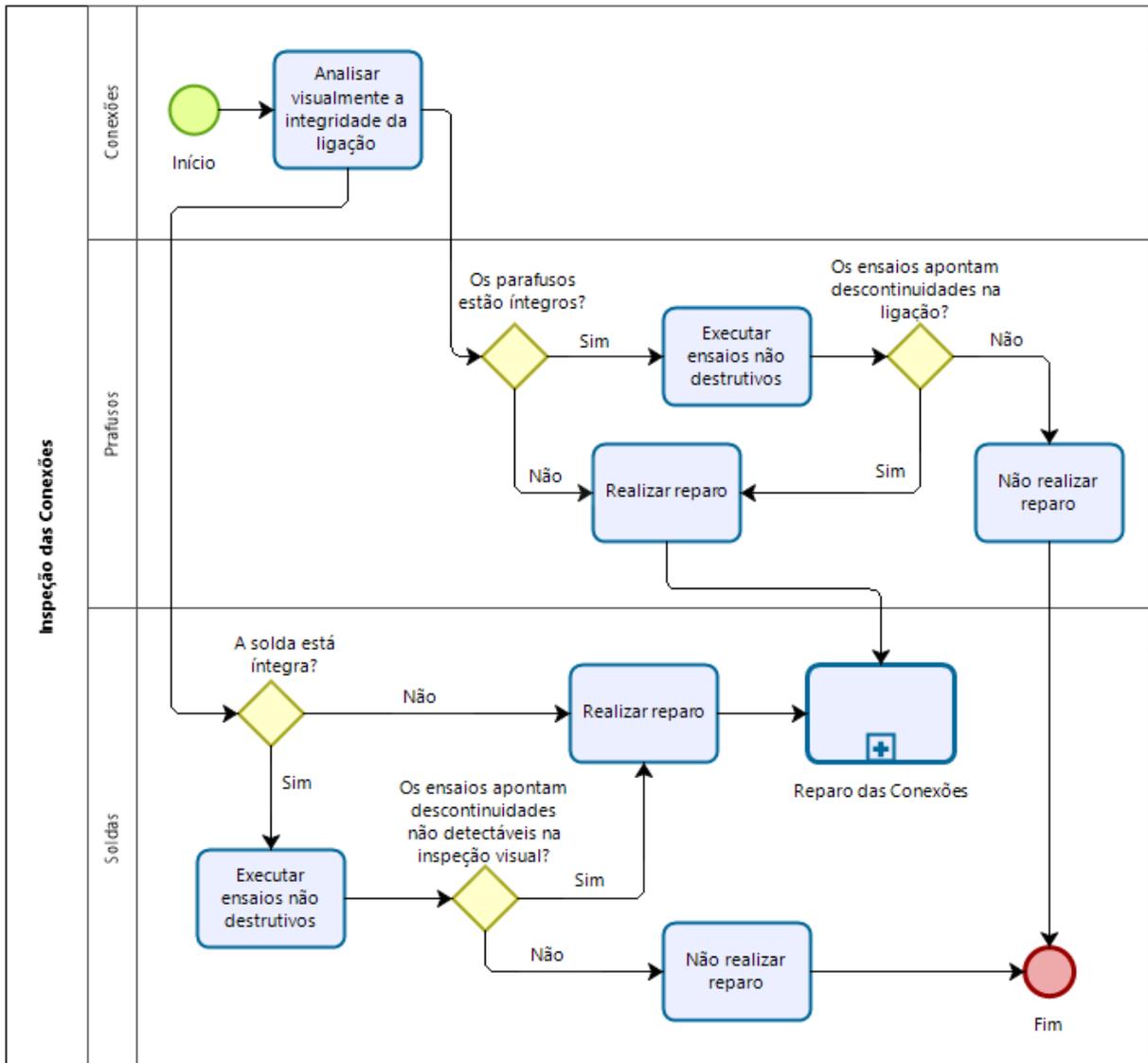
Depois de realizados os ensaios, caso sejam detectadas patologias se faz necessário o reparo da pintura; caso contrário, e o sistema de pintura estiver íntegro não é necessário o reparo. Por fim, pode-se finalizar esse processo e conceber o diagnóstico da análise do sistema de pintura.

#### 4.4 INSPEÇÃO DAS CONEXÕES

Como abordado na revisão bibliográfica, os pontos mais críticos de estruturas em aço, onde é possível maior manifestação de patologias, são as conexões ou ligações, sejam essas parafusadas ou soldadas. Por isso, a atenção deve ser redobrada nesses pontos desde a sua concepção até manutenção.

Na Figura 12 a seguir é abordado o fluxograma contendo as atividades para a inspeção e manutenção das conexões ou ligações.

Figura 12 - Fluxograma para inspeção das conexões



Fonte: (AUTOR, 2020)

Como pode-se observar nas atividades elucidadas no fluxograma, a primeira mais uma vez é a inspeção visual. E como já informado no item anterior, é uma etapa importante para uma análise mais efetiva das descontinuidades com foco nas patologias que possam acometer as ligações.

O processo de Inspeção das Conexões é análogo ao processo de Inspeção da Pintura (item 4.2). Após a verificação visual, caso haja patologias detectáveis na inspeção, se faz necessário o reparo das conexões (item 4.5.2). Caso não sejam verificadas descontinuidades visualmente, devem ser realizados os ensaios não destrutivos para atestar a veracidade da integridade da ligação ou informar as patologias.

São várias as patologias que podem acometer as ligações das estruturas metálicas que podem ser distintas para o tipo de ligação. Essas podem ser oriundas do processo de execução, mau dimensionamento da ligação como número incorreto de parafusos ou dimensionamento incorreto da solda para aguentar o esforço solicitante, além da própria falta de manutenção ou uso inadequado da edificação. Essas falhas podem ser fraturas, fissuras, trincas dos mais variados tipos, porosidade, respingos, mordeduras, falta de fusão, falta de penetração, dimensão incorreta da solda, dentro outras.

Os ensaios realizados para verificar a integridade das ligações são apenas não destrutivos, diferente da verificação do sistema de pintura que podem ser realizados ensaios destrutivos e/ou não destrutivos. Isso se dá devido ao fato que a ligação é um ponto de estabilidade da estrutura, onde qualquer interferência destrutiva por menos que seja pode ocasionar um sinistro na estrutura com danos que podem ser irreparáveis. Os ensaios não destrutivos são distintos para cada tipo de conexão.

Nas Tabelas 11 e 12 a seguir, podem ser observadas as normas que preconizam os ensaios não destrutivos para ligações parafusadas e ligações soldadas, respectivamente, e esses ensaios têm a finalidade de detectar as mais variadas descontinuidades que podem acometer as ligações.

**Tabela 11 - Ensaios não destrutivos para ligações parafusadas**

Normas	Ensaios
<b>ABNT NBR 6002:2015 – Ensaios não destrutivos – Ultrassom – Detecção de descontinuidades em chapas metálicas</b>	Ultrassom

Fonte: (AUTOR, 2020)

Poucos são os ensaios para as ligações parafusadas devido à facilidade de averiguação das patologias visualmente. Porém, é recomendado, que se faça o ensaio de ultrassom na chapa metálica para a detecção de descontinuidades que possam vir a acometer a ligação, esse ensaio deve ser realizado em qualquer situação que esteja o parafuso, seja íntegro ou acometido por alguma patologia. Outra técnica recomendada para avaliação da integridade dessa ligação é a diferença de potencial, porém não existem normas que regulamentam os ensaios de potencial de corrosão em estruturas metálicas.

Tabela 12 - Ensaio não destrutivos para ligações soldadas

Normas	Finalidade	Ensaio
<b>ABNT NBR 15739:2016 – Ensaio não destrutivos – Radiografia em juntas soldadas – Detecção de descontinuidades</b>	Detectar fissuras, por meio de raios X e raios gama em juntas soldadas de materiais metálicos.	Fluoroscopia Radiografia computadorizada Radioscopia
<b>ABNT NBR NM 334:2012 – Ensaio não destrutivos – Líquidos penetrantes – Detecção de descontinuidades</b>	Detectar descontinuidades abertas à superfície, em materiais não porosos, metálicos.	Líquido Penetrante
<b>ABNT NBR NM 342:2015 – Ensaio não destrutivos – Partículas magnéticas – Detecção de descontinuidades</b>	Detectar descontinuidades superficiais e subsuperficiais, em materiais ferromagnéticos.	Partícula Magnética
<b>ABNT NBR 16196:2020 – Ensaio não destrutivos – Ultrassom – Uso da técnica de tempo de percurso da onda difratada (ToFD) para ensaios em soldas</b>	Detectar descontinuidades e sua profundidade, além de verificar a espessura do material e a qualidade das soldas.	Ultrassom

Fonte: (AUTOR, 2020)

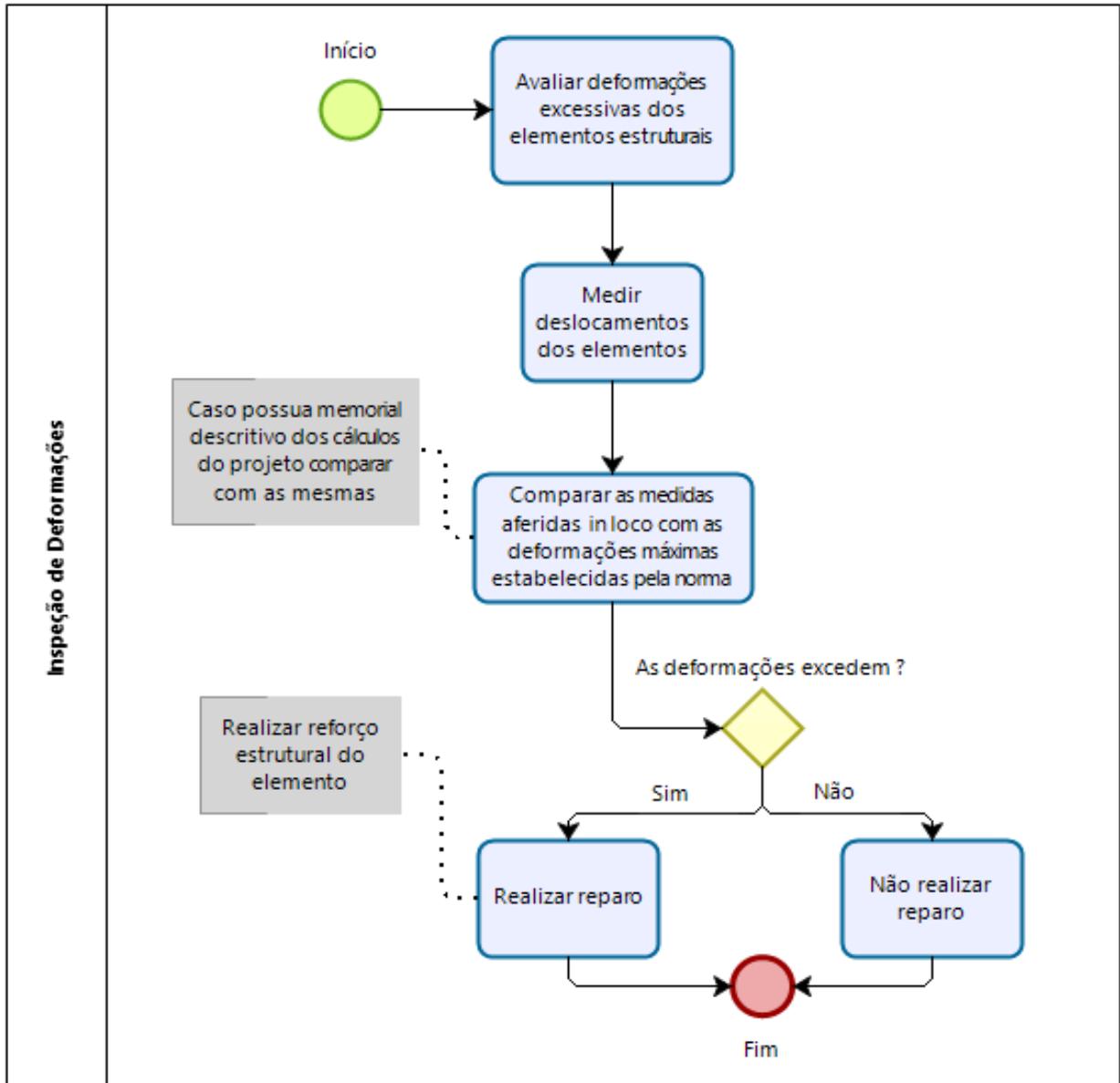
Após realizados os ensaios necessários para identificar as possíveis patologias das ligações, a atividade posterior é análoga a do processo realizado na inspeção da pintura. Ou seja, caso possua patologias se faz necessário o reparo, caso as ligações mostrem-se íntegras, livres de descontinuidades após os ensaios o reparo não se faz necessário. Portanto, pode-se conceber o diagnóstico da análise das conexões.

#### 4.5 INSPEÇÃO DE DEFORMAÇÕES

A estrutura sofre deformações durante sua vida útil em detrimento dos carregamentos submetidos a mesma. Os carregamentos podem ser permanentes, variáveis e/ou excepcionais (ABNT NBR 8681:2003). Porém, não podem exceder o que foi determinado em projeto para não sofrer deformações excessivas e indesejadas. Por isso, torna-se imprescindível analisar as deformações sofridas pela estrutura também.

Na Figura 13 apresenta o fluxograma das atividades necessárias para a inspeção das deformações de maneira simples e sucinta, como pode ser observado.

**Figura 13 - Fluxograma para inspeção de deformações**



Fonte: (AUTOR, 2020)

O fluxograma acima é bem simples e apresenta de forma sucinta, como supracitada, as atividades para avaliar as deformações da estrutura de forma efetiva. Para isso, é importante medir seus deslocamentos e comparar essas medidas aferidas com as deformações estabelecidas em projeto, caso seja possível ainda o acesso ao memorial descritivo do projetista, caso contrário a norma estabelece deformações máximas cujas quais podem ser comparadas.

Não existe um único método específico para a realização das aferições dos deslocamentos. Porém, uma das principais práticas desenvolvidas para essa etapa,

se dá pela medição realizada através de LVDT's (Linear Variable Differential Transformers), transformadores diferenciais lineares que ganham cada vez mais espaço no mercado substituindo os relógios medidores em detrimento das várias vantagens possibilitadas pelo novo método.

Na Tabela 13 abaixo, retirada do Anexo C da ABNT NBR 8800:2008, pode-se consultar as deformações máximas permitidas no Estado Limite de Serviço (ELS) para cada elemento da estrutura.

**Tabela 13 - Deformações máximas dos elementos estruturais**

Descrição	$\delta^a$
Travessa de fechamento	$L/180^b$
	$L/120^{c,d}$
Terças de cobertura <sup>g</sup>	$L/180^e$
	$L/120^f$
Vigas de cobertura <sup>g</sup>	$L/250^h$
Vigas de piso	$L/350^h$
Vigas que suportam pilares	$L/500^h$
Vigas de rolamento: <sup>i</sup> - Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal inferior a 200 kN - Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN, exceto pontes siderúrgicas - Deslocamento vertical para pontes rolantes siderúrgicas com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN - Deslocamento horizontal, exceto para pontes rolantes siderúrgicas - Deslocamento horizontal para pontes rolantes siderúrgicas	$L/600^j$
	$L/800^j$
	$L/1000^j$
	$L/400$
	$L/600$
Galpões em geral e edifícios de um pavimento: - Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base - Deslocamento horizontal do nível da viga de rolamento em relação à base	$H/300$ $H/400^{k,l}$
	Edifícios de dois ou mais pavimentos: - Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base - Deslocamento horizontal relativo entre dois pisos consecutivos

<sup>a</sup> L é o vão teórico entre apoios ou o dobro do comprimento teórico do balanço, H é a altura total do pilar (distância do topo à base) ou a distância do nível da viga de rolamento à base, h é a altura do andar (distância entre centros das vigas de dois pisos consecutivos ou entre centros das vigas e a base no caso do primeiro andar).

<sup>b</sup> Deslocamento paralelo ao plano do fechamento (entre linhas de tirantes, caso estes existam).

<sup>c</sup> Deslocamento perpendicular ao plano do fechamento.

<sup>d</sup> Considerar apenas as ações variáveis perpendiculares ao plano de fechamento (vento no fechamento) com seu valor característico.

<sup>e</sup> Considerar combinações raras de serviço, utilizando-se as ações variáveis de mesmo sentido que o da ação permanente.

---

<sup>f</sup> Considerar apenas as ações variáveis de sentido oposto ao da ação permanente (vento de sucção) com seu valor característico.

<sup>g</sup> Deve-se também evitar a ocorrência de empoçamento, com atenção especial aos telhados de pequena declividade.

<sup>h</sup> Caso haja paredes de alvenaria sobre ou sob uma viga, solidarizadas com essa viga, o deslocamento vertical também não deve exceder a 15 mm.

<sup>i</sup> Considerar combinações raras de serviço

<sup>j</sup> Valor não majorado pelo coeficiente de impacto

<sup>k</sup> No caso de pontes rolantes siderúrgicas, o deslocamento também não poderá ser superior a 50 mm

<sup>l</sup> O diferencial do deslocamento horizontal entre pilares do pórtico que suportam as vigas de rolamento não pode superar 15 mm.

<sup>m</sup> Tomar apenas o deslocamento provocado pelas forças cortantes no andar considerado, desprezando-se os deslocamentos de corpo rígido provocados pelas deformações axiais dos pilares e vigas.

---

Fonte: (ABNT NBR 8800:2008)

Ao comparar as medidas das deformações com as medidas máximas do projeto ou apontada na tabela acima é preciso atentar-se às diferenças apresentadas. Caso as medidas excedam algum dos limites informados deve ser feito o reforço estrutural do elemento; caso contrário e essas encontrem-se no intervalo limite não será necessário o reforço, porém é importante ponderar e controlar essas deformações, podendo ser feitas simulações através de *softwares* de dimensionamento, como Abacus, CypeCAD, Eberick, Robot da Autodesk, SAP2000, TQS, dentro outros. O reforço estrutural deve ser realizado em parceria de um engenheiro calculista especialista em estrutura metálica com expertise em reforços estruturais, como também a análise das deformações pode ser realizada em parceria. Todas as decisões devem ser tomadas levando em consideração o desempenho, estabilidade e vida útil da estrutura.

#### 4.6 REPAROS

Durante a manutenção se faz necessário intervenções (reparos ou reforços) nos elementos analisados que apresentam descontinuidades, sejam essas detectadas através da análise visual ou de ensaios destrutivos e/ou não destrutivos.

Geralmente, os sistemas de pintura (proteção) e/ou de ligações são os mais suscetíveis às patologias. Por isso, neste item, além das intervenções para os componentes estruturais, será abordado, de maneira específica, o que é preciso ser feito para que os reparos nesses sistemas sejam realizados e garantam a durabilidade e vida útil da estrutura, de modo que não interfiram no desempenho da mesma.

#### 4.6.1 Reparo dos Elemento Estruturais Metálicos

O elemento estrutural metálico (laje, viga, pilar, cobertura) pode apresentar patologias que necessitam de intervenção, cujas quais devem ser realizadas no próprio elemento analisado, de modo a garantir a condição mínima exigível de desempenho e habitabilidade durante sua vida útil.

Como já abordadas no presente trabalho diversas são as patologias que acometem a estrutura metálica, e cada patologia tem um procedimento específico para receber a intervenção, que pode ser reparo ou reforço. A intervenção tem por finalidade evitar maiores danos e garantir a integridade e performance adequada da estrutura, seus respectivos componentes e elementos e, conseqüentemente habitabilidade da construção.

Muitos podem ser os reparos necessários a serem realizados nos componentes, desde o simples tratamento da superfície, reforço ou até mesmo troca do elemento. O que irá definir o tipo de reparo para determinado componente é a patologia que o acomete.

Dentre as patologias mais frequente, têm-se:

- Corrosão, desgaste;
- Deformações excessivas, fadiga;
- Anomalias, descontinuidades, irregularidades.

Após identificado o tipo de patologia e sua origem é possível intervir de maneira direta na causa para reparar e/ou minimizar o dano. Algumas das intervenções mais comuns a serem realizadas são as seguintes:

- Limpeza mecânica, limpeza química;
- Aplicação de revestimentos (pintura, ânodo de sacrifício);
- Proteção catódica;
- Substituição de elementos anômalos, cujos quais se encontram com níveis de deterioração elevados;
- Reforço estrutural, através de soldagem, parafusamento, colagem de chapas planas, colagem de cantoneiras, adição de pilares;
- Dentre outros.

É importante salientar que para cada uma das soluções apresentadas, dependerá do nível em que a patologia e/ou o dano a estrutura apresenta para ser utilizada.

Para níveis leves de deterioração, em casos de corrosões e desgastes superficiais, a limpeza (mecânica ou química) seguida da aplicação do sistema de revestimento específico (Tabela 17, item 4.6.2) para aquele determinado ambiente será suficiente. Se a corrosão estiver muito acentuada torna-se indispensável um estudo do componente de maneira mais objetivada e uma intervenção ainda maior, com limpeza, revestimento e a possibilidade de reforço localizado. Quando a patologia reflete uma anomalia do/no elemento é necessário uma avaliação do nível do dano, pois a mesma pode requisitar a troca do elemento ou apenas o seu reforço com soldas, parafusos, chapas, etc, em alguns casos pode ser preciso o reforço com a adição de pilares ao sistema. Para toda situação é de suma importância a análise do grau de gravidade da patologia para que a intervenção a ser realizada seja a mais adequada para reparar e minimizar o dano sofrido.

Em todo caso é evidente e indispensável para a realização do reparo o acompanhamento por profissionais competentes e habilitados.

#### **4.6.2 Reparo de Pintura**

A pintura é o sistema de proteção mais utilizado nas estruturas metálicas, devido a acessibilidade ao produto na região e a fácil aplicação, além de ser economicamente mais viável que demais sistemas de proteção. Mas tende a sofrer sérios danos patológicos que podem comprometer a estrutura, especialmente, caso não seja definido um bom projeto de pintura, com tipo de tinta adequado, espessura da camada determinada pela agressividade do meio ambiente, método e tempo de aplicação, além dos cuidados durante o uso da estrutura, como sua manutenção em tempo hábil e de maneira eficaz. Por isso, muitas vezes é necessário a realização de reparos durante sua vida útil, para garantir assim o pleno desempenho esperado pela edificação.

A determinação do sistema de proteção depende especialmente da agressividade do meio em que a estrutura estará inserida. Na Tabela 14 a seguir, é possível observar a corrosividade do meio ambiente para aços carbonos apresentada na norma ISO 12944-2:2017.

Tabela 14 - Corrosividade do meio ambiente em aços carbono comum

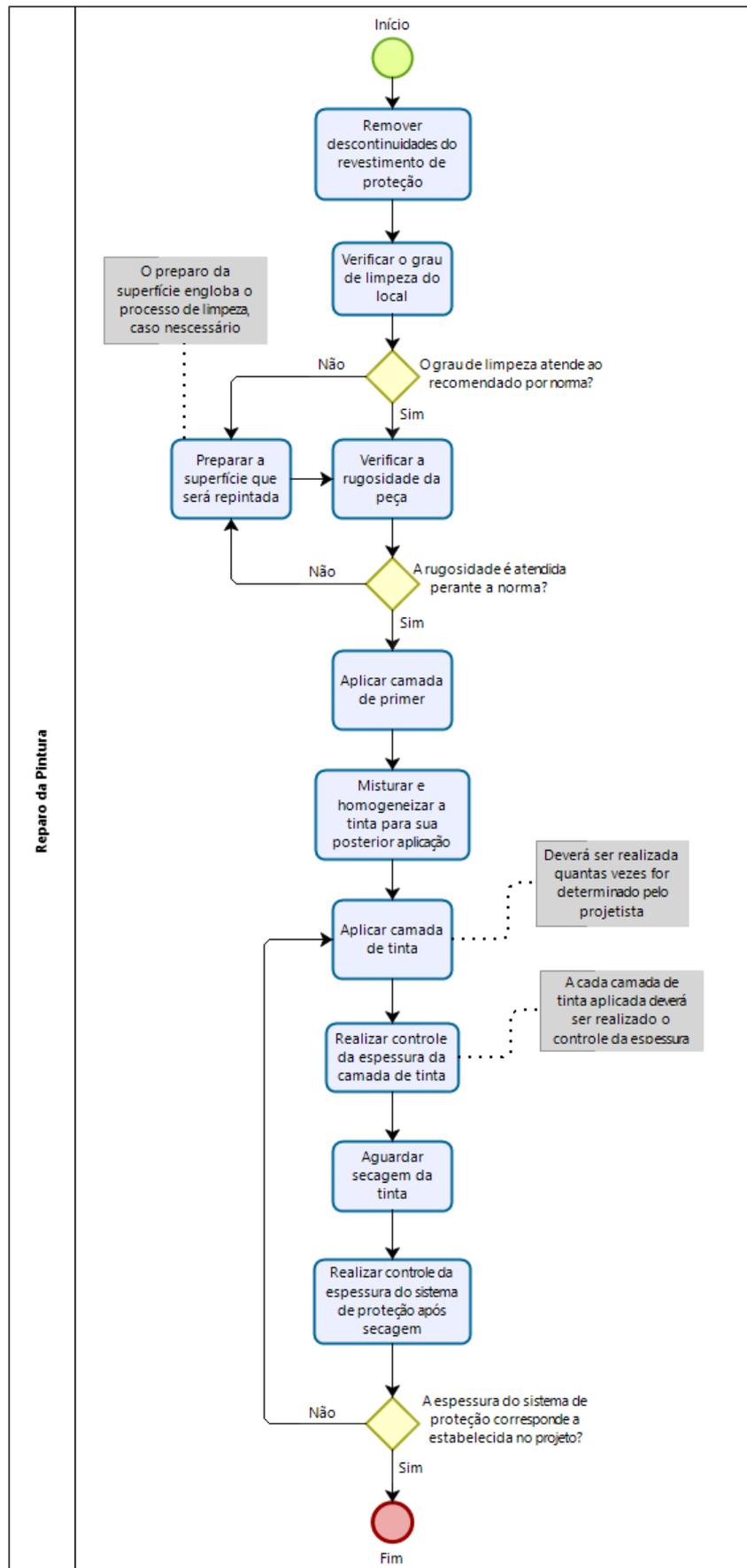
Categoria de agressividade	Perda de massa e espessura para aço baixo carbono, após 365 dias de exposição		Exemplos de ambientes típicos (informativo)	
	Perda de massa (g/m <sup>2</sup> )	Perda de espessura (μm)	Exterior	Interior
C1 (muito baixa)	≤ 10	≤ 1,3	—	Edificações condicionadas para o conforto humano (residências, escritórios, lojas, escolas, hotéis).
C2 (baixa)	> 10 a 200	> 1,3 a 25	Atmosferas com baixo nível de poluição. A maior parte das áreas rurais.	Edificações onde a condensação é possível, como armazéns e ginásios cobertos.
C3 (média)	> 200 a 400	> 25 a 50	Atmosferas urbanas e industriais com poluição moderada por SO <sub>2</sub> . Áreas costeiras de baixa salinidade.	Ambientes industriais com alta umidade e alguma poluição atmosférica, como lavanderias, fábricas de alimentos, laticínios, cervejarias, etc.
C4 (alta)	> 400 a 650	> 50 a 80	Áreas industriais e costeiras de salinidade moderada.	Ambientes como indústrias químicas e coberturas de piscinas.
C5-I (muito alta, industrial)	> 650 a 1.500	> 80 a 200	Áreas industriais com alta umidade e atmosfera agressiva.	Edificações ou áreas com condensação quase que permanente e com alta poluição.
C5-M (muito alta, marinha)	> 650 a 1.500	> 80 a 200	Áreas costeiras com alta umidade e atmosfera agressiva.	

Fonte: (ISO 12944-2:2012 adaptado por PANNONI, 2015B)

A partir da tabela acima é possível determinar o melhor esquema/sistema de pintura para uma construção metálica. Levando em consideração a agressividade do ambiente em que a estrutura será inserida, as perdas de massa e de espessura do perfil explícitas no quadro da imagem acima são de extrema importância para o controle de qualidade da estrutura, como para garantir a durabilidade e estabilidade da edificação durante a vida útil de projeto. E para garantir a integridade do sistema de pintura e, conseqüentemente, da estrutura, torna-se imprescindível a manutenção e realização de reparos quando necessários.

Antes de iniciar qualquer procedimento para realização do reparo a superfície deve ser inspecionada visualmente de acordo com os critérios definidos pela ABNT NBR 15185:2004. Após realizada a inspeção visual pode-se dar continuidade às atividades reparadoras. Para agilizar e facilitar o processo de reparo da pintura foi elaborado um fluxograma com as atividades indispensáveis para realização desse processo. Na Figura 14 a seguir, pode-se observar o fluxograma:

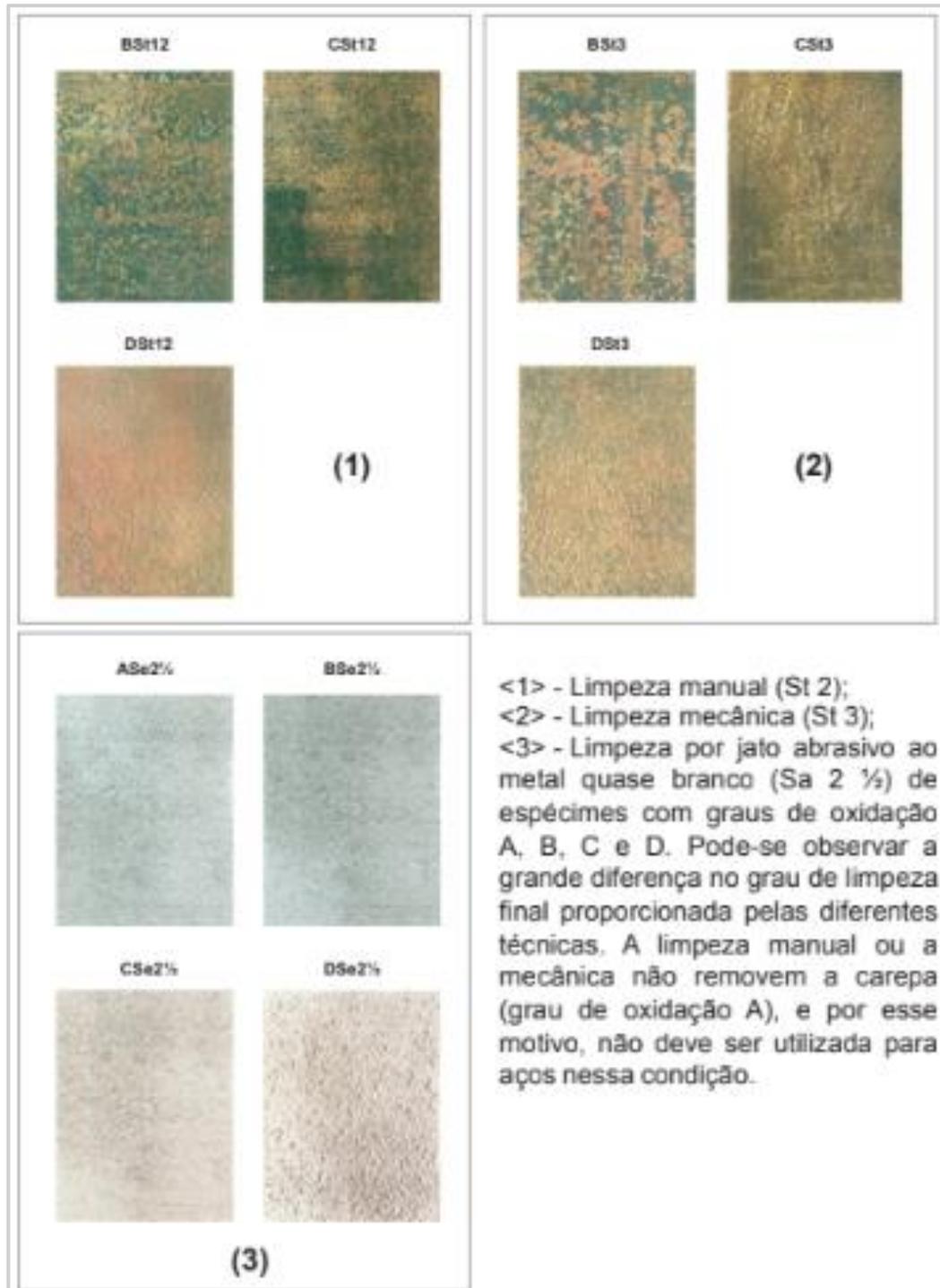
Figura 14 - Fluxograma para reparo de pintura



É possível perceber no fluxograma acima que para um reparo bem feito de uma patologia na pintura é preciso, no primeiro momento, a remoção dessa descontinuidade, seguida da limpeza da superfície que será repintada.

Para a limpeza da superfície esta pode ser realizada através de três técnicas: manual, mecânica ou por jateamento abrasivo. Na Figura 15 abaixo, é possível observar os graus de limpeza de cada técnica.

**Figura 15 - Graus de limpeza de uma superfície metálica**



Depois da verificação do grau de limpeza e se atendido como os da figura anterior, ou pelas ABNT NBR 15239:2005 – Tratamento de superfícies de aço com ferramentas manuais e mecânicas e ABNT NBR 7348:2017 – Pintura industrial — Preparação de superfície de aço com jato abrasivo e hidrojateamento, deve verificar a rugosidade da peça de acordo com as especificações e requisitos abordados na ABNT NBR 15488:2007 – Pintura industrial – Superfície metálica para aplicação de tinta – Determinação do perfil de rugosidade.

Para maior controle da qualidade e exemplificar o processo de inspeção antes e após o jateamento ou hidrojateamento, a ABNT NBR 7348:2017 apresenta duas tabelas com as análises necessárias a serem realizadas e as normas que preconizam as mesmas. Nas Tabelas 15 e 16 abaixo pode-se observar quais são as verificações imprescindíveis para garantir a qualidade da preparação da superfície.

**Tabela 15 - Inspeção antes do jateamento ou hidrojateamento**

<b>Inspeção a realizar</b>	<b>Norma/Referência</b>
Limpeza da superfície	<b>ABNTNBR 15185</b>
Grau de intemperismo da superfície sem pintura	<b>ISSO 8501-1 NACE VIS 7/SSPC-VIS 4</b>
Grau de intemperismo da superfície pintada	<b>ISO 4628-3 ASTM D610 NACE VIS 7/SSPC-VIS 4</b>
Granulometria do abrasivo	<b>ABNT NBR 16267</b>
Impurezas no abrasivo	<b>Nota 3</b>
Teor de cloreto nos abrasivos	<b>ASTM D940</b>
Qualidade da água para hidrojateamento	<b>6.2.1</b>
Qualidade do ar comprimido a ser utilizado no jateamento abrasivo	<b>ASTM D4285</b>
Condições ambientais e determinações do ponto de orvalho para jateamento abrasivo	<b>6.5</b>

Fonte: (ABNT NBR 7348:2017)

**Tabela 16 - Inspeção após o jateamento ou hidrojateamento**

<b>Inspeção a realizar</b>	<b>Norma/Referência</b>
Limpeza da superfície	<b>ABNTNBR 15185</b>
Avaliação do nível de oxidação superficial para o hidrojateamento	<b>NACE VIS 7/SSPC-VIS 4</b>

Grau de preparação da superfície	<b>ISO 8501-1</b> <b>NACE VIS 7/SSPC-VIS 4</b>
Perfil de rugosidade	<b>ABNT NBR 15488</b>
Teor de cloretos na superfície	<b>ISO 8502-6</b> <b>ISO 8502-9</b> <b>NOTA: Outros métodos de determinação do teor de sais podem ser utilizados, desde que acordado previamente entre as partes</b>
Contaminação por pó	<b>ISO 8502-3</b>

Fonte: (ABNT NBR 7348:2017)

Ao atender todas as especificações, seja do grau de limpeza ou da rugosidade, exigidas à superfície para o reparo se faz a aplicação do sistema de proteção.

O sistema de pintura tem que atender as especificações da norma ISO 12944-5:2019 Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 5: Protective paint systems. Na Tabela 17 são abordados alguns exemplos de sistemas de pintura que podem ser adotados para cada determinada classe de agressividade.

**Tabela 17 - Exemplos de sistemas de pintura**

<b>Exemplos de ambiente</b>	<b>Tinta de fundo</b>	<b>Tinta intermediária e acabamento</b>	<b>Espessura total de película seca</b>
Atmosfera com baixo nível de poluição. A maior parte das áreas rurais.	Epoxídica 80µm, base seca	Poliuretano acrílico alifático 80µm, base seca	160µm
Atmosferas urbanas e industriais com poluição moderada de SO <sub>2</sub> . Áreas costeiras com baixa salinidade.	Epoxídica 80µm, base seca	Epoxídica 80µm, base seca Poliuretano acrílico alifático 80µm, base seca	240µm
Áreas industriais com salinidade moderada.	Epoxídica 80µm, base seca	Epoxídica 120µm, base seca Poliuretano acrílico alifático 80µm, base seca	280µm
Áreas industriais com alta umidade e atmosfera agressiva.	Epoxídica 80µm, base seca	Epoxídica 80µm, base seca	320µm
Áreas industriais e offshore com alta salinidade.	Epoxídica 80µm, base seca	Epoxídica 160µm, base seca Poliuretano acrílico alifático 80µm, base seca	320µm

---

Considera-se para todos os sistemas de pintura descritos acima, limpeza de superfície mínima padrão Sa 2 1/2.

Todos os sistemas descritos são sistemas de alta durabilidade (>15 anos antes da primeira repintura).

---

Fonte: (PANNONI, 2015B)

Como pode-se observar na tabela anterior, tem bons exemplos de sistemas de proteção para as estruturas metálicas que podem ser seguidos. Porém, é imprescindível que toda decisão tomada seja a melhor possível pensando em todas as prerrogativas para alcançar a durabilidade e qualidade do sistema de maneira que possua um bom e pleno desempenho da estrutura durante a vida útil, além de que é de suma importância a opinião de um profissional sobre o esquema de pintura.

Caso o reparo seja apenas a repintura da estrutura devido a diminuição da espessura da camada de tinta, em detrimento do desgaste, não se faz necessário que todas as etapas discutidas nesse tópico sejam seguidas. Torna-se possível apenas uma repintura atendendo a espessura total necessária para a proteção do perfil metálico, ou seja, será necessário apenas a preparação da superfície para receber a camada de tinta, para que seja atingida a espessura seca adequada para o sistema de pintura.

Durante todo o procedimento devem ser tomados todos os cuidados para que seja feito um bom reparo e que o profissional responsável pelo serviço seja certificado de acordo com a ABNT NBR 15218:2018 – Critérios para qualificação e certificação de inspetores de pintura industrial. Além do mais, é necessário também que sejam realizados todos os ensaios que garantam e atestem a integridade e a qualidade do sistema de pintura aplicado (verificar item 4.2).

#### **4.6.3 Reparo das Conexões**

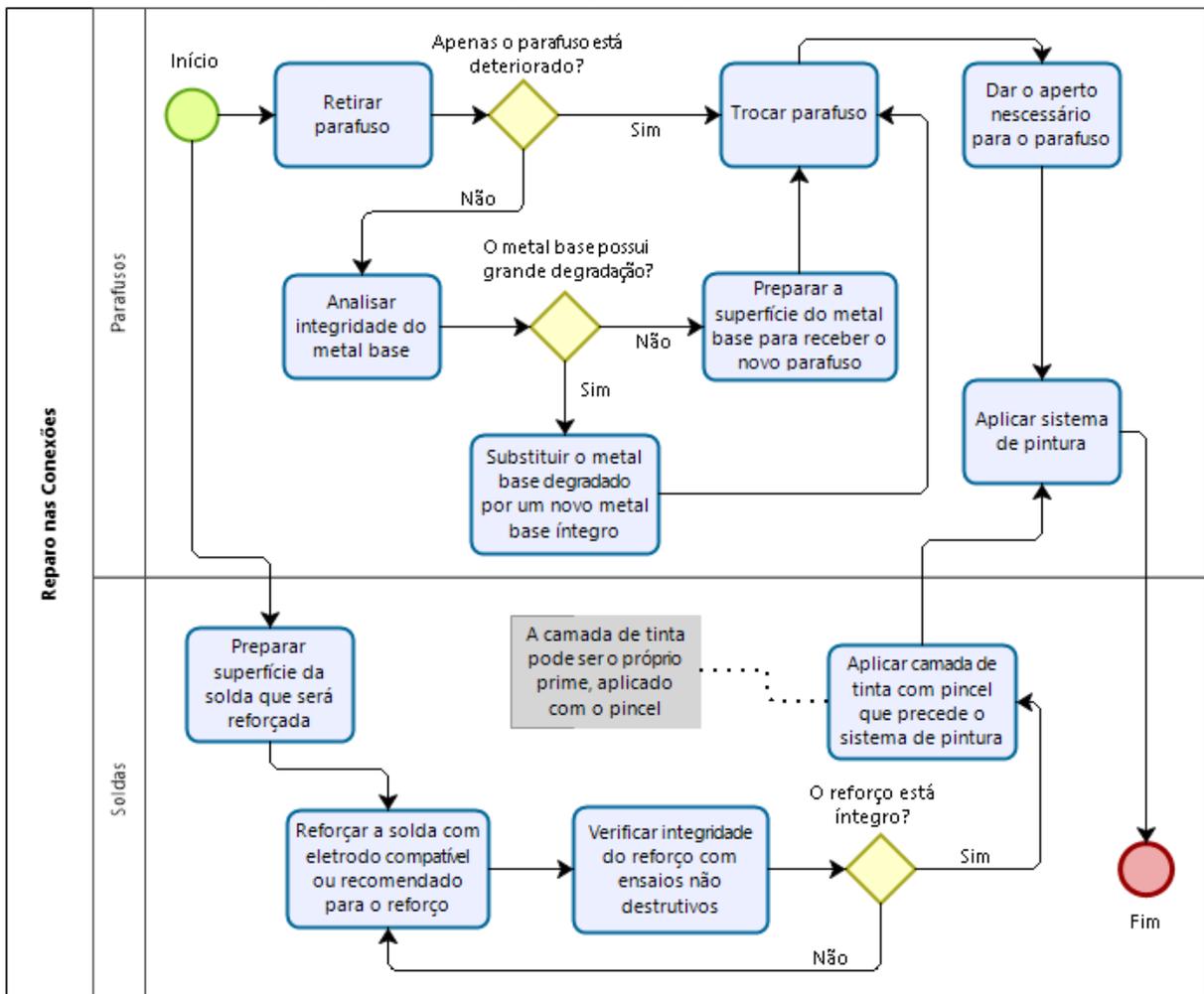
O reparo das conexões é de extrema importância para a estabilidade e segurança da edificação. Muitas das patologias apresentadas nas ligações são decorrentes de problemas no projeto ou na execução, mas é necessário atentar-se também para a falta de manutenção, pois é um fator crucial que implica em sérias patologias. Por isso, a importância da manutenção e do reparo da ligação quando necessário.

Na Figura 16 a seguir, pode ser observado o fluxograma que indica as atividades a serem realizadas durante o processo de reparo dos determinados tipos

de conexões. Como pôde ser observado no item que trata da inspeção das conexões, este fluxograma segue o mesmo raciocínio do qual foi explícito no item 4.3 e que é dividido em duas partes cada uma dessas referente a determinado tipo de conexão (parafusada ou soldada).

Portanto, é importante salientar que existe diferença nos cuidados a serem tomados ou nas atividades necessárias em cada tipo de ligação, seja ela parafusada ou soldada, como pode ser observado no próximo fluxograma. Em detrimento dessa distinção e do próprio processo a ser realizado, é normal que surjam dúvidas durante a realização, mas deve ser realizado de maneira que o reparo seja eficiente e consiga erradicar totalmente a patologia e/ou minimizar ao máximo a ação da progressão dessa falha na deterioração e comprometimento da estrutura.

**Figura 16 - Fluxograma para reparo das conexões**



Fonte: (AUTOR, 2020)

Para melhor compreensão e discussão das atividades a serem realizadas para o reparo das conexões, abordadas pelo fluxograma acima, optou-se por dividir este subitem.

#### 4.6.3.1 Reparo de parafusos das ligações superestruturais

Para o reparo dos parafusos, após constatada(s) a(s) patologia(s) verifica-se a integridade de todo o conjunto da conexão (parafuso + metal base). Se apenas o parafuso estiver deteriorado troca-se o mesmo para reparar a patologia e dá o aperto necessário para garantir a estabilidade da edificação; caso o metal base esteja também comprometido é preciso que seja avaliado seu grau de degradação, cujo qual indicará a melhor decisão a ser tomada. Determinar o grau de degradação, até onde se estende a descontinuidade do metal base é de suma importância, pois a patologia pode apresentar-se apenas na superfície ou se estender por toda a extensão do metal.

No primeiro caso apresentado, degradação apenas superficial do metal base, o tratamento da superfície com lixamento manual ou mecânico até remoção de toda a descontinuidade e/ou falha repararia e conteria sua progressão. Já no segundo caso, se a deterioração se estende por grande parte da extensão do metal o mais adequado é a substituição do metal base para que assim possam ser evitados sinistros irreparáveis pouco tempo posteriores à manutenção.

Após finalizado o reparo, troca do parafuso e dado o aperto necessário para a estabilidade da construção, aplica-se o sistema de pintura adequado à classe de agressividade vigente do ambiente. Na Tabela 17 – Exemplos de sistemas de pintura do item anterior (item 4.6.2) são apresentados alguns sistemas que podem ser consultados e até mesmo utilizados.

Todos os cuidados necessários devem ser tomados durante o reparo e posteriormente, para que assim seja garantida a qualidade do reparo, seja nos elementos que constituem a conexão ou no sistema de proteção da mesma.

#### 4.6.3.2 Reparo de soldas

No reparo da solda, após detectadas as patologias, devem ser tomados todos os cuidados que garantam a qualidade da solda. Por ser um procedimento realizado para solda *in loco* e não possuir um local apropriado como na fábrica os cuidados

devem ser dobrados para que não haja interferência do meio externo durante a soldagem.

Após realizado todos os cuidados e tomadas as devidas proteções para que seja realizado o procedimento de soldagem, é possível observar no fluxograma que no reparo da solda o primeiro passo para que seja realizado o reparo é a preparação da superfície. Geralmente, é retirada a solda danificada por esmerilhamento. Em seguida, é reforçada a solda com o consumível compatível e/ou mais resistente que o utilizado anteriormente. A Tabela 18 abaixo apresenta alguns tipos de consumíveis de soldagem utilizados para aços carbonos comuns e aços patináveis e parafusos também.

**Tabela 18 - Consumíveis de soldagem e parafusos recomendados para diferentes aços**

Tipo de aço	Soldagem				Parafusos
	Eletrodo revestido	MIG/MAG	Arco submerso	Eletrodo tubular	
ASTM A 572 Gr.50	E 7018	ER 70 S6	F7AO EM 12K	E 70T-1 E 71T-1 E 70T-4	ASTM A325 Tipo 1
AÇOCOR 500	E 7018 W E 7018 G	ER 8018 S-G	F7AO EW	E 71T8 Ni1 E 80T 1W	ASTM A325 Tipo3 Grau A

Para soldagem de múltiplos passes, podem-se utilizar eletrodos de composição química especial nos dois últimos filetes, que ficam, efetivamente, em contato com a atmosfera. Para passe simples (um cordão), podem-se utilizar eletrodos convencionais, pois haverá diluição na poça de fusão.

Fonte: (PANNONI, 2015B)

Como pode ser observado vários podem ser os consumíveis para soldagem, é preciso que seja escolhido aquele que melhor atende às especificações e requisitos necessários ao reparo. Após realizada a nova soldagem, ou seja, o reforço da solda danificada, é indispensável a verificação da integridade e qualidade do reforço através dos ensaios não destrutivos.

Caso não a solda não atenda aos requisitos de integridade exigidos se faz necessário que seja realizado novamente o reparo na solda para garantir essa integridade, e assim poder seguir com o procedimento de reparo. Assim, caso o reforço esteja íntegro pode-se dar continuidade ao processo de reparo e aplicar o sistema de proteção.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 APRESENTAÇÃO DO MANUAL

#### 5.1.1 Introdução

O empreendimento [nome do empreendimento] é uma edificação em estrutura metálica, construída pela [construtor ou engenheiro responsável] situada à [endereço da edificação]. A obra de [área da construção]m<sup>2</sup> teve a duração de [informar duração da construção em meses], onde foi utilizado o método construtivo [identificar o método construtivo da obra], de acordo com o estudo realizado durante a concepção do projeto, as estruturas da edificação são aparentes e/ou embutidas [identificar a tipologia de exposição da estrutura].

**Observação:** apresentar mais informações que julgam ser necessárias ao conhecimento do proprietário.

O presente **Manual de Uso, Operação e Manutenção de Edificações em Estruturas Metálicas** tem a finalidade de apresentar e esclarecer todas as informações necessárias sobre o sistema estrutural da edificação. Neste documento são expostos desde termos e prazos de garantias, condições de perdas dessas garantias, relação de fornecedores de materiais e de projetistas, como um plano de manutenção preventiva para a estrutura da edificação, além de demais recomendações essenciais para que a estrutura atinja a vida útil de projeto (VUP).

É importante e necessário que o(a) proprietário(a) leia atenta e integralmente este documento, logo após a entrega e vistoria do imóvel. Para que fique ciente, siga e realize toda e qualquer recomendação do manual com um profissional responsável e qualificado para a tarefa, de modo a garantir seu direito e vida útil da estrutura de acordo com a norma de desempenho. As instruções e informações contidas neste manual e que não forem observadas pelo(a) proprietário (a) do imóvel, poderá levar a perda de garantia parcial ou integralmente do bem. Esse documento faz parte do contrato de compra e venda.

Cabe salientar que é de responsabilidade do proprietário manter e conservar este manual sempre em sua posse e em bom estado de conservação. Em caso de necessidade, como manutenção ou reparo, o(a) proprietário(a) poderá permitir que

este seja consultado pelo profissional que irá executar algum tipo de serviço no imóvel. Se alguma obra precisar ser realizada é de obrigação do(a) proprietário (a) deixar registrado no manual, as alterações realizadas. Qualquer tipo de obra deverá ser realizada sob a orientação e supervisão de um profissional legalmente habilitado, como Engenheiro Civil ou Arquiteto. Caso a obra seja dentro do período de garantia contratual o [construtor ou engenheiro responsável] deverá ser consultado e informado por escrito.

A continuidade da durabilidade e segurança do sistema estrutural da residência em condições normais, dependerão da observância dos detalhes das informações e recomendações fornecidas por este documento, devidamente desenvolvidas para este fim.

Durante a vistoria de entrega do imóvel, junto com um representante do [construtor ou engenheiro responsável], inicia-se a responsabilidade do(a) proprietário(a). A entrega das chaves e do HABITE-SE, simboliza a posse do imóvel, o adquirente receberá o **Manual de Uso, Operação e Manutenção de Edificações em Estruturas Metálicas**. É por ele, que o proprietário(a) deverá se orientar em todas intervenções que vier a fazer no seu respectivo imóvel.

### **5.1.2 Termos e Definições**

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições das ABNT NBR 5674:2012, ABNT NBR 14037:2014 e ABNT NBR 15575-1/2:2013.

Componente – unidade integrante de determinado elemento do edifício, com forma definida e destinada a cumprir funções específicas (exemplos: bloco de alvenaria, telha, folha de porta);

Construtor – pessoa física ou jurídica, legalmente habilitada, contratada para executar o empreendimento de acordo com o projeto e em condições mutuamente estabelecidas;

Degradação – redução do desempenho devido à atuação de um ou de vários agentes de degradação;

Desempenho – comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas;

Edificação – produto constituído de um conjunto de sistemas, elementos ou componentes estabelecidos e integrados em conformidade com os princípios e técnicas da engenharia e da arquitetura;

Elemento – parte de um sistema com funções específicas. Geralmente é composto por um conjunto de componentes (por exemplo, parede de vedação de alvenaria, painel de vedação pré-fabricado, estrutura de cobertura);

Empresa capacitada – organização ou pessoa que tenha recebido capacitação, orientação e responsabilidade de profissional habilitado e que trabalhe sob responsabilidade de profissional habilitado;

Empresa especializada – organização ou profissional liberal que exerce função na qual são exigidas qualificação e competência técnica específicas;

Fornecedor – organização ou pessoa que fornece um produto (exemplo, produtor, distribuidor, varejista ou comerciante de um produto ou prestador de um serviço ou informação);

Garantia legal – direito do consumidor de reclamar reparos, recomposição, devolução ou substituição do produto adquirido, conforme legislação vigente;

Garantia contratual – condições dadas pelo fornecedor por meio de certificado ou contrato de garantia para reparos, recomposição, devolução ou substituição do produto adquirido;

Inspeção predial de uso e manutenção – análise técnica, através de metodologia específica, das condições de uso e de manutenção preventiva e corretiva da edificação;

Integridade estrutural – capacidade da estrutura de evitar seu colapso progressivo na ocorrência de danos localizados;

Manual de uso, operação e manutenção – documento que reúne informações necessárias para orientar as atividades de conservação, uso e manutenção da edificação e operação dos equipamentos;

Manutenção – conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de seus sistemas constituintes, a fim de atender às necessidades e segurança dos seus usuários;

Prazo de garantia – período de tempo em que é elevada a probabilidade de que eventuais vícios ou defeitos em um sistema, em estado de novo, venham a se manifestar, decorrentes de anomalias que repercutam em desempenho inferior àquele previsto;

Previsão orçamentária – documento contendo a estimativa de custo para a realização dos serviços previstos no programa de manutenção;

Serviço de manutenção – intervenção realizada na edificação e seus sistemas, elementos ou componentes constituintes;

Sistema – a maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir com uma macrofunção que a define (exemplo: fundação, estrutura, vedações verticais, instalações hidrossanitárias, cobertura);

Sistema de manutenção – conjunto de procedimentos organizados para gerenciar os serviços de manutenção;

Uso – atividades a serem realizadas pelos usuários na edificação dentro das condições previstas em projeto;

Usuário – pessoas que ocupa ou utiliza as dependências da edificação;

Vida útil de projeto (VUP) – período estimado de tempo em que um sistema é projetado para atender aos requisitos de desempenho estabelecidos neste manual, desde que cumprido o programa de manutenção previsto no manual de operação, uso e manutenção.

## 5.2 GARANTIA E ASSISTÊNCIA TÉCNICA

O sistema estrutural da edificação foi projetado, fabricado e instalado conforme padrões normatizados de engenharia pela ABNT, com materiais de qualidade e mão de obras qualificadas.

Ao tomar posse do imóvel, o(a) proprietário(a) deverá observar todas as condições expressas neste item de garantia, de maneira que deverá atentar-se as condições de garantia e atendimento pela [construtor ou engenheiro responsável]. Pois, o início da garantia começará após a assinatura do termo de vistoria técnica da edificação pelo proprietário(a), aceitando o imóvel e pela entrega das chaves e do HABITE-SE. E esta se estende até os prazos de responsabilidade de garantia estabelecidos. Também será estabelecido as condições de Perdas da Garantia, como as responsabilidades de cada proprietário(a).

### 5.2.1 Garantias

A [construtor ou engenheiro responsável] se obriga a fornecer a todos os(as) proprietários(as) o **Manual de Uso, Operação e Manutenção de Edificações em Estruturas Metálicas**, conforme ABNT NBR 5674:2012 e ABNT NBR 14037:2014, com as instruções corretas do uso do imóvel, além dos prazos de garantia dos materiais, da estrutura e das manutenções preventivas;

A [construtor ou engenheiro responsável] se obriga a prestar dentro dos prazos de garantia, o serviço de Assistência Técnica, reparando ou substituindo, sem ônus, os vícios e defeitos ocorridos no imóvel, conforme prazo estabelecido neste Termo de Garantia, desde que seja comprovado que tais problemas sejam de sua responsabilidade.

**Tabela 19 - Garantias para estruturas metálicas**

<i>Sistemas</i>	<i>Garantia</i>
Sistema estrutural	5 anos
Elementos	5 anos
Pinturas superficiais das estruturas	5 anos

Fonte: (AUTOR, 2020)

### 5.2.2 Perdas de Garantias

Abaixo são apresentadas as condições que eximem a [construtor ou engenheiro responsável] de qualquer culpa e, conseqüentemente, perda da garantia do(a) proprietário(a) sobre o sistema estrutural metálico:

- Alterações estruturais e/ou colocação de partes não previstas no projeto original, reformas, substituição de componentes, sem autorização e comunicação do construtor;
- Carga excessiva sobre a estrutura metálica;
- Falta de manutenção preventiva, como pintura e eliminação de oxidação;
- Falta da implantação do Programa de Manutenção de acordo com a ABNT NBR 5674:2012;
- Mau uso ou não forem tomados os cuidados de uso;
- Ocorrência de incêndio;

- Ocorrência de infiltrações;
- Retenção localizada de água na estrutura ou suas ligações;
- Se não forem tomados os devidos cuidados de uso ou não forem feitas as manutenções preventivas por profissional capacitado e qualificado ou por empresa especializada e habilitada;
- Não permissão de acesso do profissional destacado pela [construtor ou profissional responsável] às dependências da edificação, quando for o caso de proceder à vistoria técnica ou os serviços de assistência técnica;
- Identificação de irregularidades em eventual vistoria técnica e as providencias sugeridas não forem tomadas por parte do(a) proprietário(a) ou do condomínio;
- Falta de comprovação da realização de manutenção eventualmente estabelecida, conforme previsto na norma ABNT NBR 5674:2012.

### 5.3 MEMORIAL DESCRITIVO

O Manual de Uso, Operação e Manutenção deve apresentar uma descrição escrita da edificação “*as built*” (como construída), tanto para os sistemas estruturais metálicos das áreas de uso privativo quanto para o sistema das áreas de uso comum, sendo que as informações devem se ater, no mínimo, à abrangência destas respectivas áreas. Os projetos anexados ao manual devem contemplar, além da planta baixa, as seguintes informações:

- a) Cargas estruturais máximas admissíveis;
- b) Descrição do sistema, e quando aplicável, dos elementos e equipamentos;
- c) Desenhos esquemáticos, com dimensões cotadas, que representem as ligações, pois são componentes críticos do sistema estrutural metálico;
- d) Informações sobre aspectos importantes para o proprietário e para o condomínio, como propriedades especiais previstas em projeto e sistema construtivo empregado;
- e) Descrição sucinta do sistema estrutural;
- f) Relação dos componentes utilizados para acabamentos (por exemplo, tintas), com suas especificações; e
- g) Sugestão ou modelo de programa de manutenção preventiva.

A abordagem e a extensão das informações vão depender da complexidade da edificação ou dos seus equipamentos. Os projetos podem ser ilustrados no conteúdo deste manual ou serem apresentados como anexos.

## 5.4 FORNECEDORES

Muitos são os materiais e os profissionais envolvidos em todas as fases da construção. Para um maior controle de qualidade e garantia do sistema estrutural, torna-se imprescindível a listagem de todos os materiais utilizados assim como os profissionais envolvidos no processo de construção da edificação, em especial no que refere ao sistema estrutural.

Abaixo pode-se observar a relação de todos os fornecedores de materiais com seus respectivos fornecedores e contato, como também a relação de profissionais envolvidos com seus respectivos processos e contato.

### 5.4.1 Relação de Fornecedores

**Tabela 20 - Relação de fornecedores de materiais**

<i><b>Materiais</b></i>	<i><b>Fornecedor</b></i>	<i><b>Contato</b></i>

Fonte: (AUTOR, 2020)

**Observação:** a tabela deve ser preenchida com os materiais utilizados no sistema estrutural com os fornecedores e contato.

### 5.4.2 Relação de Profissionais Responsáveis

**Tabela 21 - Relação de profissionais responsáveis**

<i><b>Profissional Responsável</b></i>	<i><b>Processo</b></i>	<i><b>Contato</b></i>

Fonte: (AUTOR, 2020)

**Observação:** a tabela deve ser preenchida com os profissionais envolvidos em algum processo do sistema estrutural explicitando o processo e contato.

## 5.5 OPERAÇÃO, USO E LIMPEZA

Para utilizar o imóvel de forma correta e poder estender ao máximo a VUP do sistema estrutural que o compõe, o(a) proprietário(a) deve seguir as orientações abaixo do Cuidado de Uso e da Manutenção Preventiva.

É importante salientar que a estrutura da edificação é constituída por elementos que visam garantir a estabilidade e segurança da construção projetada e executada dentro das normas brasileiras. E devem ser observadas todas as informações e orientações previstas neste manual para não acarretar em consequências não previstas e, conseqüentemente, em perda de garantia do sistema.

### 5.5.1 Cuidados de Uso

- NÃO retirar, alterar seção ou efetuar furos de passagens de dutos ou tubulações em quaisquer elementos estruturais para evitar danos à solidez e à segurança da edificação;
- NÃO sobrecarregar as estruturas e paredes além dos limites previstos em projeto, sob o risco de gerar fissuras, fraturas ou comprometimento dos elementos estruturais e de vedação, como, por exemplo, troca de uso dos ambientes e colocação de ornamentos decorativos com carga excessiva;
- NÃO fazer reformas que alterem o projeto original ou qualquer elemento da fachada do imóvel e nas áreas comuns do empreendimento sem a análise prévia do responsável pelo desenvolvimento pelo projeto de arquitetura;
- NÃO utilizar produtos químicos que agriam e comprometam a integridade do sistema estrutural e seus componentes durante a limpeza;
- Para melhor fixação de peças ou acessórios, use apenas parafusos com buchas especiais;

- Evitar impactos e molhar os elementos estruturais, pois pode danificá-las;

A [construtor ou engenheiro responsável] não assume qualquer responsabilidade por reformas que alterem o projeto original, pois qualquer alteração feita pode acarretar a perda da garantia quanto aos vícios ocultos dos materiais e serviços locais modificados.

### **5.5.2 Manutenção Preventiva**

- Este sistema da edificação necessita de um plano de manutenção específico que atenda às recomendações dos fabricantes, às diretrizes da ABNT NBR 5674:2012 e às normas específicas do sistema, quando houver;
- Procure manter os ambientes bem ventilados. Nos períodos de inverno ou de chuva, pode ocorrer o surgimento de mofo nas paredes, decorrente de condensação de água por deficiência de ventilação, principalmente em ambientes fechados (armários, atrás de cortinas e forros de banheiro);
- Combata o mofo com produto químico específico e que não danifique os componentes do sistema de vedação nem estruturais;
- As áreas internas e a fachada da edificação devem ser pintadas conforme programa de gestão de manutenção do condomínio, a fim de evitar envelhecimento, perda de brilho, descascamento e eventuais fissuras que possam causar infiltrações. Realizar tratamento das fissuras para evitar infiltrações futuras;
- Somente utilizar peças originais ou com desempenho de características comprovadamente equivalente.

**Observação:** o grau de detalhamento deste item depende da complexidade do sistema da edificação.

## 5.6 MANUTENÇÃO

### 5.6.1 Programa de Manutenção

Um imóvel é planejado e construído para atender a seus usuários por muitos anos. Isso exige realizar a manutenção do imóvel e de seus vários sistemas, como o sistema estrutural, que não deve ser realizada de modo improvisado e casual.

Este manual apresenta o modelo de programa de manutenção, cuja elaboração e implementação atende à ABNT NBR 5674:2012. A manutenção deve ser entendida como um serviço técnico e feita por empresas capacitadas ou especializadas ou, ainda, equipe de manutenção local, conforme a complexidade. Além de, constituir condição de garantia do imóvel quando realizada de maneira correta pelo(a) proprietário(a), já que este é o responsável pela manutenção de sua unidade e corresponsável pela realização e custeio da manutenção das áreas comuns. O programa consiste na determinação das atividades essenciais de manutenção, sua periodicidade, os responsáveis pela execução e os recursos necessários.

Cabe ao síndico atualizar o programa, ele poderá contratar uma empresa ou profissional especializado para auxiliá-lo na elaboração e gerenciamento do projeto, conforme os critérios de elaboração dos sistemas de gestão de manutenção das normas ABNT NBR 14037:2014 e ABNT NBR 5674:2012. É de extrema importância a contratação de empresas especializadas, de profissionais qualificados e o treinamento adequado da equipe de manutenção para a execução dos serviços. Recomenda-se também a utilização de materiais de boa qualidade, preferencialmente seguindo as especificações dos materiais utilizados na construção. No caso de peças de reposição de equipamentos, utilizar peças originais.

Para que a manutenção obtenha os resultados esperados de conservação e crie condições para que seja atingida a vida útil do imóvel, é necessária a implantação de um sistema de gestão de manutenção que contemple o planejamento de atividades e recursos, bem como a execução de cada um deles de acordo com as especificidades do empreendimento.

O(A) Proprietário(a)/Usuário, ao realizar a manutenção em seu imóvel, deve observar e seguir o estabelecido no Manual de Uso, Operação e Manutenção e fazer

cumprir e prover os recursos para o Programa de Gestão da Manutenção das Áreas Comuns.

### 5.6.2 Planejamento de Manutenção Preventiva

Todos os serviços de manutenção estão definidos em períodos de curto, médio e longo prazos, em consonância com o programa de manutenção e de maneira a:

- Coordenar os serviços de manutenção para reduzir a necessidade de sucessivas intervenções;
- Minimizar a interferência dos serviços de manutenção no uso da edificação e a interferência dos usuários sobre a execução dos serviços de manutenção;
- Otimizar o aproveitamento de recursos humanos, financeiros e equipamentos.

A seguir o modelo para elaboração do programa de **Manutenção Preventiva**, que tem como base o Anexo A da norma ABNT NBR 5674:2012.

**Tabela 22 - Modelo de manutenção preventiva**

<i>Periodicidade</i>	<i>Sistema</i>	<i>Elemento</i>	<i>Atividade</i>	<i>Responsável</i>
A cada 1 ano	Revestimentos em argamassas e forro de gesso (interno e externo)	Painéis metálicos, forros de gesso	Repintar os forros das áreas úmidas.	Empresa capacitada/especializada.
	Conexões estruturais	Conexões parafusadas e/ou soldadas e chumbadores	Verificar visualmente a integridade das ligações, se necessário, investigar anomalias que possam estar acometendo a ligação através de ensaios não destrutivos.	Engenheiro ou empresa capacitada/especializada.
	Pinturas, texturas, vernizes (interna e externa)	Pilares, vigas e lajes	Verificar visualmente a integridade do sistema de proteção de pintura.	Engenheiro ou empresa capacitada/especializada.
	Cobertura	Cobertura e seus componentes	Verificar a integridade estrutural dos componentes, tratar onde necessário.	Engenheiro ou empresa capacitada/especializada.

A cada 3 anos	Revestimentos em argamassas e forro de gesso (interno e externo)	Painéis metálicos, forros de gesso	Repintar os revestimentos de argamassa e o forro de gesso das áreas secas.	Engenheiro ou empresa capacitada/especializada.
	Pinturas, texturas, vernizes (interna e externa)	Pilares, vigas e lajes	Revisar a pintura e, se necessário, repintá-las, evitando assim o envelhecimento, o descascamento, eventuais fissuras e corrosão dos elementos.	Engenheiro ou empresa capacitada/especializada.
A cada 5 anos	Conexões estruturais	Conexões parafusadas e/ou soldadas e chumbadores	Verificar a integridade das ligações, visualmente e através de ensaios não destrutivos.	Engenheiro ou empresa capacitada/especializada.
	Pinturas, texturas, vernizes (interna e externa)	Pilares, vigas e lajes	Revisar a pintura, analisar se há desgaste e, se necessário, repintá-las, evitando assim o descascamento, eventuais fissuras e corrosão dos elementos.	Engenheiro ou empresa capacitada/especializada.
	Deformações dos elementos estruturais	Lajes, vigas, pilares	Verificar deformações dos elementos estruturais.	Engenheiro ou empresa capacitada/especializada.

Fonte: (AUTOR, 2020)

### 5.6.3 Inspeção do Programa de Manutenção

A verificação do cumprimento da manutenção preventiva deve ser realizada periodicamente, cuja qual necessita ser atestada por meio de relatórios sobre o estado de uso e degradação do sistema e suas partes constituintes. Essas verificações são fundamentais e obrigatórias para a gestão de um programa de manutenção, pois são realizadas para orientar as atividades da manutenção.

As inspeções devem ser realizadas por meio de modelos de relatórios elaborados e ordenados de forma a facilitar os registros e sua recuperação, e devem considerar:

- um roteiro lógico de inspeção predial e verificações do sistema e seus componentes;
- as formas de manifestação esperadas do desgaste natural do sistema e/ou de suas partes constituintes;
- as solicitações e reclamações dos usuários.

Os relatórios das verificações descrevem a degradação do sistema e avaliam eventuais perdas de desempenho e classificam os serviços de manutenção conforme o grau de urgência nas seguintes categorias:

- serviços de urgência para imediata atenção;
- serviços a serem incluídos em um programa de manutenção.

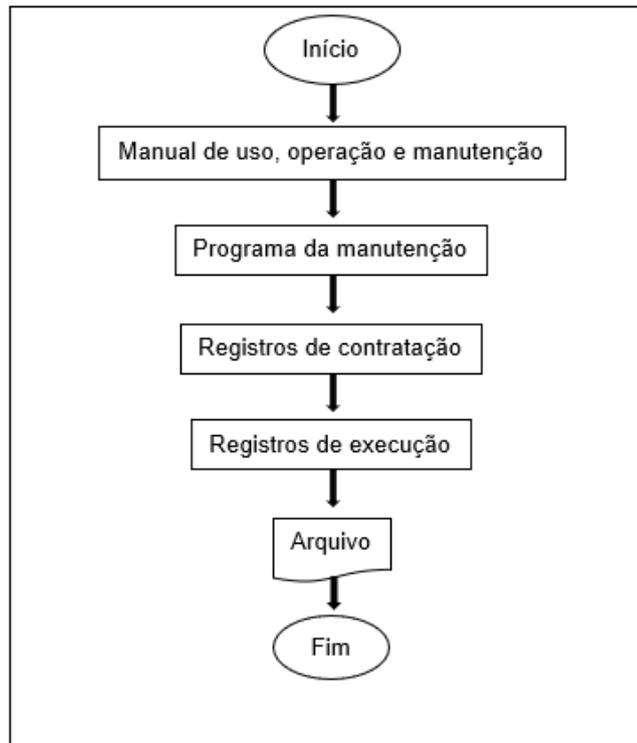
A elaboração do relatório de verificações deve seguir modelo conforme Anexo C da ABNT NBR 5674:2012.

As verificações periódicas permitem que os responsáveis pela administração da edificação percebam rapidamente pequenas alterações de desempenho de materiais e equipamentos, viabilizando seu reparo com maior rapidez e menor custo, sem contar a melhoria na qualidade de vida e segurança dos moradores e na valorização do empreendimento.

#### **5.6.4 Registro de Documentos e Relatórios do Programa de Manutenção**

É importante ter um fluxo de documentação para facilitar o processo de execução da manutenção, armazenamento e organização de documentos oficiais pertinentes à manutenção. Abaixo pode ser observado um fluxograma de documentação que pode ser utilizado:

**Figura 17 - Fluxograma de documentação**



Fonte: (ABNT NBR 5674:2012 adaptado pelo AUTOR, 2020)

Os arquivos de registros devem ser mantidos legíveis e disponíveis para prover evidências da efetiva implementação do programa de manutenção, do planejamento, das inspeções e da efetiva realização das manutenções. Toda a documentação dos serviços de manutenção executados deve ser arquivada como parte integrante do manual de uso, operação e manutenção, ficando sob a guarda do responsável legal (proprietário ou síndico). Este é responsável pela guarda dos documentos legais e fiscais, durante os prazos legais, além do mais fica responsável também por providenciar a renovação dos documentos.

Recomenda-se que cada registro contenha:

- a) Identificação;
- b) Funções dos responsáveis pela coleta dos dados que compõem o registro;
- c) Estabelecimento da forma de arquivamento do registro;

Estabelecimento do período de tempo pelo qual o registro deve ficar armazenado, assegurando sua integridade.

## 5.7 INCUMBÊNCIAS À MANUTENÇÃO

É importante salientar que este item irá conter as responsabilidades de cada parte que está direta ou indiretamente ligada para a realização de uma boa manutenção, de maneira a permitir que o pleno desempenho da estrutura durante a vida útil de projeto da mesma, conforme ABNT NBR 15575:2013.

**Observação:** os subitens são apenas exemplos que podem vir a compor o grupo de responsáveis pela manutenção e podem ser removidos ou adicionados outros grupos, a partir da função, grau de complexidade, tipologia, dentre outras características da edificação.

### 5.7.1 Construtor ou Profissional Responsável

- Entregar o Termo de Garantia, Manual do Proprietário e Manual de Uso, Operação e Manutenção do Sistema Estrutural Metálico, conforme ABNT NBR 14037:2014;
- Entregar um jogo completo de plantas do sistema estrutural e especificações técnicas do mesmo, conforme ABNT NBR 14037:2014 ao [condomínio ou proprietário];
- [Fornecer os documentos relacionados no item 5.6.4 deste manual;]
- Prestar esclarecimentos técnicos sobre materiais e métodos construtivos utilizados;
- Providenciar serviços de assistência técnica dentro do prazo e condições de garantia.

### 5.7.2 Proprietário/Usuário

- Ao realizar a manutenção em seu imóvel, observar e seguir o estabelecido no Manual do Proprietário e Manual de Uso, Operação e Manutenção do Sistema Estrutural Metálico;
- Fazer cumprir e prover os recursos para a realização das atividades de manutenção;
- Providenciar e manter atualizados os documentos e registros da edificação e fornecer documentos que comprovem a realização dos

serviços de manutenção, como contratos, notas fiscais, garantias, certificados, etc;

- Delegar a gestão da manutenção à empresa ou profissional contratado.

### **5.7.3 Empresa ou Profissional Responsável pela Gestão da Manutenção**

- Assessorar o proprietário nas decisões que envolvam a manutenção da edificação, inclusive sugerir a adaptação do sistema de manutenção e planejamento anual das atividades.
- Providenciar e manter atualizados os documentos e registros da edificação e fornecer documentos que comprovem a realização dos serviços de manutenção, como contratos, notas fiscais, garantias, certificados, etc;
- Implementar e realizar as verificações ou inspeções previstas no programa de manutenção preventiva;
- Elaborar previsões orçamentária e criar condições financeiras no fundo de reserva, na hipótese de condomínios;
- Supervisionar a realização dos serviços de acordo com as Normas Brasileiras, projetos e orientações do manual de uso, operação e manutenção da edificação que atenda à ABNT NBR 14037:2014;
- Orçar os serviços de manutenção;
- Assessorar o proprietário na contratação de serviços de terceiros para a realização da manutenção do sistema estrutural metálico;
- Estabelecer e implementar uma gestão do sistema dos serviços de manutenção, conforme a ABNT NBR 5674:2012;
- Orientar os usuários sobre o uso adequado da edificação em conformidade com o manual de uso, operação e manutenção da edificação;
- Orientar os usuários para situações emergenciais, em conformidade com o manual de uso, operação e manutenção da edificação.

#### 5.7.4 Empresa Capacitada

- Realizar os serviços de acordo com as normas técnicas e capacitação ou orientação recebida, conforme a gestão da manutenção;
- Fornecer documentos que comprovem a realização dos serviços de manutenção, tais como contratos, notas fiscais, garantias, certificados etc.;
- Utilizar materiais, equipamentos e executar os serviços em conformidade com normas e legislação, mantendo, no mínimo, o desempenho original do sistema;
- Cumprir as normas vigentes de segurança e saúde do trabalhador.

### 5.8 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

#### 5.8.1 Segurança

Recomenda-se abaixo algumas medidas que visam garantir a segurança dos usuários:

- Contratar seguro contra incêndio e outros sinistros (obrigatório), abrangendo todas as unidades, partes e objetos comuns;
- Utilizar os ambientes para os fins que foram construídos;
- Toda e qualquer alteração no sistema estrutural deve ser previamente submetida à análise da [construtor ou responsável técnico ou projetista];
- Consulta sobre limitações e impedimentos quanto ao uso do sistema estrutural deve ser previamente submetida à análise da [construtor ou responsável técnico ou projetista];
- Todas as alterações devem ser objeto de documentação específica, incluindo projeto e memorial a serem elaborados pelo responsável técnico;
- Observar aspectos de segurança do trabalho e higiene ocupacional durante as operações de manutenção, recuperações e/ou reforços.

**Observação:** outras medidas podem ser adicionadas, visando a segurança dos usuários.

### **5.8.2 Documentação Legal**

Este item deve conter a relação de documentos técnicos e legais do sistema estrutural, indicando a incumbência pelo fornecimento inicial, incumbência pela renovação e a periodicidade da renovação, conforme Tabela A.1 da norma ABNT NBR 14037. Salienta-se que esses documentos podem ser entregues em meios eletrônicos anexados ao manual.

### **5.8.3 Atualização do Manual**

O proprietário ou condomínio é responsável pela atualização obrigatória do conteúdo deste manual quando da realização de modificações no sistema estrutural em relação ao originalmente construído, ou seja, é responsável pela retroalimentação do manual à luz das experiências vivenciadas nas diversas manutenções e documentado no manual original:

- a) a atualização deve necessariamente incluir a revisão e correção de todas as descrições técnicas e projetos da edificação, além da revisão do manual;
- b) a atualização do manual pode ser feita na forma de encartes que documentem a revisão de partes isoladas, identificando, no corpo do manual, os itens revisados, ou na forma de uma nova estrutura, dependendo da intensidade das modificações realizadas na edificação;
- c) a atualização do manual é um serviço técnico, que deve ser realizado por empresa ou responsável técnico;
- d) recomendamos que as versões desatualizadas do manual sejam claramente identificadas como fora de utilização, devendo, porém, serem guardadas como fonte de informações sobre a memória técnica da edificação.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 CONCLUSÕES

A conclusão desse trabalho se dá em consonância com a apresentação do Manual de Uso, Operação e Manutenção de Edificações com Estruturas Metálicas, este apresentado no item Resultados deste trabalho (**item 5**). Este manual foi construído seguindo os critérios de orientações e recomendações das ABNT NBR 14037:2011 e ABNT NBR 5674:2012, além das informações coletadas durante todo o período de desenvolvimento da dissertação através das entrevistas e pesquisas. Todas as informações foram adequadas para a construção do manual referente ao sistema estrutural da edificação de modo a atingir o desempenho exigido pela ABNT NBR 15575:2013.

Com o trabalho desenvolvido é possível perceber que o programa de manutenção e a efetivação do mesmo é de suma importância para garantir o pleno desempenho da estrutura durante sua vida útil de projeto (VUP), conforme a norma ABNT NBR 15575:2013. A durabilidade e desempenho pleno necessários e requeridos ao sistema estrutural só será possível com o cumprimento das manutenções de acordo com as atividades sugeridas pelo construtor e/ou projetista nos prazos estabelecidos no programa de manutenção preventiva. Por isso, a manutenção requer um bom planejamento e qualidade na gestão de todos os recursos, que é facilitada e melhorada através do manual e colabora de maneira direta na redução dos custos com a corrosão, principal patologia que acomete às estruturas metálicas.

É oportuno também ressaltar a importância da criação de empresas especializadas na gestão da manutenção de estruturas metálicas à luz do manual, no modelo atual da gestão de elevadores prediais, com o fito de garantir a vida útil de projeto.

Além da durabilidade e do desempenho requerido pela estrutura, outros aspectos, como ambientais, sociais e culturais (ASC) são assuntos constantemente presentes e debatidos na construção civil, em quaisquer etapas da edificação.

O presente manual foi desenvolvido visando os conceitos constantes da sigla ASC (Ambiental, Social e Cultural), pois a preocupação e o cuidado com a

sustentabilidade (aspecto ambiental) são irrefutáveis já que o desperdício e a poluição são alarmantes, principalmente, na área da construção, propondo métodos de construção enxuta (edificações em estruturas metálicas). A expectativa da sociedade usuária (aspecto social) por uma vida útil adequada e que atenda aos requisitos exigidos pela norma para bem-estar do usuário também é fundamental, pois só se pode atingir um pleno desempenho da estrutura com a realização das manutenções e orientações propostas pelo construtor e/ou responsável técnico. A implantação da cultura de manutenção (aspecto cultural) ainda inexistente na sociedade e no poder público, é essencial para o crescimento, desenvolvimento e estabilidade das construções e pode ser alcançada através da criação e aplicação de normas jurídicas, fóruns, palestras, seminários anuais junto às associações condominiais para divulgação e multiplicação para as experiências vivenciadas através do manual para educação dos condomínios e empresas, construtores, fornecedores e escritórios de projetos, dentre outros. Por isso, torna-se imprescindível a difusão acerca das estruturas metálicas e realização de manutenções a partir do manual desenvolvido.

Portanto, é possível afirmar, inexoravelmente, que os objetivos foram atingidos, com o resultado da criação do Manual de Uso, Operação e Manutenção de Edificação em Estruturas Metálicas, facultando a quaisquer usuários estabelecer uma programação técnica e econômica factível. No tocante aos demais objetivos secundários, serão, obviamente, alcançados com a implantação e consolidação dos conceitos “ASC” resultantes do objetivo principal.

## 6.2 SUGESTÕES

A partir deste estudo, fica como sugestões para trabalhos futuros:

- a) Subsídio à criação de uma normativa jurídica que obriga a consolidação dos conceitos ASC obtidos com o resultado do objetivo principal;
- b) Aplicação do Manual de Uso, Operação e Manutenção de Edificações em Estruturas Metálicas para atestar a veracidade dos benefícios da manutenção em estruturas na sua pós-ocupação no que diz respeito a durabilidade e desempenho;
- c) Aplicação do Desenvolvimento da Manutenção, deste estudo (**item 4**), em ao menos uma edificação para estudo de caso;

- d) Análise de custos oriundos da corrosão em estruturas metálicas de edificações já construídas, que possuem ou não o planejamento e a gestão da manutenção.

## REFERÊNCIAS

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 10443:2008** – Tintas e vernizes – Determinação da espessura da película seca sobre superfícies rugosas – Método de ensaio.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 11003:2009** – Tintas – Determinação da aderência.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 14037:2011** – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15185:2004** – Inspeção visual de superfícies para pintura industrial.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15218:2018** – Critérios para qualificação e certificação de inspetores de pintura industrial.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15239:2005** – Tratamento de superfícies de aço com ferramentas manuais e mecânicas.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15253:2014** – Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15488:2007** – Pintura industrial — Superfície metálica para aplicação de tinta – Determinação do perfil de rugosidade.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15575-1:2013** – Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15575-2:2013** – Edificações habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15739:2016** – Ensaio não destrutivo – Radiografia em juntas soldadas – Detecção de descontinuidades.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 16172:2014** – Revestimento anticorrosivos – Determinação de descontinuidades aplicados sobre substratos metálicos

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 16196:2020** – Ensaio não destrutivo – Ultrassom – Uso da técnica de tempo de percurso da onda difratada (ToFD) para ensaios em soldas.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 5674:2012** – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão da manutenção.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 6002:2015** – Ensaio não destrutivo – Ultrassom – Detecção de descontinuidades em chapas metálicas.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 7348:2017** – Pintura industrial — Preparação de superfície de aço com jato abrasivo e hidrojateamento.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 8681:2004** – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 8800:2008** – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR NM 315:2017** – Ensaio não destrutivo – Ensaio Visual – Requisitos e práticas recomendadas.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR NM 334:2012** – Ensaio não destrutivo – Líquidos penetrantes – Detecção de descontinuidades.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR NM 342:2015** – Ensaio não destrutivo – Partículas magnéticas – Detecção de descontinuidades.

**ASTM C876:2015** – Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.

BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. R. L. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

CARDOSO, Anderzaa Przygodzinski. **Desenvolvimento de tintas intumescentes a base de diferentes tipos de resinas e avaliação da influência da concentração de resina no desempenho de proteção contra o fogo**. 107 páginas. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2019.

CARBÓ, H. M. **Aços Inoxidáveis: aplicações e especificações**. São Paulo: Arcelor Mittal, 2008.

CASTRO, Eduardo Mariano Cavalcante de. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica**. 202 páginas. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto – MG, 1999.

CORTEZ, L A. R. *et. al.* Uso das estruturas de aço no Brasil. **Caderno de Graduação – Ciências exatas e tecnológicas**, Alagoas, v. 4, n. 2, p. 217-228, novembro, 2017.

FARIAS, Arliane dos Santos, *et. al.* Viabilidade da utilização do sistema light steel frame em obras de construção civil na cidade de Manaus-Amazonas. **Jornal de Engenharia e Tecnologia para Aplicações Industriais**, v. 4, n. 16, p. 173-178, dezembro, 2018.

GASPAR, Marília. Confira o Passo a Passo e Dicas de Utilização! **Sienge**, 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/steel-deck/>. Acesso em: novembro, 2020.

GENTIL, V.. **Corrosão**. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

IMIANKOWSKY, G. W.; WALENDOWSKY, M. A. Os principais aços carbono utilizados na construção civil. **Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura de Santa Catarina**, Santa Catarina, p. 2-21, fevereiro, 2017.

**ISO 12944-2:2017** – Paints and varnishes – Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems – Part 2: Classification of environments.

**ISO 12944-5:2019** – Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 5: Protective paint systems.

**ISO 4624:2016** – Paints and varnishes – Pull-off test for adhesion.

PANNONI, F. D. **Aços Estruturais**. Artigo Técnico, disponível em: [http://www.engmarcoantonio.com.br/cariboost\\_files/A\\_C3\\_A7os\\_estruturais.pdf](http://www.engmarcoantonio.com.br/cariboost_files/A_C3_A7os_estruturais.pdf). Açominas, 2001.

PANNONI, F. D. Aços Patináveis. **Perfis Gerdau Açominas**, 2015A.

PANNONI, F. D. Princípios da galvanização a fogo. **Centro Brasileiro de Construção em aço**, São Paulo, 2008.

PANNONI, F. D. Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio. **Perfis Gerdau Açominas**, 2015B.

PANNONI, F. D. **Proteção de Estruturas Metálicas frente à corrosão em ambiente marinho agressivo**. Palestra, 2016.

PRATA, Ana Larissa CRUZ. **Medição da concentração de cloreto na atmosfera urbana de Aracaju/SE**. 148 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2017.

RIBEIRO NETO, Juliano Geraldo. **Análise teórico-experimental do uso de parafuso estrutural como conector de cisalhamento em pilar misto composto de perfil tubular preenchido com concreto**. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

SACCHI, Caio César. **Avaliação de desempenho estrutural e manifestações patológicas em estruturas metálicas**. 138 páginas. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos: UFSCar, 2016.

SILVA, Valdir Pignata; FRUCHTENGARTEN, Julio; CAMPELLO, Eduardo de Moraes Barreto. **Dimensionamento de Estruturas de Aço**: Apostila para a disciplina PEF 2402 – Estruturas metálicas e de madeira, 2012. Disponível em: [edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/110863/mod\\_resource/content/0/apostila2012.pdf](http://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/110863/mod_resource/content/0/apostila2012.pdf).

TEIXEIRA, Anderson Maia. **Processo de galvanização a fogo**: principais erros e soluções na engenharia de projetos das estruturas metálicas. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Metalúrgica, Fortaleza, 2019.

WAINER, Emílio; BRANDI, Sérgio Duarte; MELLO, Fábio Décourt Homem de. **Soldagem**: Processos e metalurgia. 11ª Edição. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2019.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA ENTREVISTA GUIADA

### QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTA

#### Questionamentos:

- I. Existe diferença entre os aços para os diversos tipos de clima e intensidade atmosférica?
- II. Quais os tipos de aço que trabalham/fornecem para as obras em Aracaju/SE?
- III. Para os aços utilizados em Aracaju/SE existe uma seleção na fábrica do tipo de aço carbono comum de acordo com a agressividade do meio ou a garantia do sistema será dada apenas pela pintura?
- IV. Os aços recebem tratamentos distintos a depender da sua finalidade e da agressividade do meio ambiente em que será inserido?
- V. Quais os tratamentos que os aços recebem em cada etapa desde sua concepção até entrega?
- VI. O aço patinável não tem sido usado nas estruturas em Aracaju. Além do preço e da coloração da pátina formada existem outras razões em face de que é um aço de alta durabilidade?
- VII. Quais os tipos de perfis metálicos que a fábrica trabalha?
- VIII. Qual a diferença no processo de fabricação de cada perfil metálico?
- IX. Qual o processo de fabricação completo do aço?
- X. Quais as dificuldades encontradas durante o processo de fabricação?
- XI. Quais os parâmetros de controle de qualidade visando durabilidade e desempenho mecânico?
- XII. Quais os ensaios a serem realizados para monitoramento da estrutura?
- XIII. Existe diferença de potencial entre a solda e os perfis metálicos utilizados em Aracaju?
- XIV. Por que raramente se usa em Aracaju/SE nas estruturas metálicas ligações soldadas?
- XV. O processo de soldagem reduz a resistência localizada do aço? Por quê?
- XVI. Quais os parâmetros de controle de qualidade no recebimento das ligações soldadas?
- XVII. O que fazer na manutenção preventiva nas ligações soldadas para o atendimento ao requisito de durabilidade da norma de desempenho?
- XVIII. Qual o critério para escolha dos parafusos nas ligações parafusadas nos perfis das estruturas metálicas em Aracaju?
- XIX. Quais os parâmetros de controle de qualidade no recebimento das ligações parafusadas?

- XX. O que fazer para o monitoramento preventivo de uma possível corrosão galvânica?**
- XXI. Nas ligações parafusadas quais os cuidados com a pintura tendo em vista que durante o torque a proteção catódica do parafuso pode ser perdida? Uma pintura posterior resolve?**
- XXII. Quantos fabricantes de tintas existem no Brasil? Quais são os confiáveis?**
- XXIII. Qual a correlação entre qualidade de pintura, espessura, gramatura, aço protegido e a qualidade da estrutura?**
- XXIV. Como é realizado o controle de gramatura da pintura, e com qual frequência/periodicidade é realizado?**
- XXV. Quais os equipamentos e ensaios não destrutivos sugere para o monitoramento da tinta?**
- XXVI. Como acontece o desgaste das estruturas?**
- XXVII. Quais os pontos críticos catalisadores de uma degradação precoce de uma estrutura metálica em ambiente agressivo?**
- XXVIII. Quais os cuidados e o que deve ser feito para a manutenção das ligações em estruturas metálicas?**
- XXIX. Como monitorar a durabilidade e qualidade para atingir a vida útil projetada?**
- XXX. Quais os ensaios e procedimentos a serem feitos para garantir o desempenho e a qualidade da estrutura?**
- XXXI. O que é recomendado aos clientes na pós ocupação e manutenção da estrutura para evitar a degradação e garantir a durabilidade da mesma durante sua vida útil?**