



**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**JOÃO EDUARDO LIMA TORRES**

**ANÁLISE DE LIGAÇÕES POR PARAFUSOS E SOLDAS EM  
ESTRUTURAS METÁLICAS**

**Sinop/MT  
2024**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**JOÃO EDUARDO LIMA TORRES**

**ANÁLISE DE LIGAÇÕES POR PARAFUSOS E SOLDAS EM  
ESTRUTURAS METÁLICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia da UNIFASIPE, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientadora:** Prof. Mariana Novaes Carvalho  
**Coorientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andréia Alves Botin

**Sinop-MT  
2024**

**JOÃO EDUARDO LIMA TORRES**

**ANÁLISE DE LIGAÇÕES POR PARAFUSOS E SOLDAS EM  
ESTRUTURAS METÁLICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Curso de Engenharia – do Centro Universitário Fasipe - UNIFASIPE como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Mariana Novaes Carvalho  
Professor(a) Orientador(a):  
Departamento de Engenharia Civil - UNIFASIPE

Professor(a) Avaliador(a):  
Departamento de Engenharia Civil – UNIFASIPE

Professor(a) Avaliador(a):  
Departamento de Engenharia Civil – UNIFASIPE

**Pedro Matiazzi da Silva**  
Departamento de Engenharia Civil – UNIFASIPE  
Coordenador do Curso de Engenharia Civil

TORRES, João Eduardo Lima. **Análise de Ligações por Parafusos e Soldas em Estruturas Metálicas**. 2024. 37 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário - UNIFASIPE

## **RESUMO**

O presente trabalho de pesquisa teve como proposta analisar as Ligações por Parafusos e Soldas em Estruturas Metálicas, com o objetivo de buscar informações sobre o tema, no sentido de mostrar os dois métodos que se utiliza na junção de dois elementos em aço, ou seja, as ligações por parafusos e soldas. A estrutura metálica tem suas principais características como versatilidade de concepção estrutural, fácil adaptação das peças e as necessidades de cada aplicação. Alguns aspectos fazem com que a estrutura fique diferente dos demais tipos que a compõe. Dito isso, as ligações mais utilizadas e comuns no mercado são as ligações feitas por soldas ou parafusos. A escolha pelo tipo de ligação é muito importante. Nesse sentido, o trabalho abordado apresentará todas as informações necessárias em visitas a obras, entrevistas com os principais responsáveis técnicos e referências bibliográficas. Levando em consideração o devido trabalho chega na conclusão ideal para determinadas obras, tipos de perfis e a escolha ideal para a utilização do determinado tipo de ligação soldadas ou parafusadas respeitando a NBR 8800: 2008. Para a realização desta pesquisa, fez-se uma revisão bibliográfica buscando em autores que versam sobre o tema em questão, em sites da internet, como forma de fundamentá-la, chegando-se, por meio de pesquisa direcionada por meio de questionário, à conclusão que os tipos de ligações mais vantajosos são os soldados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estruturas metálicas; Ligações por parafusos; Soldas.

TORRES, João Eduardo Lima. **Analysis of Screw Connections and Welds in Metallic Structures**. 2024. 37 pages. Course Completion Work – University Center - UNIFASIPE

### **ABSTRACT**

The purpose of this research work was to analyze Bolt Connections and Welds in Metallic Structures, with the aim of seeking information on the topic, in order to show the two methods that are used to join two steel elements, that is, connections by screws and welding. The metallic structure has its main characteristics as versatility of structural design, easy adaptation of parts and the needs of each application. Some aspects make the structure different from the other types that make it up. That said, the most used and common connections on the market are connections made by welding or screws. Choosing the type of connection is very important. In this sense, the work covered will present all the necessary information in visits to works, interviews with the main technical managers and bibliographic references. Taking into account the due work, it reaches the ideal conclusion for certain works, types of profiles and the ideal choice for the use of a certain type of welded or screwed connection, respecting NBR 8800: 2008. To carry out this research, a review was carried out bibliographic search of authors who deal with the topic in question, on internet sites, as a way of substantiating it, arriving, through research directed through a questionnaire, to the conclusion that the most advantageous types of connections are soldiers.

**KEYWORDS:** Metallic structures; Screw connections; Welds.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Ligação parafusada .....                        | 12 |
| <b>Figura 2:</b> Duas ligações típicas cantoneiras de alma ..... | 13 |
| <b>Figura 3:</b> Viga de aço, perfil W ou I.....                 | 18 |
| <b>Figura 4:</b> Viga de aço perfil U .....                      | 19 |
| <b>Figura 5:</b> São Cristóvão .....                             | 22 |
| <b>Figura 6:</b> Obra Jardim Europa.....                         | 22 |
| <b>Figura 7:</b> Barracão Bairro Village .....                   | 23 |
| <b>Figura 8:</b> Barracão da Av. das Figueiras .....             | 23 |
| <b>Figura 9:</b> Setor Industrial.....                           | 24 |
| <b>Figura 10:</b> Barracão Comercial.....                        | 24 |
| <b>Figura 11:</b> Jardim Umuarama.....                           | 25 |
| <b>Figura 12:</b> Viga Parafusada .....                          | 25 |
| <b>Figura 13:</b> Pilar e viga parafusadas.....                  | 26 |
| <b>Figura 14:</b> Aço galvanizado .....                          | 31 |
| <b>Figura 15:</b> Estrutura <i>Steel Frame</i> .....             | 31 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Gráfico 1:</b> Projeto de estrutura metálicas .....                 | 28 |
| <b>Gráfico 2:</b> Responsável técnico da obra .....                    | 28 |
| <b>Gráfico 3:</b> Perfil mais utilizado em determinadas ligações ..... | 29 |
| <b>Gráfico 4:</b> Tamanho da Obra (m <sup>2</sup> ) .....              | 29 |
| <b>Gráfico 5:</b> Ligações mais utilizadas .....                       | 30 |
| <b>Gráfico 6:</b> Dificuldades ligações parafusadas .....              | 32 |
| <b>Gráfico 7:</b> Dificuldades ligações soldadas .....                 | 33 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>1.1 Justificativa .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>1.2 Problematização .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>1.3 Objetivos .....</b>  | <b>11</b> |
| 1.3.1 Geral .....   | 11        |
| 1.3.2 Específicos .....   | 11        |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>2.1 Ligações em Estruturas Metálicas .....</b>                               | <b>12</b> |
| <b>2.2 Comportamento das Ligações .....</b>                                     | <b>12</b> |
| <b>2.3 Classificações das Ligações .....</b>                                    | <b>13</b> |
| 2.3.1 Classificação de acordo com a rigidez .....                               | 13        |
| 2.3.2 Ligação semirrígida .....   | 14        |
| 2.3.3 Ligação Rígida .....  | 14        |
| 2.3.4 Ligação flexível .....  | 14        |
| <b>2.4 Considerações sobre Soldas .....</b>                                     | <b>15</b> |
| 2.4.1 Ligações soldadas .....   | 15        |
| 2.4.2 Tipos de soldas .....   | 15        |
| 2.4.3 Vantagens ligação por soldas .....  | 15        |
| 2.4.4 Desvantagens .....  | 15        |
| 2.4.5 Modelos de soldas .....   | 16        |
| <b>2.5 Considerações sobre Parafusos .....</b>                                  | <b>16</b> |
| 2.5.1 Ligações parafusada .....   | 16        |
| 2.5.2 Vantagens .....   | 16        |
| 2.5.3 Desvantagens .....  | 17        |
| 2.5.4 Transmissão dos esforços por meio dos parafusos .....                     | 17        |
| 2.5.5 Método de aperto .....  | 17        |
| <b>2.6 Elementos mais Utilizados em Ligações por (Soldas e Parafusos) .....</b> | <b>18</b> |
| 2.6.1 Viga W ou I .....   | 18        |
| 2.6.2 Vigas U .....   | 18        |
| <b>2.7 Viabilidade Entre Ligações Soldadas e Parafusadas .....</b>              | <b>19</b> |
| <b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>                                     | <b>20</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3.1 Análise de Estudo .....</b>                   | <b>20</b> |
| <b>3.2 Liminar da Pesquisa .....</b>                 | <b>20</b> |
| <b>3.3 Questionário distribuído .....</b>            | <b>21</b> |
| <b>3.4 Obras Visitadas .....</b>                     | <b>21</b> |
| 3.4.1 Visita 1.....                                  | 21        |
| 3.4.2 Visita 2.....                                  | 22        |
| 3.4.3 Visita 3.....                                  | 22        |
| 3.4.4 Visita 4.....                                  | 23        |
| 3.4.5 Obra 5 .....                                   | 23        |
| 3.4.6 Obra 6 .....                                   | 24        |
| 3.4.7 Obra 7 .....                                   | 24        |
| 3.4.8 Obra 8 .....                                   | 25        |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>              | <b>27</b> |
| <b>4.1 Resultados das Visitas .....</b>              | <b>29</b> |
| 4.1.1 Resultados do sistema <i>Steel Frame</i> ..... | 30        |
| <b>4.2 Dificuldade Ligações Parafusadas.....</b>     | <b>31</b> |
| 4.2.1 Resultados ligações parafusadas .....          | 31        |
| <b>4.3 Dificuldade Ligações Soldadas.....</b>        | <b>32</b> |
| 4.3.1 Resultados ligações por soldas .....           | 32        |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                 | <b>34</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                             | <b>35</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de estruturas metálicas na construção civil vem aumentando a cada dia, sendo muito mais comum, o uso desta nas mais diversas obras. Segundo o Cenário dos Fabricantes de Estruturas em Aço (2017), o setor de estruturas metálicas teve um crescimento de 37,5% nos últimos 5 anos, fazendo com que as empresas batam recorde de produção (CFEA,2017)

Vários são os elementos estruturais em que a estrutura metálica se faz presente, desde pilares e vigas em grandes obras, como também em estruturas de telhado, muito comumente utilizadas em barracões comerciais e em pequenas obras.

Este trabalho visa analisar e fazer um comparativo entre ligações de estruturas metálicas por parafusos e soldas, conforme previsto em norma NBR8800:2008 – Ligações em estruturas metálicas. A principal vantagem dessas ligações, é a adaptação e a versatilidade quanto à estrutura. As ligações têm como a principal função realizar a transmissão de esforços que atuam em um elemento da estrutura para os demais elementos (NBR8800, 2008).

Os modelos de ligações mais usados na estrutura metálicas, parafusos e soldas, tem como objetivo oferecer melhor vida útil a estrutura, resistência, segurança e conforto na utilização. Desse modo, o tipo de ligação a ser escolhida em determinadas estruturas tem de acelerar o processo de execução e torna mais econômica (CFEA,2017)

Considerando os tipos de vigas mais utilizadas no mercado da construção civil, são as vigas de perfil W ou I, que possibilitam o melhor ajuste na hora do encaixe das peças, já as vigas de perfil U, comumente utilizada, possui muitas aplicações na área industrial, como também na construção civil, sua utilização se dá, principalmente, em projetos estruturais metálicos e de coberturas. Este trabalho visa analisar as ligações por parafusos e soldas, e espera-se realizar um comparativo de modo a oferecer maiores informações quanto às características de resistência e vida útil nas ligações dessas peças.

## 1.1 Justificativa

A análise de ligações em estruturas metálicas por parafusos e soldas, é de grande importância para se garantir uma execução correta conforme a norma NBR8800:2008 e maior vida útil da estrutura. Por se tratar de um sistema estrutural bastante utilizado na construção civil, essa análise compara os dois tipos de ligações.

Sabendo-se que os parafusos exigem um controle bem menor do que as ligações soldadas, na maioria das vezes, o único controle que essa ligação exige em sua execução, é o controle do bom aparafusamento onde os mesmos são aplicados.

Dentre a utilização dos parafusos em ligação, pode-se citar rapidez de execução, e a mão de obra não precisa ser especializada, os parafusos também, são materiais que são comprados prontos com suas especificações e suas propriedades químicas e mecânicas garantidas pelo fabricante, oferecendo várias vantagens como soluções econômicas e resistentes. Para os parafusos serem utilizados deve ser calculado devidamente a sua largura, espessura e sua resistência (IBS/CBA, 2004).

Já uma ligação em estruturas metálicas por soldas, pode ser uma boa opção devido também a sua economia de tempo na execução, em que juntas, podem ser isentas de vazamentos. Para executar uma solda de alta qualidade, o operador deve ter um ótimo conhecimento e um certo tipo de habilidade, o que é muito importante. A utilização da soldagem pode apresentar riscos para os soldadores, que são: a eletricidade, queimaduras, radiações ionizantes e partículas tóxicas, que podem ser um problema para a saúde (IBS/CBCA, 2011).

A melhor alternativa é sempre definida por meio de um projeto estrutural bem detalhado, tanto da estrutura metálica quanto das ligações, porém analisando e comparando a maneira correta de se executar esses dois tipos de ligações, é possível orientar de maneira correta, os profissionais que trabalham tanto executando quanto projetando esses tipos de ligações.

## 1.2 Problematização

Pelos estudos e pesquisas em normas NBR8800:2008, o formato de ligação depende muito do resultado desejado do consumidor, estrutura flexível com ligação rotular do (parafusos), estrutura rígida com ligações engastadas (soldas) o detalhamento de ligação, é o que garante apenas o efeito e questão de resistência.

O emprego de parafusos e soldas são comuns, os seus principais problemas na utilização deles são a falta de respaldo técnico, em que no caso dos (Parafusos) furos que enfraquecem as peças conectadas, transporte do gabarito de furação das chapas para a viga, com

vistas à união perfeita dos parafusos, manutenção de tempo em tempo, para fazer o reaperto dos parafusos, o que pode gerar um grande problema com a vibração, ou até mesmo, a trinca desses parafusos. Essas ligações são mais complexas e exigem um trabalho a mais de detalhamento, bem como a previsão de evitar problemas com parafusos na obra. A importância desse estudo se dá na instrução e orientação na execução dessas peças, para garantir melhor resistência e tempo de vida útil nas obras.

Segundo o CBCA, a união das soldas metálicas nas ligações pode ser feita através de uma fonte de calor. Já os problemas das ligações metálicas por solda tornam-se muito mais complexas, em que a solda de qualidade necessita de um ótimo profissional especializado para evitar fissuras, trincas, porosidade, e também, os equipamentos devem ser qualificados. A mão de obra se torna mais cara, pois usa energia elétrica, além do tempo de execução da solda, que é mais elevado. Soldas mal executadas podem trazer grandes problemas e risco à estrutura (CBCA, 2011, p.15).

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Geral**

Analisar conforme a NBR8800 (2008), os dois métodos mais utilizados na união de elementos em aço, ou seja, as ligações por parafusos e soldas, as mais comumente utilizados na construção civil em Sinop/MT.

#### **1.3.2 Específicos**

- Comparar as ligações por parafusos e soldas em vigas do perfil W, I e U em obras, de modo a identificar qual é o tipo de ligação mais utilizada em determinada estrutura;
- Comparar e analisar se as ligações estão sendo executadas com o projeto de estrutura metálica;
- Identificar quais as maiores dificuldades das empresas ao executar cada tipo de ligação.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

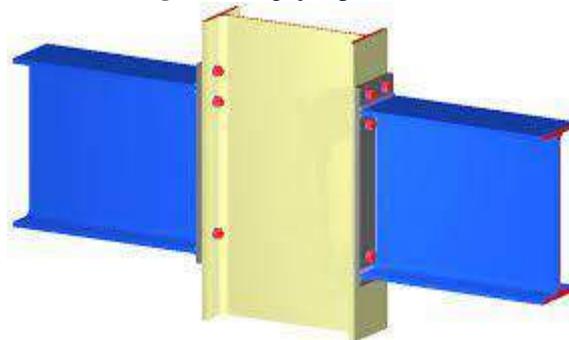
### 2.1 Ligações em Estruturas Metálicas

As ligações podem se tornar seguras a partir do uso de soldas e parafusos, ou as mesmas unidas, em que as ligações são definidas pela união entre duas peças. O tipo de ligação que normalmente é escolhido, deve ser levado em consideração no projeto da obra e no detalhamento da montagem que será feita, a dificuldade de montagem pode provocar acidentes e atrasos durante a obra (SILVA, 2005).

### 2.2 Comportamento das Ligações

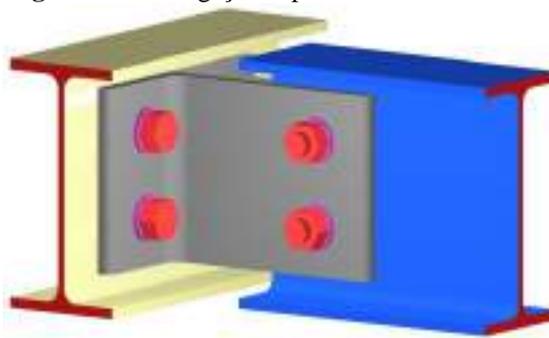
Existem vários fatores a serem considerados ao dimensionar juntas metálicas. O comportamento dessas ligações é complexo porque as ligações não apresentam um procedimento simples chamados de multilinear ou linear. (Silva 2005) apresenta os dois tipos de comportamento de ligações entre vigas e pilares. É possível observar como a conexão se comporta sob carga.

**Figura 1:** Ligação parafusada



**Fonte:** Uni CEUB (2014)

**Figura 2:** Duas ligações típicas cantoneiras de alma



**Fonte:** Uni CEUB (2014)

### 2.3 Classificações das Ligações

A análise convencional calcula um agrupamento de barras unidimensionais e interligada, em que as ligações foram consideradas como pontos nodais, e o seu comportamento foi idealizado como nós rotulados ou rígidos. A união em estruturas metálicas, esforços solicitantes e os meios de ligação, conseguem ser classificadas pela rigidez (PARANHOS *et al.*, 2018).

Pode-se reconhecer que o ângulo entre os membros conectados por uma ligação deve permanecer constante, quando a continuidade da estrutura é garantida e o giro relativo entre elas conectadas são limitadas ao máximo, ao longo do carregamento. Em contraste, numa ligação articulada, as rotações relativas entre os dois, o empate só estará sujeito a restrições porque os membros são vinculados. Quando apresenta rigidez na ligação, a força nos pilares é maior do que a conexão articulada, quando os esforços são mais intensos, os dois membros são vinculados, ou especificamente, distribuídos entre viga e o pilar (CBCA, 2004).

As conexões entre essas duas ligações (rígida e flexível) são normalmente compreendidas, em outras palavras, extremos, ou seja, são ligações semirrígidas. Se as conexões são consideradas como rígidas ou articuladas, haverá um superdimensionamento nos elementos ligados. É necessário entender o melhor comportamento das conexões, para que possam ser tratadas de forma mais realista (MARTINS, 2011).

#### 2.3.1 Classificação de acordo com a rigidez

O modelo estrutural deve prever o comportamento das ligações, onde for prevista uma rótula, deve haver pouca restrição às partes conectadas da rotação relativa. A competência de impedir rotação relativa local das peças ligadas a rigidez, é responsável pelo comportamento que se refere à rotação e deslocamento da estrutura. Além das barras que compõe a estrutura, é preciso que as ligações estão corretamente dimensionadas e concebidas, a que for condição

estrutural comportando-se, em termos de deslocamentos e rotações, diante do desejado em projeto (CBCA, 2004).

### 2.3.2 Ligação semirrígida

É aquela que apresenta um comportamento intermediário entre as de ligações rígidas e flexíveis, por apresentar algumas dificuldades da relação entre o momento transmitido e a rotação relativa. Porém, é pouco mostrada na prática (PFEIL, 2009),

Segundo Pfeil (2009), a rotação está entre 20% e 90% daquela, teoricamente necessária, para evitar qualquer tipo de rotação. Então, o momento transmitido por meio da conexão não é zero, como no caso das ligações flexíveis, e nem o momento máximo, como no caso das conexões rígidas.

Para trabalhar com a união semirrígida, a relação de dependência entre o momento e a rotação, primeiro deve ser conhecida. As ligações que é conhecida como semirrígidas são dificilmente usadas, de acordo com a dificuldade de estabelecer essa relação (SANTOS, 1977).

### 2.3.3 Ligação Rígida

A ligação rígida é a que não permite rotação da estrutura. Na prática, uma ligação rígida restringe, no mínimo 90% de rotação. A partir deste estudo e análise, entende-se como a ligação restringirá a maior parte da capacidade de rotação, as deformações serão insignificantes à estrutura. Nesse tipo de ligação (rígida), o consumo de material será elevado em relação aos outros, causando necessidades à estrutura e acessórios, e dispositivos de ligações mais robustos (BELLEI, 2010).

### 2.3.4 Ligação flexível

As ligações flexíveis são aquelas que são transmitidas em um pequeno momento fletor, permitindo a rotação relativa entre as peças, com um comportamento próximo ao de uma rótula. Isso acontece devido a não possibilidade de construção de uma ligação que represente, de fato, o comportamento de uma rótula perfeita, assim a transmissão de baixo valor do momento fletor é tomada como nula (PFEIL, 2009).

Entre os elementos estruturais existe a rotação relativa, e sua restrição deve ser pequena quanto na prática. No caso de vigas, que estão sujeitas à flexão simples, a força cortante é distribuída por flexão simples. A ligação só é considerada flexível, se entre as partes a rotação relativa chegar a 80% ou mais de carregamento, ou teoricamente, caso a conexão fosse totalmente livre para girar (SANTOS, 1977).

## 2.4 Considerações Sobre Soldas

### 2.4.1 Ligações soldadas

A solda é elemento muito utilizado para unir as partes construtivas de uma estrutura, por meio de características mecânicas e químicas, porém necessita de mão de obra mais cara, pois deve ser especializada. As ligações por soldas são mais usadas em fabricas, pois possibilita maior controle técnico e fiscal, sobre todo o processo. No campo, a ligação por solda não é muito indicada, devido à dificuldade no local de trabalho para executar as ligações em andaimes, locais que dificultam o serviço em altura (IBS/CBCA, 2004).

### 2.4.2 Tipos de soldas

As soldas são classificadas conforme a sua posição, plenas, horizontais, verticais. Com base nos modelos, podem ser chamados de filete, penetração total ou parcial. Existem vários tipos de processos de soldagem, os quais foram descobertos e desenvolvidos como o: Arco-Eletrodo não consumível, Arco-Eletrodo consumível. Arco-eletrodo não consumível: é aquele que utiliza eletrodo (TIG ou GTAW) solda a gás, carvão (CAW), soldagem com hidrogênio atômico (AHW), soldagem a plasma (PAW), soldagem com arco magneticamente impedido (MIIAB). Arco-eletrodo: De consumo, solda a gás com eletrodo metálico (GMAW ou MIG/MAG), soldagem com eletrodo revestidos (SMAW), processo de solda arame tubular (FCAW), soldagem a gás (EGW) (WEISS, 2010).

### 2.4.3 Vantagens ligação por soldas

A principal vantagem é a economia de material em algumas estruturas, em que é possível economizar até 15% ou até mais do peso do aço. Além disso, apresenta nos detalhamentos a rigidez estrutural aproximada do modelo teórico, nos desenhos, a fácil modificação para ser realizada, alta possibilidade na correção de erros, diminuindo quantidade de peças usadas, transformando em rapidez na fabricação e na montagem, ligações mais estanques e resistentes, com uniões possíveis de serem usinadas (BELLEI, 2008).

### 2.4.4 Desvantagens

As seguintes desvantagens são: para as estruturas maiores, a diminuição do comprimento, a falta de energia elétrica por falta de disponibilidade, o maior cuidado exigido na execução, o alto tempo de montagem das peças, devido aos cordões de soldas que são feitos necessariamente, maior índice de fadiga nas ligações, reduzindo as tensões a um nível mais

baixo, dificuldade de desmontagem, podendo ocorrer tensões e deformações, algumas soldas exigem acabamento posterior e mão de obra especializada (WEISS, 2010).

#### 2.4.5 Modelos de soldas

Os tipos de soldas mais usados na ligação são os de penetração (total ou parcial) e os de filete.

As seguintes definições são utilizadas para a confecção de soldas de filete: Face de fusão: Área da superfície da base metal original. Raiz da solda: são normais nas duas faces de fusão. Perna do filete: lado menor das faces da fusão do triângulo maior, constante no interior da parte transversal da solda.

Conforme a NBR 8800 (2008), os lados das peças em triângulos é o mesmo, e já o filete de solda, geralmente é classificado pela dimensão da sua perna que são: Garganta efetiva: Área efetiva, AW: é conhecida como a resistência da solda, como se fosse o comprimento da solda multiplicado com a garganta efetiva. Área AMB: é conhecida como de resistência no metal-base junto à solda, igual ao comprimento efetivo, multiplicado pela perna do filete. Disposições de projetos: sobre as considerações de detalhes das soldas por filete. O metal da solda e o metal-base tem compatibilidade, resistência de cálculos de soldas, limitações de soldas entre outras (BELLEI, 2008).

## 2.5 Considerações Sobre Parafusos

### 2.5.1 Ligações parafusadas

As ligações parafusadas são consideradas em escalas de união de partes da estrutura, nas partes final da utilização de campo. Dependendo dos esforços que o parafuso sofre eles podem ser classificados, sendo esforços cortantes e uma mistura de tração, em que a maneira que esses esforços são interligados nos parafusos são bastante diversificadas (ALMEIDA, 2014).

### 2.5.2 Vantagens

As ligações parafusadas possuem algumas vantagens diante a rapidez na fabricação das peças; economia no consumo de energia; rapidez nas ligações no campo, e mão de obra não especializada.(CBCA, 2003).

### 2.5.3 Desvantagens

Quanto às desvantagens, há muita dificuldade em campo para realizar modificações e ajustes, pois pode ocorrer esmagamentos de peças e áreas líquidas, havendo maior necessidade de possível manutenção de pré-montagem de peças em fábrica e em alguns casos (CBCA, 2003).

### 2.5.4 Transmissão dos esforços por meio dos parafusos

Nas ligações as forças de cisalhamento com ligações por parafusos de maior resistência, são distribuídos por atritos, diante das partes ligadas, que tem resultando em pressão, nas ligações por contato ou atrito entre o corpo do parafuso com os furos. Já por contato, o movimento resulta em cisalhamento no corpo do parafuso e nas ligações chamadas por contato. A transmissão de esforços não pode ser superposta, assim a resistência do parafuso independe do atrito entre as duas partes. A montagem de protensão dos parafusos, é a mesma para ligações de contato e atrito. A grande diferença entre elas está no acabamento necessário para as partes da superfície de deslizamento das chapas, e no carregamento ao longo da vida útil (BELLEI, 2010).

Para carregamentos estáticos a ideal ligação é por contato, em que o deslizamento entre as partes não afeta a vida dos parafusos e nem o comportamento global da estrutura. Não há restrição ao deslocamento nas chapas e aos esforços que está atuando pelo contato do corpo do parafuso, ocasionando a solicitação do corte no mesmo.

A ligação por atrito não é indicada para o deslizamento de chapas, e a resistência ao esforço atuante, é feita pelo atrito gerado na superfície de contato das chapas que estão conectadas, qualquer deslizamento pode prejudicar o comportamento previsto na estrutura e para carregamentos dinâmicos (BELLEI, 2010).

### 2.5.5 Método de aperto

O aperto dos parafusos deverá ser utilizado com a formula de rotação da porca, para ser utilizado tende se a adotar a potência de protensão mínima especificada em norma, os parafusos devem ser em números superiores, em vista do pré-torque para garantir as peças que estão em contato.

O pré-torque tem a condição de ser definido pelo aperto obtido após alguns impactos, ou por um operário que aplica um esforço máximo, usando uma chave de impacto. Após o primeiro procedimento os parafusos devem ser colocados nos furos que restaram, e alguns parafusos também pode ser levado à condição de pré-torque (IBS/CBCA, 2004).

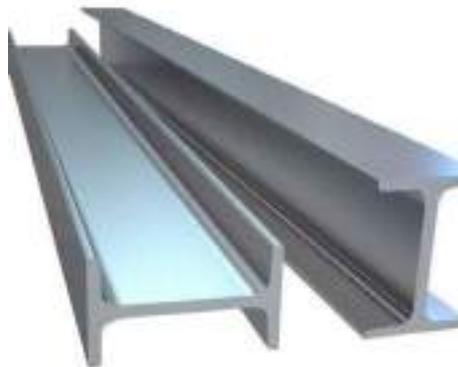
Diante disso, todos os parafusos devem receber um reaperto a mais por causa da rotação da porca que está sendo aplicada, como é recomendado na NBR 8800 (2008). Diante desse aspecto pode-se começar na parte mais rígida e continuar em direção às bordas livres. Assim, a parte oposta em que foi aplicada a rotação não pode girar (IBS/CBCA, 2004).

## 2.6 Elementos mais Utilizados em Ligações por (soldas e parafusos)

### 2.6.1 Viga W ou I

De acordo com a figura 3, existe uma pequena diferença entre o perfil W e o I, o seu formato melhora no ajuste e no encaixe das peças, no entanto, ambas possuem ótima relação de resistência. A viga W é comum ser muito utilizada, em casas, quadras, pontes, ferrovias e outros projetos. Possuem abas paralelas que permitem melhor encaixe e melhor acabamento. A viga do perfil I tem um ótimo aspecto entre as peças, com acabamentos mais bonitos e precisos. Essas vigas são muito utilizadas em ligações por soldas e parafusos (SILVA, 2005).

**Figura 3:** Viga de aço, perfil W ou I

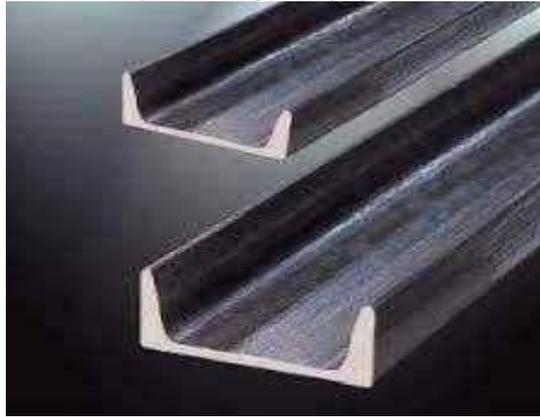


**Fonte:** Uni CEUB (2014)

### 2.6.2 Vigas U

Na figura 4, observa-se que tanto as vigas do perfil U quanto as vigas W ou I, possuem diversas aplicações na área industrial, como em vários setores da construção civil, sendo utilizadas, principalmente em projetos estruturais, metálicos e coberturas. É um produto extremamente versátil e indicado em projetos que precisam de material leve e resistente, e são muito usadas em ligações por soldas e parafusos (SILVA, 2005).

**Figura 4:** Viga de aço perfil U



**Fonte:** Uni CEUB (2014)

## **2.7 Viabilidade entre Ligações Soldadas e Parafusadas**

As ligações são classificadas nas estruturas metálicas, de acordo com a análise e rigidez, bem como do esforço solicitante, quando se trata dos meios de ligações, a escolha entre os dois tipos de ligações soldadas ou parafusadas deve ser feita por meio de um conjunto de ideias e parâmetros. É importante classificar as possibilidades das ligações e qual vai ser a melhor para determinado tipo de obra (PARANHOS, 2018).

Por meio de estudo feito em *software*, realizou-se uma modelagem entre as ligações soldadas e parafusadas, em que se avaliou uma ligação com dupla cantoneira, e seu dimensionamento, que deveria resistir um certo tipo de esforço. Depois da análise entre os dois tipos de ligação, observou-se que os valores menores de tensão soldada e estimou-se que a diferença acontece por causa dos furos, pela sua diminuição da seção transversal, aumentando a tensão atuante. Os valores de rigidez são aproximadamente parecidos, e não existe deformação plástica, em relação ao esforço cortante, pois não houve falha (PARANHOS, 2018).

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O assunto a ser abordado neste trabalho tem o objetivo de explicar os dois tipos de ligações em estrutura metálica entre a solda e o parafuso. Em relação ao modelo da pesquisa, o trabalho foi construído por meio de visitas em obras e entrevistas em práticas existentes na área de ligações em estruturas metálicas, em obras já executadas ou finalizadas, na região de Sinop-MT. O levantamento desses dados ocorreu em obras com estruturas metálicas na cidade de Sinop-MT. Visitou-se, no máximo, 8 obras, para se analisar os tipos de ligações utilizadas.

De modo, após obter-se essas informações, realizou-se levantamento fotográfico, entrevista com as empresas e construtoras responsáveis pela execução das obras. Para a entrevista, foram entregues questionários aos responsáveis, contendo perguntas referentes aos tipos de ligações, perfis utilizados, tipo da obra, entre outras questões descritas.

#### **3.1 Análise de Estudo**

Realizou-se revisão de literatura, que foi conduzida na análise dos dois tipos de ligações sobre soldas e parafusos, levando em consideração os conceitos e requisitos estabelecidos pela NBR 8800 (2008). Isso incluiu a investigação de materiais publicados em livros e artigos científicos, relacionados às ligações em estruturas metálicas, de modo que resultou em informações quanto ao melhor tipo de ligação para cada tipo de perfil.

#### **3.2 Liminar da Pesquisa**

A revisão de literatura trata-se de uma pesquisa que relaciona os dois tipos de ligações, de modo a se fazer algumas comparações que levem a informações, tais como: qual é a melhor ligação a ser utilizada para cada tipo de perfil, qual é a ligação mais vantajosa tecnicamente e, posteriormente, comparar os resultados economicamente, bem como abordar alguns problemas comuns na execução dessas ligações, de modo a oferecer maiores informações na hora de escolher qual tipo de ligação a ser utilizado em determinada estrutura.

### 3.3 Questionário distribuído

De acordo com o Quadro 1, foram distribuídos questionários para serem respondidos pelos responsáveis pelas obras pesquisadas.

**Quadro 1: Questionário**

| <b>QUESTIONÁRIO</b>   |                            |                           |
|---|----------------------------|---------------------------|
| 1 - Local da Obra   | ( ) Sinop                  | ( ) N. BAND               |
| 2 - Qual etapa da Obra  | ( ) Ligações               | ( ) Outros                |
| 3 - Tamanho da obra   | XXX,XX m <sup>2</sup>      |                           |
| 4 - Tem responsável técnico ENG.                                | ( ) Sim                    | ( ) Não                   |
| 5 - Tipos de perfil utilizado                                   | ( ) W<br>( ) U             | ( ) I<br>( ) Outros       |
| 6 - Tem alvará de construção                                    | ( ) Sim                    | ( ) Não                   |
| 7 - Há responsável técnico pela execução da estrutura metálica? | ( ) Sim                    | ( ) Não                   |
| 8 - Tem projeto de estrutura metálica na obra?                  | ( ) Sim                    | ( ) Não                   |
| 9 - Tipos de ligação  | ( ) Soldas                 | ( ) Parafusos             |
| 10 - Onde foi utilizada a estrutura metálica?                   | ( ) Cobertura<br>( ) Vigas | ( ) Pilares<br>( ) Outros |
| <b>Principais dificuldades na execução</b>                      | <b>PARAFUSADAS</b>         | <b>SOLDADAS</b>           |
| 11 - Custo elevado  | ( ) Sim ( ) Não            | ( ) Sim ( ) Não           |
| 12 - Falta de profissionais qualificados                        | ( ) Sim ( ) Não            | ( ) Sim ( ) Não           |
| 13 - Falta de energia   | ( ) Sim ( ) Não            | ( ) Sim ( ) Não           |
| 14 - Falta de projeto   | ( ) Sim ( ) Não            | ( ) Sim ( ) Não           |
| 15 - Dificuldade de montagem                                    | ( ) Sim ( ) Não            | ( ) Sim ( ) Não           |
| 16 - Prazo de entrega rápido                                    | ( ) Sim ( ) Não            | ( ) Sim ( ) Não           |
| 17 - Disponibilidade de equipamentos especializados             | ( ) Sim ( ) Não            | ( ) Sim ( ) Não           |

Fonte: Própria (2023)

### 3.4 Obras Visitadas

#### 3.4.1 Obra 1

A primeira visita realizada ocorreu no Bairro São Cristóvão, uma obra de barracão comercial já finalizada na cidade de Sinop/MT, Rua Dos Manacás II, 2212, CEP 78898-000. A obra conta com aproximadamente 435.00 m<sup>2</sup>, cobertura feita com telhas isotérmicas, vigas com perfil I e U, com ligações soldadas, conforme Figura 5.

**Figura 5:** São Cristóvão



**Fonte:** Própria (2023)

### 3.4.2 Obra 2

A segunda visita ocorreu em um barracão comercial para locação, localizado no bairro Jardim Europa, Rua Inglaterra, número 831, CEP 78555-211 Sinop/MT, a obra conta com, aproximadamente 130.00 m<sup>2</sup>, obra em andamento, sem cobertura, utilizando perfil U em todas as partes com ligações soldadas, de acordo com a Figura 6.

**Figura 6:** Obra Jardim Europa



**Fonte:** Própria (2024)

### 3.4.3 Obra 3

A terceira obra ocorreu em um barracão, localizado no Bairro Village, Rua dos Mognos, CEP 78555-288, Sinop/MT, para uso próprio com aproximadamente 80.00 m<sup>2</sup>, obra já encerrada, com cobertura metálica, utilizando perfil U em todas as partes com ligações soldadas, conforme mostra a Figura 7.

**Figura 7:** Bairro Village



**Fonte:** Própria (2024)

#### 3.4.4 Obra 4

A quarta obra visitada foi um barracão comercial, localizada no bairro Jardim Europa, Avenida das Figueiras, CEP 78555-211, Sinop/MT, obra em andamento com, aproximadamente 100,00 m<sup>2</sup>, utilização de perfis U em toda estrutura, sem cobertura, conforme demonstrado na Figura 8.

**Figura 8:** Barracão da Av. das Figueiras



**Fonte:** Própria (2024)

#### 3.4.5 Obra 5

A obra 5 localizada na Rua Salvador, número 250, Setor Industrial em Sinop/MT, está produzindo uma estrutura de vigas e terças metálicas, com aproximadamente 375,00 m<sup>2</sup>. A estrutura ainda não foi montada, todos os perfis são do tipo U e 100% soldados.

**Figura 9:** Setor Industrial

**Fonte:** Própria (2024)

#### 3.4.6 Obra 6

A obra 6, fica localizada na Rua João Pedro Moreira de Carvalho, número 1180, St. Industrial, CEP 78557-165, Sinop/MT. Obra finalizada de aproximadamente 1.450,00 m<sup>2</sup>, com vigas e terças utilizando perfil do tipo U e I/W, com ligações por soldas em toda estrutura, como mostra a figura 10 abaixo.

**Figura 10:** Barracão Comercial

**Fonte:** Própria (2024)

#### 3.4.7 Obra 7

A obra 7, fica localizada na Rua Colonizador Enio Pipino, s/n – Jardim Umuarama, CEP 78558-260, Sinop/MT. Obra com aproximadamente 6.300,00 m<sup>2</sup>, ainda em execução a fase da cobertura com vigas e terças soldadas com a utilização de perfil U em toda a estrutura, como mostra a Figura 11 abaixo.

**Figura 11:** Jardim Umuarama



**Fonte:** Própria (2024)

#### 3.4.8 Obras 8

Das obras visitadas, apenas a obra em um condomínio foi executada com ligações em parafuso, visto que a mesma usou de um processo construtivo diferente do convencional, chamado *Steel frame*. A obra corresponde a duas edificações dos espaços *gourmet* do condomínio, com aproximadamente 330,00 m<sup>2</sup>, onde toda a estrutura desde pilares, vigas, fechamento de parede e cobertura foram com estrutura metálica. As figuras 12 e 13 mostram a utilização de pilares e vigas com o perfil I.

**Figura 12:** Viga I parafusada



**Fonte:** Própria (2024)

**Figura 13:** Pilar e viga I parafusada



**Fonte:** Própria (2024)

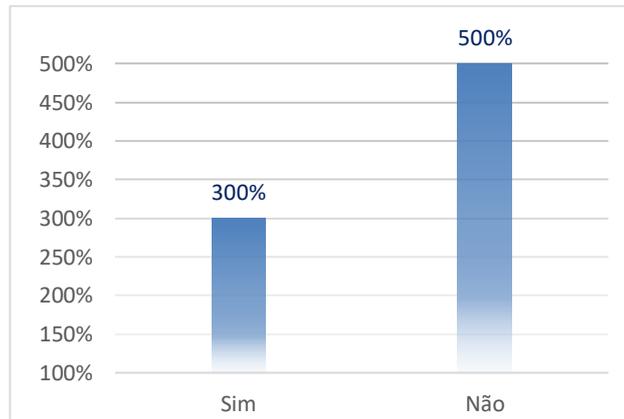
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O questionário distribuído e as visitas *in loco* às obras que possuem estruturas metálicas, têm o intuito de identificar qual ligação mais comumente utilizada na região. A definição sobre qual a ligação a ser escolhida em uma estrutura, precisa ser feita com muita atenção e cuidado, qualquer maneira equivocada, pode resultar em uma estrutura mais onerosa e mais difícil de executar. Assim, na hora que for escolhido o tipo, deve se levar em consideração alguns aspectos como o local da execução da obra, a infraestrutura a disposição para a realizações das ligações, o nível de dificuldade de fabricar e montar as peças.

A definição e escolha do meio de ligação entre as peças é uma das decisões mais importantes relacionadas ao projeto das estruturas metálicas, e muitos profissionais tem dúvidas quanto à escolha entre ligações soldadas ou parafusada. É comum essa indecisão na prática, pois são necessárias algumas observações quando forem tomadas as decisões (ANDRADE; VELLASCO, 2010).

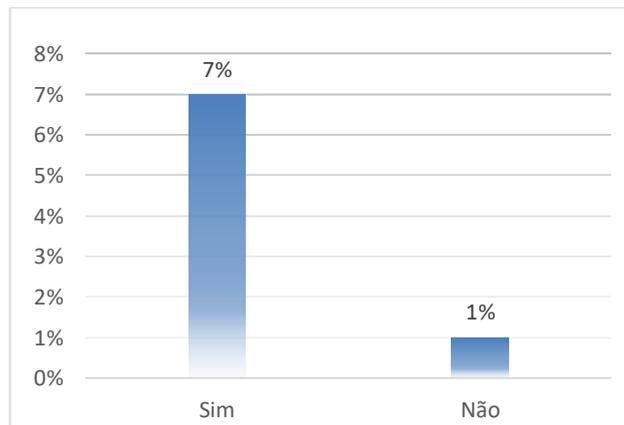
As entrevistas foram realizadas com profissionais que prestam serviços com estruturas metálicas, que trabalham em empresas altamente qualificadas na região de Sinop/MT, de modo a conseguir algumas informações referentes ao tipo de ligações utilizadas, tamanho e finalidade da obra, se teve projeto e responsável técnico pela execução da mesma, entre outras informações.

Foram visitadas 8 obras em Sinop, localizadas no setor industrial e setor comercial. Dentre essas obras, todas possuíam alvará de construção emitido pela prefeitura municipal. Porém apenas 3 obras possuíam o projeto executivo da estrutura metálica, como pode-se ver no gráfico 1.

**Gráfico 1:** Projeto de estrutura metálicas

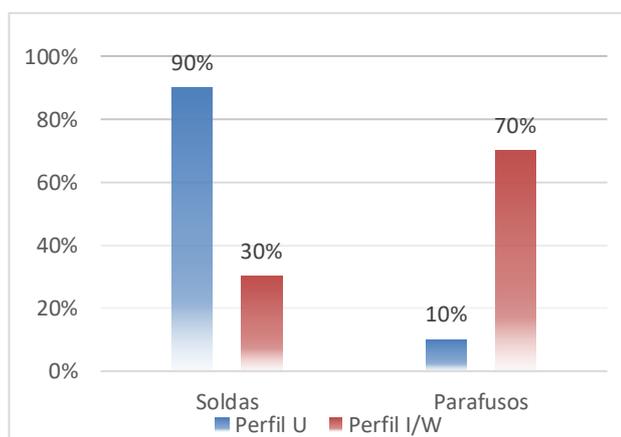
**Fonte:** Própria (2024)

As demais obras que foram visitadas, apenas uma delas não tinha responsável técnico pela execução da estrutura metálica, como mostrado no gráfico 2.

**Gráfico 2:** Responsável técnico da obra

**Fonte:** Própria (2024)

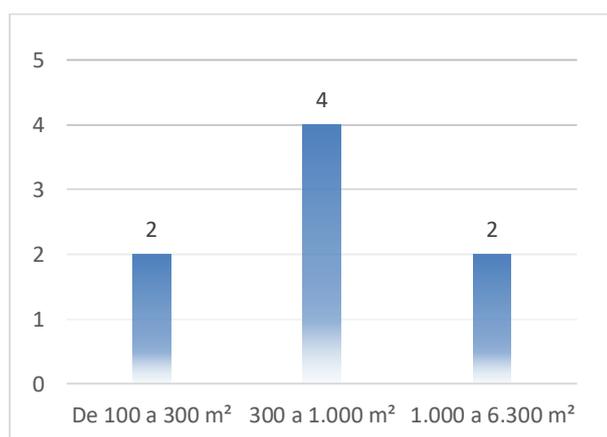
Analisando os tipos de perfil que foram utilizados nas estruturas metálicas, nas ligações soldadas 90% utilizaram perfil U em todas as partes da estrutura. Já nas ligações por parafuso, a faixa de 70% utilizaram perfil I ou W. Para a utilização de determinados tipos de perfil, há algumas recomendações como, os perfis do tipo U são os mais recomendados para ligações soldadas. Já os perfis I ou W que são o mesmo, são mais utilizados para estruturas parafusadas. O gráfico 3 abaixo, mostra a porcentagem dos perfis utilizados para determinados tipos de ligações parafusadas ou soldadas.

**Gráfico 3:** Perfil mais utilizado em determinadas ligações

Fonte: Própria (2024)

#### 4.1 Resultados das Visitas

Conforme mostra o gráfico 4, a maioria das obras são edificações comerciais, entre 100 m<sup>2</sup> a 6.300 m<sup>2</sup> como mostra o gráfico, que ainda estavam na etapa de execução da cobertura ou na fase de acabamentos. Analisando os tipos de perfis que foram utilizados nas coberturas, 70% utilizaram perfil W nas terças da estrutura, e 30% U nas vigas, a maioria utilizou-se ligações por soldas do tipo eletrodo revestido, MIG, MAG e TIG, que são as mais utilizadas na execução de estruturas metálicas.

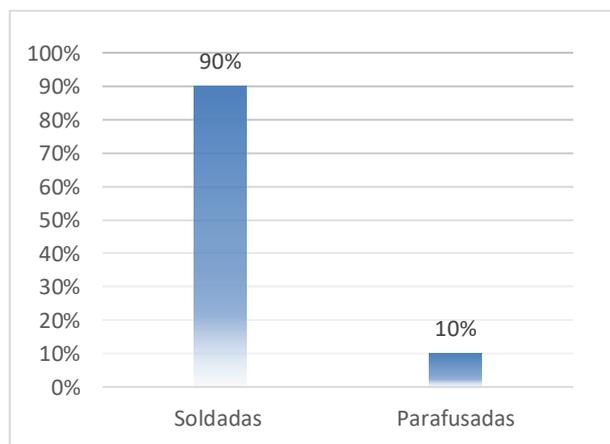
**Gráfico 4:** Tamanho da Obra (m<sup>2</sup>)

Fonte: Própria (2024)

Considerando que 90% dos prestadores de serviço de estrutura metálica utilizam solda, essa informação justifica-se, devido ao fato de o valor dessa execução ser mais barata que a parafusada e a facilidade de se contratar mão de obra para executar, além de sua rapidez, segu

rança, bem como pela vantagem de somente um operário fazer a ligação (ANDRADE; VELLASCO, 2010).

**Gráfico 5:** Ligações mais utilizadas



**Fonte:** Própria (2024)

Os dois tipos de ligações, tanto solda como parafuso têm suas dificuldades, que apresentam algumas desvantagens, nos parafusos: falta de mão de obra qualificada, seu custo já é mais elevado, não tem muito fornecedores na cidade e a falta de equipamentos qualificados para fazer a montagem. Já nas soldas, é um pouco mais comum a falta de energia elétrica em determinados lugares e montagem errada, o que causa deficiência na peça.

#### 4.1.1 Resultados do sistema *Steel Frame*

O *Steel Frame* que é um conjunto construtivo através de peças de aço galvanizado visto na figura 14, a vedação de toda a sua estrutura é feita com painéis ou placas, que podem ser de diversos tipos de materiais, como madeiras, placas, painéis de alumínio composto ou até *drywall* (FREITAS; CASTRO, 2006).

A figura 15 mostra a estrutura em *Steel Frame*, com suas principais vantagens, que são a redução de resíduos da estrutura, obras mais rápidas e mais limpas, simplicidade de executar e revisão de instalações, ganho de área devido à espessura da parede, e menor número de etapas da construção. Leva-se em consideração, algumas desvantagens como demanda de mão de obra especializada, limitação da estrutura e barreira cultural (CASTRO, 2007).

**Figura 14:** Aço galvanizado



**Fonte:** Própria (2024)

**Figura 15:** Estrutura *Steel Frame*



**Fonte:** Própria (2024)

## 4.2 Dificuldade Ligações Parafusadas

Uma ligação em uma estrutura é confiável pela junção de transmitir um esforço de um componente para o outro, quando refere-se a pilares e vigas, é necessário que haja conexões adequadas para a montagem das estruturas.

O meio de ligação por parafuso, é um método muito eficiente para unir duas ou mais peças, por meio de algumas pesquisas na cidade de Sinop/MT, pode-se obter algumas informações sobre as dificuldades que essas ligações podem trazer para o usuário. O gráfico 6 abaixo traz algumas perguntas que foram respondidas por prestadores de serviço com estrutura metálica.

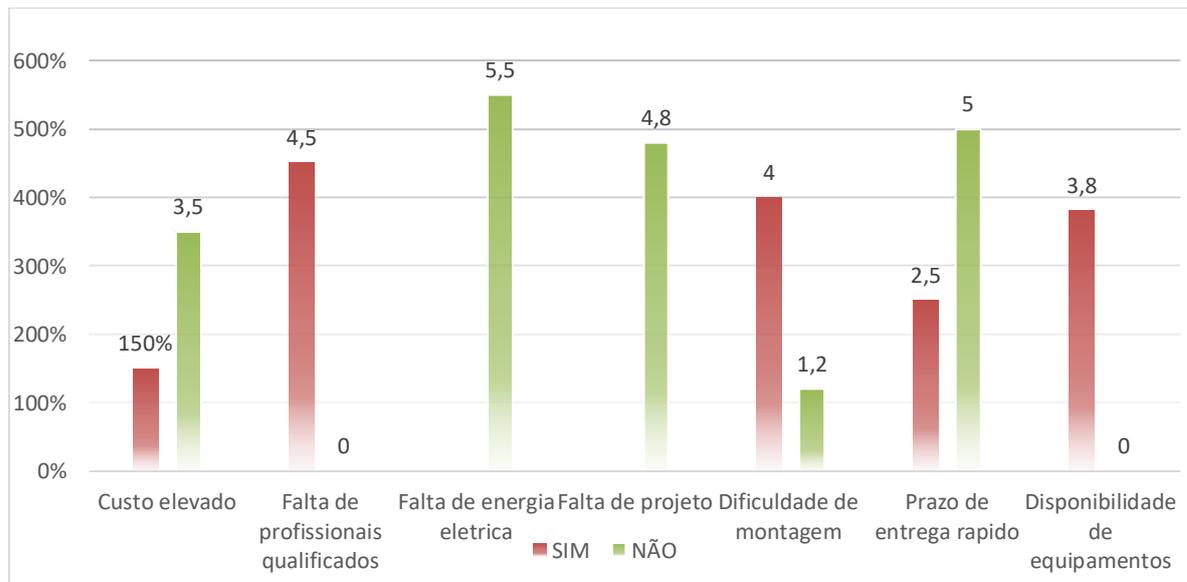
### 4.2.1 Resultados com ligações parafusadas

Quando se comenta em ligações existem algumas dificuldades em relação a ela, o custo das ligações por parafusadas acaba se tornando mais caro devido ser parafuso + furação, isso

torna o preço mais elevado que a solda. Sobre a falta de profissionais qualificados, pode-se levar em consideração que não é só na área da montagem, como também na área de execução dos furos + aperto dos parafusos, que são executadas nas medidas específicas. Em locais sem energia elétrica, os parafusos se destacam por não ser necessária a utilização.

A dificuldade de montagem do parafuso é um pouco maior porque necessita dos furos e parafusos, assim para fazer montagem é necessário dois ou mais operários para obter um ótimo travamento, considerando o prazo de entrega, não é tão rápido quanto os soldados pelo seu processo de medição e furos, por isso torna-se ligação um pouco mais difícil e demorada. Para trabalhar com os parafusos, são necessários alguns equipamentos como furadeira de mesa, brocas, buchas, furadeira pequena, parafusos de alta resistência, poucas com trava, entre os especializados se encontra a placa de travamento.

**Gráfico 6:** Dificuldades ligações parafusadas



Fonte: Própria (2024)

### 4.3 Dificuldade Ligações Soldadas

#### 4.3.1 Resultados ligações por soldas

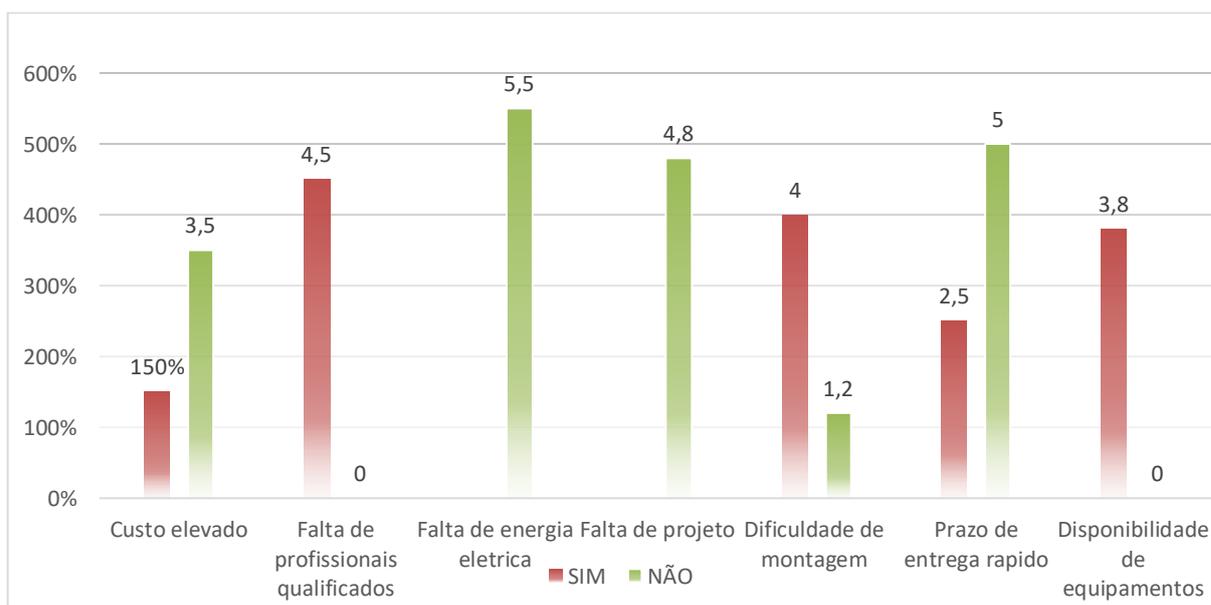
O procedimento da solda dispõe uma visibilidade maior dentro da indústria metalúrgica, por ser o melhor método de unir materiais com um custo menor, quando comparado com as ligações parafusadas. As estruturas metálicas possuem algumas vantagens comparando-

se com outros sistemas convencionais, tem boa precisão devido serem produzidos em fábricas, possibilidade de seção menores, construção com vãos maiores e precisão na execução da obra. Na utilização da solda na estrutura metálica, é muito comum os tipos de soldas MIG/MAG, que se destaca pela sua eficiência no mercado de estruturas metálicas (VALENCIANI, 1997).

Por ser uma pesquisa feita pela sociedade americana, as soldas podem ocasionar erros no processo de soldagem pelos motivos citados: por sulcos de soldagem mal trabalhados, condições desfavoráveis no processo, erro humano, técnicas impróprias para determinada aplicação, seleção incorreta da matéria prima, entre outras. Dentre as falhas, podem-se citar contaminação do metal (porosidade), trincas na solda e respingos (VALENCIANI, 1997).

A solda é um excelente processo para unir dois ou mais materiais de forma segura e prática. Sobre algumas dificuldades da solda, pode-se trazer algumas informações do levantamento realizado na prática na cidade de Sinop/MT. Como visto no gráfico 7, para fazer uma ligação por solda o custo é mais baixo do que a ligação por parafusos, fazendo com que a solda leve vantagem no preço entre esses tipos de ligação. Sobre a falta de profissionais qualificados, todo o setor tem dificuldade, entretanto, para o mercado da solda não é tão difícil quanto para o mercado de ligação parafusada, outro aspecto também, é a energia elétrica, que não é usada em certos lugares, dificultando o processo para se fazer a soldagem. Para esses ambientes, a ligação por meio de parafuso seria uma boa escolha, já para a montagem, não é tão preocupante quando se trata de solda, pois é um elemento rígido engastado que traz um ótimo travamento e uma boa segurança.

**Gráfico 7:** Dificuldades ligações soldadas



**Fonte:** Própria (2024)

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração as informações obtidas com os dados coletados, verificou-se que os tipos de ligações mais vantajosos são os soldados, pois trazem bom benefício para os prestadores de serviço que foram entrevistados.

Tendo encontrado todas as informações necessárias para verificar todos os métodos mais utilizados na construção civil, levou-se em consideração o que as normas técnicas visam e analisam diante da segurança. Contudo, é de extrema importância saber que os defeitos encontrados tanto em solda, como em parafuso pode causar diversos tipos de problemas como os citados no presente trabalho.

Quando se refere às ligações parafusadas, estas se destacam por possuírem um sistema de montagem sem o uso de energia elétrica, além de não exigirem mão de obra necessariamente especializada. Em contrapartida, apresentam alguns defeitos já citados anteriormente.

Já nas ligações soldadas consideradas mais vantajosas, é preciso ter uma atenção dobrada com a qualidade da solda, bem como algumas necessidades especiais. Essa categoria de junção carrega uma certa redução de material, por sua parte direta entre as demais estruturas forma uma maior rigidez, pois possui maior facilidade para consertar erros de montagem.

Apesar da escolha com qualquer que seja entre solda e parafuso, cada um possui suas vantagens e desvantagens como: condições do ambiente, tamanho dos vãos, custo e, o uso da estrutura, que é um fator de grande importância na determinação da escolha do tipo de ligação, sejam elas parafusos ou soldas.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.
- ALMEIDA, P. H. V. **Estudo e verificação de ligações metálicas soldadas e parafusadas**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Centro Universitário de Brasília. Brasília: UniCEUB, 2014.
- ANDRADE, S.A.L., VELLASCO, P.C.G. **Comportamento e projeto de estruturas de aço e mistas**. No prelo, 2010.
- BELLEI, I. H. **Edifícios industriais em aço**: projeto e cálculo. 6. ed. São Paulo, SP: PINI, 2010.
- BELLEI, Ildony H. **Edifícios de Múltiplos Andares em Aço**. São Paulo: Pini, 2008
- CASTRO, Eduardo Munhoz de Lima. **Light Steel Framing para uso em habitações**. Construção Metálica, Mato Grosso do Sul, p.22-26, 2007.
- CBCA-Centro Brasileiro da Construção em Aço. **Ligações em Estruturas Metálicas**. 2. Ed. Rio de Janeiro, RJ. IBS/CBCA. 2003.
- FREITAS, Arlene M. Sarmanho; CASTRO, Renata C. Morais de. **Steel Framing**: Arquitetura. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.
- IBS-CBA. Instituto Brasileiro de Siderurgia – Centro Brasileiro da Construção em Aço. **Ligações em estruturas metálicas**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004.
- IBS-CBCA. Instituto Aço Brasil Ligações em Estruturas Metálicas – Centro Brasileiro da Construção em Aço. **Série manual de construção em aço**, v. 1. Instituto Aço Brasil, Alexandre Luiz Vasconcellos (rev.). Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2011. 59 p.
- MARTINS, J. G. (2011). **Estruturas Metálicas - EC3** (versão 1993). Série ESTRUTURAS.
- PARANHOS, L. P. *et al.* **Estudo comparativo entre ligações parafusadas e soldadas em estruturas metálicas**. Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, Associação Brasileira de Pontes e Estruturas, 10, 9 a 11 de maio de 2018. Anais [...], Rio de Janeiro, 2018.
- PFEIL, W. **Concreto Armado**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1988.
- PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Aço**: Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008. 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- SANTOS, A.F. **Estruturas Metálicas**: Projeto e Detalhes para Fabricação. McGraw Hill do Brasil. São Paulo, 1977.
- SILVA, L. S. **Ligações Metálicas**: Métodos Avançados de Análise e Dimensionamento. 2005. Coimbra: Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra.

VALENCIANI, V.C. **Ligações em estruturas de aço**. 1997. 352 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1997.

WEISS, Almiro. **Soldagem**. 1. ed. Rio de Janeiro: LT, 2010.

AÇO, Cenário. Cenário dos fabricantes em aço (2017): cenário dos fabricantes. *In*: AÇO, Cenário. **Cenário**: dos fabricantes em aço. Orientador: city. 2017. Tcc (Engenharia civil) - Conclusão de curso, Sinop, 2024. Disponível em: artigo. Acesso em: 2 jul. 2024

UNI CEUB. Centro universitario de brasilia: faculdade de tecnologia e ciencias sociais aplicadas. *In*: **UniCEUB**: FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS. Brasileira. 2097290/0. ed. CENTRO UNIVERSITARIO DE BRASILIA: ROGER ADRIANO DE SIQUEIRA, 2014. Fatecs. Disponível em: artigo. Acesso em: 2 jul. 2024.