

**FACULDADE DOCTUM**  
**Alan Pedro Valentim Alves Amorim**  
**Wilson Alves Amorim Junior**

**ANÁLISE DO PROCESSO DE MONTAGEM DE UM GALPÃO EM  
ESTRUTURA METÁLICA**

Juiz de Fora  
2020

**Alan Pedro Valentim Alves Amorim  
Wilson Alves Amorim Junior**

**ANÁLISE DO PROCESSO DE MONTAGEM DE UM GALPÃO EM  
ESTRUTURA METÁLICA**

Monografia de Conclusão de Curso, apresentada ao curso de Engenharia Civil, Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Daniela Silva Santurio

Juiz de Fora  
2020

**Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Faculdade Doctum/JF**

Amorim, Alan Pedro Valentim Alves/Amorim Junior,  
Wilson Alves.

Análise do Processo de Montagem de um Galpão em  
Estrutura Metálica / Alan Pedro Valentim Alves Amorim,  
Wilson Alves Amorim Junior - 2020.

75 folhas.

Monografia (Curso de Engenharia Civil) –  
Faculdade Doctum Juiz de Fora.

1. Construção Civil. 2. Estruturas metálicas.  
3. Metodologia Construtiva  
I. Análise do Processo de Montagem de um Galpão em  
Estrutura Metálica. II Faculdade Doctum Juiz de Fora.

**Alan Pedro Valentim Alves Amorim  
Wilson Alves Amorim Junior**

**ANÁLISE DO PROCESSO DE MONTAGEM DE UM GALPÃO EM  
ESTRUTURA METÁLICA**

Monografia de Conclusão de Curso, submetida à Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovada pela seguinte banca examinadora.

---

Prof. Dra. Daniela Silva Santurio  
Orientador (a) e Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Prof. Me. Douglas Cássio Seiberlich de Paiva  
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Prof. Me. Kléber de Almeida Gonçalves  
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

Examinada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradecemos a Deus por ser o grande arquiteto de nossas vidas, e nela ter nos feito irmãos. Tivemos o privilégio dado por ele de crescermos juntos e felizes, construindo belas memórias durante nosso caminho. Poder finalizar essa etapa de nossas vidas, ainda compartilhando da companhia um do outro, é de fato uma dádiva que poucos têm a oportunidade de ter.

Agrademos a nossa mãe Marly por ter nos dado a vida, por ser nosso porto seguro, e ter feito de nós homens. Inspiramo-nos na grande mulher que ela é, valente, dedicada, e amorosa, sempre honrando a história de luta de nossa família. Sem você mãe, não seríamos o que somos hoje, a você nossos mais amorosos agradecimentos.

Aos meus avós que não pudemos conhecer em vida, mais que são a base de nossa história, seus ensinamentos moldaram o caráter de varias gerações de nossa família, permitindo-nos chegar até o momento de hoje. Vocês tem a mais eternas gratidão.

Aos nossos tios João e Suely, e primos Éder e Everton, sempre grandes incentivadores a continuarmos a perseguir nossos objetivos e sonhos, nosso muito obrigado.

Agrademos as nossas companheiras Adriana e Thais, por serem parte fundamental em nosso desenvolvimento quanto pessoa, fazendo de nossos dias mais difíceis, melhores e felizes.

Aos amigos nossos mais sinceros agradecimentos, por todos os anos de amizade e companheirismo.

A nossa orientadora Daniela Santurio, por ser um exemplo de pessoa e profissional, nossos mais dedicados e realizados agradecimentos.

Por fim, agrademos aos mestres e pessoas que contribuíram de forma direta ou indiretamente para que pudéssemos progredir, e assim chegar ao dia de hoje.

## RESUMO

AMORIM, ALAN PEDRO VALENTIM ALVES. **Análise do Processo de Montagem de um Galpão em Estrutura Metálica**. Número de folhas (75f.). Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2020.

AMORIM JUNIOR, WILSON ALVES. **Análise do Processo de Montagem de um Galpão em Estrutura Metálica**. Número de folhas (75f.). Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2020.

Com a exigência do mercado de construção civil para com o desenvolvimento e aprimoramento de métodos construtivos cada vez mais velozes e sustentáveis, evidenciou o modelo de estruturas metálicas no atual cenário econômico brasileiro, por sua agilidade de execução, trazendo um retorno econômico mais rápido e também pela aplicabilidade e sustentabilidade do aço junto ao meio ambiente. O objetivo desse trabalho é estimular a utilização desse método construtivo no mercado de construção civil, realizando um estudo de caso da montagem de um galpão metálico situado no estado do Rio de Janeiro, apresentando a metodologia de construção de cada etapa e analisando o desenvolvimento do processo de operação em função do tempo, e fazendo assim um comparativo final entre a projeção versus realizado.

**Palavras-chave:** Construção Civil. Estruturas metálicas. Metodologia Construtiva.

## **ABSTRACT**

With the demand of the civil construction market for the development and improvement of construction methods that are increasingly faster and sustainable, it evidenced the model of metal structures in the current Brazilian economic scenario, due to its agility of execution, bringing a faster economic return and also for the applicability and sustainability of steel to the environment. The objective of this work is to stimulate the use of this constructive method in the civil construction market, carrying out a case study of the assembly of a metallic shed located in the state of Rio de Janeiro, presenting the construction methodology of each stage and analyzing the development of the process of operation as a function of time, and this making a final comparison between the projection versus performed.

**KEYWORDS:** Construction. Metallic structures. Constructive Methodology

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ponte de Coalbrookdale, sobre o rio Severn na Inglaterra, 1779.....	16
Figura 2 – Ponte sobre o rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro. Vista geral	17
Figura 3 – Ponte sobre o rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro. Detalhe do meio do vão dos arcos atirantados.....	18
Figura 4 – Teatro Santa Isabel, em Recife.....	18
Figura 5 – Normas de preparação das superfícies.....	20
Figura 6 – Galpão metálico industrial.....	23
Figura 7 – Parabolts fixados a fundação.....	24
Figura 8 – Pilar sendo preparada para ser erguida.....	24
Figura 9 – Galpão metálico industrial em construção.....	25
Figura 10 – Foto de uma Treliça.....	26
Figura 11 – Terças e tirantes.....	26
Figura 12 – Terça e tirante.....	27
Figura 13 – Contraventamento lateral e superior de um galpão.....	27
Figura 14 – Forças de protensão mínimas nos parafusos.....	30
Figura 15 – Travamento lateral da estrutura.....	32
Figura 16 – Etapas de montagem de um galpão.....	33
Figura 17 – Container almoxarifado.....	39
Figura 18 – Geometria da Peça.....	41
Figura 19 – Disposição dos Chumbadores.....	42
Figura 20 – Alinhamento dos Chumbadores.....	43
Figura 21 – Informações de carga Caminhão Munck.....	44
Figura 22 – Caminhão Munck.....	44
Figura 23 – Içamento do pilar.....	45
Figura 24 – Travamento do pilar.....	45
Figura 25 – Tempo de Execução de cada Etapa.....	47
Figura 26 – Treliça.....	48
Figura 27 – Treliça.....	49
Figura 28 – Seção da Viga U.....	49
Figura 29 – Seção da Cantoneira.....	50
Figura 30 – Tempo Para Execução do Procedimento no Solo.....	52
Figura 31 – Tempo Para Execução do Procedimento em Altura.....	53

Figura 32 – Kit de Enteçamento vertical.....	56
Figura 33 – Kit de Enteçamento em montagem .....	56
Figura 34 – Percentual do tempo necessário para execução das atividades.....	62
Figura 35 – Percentual de tempo dedicado às operações solo/altura.....	63
Figura 36 – Percentual de tempo dedicado em cada etapa .....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Veículos Utilizados Nas Operações .....	37
Tabela 2 – Lista de Ferramentas.....	39
Tabela 3 – Especificações Técnicas dos Pilares.....	41
Tabela 4 – Tempo de Preparo para cada Etapa .....	46
Tabela 5 – Projeção do Tempo de Conclusão .....	47
Tabela 6 – Características do Perfil.....	49
Tabela 7 – Características da Cantoneira .....	50
Tabela 8 – Características Chapa de Aço .....	50
Tabela 9 – Tempo de Execução em Solo.....	51
Tabela 10 – Tempo da Pré-montagem em Solo.....	53
Tabela 11 – Projeção de Conclusão .....	54
Tabela 12 – Características da Terça.....	55
Tabela 13 – Características do Tirante Rígido .....	55
Tabela 14 – Características do Tirante Flexível .....	55
Tabela 15 – Montagem dos Kits no Solo.....	58
Tabela 16 – Montagem dos Kits em Altura.....	59
Tabela 17 – Estimativa de Rendimento Diário de Enterçamento .....	60
Tabela 18 – Estimativa de Rendimento Diário de Calhas .....	61
Tabela 19 – Projeção para Execução .....	62
Tabela 20 – Tempo estimado/realizado .....	64
Tabela 21 – Pontos críticos de cada etapa .....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
CBCA	CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO

## LISTA DE SÍMBOLOS

m	Metro
Cm	Centímetro
Mm	Milímetro
M <sup>2</sup>	Metro quadrado
Cm <sup>2</sup>	Centímetro quadrado
d	Altura do perfil
Bf	Largura da aba do perfil
Tf	Espessura da aba
Tw	Espessura da alma
d'	Altura livre da alma
Ø	Diâmetro
h	Altura interna
Pol.	Polegada
%	Por cento
HH:MM:SS	Hora, minuto, segundo
Kg/m	Quilograma por metro
Kg	Quilograma

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.1 Objetivo geral.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>14</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 História do aço.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Aço no Brasil .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Sistemas estruturais em aço .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.1 Produtos siderúrgicos e metalúrgicos .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.2 Definição de estrutura metálica industrial .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.3 Componentes de uma estrutura metálica industrial .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.4 Montagem da estrutura .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4 Vantagens e desvantagens das estruturas metálicas.....</b>	<b>34</b>
<b>3.5 Notações e unidades.....</b>	<b>34</b>
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>35</b>
<b>5. ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 Características do empreendimento.....</b>	<b>36</b>
<b>5.2 Transporte.....</b>	<b>37</b>
<b>5.3 Armazenamentos de materiais e ferramentas .....</b>	<b>38</b>
<b>5.4 Análise geral transporte e armazenamento .....</b>	<b>39</b>
<b>5.5 Pilares.....</b>	<b>40</b>
<b>5.6 Análise do processo .....</b>	<b>47</b>
<b>5.7 Treliças.....</b>	<b>48</b>

<b>5.8 Enterçamento .....</b>	<b>54</b>
<b>5.9 Análise geral do enterçamento .....</b>	<b>60</b>
<b>5.10 Calhas.....</b>	<b>60</b>
<b>5.11 Análise Geral do Processo de Montagem .....</b>	<b>63</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>70</b>
<b>Anexo a - Planta baixa com locação dos pilares .....</b>	<b>71</b>
<b>Anexo b - Planta de Treliça.....</b>	<b>72</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a criação da técnica de fabricação do aço em larga escala pelo inglês Henry Bessemer entre 1860 – 1870 (PFEIL e PFEIL, 2009), o setor da construção civil de estrutura metálica só se desenvolveu com o passar dos anos, tornando-se hoje, um modelo construtivo eficaz e consolidado no mundo inteiro, já que o aço entra em conformidade com as expectativas de modelos construtivos sustentáveis com uma maior produtividade que o mercado mundial almeja.

Mas tal modelo construtivo ainda enfrenta relutâncias no cenário brasileiro, problema que pode estar atrelado ao custo, já que seu comércio é feito por peso, o que pode assustar a quem não está familiarizado com esse tipo de empreendimento.

Entretanto, mesmo com as dificuldades, obras em estruturas metálicas avançam e chamam cada vez mais a atenção do mercado de construção civil, uma vez que suas vantagens atrativas evidenciam o seu ganho econômico, quebrando o paradigma de ser um modelo de custo elevado, já que seu investimento é compensatório pela sua produtividade gerando um retorno econômico mais veloz, se comparado ao método construtivo convencional brasileiro de concreto.

Dentre essas e as inúmeras vantagens que serão abordadas ao decorrer deste trabalho, o aço torna-se perfeito para empreendimentos que visam velocidade acompanhada de estética, segurança e com grandes vãos vencidos, como por exemplo, galpões metálicos, que será o foco deste estudo.

Por apresentar um modelo construtivo que se dá por parafusamento e solda de seus elementos, a montagem de um galpão é maximizada, uma vez que suas dimensões podem ser garantidas com facilidade por suas peças serem confeccionadas em fábricas, atendendo a requisitos milimetricamente especificados em projeto e com sua operação bastante direta e por etapas pré-determinadas sendo bastante versátil, torna sua montagem mais limpa, sem desperdícios e com um alto rendimento em produtividade aliado ao baixo número de profissionais.

Este trabalho visa analisar a metodologia construtiva do galpão estudado, abordar alguns pontos críticos em cada processo, comparar as projeções de um cenário ideal com o real encontrado na montagem e no final propor algumas adaptações se necessário ao processo.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Apresentar e analisar o processo de montagem da estrutura de um galpão metálico, executado por uma empresa especializada, visando promover conhecimento do processo construtivo e estimular seu desenvolvimento no mercado brasileiro.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Apresentar as características técnicas dos perfis metálicos utilizados na execução do projeto;
- Apresentar a metodologia construtiva de cada etapa de montagem;
- Analisar o desenvolvimento das atividades, através da verificação de ações realizadas e contabilização do tempo de execução;
- Realizar projeção de término das atividades;
- Comparar os tempos de projeção com o realizado, e identificar os principais pontos críticos.

## 2 JUSTIFICATIVA

O papel do engenheiro civil hoje na execução de obras está bastante dividido entre desenvolvimento técnico e gestão operacional do trabalho, exigindo necessária dedicação aos parâmetros de especificação do projeto, tais parâmetros influenciam diretamente no modo como a execução de todo sistema ocorrerá, visto que o processo de montagem é definido de acordo com as características dos materiais escolhidos.

Como existe grande variedade de perfis e metodologias construtivas, tais construções apresentam aspectos de montagem distintos, conseqüentemente, as dificuldades e problemáticas encontradas diferem-se. Este trabalho tem o objetivo de descrever e analisar as etapas dos processos de montagem de um galpão, com o intuito de promover a difusão de construções metálicas no mercado brasileiro.

Além disso, pretende-se proporcionar a engenheiros, encarregados, colaboradores, e interessados em conhecer as atividades empregadas neste tipo de construção. Através da descrição do processo de montagem e de suas etapas, será realizada uma análise das principais dificuldades encontradas para uma construção específica e assim fornecer dados que possam colaborar para um melhor conhecimento dos sistemas de montagem e aprimoramentos em sistema existentes para aqueles que trabalham ou pretendem trabalhar na área.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo abordará a história do aço, desde o seu surgimento em 2900 a. C, até suas utilizações na construção civil, especificando cronologicamente os acontecimentos, salientando a aplicabilidade do aço, bem como vantagens, cuidados e importâncias que se deve ter, desde o projeto até a execução.

#### 3.1 História do aço

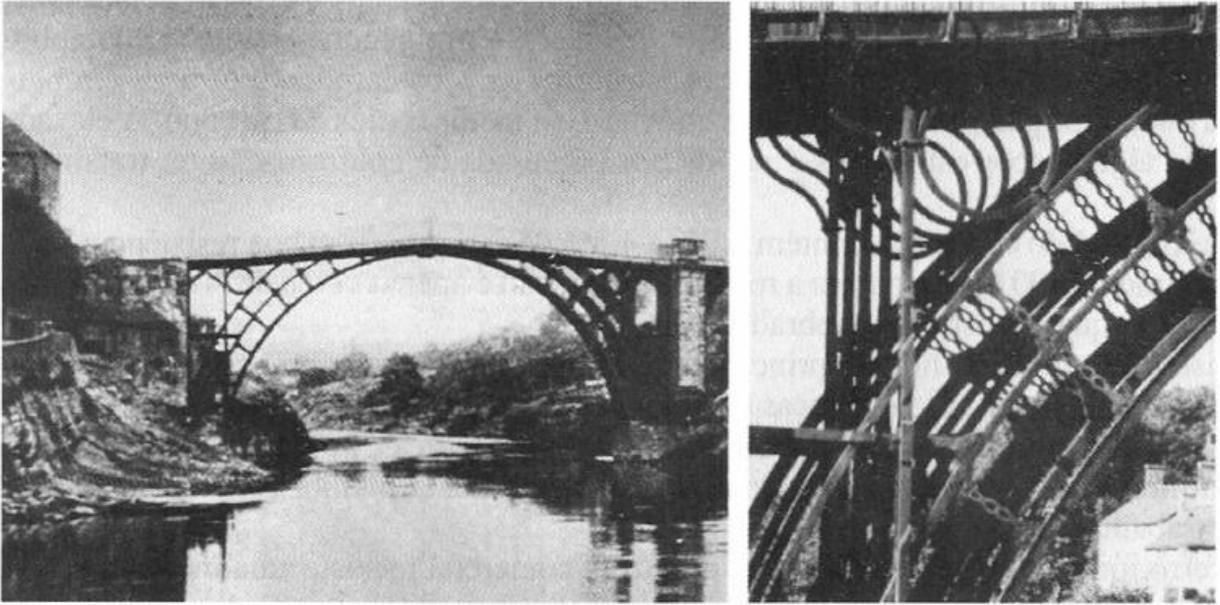
“Os primeiros artefatos de ferro que se tem notícia são objetos encontrados no Egito, por volta de 2900 a.C. Fogueiras foram construídas a base de rochas de minério de ferro, a fim de promover o contato de partículas quentes de carbono com partículas de óxido de ferro, dando início ao processo de redução, resultando em uma massa escura, não fundida, mas permitindo a sua deformação plástica através de técnicas de forjamento, produzindo utensílios de diferenciadas propriedades mecânicas” (NOLDIN JUNIOR, 2002, p.16).

Segundo, Noldin Junior (2002), a utilização do aço se tornou mais aparente no século XIII a.C no antigo império Hitiita, que hoje encontra-se o país da Turquia, onde o ferro teve a sua utilização em aplicações de acervos militares, uma vez que o bronze caiu em desuso. Mais tarde no século VI a.C o ferro teve sua primeira grande diversificação, quando foi usado para construção dos portões da cidade de Babilônia a mando do rei Nabucodonosor II, que se transformou numa das grandes maravilhas do mundo antigo.

Na construção civil o aço teve suas primeiras participações entre os anos de 1779 e 1820, com a primeira ponte de ferro fundido sendo construída em 1779 na cidade de Coalbrookdalee, na Inglaterra. (Fig.1).

Embora o aço viesse aparecendo em algumas construções ao longo dos anos, a produção em larga escala ainda era deficiente por causa da tecnologia da época. Quando em 1856, o inglês Henry Bessemer desenvolveu um forno com o objetivo de produção em grandes quantidades, alcançando esse objetivo em meados de 1860 – 1870 (PFEIL e PFEIL, 2009).

Figura 1 - Ponte de Coalbrookdale, sobre o rio Severn na Inglaterra, 1779



Fonte: Petero, T., The Development of Long-Span Bridge Building, ETH, 1981

### 3.2 Aço no Brasil

Acredita-se que no Brasil as obras em aço tiveram início em 1846 no Estaleiro Mauá, em Niterói, RJ, com a construção da ponte de Paraíba do Sul (Fig. 2 e 3), no estado de Rio de Janeiro, com cinco vãos de 30 metros. Já o uso do aço em edificações tem como primeiro registro o Teatro Santa Isabel, Recife em 1850. (Fig.4). (BELLEI, 1998).

Com a criação da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, na década de 1920, a indústria siderúrgica brasileira começa efetivamente a ganhar escala, mas até a inauguração da Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, em 1941, a produção de aço no Brasil ainda era bastante restrita (PALATNIK, 2011).

Até a metade da década de 60, quase toda a produção siderúrgica nacional era consumida internamente, especialmente pela quantidade de obras do governo em andamento. Foi, nesse período, que o parque industrial brasileiro mais se expandiu. Essa expansão foi suficiente para que, em 1966, o Brasil fosse considerado o maior produtor de aço da América Latina. A implantação do I Plano Siderúrgico Nacional, em 1969, fez a siderurgia evoluir ainda mais, através de empreendimentos de origem estatal e privada (IMIANOWSKY; WALENDOWSKY, 2015).

A privatização do setor siderúrgico brasileiro, a partir da década de 1990, ocasionou uma modernização do setor, um forte crescimento e a diversificação da

produção. O Brasil possui atualmente uma significativa indústria de insumos de aço para a construção civil. Mas somente em 2008, o setor da construção civil tornou-se o maior consumidor de produtos siderúrgicos, com 30% de participação do consumo total (PALATNIK, 2011).

Entretanto, devido ao lento desenvolvimento do uso do aço na indústria da construção civil ocorrido no Brasil nos últimos cinquenta anos, as construções em aço não alcançam 5% do total, segundo o CBCA, mas há um grande potencial de crescimento face às necessidades de ampliação da infraestrutura brasileira e de redução do déficit habitacional (PALATNIK, 2011).

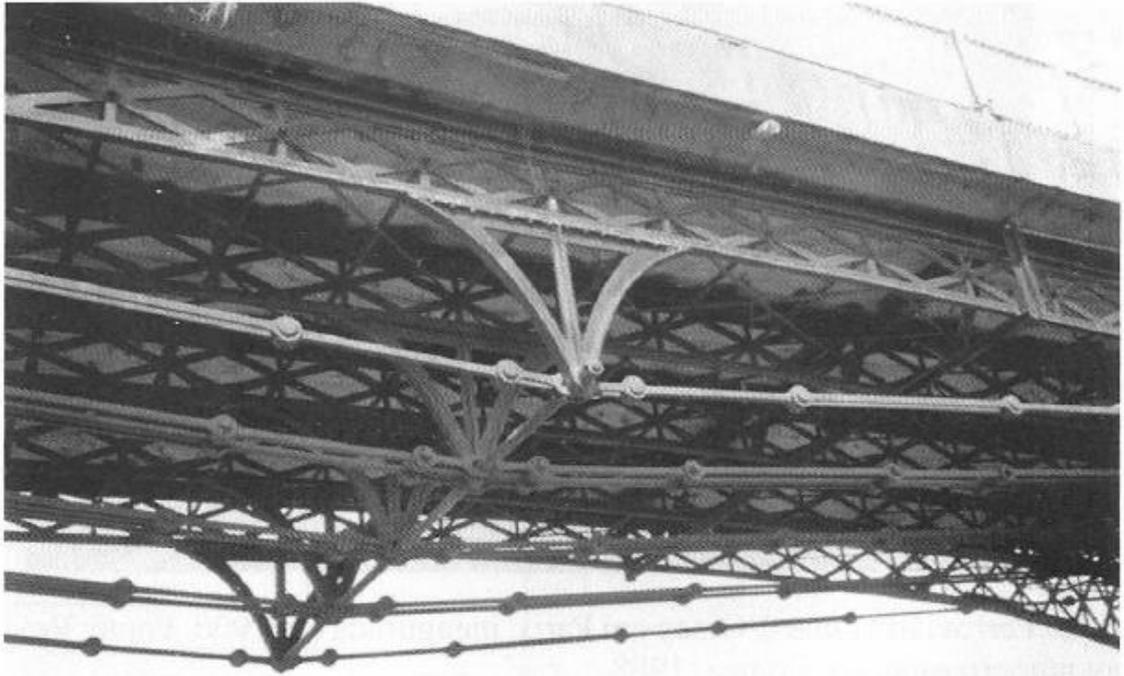
Com relação à produção nacional de aço, na última década a produção brasileira ficou estagnada entre 33 e 35 milhões de toneladas/ano e a participação do Brasil na produção mundial de aço bruto caiu de 3% para 2,1% (SICETEL, 2014).

Figura 2 - Ponte sobre o rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro. Vista geral



Fonte: Pfeil e Pfeil, 2009

Figura 3 - Ponte sobre o rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro. Detalhe do meio do vão dos arcos atirantados



Fonte: Pfeil e Pfeil, 2009

Figura 4 - Teatro Santa Isabel, em Recife



Fonte: Prefeitura da cidade de Recife

### 3.3 Sistemas estruturais em aço

A otimização estrutural é área da engenharia que tem sido intensamente estudada desde o século XIX, tendo como objetivo básico a redução de peso da estrutura, mas mantendo o seu desempenho. E para isso existe uma série de normas técnicas, a seguir que auxiliam os profissionais na elaboração das etapas de desenvolvimento do projeto sendo as mais importantes para essa área, as ABNT:

- NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio;
- NBR 14323:1999 – Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 8800:2008 – Projeto de estrutura de aço em edifícios;

É por isso que as etapas que antecedem a montagem são de suma importância, já que o objetivo do projeto estrutural é evitar o colapso e garantir o bom desempenho, evitando ao máximo vibrações e grandes deslocamentos que possam vir a prejudicar a estrutura. (SILVA, 2002).

As estruturas em aço caracterizam-se por apresentarem resistência muito superior às estruturas de concreto armado, podendo ser até 10 vezes mais resistentes e mais leves, devido a sua esbeltez e propriedades mecânicas, além disso, possuem alto rendimento produtivo nos canteiros de obras, sendo todas suas peças pré-fabricadas em metalúrgica, com fixações parafusadas e/ou soldáveis. (PINHEIRO, 2005).

Um fator importante a ser observado no emprego do aço é a corrosão, alteração físico-química sofrida devido à sua reação com o meio. Estas alterações transformam o aço em compostos químicos semelhantes ao minério de ferro, fazendo com que o material perca características essenciais como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade, entre outras, além da redução da seção resistente (TEOBALDO, 2004).

E para protegê-las, segundo Bellei, 1998 dessas ações alguns cuidados devem ser tomados desde a etapa de fabricação, onde as peças passam por um processo de limpeza para retirada de óleo, gordura, graxas de laminação e partes oxidadas. Sendo essa limpeza as mais empregadas.

- Utilização de solventes aplicada sobre a superfície com panos;
- Desagregação natural, deixa-se as peças sob ação de intempéries por tempo limitado. Até a formação de ferrugem, depois se retira essa casca;

- Limpeza manual utilizando raspadeiras, escovas manuais ou mecânicas (fios de aço ou bronze), etc;
- Limpeza com chamas aplicada por meio de um maçarico na superfície da peça, até a desagregação da casca de laminação, realizando a retirada dessa casca com escova mecânica;
- Limpeza com jato abrasivo, com areia ou gralha, consiste em uma máquina com reservatório para o material abrasivo, sendo disparado sob a peça de aço com um tubo flexível de ar comprimido. Esse método é o mais eficiente na preparação das peças para pintura.

Abaixo uma tabela apresentando as normas vigentes para cada tipo de limpeza existente. (Fig. 5).

Figura 5 - Normas de preparação das superfícies

Tipos de preparação de superfície	Graus de preparação		
	Norma SIS 05 5900-1988 ISO 8501-1/88	Norma VIS 1 SSPC - 1989	Norma ABNT
<b>Com ferramentas manuais ou mecânicas:</b> Limpeza manual Limpeza mecânica	St 2 St 3	SSPC-SP2 SSPC-SP3	NBR 7346 NBR 7347
<b>Com jato abrasivo:</b> Ligeiro (brushoff) Comercial Metal quase branco Metal branco	Sa 1 Sa 2 Sa 2 1/2 Sa 3	SSPC-SP7 SSPC-SP6 SSPC-SP10 SSPC-SP5	NBR 7348
<b>Outros tipos:</b> Limpeza com solventes Limpeza a fogo Decapagem química Jato abrasivo		SSPC-SP1 SSPC-SP4 SSPC-SP8 --	NBR 7145 NBR 7350

Fonte: Bellei, 1998

Logo após a limpeza é realizado a pintura ou a galvanização da peça. A pintura consiste em proteger o aço da corrosão causado pela exposição ao meio, garantido sua vida útil. A peça deve ser previamente preparada depois da limpeza, estando seca, limpa e sem qualquer tipo de impurezas. Normalmente logo após a limpeza e preparação da peça é realizada uma aplicação de primer e em seguida a tinta de acabamento.

A galvanização protege o aço da corrosão, aplicando-se uma camada de zinco metálico, funcionando como um revestimento à corrosão. (BELLEI, 1998).

Outra grande característica dos sistemas estruturais em aço, diz respeito a sua capacidade de ser desmontado e alocado em outra região, conforme a necessidade do cliente, uma vez que todas ou grande parte de suas peças são parafusadas, facilitando a montagem e desmontagem da estrutura.

Sendo a logística ligada ao transporte um dos principais gargalos do processo de montagem de um galpão, isto se deve basicamente pela dificuldade que alguns meios de transportes, na sua grande maioria caminhões, encontram em transportar as peças de aço, uma vez que elas são de tamanhos elevados podendo chegar dependendo do projeto, a quinze metros ou mais de comprimento e transportá-las em áreas urbanas torna-se bastante difícil, e por isso um estudo detalhado das vias e local do empreendimento é importante, a fim de garantir todas as entregas com o mínimo de perturbação do tráfego local.

Outra dificuldade é a limitação do mercado em algumas cidades do Brasil, já que a falta de hábito e mercado limitado para o aço impossibilita encontrar alguns perfis. De tal sorte que, os projetos e/ou estruturas ficam limitadas aos perfis disponíveis, o que em muitas vezes pode ser uma medida pouco econômica.

A seguir serão apresentados temas de importância para o entendimento do processo de construção de um galpão metálico. Serão abordados os tipos de perfis existentes, as partes componentes da estrutura, bem como a descrição da montagem da mesma.

### **3.3.1 Produtos siderúrgicos e metalúrgicos**

Os produtos siderúrgicos podem ser classificados de forma genérica em perfis, barras e chapas. As siderúrgicas são responsáveis por produzirem inúmeros produtos, sendo os mais usados, cantoneiras em abas iguais e desiguais, perfil H, perfil I ou duplo Tê, perfil Tê, perfil U ou canal. Barras redondas, barras chata, tubo circular, tubo retangular ou quadrado, chapas em bobinas (medidas variáveis em comprimento e largura), chapas finas ou grossas (em formatos específicos) (PINHEIRO BRAGANÇA, 2005).

As metalúrgicas por sua vez são responsáveis por processarem os produtos siderúrgicos e transformarem em perfis compostos por chapas dobradas ou chapas soldadas. Têm-se como exemplo, perfil U, UE perfil U enrijecido, cantoneiras, 21 perfil cartola, perfil Z, Perfil Tê soldados, perfil duplo Tê soldado (PINHEIRO, 2005).

De acordo com (PINHEIRO BRAGANÇA, 2005) os perfis são classificados em laminados também conhecidos como conformados a quente, cuja designação no Brasil é apresentada pelo código literal, altura (mm), peso (kg/m), ou chapa dobrada também chamada de conformados a frio, sendo sua caracterização apresentada através do tipo, altura, dobra, espessura, podendo ter ainda a as palavras “chapa dobrada” como elemento de diferenciação das laminadas.

### **3.3.2 Definição de estrutura metálica industrial**

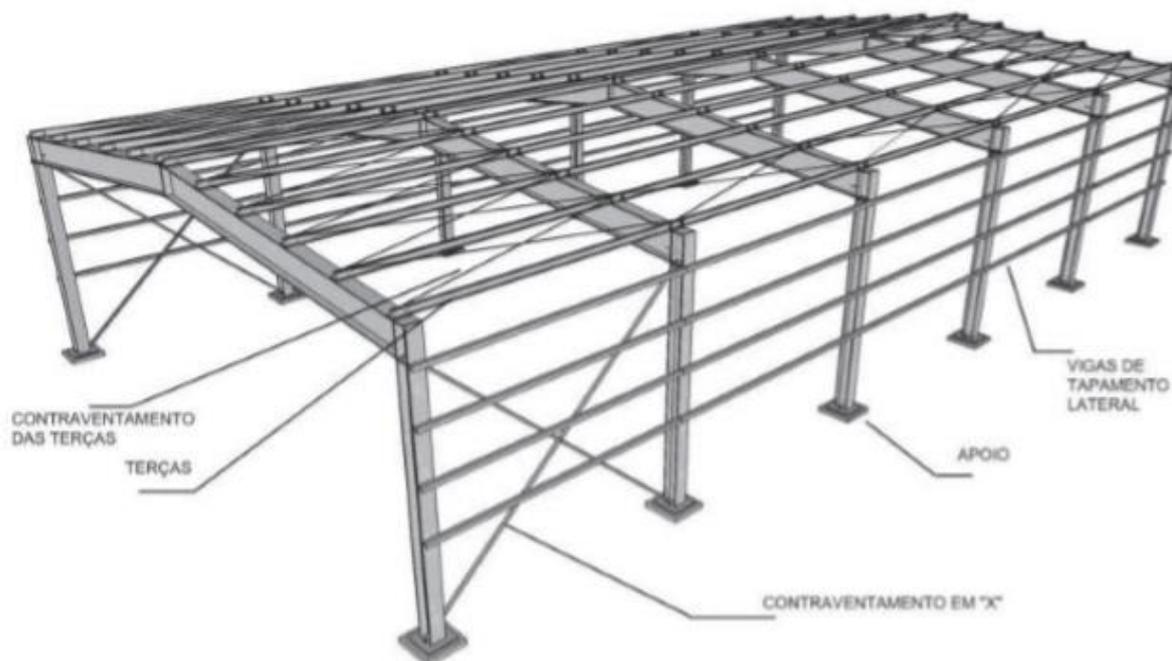
Uma estrutura metálica industrial (Galpão), segundo (BELLEI, 1998), como um único elemento estrutural, construído em pórtico, onde todas as suas camadas trabalham em conjunto em prol de manter a estrutura unida e segura, transmitindo todas as cargas à fundação. Tem como característica cobrir grandes áreas com apenas um vão, podendo ser utilizada de diversas formas, como depósito, fábricas, hangar etc. Sendo a construção mais comum em aço.

### **3.3.3 Componentes de uma estrutura metálica industrial**

A imagem abaixo (Fig. 6) ilustra os diversos componentes de um galpão metálico em seus respectivos lugares, onde se podem analisar de forma conjunta seus principais elementos, assim como toda a estrutura montada. Observando que cada elemento mesmo sendo distinto um do outro, quando unidos trabalham como um, para manter a estrutura e nunca devem ser analisados como unidades separadas. (BELLEI, 1998).

Logo abaixo da figura 6, há um arranjo focado em explicar os principais elementos que compõe a estrutura, que são os pilares, treliças, terças e tirantes e os contraventamento.

Figura 6 - Galpão metálico industrial



Fonte: CBCA – manual galpões para uso gerais

### A) Chapas de base e chumbadores

As chapas de base e chumbadores (fig. 7), são componentes ligados a base do pilar, responsáveis por transferir ao bloco de fundação as cargas horizontais, verticais e momentos, oriunda da estrutura. Os chumbadores também conhecidos como parabolts, são feitos de barras redondas com uma extremidade rosqueada e com dispositivo de ancoragem na outra. Para fundações mais econômicas, utilizam-se pórticos rotulados nas bases, o que favorece a construção das estruturas em terrenos de baixa capacidade de carga, entretanto, ocorre uma maior solicitação dos esforços na estrutura se comparados com os pórticos de base engastada, assim como os deslocamentos que são maiores (BELLEI, 1998).

Figura 7 - Parabolts fixados a fundação



Fonte: Os autores, 2020

## B) Pilares

De acordo com Dias (1997), os pilares (fig. 8 e 9) são essenciais numa estrutura, pois são responsáveis pela transmissão das forças solicitantes para a fundação, mantendo toda a estrutura estável e resistente a esforços horizontais. Sendo sua ligação com a fundação por meio dos parabolts fixados a placa de base da mesma, de acordo com a figura 6.

Figura 8 - Pilar sendo preparada para ser erguida



Fonte: Os autores, 2020

Figura 9 - Galpão metálico industrial em construção



Fonte: Os autores, 2020

### **C) Treliças**

Segundo Pfeil e Pfeil (2009), treliças (fig. 10), são barras retas unidas geometricamente em forma de triângulo pelas extremidades, conhecidas como nós. Sendo isostática ou hiperestática e tendo como principal característica o trabalho de tração ou compressão. Resistentes às treliças são capazes de absorver o peso e o impacto nas construções. Esses aspectos garantem a forma da estrutura e evitam rompimento, trazendo maior segurança em casos de abalos ou outras situações causadas pela ação natural do tempo. Diferentes da viga metálica que concentra todo seu peso em sua própria estrutura linear, as treliças dividem a carga, exatamente por terem outro formato.

Por conseguirem suprir o peso, impacto e esforços de flexão, as treliças metálicas apresentam excelente aderência ao concreto. Além disso, não oferecem grande peso extra ao conjunto todo, sendo assim, conferem alta eficiência no resultando final.

Figura 10 – Foto de uma Treliça

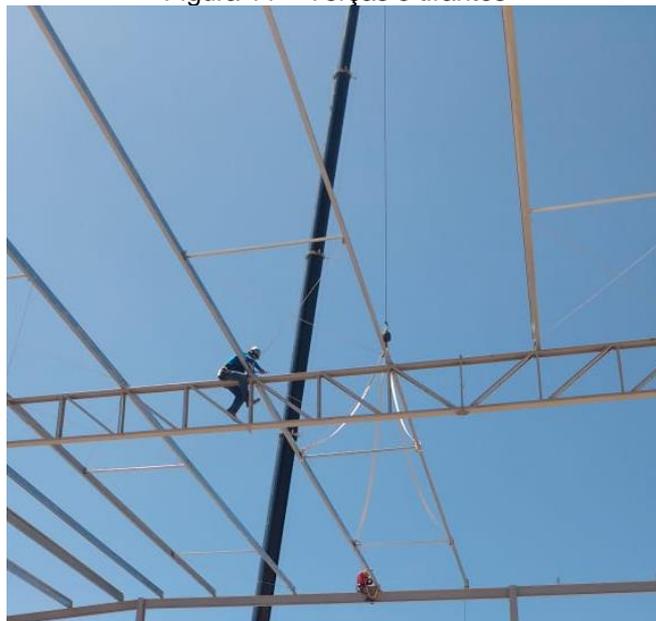


Fonte: Os autores, 2020

#### **D) Terças e tirantes**

As terças são elementos da estrutura caracterizada por receber e transmitir os esforços solicitantes das telhas, tanto superiores quanto laterais se necessário. Se o vão for maior que o normal, tem-se a opção de reduzi-lo na direção da menor inércia, atirantando-as perpendicularmente na metade do vão. (Fig. 11 e 12). (SILVA, 2017).

Figura 11 – Terças e tirantes



Fonte: Os autores, 2020

Figura 12 – Terça e tirante



Fonte: Os autores, 2020

### E) Contraventamento

Os elementos do contraventamento geralmente são utilizados em sistemas prediais onde as ações dos ventos são mais impactantes para as estruturas. Normalmente montados em forma de “X” constituindo os sistemas treliçados, tendo como principal característica fornecer estabilidade espacial a todo conjunto do galpão, descarregando também as cargas provenientes das ações dos ventos. (fig. 13). (PFEIL e PFEIL, 2009).

Figura 13 – Contraventamento lateral e superior de um galpão



Fonte: Os autores, 2020

### 3.3.4 Montagem da estrutura

A escolha do processo de montagem de uma estrutura metálica depende de vários aspectos que devem ser analisados antes da execução. Destacam-se como fatores de importância características do local da obra os tipos de equipamentos que serão necessários, topografia, acesso à obra e principalmente o prazo devem ser levados em consideração, a fim de alcançar respostas mais viáveis e econômicas. Em sua grande maioria, a metodologia de montagem está ligada diretamente ao tempo, por isso um plano de sequência detalhado deve ser seguido desde o início, auxiliando e facilitando a execução. (BELLEI, 1998).

“Entende-se como montagem o ato de unir-se as peças que vão compor uma estrutura final, conforme especificado nos desenhos de projetos. É o coroamento de toda a obra, quando se saberá se houve ou não um bom projeto. Nessa fase a estrutura, ou parte dela, pode sofrer danos ou queda por mal planejamento de montagem, ou por um projeto mal concebido ou mal detalhado. Uma montagem bem elaborada necessita acima de tudo de um bom planejamento. As montagens de estruturas metálicas se caracterizam pela rapidez, precisão, adaptabilidade e confiabilidade.” (BELLEI, 1998, p. 325).

#### A) Pré - montagem

Segundo Guarnier (2009), a pré-montagem é de suma importância, pois é nela que as verificações das dimensões totais, prumo, nível e esquadros das partes ou do conjunto são apurados. Quando se observa uma furação errada ou que furos entre peças que serão ligadas estão fora de posição, por erro de fabricação ou detalhamento, o responsável pela montagem deve tomar medidas se possível a fim de aproveitar a peça para que a mesma não seja perdida. Essas medidas podem ser abertura de novos furos, calços etc.

#### B) Armazenamento das peças

De acordo com Guarnier (2009), outro fator a ser estudado é o armazenamento dos perfis, uma vez que dificilmente o processo de fabricação ocorrerá em perfeita sincronia que o processo de montagem, sendo assim os perfis devem ser alocados em um lugar apropriado para que não haja nenhum dano e em sequência de montagem para que não aconteça movimentações desnecessárias.

As peças não devem entrar contato com o solo para evitar a degradação da pintura e sempre dispostos em dormentes de madeira para que tensões ou

empenos não ocorram. Em contrapartida estas devem sempre se manter perto do local da montagem, pois uma das vantagens da estrutura metálica é a agilidade do processo e outra é que um galpão metálico pode ter várias frentes de obra, facilitando a locomoção e o transporte dos materiais necessários para montagem.

### **C) Parafusamento e solda**

A união das peças pode ser feita tanto por meio de parafusos como por solda, sendo a parafusada a mais usual na fabricação pela padronização e automação, como na hora da montagem no canteiro pela facilidade e agilidade. Mas a escolha de qual elemento de ligação utilizar dependerá basicamente do layout que a fábrica que fornecerá os perfis trabalha. (RAAD JR, 1999).

Segundo Bellei (1998), a facilidade na hora de ligar os elementos dependerá principalmente da fase de detalhamento, pois furos ou componentes de ligações mal estudados ou feitos podem prejudicar o andamento da montagem acarretando em desperdício de tempo, outros fatores que atrapalham na hora da montagem são rebarbas, protuberâncias, sujeiras entre outras substancias que dificultam a ligação perfeita dos elementos.

### **D) Parafusos**

Os parafusos, porcas e todos os elementos usados para a ligação das peças devem ser guardados em uma caixa de madeira a fim de protegê-los contra a umidade e sujeira do canteiro, retirando para uso apenas a quantidade necessária para o expediente de montagem. Parafusos ou outros materiais sujos ou com ferrugem devem ser limpos e recuperados se forem possível. (RAAD JR, 1999).

Parafusos ASTM A307, são parafusos para usos comuns, usados na sua grande maioria na montagem de terças, vigas de tapamento etc. onde não a solicitação de esforços dinâmicos.

Parafusos do tipo ASTM A325, A490 ou semelhantes, são geralmente usados em ligações muito solicitados ou com cargas dinâmicas. (BELLEI, 1998).

A NBR 8800/08: 6.7.4.1, especifica a protensão mínima de aperto de parafusos (Fig. 14). O torque deve ser por rotação de porca pela chave calibrada ou do indicador direto de tração.

Figura 14 – Forças de protensão mínimas nos parafusos

Diâmetro $d_b$		$F_{Tb}$ kN	
pol	mm	ASTM A325	ASTM A490
1/2		53	66
5/8		85	106
	16	91	114
3/4		125	156
	20	142	179
	22	176	221
7/8		173	216
	24	205	257
1		227	283
	27	267	334
1 1/8		250	357
	30	326	408
1 1/4		317	453
	36	475	595
1 1/2		460	659

Fonte: ABNT NBR 8800/2008

### E) Solda

Os elementos que serão soldados devem ser limpos de qualquer substâncias que possam atrapalhar o processo, como tintas, graxas entre outras. Após a preparação o soldador especializado contará com todas as informações necessárias para soldagem dos elementos nos diagramas de montagem e nas listas de eletrodos. O procedimento de solda contará com a explicação e localização dos elementos que serão soldados, quanto ao tipo de solda e tamanho do eletrodo a ser utilizado entre outras informações. (BELLEI, 1998).

Para Raad Jr (1999), a solda deve ser cuidadosamente inspecionada, garantido características e qualidades iguais às soldas confeccionadas na fábrica de onde as peças foram produzidas. Evitando os efeitos de dispersão de calor, trabalhando com intervalos de tempo.

Os equipamentos de soldagem deverão ser posicionados em lugares apropriados a fim de protegê-los de fatores climáticos, para que seu rendimento não seja afetado.

## **F) Montagem**

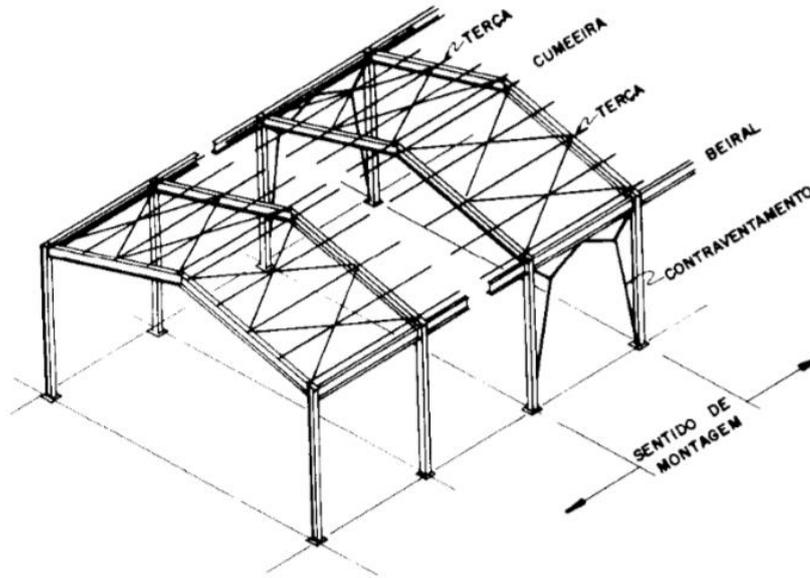
Segundo Pinho (2018), Depois de definido a metodologia de montagem assim como o armazenamento adequado das peças, o próximo passo é a montagem, que segue logo após o término da fundação.

Mesmo sendo mais leve que as estrutura de concreto, obras em aço requer para sua execução variados tipos de maquinários e equipamentos, como guindastes sobre pneus com lança fixa, grua com torre fixa ou móvel etc.

Na montagem de um galpão metálico os elementos dependem um do outro para se manterem unidos e estáveis, dessa forma se alguns cuidados não serem atendidos a estrutura pode sofrer com efeito dominó, se um ou mais elementos entrar em colapso, ocorrendo a flambagem lateral. O que ocasiona isso é a força de compressão que aparece em algumas regiões ou podem ser peças submetidas à flexão. Para evitar esse problema, é necessário estabilizar a estrutura lateralmente, assim, as peças suportam seu peso próprio e suportam os carregamentos de outras peças.

Para Bellei (1998), a estabilidade lateral da estrutura é obtida estabilizando-a horizontalmente, que é feita por contraventamentos verticais entre colunas, ligadas nos planos das terças ou nas cordas inferiores das tesouras. É a partir desse bloco que se inicia a montagem, como ilustrado na figura 15.

Figura 15 - Travamento lateral da estrutura

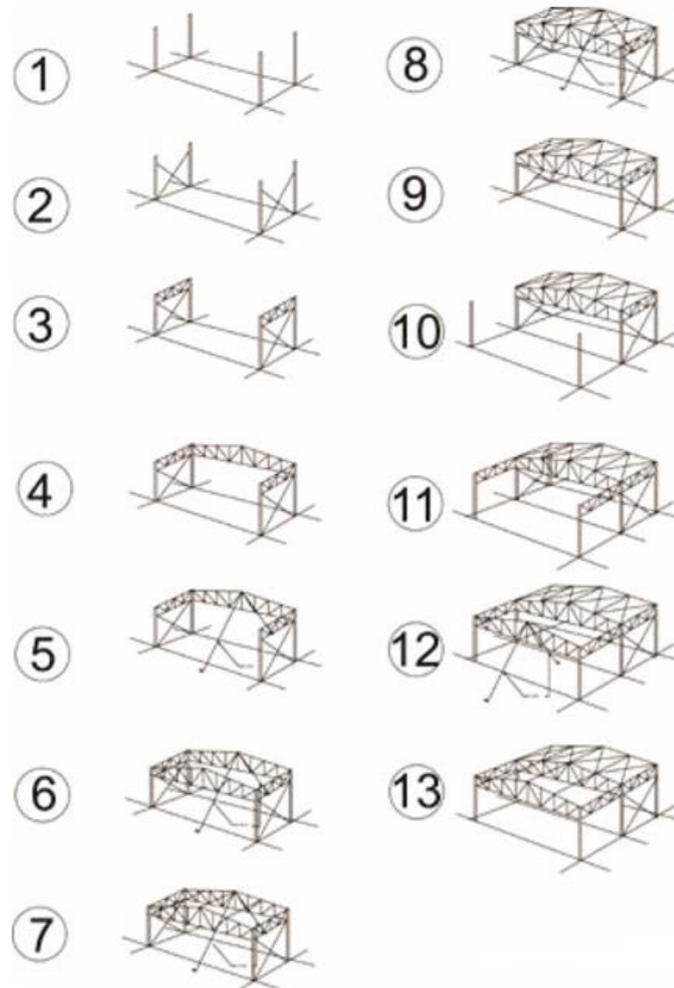


Fonte: Bellei, 1998

Pinho (2018), descreve um manual para CBCA de como deve ser as etapas de montagem de um galpão (fig.16), a fim de manter a estabilidade lateral de toda a estrutura.

- “1 Montagem das colunas do vão de contraventamento;
- 2 Montagem dos contraventamento verticais;
- 3 Montagem das vigas de beiral e de tapamento de interligação entre as colunas;
- 4 Montagem da viga de pórtico entre as colunas do primeiro eixo;
- 5 Estaiamento deste pórtico;
- 6 Montagem da segunda viga de pórtico;
- 7 Interligação do primeiro e do segundo pórtico com as terças de cobertura;
- 8 Montagem dos contraventamento do plano da cobertura;
- 9 Remoção dos estais; Montagem dos demais eixos seguindo repetindo a seguinte sequencia:
- 10 Montagem das colunas vizinhas ao vão de contraventamento;
- 11 Montagem das vigas de beiral e de tapamento de interligação entre as colunas;
- 12 Montagem da viga de pórtico entre as colunas;
- 13 Interligação do núcleo contraventado com o novo pórtico montando as terças de cobertura.” (PINHO, 2018, p. 90 e 91).

Figura 16 – Etapas de montagem de um galpão



Fonte: Pinho, 2018

As etapas de montagem do galpão estudado nesse trabalho diferem-se em algumas etapas do modelo citado acima, o que ressalta a versatilidade na hora de se realizar a montagem de uma estrutura metálica, etapas que serão descritas a baixo:

- Içamento dos pilares laterais e centrais;
- Travamento dos pilares centrais com as vigas mestres;
- Travamento dos pilares laterais com treliças;
- Ligação dos pilares laterais com os pilares centrais por meio das treliças;
- Enterçamento e contraventamento vertical de toda a estrutura;
- Fixação das calhas;
- Montagem da cobertura do galpão;
- Enterçamento e contraventamento lateral da estrutura;

- Fechamento lateral.

### **3.4 Vantagens e desvantagens das estruturas metálicas**

Segundo (PINHEIRO, 2005):

- Fabricação das estruturas com precisão milimétrica, possibilitando um alto controle de qualidade do produto;
- Garantia das dimensões e propriedades dos materiais;
- Material resistente à vibração e a choques;
- Possibilidade de execução de obras mais rápidas e limpas;
- Em caso de necessidade, possibilita a desmontagem das estruturas e sua posterior montagem em outro local;
- Alta resistência estrutural, possibilitando a execução de estruturas leves para vencer grandes vãos;
- Possibilidade de reaproveitamento dos materiais em estoque, ou mesmo, sobras de obra;
- Alívio de carga nas fundações, podendo reduzir em até 30 % o custo das fundações;
- Limitação de execução em fábrica, em função do transporte até o local de sua montagem final;
- Necessidade de tratamento superficial das peças contra oxidação, devido ao contato com o ar atmosférico;
- Necessidade de mão-de-obra e equipamentos especializados para sua fabricação e montagem;
- Limitação de fornecimento de perfis estruturais.

### **3.5 Notações e unidades**

O dimensionamento é feito com base na norma ABNT NBR 8800:2008, estando de acordo o sistema padronizado de notação da ISO 3898. As unidades métricas utilizadas estão de acordo com o Sistema Internacional de Unidades, baseado no modelo métrico decimal.

#### 4 METODOLOGIA

O trabalho proposto será desenvolvido através de um estudo de caso, oriundo da análise do processo de montagem de um galpão em estrutura metálica, localizado no Estado do Rio de Janeiro, no Município de Duque de Caxias, tendo recebido o nome de Galpão Rio. O estudo se desenvolve em meio a uma pandemia de Covid -19 que acontece no país.

A área total para concepção do projeto é de 3.100 (três mil e cem) metros quadrados, sendo destes 2673,30 (dois mil seiscentos e setenta e três mil e trinta) metros quadrados destinados ao levantamento da estrutura do galpão, e 426,70 (quatrocentos e vinte e seis mil e setenta) metros quadrados de área não construída, que será destinada a criação de um pátio para movimentação de carga.

Este estudo de caso levantará dados referentes à especificação técnica dos componentes estruturais, apresentará a metodologia construtiva adotada pela empresa de montagem, fazendo análises pontuais em cada etapa, através de observações em campo e dados coletados de tempo e relatos de colaboradores.

As principais análises quantitativas estarão ligadas a obtenção parâmetros de tempo de montagem em função do designer dos perfis, no uso de equipamentos, na logística de transporte e armazenamento das peças, bem como o rendimento dos profissionais durante a jornada de trabalho. Já as análises qualitativas ficarão por conta da avaliação dos perfis utilizados e suas especificações técnicas.

Com base nesses dados será feito um estudo visando apresentar as etapas de construção da estrutura de galpão, os materiais e equipamentos necessários para sua execução, seu rendimento operacional e capacidade de finalização em curto espaço de tempo.

## **5 ANÁLISE DE RESULTADOS**

Neste capítulo, será apresentado as problemáticas envolvendo o transporte e armazenamento de materiais e o processo de construção da estrutura do Galpão RIO será apresentado em quatro etapas, sendo estas divididas em: Pilares, Trelças, Enterçamento e Calhas.

Ao final de cada etapa, será feito uma análise da operação, ressaltando as principais dificuldades, propondo algumas sugestões de adaptações, quanto ao tempo de operação, verificação de materiais, número e escolha de trabalhadores, e como isso pode impactar no processo produtivo da obra.

O trabalho abordará o processo construtivo impreterivelmente até a etapa de calhas, devido à paralizações decorrentes do poder executivo do município de Duque de Caxias – RJ, em concordância com políticas de prevenção, relativas a pandemia da Covid-19.

### **5.1 Características do empreendimento**

O objeto de estudo consiste de análises de campo das várias etapas do processo de montagem de um galpão, tendo como ponto de partida o levantamento dos aspectos físicos do local a fim de se traçar, armazenamento e movimentação de materiais no decorrer da construção.

O canteiro de obras foi previamente alocado através de edificações container, sendo composto por escritórios, almoxarifados, refeitório, e banheiros. A responsabilidade pela alocação dos containers fica a cargo de cada empresa contratada, portanto sendo a primeira etapa da logística a ser realizada.

O acesso ao interior da obra está condicionado a apenas uma entrada na parte central, sendo este originado de uma pista do tipo simples de sua parte externa, o portão é de tamanho compatível ao trânsito da maioria dos veículos pesados existentes no mercado.

## 5.2 Transporte

### A) Sistema de transporte

O sistema de transporte é parte fundamental no início e no decorrer do processo de montagem, o modelo de construção faz uso de equipamentos de grande porte e peças estruturais já prontas para alocação, assim sendo, o fluxo de transporte é constante no dia a dia das operações.

A empresa faz uso mensal de Kombis, automóveis, caminhões munck, carretas, caminhão prancha e plataformas elevatórias, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Veículos Utilizados Nas Operações

Veículo	Quantidade de Veículos	Capacidade de Passageiros	Tipo de Combustível	Capacidade de Combustível
Kombi/2012	1	8	Gasolina	40 L
Fiat Uno	1	5	Flex	50 L

Veículo	Quantidade de Veículos	Capacidade de Passageiros	Tipo de Combustível	Capacidade de Combustível
Caminhão Munck	2	2	Diesel	250 L
Caminhão Prancha	1	2	Diesel	200 L
Plataforma Elevatória	1	2	Diesel	250 L
Carreta - Iveco	1	2	Diesel	400 L
Guindaste	1	1	Diesel	380 L

Fonte: Os autores, 2020

Os veículos são utilizados conforme a necessidade em cada etapa do processo, sendo divididos em dois grupos:

- Transportes de Funcionários – Os veículos de pequeno porte são de propriedade da empresa. Suas escolhas remetem a facilidade de aquisição em decorrência de seu valor de mercado na época, e ao baixo consumo de combustível, o que permite serem percorridas grandes distâncias a um custo reduzido;
- Montagem da Estrutura - Todos os veículos foram disponibilizados pelo contratante vide contrato, sendo responsabilidade da empresa contratada, apenas os custos de operação e manutenção no canteiro de obras.

## **B) Trajeto de carga**

Os caminhões são carregados na cidade de Juiz de Fora, no estado de Minas Gerais, na sede da metalúrgica Metais, onde ocorre a fabricação dos materiais, pré-montagem das peças estruturais previstas em projeto, pintura e locação das plataformas elevatórias, dali saem com destino ao Município de Duque de Caxias, no estado do Rio de Janeiro, para então serem armazenados no local das operações.

Em média a carreta percorre 400 km por carregamento, uma vez que se faz necessário que ela retorne a sua origem no município de Juiz de Fora, para atendimento de uma nova demanda. Os caminhões munck ficam alocados na cidade de Duque de Caxias, onde fazem rodízio entre as obras de responsabilidade da contratante, conforme a necessidade operacional das etapas do projeto.

## **5.3 Armazenamentos de materiais e ferramentas**

Um dos grandes desafios do Galpão Rio, diz respeito ao armazenamento das peças estruturais, que em sua maioria são de grande porte e necessitam de depósitos compatíveis ao seu tamanho, entretanto, a viabilidade para confecção de algo dessa magnitude acaba por incentivar soluções mais baratas como, armazenamento sobre paletes em um local que não esteja sob efeito de operações paralelas de outras empresas e em local aberto, sendo assim, expostas a agentes externos como chuva, esbarrões e poeira. Quando possível as peças recebem autorização para serem postas próximas aos pontos previstos em projeto, porém sob risco de necessidade de movimentações surpresas, conforme o desenvolvimento de outras atividades.

As ferramentas de pequeno porte conforme apresentado na tabela 2, possuem local apropriado para depósito, sendo este previamente disponibilizado na etapa de montagem do canteiro de obras, através da locação de um container (fig.17) de dimensões 6,058 x 2,438 x 2,591 metros, disposta por prateleiras e pontos de energia para teste de equipamentos elétricos, como parafuradeiras e lixadeiras. Apesar de possuir um local de armazenagem, a empresa não dispõe de um profissional responsável por seu controle e recebimento das cargas, sendo isso realizado pelos próprios encarregados das operações de montagem.

Tabela 2 – Lista de Ferramentas

Ferramentas	Quantidade
Chave Fixa 15	4
Chave Fixa 19	4
Chave Fixa 24	4
Chave Fixa 32	4
Lixadeira Grande	2
Lixadeira pequena	2
Maçarico	1
Parafusadeira	4
Cordas 50m	1
Extensões 100 m	1
Compressor de Tinta	1
Máquina de solda	1

Fonte: Os autores, 2020

Figura 17– Container almoarifado



Fonte: Os autores, 2020

## 5.4 Análise geral transporte e armazenamento

A logística de transporte e armazenamento deve funcionar de forma plena, pois o andamento das operações depende do abastecimento de materiais e disponibilidade de ferramentas. De acordo com os encarregados das operações frequentemente ocorre interrupções de atividades em decorrência de atraso e erros na entrega de componentes estruturais, e/ou ausência de parafusos, porcas e arruelas, além disso, o problema pode se agravado por perdas e mau funcionamento

de ferramentas comuns no dia a dia de trabalho, uma vez que não se faz presente um profissional responsável por controlar o almoxarifado e realizar testes ao final do dia nos equipamentos.

As manutenções decorrentes do uso diário das ferramentas e veículos ocorre de maneira corretiva, desta forma, só é constatado o mau funcionamento de equipamentos, quando o colaborador testa a máquina, ou faz uso de algum veículo, ao retirá-la no início do dia de trabalho, o que pode ocasionar interrupção parcial ou total de um processo.

A sugestão é que seja contratado um auxiliar de almoxarifado para organização e controle dos materiais que adentram a obra, além de que faça um plano de manutenções preventivas das ferramentas e também de veículos.

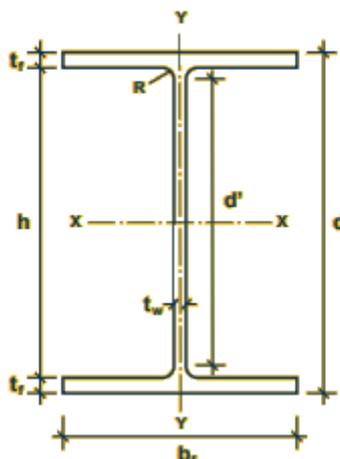
## **5.5 Pilares**

Após recebimento e armazenamento das peças em local pré-determinados pelos encarregados, é realizada a conferência dos materiais, para que possa ser confirmada se a estrutura enviada está de acordo com as especificações técnicas do projeto. Nesta etapa, podem ser identificados desde erros no envio da carga como defeitos nas peças, seja devido a pintura, localização dos furos para parafusamento e/ou ausência dos mesmos.

Uma observação importante constatada nesta etapa foi à forma como é feito tal conferência, uma vez que nenhum formulário é utilizado, sendo apenas realizada verificação a “olho nu”, não gerando registros de entrega.

A figura 18 e tabela 3 apresentam as características físicas e mecânicas da peça, foi utilizado à tabela de perfis da Gerdau como base e acrescentado o comprimento longitudinal total previsto em projeto.

Figura 18 – Geometria da Peça



fonte: Tabela de Perfis Gerdau, 2020

Tabela 3 – Especificações Técnicas dos Pilares

Características das Peças									
BITOLA (mm x kg/m)	Massa Linear (Kg/m)	d (mm)	Bf (mm)	t <sub>f</sub> (mm)	t <sub>w</sub> (mm)	h (mm)	d' (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Comprimento Longitudinal (mm)
W610x82,0	82,0	599	178	10	12,8	573	541	105,1	12600
W410x38,8	38,8	399	140	6,4	8,8	381	357	50,3	12775
W410x38,8	38,8	399	140	6,4	8,8	381	357	50,3	12775
W610x125,0	125,0	612	229	11,9	19,6	573	541	160,1	13000

(fonte: Tabela de Perfis Gerdau, 2020)

### A) Montagem dos pilares

O primeiro passo para montagem da estrutura, ocorre durante o processo de concretagem das sapatas, onde são fixados parabolts, também conhecidos como chumbadores, para ligação dos pilares a sua base de forma parafusada.

A disposição dos pilares ocorre em conformidade com o projeto de locação apresentado no anexo A, sendo oito chumbadores de uma polegada para os blocos localizados na parte central, seis chumbadores de uma polegada nos blocos da extremidade, e quatro chumbadores nos blocos intermediários. A disposição dos chumbadores obedecer a divisão em duas partes, postas paralelamente de forma que possam ser encaixadas nos furos dos pilares, conforme apresentado na figura 19 abaixo.

Figura 19 – Disposição dos Chumbadores



Fonte: Os autores, 2020

Após liberação por parte da equipe de fundação, é feita a verificação do nível dos blocos (fig.20) para posicionamento das porcas que atuarão na regulagem do nível dos pilares após içamento. Os chumbadores podem apresentar diferentes comprimentos para travamento das peças, uma vez que durante o processo de nivelamento dos blocos, as diferenças de níveis fazem com que algumas barras sejam mais imersas em concreto do que outras, e dessa forma, caso a barra fique curta demais, não é possível travar e/ou nivelar os pilares.

Um funcionário da empresa acompanhado de seu encarregado, posiciona as porcas de uma polegada de forma a garantir 10 cm de barra acima da porca 2,5 cm de espessura e pelo menos 5 cm da face do bloco a porca, para que uma chave de regulagem possa ser usada . Durante a checagem dos blocos verificou-se que os tamanhos das barras variaram entre 18 a 22 cm, desta forma, a barra foi ocupada de forma a atender as especificações técnicas do projeto, sendo assim não houve complicações que pudessem requerer retrabalho nesta etapa.

Figura 20 – Alinhamento dos Chumbadores

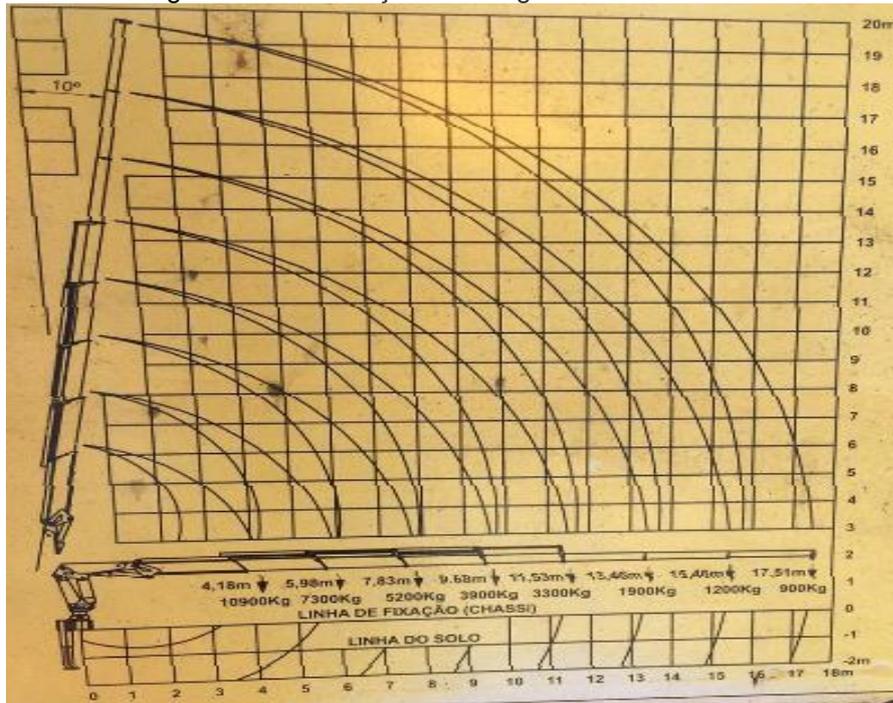


Fonte: Os autores, 2020

### **B) Içamento dos Pilares**

Para que o processo de levantamento dos pilares seja realizado, é necessário que se utilize veículos do tipo guindaste ou um caminhão munck. A escolha desse veículo depende muito das características de peso e comprimento da peça, assim como do custo de locação que podem variar conforme a capacidade do veículo. No caso da empresa contratada, não foi necessária locação, uma vez que a empresa possui ambos os veículos cedidos via contrato. Desta forma optou-se pelo caminhão munck (fig. 22), uma vez que os pilares não excediam sua capacidade de carga, pois trabalham com menos de quatro lanças, a figura 21 abaixo, apresenta o gráfico de carga de cada lança aberta.

Figura 21 – Informações de carga Caminhão Munck



Fonte: Os autores, 2020

Com quatro lanças totalmente abertas, o caminhão munck ficaria com 9,53 m de comprimento, com capacidade de carga de 3900 kg, que seria mais que o dobro do pilar mais pesado, sendo este de 1625 kg, calculado pela multiplicação do comprimento longitudinal de 13,0 m por 125 kg/m, conforme foi apresentado na tabela 6 - Especificações Técnicas dos Pilares.

Figura 22 – Caminhão Munck



Fonte: Os autores, 2020

Para ancorar a peça são utilizadas duas cintas de seis metros de comprimento, com capacidade de carga de seis toneladas cada, o travamento das cintas é feita com uma catraca, para que assim ela não deslize pela peça, localiza-se nas proximidades do centro do perfil, ficando um pouco acima, de forma que ao levanta-la “fique em pé” e possa ser encaixada nas barras, conforme disposto na figura 23 e 24.

Figura 23 – Içamento do pilar



Fonte: Os autores, 2020

Figura 24 – Travamento do pilar



Fonte: Os autores, 2020

A tabela 4 abaixo apresenta a contagem de tempo necessária para preparo para três pilares localizados no setor D, desde a retirada do local de armazenamento até a conclusão do processo de travamento nos chumbadores.

Tabela 4 – Tempo de Preparo para cada Etapa

Localização	Item	Preparo da Peça	Tempo Médio (HH:MM:SS)		
			Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3
Peça no Chão	1	Carregamento do caminhão com a peça	00:06:15		
	2	Deslocamento até o bloco de fundação	00:00:58		
	3	Retirada da peça e alocação nas proximidades do bloco	00:04:22		
	4	Amarração da cinta e travamento das catracas	00:05:16		
		$\Sigma$ Total	00:16:51		
Peça Suspensa	5	Içamento da peça	00:04:12		
	6	Travamento nos chumbadores	00:01:28		
	7	Retirada da Cinta	00:04:48		
		$\Sigma$ Total	00:10:28		
		$\Sigma$ média Total	00:27:19		

Fonte: Os autores, 2020

A mão de obra necessária para esse processo é de três colaboradores, sendo que dois ajudantes que atuam no travamento e movimentação até o encaixe da peça e um operador do caminhão muncK.

Para finalizar o procedimento, é feita a retirada da cinta após o travamento do pilar, é necessária a utilização de uma plataforma para que o funcionário possa se deslocar até o ponto de extração. O veículo utilizado também foi cedido vide contrato de serviço e não possui custo de locação para a empresa.

O tempo médio para conclusão da operação da operação de forma completa é de 27 minutos e 19 segundos. O gráfico 1 Apresenta a relação de tempo necessária para o desenvolvimento do trabalho em solo e altura.

Neste dia foi feito apenas a suspensão dos pilares apresentados na tabela, pois os blocos de fundação ainda estavam em processo de cura, portanto a média calculada será utilizada como base para os pilares restantes. O pilar faltante para conclusão do setor D ficou armazenado a céu aberto, ao lado do bloco D7, onde seria alocado. Como forma de preservar a peça quanto a eventos que pudessem ocasionar oxidação da mesma, foi utilizado uma lona como método preventivo, as peças já chegam pintadas, conforme apresentado acima em características da peça.

### C) Rendimento operacional - pilares

Com base nas médias calculadas, pôde-se projetar o tempo o necessário para conclusão de todos os pilares conforme tabela 5.

Tabela 5 - Projeção do Tempo de Conclusão

Pilares	Quantidade	Tempo Médio	Tempo Total (HH:MM:SS)
B1	8	00:27:19	03:38:29
B2	14	00:27:19	06:22:21
B3	4	00:27:19	01:49:15

$\Sigma$ Total	11:50:05
----------------	----------

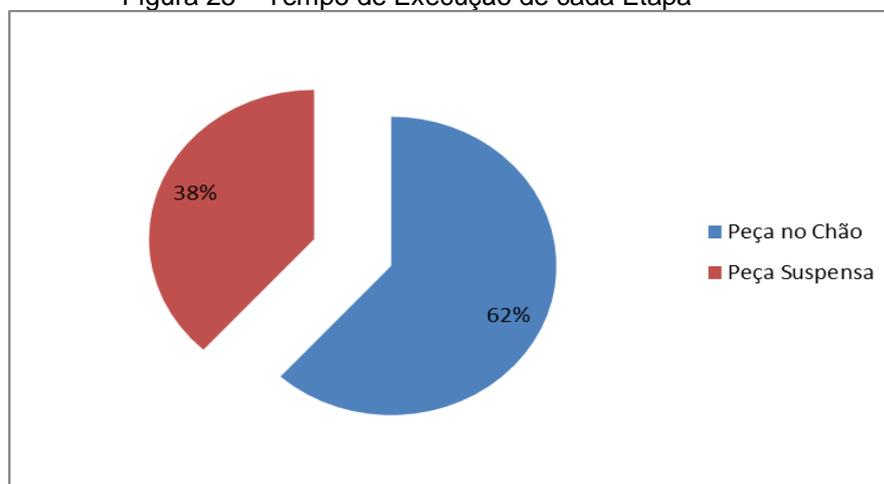
Fonte: Os autores, 2020

Para esta projeção foram desconsiderados quaisquer atrasos decorrentes de erros na fabricação, entrega, e/ou ausência de materiais e ferramentas, abordados no item 5.4 - Análise geral de transporte e armazenamento. Desta forma, obtém-se uma previsão de término após o início das operações de 11h50min05s.

### 5.6 Análise do processo

O desenvolvimento das atividades acontece de forma rápida e limpa, sendo empregados poucos colaboradores, entretanto, é possível atingir um maior rendimento operacional caso ações preventivas de planejamento fossem empregadas. A figura 25 apresenta a relação de tempo necessária para o desenvolvimento do trabalho em solo e altura.

Figura 25 – Tempo de Execução de cada Etapa



Fonte: Os autores, 2020

Conforme disposto no gráfico, o preparo da peça em solo equivale a 62 % do tempo total de operação, sugerindo que uma ação preventiva de planejamento possa reduzir significativamente o tempo total de conclusão do processo.

Como sugestão de melhoria, podem ser realizadas as definições prévias da ordem dos pilares a serem içados, armazenamento e distribuição dos pilares, sendo feitas se possível com apenas um carregamento, preparo da carga conforme a necessidade de descarregamento para evitar mobilização desnecessária de peças, estabelecimento de hora para início da operação e implementação de uma metodologia de movimentação da peça para evitar desperdícios de tempo com acertos de posicionamento.

## 5.7 Treliças

As treliças e vigas mestras (fig. 26 e 27) são elementos estruturais compostos pela união de cantoneiras (fig. 29), perfis dobráveis U (fig.28), e chapas de aço através de solda.

Figura 26 - Treliça



fonte: Os autores, 2020

Figura 27 - Treliça



fonte: Os autores, 2020

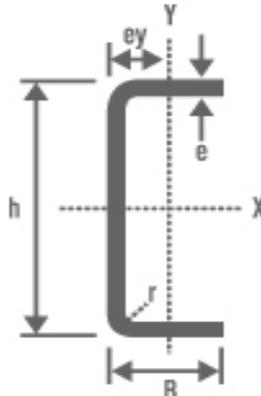
O processo de fabricação ocorre na metalurgia, onde são feitos os furos e pintura. Na tabela 6, 7 e 8 são apresentadas as características técnicas de cada componente.

Tabela 6 – Características do Perfil

Perfil U - Dobrado de Chapa Simples			
h	B	e=r	P (Kg/m)
200	50	3	6,87

fonte: Tabela de perfis Gerdau, 2020

Figura 28 – Seção da Viga U



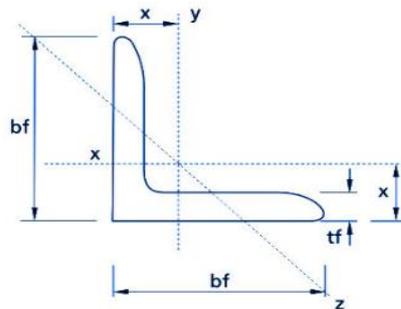
fonte: Tabela de perfis Gerdau, 2020

Tabela 7 – Características da Cantoneira

Bf		Área	Tf		X	Peso
pol	mm	cm <sup>2</sup>	pol	cm	cm	(kg/m)
2	50,8	8,76	3/8	0,952	1,65	6,99

(fonte: Os autores, 2020)

Figura 29 – Seção da Cantoneira



(fonte: Catálogo de aço - Delta Aço, 2020)

Tabela 8 – Características Chapa de Aço

Bitola	Espessura	Peso (m <sup>2</sup> )
3/16	4,76	37,348

fonte: Catálogo de aço - Delta aços, 2020

A disposição desses elementos estruturais segue o dimensionamento estabelecido em projeto, sendo confirmado em campo através de furos pré-estabelecidos nas faces dos pilares e treliças. A união ocorre através de um conjunto de parafusos e porcas de  $\varnothing$  1/2 polegada, cujo travamento acontece de forma manual.

O projeto apresenta apenas uma treliça parafusada longitudinalmente por todo o galpão, responsável por ser a viga principal da estrutura. O restante das treliças por sua vez é disposto de forma perpendicular à viga principal, deixando as chapas soldadas no banzo superior do perfil U posicionadas para receberem o enterçamento ao final de seu processo.

Diferente dos pilares, as treliças dependem de uma pré-montagem em campo, sendo realizada em solo a junção de duas ou mais peças treliçadas para vencimento dos vãos. O processo como um todo utiliza uma plataforma, um caminhão munck, um montador, um auxiliar de montagem e um munckeiro. As ferramentas utilizadas na operação consistem de cintas, cordas, chaves fixas ou de catracas.

### A) Detalhamentos montagem em solo

Estabelecido o vão que será iniciado o processo, ocorre o posicionamento da peça nas proximidades do local, sendo preferencialmente disposta de forma que ao ser içado não seja necessário muita movimentação até o ponto de parafusamento. O procedimento consiste principalmente em unir face a face às peças treliçadas que irão compor o elemento estrutural, através de parafusos.

O numero de colaboradores necessários ao processo é de dois, onde um montador auxilia o outro no travamento das porcas no interior das treliças, enquanto o operador de munck posiciona o caminhão para içamento da estrutura.

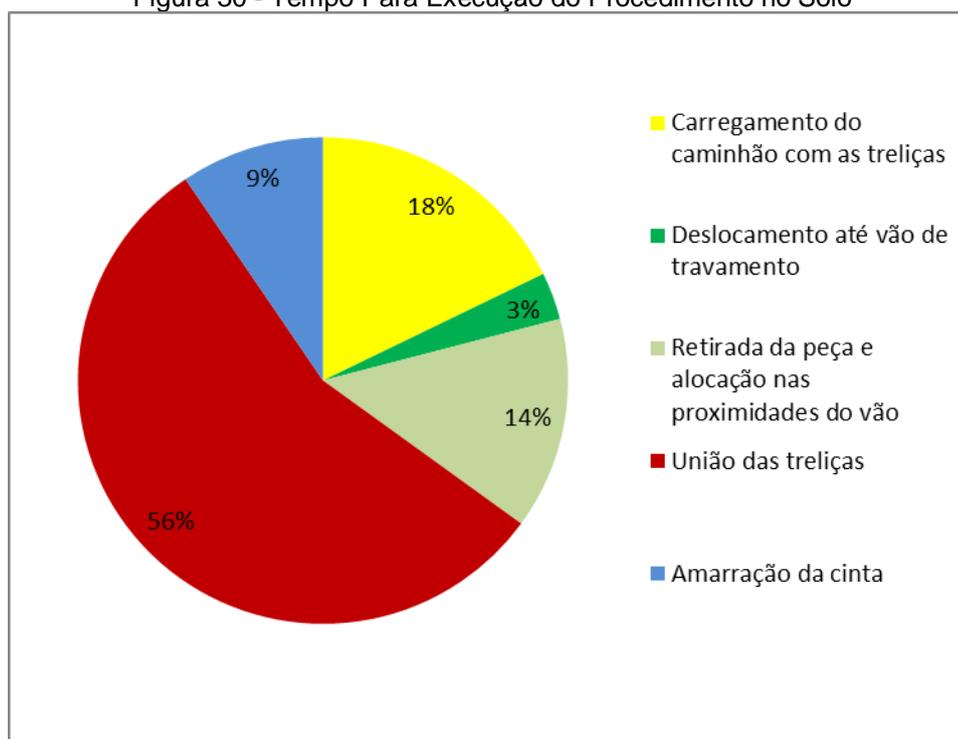
A tabela 9 e afigura 30 apresentam a relação de tempo necessário para execução das atividades.

Tabela 9 – Tempo de Execução em Solo

Localização	Item	Preparo da Peça	Tempo Médio (HH:MM:SS)		
			Vão 1	Vão 2	Vão 3
Peça no Chão	1	Carregamento do caminhão com as treliças	00:04:15		
	2	Deslocamento até vão de travamento	00:00:45		
	3	Retirada da peça e alocação nas proximidades do vão	00:03:22		
	4	União das treliças	00:13:16		
	5	Amarração da cinta	00:02:16		
		Σ Total	00:23:54		

Fonte: Os autores, 2020

Figura 30 - Tempo Para Execução do Procedimento no Solo



Fonte: Os autores, 2020

Conforme disposto na figura 30, o tempo de união das peças demanda a maior parte da operação de solo, cerca de 56%, isso ocorre principalmente por causa da dificuldade em realizar o rosqueamento das porcas, uma vez que o espaço é reduzindo na parte interna da treliça devido a posição da cantoneira, além disso, o auxiliar de montagem necessita segurar a chave fixa no parafuso para que ele não gire durante o rosqueamento da porca.

### **B) Detalhamento montagem em altura**

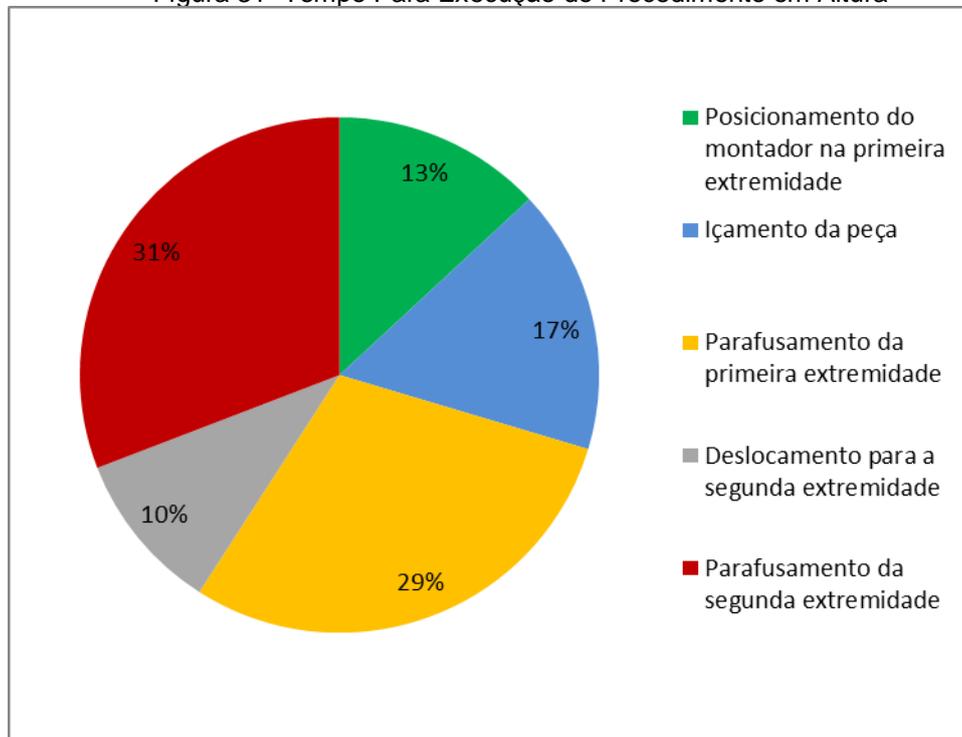
A etapa em altura inicia-se com o posicionamento de um montador que antes estava realizando o parafusamento em solo, sendo ele a operar a plataforma elevatória até o local de parafusamento no pilar. O auxiliar de montagem se responsabiliza por amarrar a cinta e corda para movimentação da peça durante seu içamento. A tabela 10 e a figura 31 apresentam a relação de tempo de cada item do processo de em altura.

Tabela 10 - Tempo da Pré-montagem em Solo

Localização	Item	Preparo da Peça	Tempo Médio (HH:MM:SS)		
			Vão 1	Vão 2	Vão 3
Peça Suspensa	6	Posicionamento do montador na primeira extremidade	00:03:12		
	7	Içamento da peça	00:04:04		
	8	Parafusamento da primeira extremidade	00:07:13		
	9	Deslocamento para a segunda extremidade	00:02:28		
	10	Parafusamento da segunda extremidade	00:07:34		
		Σ Total	00:24:31		

Fonte: Os autores, 2020

Figura 31- Tempo Para Execução do Procedimento em Altura



Fonte: Os autores, 2020

Observa-se que o maior tempo de processo está no parafusamento, onde 31% correspondem à primeira extremidade e 29% a segunda, ainda assim, existe grande risco das peças não se alinharem o que poderia aumentar drasticamente o tempo de operação.

É importante frisar que 10% do tempo são perdidos com a movimentação do montador a segunda extremidade, uma vez que somente uma plataforma foi disponibilizada para a atividade.

### C) Rendimento operacional – treliças

A estimativa para conclusão das atividades pode ser calculada através do somatório dos tempos totais da montagem no solo e em altura, pelo produto da quantidade total de treliças. De acordo com o anexo B, o número total de treliças em altura é de 17 peças completas. A tabela 11 apresenta a projeção para conclusão das atividades.

Tabela 11 - Projeção de Conclusão

Conjunto de Treliças	Quantidade	Tempo médio	Tempo Total (HH:MM:SS)
Transversais	14	00:48:25	11:17:50
Longitudinais	3	00:48:25	02:25:15

Σ Total	13:43:05
---------	----------

Fonte: Os autores, 2020

Assim como em pilares, na projeção foram desconsiderados quaisquer atrasos decorrentes de erros na fabricação, entrega, e/ou ausência de materiais e ferramentas, abordados no item 5.4 - Análise geral de transporte e armazenamento, desta forma é estimado que para conclusão total das operações será necessário 13h43min05seg.

### D) Análise geral do processo das treliças

A previsão de tempo de execução baseia-se na ação de três colaboradores, caso seja disponibilizada mais uma plataforma elevatória, o tempo de operação cairia bastante, uma vez que as peças seriam postas simultaneamente, neste caso específico seriam usados dois montadores em solo, e posteriormente, ambos se posicionariam em cada extremidade, sendo o operador do munck responsável por levantar a peça sozinha. Apesar de ser utilizado um colaborador para auxílio do munckeiro, é bastante comum o mesmo trabalhar sozinho neste tipo de procedimento, entretanto deve se considerar perda de rendimento neste item.

## 5.8 Enterçamento

Após travamento das treliças nos pilares inicia-se o processo de enterçamento por toda a estrutura. Nessa etapa será realizado o travamento dos pilares longitudinalmente, através de kits compostos por terças de chapa dobrável

do tipo z galvanizadas tirantes rígidos e tirantes flexíveis (fig.28), cujas especificações técnicas estão dispostas nas tabelas 12, 13 e 14.

Tabela 12 – Características da Terça

Face (mm)	Material	Espessura (mm)	Comprimento (mm)
250	Aço /Galvanizado	1,55	9500

Fonte: Os autores, 2020

Todas as peças foram confeccionadas com furo padrão de  $\varnothing$  1/2 de polegada, para um conjunto de porca e parafuso no tirante rígido e  $\varnothing$  3/8 de polegada para um conjunto de porca, arruela e parafuso no tirante flexível.

Tabela 13 – Características do Tirante Rígido

Face (mm)	Dobra (mm)	Espessura (mm)	Comprimento (mm)
50	20	1,55	2500

Fonte: Tabela de perfis Gerdau, 2020

Os tirantes rígidos possuem quatro furos padrão de  $\varnothing$  1/2 de polegada, sendo dois em cada face.

Tabela 14 – Características do Tirante Flexível

Tirante Flexível			
Bitola (d)		Peso Linear (kg/m)	Comprimento (mm)
pol	mm		
3/8	9,53	0,56	395

Fonte: Tabela de perfis Gerdau, 2020

A disposição dos tirantes flexíveis apresenta o formato de X, onde uma extremidade é composta por uma barra rosqueada de 10 cm e a outra uma dobra de 5 cm. Os vãos que não possuem contraventamento são formados a partir do intercalamento dos kits montados, conforme disposto nas imagens 32 e 33 abaixo.

Figura 32 – Kit de Enteçamento vertical



Fonte: Os autores, 2020

Figura 33 – Kit de Enteçamento em montagem



Fonte: Os autores, 2020

Para o enterçamento lateral, é feito o mesmo processo, entretanto a utilização dos tirantes muda, sendo disposto em apenas um dos lados de forma que cada extremidade da terça tenha uma diagonal tensionada, para dar rigidez ao kit, entretanto o procedimento de execução lateral não ocorre durante o enterçamento vertical, sendo esta executada após término de todas as atividades posteriores, sendo essas calhas e telhado. Como telhado não será abordado no trabalho, o enterçamento lateral não irá compor o cálculo final de montagem das terças.

O procedimento é realizado com quatro montadores, um ajudante, e um operador de caminhão munck, sendo que dois colaboradores atuam em solo realizando a união dos tirantes a um par de terças e outros quatro atuando em altura, no parafusamento das peças as treliças.

Para auxílio dos montadores em altura, utiliza-se uma plataforma elevatória motorizada, com o intuito de posicionar os colaboradores nas treliças, podendo ser ela mesma o apoio para que a atividade seja desenvolvida, entretanto o procedimento mais comum é a utilização de cinto de segurança presa a estrutura, de forma que o colaborador trabalhe em concordância com as normas técnicas vigentes para trabalho em altura.

#### **A) Detalhamento do processo de montagem em solo**

O processo de montagem em solo consiste em colocar um par de terças paralelamente, para que realizando o parafusamento de forma perpendicular dos tirantes rígidos. O tirante possui dois metros e meio de comprimento, sendo travada através de porcas e parafusos. O contraventamento é montado de forma semelhante, tendo apenas a adição de tirantes flexíveis em forma de X, sendo o lado da dobra encaixado em uma das terças e o lado rosqueado na terças oposta, desta forma, tencionando a barra através de porca e arruela.

Esse procedimento é realizado em pares, sendo cada par responsável por estabelecer um fluxo de trabalho simultâneo com os colaboradores que se encontram posicionados nas plataformas elevatórias e/ou presos as treliças.

A tabela 15 apresenta o tempo médio de preparo dos kits de terças referentes ao preenchimento de um vão:

Tabela 15 – Montagem dos Kits no Solo

Localização	Item	Preparo dos Kits	Tempo Médio por Kit (HH:MM:SS)			
			kit 1	Kit 2	Kit 3	Kit 4
Peça no Chão	1	Disposição manual das terças paralelamente	00:02:27			
	2	Travamento perpendicular do par de tirantes rígidos	00:04:40			
	3	Travamento em X dos tirantes flexíveis	00:04:35			
	4	Amarração da cinta	00:02:03			

Σ Total	00:13:45
---------	----------

Fonte: Os autores, 2020

O tempo de preparo varia em decorrência do ritmo de cada colaborador, também é afetado por problemas de montagem, principalmente pela falta de fluidez no aperto das porcas em alguns parafusos, seja devido a obstruções nas roscas e/ou danos, ou pela diferença de tamanho das porcas, que apresentam a mesma rosca porem com diâmetro maior no corpo maciço sendo necessário mais de um tamanho de chave, ou pela qualidade do material.

Foram constatadas que porcas galvanizadas comparadas às outras não apresentavam dificuldades para serem rosqueadas e, portanto aquelas que tinham essas características facilitaram a trabalhabilidade dos operadores.

Apesar da variabilidade do diâmetro maciço das porcas, o padrão previsto em projeto era a de diâmetro menor, tratando-se apenas de reaproveitamento de material de qualidade superior, entretanto, não foi apresentado o detalhamento com suas dimensões.

### **B) Detalhamento do processo de parafusamento em altura**

Para esta operação os colaboradores são previamente posicionados em cada lado da estrutura principal de forma a ficarem paralelos, desta forma, os mesmos trabalham simultaneamente dando apoio ao posicionamento da peça nos locais predeterminados em projeto. A tabela 16 apresenta o tempo necessário para o desenvolvimento das atividades.

Tabela 16 – Montagem dos Kits em Altura

Localização	Item	Preparo da Peça	Tempo Médio por Kit (HH:MM:SS)			
			kit 1	Kit 2	Kit 3	Kit 4
Peça Suspensa	5	Içamento da peça	00:04:12			
	6	Travamento nas treliças	00:10:15			
	7	Retirada da Cinta	00:01:36			
$\Sigma$ Total			00:16:03			

Fonte: Os autores, 2020

O procedimento se desenvolve de forma rápida, uma vez que o operador do caminhão munck posiciona o veículo em local apropriado para movimentação do braço mecânico, o içamento inicia-se sendo utilizada uma cinta amarrada no centro da peça e uma corda em sua borda para orientação da peça até as mãos dos montadores.

O responsável pela movimentação na corda é um dos colaboradores que realizava a montagem em solo da estrutura. A função deste colaborador é movimentar-se de forma a direcionar a terça, evitando que a mesma choque-se com outras peças já vinculadas à estrutura principal, seja pelo arranque do braço mecânico ou pela ação do vento. Uma vez atingida a altura necessária, os montadores posicionados, recebem a terça e iniciam os procedimentos de travamento com parafusos, para esta ação são utilizadas duas chaves de fixas do tamanho do parafuso, sendo uma para segurar a cabeça sextavada do parafuso e outra para realizar o aperto da porca.

Terminado o parafusamento, é feito a soltura da cinta, que pode ocorrer através da ação do colaborador que esteja usando a plataforma elevatória, ou através de uma corda previamente amarrada a cinta de forma a destrava-la do centro da peça com puxão do colaborador em solo, sendo necessário que o munckeiro realize um movimento no braço mecânico liberando a cinta do gancho. O método usado para retirada da cinta foi uso da plataforma, onde ocorre o deslocamento do colaborador da borda até o centro da peça, após o mesmo desamarrar a corda localizada na borda. O procedimento se repete com a segunda equipe de montadores até terminados todos os vãos.

## 5.9 Análise geral do enterçamento

O rendimento médio das equipes em altura está diretamente ligado as de solo, sendo que a montagem no chão demanda o maior tempo da operação, proporcionando ociosidade nas equipes que aguardam o içamento. O tempo total médio para conclusão do posicionamento de um kit é de 29min24seg, desta forma, é possível estimar o rendimento diário das atividades, conforme disposto na tabela 17.

Tabela 17 - Estimativa de Rendimento Diário de Enterçamento

Vão	Área (m <sup>2</sup> )	Tempo de Operação (HH:MM:SS)
1	222,77	01:59:12
2	222,77	01:59:12
3	222,77	01:59:12
4	111,39	00:59:36
Σ Tempo de Operação		6:57:12
Σ Área Concluída		779,70

Fonte: Os autores, 2020

Em média, são completados três vãos e meio diariamente, sendo colocados 16 kits, totalizando uma área de 779,70 metros quadrados de rendimento. Foi considerada uma margem de 1h13min12seg para interrupções de operação, sendo elas para hidratação, necessidades fisiológicas, e avaliação técnica. Estima-se que o tempo total para finalização dos 2673,30 mil metros quadrados do galpão seja, 20h50min36seg.

## 5.10 Calhas

O processo de fixação das calhas pode ocorrer paralelamente ao enterçamento, desde que os pilares estejam posicionados, sendo necessária para execução das atividades uma plataforma, um caminhão munck, uma corda, duas cintas, um montador, um munckeiro e/ou um colaborador para auxiliar na amarração das cintas, e movimentação da peça através do uso de corda, caso não tenha disponibilidade de colaborador, o próprio operador do munck posiciona a peça com o braço mecânico, o que pode acrescentar mais tempo na operação. A fixação das calhas observadas se desenvolveu com o auxílio de um colaborador na corda,

sendo assim, foi atribuída essa metodologia para todas as calhas compostas no projeto.

### A) Pré-montagem

Para se que o procedimento de içamento seja iniciado é necessário inserir boquilhas nas peças, para que seja possível conectar as tubulações de captação de água com a estrutura. O procedimento é rápido, sendo empreendido por um funcionário através do uso de uma parafusadeira, parafusos do tipo auto-perfurante para chapas de aço e veda calha.

### B) Fixação da calha

Após término da Pré-montagem, é feito o carregamento do caminhão muncck para transporte até o local do levantamento. O montador se desloca através da plataforma elevatória até a borda das treliças, e aguarda que os operadores em solo orientem a peça até ele. Enquanto ocorre o deslocamento da plataforma elevatória, a calha é posicionada para elevação, sendo realizados ajustes nas cintas de forma com que a peça, tende a pesar mais para um dos lados, e dessa forma seja manipulada, com o auxílio de uma corda amarrada na borda mais leve. A tabela 18 abaixo apresenta o tempo médio de todo o processo para conclusão de fixação.

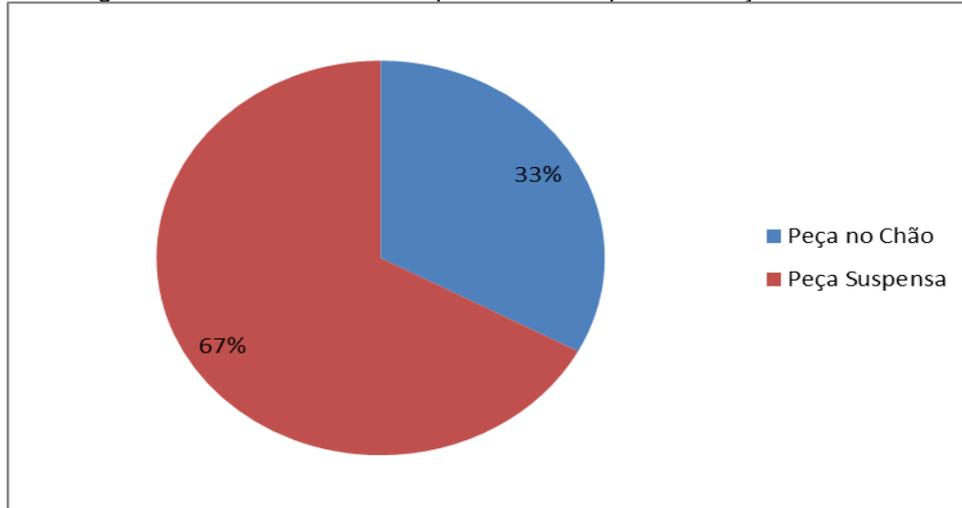
Tabela 18 - Estimativa de Rendimento Diário de Calhas

Localização	Item	Preparo das Calhas	Tempo Médio (HH:MM:SS)		
			Calha 1	Calha 2	Calha 3
Peça no Chão	1	Parafusamento das boquilhas	00:02:45		
	2	Carregamento do caminhão com a peça	00:03:27		
	3	Deslocamento até o vão	00:01:40		
	4	Amarração da cinta	00:02:13		
		Σ Média	00:10:05		
Peça Suspensa	5	Içamento da peça	00:04:12		
	6	Travamento na primeira extremidade	00:06:15		
	7	Deslocamento até a segunda extremidade	00:02:36		
	8	Travamento na segunda extremidade	00:06:28		
	9	Retirada da Cinta	00:01:06		
		Σ Média	00:20:37		
Σ Total			00:30:42		

Fonte: Os autores, 2020

De acordo com a tabela 18, o tempo médio para fixação de uma é de 30min42seg, o que permite projetar o tempo total para preenchimento de todas as extremidades longitudinais do galpão conforme, disposto no anexo A. À figura 34 demonstra em qual localidade em solo/altura é dedicado mais tempo para desenvolvimento do processo.

Figura 34 – Percentual do tempo necessário para execução das atividades



Fonte: Os autores, 2020

O processo de fixação das calhas em altura demanda 67% do tempo utilizado para execução das atividades, portanto caso seja necessário uma otimização do processo deve-se começar por rever o procedimento em altura.

### C) Rendimento Operacional – Calhas

O Tempo é calculado através do produto do numero de calhas pelo tempo médio de uma unidade. A tabela 19 apresenta a projeção final para esse processo.

Tabela 19 – Projeção para Execução

Calhas	Quantidade	Tempo médio	Tempo Total (HH:MM:SS)
Externas	12	00:30:42	06:08:24

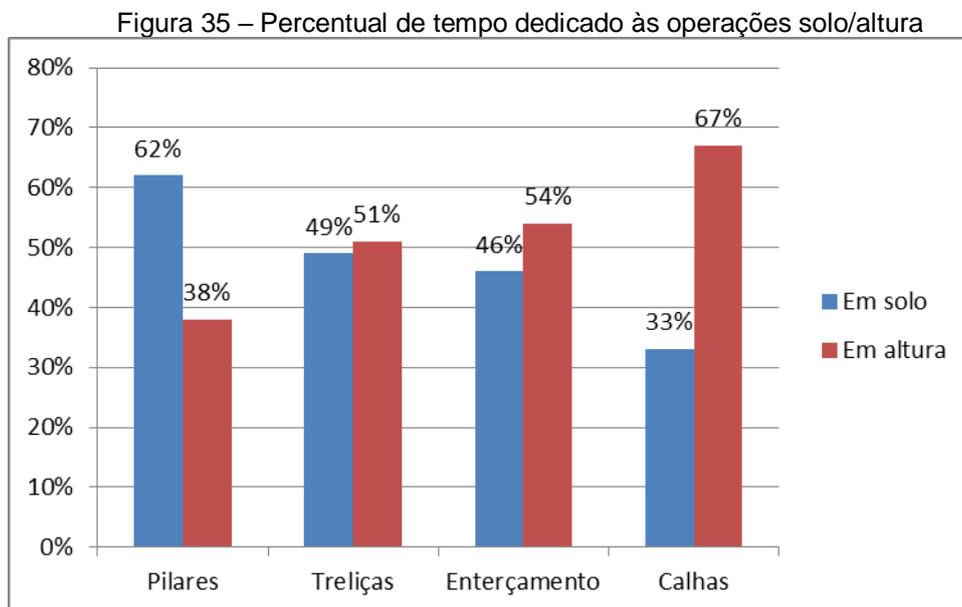
Fonte: Os autores, 2020

Conforme disposto acima, a estimativa de tempo para término das atividades é de 06h08min24seg.

## 5.11 Análise Geral do Processo de Montagem

O processo de montagem como um todo demanda de uma relação de dependência entre os processos, uma vez que o fluxo de trabalho é estabelecido conforme os términos de etapas acontecem.

Através das análises de tempo realizadas, foi possível determinar o percentual de tempo dedicado à atividade em solo e em altura, e projetar o numero de horas necessárias para finalização de todas as etapas apresentadas no trabalho. A figura 35 apresenta um compilado do percentual de tempo dedicado as operações em solo e em altura durante todo o processo de montagem.



Fonte: Os autores, 2020

Destaca-se no gráfico acima, o processo de pilares e calhas por apresentarem grande discrepância no percentual em cada localidade, sendo os pilares focados no preparo da peça em solo, enquanto as calhas nas fixações em altura. É preciso lembrar que os percentuais acima seguem um padrão de análise ideal para o numero de trabalhadores selecionados para cada atividade, sendo necessária nova avaliação caso seja acrescentado mais plataformas e colaboradores.

Com o auxílio dos encarregados das operações, também foram medidos os tempos reais para conclusão dos processos, possibilitando a realização de um

comparativo entre os dados. A tabela 20 apresenta os tempos estimados e os realizados para cada etapa.

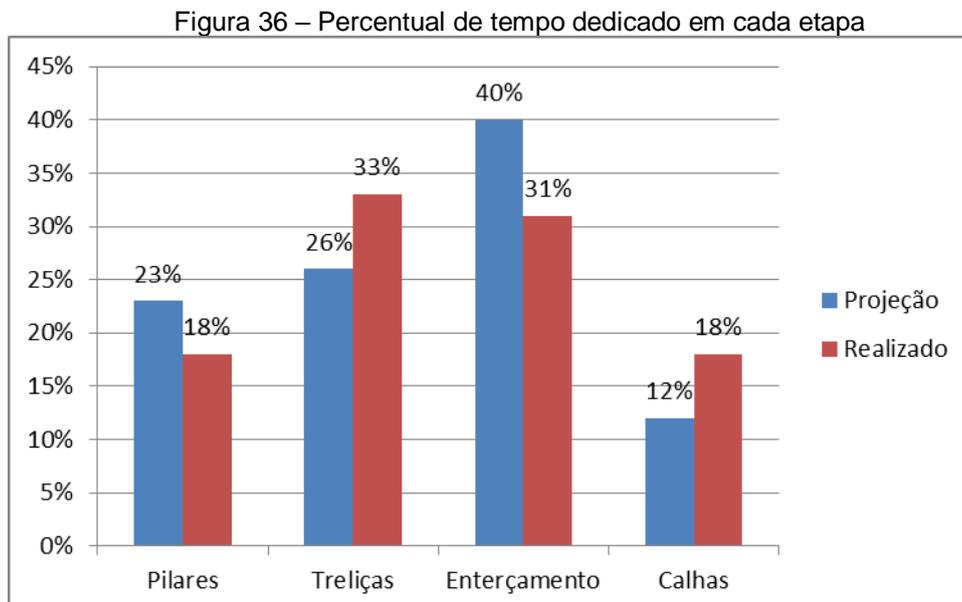
Tabela 20 – Tempo estimado x realizado

Processo	Projeção (HH:MM:SS)	Realizado (HH:MM:SS)
Pilares	11:50:05	14:15:00
Treliças	13:43:05	25:45:00
Enterçamento	20:51:36	24:25:00
Calhas	06:08:24	14:30:00
<b>Total</b>	<b>52:33:19</b>	<b>78:55:00</b>

Fonte: Os autores, 2020

A diferença de horas trabalhadas na projeção em comparação com o realizado é de 26h21min41seg, o que corresponde a aproximadamente 50% de aumento do tempo de execução na contagem real.

Com base no aumento de tempo, foi feito um novo comparativo medindo a quantidade de tempo dedicada em cada etapa, tanto na projeção quanto no realizado. A figura 36 destaca a mudança no percentual de tempo aplicado em cada etapa no decorrer das operações.



Fonte: Os autores, 2020

De acordo com as informações, a projeção visava uma maior quantidade de tempo dedicado na etapa de enterçamento, sendo ela responsável por 40 % do

tempo total do processo de montagem, entretanto os dados reais mostraram que a etapa de treliça, teve um peso maior em todo processo correspondendo a 33% do tempo total realizado.

Para entender melhor o motivo das disparidades de informações, foram reunidos na tabela 21 os pontos críticos de cada etapa, a fim de demonstrar as dificuldades ocorridas em cada uma.

Tabela 21 – Pontos críticos de cada etapa

Processo	Pontos críticos - Projeção	Pontos Críticos - Realizados
Pilares	- Carregamento do caminhão: depende de uma sequência de procedimento como nivelar o munck, movimentar o braço até a peça, verificar se a cinta está no lugar ideal, içar a peça até a carroceria do caminhão, e então remover os niveladores do munck.	- Ausência de plano de içamento dos pilares: foi necessário realização de separação dos pilares conforme necessidade de utilização, sendo utilizado um caminhão munck para o mesmo.
Treliças	- União das treliças: o procedimento requer aperto manual por parte dos colaboradores, sendo necessário que ambos atuem em conjunto por furo. - Apenas um colaborador realizando a fixação das peças em altura.	- Erro de fabricação: as chapas usadas para fixação das terças não atendiam as especificações de projeto em algumas treliças. Foi necessário cortar todas as chapas, desbastar a peça, soldar e pintar no local correto; - Caminhão munck com mau funcionamento: procedimento de içamento interrompido até conserto
Enterçamento	- Fixação nas treliças: dificuldade no alinhamento dos furos das peças, além da necessidade de locomoção principalmente do colaborador preso à estrutura.	- Obstruções nas roscas dos tirantes flexíveis: necessidade de limpeza das mesmas para inserção do conjunto de porcas, e arruelas; - Ausência de porcas e arruelas – reposição de estoque; -Caminhão munck com mau funcionamento procedimento de içamento interrompido até conserto.
Calhas	- Travamento das extremidades das calhas: dificuldades no alinhamento da dos furos das peças, em virtude da esbelteza do pilar.	- Ajuste das calhas: as peças necessitavam de furação para fixação das boquilhas; - Fixação das calhas: dificuldade de ajustar a peça devido ao desalinhamento, em virtude da esbelteza do pilar.

Fonte: Os autores, 2020

As disparidades apresentadas podem ser explicadas pela ausência de planejamento prévio, aliado a erros de fabricação. Durante o trabalho foram destacados alguns pontos críticos envolvidos no processo de execução, o que possibilita alterações de metodologia, e melhorias pontuais em determinados itens. Entretanto, ao comparar com os dados realizados, percebe-se que os pontos críticos

previstos para projeção, foram substituídos em sua maioria por falta de planejamento prévio dos materiais e procedimentos que seriam executados.

Os pontos de adequações sugeridos ao final de cada etapa podem contribuir para que no futuro, não ocorra problemas relacionados aos que foram constatados neste trabalho. Em destaque, se tem as adequações de planejamento de atividades, contratação de colaborador para controle de ferramentas, maquinários e materiais, e por fim, estabelecimento de plano de manutenção prévio de veículos e maquinário.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho em questão apresenta com detalhes a rotina de execução das atividades ligadas ao processo construtivo de um galpão, mostrando que o modelo em estrutura metálica proporciona um desenvolvimento rápido, limpo e com poucos colaboradores.

O processo ainda se destaca pelo vencimento de grandes vãos, sendo estes realizados através de ligações parafusadas entre as estruturas, o que demonstra o grande potencial de produtividade que o modelo possui para atendimento de grandes áreas construídas.

A versatilidade dos métodos executivos sugere que adaptações no processo possam ser realizadas conforme as características das obras, possibilitando novas configurações de trabalho, de forma a garantir rendimento operacional.

No decorrer do estudo, foram realizadas projeções ao final de cada etapa buscando proporcionar uma leitura da capacidade que a metodologia executiva possuía, sendo o foco apenas dificuldades ligadas a elementos da etapa de montagem, o que tornaria possível a revisão metodológica e a realização de adaptações que pudessem alavancar ainda mais a produtividade. Nestas etapas, foram abordadas as principais ocorrências de dificuldades que podem acontecer no decorrer dos trabalhos, e apontados sugestões de adequações para os mesmos.

Entretanto, ao realizar o comparativo com os dados reais de execuções, sendo estes de tempo e pontos críticos, percebeu-se que devem ser melhor desenvolvidas ações de planejamento das etapas pré-executivas, uma vez que, a eliminação dos problemas ligados a pré-execução, possibilitariam um ganho operacional de aproximadamente 50%, conforme destacado no item 5.16 – Análise geral do processo de montagem.

Apesar do grande acréscimo de horas comparado ao projetado, o processo de montagem ainda apresentou as características de velocidade, limpeza, e utilização de pouca mão de obra esperadas para o segmento. As falhas identificadas no decorrer das avaliações, só demonstram que sempre há espaço para melhorias, e que a contribuição de um estudo analítico dos procedimentos técnicos e operacionais, podem apontar tais falhas de maneira mais breve, maximizando assim os benefícios de se construir com o aço.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.** 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14323: Forças devidas ao vento em edificações.** 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Projeto de estrutura de aço em edifícios.** 2008.
- ALMEIDA, W.R. **Utilização de sistemas estruturais metálicos no atual cenário da construção civil brasileira: estudo de caso para a montagem de estrutura e cobertura de galpão industrial de médio porte.** Monografia de especialização. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2017.
- BELLEI, I.H. **Edifícios Industriais em Aço.** Projeto e cálculo. 2ª edição. 1998.
- CHAVES, M. R. **Avaliação do desempenho de soluções estruturais para galpões industriais leves.** Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2007.
- FALEIROS, J.P.M. TEIXEIRA JÚNIOR, J.R. SANTANA, B.M. **O crescimento da indústria brasileira de estruturas metálicas e o boom da construção civil: um panorama do período 2001-2010.** BNDES Setorial 35, p. 47 – 84.
- FERRO, F. L. de B.; SIMPLÍCIO, M. A. de S.; ASSIS, W. S. de; CARVALHO, E. N. de. **Interação solo-estrutura em galpões metálicos treliçados com cobertura em arco circular.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 203-219, jan./mar. 2016. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000100069>.
- FONSECA, L.A.F. **Comparativo de custos totais de galpões em estrutura metálica com vigas de alma cheia e treliçada.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia. Goiânia. 2019.
- LIMÃO, A.R.; PONTES, L. L. **Estudo De Projeto E Orçamento De Execução De Uma Edificação Em Estrutura Metálica Sustentável.** TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO. 2019.
- MADEIRA, A. R. **Estrutura em aço para pavilhão industrial: comparações entre soluções com elementos treliçados e de alma cheia.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2009.
- MATOS, R. C. B. **Sistemas de contraventamentos em edifícios de estrutura metálica.** Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas - FATECS. Brasília. 2014.

MENDES, F.C. **Análise teórica-experimental de ligações tipo “T”, “K” e “KT” com perfis metálicos tubulares.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2008.

NARDIN, F.A. **A Importância da Estrutura Metálica na Construção Civil.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade São Francisco. 2008.

NOLDIN JÚNIOR, J.H. **Contribuição ao estudo da cinética de redução de briquetes autorredutores.** 2002. 130 f. Dissertação (Mestrado Ciência dos Materiais e Metalurgia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002.

OLIVEIRA, F. N.; SOLLERO, L. P. V. **Consumo de Aço no Brasil: um modelo baseado na técnica da intensidade do uso.** Trabalhos para Discussão nº 358. Brasília. 2014.

PALATNIK, Sidnei. **Ensino a distância de Estruturas de Aço.** 2011. 194 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2011.

PFEIL, W. ; PFEIL, M. **Estruturas de aço.** Dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800:2008. 2009. 8ª edição.

PINHEIRO, A. C. F. B. **Estruturas Metálicas.** Cálculos, Detalhes, Exercícios e Projetos. 2005. 2º edição.

PINHO, F.O. **Perfis estruturais Gerdau- Galpões em pórticos de aço.**

PINHO, M. O. **Transporte e montagem-** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2005.

RAAD Jr, A.A. **Diretrizes para Fabricação e Montagem das Estruturas Metálicas.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Ouro Preto, 1999.

SICETEL. **Análise do Mercado de Aço.** In: 5o Seminário de Trefilação. São Paulo. 2014.

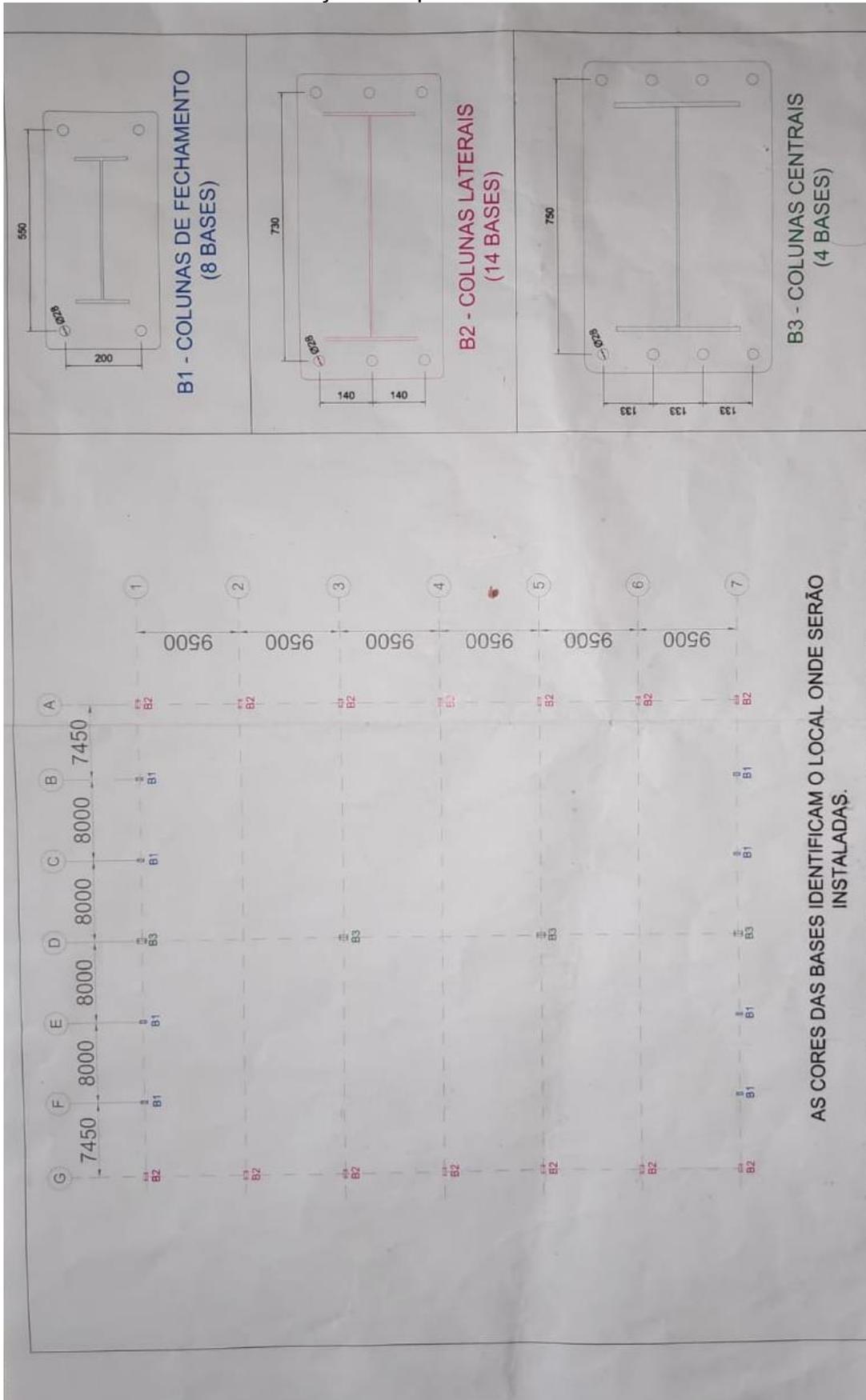
SILVA, Fabrício. **Análise de Sistema Estrutural Metálico em Arco para Centro Esportivo.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia civil) - Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

SILVA, Rodrigo. **Projeto de galpão em estrutura metálica: consumo de aço em soluções com perfis laminados e conformados a frio.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia civil) - Universidade Federal de Goiás, 2017.

TEOBALDO, I. N. C. **Estudo do aço como objeto de reforço estrutural em edificações antigas.** 2004. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) -Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

## **ANEXOS**

Anexo a - Planta baixa com locação dos pilares



Anexo b - Planta de Treliça

