

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE MECÂNICA  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**JOÃO FELIPE FERNANDES**

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA ESTRUTURA EM AÇO 1020  
PARA SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO EM ESTEIRA AÉREA DE  
CADEIA PRODUTIVA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA  
2013**

**JOÃO FELIPE FERNANDES**

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA ESTRUTURA EM AÇO 1020  
PARA SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO EM ESTEIRA AÉREA DE  
CADEIA PRODUTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica, da Coordenação de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador:

Prof. Dr. Laércio Javarez Junior

**PONTA GROSSA**

**2013**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA ESTRUTURA EM AÇO 1020 PARA  
SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO EM ESTEIRA AÉREA DE CADEIA PRODUTIVA**

por

**JOÃO FELIPE FERNANDES**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 11 de outubro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Laercio Javarez Junior  
Orientador

---

Prof. Me. Gilberto Zammar  
Membro Titular

---

Prof. Eng. Francisco Emilio Dusi  
Membro Titular

---

Prof. Dr. Luiz Eduardo Melo Lima  
Responsável pelos Trabalhos  
de Conclusão de Curso

---

Prof. Dr. Thiago Antonini Alves  
Coordenador do Curso de  
Engenharia Mecânica

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecer primeiramente a Deus pela graça de ter chegado até aqui, por todas as forças e bênçãos recebidas.

Aos meus familiares que sempre me deram apoio, em especial a minha mãe e as minhas irmãs. A todos as pessoas que de alguma maneira fizeram parte dessa conquista, meus amigos, professores e servidores da UTFPR – Ponta Grossa.

Ao meu professor orientador, professor Dr. Laercio Javarez Junior pela ajuda de grande valia para a realização desse projeto.

Enfim a todos que não foram mencionados aqui, porém de alguma forma contribuíram para essa conquista.

## RESUMO

FERNANDES, João Felipe. **Projeto e Construção de uma estrutura em Aço 1020 para serviços de manutenção em esteira aérea de cadeia produtiva.** 2013. 66 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2013.

No pré-projeto foi analisado a necessidade da estrutura, que foram consideradas pertinentes, depois se iniciou o estudo do local, onde foram encontradas muitas dificuldades, principalmente na alocação dos elementos estruturais, sendo que essa etapa é de fundamental importância para o andamento do projeto. Posterior à alocação dos elementos, partiu-se para o desenho em CAD, utilizando o software Solidworks<sup>®</sup>, para realização dos desenhos, sendo nessa etapa já é possível enxergar como será a estrutura e a sua alocação, também utilizando o Solidworks<sup>®</sup> obteve-se a lista de materiais. Depois se importou o desenho do Solidworks<sup>®</sup> para o Ansys<sup>®</sup>, sendo que será esse software que realizará todos os cálculos necessários em termos de resistência da estrutura, sua máxima deformação, sendo aplicadas todas as cargas exigentes em todas as direções. Após a obtenção dos resultados, e a conclusão que as dimensões e o material escolhido para os elementos são confiáveis, a etapa final é a construção, sendo que essa é realizada por uma empresa contratada, ficando apenas a fiscalização como responsabilidade. E por fim a inspeção final da estrutura montada.

**Palavras-chave:** Estrutura metálica. Solidworks<sup>®</sup>. Ansys<sup>®</sup>. Montagem.

## ABSTRACT

FERNANDES, João Felipe. **Design and Construction of a Steel Structure 1020 for maintenance service in airline track of productive chain**. 2013. 66 p. Final paper (Bachelor in Mechanical Engineering) – Technology University of Parana. Ponta Grossa, 2013.

In the pre-project analyzed the necessity of one structure that is considered relevant. After started the site study, where found many difficulties, especially in the allocation of structural elements, and this step is crucial for the progress of the project. After the allocation of the elements, set off for the CAD, drawing by Solidworks<sup>®</sup> software, finishing the drawings, in this step it is possible to see how is the structure and its allocation and also using Solidworks<sup>®</sup> get the list of materials. After import the drawing from SolidWorks<sup>®</sup> to Ansys<sup>®</sup>, and that is the software will perform all the necessary calculations in terms of strength of the structure, their maximum deformation, all loads being applied disposal in all directions. After obtaining the results, the conclusion is that the dimensions and the material chosen for the elements are reliable, the final step is to build and this is performed by a company contracted, being just as supervisory responsibility, and finally the final inspection of the assembled structure.

**Keywords:** Metal structure. Solidworks<sup>®</sup>. Ansys<sup>®</sup>. Assembly.

## Lista de Ilustrações

Figura 1: Ponte de Coalbrookdale.....	16
Figura 2: Ponte de Akashi-Kaikyo .....	18
Figura 3: Perfis metálicos .....	25
Figura 4: Sistema de parafusamento .....	26
Figura 5: Tipos de soldas .....	28
Figura 6: Esteira e tubulação aérea .....	34
Figura 7: Requisitos de produto .....	36
Figura 8: Requisitos de projeto.....	37
Figura 9 – Lance de acesso a Plataforma maior .....	39
Figura 10: Plataformas .....	40
Figura 11 - Lista de materiais .....	41
Figura 12 – Análise de malhas plataforma maior .....	43
Figura 13 – Forças aplicadas na plataforma maior .....	44
Figura 14 – Equivalente de tensões plataforma maior .....	44
Figura 15 - Equivalente de tensões plataforma maior vista de baixo .....	45
Figura 16 – Deformação na direção “V” sendo que essa direção é equivalente à direção “X” .....	45
Figura 17 – Deformação na direção “W” sendo que essa direção é equivalente à direção “Y” .....	46
Figura 18 – Deformação na direção “X” sendo que essa direção é equivalente à direção “Z” .....	46
Figura 19 – Número de elementos e nós plataforma maior .....	47
Figura 20 – Análise de malhas Plataforma menor.....	47
Figura 21 – Equivalente de tensões Plataforma menor.....	48
Figura 22 - Equivalente de tensões Plataforma menor vista de baixo.....	48
Figura 23 – Deformação na direção “V” sendo que essa direção é equivalente à direção “X” .....	49
Figura 24 – Deformação na direção “W” sendo que essa direção é equivalente à direção “Y” .....	49
Figura 25 – deformação da direção “X” sendo que essa direção é equivalente à direção “Z” .....	50
Figura 26: Plataforma maior .....	54
Figura 27: Escada de acesso à plataforma maior .....	55
Figura 28: Escada marinheiro de acesso à plataforma menor .....	56
Figura 29: Plataforma menor.....	57
Figura 30 – Vista lateral e frontal da estrutura.....	61
Figura 31 – Vista superior e inferior da estrutura .....	61
Figura 32 – Detalhe da plataforma e do início da escada de acesso .....	62
Figura 33 – Detalhe da escada de acesso a Plataforma maior .....	62

Figura 34- Escada marinheiro .....	63
Figura 35 – Detalhes Escada marinheiro .....	63
Figura 36 – Detalhe plataforma menor .....	64
Figura 37 – Detalhe suporte Plataforma menor.....	64
Figura 38 – Detalhe do suporte da Plataforma maior.....	65
Figura 39 – Detalhe do suporte em recorte .....	65
Figura 40 – Detalhe do guarda corpo e do piso .....	66

## **Lista de Quadros**

Quadro 1- Cronograma de trabalho de conclusão de curso.....	52
---	----

## Lista de Abreviaturas

CEAM: Centro de Estudos de Estrutura de Aço e Misturas de Aço e Concreto

ABCEM: Associação Brasileira da Construção Metálica

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

m: Metros

cm: Centímetros

mm: Milímetros

pol.: Polegadas

kg: Quilogramas

R\$: Reais

Mpa: Mega Pascal

N: Newton

m<sup>2</sup>: Metros quadrados

$\gamma$ : Coeficientes de ponderação das ações

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 PROBLEMA .....	13
1.2 JUSTIFICATIVA .....	14
1.1 OBJETIVO GERAL .....	14
1.1 OBJETIVO ESPECÍFICO .....	14
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1 PROJETO E CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS EM AÇO .....	16
2.2 HISTÓRIA DAS ESTRUTURAS METÁLICAS.....	16
2.3 ANTEPROJETO.....	18
2.3.1 Critérios de Projeto.....	18
2.3.2 Memorial de Cálculo.....	19
2.3.2.1 Deformações .....	19
2.3.2.2 Esforços secundários .....	20
2.4 DESENHOS DO PROJETO .....	20
2.4.1 Especificações .....	21
2.5 PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO.....	21
2.6 ELEMENTOS ESTRUTURAIS .....	22
2.6.1 Perfis .....	24
2.7 DISPOSITIVOS DE UNIÃO .....	25
2.7.1 Rebitamento .....	25
2.7.2 Parafusamento .....	26
2.7.3 Soldagem .....	27
2.8 LISTA DE MATERIAIS .....	28
2.9 NOÇÕES DE MONTAGEM DE UMA ESTRUTURA METÁLICA .....	29
2.9.1 Furação .....	29
2.9.2 Ajustagem e meio de fixação .....	29
2.9.3 Acabamento e Inspeção.....	30
2.9.4 Pintura.....	30
2.10 MONTAGEM .....	31
2.10.1 Inspeção de Montagem .....	32

2.11 INSPEÇÃO FINAL.....	32
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>34</b>
3.1 NECESSIDADE DE UMA ESTRUTURA.....	34
3.2 CRITÉRIOS DE PROJETO .....	35
3.2.1 Requisitos de Produto .....	35
3.2.2 Requisitos de Projeto .....	36
3.3 PROJETO DA ESTRUTURA.....	37
3.4 TIPO DE ESTRUTURA .....	37
3.5 ANÁLISE DO LOCAL .....	37
3.5.1 Colunas .....	38
3.5.2 Demais Elementos .....	38
3.6 DIMENSÕES DA ESTRUTURA .....	38
3.7 DESENHOS DO PROJETO .....	40
3.8 LISTA DE MATERIAIS .....	41
3.8.1 Levantamento do Materiais .....	41
3.8.2 Dimensionamento dos Elementos.....	41
3.9 MEMORIAL DE CÁLCULO .....	42
3.9.1 Simulações no Ansys .....	43
3.9.1.1 Plataforma Maior .....	43
3.9.1.2 Plataforma Menor .....	47
3.10 ORÇAMENTOS.....	50
3.11 MEMORIAL DESCRITIVO .....	51
3.12 MONTAGEM .....	51
3.12 INSPEÇÃO FINAL.....	51
<b>4 CRONOGRAMA .....</b>	<b>53</b>
<b>5 RECURSOS .....</b>	<b>54</b>
5.1 RECURSOS HUMANOS.....	54
5.2 RECURSOS FÍSICOS.....	54
<b>6 RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
6.1 PLATAFORMA MAIOR .....	56
6.2 ESCADA DE ACESSO À PLATAFORMA MAIOR .....	56
6.3 ESCADA MARINHEIRO.....	57
6.4 PLATAFORMA MENOR.....	58

<b>7 CONCLUSÕES .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO A – Desenhos em vistas da plataforma .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO A1 – Desenhos em detalhes da escada de acesso.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO A2 – Dsenhos em detalhes da escada marinho.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO A3 – Desenhos em detalhes da plataforma menor .....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO A4 – Desenhos em detalhes da base da estrutura .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO A5 – Desenhos em detalhes do guarda corpo e do piso .....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução da ciência se deu muito devido as guerras, sendo essa a grande fonte do seu desenvolvimento, segundo Santos (1977), os problemas que os exércitos em campanhas enfrentavam, como construções de estradas e canais, a necessidade de fabricar e manter máquinas, entre outras, deu inicio a profissão de Engenheiro, inicialmente sendo uma profissão militar, mesmo que tenha como base do seu ofício as fontes civis.

Seguindo essa evolução temos as estruturas metálicas que surgiram como uma opção em relação a outros tipos de estruturas, como a madeira e o concreto, sendo as estruturas metálicas de bom desempenho estrutural, boa durabilidade, de fácil montagem e desmontagem, de fácil transporte e de baixo custo.

O projeto de uma estrutura metálica consiste em identificar um problema, apresentar as soluções, optar pela opção mais viável, projetar a estrutura, sendo que essa pode ser feita pelo auxilio de software ou de forma manual, sempre seguindo normas estabelecidas, levantar o material e a mão-de-obra necessária e capacitada para a sua construção. Segundo Neto (2007), a solução utilizada deverá atender aos requisitos das normas pertinentes, assim com a sua estética, desempenho estrutural e durabilidade, entre outros fatores.

A construção de uma estrutura metálica é uma coisa que exige cuidados e capacitação para a sua execução, seguir normas pertinentes de construção e de segurança para aqueles que estão executando a tarefa ou estão nas imediações da construção, segundo Santos (1977), para a execução dos trabalhos dessa natureza é necessário o conhecimento dos processos de desenhos e construção além de se manter informado dos últimos avanços da tecnologia desta área.

### 1.1 PROBLEMA

As estruturas metálicas são utilizadas por todas as empresas, pois são uma opção econômica e de fácil montagem e desmontagem. A construção de uma estrutura metálica surge na necessidade de resolver um problema, identificado o problema, vamos para o segundo passo que é a definição do meio para resolvê-lo, que técnicas utilizar, depois vem o passo de projetar/elaborar a técnica escolhida e por último a construção/aplicação da técnica. Foi em cima de um conceito desses

que surgiu este trabalho, identificado o problema surgiu à necessidade do projeto de uma plataforma para manutenção de uma esteira, utilizada para transporte dos frangos condenados na recepção das aves, e de uma tubulação, utilizada para transporte dos descartes das aves provenientes de uma das linhas de produção, ambas aéreas em um frigorífico de aves na região dos Campos Gerais.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Por uma questão de interligação entre setores, ganho de tempo ou por uma questão de custo, alguns equipamentos acabam sendo alocados em locais de difícil acesso o que prejudica a manutenção dos mesmos, uma boa acessibilidade a essas máquinas é essencial, com isso surgem às estruturas metálicas, uma boa opção em situações de esses equipamentos estarem alocados em locais de difícil acesso, aqui entra no ponto a ser abordado nesse trabalho, projetar e executar uma estrutura metálica. Como projetar uma estrutura para que atenda as necessidades com confiabilidade e baixo custo, para isso o auxílio de um software de simulação é essencial, pois nos dará uma noção mais exata das dimensões estruturais, material adequado, melhor alocação dessa estrutura e da estética da mesma.

## 1.3 OBJETIVO GERAL

Projetar e construir uma estrutura metálica para acessar equipamentos que estão alocados em locais de difícil acesso, sendo necessário uma acessibilidade para trabalhos de manutenção.

## 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Aplicar os conhecimentos de engenharia de produto, projetos de simulação e normas para projetar e construir uma estrutura metálica que atenda as necessidades da equipe de manutenção, garantindo a segurança da equipe e a eficiência dos seus trabalhos.

## 1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Projetar e construir uma estrutura metálica que será utilizada pela manutenção de uma esteira e de uma tubulação ambas aéreas. Desde a identificação de sua necessidade, do projeto, sendo auxiliado por software de simulação para uma maior confiabilidade no projeto, até a construção da estrutura. Essa estrutura será implantada em um frigorífico de aves na região dos Campos Gerais, limitado ao setor de condensa de aves e de descarte de resíduos em auxílio a manutenção desse setor.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 DEFINIÇÃO DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS

Segundo Santos (1977), ao se projetar uma construção metálica, o engenheiro responsável deverá se preocupar com a concepção do projeto a fim de que se torne um trabalho econômico, de fácil fabricação, grandes facilidades de montagens e que ofereça reaproveitamento, de tal modo que a obra represente um crédito para a sua profissão.

### 2.2 HISTÓRIA DAS ESTRUTURAS METÁLICAS

Segundo o CEAM-UFMG (Centro de Estudos de Estrutura de Aço e Misturas de Aço e Concreto da UFMG), as estruturas metálicas são utilizadas desde meados do século XII, como uma forma de complemento das estruturas de madeira, já a partir do século XVII começaram a construção de telhados em estrutura metálica, usando o ferro fundido mesmo que ainda poucos racionais. As construções metálicas começaram a ganhar força a partir do final do século XVIII, com as construções de cúpulas de igrejas e de pontes com este tipo de estrutura, como marco dessa época temos a ponte de Coalbrookdale, sobre o Rio Severn, na Inglaterra, construída em 1779, em arcos de ferro fundido vencendo um vão de 30 metros.



Figura 1: Ponte de Coalbrookdale  
Fonte: CEAM-UFMG

Já na primeira metade do século XIX o cálculo estrutural passou por notável progresso, como a surgimento do sistema estaticamente lógico e da laminação de

perfis, o que possibilitou a produção industrializada de componentes estruturais de ferro laminado. Como símbolo dessa evolução tem a ponte de Menai, em Gales, com vão de 77 metros, finalizada em 1826, a partir desse período também começaram a construção de edifícios indústrias em estruturas metálicas, com isso a evolução das estruturas ficou mais acelerada.

Na segunda metade do século XIX a construção de pontes ferroviárias já era comum, mesmo apesar dos frequentes acidentes as estruturas foram evoluindo, a necessidade de um material estrutural melhor foi surgindo, a partir desse ponto, as atenções volta-se para o aço, por falta de um processo industrial de fabricação, tinha um custo muito elevado. Resolvendo esse problema o inglês Henry Bessemer criou um forno que tornou possível, a partir de 1860, a produção de aço em grande escala. A primeira ponte em estrutura de aço foi a de Eads, sobre o Rio Mississipi, nos Estados Unidos, em 1875, com um vão de 158 m ladeados por vãos de 153 m, todos em arcos.

Como construções arrojadas, com grandes alturas, concluídas no final do século XIX, merece destaque a Torre Eiffel, finalizada em 1889 por Gustave Eiffel, com 312 m de altura, símbolo até hoje da capital francesa.

De 1900 até nossos dias, houve grande desenvolvimento no estudo do comportamento das estruturas de aço, principalmente no que se refere à instabilidade e à plasticidade, foi inventada a solda elétrica, criados os parafusos de alta resistência e os aços de alta resistência mecânica e resistentes à corrosão atmosférica. Passaram a ser construídos corriqueiramente edifícios de andares múltiplos, centros de compras (shopping centers), pontes, pavilhões de exposições, coberturas de ginásios de esportes e de estádios, edifícios industriais, torres de transmissão de energia e de telecomunicações, etc., com sistemas estruturais cada vez mais criativos e ousados.

Um exemplo da evolução que essa tecnologia sofreu é a ponte de Akashi-kaikyo, no Japão, finalizada em 1998, toda em estrutura metálica possui o maior vão em ponte pênsil do mundo, com um vão de 1990 m.



Figura 2: Ponte de Akashi-Kaikyo  
Fonte: CEAM-UFMG

## 2.3 ANTEPROJETO

O anteprojeto é uma etapa que se faz necessário para garantir um bom andamento do projeto, é nele que decidirá o que realmente se deseja, e é um esboço prévio de como será o projeto.

Para Santos (1977), o anteprojeto é algo muito necessário em qualquer projeto que você deseja realizar, sendo esse normalmente realizado por pessoas com muita experiência naquilo que se deseja projetar, o trabalho deles consiste em fazer o arranjo físico de todos os componentes do projeto e o memorial descritivo, sendo que esse é encaminhado ao escritório de cálculo.

### 2.3.1 Critérios de Projeto

Santos (1977) escreve em seu livro que a solução de cada fase segue uma sequência lógica a cada passo e é analisada a natureza de cada problema. O projetista deve estudar as técnicas requeridas para o desempenho dos trabalhos, requeridas para cada caso, as normas a ser seguido, padronizar os materiais, analisar a intensidade das cargas e sua duração, se há ação dinâmica e o local onde irá atuar, enfim verificar claramente para efetuar as combinações de cargas.

ABCEN (Associação Brasileira da Construção Metálica) (2010) escreve em seu manual que para edifícios, na ausência de outros critérios de projeto, é aplicável o que dispõe a NBR 8800. Para pontes, na ausência de norma brasileira específica, é aplicável a Norma da AASHTO.

Um projetista de estruturas sofre muita influência das condições locais, como elevação local, ambiente, características do solo, condições climáticas locais e dos arredores são fatores fundamentais.

Segundo Neto (2007), a pré-análise da estrutura, deve-se prosseguir estabelecendo as cargas que serão atuantes sobre a estrutura. O sistema estrutural de um edifício deve ser capaz de resistir às variadas ações que atuam sobre ele: ações verticais e ações horizontais. Essas cargas podem agir dentro de determinadas circunstâncias, que podemos classificá-las, mediante a sua ocorrência durante a vida da construção em carregamentos normal, especial, excepcional e de construção.

### 2.3.2 Memorial de Cálculo

O memorial de cálculo é indispensável para um projeto bem sucedido, pois será a partir dessa parte que os materiais serão especificados, para um memorial bem sucedido é necessário um estudo bem detalhado de todos os possíveis esforços que atuarão sobre a estrutura, e sempre trabalhar com um coeficiente de segurança considerável para garantir a confiabilidade da mesma.

Segundo a ABCEM (2010), os desenhos de projetos deverão ser baseados nos cálculos resultantes das aplicações das cargas e esforços de projeto que as estruturas deverão suportar quando estiverem prontas.

Esses cálculos podem ser feitos de forma manual, sendo auxiliado por manuais fornecidos por fabricantes de estruturas de aço, ou pelo auxílio de software, sendo que esse possui resultados mais precisos e detalhados, sendo assim mais confiáveis.

Terminado os cálculos, o memorial é encaminhado ao projetista que segue com a sequência do projeto.

#### 2.3.2.1 Deformações

As deformações que estrutura vai sofrer vão ser levadas em consideração no memorial de cálculo, deformações são frutos de ações que a estrutura sofrerá das cargas e dos esforços.

Segundo Santos (1977), a colocação de novas normas para o cálculo de estruturas metálicas tornou indispensável à verificação das deformações nas estruturas. O andamento das tensões admissíveis conduz a um dimensionamento de peças mais esbeltas, o que dá mais flexibilidade a estrutura.

### 2.3.2.2 Esforços secundários

São esforços que precisam ser lavados em consideração, sendo eles normalmente frutos de pequenos erros cometidos nas etapas da fabricação ou montagem, para isso como falado anteriormente sempre considerar um bom coeficiente de segurança, que garantirá a segurança da estrutura caso um erro venha a ocorrer.

Santos (1977) escreve em seu livro que estes tipos de esforços são provenientes de alguns erros ao se construir uma estrutura, como exemplo, que por comodismo troca-se o eixo de furação com a do eixo neutro (linha de centro de gravidade), o que ocasiona uma excentricidade de 27%, entre outros.

## 2.4 DESENHOS DO PROJETO

Os desenhos são divididos em duas partes principais, os desenhos de conjuntos e desenhos de detalhes para fabricação ou somente desenhos de detalhes.

Segundo ABCEM (2010), os desenhos de projeto estrutural deverão mostrar claramente o trabalho que deverá ser executado, fornecendo as informações abaixo com suficiente precisão das dimensões, quantidades e natureza das peças da estrutura a serem fabricadas:

- a) Bitola, seção transversal, tipo de aço e a locação de todos os elementos da estrutura;
- b) Toda a geometria e pontos de trabalho necessários ao arranjo da estrutura;
- c) Elevações dos pisos;
- d) Eixos de colunas e desvios;
- e) A contra flecha necessária para os elementos da estrutura;
- f) Sistema de limpeza e pintura, se aplicável;

g) Tipo de ligação e processo e controle de torque, se aplicável.

Sendo que o desenho de projeto pode ser feito por um escritório independente, um escritório de cálculo, porém existem muitas fábricas que possuem seu próprio escritório de cálculo. Já o desenho de detalhes é encontrado em quase todas as fábricas.

O desenho de conjunto consiste basicamente no croqui de como será o projeto, é nesse tipo de desenho que se deixa alocado os componentes, tipo de elemento e a tecnologia que vai utilizar, é o desenho de conjunto que será utilizado como base para os desenhos de detalhes.

O desenho de detalhes, esse é fundamental para a fabricação e montagem da estrutura, esse tipo de desenho é que dará os tipos de perfis e peças a utilizar, os dispositivos de união que serão usados e de como será cada detalhe da construção, sendo que esse será de muita serventia para o técnico responsável pela sua construção, facilitando e normalizando o seu trabalho.

Segundo Santos (1977), os desenhos de detalhes são feitos de tal modo que forneça ao desenhista de detalhes as informações necessárias para o detalhamento da construção. São desenhos aparentemente simples porém de alta valia, que deverão ser executados por profissionais especializados, pois a concepção dada ao projeto é que determinará à boa ou má sequência da fabricação.

Para ABCEM (2010), quando existirem divergências entre desenhos de conjuntos e as especificações técnicas (desenhos de detalhes), os desenhos de conjuntos devem prevalecer. No caso de divergências entre dimensões em escala e os valores escritos nos desenhos de projeto, os valores dos algarismos prevalecem.

#### 2.4.1 Especificações

Todas as especificações do projeto devem ficar bem claras, principalmente as dos desenhos de detalhes.

Segundo ABCEM (2010), as especificações técnicas deverão conter quaisquer requisitos adicionais exigidos para a fabricação e construção da mesma.

## 2.5 PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO

Este tipo de análise deve ser levado em consideração, pois qualquer estrutura está sujeito a pegar fogo, e como se sabe, quando a temperatura do metal é elevada ele perde resistência mecânica, ou seja. Sua estabilidade deixa de ser segura.

Para isso existem alguns métodos que são usados para prevenir esse tipo de estrutura. Para Santos (1977), um dos métodos é transferir o calor para outro material, por exemplo, uma coluna oca de aço, pode ser preenchida com concreto, mesmo que esse não contribua para a resistência da estrutural, terá mais resistência do que deixar oca.

Outros métodos também são adotados, para Santos (1977), as estruturas podem ser protegidas da ação do fogo por três recursos básicos: *Sprinklers*: chuveiros, esfriamentos internos por meio de água e com resfriamentos isolantes.

O fato das estruturas feitas em aço serem muito sensíveis ao fogo faz com que seja uma desvantagem desse tipo de estrutura, sendo nesse caso as estruturas em concreto as mais eficientes.

## 2.6 ELEMENTOS ESTRUTURAIS

As construções metálicas são possíveis por um conjunto de fatores, as estruturas metálicas são conhecidas pela facilidade em sua montagem e desmontagem e pelo bom desempenho estrutural, a questão de ser fácil de montar e desmontar são possíveis porque a estrutura é formada por partes, que são unidas formando a estrutura, sendo essas partes projetadas para ter o melhor desempenho estrutural possível.

Segundo ABCEM (2010) a estrutura de aço consiste dos elementos estruturais de aço especificados e dimensionados nos desenhos de projeto, que farão parte do escopo de fabricação e montagem, essenciais ao suporte das cargas de projeto e que façam parte do conjunto rígido da estrutura, sem possuir nenhum outro elemento de terceiros que separe uns dos outros, conforme descritos a seguir:

- Chumbadores de fixação das estruturas de aço nas bases;
- Placas de base avulsas de colunas;
- Vigas, incluindo perfis soldados, laminados e de chapas dobradas;
- Aparelhos de apoio de vigas, treliças ou pontes;
- Contraventamentos permanentes;

- Estruturas de marquises se fabricadas com perfis ou chapas estruturais normatizados;
- Colunas, se fabricadas com perfis ou chapas estruturais normatizados;
- Chapas e calços de ligação de estruturas;
- Para-choques, se fabricados com perfis ou chapas estruturais normatizados;
- Esquadrias de portões se fabricadas em perfis ou chapas estruturais normatizados, e fizerem parte da estrutura;
- Peças de aço embutidas em concreto necessárias para suportar a estrutura de aço;
- Juntas de dilatação, quando ligadas à estrutura;
- Dispositivos de ligação da estrutura de aço: parafusos, porcas e arruelas de fábrica para ligações permanentes; parafusos, porcas e arruelas usados para fixar peças para transporte; parafusos, porcas e arruelas de campo para ligações permanentes, e pinos permanentes;
- Estruturas de reforço de aberturas em pisos, fabricadas em perfis ou chapas estruturais normatizados, quando ligadas à estrutura;
- Chapas de piso (lisas ou xadrez) se ligadas à estrutura;
- Vigas de tapamento;
- Grelhas ou grades se fabricadas com perfis normatizados de aço estrutural;
- Pendurais se feitos de aço estrutural quando ligados à estrutura;
- Porcas, calços, chapas, parafusos e arruelas de nivelamento;
- Vergas de aberturas de vãos, se ligadas à estrutura;
- Bases de máquinas feitas de perfis estruturais e chapas ligadas à estrutura;
- Elementos de monovias se fabricados de aço estrutural e ligados à estrutura;
- Terças de cobertura;
- Estruturas de reforço de aberturas em coberturas, fabricadas em perfis ou chapas estruturais normatizados;
- Engradamentos de cobertura para suporte de telhas, quando fabricados com perfis estruturais padronizados;

- Conectores de cisalhamento se especificados para serem colocados na fábrica;
- Calços e cunhas, se permanentes;
- Escoras permanentes e ligadas à estrutura;
- Tirantes, se parte da estrutura de aço;
- Treliças feitas de perfis de aço estrutural ou soldados de chapas.

### 2.6.1 Perfis

Santos (1977) escreve em seu livro que as construções em estruturas metálicas são na sua grande maioria construída por formas padronizadas, que possuem formas e dimensões, cada um projetado para a sua função, de forma a ser barato, resistente, de fácil manuseio e assim como a sua estética.

Existem algumas formas de perfis que são muito empregados nas construções, os perfis mais comumente encontrados nas edificações metálicas, são dos tipos: “I”, “H”, “U”, “T”, cantoneiras, tubos circulares, barras circulares, barras quadradas e as barras chatas, e também tem as chapas, que possuem formas diferentes também, as chapas corrugadas, zincadas, e chapas de alumínio e de fibra-cimento corrugadas, que são utilizadas nos fechamentos e nas coberturas dos edifícios.

Esses são os perfis mais empregados na indústria mundial, apesar de serem construídos tipos diferentes de perfis em algumas regiões, o que dificulta muito no caso de importar a matéria prima, uma padronização é a melhor opção, mesmo porque os manuais de construção são baseados nesses tipos de perfis e chapas e possuem um bom desempenho estrutural.

Cada perfil tem as suas principais empregabilidades, as cantoneiras, são muito aplicadas na união de peças, em tesouras, treliças, vigas e esquadrias. O perfil “U” é aplicado nos projetos de escadas, plataformas, terças, longarinas e colunas. O perfil “I” é de grande valia para suportar esforços de flexão, portanto sendo muito aplicadas em plataformas, monovias, pontes, pisos e em edifícios de andares múltiplos, para suporte das lajes. O perfil “H” segue os mesmos critérios do perfil “I”, tendo as mesmas aplicações. Perfil “T” com aplicações mais limitadas é utilizado mais em construções especiais.

Chapas são muito utilizadas como pisos ou em coberturas, podendo ser grossas e finas, existem diversos tipos de chapas, por exemplo, a chapa xadrez, tipo grelha e as onduladas que são muito empregadas em coberturas.

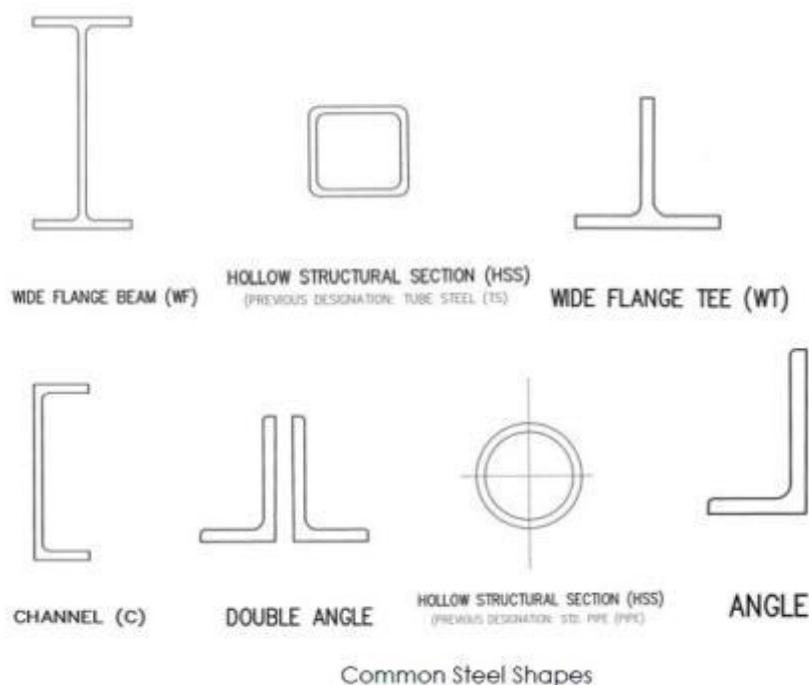


Figura 3: Perfis metálicos  
Fonte: Berman (2010)

## 2.7 DISPOSITIVOS DE UNIÃO

Segundo Glosch (2010), as juntas devem ser projetadas com base em hipóteses realistas sobre a distribuição de forças internas. Estes pressupostos deve ser tal que, em todos os casos, a transferência de carga vai efetuar-se diretamente através do conjunto em relação às rigidezes dos vários componentes da junta, e as forças internas e forças externas aplicadas devem estar em equilíbrio. Facilidade de fabricação e montagem deve ser tida em conta na concepção de conexões.

O dispositivo de união selecionado deve atender os requisitos estruturais, de forma barata, eficiente, rápida e de fácil montagem e desmontagem. Os tipos de dispositivos são: rebitadas, parafusadas e soldadas.

### 2.7.1 Rebitamento

Segundo Santos (1977), o sistema de união por rebitamento é o menos utilizado dos três, esse tipo que praticamente se extinguiu depois que foram aperfeiçoadas as técnicas de soldagem e que foram desenvolvidos os parafusos de alta resistência. O rebite é um pino cilíndrico constituído de um material dúctil, tendo em uma de suas extremidades uma cabeça, a qual se apoia nas peças que deverão ser ligadas.

Este método exige uma mão de obra especializada, sendo assim difícil de encontrar recurso humano dependendo da região onde necessitar.

### 2.7.2 Parafusamento

Segundo Natajara (2012), um parafuso pode ser definido como um pino de metal com uma cabeça numa das extremidades e uma haste roscada na outro fim de receber uma porca, como mostra a Fig. 4. Arruelas são geralmente alocadas sob o parafuso, assim como sob a porca.

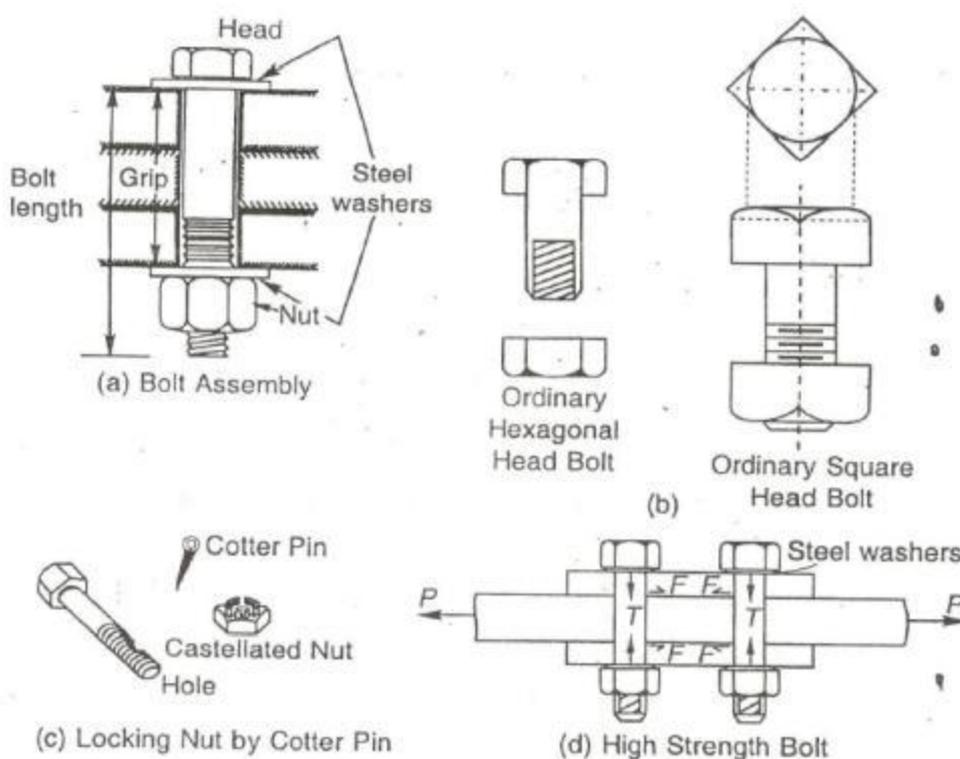


Figura 4: Sistema de parafusamento  
Fonte: Natajara (2012)

Natajara (2012) escreve em seu livro que para assegurar o correto funcionamento das ligações, as peças a serem ligadas devem estar firmemente fixada entre o parafuso, a cabeça do parafuso e a porca. Se a ligação é submetida a vibrações, as porcas devem ser travadas na posição. Ligações parafusadas são semelhantes às rebitadas no comportamento, mas tem algumas vantagens distintas, como a montagem da estrutura, que pode ser acelerada e a mão de obra que são menos qualificadas.

Mais em geral a utilização de parafusos tem um custo de material elevado, cerca de o dobro de rebites, a resistência à tração do parafuso é reduzida devido à redução na área na raiz da rosca e também devido à concentração de tensões e quando submetido a vibrações ou choques os parafusos podem se soltar.

Segundo Santos (1977), o sistema de união por parafusos é aplicado em casos onde os outros tipos não podem ser aplicados, sendo esse sistema composto pelo parafuso e por uma porca, sendo essa da mesma forma da cabeça do parafuso, porém com um furo no centro. Nos sistemas sujeitos a vibrações também é agregado ao composto uma arruela de pressão sob as porcas.

Os parafusos se tornaram muito utilizados depois de desenvolvimento dos parafusos de alta resistência, praticamente extinguindo os rebites depois do aperfeiçoamento deste tipo de parafuso.

Este método não exige uma mão de obra muito especializada, portanto sendo mais fácil encontrar recursos humanos, em especial para regiões onde é difícil encontrar mão de obra especializada.

### 2.7.3 Soldagem

Segundo Glosch (2010), as ligações soldadas são principalmente de dois tipos, ou seja, soldas de filete e soldas de topo.

Em ligações de solda filetes, os elementos de ligação são unidos ao principal membro diretamente, utilizando placas de união por meio de soldadura do filete.

Em soldas de topo, dois membros de conexão são soldados diretamente de ponta a ponta, com penetração total.

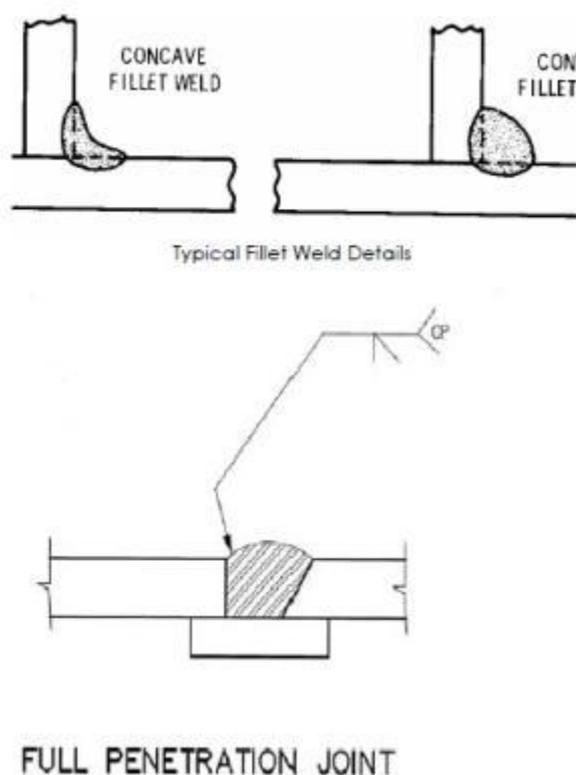


Figura 5: Tipos de soldas  
Fonte: Berman (2010)

A solda possui suas vantagens em relação aos outros métodos, como a rigidez, a eficiência, a adaptação, pouco ruído e a segurança.

Santos (1977) escreve em seu livro que há dezenas de anos vem se empregando as soldas como forma de unir perfis metálicos, são vários os procedimentos para realizar uma solda, porém são suas as principais, as soldas realizadas utilizando a mistura de certos gases e as que realizam mediante o empregado da energia elétrica.

Esse tipo de dispositivo exige uma mão de obra especializada, portanto encontra dificuldade dependendo da região onde for empregada.

## 2.8 LISTA DE MATERIAIS

Após a conclusão de todos os desenhos de um projeto, fazer o levantamento dos materiais necessários para a construção da estrutura é essencial, lembrando

que os perfis normalmente são de 6 m, ou seja, fazer o maior aproveitamento possível.

A lista é fundamental para a fabricação do projeto, pois te dará uma previsão de custos, não exata, pois imprevistos devem ser calculados. Com a lista em mãos, é possível fazer um levantamento daquilo que pode ter disponível em seu almoxarifado, e daquilo que precisará comprar, ter uma lista detalhada ajudará a fazer as licitações para a compra do material.

Segundo Glosch (2010), uma lista de materiais, não é apenas estipular a quantidade de aço necessário, mas também especificar, os tamanhos, espessuras, um detalhamento bem completo dos materiais necessários.

Santos (1977) escreve em seu livro que sempre tomar cuidado ao elaborar esse tipo de lista que o manual de cada fabricante dá um nome ao mesmo tipo de material, por isso sempre utilizar o nome comercial do material, mesmo que o manual de outro nome para ele será compreensível o tipo que se deseja.

## 2.9 NOÇÕES DE MONTAGEM DE UMA ESTRUTURA METÁLICA

Esse é de fundamental valia tanto para o executor da obra quanto para o projetista, ter uma noção de como se dá todo o processo de construção de uma estrutura, deve ser requisito para um projetista, pois com ele, você deixa o projeto mais lógico e faz adaptações e melhorias, que muitas vezes só são percebidas na hora da fabricação da mesma.

### 2.9.1 Furação

Para Santos (1977), são inúmeros os equipamentos utilizados para fazer furação nas peças e nos perfis. Sendo as mais comuns, a puncionadeira e a furadeira.

O sistema de furação é utilizado caso o dispositivo de união escolhido seja o parafusamento. Lembrando que as dimensões dos furos são especificadas pelo projetista no desenho de detalhes.

### 2.9.2 Ajustagem e Meio de Fixação

Segundo Santos (1977), antes da montagem final cada parte do conjunto deve ser previamente montada, com pontos de soldas ou grampos para possibilitar uma checagem do conjunto em todas as dimensões, e corrigir possíveis falhas.

A estabilidade final do conjunto depende do uso correto dos meios fixação. Serão eles que farão a união dos perfis e peças, sendo assim de suma importância para uma boa estabilidade.

Os meios de fixação devem ser criteriosamente escolhidos e suas formas de aplicação, os parafusos comuns podem ser utilizados onde não há ações dinâmicas, as soldas de cordão longo devem ser feitas de forma automática, evitando falhas, entre outros cuidados.

E ao final de cada fixação, fazer um *check-list*, para garantir que foi bem fixado e que não houve falhas, falhas mesmo que pequenas agora, podem trazer problemas no futuro, em especial onde há esforços ou ações dinâmicas.

### 2.9.3 Acabamento e Inspeção

O acabamento deve ser feito em toda a estrutura, em especial nas superfícies de contato, pois serão essas que mais sofrerão com os esforços sobre a estrutura.

ABCEM (2010) escreve em seu manual que o fabricante deverá manter um programa de garantia da qualidade, para garantir que o trabalho executado foi realizado de uma forma segura.

A garantia do material deve ser fornecida pela usina, porém uma inspeção visual é necessária, já a execução de ensaios somente será necessária quando for exigido em contrato pela contratante.

A inspeção de fabricação executada pelo inspetor, independente deverá ser feita na fábrica da forma mais completa possível. Tais inspeções deverão ser feitas em tempo oportuno, em sequência e de tal forma que não perturbe as operações de montagem, permitindo que sejam feitos os reparos em peças não conformes enquanto estiverem ainda em processo de montagem, antes que seja aplicada qualquer pintura.

### 2.9.4 Pintura

O processo de pintura vem depois de toda a estrutura estar inspecionada. A pintura deve ser feita onde o projeto indicar e da forma que o projeto pede.

Antes de pintar, deve-se fazer uma limpeza na estrutura, tirar o excesso de ferrugem e crostas, lixando ou lavando om jato de areia ou de outra forma.

## 2.10 MONTAGEM

A construção de uma estrutura deve seguir normas e etapas, sendo que esses devem estar especificados no projeto de detalhes.

Segundo ABCEM (2010), as estruturas de aço devem ser montadas utilizando-se métodos e sequência que permitam um eficiente e econômico desempenho.

Os métodos ficam a critério da montadora responsável pela construção, sendo que a contratante pode exigir que a contratada utilizasse um método especificado, para ABCEM (2010), uma boa sequência de montagem seria:

- Condições do canteiro;
- Fundações de edifícios;
- Pilares e encontros de pontes;
- Alinhamentos e marcos topográfico;
- Tolerâncias de instalação de chumbadores e outros itens embutidos em concreto;
- Instalação de dispositivos de apoio avulsos;
- Grauteamento;
- Material para ligações de montagem;
- Materiais avulsos;
- Suportes provisórios das estruturas de aço;
- Proteção contra acidentes;
- Tolerâncias das estruturas;
- Tolerâncias de montagem;
- Correção de erros durante a montagem;
- Alterações e abertura de passagens para terceiros;
- Manuseio e armazenagem;
- Pintura de campo;
- Limpeza final.

Segundo Santos (1977), todas as operações estão relacionadas entre si, sobretudo quanto aos custos, e considerando o custo da mão de obra que está em constante elevação, deve o projetista harmonizar a fabricação com a montagem, levando em conta que a montagem supera em mais de 50% o custo de fabricação de uma estrutura. Para minimizar esse problema, o projetista deve fazer um trabalho com o intuito de otimizar ao máximo as operações de oficina, sendo sempre que possível seriada e a montagem facilitada.

Ao se planejar a montagem de uma estrutura deve-se levar em consideração se é uma estrutura de pequeno, médio ou grande porte, pois muitas coisas estão envolvidas, desde o transporte dos perfis e das peças, forma de união dessas estruturas e a mão de obra necessária, um conjunto de fatores que determinará o tempo de execução da obra.

#### 2.10.1 Inspeção de Montagem

A inspeção de montagem se da antes, durante e depois da montagem, para Santos (1977), essa inspeção deve ser feita em todas as etapas, mais dar atenção especial para:

- a) Execução de correções de furação, cortes adicionais, desbastamento que não prejudiquem a integridade e a segurança da estrutura;
- b) Verificar se os espaços livres sob as placas de base das colunas estão devidamente preenchidas com argamassa ou outro tipo qualquer de enchimento;
- c) Com o fim de evitar acidentes, verificar se os corrimões foram montados de forma segura;
- d) Verificar se a estrutura está contraventada provisoriamente para montagem, mas também se as conexões desses contraventamentos estão adequadas;
- e) Verificar se as áreas de contato de parafusos de alta resistência estão isentos de ferrugem, rebarbas, pintura, etc., e se os métodos aplicados no aperto foram adequados, assim como se existe um controle diário das ferramentas de torque à sua calibração.

#### 2.11 INSPEÇÃO FINAL

Ao término da montagem e da pintura, deve-se fazer uma inspeção geral da estrutura, verificar todos os pontos de união, se está tudo de acordo, os corrimões se eles estão bem fixados e de acordo com as normas, verificar as bases das colunas, se a parte civil está de acordo com o que a estrutura vai exigir, e se todos os requisitos impostos no projeto foram aplicados e se foram aplicados da forma correta, com isso você terá a garantia que seu projeto está seguro.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo descrevem-se os recursos e os procedimentos que serão utilizados para o desenvolvimento dessa pesquisa.

#### 3.1 NECESSIDADE DE UMA ESTRUTURA

A necessidade de uma estrutura para a manutenção de uma esteira e de uma tubulação ambas a uma determinada altura do piso o que tornava impossível a manutenção sem o auxílio de escada e de linha de vida, em um frigorífico de aves na região dos Campos Gerais, Paraná, se deu pela dificuldade encontrada pelo setor de manutenção em realizar os trabalhos preventivos e de reparos na esteira e na tubulação, como mostra a figura a seguir.



Figura 6: Esteira e tubulação aérea  
Fonte: Autoria própria

A esteira está a aproximadamente 6 m do piso e a boca tubulação a aproximadamente 10 m do piso, sendo assim de extrema dificuldade a manutenção desses componentes.

Quando era necessária uma manutenção corretiva, era necessário chamar a equipe de segurança do trabalho para colocar linha de vida no local, e alocar escadas para poder ter acesso aos pontos a serem reparados. E como informado pelo próprio pessoal da manutenção, pelo difícil acesso não eram feitos trabalhos preventivos nesses equipamentos, o que aumentava as quebras.

Vendo essa necessidade, o supervisor do setor decidiu facilitar o trabalho dos mecânicos e ganhar tempo e eficiência na manutenção desses equipamentos, daí que surgiu esse trabalho.

## 3.2 CRITÉRIOS DE PROJETO

Antes da realização do projeto realizar matrizes dos requisitos de produto e projeto.

### 3.2.1 Requisitos de Produto

Para que os requisitos de produtos sejam satisfeitos, primeiro o produto precisa atender a primeira necessidade da equipe de manutenção realizar a manutenção dos equipamentos, e para que isso seja possível necessita-se de um dispositivo que dê acesso a todo o equipamento, e assim realizar a manutenções preventivas e quando as corretivas dos equipamentos de forma eficiente com garantia de segurança da equipe de manutenção.

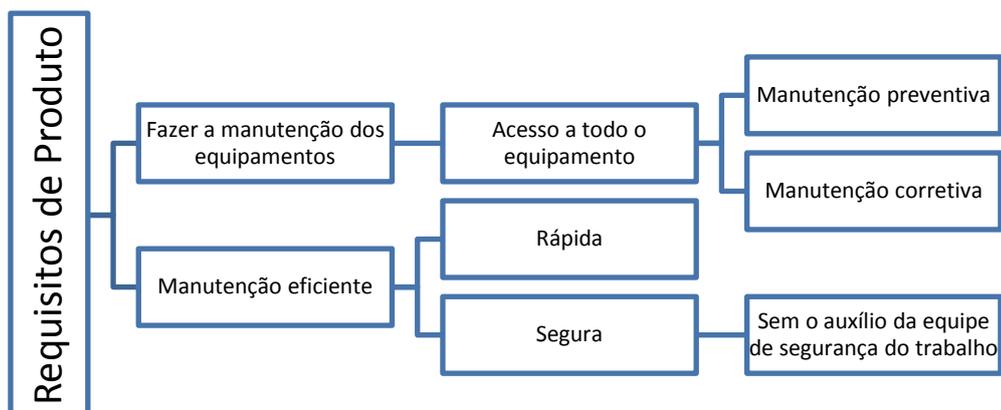


Figura 7: Requisitos de produto  
 Fonte: Autoria própria

### 3.2.2 Requisitos do Projeto

Para essa matriz definiu-se requisitos necessários para o projeto que são atender aos requisitos estruturais, o projeto precisa ser eficiente estruturalmente, para isso acontecer ele precisa suportar as cargas exigentes, entenda toda carga possível aplicada sobre a estrutura, e tudo isso dentro das normas pertinentes, como a estabelecida pela ABNT para projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios que é a NBR 8800/2008, e ser de baixo custo e para que isso seja possível é necessário fazer a otimização e seleção dos materiais. Para isso o auxílio de um software é recomendado, posterior a essa otimização vem o aproveitamento dos materiais que a empresa possui no almoxarifado e no depósito de sucatas da empresa, sendo também importante para o projeto ser de baixo custo é a mão de obra, realizar cotação e assim decidir bom um preço acessível e por uma empresa confiável.

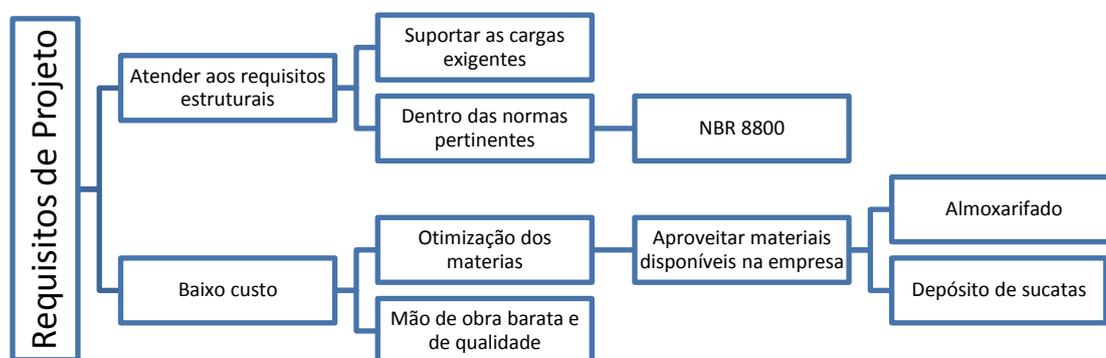


Figura 8: Requisitos de projeto  
Fonte: A autoria própria

### 3.3 PROJETO DA ESTRUTURA

Vendo a necessidade do produto damos continuidade no projeto. A partir de agora, todo o levantamento necessário será feito com o intuito de ter um projeto completo.

### 3.4 TIPO DE ESTRUTURA

Escolher o tipo de estrutura que será mais bem aplicado para aquela necessidade, lembrando que o local onde necessita da estrutura apresenta algumas dificuldades, por ser uma área que possui muitos equipamentos e plataformas.

O tipo de estrutura que melhor seria aplicado para aquela circunstância seria uma estrutura feita em aço 1020, por ser a que possui melhor maleabilidade, mais rápida e barata.

### 3.5 ANÁLISE DO LOCAL

O local onde seria instalada a plataforma foi definido e essa definição ocorreu em uma decisão entre a supervisão da manutenção, a equipe de segurança do trabalho e a supervisão da produção. Posterior a essa decisão vem o levantamento do local da instalação da estrutura, um estudo das condições de onde será realizada a obra.

Utilizando um croqui para ser mais claro e para ficar registrado tudo que se deseja fazer. Primeiramente faz-se uma análise geral, identifica-se os pontos onde poderiam ser pontos de dificuldades. Estes pontos listados sendo um dos pontos a entrada da tubulação que estava a 4 m acima da esteira. Este problema foi resolvido com o projeto de construção de uma plataforma menor, e o acesso a essa plataforma foi resolvido colocando uma escada marinheiro.

Depois foi feito o levantamento da parte civil, se o piso do local suportava uma estrutura ou se seria necessário adaptações, e como o piso era adequado para receber aquele tipo de estrutura não foi necessário nenhuma adaptação.

Depois se realizou o arranjo físico dos elementos estruturais.

### 3.5.1 Colunas

Com o croqui em mãos, a primeira etapa é fazer o arranjo físico das colunas, sendo que este local apresentava muitas dificuldades por ser um local onde tinha outros equipamentos e outras plataformas, sendo assim as colunas precisariam ser posicionadas de uma forma que se adaptasse ao local e que fosse estruturalmente eficiente para atender as exigências da plataforma.

### 3.5.2 Demais Elementos

O posicionamento dos demais elementos foi feito com base na posição das colunas. Lembrando que a plataforma iria ficar anexa a uma parede, o que poderia ajudar, usando as colunas das paredes como apoio para estrutura, através de uma “mão francesa”, sendo que essas podem substituir uma coluna, caso seja recomendado.

## 3.6 DIMENSÕES DA ESTRUTURA

Após as análises feitas no local definem-se as dimensões que a estrutura possuirá.

Primeiro é a definição do local mais apropriado em termos de aproveitar alguma coisa das estruturas existentes e atender aos requisitos do projeto.

Com esse levantamento definimos as dimensões da estrutura para atender aos requisitos de projeto, e as dimensões da estrutura ficaram assim definidas, a escada de acesso à plataforma maior partirá de uma estrutura existente no local, sendo assim necessário apenas mais um lance de escada para atender a uma elevação de 2 m, como mostra a figura 9.

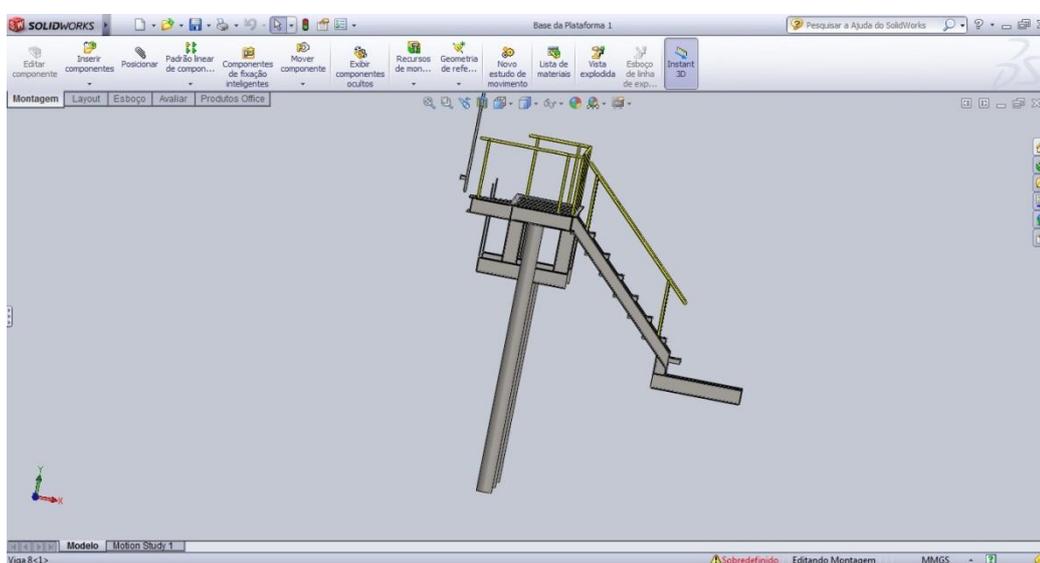


Figura 9 – Lance de acesso a Plataforma maior  
Fonte: autoria própria

A plataforma maior que será responsável pela manutenção da esteira possuirá um comprimento de 7 m com uma largura de 1 m, sendo essa distante 6 m do piso do prédio.

Uma escada marinheiro para acessar a plataforma menor com uma altura de 6 m, como essa escada deverá ficar encostada na parede para sua fixação, uma pequena extensão da plataforma maior é necessária, com dimensões de 1 m de largura e 1,5 m de comprimento para acessar a escada marinheiro e uma proteção de segurança para escada marinheiro de 2 m de altura.

A plataforma menor possuirá as dimensões de 1,5 m de comprimento e 1 m de largura, sendo essa distante 4 m da plataforma maior.

O guarda corpo para ambas as plataformas será padrão com 90 cm de altura com uma segunda proteção com 50 cm.

### 3.7 DESENHOS DO PROJETO

Feito o croqui, dá-se sequência no projeto realizando os desenhos de detalhes, podendo se identificar possíveis erros e corrigi-los antes da etapa seguinte que são as simulações das aplicações das cargas, sendo que qualquer mudança feita nessa etapa exige novas simulações.

O desenho será feito pelo auxílio de um software CAD. O software utilizado é o Solidworks®.

Com isso o desenho em perspectiva 3D ficou assim representado.

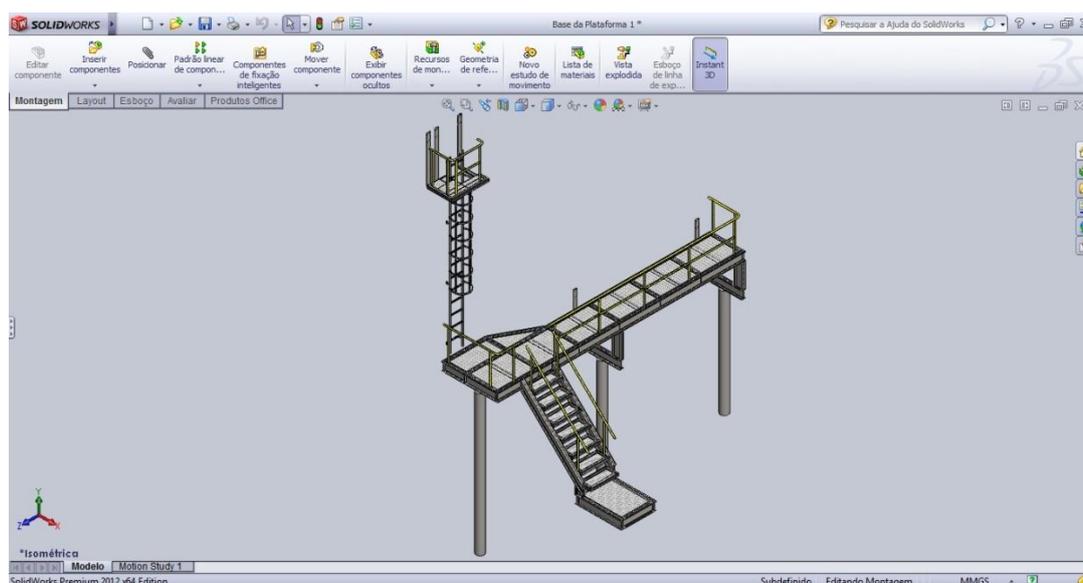


Figura 10: Plataformas  
Fonte: Autoria própria

Com o desenho pronto pode-se ver de uma forma mais concreta aquilo que se deseja construir e verificar a alocação dos elementos, sendo esse desenho e os desenhos que estão nos anexos “A” a serem encaminhados ao setor de projetos da matriz da empresa para aprovação.

Os desenhos dos anexos são os desenhos de detalhes de fabricação, desenhos que serão de muita valia para a empresa responsável pela montagem, mostrando detalhes como a escada de acesso a plataforma maior, como mostrado no anexo “A1”, dos guarda corpo e do piso da plataforma, como mostra o anexo

“A5”, base da plataforma, as vigas e suas ligações detalhadas, como mostra o anexo “A4” e detalhes da escada marinheiro que será o acesso a plataforma menor, como mostra o anexo “A2”.

### 3.8 LISTA DE MATERIAIS

Após o desenho concluído, a lista de materiais é fornecida pelo próprio software de desenho, fazendo um levantamento de tudo aquilo que será necessário para a construção do projeto.

Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QDT.
1	Viga 1		2
2	Viga 2		9
3	Viga 3		4
4	Viga 4		2
5	Solaga 1		2
6	Solaga 2		1
7	Sara Chata 1		5
8	Viga 5		1
9	Viga 6		2
10	Viga 7		1
11	Escadotetra 1		6
12	Viga 8		2
13	Viga 9		2
14	Viga 10		2
15	Degrau		7
16	Escada marinheiro		1
17	Base da Plataforma 2		1
18	Rio 1		1
19	Rio 2		1
20	Rio 4		1
21	Montagem Corrimão		1
22	Montagem Corrimão		1
23	Corrimão 5		4
24	Corrimão 4		2
25	Corrimão 6		1
26	Corrimão 2		4
27	Corrimão 7		4
28	Corrimão 8		1
29	Paraf. L1		1

Figura 11 - Lista de materiais  
Fonte: Autoria própria

Após a lista pronta, faz-se um levantamento de todo material necessário.

#### 3.8.1 Levantamento dos materiais

Com a lista em mãos é feita uma análise da disponibilidade do material no almoxarifado e o depósito de sucatas.

E com essa verificação, verificou-se que nenhum material necessário estava disponível nestas áreas. Será necessário comprar todo material.

#### 3.8.2 Dimensionamento dos Elementos

É anterior ao memorial de cálculo que se faz o dimensionamento e a seleção dos materiais que serão utilizados. Como em nosso caso o material a ser utilizado já está com suas dimensões e tipo definido, faz-se apenas a verificação se esse material suportará a ação das cargas exigentes.

As dimensões dos materiais são as seguintes:

- Viga “I”: 10 pol.;
- Viga “U”: 10 pol.;
- Coluna: 10 pol.;
- Cantoneira: 5 pol.;
- Barra chata do suporte: 10 pol.;
- Barra chata da travessas: 2,5 pol.;
- Tubo circular para guarda corpo: 1,5 pol.;
- Chapa para o piso: do tipo grelha com 5 mm de espessura;
- Tubo circular da escada marinheiro: 1 pol.;
- Barra chata para proteção da escada marinheiro: 1 pol.

### 3.9 MEMORIAL DE CÁLCULO

O memorial de cálculo é feito na sequência do desenho em CAD, e será realizado com o auxílio de um software de simulação, que para este projeto foi utilizado o Ansys®.

Nesta etapa todas as informações constantes em normas pertinentes a esforços estruturais são aplicáveis, informações das exigências estruturais, quanto de esforços a estrutura suportará, quantas pessoas poderão circular por ela e qual a influência do ambiente sobre a estrutura.

Com essas informações, realiza-se o memorial de cálculo, sendo que além de todas as exigências calculadas, sempre se insere um coeficiente de segurança ou de ponderação de ações, seguindo as normas estabelecidas pela NBR 8800/2008, na seção 4.7.6, que trata de coeficientes de ponderação das ações ( $\gamma$ ), e utilizando a tabela 1, dessa seção que considera possíveis ações, neste caso considera-se para ações variáveis, incluindo as decorrentes do uso e ocupação, sendo então esse valor de  $\gamma = 1,5$  como mostra a tabela, sendo esse de fundamental importância e necessário para segurança dos usuários da estrutura.

### 3.9.1 Simulações no Ansys®

Com o desenho de CAD realizado pelo Solidworks® concluído, o desenho é importado para o Ansys® para realizar as aplicações das cargas e analisar os resultados dessas aplicações.

#### 3.9.1.1 Plataforma maior

Foi realizada a análise de malhas, com essa análise podemos ter uma precisão melhor dos resultados de pós-processamento, sendo que essa malha é mais refinada na região de furos e encontros entre materiais.

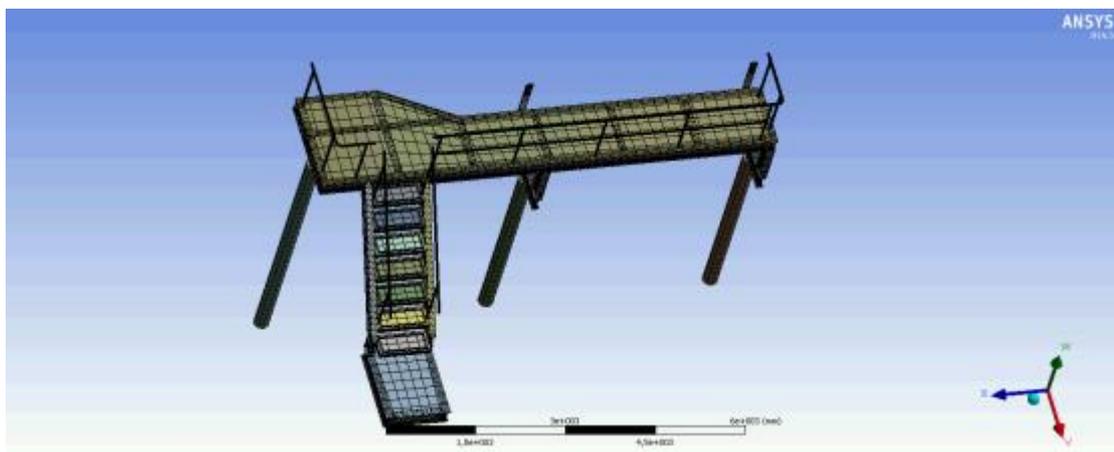


Figura 12 – Análise de malhas plataforma maior  
Fonte: Autoria própria

A partir dessa análise iniciou-se as simulações para obtenção dos resultados das aplicações das cargas sobre a estrutura.

Para o a realização das simulações, fez-se à suposição que seria aplicada a carga de quatro pessoas sobre a plataforma maior, com uma massa de 85 kg cada uma, e cada acompanhada de uma caixa de ferramentas, com uma massa de 20 kg, sendo a carga variante total de 400 kg.

Supondo que a ação da gravidade no local é de 10 N/m<sup>2</sup> a carga total variante aplicada sobre a estrutura é de 4000 N.

Com isso foram realizadas as simulações que serão apresentadas a seguir e na lista de anexos.

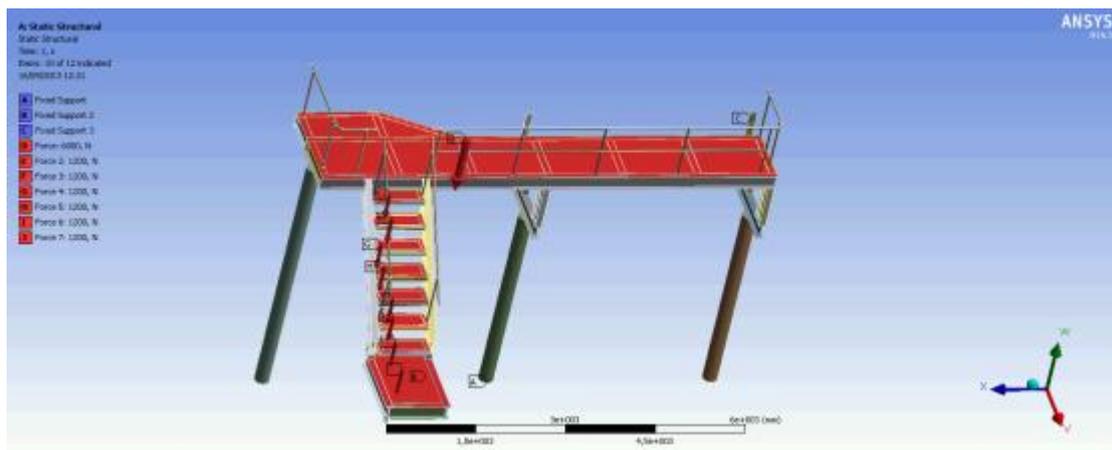


Figura 13 – Forças aplicadas na plataforma maior  
Fonte: Autoria própria

As forças aplicadas sobre a estrutura foram de quatro pessoas sobre a plataforma e de uma pessoa e uma caixa de ferramenta em cada degrau da escada e na plataforma no início da escada.

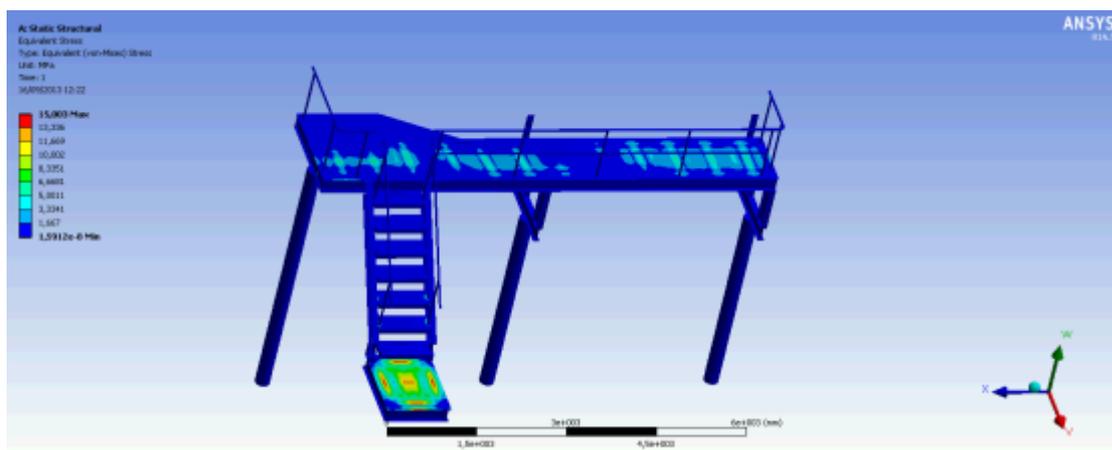


Figura 14 – Equivalente de tensões plataforma maior  
Fonte: Autoria própria

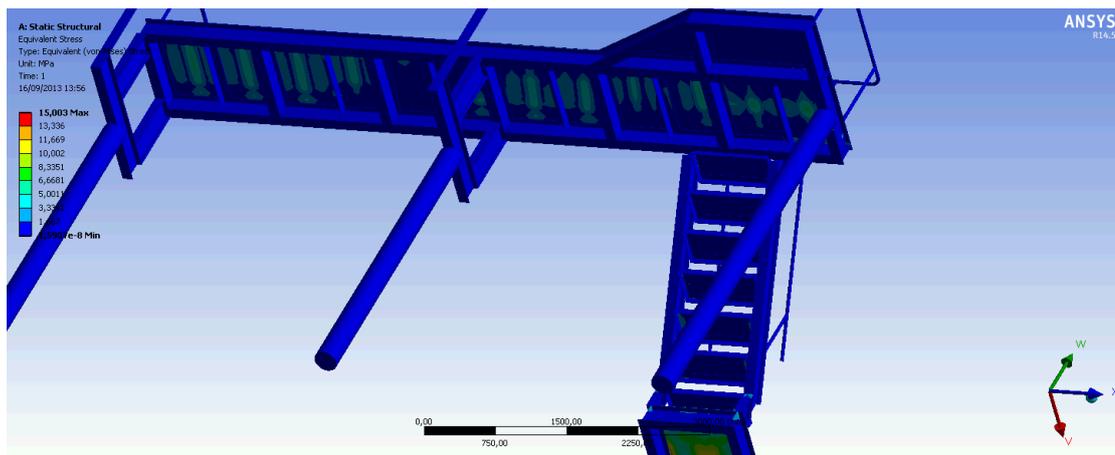


Figura 15 - Equivalente de tensões plataforma maior vista de baixo  
Fonte: Autoria própria

Com a simulação do equivalente de tensões de Von Mises conclui-se que região que terá maior aplicação de tensão será a plataforma no início da escada chegando em alguns pontos a 11,669 MPa.

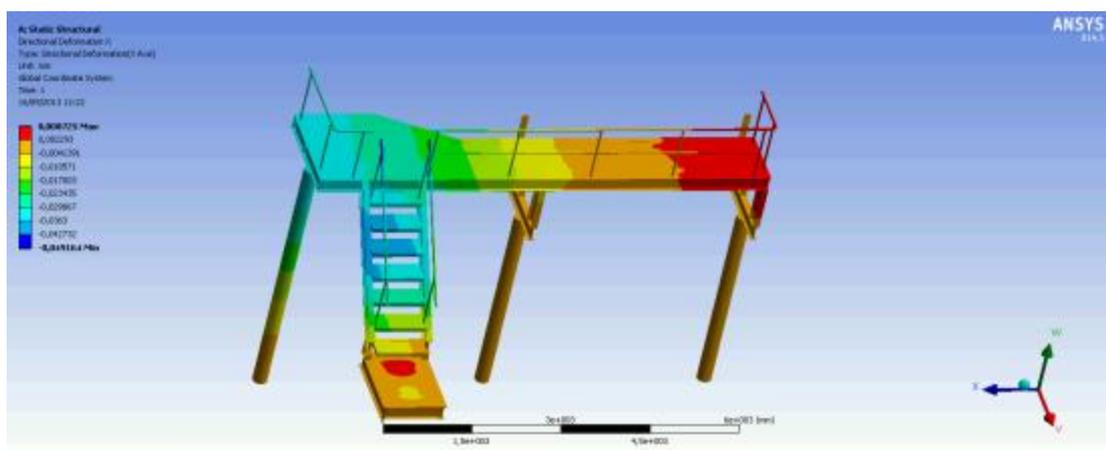


Figura 16 – Deformação na direção “V” sendo que essa direção é equivalente à direção “X”  
Fonte: Autoria própria

Pode-se concluir que a deformações maiores ocorrem na lateral direita (vista de frente) e em alguns pontos da plataforma no início da escada com uma deformação máxima de 0,0022 mm, e as deformações menores ocorrem no outro lado da plataforma e em alguns pontos da escada de acesso com uma deformação negativa de - 0,0363 mm.

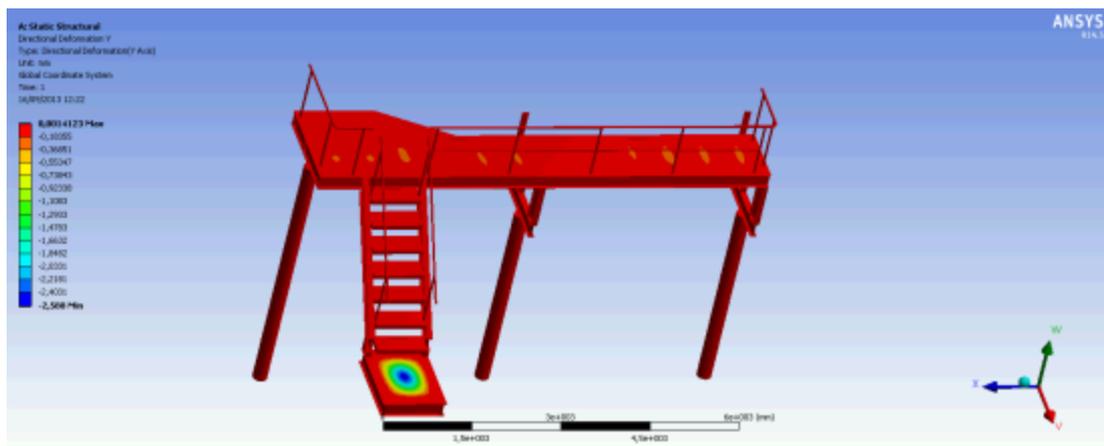


Figura 17 – Deformação na direção “W” sendo que essa direção é equivalente à direção “Y”  
Fonte: Autoria própria

Pode-se concluir que as deformações maiores ocorrem na plataforma quase que inteira com uma deformação negativa de - 0,1835 mm, e as deformações menores ocorrem em alguns pontos na plataforma no início da escada com uma deformação negativa de - 2,4031 mm.

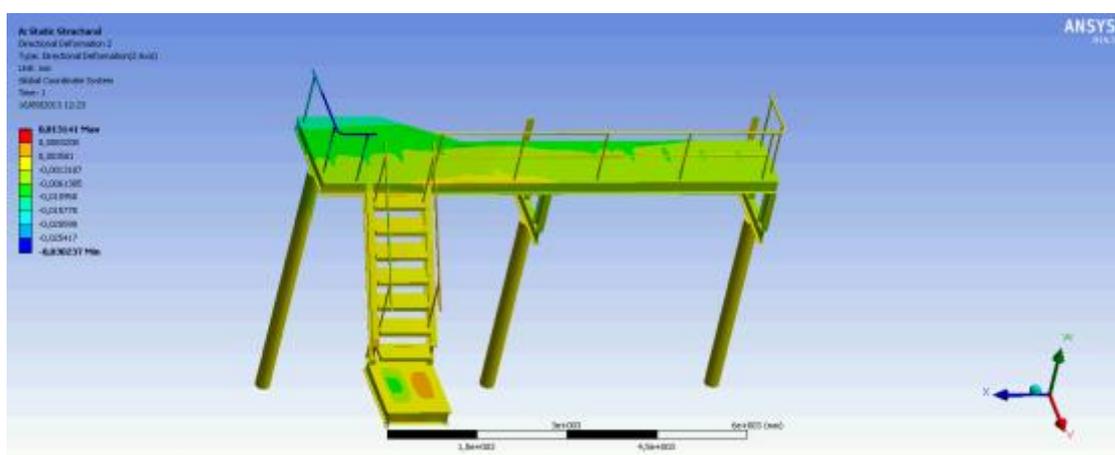


Figura 18 – Deformação na direção “X” sendo que essa direção é equivalente à direção “Z”  
Fonte: Autoria própria

Pode-se concluir que as deformações maiores ocorrem em alguns pontos na plataforma no início da escada com uma deformação de 0,0035 mm, e as deformações menores ocorrem em alguns pontos na plataforma maior, na região de acesso a escada marinho com uma deformação negativa de - 0,0205 mm.

Pode-se também encontrar alguns outros dados usando o Ansys®, como obter o número de nós e elementos.

Details of "Mesh"	
<b>Defaults</b>	
Physics Preference	Mechanical
<input type="checkbox"/> Relevance	0
<b>Sizing</b>	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Fine
<input type="checkbox"/> Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Minimum Edge Length	2,0 mm
<b>Inflation</b>	
<b>Patch Conforming Options</b>	
<b>Advanced</b>	
<b>Defeaturing</b>	
<b>Statistics</b>	
<input type="checkbox"/> Nodes	508360
<input type="checkbox"/> Elements	172977
Mesh Metric	None

Figura 19 – Número de elementos e nós plataforma maior  
Fonte: Autoria própria

### 3.9.1.2 Plataforma menor

Foi realizada a análise de malhas, com essa análise podemos ter uma precisão melhor dos resultados de pós-processamento, sendo que essa malha é mais refinada na região de furos e encontros entre materiais.



Figura 20 – Análise de malhas Plataforma menor  
Fonte: Autoria própria

A partir dessa análise iniciam-se as simulações para obtenção dos resultados das aplicações das cargas sobre a estrutura.

Para a plataforma menor, para a escada de acesso a plataforma maior e a escada marinheiro de acesso à plataforma menor, aplicou-se uma carga de uma pessoa e uma caixa de ferramentas, totalizando 105 kg. Com a ação da gravidade de 10 N/m<sup>2</sup>, a carga total variante aplicada sobre a plataforma menor é de 1050 N.

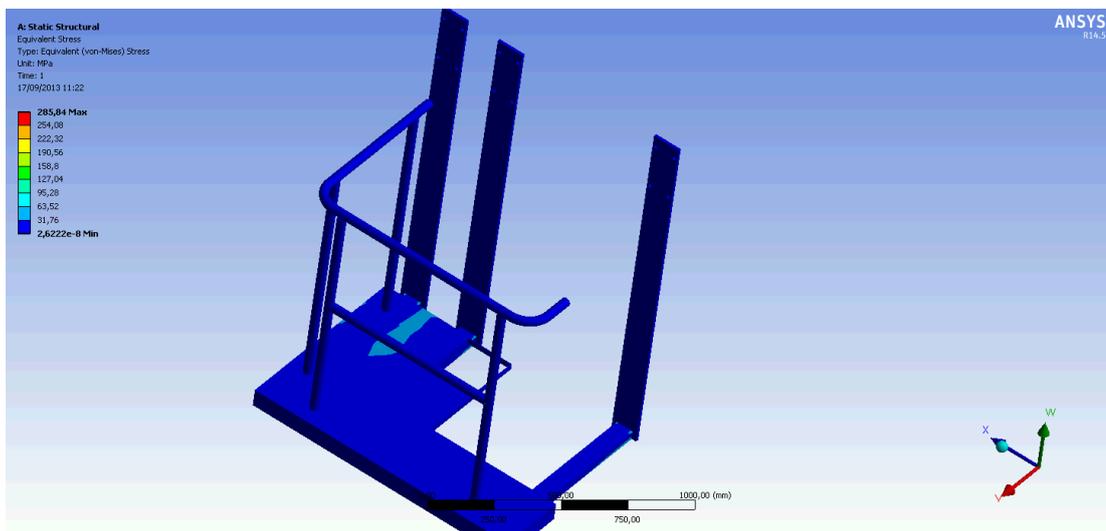


Figura 21 – Equivalente de tensões Plataforma menor  
Fonte: Autoria própria

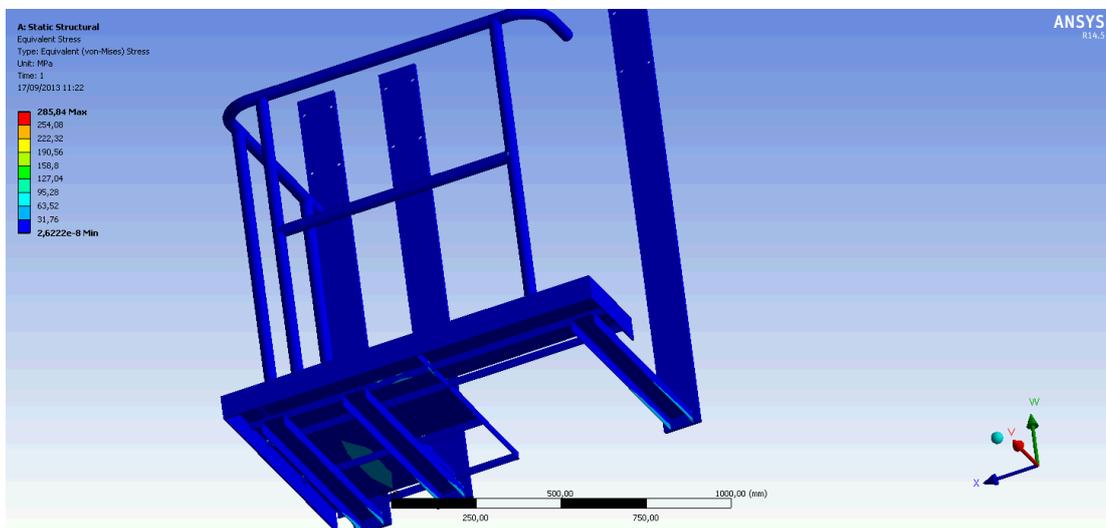


Figura 22 - Equivalente de tensões Plataforma menor vista de baixo  
Fonte: Autoria própria

Com a simulação do equivalente de tensões conclui-se que região que terá maior aplicação de tensão será a plataforma no início da escada chegando em alguns pontos a 254,08 MPa.

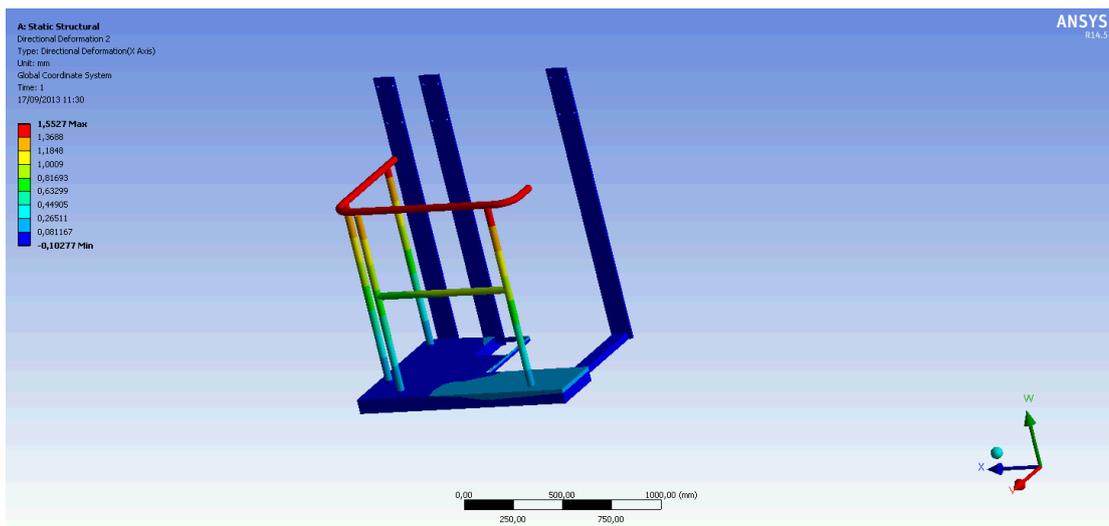


Figura 23 – Deformação na direção “V” sendo que essa direção é equivalente à direção “X”  
Fonte: Autoria própria

Pode-se concluir que a deformações maiores ocorrem no guarda corpo, na parte superior com uma deformação máxima de 1,3688 mm, e as deformações menores ocorrem nas barras de sustentação da estrutura com uma deformação negativa de - 0,1027 mm.

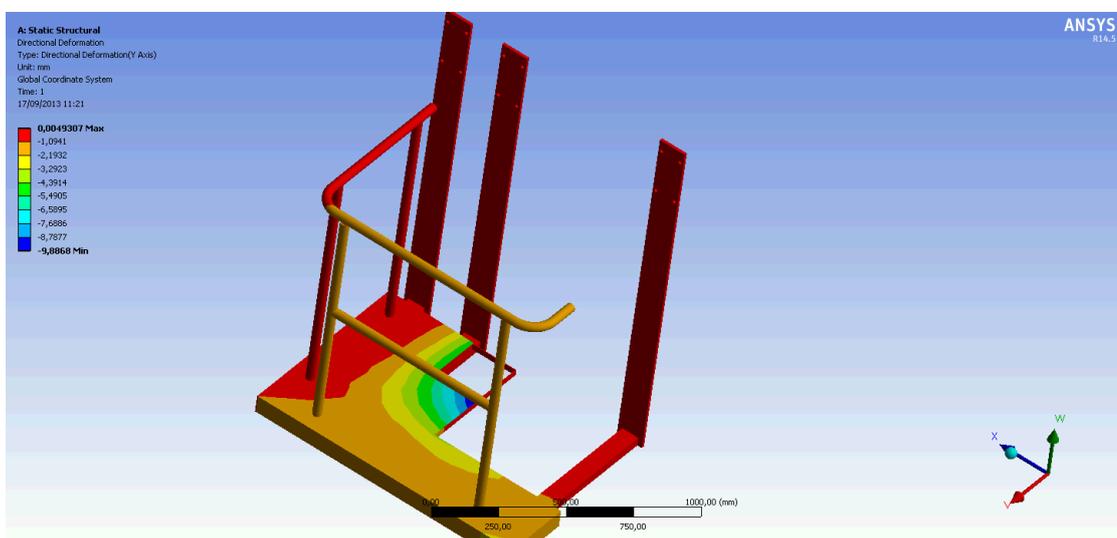


Figura 24 – Deformação na direção “W” sendo que essa direção é equivalente à direção “Y”  
Fonte: Autoria própria

Pode-se concluir que a deformações maiores ocorrem no suporte da estrutura e na face da direita (vista de frente) com uma deformação negativa máxima de - 1,0941 mm, e as deformações menores ocorrem no centro da plataforma com uma deformação negativa de - 8,7877 mm.

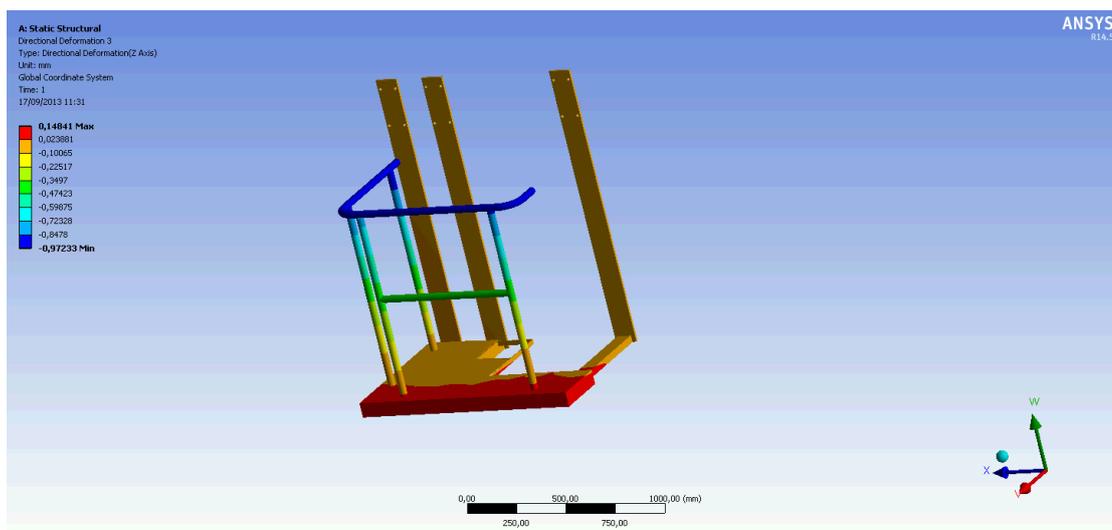


Figura 25 – deformação da direção “X” sendo que essa direção é equivalente à direção “Z”  
 Fonte: Autoria própria

Pode-se concluir que as deformações maiores ocorrem na parte frontal da estrutura com uma deformação máxima de 0,0230 mm, e as deformações menores ocorrem no guarda corpo, na parte superior com uma deformação negativa de – 0,9723 mm.

### 3.10 ORÇAMENTOS

Com a lista de matérias necessária em mãos, na sequência vem os orçamentos, orçar os materiais necessários e a mão de obra para a fabricação e montagem da estrutura.

O orçamento dos materiais foi realizado com três empresas mínimo necessário, seguindo normas da empresa.

Os orçamentos totais ficaram assim, empresa A um total de R\$ 15.300,00, a empresa B um total de R\$ 14.400,00 e a empresa C um total de R\$ 12.800,00. Sendo assim todo o material foi adquirido da empresa C.

Os orçamentos para a contratação da mão de obra, como normas da empresa são necessários no mínimo três orçamentos. Foi enviado o pedido de orçamento para cinco empresas, porém somente três vieram fazer o orçamento, sendo o mínimo necessário.

O orçamento A ficou em R\$ 16.400,00, o orçamento B em R\$ 9.800,00 e o orçamento C em R\$ 12.700,00.

Sendo assim o orçamento que ganhou a licitação foi da empresa B, sendo que a empresa B não precisava ser auditada antes de fazer alguma tarefa dentro da empresa contratante, porque a contratada já tinha prestado muitos outros serviços dentro da empresa.

### 3.11 MEMORIAL DESCRITIVO

O memorial descritivo é a etapa onde se descreve tudo aquilo que será feito, como será feito, o que será necessário e o porquê de estar fazendo aquilo, com todas as informações detalhadas, a lista de materiais detalhada, da mão de obra e com os orçamentos de cada etapa separados para maior esclarecimento.

O memorial ele é apresentado para os responsáveis pela liberação da obra, a engenharia faz a análise do projeto e o financeiro a análise financeira, ambos ficam na matriz de empresa.

### 3.12 MONTAGEM

Após a liberação da obra, a etapa final é a montagem da estrutura. Sendo que essa será feita por uma empresa terceira contratada.

Todos os equipamentos necessários deverão ser fornecidos pela mesma, ficando apenas a matéria prima sem nenhuma adaptação ou modificação por conta da contratante. Equipamentos de segurança, elevação vertical e materiais extras como eletrodo para solda, parafusos, entre outros deverão ser fornecidas pela contratada.

### 3.13 INSPEÇÃO FINAL

A inspeção final será feita pelo responsável pelo projeto, o supervisor do setor, um engenheiro da empresa e por um responsável pela empresa contratada.

Diante de qualquer não conformidade, as correções serão de responsabilidade da contratada.

#### 4 CRONOGRAMA

O presente trabalho vai seguir o seguinte cronograma de passos para o cumprimento do prazo para a apresentação:

	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
Revisão Teórica	X	X					
Definição da Metodologia e Recursos		X	X				
Elaboração de Tabelas e Gráficos da Análise			X	X			
Aplicação da Pesquisa Proposta				X	X	X	
Defesa do Projeto Final - Disciplina TCC 2							X

Quadro 1- Cronograma de trabalho de conclusão de curso

Fonte: Autoria própria

## **5 RECURSOS**

### **5.1 RECURSOS HUMANOS**

Reuniões periódicas com o professor orientador e com os responsáveis pelo projeto e com o supervisor do setor na empresa escolhida para a aplicação do trabalho.

### **5.2 RECURSOS FÍSICOS**

Infraestrutura e equipamentos da empresa escolhida para a aplicação do trabalho.

## 6 RESULTADOS

Os resultados encontrados nessa pesquisa foram todos feitos de acordo com as normas pertinentes, NBR 8800/2008, norma vigente da ABNT para projetos de estruturas em aço e mista de aço e concreto para edifícios.

A seguir segue uma sequência de fotos de como ficou a obra depois de pronta.

### 6.1 PLATAFORMA MAIOR

A Plataforma abrangendo toda a esteira da condensa da aves como requisito de produto estabelecida.

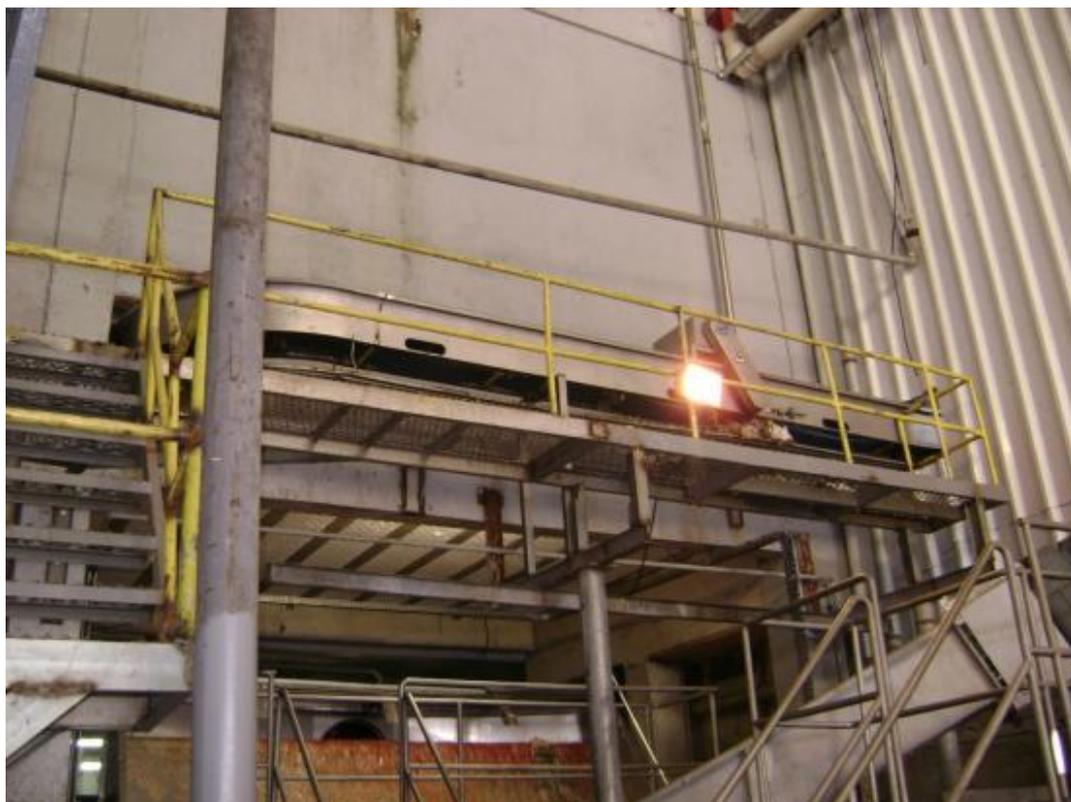


Figura 26: Plataforma maior  
Fonte: Autoria própria

## 6.2 ESCADA DE ACESSO À PLATAFORMA MAIOR

A escada de acesso à plataforma maior, sendo que foi aproveitado um acesso existente, ficando faltante apenas um lance da escada.



Figura 27: Escada de acesso à plataforma maior  
Fonte: Autoria própria

### 6.3 ESCADA MARINHEIRO

É escada marinheiro para acesso a plataforma menor, segundo normas de segurança, com uma proteção contra um possível tombamento para trás do usuário e lembrando que o uso desse equipamento exige um cinto de segurança preso na estrutura evitando possíveis acidentes.



Figura 28: Escada marinheiro de acesso à plataforma menor  
Fonte: Autoria própria

#### 6.4 PLATAFORMA MENOR

A plataforma menor foi construída utilizando como apoio estruturas que estavam presa em vigas de concretos existentes no local. Essa estrutura foi projetada para apenas um usuário.



Figura 29: Plataforma menor  
Fonte: Autoria própria

## 7 CONCLUSÕES

Conclui-se que um projeto e uma construção de uma estrutura metálica são processos fortemente ligados. Um projeto bem sucedido significa uma montagem bem sucedida, sempre prevendo possíveis erros, aplicar todas as cargas possíveis, evitando assim danos futuros.

Para atender aos requisitos de projeto, que são as exigências estruturais e o baixo custo, analisa os dados relacionados a ambos. E analisando, os elementos estruturais estabelecidos foram excelentes, sendo eficaz e sem superdimensionamento e nem pontos de possíveis quebras na estrutura como um todo, sendo que apenas um ponto deformou mais que aquilo que o coeficiente de segurança pertinente, conforme NBR 8800/2008, o ponto onde ocorreu essa deformação acima do aceitável foi na plataforma menor, um ponto crítico com uma deformação de 8,78 mm (figura 22), sendo que essa deformação máxima aceitável estabelecida de 4 mm. Já os demais pontos ficaram dentro do coeficiente de segurança, com deformações abaixo de 4 mm e em alguns casos com nenhuma deformação. Os orçamentos comprados e contratados foram os mais baratos encontrados.

Os requisitos de produto também foram atendidos, realizar a manutenção da esteira e da tubulação ambas aéreas, como se podem ver nos resultados, as plataformas conseguiram abranger os dois equipamentos como um todo, podendo assim realizar atividades de manutenção preventiva e corretiva e de uma forma segura e rápida.

Com isso, concluiu-se que a estrutura atendeu aos requisitos de projeto e de produto da melhor forma possível, sendo assim, o projeto e a construção da estrutura em aço bem sucedida.

## REFERÊNCIAS

ABCEM, Associação Brasileira da Construção Metálica (Org.). **Execução de estruturas de aço**: Práticas recomendadas. São Paulo: ABCEM, 2010.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (Org.). **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. São Paulo: ABNT, 2008. 247 p.

ARAYA, A. S.; AJMANI, J. L. **Design of steel structure**. Roorkee: New Chand & Bros, 2001.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto**: Guia prático para design de novos produtos. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2000.

BELLEI, Ildony H. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. São Paulo: Pini, 2008.

BERMAN, Gary S. **Structural steel design and construction**. Moorestown, NJ: Greyhawk North America, 2010.

DIAS, Luís Andrade de Mattos. **Estruturas em Aço**: Conceitos, técnicas e linguagem. São Paulo: Zigurate Editora, 1998, 165p.

GHOSH, Karuna Moy. **Practical Design of steel structures**. Dunbeath: Whittles Publishing, 2010.

NATAJARA, Dr. M. C. **Design of steel structure**. Karnataka: Visvesvaraya Technological University, 2012.

NETO, Augusto Cantusio. **Estruturas metálicas II**. Campinas: PUC-Campinas, 2007. 139p.

PINHEIRO, Antônio C. F. Bragança. **Estruturas Metálicas**: Cálculos, detalhes, exercícios e projetos. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2003, 300 p.

SANTOS, Arthur Ferreira Dos. **Estruturas metálicas**: Projetos e detalhes para fabricação. São Paulo: Mcgraw-hill do Brasil, 1977.

CEAM, Centro de Estudos de Estrutura de Aço e Misturas de Aço e Concreto da UFMG. **Introdução ao aço** - Histórico. Disponível em: <<https://www.sites.google.com/site/acoufmg/home/historico>>. Acesso em: 04 jul. 2013.

## ANEXO A - Desenhos em vistas da plataforma

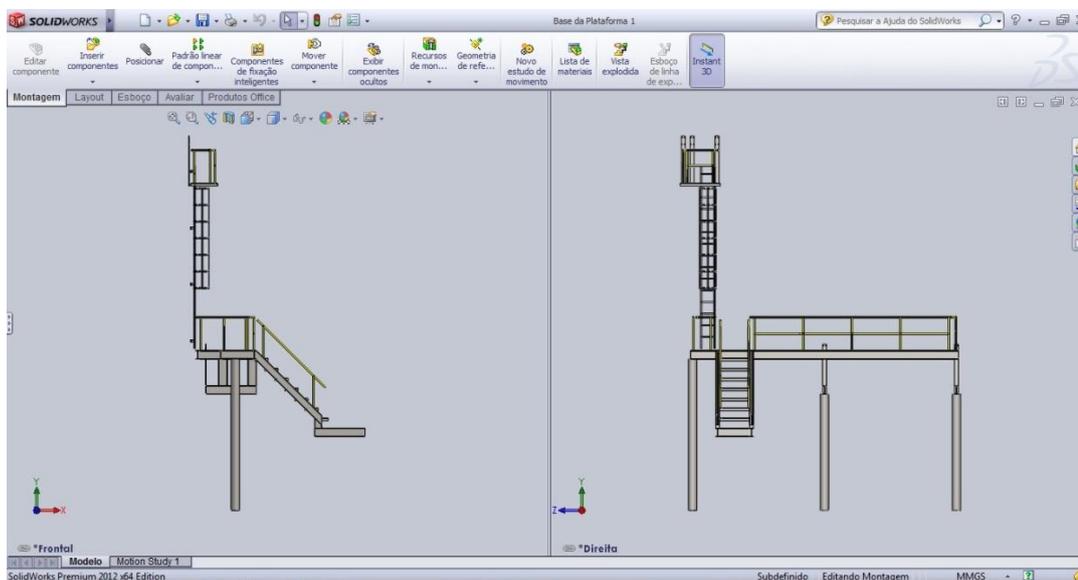


Figura 30 – Vista lateral e frontal da estrutura  
Fonte: Autoria própria

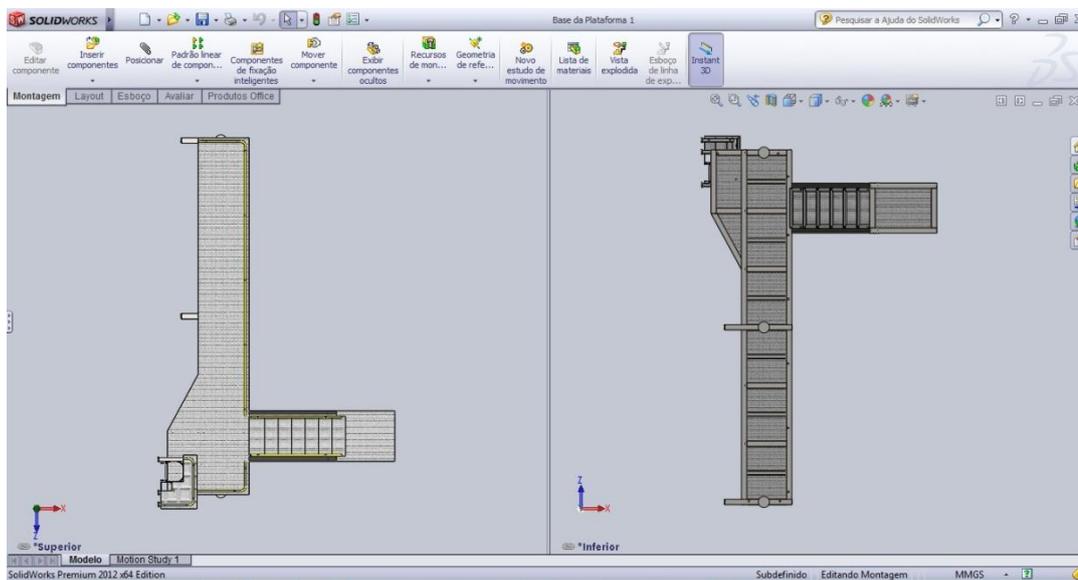


Figura 31 – Vista superior e inferior da estrutura  
Fonte: Autoria própria

## ANEXO A1 - Desenhos de detalhes da escada de acesso

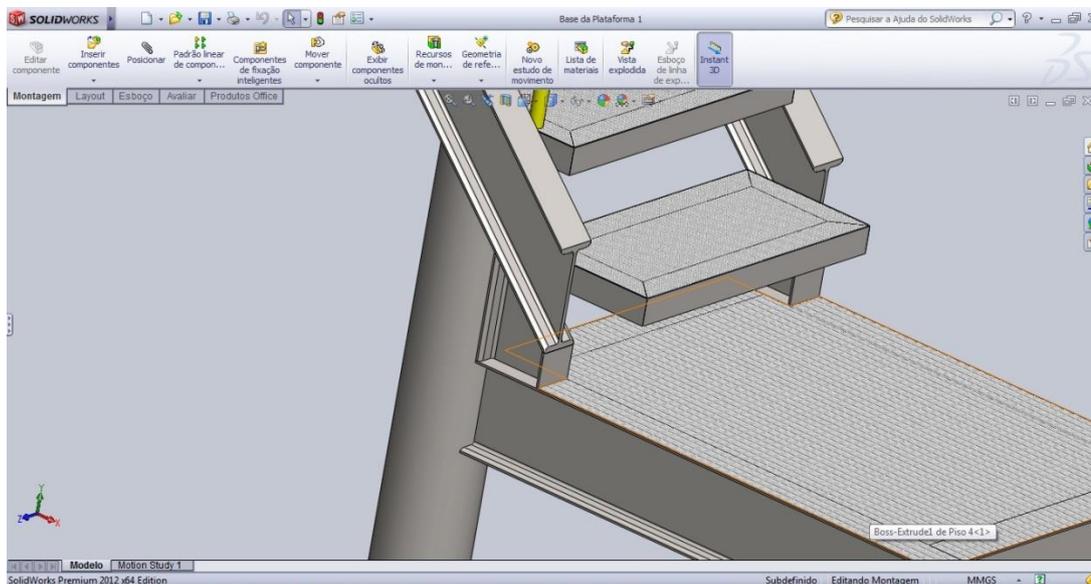


Figura 32 – Detalhe da plataforma e do início da escada de acesso  
Fonte: Autoria própria

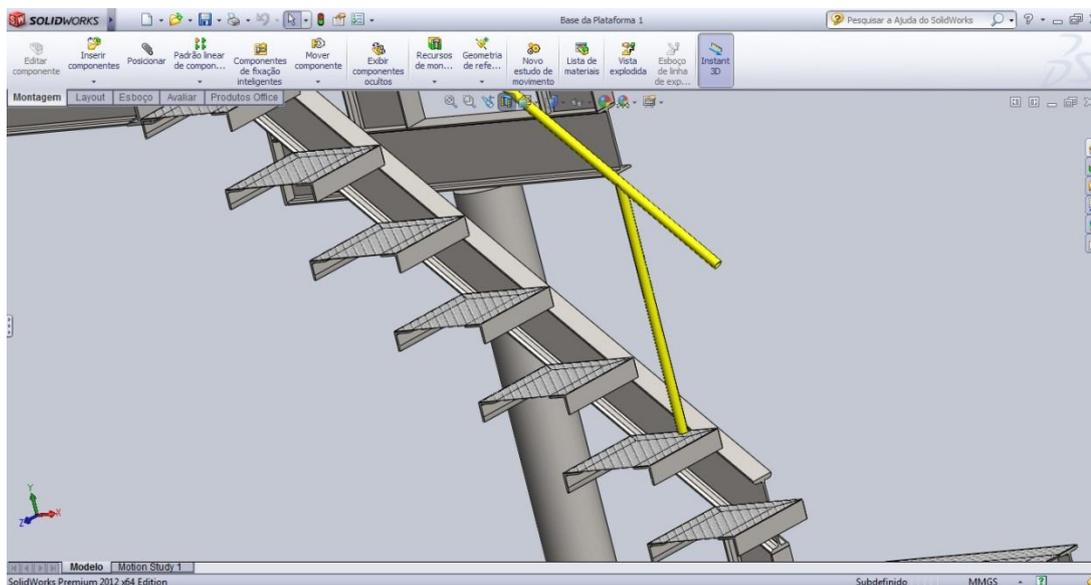


Figura 33 – Detalhe da escada de acesso a Plataforma maior  
Fonte: Autoria própria

## ANEXO A2 - Desenhos de detalhes da escada marinheiro

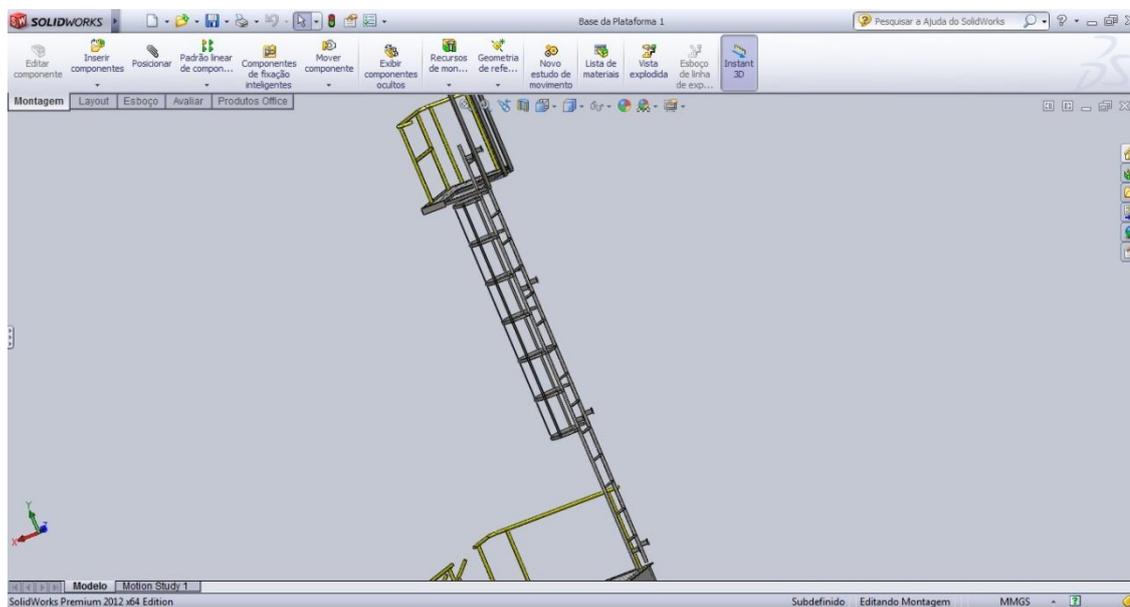


Figura 34- Escada marinheiro  
Fonte: Autoria própria

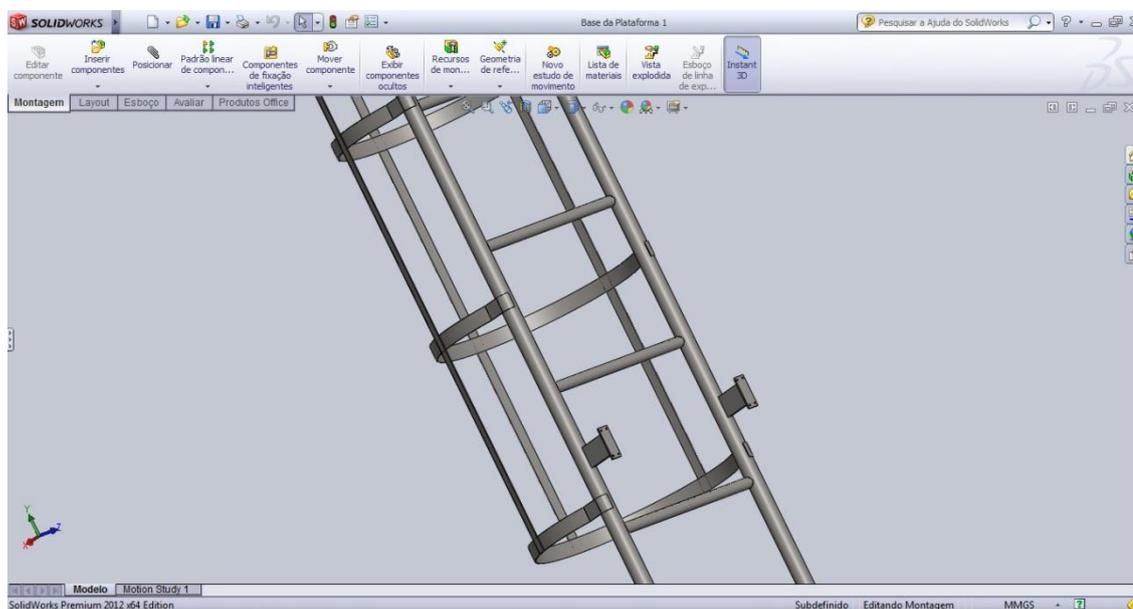


Figura 35 – Detalhes Escada marinheiro  
Fonte: Autoria própria

## ANEXO A3 - Desenhos em detalhes da plataforma menor

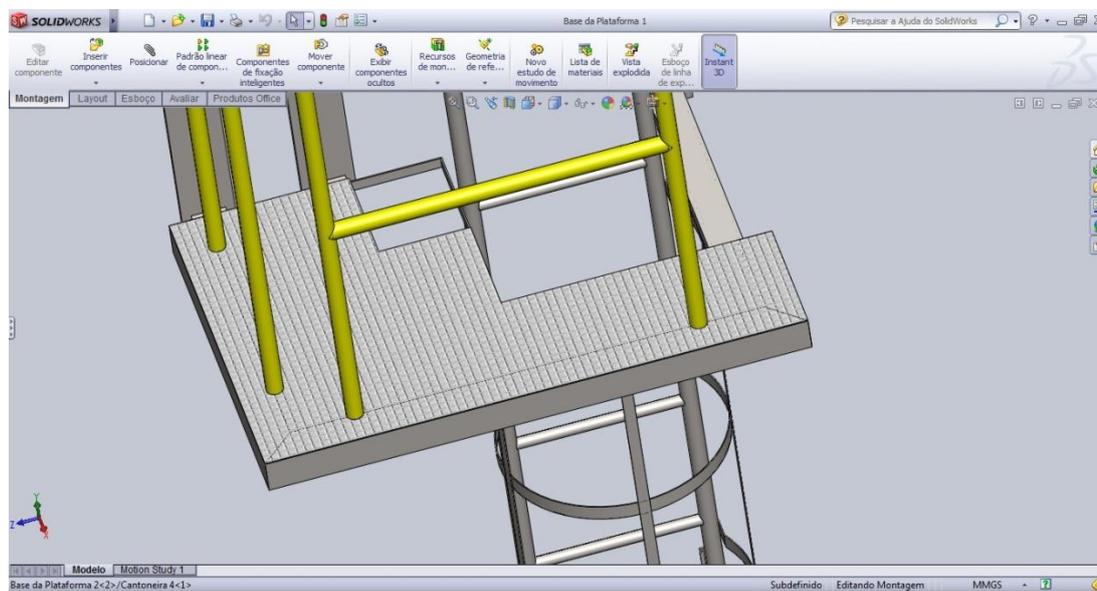


Figura 36 – Detalhe plataforma menor  
Fonte: Autoria própria

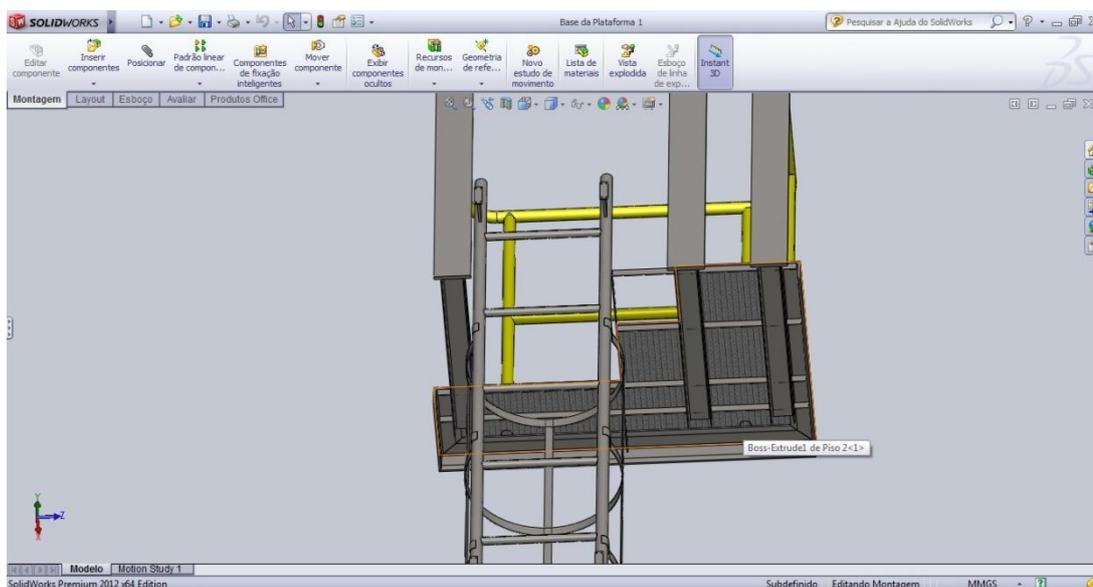


Figura 37 – Detalhe suporte Plataforma menor  
Fonte: Autoria própria

## ANEXO A4 - Desenhos em detalhe da base da estrutura

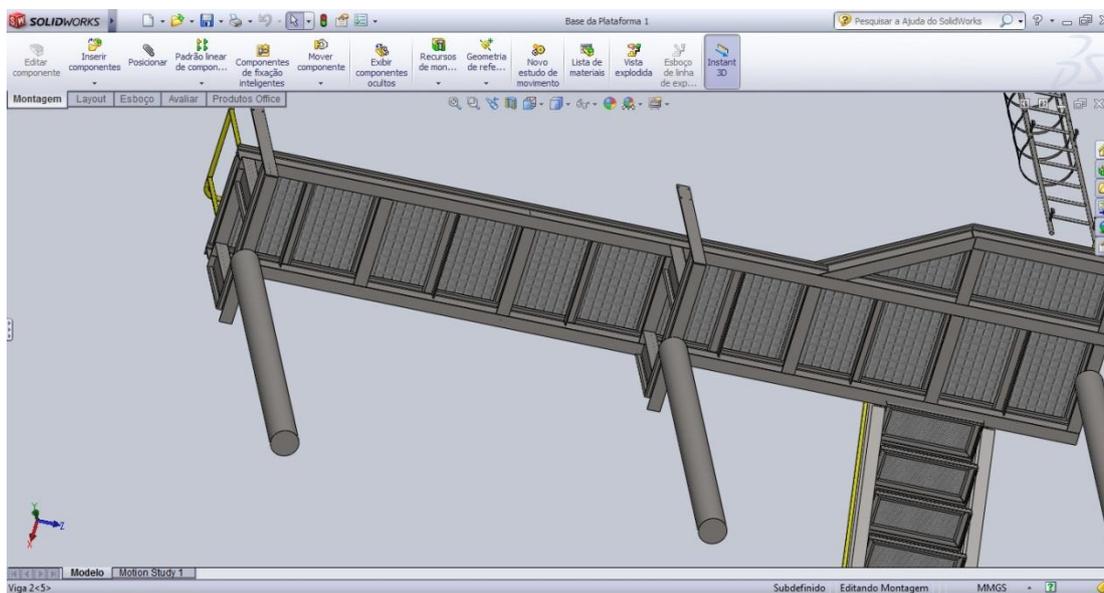


Figura 38 – Detalhe do suporte da Plataforma maior  
Fonte: Autoria própria

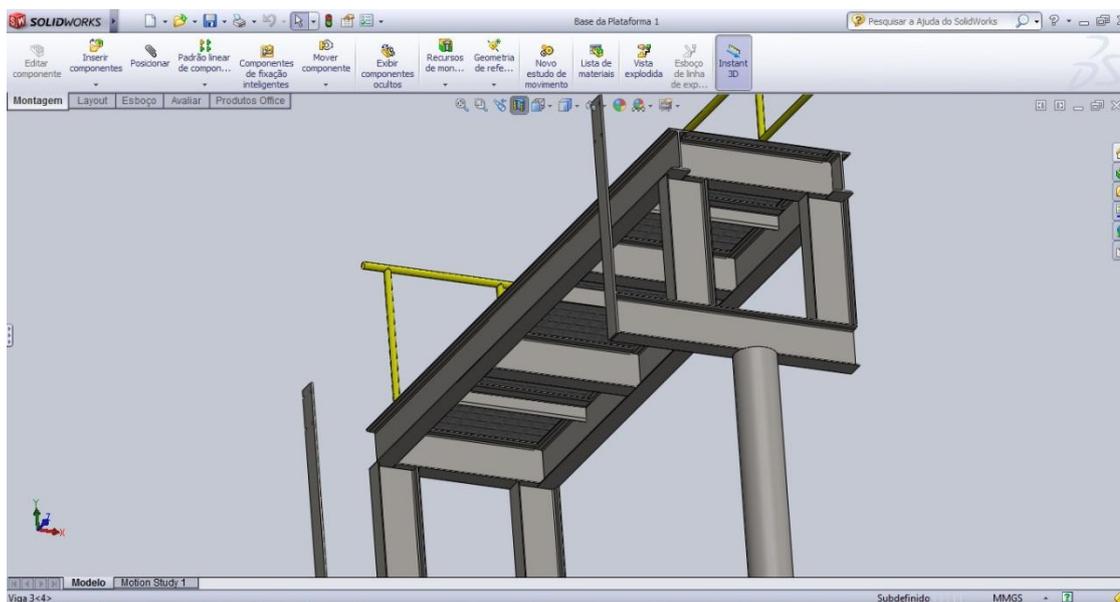


Figura 39 – Detalhe do suporte em recorte  
Fonte: Autoria própria

## ANEXO A5 - Desenho em detalhes do guarda corpo e do piso

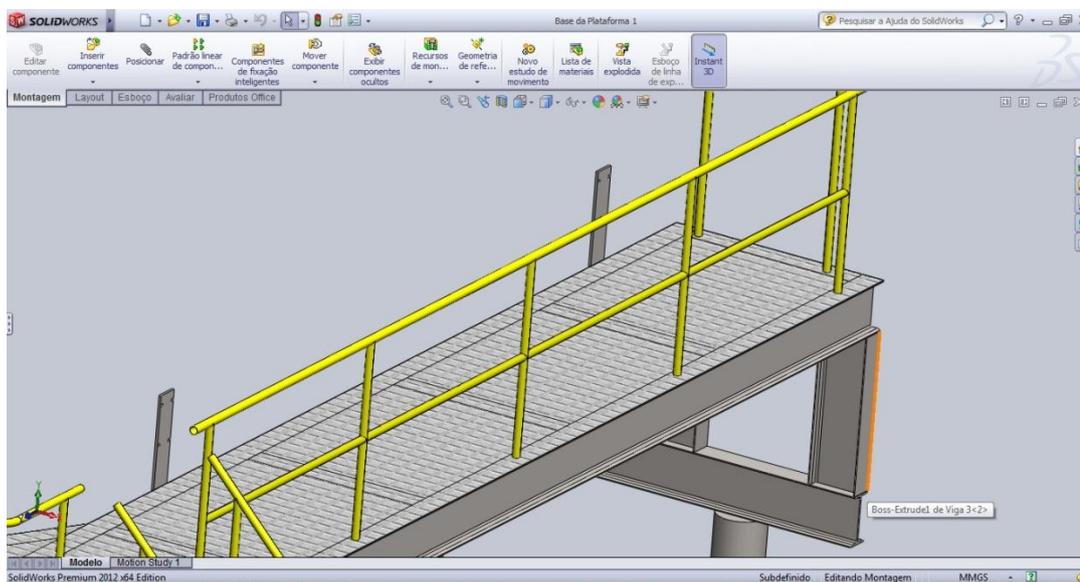


Figura 40 – Detalhe do guarda corpo e do piso  
Fonte: Autoria própria