

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
ADEMIR FERNANDO MOMBACH

PROJETO ESTRUTURAL EQUIPAMENTO RODOVIÁRIO TANQUE

CASCADEL - PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ADEMIR FERNANDO MOMBACH

PROJETO ESTRUTURAL EQUIPAMENTO RODOVIÁRIO TANQUE

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito para obtenção do título para de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: Eng Roberson Roberto Parizotto

CASCADEL - PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ - FAG

ADEMIR FERNANDO MOMBACH

PROJETO ESTRUTURAL EQUIPAMENTO RODOVIÁRIO TANQUE

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, da FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor (a) Roberson Roberto Parizotto

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof. Roberson Roberto Parizotto
Centro Universitário Assis Gurgacz – FAG
Engenharia Mecânica

Professor José Claudio Terra Silveira
Centro Universitário Assis Gurgacz – FAG
Engenharia Mecânica

Professor Geovane Duarte Pinheiro
Centro Universitário Assis Gurgacz – FAG
Engenharia Mecânica

Cascavel-PR, 28 de novembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mais em todos os momentos de minha vida.

Agradeço a minha esposa Elizete Gardasz Mombach, que junto com meus filhos Gustavo Gardasz Mombach e Valentina Gardasz Mombach, me acompanharam e me apoiaram neste período, tiveram paciência nos momentos em que tive que me ausentar.

A minha família e aos amigos que sempre nos momentos mais difíceis, sempre trouxeram apoio e palavras para que todo esforço despendido não seriam em vão.

Ao meu orientador, professor Roberson Roberto Parizotto pelo apoio, confiança e empenho, compartilhando de suas experiências e conhecimentos, auxiliando com a elaboração e revisão deste trabalho.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação de caráter no processo de formação profissional, que se dedicam não somente ao ensino mais terem a preocupação de aprendermos seus ensinamentos. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

A Universidade Assis Gurgacz, pela oportunidade de fazer o curso, abrindo uma janela que nos permite visualizar um horizonte amplo, pautado pela confiança, mérito e ética aqui presentes.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a realização de um projeto para construção de um equipamento tanque rodoviário. Apresenta o estudo das normas técnicas que regulamentam os processos para construção de tanques rodoviários para transporte de cargas perigosas. O projeto tem por objetivo atender uma necessidade de um equipamento tanque para transporte rodoviário a ser instalado sobre chassi de veículo rodoviário, atendendo uma necessidade de transporte de carga, conforme as legislações pertinentes a atividade deste modelo de transporte.

Palavras chave: equipamento, material, costado, capacidade, reforços, dimensão.

ABSTRACT

This work has as objective the realization of a project for the construction of a tank road equipment. It presents the study of the technical norms that regulate the processes for the construction of road tanks for the transport of dangerous goods. The project aims to meet a need for a road tank equipment to be installed on a road vehicle chassis, meeting a need to transport cargo, according to the legislation relevant to the activity of this transportation model.

Key words: equipment, material, side, capacity, reinforcements, dimension

.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Identificação de componentes.....	15
Figura 2 – Ilustração das definições básicas da soldagem	25
Figura 3 – Posições na soldagem.....	25
Figura 4 – Dimensionamento de soldas à tração numa junta de topo.....	26
Figura 5 – Solicitação de cisalhamento numa junta de topo	27
Figura 6 – solicitação de tração numa junta em ângulo	28
Figura 7 – Solicitação de flexão genérica numa junta em ângulo.	29
Figura 8 – Solicitação de flexão genérica numa junta em ângulo com cordão anelar.	30
Figura 9 – Espessura mínima de calotas.	40
Figura 10 – Espessura mínima costado.	41
Figura 11 – Catalogo de produtos Arcelor Mittal	41
Figura 12 – Dimensões técnicas veículo	43
Figura 13 – Desenho técnico válvula de fundo.....	44
Figura 14 – Desenho técnico tampa de visita.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Incremento na resistência à tração para a têmpera HX8:	18
Tabela 2 - Dimensionamento de parafusos e fatores (FS).....	21
Tabela 3 – Nomenclatura utilizada em desenhos contendo soldas segundo A.W.S.	24
Tabela 4 – Dimensões nominais mínimas de soldagem.....	26
Tabela 5 – Espessura mínima da garganta efetiva.....	26
Tabela 6 – Determinação da espessura mínima de calotas (mm):	31
Tabela 7 – Determinação da espessura mínima de costado (mm):.....	31
Tabela 8 – Lista de matérias.....	47
Tabela 9 – Propriedades do estudo.....	48
Tabela 10 – Propriedades do material	48
Tabela 11 – Detalhes da malha.....	49
Tabela 12 – Resultados do estudo carga distribuída.....	49
Tabela 13 – Propriedades do material	50
Tabela 14 – Resultado do estudo pressão	51

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Roscas Métricas	20
Equação 2 – Roscas Whiworth	20
Equação 3 – Tensão de montagem.....	21
Equação 4 – Carga total no parafuso.....	22
Equação 5 – Força de montagem.....	22
Equação 6 – Torque de montagem	22
Equação 7 – Tensão adm utilização um cordão de solda.	27
Equação 8 – Tensão admissível utilização dois cordões de solda.	27
Equação 9 – Solicitação de cisalhamento junta de topo com um cordão.	28
Equação 10 – Solicitação de cisalhamento junta de topo com dois cordões.	28
Equação 11 – Solicitação de tração junta em ângulo um cordão de solda.	29
Equação 12 – Solicitação de tração junta em ângulo dois cordões de solda.....	29
Equação 13 – Solicitação de flexão genérica numa junta em ângulo.	29
Equação 14 – Tensão normal em solicitação de flexão genérica com cordão anelar.	30
Equação 15 – Torque em solicitação de flexão genérica com cordão anelar.	30
Equação 16 - Tensão principal máxima.....	32
Equação 17 – Modulo de resistência da seção transversal.	34
Equação 18 – Volume do cilindro.	39
Equação 19 – Volume semiesfera.	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 MATERIAL.....	16
2.2 FADIGA	18
2.3 DIMENSIONAMENTO DE UNIÕES.....	19
2.3.2 UNIÃO POR JUNTA SOLDADA	22
2.3.2.4 CASOS DE DIMENSIONAMENTO	25
2.4 CALOTAS.....	30
2.5 COSTADO.....	31
2.6 QUEBRA ONDAS.....	32
2.7 BOCA DE VISITA	33
2.8 PROTEÇÃO ANTI-TOMBAMENTO.....	33
2.9 REFORÇOS CIRCUNFERENCIAIS	34
2.10 EMPALMES.....	35
2.11TAMPA DA BOCA DE VISITA	35
2.12 BOCAIS	35
2.13 PROTEÇÃO CONTRA DANOS NO FUNDO DO TANQUE.....	36
2.14 SISTEMA DE ALÍVIO E PRESSÃO	36
2.15 SISTEMA DE ATERRAMENTO.....	37
3 METODOLOGIA	38
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.2 DEFINIÇÃO DE MATERIAL.....	38
3.3 ELABORAÇÃO DE PEÇAS	42
3.4 LISTA DE MATERIAIS.....	47
3.5 ANÁLISE ESTRUTURAL EQUIPAMENTO.....	48
4 CONCLUSÃO	52
5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXO 1 - CALOTA	56
ANEXO 2 – QUEBRA ONDAS	57
ANEXO 3 – CHAPA COSTADO COM POSICIONAMENTO BOCA DE VISITA	58

ANEXO 4 – CHAPA COSTADO	59
ANEXO 5 – CHAPA COSTADO COM POSICIONAMENTO SUPORTE DE VÁLVULA	60
ANEXO 6 – CHAPA DO COSTADO.....	61
ANEXO 7 – ANEL DE REFORÇO CIRCUNFERENCIAL.....	62
ANEXO 8 – EMPALME REFORÇO CIRCUNFERENCIAL.....	63
ANEXO 9 - EMPALME	64
ANEXO 10 – SUPORTE DE FIXAÇÃO	65
ANEXO 11 - BERÇO	66
ANEXO 12 – BOCA DE VISITA.....	67
ANEXO 13 – SUPORTE VÁLVULA DE FUNDO	68
ANEXO 14 – CHASSI DO EQUIPAMENTO	69
ANEXO 15 – REFORÇO CHASSI	70
ANEXO 16 – MONTAGEM CHASSI DO EQUIPAMENTO	71
ANEXO 17 – MONTAGEM ANTI-TOMBAMENTO	72
ANEXO 18 – MONTAGEM DO EQUIPAMENTO	73
ANEXO 19 – VISTA EXPLODIDA DO EQUIPAMENTO	74

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como o objetivo principal em realizar o desenvolvimento de um projeto para a fabricação de equipamento para transporte de carga rodoviária do tipo tanque, destinado ao transporte de cargas líquidas a granel em específico combustíveis. O equipamento será desenvolvido para instalação sobre chassi. Tendo assim que utilizar de vários recursos e conhecimentos obtidos ao longo da graduação, realizando o papel de engenheiro em projetar novos equipamentos através de seus conhecimentos e utilização de raciocínio lógico, projetando e adequando o produto de acordo com as normas vigentes.

A ideia surgiu a partir da vontade de realizar a elaboração de um projeto de equipamento, utilizando das ferramentas obtidas durante a graduação colocando todos os conhecimentos em prática, atendendo uma área do mercado no qual em nossa região não temos grandes fabricantes. Contribuindo também na questão de reparações em casos de ocorrências de sinistro nas quais o equipamento fica sujeito a avarias na sua estrutura que, muitas vezes, torna-se inviável realizar o reparo e também na questão de substituição do equipamento devido ao desgaste tendo assim a possibilidade de realizar a instalação de um equipamento novo.

Para confecção deste projeto, serão utilizadas ferramentas como software específico para construção e representação gráfica das peças e do equipamento, que nos auxiliará estudos quanto a utilização de materiais e cálculos de resistência. Levantamento das bibliografias, normas e procedimentos vigentes para padronização para fabricação do produto atendendo todos os requisitos da normatização.

Dando continuidade ao projeto, inicialmente com apresentação de bibliografias e normas consultadas, apresentação da estrutura normatizada para homologação para fabricação do objetivo do projeto, em concordância com os levantamentos serão apresentados os croquis e detalhamento do produto, avaliação da estrutura do equipamento.

A realização da confecção desse projeto vem para exercitar e fixar os conhecimentos obtidos no decorrer do curso de graduação, podendo pôr em prática uma atribuição dos engenheiros que é a de projetar máquinas, equipamentos e sistemas.

Visando atender um mercado pouco explorado em nossa região no qual se tem uma demanda por esse tipo de equipamento, devido a muitas vezes a sua importância para o transporte de determinados produtos. Observando essa atividade, poderá ser aplicado em questões de renovação de equipamento, nas situações em que o desgaste se torna muito acentuado e, devido à normatização, o mesmo deve ser substituído e também em situações de envolvimento de sinistros, sendo que em muitos casos ocorrem avarias estruturais muito acentuadas que demandam um valor elevado para o reparo, tornando-se viável a substituição do equipamento.

Outro fator importante a ser ressaltado, é que o mercado sempre está em busca de inovações e melhorias aos produtos já existentes, buscando uma nova aplicação dos equipamentos em novos projetos ou soluções rápidas em questões de reparos e aquisição de equipamentos.

Mediante esta ideia, se surgem as dúvidas de como realizar e desenvolver um projeto de um equipamento para transporte rodoviário tanque.

Portanto para o transporte de combustíveis existe a necessidade de equipamentos específicos que se destinam somente para este fim. O projeto do equipamento a ser desenvolvido neste trabalho é um equipamento para instalação sobre chassi desenvolvido para instalação em veículos de espécie/tipo carga/caminhão sendo projetado um compartimento com capacidade para 16000 litros.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar a elaboração de um novo projeto para construção de equipamento rodoviário tanque, apresentando todo o detalhamento do produto, tanto na questão de normatização quanto na questão estrutural, que é necessária para execução do projeto.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar levantamento e análise de todas as normas vigentes que normatizam esta área de fabricação;
- Apresentar os cálculos estruturais e de consumo de materiais;
- Desenvolver projeto estrutural, com detalhamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No mercado atualmente podemos citar alguns fabricantes de equipamentos tanques destinados ao transporte de produtos perigosos como, RANDON Implementos Rodoviários, GOTTI Implementos Rodoviários, GUERRA Implementos Rodoviários, TANKSPAR Implementos Rodoviários entre outros. Tendo disponível no mercado os modelos de formato policêntricos e cilíndricos.

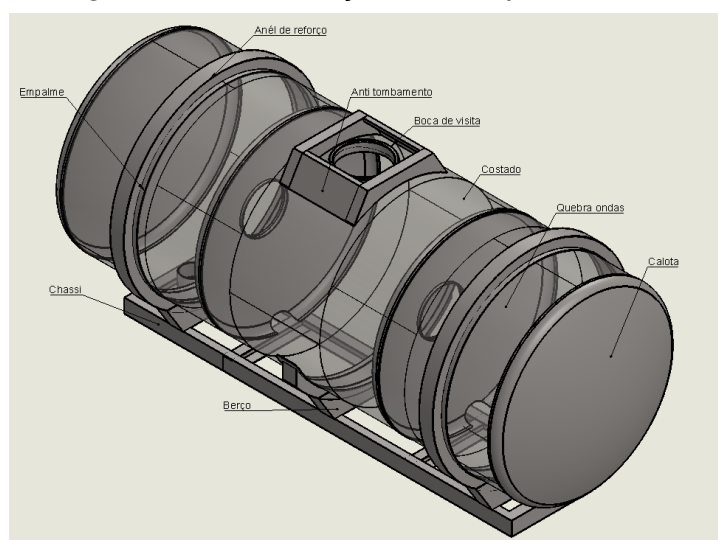
Para esta determinada área de fabricação para transporte de cargas perigosas, o órgão normatização e fiscalização é o INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, que atribui os quesitos mínimos estabelecidos em norma para fabricação de acordo com Regulamento Técnico da Qualidade RTQ 7c - INSPEÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA O TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS A GRANEL - LÍQUIDOS COM PRESSÃO DE VAPOR ATÉ 175 kPa.

Este projeto vem a apresentar a estrutura de um equipamento tanque destinado ao transporte de cargas líquidas a granel, realizando todo o processo de detalhamento do produto, levando em consideração as normas vigentes para a produção do mesmo.

Este tipo de equipamento é composto por vários componentes, peças que formam o equipamento que é constituído por:

- Calotas;
- Constado;
- Quebra ondas;
- Boca de visita;
- Proteção anti-tombamento;
- Reforços circunferenciais;
- Empalmes;
- Tampa boca de visita;
- Bocais;
- Sistema de alívio e pressão;
- Sistema de aterramento.
- Proteção contra danos ao fundo do tanque.

Figura 1 – Identificação de componentes



2.1 MATERIAL

Todos os materiais utilizados para a construção do equipamento, devem possuir compatibilidade com o produto a ser transportado, obedecendo a norma de construção para vasos de pressão de acordo com Código ASME.

De acordo com normatização RTQ 7c – INMETRO, para realizar a construção do equipamento deste projeto, é necessário o uso de materiais com tempera “O”, tempera H32 e tempera H34, e que possuam certificado de garantia fornecido pelo fabricante. Da mesma forma se estende a exigência para os materiais consumíveis do processo, a certificação de garantia se faz necessária.

2.1.1 TÊMPERA

Processo de tratamento térmico de aços para aumentar a dureza e a resistência dos mesmos. A têmpera é concebida aos materiais, através de 02 (duas) etapas no seu processo, que seriam o aquecimento e resfriamento rápido. O aquecimento tendo como objetivo obter a organização dos cristais do metal, numa fase chamada austenitização e o resfriamento brusco visa obter a estrutura martensita (FERMAC).

De acordo com NBR 06835:2000, têmpera é o estado que adquire o material pela ação das deformações plásticas a frio ou a quente, por tratamentos térmicos ou pela combinação de ambos, que dão aos produtos estruturas e propriedades características (ABNT, 2000, p.1).

2.1.1.1 CLASSIFICAÇÃO DAS TÊMPERAS

2.1.1.1.1 TÊMPERA “O”

Recozida aplica-se aos produtos acabados, no estado em que apresenta o menor valor de resistência mecânica (ABNT, 2000).

2.1.1.1.2 TÊMPERA “H”

Encruada, aplica-se aos produtos em que se aumentou a resistência mecânica por deformação plástica a frio e que podem ou não ser submetidos a um recozimento complementar para produzir amolecimento parcial ou a um processo de estabilização. É utilizado para ligas não tratáveis termicamente. A letra “H” deverá sempre estar seguida de dois ou mais dígitos.

2.1.1.1.2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS TÊMPERAS “H”

O primeiro dígito indica o(s) processo(s) a que foi submetido o material:

- a) H1 - somente encruado: aplica-se aos produtos que sofrem deformação plástica a frio para obtenção da resistência desejada sem recozimento complementar. O segundo dígito desta designação indica o grau de encruamento;
- b) H2 - deformado plasticamente a frio e parcialmente recozido: aplica-se aos produtos que sofrem deformação plástica a frio em grau maior do que o desejado e, em seguida, recozidos parcialmente para reduzir a sua resistência ao nível especificado. Para as ligas que amolecem espontaneamente à temperatura ambiente, as têmperas H2 têm a mesma resistência à tração mínima que as têmperas H1 correspondentes, com alongamento ligeiramente maior. O segundo dígito desta designação indica o grau de encruamento que permanece depois que o produto foi parcialmente recozido;
- c) H3 - deformado plasticamente a frio e estabilizado: aplica-se aos produtos que sofrem deformação plástica a frio e cujas propriedades mecânicas são estabilizadas por um tratamento térmico a baixa temperatura, do qual resulta uma resistência à tração ligeiramente menor e melhor ductilidade;
- d) H4 - deformado plasticamente a frio e pintado ou envernizado: aplica-se aos produtos que sofrem deformação plástica a frio e que estão sujeitos a algum tratamento térmico durante a subsequente operação de pintura ou de envernizamento. O segundo dígito desta designação indica o grau de encruamento, após o tratamento de cura da tinta ou do verniz aplicado, devendo obedecer os mesmos limites de propriedades mecânicas das têmperas correspondentes a H2X ou H3X (ABNT 06835, 2000, p.2).

O segundo dígito indica o grau de encruamento em ordem crescente, abrangendo os dígitos de 1 a 8, conforme segue:

- a) o numeral 8 designa a tempera mais dura normalmente produzida. O limite de resistência à tração mínimodastêmperas HX8 está baseado na resistência à tração mínima da liga na tempera recozida e pode ser determinado através dos requisitos da tabela 1;
- b) o numeral 4 designa a tempera cujo limite de resistência à tração é aproximadamente a metade daqueles entre as têmperas O e HX8;
- c) o numeral 6 designa a tempera cujo limite de resistência à tração é aproximadamente a metade daqueles entre as têmperas HX4 e HX8;
- d) o numeral 2 designa a tempera cujo limite de resistência à tração é aproximadamente a metade daqueles entre as têmperas O e HX4;

- e) os numerais 1, 3, 5 e 7 designam, similarmente, as têmperas intermediárias entre aquelas definidas acima;
- f) o numeral 9 designa a têmpera cujo limite mínimo de resistência à tração excede o da têmpera HX8 em pelo menos 10 Mpa (ABNT, 2000, p.2).

Tabela 1 - Incremento na resistência à tração para a têmpera HX8:

Resistência à tração mínima na têmpera recozida Mpa	Incremento na resistência à tração para a têmpera HX8
Até 40	55
45 a 60	65
65 a 80	75
85 a 100	85
105 a 120	90
125 a 160	95
165 a 200	100
205 a 240	105
245 a 280	110
285 a 320	115
Acima de 325	120

Fonte: (ABNT, 2000, p.3).

2.2 FADIGA

Fadiga mecânica é definida como o fenômeno de ruptura progressiva de materiais submetidos a ciclos repetidos de tensão ou deformação, processo que causa falha permanente a um componente sujeito a carregamentos repetitivos. Existem três fatores que quando atuam em conjunto são resultantes do processo da fadiga, como solicitações dinâmicas, solicitações de tração e deformações plásticas. ([https://pt.wikipedia.org/wiki/Fadiga_\(engenharia\)\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Fadiga_(engenharia)))

Esta tensão variável no tempo, não precisa chegar ao limite elástico para promover a ruptura. A maneira de quantificar a suscetibilidade à fadiga é muitas vezes a representação do tempo, ou melhor, do número de ciclos necessários para a ruptura de um corpo-de-prova, em função do $\Delta\sigma$, ou seja, diferença entre a tensão máxima e a mínima do ciclo, quando se usa corpos de prova lisos. Neste caso o

tempo para a ruptura é composto de um tempo necessário para a nucleação da fissura num tempo de propagação da fissura. O tempo de nucleação muitas vezes é bem maior do que o tempo de propagação. Por isto, muitas vezes se usa corpos de prova pré-entalhados, visando não precisar avaliar ao tempo de nucleação. Neste caso as curvas que se levantam são em função do ΔK , a diferença entre o K máximo e mínimo. Este K é o parâmetro que define o estado de tensões em uma trinca já pré-existente, o qual depende do valor da tensão, mas também das dimensões e forma do corpo de prova e do tamanho da trinca. A representação gráfica dessa correlação como se vê na figura abaixo, chama-se de curvas de Wöhler. Há materiais que apresentam um limite inferior de $\Delta\sigma$ ou ΔK , abaixo do qual não acontece a ruptura; a este valor se denomina limite de fadiga. É o caso de aços e outros materiais ferrosos. Há, no entanto, materiais que não apresentam claramente tal limite e mesmo que a tensão cíclica aplicada seja de pequena amplitude há um número finito de ciclos para acontecer a ruptura. É, tipicamente, o caso de metais e ligas não-ferrosas. Neste caso, dá-se o nome de limite de fadiga a máxima tensão (ou $\Delta\sigma$) em que não ocorre ruptura para um número estipulado, razoavelmente grande, de ciclos, p. exemplo 10^6 ou 10^7 . (UFGRS)

2.3 DIMENSIONAMENTO DE UNIÕES

Para execução de uniões em projetos, temos dois tipos de uniões, sendo classificadas como uniões desmontáveis e as não desmontáveis. As uniões desmontáveis são aquelas que após sua montagem permitem a desmontagem em que as partes unidas não sofrem danos, sendo que estas partes e os elementos de fixação utilizados podem ser reaproveitados novamente. (LAMARTINE, Bezerra da Cunha; Elementos de Máquinas)

Já para as uniões não desmontáveis é um processo que visa união localizada de materiais de forma permanente, é o método mais utilizado para união de peças industrialmente. Existem basicamente dois grandes grupos de processos de soldagem, um que é baseado na utilização de calor, aquecimento e fusão parcial das partes unidas, chamado de soldagem por fusão, e outro processo se baseia na deformação localizada das partes unidas, onde esta deformação é auxiliada pelo aquecimento das partes até uma temperatura inferior à temperatura de fusão,

conhecida como soldagem por pressão ou soldagem no estado sólido. (LAMARTINE, Bezerra da Cunha; Elementos de Máquinas)

2.3.1 UNIÃO POR PARAFUSOS

Os parafusos são os elementos de fixação aplicados em uniões desmontáveis, onde as peças podem ser montadas e desmontadas facilmente, baseado no aperto e desaperto dos parafusos. São diferenciados pela forma da rosca, sendo as mais utilizadas rosca métrica e rosca whitworth, podendo ser roscas finas ou rosca grossa, também se diferenciam pelo tipo da cabeça, da haste e o tipo de acionamento. (LAMARTINE, Bezerra da Cunha; Elementos de Máquinas)

Os parafusos são calculados em função da sua área resistente, onde nas roscas métricas a área em função do diâmetro dos flancos, e na rosca whitworth o diâmetro de referência é pouco menor que o do flanco conforme equação 1 e 2. (LAMARTINE, Bezerra da Cunha; Elementos de Máquinas)

Equação 1 – Roscas Métricas

$$Af = \frac{\pi \cdot (df)^2}{4} \quad (1)$$

$$df = D - 0,65 \cdot p$$

Onde:

D – diâmetro nominal;

p – passo.

Equação 2 – Roscas Whiworth

$$Af = \frac{\pi \cdot (df)^2}{4} \quad (2)$$

$$df = D - 0,98 \cdot \frac{(1)}{n}$$

Onde:

D - diâmetro nominal;

(1/n) – passo

n – fios

Os casos de dimensionamento estão dispostos na tabela 2.

Tabela 2 - Dimensionamento de parafusos e fatores (FS).

Montagem	Diâmetros	Fórmulas da força (F_e)	Fator de segurança (FS)	Símbolos e unidades
Com forte aperto inicial	$D \leq 45\text{mm}$	$F_e = \frac{\sigma_e}{155} (Af)^{\frac{3}{2}}$	$FS = \frac{155}{\sqrt{Af}}$	D = diâmetro nominal do parafuso
Com forte aperto inicial	$D > 45\text{mm}$	$F_e = \frac{\sigma_e}{4} (Af)$	$FS = 4$	F_e = força externa (tração) no parafuso (N)
Sem aperto inicial (olhais) (tensores)	Qualquer	$F_e = \frac{\sigma_e}{FS} (Af)$	FS tabelados em seguida	σ_e = tensão de escoamento (N/mm ²)
Valores dos coeficientes de segurança (materiais dúcteis)				
Tipos de carga		FS	Observação	
Constantes	Gradualmente aplicada	1,5 a 2,0	Em materiais frágeis, considerar o dobro dos valores indicados	
	Subitamente aplicada	3,0 a ,0		
Variáveis	Repetida	3,0 a 5,0		
	Sem reversão	3,0 a 5,0		
	Com reversão parcial	4,0 a 8,0		
	Reversão total (alternada)	4,0 a 8,0		

Fonte: (LAMARTINE, Elementos de Máquinas, 2005, pg 74).

2.3.1.1 CÁLCULO DE PARAFUSOS COM PRÉ-TENSÃO

Representa união por parafuso onde ocorre pré-tensão no parafuso.

Equação 3 – Tensão de montagem

$$\theta_i = \frac{F_i}{Af} \quad (3)$$

De acordo com diagrama das deformações no parafuso conclui-se que:

Equação 4 – Carga total no parafuso

$$F_t = F_i + K \cdot F_e \quad (4)$$

Para utilização prática adotar um valor da equação.

Equação 5 – Força de montagem

$$F_i = 2850 \cdot D \quad (5)$$

Onde: D é o diâmetro nominal do parafuso em mm e F_i em N. quando se utiliza junta, deve-se multiplicar por 0,5.

Os valores da constante de junta K valem respectivamente:

K = 0,5 não existe junta;

K = 0,6 junta de asbesto e cobre;

K = 0,65 junta de fibra;

K = 0,8 junta com borracha.

Chegando ao torque de montagem onde se aplica equação 6.

Equação 6 – Torque de montagem

$$T_i = C_2 \cdot D \cdot F_i \quad (6)$$

Onde: D é o diâmetro nominal do parafuso (mm), C_2 coeficiente de torque que é determinado como segue:

$C_2 = 0,2$ (para montagem sem lubrificação).

$C_2 = 0,15$ (para montagem com lubrificação).

2.3.2 União por Junta Soldada

As uniões soldadas possuem características que em sua execução envolve procedimentos que resultam numa união permanente, ao contrário de uniões por parafusos, chavetas ou acoplamentos. Quando da utilização de uma união por solda não basta somente seu correto dimensionamento é importante também realizar o acompanhamento do procedimento adotado. (LAMARTINE, Bezerra da Cunha; Elementos de Máquinas)

Recomenda-se na execução que a aplicação do calor não seja concentrada somente num só ponto, sendo necessário realizar o aquecimento uniforme através de movimentos circulares, possibilitando ainda em alguns casos ser realizado procedimento de recozimento para alívio de tensões. Salientando que dependendo da solicitação poderá existir fadiga em casos que possuem solicitações cíclicas. (LAMARTINE, Bezerra da Cunha; Elementos de Máquinas)

As soldas são indicadas em desenhos conforme tabela 3.

2.3.2.1 Dimensionamento

- a. Soldas simples – Não existe fadiga nem concentração de tensões. Calcula-se a tensão atuante ou de trabalho e compara-se com admissível.
- b. Existe concentração de tensões: Considera-se K_f (coeficiente de concentração de tensões) no cálculo da tensão (σ_0) ou da tensão atuante (σ_{at}).
- c. Existe fadiga presente: Utiliza-se a equação de Sodeberg no dimensionamento.
- d. Existem fadiga e concentração de tensões: Utiliza-se Sodeberg com K_f no cálculo. Os valores de K_f são dados em função do tipo de chanfro ou junta utilizada na soldagem.

Tabela 3 – Nomenclatura utilizada em desenhos contendo soldas segundo A.W.S.

Nomenclatura dos cordões de solda	Símbolos					Aplicações: e = espessura em mm ²
	Básico	Convexo	Plano	Côncavo	* Soldagem complementar da raiz	
De bordamento						até 2,0
De topo em I						até 3,0
De topo em V						3,0 a 6,0
De topo em U						acima de 16,0
De topo em X						16,0 a 40,0
Idem em duplo U						acima de 40,0
Juntas de ângulo *X						
Soldas de 3 chapas e em furos / rasgos						
Em 1/2 V						
Ângulo em K						16,0 a 40,0
Em furos e rasgos					Tipo de soldagem: (G,E,R), (e-L/d)	
De topo boleado					L = comprimento do cordão	
De topo a gás					d = distância entre trechos	
A ponto					10-900 E5010	
A ponto convexa					Cordão em V convexo, e = 10	
Cilíndrica					L = 900; E = soldagem elétrica	
Prensada					Eletrodo 6010	

Segundo : ISO - TC 44 e DIN 912.
 Legenda : (* X) = solda nos dois lados.
 *A soldagem complementar pode ter diferentes tipos de cordões que devem ser indicados.
 ** As soldagens em (K) podem ter diversos tipos de formas, que devem ser indicadas: ; G = a gás , R = residencial.

Fonte: (LAMARTINE, Elementos de Máquinas, 2005, pg 99).

Valores de K_f na soldagem:

Soldas de topo reforçada, $K_f = 1,2$;

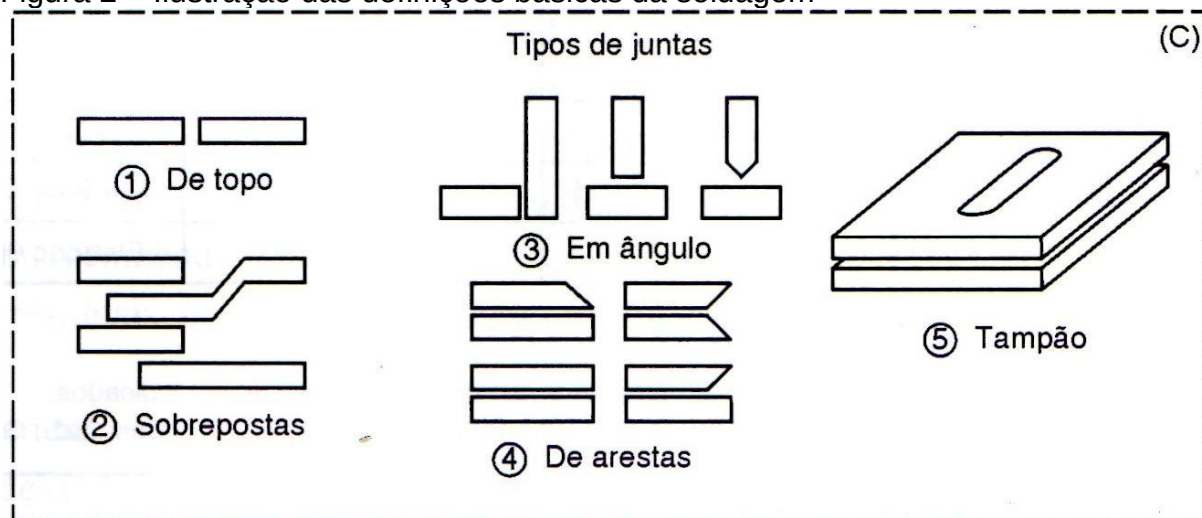
Extremidades de soldas em ângulo transversal, $K_f = 1,5$;

Extremidades de soldas em ângulo longitudinal, $K_f = 2,7$.

2.3.2.2 Tipos de Juntas

As juntas podem ser dispostas de topo, em ângulo, de arestas, sobrepostas e do tipo tampão conforme ilustra figura 2.

Figura 2 – Ilustração das definições básicas da soldagem

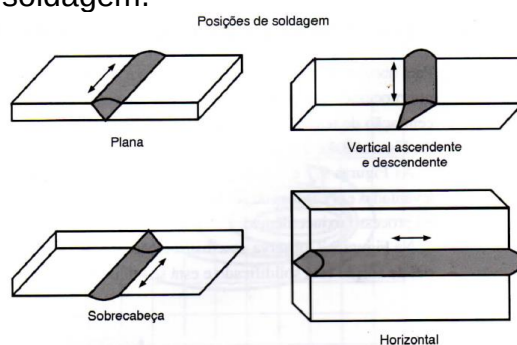


Fonte: (LAMARTINE, Elementos de Máquinas, 2005, pg 100).

2.3.2.3 Posições na Soldagem

No processo de soldagem, podem ser utilizadas as posições ilustradas na figura 3. A execução destas depende do processo de soldagem utilizado e das características que o mesmo apresenta.

Figura 3 – Posições na soldagem.



Fonte: (LAMARTINE, Elementos de Máquinas, 2005, pg 100).

2.3.2.4 Casos de Dimensionamento

Soldas de filetes devem ser estabelecidas em função da parte mais espessa soldada, exceto quando a dimensão não necessite ultrapassar a espessura da parte

menos espessa. As dimensões mínimas de soldagem por filetes, ou seja, o comprimento da perna (S), são relacionados de acordo com tabela 4.

Tabela 4 – Dimensões nominais mínimas de soldagem

Dimensões nominais mínimas de soldagem	
Maior espessura do metal base na junta	Dimensão nominal mínima da solda de filete (mm) (Em um único passe)
Abaixo de 6,35 mm e até 6,35 mm	3
Acima de 6,35 mm até 12,5 mm	5
Acima de 12,5 mm até 19 mm	6
Acima de 19 mm	8

Fonte: (Estruturas Metálicas, 2ªEd, 2005, pg 107).

As espessuras mínimas de garganta, devem ser estabelecidas em função da parte mais espessa soldada, exceto quando essa dimensão não ultrapasse a espessura da parte menos espessa. Conforme tabela 5, verifica-se qual espessura mínima de garganta efetiva deverá ser adotada.

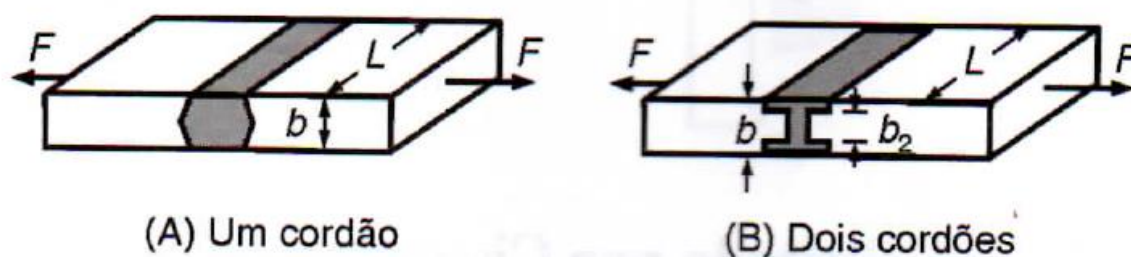
Tabela 5 – Espessura mínima da garganta efetiva

Espessura mínima da garganta efetiva	
Maior espessura do metal base na junta (mm)	Espessura mínima da garganta efetiva (mm)
Abaixo de 6,35 e até 6,35	3
Acima de 6,35 até 12,5	5

Fonte: (Estruturas Metálicas, 2ªEd, 2005, pg 112).

2.3.2.4.1 Junta de Topo à Tração

Figura 4 – Dimensionamento de soldas à tração numa junta de topo



Fonte: (LAMARTINE, Elementos de Máquinas, 2005, pg 107).

Para utilização de um cordão, caso (A) conforme ilustrado figura 4, utiliza-se equação 7.

Equação 7 – Tensão adm utilização um cordão de solda.

$$\sigma = \frac{F}{b \cdot L} \quad (7)$$

Onde:

L – comprimento do cordão ou largura da peça;

b – espessura da chapa, neste caso igual a penetração (t) da solda;

A – área do cordão de solda = $L \times b$.

Como o esforço é de tração, a tensão atuante é normal (σ), por sua vez a definição desta é: $\sigma = \frac{F}{A}$, onde o valor de $A = L \cdot b$.

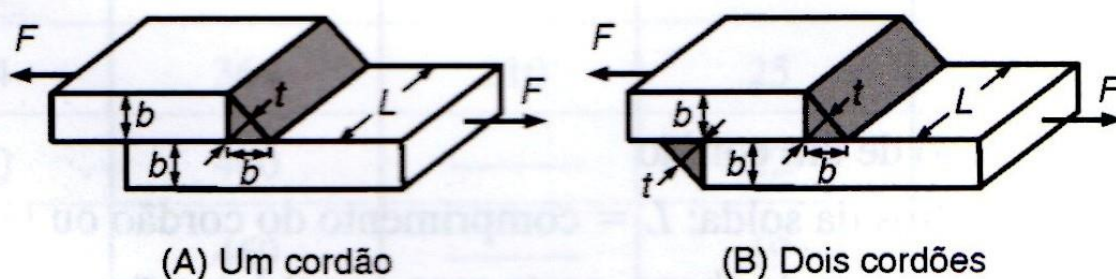
Em casos de utilização de dois cordões, conforme caso (B), ilustrado na figura 3, a espessura do cordão anterior (b) é subdividida em $(b_1 + b_2)$ e a expressão resultante é conforme equação 8.

Equação 8 – Tensão admissível utilização dois cordões de solda.

$$\sigma = \frac{F}{(b_1 + b_2) \cdot L} \quad (8)$$

2.3.2.4.2 Junta de Topo Solicitada por Cisalhamento

Figura 5 – Solicitação de cisalhamento numa junta de topo



Fonte: (LAMARTINE, Elementos de Máquinas, 2005, pg 108).

Neste caso observando figura 5 caso (A), o valor de penetração é $t = b \cdot \cos 45$. A área do cordão de solda é: $S = t \cdot L$ (um cordão) = $L \cdot b \cdot \cos 45$. o valor da tensão será F/S conforme equação 9.

Equação 9 – Solicitação de cisalhamento junta de topo com um cordão.

$$\tau = \frac{F}{L \cdot b \cdot \cos 45} = \frac{2 \cdot F}{L \cdot b \cdot \sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2} \cdot F}{L \cdot b} \quad (9)$$

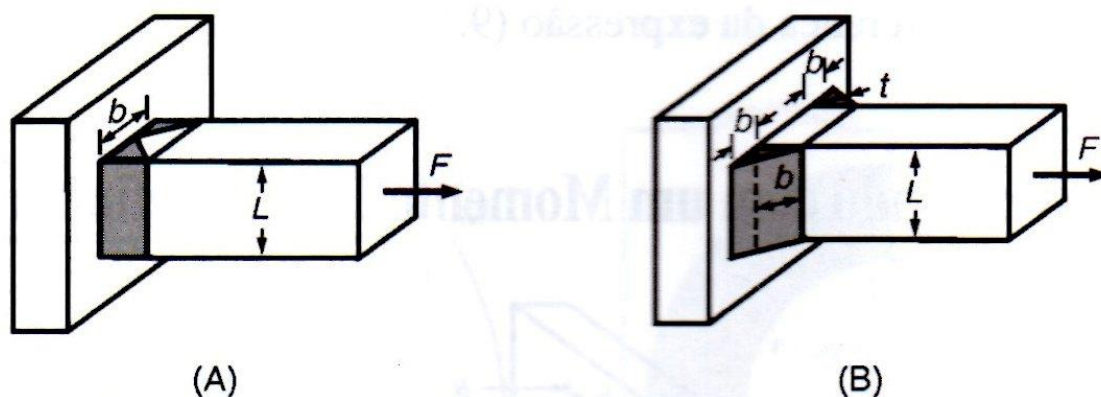
Se existirem dois cordões de solda como mostra figura 5 caso (B), a área será o dobro, em consequência o denominador da expressão é multiplicado por dois, conforme equação 10.

Equação 10 – Solicitação de cisalhamento junta de topo com dois cordões.

$$\tau = \frac{\sqrt{2} \cdot F}{2 \cdot L \cdot b} = \frac{0,707 \cdot F}{L \cdot b} \quad (10)$$

2.3.2.4.3 Junta em Ângulo à Tração

Figura 6 – solicitação de tração numa junta em ângulo



Fonte: (LAMARTINE, Elementos de Máquinas, 2005, pg 109).

A figura 6 ilustra em (A) e (B), os casos deste tipo de solicitação conforme executam-se os cordões de solda. Em (A), há um cordão em toda a secção transversal da peça, o esforço resultante é normal (σ), com seção resistente $b \cdot L$, já em (B) forma efetuados dois cordões lateralmente à peça, o esforço resultante será cisalhamento (τ) e a seção transversal será $2 \cdot t \cdot L$ ou $2 \cdot L \cdot \cos 45$.

Equação 11 – Solicitação de tração junta em ângulo um cordão de solda.

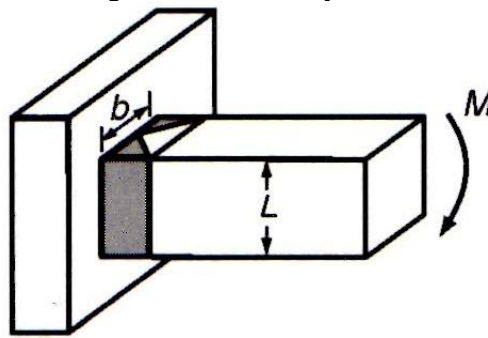
$$\sigma = \frac{F}{b \cdot L} \quad (11)$$

Equação 12 – Solicitação de tração junta em ângulo dois cordões de solda.

$$\tau = \frac{0,707 \cdot F}{L \cdot b} \quad (12)$$

2.3.2.4.4 Junta em Ângulo com um Momento Fletor Qualquer

Figura 7 – Solicitação de flexão genérica numa junta em ângulo.



Fonte: (LAMARTINE, Elementos de Máquinas, 2005, pg 110).

Partindo da definição de uma tensão normal em função de um momento atuante, obtém-se a figura 7.

Equação 13 – Solicitação de flexão genérica numa junta em ângulo.

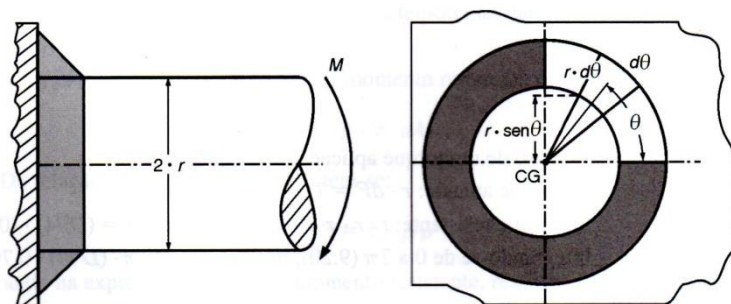
$$\sigma = \frac{M_f \cdot c}{J} \quad (13)$$

Sendo: $J = L \cdot b^3/12$ e $c = b/12$.

2.3.2.4.5 Junta em Ângulo Anelar por um Momento Fletor

Segundo a figura 8, considera-se σ a tensão de tração atuante no elemento infinitamente do cordão e de extensão $r \cdot d\theta$.

Figura 8 – Solicitação de flexão genérica numa junta em ângulo com cordão anelar.



Fonte: (LAMARTINE, Elementos de Máquinas, 2005, pg 111).

As tensões no cordão de solda são proporcionais à distância do plano neutro (plano horizontal passando pelo centro de gravidade). A tensão máxima atuante é representada pela equação 14.

Equação 14 – Tensão normal em solicitação de flexão genérica com cordão anelar.

$$\sigma = \frac{5 \cdot 66 \cdot M}{\pi \cdot b \cdot D^2} \quad (14)$$

Em caso de torque aplicado obtemos através da equação 15.

Equação 15 – Torque em solicitação de flexão genérica com cordão anelar.

$$\tau = \frac{2 \cdot 83 \cdot M}{\pi \cdot b \cdot D^2} \quad (15)$$

2.4 CALOTAS

Calota são as peças de que formam a parte frontal e a traseira do equipamento, são denominadas de calota dianteira e calota traseira, são construídas de forma de uma única peça, as calotas conformadas devem atender um raio de rebordamento mínimo de 03 (três) vezes a espessura do material e devem ter têmpera “0” ou têmperas maiores. São permitidas que sejam encaixadas ou sobrepostas ao costado, desde que sejam soldadas por meio de filete de solda contínuo, atendendo requisitos padronizados por norma, devem possuir espessura mínima conforme tabela 6.

Tabela 6 – Determinação da espessura mínima de calotas (mm):

Capacidade volumétrica do tanque (CV) (l/cm)	$CV \leq 15$	$15 < CV \leq 20$	$20 < CV \leq 25$	$CV > 25$
AD	2,5	3,0	3,5	4,0

Fonte: RTQ 7c (INMETRO, 2004, p.24).

2.5 COSTADO

As laterais, conforme regulamento técnico da qualidade RTQ 7c propriamente do equipamento são denominadas como costado, da mesma maneira que as calotas também possuem normas e padrões. Devem possuir tempera H32 ou H34, podendo ser utilizados têmperas com tensão de ruptura menor, desde que a espessura mínima seja aumentada. Para a determinação das espessuras mínimas para costado devem ser levando em consideração as tensões do costado resultantes das cargas estáticas e dinâmicas ou levando em consideração a combinação das duas tensões, sabendo que estão não são uniformes através do equipamento (INMETRO, 2004).

As espessuras mínimas também devem seguir de acordo com normatização levando em consideração capacidade volumétrica do equipamento apresentado de acordo com tabela 7.

Tabela 7 – Determinação da espessura mínima de costado (mm):

Capacidade Volumétrica do tanque (CV) (l/cm)	Distância (L) entre calotas, anteparas, quebra ondas, anéis de reforço e circunferências					
	$L \leq 900 \text{ mm}$		$900 < L \leq 1350 \text{ mm}$		$L > 1350 \text{ mm}$	
	AD/AL	AL	AD/AL	AL	AD/AL	AL
$CV \leq 15$	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0
$15 < CV \leq 20$	2,5	3,0	2,5	3,0	3,0	3,5
$20 < CV \leq 25$	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0
$CV > 25$	3,0	3,5	3,5	4,0	3,5	4,5

Fonte: RTQ 7c (INMETRO, 2004, p.24).

O projeto do costado, leva-se em consideração as tensões resultantes das cargas estáticas e dinâmicas, ou pela resultante das cargas normais de operação. Cargas durante a operação do equipamento podem ocorrer nos sentidos vertical longitudinal e laterais que muitas vezes ocorrem simultaneamente, dessa maneira devem ser contempladas na realização dos cálculos.

Para este procedimento, realizamos a combinação das tensões no costado do tanque e das cargas normais de operação, onde a tensão principal máxima em qualquer ponto do equipamento será definida pela equação 16.

Equação 16 - Tensão principal máxima

$$S = 0,5 (S_Y + S_X) \pm [0,25(S_Y - S_X)^2 + S_S^2]^{0,5} \quad (16)$$

Onde:

S= tensão efetiva em algum ponto sobre a combinação das cargas de operação normais e a carga estática que podem ocorrer ao mesmo tempo, em Mpa;

S_y= tensão circunferencial gerada pela máxima pressão admissível e pela pressão externa, quando aplicável, mais a carga estática, em Mpa;

S_x= tensão longitudinal resultante gerada pelas seguintes cargas de operação normal e cargas estáticas, em Mpa;

S_s= a soma das seguintes tensões de cisalhamento gerada pelos seguintes carregamentos estáticos e de cargas normais de operação, em Mpa.

2.6 QUEBRA ONDAS

Dispositivo projetado para atuar para restringir o movimento de cargas líquidas, este movimento sendo de forma brusca causa danos a estrutural e afeta diretamente nas questões de dirigibilidade nos equipamentos instalados sobre veículos rodoviários.

Equipamentos com mais de dois metros de comprimento devem ser dotados de quebra-ondas, onde a quantidade é determinada de modo que a distância entre quebra-ondas e peças adjacentes como anteparas e calotas não seja maior que

1500 mm, sendo que devem ser apresentados no projeto com memorial de cálculo (INMETRO, 2004).

2.7 BOCA DE VISITA

Todos os equipamentos devem ser dotados de aberturas denominadas de boca visita, a qual se destina para ter acesso ao interior do equipamento, para necessidades de verificação e manutenção do equipamento. Cada equipamento ou compartimento devem ter uma boca de visita com diâmetro mínimo de 450 mm.

As bocas de visita devem possuir tampa da boca de visita, as quais mais usuais para este projeto são de 450 a 550 mm. As tampas são compostas por tampa, articulações, fixadores, juntas e válvula de carga e descarga, devem resistir a uma pressão de pelo menos 250 Kpa, sendo que o fabricante deste dispositivo deve atender estes requisitos por intermédio de ensaios hidrostáticos com pelo menos 1% de sua produção (INMETRO, 2004).

2.8 PROTEÇÃO ANTI-TOMBAMENTO

Os equipamentos projetados devem possuir dispositivo que auxilie a minimizar perdas ocasionadas por acidentes, este dispositivo deve atender proteção adequada a tubulações, válvulas e acessórios, levando em consideração o risco de abrasão, furos, amassamentos e impactos.

Todo e qualquer dispositivo que se projete além da superfície do equipamento e que tenha função de retenção de produto, devem possuir resistência no mesmo grau ou maior que o corpo do equipamento, devem ser de espessura especificada de acordo com o tipo equipamento e possuir dispositivo de proteção contra choques ou acidentes.

As partes que se projetam no terço circunferencial inferior ou no perímetro do equipamento de sejam maiores que a metade de seu diâmetro ou instalados a uma distância acima de 100 mm do corpo do equipamento devem possuir dispositivo de proteção contra acidentes.

Os dispositivos de proteção contra acidentes devem possuir uma resistência de 1,25 vezes mais que o dispositivo a ser protegido. Os dispositivos para proteção fixados ao corpo do equipamento, devem ser capazes de permanecer íntegros quando submetidos a carregamentos, instalados de forma a distribuir os esforços sobre o corpo do equipamento, mantendo a capacidade do equipamento restando o produto. As deformações destes dispositivos são permitidas desde que esta deformação não afete a estrutura das partes ou acessórios protegidos (INMETRO, 2004).

2.9 REFORÇOS CIRCUNFERENCIAIS

Possuem esta denominação porque auxiliam para aumento da estrutura do equipamento, conferindo ao tanque capacidades de resistência estrutural maiores, devem ser soldados circunferencialmente ao costado, sendo que a solda não deve ser inferior a 50% do perímetro total do equipamento, e quando de sua descontinuidade da solda não deve exceder a 40 vezes a espessura do costado (INMETRO, 2004).

Anéis quando usados como elemento estrutural devem ser contínuos por todo o perímetro do tanque e devem ter o módulo de resistência da seção transversal, em relação ao eixo principal paralelo ao costado, igual a pelo menos o determinado pela equação 16 a seguir:

Equação 17 – Módulo de resistência da seção transversal.

$$\begin{aligned} W (\text{min}) &= 0,0006858DL, \text{ para aço carbono, aço liga e aço inoxidável} \\ W (\text{min}) &= 0,001186DL, \text{ para liga de alumínio} \end{aligned} \quad (17)$$

Onde:

W = módulo de resistência da seção transversal, em cm^3 ;

D = diâmetro do tanque, em cm;

L = espaçamento dos anéis em cm, isto é, a maior distância entre o ponto médio do trecho não reforçado do costado, de um lado do anel, até o ponto médio do trecho não reforçado do outro lado do anel. RTQ 7c (INMETRO, 2004, p. 14).

2.10 EMPALMES

Chapa destinada a distribuição dos postos de concentração gerados devido a fixação de componentes em sua estrutura.

A solda de suportes de acessórios e dispositivos no corpo do tanque deve ser feita através de um empalme é aplicada ao acessório ou dispositivo, em qualquer direção. A espessura do empalme não deve ser menor do que a do casco ou tampo ao qual é fixado, e não maior que 1,5 vezes a espessura do costado ou calotas. Cada empalme deve:

- Estender ao menos 50 mm em cada direção de algum ponto do acessório soldado;
- Ter cantos arredondados, ou caso contrário ser fabricado de modo que minimize a concentração de tensão sobre o costado ou calotas;
- Ser soldado por um cordão contínuo em volta do empalme, exceto por uma pequena abertura no ponto mais baixo para drenagem, usando metal de adição conforme as recomendações para o material do costado ou calotas. RTQ 7c (INMETRO, 2004, p. 11).

2.11 TAMPA DA BOCA DE VISITA

Cada boca de visita deve ser dotada por tampa, composta de articulações, fixadores e junta, a qual deve ser capaz de resistir, sem vazamentos, a uma pressão de ensaio do tanque. Devem conter um dispositivo de segurança que impeçam de abrirem completamente quando estiver sob pressão interna, possuir dispositivo que permita fixação de maneira que não venham a se soltar em decorrências de vibrações durante as operações de transporte e impacto devido a capotamento.

O fabricante da tampa da boca de visita deve verificar através de ensaio hidrostático pelo menos 1% de sua produção, realizando o ensaio da amostra a cada 03 (três) meses, possuindo indicação por meio de gravação permanente o nome do fabricante, pressão de ensaio, esta tampa atende ao RTQ 7c – Grupo(s): (especificação dos grupos aptos a serem utilizados), (INMETRO, 2004).

2.12 BOCAIS

Significam qualquer abertura no corpo do tanque destinada para carga e descarga do produto, a fabricação destes dispositivos tem que ser com materiais anti

faiscante, toda abertura e fechamento deve ser protegido contra tombamento, sendo equipada com dispositivo de bloqueio interno de fechamento automático, ou aleatoriamente, uma válvula de bloqueio externo localizado mais próximo possível do corpo do tanque (INMETRO, 2004).

2.13 PROTEÇÃO CONTRA DANOS AO FUNDO DO TANQUE

Todas as saídas, tubulações ou projeção localizada no terço médio inferior do perímetro do tanque, que possa ser danificada em acidentes resultando em perda do produto, deve ser protegida por um dispositivo de proteção contra acidentes do fundo.

A proteção contra danos no fundo do tanque deve ser capaz de defletir para fora do tanque uma força de 686 KN (baseada na tensão de ruptura do material), que venha da frente, traseira ou lateral do tanque. Deve-se estender por uma distância adequada, de tal forma, que a tubulação ou outro componente protegido não seja danificado (INMETRO, 2004).

2.14 SISTEMA DE ALIVIO E PRESSÃO

Todo tanque deve conter um sistema de alívio de pressão, tanto para as pressões positivas quanto para pressões negativas. Deve ter capacidade suficiente para evitar que o tanque venha a se romper, ou sofre colapso, devido ao aumento ou diminuição da pressão resultante de aquecimento, resfriamento, carregamento ou descarregamento, são projetados para que evitem vazamentos em casos de elevação do produto (INMETRO, 2004).

Todo dispositivo de alívio de pressão empregado ao projeto deve apresentar em seu corpo, identificação através de gravação permanente ou em alto relevo, contendo, nome do fabricante, número do modelo, pressão de ajuste, vazão medida em m³/h e número de série.

O equipamento deve conter um sistema primário e secundário de alívio de pressão.

2.14.1 Sistema primário de alívio de pressão

Constituído de 01 (uma) ou mais válvulas de segurança de retorno por mola, onde depois de sua abertura realize o retorno a posição fechada. O sistema de alívio primário deve abrir não antes de 1,1 vezes a PMTA e não superior a 1,3 vezes a PMTA, e não deve fechar a menos de 1,08 vezes a PMTA, mantendo-se fechada a pressões inferiores (INMETRO, 2004).

2.14.2 Sistema secundário de alívio de pressão

Todo sistema de alívio de pressão usado como sistema secundário, deve ser ajustado para descarregar a não menos que 1,2 vezes a PMTA (INMETRO, 2004).

2.15 SISTEMA DE ATERRAMENTO

Sistema de aterramento se faz necessário como medida de segurança, destina-se a realizar as descargas das correntes eletrostáticas provenientes do movimento do transporte através do atrito com o ar.

O projeto do equipamento deve conter no mínimo 02 (dois) pontos de aterramento, sendo que 01 (um) de cada lateral do equipamento, numa posição distanciada dos bocais de descarga, constituído de material não ferroso, isento de pintura e que proporcione boa aderência para fixação da garra (INMETRO, 2004).

3 METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Será realizado pesquisa bibliográfica para elaboração projeto, buscando todas as normatizações técnicas para construção e para documentação equipamento projetado. Realizar estudo de viabilidade de utilização dos materiais fornecidos no mercado para viabilidade da produção.

Através da utilização de software SolidWorks, versão 2016, realizar elaboração, construção e a representação gráfica do modelo do equipamento a ser projetado, efetuando os ensaios de tensão atuantes.

Apresentar o memorial de cálculo referente ao projeto, contendo a descrição completa, com referência aos cálculos utilizados para chegar à condição final do produto, os meios de pesquisa nas normas específicas para esse tipo de fabricação.

3.2 DEFINIÇÃO MATERIAL

Para se iniciar um projeto, devem-se ter as informações iniciais para que o projeto possa atender condições exigidas. Este projeto será de um equipamento para transporte rodoviário tanque, com capacidade para 16.000 (dezesesseis mil) litros com formato cilíndrico, com material em aço carbono AISI 1020, a ser instalado em veículo rodoviário marca/modelo VW Constellation 24.280 V-Tronic.

3.2.1 Cálculo Capacidade Volumétrica

Todo sólido geométrico possui um volume que determina sua capacidade. Os cilindros possuem uma base no formato de circunferência de raio r e altura h , seu volume é dado pela multiplicação entre área da base no formato circular e sua altura conforme indicado equação 18.

Para dimensionamento do equipamento em questão, atendendo regulamentação, cito portaria 208 de 16 de maio de 2016 – INMETRO, volume

contido na altura de espaço vazio deve corresponder a no mínimo 2% da capacidade nominal do tanque de carga.

Equação 18 – Volume do cilindro.

$$V = (\pi \cdot r^2) \cdot h \quad (18)$$

Para o cálculo do sólido em questão devemos observar que o mesmo é constituído de duas semiesferas as quais utilizamos a equação 19 para verificação do volume total.

Equação 19 – Volume semiesfera.

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h^2 \cdot ((3 \cdot r) - h) \quad (19)$$

3.2.1.1 Aplicação Cálculo para obtenção volume

Partindo da informação que o projeto deve atender uma capacidade volumétrica de 16.000 (dezesesseis mil) litros, através da aplicação das equações 18 e 19 obteremos o comprimento de nosso equipamento.

Temos:

$$\text{Volume total} - 16000 + 2\% = 16320l \rightarrow 16,32m^3$$

$$\text{Volume calotas} - V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot (0,34^2) \cdot ((3 \cdot 1) - 0,34) \quad (19)$$

$$V = 0,32m^3 \cdot 2 \rightarrow V = 0,64m^3$$

$$\text{Volume do cilindro} - 15,68m^3 = (\pi \cdot (1^2)m \cdot h) \quad (18)$$

$$h = \frac{15,68m^3}{\pi} \rightarrow h = 4,99m$$

$$\text{Comprimento total equipamento: } 2h_{calota} + h_{cilindro}$$

$$2 \cdot (0,34)m + 4,99m = 5,67m$$

$$\text{Capacidade volumétrica: } \frac{\text{Capacidade em litros}}{\text{Comprimento equipamento}} = l/cm$$

$$\frac{16320 L}{567 cm} = 28,78 l/cm$$

3.2.2 Determinação Espessura Calotas

Conforme norma RTQ 7c do INMETRO, para que o equipamento atenda as exigências o valor da espessura mínima da chapa a ser utilizada deve atender indicação de espessura conforme tabela 4.

A tabela 4 leva em consideração para determinação da espessura mínima utilizada para construção de equipamentos a capacidade volumétrica e material utilizado. Para este projeto será utilizado aço doce (carbono), sendo sua capacidade volumétrica de 28,78 l/cm conforme determinada no item 3.2.1.

Sendo desta maneira definida a espessura mínima para a calota de 4,0 mm conforme indicado figura 8, sendo que conforme regulamentação deverá ser aplicada para construção do projeto uma medida comercial acima da espessura mínima, sendo selecionado a espessura de 4,50 mm, conforme catálogo fornecedor.

Figura 9 – Espessura mínima de calotas.

Capacidade volumétrica do tanque (CV) (l/cm)	CV ≤ 15	15 < CV ≤ 20	20 < CV ≤ 25	CV > 25
AD				
AI	2,5	3,0	3,5	4,0
AL	3,0	3,5	4,0	4,5

Fonte: RTQ 7c (INMETRO, 2004, p.24).

De acordo com espessura mínima indicada para este equipamento, foi realizado do desenvolvimento da calota e quebra ondas conforme pranchas anexo 1 e anexo 2.

3.2.3 Determinação Espessura Costado

Da mesma forma que as calotas para determinação da espessura mínima para o costado seguem conforme indicação da tabela 5. Sendo que para o costado além da capacidade volumétrica e material utilizado leva-se em consideração a distância entre calotas, anteparas, quebra ondas e anéis de reforço.

Com capacidade volumétrica de 28,78 l/cm, material aço doce (carbono) e maior distância entre calotas, quebra ondas e anéis de reforço de 1489,67 mm, será especificado espessura mínima de 3,5 mm, conforme demonstrado na figura 9,

sendo selecionado uma medida acima da mínima de 3,75 mm conforme catalogo comercial.

Figura 10 – Espessura mínima costado.

Capacidade Volumétrica do tanque (CV) (l/cm)	Distância (L) entre calotas, anteparas, quebra ondas, anéis de reforço e circunferências					
	L ≤ 900 mm		900 < L ≤ 1350 mm		L > 1350 mm	
	AD/AL	AL	AD/AL	AL	AD/AL	AL
CV ≤ 15	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0
15 < CV ≤ 20	2,5	3,0	2,5	3,0	3,0	3,5
20 < CV ≤ 25	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0
CV > 25	3,0	3,5	3,5	4,0	3,5	4,5

Fonte: RTQ 7c (INMETRO, 2004, p.24).

De acordo com espessura mínima indicada para este equipamento, e da obtenção dos dados do fornecedor de chapas conforme figura 10, foi realizado do desenvolvimento do costado conforme prancha em anexo 3, 4, 5 e 6.

Figura 11 – Catalogo de produtos Arcelor Mittal

Chapa Fina a Quente – CFQ

Espessura (mm): 1,20 – 1,50 – 1,80 – 2,00 – 2,25 – 2,65 – 3,00 – 3,35 – 3,75 – 4,25 – 4,50 – 4,75

Largura (mm): 1000 – 1200 – 1500 – 1800

Comprimento (mm): 2000 – 3000 – 6000 – 12000

Espessura		Massa
pol./MSG	mm	kg/m ²
18"	1,20	9,42
16"	1,50	11,78
14"	1,90	14,92
14"	2,00	15,70
13"	2,25	17,66
12"	2,65	20,80
11"	3,00	23,55
10"	3,35	26,30
09"	3,75	29,44
09"	4,00	31,40
08"	4,25	33,36
07"	4,50	35,32
3/16"	4,75	37,29

Fonte: Catalogo Chapas/Tiras/Blanks/Rolos (Arcelor Mittal, outubro 2009, p.3).

3.2.4 Dimensionamento de soldas

Conforme equação 8 para dimensionamento de juntas de topo à tração temos:

$$\sigma = \frac{F}{(b_1 + b_2) \cdot L} \quad (8)$$

$$F = 56 \frac{N}{mm^2} \cdot ((3,75 + 1,875) \cdot 800)mm \rightarrow F = 252KN$$

Conforme equação 10 para dimensionamento de juntas de topo por cisalhamento temos:

$$\tau = \frac{0,707 \cdot F}{L \cdot b} \quad (10)$$

$$\tau = 0,8 \cdot \sigma \rightarrow \tau = 0,8 \cdot 46 \frac{N}{mm^2} \rightarrow \tau = 36,8 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau = \frac{0,707 \cdot F}{L \cdot b} \rightarrow 36,8 \frac{N}{mm^2} = \frac{0,707 \cdot F}{(800mm \cdot 3,75mm)} \rightarrow F = 156,15KN$$

Conforme equação 7 e 10 para dimensionamento de juntas em ângulo para tração temos:

$$\sigma = \frac{F}{b \cdot L} \rightarrow 56 \frac{N}{mm^2} = \frac{F}{3,75mm \cdot 800mm} \rightarrow F = 168 \frac{KN}{mm^2} \quad (7)$$

$$\tau = \frac{0,707 \cdot F}{L \cdot b} \rightarrow \tau = \frac{0,707 \cdot 168 \frac{KN}{mm^2}}{3,75mm \cdot 800mm} \rightarrow \tau = 39,59 \frac{N}{mm^2} \quad (10)$$

3.3 ELABORAÇÃO DE PEÇAS

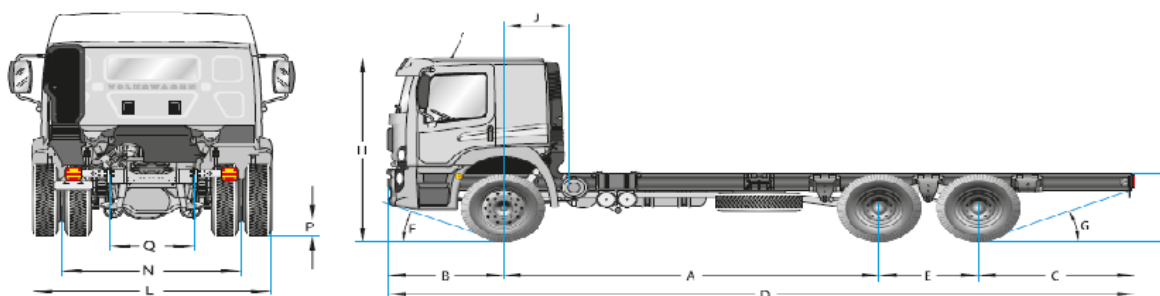
3.3.1 Chassi

Para realizar o dimensionamento desta peça em específico foi necessário buscar as informações técnicas referentes ao veículo a qual seria realizado a instalação do equipamento. Tendo posse destas informações conforme ilustrada na figura 12, obtemos as dimensões para realizar o dimensionamento do chassi do equipamento.

Figura 12 – Dimensões técnicas veículo

DIMENSÕES (mm)

Distância entre-eixos 1º ao 2º (eixos extremos 1º ao 3º)	A	3.560 (4.784)	4.800 (6.024)	5.207 (6.431)
Balanço dianteiro	B		1.511	
Balanço traseiro	C	1.180	2.271	1.858
Comprimento total	D	7.475	9.806	9.800
Distância entre-eixos traseiros (2º ao 3º)	E		1.224	
Ângulo de entrada	F		20º	
Ângulo de saída	G	39º	15º	17º
Altura-cab est/leito teto baixo/leito teto alto	H		2.872 / 2.872 / 3.286	
Altura da Plataforma de Carga	I		1.077	
Dist. mín. entre eixo dianteiro e carroceria cab est / leito teto baixo / leito teto alto	J		660 / 800 / 800	
Largura máxima dianteira (com retrovisores / sem retrovisores)	K		2.997 / 2.507	
Largura máxima traseira	L		882	
Bitola dianteira	M		2.113	
Bitola traseira	N		1.845	
Vão livre dianteiro	O		226	
Vão livre traseiro	P		215	
Largura entre longarinas (extremos)	Q		882	
Diâmetro de giro (m)		16,8	19,2	20,5



Fonte: Especificações Técnicas (MAN Caminhões, abril 2015, p.2).

De posse das dimensões do veículo foi realizado o dimensionamento do chassi do equipamento conforme anexo 14 e 15.

3.3.2 Anel de reforço

Em equipamentos cilíndricos é recomendado a instalação de anéis de reforço para aumento da resistência do equipamento, e mediante a instalação destes podemos reduzir o número de quebra ondas.

Esta peça foi dimensionada conforme anexo 7, e realizado utilizando equação 17, o cálculo do modulo de resistência da seção transversal.

Então para aço carbono utilizamos:

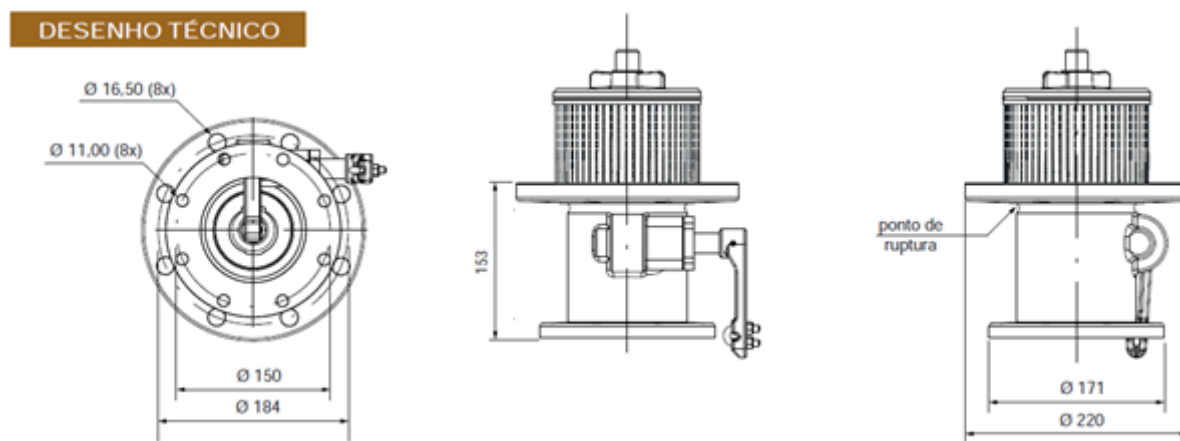
$$W(\min) = 0,0006858 \cdot D \cdot L \quad (17)$$

$$W(\min) = 0,0006858 \cdot 200\text{cm} \cdot 140\text{cm} \rightarrow W(\min) = 19,20\text{cm}^3$$

3.3.3 Suporte para válvula de fundo

A válvula de fundo é um dispositivo a qual tem por finalidade a retenção do produto no interior do equipamento. Mediante os dados técnicos do fabricante da peça realizou-se o dimensionamento de seu suporte para instalação no fundo do equipamento, conforme anexo 13.

Figura 13 – Desenho técnico válvula de fundo.



Fonte: Catálogo Técnico Válvula de fundo reta (VLADOS, outubro 2017, p.2).

3.3.3.1 Dimensionamento união parafusada

Conforme informações obtidas através de catálogo técnico da válvula de fundo, a instalação da mesma deverá ser realizada mediante junta parafusada a qual foi realizada verificação de seu dimensionamento quanto a resistência mediante tensão normal. (Fonte: Catálogo Técnico Válvula de fundo reta VLADOS, outubro 2017)

$$A_f = \frac{\pi \cdot (d_f)^2}{4} \quad (1)$$

$$A_f = \frac{\pi \cdot (17,025\text{mm})^2}{4} = 227,64\text{mm}^2$$

$$d_f = D - 0,65 \cdot p$$

$$d_f = 18\text{mm} - 0,65 \cdot 1,50 \rightarrow d_f = 17,025\text{mm}$$

Força de montagem

$$F_i = 2850 \cdot D$$

$$F_i = 2850 \cdot 18mm \rightarrow F_i = 51300N \quad (5)$$

Quando da utilização de junta multiplicar por 0,5. Onde para esta montagem se utiliza junta de borracha ou de cortiça.

$$F_i = 51300N \cdot 0,5 \rightarrow F_i = 25650N \quad (5)$$

Tensão de montagem

$$\theta_i = \frac{F_i}{Af} \rightarrow \theta_i = \frac{25650N}{227,64mm^2} = 112,67 N/mm^2 \quad (3)$$

Torque de montagem

$$T_i = C_2 \cdot D \cdot F_i \quad (6)$$

Onde:

$C_2 = 0,2$ (para montagem sem lubrificação)

$C_2 = 0,15$ (para montagem com lubrificação)

Então:

$$T_i = 0,2 \cdot 0,018m \cdot 25650N \rightarrow T_i = 92,34N.m \quad (6)$$

Assim:

$$F_t = F_i + K \cdot F_e \quad (4)$$

Onde:

$K = 0,5$ (não existe junta); $K = 0,6$ (junta de asbesto e cobre);

$K = 0,65$ (junta de fibra); $K = 0,8$ (junta com borracha).

F_e = Carga externa no parafuso

$$F_t = 25650N + 0,65 \cdot 393,44N$$

$$F_t = 25,90KN \rightarrow 2,64 Kgf \quad (4)$$

Sendo assim estaremos utilizando 8 (oito) parafusos M18 DIN 13.ISO 724/965.1 ao qual seu torque de montagem será de 2,64 Kgf por unidade.

Seguindo o mesmo processo realizou-se o cálculo para a fixação da junta parafusada da parte inferior da válvula de fundo que é ligada a tubulação de descarga do equipamento.

$$Af = \frac{\pi \cdot (df)^2}{4} \quad (1)$$

$$Af = \frac{\pi \cdot (11,35mm)^2}{4} = 101,17mm^2$$

$$df = D - 0,65 \cdot p$$

$$df = 12mm - 0,65 \cdot 1,00 \rightarrow df = 11,35mm$$

Força de montagem

$$Fi = 2850 \cdot D \quad (5)$$

$$Fi = 2850 \cdot 12mm \rightarrow Fi = 34200N$$

Quando da utilização de junta multiplicar por 0,5. Onde para esta montagem se utiliza junta de borracha ou de cortiça.

$$Fi = 34200N \cdot 0,5 \rightarrow Fi = 17100N \quad (5)$$

Tensão de montagem

$$\theta_i = \frac{17100N}{101,17mm^2} = 169,02 \text{ N/mm}^2 \quad (3)$$

Torque de montagem

$$Ti = 0,2 \cdot 0,012m \cdot 17100N \rightarrow Ti = 41,04N.m \quad (6)$$

Assim:

$$F_t = 17100N + 0,65 \cdot 334,01N \quad (4)$$

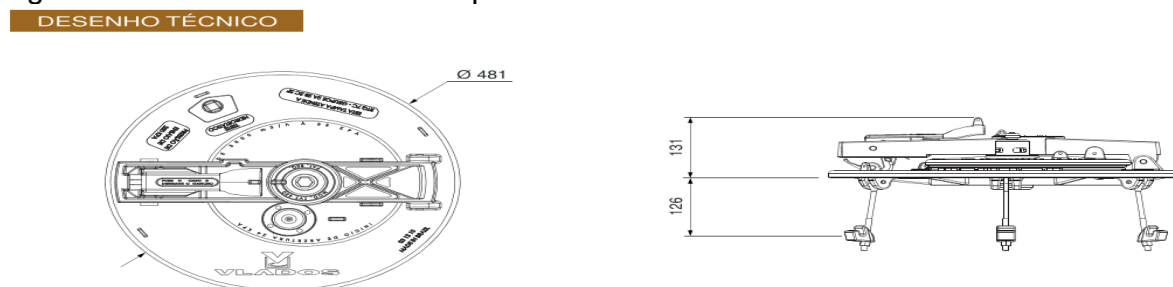
$$F_t = 17,31KN \rightarrow 1,76 \text{ Kgf}$$

Sendo assim estaremos utilizando 8 (oito) parafusos M12 DIN 13.ISO 724/965.1 ao qual seu torque de montagem será de 1,76 Kgf.

3.3.4 Boca de visita

Todos os equipamentos destinados ao transporte de produtos perigosos, devem possuir acesso ao seu interior mediante boca de visita, a qual realizou-se o desenvolvimento conforme anexo 12, sendo levados em consideração as dimensões fornecidas por fabricante da tampa da boca de visita, conforme figura 14

Figura 14 – Desenho técnico tampa de visita.



Fonte: Catálogo Técnico Tampa de Visita (VLADOS, outubro 2017, p.2).

3.4 LISTA DE MATERIAIS

Para execução deste projeto foi realizado relação de materiais a serem utilizados.

Tabela 8 – Lista de matérias.

Item	Descrição	Qtde
1	Chapa de aço 3,75 mm AISI 1020	876,07 Kg
2	Chapa de aço 4,50 mm AISI 1020	550,36 Kg
3	Chapa de aço 3,50 mm AISI 1020	110,92 Kg
4	Arame de solda sólido ESAB 1,2mm	603,105 kg
5	Válvula de fundo reta VLADOS	01 Pç
6	Tampa da boca de visita VLADOS	01 Pç
7	Válvula de fechamento rápido VLADOS	02 Pç
8	Parafuso M18 x $\frac{1}{2}$ classe 8.8	08 Pç
9	Parafuso M12 x $\frac{1}{2}$ classe 8.8	08 Pç
10	Tubulação 3" x $\frac{3}{8}$ aço carbono	1,2 m

Fonte: Autor.

3.5 ANÁLISE ESTRUTURAL EQUIPAMENTO

Para esta análise foram realizadas duas simulações para verificação estrutural do equipamento, sendo uma simulação aplicar uma carga estática, ou seja, realizou aplicação de uma força distribuída sobre a extensão do equipamento, e a outra simulação levou-se em consideração o equipamento como um vaso de pressão, sendo aplicar uma pressão interna ao equipamento.

Lembrando que o processo de simulação do software SolidWorks versão 2016, não trabalha por elementos finitos, ou seja, ele não é vetorizado, devendo ser desconsiderado alguns valores de deformações apresentadas pela simulação.

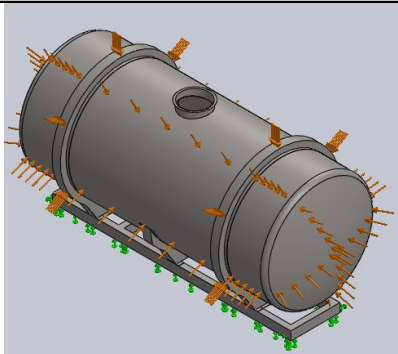
3.5.1 Simulação de aplicação de força distribuída

Tabela 9 – Propriedades do estudo

Nome do estudo	Análise estática
Tipo de malha	Malha sólida
Efeito térmico	Ativada
Temperatura de deformação	298 Kelvin
Unidades	
Sistema de unidades	SI (MKS)
Comprimento / Deslocamento	Mm
Temperatura	Kelvin
Velocidade Angular	Rad/s
Pressão / Tensão	N/m ²

Fonte: SolidWorks Simulation.

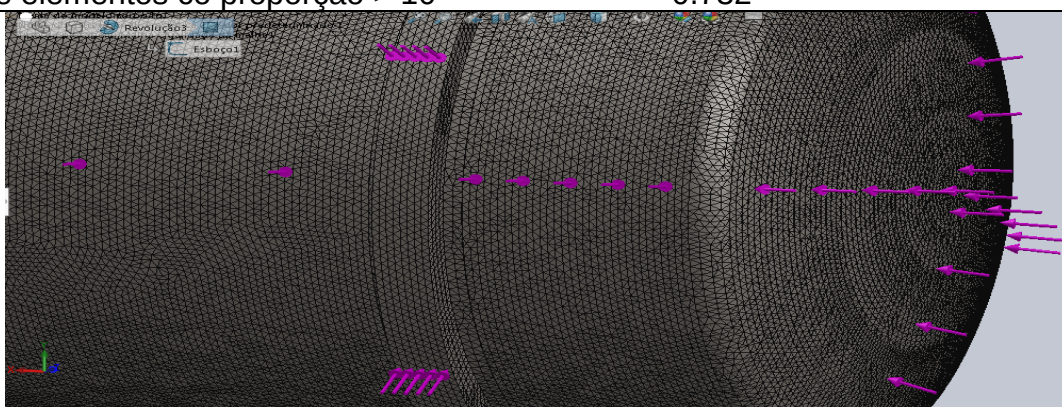
Tabela 10 – Propriedades do material

Referência do modelo	Propriedades
	Nome: AISI 1020
	Tipo do modelo: Isotrópico linear elástico
	Critério de falha: Desconhecido
	Limite de escoamento: 3.5157e+008 N/m ²
	Resistência a tração: 4.20507e+008 N/m ²
	Modulo elástico: 2e+011 N/m ²
	Coefficiente de Poisson: 0.29
	Massa específica: 7900 Kg/m ³
	Módulo de cisalhamento: 7.7e+010 N/m ²
	Coefficiente de expansão térmica: 1.5e-005/Kelvin

Fonte: SolidWorks Simulation.

Tabela 11 – Detalhes da malha

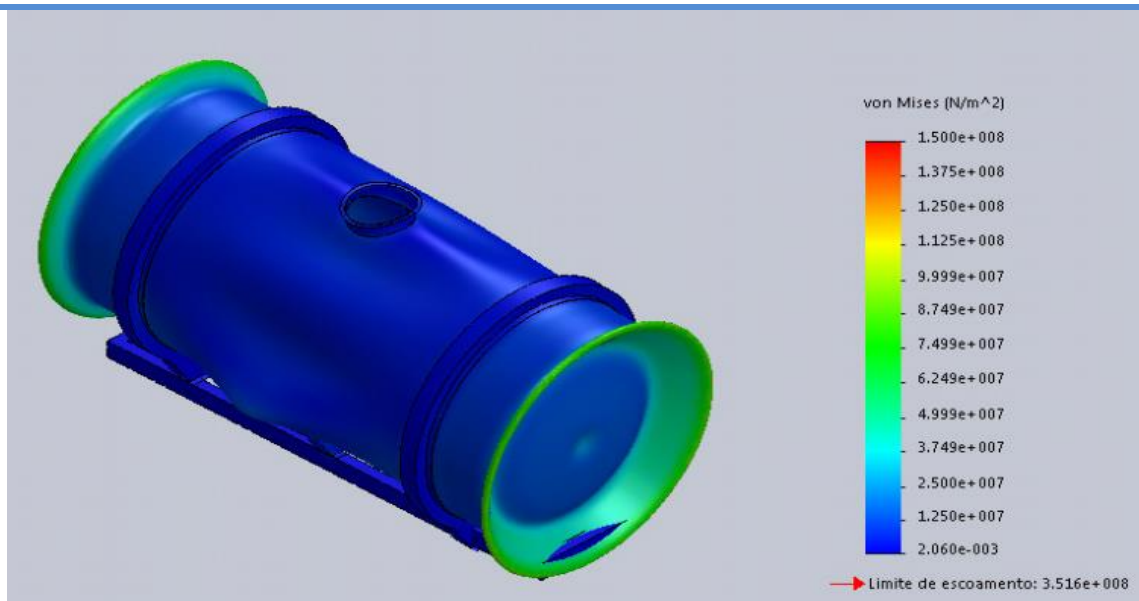
Tipo de malha	Malha sólida
Gerador de malhas usado:	Malha com base em curvatura
Pontos jacobianos:	4 pontos
Tamanho Maximo de elemento	25 mm
Tamanho de elemento mínimo:	1.25 mm
Qualidade da malha	Alta
Detalhes	
Total de nós	1339910
Total de elementos	748776
Proporção máxima	734.5
% de elementos co proporção < 3	43
% de elementos co proporção > 10	0.732



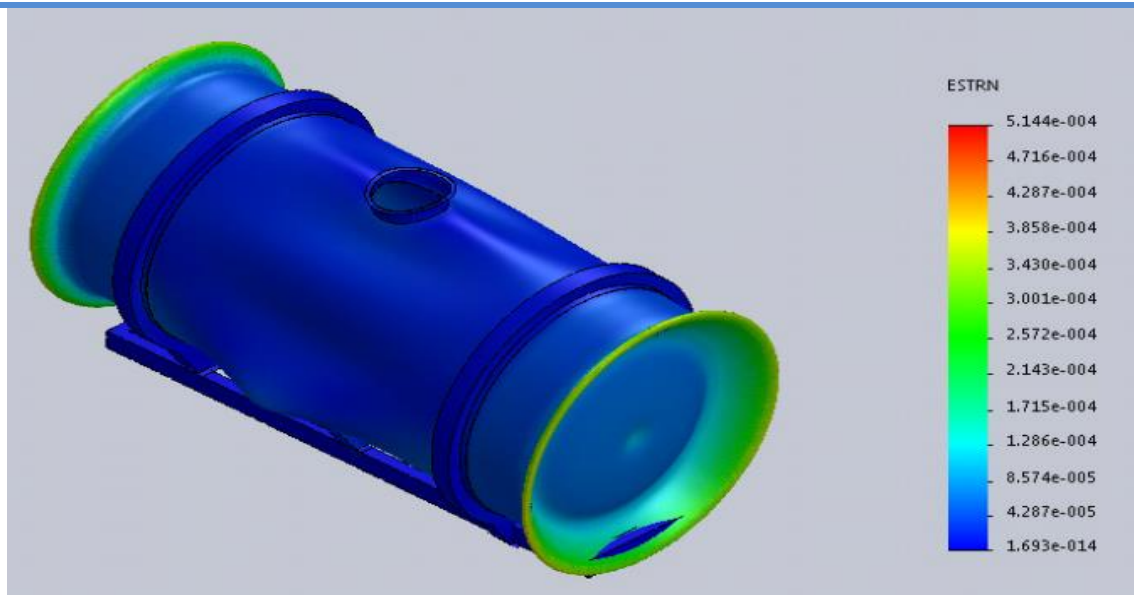
Fonte: SolidWorks Simulation.

Tabela 12 – Resultados do estudo carga distribuída

Nome	Tipo	Mín.	Máx.
Tensão	VON: tensão de von Mises	0.00205966 N/m ² Nó: 230964	1.49979e+008 N/m ² Nó: 140527



Nome	Tipo	Mín.	Máx.
Deformação	ESTRN : Deformação equivalente	1.69294e-014 Elemento: 294068	0.000514434 Elemento: 93796

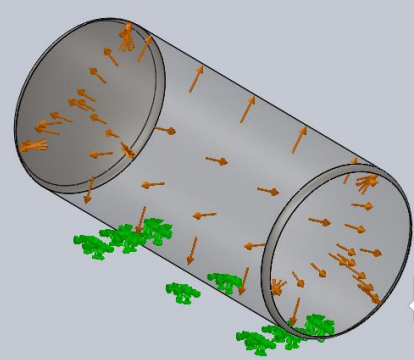


Fonte: SolidWorks Simulation.

3.5.2 Simulação vaso de pressão

Para esta simulação as propriedades do estudo conforme indicado tabela 9 e a composição da malha demonstrada na tabela 11 serão aproveitadas para esta análise tendo em vista somente a modificação do sentido da força aplicada, que para este estudo consideramos como pressão.

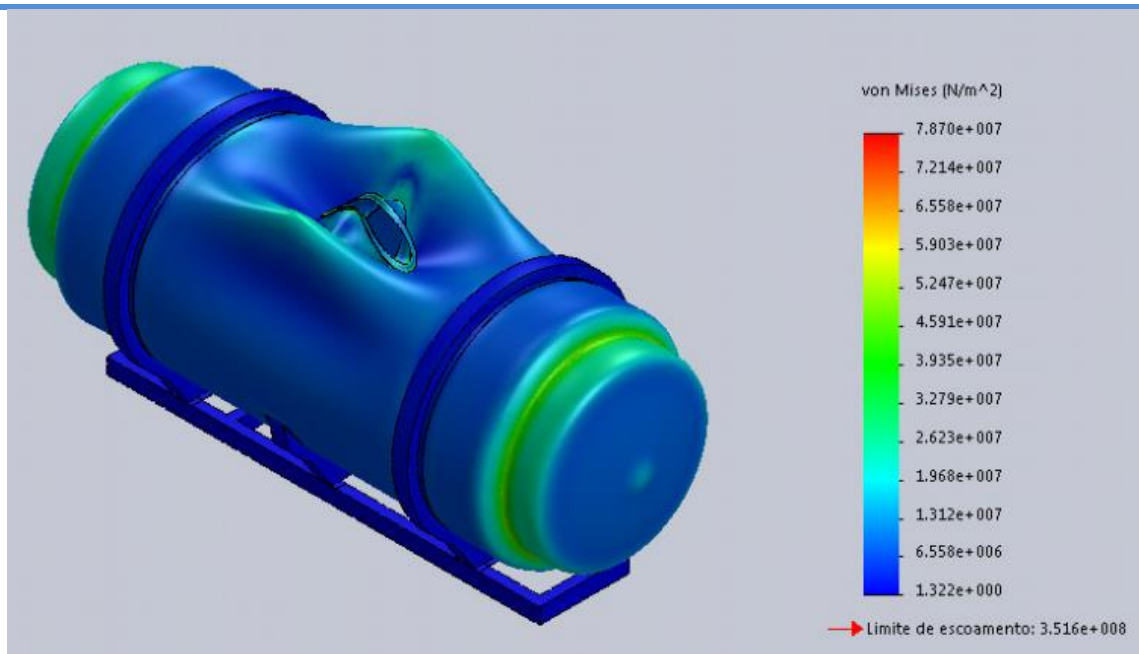
Tabela 13 – Propriedades do material

Referencia do modelo	Propriedades
	Nome: AISI 1020 Tipo do modelo: Isotrópico linear elástico Critério de falha: Desconhecido Limite de escoamento: 3.5157e+008 N/m² Resistência a tração: 4.20507e+008 N/m² Modulo elástico: 2e+011 N/m² Coefficiente de Poisson: 0.29 Massa específica: 7900 Kg/m³ Módulo de cisalhamento: 7.7e+010 N/m² Coefficiente de expansão térmica: 1.5e-005/Kelvin

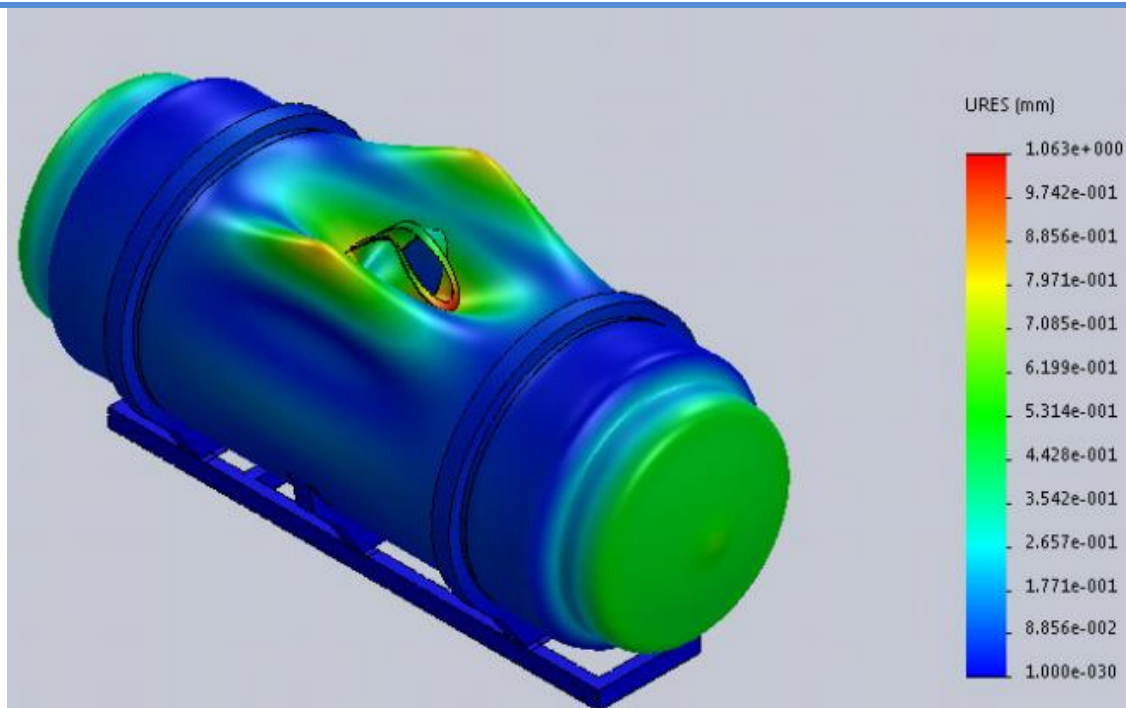
Fonte: SolidWorks Simulation.

Tabela 14 – Resultado do estudo pressão

Nome	Tipo	Mín.	Máx.
Tensão1	VON: tensão de von Mises	1.32227 N/m ² Nó: 963264	7.87e+007 N/m ² Nó: 136547



Nome	Tipo	Mín.	Máx.
Deslocamento1	URES: Deslocamento resultante	0 mm Nó: 39	1.06274 mm Nó: 4911



Fonte: SolidWorks Simulation.

4 CONCLUSÃO

Durante a elaboração deste projeto, levou-se em consideração a utilização das normas regulamentadoras, RTQ 7c - Inspeção na Construção de Equipamentos para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos a Granel – INMETRO, verificou-se a importância desta regulamentação para realização de projetos de novos equipamentos.

Através da análise estática obtida mediante a simulação em software Solidworks, versão 2016, onde foi aplicada a força da gravidade somada as cargas do reservatório, para essa carga utilizamos como referência foi considerado o produto diesel a qual sua densidade é considerada de 0,853 Kg/L, mais a carga de seus componentes, onde a mesma foi distribuída ao longo do cilindro. Com isso obtemos as reações nos apoios, no reforço central e na face interna dos berços de sustentação, onde o equipamento apresentou um comportamento aceitável, porém mostram algumas reações importantes as falhas do projeto, onde podem ser implementados modificações para sanar possíveis danos.

Em relação carga a ser transportada no veículo definido para instalação do equipamento, o mesmo conforme dados do fabricante, possui a capacidade de peso bruto total de 23000 Kg, sendo que a tara deste veículo indicada pelo fabricante de 6640 Kg, somado a tara prevista para equipamento 2140,45 Kg mais o peso do produto considerando a pior condição do produto diesel sendo de 13647 Kg obtemos um somatório total de 22427,45 Kg, concluindo que a carga a ser transportada pelo veículo/equipamento atenderá a condição do limite do peso bruto total de 23000 Kg.

Cabe ainda ressaltar que este trabalho não se encerra por aqui, sendo ainda necessário realizar o estudo para levantamento de custos de produção visando a possível viabilidade econômica para implantação da fabricação deste equipamento.

5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Realizar pesquisa para utilização de outros materiais para fabricação do equipamento, verificando as exigências específicas para o produto a ser transportado.

Elaboração de procedimento de montagem do equipamento, podendo assim se realizar um controle de produção em todas as etapas da fabricação, reduzindo índices de falhas, objetivando maior qualidade para o produto final.

Estudo dos equipamentos fabricados com os materiais disponíveis no mercado, aço carbono, alumínio e inox, verificando custo de fabricação, durabilidade do equipamento, manutenção, capacidade de carga e resistência ao desgaste.

Fazer levantamento de custos para implantação de fabricação e documentação de equipamentos tanques para transporte rodoviário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 06835**: Classificação das Temperas do Alumínio. Brasília-DF, 2000.

ANTONIO, Carlos da F. Bragança Pinheiro; **Estruturas Metálicas** (Ligações soldadas, espessuras mínimas de perna de solda e espessura mínimas de garganta efetiva), São Paulo-SP, 2ª Edição – 2005.

BRASIL, Denatran. **Portaria nº 27** (estabelece procedimento para cadastramento de instaladores/fabricantes de equipamentos veiculares (carroçaria) e emissão de certificado de adequação) Brasília – DF, DOU, publicado em 07 de maio de 2002.

BRASIL, INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Portaria n.º 31** (estabelece procedimento a ser utilizado para capacitação técnico operacional de empresas que necessitam obter o específico de marca-modelo-versão) Rio de Janeiro-RJ, DOU, Publicado em 22 de janeiro de 2004;

BRASIL, INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **RTQ 7c** - Inspeção na Construção de Equipamentos para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos a Granel - Líquidos com Pressão de Vapor Até 175 kPa – Rio de Janeiro-RJ, 2004;

FADIGA, (Engenharia) (Consiste em tipos de falha mecânica) [https://pt.wikipedia.org/wiki/Fadiga_\(engenharia\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Fadiga_(engenharia)). Acessado em 27/JUN/17.

FERMAC, **Tratamento Térmico** disponível em <http://tratamentotermico.com/tempera.html>. Acessado em 29/ABR/17.

LAMARTINE, Bezerra da Cunha; **Elementos de Máquinas** (Dimensionamento de uniões por parafusos, Dimensionamento de uniões soldadas), LTC – Rio de Janeiro-RJ, 2005.

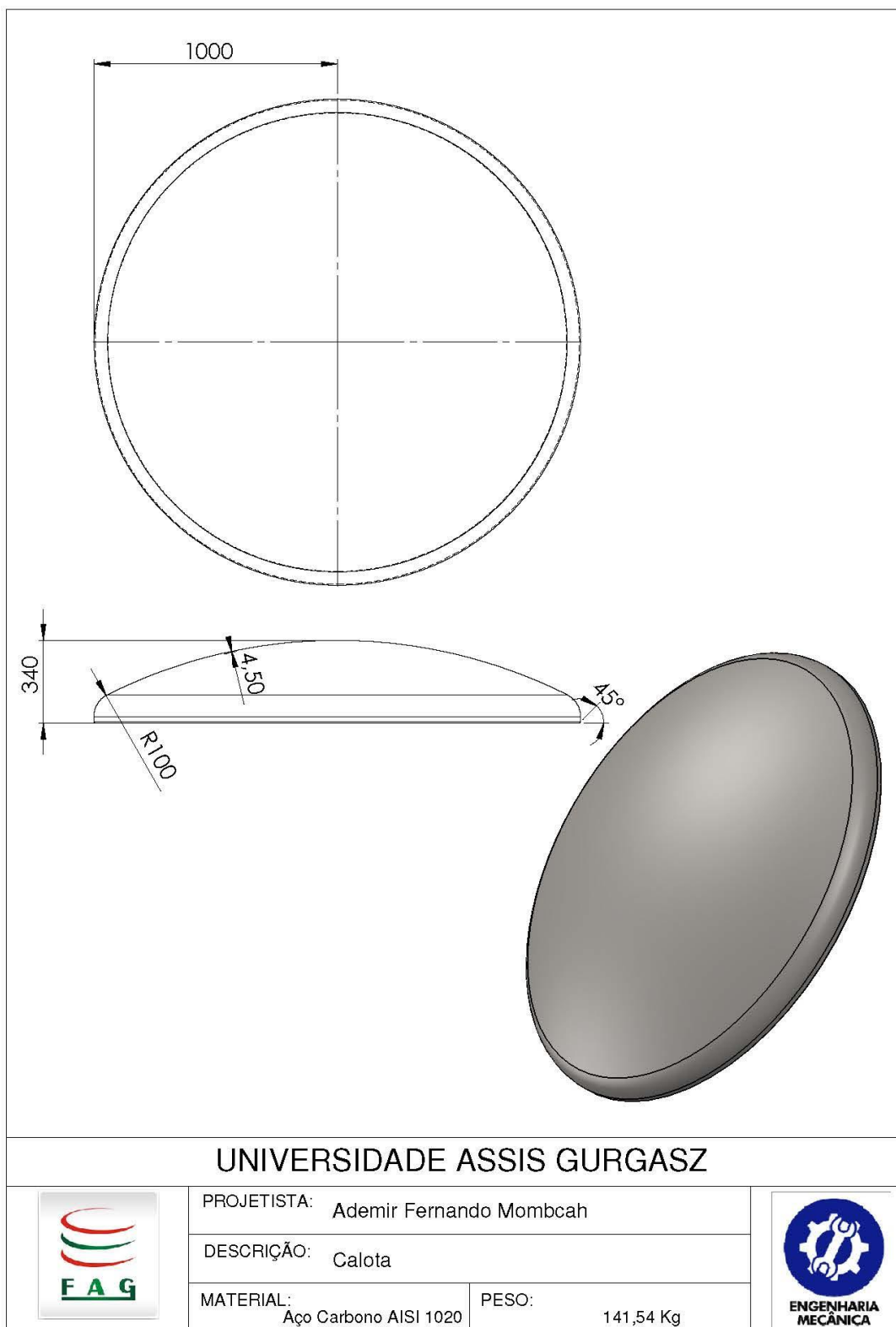
MAN Caminhões, **Especificações Técnicas** (Informações técnicas veículo marca VW, modelo Constellation 24.280 V-Tronic), disponível em <https://www.man-la.com/produtos-volkswagen/modelo/constellation-7/24-280-6x2-v-tronic-44>. Acessado em 28/OUT/17.

Portaria nº208, INMETRO, **Regulamento Técnico Metrológico** (Este regulamento tem como objetivo estabelecer condições a que devem satisfazer os tanques de carga montados sobre veículos rodoviários automotrizes, semi reboques e reboques), Duque de Caxias-RJ, 06/MAI/06.

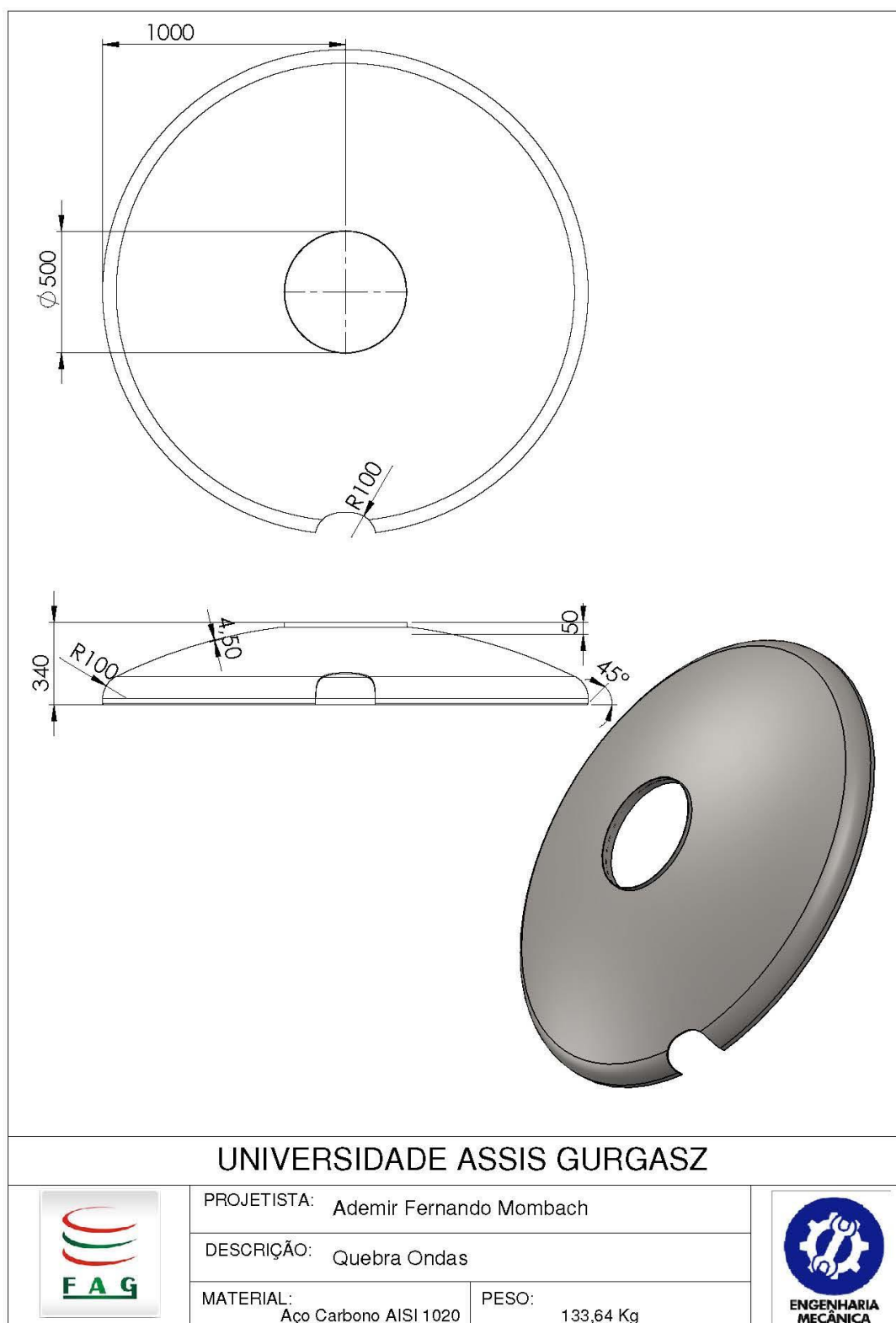
UFRGS **Fadiga** (Estudo apresentado sobre em que consiste a fadiga de um material) disponível em www.ufrgs.br/lapec/wa_files/corros_c3_a3o-fadiga.pdf. Acessado em 27/JUN/17.

VLADOS, **Catálogos Técnicos** (Válvula de fundo, tampa de visita, válvula de fecho rápido) disponível em http://www.vlados.com.br/website/loja_cats.asp?loja_cat=4. Acessado em 24/OUT/2017.

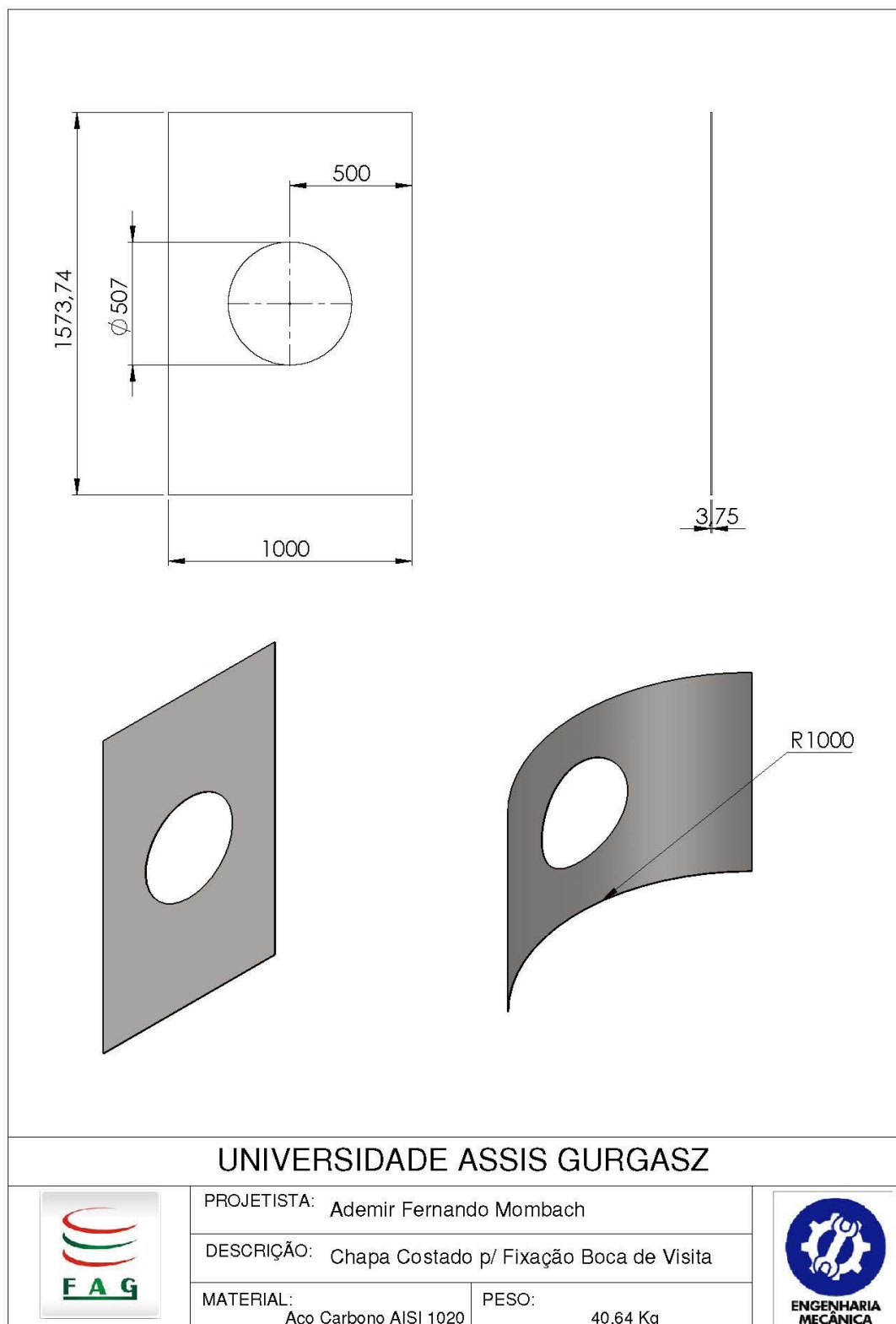
ANEXO 1 - CALOTA



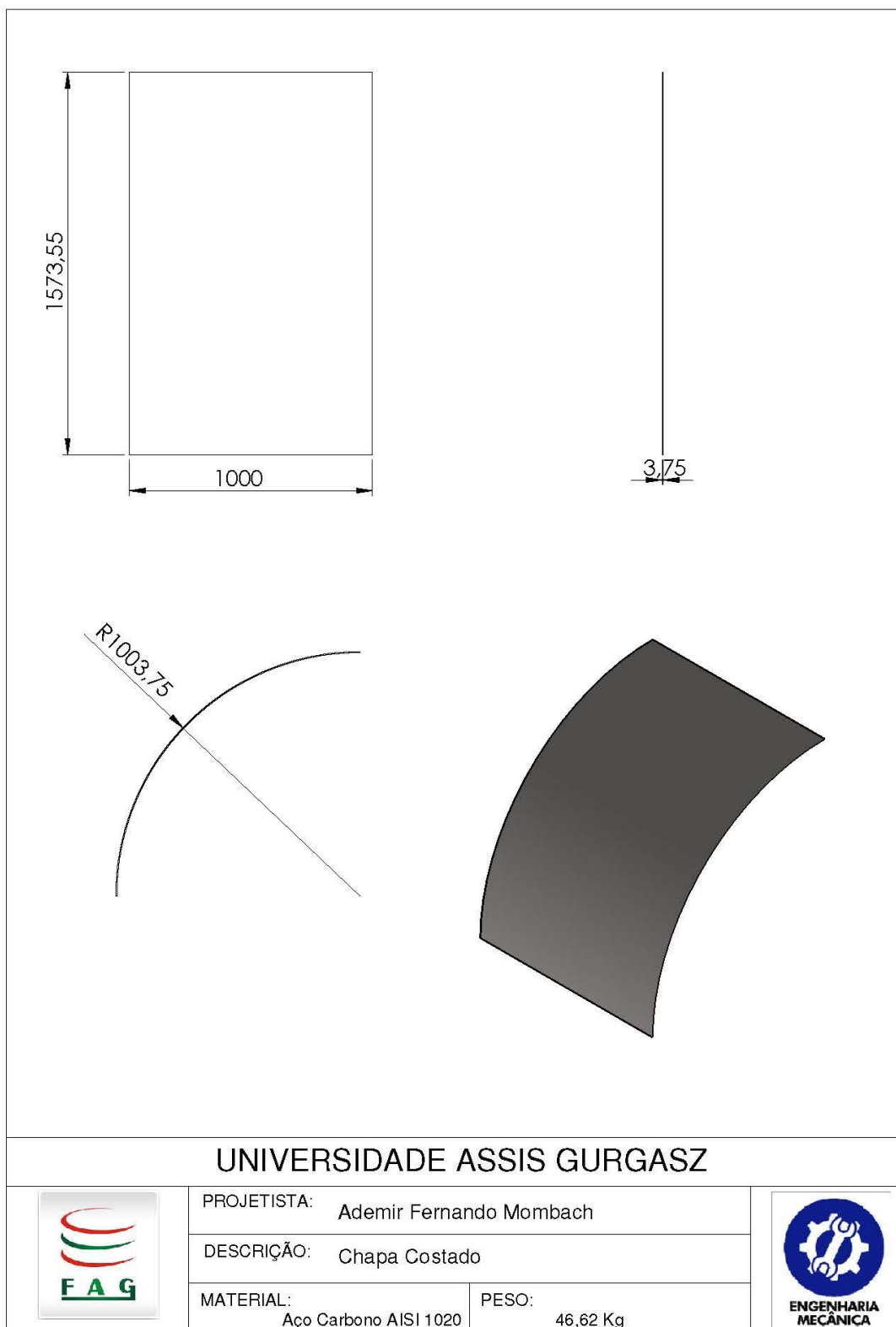
ANEXO 2 – QUEBRA ONDAS



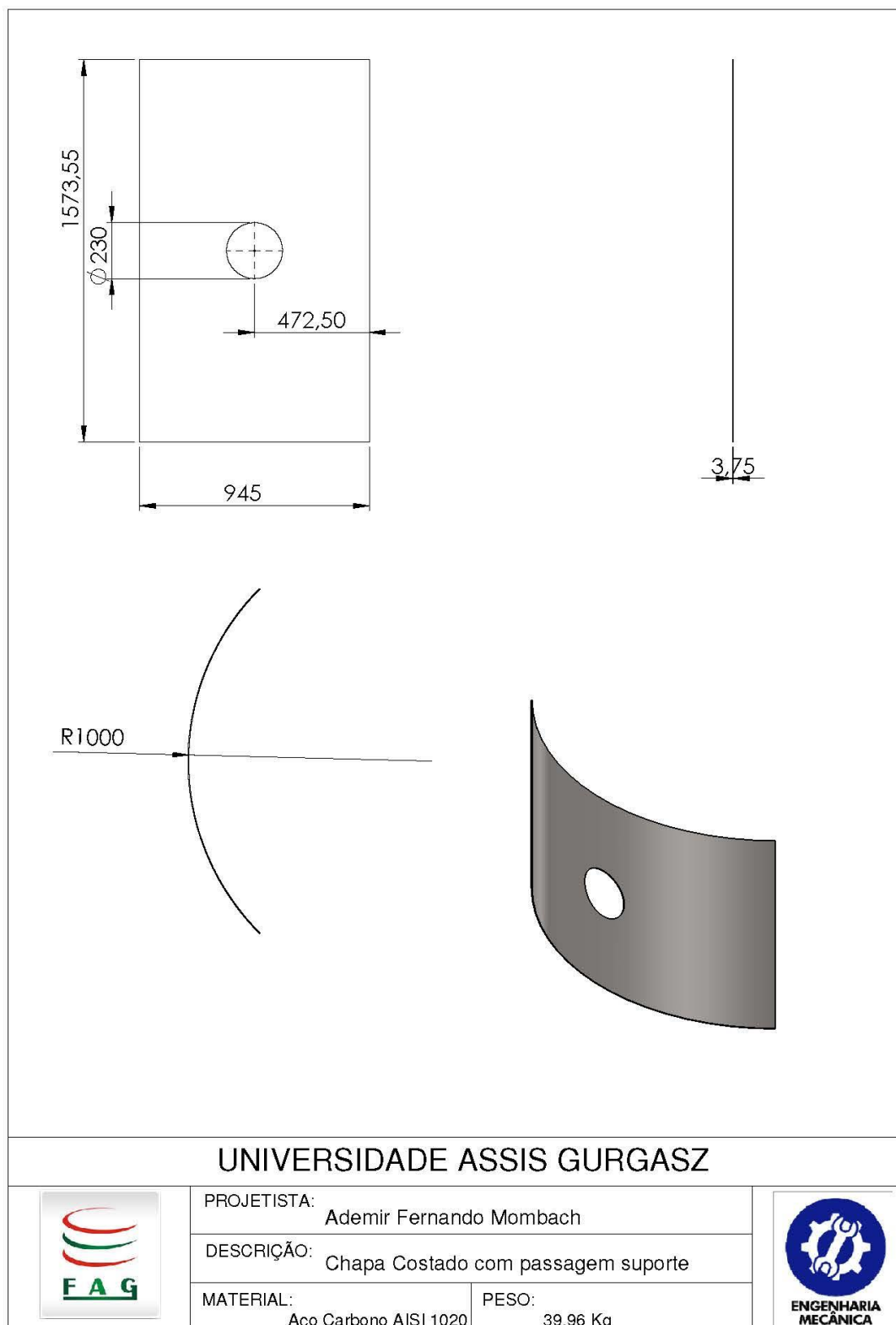
ANEXO 3 – CHAPA COSTADO COM POSICIONAMENTO BOCA DE VISITA



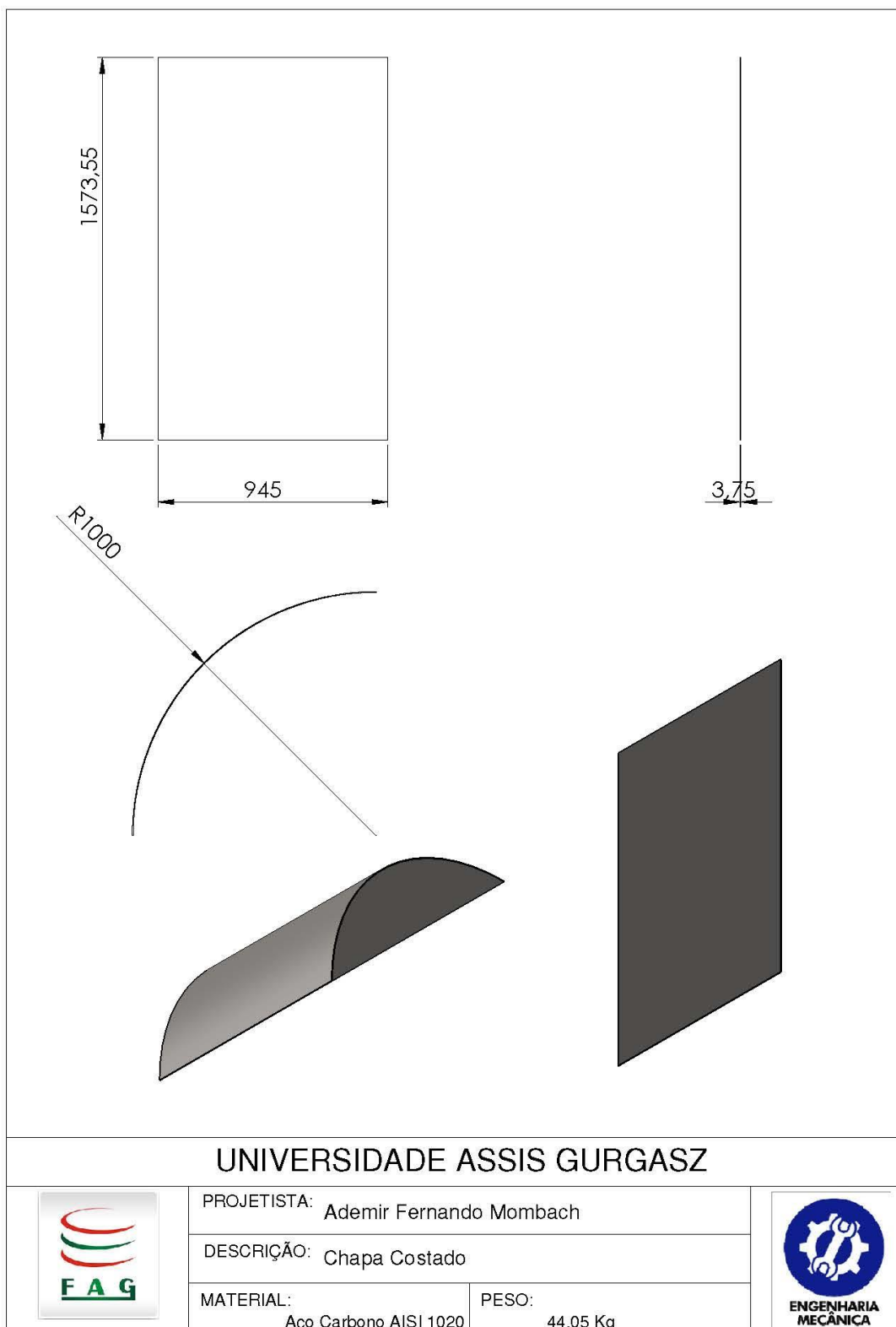
ANEXO 4 – CHAPA COSTADO



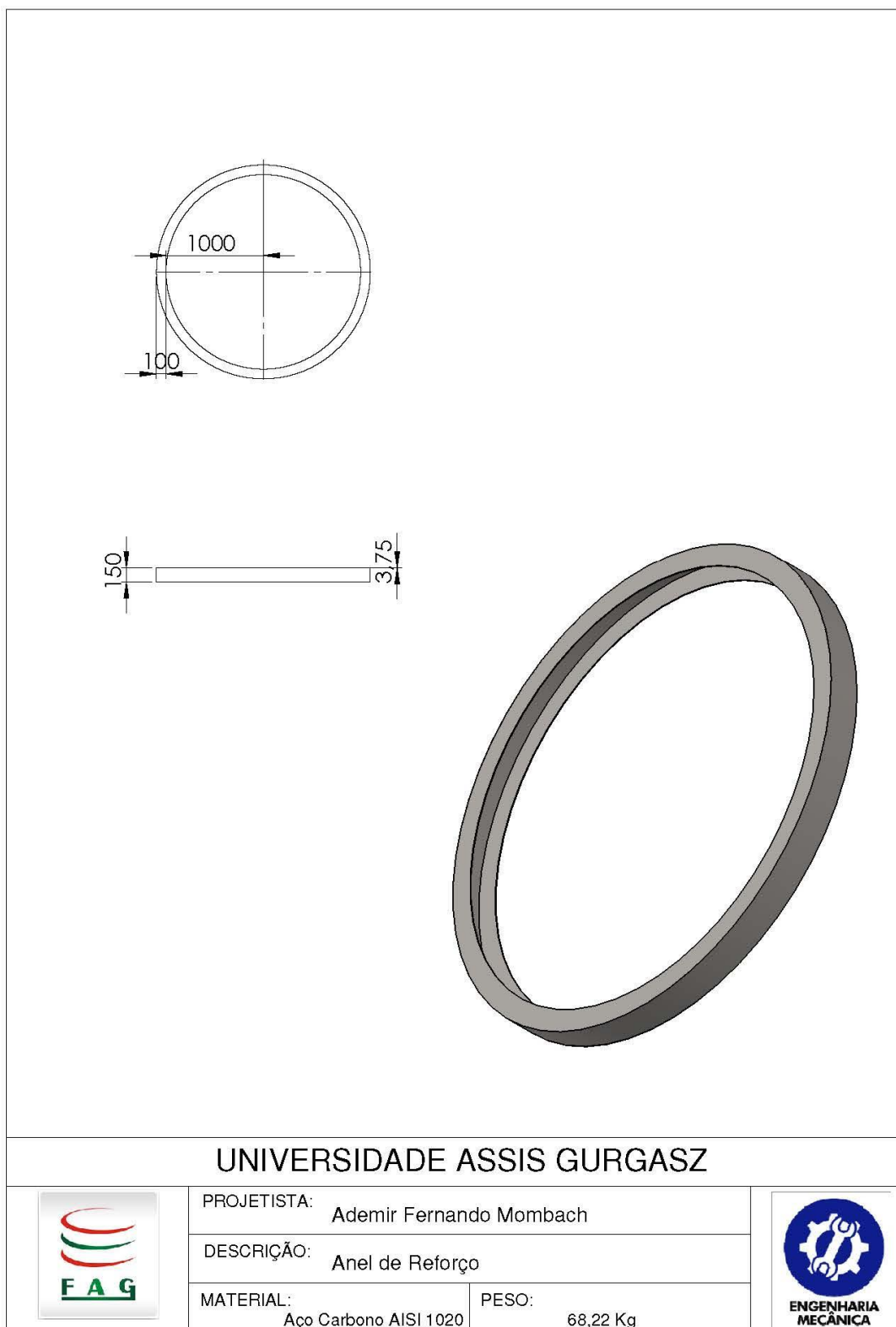
ANEXO 5 – CHAPA COSTADO COM POSICIONAMENTO SUPORTE DE VÁLVULA



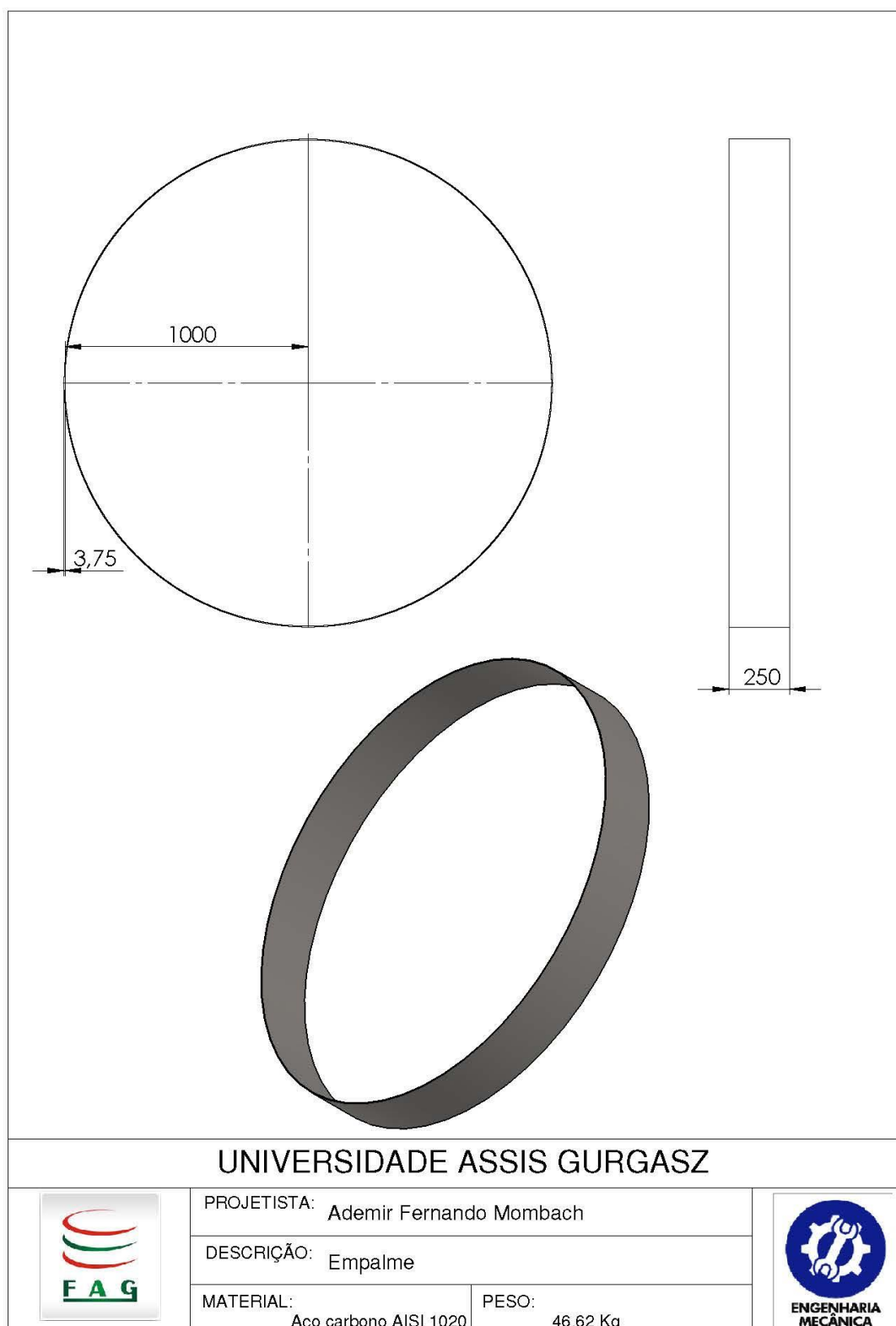
ANEXO 6 – CHAPA DO COSTADO



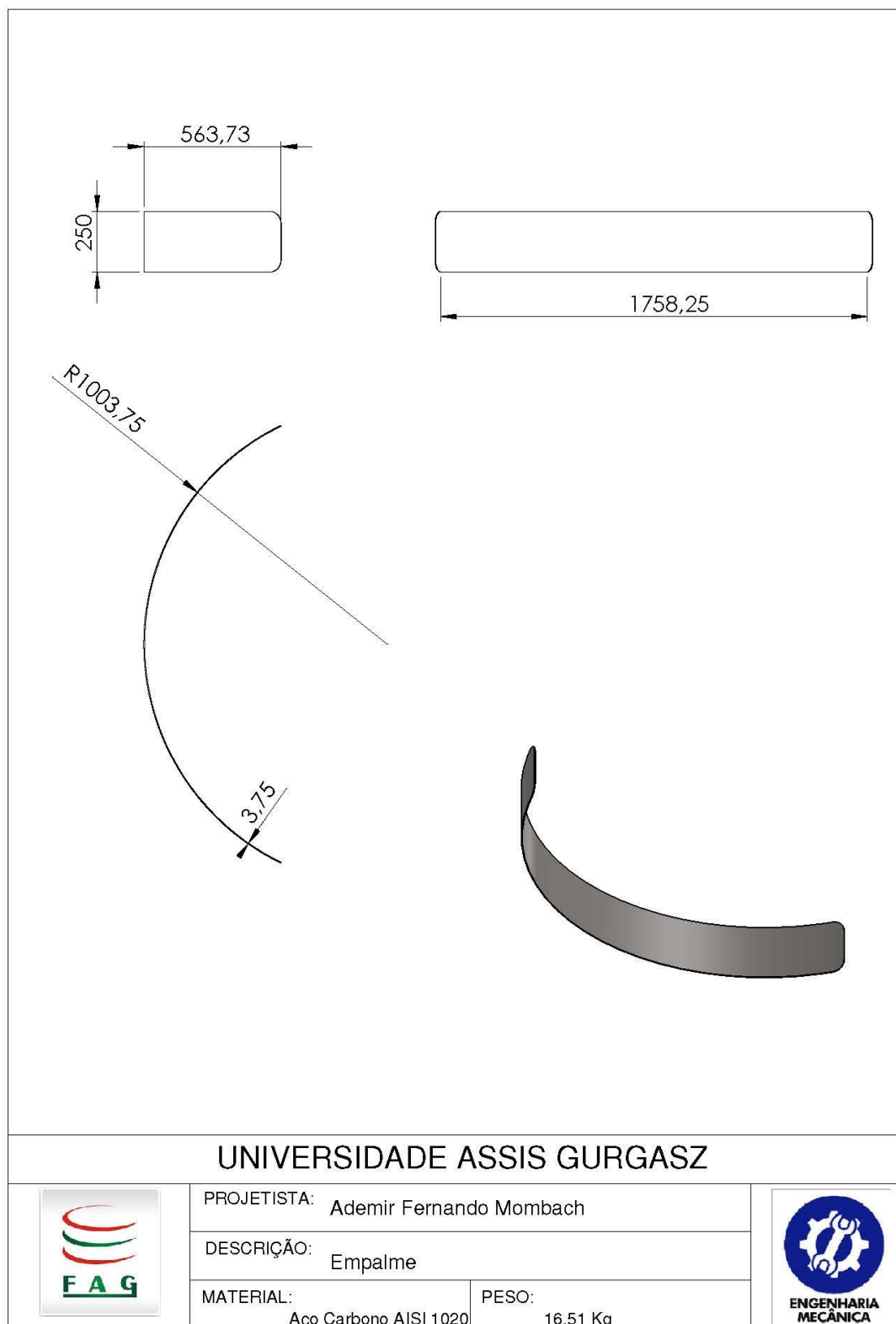
ANEXO 7 – ANEL DE REFORÇO CIRCUNFERENCIAL



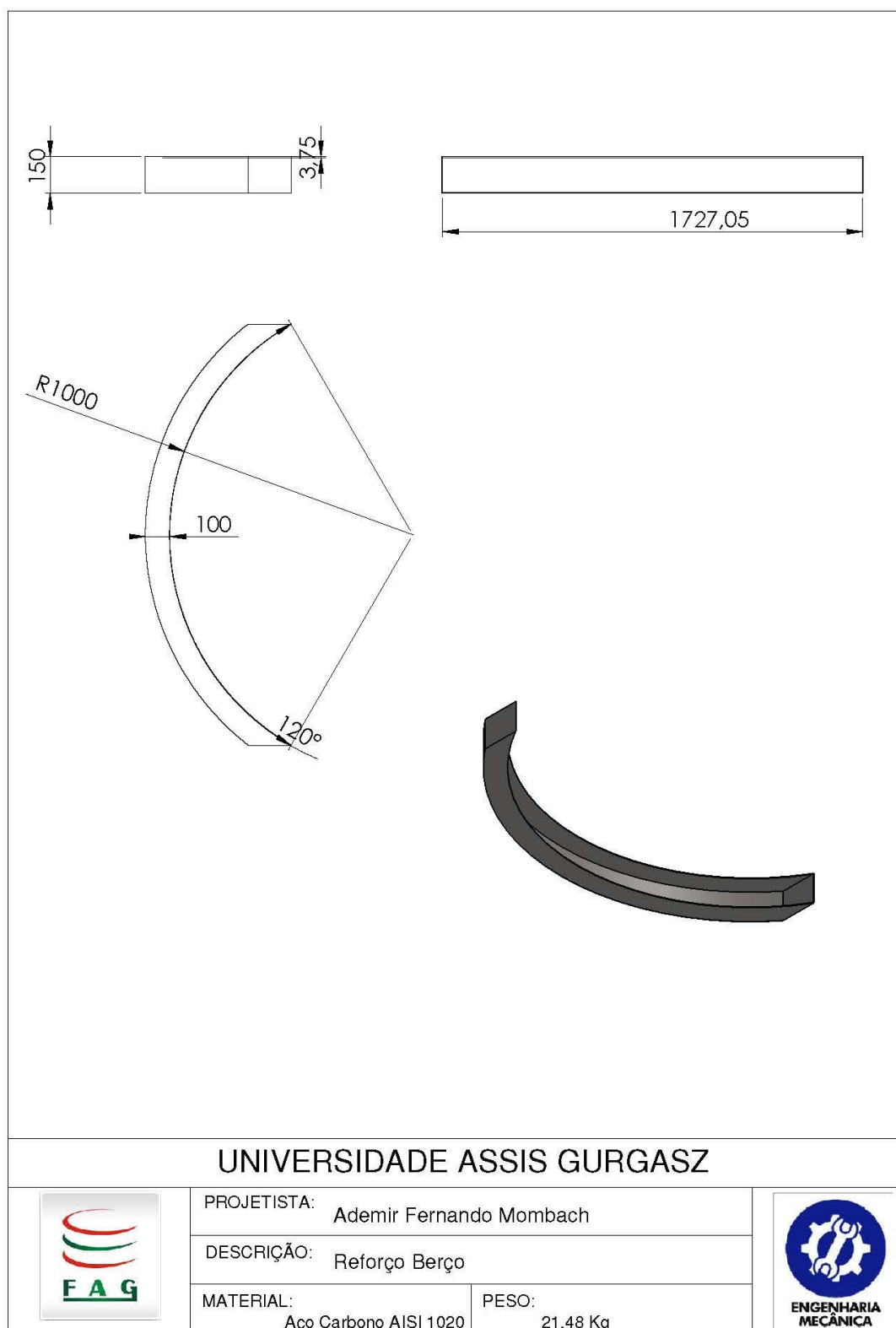
ANEXO 8 – EMPALME REFORÇO CIRCUNFERENCIAL



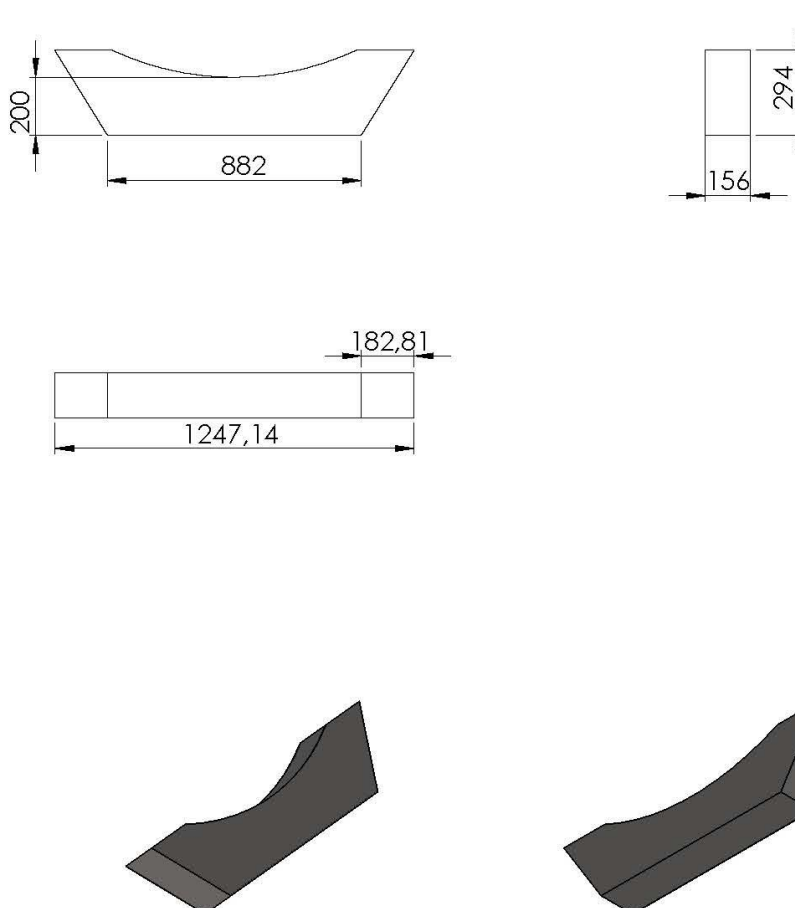
ANEXO 9 - EMPALME



ANEXO 10 – SUPORTE DE FIXAÇÃO



ANEXO 11 - BERÇO



UNIVERSIDADE ASSIS GURGASZ



PROJETISTA: Ademir Fernando Mombach

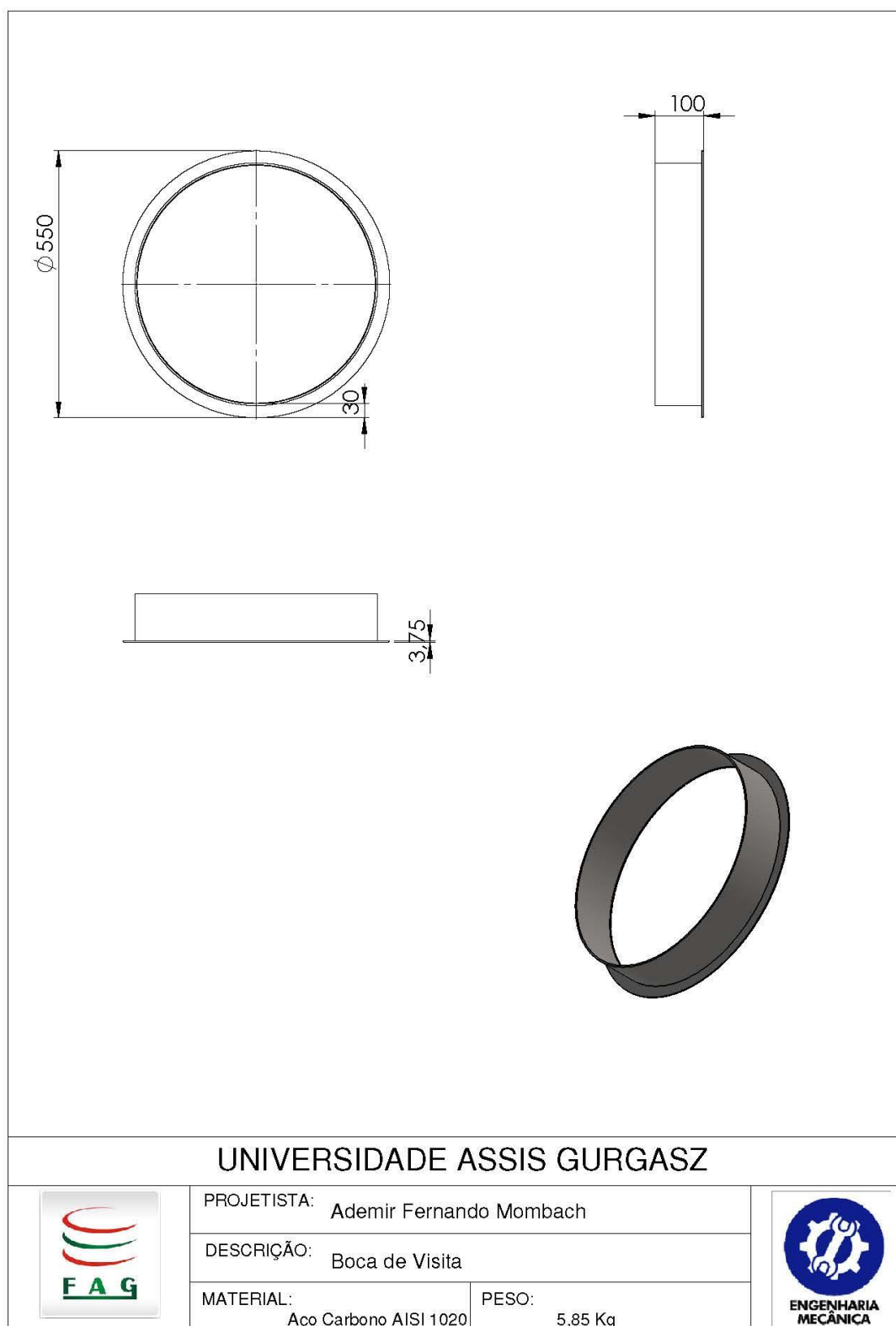
DESCRIÇÃO: Berço

MATERIAL:
Aço Carbono AISI 1020

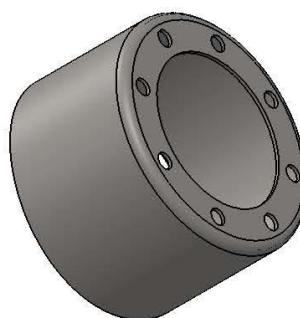
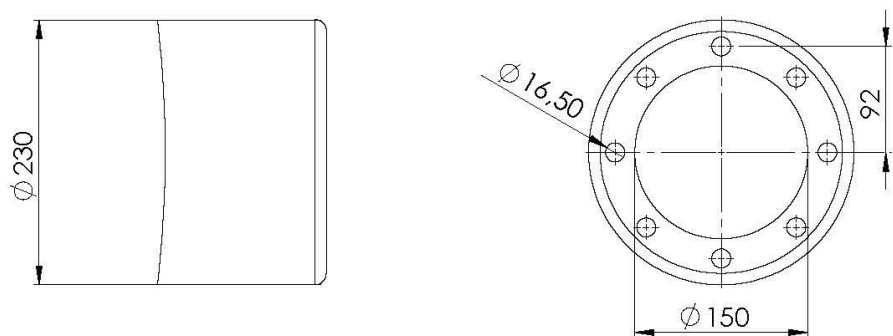
PESO:
14,93 Kg



ANEXO 12 – BOCA DE VISITA



ANEXO 13 – SUPORTE VÁVULA DE FUNDO



UNIVERSIDADE ASSIS GURGASZ



PROJETISTA: Ademir Fernando Mombach

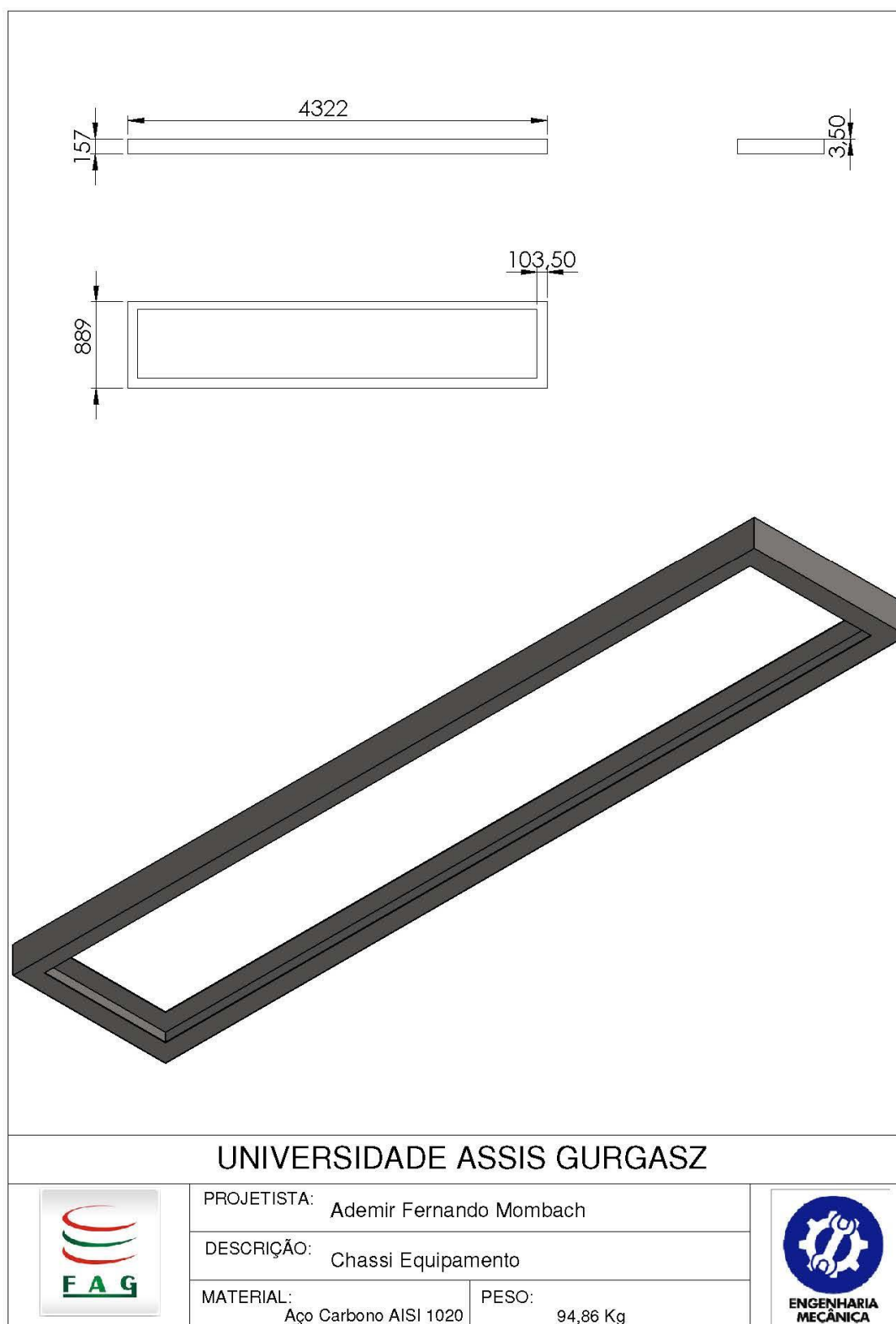
DESCRIÇÃO: Base Válvula de Fundo

MATERIAL: Aço Carbono AISI 1020

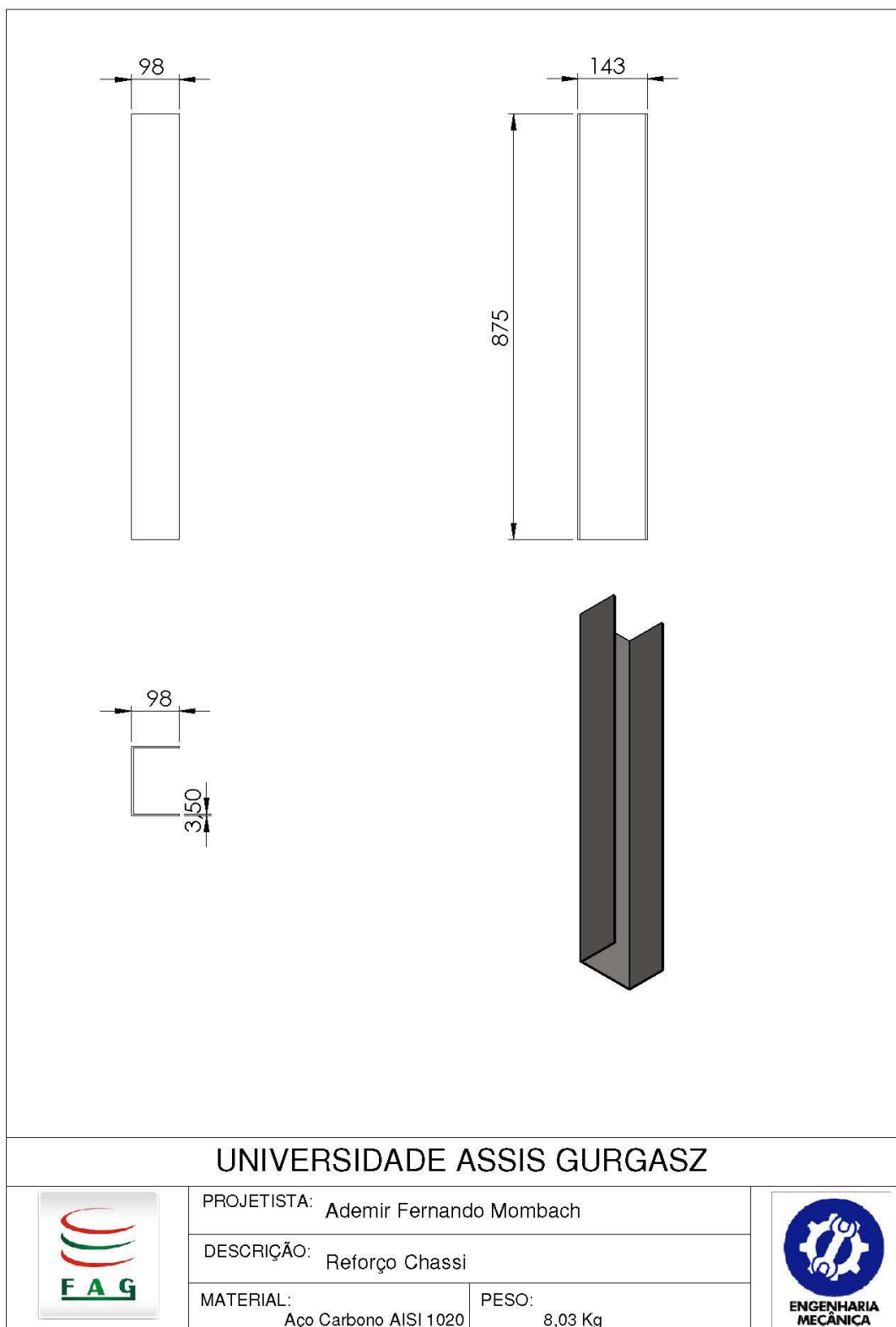
PESO: 3,24Kg



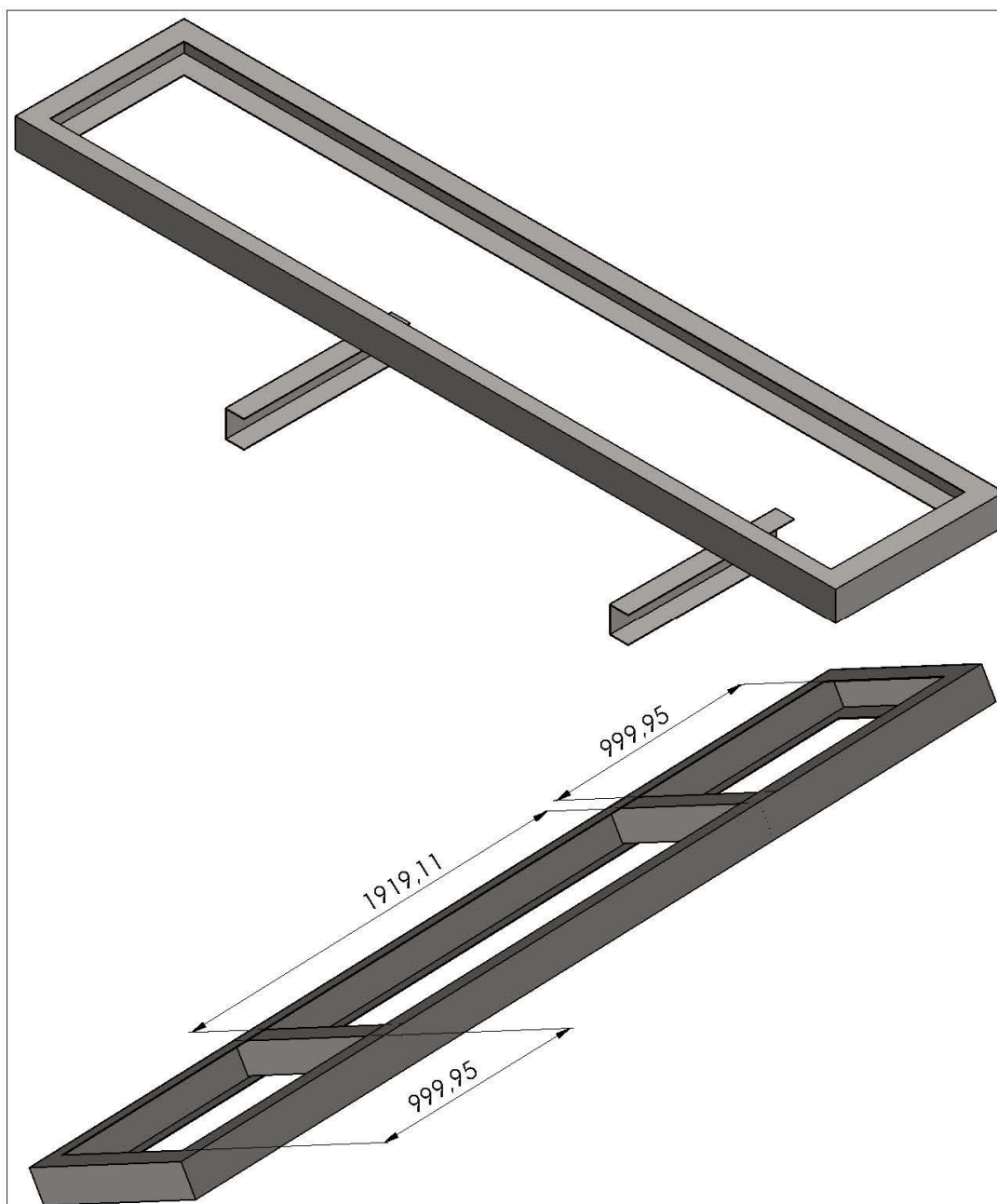
ANEXO 14 – CHASSI DO EQUIPAMENTO



ANEXO 15 – REFORÇO CHASSI



ANEXO 16 – MONTAGEM CHASSI DO EQUIPAMENTO



UNIVERSIDADE ASSIS GURGASZ



PROJETISTA: Ademir Fernando Mombach

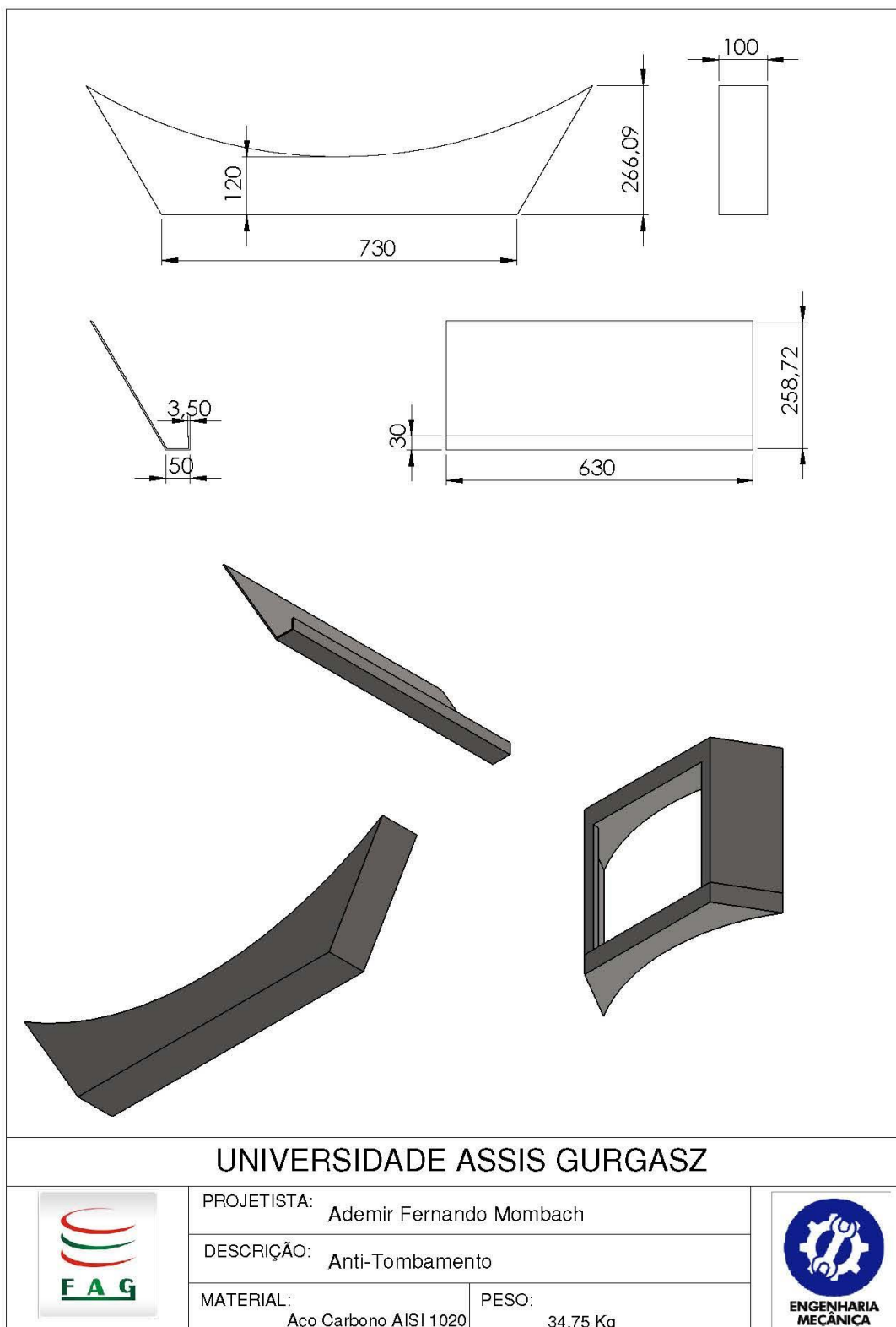
DESCRIÇÃO: Montagem Reforço Chassi

MATERIAL: Aço Carbono AISI 1020

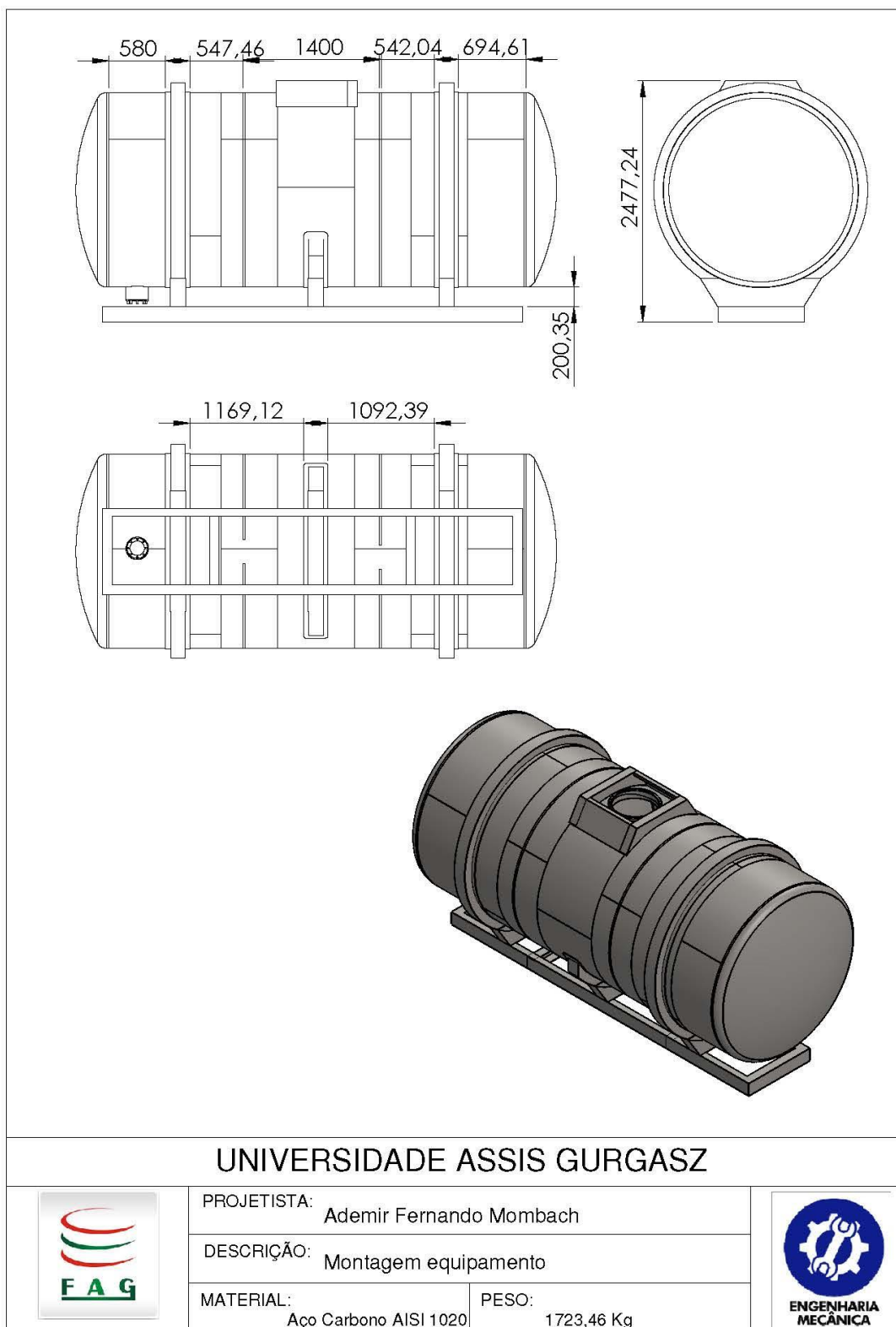
PESO: 110,92 Kg

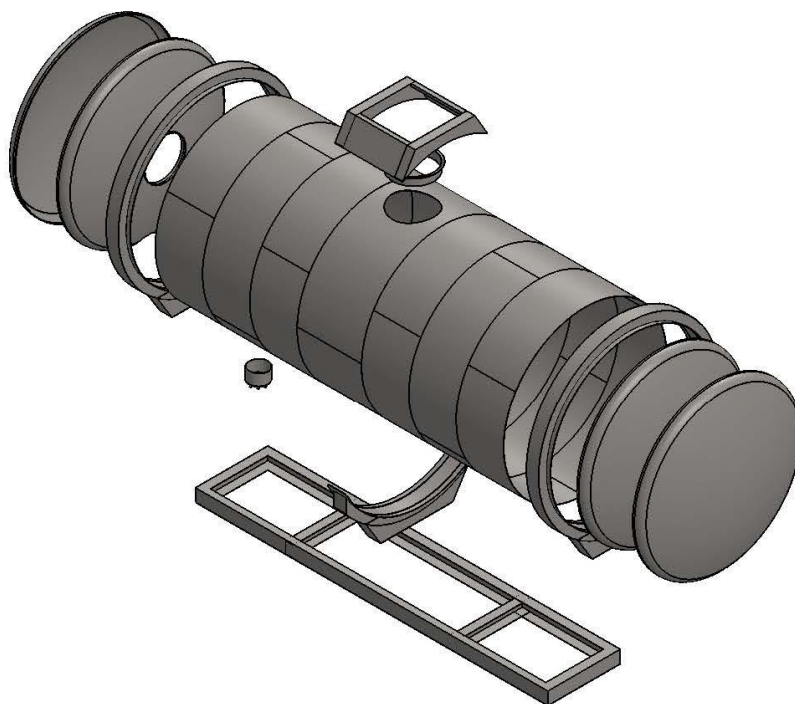


ANEXO 17 – MONTAGEM ANTI-TOMBAMENTO



ANEXO 18 – MONTAGEM DO EQUIPAMENTO



ANEXO 19 – VISTA EXPLODIDA DO EQUIPAMENTO**UNIVERSIDADE ASSIS GURGASZ**

PROJETISTA: Ademir Fernando Mombach

DESCRIÇÃO: Montagem Equipamento Vista Explodida

MATERIAL:
Aço Carbono AISI 1020

PESO:

