



Leonardo Martins Beilke

**DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA CHANFRADORA BOCA DE LOBO
PARA CORTE DE TUBOS**

Horizontina - RS

2023

Leonardo Martins Beilke

**DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA CHANFRADORA BOCA DE LOBO
PARA CORTE DE TUBOS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Dr. Rafael Luciano Dalcin.

Horizontina - RS

2023

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

“Desenvolvimento de uma bancada chanfradora boca de lobo para corte de tubos”

**Elaborada por:
Leonardo Martins Beilke**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 30/06/2023
Pela Comissão Examinadora

Prof. Dr. Rafael Luciano Dalcin
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Prof. Me. Francine Centenaro
FAHOR – Faculdade Horizontina

Prof. Dr. Augusto Cesar Huppés da Silva
FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina - RS
2023**

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus pela vida e iluminar nossos caminhos. Agradeço à minha família, por sempre acreditar em mim e investir em mim e me fazer acreditar que o sonho é possível, agradeço a todos os professores pelas instruções ao longo da graduação e a todos os membros da Equipe Baja Sinuelo FAHOR, o meu muito obrigado.

“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta, a quinta e quantas vezes for necessário. Só não desista nas primeiras tentativas, a persistência é amiga da conquista. Se você quer chegar aonde à maioria não chega, faça o que a maioria não faz”.

(Bill Gates)

RESUMO

O presente trabalho pretende encontrar o melhor conceito para desenvolver um equipamento mecânico capaz de realizar o corte de topo e chanfro em tubos de aço, com o objetivo de utilização pela equipe de Baja Sinuelo da FAHOR, na fabricação de chassi para os novos protótipos da equipe. Para atingir a melhor concepção de projeto utiliza-se a metodologia de projeto de produto que apresentará procedimentos que englobam desde a criação inicial da ideia e as metodologias para desenvolvimento do produto, até a finalização do projeto. Com o desenvolvimento da metodologia de projeto de produto aplicando as ferramentas do projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado conseguiu-se atingir os objetivos com um resultado satisfatório, projetando um equipamento que atenda aos requisitos de clientes e de projeto, chegando ao conceito de um equipamento eficiente, sendo estimado uma redução em 20% o tempo de produção dos chassis nos novos protótipos da equipe Sinuelo, melhorando a qualidade da união dos tubos com a utilização desse equipamento.

Palavras-chave: Projeto. Chanfradora de Tubos. Boca de Lobo. Baja SAE Brasil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Equipamento para corte de tubos	10
Figura 2 - 28ª Competição Baja SAE Brasil - Etapa Nacional	14
Figura 3 - Veículo Sinuelo VII na 28ª Competição Baja SAE Brasil - Etapa Nacional	15
Figura 4 - Chassi Baja SAE	16
Figura 5 - Corte abrasivo	17
Figura 6 - Aplicação do corte a laser em tubos: (a) ligações curvadas; (b) tubos com encaixe; (c) corte em chanfro reto; (d) corte boca de lobo.	18
Figura 7 - Máquinas de corte CNC	19
Figura 8 - Máquina de corte por abrasão	19
Figura 9 - Máquinas de corte por usinagem	20
Figura 10 - Exemplo de junta a ser soldada	21
Figura 11 - Etapas do processo conforme Baxter	23
Figura 12 - Organograma do planejamento do projeto	24
Figura 13 - Organograma do projeto informacional	25
Figura 14 - organograma do projeto conceitual	27
Figura 15 - Organograma do projeto detalhado	29
Figura 16 - Diagrama de Mudge	33
Figura 17 - Ferramenta QFD	35
Figura 18 - Função Global do Produto	38
Figura 19 - Função Global do Produto Simplificada	38
Figura 20 - Concepção do produto final em 3D	42
Figura 21 - Gráfico dos requisitos de cliente mais importantes	46
Figura 22 - Gráfico dos requisitos de projeto mais importantes	46
Figura 23 - Simulação de corte	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Identificação do ciclo de vida e clientes do produto	31
Quadro 2 - Requisitos dos clientes por ciclo de vida.....	32
Quadro 3 - Requisitos de Projeto	32
Quadro 4 - Classificação dos requisitos por nível de importância	33
Quadro 5 - Especificações de Projeto	36
Quadro 6 - Descrição das Funções.....	39
Quadro 7 - Matriz Morfológica	40
Quadro 8 - Combinação dos Princípios de Solução.....	41
Quadro 9 - Matriz de Decisão.....	41
Quadro 10 - Lista de materiais da chanfradora de tubos	43
Quadro 11 - Verificação dos erros de projeto.....	44
Quadro 12 - Lista de revisão do projeto	45
Quadro 13 – Custos	47

SUMÁRIO

RESUMO	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE QUADROS	7
SUMÁRIO.....	8
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 TEMA	11
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	11
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	11
1.4 OBJETIVOS	12
1.4.1 <i>Objetivo Geral</i>	12
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	12
1.6 JUSTIFICATIVA	12
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1 PROJETO BAJA SAE	13
2.2 VEÍCULO BAJA SAE	14
2.2.1 <i>Chassi de um veículo Baja SAE</i>	15
2.3 PROCESSO DE CORTE EM TUBOS	16
2.3.1 <i>Tipos de máquinas para corte em tubos</i>	18
2.4 PROCESSO DE SOLDAGEM EM TUBOS.....	20
2.5 DESENVOLVIMENTO EM SOFTWARE CAD	21
2.6 METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO	22
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 PROJETO INFORMACIONAL	24
3.2 PROJETO CONCEITUAL.....	26
3.3 PROJETO DETALHADO.....	29
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	31
4.1 PROJETO INFORMACIONAL	31
4.1.1 <i>Ciclo de Vida e Clientes</i>	31
4.1.2 <i>Requisitos dos Clientes</i>	31

4.1 .3 Requisitos do Projeto.....	32
4.1.4 Hierarquia dos Requisitos.....	32
4.1.5 Estabelecer as especificações de Projeto	36
4.2 PROJETO CONCEITUAL.....	37
4.2.1 Verificação do Escopo do Problema.....	37
4.2.2 Estrutura Funcional.....	38
4.2.3 Princípios de Solução.....	39
4.2.4 Combinação dos Princípios de solução.....	40
4.2.5 Seleção das Combinações.....	41
4.3 PROJETO DETALHADO.....	42
4.3.1 Leiautes Preliminares e Desenhos de Formas	43
4.3.2 Leiautes Detalhados e Desenhos de Forma.....	43
4.3.3 Finalização das Verificações	44
4.3.4 Revisão do Projeto	44
5 DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS.....	45
CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS.....	50
APÊNDICE A – DESENHOS DETALHADOS.....	54

1 INTRODUÇÃO

Uma máquina de corte de tubos é um equipamento composto por elementos mecânicos, que permite utilizar energia mecânica para recorrer a técnicas de corte em que reduz o tamanho do tubo inicial, podendo ela ser manual ou automatizada. De maneira geral, a máquina tem duas partes essenciais, a medição do tubo e o corte do mesmo (GOMES, 2022). Na Figura 1 pode-se observar um equipamento para realizar corte em tubos no formato de boca de lobo, o mesmo é compacto e portátil trazendo uma facilidade para operação. O mesmo serve de inspiração para desenvolvimento do projeto descrito neste estudo.

Figura 1 – Equipamento para corte de tubos



Fonte: MERCADO LIVRE, 2023

A utilização de tubos tem diversas aplicações na indústria atual, sendo uma delas para estruturar chassis veiculares. Segundo Seward (2015), o chassi é definido como a estrutura principal de um automóvel, por que nele todos os sistemas do veículo são acoplados. Devido a isso os chassis devem ser projetados a fim de resistir aos esforços impostos por esses componentes. Partindo deste conceito buscou-se desenvolver um equipamento capaz de realizar o corte em tubos em formato de chanfro para utilização na fabricação dos chassis para os protótipos da equipe de Baja Sinuelo da FAHOR.

O processo de concepção e desenvolvimento de produtos apresenta a gestão organizacional com um papel muito importante. Pois o projeto de um novo produto passa por praticamente todas as áreas de uma empresa, criação, prototipagem, desenvolvimento, produção e venda. Cerca de 85% do custo final do produto, advém das opções vistas no início do processo de desenvolvimento (AMARAL *et al.*, 2006).

Para desenvolvimento deste produto buscou-se utilizar a metodologia de projeto de produto, priorizando o desenvolvimento das etapas de criação de um produto, prevendo assim as possíveis falhas no início do projeto, para reduzir custos futuros com retrabalhos ou a não aceitação do cliente perante ao produto. Desenvolvendo o projeto de um equipamento capaz de realizar o corte em tubos no formato de bocas de lobo seguindo escopo da metodologia utilizada para solucionar os problemas encontrados.

1.1 TEMA

O tema deste estudo é projetar e fabricar uma bancada chanfradora para realizar cortes em tubos.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Desenvolvimento do projeto de uma bancada para realizar corte em chanfro no formato de boca de lobo em tubos que possibilita um bom encaixe em montagens para soldagem, direcionado para aplicação na produção de chassis da equipe de Baja Sinuelo FAHOR.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Existem diversos processos de fabricação para os tubos com o objetivo de alterar sua forma cilíndrica original para aplicá-los de diversas formas na indústria. Sendo um dos processos mais utilizado em geral, o corte em chanfro, popularmente conhecido como “boca de lobo” devido ao formato peculiar do topo do tubo no final do processo. Esse processo de corte é utilizado para facilitar os processos de soldagem de dois ou mais tubos, visto que o corte em chanfro facilita o encaixe dos mesmos permitindo uma união mais segura das peças, permitindo ainda variações de ângulo de corte (CASTRO 2017).

No processo de fabricação de um chassi novo a equipe Sinuelo necessita soldar vários tubos com comprimentos e ângulos de dobra que variam de acordo com cada projeto, para essa solda ser eficaz é fundamental que esses tubos encaixem perfeitamente gerando uma junta adequada à soldagem. Para atender essa demanda, como desenvolver uma bancada para realizar cortes em chanfro em tubos cilíndricos

possibilitando a variação de ângulos, melhorando assim o processo de montagem para soldagem?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver o projeto detalhado de uma bancada chanfradora boca de lobo para corte de tubos do chassi da equipe de Baja Sinuelo FAHOR.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Definir os requisitos específicos para o desenvolvimento do projeto.
- Definir o conceito mais viável para solução do problema.
- Desenvolver o projeto em *software* CAD Solidworks.

1.6 JUSTIFICATIVA

Na atualidade da indústria que trabalha com soldagem em tubos, a falta de máquinas específicas para a operação de usinagem dos chanfros pode resultar em preparações que não atendam à precisão dimensional adequada. A aplicação de máquinas se torna um investimento alto, por isso, diversas empresas acabam ficando submissas a condições de preparação manual o que pode resultar em desalinhamentos entre tubos, variações de abertura de raiz na montagem, variações nos ângulos do chanfro, comprometendo assim a robustez da solda em muitas operações (SARTORI, 2016).

O investimento da indústria da soldagem no desenvolvimento de equipamentos, processos e procedimentos mais confiáveis, diminuem os defeitos, reduzindo os retrabalhos, tornando a atividade mais produtiva (SARTORI, 2016). Considerando essa demanda a solução proposta neste trabalho busca desenvolver um equipamento de baixo custo e funcional capaz de atender essa lacuna. Para uma junção cilíndrica ocorrem frequentes falhas durante o processo de corte. Os cortes são feitos para unir um ou mais tubos e para completar um corte é necessário o uso de um gabarito feito especificamente para aquele corte. O processo de obtenção do gabarito requer tempo, experiência profissional do operador, além de materiais e acessórios específicos para o molde de cada tubo (SOUZA, 2016).

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo tem por objetivo fazer o embasamento dos assuntos discutidos neste trabalho, tais como, o projeto Baja SAE, o veículo Baja SAE, o processo de corte em tubos, os tipos de máquinas para corte disponíveis no mercado, discutir os conceitos de aplicação do produto, apresentar os processos da metodologia de desenvolvimento de projeto de produto, descrevendo os pontos importantes de sua aplicação.

2.1 PROJETO BAJA SAE

Segundo Ferreira (2011) o projeto Baja SAE tem o objetivo de desafiar os estudantes de engenharia a aplicar na prática os conhecimentos desenvolvidos em sala de aula. Iniciado em 1973 na Universidade da Carolina do Sul (EUA), sob a coordenação do professor Dr. John F. Stevens e a partir daí reconhecido pela SAE Internacional, que em 1976 organizou a primeira competição entre estudantes de engenharia, pois entendeu que o projeto traz grande aprendizado para os futuros engenheiros. O Baja SAE é um evento internacional conduzido pela *Society of Automotive Engineers* (SAE). Evento de design no qual as equipes de diferentes universidades ao redor do mundo projetam e fabricam um veículo todo-o-terreno (ATV). O veículo projetado deve seguir um conjunto de normas regidas pela SAE. Durante o evento, o veículo enfrenta terreno acidentado, passa por obstáculos que expõem o veículo a esforços constantes em todos os seus subsistemas (JINDAL, 2021).

Afirma-se que no Brasil a associação SAE BRASIL foi fundada no ano de 1991 por executivos dos segmentos automotivo e aeroespacial, pelos motivos de ampliar o conhecimento para os profissionais brasileiros da mobilidade e em face da integração do país, com direção ao crescimento do processo de globalização da economia na época. A SAE BRASIL é filiada à SAE Internacional, uma associação com os mesmos fins e objetivos fundada no ano de 1905 nos Estados Unidos, por líderes de grande visão da indústria automotiva e da então nascente indústria aeronáutica (SAE BRASIL, 2023).

Estreando no Brasil em 1995, com a realização da primeira competição nacional de Baja, no bairro do Ibirapuera, em São Paulo. De 1996 até o ano de 2002, as competições ocorreram na pista de Interlagos e, a partir de 2003, a competição

nacional passou a ser realizada no interior do estado de São Paulo, na cidade de Piracicaba até o ano de 2015, desde 2016 passou a ser realizada na cidade de São José dos Campos -SP (SAE BRASIL, 2023). Observa-se na Figura 2 a largada para a prova de enduro na 28ª Competição Baja SAE Brasil - Etapa Nacional realizada em São José dos Campo no ano de 2023.

Figura 2 - 28ª Competição Baja SAE Brasil - Etapa Nacional



Fonte: SAE BRASIL, 2023

A partir de 1997 a SAE deu início ao apoio em competições de nível regional, realizadas em regiões do país em diferentes estados brasileiros, como é o caso dos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Bahia. Neste entendimento, mostra-se que as competições ocorrem anualmente, sendo que a competição nacional ocorre, normalmente, no mês de março e a competição regional no mês de novembro (SAE BRASIL, 2023).

2.2 VEÍCULO BAJA SAE

O veículo Baja SAE é um carro *off-road* com lugar apenas para o piloto, desenvolvido por equipes de acadêmicos de engenharia em universidades públicas e privadas de todo o país objetivando tornar o veículo o mais próximo possível de um veículo comercial, visando a viabilidade do mesmo no mercado automobilístico (BERTOLETI, 2011).

O veículo deve ser um protótipo que possibilita a produção em série, confiável, de fácil manutenção, ergonômico e econômico, deve atender ao mercado consumidor

(com produção estimada em aproximadamente 4000 unidades por ano). Assim, o veículo Baja SAE seguindo as normas busca o melhor desempenho em mercado nos quesitos de velocidade, manobrabilidade, conforto e robustez em terreno acidentado e condições fora-de-estrada. Classifica-se o desempenho do veículo pelo sucesso nas provas das competições (SAE BRASIL, 2023). Na Figura 3 observa-se o veículo Sinuelo VII da equipe Sinuelo da FAHOR após concluir a prova de enduro na 28ª Competição Baja SAE Brasil - Etapa Nacional.

Figura 3 - Veículo Sinuelo VII na 28ª Competição Baja SAE Brasil - Etapa Nacional



Fonte: EQUIPE SINUELO FAHOR, 2023

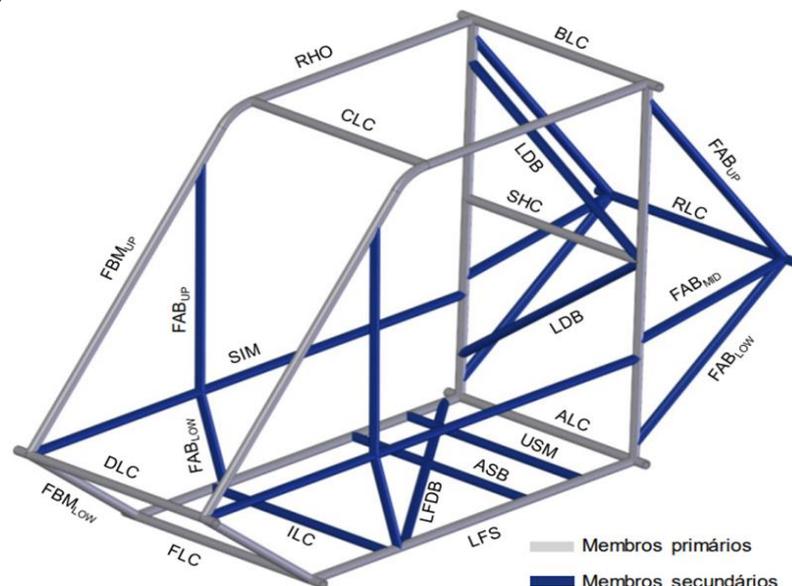
2.2.1 Chassi de um veículo Baja SAE

De modo geral o chassi é o principal componente de um veículo automobilístico sendo o componente responsável pela união dos demais subsistemas do veículo além de manter a segurança do piloto. Para veículos de competição o chassi passa a ter uma importância ainda maior, além da segurança deve transmitir leveza e uma rigidez torcional adequada para uma boa performance (COSTA, 2014). Um chassi tem uma função estrutural que é análogo ao esqueleto humano, o qual mantém todos os órgãos vitais nos locais corretos, providenciando ancoragem para os tendões e músculos para que todos os movimentos necessários possam ser realizados (SEWARD, 2015).

A gaiola de proteção dos veículos BAJA SAE é do tipo *space frame*, e seu projeto e construção são normatizados pelo RATBSB (Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil). Segundo o regulamento, o objetivo da gaiola é manter um espaço mínimo ao redor do piloto, devendo ser projetada e fabricada para prevenir qualquer falha de sua integridade. Deve ser construída em aço carbono com teor de carbono de ao menos 0,18%, sendo constituída por tubos primários cor cinza e tubos secundários cor azul conforme Figura 4 (SAE BRASIL, 2023).

Essa estrutura deve seguir o escopo pré-definido pelo RATBSB, conforme Figura 4, atendendo requisitos de materiais e dimensões para o veículo, sendo composta por membros primários com duas opções, sendo a primeira de diâmetro externo de 25,4 mm e espessura da parede de 3,05 mm, já para a segunda opção a espessura deve ser igual ou maior à 1,57 mm, porém a rigidez a flexão e resistência a flexão deve ser superior ao tubo apresentado como primeira opção. Os membros secundários devem apresentar diâmetro externo maior ou igual a 25,4 mm com espessura mínima de parede 0,89 mm. Além da largura do carro não exceder 1,62 m e comprimento não exceder 2,74 m conforme emenda 4 do RATBSB de 2021 (SAE BRASIL, 2023).

Figura 4 - Chassi Baja SAE



Fonte: SAE BRASIL, 2023

2.3 PROCESSO DE CORTE EM TUBOS

A união de tubos através do corte em chanfro para aplicar soldagem é considerado o mais barato em relação a outros tipos de uniões de tubos, além de ser

um processo de fácil execução, não necessita de peças especiais para união, como flanges, anéis de ligação, joelhos ou roscas. Este método de corte também evita o dobramento de tubos nos casos em que é necessário alterar a direção da tubulação, processo esse que exige alta precisão a fim de evitar avarias que comprometam as propriedades das peças, como amassados, concentração de tensões e prejuízo nas propriedades elásticas. Outra vantagem do corte em chanfro são as diversas possibilidades de realização de uniões devido a variação do ângulo de corte (CASTRO, 2017).

Conforme Gomes (2022), existem várias técnicas para corte em tubo utilizadas na atualidade, tais como o corte abrasivo, corte de serra de fita, corte a serra fria, corte a laser, corte por cisalhamento, corte de torno e corte por elemento quente, entre outros. No corte abrasivo representado na Figura 5 se utiliza um disco de corte circular abrasivo, podendo cortar tubos metálicos e não metálicos utilizando as forças de cisalhamento e atrito como fator de corte. É um processo manual, que aumenta a temperatura do tubo a ser cortado podendo este ficar afetado pela temperatura.

Figura 5 - Corte abrasivo



Fonte: GOMES, 2022

O processo de corte a laser de tubos é utilizado pela indústria metalúrgica, para cortar seções estruturais ocas. Os materiais têm a sua própria rigidez e resistência, no entanto podem ser manipulados para que se tornem estruturalmente mais eficientes. A eficiência estrutural é definida pela capacidade de uma estrutura suportar esforços com o mínimo de peso possível (ASHBY 2011). No corte a laser as máquinas possibilitam o corte ao longo de toda seção do tubo (cortes 360°), além da furação,

marcação ou até a realização de contornos geometricamente complexos sobre as superfícies do tubo (ABREU, 2021).

Segundo Abreu (2021) a tecnologia de corte a laser de tubos possibilita várias opções no desenvolvimento de produtos, tal como:

- Ligações curvadas a partir de tubos retos, sem necessidade de aplicação de outros processos, tal como apresentado na Figura 6(a);
- Capacidade de realizar cortes em chanfro, permite preparar componentes para posterior aplicação de operações de soldadura, com o mínimo desperdício de material Figura 6(c) e 6(d);
- Realizar cortes que auxiliem no posicionamento de componentes, para facilitar a montagem de conjuntos;
- Realizar cortes que funcionem como encaixe para ligações entre tubos, Figura 6(b).

Figura 6 - Aplicação do corte a laser em tubos: (a) ligações curvadas; (b) tubos com encaixe; (c) corte em chanfro reto; (d) corte boca de lobo.



Fonte: ABREU, 2021

2.3.1 Tipos de máquinas para corte em tubos

Atualmente existe alguns modelos de máquinas no mercado disponíveis para realizar o corte em formato de boca de lobo, entre elas os modelos com controle numérico computadorizado (CNC), possibilitando uma variação na angulação do corte. Podem ser fabricadas com corte a plasma a laser e jato de água (ALMEIDA,

2018). Na Figura 7 mostra alguns modelos de máquinas de corte CNC para fabricação de boca de lobo.

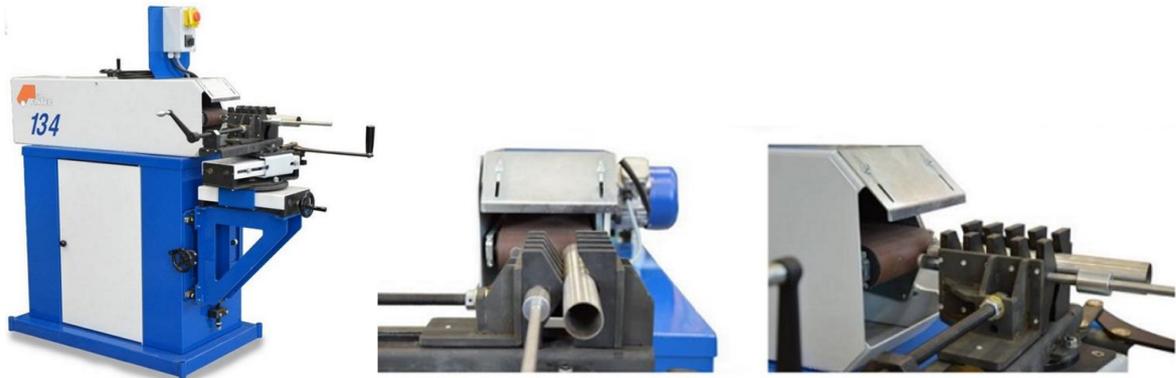
Figura 7 - Máquinas de corte CNC



Fonte: SOLDAS BRASIL, EUROSTEC, 2023

Outro modelo de máquina no mercado são as que utilizam a abrasão como forma de fabricação para o formato das bocas de lobo, utilizando uma lixa de cinta qual retira material do tubo, formando assim o encaixe (ALMEIDA, 2018). Apresentam variação na angulação de 15° a 90° graus, e diâmetros até 150 mm. A Figura 8 demonstra esse tipo de equipamento.

Figura 8 - Máquina de corte por abrasão



Fonte: CASORETTI MÀQUINAS, 2023

Ainda existe o modelo de máquinas que realizam o corte através da usinagem do material que com ferramentas de corte de geometria definida, como serras copo e ferramentas de fresa, sendo possível fazer a substituição da ferramenta caso haja necessidade de troca de diâmetro do tubo ou por desgaste (ALMEIDA, 2018). A Figura 9 mostra esses equipamentos.

Figura 9 - Máquinas de corte por usinagem



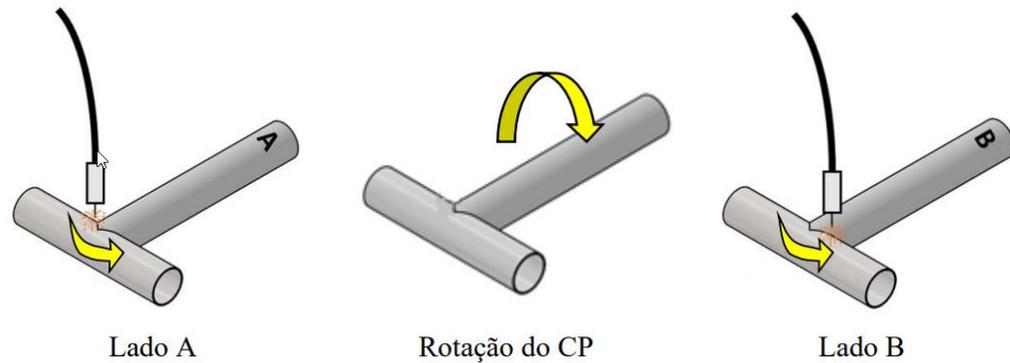
Fonte: MERCADO LIVRE, 2023

2.4 PROCESSO DE SOLDAGEM EM TUBOS

A qualidade das juntas soldadas em um chassi automobilístico é fundamental para garantir a segurança e o desempenho desse veículo. Para entregar estes requisitos reduzindo custos, cumprindo prazos e entregando o máximo de qualidade, o modo que as juntas a serem soldadas cheguem o mais próximo de um encaixe perfeito, juntamente com a parametrização da soldagem, são os atributos essenciais (GIMARÃES, 2022). Para a operação da soldagem em tubos, alguns processos de soldagem são aplicáveis, o processo de arco por eletrodo revestido; TIG; MIG/MAG; arco submerso, quando então o tubo é “rotacionado” e aplicação de soldagem a laser, processo este em desenvolvimento em alguns laboratórios (YAPP, 2004).

Grande parte das aplicações no Brasil é realizada de forma manual, utilizando-se de processos de soldagem que apresenta uma produtividade menor, como o eletrodo revestido e o TIG. Apresenta-se como uma problemática evidenciada no processo de soldagem a preparação e montagem da junta devido a necessidade de sustentar a poça de fusão em variações de posições, o que influi em seu resultado final (SARTORI, 2016). Na Figura 10 observa-se o modelo de uma junta a ser soldada em um corpo de prova com tubos cilíndricos.

Figura 10 - Exemplo de junta a ser soldada



Fonte: GUIMARÃES, 2022

Pode-se classificar a perfuração de um tubo no momento da soldagem como um defeito no qual a parede do metal de base possui espessura remanescente sob a poça de fusão, impossibilitada de suportar a pressão. A ocorrência da perfuração é regida primeiramente pela espessura da parede do duto e pela penetração do cordão de solda (GUIARÃES, 2022).

2.5 DESENVOLVIMENTO EM SOFTWARE CAD

O *Software CAD (Computed-Aided Design)* traduzido para o português Desenho Assistido por Computador é um método computacional muito utilizado na elaboração de projetos de Engenharia, Arquitetura, entre outras. Este método consiste em um software voltado ao desenho técnico, reunindo diversas ferramentas destinadas aos mais variados fins, permitindo o desenvolvimento de desenhos 2D e 3D, substituindo a forma antiga de desenhos manuais. Além de viabilizar a simulação de montagens, transmitir informações, processos e materiais, sendo o resultado em forma de arquivos eletrônicos, modelos digitais ou uma impressão. Um dos Softwares mais utilizados na engenharia da atualidade é o *SolidWorks*, desenvolvido pelo grupo *Dassault Systèmes*, é um programa de CAD 3D, para modelagem de sólidos, geralmente utilizado no projeto de conjuntos mecânicos (FILHO, 2010).

Segundo Correia (2013) o projeto bem desenvolvido em um software deve seguir algumas etapas básicas, variando a quantidade de tempo e informação aplicadas em cada uma conforme sua necessidade:

- Comunicação e planejamento, etapa onde se ouve os requisitos do cliente e busca-se entender qual a melhor metodologia a ser utilizada;

- Engenharia de requisitos, etapa onde se discute as funcionalidades desejadas o *software*, além de restrições e necessidade dos clientes que precisem de complementos;
- Modelagem, etapa onde a descrição do *software* é feita em um nível maior, porém ainda apresenta pontos abstratos;
- Construção, etapa em que se faz o detalhamento conforme a metodologia utilizada, esta etapa é a mais longa do processo;
- Entrega, etapa em que o *software* é concluído e entregue para o cliente, conforme a metodologia essa entrega pode ser parcial ou apresentar mais detalhes para avaliação.

2.6 METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO

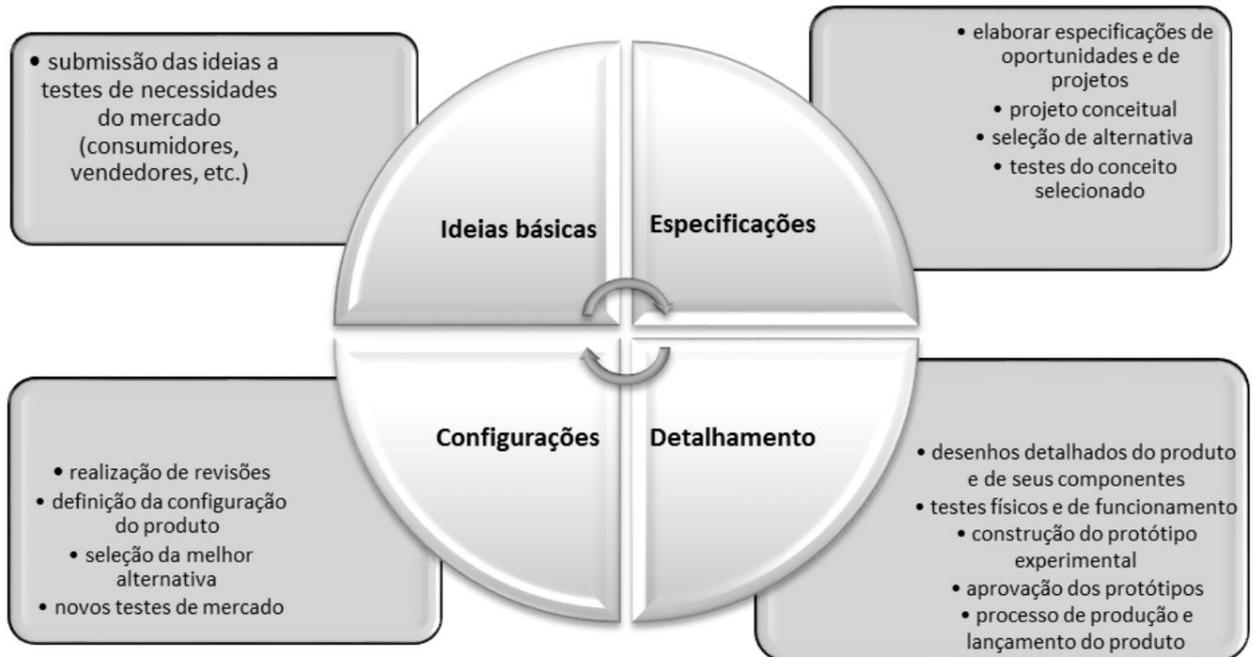
O desenvolvimento de produtos compõe-se de um conjunto de atividades que busca chegar a especificações de um projeto e de processos de produção. O desenvolvimento de produto e o acompanhamento do produto após o lançamento é necessário para assim serem realizadas eventuais mudanças e adequações. A identificação dos requisitos de clientes se torna um ponto essencial na constituição das características do produto. A partir dessas informações são definidas as especificações metas do projeto, que proporcionam uma orientação nas concepções para o produto. (AMARAL *et al.*, 2006).

De acordo com Mello (2011) o método de projeto se estabelece pela sistemática do projeto no qual se faz uso para chegar a uma solução, considerando as características e especificações do produto e as etapas em que passará para atender as funções pré-determinadas. Estas técnicas de desenvolvimento de projeto apresentam-se como ferramentas utilizadas conforme necessidades que surgem na construção do produto.

Conforme Baxter (1998) conceitua-se a metodologia de projeto ao apresentar um modelo que representa as etapas do processo de desenvolvimento de projetos de produto para produção em massa. Inicia-se pela busca por informações, segue-se pelo surgimento de ideias em detrimento à análise do mercado, tal sistemática passa pelo projeto conceitual, desenhando as especificações do produto, em sequência desenvolver as configurações de produção e assim definir um protótipo experimental.

Na Figura 11 o autor representa as etapas executadas para alcançar a construção do produto.

Figura 11 - Etapas do processo conforme Baxter



Fonte: Baxter, 1998

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os métodos e técnicas utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho, utilizando de modo geral a metodologia de projeto de produto. Este estudo se baseia na pesquisa bibliográfica em livros e trabalhos acadêmicos relacionados ao tema para obter referenciamento dos passos a seguir no desenvolvimento do tema, sendo ela construída através do embasamento teórico de autores como Amaral (2006), Rodrigues (2008), Fonseca (2000), Reis (2003), Mantovani (2011), Ferreira (2002). A Figura 12 representa o organograma do modelo de planejamento do projeto adotado para o seguimento do trabalho.

Figura 12 - Organograma do planejamento do projeto



FONTE: Autor, 2023

3.1 PROJETO INFORMACIONAL

O projeto informacional consiste na primeira fase do desenvolvimento do produto. Sendo iniciado com o levantamento de necessidades dos clientes para assim conseguir determinar os requisitos do projeto. Esta etapa possui a função de identificar as necessidades dos clientes transformando-as em requisitos para serem atendidos no desenvolver do trabalho (RODRIGUES, 2008).

Desta forma, a primeira atividade da fase é adquirir as informações e definir o problema, considerando que a partir disso, procura-se alcançar as soluções. mesmo assim esse processo não impede de haver alterações, pelo contrário, por consequência será necessário realizar sucessivas alterações até alcançar o êxito completo de um projeto final, sendo a fase que engloba a finalidade de um entendimento claro e completo acerca do assunto (AMARAL *et al.*, 2006).

Conforme citado anteriormente cada etapa do projeto informacional contribui para a determinação do produto final, visto que esta fase consiste na definição do ciclo

de vida e clientes do produto, levantamento de informações de produtos similares existentes no mercado, requisitos dos clientes e requisitos de projeto a serem atendidos, fatores importantes para a determinação e hierarquização das funções do produto estabelecendo assim as especificações de projeto. Na Figura 13 observa-se o organograma com as etapas que constituem a fase do projeto informacional.

Figura 13 - Organograma do projeto informacional



FONTE: Autor, 2023

Após o levantamento de dados sobre o produto e o problema definido, inicia-se o detalhamento do ciclo de vida do produto, junto definindo os clientes que estarão presentes nesse período. Segundo Fonseca (2000) o ciclo de vida de um produto pode ser dividido em 5 fases principais: Projeto, produção, montagem, uso e descarte.

Entende-se que cada produto possui características próprias, desta forma observa-se as características do perfil do cliente e a composição do produto para determinar o ciclo de vida, levando em consideração que os clientes se diferem entre: Internos, Intermediários e Externos (FONSECA, 2000). Para encontrar os requisitos de clientes procura-se entender quais as suas necessidades em cada fase do ciclo de vida do produto, partindo de métodos de pesquisas ou aplicação de questionários aos clientes do produto (REIS, 2003). Encontrando esses requisitos, inicia-se o

agrupamento dos mesmos de acordo com cada fase do ciclo de vida do produto, seguindo atributos referentes a qualidade do produto, tais como: qualitativos ou quantitativos, obrigatórios ou preferenciais, do ciclo de vida ou específicos (BACK *et al.*, 2008).

O alcance dos requisitos de projeto a partir dos requisitos de cliente se constrói na primeira revisão física sobre o produto sendo projetado. Através desta ação, são definidos parâmetros mensuráveis associados às características definitivas que terá o produto (AMARAL *et al.*, 2006). Segundo Back *et al.* (2008) define que os requisitos do projeto são os atributos do produto que podem ser controlados para satisfazer os requisitos dos clientes. Na sequência esta etapa tem o objetivo de hierarquizar os requisitos segundo a ordem de importância em relação à funcionalidade que o produto deve possuir, utilizando a ferramenta da matriz da casa da qualidade, isto é, a primeira matriz do QFD (Quality Function Deployment - Desdobramento da Função Qualidade) (REIS, 2003).

Para Mantovani (2011), é importante além da utilização do QFD, também a utilização do diagrama de Mudge que compara os requisitos do cliente entre si, gerando o valor do cliente. Já o QFD, acaba complementando o diagrama de Mudge, onde através de cruzamento de requisitos de cliente e projeto, apresenta características mensuráveis, que ao serem acrescentadas no projeto constituem os requisitos de qualidade.

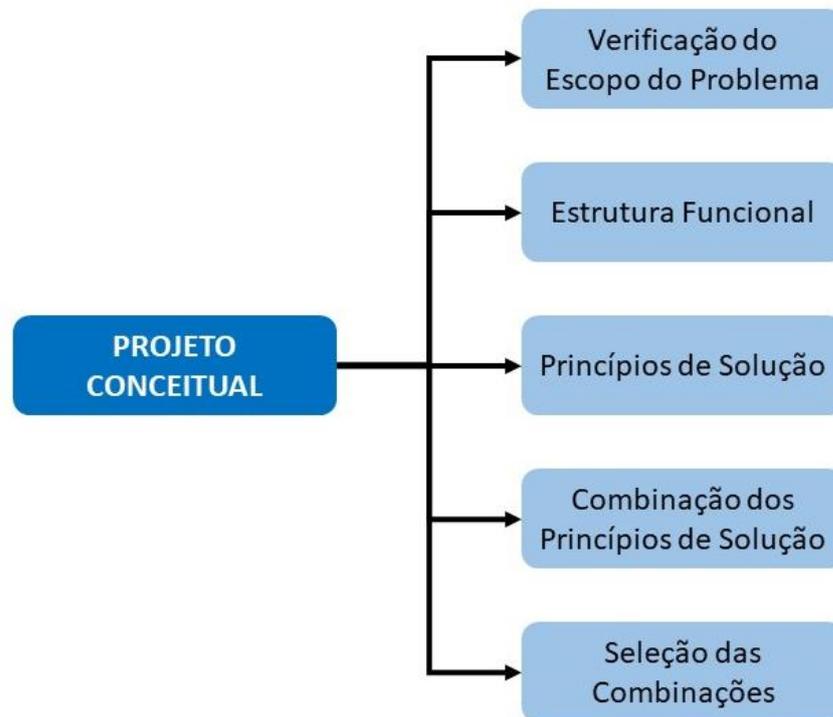
Para finalizar a fase do projeto informacional, com a realização das etapas anteriores já se sabe quais requisitos o cliente deseja e quais os requisitos necessários para o projeto, sendo assim serão definidas as especificações de projeto. Segundo Fonseca (2000) o quadro de especificações é o local onde os requisitos de projeto são associados a mais três informações, sendo elas: meta a ser atingida pelo requisito expressa quantitativamente, forma de avaliação da meta estabelecida a fim de verificar o seu cumprimento e aspectos que devem ser evitados durante a implementação do requisito.

3.2 PROJETO CONCEITUAL

A segunda fase do projeto de produto denominada projeto conceitual é responsável por gerar soluções que possam solucionar os problemas dos clientes, formando a estrutura para o projeto detalhado do produto, trazendo assim a função global do projeto (FONSECA, 2010).

Nesta fase do projeto são discutidas as concepções alternativas e princípios de soluções para desenvolvimento do produto buscando atender ao máximo as necessidades dos clientes internos, intermediários e externos (AMARAL, 2006). As decisões tomadas nesta etapa representam um elevado grau de importância, pois se as mesmas necessitarem alterações de projeto no futuro irão causar grandes custos desnecessários (REIS, 2003). Como pode-se ver na Figura 14 o organograma com as etapas do projeto conceitual.

Figura 14 - organograma do projeto conceitual



FONTE: Autor, 2023

Neste passo do projeto a primeira tarefa denominada verificação do escopo do problema, segundo Baxter (1998) deve-se realizar um estudo de forma mais abstrata, para abrir oportunidades de soluções melhores, sendo essas focadas no que é geral e essencial para o desenvolvimento do projeto. O resultado desse estudo irá direcionar a uma solução melhor do problema, possibilitando um melhor entendimento da tarefa de projeto, tornando-se indispensável para o resultado positivo nas etapas decorrentes do projeto conceitual (FORCELLINI, 2002).

A partir do conceito feito na etapa anterior, permite o estabelecimento criterioso da função global do sistema, tendo como resultado final a estrutura das funções elementares ou estrutura de operações básicas, caso se trabalhe com funções de

baixa complexidade ou padronizadas, a função global pode ser desmembrada em funções mais simples, funções parciais e até ao nível de funções elementares, onde o problema pode parecer mais simples (FORCELLINI, 2002).

Segundo Reis (2003) esta etapa consiste em três tarefas, tais quais:

- Estabelecer a função global com base no fluxo de material, energia e sinal através do emprego de um diagrama de bloco;
- Estabelecer estruturas funcionais alternativas, ou seja, a subdivisão da função global visando facilitar a busca por princípios de solução;
- Selecionar a estrutura funcional adequada ao projeto partindo das diversas estruturas funcionais geradas.

Em sequência inicia-se a passagem do abstrato para o concreto, tornando aplicável o conceito discutido. Para cada uma das funções da estrutura funcional escolhida anteriormente podem ser atribuídos um ou mais princípios de solução (AMARAL, 2006). A finalidade desta estrutura está em auxiliar o desenvolvimento da concepção do componente, observando quais são as limitações associadas ao sistema técnico e ao processo de manufatura, também aquilo que está relacionado às regras, recomendações e princípios de solução, devendo eles representar formas aproximadas dos elementos e não devem referenciar os materiais específicos a serem utilizados (FERREIRA, 2002).

Após encontrar os princípios de solução, para cada uma das funções que compõem a estrutura funcional do produto, segue-se para a combinação dos mesmos a fim de formar os princípios de soluções totais para o produto, ou seja, encontrar a melhor combinação de todas essas opções (AMARAL, 2006). Neste método descreve-se na primeira coluna as subfunções a serem atendidas, já nas linhas correspondentes os princípios de solução pesquisados, em sequência inicia-se a interligação de todos os princípios de solução escolhidos para cada subfunção, encontrando uma provável estrutura de funcionamento como possível solução global (ALMEIDA, 2016).

Para finalizar o projeto conceitual busca-se por selecionar as combinações que mais se enquadram com a solução do problema. Segundo Amaral (2006) a fase de especificações compreende ao conceito de informações técnicas ainda limitadas e abstratas, que serão analisadas e comparadas em relação à problemática, visando a obtenção e apresentação da melhor combinação a ser utilizada no desenvolvimento do projeto. Para diminuir os riscos de eliminar uma solução pertinente, precisa-se

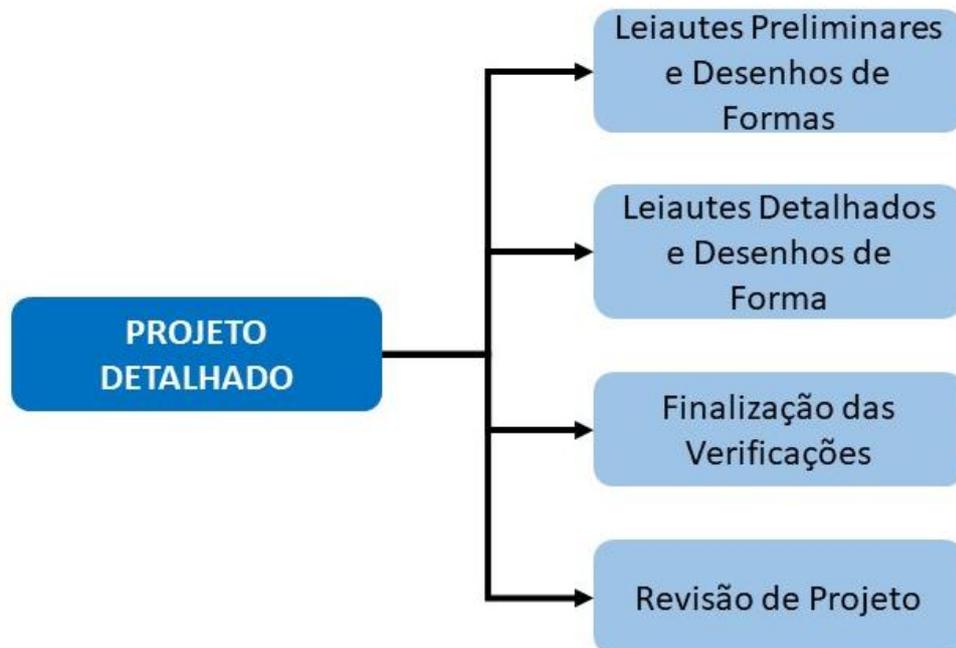
empregar métodos sistemáticos de seleção dos princípios de solução que se adaptem à pequena quantidade de informações disponíveis nesta etapa (REIS, 2003).

3.3 PROJETO DETALHADO

A terceira fase do projeto de produto denominada projeto detalhado, de acordo com Mantovani (2011), é definida como a análise final do projeto, onde as dimensões são fixadas e concluídas, bem como os materiais a serem utilizados para a fabricação do equipamento são determinados.

Esta fase caracteriza-se pelo desenvolvimento de um projeto a partir da concepção de produto técnico, atribuindo critérios levantados nas fases anteriores, nessa fase do projeto o modelo do produto avança da ideia para um leiaute definitivo, processo que se estabiliza através da utilização de ferramentas da área da engenharia (RODRIGES, 2012). Na Figura 15 pode-se observar as etapas do projeto detalhado.

Figura 15 - Organograma do projeto detalhado



FONTE: Autor, 2023

Esta fase se inicia com o desenvolvimento de leiautes preliminares e desenhos de forma para chegar à concepção do produto. De acordo com Reis (2003), esta etapa é formada pelas seguintes tarefas:

- Identificação de requisitos determinantes;
- Produção de desenhos em escala;

- Identificação dos portadores de efeito físico determinantes;
- Desenvolver leiautes preliminares e desenhos de forma.

Conforme esta perspectiva, a etapa inicial do processo de elaboração do projeto, pode sofrer alterações até a finalização, nesta etapa serão desenvolvidos os conceitos com informações mais detalhadas no que corresponde à solução final do projeto que será executado (AMARAL *et al.*, 2006).

Após desenvolver os leiautes preliminares, inicia-se o detalhamento dos mesmos a fim de chegar mais próximo da resolução do problema. Segundo Amaral et al. (2006), a tarefa de concluir a estrutura ocorre juntamente com o detalhamento do projeto, porém nesse momento deve-se finalizar a estrutura de cada sistema, subsistema e componentes. Desse modo, destaca-se que a etapa de elaborar leiautes detalhados e desenhos de formas com a finalidade de definir quais funções auxiliares essenciais serão necessárias para o desenvolvimento do produto (BACK, 2012).

Vale ressaltar que nesta etapa deve-se atentar nas normas referentes à área de atuação do produto e normas gerais de projeto e produção, deve-se efetuar cálculos detalhados dos parâmetros envolvidos (REIS, 2003). Com o desenvolvimento dos leiautes detalhados finaliza-se as verificações observando se o projeto entrega os requisitos estabelecidos nas etapas anteriores. As tarefas mais importantes a serem desenvolvidas são o aperfeiçoamento e a finalização dos desenhos de forma, bem como as verificações dos erros e dos fatores de perturbação. Por último, o desenvolvimento da lista de partes preliminares e os documentos iniciais para a produção (REIS, 2003). Para finalizar a etapa do projeto detalhado, a atenção é de verificar se o produto atende as especificações e as normas estabelecidas para que possa cumprir a função para o qual foi projetado, visando atender os requisitos de projeto estabelecidos (AMARAL *et al.*, 2006).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados decorrentes da aplicação da metodologia de projeto de produto estabelecida no desenvolver do projeto, junto com a definição e hierarquia dos requisitos essenciais para elaboração do produto. Detalhamento do projeto em software CAD *solid works*

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

Para tornar clara as informações deste projeto, esta etapa apresenta as especificações de projeto onde definem as necessidades de clientes voltadas ao desenvolvimento desse equipamento.

4.1.1 Ciclo de Vida e Clientes

Como primeira tarefa do projeto informacional apresenta-se o ciclo de vida do produto que é formado pelos requisitos do cliente, segundo Amaral (2006) deve atender os três tipos de clientes, internos, intermediários e externos. É possível verificar estas informações através do Quadro 1.

Quadro 1 - Identificação do ciclo de vida e clientes do produto

FASE DO CICLO DE VIDA	CLIENTES		
	INTERNOS	INTERMEDIÁRIOS	EXTERNOS
PROJETO	Autor		
MANUFATURA	Autor	FAHOR	Fornecedores
UTILIZAÇÃO	Equipe Sinuelo FAHOR	Acadêmicos FAHOR	
MANUTENÇÃO	Equipe Sinuelo FAHOR	FAHOR	
DESCARTE	Equipe Sinuelo FAHOR	FAHOR	

Fonte: Autor, 2023

4.1.2 Requisitos dos Clientes

Com o seguimento do estudo levando em consideração as informações obtidas na etapa anterior foi elaborado o Quadro 2 onde descrevem os principais requisitos dos clientes. Estes requisitos foram definidos em reunião com as lideranças de cada subsistema da equipe Sinuelo, considerando as demandas de fabricação de chassis da equipe, onde se torna de grande utilização o produto.

Quadro 2 - Requisitos dos clientes por ciclo de vida

CICLO DE VIDA	REQUISITO
PROJETO	Ter baixo custo
	Ser funcional
	Ter baixa complexidade
MANUFATURA	Ter componentes de prateleira
	Ser fácil de manufaturar
UTILIZAÇÃO	Ser resistente
	Ser eficaz
	Ser seguro
	Ser fácil de utilizar
MANUTENÇÃO	Ter baixo custo de manutenção
	Ser de simples manutenção
DESCARTE	Ter vida útil condizente
	Ter capacidade de descarte

Fonte: Autor, 2023

4.1 .3 Requisitos do Projeto

Nesta etapa foram analisados os requisitos de clientes de uma maneira técnica para desenvolver o projeto, buscando atender esses requisitos anteriormente estabelecidos pelos clientes. Foram levantados 12 requisitos de projeto, apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Requisitos de Projeto

REQUISITOS DE PROJETO	CATEGORIA	REQUISITO	
ATRIBUTOS GERAIS	BÁSICOS	Funcionamento	Ser eficiente no corte dos tubos
		Ergonômico	Ter baixo peso
		Econômico	Ser de baixo custo de fabricação e manutenção
		Manufatura	Ter poucos componentes
			Ser de fácil fabricação
		Segurança	Não apresentar riscos na utilização
		Manutenção	Ter uma fácil manutenção
			Ter peças para reposição
Impacto Ambiental	Utilizar pouca lubrificação		
ATRIBUTOS ESPECÍFICOS	MATERIAIS	Confiabilidade	Ter uma longa vida útil
		Geométricos	Ser compacto
		Material	Ser resistente ao desgaste

Fonte: Autor, 2023

4.1.4 Hierarquia dos Requisitos

Para hierarquizar os requisitos de projeto, são atribuídos valores aos requisitos de clientes através do diagrama de *Mudge*. O mesmo é apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Diagrama de Mudge

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	SOMA	%	
1	2A	1C	1C	5C	6A	7A	8A	9C	1C	11C	12B	1B	6	4%	
	2	2B	2B	2C	2B	2B	8C	2B	2B	2B	2A	2A	37	22%	
		3	3C	3C	6C	7B	8A	3C	10C	11C	3C	13C	4	2%	
			4	5B	6B	7A	8A	9C	10C	4C	12B	4B	4	2%	
				5	6B	7B	8B	9C	10B	5C	12C	13C	5	3%	
					6	7B	8B	6C	10C	11C	6C	13C	14	8%	
						7	8C	7B	7C	7B	7C	7C	28	17%	
							8	8B	8A	8B	8C	8C	36	21%	
								9	9B	9C	9C	13C	8	5%	
									10	11C	12C	13C	6	4%	
										11	12C	11C	5	3%	
											12	13C	9	5%	
												13	6	4%	
													TOTAL	168	100%

A =	5	Muito mais importante
B =	3	Medianamente mais importante
C =	1	Pouco mais importante

Fonte: Autor, 2023

A ferramenta do diagrama de Mudge compara os requisitos individualmente, aos pares, entre todos os requisitos, definindo a cada comparação, quem é o mais importante e o quanto mais importante. Quando houver a interseção dos requisitos, deve se atribuir o número do requisito que tiver maior relevância e uma letra (A, B ou C) que corresponda ao nível de importância do requisito. A coluna “soma” define de forma decrescente quais são os requisitos mais importantes e os menos importantes para a solução do problema apresentado no projeto.

Com a atribuição de valores para classificação dos requisitos de projeto, no Quadro 4 pode-se identificar o grau de importância dos requisitos organizados do mais importante para o menos importante.

Quadro 4 - Classificação dos requisitos por nível de importância

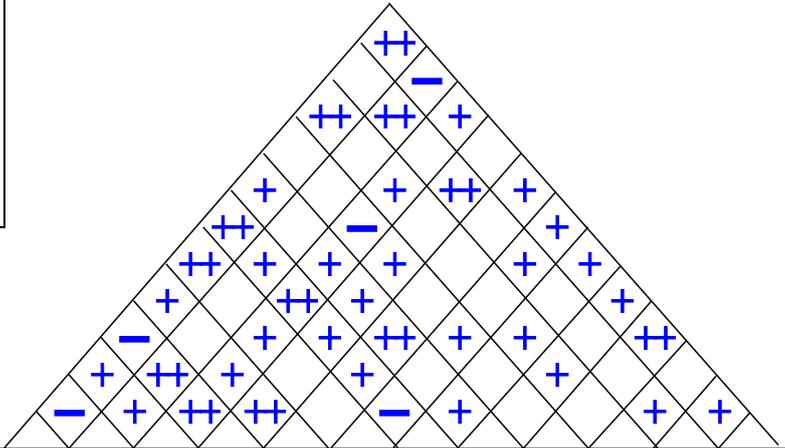
RANK	REQUISITO	DESCRIÇÃO	IMPORTANCIA
1	2	Ser funcional	37
2	8	Ser seguro	36
3	7	Ser eficaz	28
4	6	Ser resistente	14
5	12	Ter vida útil condizente	9
6	9	Ser fácil de utilizar	8
7	1	Ter baixo custo	6
8	10	Ter baixo custo de manutenção	6
9	13	Ter capacidade de descarte	6
10	5	Ser fácil de manufaturar	5
11	11	Ser de simples manutenção	5
12	3	Ter baixa complexidade	4
13	4	Ter componentes de prateleira	4

Fonte: Autor, 2023

Após a classificação através de valores dos requisitos de clientes, aplica-se a ferramenta QFD, através desta ferramenta é possível realizar a comparação entre o que o cliente deseja encontrar no produto e qual a melhor forma de desenvolvê-lo. Sendo assim é realiza-se a comparação entre os requisitos de clientes e requisitos de projeto para identificar quais os requisitos mais importantes para o desenvolvimento do produto. Na Figura 17 abaixo pode-se observar a correlação dos requisitos de clientes com os requisitos de projeto em classificações forte, moderada, fraca ou sem relação.

Figura 17 - Ferramenta QFD

Legend		
⊙	Relação Forte	9
○	Relação Moderada	3
△	Relação Fraca	1
++	Correlação Positiva Forte	
+	Correlação Positiva	
-	Correlação Negativa	
▼	Correlação Negativa Forte	
▼	Objetivo é Minimizar	
▲	Objetivo é Maximizar	
X	Objetivo é Acertar o Alvo	



Linha #	Max Relação na Linha	Peso Relativo	Peso / Importância (%)	Requisitos de Clientes	Coluna #											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
					Direction of Improvement: Minimizar (▼), Maximizar (▲), ou Alvo (X)											
					Requisitos de Projeto											
					Ser eficiente no corte dos tubos	Ter baixo peso	Ser de baixo custo de fabricação e manutenção	Ter poucos componentes	Ser de fácil fabricação	Não apresentar riscos na utilização	Ter uma fácil manutenção	Ter peças para reposição	Utilizar pouca lubrificação	Ter uma longa vida útil	Ser compacto	Ser resistente ao desgaste
1	9	4,0	4,0	Ter baixo custo	▲	○	⊙	⊙	▲			▲	▲		○	▲
2	9	22,0	22,0	Ser funcional	⊙	▲	▲	▲	○	⊙	○	▲	○	▲		○
3	9	2,0	2,0	Ter baixa complexidade			○	⊙	⊙	○	⊙	○	▲		○	
4	9	2,0	2,0	Ter componentes de prateleira	▲	▲	○		⊙		○	⊙		▲		
5	9	3,0	3,0	Ser fácil de manufacturar	▲	▲	○	⊙	○		○	▲			▲	
6	9	8,0	8,0	Ser resistente	○		▲		▲	○	▲	○	▲	⊙		⊙
7	9	17,0	17,0	Ser eficaz	⊙		▲	▲	▲	⊙	○	▲	▲	⊙		⊙
8	9	21,0	21,0	Ser seguro	▲	⊙		▲	▲	⊙	○	▲	▲		▲	
9	9	5,0	5,0	Ser fácil de utilizar		⊙		○	⊙	⊙	○	▲			○	▲
10	9	4,0	4,0	Ter baixo custo de manutenção		▲	⊙	⊙	○		○	⊙	○	○	▲	⊙
11	9	3,0	3,0	Ser de simples manutenção	▲	○	▲	○	▲	○	⊙	▲	▲	▲		▲
12	9	5,0	5,0	Ter vida útil condizente			○	▲		○	▲	⊙		⊙		⊙
13	3	4,0	4,0	Ter capacidade de descarte			○	▲	▲			▲		▲	▲	▲
Max Relação na Coluna					9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	3	9
Peso / Importância					408,0	286,0	170,0	210,0	225,0	639,0	280,0	208,0	133,0	313,0	65,0	388,0
Peso Relativo					12,3	8,6	5,1	6,3	6,8	19,2	8,4	6,3	4,0	9,4	2,0	11,7

Fonte: Autor, 2023

4.1.5 Estabelecer as especificações de Projeto

Verifica-se que a última etapa do projeto informacional consiste no estabelecimento das especificações do projeto, sendo avaliado cada requisito de acordo com sua aplicação, organizando-os conforme o seu nível de importância. Encerrado o QFD, torna-se possível conhecer o nível de importância de cada requisito e a influência que terá sobre o desenvolver das etapas subsequentes. Observa-se no Quadro 5 a separação dos requisitos por terços: superior, médio e inferior. Concluindo-se a fase de projeto conceitual, com os requisitos definidos e organizados, parte-se para a fase do projeto conceitual.

Quadro 5 - Especificações de Projeto

TERÇO	RANK	REQUISITO	IMPACTO	META	FORMA DE AVALIAÇÃO	ASPECTO INDESEJADO
SUPERIOR	1	Não apresentar riscos na utilização	639	Não causar acidentes com o operador	Prototipagem	Causar acidente com o operador
	2	Ser eficiente no corte dos tubos	408	Realizar bem o corte	Prototipagem	Não cortar os tubos
	3	Ser resistente ao desgaste	388	Não quebrar	Análise dos materiais	Quebrar
	4	Ter uma longa vida útil	313	Superior a 5 anos	Análise de projeto	Durar menos que 5 anos
MÉDIO	5	Ter baixo peso	286	Inferior a 25 kg	Análise de projeto	Pesar mais que 25 kg
	6	Ter uma fácil manutenção	280	Pouca desmontagem	Análise de projeto	Manutenção ser difícil
	7	Ser de fácil fabricação	225	Utilizar processos simples	Análise de projeto	Necessitar processos complexos
	8	Ter poucos componentes	210	Não ultrapassar 20 componentes diferentes	Análise de projeto	Ultrapassar 20 componentes diferentes
INFERIOR	9	Ter peças para reposição	208	Utilizar peças nacionais	Análise de projeto	Necessitar peças específicas
	10	Ser de baixo custo de fabricação e manutenção	170	Inferior a R\$2000,00	Análise de orçamento	Ultrapassar R\$2000,00
	11	Utilizar pouca lubrificação	133	Apenas para corte de material de alta dureza	Prototipagem	Precisar lubrificação para todos materiais
	12	Ser compacto	65	Inferior a 0,5 m ²	Análise de projeto	Ultrapassar 0,5 m ²

Fonte: Autor, 2023

4.2 PROJETO CONCEITUAL

Para o desenvolvimento da fase do projeto conceitual é necessário definir alguns pontos tais como a função global do produto, os princípios de solução, combinações destes princípios de solução e assim selecionar aquela o melhor conceito para seguir com o projeto, transformar os requisitos de clientes e projetos para estas análises de concepção e a partir desta determinar um protótipo inicial para a construção do produto.

4.2.1 Verificação do Escopo do Problema

Para uma eficiência no funcionamento do produto precisa-se evidenciar as principais características que o mesmo deve conter. A ferramenta de QFD aplicada no projeto conceitual, juntamente com o diagrama de Mudge, nos trazem dados claros e diretos para alcançar esse objetivo.

Seguem os requisitos considerados mais importantes para o projeto:

- Não apresentar riscos na utilização;
- Ser eficiente no corte dos tubos;
- Ser resistente ao desgaste;
- Ter uma longa vida útil.

Por meio da seleção destes requisitos é possível viabilizar a transformação das informações agrupando os requisitos essenciais do projeto para se ter melhor embasamento na elaboração do problema. Seguem os requisitos agrupados:

- Ser eficiente no corte dos tubos sem apresentar riscos na sua utilização;
- Ter uma longa vida útil sem desgastar o produto;
- Ter uma longa vida útil sem perder a eficiência no corte dos tubos.

Após estabelecer os requisitos essenciais para a elaboração do projeto é possível definir a função global do produto: Construir um equipamento que seja eficiente no corte dos tubos, não apresente risco de segurança ao operador e tenha uma longa vida útil sem desgaste.

4.2.2 Estrutura Funcional

Em sequência da primeira etapa do projeto conceitual onde se estabelece a estrutura de função global do produto, identifica-se o modelamento funcional do produto, conforme Figura 18.

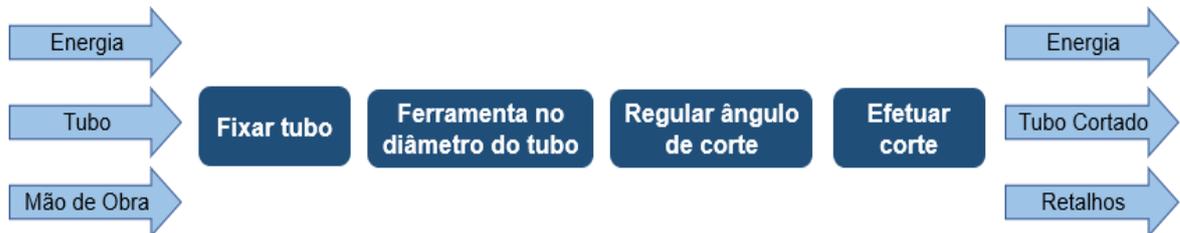
Figura 18 - Função Global do Produto



Fonte: Autor, 2023

A partir da função global elaborou-se a estrutura simplificada, para apresentar funções mais específicas que se tornam fundamentais na composição das futuras concepções. Com a Figura 19 pode-se compreender melhor essa esquematização.

Figura 19 - Função Global do Produto Simplificada



Fonte: Autor, 2023

Após a elaboração da estrutura funcional do produto, apresenta-se a descrição de cada função com suas respectivas entradas e saídas, no Quadro 6 pode-se observar a análise destes pontos citados.

Quadro 6 - Descrição das Funções

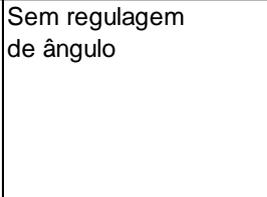
FUNÇÃO	DESCRIÇÃO	ENTRADA	SAÍDA
Fixar tubo	Sistema de fixação do equipamento regulado para prender o tubo	Estrutura de fixação	Tubo bem fixado
Ferramenta no diâmetro do tubo	Montar a serra copo no diâmetro do tubo a ser cortado para cortar o tubo	Seleção de ferramenta	Adequação para o trabalho
Regular ângulo de corte	Sistema de regulagem para angular o corte no tubo	Regulagem	Adequação para o trabalho
Efetuar corte	Acionamento rotativo do equipamento para cortar o tubo	Energia mecânica	Tubo cortado

Fonte: Autor, 2023

4.2.3 Princípios de Solução

Tendo identificada a função global e as funções estruturais, trabalha-se com a transformação de um layout abstrato em uma concepção concreta, ou seja, pesquisa-se por princípios de soluções alternativas a fim de solucionar as funções identificadas ao longo do projeto. Desta forma elabora-se a matriz morfológica para representar as possíveis soluções para as funções citadas na estrutura funcional. Para essa elaboração teve a inserção de componentes que se enquadram na elaboração do equipamento para atender as funções, observa se no Quadro 7 os princípios de soluções estudados.

Quadro 7 - Matriz Morfológica

FUNÇÃO	CONCEPÇÃO 1	CONCEPÇÃO 2	CONCEPÇÃO 3
Fixar tubo	Bara roscada 	Cilindro hidráulico 	Grampo kifix 
Ferramenta no diâmetro do tubo	Broca 	Serra copo 	Fresa topo 
Regular ângulo de corte	Articulação por parafuso 	Sem regulagem de ângulo 	Articulação por engrenagem 
Efetuar corte	Esmerilhadeira angular 	Parafusadeira de impacto 	Furadeira 

Fonte: Autor, 2023

4.2.4 Combinação dos Princípios de solução

Com a elaboração da matriz morfológica buscou-se por combinações necessárias entre os princípios de solução. Este processo traz o entendimento do segmento a seguir para entregar um produto com características que atendam às funções globais do projeto. Seguem as combinações de princípios de solução no Quadro 8.

Quadro 8 - Combinação dos Princípios de Solução

FUNÇÃO	CONCEPÇÃO 1	CONCEPÇÃO 2	CONCEPÇÃO 3	CONCEPÇÃO 4	CONCEPÇÃO 5	CONCEPÇÃO 6
Fixar tubo	Bara roscada 	Bara roscada 	Grampo kifix 	Grampo kifix 	Cilindro hidráulico 	Cilindro hidráulico 
Ferramenta no diâmetro do tubo	Serra copo 	Fresa topo 	Serra copo 	Broca 	Fresa topo 	Broca 
Regular ângulo de corte	Articulação por parafuso 	Articulação por engrenagem 	Articulação por parafuso 	Articulação por engrenagem 	Articulação por engrenagem 	Articulação por parafuso 
Efetuar corte	Furadeira 	Parafusadeira de impacto 	Furadeira 	Esmerilhadeira angular 	Esmerilhadeira angular 	Furadeira 

Fonte: Autor, 2023

4.2.5 Seleção das Combinações

Finalizando a etapa da combinação dos princípios de solução, inicia-se a seleção destes princípios através da ferramenta denominada de Matriz de Decisão, que está representada no Quadro 9.

Quadro 9 - Matriz de Decisão

RANK	REQUISITOS DE PROJETO	IMPORTÂNCIA	CONCEPÇÕES											
			C.1		C.2		C.3		C.4		C.5		C.6	
1	Ser funcional	37	1	37	1	37	1	37	1	37	0	0	0	0
2	Ser seguro	36	1	36	1	36	1	36	1	36	1	36	1	36
3	Ser eficaz	28	1	28	0	0	0	0	0	0	1	28	0	0
4	Ser resistente	14	1	14	1	14	-1	-14	-1	-14	1	14	1	14
5	Ter vida útil condizente	9	0	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Ser fácil de utilizar	8	0	0	1	8	1	8	1	8	0	0	1	8
7	Ter baixo custo	6	0	0	-1	-6	1	6	-1	-6	-1	-6	-1	-6
8	Ter baixo custo de manutenção	6	1	6	-1	-6	0	0	0	0	-1	-6	0	0
9	Ter capacidade de descarte	6	0	0	1	6	1	6	1	6	1	6	0	0
10	Ser fácil de manufaturar	5	1	5	0	0	1	5	0	0	-1	-5	0	0
11	Ser de simples manutenção	5	1	5	1	5	1	5	0	0	-1	-5	1	5
12	Ter baixa complexidade	4	1	4	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0
13	Ter componentes de prateleira	4	1	4	0	0	1	4	1	4	0	0	0	0
PESO DA CONCEPÇÃO			139	103	97	71	62	57						

Fonte: Autor, 2023

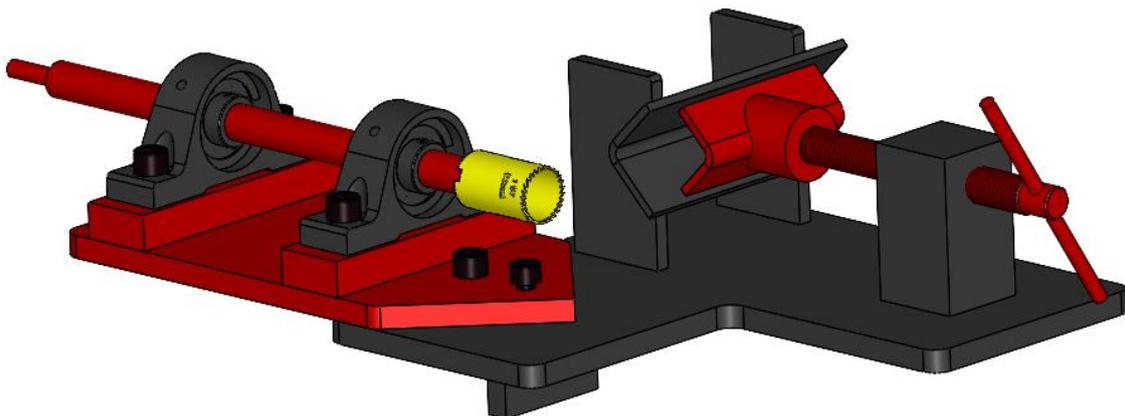
Para análise da matriz, no Quadro 9 observa-se as comparações entre as 6 concepções pré-definidas com os requisitos de projeto, já determinados em fases

anteriores. Para cada comparação, foram atribuídos valores dispostos da seguinte forma:

- Valor +1, para concepções com impacto positivo sobre o requisito;
- Valor 0, para concepções com impacto neutro sobre o requisito;
- Valor -1, para concepções com impacto negativo sobre o requisito.

Percebe-se que na linha inferior é apresentada a pontuação atingida por cada concepção de produto em comparação aos requisitos de projeto e, a partir disso, identifica-se a concepção que mais obteve pontuação em relação às demais, foi a de número 1. Pretendendo seguir para o projeto detalhado finaliza-se esta etapa com um esboço do produto final, seguindo os atributos da concepção elencada pela matriz de decisão e que pode ser visualizada pela Figura 20.

Figura 20 - Concepção do produto final em 3D



Fonte: Autor, 2023

4.3 PROJETO DETALHADO

Com o término das etapas anteriores do projeto informativo e projeto conceitual, pode-se seguir para a etapa final do projeto com o detalhamento do mesmo. Utilizando as informações levantadas nas etapas anteriores de qual problema do cliente o equipamento estará solucionando e quais os princípios de funcionamento para um bom desempenho do equipamento, consolida-se a construção do equipamento em software CAD, com a descrição de sistemas e componentes necessários para sua construção.

4.3.1 Leiautes Preliminares e Desenhos de Formas

Desenvolve-se leiautes preliminares e desenhos de formas com o intuito de compor a primeira etapa do projeto detalhado. Observa-se os requisitos predominantes levantados nas etapas anteriores para assim iniciar a produção do modelo com as ferramentas de CAD *Solidworks*. No Quadro 10 encontra-se o leiaute preliminar da lista de materiais do equipamento.

Quadro 10 - Lista de materiais da chanfradora de tubos

Nº DO ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
1	Coluna de fixação	2
2	Suporte maior	1
3	Suporte menor	1
4	Bucha de fixação	1
5	Guia de movimento	1
6	Eixo de fixação	1
7	Base articulada	1
8	Bloco	2
9	Mancal com rolamento Diam. 20mm	2
10	Eixo de giro	1
11	Cabo	1
12	SERRA COPO (32mm)	1
13	Bloco 2	1
14	Base	1
15	Parafuso Allen M 12 x 30	4
16	Parafuso Allen M 12 x 40	1
17	Porca Sextavada M12	1

Fonte: Autor, 2023

4.3.2 Leiautes Detalhados e Desenhos de Forma

Para elaboração dos leiautes detalhados e desenhos de formas, considera-se as matrizes desenvolvidas para seleção das concepções, observando seus principais requisitos para melhor desenvolvimento do projeto. Os desenhos detalhados do produto final encontram-se no (Apêndice A) deste trabalho.

4.3.3 Finalização das Verificações

No seguimento do projeto detalhado aplica-se a verificação dos possíveis erros de projeto que podem ocorrer no andamento do processo, no Quadro 11 descreve-se estas possíveis falhas.

Quadro 11 - Verificação dos erros de projeto

TÍTULO	QUESTÃO	RESPOSTA
Função	A função estipulada é cumprida?	Sim
Princípios de solução	Os princípios de solução resolvem os problemas encontrados?	Sim
Leiaute	A escolha do leiaute geral, das formas dos componentes, material e dimensões produzem: durabilidade adequada (resistência), deformação permissível (rigidez), desgaste compatível com a vida útil e parâmetros estipulados?	Sim
Segurança	Foi considerada a segurança do usuário?	Sim
Ergonomia	Foi considerada ergonomia do usuário?	Sim
Produção	Foi considerado se o local e os equipamentos são adequados para produção do produto?	Requer protótipo
Controle de qualidade	As verificações necessárias podem ser aplicadas durante e após a produção ou a qualquer outro momento?	Requer protótipo
Operação	Foram considerados todos os fatores de operação como ruídos, vibração e manuseio?	Requer protótipo
Manutenção	É possível fazer alguma manutenção do produto durante os testes?	Requer protótipo
Custos	Foram observados os limites de custo?	Sim
Cronograma	O produto será entregue na data?	Sim

Fonte: Autor, 2023

Com a aplicação da lista de verificações é possível verificar que alguns itens necessitam de protótipo para serem validados, os itens validados permitem o entendimento para prosseguir para próxima etapa.

4.3.4 Revisão do Projeto

Na última etapa do projeto detalhado que em síntese finaliza a aplicação da metodologia do projeto de produto, consiste em revisar projeto, em vista de que todas as especificações devem ser contempladas para o projeto final e se este terá capacidade de desempenhar a função pela qual teve o objetivo da execução do trabalho. Neste contexto, analisa-se no Quadro 12 os requisitos que foram atendidos para o produto.

Quadro 12 - Lista de revisão do projeto

RANK	REQUISITO	META	VALOR	VERIFICADO NA ANÁLISE DE PROJETO
1	Não apresentar riscos na utilização	Não causar acidentes com o operador	Requer protótipo	Não atingido
2	Ser eficiente no corte dos tubos	Realizar bem o corte	Requer protótipo	Não atingido
3	Ser resistente ao desgaste	Não quebrar	Material utilizado	Atingido
4	Ter uma longa vida útil	Superior a 5 anos	Material utilizado	Atingido
5	Ter baixo peso	Inferior a 25 kg	18 kg	Atingido
6	Ter uma fácil manutenção	Pouca desmontagem	3 subconjuntos montados	Atingido
7	Ser de fácil fabricação	Utilizar processos simples	Corte/dobra, torneamento, solda e montagem	Atingido
8	Ter poucos componentes	Não ultrapassar 20 componentes diferentes	16 componentes diferentes	Atingido
9	Ter peças para reposição	Utilizar peças nacionais	Tem peças para reposição	Atingido
10	Ser de baixo custo de fabricação e manutenção	Inferior a R\$2000,00	R\$ 1.052,00	Atingido
11	Utilizar pouca lubrificação	Apenas para corte de material de alta dureza	Requer protótipo	Não atingido
12	Ser compacto	Inferior a 0,5 m ²	0,15 m ²	Atingido

Fonte: Autor, 2023

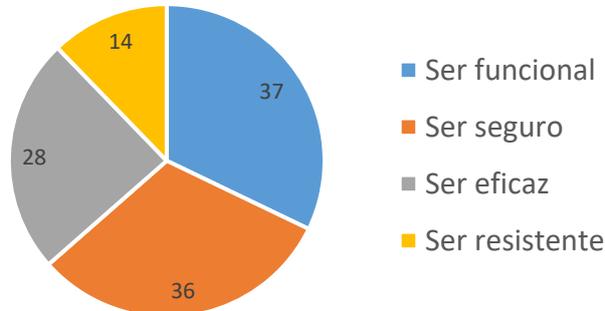
Na etapa de revisão do projeto, teve-se os requisitos que necessitam prototipagem para validação como não atingidos, já os demais requisitos foram todos atendidos. Finalizando-se a última etapa do projeto detalhado é possível afirmar que o projeto e as expectativas de cliente já atingem bons resultados por atender aos requisitos com o fim da aplicação da metodologia de projeto de produto.

5 DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS

Com base nos estudos realizados foi possível aplicar a metodologia de projeto de produto, desenvolvendo as três fases, projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado, chegando à concepção do projeto a ser desenvolvido. A análise dos requisitos de cliente e requisitos de projeto foram fundamentais para a definição do design do produto.

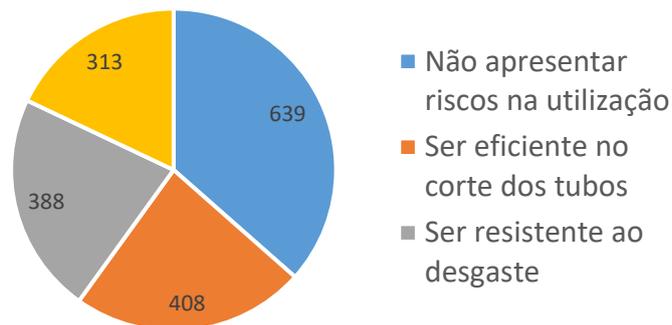
Com os gráficos apresentados na Figura 21 e na Figura 22 é possível perceber que os requisitos de cliente que tiveram maior influência no desenvolvimento do projeto foram: ser funcional, ser seguro, ser eficaz e ser resistente. Já os requisitos de projeto que apresentaram a maior relevância no desenvolvimento do projeto foram: não apresentar riscos na utilização, ser eficiente no corte dos tubos, ser resistente ao desgaste e ter uma longa vida útil.

Figura 21 - Gráfico dos requisitos de cliente mais importantes



Fonte: Autor, 2023

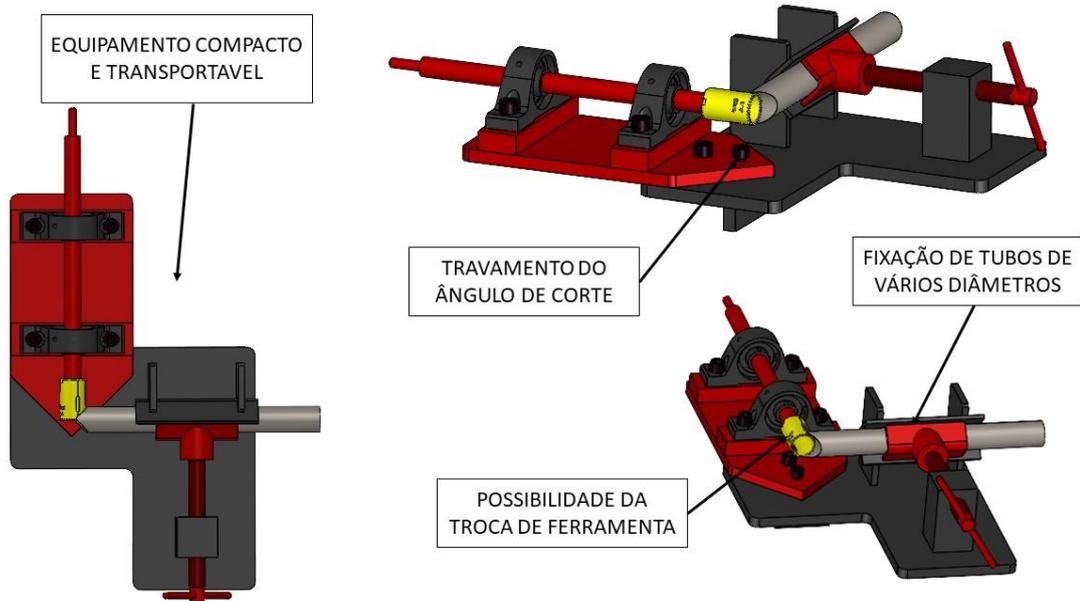
Figura 22 - Gráfico dos requisitos de projeto mais importantes



Fonte: Autor, 2023

Com o Quadro 12 apresentado na revisão de projeto é possível analisar que os requisitos de projetos para um bom desempenho do equipamento necessitam de protótipo para validação total, porém já trazem um resultado satisfatório em relação a análise de projeto. O equipamento apresentará uma estimativa de ganho na produtividade para a fabricação dos chassis da equipe Sinuelo, estimando diminuir até 20% o tempo de produção, onde reduz o retrabalho nos cortes feitos com lixadeiras e serras manuais para encaixe dos tubos. Conseqüentemente melhora a condição de encaixe do tubo para soldagem, onde o tubo cortado com o equipamento reduz o *gap* na montagem, garantindo uma boa estrutura. Na Figura 23 é apresentado uma simulação de corte pelo equipamento.

Figura 23 - Simulação de corte



Fonte: Autor, 2023

O projeto entrega um equipamento que possibilita a transportabilidade, possibilitando levar o mesmo junto a competições que a equipe participar, ainda dispõem de um eixo com rosca que possibilita trocar a ferramenta de corte variando o tamanho do mesmo, possui regulagem de ângulo com travamento para efetuar o corte e sistema de fixação para tubos de diversos diâmetros.

O custo estimado para produção chega em torno de R\$ 1052,00 apresentado no Quadro 13, podendo variar conforme a quantidade produzida, com esse valor ainda se torna um produto viável devido ao resultado que entrega.

Quadro 13 – Custos

MATERIAL	VALOR
Chapas	R\$ 750,00
Blocos usinados	R\$ 80,00
Mancal com rolamento	R\$ 60,00
Eixos	R\$ 120,00
Serra copo	R\$ 30,00
Elementos de fixação	R\$ 12,00
TOTAL	R\$ 1.052,00

Fonte: Autor, 2023

Ao final do trabalho pode-se concluir que os objetivos de desenvolvimento do projeto foram atingidos, além de proporcionar o crescimento do conhecimento na área de desenvolvimento de projetos de produto, materiais, processos produtivos, entre outros, além de oferecer um equipamento para ser utilizado pelos acadêmicos da FAHOR no desenvolvimento de seus projetos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos neste estudo, as seguintes conclusões podem ser obtidas.

- Foi desenvolvido o projeto de um equipamento que realiza corte em tubos no formato de boca de lobo;
- Almeja facilitar o trabalho na produção de chassi da equipe Sinuelo, estimando uma redução de até 20% no tempo de produção;
- Equipamento compacto e resistente;
- Equipamento transportável para levar em competições;
- Equipamento possibilita troca de ferramenta para cortes em vários diâmetros;
- Equipamento pode ser fabricado e comercializado no ramo metalmecânico;
- Como trabalho futuro surge-se a fabricação do equipamento e a automatização do mesmo.

REFERÊNCIAS

ABREU, P. A. L. **Corte a laser de tubos: Estudo do processo e metodologia de parametrização em função dos materiais a cortar e forma dos tubos.** 2021. 188p. Dissertação de (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2021.

ALMEIDA, Alexandre Duarte de. **Proposta para aplicação dos princípios da metodologia de processo de desenvolvimento de produtos na Equipe PATO BAJA.** Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica, COEME. Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR, Ponta Grossa, 2016.

ALMEIDA, L.H. D. **Projeto de máquina utilizada para a confecção de bocas de lobo em tubos de 25 mm em fórmulas SAE.** Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR, Ponta Grossa, 2018.

AMARAL et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos.** São Paulo: Saraiva, 2006.

ASHBY, M.F. **Materials Selection in Mechanical Design.** Elsevier Science, 2011. P342. 978-1-85617-663-7.

BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem.** Barueri, São Paulo: Manole, 2008.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos.** 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BERTOLETI, Pedro Henrique Fonseca. **Desenvolvimento de um computador de bordo para veículo Baja-SAE.** Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.

BUDYNAS, Richard G. **Elementos de Máquinas de Shigley.** 10. ed. [S. l.]: AMGH, 2016. 1096 p. ISBN 858055554X.

BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. **Shigley's Mechanical Engineering Design** 8th edition in SI Units. The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, NY, USA 2008.

CASTRO, V. O. R. **Aplicação da metodologia de projeto para o Desenvolvimento de um chanfrador de tubos**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, Belém-PA, 2017.

CASORETTI. **Máquinas para corte de boca de lobo**. Disponível em: <<https://casoretti.com.br/categoria-produto/maquinas-para-corte-de-boca-de-lobo/>>. Acesso em: 18 jun 2023.

COOPER, R. G. Managing technology development projects. **Research technology management** 49, n. 6, p.23-31, 2006.

COSTA, B. A. C, **Conceção e dimensionamento do chassis e sistema de travagem de um veículo de competição do tipo Formula SAE**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014.

CORREIA, R. P. **Contribuição ao projeto de cabos umbilicais e tubos flexíveis: ferramentas de CAD e modelo de macro elementos**. 2014. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica. São Paulo 2013.

EUROSTEC. **Máquinas para corte a laser para tubos**. Disponível em: <<https://www.eurostec.com.br/maquina-de-corte-a-laser-para-tubos-hs-r5>>. Acesso em: 18 jun 2023.

FERREIRA, Cristiano Vasconcellos. **Metodologia para as fases de projeto informacional e conceitual de componentes de plástico injetados integrando os processos de projeto e estimativa de custos**. Tese submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

FERREIRA, E.G. **Influências do Projeto Baja SAE no Ensino da Engenharia e no Desenvolvimento do Aluno**. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.

FILHO, A. C. P et al. **A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia**. Nono Simpósio de Mecânica Computacional, Universidade Federal de São João Del-Rei, Minas Gerais, 2010.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. Tese de doutorado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

FONSECA, F. E. A. **Proposta de um quadro referencial para o desenvolvimento de um sistema de medição desempenho para a gestão do ciclo de vida de produtos**. 2010. 238p. Dissertação de (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

FORCELLINI, F. A. **Desenvolvimento de produtos e sua importância para a competitividade**. 122 p. Apostila. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Paraná. 2002.

GOMES, H. M. M. **Desenvolvimento e construção de uma máquina de corte de tubo de braid**. 2022. 177p. Dissertação de (Mestrado) – Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Braga, Portugal, 2022.

GUIMARÃES, Pedro Henrique Ferreira. **Aplicação de redes neurais artificiais na predição de perfurações durante a soldagem de juntas tubulares em um chassi Baja**. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estado do Amazonas, Manaus, 2022.

JINDAL Rohan et al. " **Torsion test for a BAJA chassis using gyroscopic sensor and validation of CAE results**"; First International Conference on Design and Materials. v. 56, n. 6, p. 3774-3779. 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785322000414?via%3Dihub>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

MELLO, Willyams Bezerra de. **Proposta de um método aberto de projeto de produto – três alternativas de criação**. Dissertação. Escola Politécnica da USP, 2011.

MANTOVANI, C. A. **Metodologia de Projeto de Produto**. Apostila. Horizontina: Faculdade Horizontina, 2011. Baseada em Reis.

MERCADO LIVRE. **Chanfradora de tubos boca de lobo**. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1226130638-chanfradora-de-tubos-boca-de-lobo-_JM#position=6&search_layout=stack&type=item&tracking_id=bdddbbea-71bb-45f5-9e4d-3590bab4773d>. Acesso em: 18 jun 2023.

REIS, A. V. **Desenvolvimento de concepção para dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. Tese Doutorado em projetos de Sistemas Mecânicos CTC/EMC. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

RODRIGUES, S.L. **Modelo de aplicação de ferramentas de projeto integradas ao longo das fases de desenvolvimento de produto**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFRS, Porto Alegre, 2008.

SAE BRASIL. **Conheça a SAE Brasil**. Disponível em: < <https://saebrasil.org.br/quem-somos/#:~:text=Conhe%C3%A7a%20a%20SAE%20BRASIL&text=Face%20ao%20processo%20de%20globaliza%C3%A7%C3%A3o,uma%20afiliada%20da%20SAE%20International.>>. Acesso em: 20 abr 2023.

SARTORI, Francisco. **Tecnologias e técnicas modernas do Processo MIG/MAG para o passe de raiz em Soldagem orbital de tubos**. 2016. 155p. Dissertação de (Mestrado)–Universidade Federal de Santa Catarina, Centro tecnológico, Florianópolis, SC, 2016.

SOLDAS BRASIL. **Máquinas para abertura de boca de lobo**. Disponível em: < <https://www.soldasbrasil.com.br/maquina-abertura-boca-lobo-sb1000-d.php>>. Acesso em: 18 jun 2023.

SEWARD, Derek. **Race Car Design**. [S. l.]: Palgrave MacMillan, 2015. 288 p. ISBN 1137030143.

YAPP, D.; BLACKMAN, S. A. **Recent Developments in High Productivity Pipeline Welding**. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, v. XXVI, n. 1, p. 89-97, 2004.

APÊNDICE A – DESENHOS DETALHADOS

1
2
3
4
5
6

Este desenho de projeto não tem validade para fabricação sem a aprovação do Engenheiro Responsável. Ele foi elaborado no programa AutoCAD 2013. O usuário deve verificar a precisão dos dados e a coerência das dimensões antes de imprimir. O usuário deve verificar a coerência das dimensões antes de imprimir.

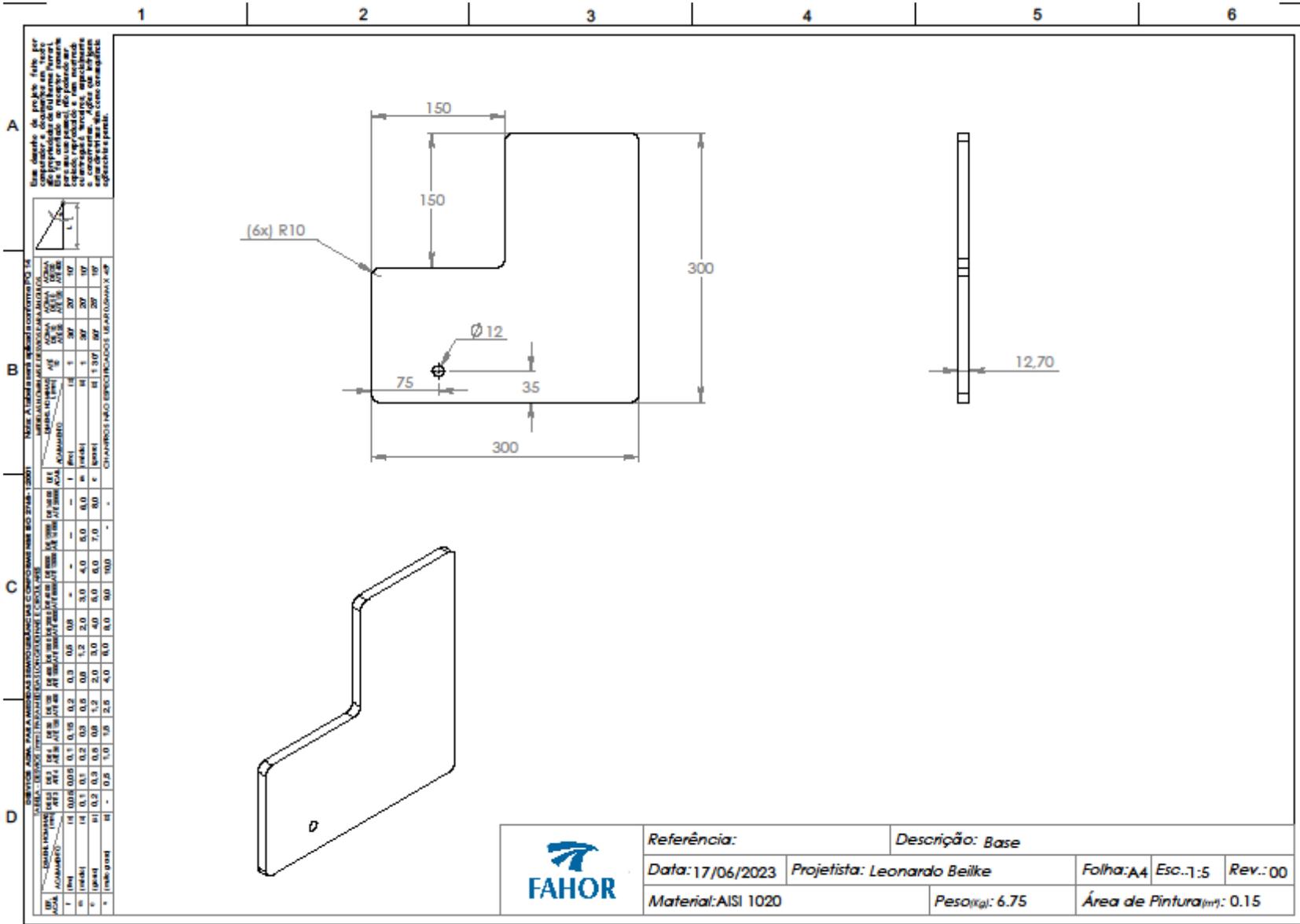
Grupos	Grupos	Grupos	Grupos	Grupos	Grupos
1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66
67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78
79	80	81	82	83	84
85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96
97	98	99	100	101	102

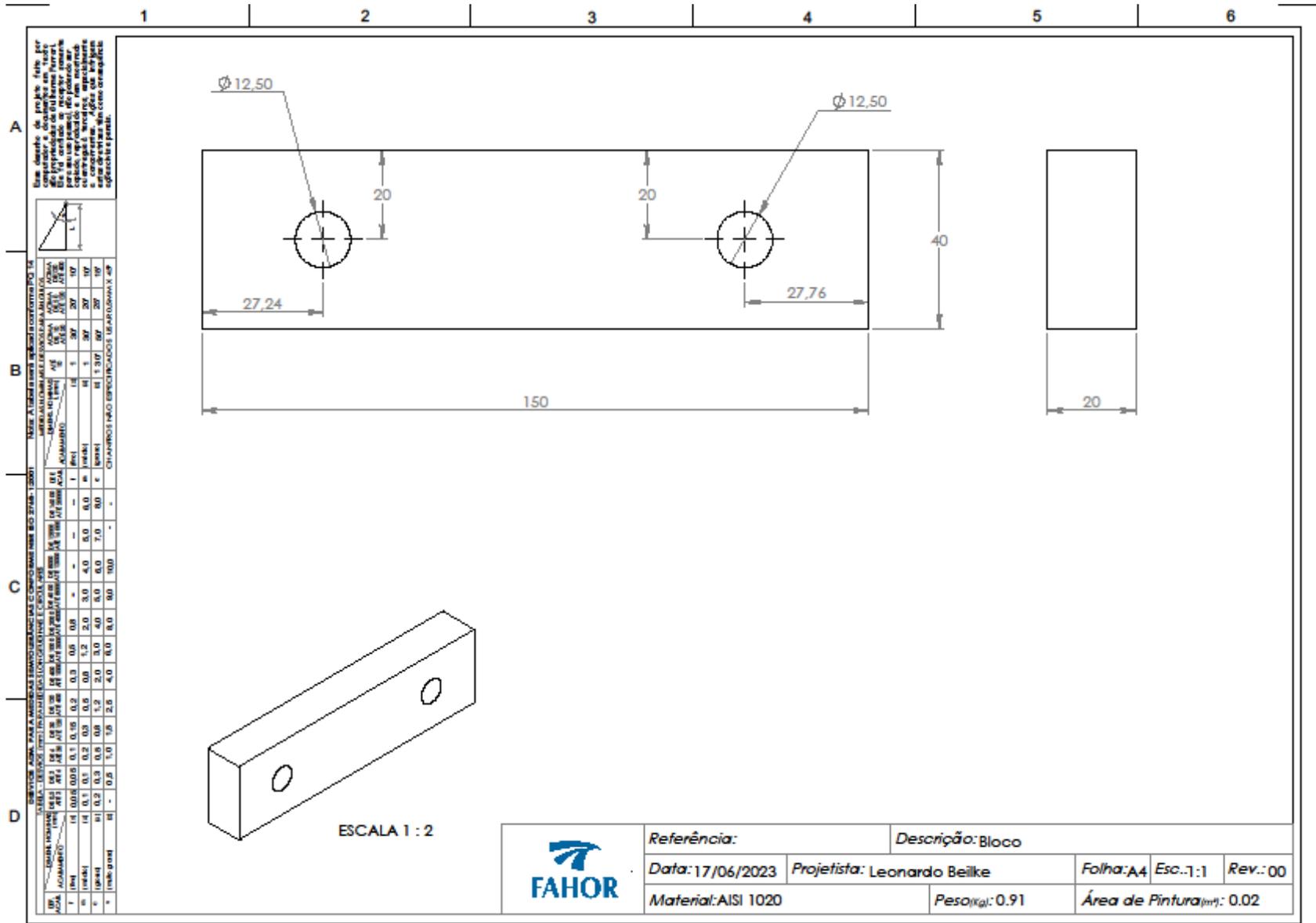
Nº do Item	Description	Qtd.
1	Coluna de fixação	2
2	Suporte maior	1
3	Suporte menor	1
4	Bucha de fixação	1
5	Guia de movimento	1
6	Eixo de fixação	1
7	Base articulada	1
8	Bloco	2
9	SYJ 20 TF - SYJ 504 - YAR 204-2F Diam20	2
10	Eixo de giro	1
11	Cabo	1
12	SERRA COPO 1.1J4(32MM)	1
13	Bloco 2	1
14	Base	1
15	PARAFUSO ALLEN M12 x 30	4
16	PARAFUSO ALLEN M12 x 40	1
17	PORCA SEXTAVADA M12	1

Referência: _____ Descrição: Chanfradora de Tubos

Data: 17/06/2023 Projetista: Leonardo Beilke Folha: A4 Esc.: 1:3 Rev.: 00

Material: VER LISTA Peso(kg): 17.90 Área de Pintura(m²): 0.52





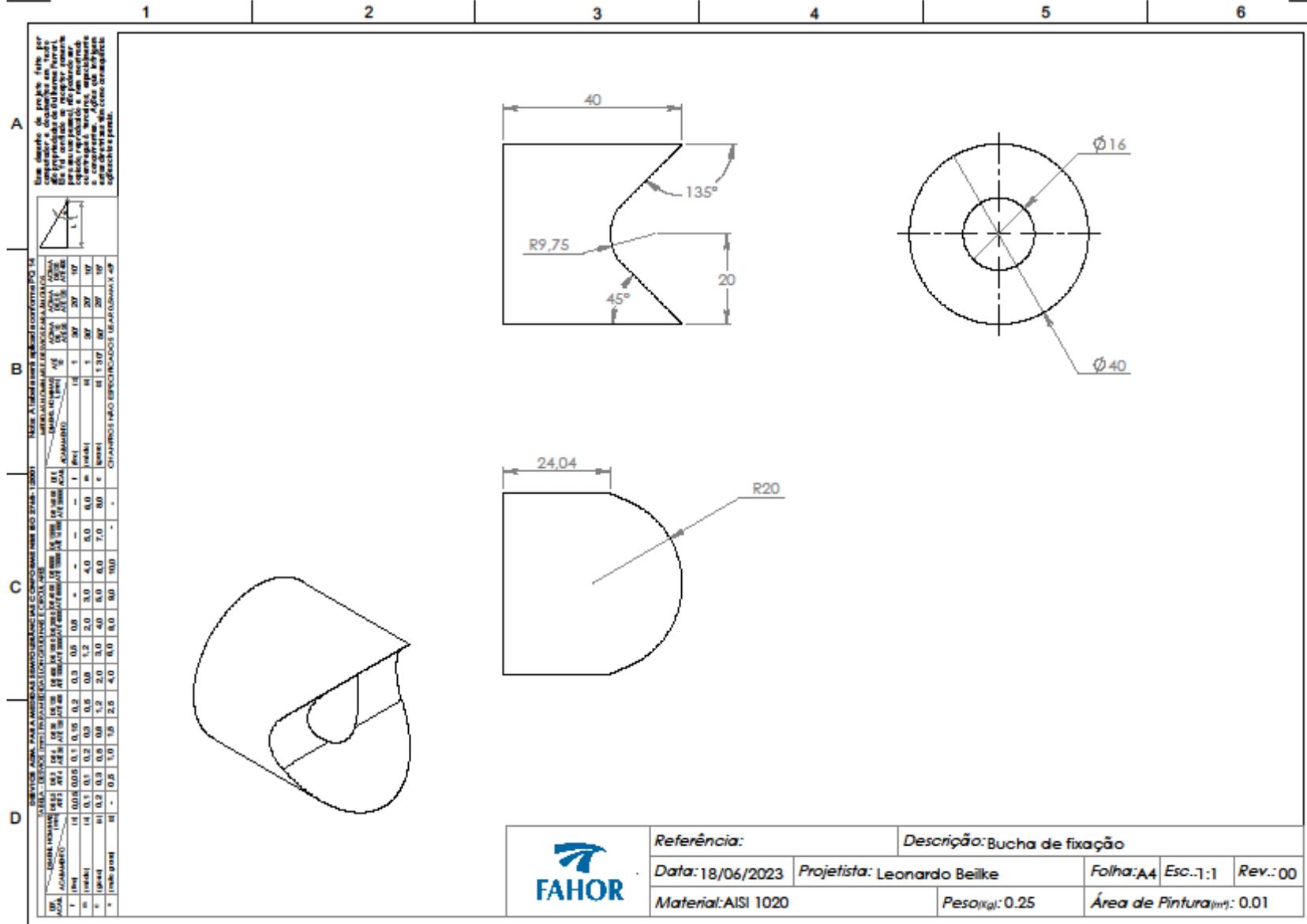
Este documento de projeto serve para fins informativos e não deve ser utilizado para a fabricação de peças. A FAHOR não se responsabiliza por danos ou prejuízos decorrentes do uso indevido deste documento. Este documento é propriedade intelectual da FAHOR e não pode ser reproduzido, copiado, distribuído ou divulgado sem a autorização expressa da FAHOR. A FAHOR não se responsabiliza por danos ou prejuízos decorrentes do uso indevido deste documento.



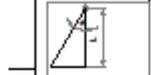
ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE	DESCRIÇÃO	VALOR	VALOR UNITÁRIO	TOTAL
1	1	PC	BLOCO	1	0.91	0.91
2	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
3	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
4	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
5	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
6	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
7	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
8	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
9	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
10	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
11	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
12	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
13	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
14	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
15	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
16	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
17	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
18	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
19	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
20	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
21	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
22	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
23	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
24	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
25	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
26	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
27	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
28	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
29	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
30	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
31	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
32	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
33	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
34	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
35	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
36	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
37	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
38	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
39	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
40	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
41	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
42	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
43	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
44	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
45	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
46	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
47	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
48	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
49	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02
50	1	PC	PARAFUSO	1	0.02	0.02



Referência:		Descrição: Bloco		
Data: 17/06/2023	Projetista: Leonardo Beilke	Folha: A4	Esc.: 1:1	Rev.: 00
Material: AISI 1020		Peso (kg): 0.91	Área de Pintura (m²): 0.02	

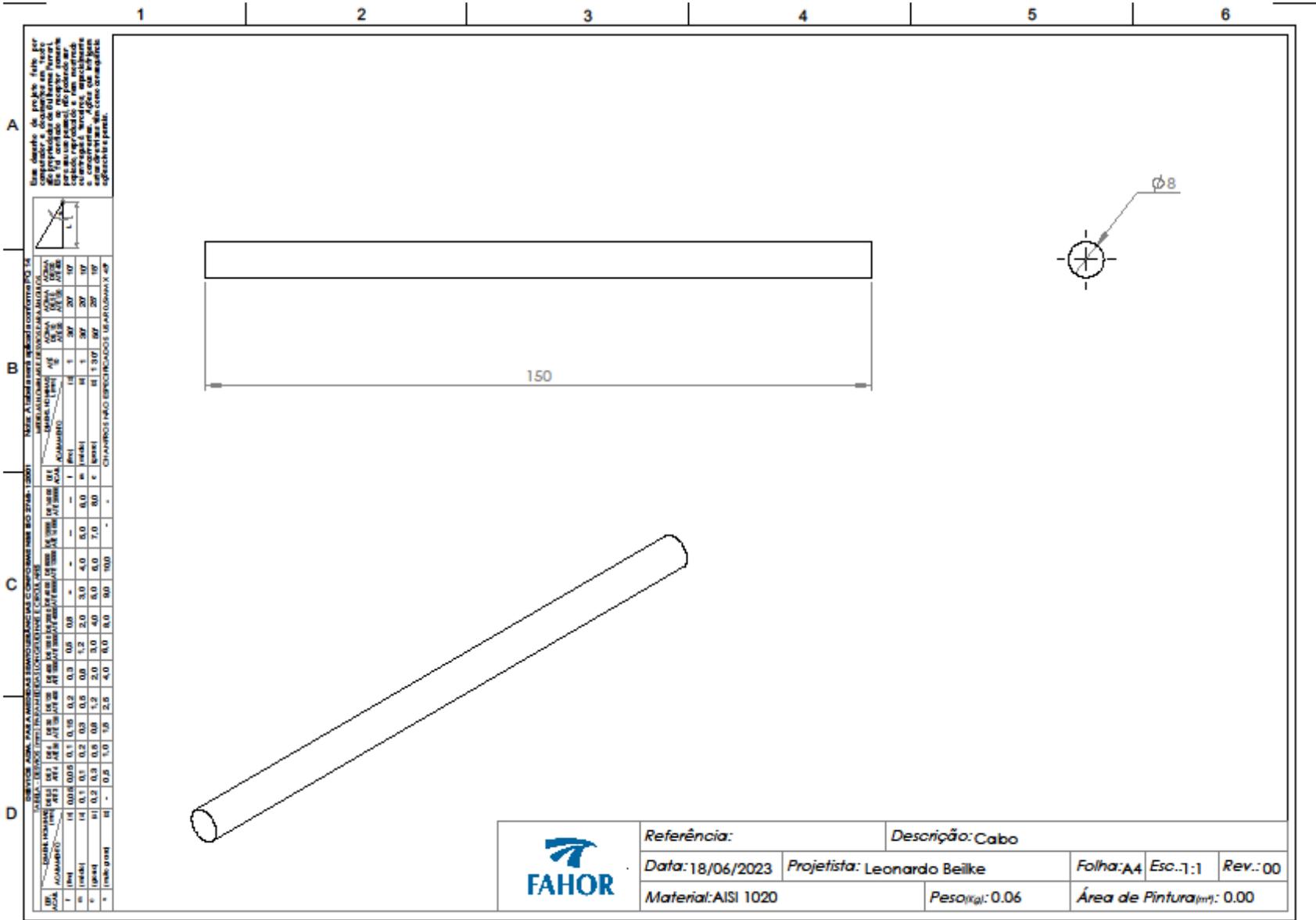


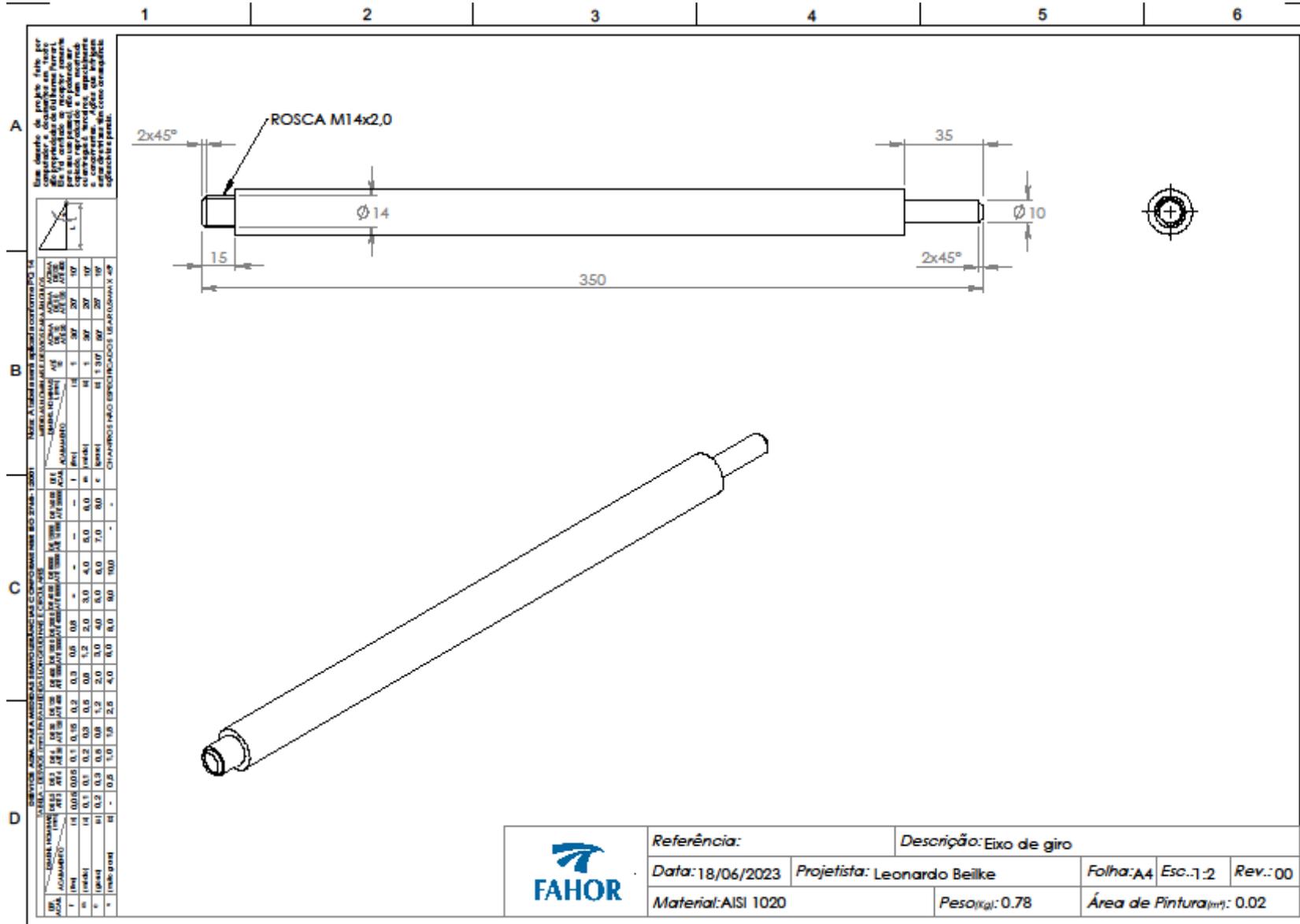
Este desenho de projeto não se aplica para a fabricação de peças, apenas para a identificação das dimensões. Para a fabricação, consulte o desenho de fabricação. Este projeto não se aplica para a fabricação de peças, apenas para a identificação das dimensões. Para a fabricação, consulte o desenho de fabricação.

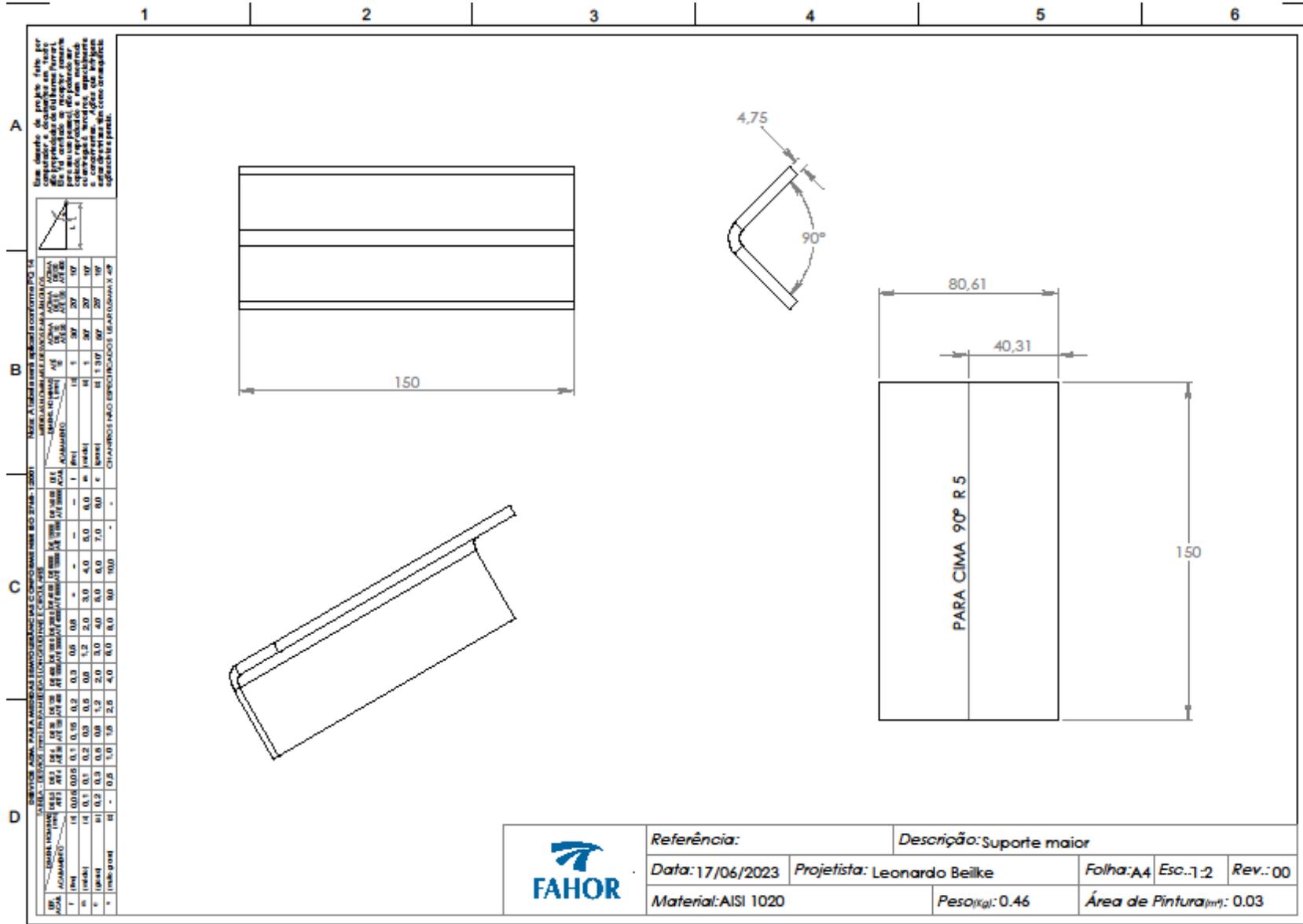


ITEM	QUANTIDADE	UNID.	MATERIAL		LARGURA	COMPRIMENTO	ESPESURA	DIAMETRO	RAIO	ANGULO	OBS.
			QTD.	UNID.							
1	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
3	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
4	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
7	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
8	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
9	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
10	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
11	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
12	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
13	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
14	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
15	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
16	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
17	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
18	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
19	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
20	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
21	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
22	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
23	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
24	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
25	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
26	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
27	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
28	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
29	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
30	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
31	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
32	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
33	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
34	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
35	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
36	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
37	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
38	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
39	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
40	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
41	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
42	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
43	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
44	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
45	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
46	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
47	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
48	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
49	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
50	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
51	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
52	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
53	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
54	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
55	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
56	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
57	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
58	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
59	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
60	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
61	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
62	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
63	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
64	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
65	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
66	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
67	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
68	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
69	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
70	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
71	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
72	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
73	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
74	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
75	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
76	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
77	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
78	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
79	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
80	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
81	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
82	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
83	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
84	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
85	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
86	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
87	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
88	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
89	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
90	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
91	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
92	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
93	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
94	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
95	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
96	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
97	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
98	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
99	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	
100	1	PC	1	1	1	1	1	1	1	1	

	Referência:		Descrição: Buchha de fixação		
	Data: 18/06/2023	Projeta: Leonardo Beilke	Folha: A4	Esc.: 1:1	Rev.: 00
	Material: AISI 1020		Peso(kg): 0.25	Área de Pintura(m²): 0.01	







Este desenho de projeto está por computador e contém as "tags" de controle de versão. Qualquer alteração deve ser feita no sistema de controle de versão para garantir a rastreabilidade das alterações. Qualquer alteração deve ser feita no sistema de controle de versão para garantir a rastreabilidade das alterações.

OP	ACABAMENTO	REVISÃO	DATA	FEITO POR	REVISADO POR	COMENTÁRIO					
1	0.00	0.00	0.1	0.15	0.2	0.3	0.5	0.8	-	-	-
2	0.1	0.1	0.2	0.5	0.8	1.2	2.0	3.0	4.0	5.0	7.0
3	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	2.0	3.0	4.0	5.0	7.0	8.0
4	0.5	1.0	1.5	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	-	-	-

