



**Cristian Seiboth**

**PROTÓTIPO DE UMA PLATAFORMA ROBÓTICA MÓVEL PARA  
USO AGRÍCOLA**

Horizontalina - RS  
2020

**Cristian Seiboth**

**PROTÓTIPO DE UMA PLATAFORMA ROBÓTICA MÓVEL PARA  
USO AGRÍCOLA**

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 Professor Me. Adalberto Lovato.

Horizontina - RS

2020

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

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

**“PROTÓTIPO DE UMA PLATAFORMA ROBÓTICA MÓVEL PARA  
USO AGRÍCOLA”**

**Elaborada por:  
Cristian Seiboth**

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

Aprovado em: 17/07/2020  
Pela Comissão Examinadora

---

Me. Adalberto Lovato  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

---

Me. Cassia Bordim Santi  
FAHOR – Faculdade Horizontalina

---

Me. Francine Centenaro Gomes  
FAHOR – Faculdade Horizontalina

**Horizontalina - RS  
2020**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha esposa, que desde o início da jornada acadêmica esteve do meu lado me auxiliando e incentivando, e também aos meus pais que me deram a educação e caráter para chegar nessa etapa.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço acima de todos ao nosso senhor Deus , que me abençoou em todos os momentos, mais ou menos ,que me deu forças para não desistir e seguir em frente ainda mais forte.

À minha esposa Sabrina, minha companheira ,que sempre esteve ao meu lado, me ajudando em todos os momentos da faculdade.

Àos meus pais Marlene e Romualdo que mesmo não tendo educação completa nunca me deixaram passar pelo mesmo, sempre me incentivando da maneira deles.

Ao meu orientador, Professor Adalberto Lovato, que desde o início da jornada desse trabalho, me ajudou , dando novas ideias e me direcionando para o caminho certo, e também pelo apoio financeiro que permitiu a realização do projeto fisicamente.

“Lembre-se, você não pode subir a escada do sucesso com as mãos em seus bolsos.”

(Arnold Schwarzenegger)

## RESUMO

O desenvolvimento de equipamentos para uso agrícola em pequenas propriedades e com culturas diversificadas requer o uso de robótica caso a pretensão seja manter o jovem no campo com maior atratividade e produtividade.

O presente projeto desenvolveu um subconjunto de uma plataforma móvel cuja finalidade será portar ferramentas e utensílios para diversas atividades agrícolas e pecuárias, como preparação de terreno, semeadura, capina, tratamentos e colheitas. Também para uso na pecuária, nos trabalhos de estábulo e nos cuidados nas culturas de piquetes.

O subconjunto é umas das “pernas” de um conjunto de quatro, capazes de grande mobilidade e versatilidade. Foi utilizado motor de indução de gaiola de esquilo assíncrono com frequência variável para o controle de tração e velocidade.

Para controle da direção fez-se uso de um motor de corrente contínua. A alimentação do motor parte de uma bateria de 12V, para o controle da direção é um o inversor de frequência alimentado com 220V e 60Hz.

Os testes revelaram que o modelo é factível de construção e apresentou desempenho de movimentação conforme o esperado.

**Palavras-chave:** Robótica. Plataforma Móvel. Sistema de Movimentação. Agricultura

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Shakey: O primeiro robô móvel da história. ....	20
Figura 2: Soujourner.....	20
Figura 3: Robô para coletas de amostras na Antártica .....	21
Figura 4: Ciclo de Interação .....	22
Figura 5: Classificação segundo a anatomia.....	22
Figura 6: Exemplo de robô aéreo(drone).....	23
Figura 7: Exemplo de robô aquático.....	23
Figura 8: Exemplo de robô com rodas.....	24
Figura 9: Exemplo de robô com esteiras.....	24
Figura 10: Exemplo de robô com pernas.....	25
Figura 11: Classificação segundo a funcionalidade. ....	25
Figura 12: Exemplo de motor de corrente contínua. ....	29
Figura 13: Exemplo de Motor de Indução Trifásico .....	29
Figura 14: Motor de Passo. ....	30
Figura 15: Driver de motor de passo. ....	31
Figura 16: Motorreductores.....	31
Figura 17: Redutor com rosca sem fim.....	32
Figura 18: Inversor de frequência. ....	33
Figura 19: Inversor DC/AC. ....	33
Figura 20: Ciclo de funcionamento de uma bateria de íons Lítio.....	34
Figura 21: Composição da bateria de Lítio.....	35
Figura 22: Lavoura de soja.....	36
Figura 23: Lavoura de milho.....	37
Figura 24: Lavoura de trigo .....	38
Figura 25: Festuca-azul.....	38
Figura 26: Capim do texas .....	39
Figura 27: Uma das configurações de Thorvald 2, com equipamentos de rastreamento de minas.....	41
Figura 28: Robô TIBA em teste de campo. ....	41
Figura 29: Uma das configurações de Thorvald 2 com carregadeira mecanizada. ....	42
Figura 30: Exemplos de robôs do Thorvald 2.....	42
Figura 31: Um exemplo de robô do Thorvald 2 acoplado com GPS. ....	43

Figura 32:Projeto de robô para manejo de cultura em poli túneis. ....	43
Figura 33:Projeto de robô UV-Bio. ....	44
Figura 34:Diagrama das atividades desenvolvidas .....	48
Figura 35:Desenho3D do protótipo. ....	50
Figura 36:Protótipo montado. ....	50
Figura 37:Desenho 3D do subconjunto estrutura. ....	51
Figura 38:Subconjunto estrutura montado. ....	52
Figura 39:Motor de 12 V.....	52
Figura 40:Botoeira para controle do motor 12V.....	52
Figura 41: Redutor TR1 11,6:1.....	53
Figura 42:Desenho 3D do subconjunto rodas traseiras. ....	55
Figura 43:Subconjunto montado. ....	55
Figura 44:Desenho 3D do subconjunto perna .....	56
Figura 45:Subconjunto montado. ....	56
Figura 46:Motorreductor MTRV-063. ....	57
Figura 47:Rolamento Axial BR 51114. ....	57
Figura 48:Mancal NB F205 com rolamento UC-205.....	57
Figura 49:Desenho 3D subconjunto roda dianteira. ....	58
Figura 50:Subconjunto montado. ....	58
Figura 51: Desenho 3D do subconjunto caixa.....	60
Figura 52: Subconjunto montado. ....	61
Figura 53: Bateria 12 V.....	61
Figura 54: Inversor de frequência SINUS N. ....	61
Figura 55: Protótipo com a direção para frente	Figura 56: Protótipo com a
direção virada 90°.....	63
Figura 57: Protótipo com a ligação elétrica dos motores e inversor. ....	63
Figura 58: Protótipo em aclave improvisado de 10°. ....	64
Figura 59: Anilhas de 5 kg cada na balança.....	64
Figura 60: Bateria utilizada sendo pesada. ....	65

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1:Método proposto por Bruno Munari .....	46
Quadro 2:Características do protótipo. ....	49
Quadro 3:Esquema elétrico do protótipo. ....	62

## **LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS**

CAD - Computer-Aided Design - Desenho assistido por computador.

DC/AC - Alternative Current/Direct Current – CC/CA -Corrente Contínua/Corrente Alternada.

ISO - International Organization for Standardization - Organização Internacional de Normalização

NMBU - Norges-Miljø-og Biovitenskapelige Universitet - Universidade Norueguesa de Ciências da Vida.

ONU - Organização das Nações Unidas.

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 TEMA .....	14
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	14
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA .....	14
1.4 HIPÓTESES .....	14
1.5 JUSTIFICATIVA .....	15
1.6 OBJETIVOS .....	17
<b>1.6.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>17</b>
<b>1.6.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>17</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
2.1 HISTÓRICO ROBÓTICA .....	18
2.2 DEFINIÇÃO ROBÔ MÓVEL .....	21
2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS ROBÔS .....	22
<b>2.3.1 Classificação segundo a anatomia</b> .....	<b>22</b>
<b>2.3.2 Classificação segundo o tipo de controle e a funcionalidade</b> .....	<b>25</b>
2.4 COMPONENTES DE ROBÔS MÓVEIS .....	26
<b>2.4.1 Manipulador e atuador final</b> .....	<b>26</b>
<b>2.4.2 Atuadores e sensores</b> .....	<b>26</b>
<b>2.4.3 Controlador, processador e software</b> .....	<b>27</b>
2.5 MOTORES ELÉTRICOS, INVERSORES E BATERIAS .....	28
<b>2.5.1 Motor de corrente contínua</b> .....	<b>28</b>
<b>2.5.2 Motor de indução trifásico</b> .....	<b>29</b>
<b>2.5.3 Motores de passo</b> .....	<b>29</b>
2.5.3.1 Drivers para motores de passo .....	30
<b>2.5.4 Motorreduzores</b> .....	<b>31</b>
<b>2.5.5 Inversores de frequência</b> .....	<b>32</b>
<b>2.5.6 Inversores de corrente (conversores DC/AC)</b> .....	<b>33</b>
<b>2.5.7 Baterias de lítio</b> .....	<b>33</b>
2.6 LAVOURA .....	35
<b>2.6.1 Culturas agrícolas</b> .....	<b>35</b>
2.6.1.1 Cultura da soja .....	35
2.6.1.2 Cultura do milho .....	36
2.6.1.3 Cultura do trigo .....	37
2.6.1.4 Cultura de gramíneas .....	38
2.7 MÉTODO DE PROJETO DE PRODUTO .....	39
2.8 PROJETOS MECÂNICOS .....	39
<b>2.8.1 Componentes estruturais</b> .....	<b>40</b>
2.9 DESENVOLVIMENTOS JÁ REALIZADOS .....	40
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>45</b>
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADO .....	45
<b>3.1.1 Método de Munari</b> .....	<b>45</b>
<b>3.1.2 Ciclo de detalhamento</b> .....	<b>47</b>
3.1.2.1 Projeto computacional .....	47
<b>3.1.3 Ciclo de aquisição</b> .....	<b>47</b>
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS .....	47
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>49</b>
4.1 ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO .....	49

4.2 APRESENTAÇÃO DOS SUBCONJUNTOS.....	49
<b>4.2.1 Montagem geral.....</b>	<b>49</b>
<b>4.2.2 Subconjunto estrutura.....</b>	<b>50</b>
<b>4.2.3 Subconjunto rodas traseiras.....</b>	<b>54</b>
<b>4.2.4 Subconjunto perna.....</b>	<b>55</b>
<b>4.2.5 Subconjunto roda dianteira.....</b>	<b>58</b>
<b>4.2.6 Subconjunto caixa.....</b>	<b>60</b>
4.3 SISTEMA ELÉTRICO.....	62
4.4 TESTES REALIZADOS.....	62
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>66</b>
<b>5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>126</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ser humano sempre utilizou de utensílios que o auxiliaram em suas mais variadas tarefas e, dessa forma, pode-se ligar a sua evolução com o grau de desenvolvimento tecnológico empregado desde os aperfeiçoamentos realizados em suas ferramentas, até a criação de novas máquinas que vêm substituir a execução de tarefas manuais. Ao longo dos séculos, as diversas invenções foram muito importantes para servir de base a fim de que, gradualmente, as máquinas substituíssem a mão-de-obra humana. (ROMANO e DUTRA, 2002).

Atualmente a área agrícola tem dimensões expressivas e que estão em ascensão, sendo assim, um maior desenvolvimento de pesquisas de ferramentas, equipamentos e máquinas para auxiliar e melhorar o trabalho nessa área se tornam necessárias.

Seguindo esse desenvolvimento e procurando maneiras de contribuir com os produtores e trabalhadores no manejo de diversas culturas, sendo que os mesmos tem de se locomover dentro da lavoura embarcados em algum veículo, o que acaba danificando as plantas, ou até mesmo deslocando-se a pé que demanda muito mais tempo, isso tanto para coleta de amostras, como para o monitoramento de pragas e plantas. Colocou-se na prática o estudo para projetar um protótipo de uma plataforma robótica móvel.

Cujo protótipo poderá se movimentar sobre as linhas dos plantios das culturas, para que seja possível por meio de instrumentos de medição e coleta de dados e câmeras acopladas, a obtenção de informações do solo, das plantas e das possíveis pragas. Diminuindo assim o trabalho dos produtores pelo fato de que os mesmos não tem a necessidade de contato físico com a lavoura.

Este relatório apresenta preliminarmente, no capítulo 2 um estudo sobre robôs móveis, seus componentes e suas classificações, logo após uma pesquisa a respeito de motores elétricos, redutores de roscas sem-fins, em relação a isso pesquisou-se sobre motorredutores , inversores de frequência e de corrente, baterias de lítio, procurando um melhor entendimento desses assuntos que por sua vez foi crucial para o sucesso do mesmo. Os resultados são apresentados no capítulo 4.

## 1.1 TEMA

Para o desenvolvimento deste projeto o foco principal foi a construção de uma plataforma robótica móvel.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho se delimita a construção de um protótipo de plataforma robótica móvel que se locomove através de pernas que realizam o direcionamento, e que tem rodas que efetuam a tração para frente e para trás. Mas apenas uma perna da plataforma foi construída, já que as 4 são iguais, isso por motivos financeiros e a para testes e aprimoramentos, para então futuramente construir as demais. E para apoio de apenas uma perna foi construída uma estrutura com duas rodas traseiras, sendo assim um triciclo. Fazendo o uso de baterias de lítio possibilitando o funcionamento por mais tempo sem estar conectado.

## 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema encontrado são as dificuldades que os produtores e trabalhadores de diversas culturas da região noroeste do Rio Grande do Sul têm em fazer a fiscalização de suas áreas plantadas, bem como o monitoramento de pragas e das plantas em si, cujas atividades são realizadas a pé demandando um tempo muito grande que poderia ser aplicado a uma atividade de maior importância, outra maneira é dessa fiscalização ser realizada embarcada em algum tipo de veículo a combustão onde há um gasto considerável com combustível e danificação das plantações, da mesma forma a escassez de mão de obra para os devidos fins também se revela como uma dificuldade a ser superada.

É possível a construção de uma plataforma robótica móvel para uso em terrenos irregulares nas lavouras da região noroeste do Rio Grande do Sul?

## 1.4 HIPÓTESES

Pelo fato de não ser conhecido o desempenho do protótipo que irá ser desenvolvido levantam-se três hipóteses em relação da pesquisa, são elas:

- a) As dimensões da roda são adequadas para terrenos agrícolas.
- b) A potência do motor de tração consegue movimentar uma carga de 30kg num aclive de 10°.

- c) O sistema de direção permite que o centro do raio de curva esteja no eixo traseiro do protótipo.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

A projeção estatística média da ONU para a população mundial realizada no atual ano prevê que em 2050 existirão 9,7 bilhões de pessoas, contra aproximadamente 7,7 bilhões em 2020(ONU,2020). E nesse contexto o Brasil, já há algumas décadas, carrega a responsabilidade de ser um dos pilares para resolver o problema de acompanhar esse crescimento no que diz respeito à alimentação humana.

Houve então o aumento de produção de alimentos em nosso país, obtidos através da expansão territorial das áreas cultivadas e também, mais importante, com ganhos de produtividade. Os êxitos alcançados tem sido conquistado por meio da introdução de equipamentos mecânicos cada vez maiores para atender grandes produtores.

Simultaneamente, não só no Brasil, mas também nos países mais desenvolvidos, a população rural como um todo, tem sido reduzida com a migração de jovens, adultos e idosos para os centros urbanos, pelo fato de a vida rural ser incessante e exaustiva nas suas atividades diárias, mais conhecido como êxodo rural. Desta forma, as culturas que necessitam de uma maior participação de atividades humanas passam a dar lugar para as de maior escala de produção, como por exemplo soja, milho trigo e algodão.

Ao mesmo tempo vivencia-se a revolução digital a qual coloca à disposição todos os recursos e o seu potencial que o uso do computador oferece para a agricultura 4.0. A utilização de novas tecnologias, como a robotização, será capaz de contribuir para preservar a produção de diversas culturas que são mais intensivas no quesito mão-de-obra, viabilizando sua produção e atraindo o interesse da população jovem para as atividades. Assim leva-se à compreensão de que a tecnologia consegue participar de resoluções de problemas sociais.

As culturas agrícolas e pecuárias de pequenos produtores rurais são, em geral, aquelas de maior variedade de tarefas, habilidades e técnicas. Sua mecanização pura e simples não se torna economicamente lucrativa como acontece nas atividades de produção em uma larga escala. A resposta para o fato poderá ser dada por equipamentos menores e mais flexíveis, utilizando acessórios adaptáveis a

várias situações e comandados por softwares e aplicativos, isto é, a solução pode ser a robotização.

O cenário econômico do Noroeste do Rio Grande do Sul tem suas bases na produção agropecuária de pequeno porte e na indústria de máquinas e equipamentos agrícolas. A inovação faz parte das atribuições da Engenharia regional nesses dois setores da economia e, por isso, contém o desenvolvimento de robôs agrícolas.

Robôs, de acordo com a definição da norma ISO-8373:2012, “são mecanismos atuadores programáveis em dois ou mais eixos com um grau de autonomia que se move dentro de seu ambiente para realizar uma determinada tarefa” (tradução nossa). Seguindo os princípios da mesma norma, os robôs agrícolas estariam classificados como de serviço e móveis. Com essas características deverão se movimentar sobre uma plataforma móvel, sobre a qual se podem instalar os mais diversos atuadores.

O desenvolvimento de robôs por si mesmo carrega a complexidade de ser multidisciplinar, envolvendo as várias especialidades da Engenharia Mecânica, Controle e Automação e Engenharia de Software. Acrescenta-se a isso a diversidade de tarefas a ser executadas no ambiente agrícola. Desta forma, o desenvolvimento de uma plataforma móvel deve considerar a Arquitetura da Complexidade conforme Herbert Simon, Prêmio Nobel de Economia de 1969, em sua obra “As ciências do artificial” (SIMON,1996).

Levando para o nível da Engenharia Mecânica, o desenvolvimento da tecnologia de construção de plataformas móveis para robôs é o primeiro passo para que os outros ramos de Engenharia possam desenvolver os atuadores específicos para as diversas variedades e peculiaridades da agricultura de pequeno porte.

O desenvolvimento de plataformas móveis para robotização da agricultura já foi abordado por Moschitz e Stolze (2018), Fountas et al. (2020), Devitt (2018). Com uma essência maior, mais ampliada e profunda, o assunto tem sido focado na NMBU – Norges-miljø-og biovitenskapelige universitet (Universidade Norueguesa para a Ciência da Vida) nos trabalhos de Ovick (2016); Xaud et al. (2018); Bjurbeck (2017); Grimstad e From (2017); Grimstad e From (2018); Le et al. (2019) e Zakaria (2017) .

Falta na região Noroeste do Rio Grande do Sul, a construção e estudo de desempenho de um robô agrícola.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.6.1 Objetivo Geral

O trabalho em questão tem como objetivo geral a construção de um protótipo de plataforma robótica móvel para uso nos diversos terrenos da região noroeste do Rio Grande do Sul.

### 1.6.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos do trabalho são definidos:

- a) Desenvolver estudo teórico sobre robótica móvel;
- b) Modelar o protótipo da plataforma, e todos os seus componentes utilizando software de desenho;
- c) Comprar e fabricar componentes necessários para montagem do protótipo;
- d) Realizar testes de mobilidade na lavoura;
- e) Realizar testes de sobreposição de obstáculos e realização de curvas.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Procurando explicar os vários conceitos importantes para o desenvolvimento do estudo previamente introduzido, o presente capítulo se atém a referenciar alguns estudos anteriores referentes a robótica móvel, projeto do produto em si, informações sobre seus componentes, a lavoura cujo é meio de implantação do protótipo.

### 2.1 HISTÓRICO ROBÓTICA

O termo robô foi originalmente utilizado em 1921 pelo dramaturgo checo Karen Capek, na peça teatral “Os Robôs Universais de Russum (R.U.R.)” como referência a um *autômato* que acaba rebelando-se contra o ser humano. Robô deriva da palavra "robota" de origem eslava, que significa "trabalho forçado".

Na década de 40, o escritor Isaac Asimov tornou popular o conceito de robô como uma máquina de aparência humana não possuidora de sentimentos, onde seu comportamento seria definido a partir de programação feita por seres humanos, de forma a cumprir determinadas regras éticas de conduta. O termo robótica foi criado por Asimov para designar a ciência que se dedica ao estudo dos robôs e que se fundamenta pela observação de três leis básicas (SCHIAVICCO, SICILIANO, 1995 apud ROMANO, DUTRA 2002):

- 1º- Um robô não pode fazer mal a um ser humano e nem consentir, permanecendo inoperante, que um ser humano se exponha a situação de perigo;
- 2º- Um robô deve obedecer sempre às ordens de seres humanos, exceto em circunstâncias em que estas ordens entrem em conflito com a primeira lei;
- 3º- Um robô deve proteger a sua própria existência, exceto em circunstâncias que entrem em conflito com a primeira e segunda lei.

Em relação aos estudos sobre robótica, Romero, et al (2014) relatam o episódio ocorrido no ano de 1942, em que cientistas dos EUA que construíram a bomba atômica precisaram de uma forma de manipular os elementos altamente radioativos dentro de um local isolado. Surge então, o primeiro tele manipulador, o qual possuía duas extremidades, fixas no teto e comandadas pelo homem, para fazer a manipulação dos componentes radioativos. Esse equipamento solucionou o problema encontrado pelos cientistas da época quando ao contato com elementos radioativos, porém seu manuseio era demorado e nada intuitivo. Ao fim da Segunda

Guerra Mundial, outros países estudaram a energia nuclear e por consequência, novos manipuladores com melhores interfaces homem-máquina foram desenvolvidos, além de veículos dirigidos automaticamente (*automatic guided vehicles* – AGVs) e braços robóticos.

A respeito da evolução da robótica, Romano; Dutra (2002) explicam que para eles, ao longo dos séculos, as diversas invenções foram muito importantes para servir de base a fim de que, gradualmente, as máquinas substituíssem a mão-de-obra humana. Assim, cada nova tecnologia alcançada foi essencial para que a mesma pudesse ser superada, em consequência de que era gerada a “bagagem tecnológica”.

Além dos fatos apresentados, Niku (2013) também traz alguns aspectos importantes para o avanço dos robôs a partir da Segunda Guerra Mundial. Segundo o autor, nesse período, máquinas automáticas foram projetadas com intuito de favorecer a produtividade e qualidade dos serviços, peças e equipamentos fornecidos pela indústria. Para tanto, essas máquinas eram controladas numericamente (CN). O autor também comenta sobre o avanço dos robôs desde os seus primórdios em que os mesmos eram controlados por papéis perfurados, até que então essa tecnologia foi substituída pela de fitas magnéticas, dispositivos de memória e computadores.

As pesquisas com robôs móveis começaram em 1968. Esse novo tipo de robô utilizava de conhecimentos tecnológicos da robótica fixa e também de conceitos de mecânica. No começo dos estudos, pensava-se que construir um robô com capacidade de interagir com o ambiente imprevisível era tarefa fácil, no entanto, isso apresentou grande complexidade e até hoje, o maior desafio dos pesquisadores é utilizar de sistemas que percebam o ambiente à frente dos robôs e tomem ações corretas em relação às informações obtidas (PIERI, 2002). a partir de um trabalho em conjunto com a *Stanford Research Institute* (SRI), desenvolve em 1972 o primeiro robô móvel, controlado por inteligência artificial, denominado *Shakey* (Nilsson apud PIERI, 2002, p. 03). Na Figura 1, pode-se verificar o robô Shakey no Centro de Inteligência Artificial no SRI.

Figura 1: Shakey: O primeiro robô móvel da história.



**Fonte:** Cyberneticzoo.

Em meados de 1994, a NASA em conjunto com a Carnegie Mellon University e Observatório de Vulcões do Alaska desenvolveram um robô hexápode chamado Dante para inspecionar vulcões ativos, em julho de 1997 o Sojourner (Figura 2) toca o solo de Marte e em janeiro de 2000, a Carnegie Mellon apresenta um robô com quatro rodas para busca de amostras de meteoritos na Antártica (Figura 3). O robô coleta as amostras de pedras e as classifica utilizando técnicas de inteligência artificial.

Figura 2: Sojourner



**Fonte:** PIERI,2002.

Figura 3: Robô para coletas de amostras na Antártica



Fonte: PIERI,2002.

Resumindo, entre os últimos 10 anos, a robótica móvel teve um amplo desenvolvimento, por esse fato atualmente existem os mais variados tipos de robôs, para os mais variados tipos de tarefas.

## 2.2 DEFINIÇÃO ROBÔ MÓVEL

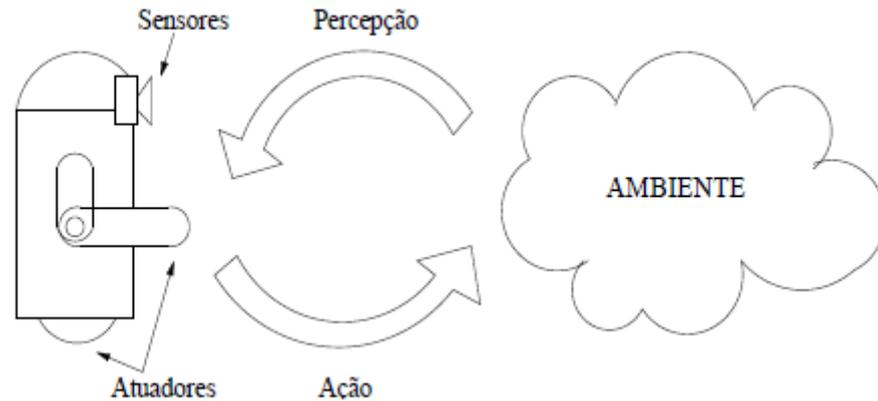
Um robô móvel é um dispositivo mecânico montado sobre uma base não fixa, que age sob o controle de um sistema computacional, equipado com sensores e atuadores que o permitem interagir com o ambiente (MARCHI, J. 2001, p.8).A figura 4 representa esse ciclo de interação .

A interação com o ambiente se dá através de ciclos de percepção-ação que consistem em três passos fundamentais:

- Obtenção de informações acerca do ambiente através dos sensores;
- Processamento das informações obtidas e seleção de ações que serão executadas;
- Execução das ações planejadas através do acionamento dos atuadores.

O robô realiza diversos ciclos de percepção-ação, modificando o estado do ambiente em busca da realização da tarefa (RIBEIRO, C., COSTA, A., AND ROMERO, R 2001 apud PIERI,2002).

Figura 4:Ciclo de Interação



Fonte: PIERI, 2002.

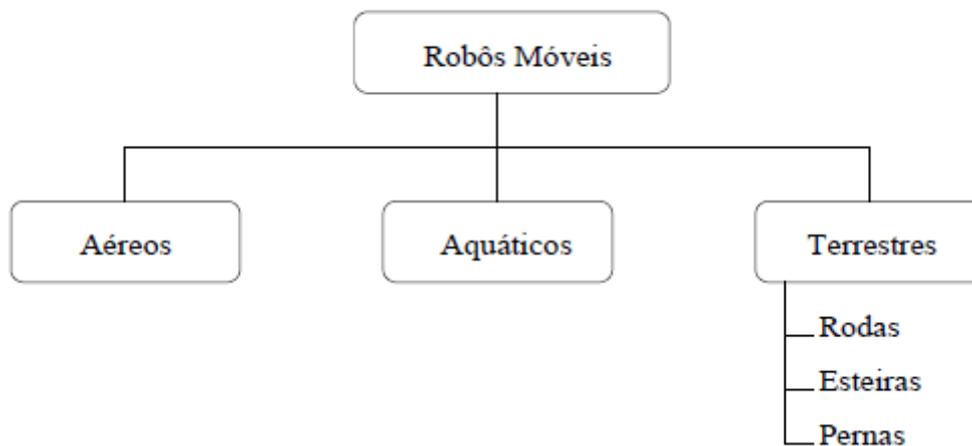
## 2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS ROBÔS

Apesar de existir inúmeros tipos diferentes de robôs, ainda não existe uma forma padronizada para classificar os robôs móveis. No entanto, o autor Pieri (2002) o qual aborda o assunto em “Curso de Robótica Móvel” de forma interessante e bastante válida para o presente estudo. No qual o autor cita que podem-se agrupar os robôs móveis quanto a sua: anatomia, funcionalidade e tipo de controle.

### 2.3.1 Classificação segundo a anatomia

Em relação a anatomia os robôs podem ser classificados em três grandes grupos (Figura 5):os robôs aéreos, os aquáticos e os terrestres.

Figura 5: Classificação segundo a anatomia



Fonte: PIERI, 2002.

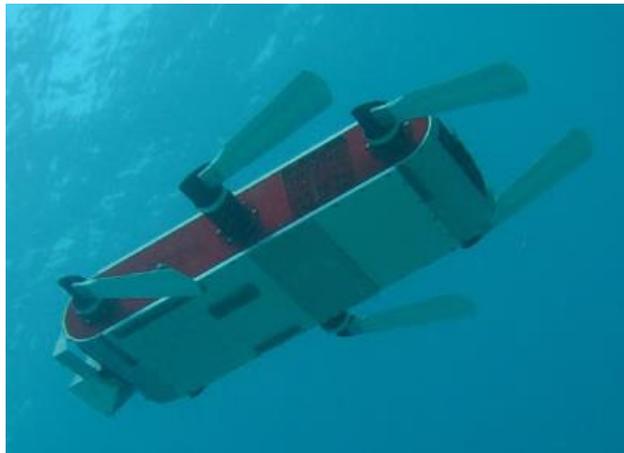
Os *robôs aéreos*, em geral são aeromodelos ou LTAs (Lighter-Than-Air) equipados com câmeras de vídeo para serem utilizados em inspeções das áreas de grandes escalas (Figura 6). Já os *aquáticos*, geralmente são equipadas com propulsores e balões de ar, o que concede ao robô permanecer a alguns metros do fundo do mar, porém, podem também possuir patas (Figura 7).

Figura 6:Exemplo de robô aéreo(drone).



**Fonte:** COMCIENCIA, 2019.

Figura 7:Exemplo de robô aquático.



**Fonte:** TRIANGULOMECATRONICO, 2012.

Já os *robôs terrestres* são os mais populares e podem utilizar três tipos diferentes de atuadores: rodas, esteiras ou pernas.

- Robôs com Rodas: estes são os mais simples, pois não necessitam de um hardware tão complexo quanto os robôs com esteiras e pernas, além disso, é fácil transformar brinquedos em robôs. A principal desvantagem no uso de

rodas é que, em terrenos irregulares, o desempenho pode não ser satisfatório. Por geral, têm-se que a roda do robô deverá possuir raio igual ou maior aos obstáculos que ele irá transpor (Figura 8).

- 

Figura 8:Exemplo de robô com rodas.



Fonte: TRIANGULOMECATRONICO, 2012.

- Robôs com Esteiras: São mais utilizados em robôs que são empregados em ambientes irregulares, por exemplo, com uso em solos fofos e pedras. A grande desvantagem está na dissipação de energia causada pelo movimento de giro da própria esteira e pelas rodas no seu interior (Figura 9).

- 

Figura 9:Exemplo de robô com esteiras.



Fonte: TRIANGULOMECATRONICO, 2012.

- Robôs com Pernas: Esses robôs são utilizados em terrenos acidentados, com subidas íngremes, ou em ambientes específicos, como por exemplo, ambientes com escadas. A grande dificuldade destes robôs está no desenvolvimento do projeto para o controle das pernas, que tem, no mínimo, dois graus de liberdade. Há também o fator custo associado a este projeto, pois cada atuador utiliza pelo menos dois motores (Figura10).

Figura 10:Exemplo de robô com pernas.



Fonte: TRIANGULOMECATRONICO, 2012.

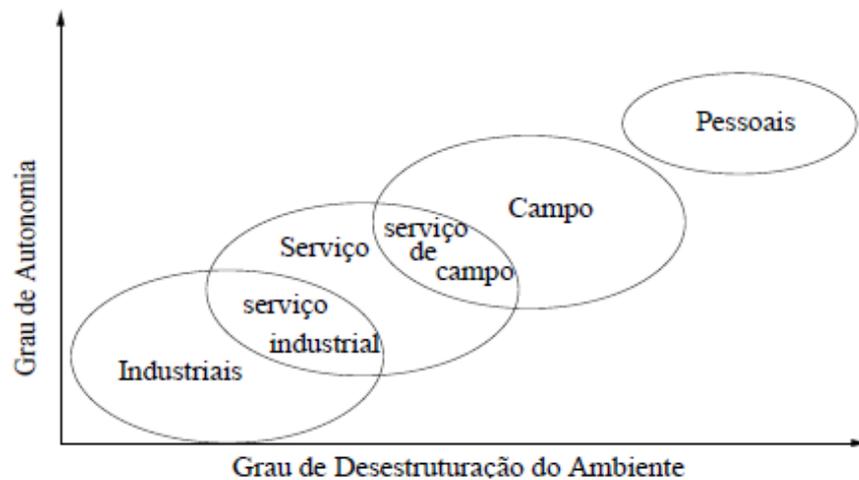
### 2.3.2 Classificação segundo o tipo de controle e a funcionalidade

Pieri (2002) cita que quando classificados segundo o tipo de controle, os robôs podem ser separados em três categorias:

- Tele operados: onde o operador realiza todos os movimentos que o robô deve fazer;
- Semi-operados: onde o operador realiza todos os movimentos que o robô deve fazer sozinho;
- Autônomos: o robô realiza a tarefa sozinho, tomando suas próprias decisões baseando-se nos dados obtidos do ambiente.

Quando agruparmos os robôs segundo sua funcionalidade, de acordo com o autor Pieri (2002), percebe-se quatro grupos: robôs industriais, robôs de serviço, robôs de campo e robôs pessoais. Porém, há uma sobreposição entre os três primeiros (Figura 11), devido a diferença dos ambientes onde atuam e a necessidade de maior autonomia.

Figura 11:Classificação segundo a funcionalidade.



Fonte: PIERI,2002.

## 2.4 COMPONENTES DE ROBÔS MÓVEIS

Essencialmente os consiste de vários elementos que juntos formam um todo.

### 2.4.1 Manipulador e atuador final

Manipulador é o corpo principal do robô, que consiste nas ligações, das articulações, e de outros elementos estruturais do robô. Sem outros elementos, o manipulador sozinho não é um robô (NIKU, S.B., 2013, p.6).

O atuador final é a parte ligada à última articulação (mão) de um manipulador que em geral manipula objetos, faz conexões com outras máquinas, ou executa as tarefas necessárias. Os fabricantes de robôs, geralmente, não projetam ou vendem atuadores finais. Na maioria dos casos, tudo o que oferecem é uma pinça simples.

Geralmente, a mão de um robô tem a capacidade de conectar atuadores finais especializados projetos especificamente para uma finalidade. É função dos engenheiros de uma empresa ou consultores externos projetar e instalar o atuador final do robô, e fazê-lo funcionar para uma determinada situação. Um maçarico de solda, uma pistola de pintura, um dispositivo de colagem, ou um manipulador de peças, são apenas algumas possibilidades. Na maioria dos casos, a ação do atuador é controlada pelo controlador de robô, ou o controlador se comunica com o dispositivo de controle do atuador (NIKU, S.B., 2013, p.6).

### 2.4.2 Atuadores e sensores

Os atuadores são os “músculos” dos manipuladores. Controlador envia sinais para os atuadores, os quais, por sua vez, movimentam as articulações e elos do robô. Os tipos mais comuns são servomotores, motores de passo, atuadores pneumáticos e atuadores hidráulicos. Outros novos atuadores são usados em situações específicas os atuadores estão sob o controle do controlador (NIKU, S.B., 2013, p.6).

Os sensores são usados para coletar informações sobre o estado interno do robô ou se comunicar com o ambiente externo. Como em humanos, o controlador do robô precisa saber a localização de cada elo do robô, a fim de saber sua configuração. Quando você acorda de manhã, mesmo sem abrir os olhos, ou quando está completamente escuro, você ainda sabe onde estão seus braços e pernas. Isso ocorre porque os sensores de realimentação em seu sistema nervoso centram incorporado aos tendões dos músculos enviam informações para o cérebro.

O cérebro usa essa informação para determinar o comprimento de seus músculos e, conseqüentemente, o estado de seus braços, pernas, e assim por diante. O mesmo é verdadeiro para os robôs, nos quais os sensores integrados enviam informações sobre cada articulação e elo para o controlador que determina a configuração do robô. Ainda semelhante aos seus sentidos principais de visão, tato, audição, paladar, e fala, os robôs são equipados com dispositivos externos sensoriais, tais como um sistema de visão, contato e sensores táteis, sintetizador de voz, e similares que permitem ao robô se comunicar com o mundo exterior (NIKU, S.B., 2013, p.6).

### **2.4.3 Controlador, processador e software**

O controlador é bastante semelhante ao seu cérebro, apesar de não ter o poder do cérebro, ele ainda controla seus movimentos. O controlador recebe os dados do computador (o cérebro do sistema), controla os movimentos dos atuadores e coordena os movimentos com a informação de realimentação sensorial (NIKU, S.B., 2013, p.6).

O processador é o cérebro do robô. Ele calcula os movimentos das articulações do robô, determina o quanto e quão rápido cada articulação deve se mover para atingir o local as velocidades desejadas, e supervisiona as ações coordenadas do controlador e dos sensores. O processador é geralmente um computador, que funciona como todos os outros computadores, mas é dedicado a

essa finalidade. Ele requer um sistema operacional, programas, equipamentos periféricos, como um monitor, e tem as mesmas limitações e capacidades. Em alguns sistemas, o controlador e os processadores são integrados em uma única unidade. Em outros, eles são unidades distintas e, em alguns, apesar de o controlador ser fornecido pelo fabricante, o processador não é; eles esperam que o usuário forneça o seu processador (NIKU, S.B., 2013, p.7).

Três grupos de programas de software são usados em um robô. Um deles é o sistema operacional que opera o processador. O segundo é o software robótico que calcula os movimentos necessários de cada articulação com base nas equações da cinemática do robô. Essa informação é enviada para o computador. Esse software pode ter muitos níveis diferentes, da linguagem da máquina até linguagens sofisticadas usadas por robôs modernos. O terceiro grupo é o conjunto de rotinas orientadas a aplicações e programas desenvolvidos para o uso do robô ou de seus periféricos para tarefas específicas, como montagem, carregamento de máquinas, manuseio de materiais e rotinas de visão (NIKU, S.B., 2013, p.7).

## 2.5 MOTORES ELÉTRICOS, INVERSORES E BATERIAS

Nesta seção trata-se de informações sobre os motores utilizados para movimentar a plataforma robótica

### 2.5.1 Motor de corrente contínua

Os motores CC são utilizados em situações em que as aplicações necessitem acionamento de velocidade e torque com precisão (Figura 12).

As máquinas de corrente contínua podem ser utilizadas tanto como motor quanto como gerador. Porém, uma vez que as fontes retificadoras de potência podem gerar tensão contínua de maneira controlada a partir da rede alternada, pode-se considerar que, atualmente, a operação como gerador fica limitada aos instantes de frenagem e reversão de um motor (SIEMENS,2006).

Figura 12:Exemplo de motor de corrente contínua.



Fonte: WEG,2020.

### 2.5.2 Motor de indução trifásico

Os motores CA são os mais utilizados e boa parte desta utilização é devido à simplicidade e facilidade na ligação deste à rede de alimentação que normalmente também é alternada. Os principais tipos de motores trifásicos são os assíncronos e os síncronos.

O motor síncrono funciona com velocidade fixa relacionada com a frequência de alimentação. Este motor é utilizado para grandes potências, pois, seu alto custo para tamanhos menores desestimula sua aplicação. Já o motor assíncrono ou de indução funciona, como o nome sugere, através do princípio da indução eletromagnética e de forma não síncrona com a rede de alimentação, variando ligeiramente a velocidade em função da carga (RODEIRO,2005). Exemplo Figura 13.

Figura 13:Exemplo de Motor de Indução Trifásico



Fonte: WEG,2020.

### 2.5.3 Motores de passo

Os Motores de Passo são dispositivos eletromecânicos que convertem pulsos elétricos em movimentos mecânicos que geram variações angulares discretas. O rotor ou eixo de um motor de passo é rotacionado em pequenos incrementos angulares, denominados “passos”, quando pulsos elétricos são aplicados em uma determinada sequência nos terminais deste (BRITES & SANTOS, 2008). A Figura 14 apresenta um modelo de motor de passo.

Entre os tipos de motores que existem, Brites & Santos (2008) caracterizam que os motores de passo se destacam pelos seguintes pontos:

- Seguem lógica digital;
- Alta precisão em seu posicionamento;
- Precisão no torque aplicado;
- Excelente resposta na aceleração e desaceleração.

Figura 14: Motor de Passo.



Fonte: NEOMOTION,2017.

### 2.5.3.1 Drivers para motores de passo

Os drives são conversores de potência para acionamento de motores de passo bifásicos em modo bipolar configuração é feita por chaves seletoras instaladas no equipamento. O ajuste da corrente do motor é contínuo e feita por variação de potenciômetro montado na placa eletrônica. Os conversores podem trabalhar acionando o motor em passo pleno ou em micro passos, com seleção nas chaves de configuração. Possuem fonte retificadora interna incorporada para reduzir componentes externos (PHOTON,2013). Exemplo de um desses drivers na Figura 15.

Figura 15: Driver de motor de passo.



Fonte:PHOTON,2013.

#### 2.5.4 Motorredutores

Os Motorredutores são o conjunto de motores com redutores de velocidades acoplados conforme a Figura 16.

Figura 16: Motorredutores.



Fonte: RENEWREDUTORES.

Esses equipamentos indústrias são acionados por diferentes tipos de componentes motrizes (exemplo: motores elétricos). Essas fontes de movimento rotativo normalmente fornecem características de velocidade de rotação muito acima das características necessárias na utilização dos diferentes processos industriais, assim surge à necessidade da aplicação de redutores de velocidade (NAMIHIRA,2014).

Segundo Namihira (2014) redutores de velocidade são equipamentos mecânicos destinados a reduzir velocidade, transmitir movimento e multiplicar o torque. O movimento de rotação é transmitido através de trens de engrenamento

que permitem obter as relações de transmissão. E também a transmissão do movimento é dada através de um eixo com rosca sem fim que no qual está sendo mostrado na Figura 17.

Figura 17: Redutor com rosca sem fim.



Fonte: RENEWREDUTORES.

### 2.5.5 Inversores de frequência

A partir do momento em que foram criados os motores elétricos, os projetistas sentiram a necessidade de controlá-los de alguma maneira. Várias técnicas foram usadas para o controle de velocidade de motores, mas, sem dúvida, as que mais se destacaram foram as técnicas que fazem uso de inversores de frequência. Atualmente existem várias empresas especializadas na fabricação de inversores, como a Siemens, a Weg, a Yaskawa, a Allen Bradley e a ABB, entre outras (SANTOS,2019).

De acordo com Dos Santos(2019) a ideia básica de um inversor de frequência é transformar a tensão de entrada, geralmente corrente alternada fornecida pela rede elétrica, em corrente contínua, e depois transformar novamente em corrente alternada, mas agora com um sinal modulado, onde é possível alterar tanto a amplitude como a frequência deste sinal de saída. A Figura 18 mostra um dos vários modelos de inversores.

Figura 18: Inversor de frequência.



Fonte:WEG,2020.

### 2.5.6 Inversores de corrente (conversores DC/AC)

Os conversores CC-CA também chamados de “inversores de frequência” têm como principal função converter uma fonte contínua de tensão aplicada à sua entrada em tensão alternada na saída do conversor (Figura 19). Estes dispositivos possuem como requisitos mínimos os seguintes padrões de valor de saída: valor médio nulo e simetria na amplitude da saída, sendo que, os níveis de tensão ou de corrente de saída podem ser fixos ou variáveis, assim como a sua frequência de operação (PACHECO, 2012 apud NATIVIDADE,2019).

Figura 19:Inversor DC/AC.

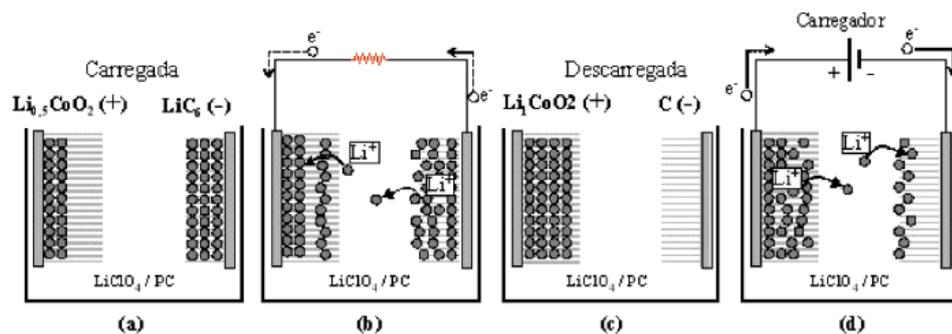


Fonte:NEOSOLAR,2020.

### 2.5.7 Baterias de lítio

O funcionamento de baterias de íons lítio baseia-se no fenômeno de intercalação iônica. Neste caso, quando ocorre a intercalação de um íon  $\text{Li}^+$  em um eletrodo, obrigatoriamente, para manter a neutralidade do sistema, um elétron sofre intercalação, gerando corrente elétrica. Um esquema do processo eletroquímico que ocorre durante as operações reversíveis de carregamento e descarregamento nas baterias de íons lítio é mostrado na Figura 20 (ARANHA,2018).

Figura 20:Ciclo de funcionamento de uma bateria de íons lítio.



Esquema de uma bateria de íon-lítio. (a) bateria carregada, (b) bateria descarregando, (c) bateria descarregada e (d) bateria carregando.

**Fonte:** ARANHA,2018.

O lítio é o metal mais leve conhecido pelo homem. Este terceiro elemento na tabela periódica está abastecendo o mundo moderno. As baterias de lítio modernas fornecem energia à dispositivos médicos, bens de consumo e industriais, além de poder armazenar a energia gerada pelas usinas elétricas. Mas será o uso das baterias de íon-lítio na próxima geração de veículos elétricos e híbridos que gerará maior impacto no mercado de lítio global. Não é surpresa que esse metal branco prateado e reativo seja frequentemente chamado de “petróleo branco” (GEA GROUP,2020). A composição da bateria de lítio pode ser observada na Figura 21.

Figura 21: Composição da bateria de Lítio.



Fonte: BBBATERIAS,2018.

## 2.6 LAVOURA

### 2.6.1 Culturas agrícolas

A produção de grãos tem sido considerada um indicador da produção agrícola no Brasil. Do ponto de vista agrônomo, os grãos verdadeiros incluem os cereais, as sementes de plantas da família das gramíneas (como arroz, aveia, centeio, cevada, milho, sorgo e trigo), e outras espécies cultivada principalmente para a produção de amido e como fonte de energia. No Brasil, frequentemente são incluídos como grãos também as sementes de oleaginosas, como amendoim, soja, mamona e algodão (pelo seu caroço), bem como o feijão, outro grão da família das leguminosas (TSUNECHIRO, 2005 apud LANDAU,2015 et al.)

#### 2.6.1.1 Cultura da soja

No final da década de 60, dois fatores internos fizeram o Brasil começar a enxergar a soja como um produto comercial, fato que mais tarde influenciaria no cenário mundial de produção do grão. Na época, o trigo era a principal cultura do Sul do Brasil e a soja surgia como uma opção de verão, em sucessão ao trigo. O Brasil também iniciava um esforço para produção de suínos e aves, gerando demanda por farelo de soja. Em 1966, a produção comercial de soja já era uma necessidade estratégica, sendo produzidas cerca de 500 mil toneladas no País (EMBRAPA,2020).

O Soja no Brasil (segundo maior produtor mundial do grão) com produção de 114,843 milhões de toneladas, utilizando uma área plantada de 35,822 milhões de hectares e com produtividade de 3.206 kg/hectare na safra de 2018/19 (EMBRAPA,2019). Figura 22 demonstra um exemplo de lavoura de soja.

Figura 22:Lavoura de soja.



Fonte:EMBRAPA,2018.

### 2.6.1.2 Cultura do milho

O milho é um produto fundamental para a agricultura brasileira, cultivado em todas as regiões do País, em mais de dois milhões de estabelecimentos agropecuários (Figura 23). Nas últimas décadas, a cultura passou por transformações profundas, destacando-se sua redução como cultura de subsistência de pequenos produtores e o aumento do seu papel em uma agricultura comercial eficiente, com deslocamento geográfico e temporal da produção (EMBRAPA,2019).

Da safra de 2000/01 para a de 2017/18, a produção mundial de milho passou de 591 milhões de toneladas para 1,076 bilhão de toneladas (representando um aumento de 82%), por causa principalmente do uso como ração animal para a produção de frangos e suínos. A produção é relativamente concentrada em poucos países, com destaque para os Estados Unidos, com 34,5% (371 milhões de toneladas) da produção mundial, seguidos da China, com 24,5% (263 milhões de toneladas) (EMBRAPA,2019).

Figura 23:Lavoura de milho.



Fonte: GRUPO CULTIVAR,2018.

### 2.6.1.3 Cultura do trigo

O trigo é o principal cultivo de inverno no sul do Brasil (Figura 24). Juntos, RS, SC e PR têm representado 88% da área e da produção total de trigo do Brasil. Produzimos, aproximadamente, 40% da demanda nacional, que varia entre 10 e 12,5 milhões de toneladas, e importamos, anualmente, entre 6,5 e 7,0 milhões de toneladas. A importação gerou, somente no ano de 2019, um desembolso de U\$\$ 1,5 bilhão. Nosso principal parceiro comercial é a Argentina, país do qual importamos, em média, 75% do trigo que precisamos para abastecer o mercado interno.

Nos últimos quatro anos, a área cultivada se manteve praticamente estável, nos estados do sul do Brasil, com médias de 723.000 hectares para o RS, 56.000 hectares para SC e 1.042.000 hectares no PR. As produtividades têm sido bastante variáveis de ano para ano. O ano de 2016 foi excepcional para a triticultura. Foi a melhor safra nos últimos cinco anos. O estado com maior área plantada, o PR, vem com três anos sucessivos de frustração de safras, destacando-se perdas por geadas no sudoeste e seca no norte e noroeste do Estado (EMBRAPA,2020).

Figura 24:Lavoura de trigo



**Fonte:**EMATER,2017.

#### 2.6.1.4 Cultura de gramíneas

As gramíneas, como mencionado anteriormente, é uma grande família que abarca um enorme número de espécies. No geral, são plantas herbáceas (raramente são lenhosas ou rizomatosas) e têm diferentes ciclos de vida. Como deve compreender, tratando-se de uma grande família (12 mil espécies aproximadamente) o ciclo de vida e, portanto, algumas características são diversas. Dito isto, as gramíneas podem ser anuais (como por exemplo o trigo) ou perenes (como a Festuca-Azul) Figura 25.

Os seus caules denominam-se canas. De acordo com a espécie de gramínea, os caules podem ser aéreos (ascendentes, rasteiros ou flutuantes) ou subterrâneos (rizomas ou pseudo bolbos). Quanto às folhas no geral, as folhas desenvolvem-se em disposição alternada e costumam ser compostas de revestimento, lígulas e limbos. Outro exemplo de gramínea são os Capim do Texas (Figura 26).

Figura 25:Festuca-azul



**Fonte:** HUSQVARNA,2019.

Figura 26:Capim do texas



Fonte: HUSQVARNA,2019.

## 2.7 MÉTODO DE PROJETO DE PRODUTO

Método de projeto é o processo no qual o designer faz uso para chegar a uma solução, considerando todas as características e processos onde um produto deverá passar para atender às funções pré-determinadas com satisfação (MELLO, 2011).

Existem vários métodos distintos de projeto de produto, porém ambos têm o mesmo objetivo quanto ao produto final. Tomando alguns como exemplos segundo Mello (2001) temos os métodos de Baxter, de Bonfim, o de Munari e o de Löbach.

Analisando a sua estrutura simples que proporciona uma visão do projeto como um todo, e todas as atividades a serem executadas com uma linguagem mais clara, o presente trabalho utilizou-se do método de Bruno Munari, o qual está detalhado no capítulo 3.

## 2.8 PROJETOS MECÂNICOS

O projeto mecânico é um empreendimento complexo que exige várias habilidades. Relações abrangentes precisam ser subdivididas em uma série de tarefas mais simples. A complexidade do assunto requer uma sequência em que os conceitos são introduzidos e reiterados. Primeiro tratamos da natureza do projeto em geral e, depois, do projeto de engenharia mecânica em particular. Projeto é um processo repetitivo com muitas fases interativas. Existem muitos recursos para auxiliar o projetista, entre os quais várias fontes de informação e diversas ferramentas computacionais de projeto. (BUDYNAS; NISBETT, 2016).

### 2.8.1 Componentes estruturais

Programas de desenho com o auxílio de computador (CAD) permitem o desenvolvimento de projetos tridimensionais (3-D) dos quais podem ser geradas vistas ortogonais bidimensionais convencionais com dimensionamento automático. Podem ser gerados também caminhos de ferramenta para o processo de manufatura por meio de modelos 3-D e, em alguns casos, ser criadas peças diretamente de um banco de dados 3-D usando um método de manufatura e prototipagem rápida. (BUDYNAS; NISBETT, 2016)

Segundo Budynas e Nisbett (2016) outra vantagem de um banco de dados 3-D é o fato de ele possibilitar a realização de cálculos rápidos e precisos de propriedades de massa, localização do centro de gravidade e momentos de inércia das massas. Outras propriedades geométricas como áreas e distâncias entre pontos são igualmente obtidas facilmente.

## 2.9 DESENVOLVIMENTOS JÁ REALIZADOS

Moschitz e Stolze (2018) fazem uma discussão sobre as novas tecnologias inteligentes para uso em agricultura sustentável. Seguindo a mesma linha, Fountas et al. (2020) citam a robótica agrícola operando no campo.

Já Devitt (2018) concentra-se especificamente em fatores que são cognitivos, os quais afetam a adoção das tecnologias robóticas agrícolas entre eles a incapacidade de gerar confiança e também a perda do conhecimento da agricultura.

E também como base importante de pesquisa para o presente projeto, trabalhos da NMBU (Universidade Norueguesa de Ciências da Vida, traduzido) foram observados. Bem como Ovick (2016) que desenvolve um equipamento de rastreamento e limpeza de minas terrestres para acoplar em um projeto de robô que faz parte do sistema robótico conhecido como Thorvald 2 da NMBU (Figura 27).

Figura 27: Uma das configurações de Thorvald 2, com equipamentos de rastreamento de minas.



**Fonte:** OVICK,2016.

Analisando Xaud et al. (2018) observa-se a junção de NMBU e UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) para desenvolver um tanquete robótico para a agricultura inteligente de bioenergia. Nomeado de TIBA (Figura 28), os testes do robô foram realizados em terrenos bem irregulares em fazenda no Brasil.

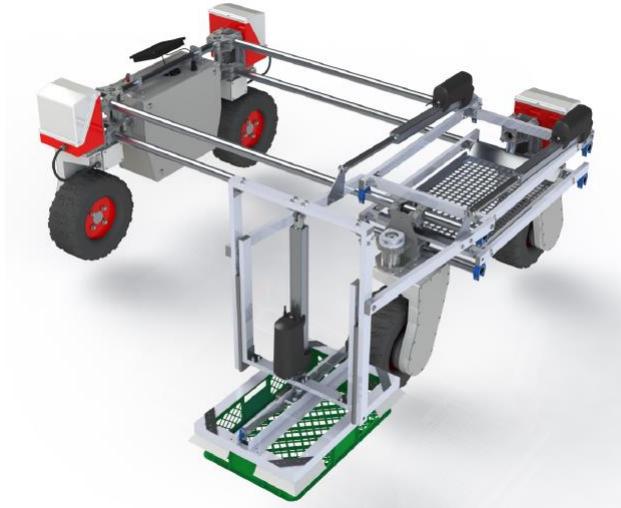
Figura 28: Robô TIBA em teste de campo.



**Fonte:** XAUD et al.,2018

Utilizando como base um dos projetos de robôs do Thorvald 2, Bjurbeck (2017) projetou uma carregadeira de caixas mecanizada (Figura 29) para ser acoplada em uma das configurações do robô da NMBU, para ser usado em cultivo de hortaliças, agilizando assim o manejo das caixas com as mesmas dentro.

Figura 29: Uma das configurações de Thorvald 2 com carregadeira mecanizada.



Fonte: BJURBECK,2017.

Grimstad e From (2017) explicam o sistema robótico chamado de Thorvald 2, que segundo os autores consiste em vários módulos que podem ser combinados de diferentes maneiras para criar projetos de robôs muito diferentes. Os módulos se conectam através de mecanismos mecânicos e elétricos simples, a montagem de um robô a partir de módulos podem ser feitas apenas com ferramentas manuais simples. A Figura 30 mostra alguns exemplos de robôs montados com módulos do sistema Thorvald 2.

Figura 30: Exemplos de robôs do Thorvald 2.



Fonte: GRIMSTAD e FROM,2017.

Grimstad e From (2018) desenvolveram os componentes de software para os módulos do Thorvald 2, que cujos são acoplados nos módulos para dar as diversas e diferentes configurações para cada robô, proporcionando que cada um possa exercer uma função específica com a necessidade, como por exemplo o uso de GPS para controle do robô (Figura 31).

Figura 31:Um exemplo de robô do Thorvald 2 acoplado com GPS.



Fonte: GRIMSTAD e FROM ,2018.

De acordo com Le et al. (2019), foi abordado o problema de navegação autônoma em espaços um pouco restrito citando uma estufa, onde as plantas são cultivadas em bandejas ou em poli-túneis em linhas espaçadas com uniformidade, e então desenvolveram um robô do sistema Thorvald 2 para esses lugares específicos conforme a Figura 32 mostra.

Figura 32:Projeto de robô para manejo de cultura em poli túneis.



Fonte: LE et al. 2019.

O trabalho de Zakaria (2017) consiste no projeto de um robô com os módulos do Thorvald 2, mas com adaptação para um a estufa onde são cultivados pepinos. Com o objetivo do chamado UV-Bio, que faz a análise de como as pragas e os insetos são afetados pela luz UVB (Figura 33).

Figura 33: Projeto de robô UV-Bio.



**Fonte:**ZAKARIA,2017.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADO

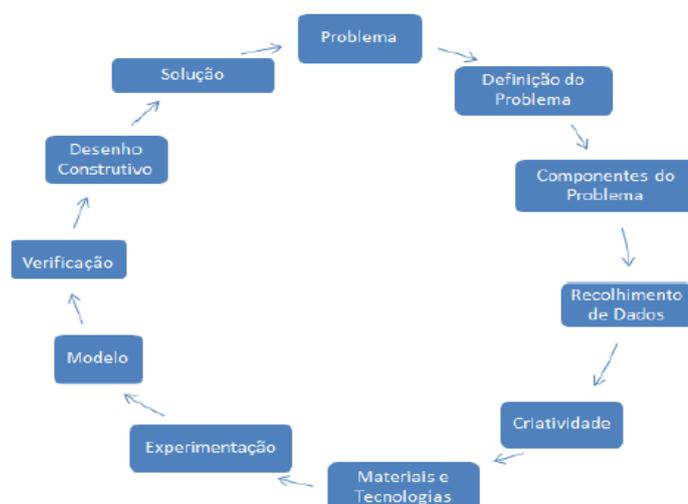
O método de pesquisa a ser utilizado será uma pesquisa científica e projeto de engenharia. Foi definido esse método pois a pesquisa segue a partir de um problema que será o desenvolvimento de uma plataforma robótica móvel, seguido das hipóteses, e os resultados do projeto.

##### 3.1.1 Método de Munari

O método proposto por Bruno Munari tem uma estrutura simplificada que permite ter uma visão geral do projeto reforçando que o desenvolvimento dessas atividades tenha uma linguagem e forma clara (MUNARI,1998 apud ATTUATI, 2017).

Segundo Munari o método de projeto é uma série de operações, que estão em ordem lógica, especificadas pela experiência e buscando atingir o melhor resultado com o menor esforço. A etapa de concepção, descrita pelo autor como “criatividade”, está ligada a conhecimentos prévios de materiais e tecnologias (MORONI et al., 2011, p.113). As fases que foram utilizadas no projeto adaptado ao método de Bruno Munari estão representadas na Figura 33.

Figura 33: Método proposto por Munari.



**Fonte:**ATTUATI,2017, p.19

No Quadro 1 está representado o método utilizado sendo que o mesmo foi ajustado ao tema do projeto com seus respectivos problemas e prováveis soluções.

Quadro 1: Método proposto por Bruno Munari

PROBLEMA	Será possível construir uma plataforma robótica móvel para uso em terrenos irregulares nas lavouras.
DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	O problema em questão resume-se com a plataforma robótica finalizada, será possível a mesma ter uma boa mobilidade dentro das lavouras onde irá ser utilizada para monitoramento.
COMPONENTES DO PROBLEMA	As dimensões da roda são adequadas para terrenos agrícolas; A potência do motor de tração consegue movimentar uma carga de 30kg num aclive de 10°; O sistema de direção permite que o centro do raio de curva esteja no eixo traseiro do protótipo;
RECOLHIMENTO DE DADOS	Estudo na área de robótica e da lavoura, análise de projetos similares já fabricados em busca da solução dos problemas levando em conta o público alvo, produtores de diversas culturas que poderão fazer o monitoramento das plantações remotamente.
CRIATIVIDADE	Por meio de comparação com alguns modelos de projetos existentes e também dos problemas a serem solucionados, levanta-se a possibilidade de desenvolver uma plataforma robótica com 4 pernas/rodas iguais, sendo que todas têm motores independentes tanto de rotação da roda como de rotação direcional das pernas.
MATERIAIS E TECNOLOGIAS	Para desenvolvimento do projeto será necessário utilizar bibliografias, catálogos dos produtos utilizados, e também de um software de modelagem 3D.
EXPERIMENTAÇÃO	Executar a montagem do protótipo com todos seus componentes, realizar testes de mobilidade na lavoura; realizar testes de sobreposição de obstáculos e realização de curvas.
MODELO	O modelo da plataforma robótica será simulado no Software Solidworks. Sendo utilizado a licença disponibilizada pela instituição/Fahor.
VERIFICAÇÃO	Será utilizado o modelo com sua montagem no Software Solidworks para visualizar e analisar a funcionalidade do projeto.
DESENHO CONSTRUTIVO	Com o projeto do produto completo, nesta fase são fornecidos os desenhos e suas especificações técnicas para a produção da plataforma robótica.
SOLUÇÃO	Produto final pronto, plataforma robótica móvel, ou seja, produtores poderão realizar monitoramento das lavouras remotamente, sem precisar estar fisicamente no ambiente.

Fonte: O autor, 2020. Adaptado de Método Munari.

### **3.1.2 Ciclo de detalhamento**

O ciclo de detalhamento é encarregado pela geração de documentos para a produção, aliás, pode se contar que nessa etapa do projeto o produto começa a obter estrutura, devem ser caracterizadas as descrições e capacidades pretendidas para iniciar a fase seguinte que será a modelagem em 3D utilizando um software CAD.

#### *3.1.2.1 Projeto computacional*

Para se obter uma maior compreensão do projeto, de todas as peças, montagens, e seus detalhamentos, serão executados em um software CAD , visto que , é uma instrumento de modelação que proporciona inúmeras formas de projetar e atualmente, esse instrumento está entre um dos mais utilizados no universo da engenharia, fornecendo um desempenho proveitoso ao seu usuário.

Por fim esse método baseou-se em um software direcionado para o desenho técnico, acumulando diversas ferramentas destinadas aos mais variados fins.

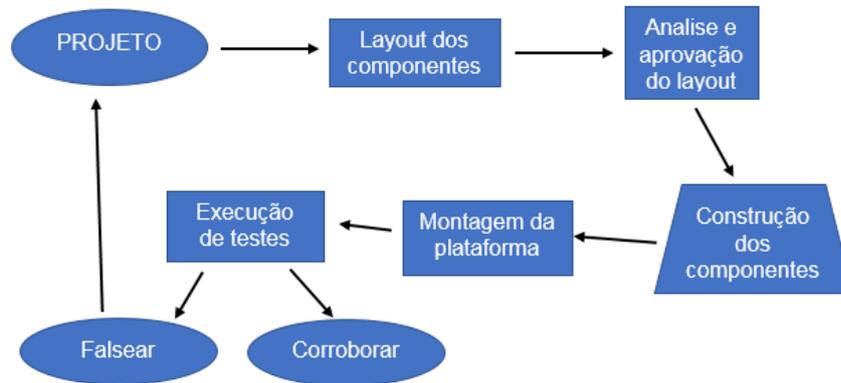
### **3.1.3 Ciclo de aquisição**

Neste ciclo foi definido de qual maneira ocorreu a aquisição dos materiais necessários para a construção e montagem da plataforma, utilizando-se de pesquisa de preços e selecionando os fornecedores mais acessíveis, mas respeitando os critérios para atender os requisitos definidos no projeto.

## **3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS**

O desenvolvimento o presente projeto, dá-se por meio de ideias entre o pesquisador e professor orientador, com intenção de chegar em um aperfeiçoamento tecnológico da plataforma robótica. Sendo assim, foi criado um diagrama, pautando as atividades a serem realizadas, ilustradas na Figura 34.

Figura 34: Diagrama das atividades desenvolvidas



Fonte: O autor, 2020.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO

Neste item é apresentado as características que o projeto do protótipo da plataforma segue, conforme descrito no Quadro 2. Estas características são referentes às dimensões máximas da estrutura, a respeito parte elétrica no geral, também sobre a potência de componentes que foram adquiridos para fazer a movimentação do protótipo que são os motores elétricos juntos com redutores de velocidade e suas respectivas taxas de reduções.

Quadro 2: Características do protótipo.

CARACTERÍSTICAS DA PLATAFORMA ROBÓTICA	
Comprimento total	1160 mm
Largura total	1060 mm
Altura total	850 mm
Alimentação Elétrica	24 V DC
Capacidade das baterias	21 Ah
Potência motor da roda	0,5 CV
Rotação máxima do eixo da roda	28,3 rpm
Taxa de redução	60:1
Potência motor da perna	0,86 CV
Rotação máxima do eixo da perna	1,01 rpm
Taxa de redução	11,6:1

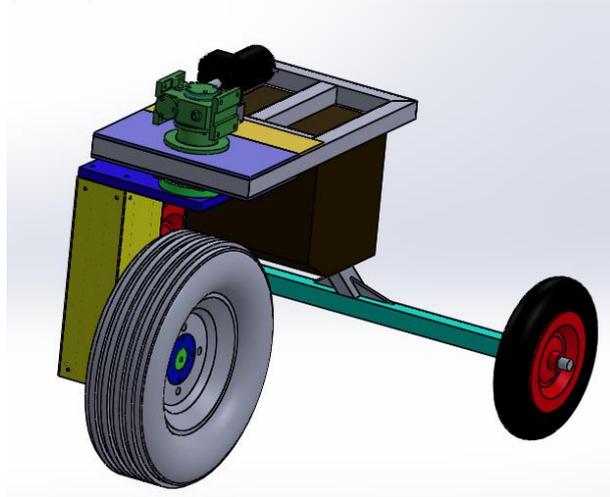
Fonte: O autor, 2020.

### 4.2 APRESENTAÇÃO DOS SUBCONJUNTOS

#### 4.2.1 Montagem geral.

É a montagem do protótipo com todos os seus componentes, cuja foi dividida em 5 subconjuntos para facilitar o modelamento, a visão do projeto e a montagem. Na Figura 35 é apresentado o desenho 3D do protótipo, e a Figura 36 apresenta uma imagem do protótipo construído. Os custos dos componentes e materiais que foram utilizados na construção do protótipo são apresentados no apêndice B.

Figura 35:Desenho3D do protótipo.



Fonte: O autor,2020.

Figura 36:Protótipo montado.



Fonte: O autor, 2020.

#### 4.2.2 Subconjunto estrutura

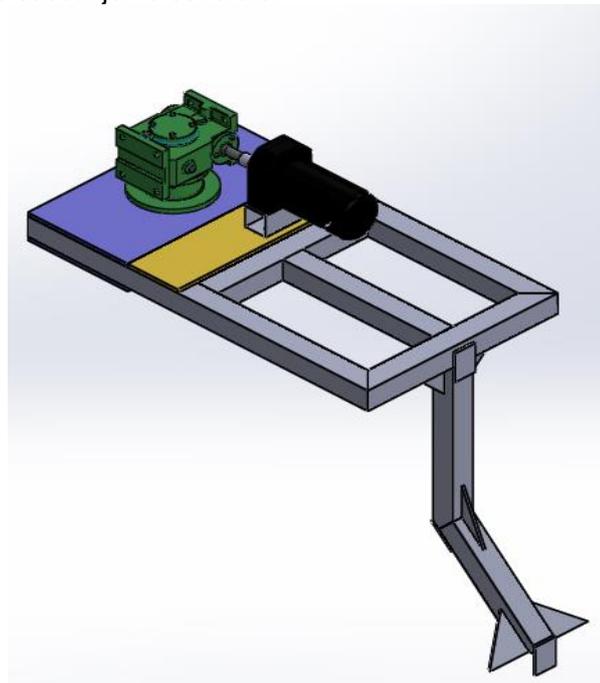
Esse subconjunto é a estrutura que serve para base da caixa, para o motor elétrico e o redutor, e também para as rodas. A figura 37 apresenta o desenho em 3D desse subconjunto, e a Figura 38 o subconjunto construído. A atenção deve ser voltada apenas na parte superior da estrutura, pois a parte inferior não existirá quando construído o protótipo com as 4 pernas.

Os materiais utilizados para a construção do mesmo são tubos 40x40x2,41mm em aço 1020 e retalhos de chapas de aço 1020 para fazer os reforços, em que ambos foram soldados. E também foi usado chapas de 7mm de espessura para a tampa suporte estrutura e o suporte do motor.

Nesse subconjunto o motor que foi utilizado é um motor de guincho com potência de 0,86 CV e de 12V DC (Figura 39) que é ligado em uma bateria 12V. Cujos tem como controle do sentido de giro uma botoeira (Figura 40) que foi fornecida junto ao motor.

O redutor é da linha TR da Transmaq com redução de 11,6;1(Figura 41), cujo na saída tem um eixo  $\varnothing$  20mm em aço 1020 com rasgo de chaveta e chaveta para transmitir o movimento para a perna, e na entrada um eixo para acoplar no motor de guincho. Este motor tem como controle de sentido de giro uma botoeira que venho junto com o mesmo.

Figura 37: Desenho 3D do subconjunto estrutura.



**Fonte:** O autor, 2020.

Figura 38:Subconjunto estrutura montado.



**Fonte:** O autor, 2020.

Figura 39:Motor de 12 V.



**Fonte:** O autor, 2020.

Figura 40:Botoeira para controle do motor 12V.



**Fonte:** O autor, 2020.

Figura 41: Redutor TR1 11,6:1.



Fonte: O autor, 2020.

Como o eixo  $\varnothing 20$  mm em aço 1020 de transmissão que sai do redutor já tem seu rasgo e a chaveta 6x6mm determinadas pelo fornecedor do produto, então calculou-se a tensão de cisalhamento exercida sobre a chaveta. Primeiramente foi calculado a força tangencial segundo equação (1) pois o momento de torção na saída do redutor foi dado que é 1,50 kgf.cm conforme catalogo anexo A.

$$F_t = \frac{2x Mt}{d} = \frac{2x150}{20} = 15N \quad (1)$$

Sendo:

$F_t$ =força tangencial (N)

$M_t$ =momento torçor do eixo (kgf.cm)

$d$ =diâmetro do eixo(mm)

E então com a equação(2) calculou-se a tensão de cisalhamento que é exercida sobre a chaveta.

$$\tau = \frac{F_t}{b.l} = \frac{15}{0,006 * 0,025} = 100000 \frac{N}{m^2} = 100Kpa \quad (2)$$

Sendo:

$\tau$ =tensão de cisalhamento (Mpa)

$b$ =largura da chaveta (m)

$l$ =comprimento da chaveta(m)

Logo após achar esse valor de tensão de cisalhamento calcula-se a tensão admissível do material através da equação(3)

$$\sigma_{ad} = \frac{\sigma_e}{5} = \frac{210}{5} = 42 \text{ Mpa} \quad (3)$$

Sendo:

$\sigma_{ad}$ =tensão admissível (Mpa)

$\sigma_e$ = tensão de escoamento do material (Mpa)

Usando o fator de segurança e multiplicando esse valor por 2/3 conforme a equação(4) temos o valor da tensão de cisalhamento que o material admite.

$$\tau_{ad} \frac{2}{3} \times \sigma_{ad} = \frac{2}{3} \times 42 = 28 \text{ Mpa} \quad (4)$$

Sendo:

$\tau_{ad}$ =tensão admissível ao cisalhamento.

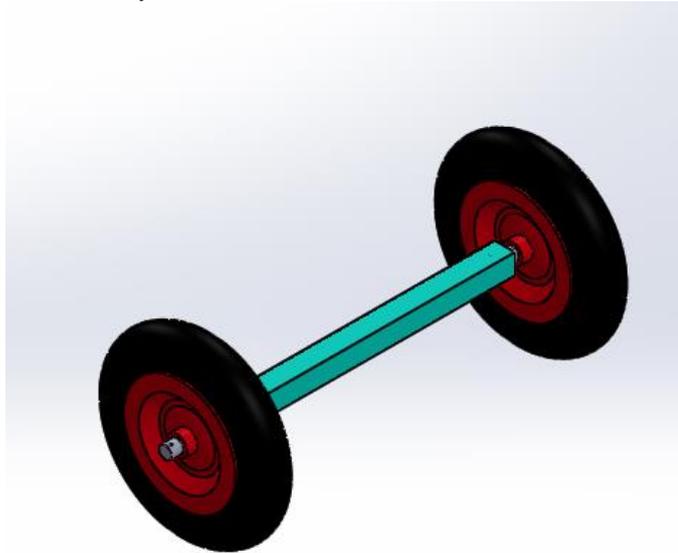
Dessa forma entende-se que o eixo não cisalhará, pois a tensão de cisalhamento que o material aguenta é maior do que a tensão de cisalhamento atuando sobre a chaveta.

#### 4.2.3 Subconjunto rodas traseiras.

Esse subconjunto foi construído apenas para o estudo desse protótipo, já que na construção do protótipo com 4 pernas futuramente, esse subconjunto não existirá. A Figura 42 mostra o desenho em 3D e a Figura 43 o subconjunto construído.

O mesmo veio a ser construído com um tubo quadrado 40x40x2,41 mm de aço 1020 usado como eixo. As ponteiras do eixo são barras cilíndricas de Ø 25x150 mm com furos nas suas pontas para um grampo tipo R-clip, as quais soldadas nas extremidades do tubo. As duas rodas são de carrinho de mão. Este subconjunto foi criado para ser uma espécie de tripé, servir de apoio para que a estrutura que sustenta perna não tombar.

Figura 42: Desenho 3D do subconjunto rodas traseiras.



Fonte: O autor, 2020.

Figura 43: Subconjunto montado.



Fonte: O autor, 2020.

#### 4.2.4 Subconjunto perna

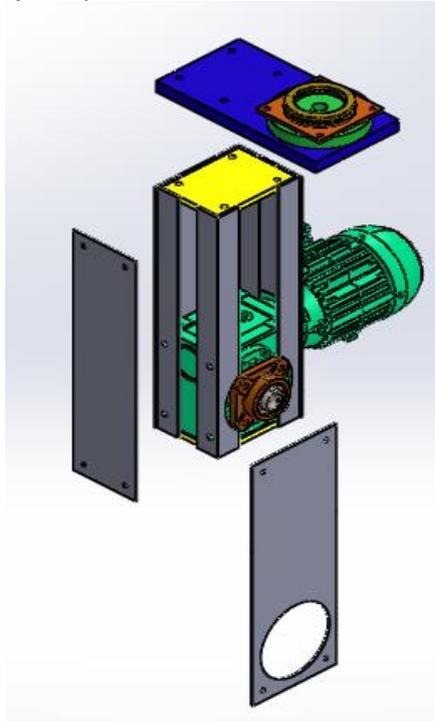
O subconjunto foi criado para suportar o motorreductor para dar tração a roda e assim movimentar a plataforma, também para direcionar a mesma através de um motor que faz o giro da perna. Na Figura 44 está demonstrado o desenho em 3D e na Figura 45 a imagem do subconjunto construído.

Então este é o principal subconjunto desse protótipo, pois o mesmo irá permanecer inalterado e multiplicado por 4 para a construção do projeto no futuro.

Nesse subconjunto foi utilizado para fazer a estrutura da perna cantoneiras 1.1/2"x1.1/2"x3/16", chapas 10mm de espessura, chapa de 20 mm de espessura,

todos esses componentes em aço1020 , e também chapas de 2mm cortadas na laser para tapar a perna evitando que entre poeira. Os quais são todos soldados.

Figura 44:Desenho 3D do subconjunto perna



**Fonte:** O autor, 2020.

Figura 45:Subconjunto montado.



**Fonte:** O autor, 2020.

No subconjunto em questão usou-se um motorreductor modelo MTRV-063(Figura 46), cujo tem um motor de indução trifásica com 0,5cv de potência e um reductor com taxa de redução 60:1 conforme catalogo no anexo B.

Figura 46:Motorreductor MTRV-063.



Fonte: O autor, 2020.

Também foi colocado um rolamento axial de esferas (Figura 47) para que a translocação da perna acontecer com o menor atrito possível.

Figura 47:Rolamento Axial BR 51114.



Fonte: O autor, 2020.

Para que o eixo da roda não venha a exercer força no diâmetro interno do motorreductor que for de torque, usou-se um mancal com rolamento de esferas (Figura 48) que foi acoplado na no final no furo do motorreductor.

Figura 48:Mancal NB F205 com rolamento UC-205.

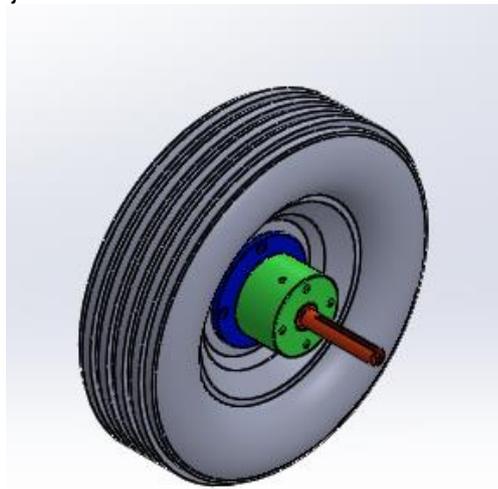


Fonte: O autor, 2020.

#### 4.2.5 Subconjunto roda dianteira

O presente subconjunto foi criado para receber a tração do motorreductor direcionando para o chão, então se dá a movimentação, montado com um pneu doado pela equipe Baja da Fahor, pois estimou-se que estas dimensões seriam compatíveis com a necessidade do projeto. Então o flange e o cubo da roda foram projetados se baseando em medidas da roda, para poder fixa-la da melhor forma possível, cujas peças são parafusadas com parafusos M16, M12 e M10. Figura 49 mostra o desenho em 3D e a Figura 50 mostra o subconjunto construído.

Figura 49: Desenho 3D subconjunto roda dianteira.



Fonte: O autor, 2020.

Figura 50: Subconjunto montado.



Fonte: O autor, 2020.

O eixo tem o diâmetro de  $\varnothing 25$  mm em aço 1020, com rasgo para uma chaveta 8x7x100 mm, pois o diâmetro interno do motorreductor já foi definido pelo fabricante. Desta maneira calculou-se a tensão de cisalhamento exercida sobre a chaveta. Inicialmente foi calculado a força tangencial segundo equação(5) pois o momento de torção na saída do reductor foi dado que é 15,78 kgf.cm conforme catalogo anexo B.

$$F_t = \frac{2x Mt}{d} = \frac{2x1578}{25} = 126,24 N \quad (5)$$

Sendo:

$F_t$ =força tangencial (N)

$M_t$ =momento torçor do eixo (kgf.cm)

$d$ =diâmetro do eixo(mm)

E então com a equação(6) calculou-se a tensão de cisalhamento que é exercida sobre a chaveta.

$$\tau = \frac{F_t}{b.l} = \frac{126,24}{0,008 * 0,100} = 157800 \frac{N}{m^2} = 157,8 Kpa \quad (6)$$

Sendo:

$\tau$ =tensão de cisalhamento (Mpa)

$b$ =largura da chaveta (m)

$l$ =comprimento da chaveta(m)

Logo após achar esse valor de tensão de cisalhamento calcula-se a tensão admissível do material através da equação(7).

$$\sigma_{ad} = \frac{\sigma_e}{5} = \frac{210}{5} = 42 Mpa \quad (7)$$

Sendo:

$\sigma_{ad}$ =tensão admissível (Mpa)

$\sigma_e$ = tensão de escoamento do material (Mpa)

Usando o fator de segurança e multiplicando esse valor por 2/3 conforme a equação(8) temos o valor da tensão de cisalhamento que o material admite.

$$\tau_{ad} \frac{2}{3} \times \sigma_{ad} = \frac{2}{3} \times 42 = 28 \text{ Mpa} \quad (8)$$

Sendo:

$\tau_{ad}$ =tensão admissível ao cisalhamento.

Conclui-se que o eixo não cisalhará, pois a tensão de cisalhamento que o material aguenta é maior do que a tensão de cisalhamento atuando sobre a chaveta.

#### 4.2.6 Subconjunto caixa

Esse subconjunto se trata de uma caixa construída com chapas de 3 mm de espessura em aço 1020 cortadas no corte laser e posteriormente soldadas, acoplada em baixo da parte superior da estrutura. A figura 51 mostra o desenho em 3D desse subconjunto e a Figura 52 o mesmo, mas construído na prática.

Suas dimensões são para comportar em seu interior um inversor de frequência e também baterias de lítio inicialmente, mas com a demora na entrega das mesmas no momento optou-se por usar uma bateria de chumbo de 12V de 38 Ah que se tinha a disposição (Figura 53) e o inversor de frequência (Figura 54) que é responsável por fazer o controle de velocidade e sentido de giro do motorreductor da perna o qual exerce a tração para movimentar a roda dianteira.

Figura 51: Desenho 3D do subconjunto caixa

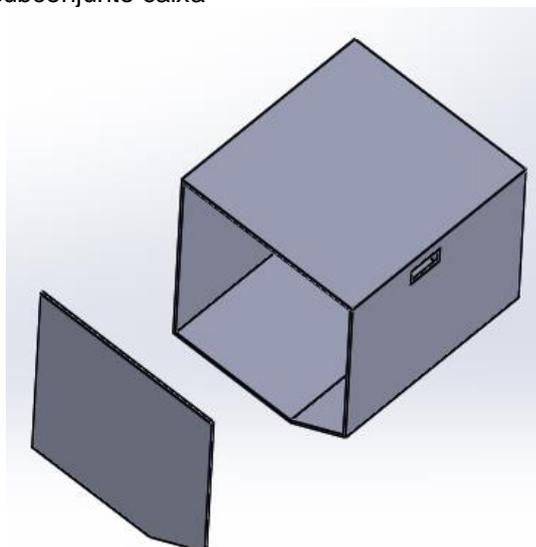


Figura 52: Subconjunto montado.



Fonte: O autor, 2020.

Figura 53: Bateria 12 V.



Fonte: O autor, 2020.

Figura 54: Inversor de frequência SINUS N.



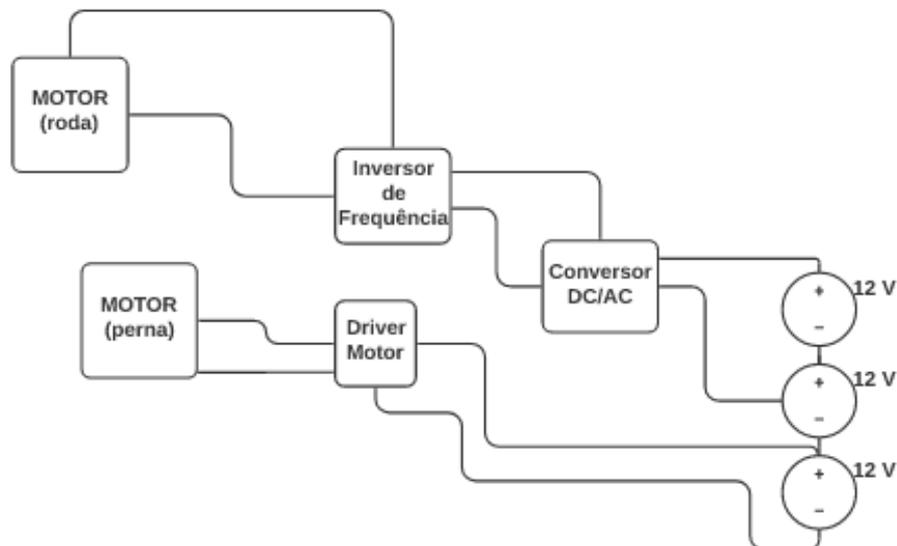
Fonte: O autor, 2020.

### 4.3 SISTEMA ELÉTRICO

O sistema elétrico do protótipo foi feito de maneira simples pois essa área não é o intuito do trabalho, desta forma realizou-se um sistema elétrico onde é possível alimentar os motores para tração e para o giro da perna.

O Quadro 3 representa o esquema de ligação elétrica que foi executado no protótipo, cujo começa na alimentação por baterias 12V, passando para um conversor DC/AC onde a tensão de 12V vinda das baterias é convertida em tensão monofásica 220V para seguir para o inversor de frequência que por sua vez a transforma em tensão trifásica para chegar ao motor da roda e alimenta-lo já que o mesmo é um motor de indução trifásica. A outra parte é a saída de tensão 12 V da bateria passando pelo driver do motor cujo é responsável pelos comandos direcionais, chegando então ao motor de 12 V da perna.

Quadro 3:Esquema elétrico do protótipo.



**Fonte:** O autor, 2020.

### 4.4 TESTES REALIZADOS

Um dos testes realizados foi de o protótipo girar a perna para verificar se o sistema de direção realmente permite que o centro do raio de curva esteja no eixo traseiro do protótipo (Figura 55 e 56).

Figura 55: Protótipo com a direção para frente



Fonte: O autor, 2020.

Figura 56: Protótipo com a direção virada 90°.



Fonte: O autor, 2020.

Para realizar testes do protótipo em local improvisado, foi instalado o inversor do lado de fora da caixa, pois faz-se o uso do potenciômetro no próprio aparelho. (Figura 57).

Figura 57: Protótipo com a ligação elétrica dos motores e inversor.



Fonte: O autor, 2020.

Para comprovar se a potência do motor de tração consegue movimentar uma carga de 30kg num aclive de 10°, foi improvisado um aclive em casa para testar essa hipótese (Figura 58).

Figura 58: Protótipo em aclave improvisado de 10°.



Fonte: O autor, 2020.

A respeito da carga de 30 kg, foi chegado a um peso aproximado utilizando 4 anilhas em ferro fundido de 5kg cada (Figura 59) e também contando que o fato da bateria de chumbo usada no momento seja muito mais pesada que uma bateria de lítio(Figura 60),dessa forma a carga colocada foi perto dos 30 kg citados em uma das hipóteses.

Figura 59: Anilhas de 5 kg cada na balança.



Fonte: O autor, 2020.

Figura 60: Bateria utilizada sendo pesada.



Fonte: O autor, 2020.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da ideia proposta inicialmente, foi feito o desenvolvimento e por consequência a construção de uma plataforma robótica móvel para ser utilizada no setor agrícola no monitoramento de diversas lavouras.

O desenvolvimento se deu através de alguns componentes existentes no mercado, mas, de grande parte fabricados pelo autor, sendo adquirida a matéria prima no mercado da cidade, e utilizando o laboratório de usinagem da Fahor realizadas as usinagens dos mesmos.

Os estudos executados para o desenvolver desse projeto, incluindo a construção do protótipo foram de um desafio enorme, mas, muito valido, pois foi possível pôr em prática muitos dos conceitos aprendidos durante o período acadêmico, como por exemplo desenhos técnicos, processos de fabricações, elementos de máquinas, e também conceitos que necessitaram ser buscados como o de robótica, componentes elétricos.

Desta maneira entende-se que o presente trabalho atende os critérios determinados no início do projeto, pois foram elaborados estudos sobre robótica móvel para fins de agregar conhecimento para a melhor aplicação dos conceitos na prática. Além disso realizou-se os desenhos 3D de todos os componentes utilizando software de modelação, para uma melhor visibilidade das dimensões do protótipo. Também foram construídos todos os subconjuntos, todos os seus respectivos componentes que resultaram na montagem geral do protótipo pronto após isso realizaram-se os testes com o devido protótipo já pronto, para verificar as hipóteses que foram estabelecidas no inicio do presente trabalho.

Então diante disso, e concluindo, o devido trabalho atingiu seus objetivos.

## **5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

O próximo passo que deve ser dado é a melhoria da carenagem, construindo a mesma de fibra de vidro ou de fibra de carbono, cujos materiais são muito resistentes a esforços e com seus pesos baixos, reduzindo assim o peso do protótipo, mas mantendo a resistência que deve ter para exercer as suas funções.

A partir de melhoria de material, seria interessante e necessário redimensionar a estrutura do protótipo para acoplar as 4 pernas, juntamente com a parte elétrica e de comandos para as mesmas. E também realizar testes em ambiente de uma lavoura.

## REFERÊNCIAS

ARANHA, W. M. **Caracterização de Bateria Recarregável de Lítio de Veículos Híbridos visando sua Reciclagem**, 2018. Disponível em: <<http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10025547.pdf>>. Acesso em: 24 mai. 2020.

ATTUATI, J. H. **Projeto de desenvolvimento e dimensionamento de um misturador de insumos agrícolas**. Disponível em: <[https://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng\\_Mecanica/2017/JoaoHenriqueAttuati.pdf](https://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2017/JoaoHenriqueAttuati.pdf)>. Acessado em :27 abr. 2020.

BBBATERIAS. **Entendendo o Funcionamento da Bateria de Lítio**, 2018. Disponível em: <<https://blog.bbbaterias.com.br/bateria-de-litio/>>. Acesso em; 24 mai. 2020.

BJURBECK, E. F. **Design and Control of a Loader Mechanism for the NMBU Agricultural Robot**, 2017. 110f. Thesis (Master's in Mechanical Engineering, Process and Product Development) - Faculty of Science and Technology, Norwegian University of Life Science, 2017. Disponível em: <<https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2465468>>. Acesso em: 27 mai. 2020.

BUDYNAS, R.; NISBETT, J. **Elementos de máquinas de Shigley – projeto de engenharia mecânica**. 10ª ed. São Paulo, 2016.

CYBERNETICZOO. **Charles Rosen with "Shakey" c1970**. Disponível em <http://cyberneticzoo.com/cyberneticanimals/1967-shakey-charles-rosen-nils-nilsson-bertram-raphael-et-al-american/>.> Acessado em: 9 ago. 2019

COMCIENCIA. **Robôs Na Floresta: Avanços na Tecnologia Contribuem para Preservação Ambiental no Brasil**. Disponível em: <<http://comciencia.br/robos-na-floresta-avancos-na-tecnologia-contribuem-para-preservacao-ambiental-no-brasil/>> Acesso em: 10 ago. 2019.

CONAB. **A produtividade da soja: Análise e perspectivas**. Compêndio de estudos Conab. V. 10, 2017. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17\\_08\\_02\\_14\\_27\\_28\\_10\\_compendio\\_de\\_estudos\\_conab\\_\\_a\\_produtividade\\_da\\_soja\\_\\_analise\\_e\\_perspectivas\\_\\_volume\\_10\\_2017.pdf](https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_08_02_14_27_28_10_compendio_de_estudos_conab__a_produtividade_da_soja__analise_e_perspectivas__volume_10_2017.pdf)>. Acesso em: 09 set. 2019.

DEVITT, S.K. **Cognitive factors that affect the adoption of autonomous agriculture**, 2018. Disponível em: <<https://eprints.qut.edu.au/119659/>>. Acesso em; 27 mai. 2020

EMATER. **Condições climáticas favorecem desenvolvimento vegetativo das lavouras de inverno**, 2017. Disponível em: <<https://diariodamanha.com/noticias/condicoes-climaticas-favorecem-desenvolvimento-vegetativo-das-lavouras-de-inverno/>>. Acesso em: 25 mai. 2020.

EMBRAPA. **Aplicativo calcula em segundos as necessidades nutricionais da lavoura de soja**, 2019. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/43412777/aplicativo-calcula-em-segundos-as-necessidades-nutricionais-da-lavoura-de-soja?link=agencia>>. Acesso em: 26 mai.2020.

EMBRAPA. **Artigo: Trigo com boas perspectivas para 2020**, 2020. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/52395260/artigo-trigo-com-boas-perspectivas-para-2020>>. Acesso em: 26 mai.2020.

EMBRAPA. **Feira apresenta tecnologias para as lavouras de soja do Nordeste Paraense**, 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34347016/feira-apresenta-tecnologias-para-as-lavouras-de-soja-do-nordeste-paraense>>. Acesso em: 26 mai.2020.

EMBRAPA. **História da soja**, 2020. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>>. Acesso em: 25 mai.2020.

EMBRAPA. **Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos**, 2019. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>>. Acesso em: 25 mai.2020.

EMBRAPA. **Pragas da Soja no Brasil e seu Manejo Integrado**, 2000. Disponível em: < [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/circtec30\\_000g46xpyyv02wx5ok0iuqaqkbbpq943.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/circtec30_000g46xpyyv02wx5ok0iuqaqkbbpq943.pdf)>. Acesso em : 16 set.2019.

EMBRAPA. **Soja em números (safra 2018/19)**, 2019. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 25 mai.2020.

FOUNTAS, S. et al. **Agricultural Robotics for Field Operations**, 2020. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/9/2672>>. Acesso em: 27 mai.2020.

GEA, GROUP. **As baterias de lítio são a promessa de uma nova era no transporte ecológico**, 2020. Disponível em: < <https://www.gea.com/pt/technology-talks/lithium-batteries-promise-new-era-in-green-transport.jsp>>. Acesso em: 24 mai.2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

\_\_\_\_\_. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: 2008.

GRIMSTAD, L.; FROM, P.J. **The Thorvald II Agricultural Robotic System**, 2017. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/2218-6581/6/4/24>>. Acesso em: 27 mai.2020.

GRIMSTAD, L.; FROM, P.J. **Software Components of the Thorvald II Modular Robot**, 2018. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/publication/326954176\\_Software\\_Components\\_of\\_the\\_Thorvald\\_II\\_Modular\\_Robot](https://www.researchgate.net/publication/326954176_Software_Components_of_the_Thorvald_II_Modular_Robot)>. Acesso em: 27 mai.2020.

GRUPOCULTIVAR. **Frio pode atrasar desenvolvimento das lavouras de milho**, 2018. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/noticias/frio-pode-atrasar-desenvolvimento-das-lavouras-de-milho>>. Acesso em: 26 mai.2020.

HUSQVARNA. **Saiba o que são as gramíneas e quais são as mais comuns**, 2019. Disponível em:< <https://tudohusqvarna.com/blog/fichas/gramineas/>>. Acesso em:26 mai.2020.

ISO. **ISO 8373. Standard 8373 - Robots and robotic devices - Vocabulary**. 2012.

LANDAU, E.C. et al. **Variação geográfica da produção de grãos e principais culturas agrícolas no Brasil em 2013**, 2015. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/buscadepublicacoes//publicacao/1037393/variacaogeografica-da-producao-de-graos-e-principais-culturas-agricolas-no-brasil-em-2013>>. Acesso em: 26 mai.2020.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. 5. reimp. São Paulo: Atlas, 2007.

LE, T.D et al. **A low-cost and efficient autonomous row-following robot for food production in polytunnels**, 2019. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/rob.21878>>. Acesso em: 27mai.2020.

MARCHI, J. **Navegação de Robôs Móveis Autônomos: Estudo E Implementação De Abordagens**,2001.132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2001. Disponível em:< <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/81441>>. Acesso em:29 ago.2019.

MELLO.W.B. **Proposta de um método aberto de projeto de produto-três alternativas de criação**,2011. 157f.Dissertação(Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, 2011. Disponível em:[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde10082011143605/publico/Dissertacao\\_Willyams\\_Bezerra\\_de\\_Mello.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde10082011143605/publico/Dissertacao_Willyams_Bezerra_de_Mello.pdf). Acesso em:12 jun.2020.

MOSCHITZ, H. e STOLZE, M. **How can we make sense of smart technologies for sustainable agriculture? – A discussion paper**, 2018. Disponível em: < [https://orgprints.org/34019/1/MoschitzStolze\\_SmartTechSustAgriculture\\_IFSA\\_18.pdf](https://orgprints.org/34019/1/MoschitzStolze_SmartTechSustAgriculture_IFSA_18.pdf)>. Acesso em: 27 mai. 2020.

MORONI, J. L. S.; AZEVEDO, J. M.; AYMORE, J. L. F.; HOFFMANN, A. T. **Designer caleidoscópico: uma metodologia de ensino para geração de ideias visuais**. Disponível em:<<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/148904>>. Acesso em: 27 abr.2020.

NAMIHIRA, E. M. **Projeto mecânico de um redutor de engrenagens sem-fim numa esteira transportadora inclinada**,2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/124320/000805673.pdf?sequenc e=1&isAllowed=y> >. Acesso em 12 mai.2020.

NATIVIDADE, I.A. **Desenvolvimento de um Conversor CC-CA Monofásico para aplicação em Geração Distribuída**, 2019. Disponível em: <[https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2072/1/MONOGRAFIA\\_DesenvolvimentoConversorMonof%C3%A1sico.pdf](https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2072/1/MONOGRAFIA_DesenvolvimentoConversorMonof%C3%A1sico.pdf)>. Acesso em: 25 mai. 2020.

NEOMOTION. **Datasheet De Produto, Motores De Passo**, 2017. Disponível em: <<https://www.neomotion.com.br/wp-content/uploads/2017/07/Cat%C3%A1logo-Datasheet-dos-motores-de-passo-R01.pdf>>. Acesso em: 13 mai. 2020.

NEOSOLAR. **Inversor Unitron iVolt - 1000W / 12Vcc / 115Vac / 60Hz**, 2020. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/inversor-unitron-ivolt-1000w-12vcc-115vac-60hz.html>>. Acesso em: 25 mai. 2020.

NIKU, S.B. **Introdução à robótica**: análise, controle, aplicações/Saeed Benjamin Niku; tradução e revisão técnica Sergio Gilberto Taboada-Rio de Janeiro:LTC,2013.

ONU. **População**, 2020. Disponível em: <<https://www.un.org/en/sections/issues-depth/population/index.html>>. Acesso em: 26 mai. 2020.

OVIK, E. N. **Mechanical Landmine Clearing Tool for NMBU`s Agricultural Robot**, 2016. 116f. Thesis (Master's in Mechanical Engineering) - Faculty of Science and Technology, Norwegian University of Life Science, 2016.

PHOTON. **Driver de Motor de Passo**, 2013. Disponível em: <[http://www.pede.com.br/arq/bpm435\\_2.pdf](http://www.pede.com.br/arq/bpm435_2.pdf)>. Acesso em: 13 mai. 2020.

PIERI, E. R. de. **Curso de Robótica Móvel**. Disponível em: <[http://www.adororobotica.com/CURSO\\_DE\\_ROBOTICA\\_MOVEL.pdf](http://www.adororobotica.com/CURSO_DE_ROBOTICA_MOVEL.pdf)>. Acesso em: 9 ago. 2019.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013.

RENEWREDUTORES. **Redutores rosca sem fim**. Disponível em: <<http://www.renewredutores.com.br/redutores-rosca-fim>>. Acesso em: 13 mai. 2020.

RODEIRO, V.R.V. **Detecção Automática de Parâmetros do Motor de Indução Trifásico para Estimação da Velocidade por Análise Espectral**, 2005. Disponível em: <<http://www.ppgee.eng.ufba.br/teses/6e86ec56a7d2ca42b97e023db4a712e3.pdf>>. Acesso em: 24 mai. 2020.

ROMANO, V. F.; DUTRA, M. S. **Introdução à Robótica Industrial**, 2002. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~hermini/Robotica/livro/cap.1.pdf>>. Acesso em: 9 ago. 2019.

ROMERO, R. A. F., SILVA JUNIOR, e. P. E., OSÓRIO, F. S., & WOLF, D. F. 2014. **Robótica Móvel**. Rio de Janeiro:LTC.

SANTOS, A.C.C. **Estado Da Arte do Acionamento de Motores de Indução Através de Inversores de Frequência**, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/27951/3/EstadoArteAcionamento.pdf>>. Acesso em: 12 mai.2020.

SIEMENS. **Motores de corrente continua**. Disponível em: <[http://www.marioloureiro.net/tecnica/electrif/Motores\\_CC\\_ind1.pdf](http://www.marioloureiro.net/tecnica/electrif/Motores_CC_ind1.pdf)>. Acesso em 11 mai.2020.

SIMON, H.A. **The Sciences of the Artificial**, 3<sup>o</sup>ed., 1996. Disponível em: <[https://monoskop.org/images/9/9c/Simon\\_Herbert\\_A\\_The\\_Sciences\\_of\\_the\\_Artificial\\_3rd\\_ed.pdf](https://monoskop.org/images/9/9c/Simon_Herbert_A_The_Sciences_of_the_Artificial_3rd_ed.pdf)>. Acesso em: 27 mai.2020.

TRANSMAQ. **Motorreductores de rosca sem-fim, Linha mundial MTRV**. Disponível em: <<https://www.facebook.com/Transmaq/photos/a.446600385368388/3262575923770806>>. Acesso em: 20 mar.2020.

TRANSMAQ. **Motorreductores de rosca sem-fim, Linha TR**. Disponível em: <[https://transmaq.com.br/wp-content/uploads/2015/11/catalogo\\_tr\\_transmaq.pdf](https://transmaq.com.br/wp-content/uploads/2015/11/catalogo_tr_transmaq.pdf)>. Acesso em: 25 mai.2020.

TRIANGULOMECASTRONICO. **Robô Aquático**. Disponível em :<<http://triangulomecatronico.blogspot.com/2012/09/como-escolher-plataformarobotica-ideal.html#more>>. Acesso em: 10 ago.2019.

\_\_\_\_\_. **Robô com esteiras**. Disponível em :<<http://triangulomecatronico.blogspot.com/2012/09/como-escolher-plataformarobotica-ideal.html#more>>. Acesso em: 10 ago.2019.

\_\_\_\_\_. **Robô com pernas**. Disponível em :<<http://triangulomecatronico.blogspot.com/2012/09/como-escolher-plataformarobotica-ideal.html#more>>. Acesso em: 10 ago.2019.

\_\_\_\_\_. **Robô com rodas**. Disponível em :<<http://triangulomecatronico.blogspot.com/2012/09/como-escolher-plataformarobotica-ideal.html#more>>. Acesso em: 10 ago.2019.

WEG. **Inversor de Frequência CFW701**, 2020. Disponível em: <[https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o%20e%20Controle%20Industrial/Drives/InversoresdeFrequ%C3%Aancia/HVAC/InversordeFrequ%C3%AanciaCFW701/InversordeFrequ%C3%AanciaCFW701/p/MKT\\_WDC\\_BRAZIL\\_FREQUENCY\\_INVERTER\\_DRIVE\\_CFW701\\_HVAC\\_R](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o%20e%20Controle%20Industrial/Drives/InversoresdeFrequ%C3%Aancia/HVAC/InversordeFrequ%C3%AanciaCFW701/InversordeFrequ%C3%AanciaCFW701/p/MKT_WDC_BRAZIL_FREQUENCY_INVERTER_DRIVE_CFW701_HVAC_R)>. Acesso em: 13 de mai.2020.

WEG. **Motores Elétricos W22 0.5 cv 4P 80 1F 110-127/220-254 V 60 Hz IC411 - TFVE - B3D**, 2020. Disponível em: <<https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-EI%C3%A9tricos/Monof%C3%A1sico/Usos-Gerais/W22-%28IP55%29/W22-0-5-cv-4P->

80-1F-110-127-220-254-V-60-Hz-IC411---TFVE---B3D/p/13894853>.Acesso em: 13 de mai.2020.

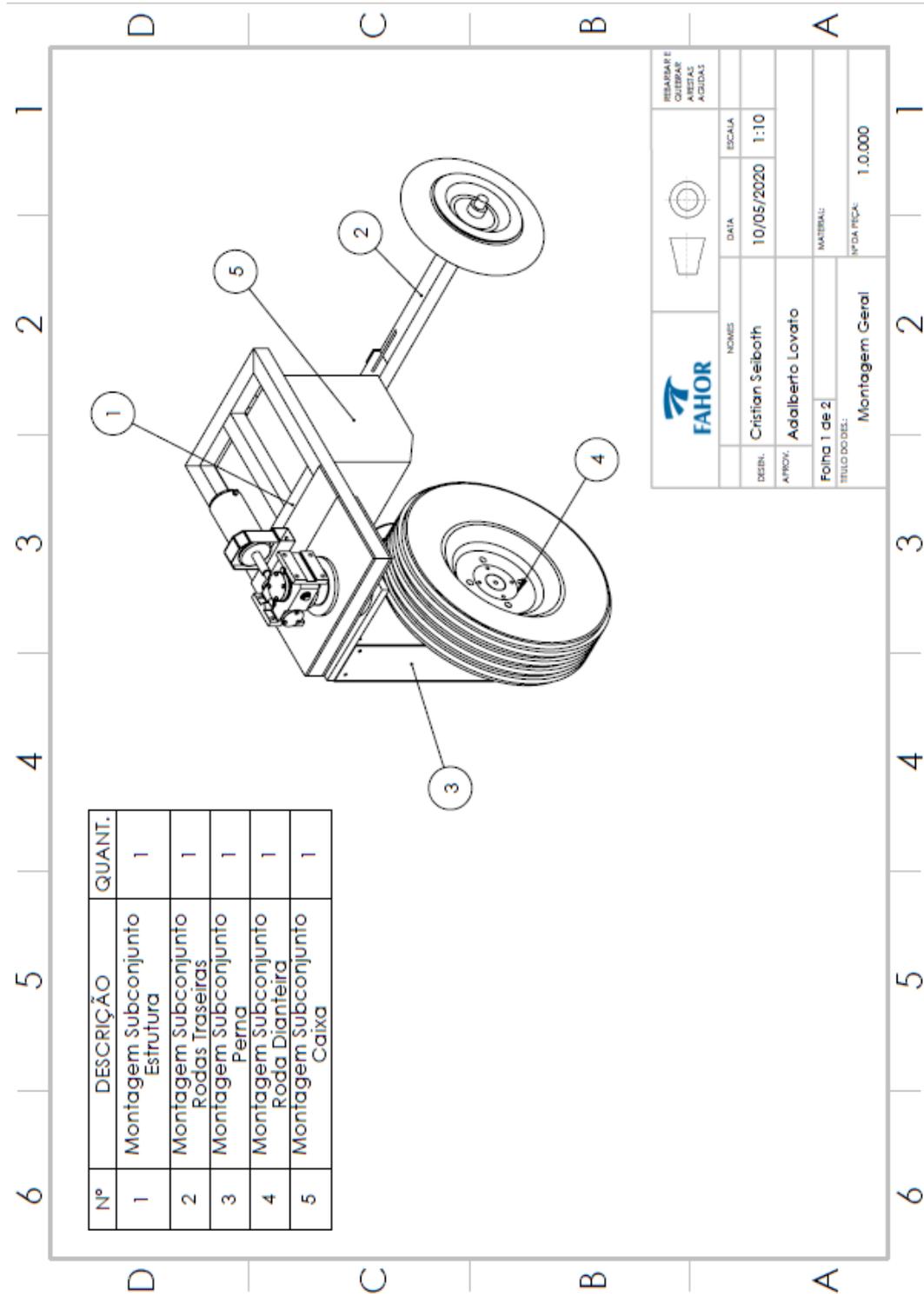
WEG. **W22 Média Tensão 90 kW 2P 315L 3F 3300 V 50 Hz IC411 - TEFC - B14T**, 2020.Disponível em:< <https://www.weg.net/catalog/weg/ES/pt/W22/W22---TEFC-Uso-Geral-%28Ferro-Fundido%29/W22-M%C3%A9dia-Tens%C3%A3o-90-kW-2P-315L-3F-3300-V-50-Hz-IC411---TEFC---B14T/p/13006613>>.Acesso em: 24 mai.2020.

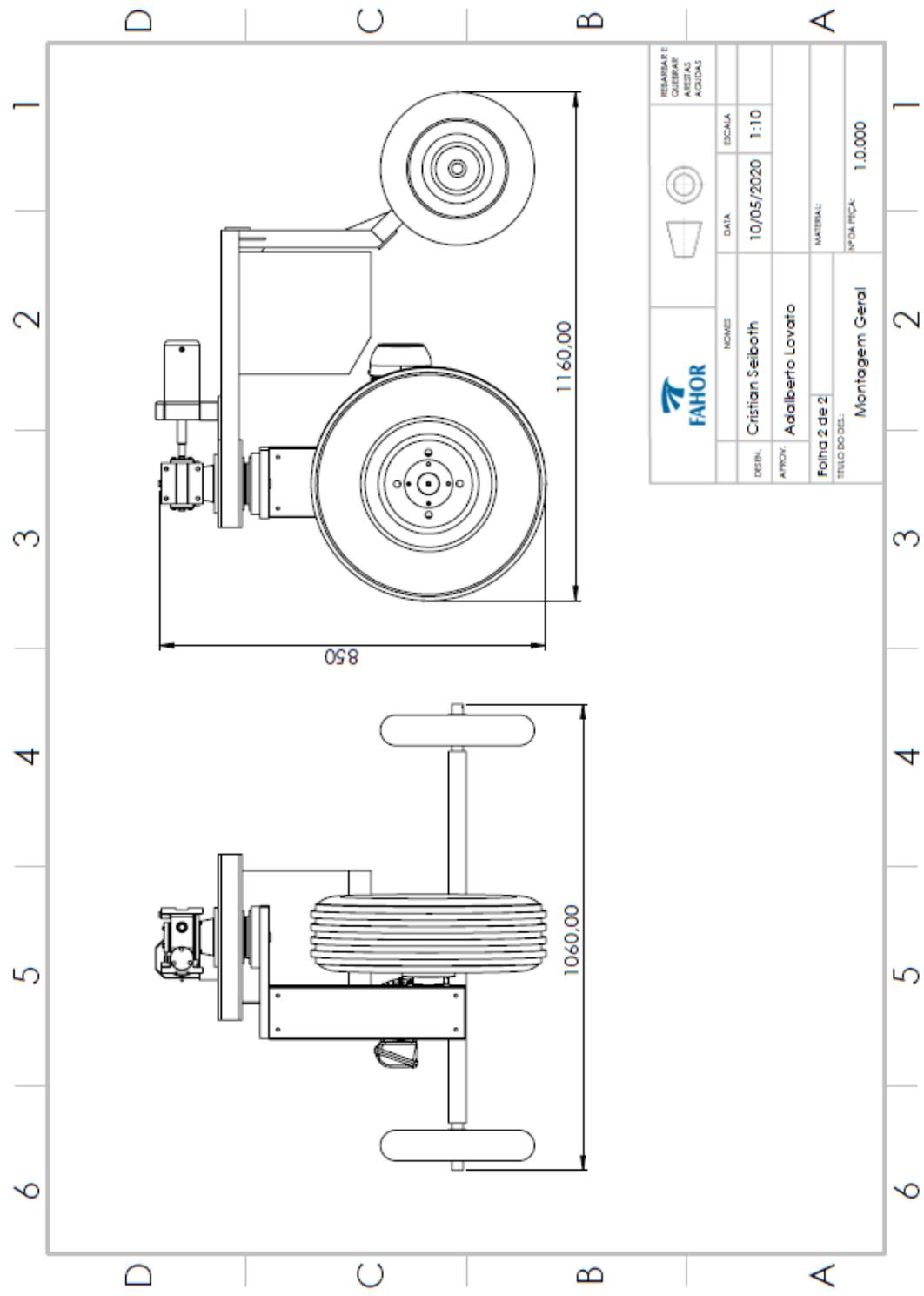
XAUD, M. F. S. **Robotic Tankette For Intelligent Bioenergy Agriculture: Design, Development And Field Tests**, 2018.Disponível em:< [https://www.researchgate.net/publication/329614986\\_Robotic\\_Tankette\\_for\\_Intelligent\\_Bioenergy\\_Agriculture\\_Design\\_Development\\_and\\_Field\\_Tests](https://www.researchgate.net/publication/329614986_Robotic_Tankette_for_Intelligent_Bioenergy_Agriculture_Design_Development_and_Field_Tests)>.Acesso em:27 mai.2020.

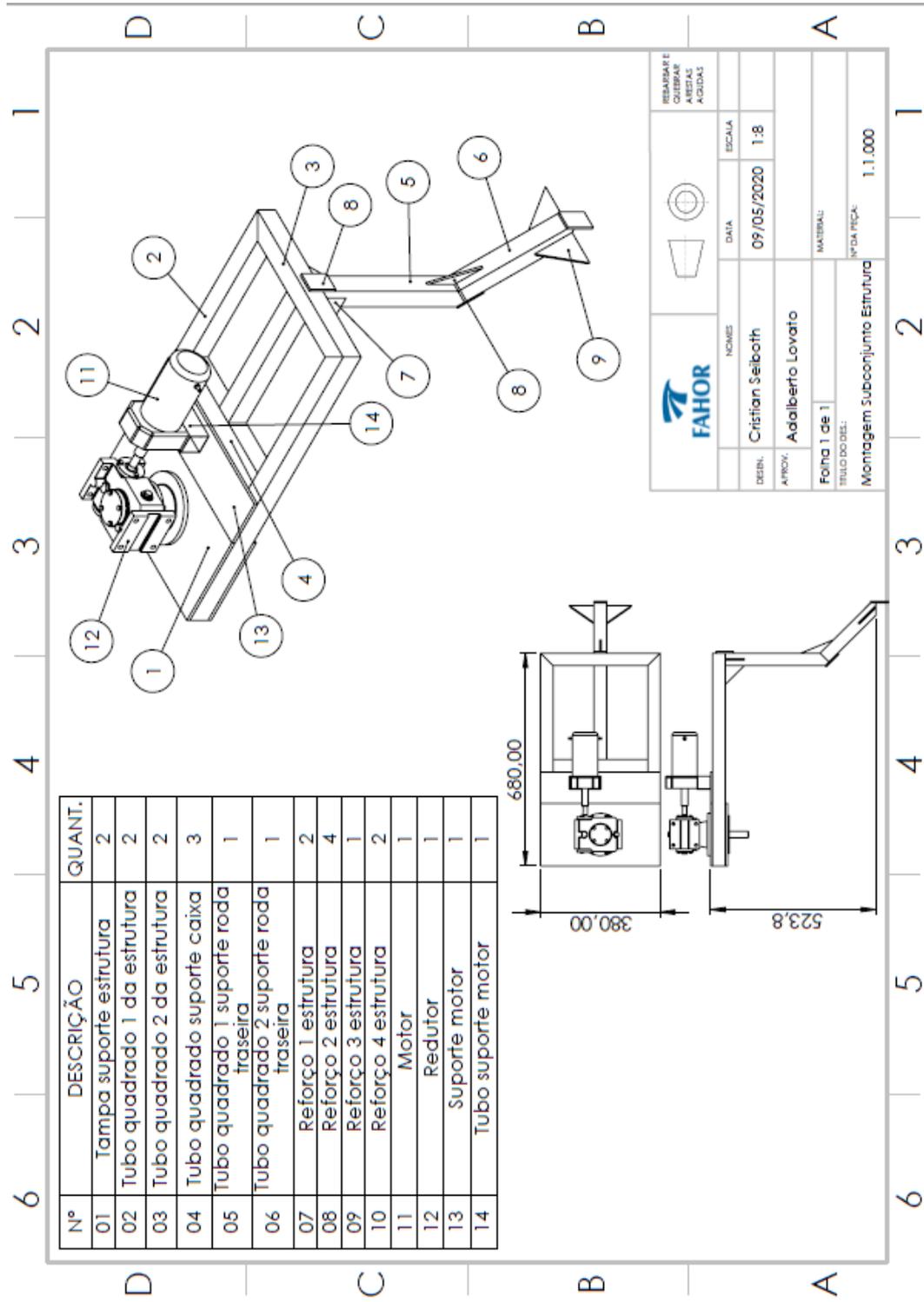
ZAKARIA, R. N. B. **Design of UV-Bio Configuration of the NMBU Agricultural Robot**: Design av UV-Bio konfigurasjon av landbruksroboten Thorvald, 2017. 98 f. Thesis (Master's in Mechanical Engineering, Process and Product Development) - Faculty of Science and Technology, Norwegian University of Life Science, 2017.Disponível em<<https://pdfs.semanticscholar.org/05ba/7528dd6934d7d23e9647d156ba1604df414c.pdf>>. Acesso em:14 de mai.2020.

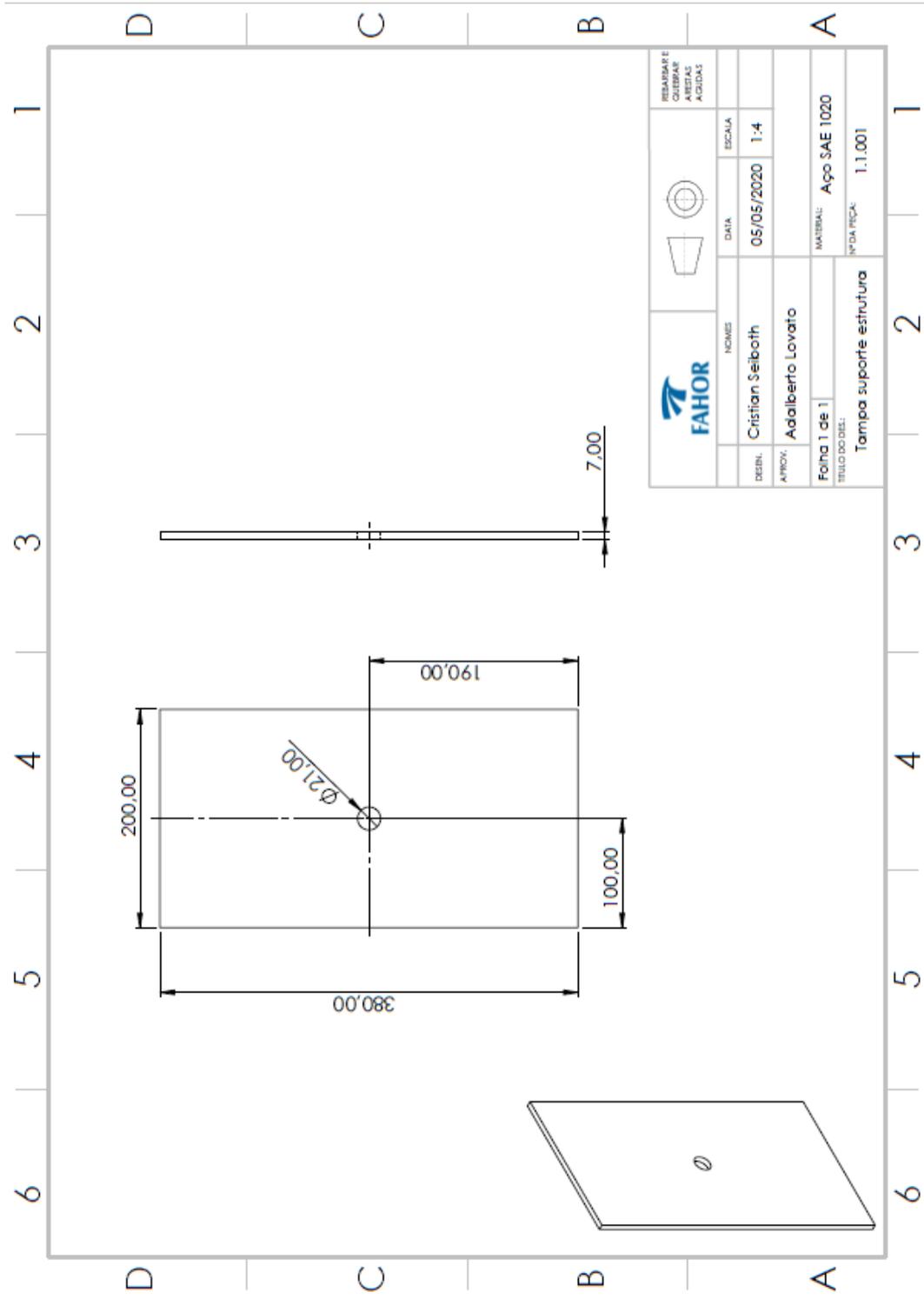
## APÊNDICE A

Neste item é apresentado a montagem geral, todos os subconjuntos e suas respectivas peças, da plataforma robótica.

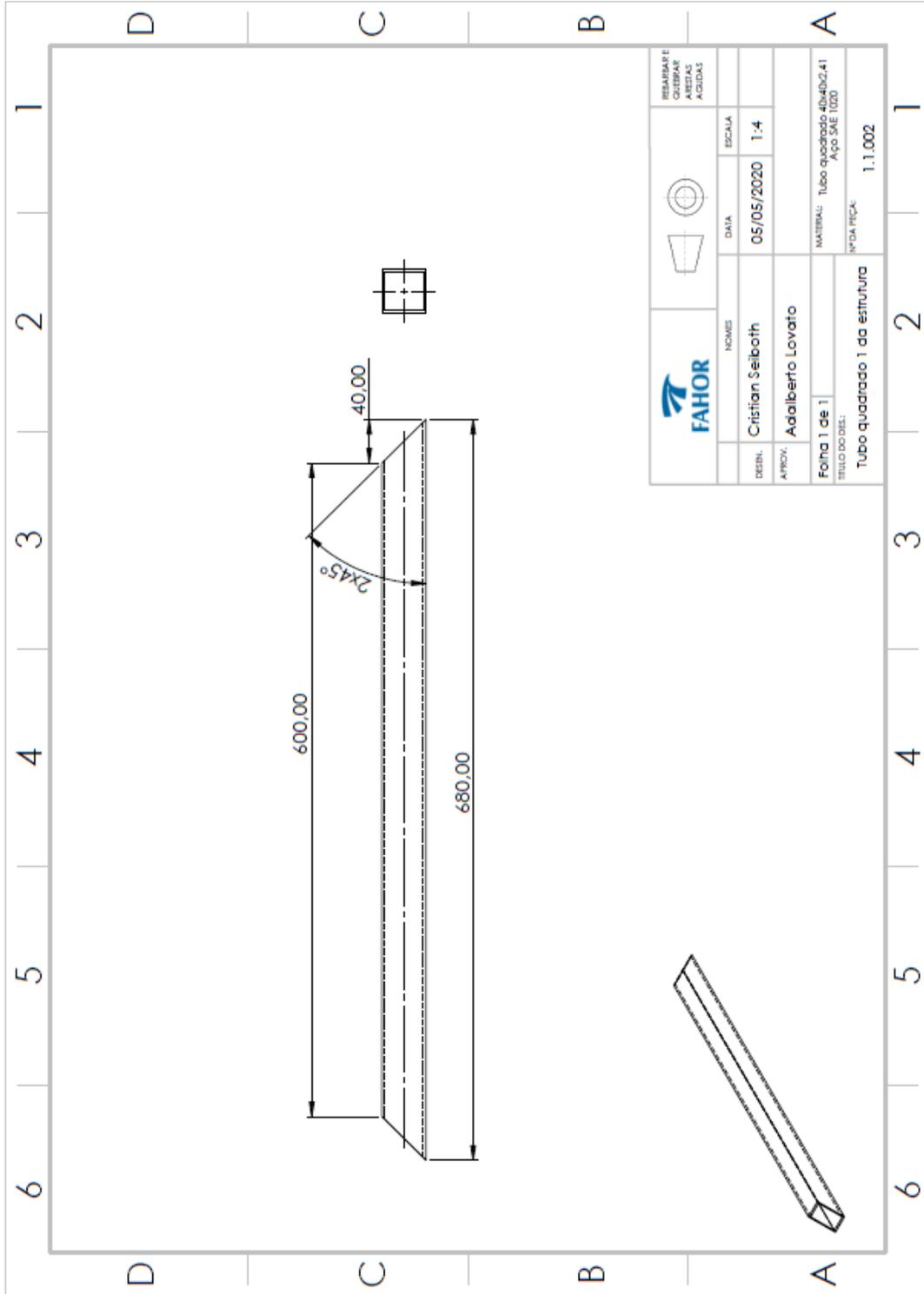


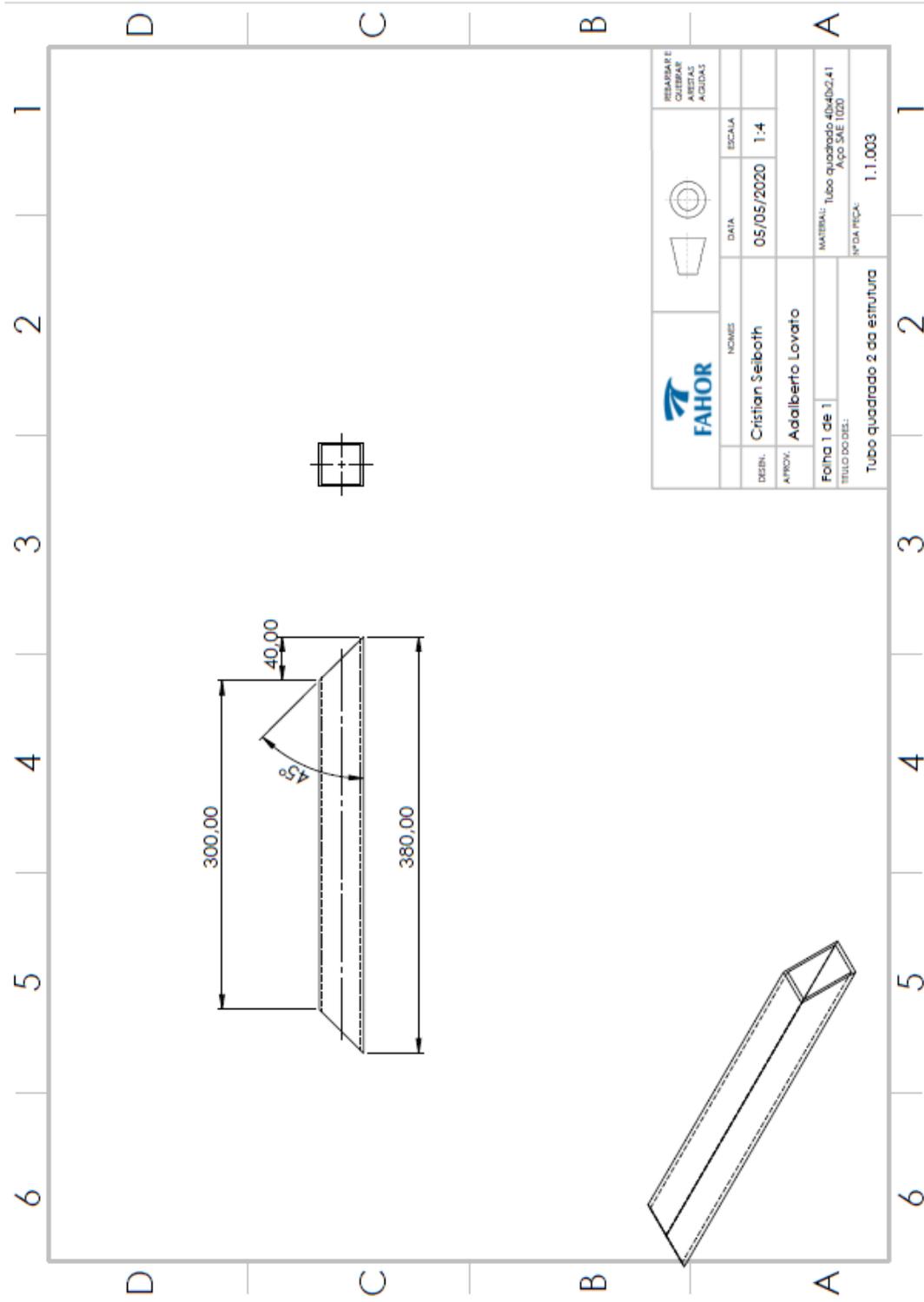




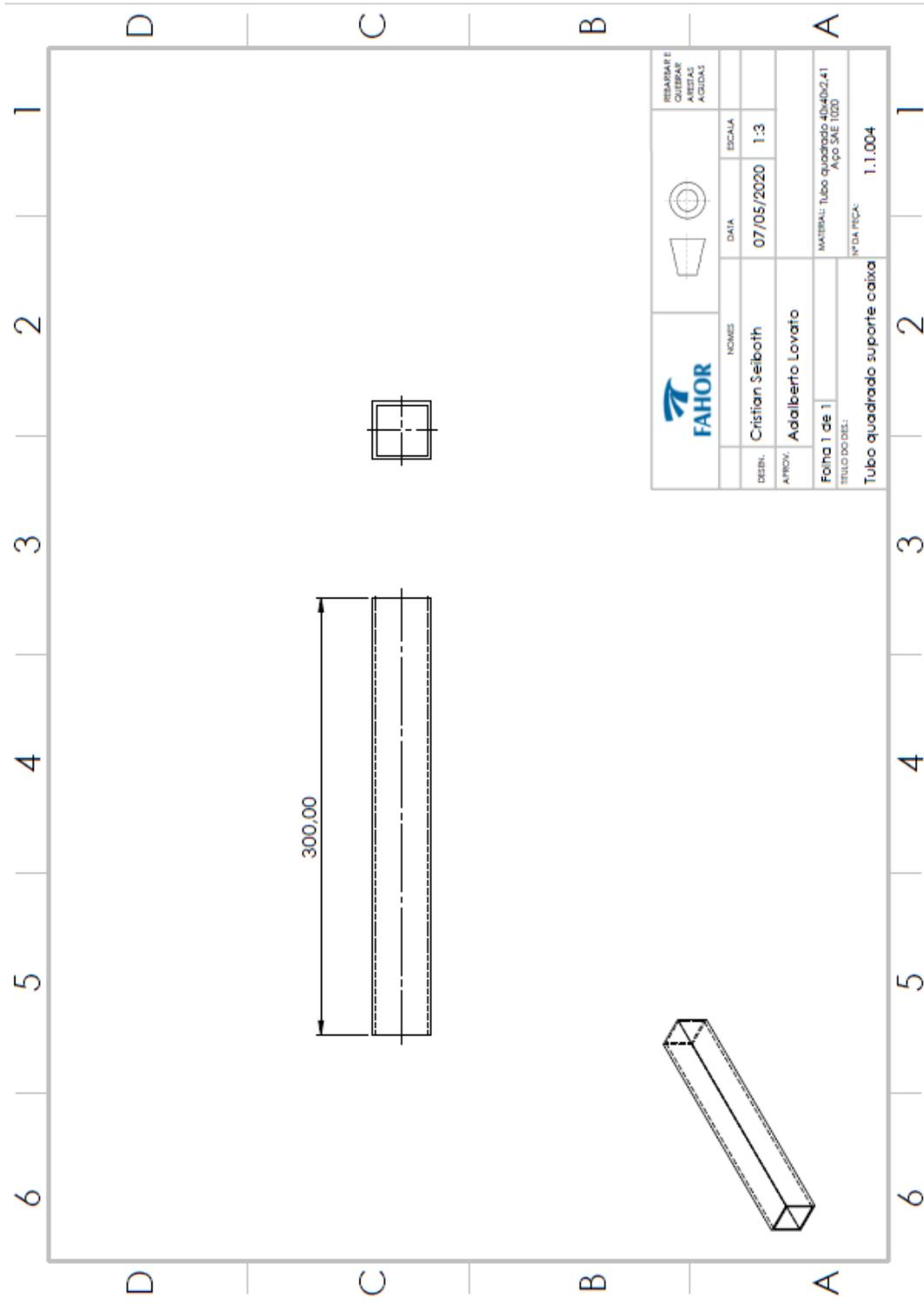


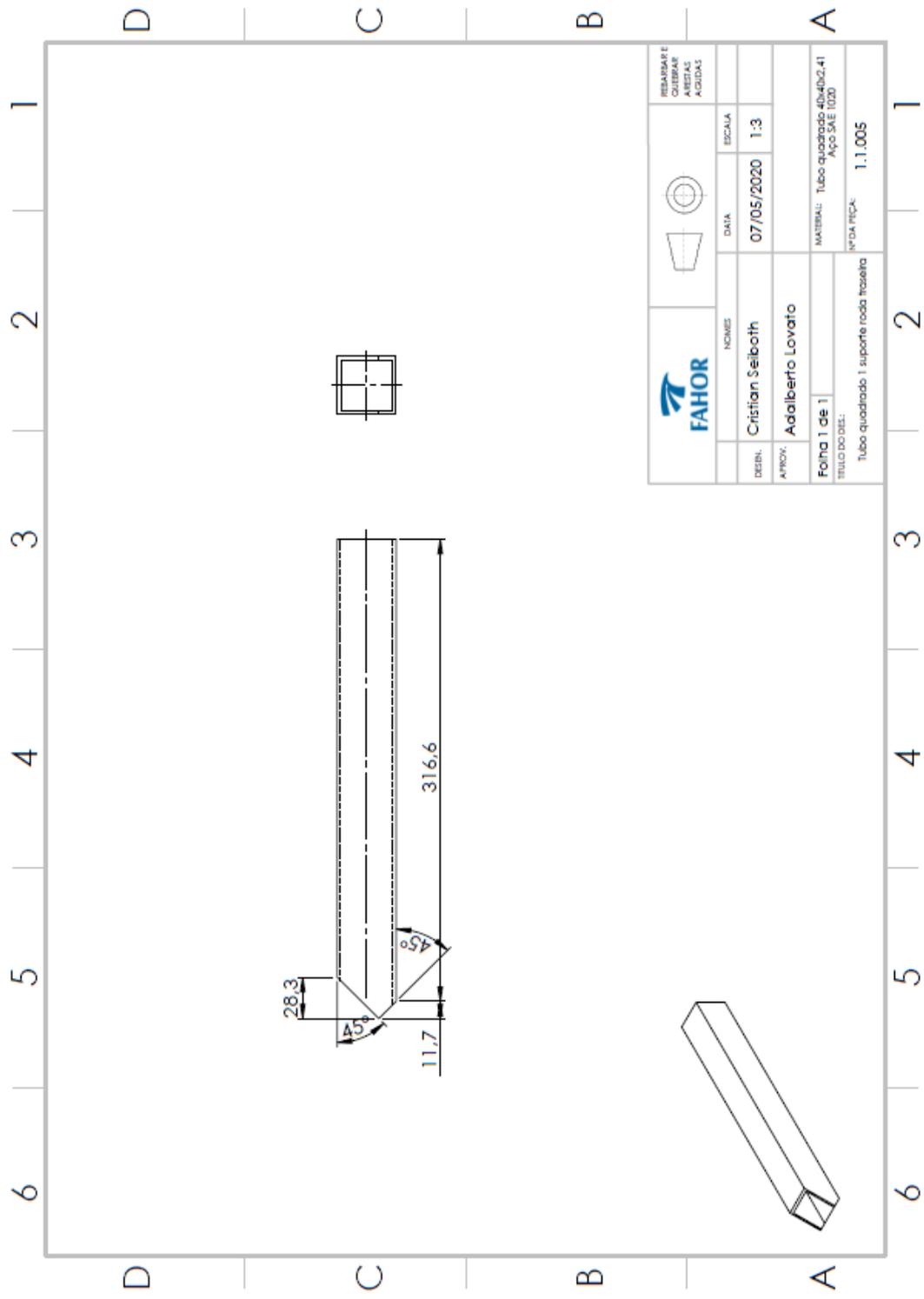
				REPARAR E QUERER A BEM AS AÇÓES	
NOME:	Cristian Seiboth	DATA:	05/05/2020	ESCALA:	1:4
DESENHADOR:	Adalberto Lovato				
FOLHA 1 de 1					
TÍTULO DO DESENHO:	Tampa suporte estrutura				
MATERIAL:	Aço SAE 1020				
Nº DA PEÇA:	1.1.001				





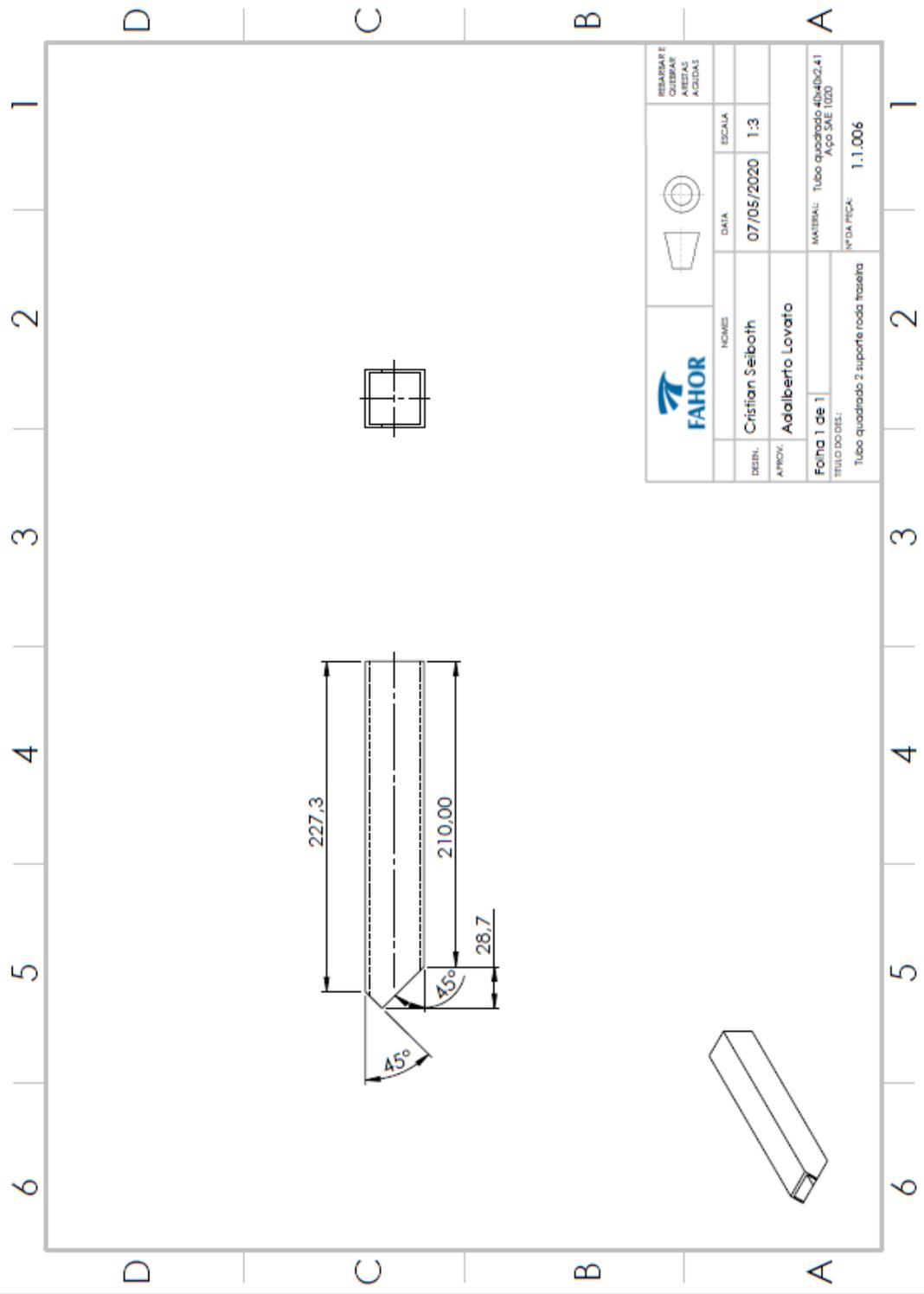
	REVISAR E OUTRAS ARESTAS AGUDAS		
	NOME	DATA	ESCALA
DESIN.	Cristian Seiboth	05/05/2020	1:4
APROV.	Adalberto Lovato		
Folha 1 de 1	MATERIAL: Tubo quadrado 40x40x2,41		
TITULO DO DES:	Aço SAE 1020		
Tubo quadrado 2 da estrutura	Nº DA PEÇA: 1.1.003		



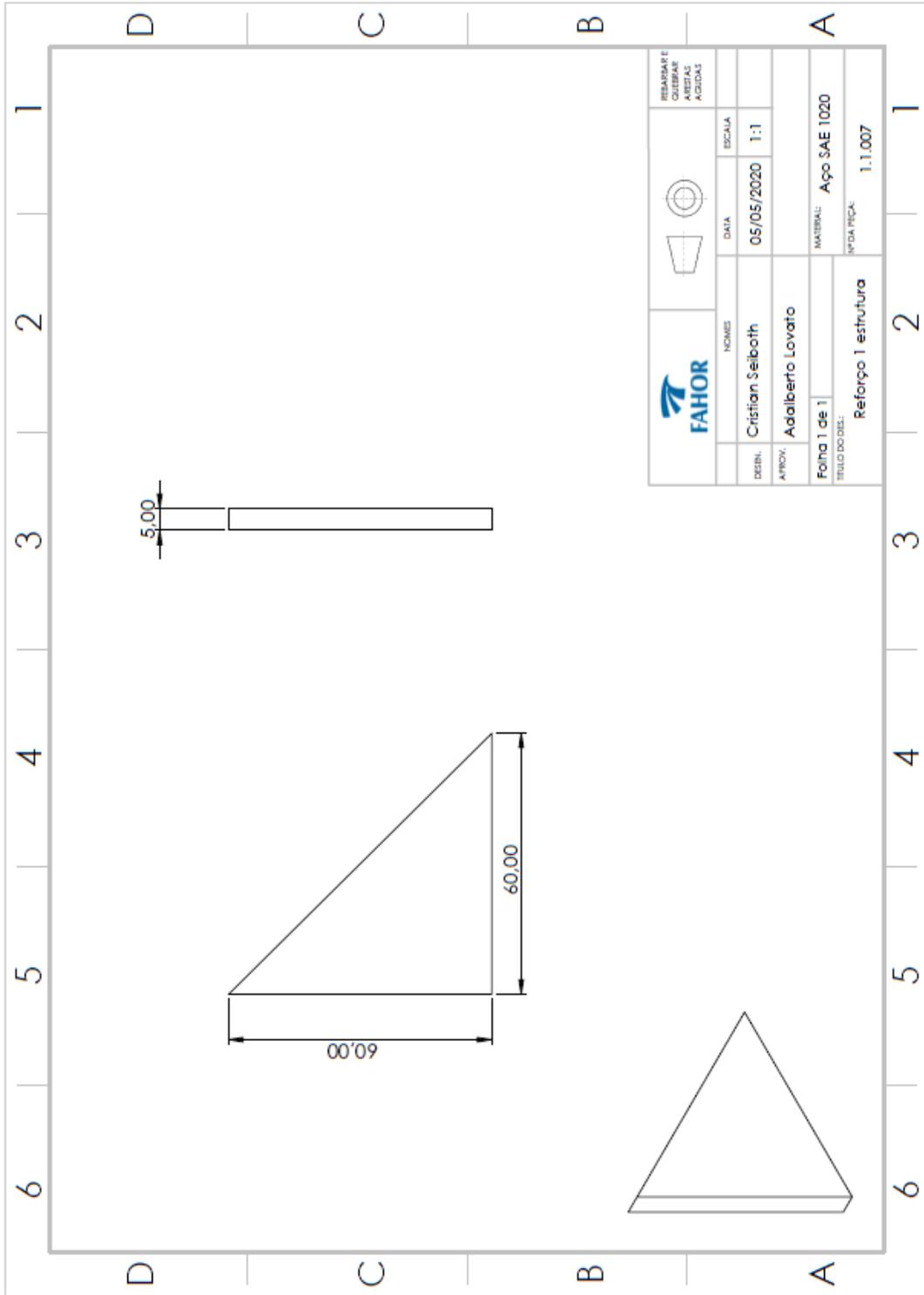


				REPARAÇÃO OUTUBRAS AREÍAS AGUÍAS	
NOME: Cristian Seibo		DATA: 07/05/2020		ESCALA: 1:3	
DESEN. Aprob.: Adalberto Lovato					
Folha 1 de 1		MATERIAL: Tubo quadrado 40x40x2.41		App SAE 1020	
TÍTULO DO DESEJ. Tubo quadrado 1 suporte roda traseira		Nº DA PEÇA: 1.1.005			

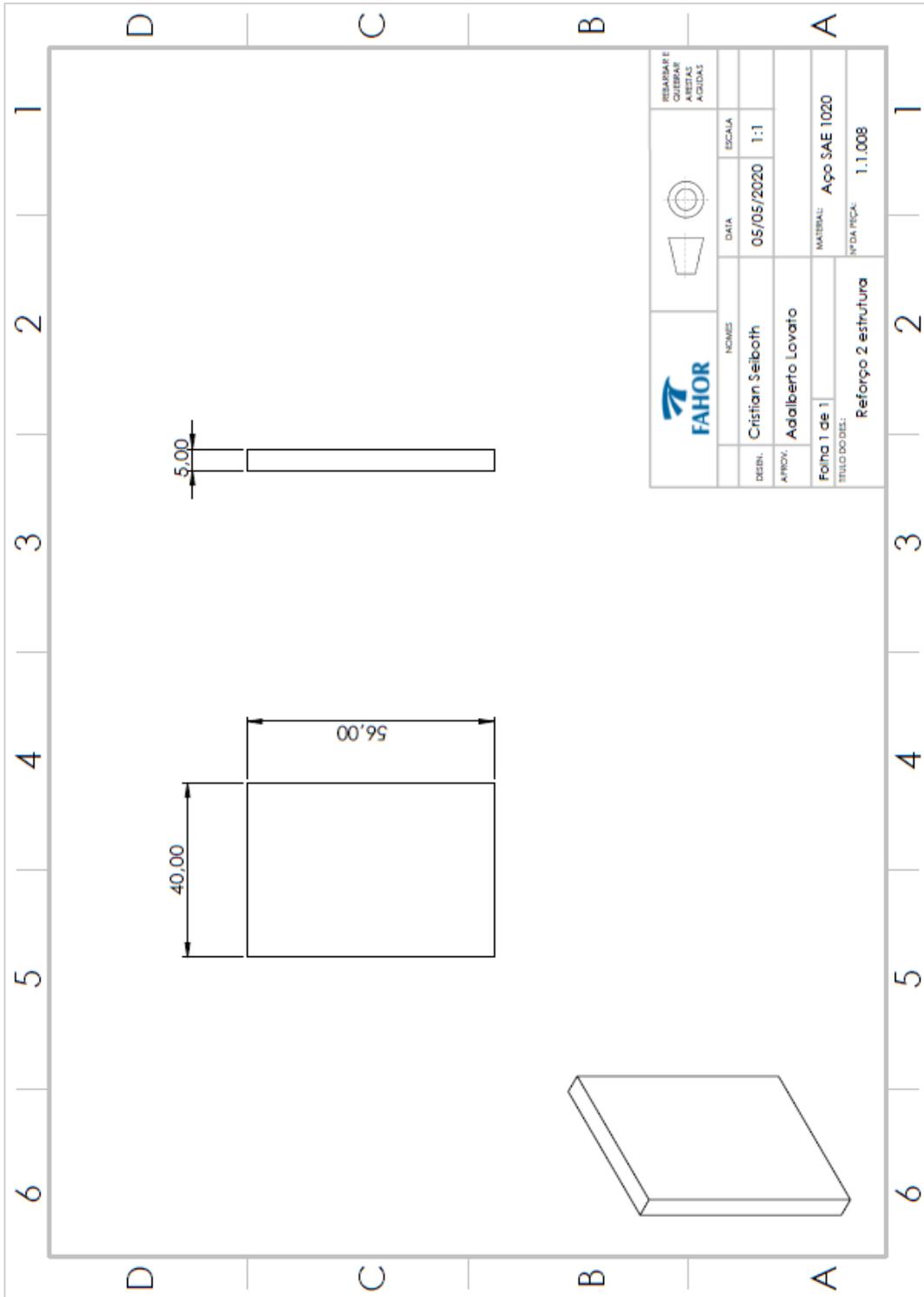
30x



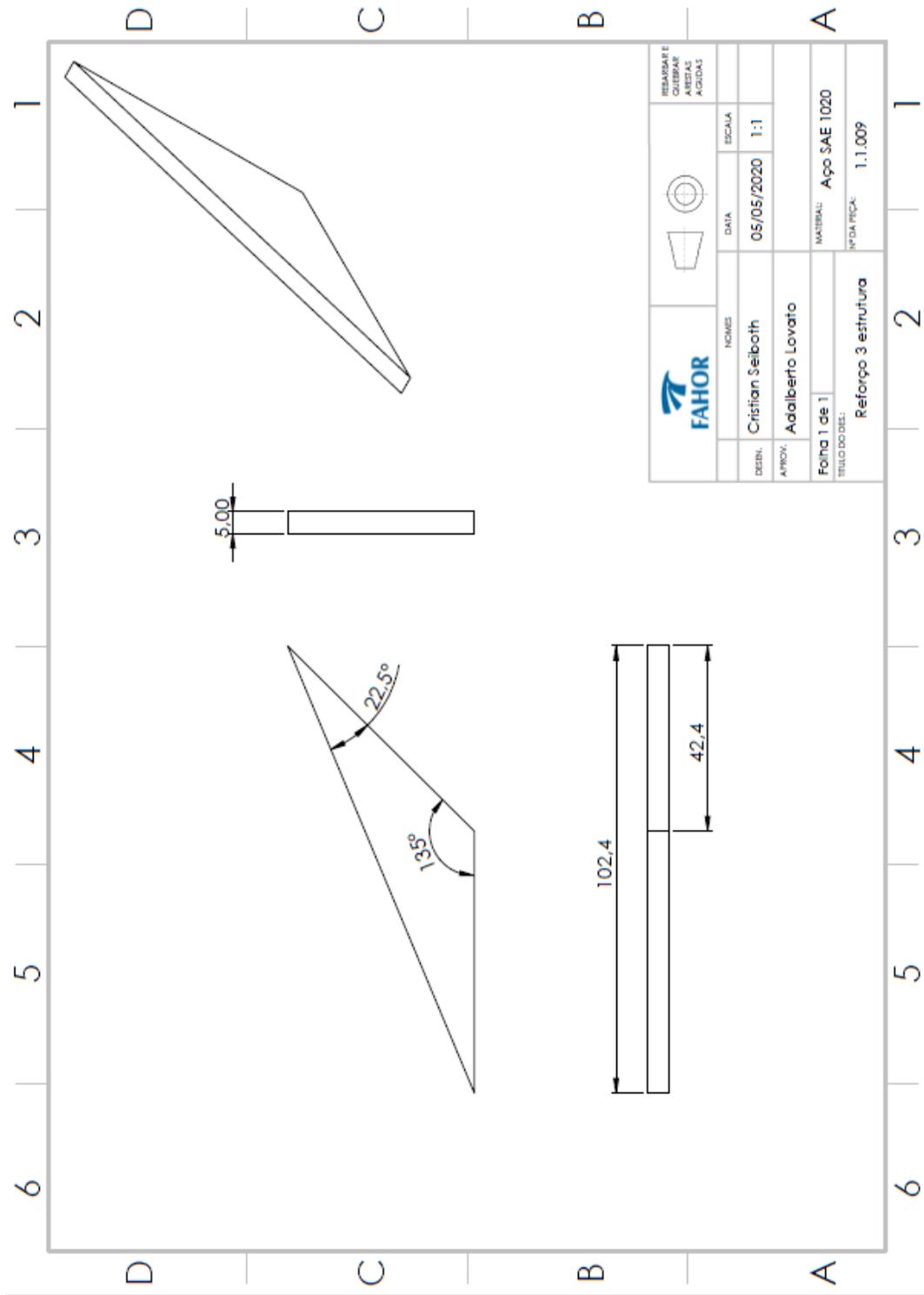
	NOME	DATA	ESCALA		RESERVA E
					QUEBRAR
DESIN.	Cristian Seiboth	07/05/2020	1:3		ARETAS
APROV.	Adalberto Lovato				ANGULAS
FORMA 1 de 1					ANGULAS
TITULO DO DES:	Tubo quadrado 2 suporte roda traseira				
					MATERIAL: Tubo quadrado 40x40x2,41 Aço SAE 1020
					Nº DA FIG.: 1.1.006



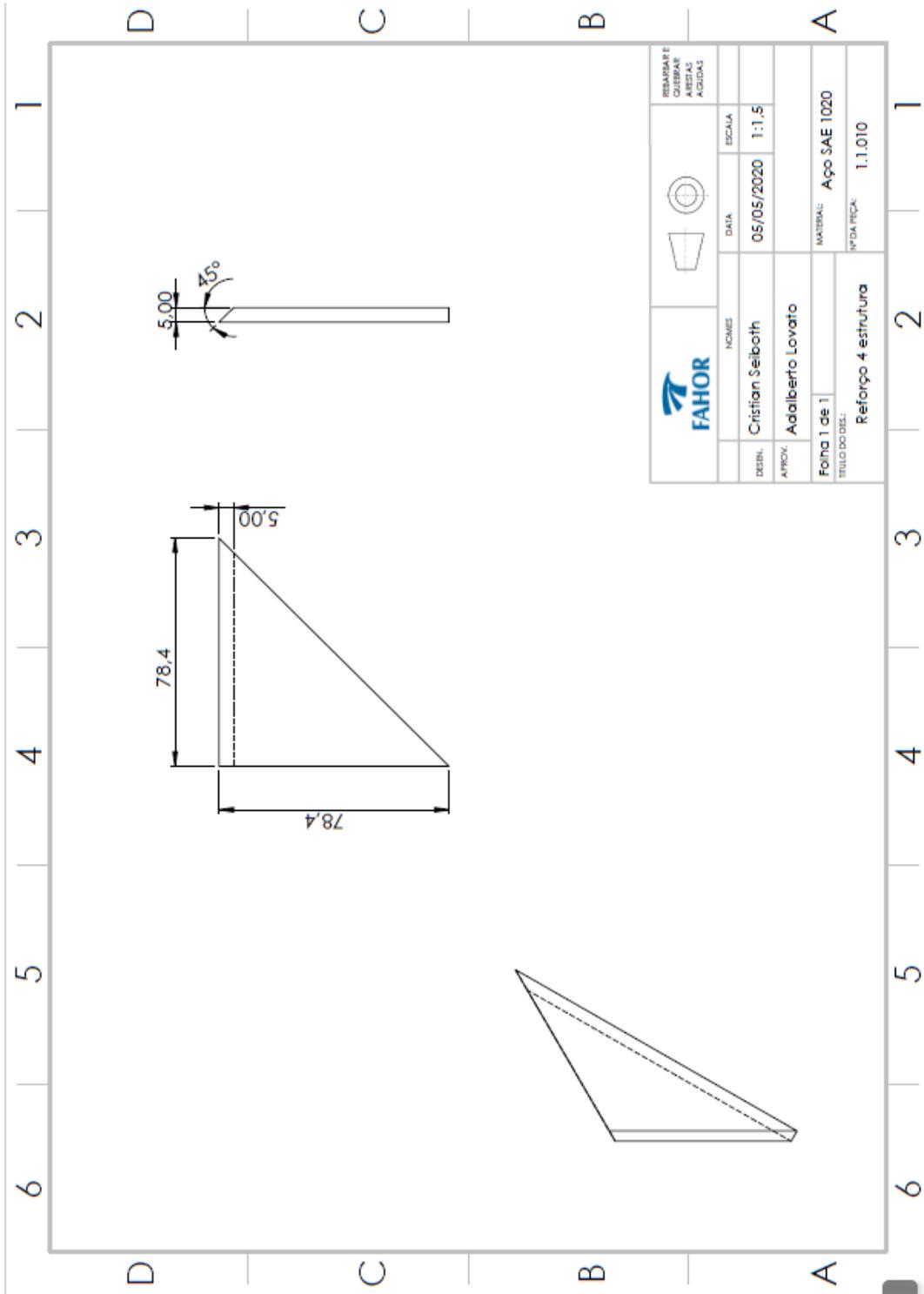
				REPARAR E QUERER ABRIR ABRIR	
		NOME	DATA	ESCALA	
DESEN.	Cristian Seiboth	05/05/2020	1:1		
APROV.	Adalberto Lovato				
FOLHA 1 de 1				MATERIAL:	Aço SAE 1020
TÍTULO DO DESE.		Reforço 1 estrutura		QUANT. PEÇA:	1.1.007



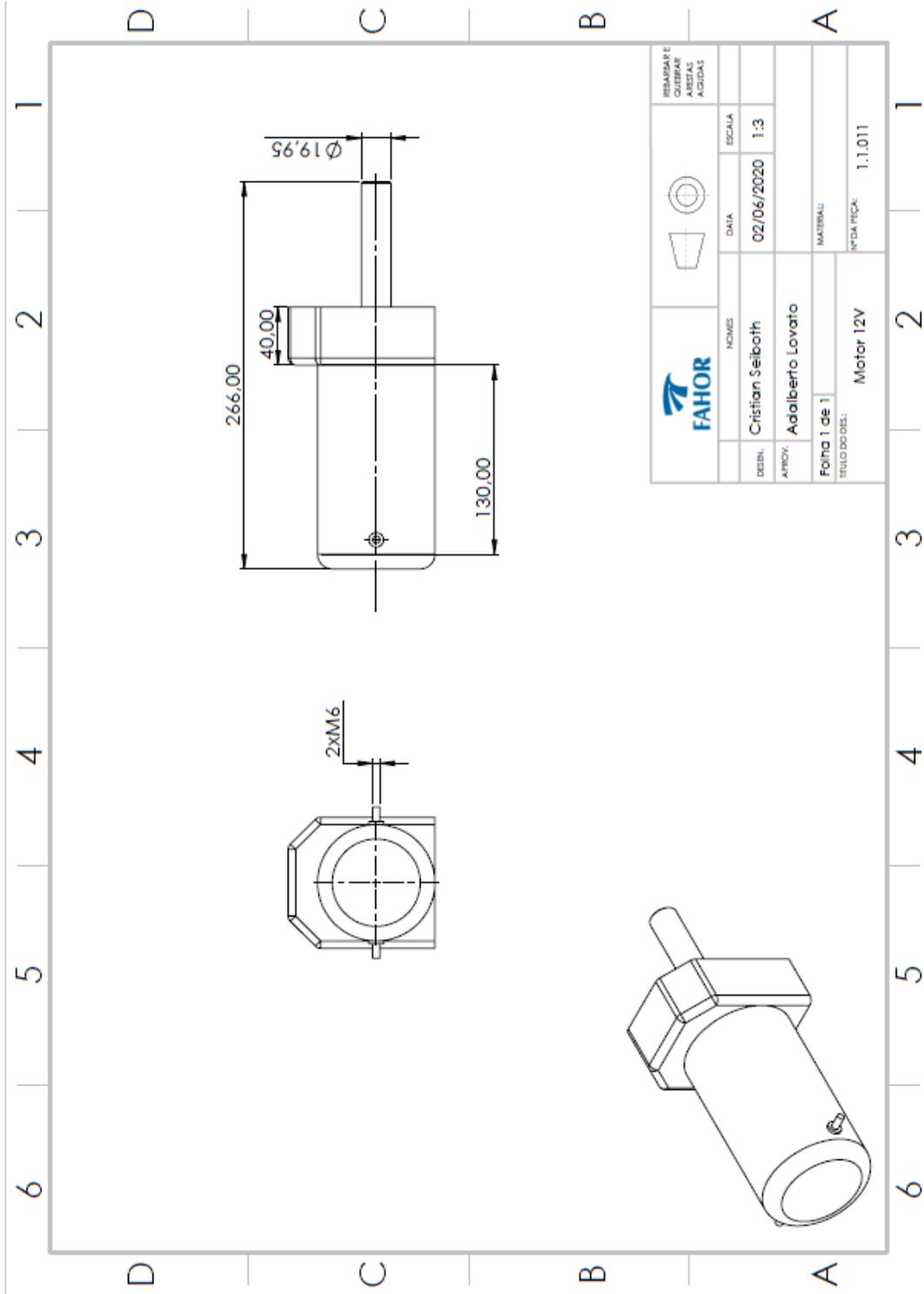
				RESERVADE COTINGAR ARESTIAS ACRIDAS	
NOME: Cristian Seiboth		DATA: 05/05/2020		ESCALA: 1:1	
DESEN. Cristian Seiboth		APROV. Adalberto Lovato		MATERIAL: Aço SAE 1020	
Folha 1 de 1		Reforço 2 estrutura		Nº DA PEÇA: 1.1.008	

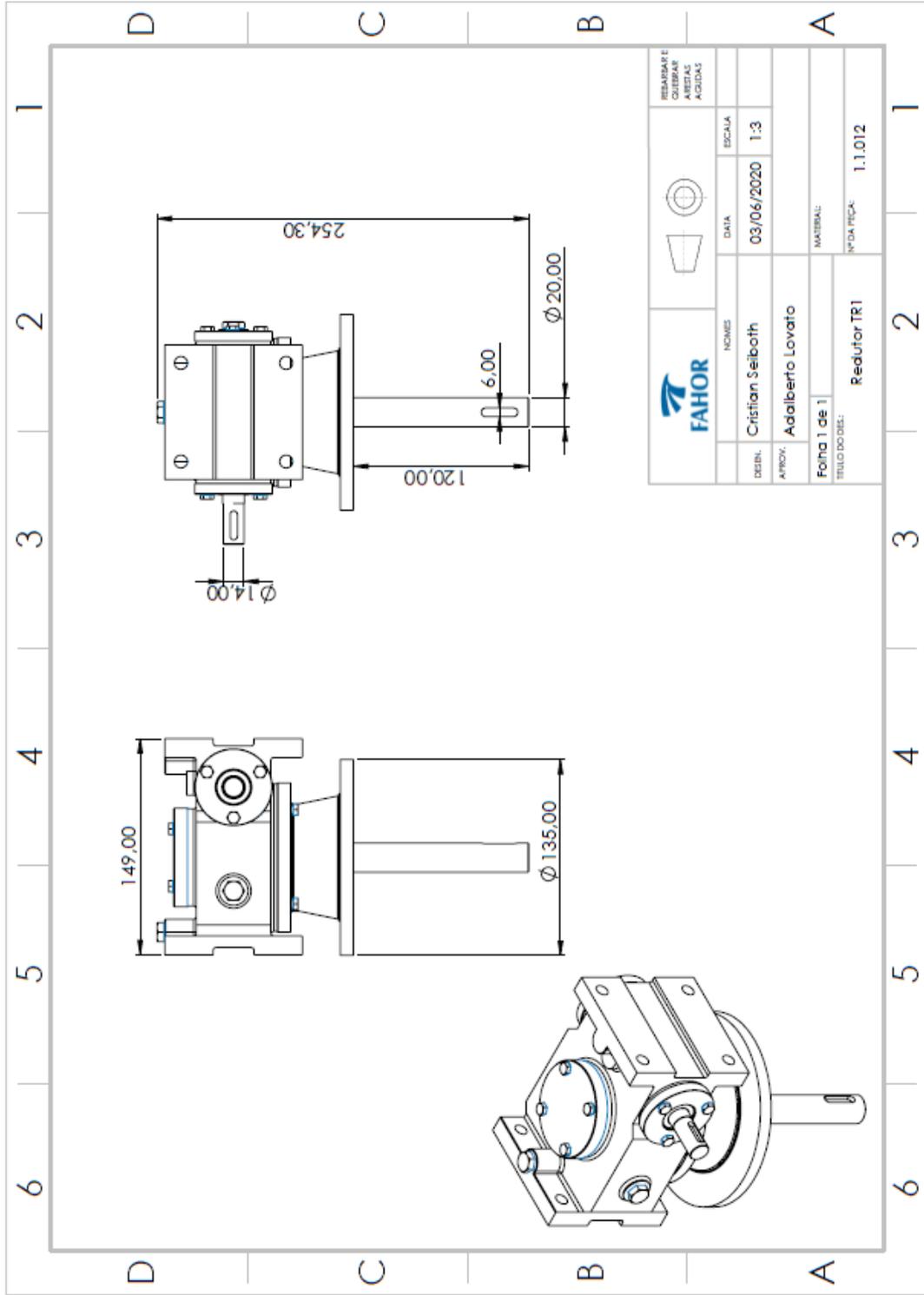


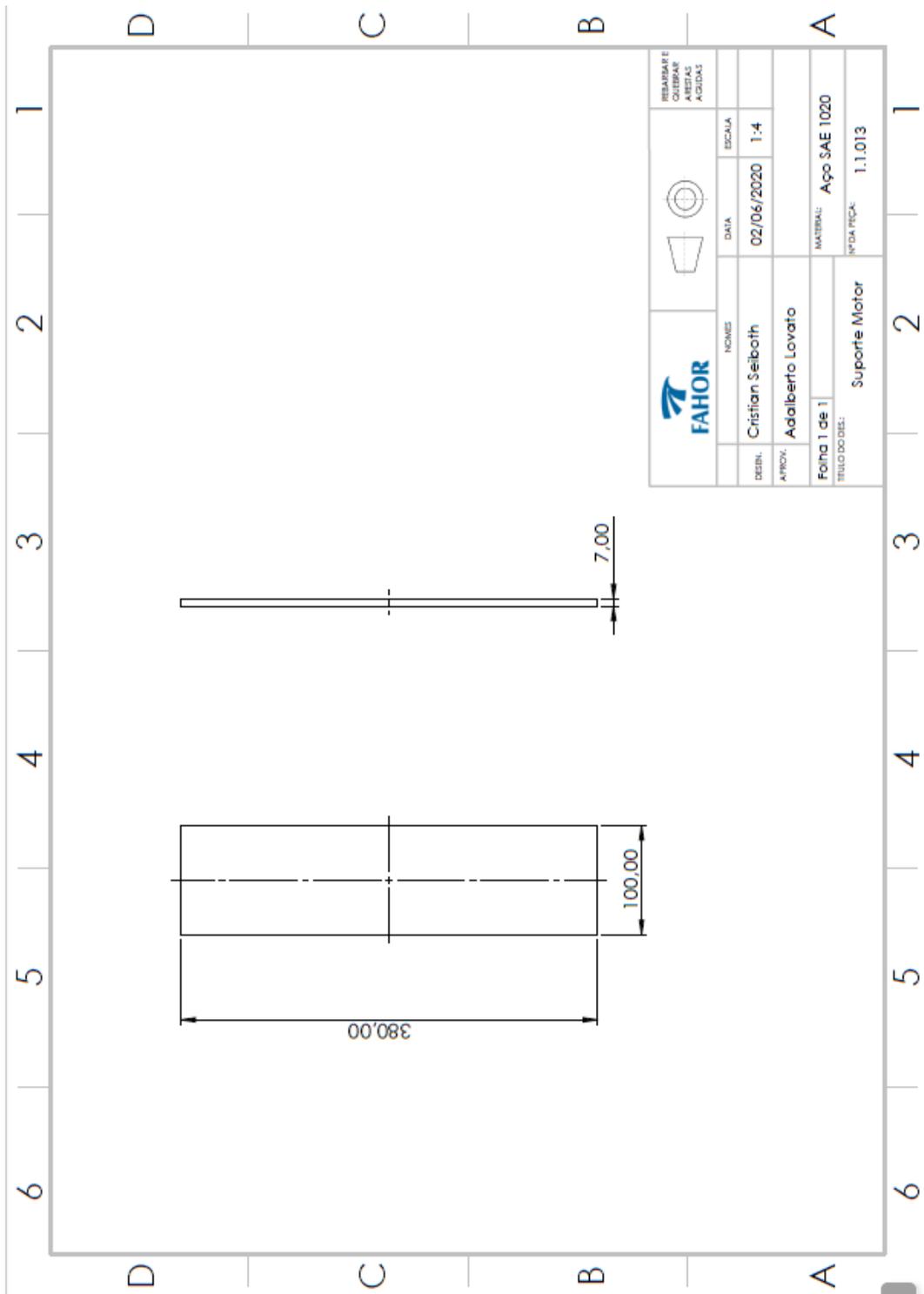
<b>FAHOR</b>		REVISAR E CORRIGIR ERRORES ADICIONAIS	
NOME		DATA	ESCALA
DESIGN.		05/05/2020	1:1
APROV.			
Folha 1 de 1		MATERIAL: Aço SAE 1020	
TÍTULO DO DESE.		Nº DA PEÇA: 1.1.009	
Reforço 3 estrutura			



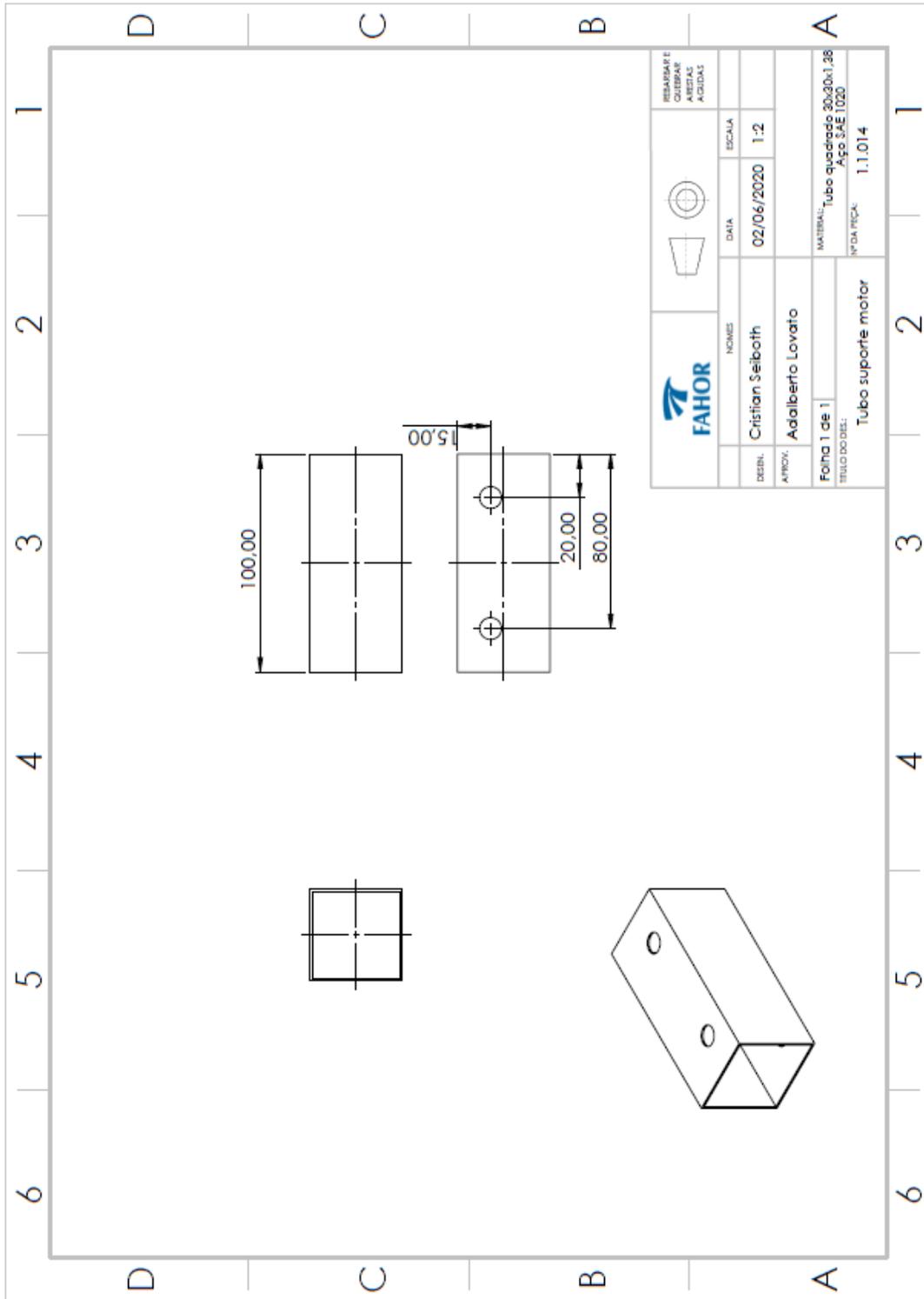
				REBARAS E QUERBES ABERTAS AGUÇAS	
NOME	DATA	ESCALA			
Cristian Seiboth	05/05/2020	1:1,5			
APROV.					
Adalberto Lovato					
Folha 1 de 1	MATERIAL: Aço SAE 1020				
TÍTULO DO DESE:		Nº DA PEÇA: 1.1.010			
Reforço 4 estrutura					



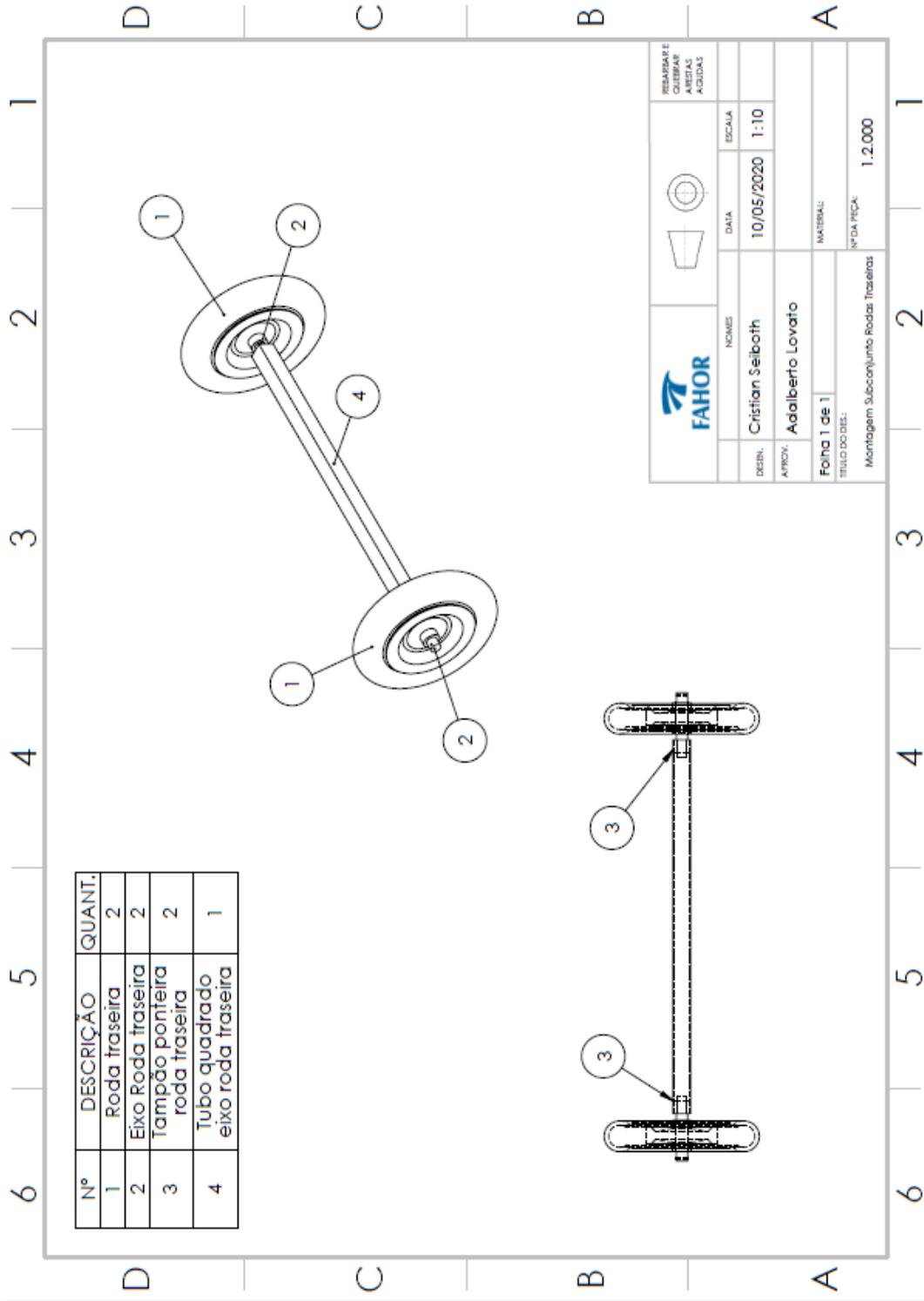


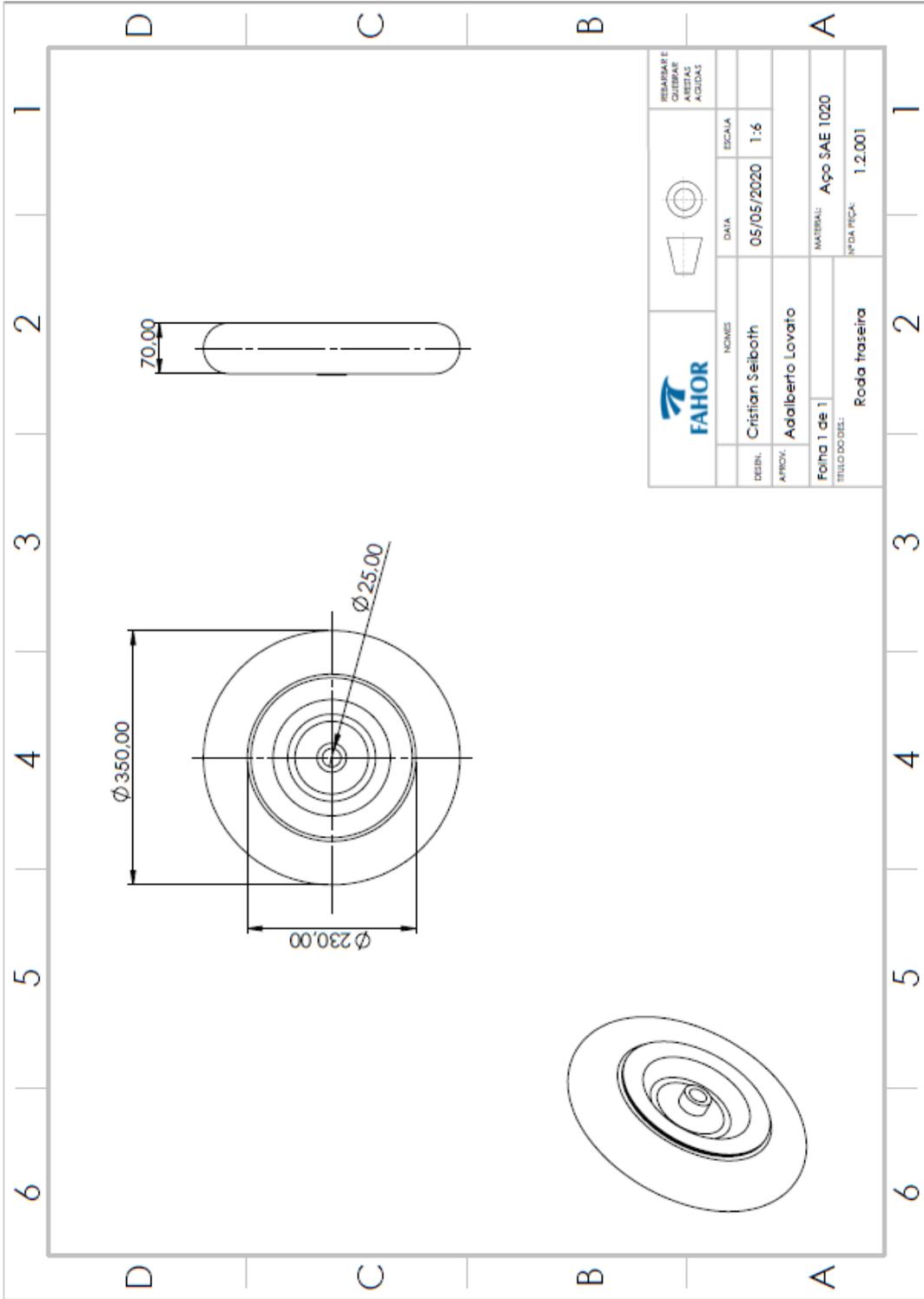


<b>FAHOR</b>		REMARKS E OUTRAS AÇÕES AGIDAS	
NOME:	DATA:	ESCALA:	
DESENHADOR:	02/06/2020	1:4	
APROVADO:			
Folha 1 de 1		MATERIAL:	Aço SAE 1020
TÍTULO DO DESENHO:		Nº DA PEÇA:	1.1.1013
Suporte Motor			

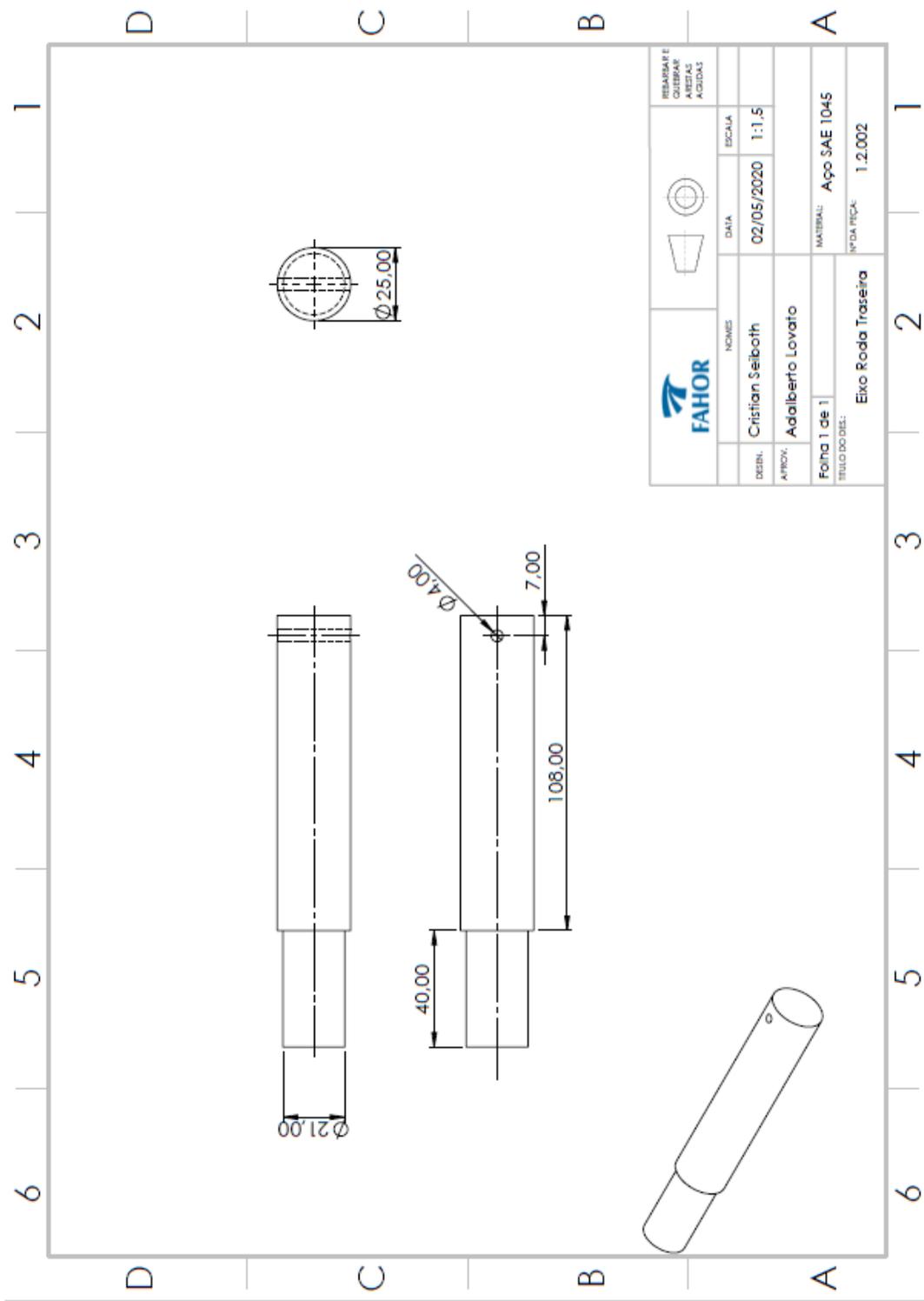


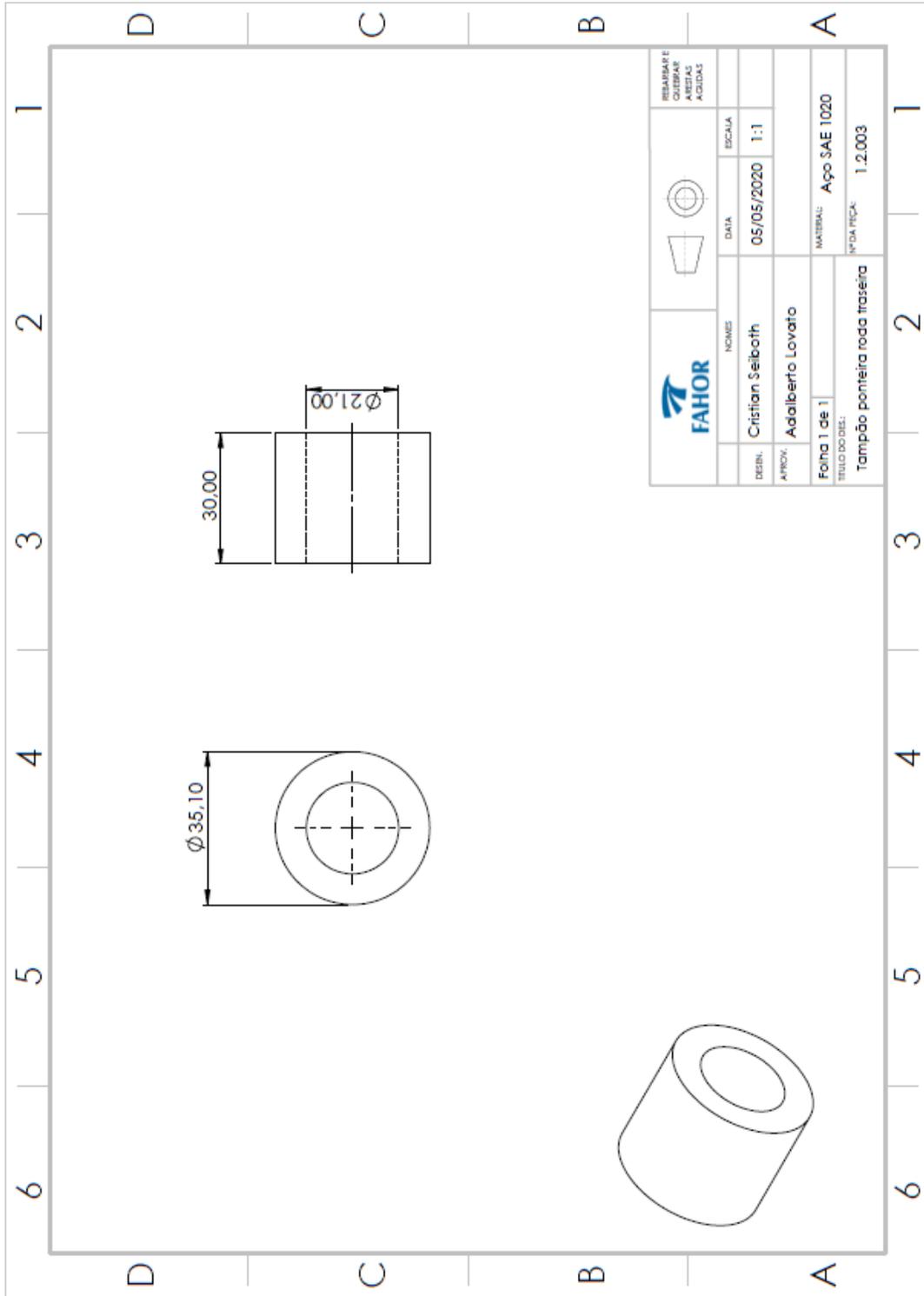
				REPARAR E QUERER ABRIR AS AÇÚCAS	
NOME:	DATA:	ESCALA:			
DESENHADOR:	02/06/2020	1:2			
APROVADOR:					
Folha 1 de 1					
TÍTULO DO DESENHO:	MATERIAL: Tubo quadrado 80x80x1,38				
	Aço SAE 1020				
	Nº DA PEÇA: 1.1.014				
Tubo suporte motor					



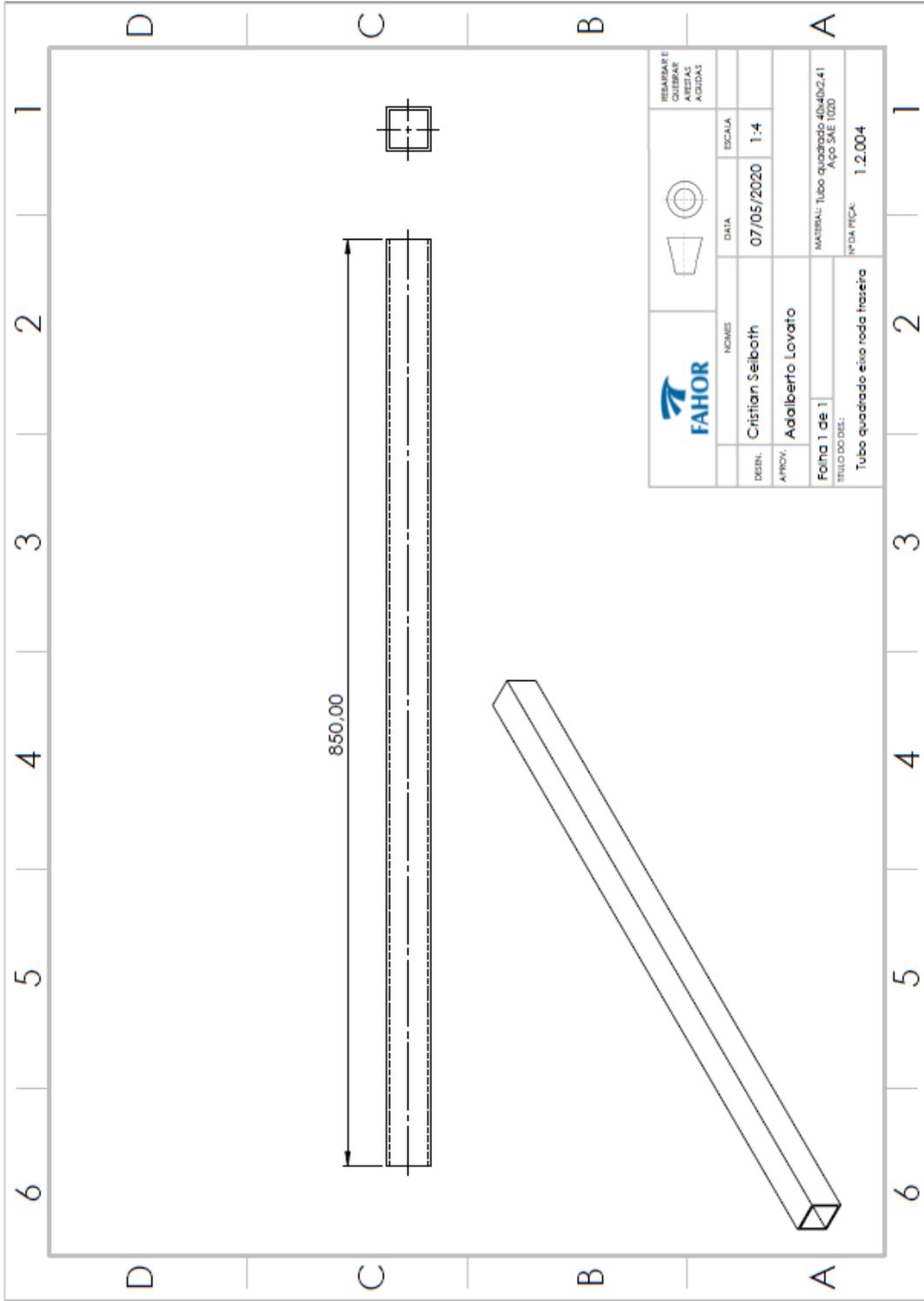


				REPARAÇÃO OUTUBROS ABRILS AGRILAS	
NOME:		DATA:		ESCALA:	
DESENH.:		05/05/2020		1:6	
APROV.:		Adalberto Lovato			
Folha 1 de 1		MATERIAL:		Aço SAE 1020	
TÍTULO DO DES.:		Roda traseira		Nº DA PEÇA: 1.2.001	



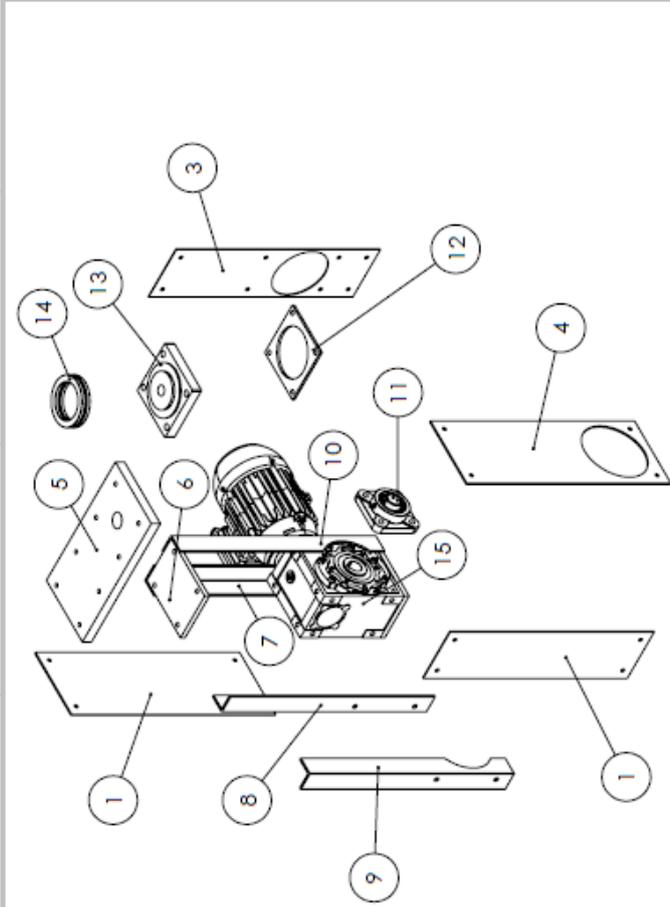


	RESERVAR E OUBRAR ARESTAS ARREDAR	
	NOME	DATA
DESIN.	05/05/2020	1:1
APROV.	Adalberto Lovato	
Folha 1 de 1	MATERIAL:	Aço SAE 1020
TÍTULO DO DESENHO:	NOTA TÉCNICA:	1.2.003
Tampão ponteira roda traseira		

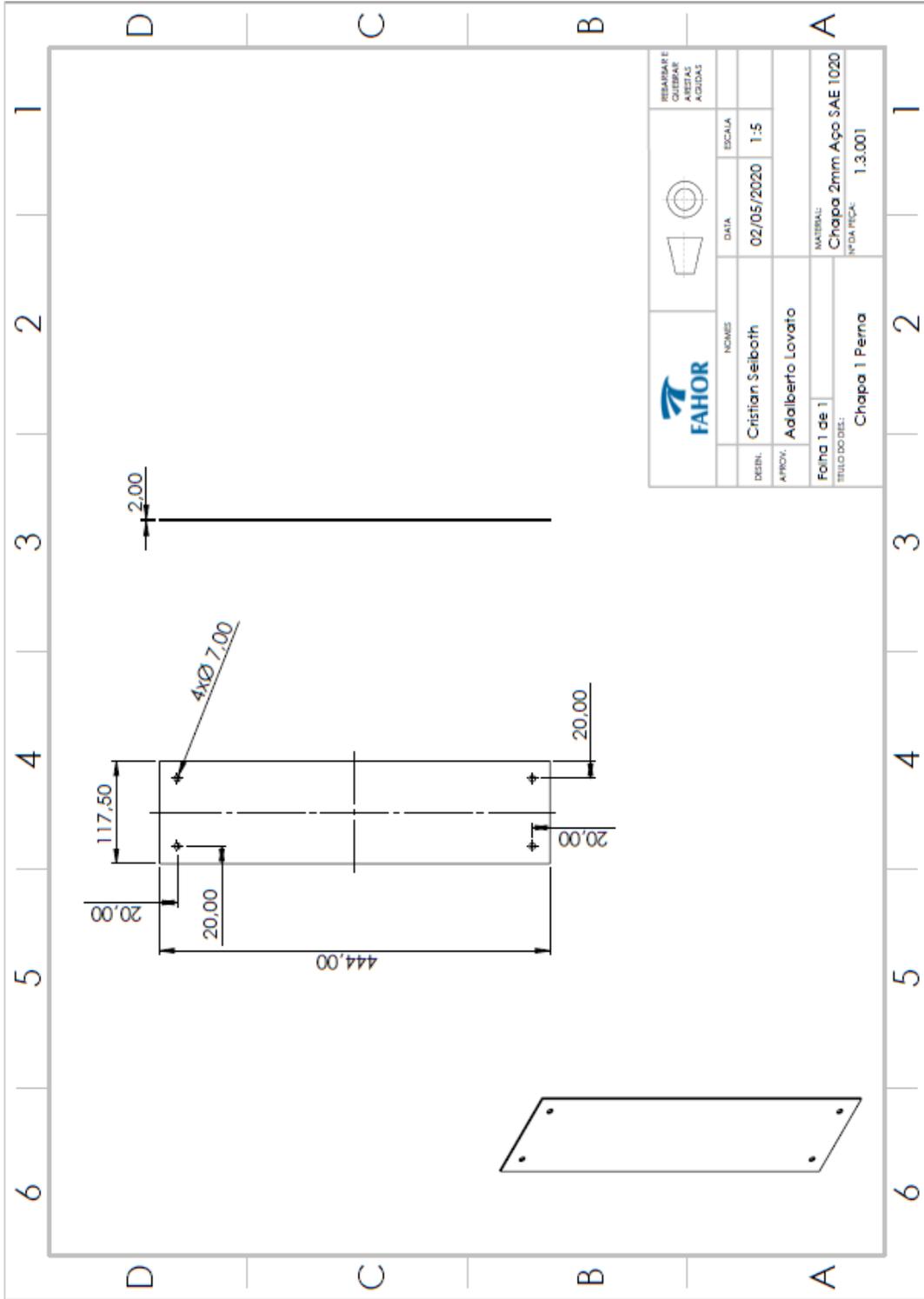


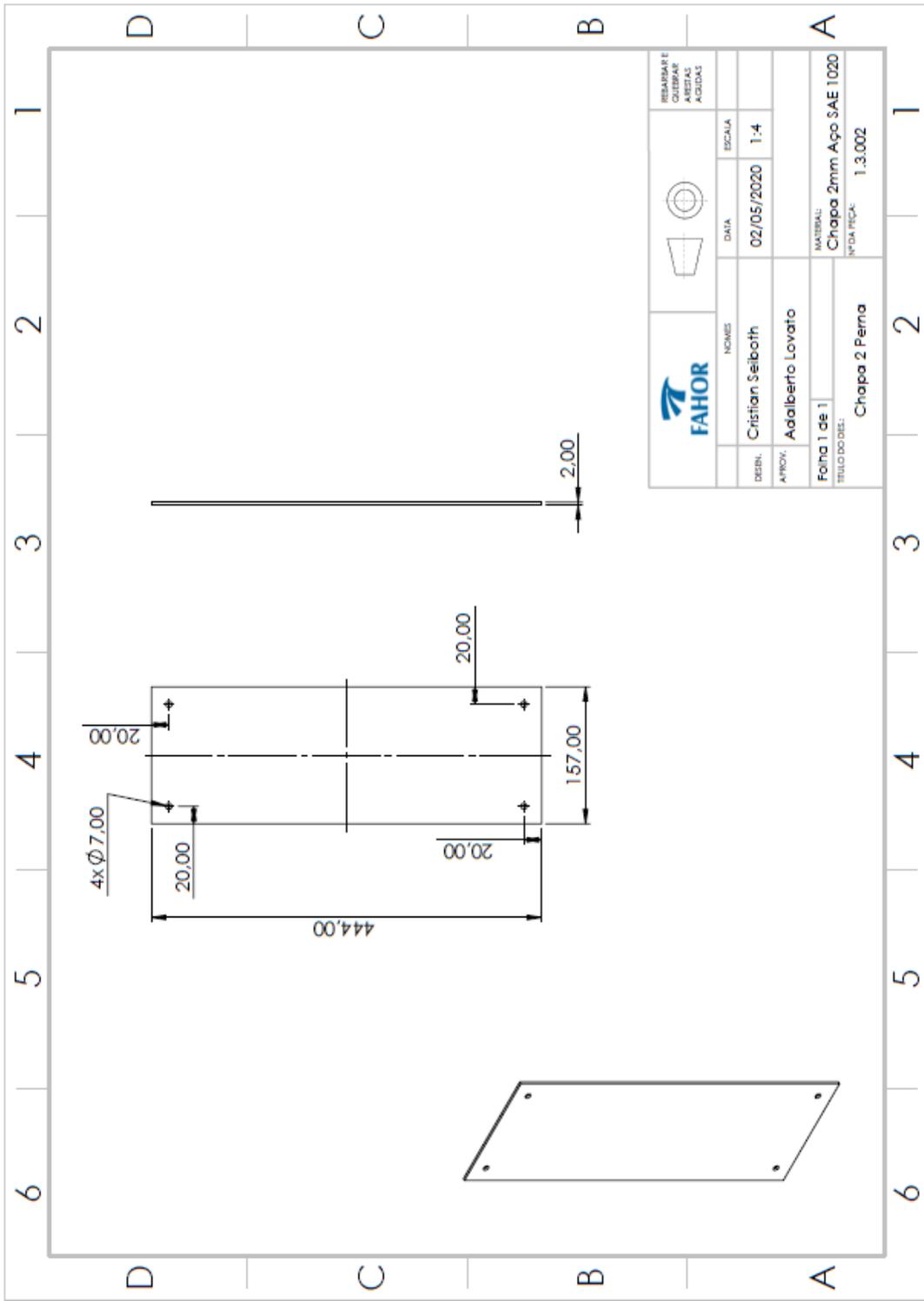
				REBARBAR E QUERBAR ABERTAS AGUÇAS
NOME: Cristian Seiboth	DATA: 07/05/2020	ESCALA: 1:4		
DESIN: Adalberto Lovato				
FOLHA 1 de 1 TÍTULO DO DESE: Tubo quadrado eixo roda traseira	MATERIAL: Tubo quadrado 40x40x4.1 Aço SAE 1020	Nº DA FIG.: 1.2.004		

Nº	DESCRIÇÃO	QUANT.
01	Chapa 1 perna	1
02	Chapa 2 perna	1
03	Chapa 3 perna	1
04	Chapa 4 perna	1
05	Base da perna	1
06	Tampa da perna	2
07	Cantoneira 1	1
08	Cantoneira 2	1
09	Cantoneira 3	1
10	Cantoneira 4	1
11	Montagem mancal	1
12	Chapa apoio rolamento	1
13	suporte Perna	1
14	Rolamento Axial	1
15	Motorreductor	1

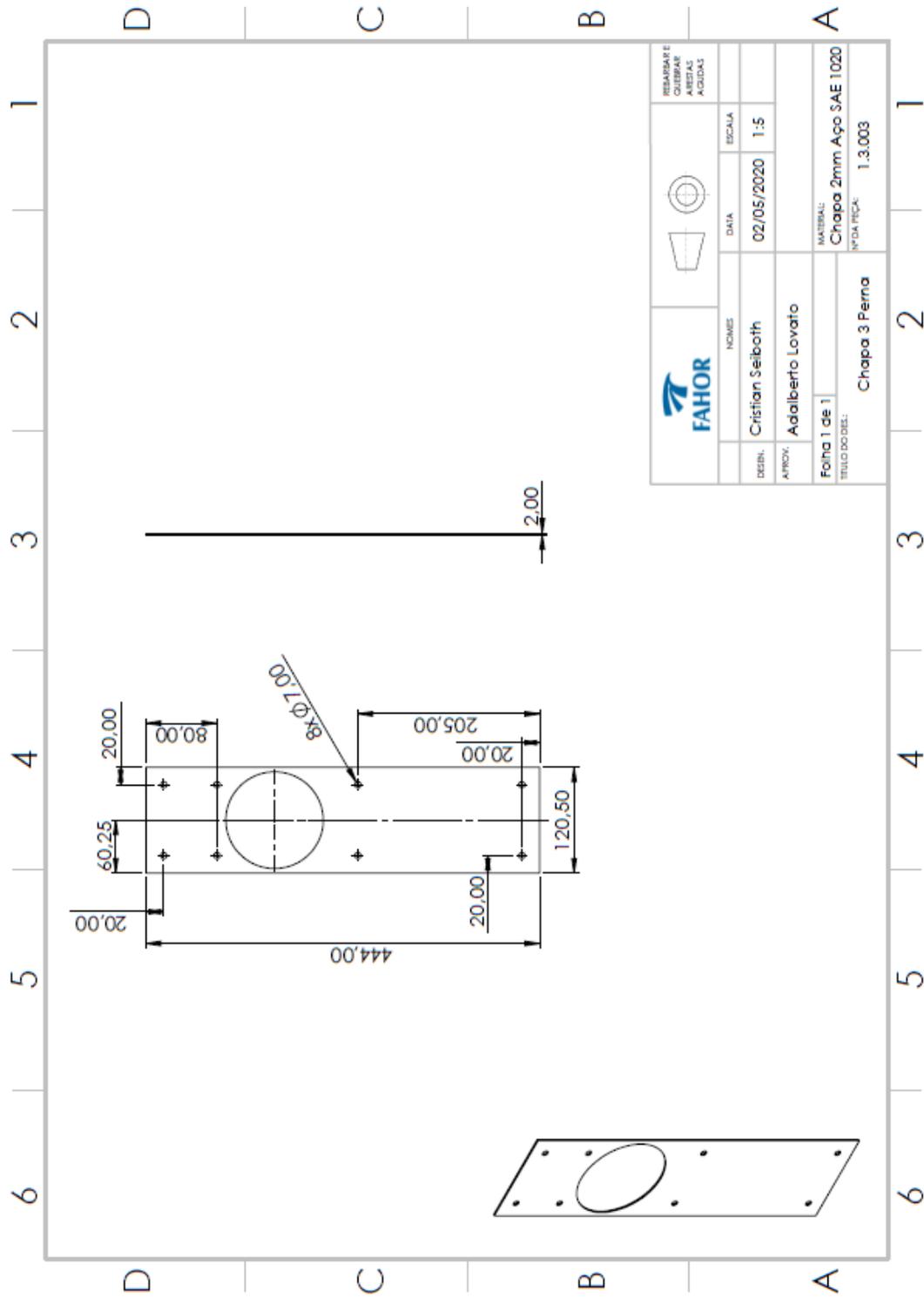


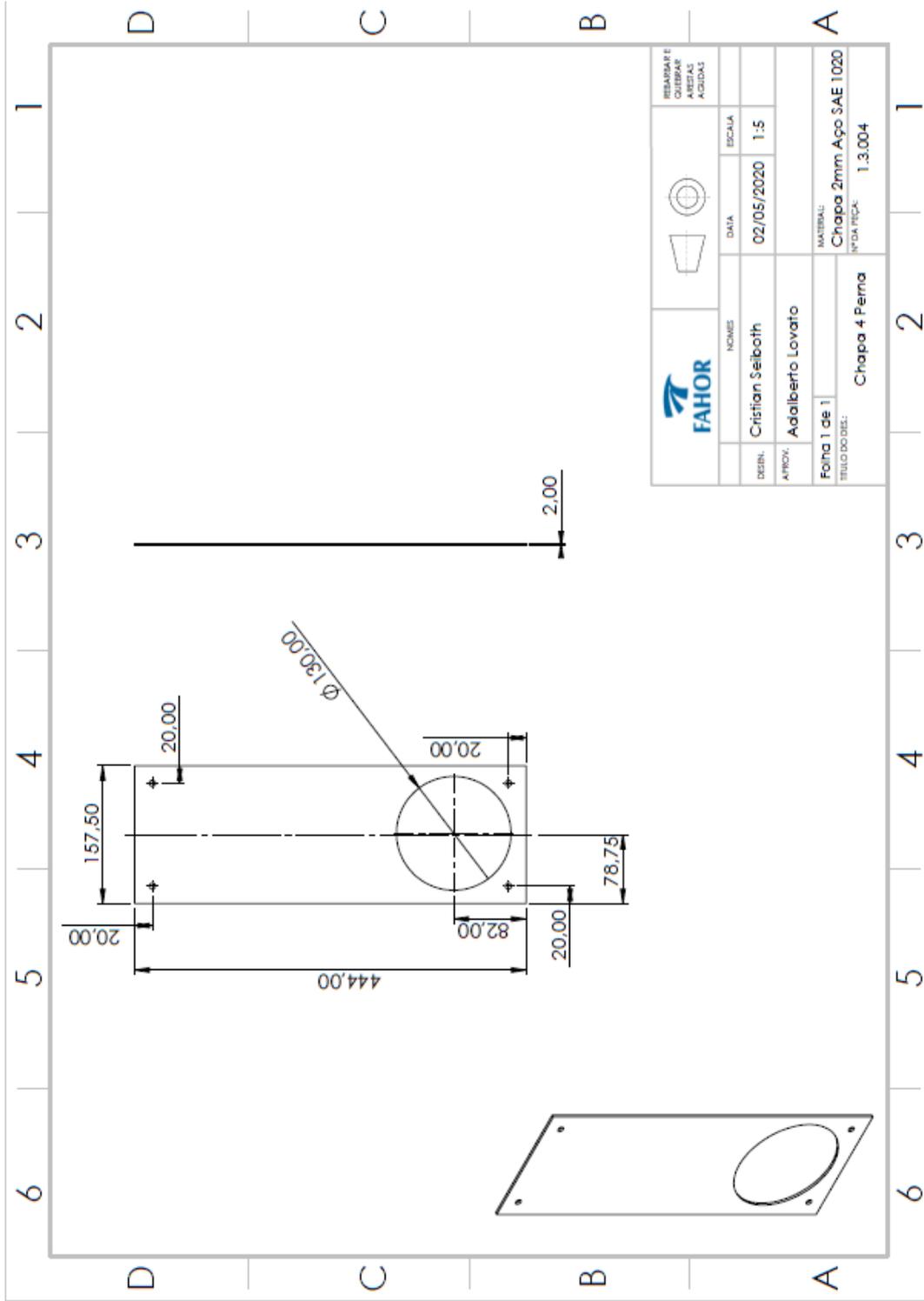
			REPARAR E OUTUBAR ABERTAS AGRADAS
NOME:	DATA:	ESCALA:	
Cristian Seiboth	09/05/2020	1:9	
APROV:	MATERIAL:		
Adalberto Lovato			
Folha 1 de 1			
TÍTULO DO DESE:	QUANT. PEÇAS:		
Montagem Subconjunto Perna	1.3.000		

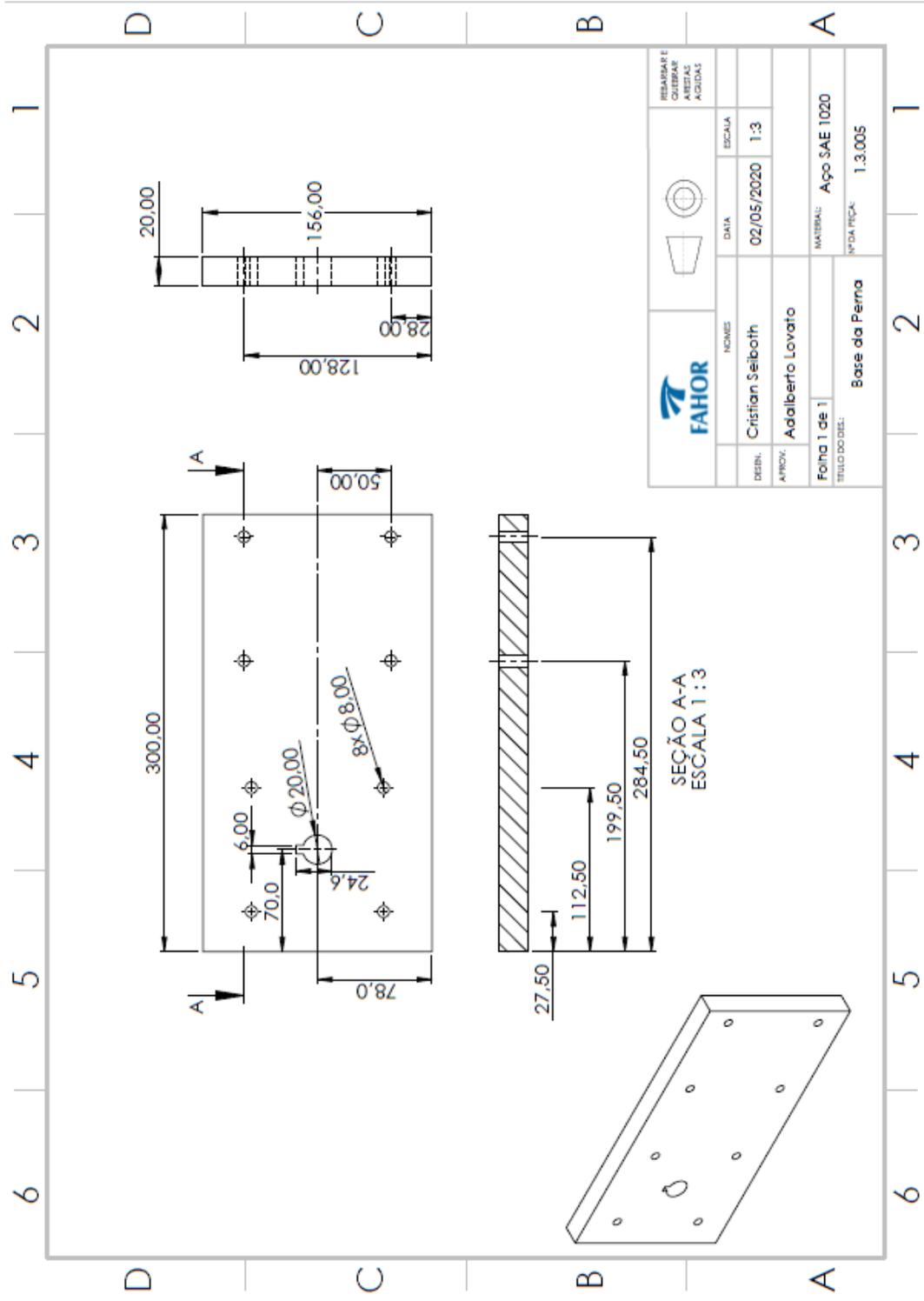


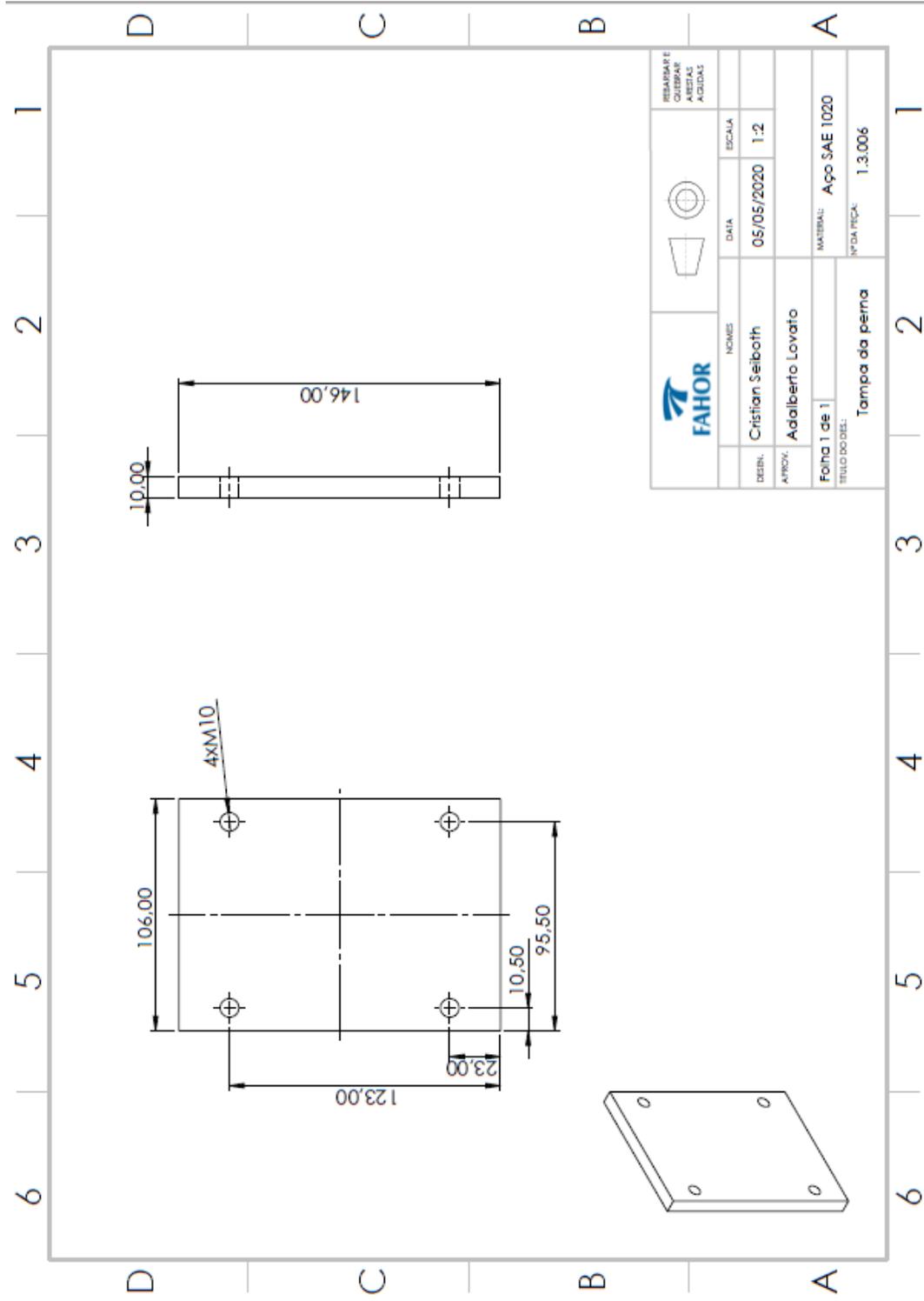


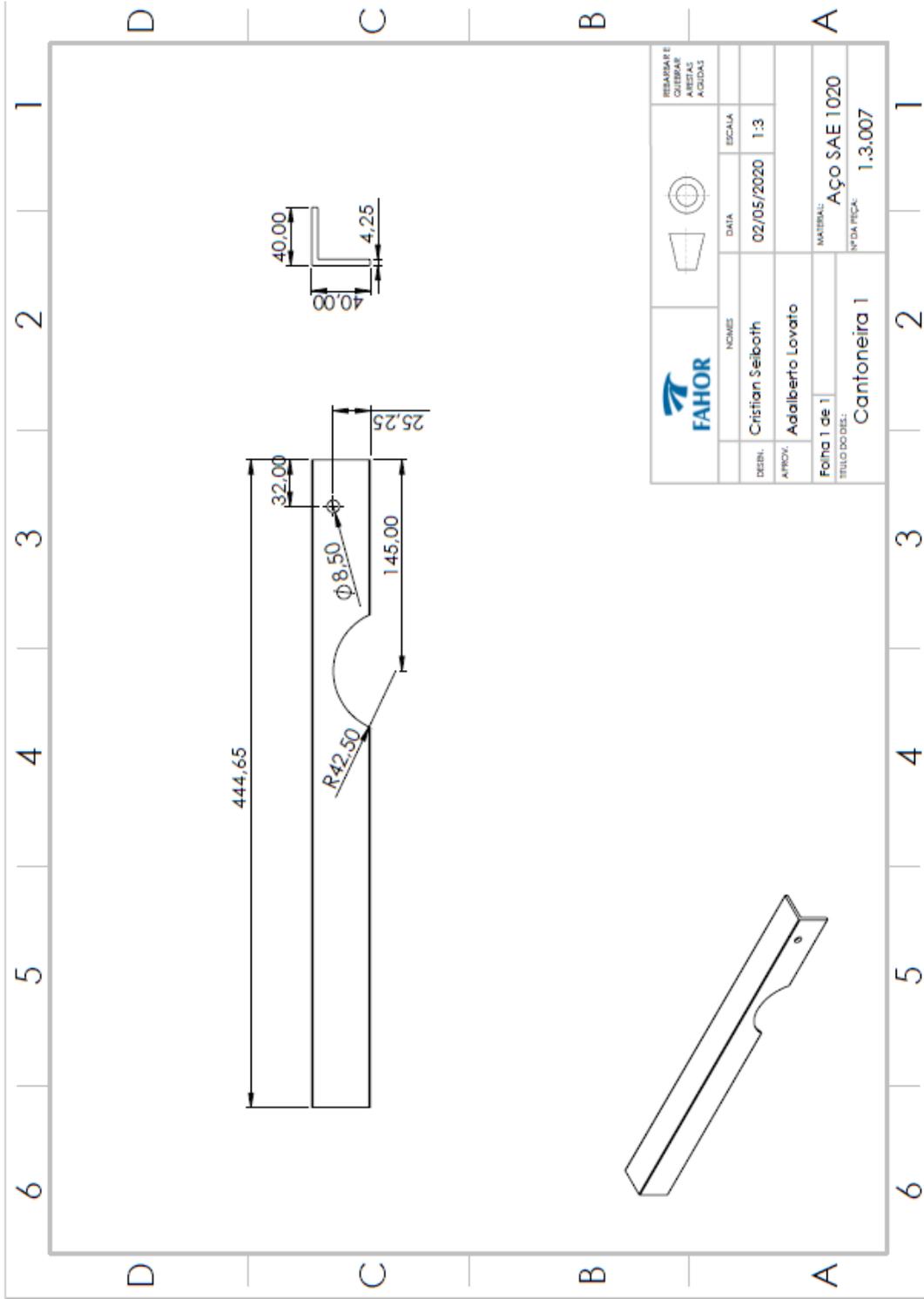
				REPARAR E QUERER AERIAS AERODAS	
NOME:		DATA:		ESCALA:	
DESEN.:		02/05/2020		1:4	
APROV.:		Adalberto Lovato			
Folha 1 de 1		MATERIAL:		Chapa 2mm Aço SAE 1020	
TÍTULO DO DESE:		Chapa 2 Perna		QUANT. PEÇAS: 1.3.002	



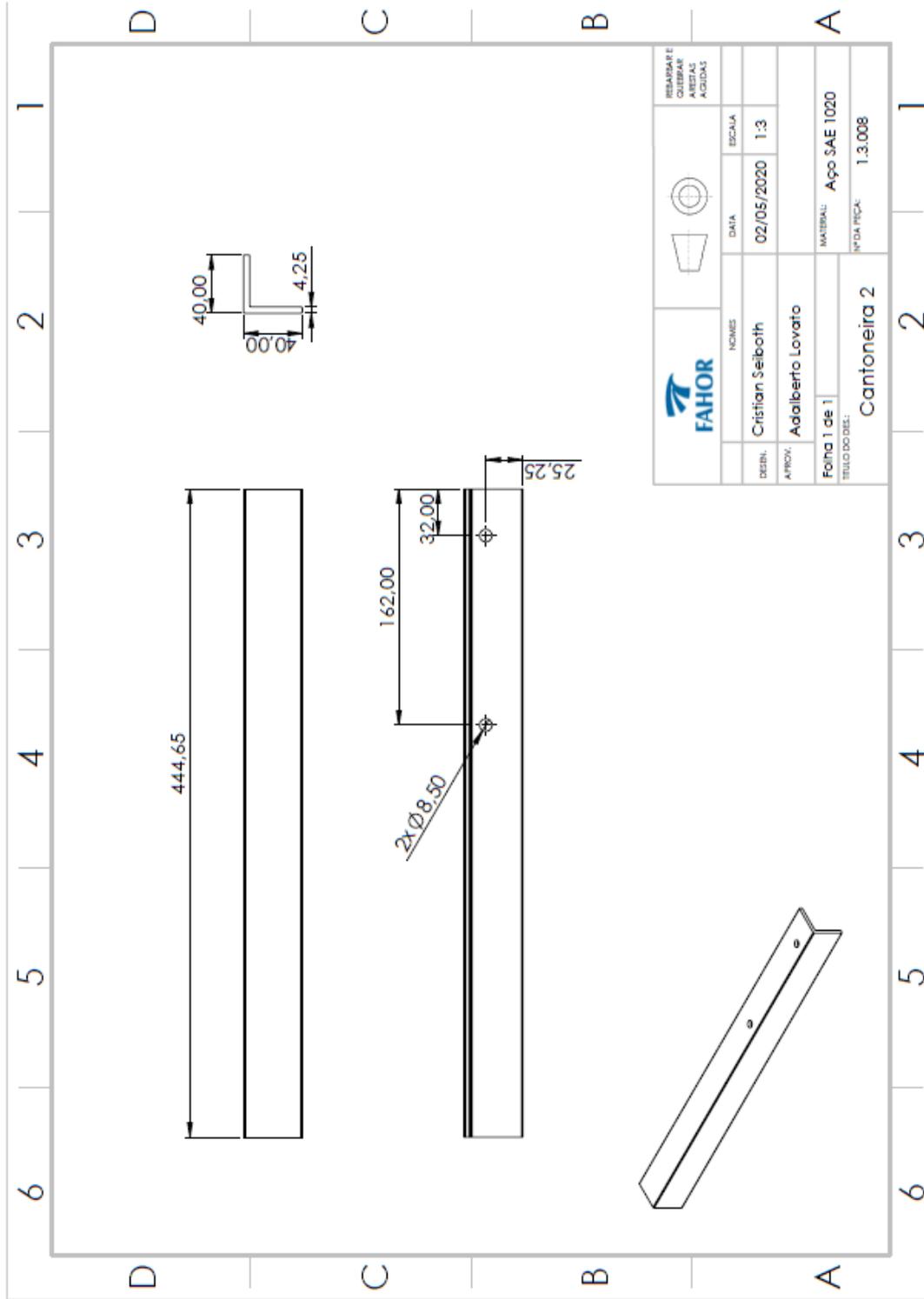


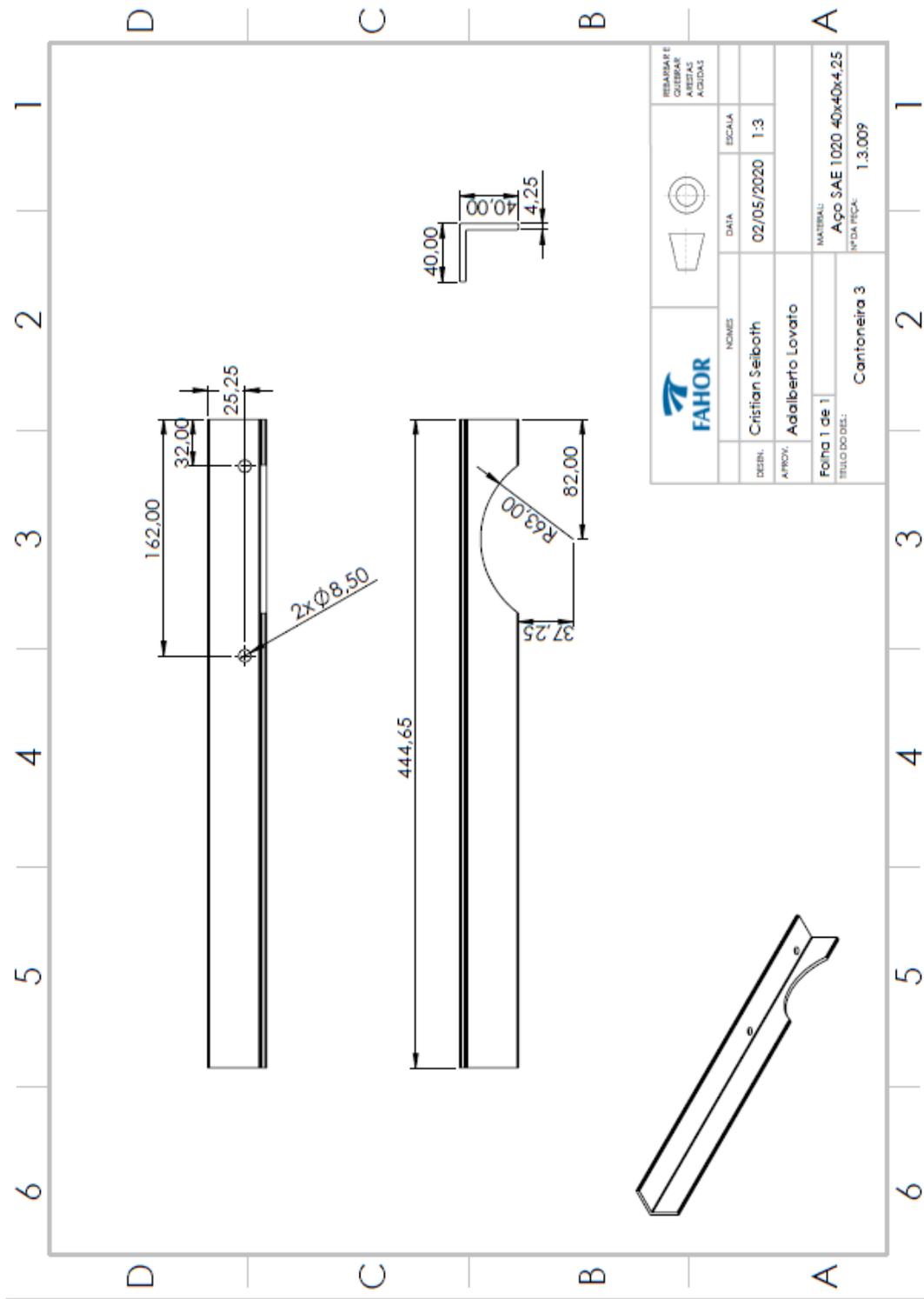


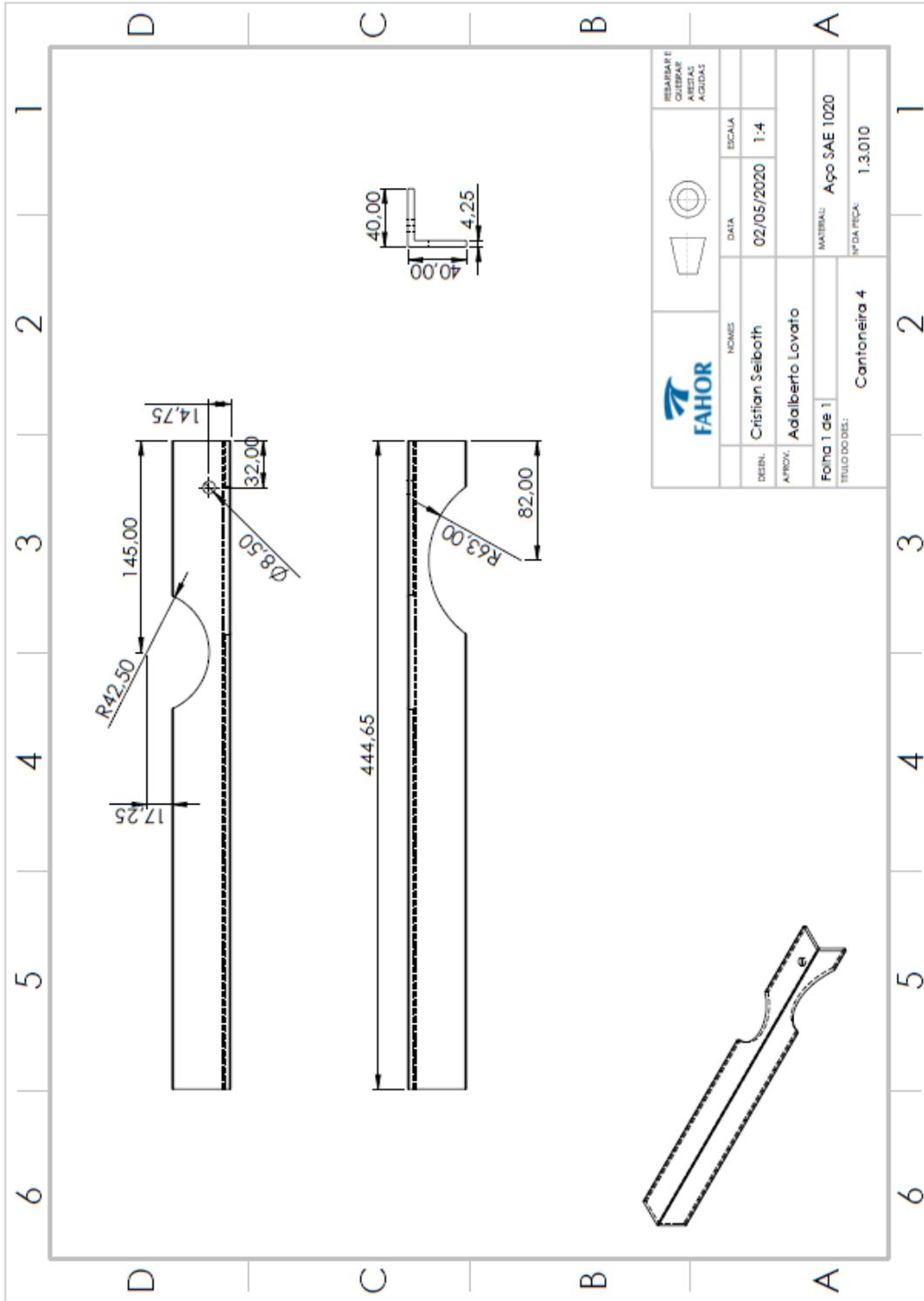




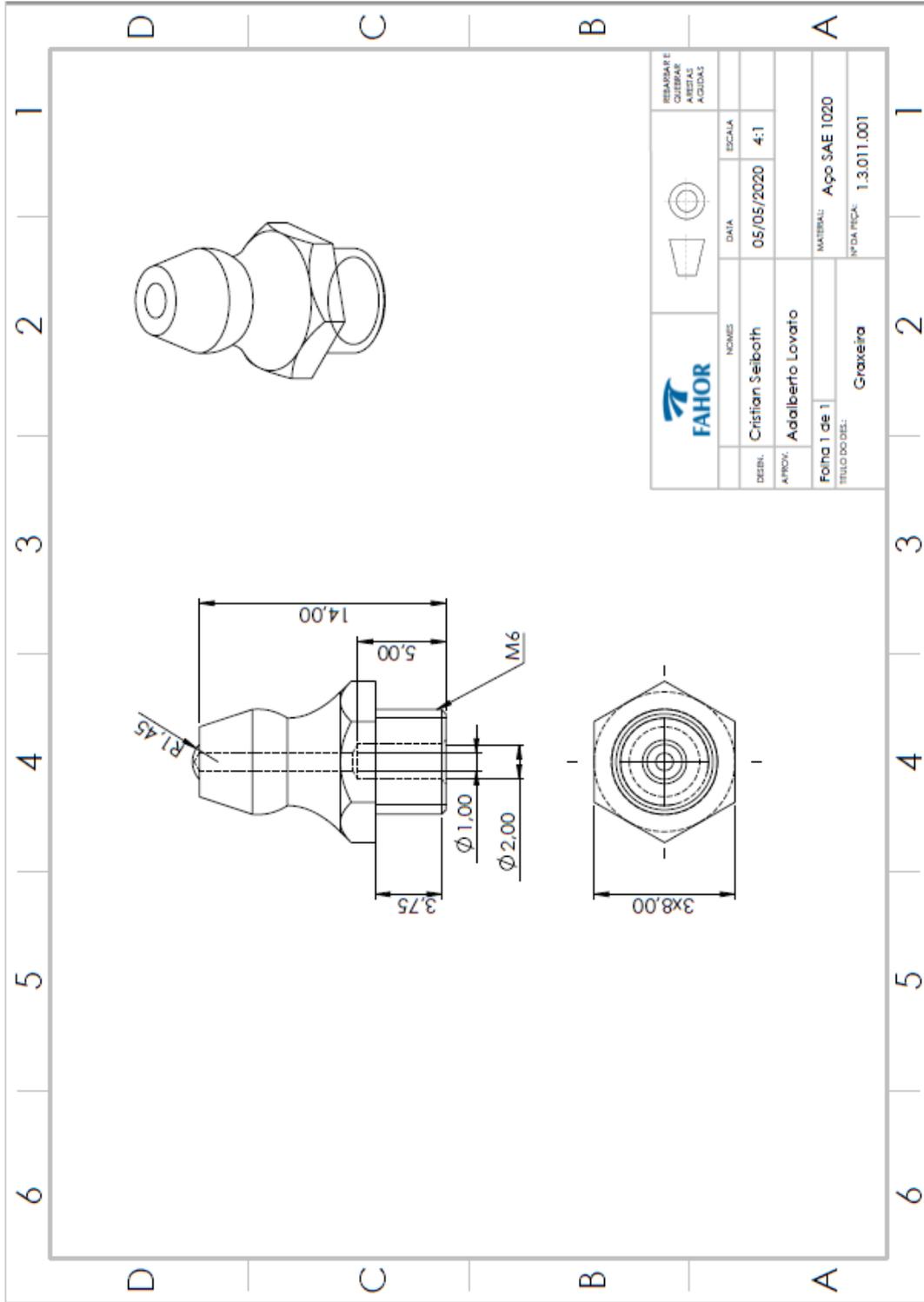
				REBARFAR E OUTUBRAR ARESTAS AGUDAS	
NOME:	DATA:	ESCALA:			
Cristian Seiboth	02/05/2020	1:3			
APROV:					
Adalberto Lovato					
Folha 1 de 1	MATERIAL: Aço SAE 1020				
TÍTULO DO DESE:	Nº DA PEÇA: 1.3.007				
Cantoneira 1					

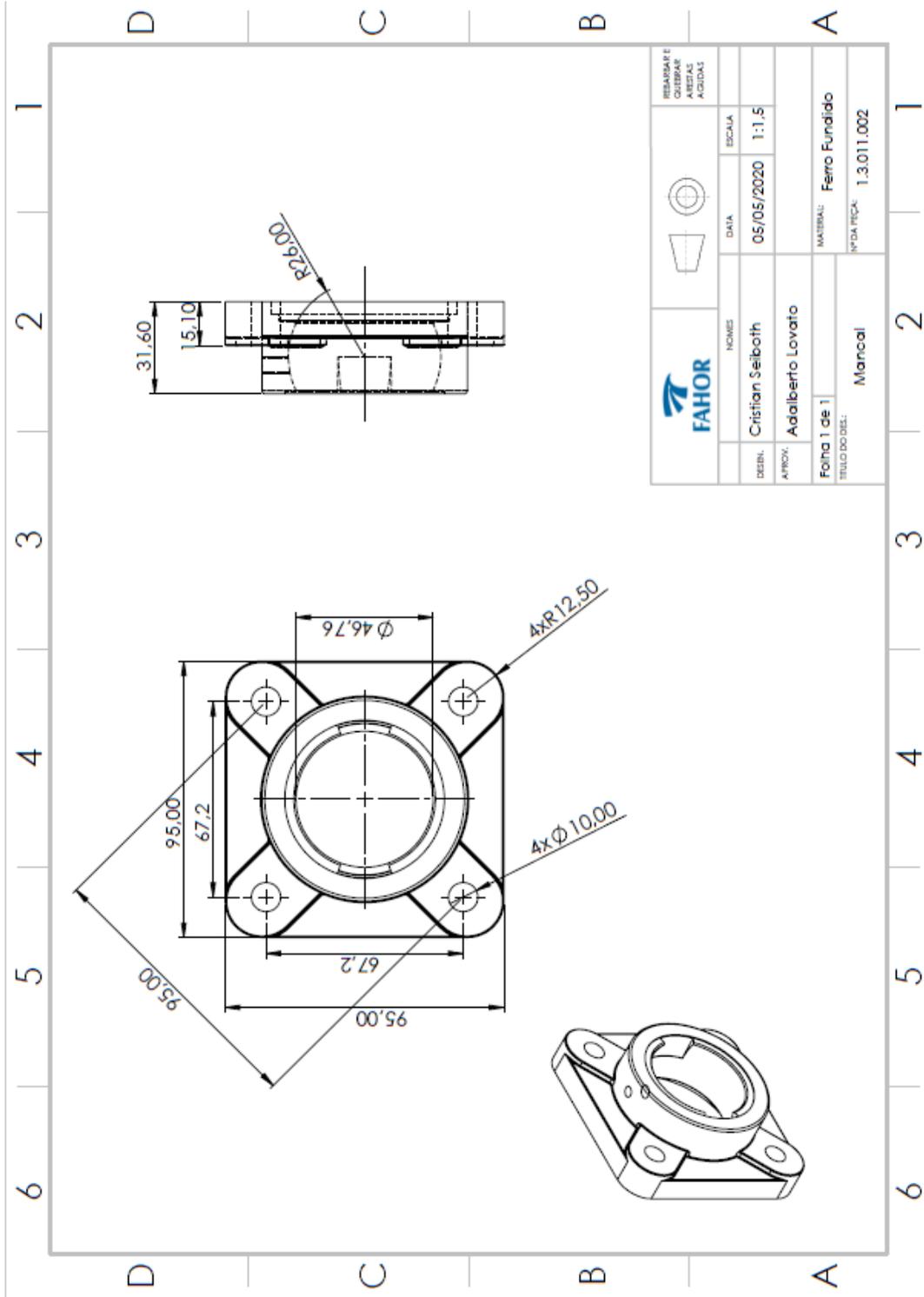


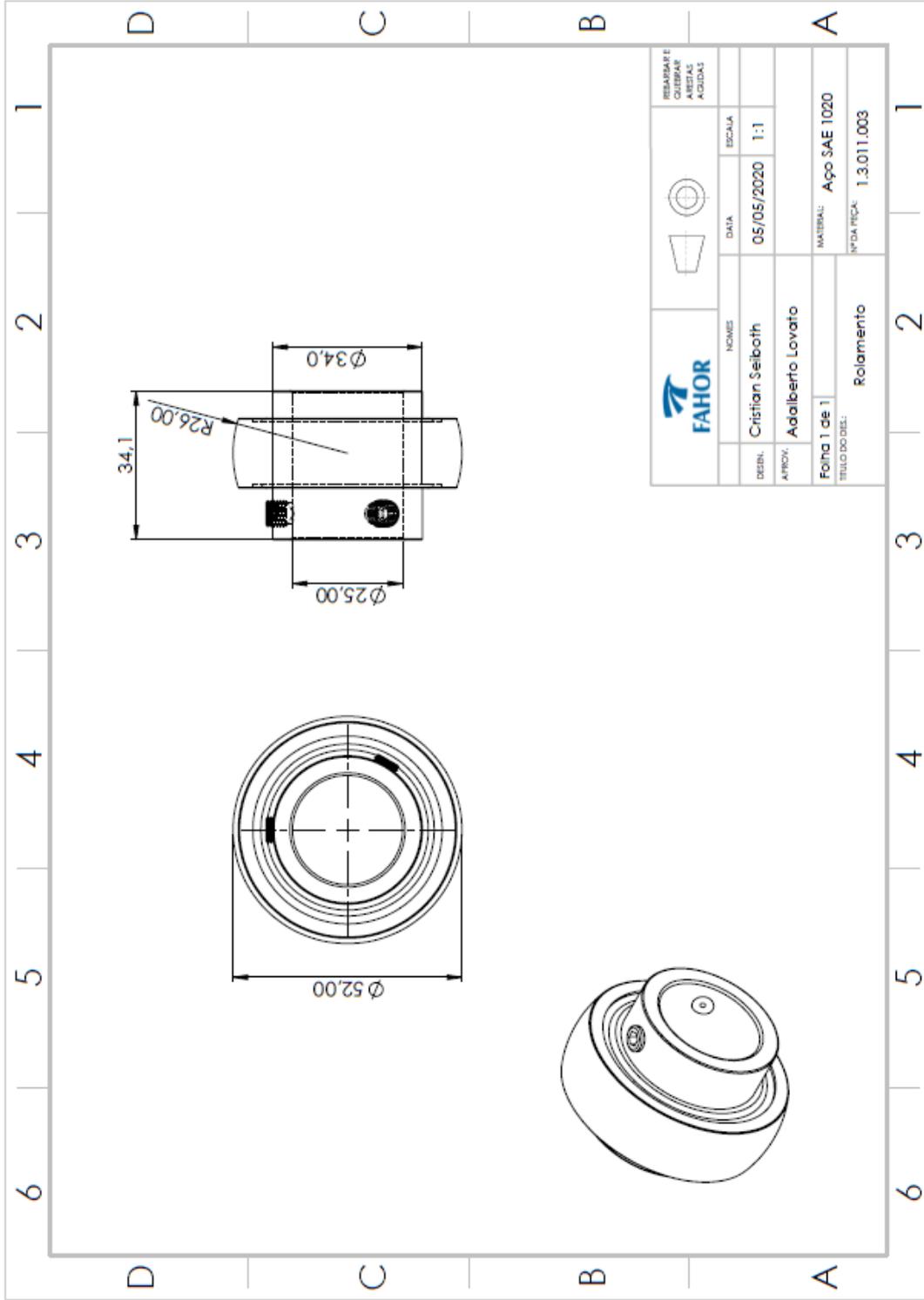


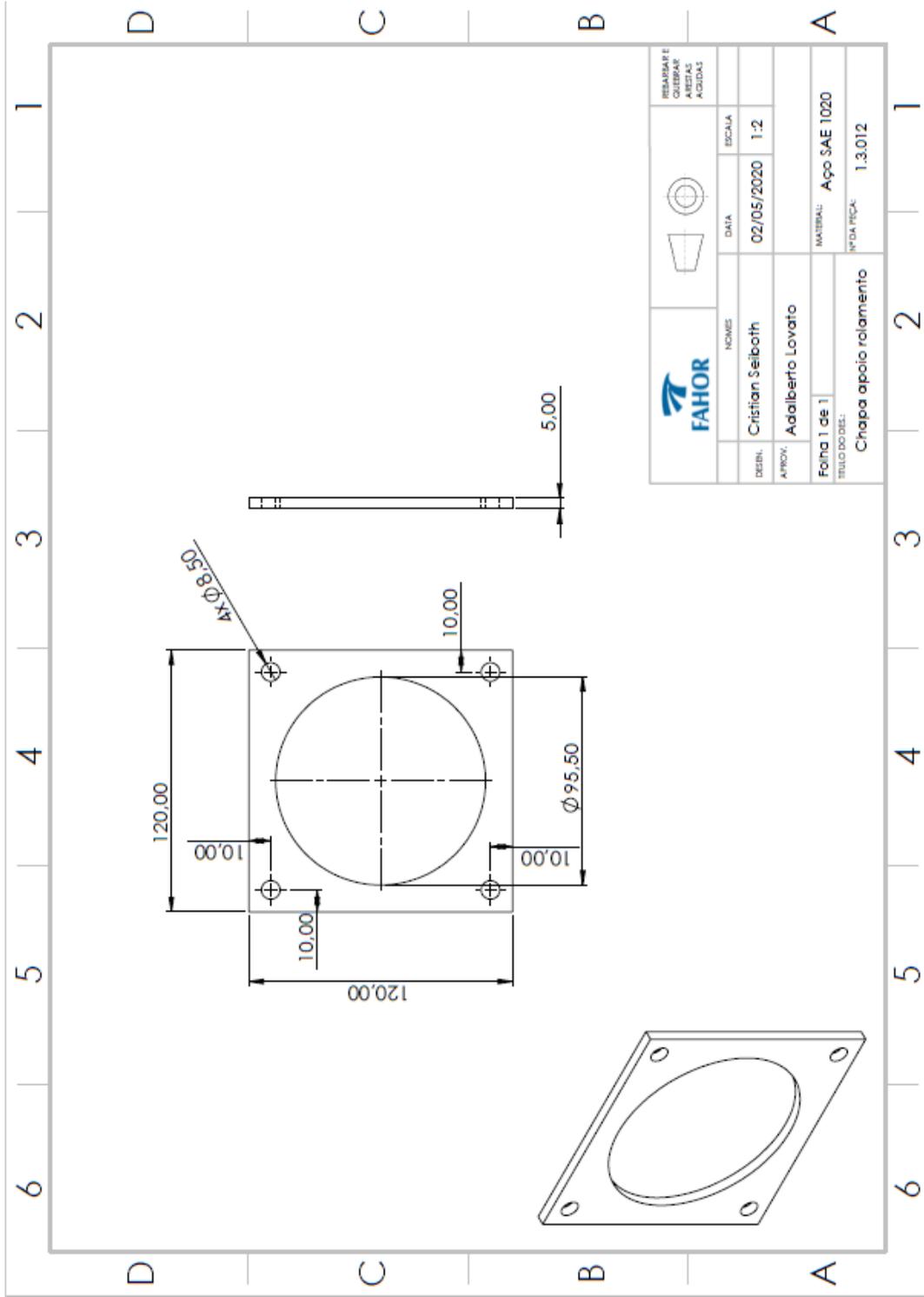


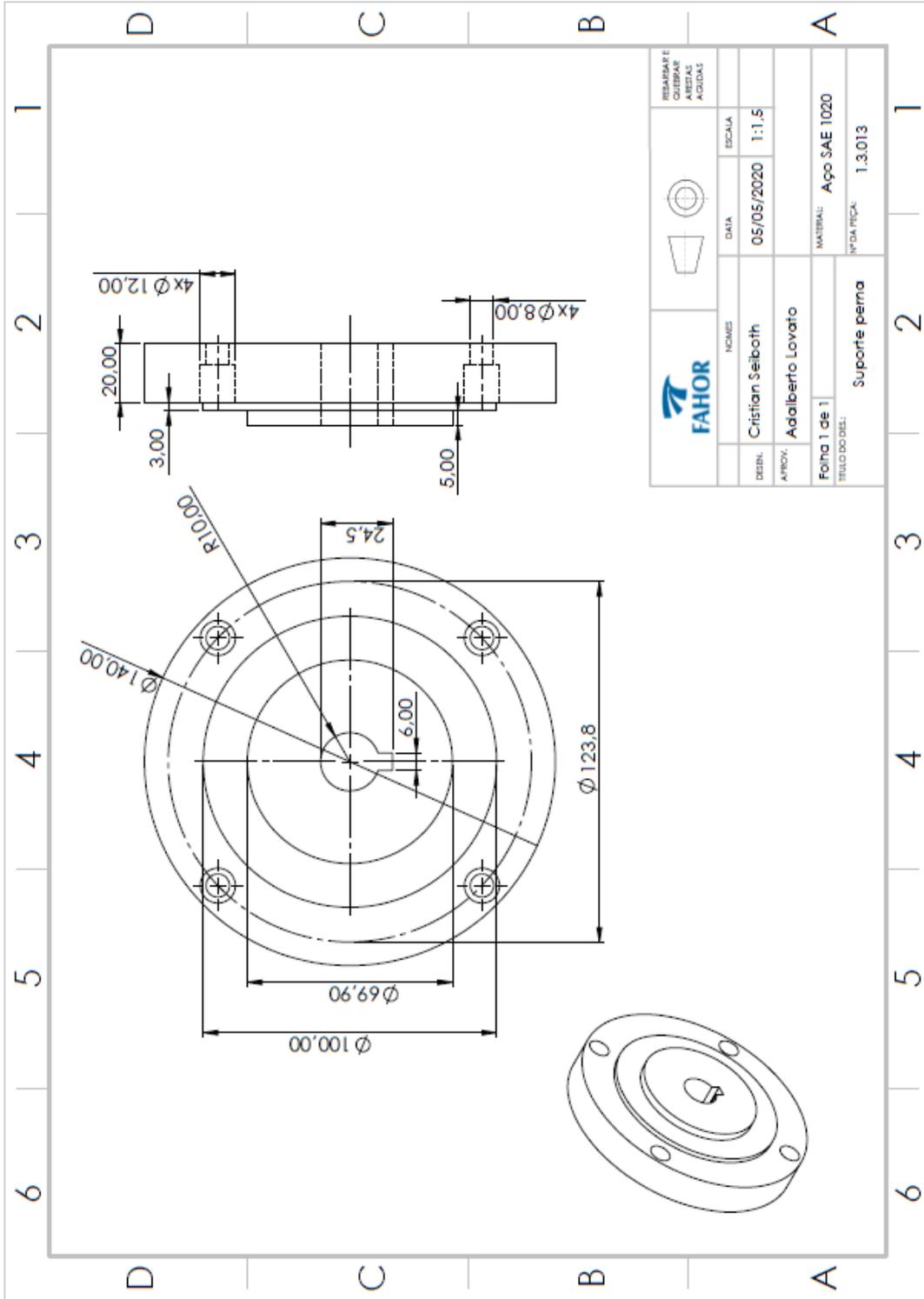


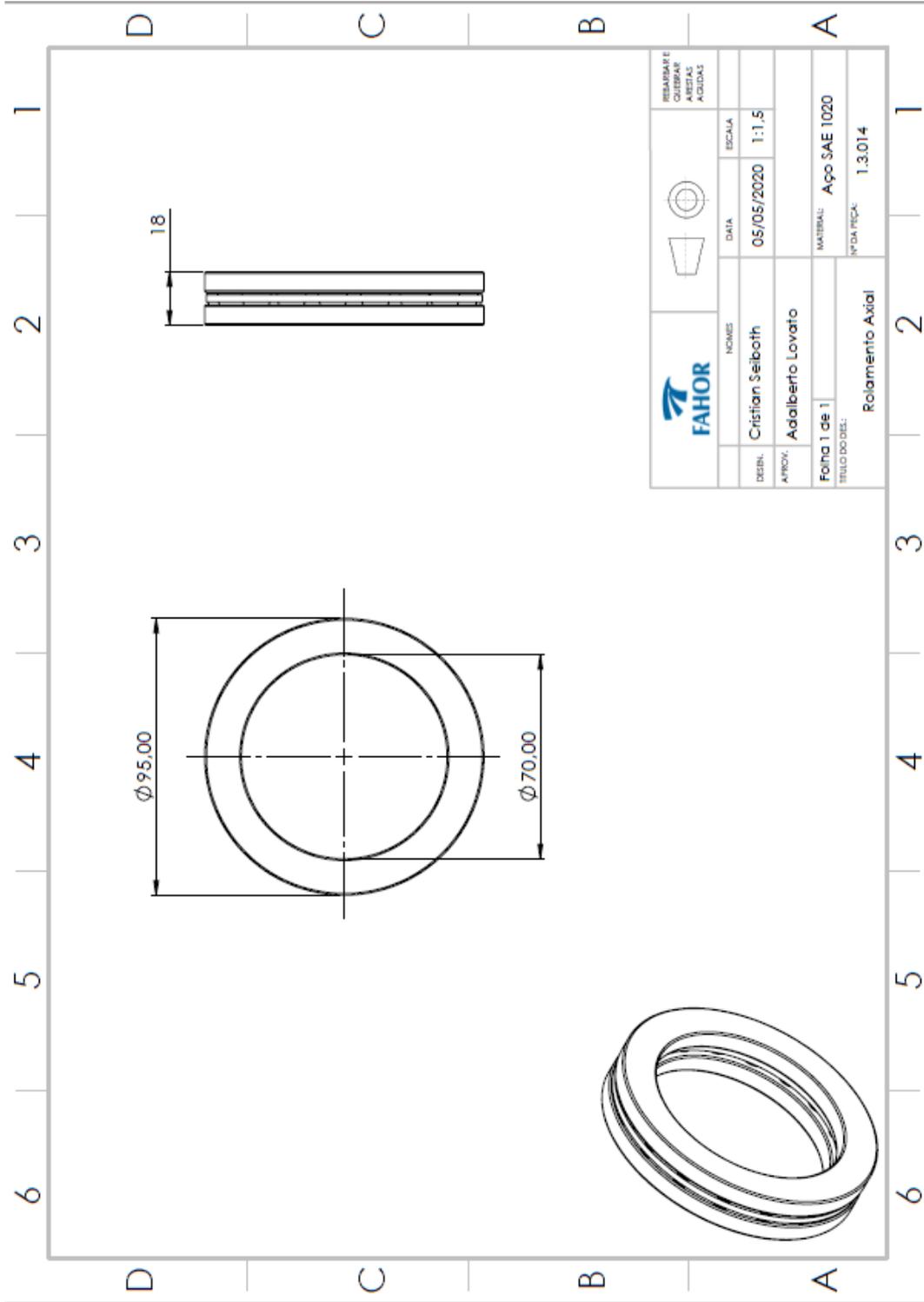




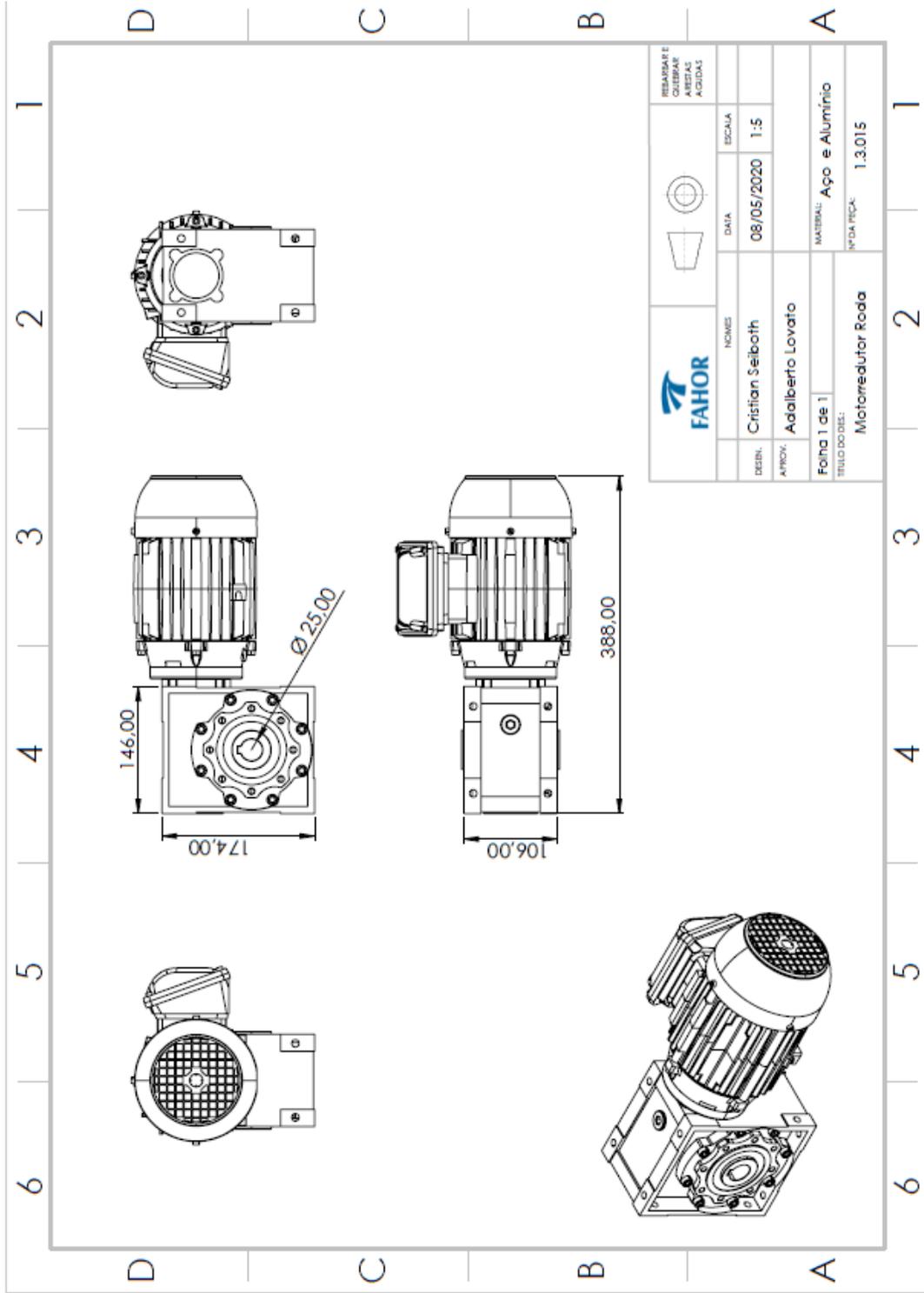




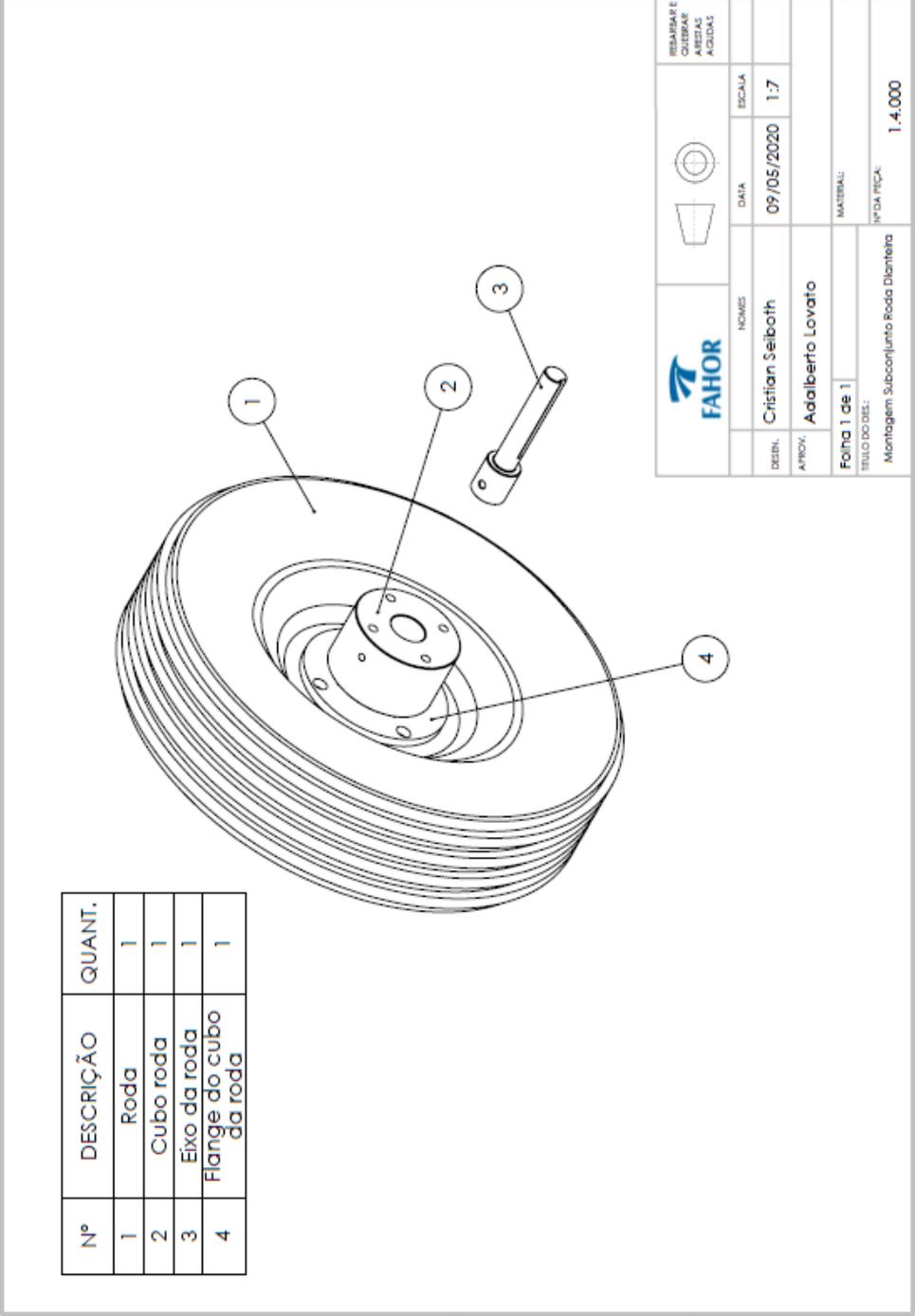




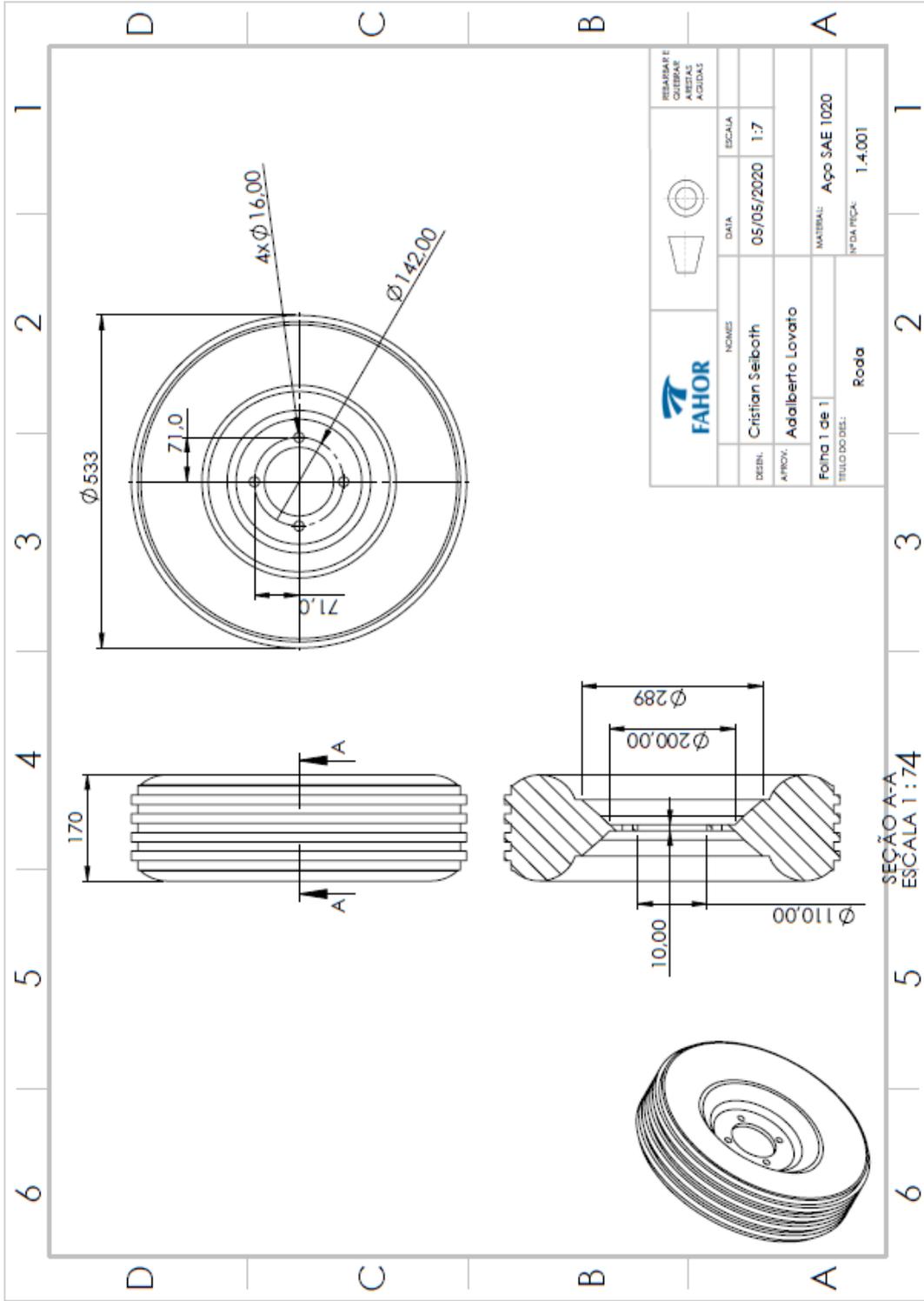
				REBARBAR E OUTUBAR A BERTAS AGLIDAS	
NOMES		DATA		ESCALA	
Cristian Seiboth		05/05/2020		1:1.5	
APROV.		MATERIAL:		Nº DA PEÇA:	
Adalberto Lovato		Aço SAE 1020		1.3.014	
Folha 1 de 1		TÍTULO DO DES.: Rolamento Axial			



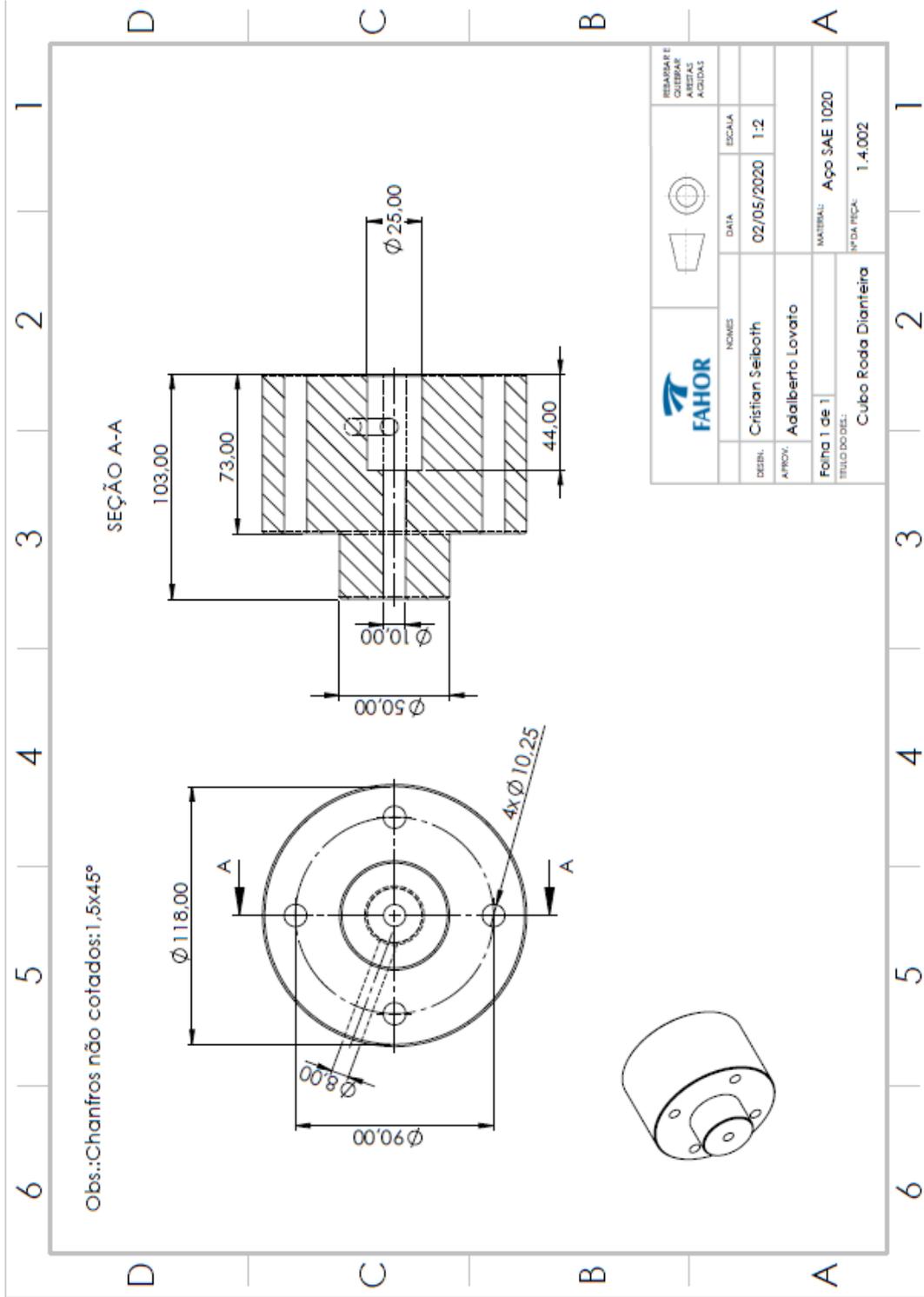
Nº	DESCRIÇÃO	QUANT.
1	Roda	1
2	Cubo roda	1
3	Eixo da roda	1
4	Flange do cubo da roda	1

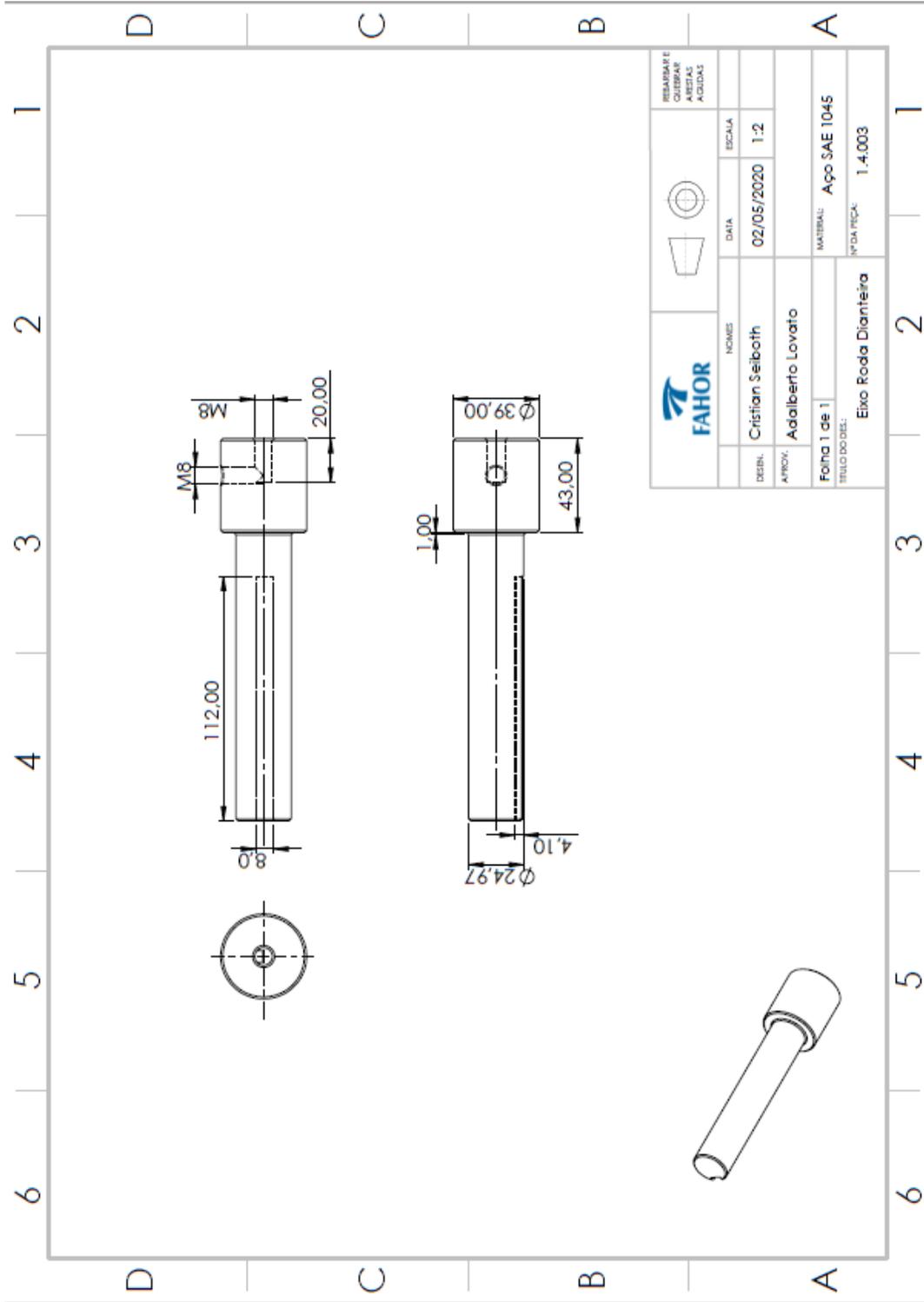


				RESERVAR E COBRAR ATRIBUIÇÃO AUTOMÁTICA
NOME:	DATA:	ESCALA:		
DESIGN.:	09/05/2020	1:7		
APROV.:	MATERIAL:			
Folha 1 de 1		Nº DA PEÇA: 1.4.000		
TÍTULO DO DESENH.: Montagem Subconjunto Roda Dianteira				

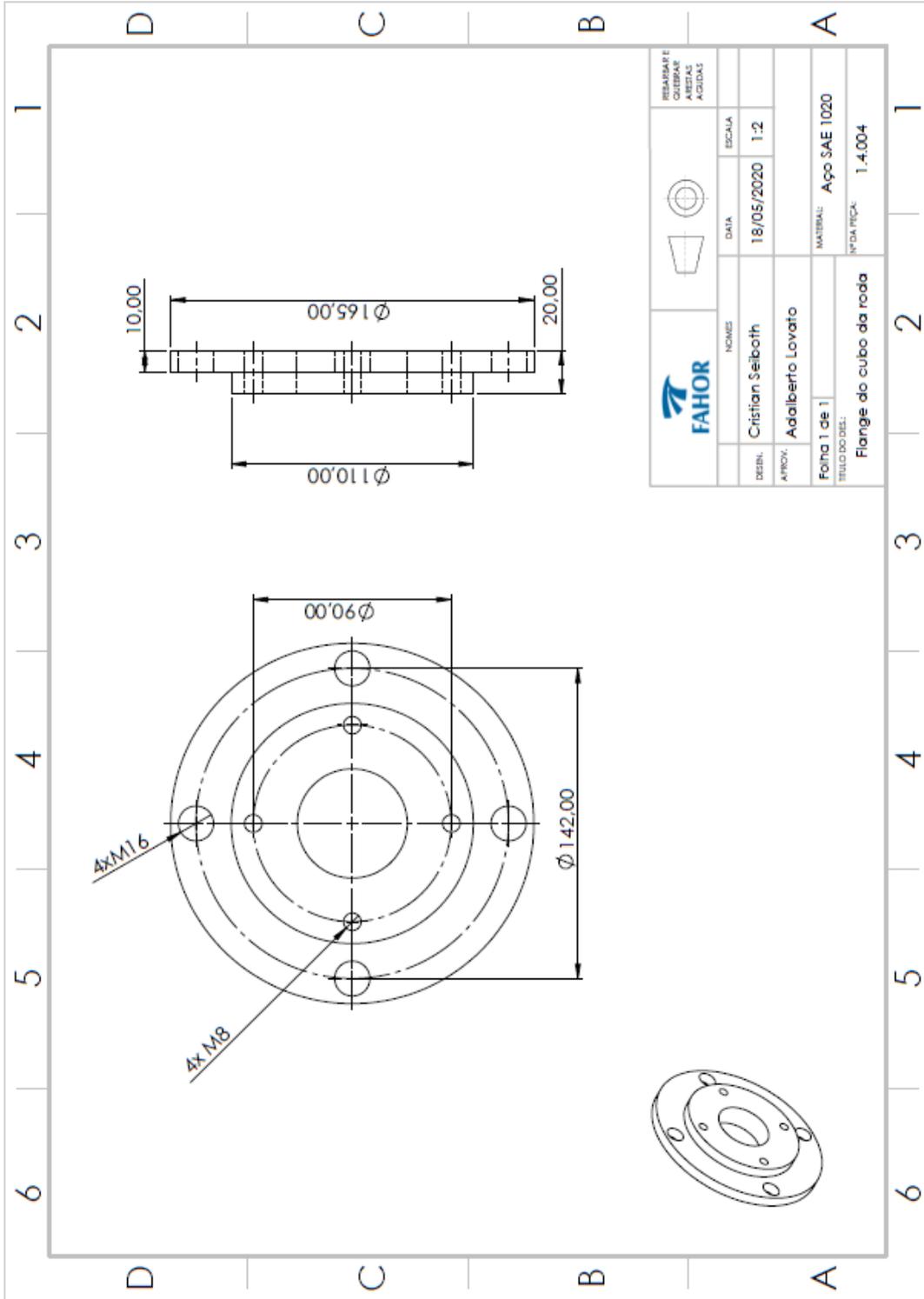


SEÇÃO A-A  
ESCALA 1:74

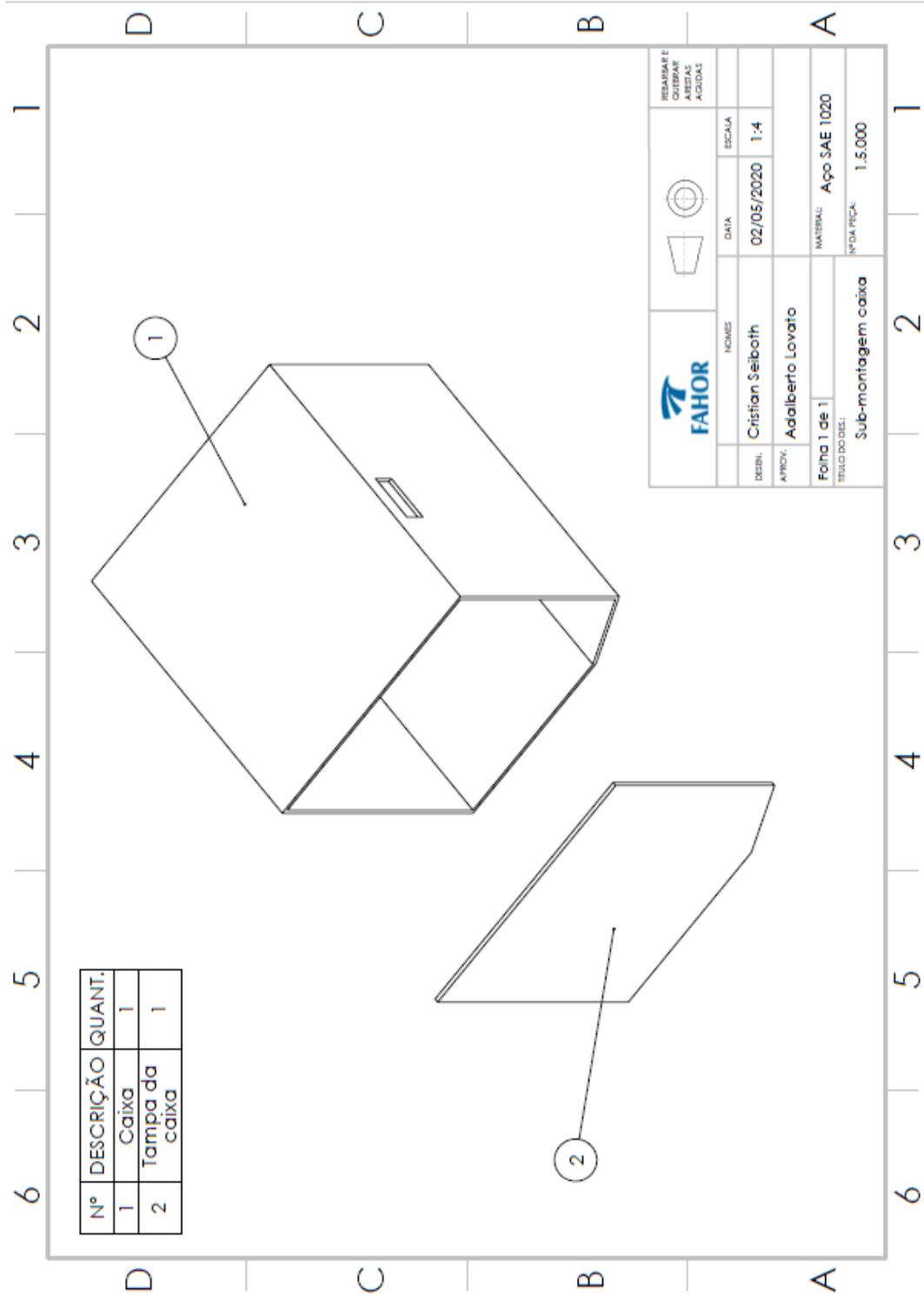


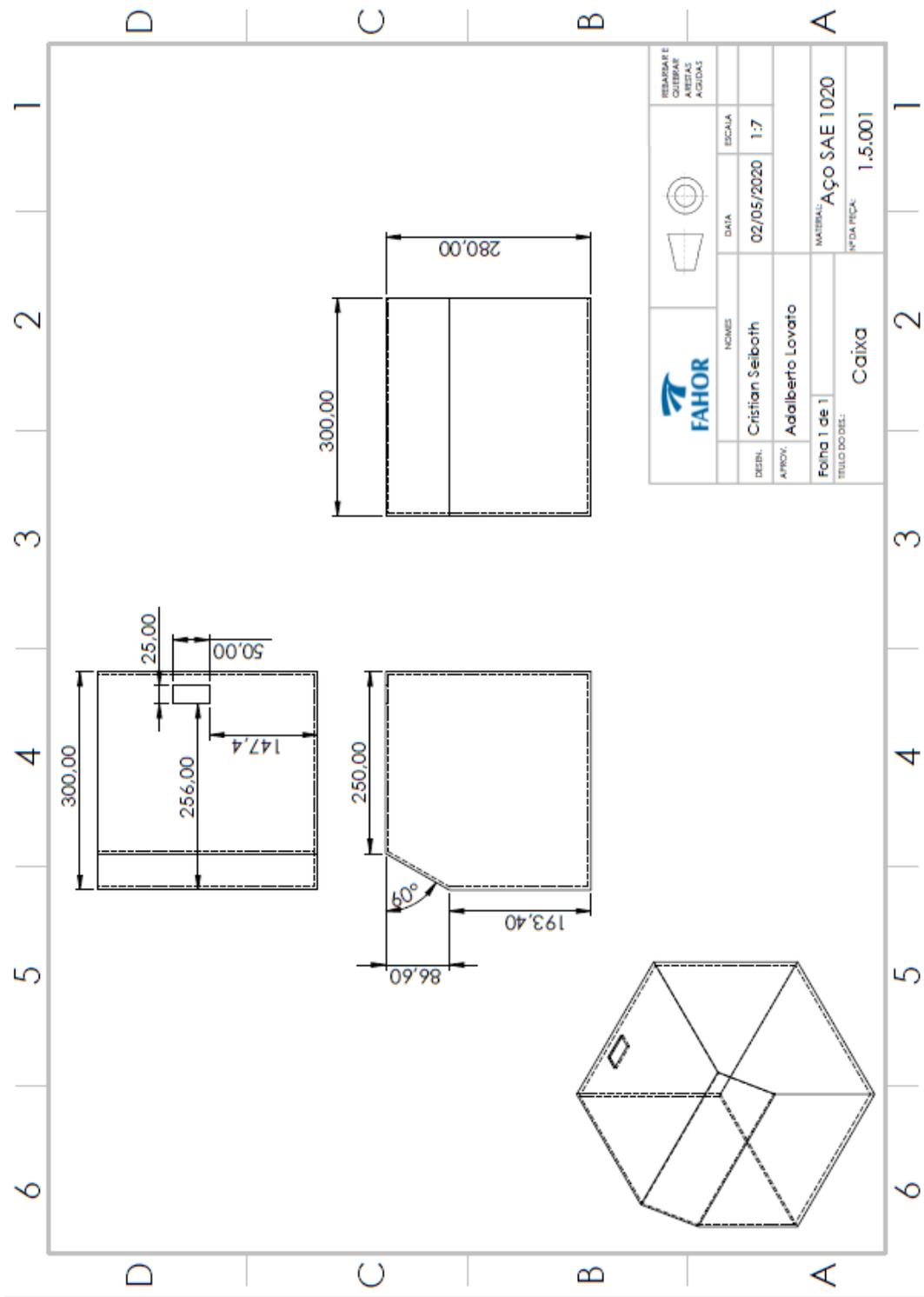


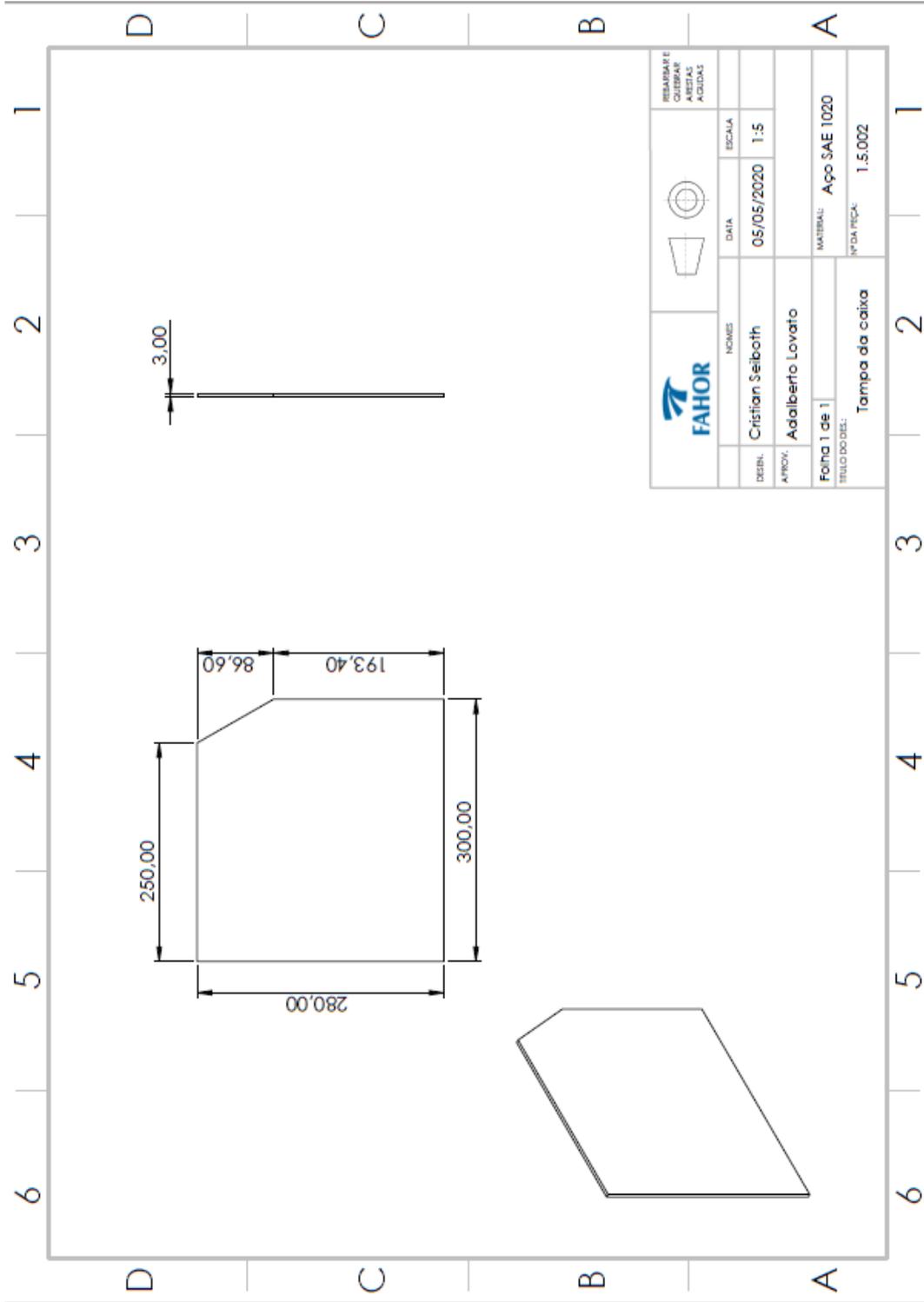
				REVISAR E COTAR A REVISAR A ACORDAR	
NOME:	DATA:	ESCALA:			
DESIGNADO:	02/05/2020	1:2			
APROVADO:					
FOLHA 1 de 1					
TÍTULO DO DESENHO:	MATERIAL: Aço SAE 1045 Nº DA PEÇA: 1.4.003				
Eixo Roda Dianteira					



				REPARAR E QUERER AERIAS AGRICOLAS	
NOME		DATA		ESCALA	
DESEN.		18/05/2020		1:2	
APROV.		Adalberto Lovato			
Folha 1 de 1		MATERIAL:		Aço SAE 1020	
TÍTULO DO DES.		Nº DA PEÇA:		1.4.004	
Flange do cubo da roda					







## APÊNDICE B

Abaixo está apresentado uma tabela com os custos do protótipo.

TABELA DE CUSTOS			
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	VALOR/UNID.	CUSTO
Redutor TRT1 11,6:1	1	R\$ 940,00	R\$ 940,00
Motorreductor MTRV063 60:1	1	R\$ 1.291,00	R\$ 1.291,00
Guincho Elétrico 12V	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
Mancal NB F205	1	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Rolamento Radial $\varnothing 25 \times \varnothing 52$ FKD	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Rolamento Axial $\varnothing 70 \times \varnothing 90$ GBR	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
R clip	4	R\$ 2,00	R\$ 8,00
Chapa Aço 1020 $3/4" \times 300 \times 152,40$	1	R\$ 56,60	R\$ 56,60
Chapa Aço 1020 $7 \times 390 \times 500$	2	R\$ 34,55	R\$ 69,10
Chapa Aço 1020 $7 \times 120 \times 135$	3	R\$ 6,17	R\$ 18,50
Chapa Aço 1020 $3/8" \times 110 \times 170$	2	R\$ 8,90	R\$ 17,80
Barra cilíndrica Aço 1020 $\varnothing 120,65 \times 105$	1	R\$ 82,50	R\$ 82,50
Barra cilíndrica Aço 1020 $\varnothing 25,4 \times 500$	1	R\$ 15,50	R\$ 15,50
Barra cilíndrica Aço 1020 $\varnothing 40 \times 200$	1	R\$ 15,40	R\$ 15,40
Rodas carrinho de mão	2	R\$ 74,00	R\$ 148,00
Parafusos M6	20	R\$ 0,25	R\$ 5,00
Parafusos M8	24	R\$ 0,85	R\$ 20,40
Parafusos M10	5	R\$ 1,10	R\$ 5,50
Parafusos M12	3	R\$ 1,50	R\$ 4,50
Parafusos M16	4	R\$ 4,20	R\$ 16,80
Chapa 1 perna (cortadas na laser)	1	R\$ 8,00	R\$ 8,00
Chapa 2 perna (cortadas na laser)	1	R\$ 11,00	R\$ 11,00
Chapa 3 perna (cortadas na laser)	1	R\$ 9,50	R\$ 9,50
Chapa 4 perna (cortadas na laser)	1	R\$ 11,00	R\$ 11,00
Chapa apoio rolamento	2	R\$ 6,00	R\$ 12,00
Chapa apoio motor	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Chapas da caixa	1	R\$ 99,50	R\$ 99,50
Tubo Quadrado $40 \times 40 \times 2,41$ (m)	4,5	R\$ 18,00	R\$ 81,00
Cantoneira $1.1/2" \times 1.1/2" \times 3/16"$ (m)	2	R\$ 17,58	R\$ 35,15
Trena 3m CORTAG	1	R\$ 14,50	R\$ 14,50
Disco de corte $4.1/2" \times 1,00$	4	R\$ 2,10	R\$ 8,40
Serra de aço rápido	1	R\$ 6,50	R\$ 6,50
Flange Aço 1020 $\varnothing 165 \times 20$	1	R\$ 31,00	R\$ 31,00
Flange Aço 1020 $\varnothing 165 \times 30$	1	R\$ 48,70	R\$ 48,70
Inversor de Frequência	1	R\$ 1.250,00	R\$ 1.250,00

Inversor de Corrente	1	R\$ 1.180,00	R\$ 1.180,00
Mão-de-obra,dobra e solda	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Corfio cabo PP 3x1,50 MM2 750V	2	R\$ 3,60	R\$ 7,20
Baterias de Lítio	3	R\$ 320,00	R\$ 960,00
		TOTAL	R\$ 6.273,05

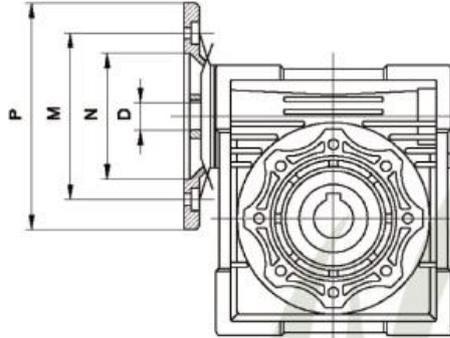
Fonte: O autor, 2020.

## ANEXO A

CAPACIDADE DO REDUTOR COM ENTRADA DE 1.700 RPM (MOTOR 4 PÓLOS)						
MODELO	REDUÇÃO	CV DE ENTRADA	CV DE SAÍDA	T. SAÍDA (kgf.m)	CARGA RADIAL (kgf)	RPM SAÍDA APROX.
TR 0	10,6:1	0,25	0,18	0,8	120	162
	16:1	0,25	0,17	1,2	140	107
	20:1	0,25	0,17	1,5	150	86
	32:1	0,17	0,12	1,7	180	54
	40:1	0,17	0,11	2,0	180	43
TR 1	11,6:1	0,50	0,37	1,5	190	147
	17,5:1	0,50	0,36	2,2	210	97
	25:1	0,33	0,23	2,7	240	68
	35:1	0,33	0,22	3,5	290	49
	50:1	0,33	0,20	4,0	340	34
	64:1	0,33	0,18	3,7	340	27
TR 2	8:1	1,0	0,76	2,7	280	216
	12,5:1	1,0	0,75	3,4	300	136
	16:1	0,75	0,55	4,3	320	106
	25:1	0,75	0,51	5,1	340	68
	32:1	0,75	0,50	6,2	360	55
	40:1	0,75	0,52	7,0	400	43
	48:1	0,75	0,50	6,7	440	36
	64:1	0,50	0,30	6,0	440	27
TR 3	9,6:1	2,0	1,50	6,0	440	180
	11,3:1	2,0	1,40	6,5	430	150
	14,5:1	2,0	1,38	8,5	490	117
	19:1	2,0	1,35	11,2	540	89
	29:1	2,0	1,31	16,0	600	59
	38:1	1,5	1,05	17,4	620	45
	48:1	1,5	0,90	17,0	620	36
	60:1	1,0	0,68	16,3	620	28
	70:1	1,0	0,65	15,3	620	24
	84:1	0,75	0,48	14,0	620	20
99:1	0,75	0,45	13,0	620	17	

Fonte: Catálogo Linha MTRV-TRANSMAQ.

**ANEXO B**



	Motor Flange				Diâmetro do furo no eixo rosca sem fim									
	PAM	P	M	N	Redução									
	IEC				10	15	20	25	30	40	50	60	80	
MTRV063	71B14	105	85	70	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

MTRV 063			0,5		CV		Motor IV Polos				1700 rpm		CC 71		
RPM Saída	Redução	Z1	M2 <sub>máx</sub> - Torque de saída (kgf.m)									ηd (%)	FR 1 (kgf)	FR 2 (kgf)	P2 (cv)
			Regime de 4h/dia			Regime de 10h/dia			Regime de 24h/dia						
			Uniforme	Pesada	C/choques	Uniforme	Pesada	C/choques	Uniforme	Pesada	C/choques				
170.0	10	3	3.65	2.99	2.74	2.99	2.53	2.05	2.53	2.19	1.64	86%	55	217	0.43
113.3	15	2	5.22	4.27	3.91	4.27	3.61	2.94	3.61	3.13	2.35	82%		242	0.41
85.0	20	2	6.79	5.55	5.09	5.55	4.70	3.82	4.70	4.07	3.06	80%		280	0.40
68.0	25	2	8.17	6.68	6.13	6.68	5.65	4.59	5.65	4.90	3.68	77%		294	0.39
56.7	30	1	9.29	7.60	6.97	7.60	6.43	5.23	6.43	5.58	4.18	75%		305	0.37
42.5	40	1	11.71	9.58	8.78	9.58	8.11	6.59	8.11	7.03	5.27	69%		349	0.35
34.0	50	1	13.79	11.28	10.34	11.28	9.55	7.76	9.55	8.27	6.21	65%		383	0.33
26.3	60	1	15.78	12.91	11.84	12.91	10.93	8.88	10.93	9.47	7.10	62%		402	0.31

Fonte: Catálogo Linha TR-TRANSMAQ.