

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**LUIZ FELIPE BORSUK PETRECHEN**

**PROJETO DE UMA INJETORA MANUAL DE BANCADA PARA MOLDAGEM  
POR INJEÇÃO**

**GUARAPUAVA**

**2023**

**LUIZ FELIPE BORSUK PETRECHEN**

**PROJETO DE UMA INJETORA MANUAL DE BANCADA PARA MOLDAGEM  
POR INJEÇÃO**

**DESIGN OF A MANUAL INJECTION MOLDING MACHINE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica do Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Aldo Przybysz

Coorientador: Me. Lucas Franco Wrege

**GUARAPUAVA**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**LUIZ FELIPE BORSUK PETRECHEN**

**PROJETO DE UMA INJETORA MANUAL DE BANCADA PARA MOLDAGEM  
POR INJEÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Mecânica  
do Curso de Bacharelado em Engenharia  
Mecânica da Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná.

Data de aprovação: 23/junho/2023

---

Aldo Przybysz  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Henrique Ajuz Holzmann  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Lucas Franco Wrege  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**GUARAPUAVA  
2023**

Esse trabalho é dedicado aos meus pais, Luiz  
Wanderley e Marcia, pelo amor e apoio  
incondicional não somente durante minha  
jornada acadêmica, mas por toda minha vida.  
Eu sou quem sou graças a vocês!

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer aos meus pais, Luiz Wanderley e Marcia, pelo apoio durante essa jornada acadêmica, por me instigarem na busca do conhecimento, e por me permitirem fazer o que eu gosto de verdade.

A minha namorada Ana Julia Gruber, pelo carinho, pela paciência e pelo apoio nos momentos de ausência que tive durante os meus estudos.

A todos os meus professores que eu tive durante a minha graduação, em especial ao meu orientador Dr. Aldo Przybysz por me guiar no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu co-orientador Me. Lucas Franco Wrege, não somente pelo auxílio nesse trabalho, mas por toda a orientação que me foi dada desde o início da minha graduação, em especial na área de manufatura aditiva.

Ao projeto de extensão 4Print e todos os seus membros que me permitiram desenvolver o protótipo para o laboratório de fabricação da universidade.

Ao meu amigo Pedro Petry pela parceria e suporte na usinagem, soldagem e montagem do protótipo.

Ao meu amigo Tobias Queiroz, pelos anos de amizade, pelas conversas, e pelos conselhos dados durante todo esse tempo.

E de maneira geral a todos os amigos que fiz durante esses anos da graduação, são vários para poder listar, mas quero que saibam que a realização desse trabalho também foi graças a vocês.

Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.(Antoine Lavoisier, 1789)

## RESUMO

A moldagem por injeção é um dos métodos de transformação de polímeros mais utilizados no Brasil e no mundo. Uma máquina injetora é aquela que faz o aquecimento de um material termoplástico e injeta numa cavidade de um molde, a fim de dar forma ao polímero. Esse método é eficaz e rentável, principalmente quando se faz a produção de um grande número de peças, porém, o conjunto de máquina injetora e molde podem se tornar economicamente inviáveis caso a quantidade de peças desejada seja baixa. O desafio é desenvolver um projeto de uma máquina de injetora de bancada, que seja economicamente viável, e que dependa de poucos recursos para conseguir realizar a moldagem de lotes pequenos de peças, a fim que se torne uma ferramenta útil e prática para os estudantes e pesquisadores da universidade. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo apresentar um projeto, uma metodologia e um protótipo funcional para atender essa demanda proposta, que consegue realizar a injeção de pequenos lotes, com os materiais mais comuns na injeção de termoplásticos, e que se mantem com baixo custo para sua produção, considerando materiais e métodos de fabricação disponíveis na UTFPR - Campus Guarapuava.

**Palavras-chave:** moldagem por injeção; máquina injetora; projeto; polímero; molde.

## **ABSTRACT**

Injection molding is one of the most used polymer processing methods in Brazil and worldwide. An injection molding machine is one that heats a thermoplastic material and injects it into a mold cavity to shape the polymer. This method is effective and profitable, especially when the production of a large number of parts is done, but the set of injection molding machine and mold may become economically unviable if the desired number of parts is low. The challenge is to develop a project of a bench injection molding machine that is economically viable, and that depends on few resources to be able to mold small batches of parts, in order to become a useful and practical tool for students and researchers at the university. In this context, this work aims to present a project, a methodology and a functional prototype to meet this proposed demand, which can perform the injection of small batches, with the most common materials, and that remains with low cost for its production, considering materials and manufacturing methods available at the UTFPR - Guarapuava Campus.

**Keywords:** injection molding; injection molding machine; design; polymer; mold.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Processos produtivos para fabricação de transformados plásticos. . . . .</b>	<b>11</b>
<b>Figura 2 – Estrutura dos polímeros . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>Figura 3 – Diagrama de classificação de polímeros. . . . .</b>	<b>14</b>
<b>Figura 4 – Peça injetada em NetShape, utilizada em implantes médicos. . . . .</b>	<b>15</b>
<b>Figura 5 – Modelo de injeção por pistão. . . . .</b>	<b>16</b>
<b>Figura 6 – Modelo de injeção por rosca. . . . .</b>	<b>16</b>
<b>Figura 7 – Fluxograma ciclo de moldagem por injeção. . . . .</b>	<b>17</b>
<b>Figura 8 – Diagrama de uma máquina de moldagem por injeção tipo rosca alternada. . . . .</b>	<b>17</b>
<b>Figura 9 – Mercado de moldagem por injeção nos EUA por material em bilhões de dólares. . . . .</b>	<b>19</b>
<b>Figura 10 – Esquema de molde de injeção. . . . .</b>	<b>20</b>
<b>Figura 11 – Partes de um molde de injeção. . . . .</b>	<b>21</b>
<b>Figura 12 – Resistência do tipo coleira . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>Figura 13 – Controlador de temperatura digital N1030-PR. . . . .</b>	<b>24</b>
<b>Figura 14 – Máquina injetora horizontal modelo M E 130 T Servo. . . . .</b>	<b>24</b>
<b>Figura 15 – Máquina injetora vertical modelo JY-160S2. . . . .</b>	<b>25</b>
<b>Figura 16 – Fluxograma 1 - Referencial / Metodologia . . . . .</b>	<b>26</b>
<b>Figura 17 – Fluxograma 2 - Materiais e métodos / Resultados . . . . .</b>	<b>27</b>
<b>Figura 18 – Molde de corpo de prova . . . . .</b>	<b>28</b>
<b>Figura 19 – Máquina injetora manual modelo TP15. . . . .</b>	<b>29</b>
<b>Figura 20 – Resistência do tipo coleira . . . . .</b>	<b>30</b>
<b>Figura 21 – Termopar tipo K . . . . .</b>	<b>30</b>
<b>Figura 22 – Controlador PID REX-C100 . . . . .</b>	<b>31</b>
<b>Figura 23 – Árvore de projetos. . . . .</b>	<b>32</b>
<b>Figura 24 – Esboço CAD da máquina injetora. . . . .</b>	<b>34</b>
<b>Figura 25 – Materiais da máquina usinados. . . . .</b>	<b>35</b>
<b>Figura 26 – Unidade de controle da máquina injetora. . . . .</b>	<b>36</b>
<b>Figura 27 – Estrutura soldada. . . . .</b>	<b>36</b>
<b>Figura 28 – Protótipo injetora manual finalizada. . . . .</b>	<b>37</b>
<b>Figura 29 – Corpo de prova injetado. . . . .</b>	<b>38</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 – Valores para cálculo de capacidade de injeção e capacidade de plastificação</b> . . . . .	<b>19</b>
---	-----------

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	Delimitação do tema	12
1.2	Objetivos	12
1.2.1	Objetivo geral	12
1.2.2	Objetivos específicos	12
1.3	Justificativa	12
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>13</b>
2.1	Introdução a polímeros	13
2.2	Processamento de polímeros	15
2.2.1	Moldagem por injeção	15
2.3	Comportamento térmico	18
2.4	Materiais utilizados em moldagem por injeção	18
2.5	Força de fechamento	19
2.6	Moldes para injeção	20
2.7	Componentes eletrônicos	22
2.7.1	Resistência elétrica tipo coleira	22
2.7.2	Termopares	23
2.7.3	Controlador PID	23
2.8	Máquina injetora	24
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>26</b>
3.1	Público alvo	27
3.2	Materiais injetáveis	28
3.3	Tipo de máquina injetora	28
3.4	Tipo de atuador	29
3.5	Materiais da estrutura	29
3.6	Componentes eletrônicos	30
3.7	Árvore de projetos	31
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>34</b>
4.1	Discussões	37

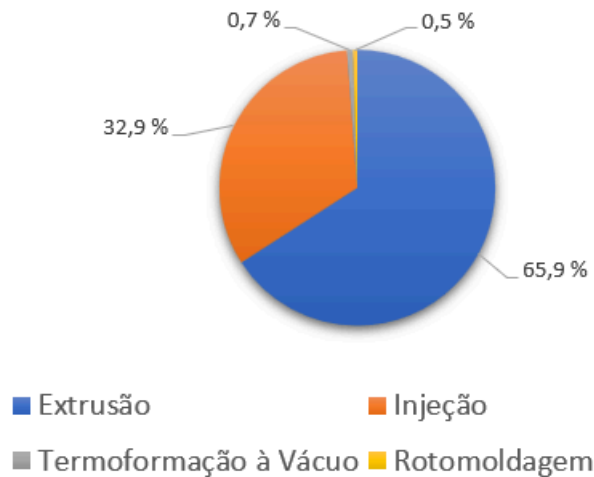
4.2	Testes realizados . . . . .	38
5	CONCLUSÕES . . . . .	39
6	TRABALHOS FUTUROS . . . . .	40
	REFERÊNCIAS . . . . .	41
	APÊNDICE A DETALHAMENTO DO PROJETO BP-TURTLE-001 . . . .	43

## 1 INTRODUÇÃO

A moldagem por injeção é um método de transformação de polímeros amplamente utilizado na indústria para a fabricação de peças, representando cerca de 32,9% do mercado brasileiro, a Figura 1 apresenta o perfil do país na indústria de transformados plásticos (ABIPLAST, 2019). Trata-se de um processo no qual o polímero é aquecido até sua fusão e em seguida é forçado sob pressão para uma cavidade de um molde, onde irá solidificar atingindo a forma desejada.

**Figura 1 – Processos produtivos para fabricação de transformados plásticos.**

### Perfil brasileiro da indústria de transformados plásticos 2019



**Fonte: Adaptado de ABIPLAST (2019).**

Esse método de conformação tem suas vantagens e desvantagens. Seu maior atrativo se deve por ser rápido, preciso e com baixo custo operacional, porém, sua desvantagem está na questão econômica, afinal, é necessário um alto investimento inicial para a máquina injetora e para a fabricação do molde a ser utilizado. Então, se o lote de peças desejado não for grande o suficiente para tornar a escolha da moldagem por injeção economicamente viável, pode ser necessário mudar o processo.

O desenvolvimento de uma injetora de bancada manual pode ser atrativo para o âmbito da pesquisa, afinal, a mesma pode ser fabricada por custos relativamente baixos, e os moldes podem ser fabricados por manufatura aditiva, para a redução de custos no caso de moldagem por injeção de pequenos lotes de peças.

Além disso, esse tipo de equipamento permite fazer a reciclagem de materiais poliméricos, que antes seriam descartados, para a fabricação de novos itens. O polietileno tereftalato (PET) presente em tampas de garrafa, e o ácido Polilático (PLA) gerado de resíduo de impressões 3D são bons exemplos de polímeros termoplásticos muito utilizados na indústria de injeção.

## **1.1 Delimitação do tema**

O trabalho é focado em apresentar um protótipo funcional de uma injetora manual de bancada para moldagem por injeção em pequena escala. Não será realizada uma análise de custos para este projeto.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Desenvolver um protótipo funcional de uma injetora manual de bancada para injeção de termoplásticos.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Realizar testes de injeção com o protótipo fabricado;
- Verificar eficácia do protótipo.

## **1.3 Justificativa**

É de interesse de instituições de ensino, onde se faz presente matérias de ciência dos materiais e de polímeros, que haja uma maneira eficiente e barata de fazer injeção de polímeros termoplásticos, para fins didáticos e de pesquisa. A fabricação de uma máquina injetora manual de bancada é uma boa alternativa, pois pode ser feita a partir de um baixo investimento financeiro.

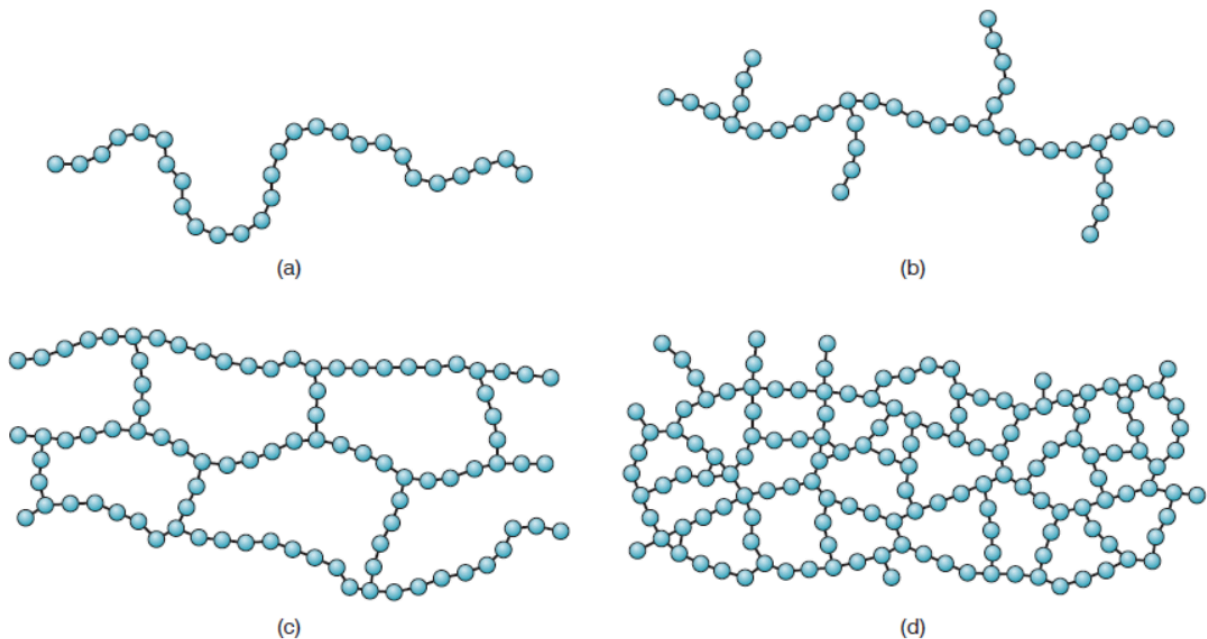
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Introdução a polímeros

Os polímeros são materiais sintéticos (com exceção da borracha, que é natural) utilizados na engenharia de forma geral (GROOVER, 2014). São compostos formados por longas cadeias moleculares, em que cada molécula é formada por unidades repetidas ligadas entre si, na Figura 2 é possível observar diferentes tipos de estruturas sendo:

- a) Uma estrutura linear, que é característica de termoplásticos;
- b) Estrutura ramificada;
- c) Estrutura com poucas ligações cruzadas, característica de elastômeros;
- d) Estrutura em rede, com muitas ligações cruzadas, característica dos termorrígidos.

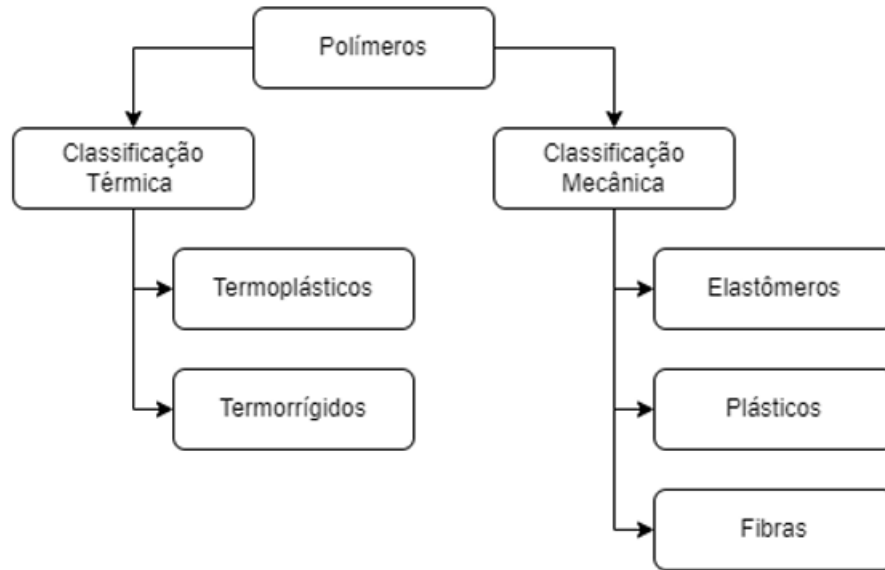
**Figura 2 – Estrutura dos polímeros**



**Fonte: GROOVER (2014).**

Existe uma grande variedade de materiais disponíveis para as mais diversas aplicações, mas por um ponto de vista técnico, e de acordo com Canevarolo (2006) podem ser classificados em três classes detalhadas na Figura 3.

**Figura 3 – Diagrama de classificação de polímeros.**



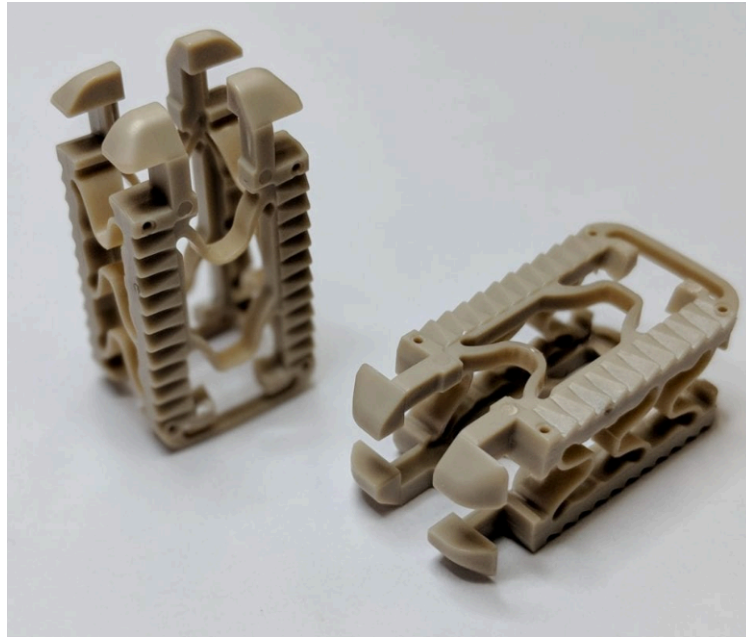
**Fonte: Adaptado de CANEVAROLO (2006).**

1. Termoplásticos: são materiais sólidos à temperatura ambiente, e que possuem a característica de se tornarem líquidos viscosos quando aquecidos, podendo assim, serem solidificados em uma nova forma.
2. Termofixos ou termorrígidos: materiais que não possuem a característica dos termoplásticos, que toleram ciclos repetidos de aquecimento e resfriamento. Quando são inicialmente aquecidos, amolecem, escoam e conformam-se, mas, devido as reações químicas que ocorrem enquanto estão em altas temperaturas, tornam o material final infusível, ou seja, o mesmo se reaquecido não se amoleceria, e sim carbonizaria.
3. Elastômeros: são polímeros com alto grau de elasticidade quando submetido a tensão mecânica baixa.

Segundo Groover (2014) os polímeros de forma geral têm suas aplicações em praticamente todos os ramos da engenharia, existem diversas razões que justificam a sua utilização. Eles podem atingir formas complexas sem haver a necessidade de processamento posterior, processamento também conhecido como net shape, como o da Figura 4 . Além disso, os plásticos possuem propriedades extremamente atraentes, como baixa densidade, resistência a corrosão e baixa condutividade elétrica e térmica. Por fim, devido o seu custo em relação ao volume produzido ser relativamente baixo, e pelos polímeros terem as mais diversas características, coloca-os em competição com outros tipos de materiais, como metais e vidros em certas aplicações.



**Figura 4 – Peça injetada em NetShape, utilizada em implantes médicos.**



**Fonte: PerformancePlastics (2023).**

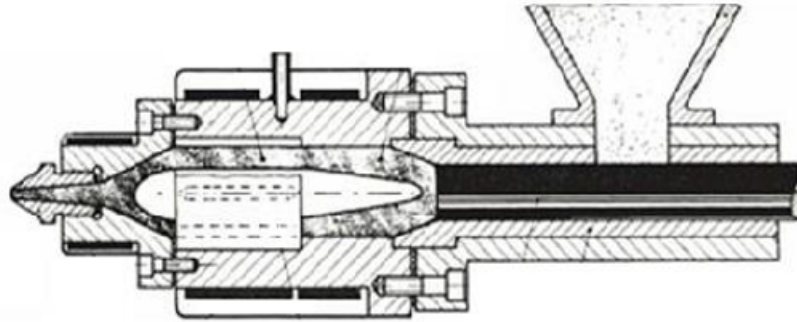
## **2.2 Processamento de polímeros**

Existem várias maneiras de se processar um polímero, porém a indústria conta com a extrusão e a injeção sendo os métodos mais utilizados no mercado, representando respectivamente 65,9% e 32,9% do mercado brasileiro, de acordo com uma pesquisa realizada pela Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2019). A Figura 1 apresenta como os processos produtivos para fabricação de transformados plásticos são distribuídos no mercado brasileiro

### **2.2.1 Moldagem por injeção**

A moldagem por injeção é um dos principais métodos de processamento de polímeros termoplásticos. De acordo com Souza (2015) as máquinas injetoras tem diferentes tipos de mecanismos de funcionamento, mas podem ser diferenciadas entre dois, um modelo antigo e um modelo moderno. O modelo antigo Figura 5 funciona a base de um pistão para a injeção do plástico derretido em um molde.

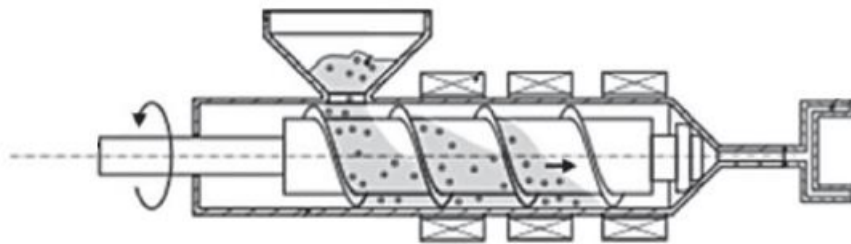
**Figura 5 – Modelo de injeção por pistão.**



Fonte: Souza (2015).

O modelo ilustrado na Figura 6 utiliza um parafuso com rosca alternada para realizar a injeção, produzindo assim uma peça mais homogênea em comparação com uma feita no modelo antigo. Este método requer o uso de um molde para que o plástico atinja sua forma, que é normalmente feito em aço carbono ou em ligas de alumínio.

**Figura 6 – Modelo de injeção por rosca.**



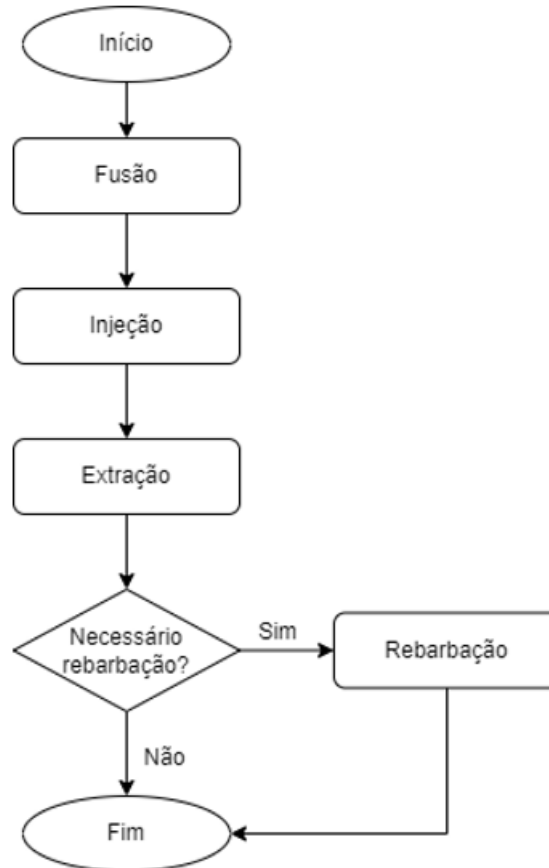
Fonte: Souza (2015).

Segundo Groover (2014) o ciclo de moldagem por injeção pode ser resumido em um processo de quatro partes, sendo: plastificação, injeção, extração e rebarbação:

1. Fusão: o plástico normalmente em forma de pelotas é adicionado na máquina via um funil, em seguida o mesmo é aquecido até derreter;
2. Injeção: o plástico agora derretido será injetado no molde, para isso, é necessário aplicar a pressão necessária para o mesmo escoar completamente pela cavidade do molde. Essa pressão pode ser aplicada por métodos hidráulicos, pneumáticos ou manuais, e depende do tipo de polímero a ser injetado;
3. Extração: após o plástico esfriar e solidificar por completo, a peça agora no formato desejado pode ser retirada do molde e se necessário passar pelo processo de rebarbação;
4. Rebarbação: é o processo utilizado para a remoção do excesso de material decorrente desse tipo de moldagem. Esta etapa pode ou não ocorrer, pois depende do produto final possuir ou não rebarbas.

O fluxograma ilustrado na Figura 7 apresenta um esquema resumido do ciclo de moldagem por injeção.

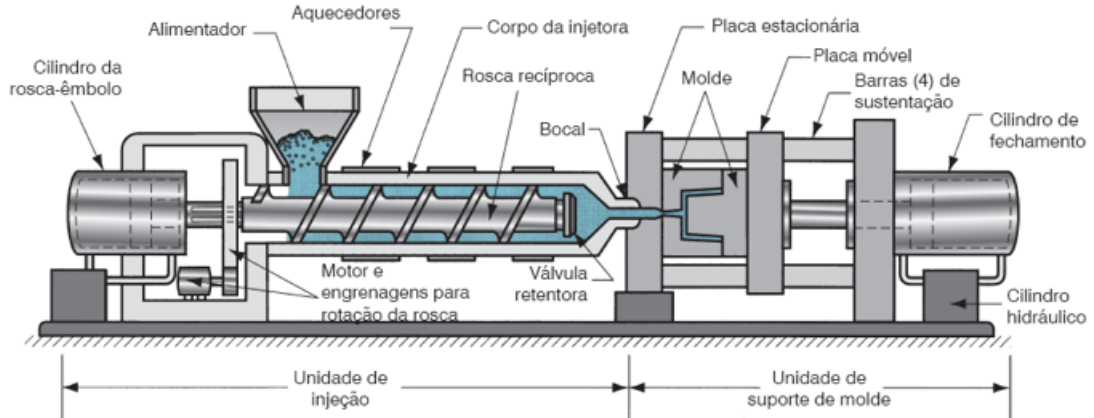
**Figura 7 – Fluxograma ciclo de moldagem por injeção.**



Fonte: Adaptado de GROOVER (2014).

O diagrama da Figura 8 ilustra uma máquina de moldagem por injeção tipo rosca alternada para ajudar a relacionar as etapas do processo com a máquina.

**Figura 8 – Diagrama de uma máquina de moldagem por injeção tipo rosca alternada.**



Fonte: GROOVER (2014).

Este método possui várias vantagens. Uma produção por injeção em larga escala pode gerar produtos de alta qualidade e ótima repetibilidade em uma alta taxa de produção, além de ser um processo relativamente barato, pois seu custo de operação é baixo, além de ser altamente automatizável. Groover (2014) indica a desvantagem de que existe um alto custo inicial, com máquina e moldes, fazendo que seja necessário um grande número de peças a serem produzidas para que seja pago o investimento.

### 2.3 Comportamento térmico

Segundo Canevarolo (2006), os polímeros apresentam ao menos três temperaturas de transição: transição vítrea, fusão cristalina e cristalização:

1. Temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ): É a temperatura de valor médio na faixa de temperatura do material polimérico que quando atingida por meio de aquecimento, permite que as cadeias poliméricas passem por conformação;
2. Temperatura de fusão cristalina ( $T_m$ ): Esta temperatura é o valor médio da faixa de temperatura que durante o aquecimento, desaparecem as regiões cristalinas com a fusão dos cristalitos. Nessa temperatura a energia do sistema tem o nível necessário para se tornar superior as forças intermoleculares secundárias, destruindo a estrutura regular de empacotamento. Só tem relevância quando aplicada em polímeros semicristalino, onde afeta volume específico e entalpia;
3. Temperatura de cristalização ( $T_c$ ): Durante o resfriamento de um polímero semicristalino que tenha atingido a  $T_m$ , é atingida uma temperatura baixa o suficiente para que aconteça uma organização as cadeias poliméricas, essa ordenação permite a formação de estruturas cristalinas.

Michaeli (1995) apresenta o conceito de temperatura de degradação ( $T_z$ ), que também é de relevância para análise dos polímeros. Essa temperatura representa um valor excessivo de energia a ser aplicada ao polímero, que caso sejam atingidas temperaturas acima tende a causar degradação do material.

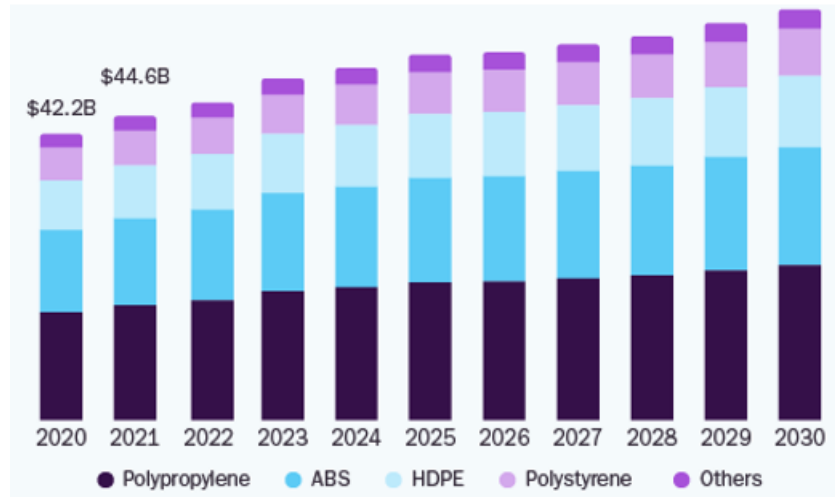
### 2.4 Materiais utilizados em moldagem por injeção

Os materiais que são mais utilizados na moldagem por injeção são os termoplásticos justamente devido a suas características quando aquecidos.

Embora exista uma variedade de materiais disponíveis, o polipropileno (PP), a acrilonitrila butadieno estireno (ABS), o polietileno de alta densidade (HDPE) e o poliestireno (PS) dominam a maior parte do mercado de injeção, segundo uma pesquisa realizada pela Grand

View Research em 2021 sobre o mercado de moldagem por injeção nos Estados Unidos da América, apresentada abaixo na Figura 9.

**Figura 9 – Mercado de moldagem por injeção nos EUA por material em bilhões de dólares.**



Fonte: GVR (2021).

As propriedades a serem consideradas para a injeção de um polímero são sua temperatura de injeção, pressão de injeção mínima e máxima, fator volumétrico e calor específico. A Tabela 1 indica as características de alguns dos materiais mais utilizados para modelagem por injeção.

**Tabela 1 – Valores para cálculo de capacidade de injeção e capacidade de plastificação**

Material	Temperatura de Injeção (°C)	Pressão de injeção mínima (kgf/cm <sup>2</sup> )	Pressão de injeção máxima (kgf/cm <sup>2</sup> )	Fator volumétrico	Calor específico (kcal/kf)
PEAD	170-250	700	1400	1,81	325
PEBD	150-250	400	1400	2,07	275
PP	170-280	405	1400	1,94	275
PSAI	180-280	750	1400	2,02	135
SAN	190-300	700	1400	2,03	135
ABS	180-225	500	1400	1,90	155
PA 6	225-300	700	1400	2,05	325
PA 66	225-300	700	1400	2,05	325
PMMA	190-260	800	1400	1,90	122
POM	180-210	700	1400	1,90	181
PC	270-320	980	1400	1,90	340

Fonte: Souza (2015).

## 2.5 Força de fechamento

Força de fechamento (FF) é uma característica que expressa qual a força máxima que a máquina manterá o molde fechado (SOUZA, 2015). É normalmente expressa em termos de toneladas-força. O que ela indica é que, conforme maior a pressão exercida para se fazer a

injeção de determinada peça e quanto maior for a área projetada da mesma, maior será a força necessária para manter o molde fechado. Caso o molde se abra, pode se formar rebarbas. É considerado também um fator de correção da queda de pressão, devido a resistência e atrito do material com a parede do molde, e o aumento da viscosidade do material conforme o resfriamento do mesmo, faz com que a força de fechamento seja menor.

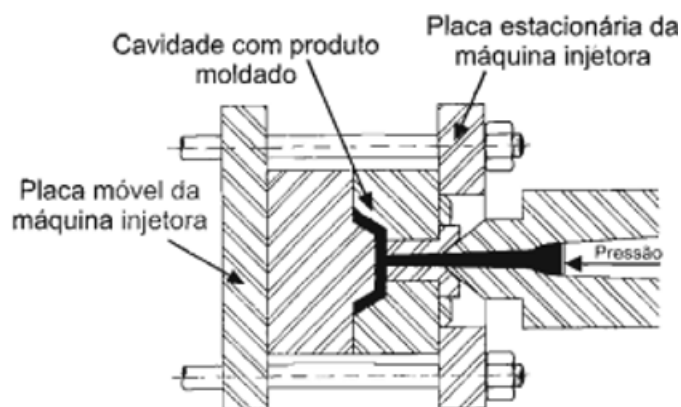
$$FF = A * P * S * 1/2 \quad (1)$$

- FF = Força de fechamento (kgf);
- A= Área projetada (cm<sup>2</sup>);
- P = Pressão de injeção (kgf/cm<sup>2</sup>);
- S = Fator de segurança;
- 1/2 = Fator de correção da queda de pressão na cavidade.

## 2.6 Moldes para injeção

Além da máquina injetora, é necessário se ter um molde com o formato desejado para realizar um processo de injeção, afinal, o polímero a ser injetado irá solidificar na forma que a cavidade do molde tiver, a Figura 10 representa um esquema simples de injeção no molde. Esse molde normalmente é feito de algum tipo de aço ferramenta, e pode ser fabricado utilizando vários processos de fabricação, como fresamento, eletroerosão, polimento, entre outros (HARADA, 2004).

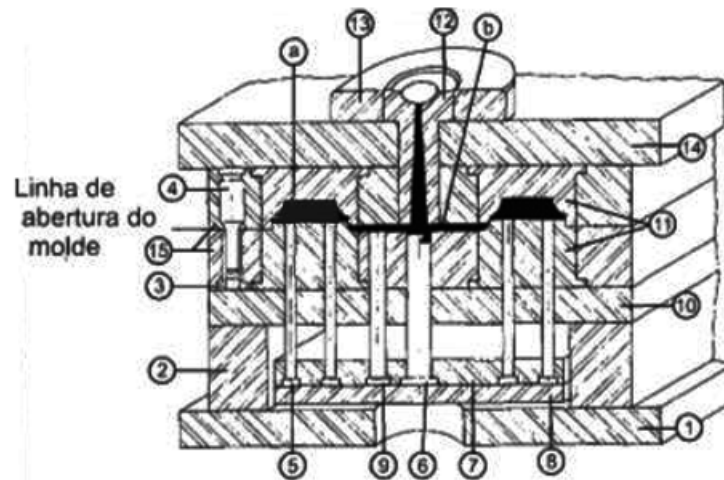
**Figura 10 – Esquema de molde de injeção.**



Fonte: HARADA (2004).

As partes que constituem um molde seguem um padrão geral de acordo com a Figura 11.

Figura 11 – Partes de um molde de injeção.



Fonte: HARADA (2004).

1. Placa de fixação inferior
2. Coluna ou espaçador
3. Bucha-guia
4. Coluna-guia
5. Pino extrator
6. Extrator de canal
7. Placa porta-extratores
8. Placa impulsora
9. Pino de retorno
10. Placa-suporte
11. Postiços
12. Bucha de injeção
13. Anel de centragem
14. Placa de fixação superior
15. Placa de montagem de postiços superior e inferior

Além disso, de acordo com Souza (2015) existem diversos tipos de moldes para a moldagem por injeção, cada um com características específicas, e sua seleção irá depender de vários fatores, como o polímero a ser injetado, formato e tamanho desejado, tipo de máquina

injetora, capacidade de injeção, força de fechamento, quantidade de cavidades, tipo de extração, viabilidade econômica, entre outros. Pode-se também ter mais de uma entrada de plástico dependendo do projeto a ser seguido.

Souza os classifica como:

- Molde de duas placas;
- Molde de três placas;
- Molde de injeção com câmara-quente;
- Molde com núcleo rotativo;
- Molde com gavetas.

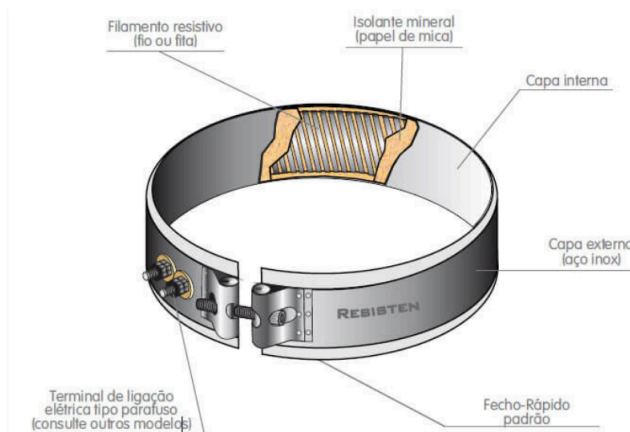
A aquisição do molde pode ser um empecilho na hora de orçar um processo de moldagem por injeção, justamente por ser feito de materiais relativamente caros, e por envolver tantos processos de usinagem, sua viabilidade econômica pode ser comprometida.

## 2.7 Componentes eletrônicos

### 2.7.1 Resistência elétrica tipo coleira

Resistências elétricas do tipo coleira são recursos utilizados para fazer o aquecimento de unidades de injeção de várias máquinas injetoras disponíveis no mercado. As resistências tipo coleiras de uso comercial, como ilustrada na Figura 20, possuem uma dissipação de potência de até 4w/cm, uma corrente máxima de 25A e podem atingir uma temperatura máxima de até 300°C, mais que suficiente para possibilitar a conformação da maioria dos materiais utilizados na moldagem por injeção como visto na Tabela 1, além de diâmetros variados, entre 50mm e 300mm, para diferentes aplicações .

**Figura 12 – Resistência do tipo coleira**



Fonte: RESISTEN (2022).



### 2.7.2 Termopares

É possível observar mudança de propriedades elétricas quando dois metais diferentes que são unidos por uma junção forem submetidos a mudanças de temperatura, de acordo com Fialho (2010), esse é o princípio de funcionamento de termoelementos ou termopares.

Fialho aponta que podem ser realizadas várias combinações de metais condutores, esses podendo ser metais puros ou ligas, para as diferentes operações, podendo ser para usos industriais ou para laboratório. Cada tipo de termopar possui características específicas, como por exemplo, faixa de utilização específica, resistência a corrosão e custo.

Segundo Fialho pode-se dividir os termopares em três grupos:

- Tipos básicos:
  - Tipo T (Cobre-Constantan);
  - Tipo J (Ferro-Constantan);
  - Tipo E (Cromel-Constantan);
  - Tipo K (Cromel-Alumel);
  - Tipo N (Nicrosil-Nisil).
- Tipo nobres (São denominados assim devido a presença de platina como elemento básico):
  - Tipo S (Platina-Ródio 10%);
  - Tipo R (Platina-Ródio 13%);
  - Tipo B (Platina-Ródio 6%).
- Tipos Especiais (Termopares com características especiais que possuem aplicações específicas):
  - Termopar com liga (Tungstênio-Rhênio);
  - Termopar com liga (Iridio-Ródio);
  - Termopar com liga (Platina-Ródio);
  - Termopar com liga (Ouro-Ferro).

### 2.7.3 Controlador PID

Controladores de temperatura como o da Figura 13 são utilizados para realizar o monitoramento e ajuste de temperatura, sendo conectado a um termopar e a uma resistência elétrica. O controlador N1030-PR tipo PID da Novus é um exemplo do tipo de equipamento que consegue trabalhar com uma fonte de alimentação de 127 V ou 220 V.

Figura 13 – Controlador de temperatura digital N1030-PR.



Fonte: NOVUS (2022).

## 2.8 Máquina injetora

É com a máquina injetora que todo o processo de moldagem por injeção é realizado. Tem a função de fornecer o polímero selecionado na temperatura, velocidade e pressão ideal na cavidade do molde, ao mesmo tempo que controla a força de fechamento a ser aplicada no mesmo (SOUZA, 2015).

Existem alguns modelos de injetoras, de acordo com Souza (2015) elas evoluíram de injetoras RAM de 1 estágio para 2 estágio, em seguida para injetoras com cilindro pré-plastificador, até chegarem nas versões com rosca plastificadora. Além disso elas podendo ser classificadas entre funcionamento horizontal e vertical, e pelo seu tipo de acionamento. O critério de escolha desse tipo de máquina está relacionado com tipo de peça a ser injetada.

As injetoras horizontais são o modelo mais comum presente no mercado, de acordo com Souza (2015). Elas normalmente possuem sistema de extração e resfriamento do molde, e por causa disso podem ter ciclos de injeção consideravelmente menores que as de modelo vertical como a da Figura 14 abaixo.

Figura 14 – Máquina injetora horizontal modelo M E 130 T Servo.



Fonte: Maruti (2022).

Injetoras verticais tendem a ter uma complexidade menor, são mais simples e possuem pouca possibilidade de automação (embora existam modelos sofisticados que vão contra essa tendência) como pode ser visto na Figura 15 abaixo. Esse tipo de orientação, segundo Souza (2015), está relacionado com a necessidade de injeção de peças com grandes inserts.

**Figura 15 – Máquina injetora vertical modelo JY-160S2.**



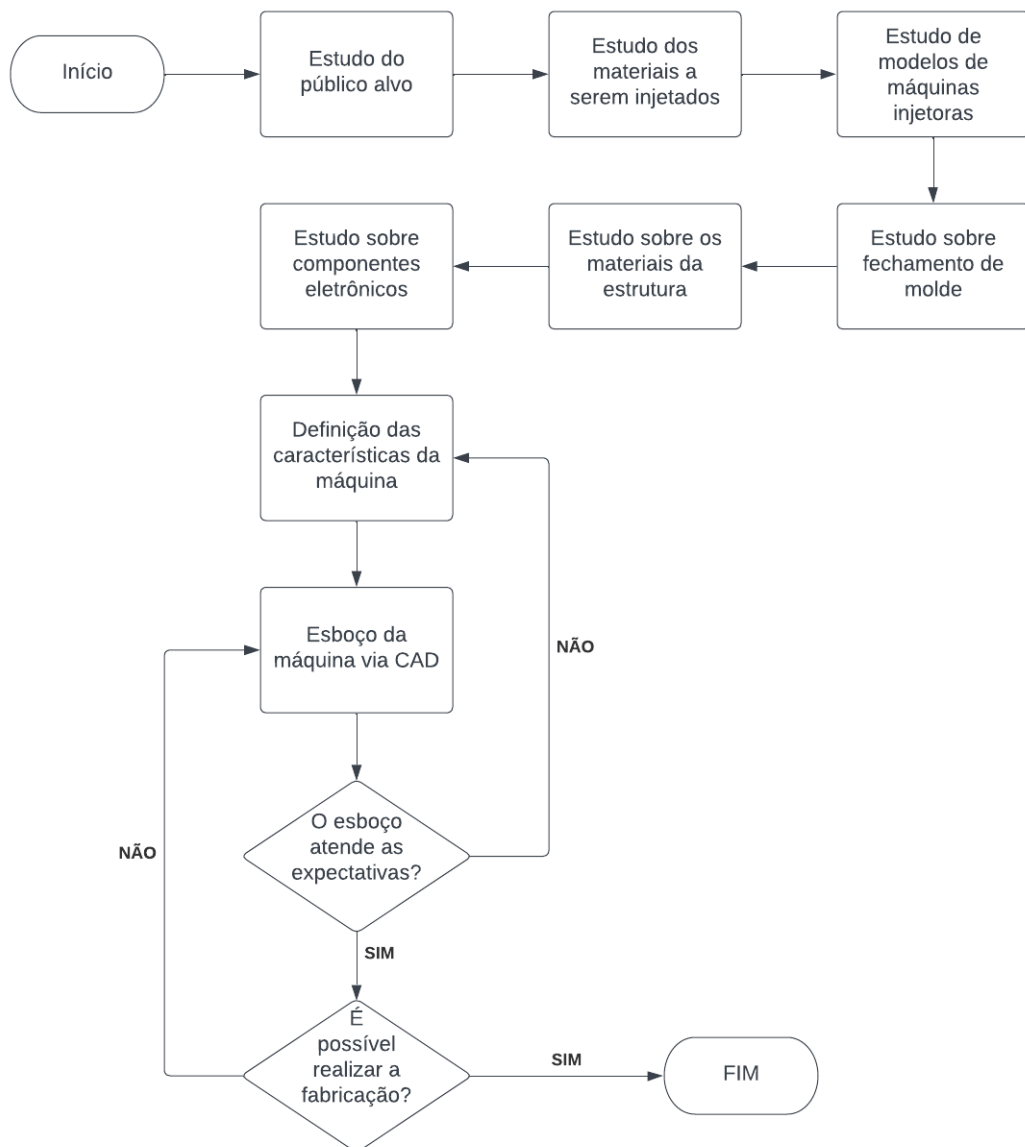
**Fonte: Dongguan (2022).**

Máquinas injetoras voltadas para baixa produção ou para pesquisa existem em diferentes modelos, mais compactos que as de uso industrial, mas seguem o padrão de orientação vertical ou horizontal.

### 3 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do protótipo da máquina injetora manual de bancada se baseia na utilização dos recursos disponíveis em laboratórios da UTFPR - Campus Guarapuava, bem como o uso das máquinas de usinagem a disposição. O projeto se baseia em um conjunto de características que a máquina deverá possuir para atender a demanda proposta e posteriormente realizar um esboço em CAD. Para o auxílio do levantamento das características foram desenvolvidos dois fluxogramas, sendo que o primeiro da Figura 16 representa as etapas de referencial e metodologia.

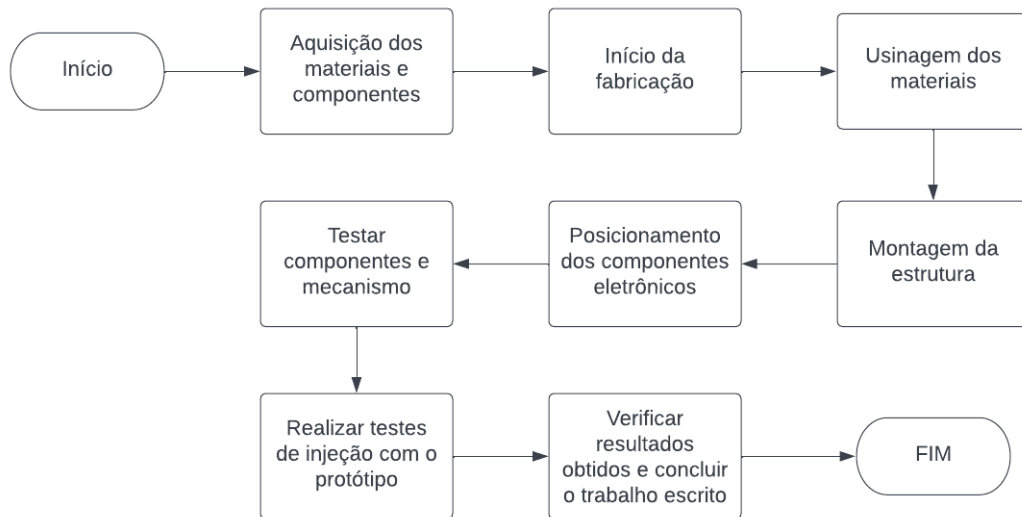
**Figura 16 – Fluxograma 1 - Referencial / Metodologia**



Fonte: Autoria própria.

O segundo fluxograma, da Figura 17, apresenta as etapas de materiais e métodos e de resultados, indicando os passos seguidos durante o trabalho.

**Figura 17 – Fluxograma 2 - Materiais e métodos / Resultados**



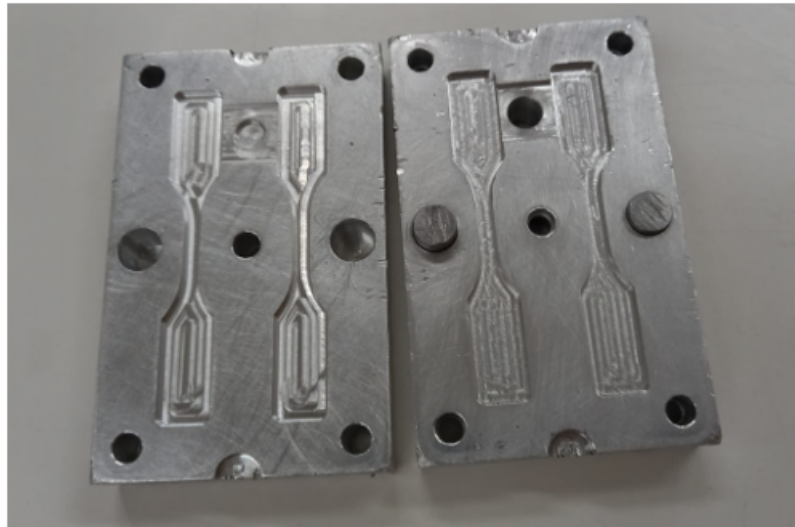
**Fonte: Autoria própria.**

A partir dos fluxogramas, podemos visualizar a ordem que se deve seguir para o desenvolvimento correto do projeto. É de extrema importância que as características da máquina sejam bem definidas nessa etapa do projeto, para evitar desperdício de recursos e tempo com ajustes e modificações.

### 3.1 Público alvo

O desenvolvimento desse projeto tem como objetivo atender uma demanda existente na área de pesquisa de polímeros. É de suma importância que o equipamento desenvolvido consiga atender as necessidades básicas de pesquisadores na área, e para isso deve ser capaz de realizar a injeção de corpos de prova para ensaio de tração que seguem o padrão representado na Figura 18 de um molde de corpo de prova disponível no laboratório da UTFPR - Campus Guarapuava.

**Figura 18 – Molde de corpo de prova**



**Fonte: Aatoria própria.**

### **3.2 Materiais injetáveis**

A seleção de alguns materiais é necessária para termos mais de um material para comparação de resultados. Para este projeto, será realizado uma análise em cima de dois: o polipropileno (PP) e Acrilonitrila butadieno estireno (ABS), devido ao seu amplo uso na área de moldagem por injeção. Ambos os materiais necessitariam temperaturas de cerca de 150-300 °C para atingir sua temperatura de transição vítrea. Deve ser possível também atingir a sua pressão mínima de injeção, em torno de 500 kfg/cm<sup>2</sup>.

### **3.3 Tipo de máquina injetora**

O tipo de máquina que melhor atende esse projeto é uma injetora de bancada vertical, pois esse tipo de injetora tende a ser mais barata que as de modelo horizontal, para os casos de injeção de pequenos lotes de peças. Para o esboço será realizado uma adaptação do modelo Iron Technics TP15 da Figura 19.

**Figura 19 – Máquina injetora manual modelo TP15.**



**Fonte: Iron Technics (2022).**

### **3.4 Tipo de atuador**

Um aspecto importante a ser considerado é com que tipo de atuador que a máquina irá funcionar. Como o intuito deste trabalho é desenvolver uma injetora acessível, a mesma irá funcionar de maneira manual, via uma alavanca, sem depender de atuadores hidráulicos, elétricos, ou pneumáticos.

### **3.5 Materiais da estrutura**

É de suma importância que a unidade de injeção (especificamente o tubo e o pistão de injeção) sejam feitos de materiais resistentes a corrosão e degradação, afinal são eles que passam por vários ciclos de aquecimento e resfriamento, então a escolha de alguma liga de aço inoxidável é ideal para essa aplicação.

O restante da máquina pode ser feito com aços mais baratos e acessíveis, mas que sejam resistentes o suficiente para que não sejam comprometidos com o uso prolongado da máquina, um exemplo de material a ser utilizado é o Aço SAE 1020, pelas suas características de ser maleável e fácil de soldar.

### 3.6 Componentes eletrônicos

Os componentes eletrônicos foram dimensionados para garantir o aquecimento do tubo de injeção e o funcionamento adequado da máquina.

A resistência tipo coleira da Figura 20 possui uma potência de 200w, suficiente para atender a demanda da máquina, com dimensões de 30mm de diâmetro e 50mm de comprimento.

**Figura 20 – Resistência do tipo coleira**



**Fonte: Autoria própria.**

O termopar selecionado é do tipo K da Figura 21. Tem uma faixa de leitura adequada ( $0^{\circ}\text{C}$  à  $400^{\circ}\text{C}$ ), e possui alta resistência a oxidação devido as ligas de Cromel (Níquel e Cromo) e Alumel (Níquel e Alumínio) presentes.

**Figura 21 – Termopar tipo K**



**Fonte: Autoria própria.**

O controlador PID modelo REX-C100 da Figura 22 possui as características necessárias para essa máquina. Possui dois displays, um para leitura e outro para controlar a temperatura e suporta o sensor termopar tipo K.



**Figura 22 – Controlador PID REX-C100**



**Fonte: Autoria própria.**

A fonte de alimentação utilizada possui potência de 200W, podendo assim realizar a alimentação de todo o sistema elétrico.

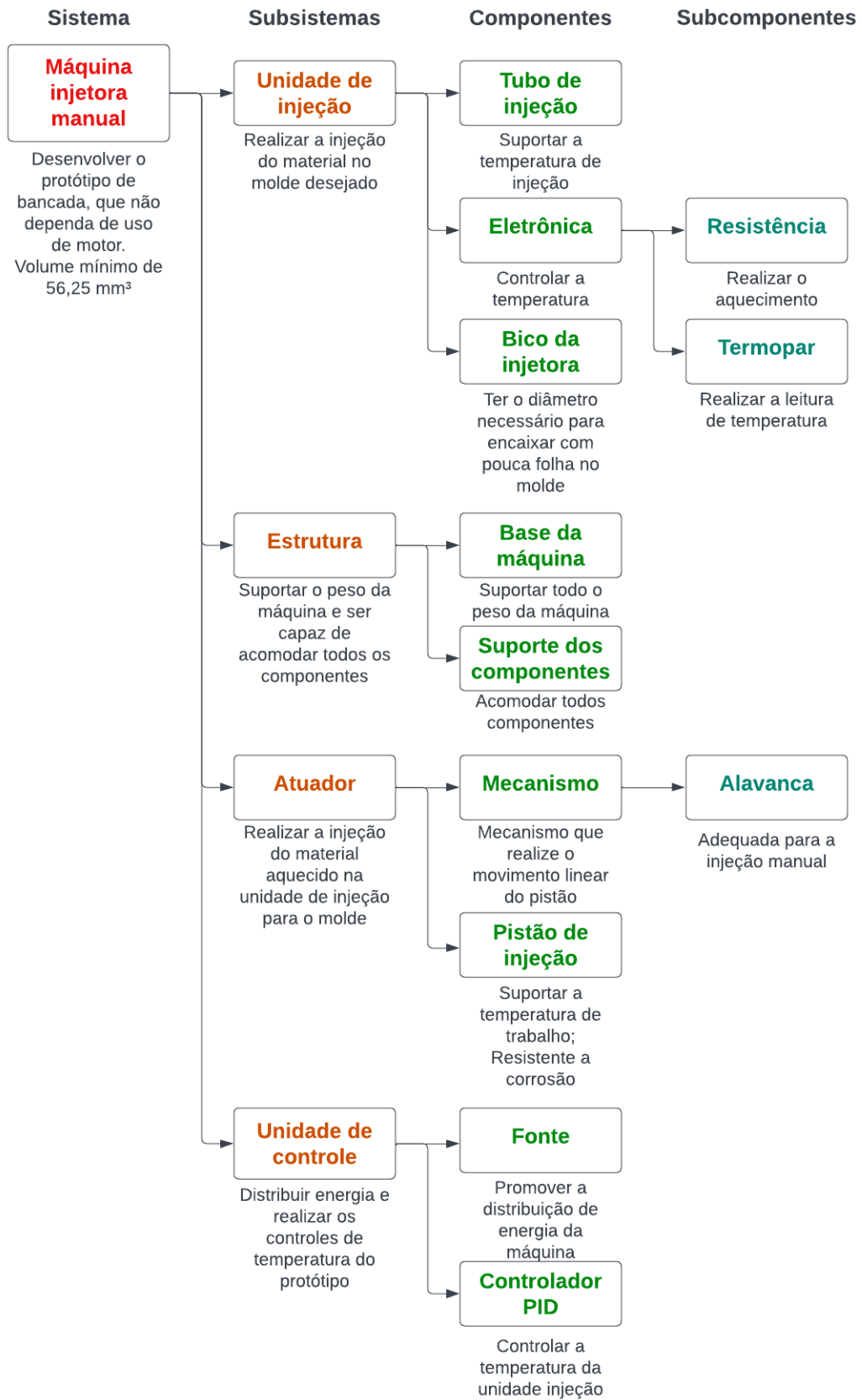
### **3.7 Árvore de projetos**

Com o levantamento do conjunto de características, foi desenvolvido a seguinte lista:

- Estudante e pesquisadores na área de polímeros;
- Materiais a serem injetados: Polipropileno (PP), Acrilonitrila butadieno estireno (ABS) e Ácido Polilático (PLA);
- Modelo de máquina injetora: Modelo vertical;
- Materiais da estrutura: Aço e aço inoxidável;
- Componentes eletrônicos: Resistência tipo coleira, termopar tipo K, controlador de temperatura PID.

Com as características bem definidas em mãos, uma árvore de projetos representada na Figura 23, com a finalidade de auxiliar o desenvolvimento do esboço em CAD.

Figura 23 – Árvore de projetos.



Fonte: Autoria própria.

Várias características podem ser levadas em conta antes do desenvolvimento do esboço, os materiais da estrutura são feitos com retalhos de vigas e barras de aço disponíveis na instituição então algumas das características da máquina podem não ser replicáveis, pois não são materiais comerciáveis. A unidade de injeção e o atuador utilizam materiais de aço inoxidáveis que foram adquiridos com o intuito de evitar oxidação e degradação desses materiais, pois estão sofrendo com ciclos de aquecimento e resfriamento.

Parte dos componentes da máquina já estavam disponíveis, outros foram adquiridos. A lista a seguir faz uma relação dos itens presentes na instituição para uso:

- Controlador PID; Termopar; Fonte; Retalhos de viga para estrutura da máquina; Barras de aço para fabricação do mecanismo de alavanca; rolamento linear; molas;

A seguir, os itens que foram necessários adquirir:

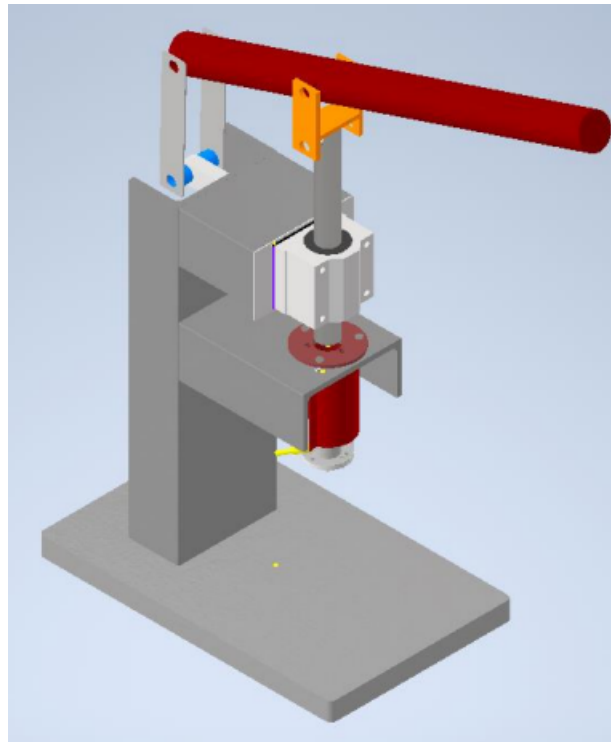
- Resistência tipo coleira; Barras de inox para tubo de aquecimento e pistão; parafusos; porcas; arruelas; tinta anti-temperatura.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise da árvore de projetos, é possível verificar várias áreas de conhecimento sendo aplicadas. Conhecimentos relacionados a mecanismos, mecânica dos sólidos, ciência dos materiais, instrumentação industrial, eletrônica e de gestão de projetos foram utilizados para o desenvolvimento do projeto.

Com base nos itens descritos na seção anterior, foi desenvolvido um esboço CAD para verificar quais métodos de usinagem e fabricação devem ser utilizados. A Figura 24 representa um esboço realizado no software de modelagem Autodesk Inventor. O detalhamento dos itens usinados encontra-se no Apêndice A.

**Figura 24 – Esboço CAD da máquina injetora.**



**Fonte: Autoria própria.**

É possível visualizar com clareza o mecanismo que permite a injeção do plástico. A linearidade do pistão é de extrema importância para realizar o processo de injeção, e para isso deve-se garantir o alinhamento entre o tubo de injeção e o rolamento linear. Vários métodos e máquinas de usinagem foram utilizados para realizar a fabricação. Dentre eles: torno mecânico, fresa mecânica, serra guilhotina, esmerilhadeira, furadeira e CNC. As peças representadas na Figura 25, foram fabricadas pelos métodos de usinagem mencionados

**Figura 25 – Materiais da máquina usinados.**



**Fonte: Aatoria própria.**

A partir do momento que todos os materiais foram adquiridos e usinados, deve-se partir para a montagem do protótipo, a estrutura deve ser unida a partir de soldagem tipo MIG, sendo o tipo de soldagem disponível nos laboratórios da instituição. Essa etapa é seguida da pintura da estrutura com tinta anti-temperatura, para evitar a oxidação dos materiais em aço e dos efeitos causados pelos ciclos de temperatura. Outros componentes serão fixados a partir de parafusos, pinos e outros sistemas de travas.

O sistema da unidade de controle foi testado com os componentes adquiridos representados na Figura 26, com o termopar e a resistência posicionados no tubo de injeção, os mesmos foram conectados ao controlador PID e este a fonte. Foi possível realizar o controle do tubo de aquecimento até a temperatura de 235°C, que é a temperatura média de injeção para vários polímeros, de acordo com a Tabela 1, provando que componentes dimensionados foram adequados para essa aplicação.

**Figura 26 – Unidade de controle da máquina injetora.**



**Fonte: Aatoria própria.**

Com os materiais usinados, e componentes eletrônicos devidamente testados, foi executado a soldagem das peças fixas, a Figura 27 apresenta o resultado da estrutura.

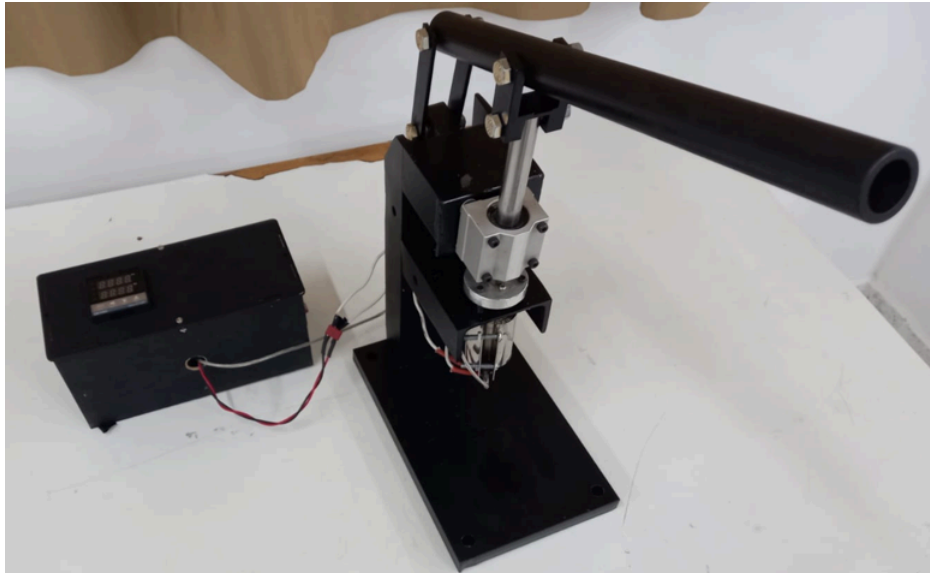
**Figura 27 – Estrutura soldada.**



**Fonte: Aatoria própria.**

Após a pintura da estrutura, montagem dos componentes eletrônicos, e posicionamento da alavanca atuadora, o resultado final do projeto é dado como na Figura 28.

**Figura 28 – Protótipo injetora manual finalizada.**



**Fonte: Aatoria própria.**

O mecanismo do pistão funcionou como esperado, e a partir do uso de arruelas na guia linear, foi possível garantir a linearidade do pistão com o tubo de aquecimento, permitindo que a máquina funcionasse da maneira como foi projetada.

#### **4.1 Discussões**

Com base no desenvolvimento realizado, o projeto do protótipo faz o uso de várias ferramentas, bem como o uso do referencial teórico em toda a tomada de decisão ao longo do trabalho. O uso das ferramentas de fluxograma e árvore de projetos permitem visualizar de maneira clara as etapas a serem seguidas, e os itens presentes em cada passo do projeto, e reforçam a importância de um bom planejamento, como estudado em matérias de Metodologia de Projetos de Máquina e Gestão de Projetos.

O protótipo pode indicar uma certa simplicidade no desenvolvimento da máquina, todavia, várias áreas do conhecimento de engenharia foram necessárias para a elaboração do mesmo, dentre elas estão:

- Mecânica Geral;
- Mecanismos;
- Ciência dos materiais;
- Usinagem;
- Comandos Numéricos Computadorizados;
- Desenho de máquinas;

- Elementos de máquinas;
- Instrumentação Industrial;
- Metodologia de projeto de máquinas;
- Gestão de projetos.

Além do tempo gasto, e dos vários métodos de usinagem e fabricação que foram utilizados para sua conclusão.

A verificação da eficácia da máquina foi comprovada a partir do teste realizado com a injeção do corpo de prova, que embora não tenha gerado um produto perfeito, foi possível concluir que a máquina de fato operou da maneira pela qual foi projetada, realizando o ciclo de plastificação do material polimérico e demonstrando o funcionamento do mecanismo de injeção, e que poderia produzir peças de qualidade satisfatória caso uma matriz seja produzida nas especificações da máquina.

#### 4.2 Testes realizados

O teste da máquina foi realizado utilizando um molde de corpo de prova conforme Figura 18, com o uso do polímero Polipropileno (PP). Devido o molde não ter sido projetado para essa máquina em específico, não foi possível realizar a injeção da maneira correta, porém, o mecanismo foi comprovado que funciona da maneira pela qual foi projetado.

O resultado obtido na Figura 29 mostra que o ciclo de injeção foi interrompido, um dos corpos de prova ficou incompleto (indicado em vermelho), isso se deu a queda de pressão que ocorreu pela incompatibilidade do bico da máquina com a entrada do molde do corpo da prova.

**Figura 29 – Corpo de prova injetado.**



Fonte: Autoria própria.



## 5 CONCLUSÕES

Devido a incompatibilidade entre a entrada do molde com o bico da máquina, não foi possível concluir o ciclo de injeção da maneira esperada, todavia, isso poderia ser resolvido com a confecção de uma matriz próprio para a mesma. Infelizmente, devido ao tempo hábil e a falta de recursos financeiros, não foi possível desenvolver um molde específico para a máquina.

Embora o problema apresentado, os objetivos propostos para o trabalho foram atingidos. Um protótipo funcional foi desenvolvido com sucesso, e foi possível realizar testes com uma matriz de corpo de prova disponível, assim, confirmando a eficiência do mesmo, com a necessidade de alguns ajustes.

Os custos para a fabricação se mantiveram baixos, considerando os materiais, métodos de fabricação presentes nos laboratórios da UTFPR - Campus Guarapuava, e do auxílio de estudantes e pesquisadores da instituição.

## 6 TRABALHOS FUTUROS

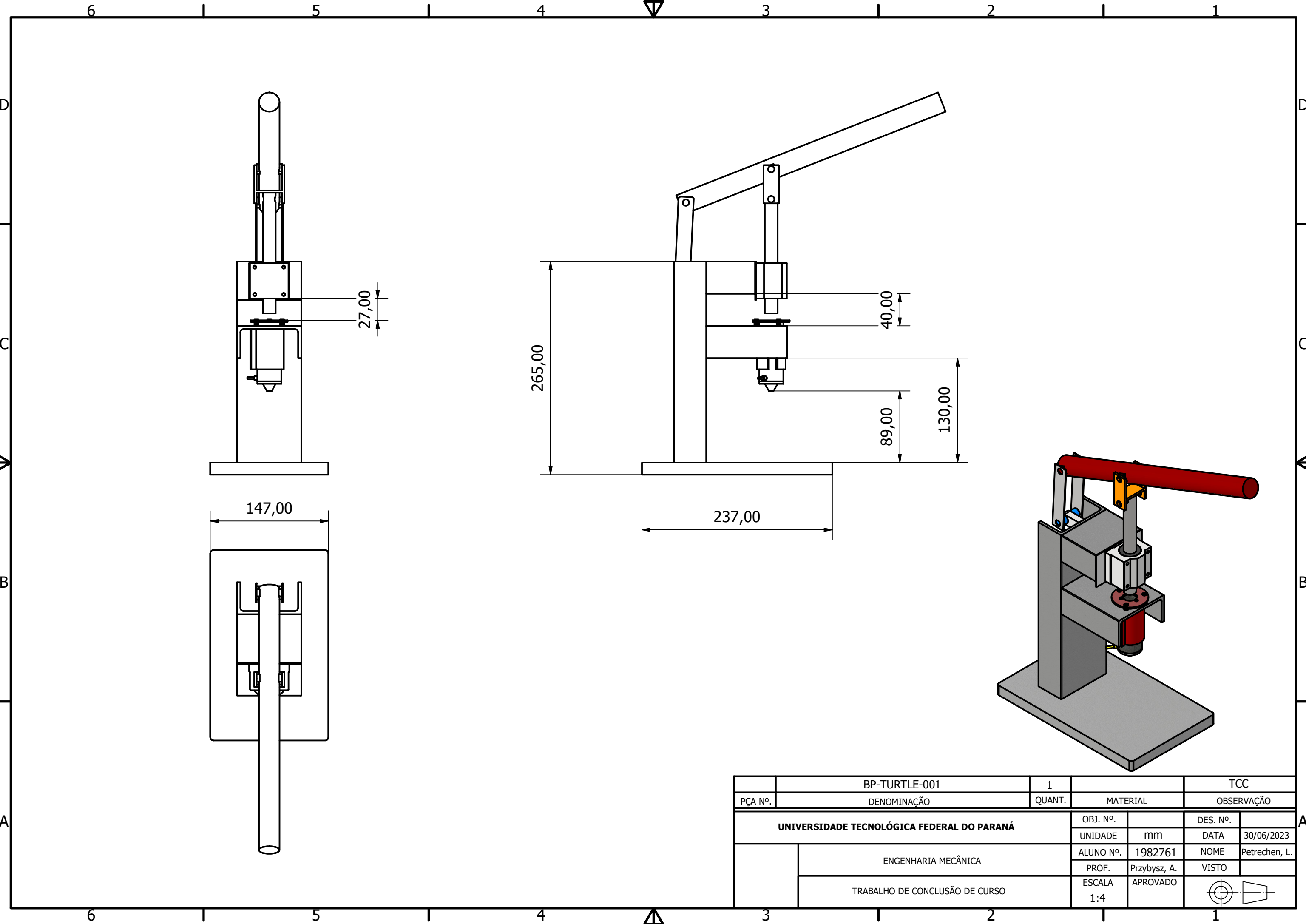
Como sugestão para trabalhos futuros, deixo uma lista de opções, considerando que o protótipo fará parte do laboratório de fabricação da UTFPR - Campus Guarapuava:

- Projetar uma matriz específica para esse protótipo;
- Realizar estudo utilizando outros tipos de polímeros como material de injeção;
- Realizar ensaios de tração com corpos de provas produzidos neste equipamento.

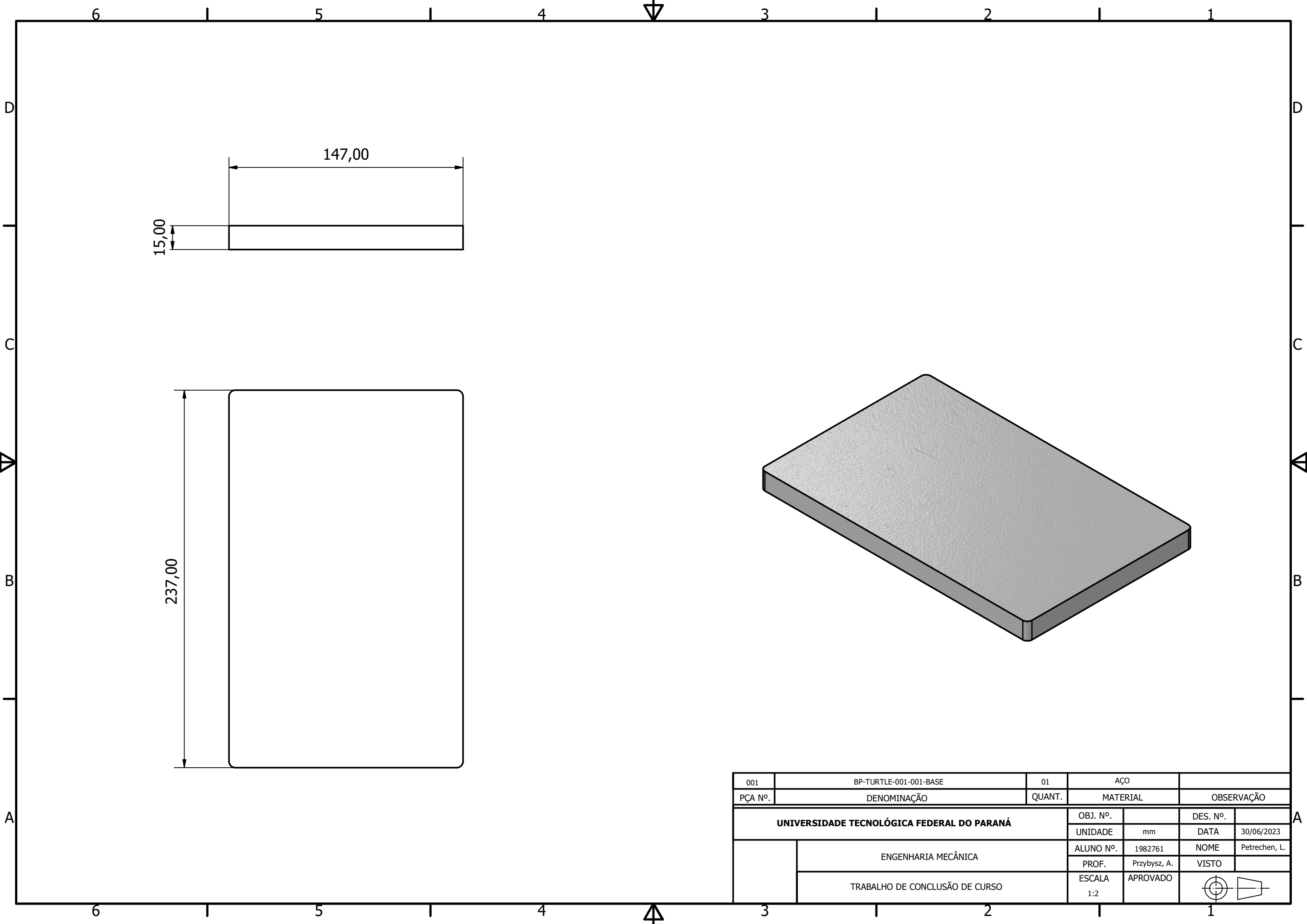
## REFERÊNCIAS

- ABIPLAST. **Perfil 2019: relatório estatístico anual**. [s.n.], 2019. Disponível em: [https://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2020/09/Perfil\\_2019\\_web\\_abiplast.pdf](https://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2020/09/Perfil_2019_web_abiplast.pdf). Acesso em: 02 mai. 2023.
- CANEVAROLO, J. S. **Ciência dos Polímeros**. [S.l.]: Editora Artliber, 2006.
- DONGGUAN. **Dongguan Jieyang Machinery Co., Ltd. Página inicial**. [s.n.], 2022. Disponível em: <https://www.jymachine.net>. Acesso em: 03 jun. 2022.
- FIALHO, A. B. **Instrumentação Industrial - Conceitos, Aplicações e Análises**. Saraiva, 2010. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536505190>. Acesso em: 27 mai. 2023.
- GROOVER, M. P. **Introdução aos Processos de Fabricação**. Grupo Gen, 2014. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2640-4>. Acesso em: 12 jun. 2022.
- GVR. **Injection Molded Plastics Market Size, Share Trends Analysis Report By Raw Material (Polypropylene, ABS, HDPE, Polystyrene), By Application (Packaging, Automotive Transportation, Medical), By Region, And Segment Forecasts, 2021 - 2028**. [s.n.], 2021. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/injection-molded-plastics-market>. Acesso em: 05 mai. 2022.
- HARADA, J. **Plásticos de engenharia: Tecnologia e aplicação**. [S.l.]: Editora Artliber, 2004.
- MARUTI. **Maruti Engineers. Página inicial**. [s.n.], 2022. Disponível em: <https://www.marutiengineers.in>. Acesso em: 01 jun. 2022.
- MICHAELI, W. **Tecnologia dos plásticos: livro texto e de exercícios**. [S.l.]: Editora Blücher, 1995.
- NOVUS. **Novus produtos eletrônicos. Página inicial**. [s.n.], 2022. Disponível em: <https://www.novus.com.br/site/>. Acesso em: 03 jun. 2022.
- PERFORMANCEPLASTICS. **Net Shape Molding**. [s.n.], 2023. Disponível em: <https://performanceplastics.com/capabilities/net-shape-molding/>. Acesso em: 23 mai. 2023.
- RESISTEN. **Resisten Resistências Elétricas. Resistência coleira**. [s.n.], 2022. Disponível em: <https://www.resisten.com.br/resistencia-coleira>. Acesso em: 01 jun. 2022.
- SOUZA, W. B. D. **Processamento de Polímeros por Extrusão e Injeção - Conceitos, Equipamentos e Aplicações**. Saraiva, 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536520513>. Acesso em: 20 mai. 2022.

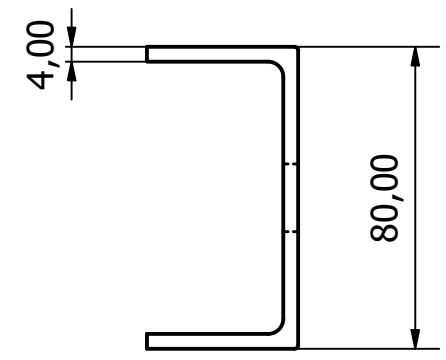
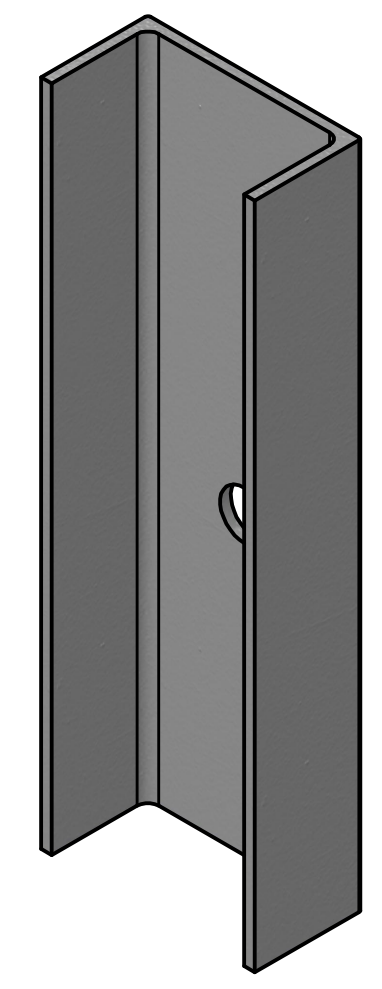
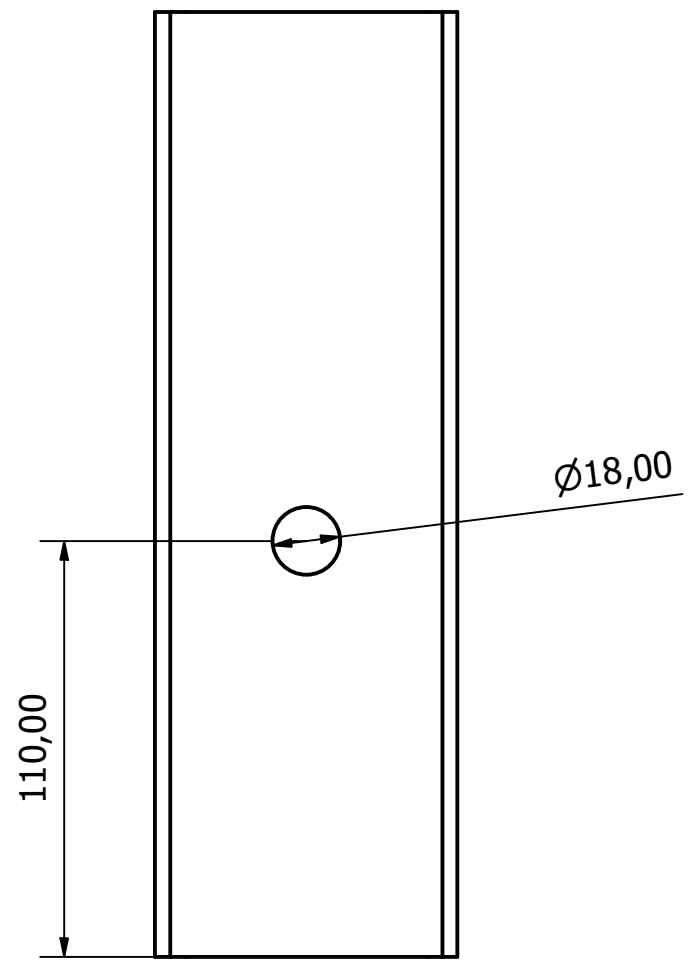
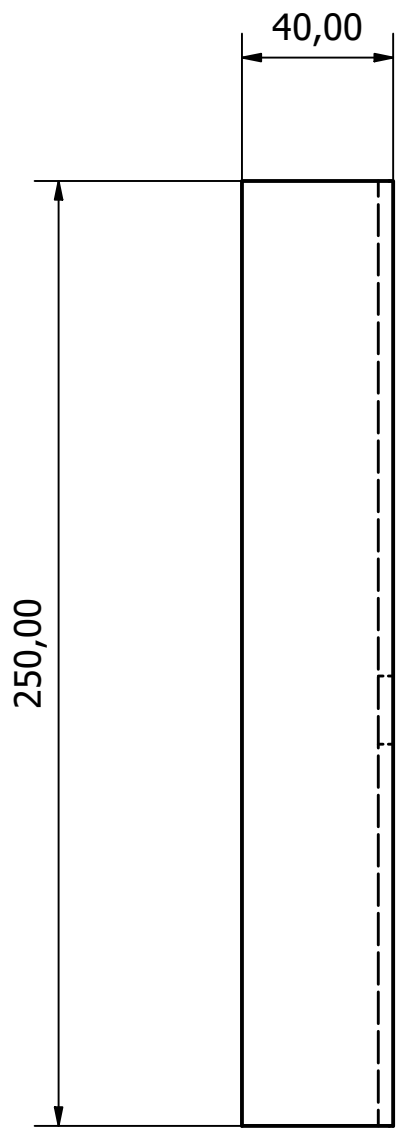
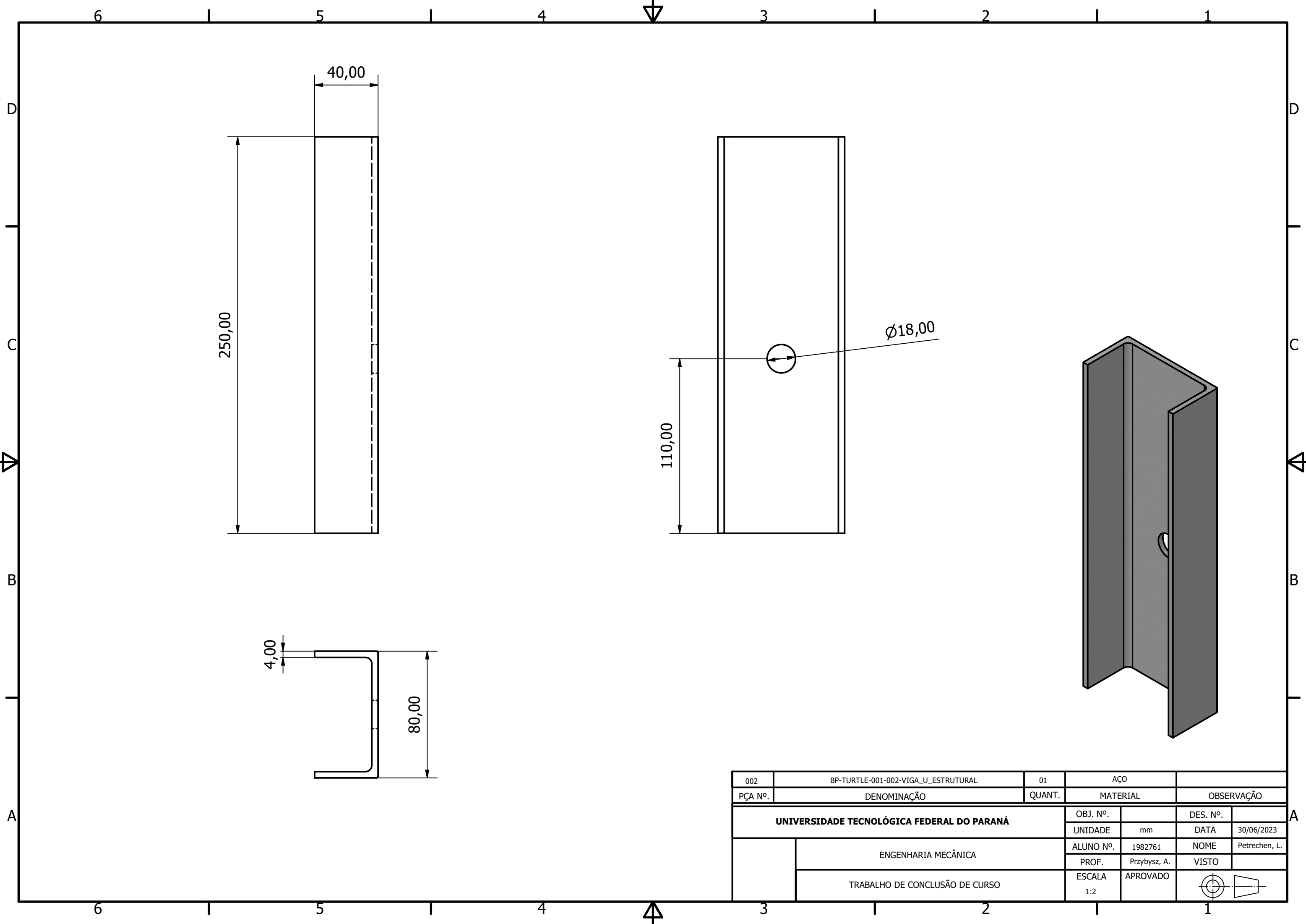
## **APÊNDICE A – Detalhamento do projeto BP-TURTLE-001**



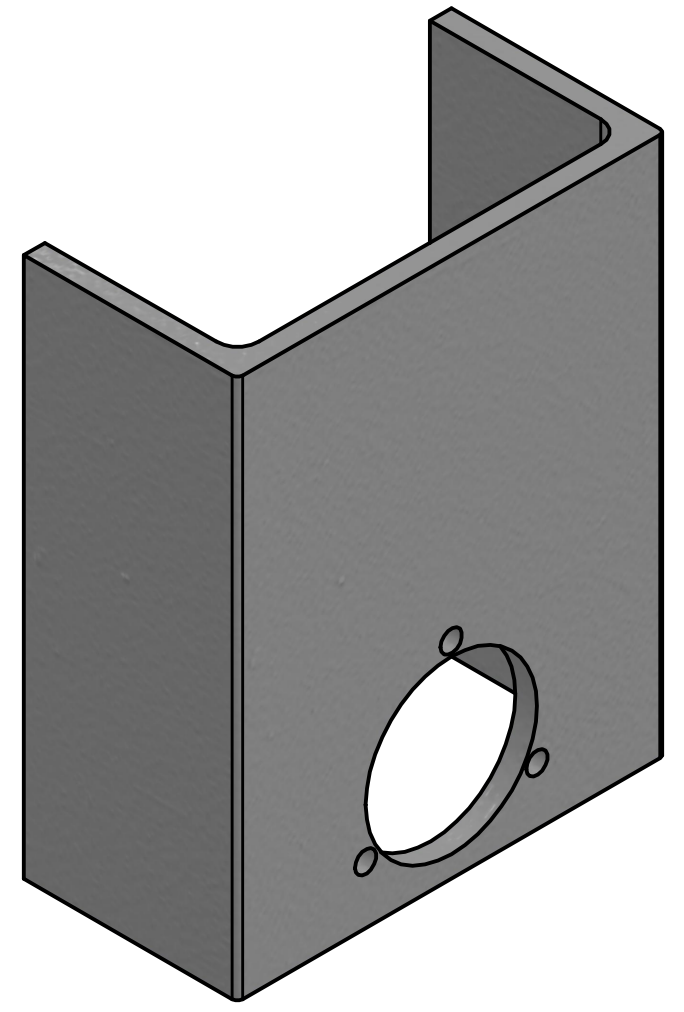
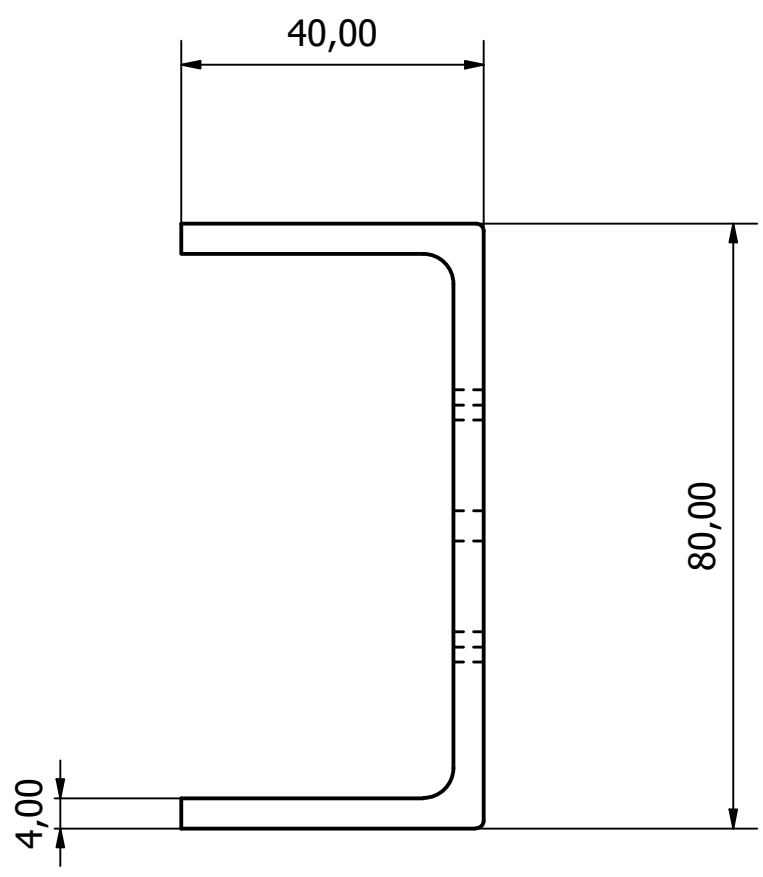
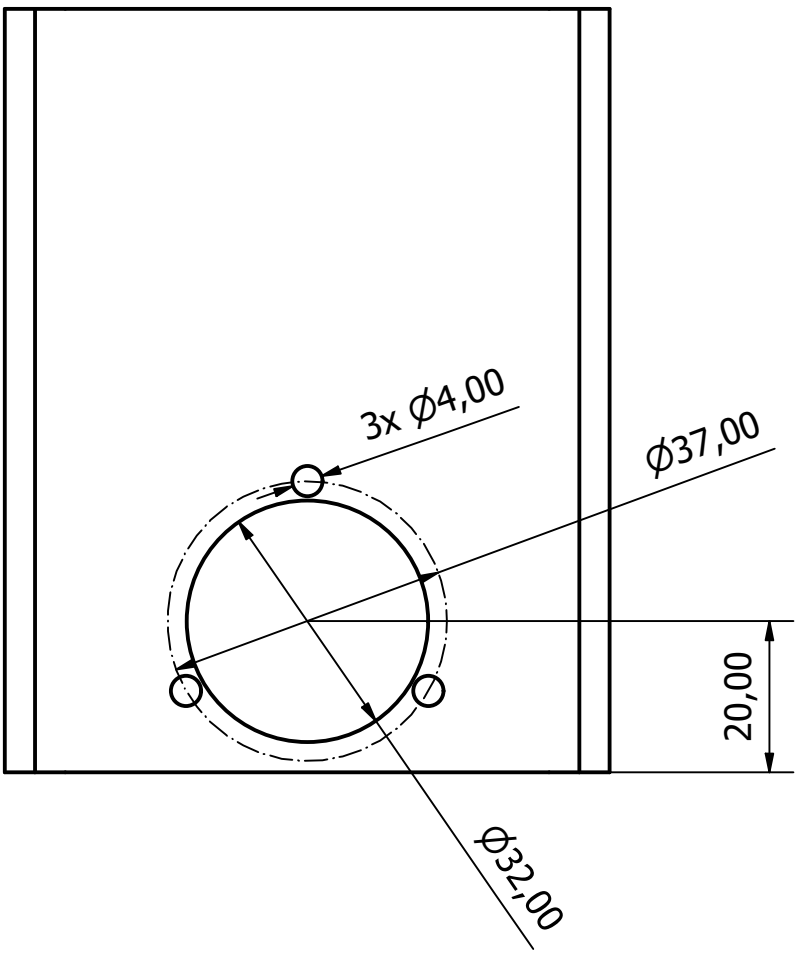
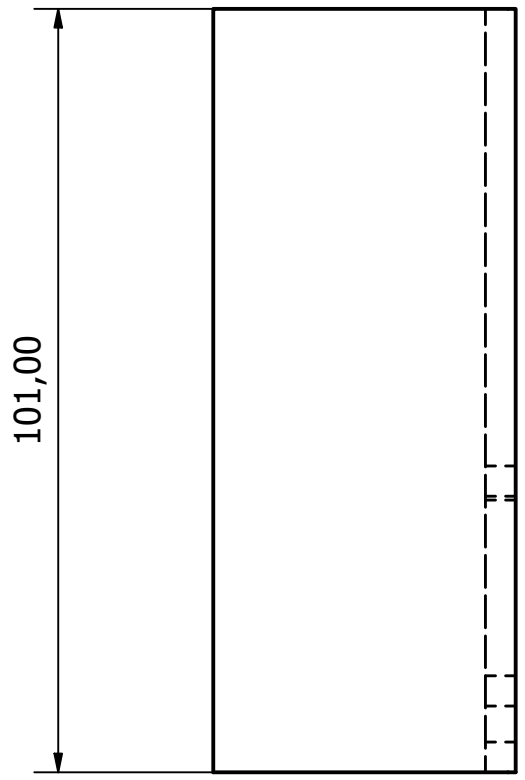
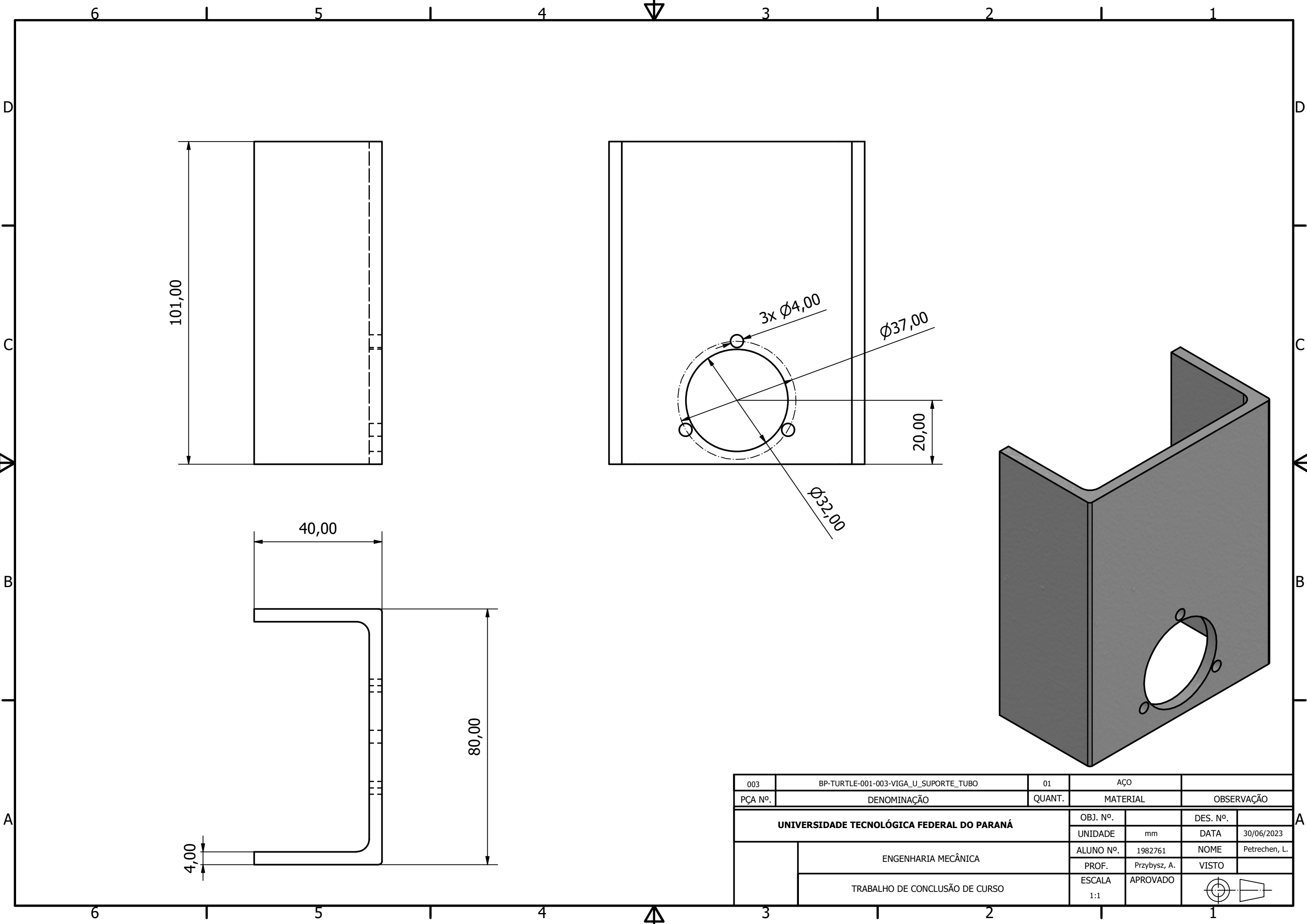
	BP-TURTLE-001	1		TCC		
PÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			OBJ. Nº.	DES. Nº.		
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023
ENGENHARIA MECÂNICA			ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.
			PROF.	Przybysz, A.	VISTO	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO			ESCALA	1:4	APROVADO	



001	BP-TURTLE-001-001-BASE	01	AÇO			
PCÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
<b>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ</b>			OBJ. Nº.		DES. Nº.	
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023
	ENGENHARIA MECÂNICA		ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.
	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		PROF.	Przybysz, A.	VISTO	
			ESCALA	1:2	APROVADO	

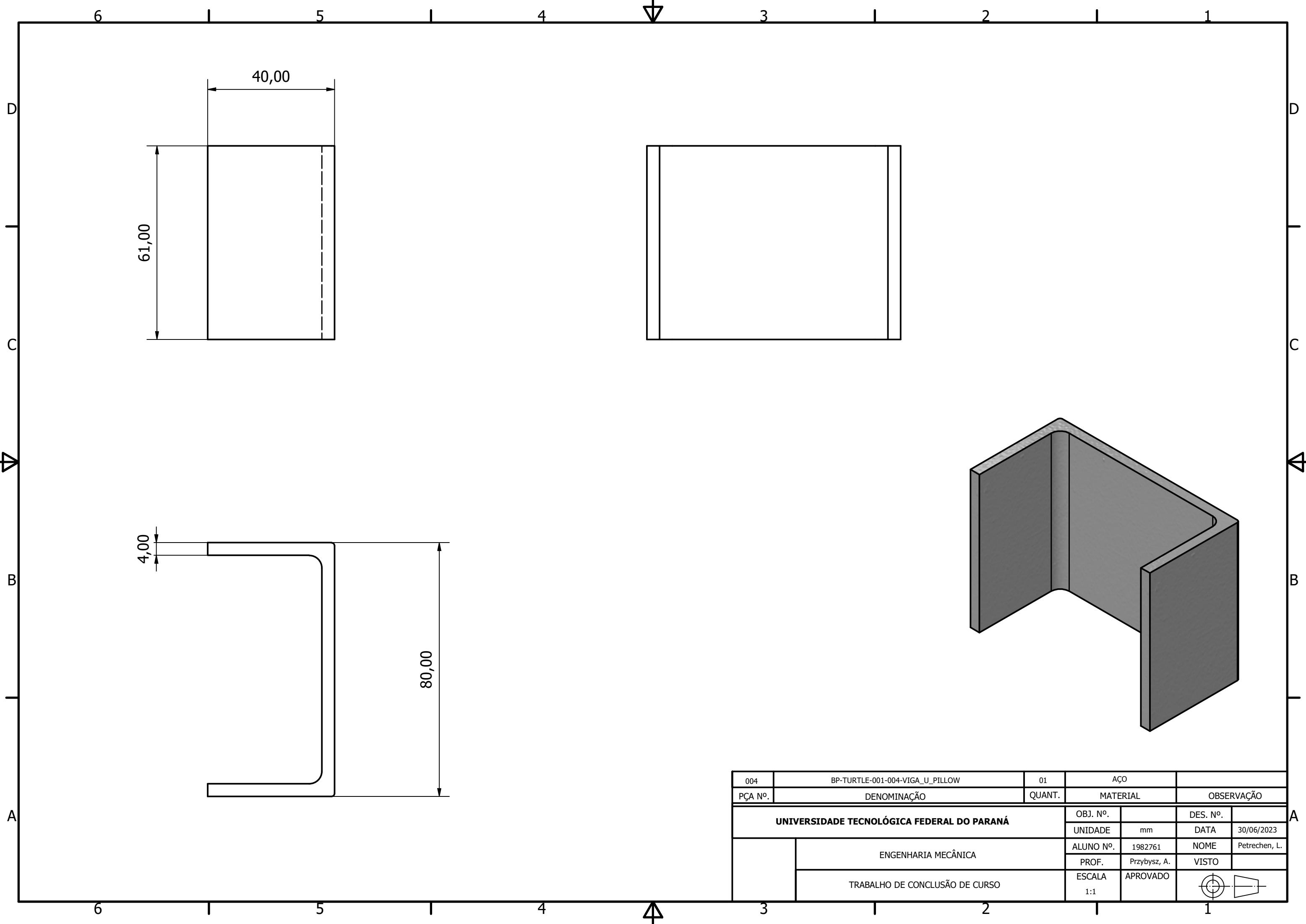


002	BP-TURTLE-001-002-VIGA_U_ESTRUTURAL	01	AÇO			
PÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			OBJ. Nº.	DES. Nº.		
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023
ENGENHARIA MECÂNICA			ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.
			PROF.	Przybysz, A.	VISTO	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO			ESCALA	APROVADO		
			1:2			

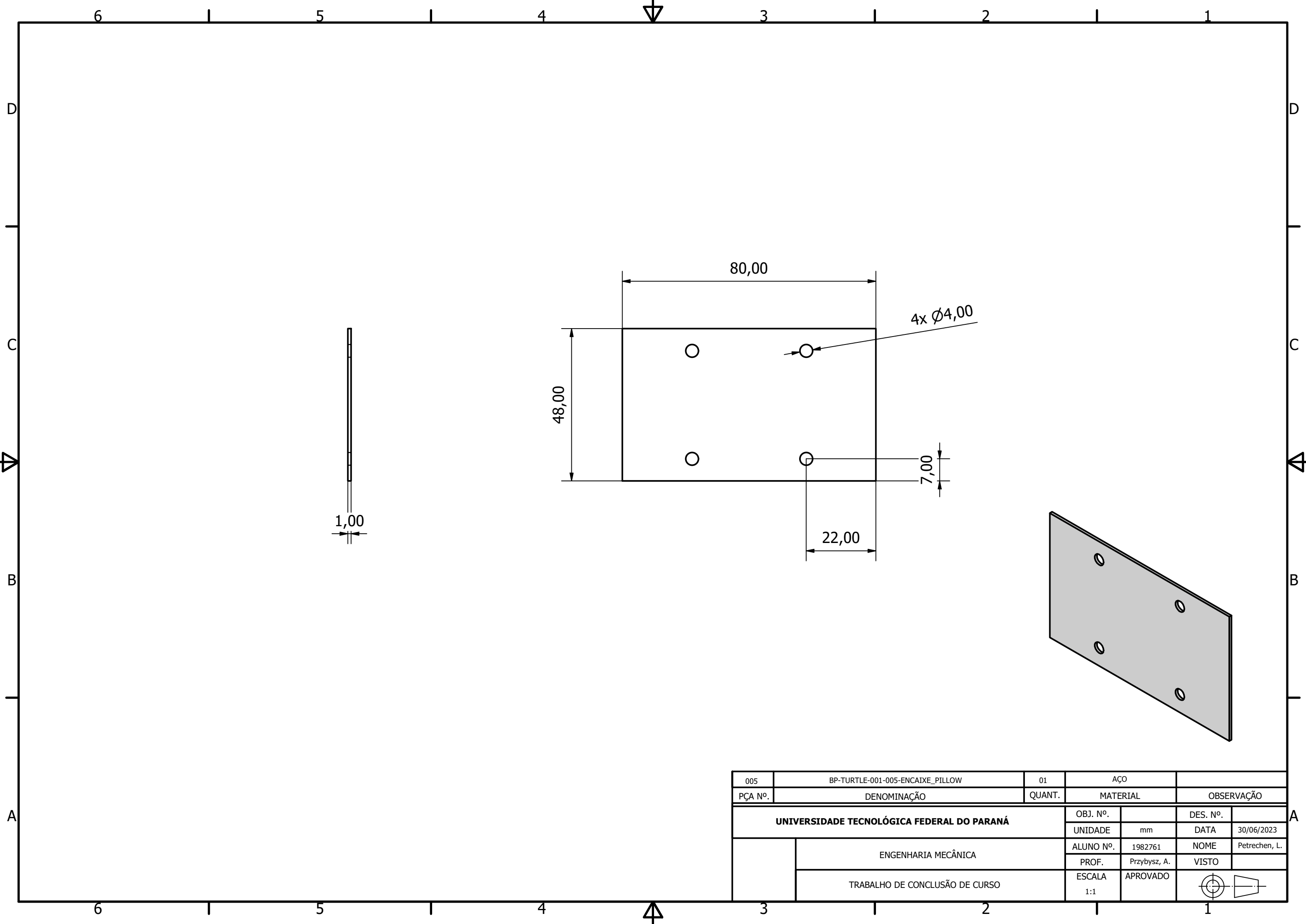


003	BP-TURTLE-001-003-VIGA_U_SUPORTE_TUBO	01	AÇO			
PÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			OBJ. Nº.	DES. Nº.		
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023
ENGENHARIA MECÂNICA			ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.
			PROF.	Przybysz, A.	VISTO	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO			ESCALA	APROVADO		
			1:1			

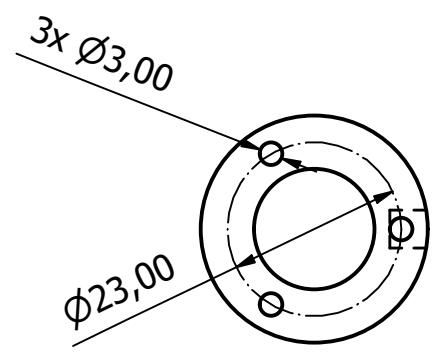
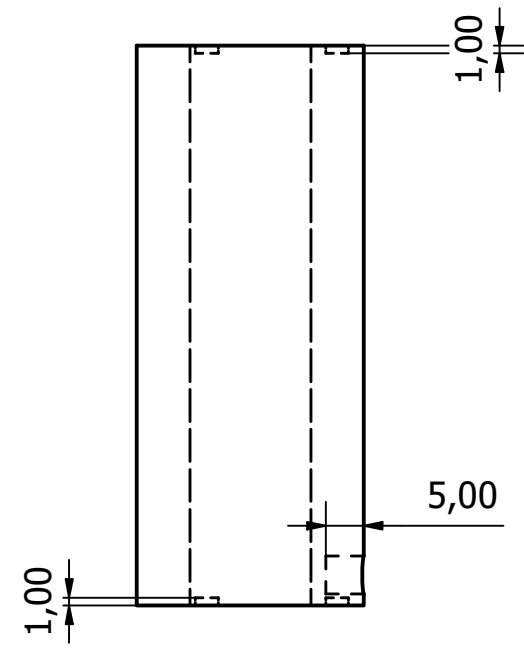
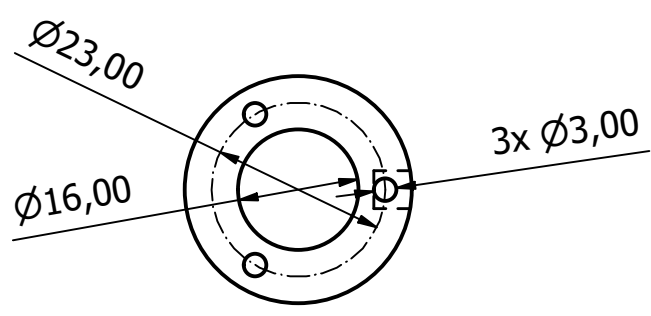
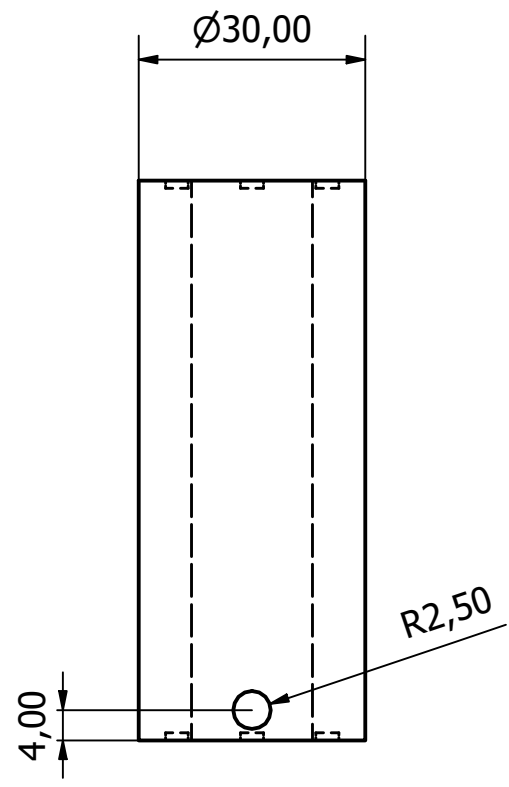




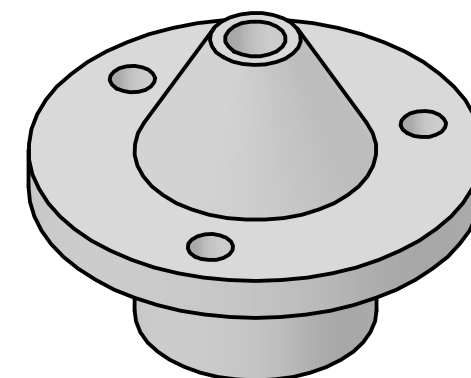
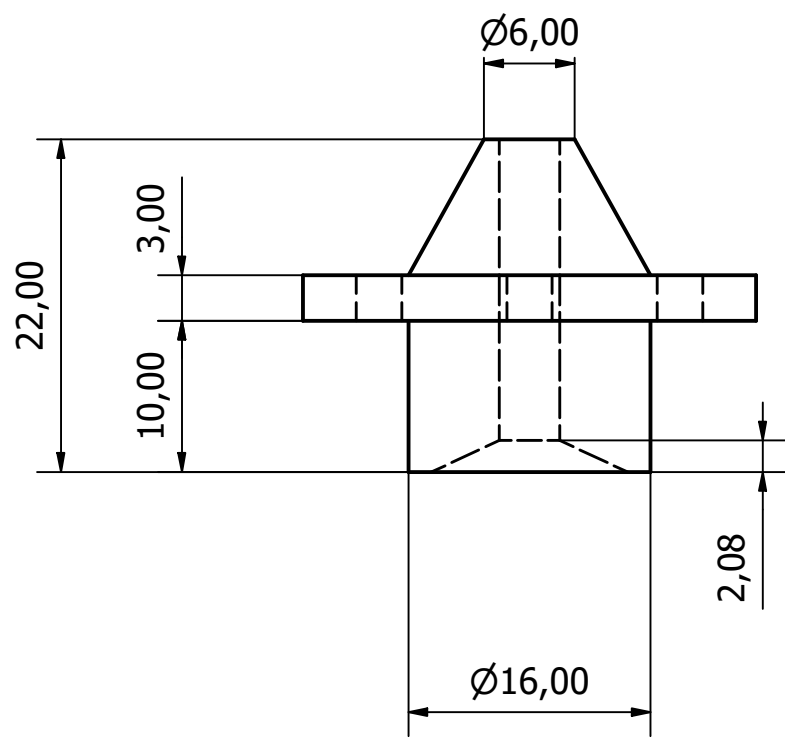
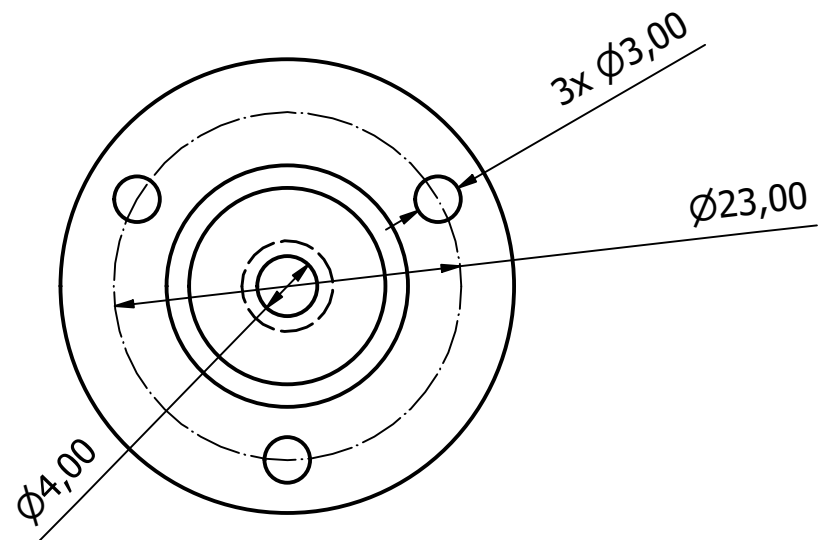
004	BP-TURTLE-001-004-VIGA_U_PILLOW	01	AÇO			
PÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			OBJ. Nº.	DES. Nº.		
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023
ENGENHARIA MECÂNICA			ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.
			PROF.	Przybysz, A.	VISTO	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO			ESCALA	1:1	APROVADO	



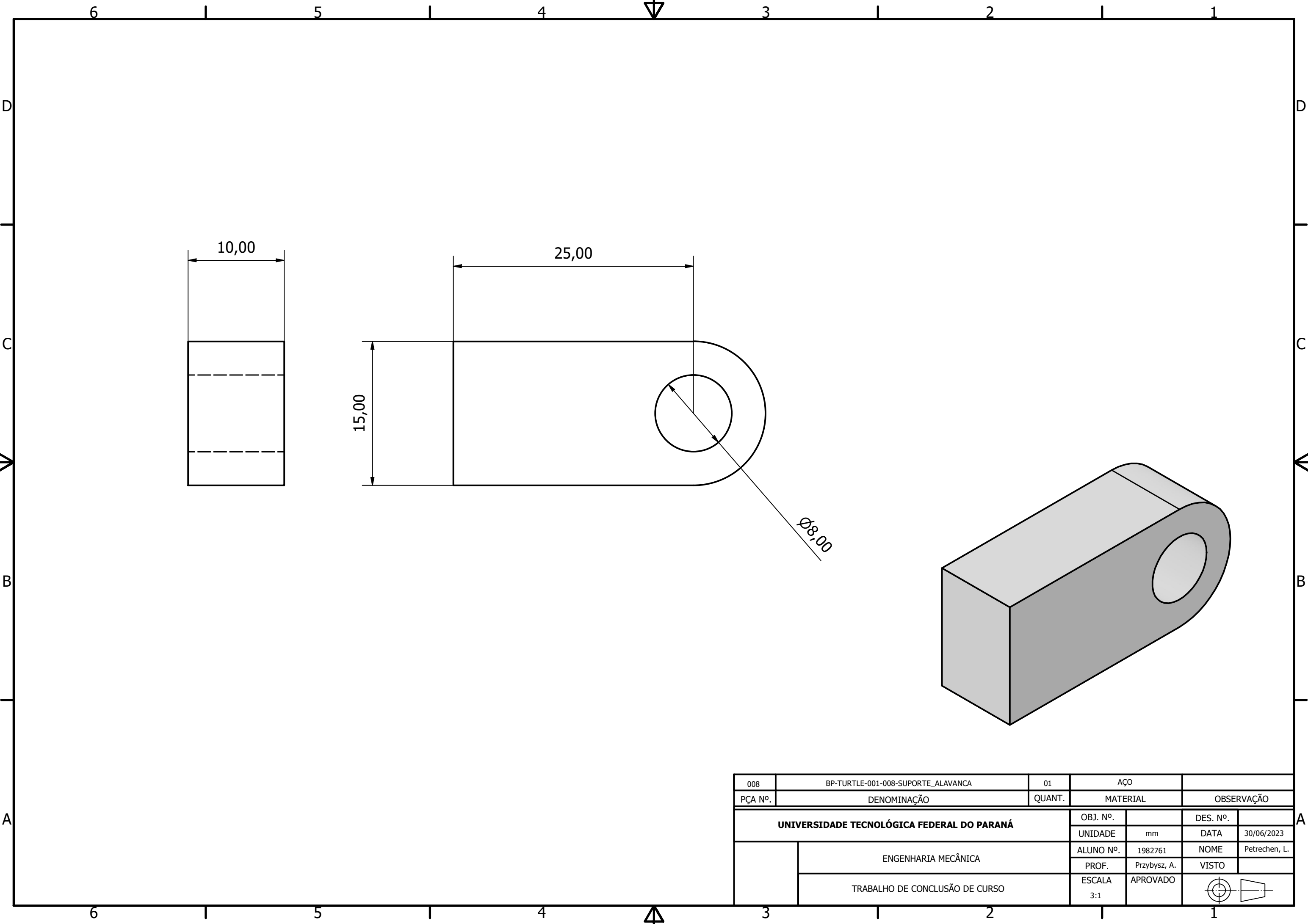
005	BP-TURTLE-001-005-ENCAIXE_PILLOW	01	01	01	01	01	01	01	01
PÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO					
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			OBJ. Nº.		DES. Nº.				
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023			
			ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.			
			PROF.	Przybysz, A.	VISTO				
			ESCALA	1:1	APROVADO				
			TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO						



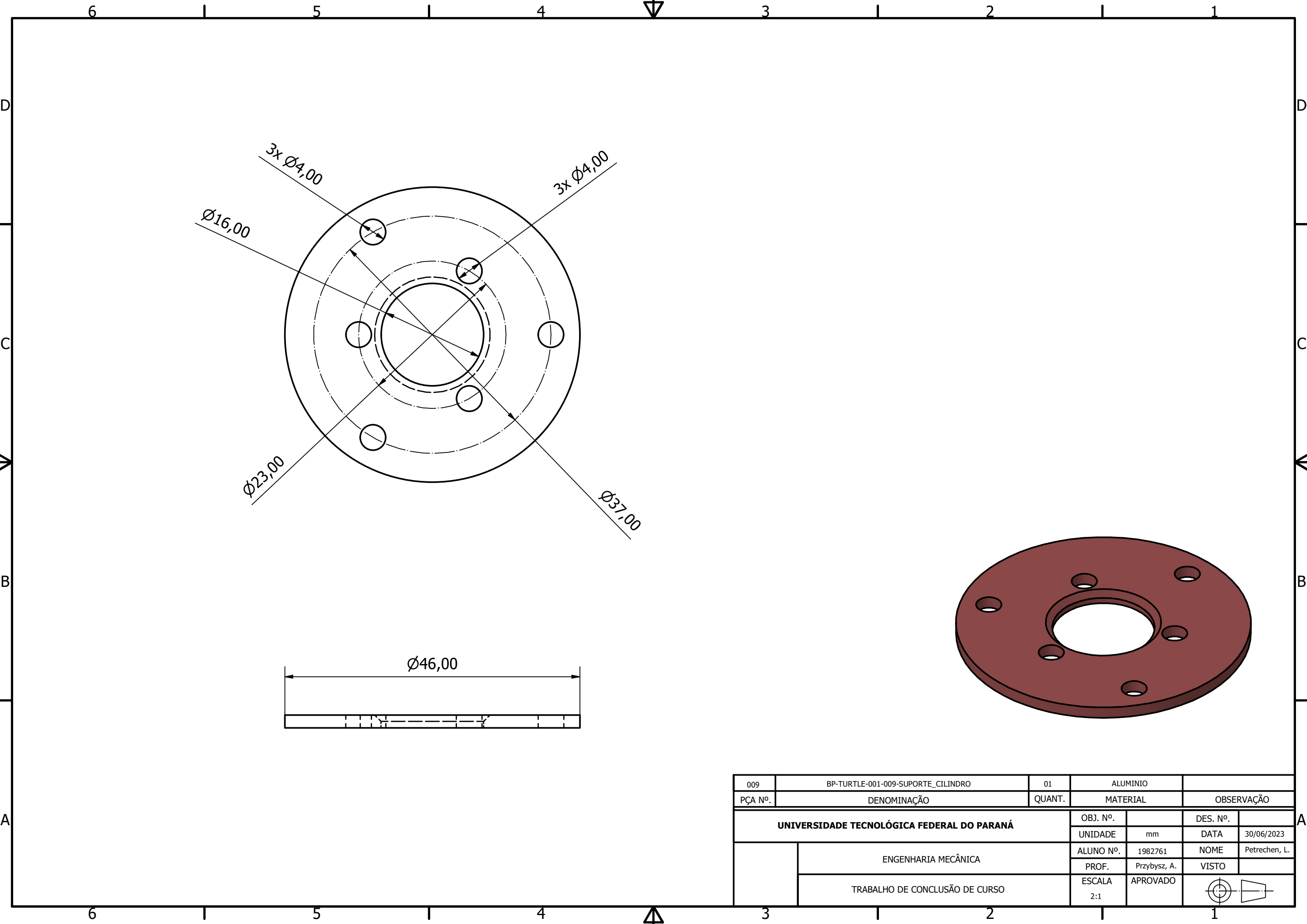
006	BP-TURTLE-001-006-CILINDRO_AQUECIMENTO	01	AÇO INOX			
PÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			OBJ. Nº.	DES. Nº.		
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023
ENGENHARIA MECÂNICA			ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.
			PROF.	Przybysz, A.	VISTO	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO			ESCALA	1:1	APROVADO	



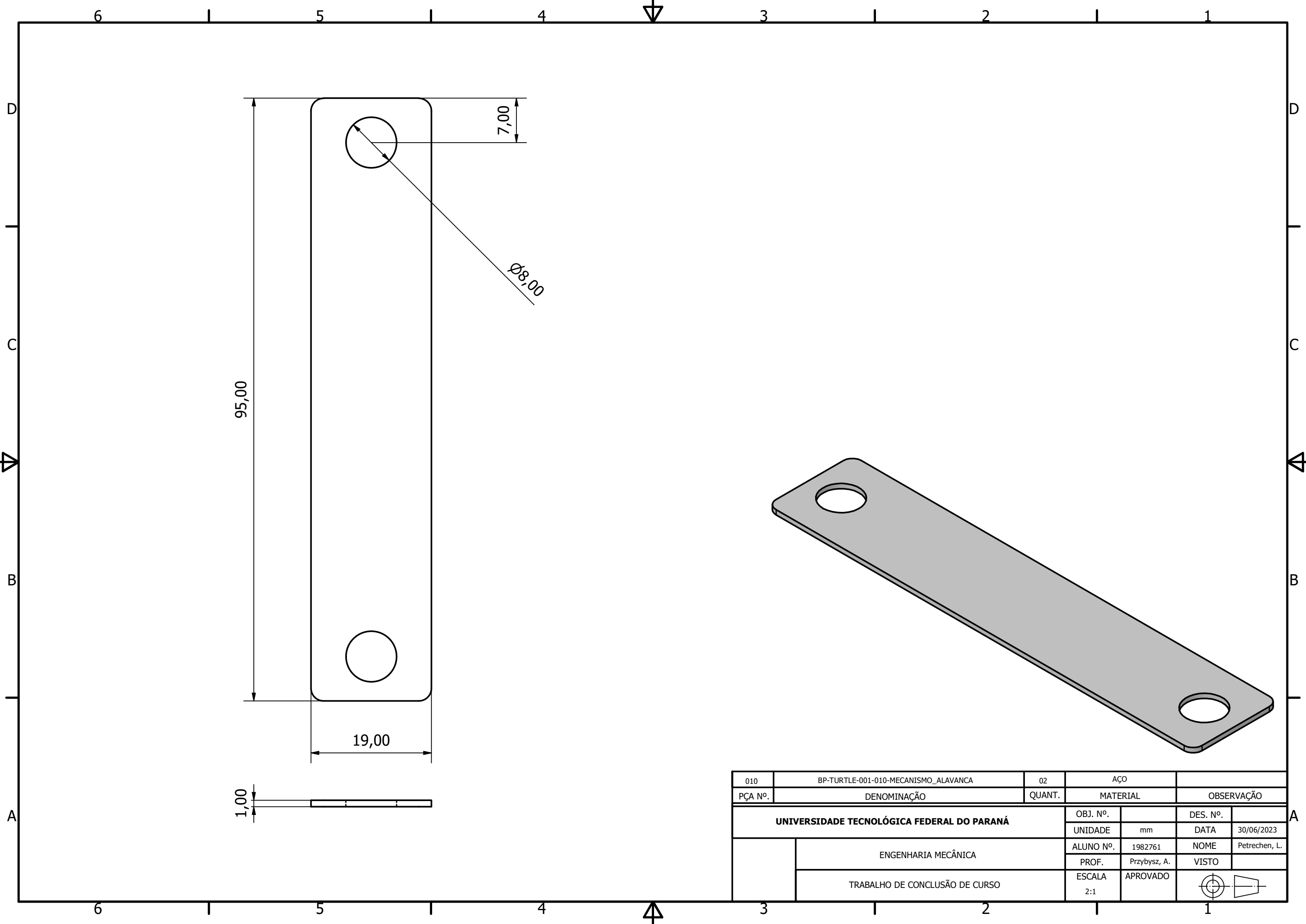
007	BP-TURTLE-001-007-BICO	01	ALUMÍNIO			
PÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			OBJ. Nº.	DES. Nº.		
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023
ENGENHARIA MECÂNICA			ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.
			PROF.	Przybysz, A.	VISTO	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO			ESCALA	APROVADO		
			2:1			



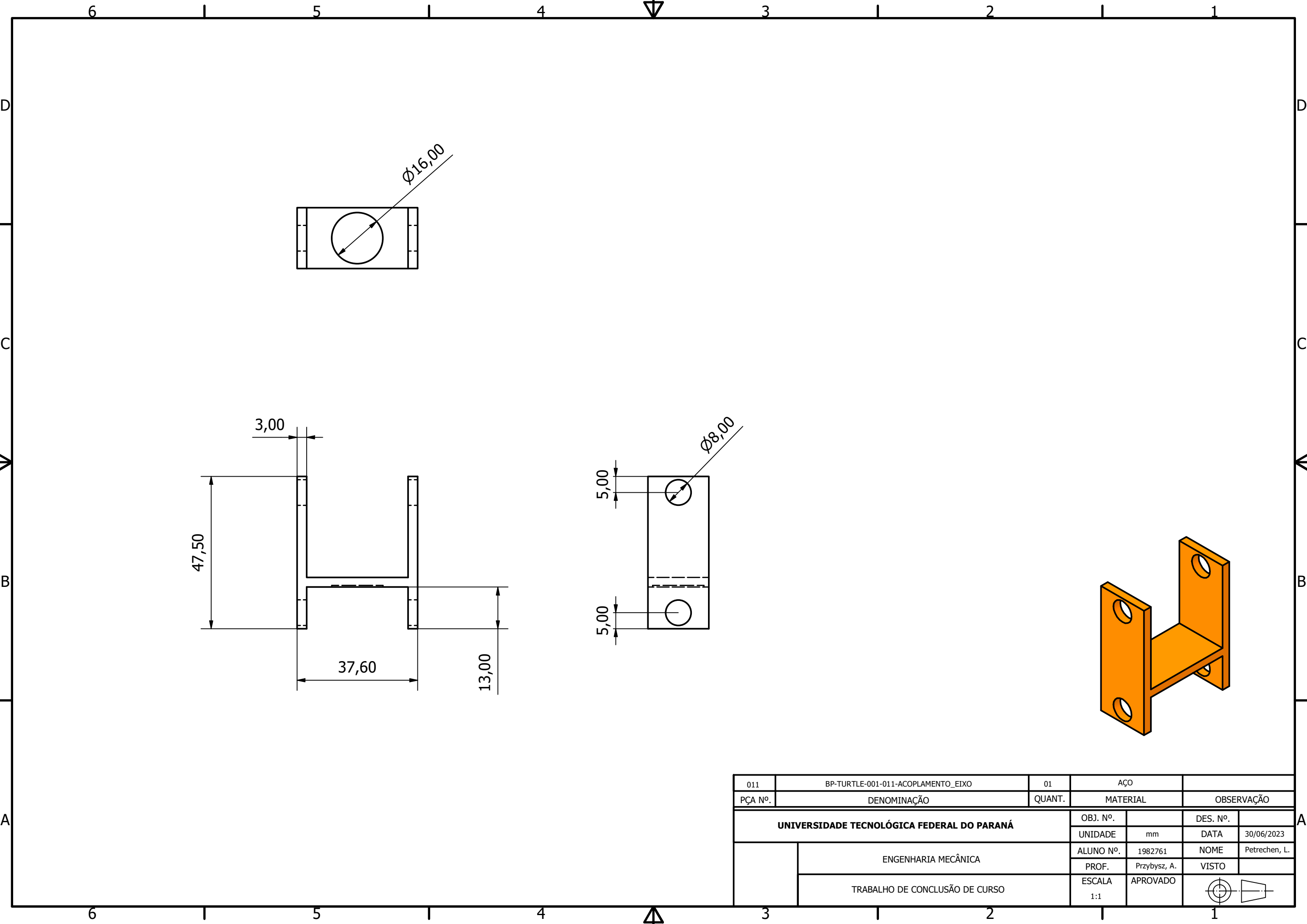
008	BP-TURTLE-001-008-SUPORTE_ALAVANCA	01	AÇO			
PCÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			OBJ. Nº.	DES. Nº.		
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023
ENGENHARIA MECÂNICA			ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.
			PROF.	Przybysz, A.	VISTO	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO			ESCALA	3:1	APROVADO	



009	BP-TURTLE-001-009-SUPORTE_CILINDRO	01	ALUMINIO			
PÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			OBJ. Nº.	DES. Nº.		
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023
ENGENHARIA MECÂNICA			ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.
			PROF.	Przybysz, A.	VISTO	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO			ESCALA	2:1	APROVADO	

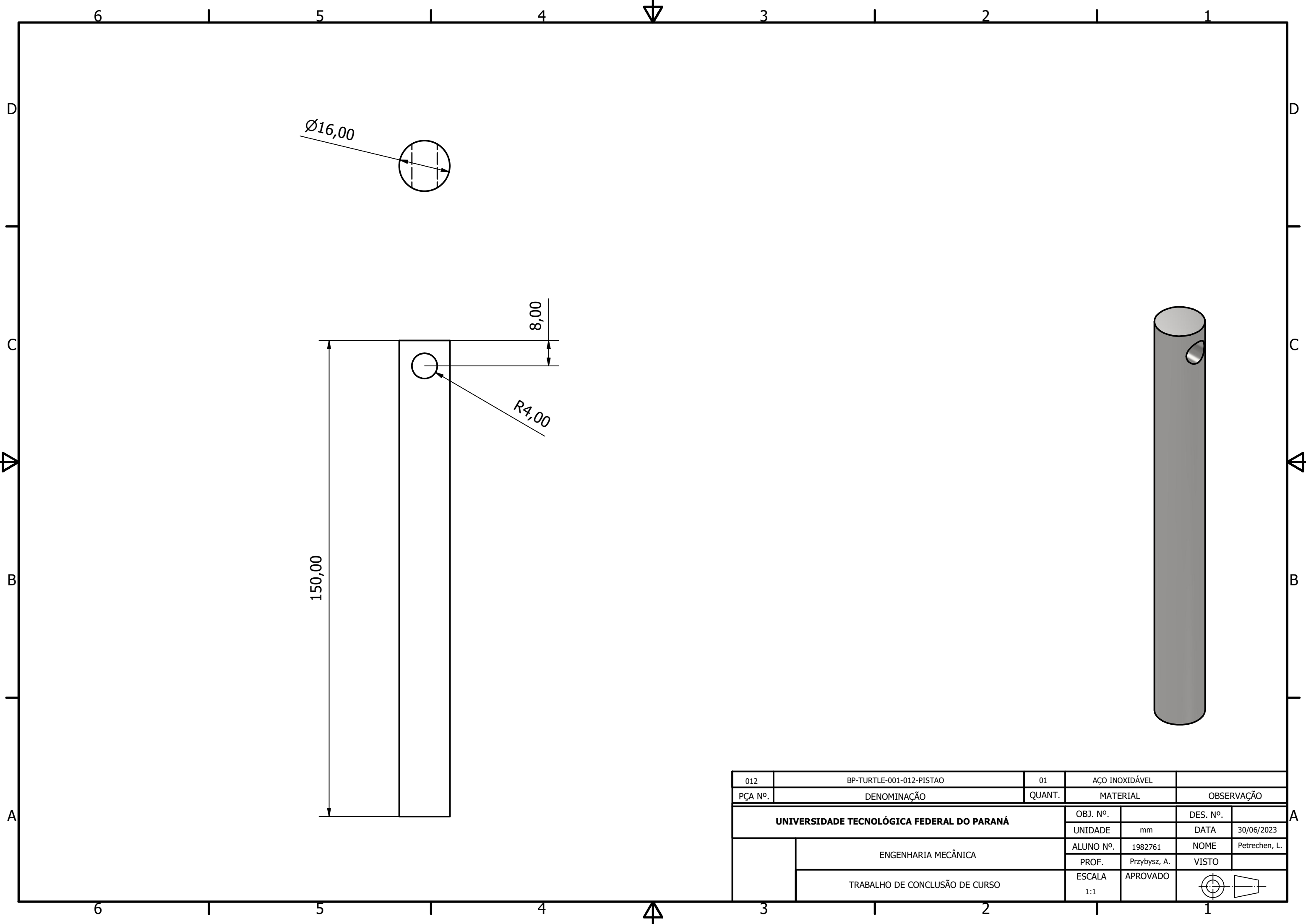


010	BP-TURTLE-001-010-MECANISMO_ALAVANCA	02	AÇO			
PÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			OBJ. Nº.	DES. Nº.		
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023
ENGENHARIA MECÂNICA			ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.
			PROF.	Przybysz, A.	VISTO	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO			ESCALA	2:1	APROVADO	

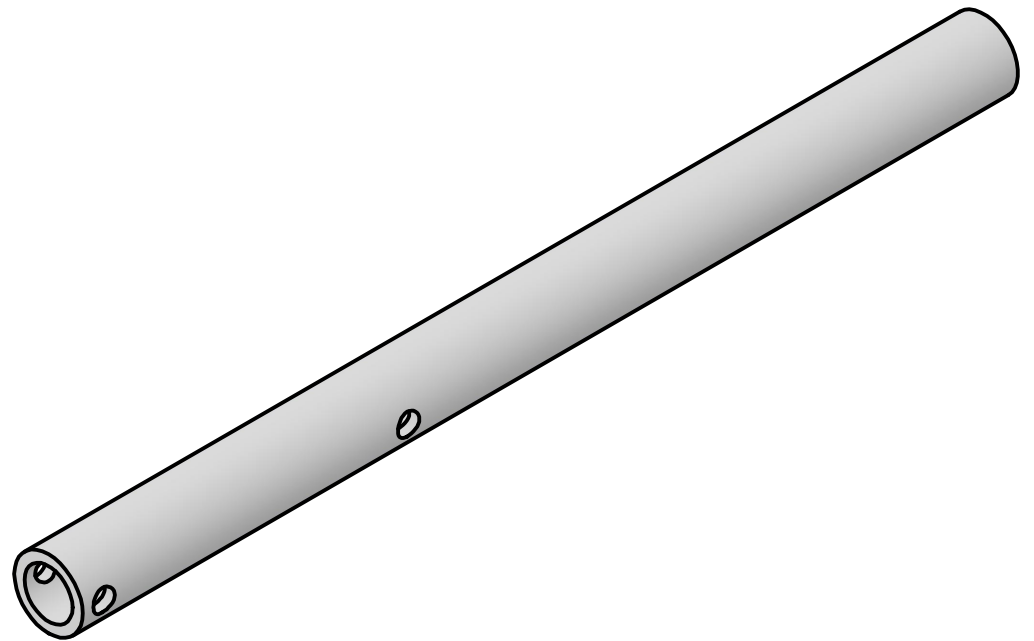
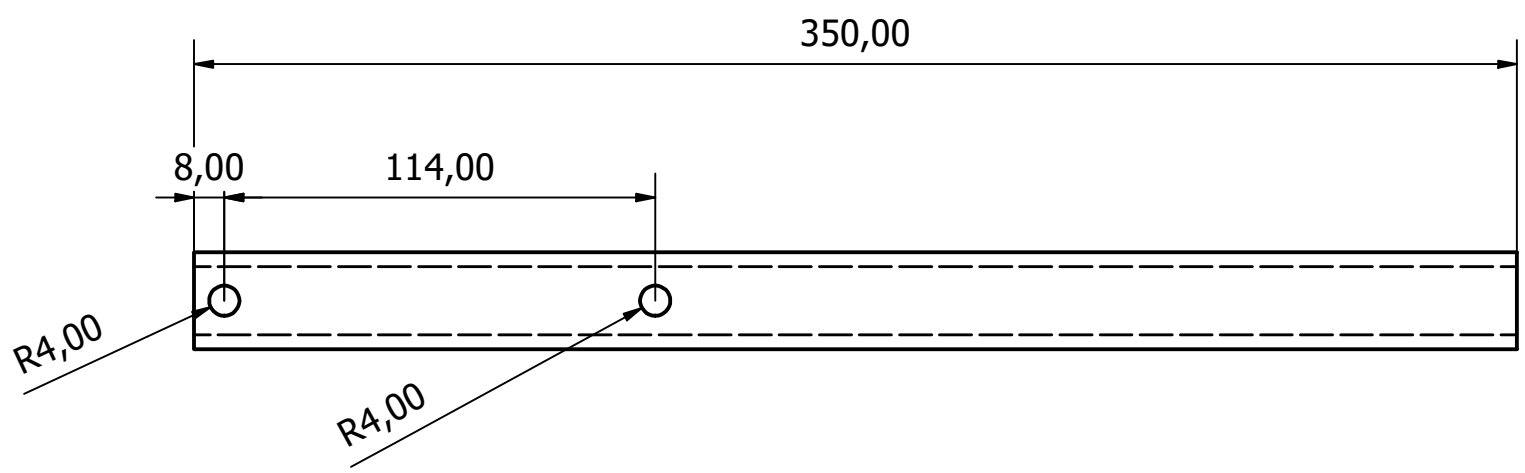
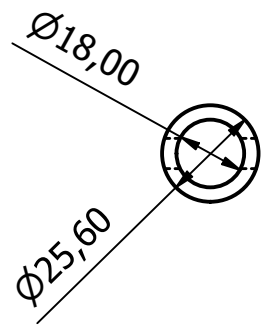
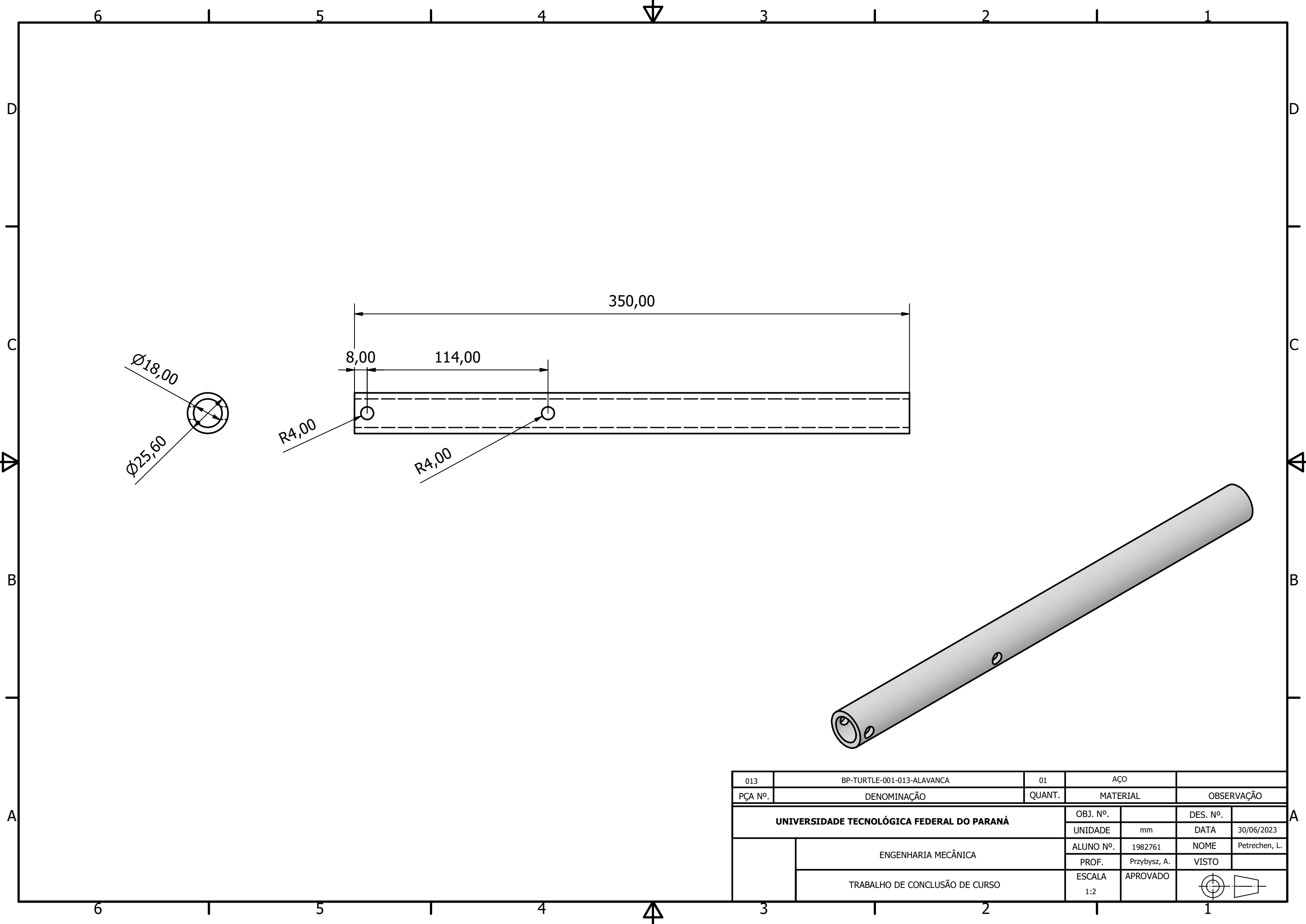


011	BP-TURTLE-001-011-ACOPLAMENTO_EIXO	01	AÇO			
PÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			OBJ. Nº.	DES. Nº.		
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023
ENGENHARIA MECÂNICA			ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.
			PROF.	Przybysz, A.	VISTO	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO			ESCALA	1:1	APROVADO	





012	BP-TURTLE-001-012-PISTAO	01	AÇO INOXIDÁVEL			
PÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			OBJ. Nº.	DES. Nº.		
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023
ENGENHARIA MECÂNICA			ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.
			PROF.	Przybysz, A.	VISTO	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO			ESCALA	1:1	APROVADO	



013	BP-TURTLE-001-013-ALAVANCA	01	AÇO			
PÇA Nº.	DENOMINAÇÃO	QUANT.	MATERIAL	OBSERVAÇÃO		
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			OBJ. Nº.	DES. Nº.		
			UNIDADE	mm	DATA	30/06/2023
ENGENHARIA MECÂNICA			ALUNO Nº.	1982761	NOME	Petrenchen, L.
			PROF.	Przybysz, A.	VISTO	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO			ESCALA	1:2	APROVADO	