

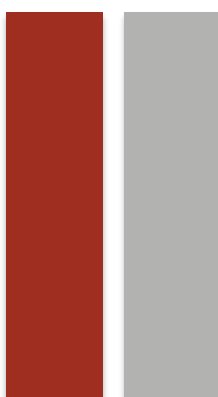
MESTRADO
DESIGN INDUSTRIAL E DE PRODUTO

Design de uma Impressora 3D Alimentar

Eduardo Luís Abreu Alves

M

2025



MESTRADO EM DESIGN INDUSTRIAL E DE PRODUTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

O JÚRI

PRESIDENTE

Doutora Lúcia Maria Pinto Lopes

PROFESSORA AUXILIAR DA FACULDADE DE BELAS ARTES DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ORIENTADOR

Doutor Jorge Lino Alves

PROFESSOR CATEDRÁTICO DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ARGUENTE

Doutora Cláudia Facca

PROFESSORA AUXILIAR CONVIDADA DA UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

14

20 OUTUBRO 2025

MESTRE Eduardo Luís Abreu Alves
MDIP/**177**

Agradecimentos

Ao longo desta dissertação contei com o apoio e a ajuda de várias pessoas cuja contribuição foi fundamental e como tal gostaria de lhes expressar o meu agradecimento.

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, o professor Jorge Lino Alves, pois toda a sua ajuda e ensinamentos foram cruciais para o desenvolvimento desta dissertação e sem eles, provavelmente ainda não teria terminado este trabalho.

Quero também agradecer aos meus pais e à minha irmã por todo o amor, carinho e apoio, não só durante o desenvolvimento deste projeto, como em todas as etapas da minha vida, quer pessoal, quer académica, e por aceitarem a minha decisão de ter tirado este mestrado em Design após a conclusão da minha licenciatura em Engenharia.

Quero também prestar os meus agradecimentos aos meus amigos e colegas de curso, o Simão, a Catarina e o David, por toda a sua ajuda, apoio e incentivo, pois convosco, não só este trabalho como todo o mestrado foram melhores.

Um obrigado à designer Lúcia Afreixo, pela sua participação no projeto e pela partilha de ideias e de conhecimento e ao Henrique Correia, estudante de Engenharia Mecânica da FEUP, pelo seu envolvimento no projeto *IDfoods*, através da contribuição com ficheiros CAD fundamentais para o desenvolvimento da impressora.

Agradeço à Mafalda, a minha namorada, por todo o amor, apoio e suporte emocional que me ofereceu desde que nos conhecemos.

Finalmente, agradeço aos meus amigos, em especial ao Gabriel, ao Tiago e ao Rodrigo pois convosco o meu percurso académico foi mais feliz e divertido.

A todos, um enorme obrigado.

Resumo

A impressão 3D alimentar tem-se destacado como uma tecnologia inovadora que permite a produção personalizada de alimentos, proporcionando várias mais-valias na área da alimentação, como a criação de modelos 3D com estruturas complexas e a redução de desperdícios. Embora em expansão, esta tecnologia ainda é pouco conhecida. Este cenário aliado ao crescente interesse por soluções tecnológicas no setor alimentar, contribuiu para a criação do projeto *IDfoods*, que tem como objetivo explorar e demonstrar o potencial desta tecnologia, através do desenvolvimento de uma impressora 3D de extrusão de alimentos.

Esta dissertação descreve o processo de investigação, conceção e validação do design da impressora 3D desenvolvida. O trabalho teve início com uma revisão de literatura acerca da tecnologia: as suas vantagens, técnicas de extrusão, desafios e tendências. Paralelamente efetuou-se uma análise ao mercado atual de impressoras 3D alimentares, avaliando o seu design e componentes, detetando possíveis oportunidades de inovação. Com base nesta investigação, foram definidos requisitos funcionais, técnicos e as inspirações para a impressora a desenvolver.

Seguiu-se a fase de conceção, com recurso a esboços, CAD e pesquisa de soluções para diversos componentes, considerando aspetos como a estética e a viabilidade da montagem/construção da máquina até se obter um design viável e satisfatório.

Para validar o design proposto, foram elaborados protótipos impressos em 3D usando PLA, com o objetivo de avaliar o seu aspeto e proporções. Esta etapa permitiu realizar ajustes ao design e chegar à versão final do design da impressora 3D alimentar, que se considerou coerente, funcional, apelativo e, como tal, promissor.

Palavras-chave: Design de produto, Fabrico aditivo, Impressão 3D de alimentos por extrusão, Prototipagem

Abstract

3D food printing has emerged as an innovative technology that enables customized food production, providing several added values in the food sector, such as the creation of 3D models with complex structures and the reduction of waste. Although expanding, this technology is still barely known. This scenario, combined with the growing interest in technological solutions in the food sector, contributed to the creation of the *IDfoods* project, which aims to explore and demonstrate the potential of this technology through the development of a 3D food extrusion printer.

This dissertation describes the process of researching, designing, and validating the design of the 3D printer developed. The work began with a literature review on the technology: its advantages, extrusion techniques, challenges, and trends. At the same time, an analysis of the current market for 3D food printers was conducted, evaluating their design and components as well as identifying potential opportunities for innovation. Based on this research, functional and technical requirements were defined, along with the inspirations for the printer to be developed.

Then came the design phase, which involved sketches, CAD, and the search for solutions for various components, considering aspects such as aesthetics and the feasibility of assembling/building the machine until a satisfactory and viable design was achieved.

To validate the proposed design, 3D-printed prototypes were produced using PLA, with the aim of evaluating their appearance and proportions. This stage allowed adjustments to be made to the design and the definitive version of the food 3D printer design to be achieved, which was considered coherent, functional, appealing, and therefore promising.

Keywords: Product design, Additive manufacturing, Extrusion-based food 3D printing, Prototyping

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract	iii
Índice.....	iv
Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	ix
Siglas e Acrónimos.....	x
Glossário.....	xi
Capítulo I – Introdução do projeto	xiii
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Parcerias envolvidas no projeto	3
1.4. Estrutura da dissertação	4
Capítulo II – Estado da arte	5
2.1. Revisão de Literatura	6
2.1.1. A impressão 3D no contexto alimentar: Noções base e benefícios	6
2.1.2. Técnicas de impressão 3D alimentares	10
2.1.3. Alimentos utilizados na impressão 3D a nível alimentar	13
2.1.4. Desafios da tecnologia, considerações éticas e impacto social	15
2.1.5. Tendências e perspetivas futuras.....	16
2.2. <i>Benchmarking</i> – Pesquisa de mercado	18

Capítulo III – Desenvolvimento da impressora 3D	23
3.1 Requisitos do projeto.....	24
3.2 Ideias iniciais	25
3.3. Primeira abordagem conceptual e esboços.....	27
3.3.1. Problemas e limitações	33
3.4. Nova abordagem ao design da impressora	34
3.4.1. Novas Ideias e soluções	39
3.4.2. <i>Renders</i> da nova abordagem da impressora	57
3.5. Prototipagem	61
3.6. <i>Renders</i> finais da impressora	74
3.7. Listas de componentes da impressora 3D	77
3.8. Ideias a considerar no futuro do projeto	81
Capítulo IV – Conclusão do projeto.....	87
4.1. Conclusões	88
4.2. Perspetivas futuras.....	89
Referências bibliográficas.....	90
Webgrafia	93
Referências das Figuras.....	95
Apêndice	100
A: Desenhos técnicos da impressora 3D	100
Anexos	118
A: Catálogos dos componentes do mercado	119
B: Desenhos técnicos providenciados pelo estudante colaborador do projeto ...	129

Lista de Figuras

Figura 1 – Ala Food Lab	3
Figura 2 – Número de publicações acerca da impressão 3D a nível alimentar entre 2014 e 2024 na plataforma Scopus.....	7
Figura 3 – Fab@Home Model 1	7
Figura 4 – Pétala de uma flor impressa em 3D usando chocolate como filamento	8
Figura 5 – Processo da Impressão 3D alimentar	10
Figura 6 – Tipos de mecanismos de extrusão para impressão de alimentos em 3D. (A) Extrusão por seringa, (B) Extrusão por rosca, (C) Extrusão por ar comprimido.....	11
Figura 7 – Bioimpressão de Salmão “cultivado”	14
Figura 8 – Produtos da Corial Foods desenvolvidos com proteína de insetos	14
Figura 9 – Foodini da Natural Machines	18
Figura 10 – Procusini 5.0 da Print4Taste GmbH	19
Figura 11 – Felix Food 3D Printers	19
Figura 12 – Wiiboox Sweetin	20
Figura 13 – Opus da byFlow	20
Figura 14 – mycusini 2.0 da Print4Taste GmbH.....	21
Figura 15 – Patiss3 da La Pâtisserie Numérique	21
Figura 16 – Detalhes da Bambu Lab X1C	22
Figura 17 – Detalhes da CubePro	22
Figura 18 – Moodboard inicial de inspiração para os primeiros esboços da impressora	27
Figura 19 – Esquissos e ideias iniciais a incluir na impressora 3D	28
Figura 20 – Ideias iniciais e esquema de montagem	29
Figura 21 – Painel de renders iniciais.....	31

Figura 22 – Esquissos das bases de amortecimento e do possível mecanismo de tambor dos extrusores.....	32
Figura 23 – Fotografias da impressora 3D do DEM	35
Figura 24 – Estrutura Base inicial da nova impressora 3D.....	37
Figura 25 – Vistas em detalhe dos componentes necessários para as movimentações da mesa (no eixo x e y, imagens da esquerda e do centro respetivamente) e da altura dos extrusores (eixo z)	38
Figura 26 – Configuração e representação dos extrusores, mesa de impressão e componentes mecânicos de movimentação.....	38
Figura 27 – Desenho técnico dos perfis metálicos utilizados na Estrutura Base.....	39
Figura 28 – Perfis metálicos com bordas arredondas	40
Figura 29 – Estrutura Base Alterada e detalhe da Chapa vertical dobrada	41
Figura 30 – Esboços de possíveis chapas metálicas a adotar	42
Figura 31 – Formato inicial da(s) chapa(s) escolhida(s).....	43
Figura 32 – Render da chapa e da tampa aplicada à estrutura	44
Figura 33 – Esquema de montagem das chapas laterais	45
Figura 34 – Possíveis recortes na chapa para janelas.....	46
Figura 35 – Renders da chapa metálica final com o recorte	47
Figura 36 – Primeiro levantamento de dobradiças	48
Figura 37 – Nova pesquisa de dobradiças	49
Figura 38 – Peça de conexão entre o perfil e a dobradiça	50
Figura 39 – Desenho técnico de parafusos de cabeça de embeber de oco hexagonal	51
Figura 40 – Exemplos de molduras utilizadas em acrílicos e vidros.....	51
Figura 41 – Soluções de abertura de portas	53
Figura 42 – Recorte no perfil frontal central da estrutura. Imagem da esquerda – Vista detalhada, imagem da direita – Estrutura Final Base da impressora	55
Figura 43 – Corrediças	56

Figura 44 – Vista frontal da impressora	57
Figura 45 – Vista lateral da impressora	58
Figura 46 – Vista traseira da impressora	58
Figura 47 – Interior da impressora visto da janela lateral.....	59
Figura 48 – Vista detalhada do interior da impressora.....	59
Figura 49 – Outras cores das peças de base (topos) - testes	60
Figura 50 – Outro ângulo da impressora	60
Figura 51 – Modelação 3D da impressora após a aplicação do fator de redução.....	62
Figura 52 – Geração do G-Code de algumas peças da maquete.....	63
Figura 53 – Bobina de Filamento PLA da Filament PM.....	64
Figura 54 – Impressões 3D dos componentes da maquete utilizando as impressoras Prusa MK3S do LDPS	65
Figura 55 – Chapa lateral: Antes e depois da utilização da lixa	66
Figura 56 – Montagem da primeira maquete da impressora 3D	66
Figura 57 – Maquete da Impressora 3D.....	67
Figura 58 – Interior da maquete e vista da janela	68
Figura 59 – MAKINOR MK700	69
Figura 60 – Desenhos realizados no Photoshop e Parâmetros de corte a Laser no RD Works V8	70
Figura 61 – Procedimento de corte do acrílico por Laser.....	70
Figura 62 – Componentes impressos do novo protótipo	71
Figura 63 – Novo protótipo da impressora 3D.....	71
Figura 64 – Vista detalhada do interior do novo protótipo e vista a partir da janela ...	72
Figura 65 – Abertura das portas do protótipo final	73
Figura 66 – Vista frontal da impressora IDfoods	74
Figura 67 – Vista lateral da impressora IDfoods	74
Figura 68 – Interior da impressora IDfoods.....	75
Figura 69 – Vista interior da impressora a partir da janela lateral	75

Figura 70 – Testes de cor das peças base (ou de topo)	76
Figura 71 – Vista frontal da impressora IDfoods com as peças base (ou de topo) azuis	76
Figura 72 – Exemplo de uma fita LED contínua.....	82
Figura 73 – Conectores de canto utilizados na impressora 3D do DEM e possíveis formatos de reentrâncias propostas da mesa de impressão	83
Figura 74 – Allevi 3	84
Figura 75 – Extrusores Allevi CORE.....	85
Figura 76 – Iteração de um possível extrusor a aplicar na impressora IDfoods	85
Figura 77 – Método de decisão acerca da inclusão (ou não) de resistências nos extrusores	86

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Componentes do movimento da mesa de impressão no eixo x	78
Tabela 2 – Componentes do movimento da mesa de impressão no eixo y	79
Tabela 3 – Componentes do movimento do sistema de extrusores no eixo z	79
Tabela 4 – Componentes (gerais) da impressora 3D alimentar	80

Siglas e Acrónimos

3D – Tridimensional ou a três dimensões

CAD – Design assistido por computador

DEM – Departamento de Engenharia Mecânica

DIY – *Do It Yourself* (Faz tu mesmo)

FBAUP – Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

INEGI – Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial

INL – *International Iberian Nanotechnology Laboratory* (em português: Laboratório Ibérico Internacional de Nanotecnologia)

LDPS – Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Serviços

RGB – *Red, Blue, Green*, em português: Vermelho, Azul, Verde

UP – Universidade do Porto

Glossário

Additive manufacturing – Fabrico Aditivo

Benchmarking – Pesquisa de Mercado

Brainstorming – Troca/Discussão/Lançamento de ideias

Clean – No contexto deste trabalho a palavra descreve um estilo ou um design simples, elegante, moderno e limpo (minimalista)

Concept – Conceito

Copyright – Direito autoral

G-Code – Linguagem de programação usada para controlar os movimentos e ações das impressoras 3D

Infill – Estrutura interna das impressões (3D): 100% de *infill* traduz-se numa peça impressa completamente sólida e 0% de *infill* equivale a uma peça impressa completamente oca

In loco – No local

Keywords – Palavras-chave

Moodboard – Painel visual que conta comunica aquelas que são as inspirações, ideias e conceitos por detrás de um projeto ou proposta de design

Nozzle – “bico” (ou “ponta”) do extrusor da impressora 3D (componente ou “local” por onde sai o filamento a ser depositado)

Open-source – Código aberto

Outputs – “Produtos” que advêm ou resultam de um “produto”. No contexto deste projeto esta palavra refere-se aos produtos alimentares que irão ser impressos pela máquina projetada

Perfil T-Slot – Tipo de perfil metálico com recortes laterais com formato em “T”

Printing – Impressão

Prototyping – Prototipagem

Push to open – Empurrar para abrir

Render – No contexto deste trabalho, é a imagem final “realista” (ou uma representação realista) e/ou o processo de geração de uma imagem a partir de um modelo 3D

Scopus – Base de dados de pesquisa académica

Slicing – Conversão do modelo 3D (em formato *.stl*) no *G-Code* necessário para a impressora fabricar o modelo pretendido

Timeline – Linha temporal/Cronologia temporal

Capítulo I – Introdução do projeto

1.1. Enquadramento

A possibilidade de elaborar a dissertação no âmbito do projeto *IDfoods* surgiu de uma forma imprevista, num momento em que estava complicado encontrar um projeto adequado e motivador. Em suma, procurava-se uma tese que despertasse verdadeiro interesse e entusiasmo para o seu desenvolvimento.

Neste contexto, a integração no projeto foi proposta pelo professor Jorge Lino, tendo sido aceite não só por se relacionar com a área da impressão 3D, mas também porque a ideia de ser possível “imprimir” alimentos era inovadora e ainda pouco desenvolvida, suscitando, assim, um especial interesse.

Considerando que o objetivo principal do projeto consistia na elaboração do design de uma impressora 3D alimentar, com o intuito de ser utilizada nos hipermercados Continente para efeitos de demonstração da tecnologia, aliado ao pouco tempo disponível até à entrega final da própria proposta, conferia ao projeto um elevado nível de complexidade, tanto a nível técnico como conceptual, reunindo desta forma as condições adequadas ao desenvolvimento de uma dissertação académica.

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto *IDfoods - Food System of The Future* - Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Agroalimentares Sustentáveis e Nutrição Saudável, com o nº 182848, cofinanciado pelo Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020), através de fundos nacionais.



Cofinanciado por:



REPÚBLICA
PORTUGUESA

1.2. Objetivos

O objetivo do projeto *IDfoods* é familiarizar os consumidores da superfície comercial Continente acerca da impressão 3D no âmbito alimentar e da capacidade de num futuro próximo, através desta tecnologia, se conseguir personalizar “impressões”, pratos e até mesmo refeições a nível nutricional.

Através deste projeto, a Sonae visa tornar o seu espaço Food Lab, um espaço do Continente projetado para a promoção de novos produtos alimentares fora do comum e diferentes, num espaço vanguardista, mais inovador e interativo com os seus clientes (do ponto de vista tecnológico). No fundo, pretende que esta área sirva de elo de ligação entre os seus consumidores e tecnologias emergentes. E de que maneira se conseguirá cumprir estes objetivos? Por meio do desenvolvimento de um protótipo de uma impressora 3D de alimentos de raiz, projetada pela FEUP.

Dito isto, o objetivo desta dissertação é o de contribuir, tanto quanto possível, para o design de uma impressora 3D alimentar da *IDfoods*, sendo que o mesmo terá de ser capaz de suscitar o interesse do consumidor através da sua estética e da sua tecnologia.

A impressora deveria contar com uma estética moderna, em linha com aquelas que se vendem ou se encontram no mercado, ser simples de interagir por parte dos trabalhadores da Sonae, que efetuarão as trocas de “cartuchos”, e por parte dos consumidores (no que toca ao processo de escolha do modelo 3D e do sabor ou sabores do mesmo), de fácil limpeza e capaz de, numa impressão, conseguir combinar diferentes sabores ou pastas.

1.3. Parcerias envolvidas no projeto

Este projeto conta com a parceria de cinco entidades, cada uma delas responsável por diferentes etapas/fases do mesmo.

A primeira entidade é a FEUP, à qual foi atribuída a tarefa de intervir no design e no conceito da impressora 3D.

A entidade seguinte é o INEGI, que será o responsável por executar a montagem da máquina e o seu desenvolvimento no que toca à componentes eletrónica, mecânica e digital.

A entidade responsável pela produção das pastas alimentares é a Frulact. A formulação destas pastas baseia-se na combinação de fruta, em papa, com pectina, o elemento espessante.

O INL, está encarregue de realizar testes em contexto laboratorial às pastas alimentares produzidas pela Frulact em impressoras 3D alimentares que já se encontram no mercado e que o próprio INL dispõe, de forma a avaliar se estas possuem as características ideais para impressão 3D.



Figura 1 – Ala Food Lab

A última entidade é a Sonae, cujas funções serão: dar a conhecer aos seus consumidores a impressão 3D alimentar e promover a máquina projetada – através da demonstração do processo de impressão 3D e posterior degustação dos *outputs* da impressora nas alas Food Lab das superfícies Continente (Figura 1).

Nota: Imagem obtida a 14/01/2025 de <https://labs.continente.pt/>

1.4. Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em quatro capítulos:

- O primeiro capítulo, onde se apresenta o enquadramento do projeto, os seus objetivos, as entidades parceiras do mesmo e por fim a estrutura deste documento.
- O segundo capítulo, o estado da arte, onde se efetuou uma revisão de literatura acerca do tema, explorando os tipos de impressão 3D alimentares que existem, quais os alimentos que podem ser impressos, os principais desafios desta tecnologia, as suas principais tendências e o que se espera no futuro desta, finalizando com uma pesquisa de mercado das impressoras 3D alimentares existentes e à venda;
- O terceiro capítulo, o desenvolvimento do produto, onde está retratado todo o processo de design da impressora 3D, desde os esboços iniciais, modelações 3D, pesquisas de mercado por componentes até às renderizações finais e listas finais de componentes;
- O quarto e último capítulo diz respeito à fase final do projeto, onde se avaliou se os objetivos propostos foram cumpridos e se refletiu sobre o impacto que esta dissertação poderá ter, tanto no futuro do projeto *IDfoods* como em eventuais projetos (futuros) inseridos na mesma área ou temática.

Capítulo II – Estado da arte

2.1. Revisão de Literatura

2.1.1. A impressão 3D no contexto alimentar: Noções base e benefícios

A tecnologia de impressão 3D, também conhecida por Fabrico Aditivo (Godoi et al., 2016) refere-se a processos que, em comparação com as tecnologias tradicionais, subtrativas e formativas, produzem objetos físicos camada a camada com base em designs realizados em *softwares* de CAD (Pinna et al., 2016).

Esta tecnologia é utilizada em diversas indústrias como a dos materiais, a aeroespacial, a da construção, a da medicina (Li et al., 2021). Mas, é no setor alimentar que se verifica uma crescente exponencial deste tipo de técnicas, sendo que o atual mercado global desta tecnologia associada à alimentação já é de quase mil milhões de dólares (Galanakis, 2024). A Figura 2 mostra a evolução do número de publicações da plataforma *Scopus*, obtida através da pesquisa com as seguintes palavras-chave:

- *3D Printing e/ou Additive Manufacturing e Food – entre 2014 e 2024*

A partir desta pesquisa, foi gerado na plataforma o gráfico representado na Figura 2, onde se constata o crescimento exponencial de artigos publicados acerca desta tecnologia nos últimos dez anos, o que corrobora a afirmação referida anteriormente.

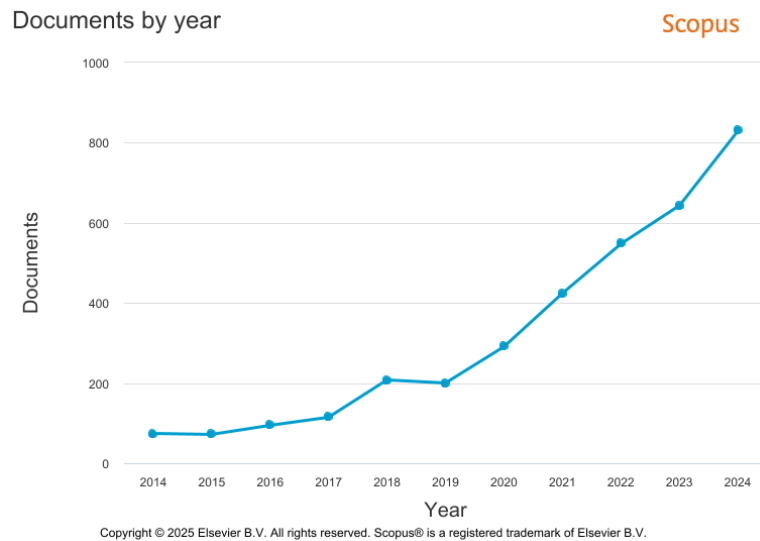


Figura 2 – Número de publicações acerca da impressão 3D a nível alimentar entre 2014 e 2024 na plataforma Scopus

Nota: Imagem obtida a 14/01/2025 de <https://www.scopus.com/>

O primeiro estudo que juntou estes dois setores (o do fabrico aditivo e o alimentar) foi realizado por investigadores da *Universidade de Cornell* em 2007, que introduziram a Fab@Home Model 1 (Figura 3) como uma impressora 3D *open-source* capaz de extrudir designs utilizando alimentos em consistência de pasta (Godoi et al., 2016).

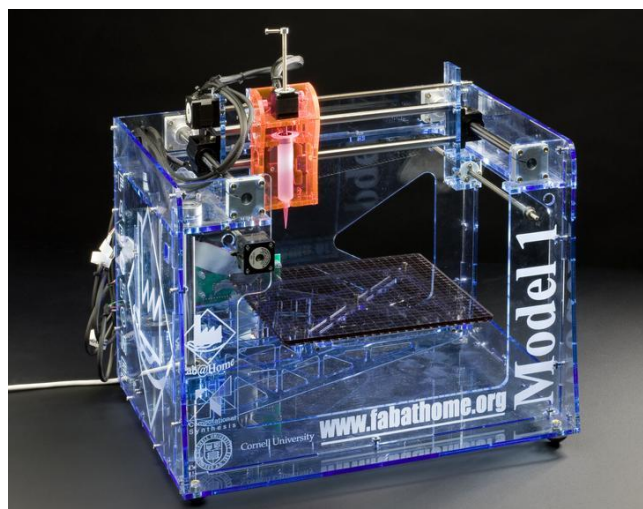


Figura 3 – Fab@Home Model 1

Nota: Imagem obtida a 15/01/2025 de <https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co8086300/one-rapid-prototype-printer-as-developed-by-fab-home-project>

Mas quais são os benefícios de imprimir alimentos? Ora, a impressão 3D tem múltiplas capacidades tais como a capacidade de gerar pratos personalizados a nível do sabor, da cor, da textura e mais importante a nível nutricional. Várias “comidas” diferentes já foram impressas até aos dias de hoje tais como geleias, massas alimentícias, pizzas, massa de biscoitos e chocolate (Galanakis, 2024) (Figura 4).



Figura 4 – Pétala de uma flor impressa em 3D usando chocolate como filamento

Nota: Imagem obtida a 15/02/2025 de <https://www.theverge.com/2024/2/17/24074150/cocoa-press-3d-printed-chocolate>

Esta personalização é importantíssima pois pode promover práticas alimentares mais saudáveis, mantendo uma estética atraente, algo importante para, por exemplo, crianças relutantes a comer vegetais (Egan, 2023), ou colmatar necessidade a nível nutricional para atletas e idosos, que necessitam de uma dieta devidamente estruturada e equilibrada (Harasym, 2022). Para além destes, indivíduos com

intolerâncias alimentares como, por exemplo, os celíacos, podem também beneficiar desta tecnologia (Pinna et al., 2016).

A nível artístico a impressão 3D alimentar também se destaca proporcionando a chefs, cozinheiros e a pasteleiros a capacidade de criarem designs de geometria complexa (Godoi et al., 2016) e trazê-los “à vida” de uma forma muito mais fácil quando comparado aos métodos tradicionais que por vezes requerem equipamentos especiais ou moldes (Pinna et al., 2016).

Em suma, a impressão 3D promete muitas inovações no setor alimentar, que vão muito mais além da realização de designs complexos de alimentos (Scheele et al., 2020).

Com a constante inovação na área, no futuro, esta tecnologia poderá mesmo mudar, de alguma forma, a maneira como preparamos e nos alimentamos (Lin, 2015), ou seja, a maneira como interagimos com os alimentos (Derossi et al., 2024).

2.1.2. Técnicas de impressão 3D alimentares

O processo de impressão 3D alimentar (Figura 5) é muito similar ao de uma impressora 3D usual (tal como a Bambu Lab X1C, por exemplo):

- Começa-se por definir o material para a impressão, numa Bambu Lab poderá ser PLA, por exemplo, enquanto que numa impressora projetada para a impressão de alimentos poderia ser chocolate;
- Depois vem a fase da criação do modelo 3D, utilizando um *software* de CAD;
- De seguida, extrai-se o ficheiro da modelação 3D em formato *.stl* para o software de *slicing*, onde são definidos os parâmetros de impressão adequados. Definidos os parâmetros, é gerado o *G-code*;
- Estando obtido o *G-code*, passa-se à impressão do(s) modelo(s) 3D;
- Dependendo do tipo de alimento escolhido, poderá ser necessária uma etapa extra – de pós-processamento como cozedura, secagem, fritura ou a confeção do modelo impresso no forno (Neamah & Tandio, 2024; Cotabarren et al., 2023).

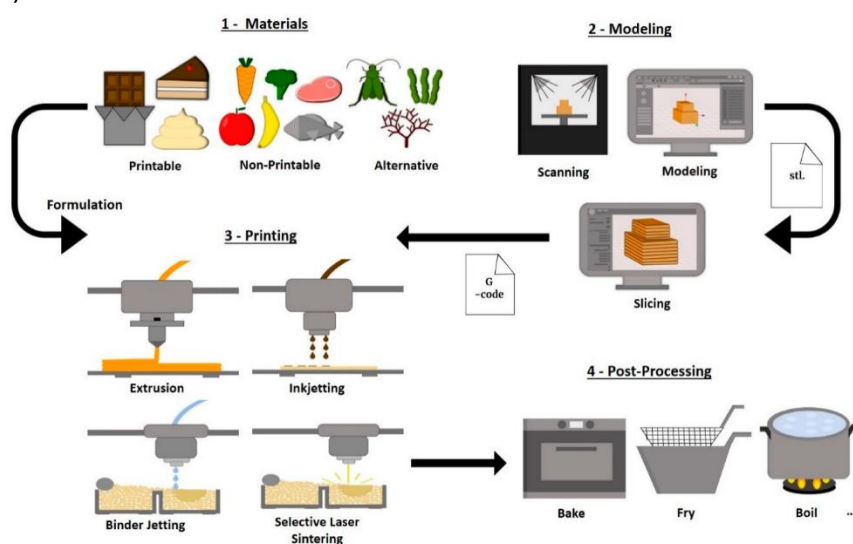


Figura 5 – Processo da Impressão 3D alimentar

Adaptado de *Food Texture Design by 3D Printing: A Review*, por T. Pereira, S. Barroso e M. Gil, 2021, *Foods*, 10, 320. (<https://doi.org/10.3390/foods10020320>). Licenciado por CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Segundo Scheele et al.(2020), as quatro principais técnicas de impressão 3D a nível alimentar são (Figura 6):

- A impressão por extrusão (de alimentos);
- A impressão por “jato de tinta” (*Inkjetting*);
- A impressão por “jato de ligante” (*Binder Jetting*);
- A impressão por Sinterização Seletiva por Laser (SLS – *Selective Laser Sintering*).

A técnica mais comum no que toca à impressão de alimentos é a da extrusão de alimentos (Figura 6), na qual o material, geralmente em consistência de pasta, é colocado dentro de um “cartucho” (por norma com o formato similar ao de uma seringa) e de seguida é extrudido enquanto o bico de impressão se desloca e coloca então as camadas uma a uma, reproduzindo a forma final pretendida (Harasym, 2022).

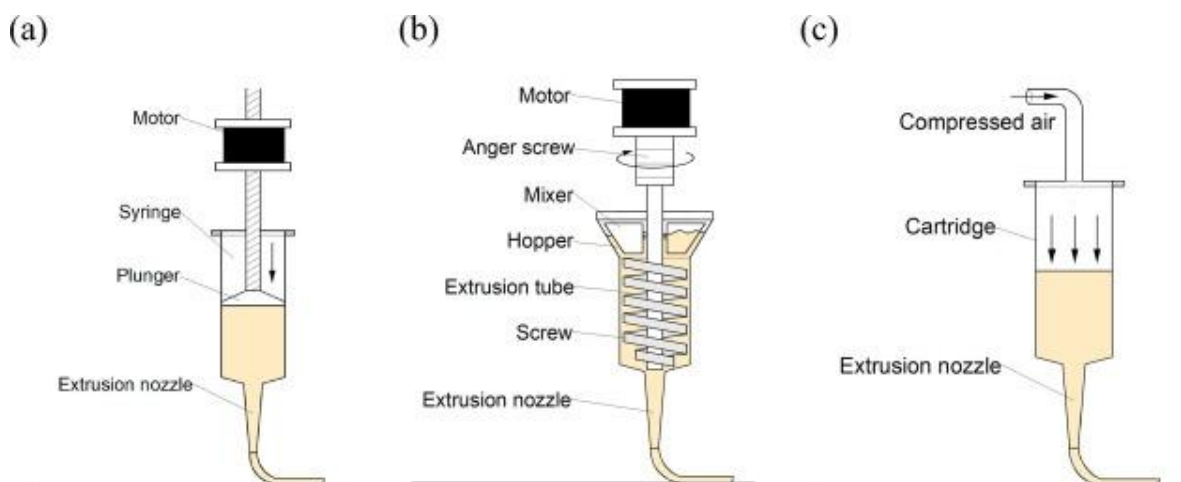


Figura 6 – Tipos de mecanismos de extrusão para impressão de alimentos em 3D. (A) Extrusão por seringa, (B) Extrusão por rosca, (C) Extrusão por ar comprimido

Referência: Adaptado de Guo, Zhang e Bhandari (2019) como citado em Kewuyemi et al. (2021)

A impressão por jato de tinta (*Inkjetting*) (Figura 5) assenta na deposição de pequenas gotas de material (alimentar, neste caso) aplicadas conforme necessário pelos bicos das impressoras 3D (a jato de tinta) num objeto em movimento, camada a camada até se formar o modelo tridimensional. É uma técnica muito utilizada para a decoração de produtos de pastelaria, como bolachas e bolos, sendo capaz de imprimir materiais como chocolate, compotas e molhos (Godoi et al., 2016; Harasym 2022). Geralmente impressões utilizando esta técnica, oferecem uma boa rapidez e qualidade de impressão, mas a mesma não é indicada para a impressão de modelo 3D complexos (Harasym, 2022).

A SLS e o *Binder Jetting* são técnicas de *Powder-bed 3D printing*, ou seja, são técnicas de impressão 3D que utilizam como base de impressão uma “cama de pó” (que neste contexto poderá ser açúcar, por exemplo) – O processo baseia-se na deposição sucessiva de camadas finas de pó alimentar que são unidas, de forma a obter-se o modelo 3D (impresso), através de um laser que funde (seletivamente) partículas de pó no caso da SLS (Pereira et al., 2021), ou através de um líquido que liga as partículas de pó, sem as fundir, no caso do *Binder Jetting*. Ambas as técnicas são ideais para a criação de modelos 3D com geometrias complexas, e oferecem uma boa rapidez de impressão. Uma característica destes processos é que o excesso de pó, o que sobra ou não é utilizado, ou seja, aquele que não é nem fundido nem ligado por líquido, serve de suporte durante a impressão e pode ser reutilizado reduzindo assim o desperdício (Harasym, 2022).

Para além destas quatro técnicas principais mencionadas anteriormente, há uma quinta, que tem nome de *Bioprinting* (Bioimpressão). Esta técnica ainda é emergente e permite, em contexto alimentar, criar “peças” ou impressões intencionadas a substituir a carne (e o peixe), utilizando células vivas cultivadas, depositadas camada a camada (Godoi et al., 2016).

2.1.3. Alimentos utilizados na impressão 3D a nível alimentar

Os alimentos utilizados na impressão 3D alimentar podem ser classificados em três grupos principais (Pinna et al., 2016):

- Os imprimíveis por natureza (prontos a imprimir/adequados para impressão) – por exemplo, chocolate ou massa;
- Os convencionais, que necessitam do complemento de hidrocolóides (espessantes) para atingirem a consistência adequada para a impressão – por exemplo, arroz ou fruta;
- Os não convencionais e diferentes – por exemplo, insetos e algas, que oferecem novas fontes de proteína.

Até ao presente, já foram efetuadas diversas experiências de impressões 3D alimentares com variadas pastas/purés de alimentos diferentes sendo que os alimentos base mais comuns destas pastas são: chocolate, frutas e legumes, massa (por exemplo de pizza) e queijo (Derossi et al., 2024). A acrescentar a esta lista também já se conseguiram imprimir com sucesso pasta de açúcar, húmus, massa de bolacha e carne “cultivada” (Pinna et al., 2016). Esta última tem-se apresentado como uma possível substituta da carne ou peixe animal (normal/comum) (Figura 7), respondendo às exigências proteicas da população de uma forma mais sustentável (Kietzmann et al., 2015).

Para além da sustentabilidade, o fabrico aditivo ao nível alimentar permite a apreciação ou o reconhecimento dos ingredientes não convencionais, como os insetos, considerados pouco ou nada atrativos, convertendo-os em produtos (modelos 3D) mais apelativos, através da cor, textura e formato/aspecto (Derossi et al., 2024).



Figura 7 – Bioimpressão de Salmão “cultivado”

Nota: Imagem obtida a 15/02/2025 de <https://automationalley.com/2025/02/04/how-revo-foods-plant-based-3d-printed-food-products-promote-sustainability-2/>



Figura 8 – Produtos da Corial Foods desenvolvidos com proteína de insetos

Nota: Imagem obtida a 18/01/2025 de <https://corialfoods.com/products/kit-explorador-snacks-proteicos>

A utilização de proteínas de insetos em produtos alimentares disponíveis no mercado tem vindo a aumentar, e um desses exemplos são os artigos da Corial Foods (Figura 8), uma start-up portuguesa fundada em 2021 que comercializa snacks (barras proteicas, bolachas tipo *crackers*, entre outros – não impressos em 3D) com proteína proveniente de insetos (mais especificamente grilos), aliando assim a inovação em nutrição a práticas mais sustentáveis (Corial Foods, n.d.).

2.1.4. Desafios da tecnologia, considerações éticas e impacto social

Como qualquer tecnologia emergente, ainda há desafios por colmatar na implementação da impressão 3D alimentar.

A nível de tecnologia em si, ou de engenharia, é a consistência da impressão (Derossi et al., 2024), ou seja, o garantir a mesma (boa) qualidade de impressão (por exemplo do mesmo produto), quando impresso várias vezes.

É esse objetivo de garantir consistência, essencial para a produção em massa que levou os engenheiros a utilizarem agentes espessantes como amidos, gelatina, pectina e goma xantana em várias formulações para impressão (Derossi et al., 2024).

Estes agentes espessantes são importantes, pois, muitos alimentos como vegetais e frutas, são difíceis de “imprimir por si só ao natural”, quer por terem fraca estabilidade estrutural (estes possuem elevadas percentagens de água nas suas composições), quer por serem propensos à oxidação, acabando por perder a sua frescura e nutrientes (Li et al, 2021). Com recurso a estes espessantes torna-se possível imprimir modelos 3D utilizando os alimentos anteriormente referidos.

Outro desafio consiste na necessidade de submeter determinados alimentos, como massas e bolachas, a um processo de cozedura após a impressão, provocando alterações no formato e no aspeto final (Harasym, 2022).

A realidade é que os processos de pós-processamento são muito importantes para garantirem que os alimentos impressos em 3D possam ser produzidos em massa, garantindo por exemplo um maior prazo de validade nestes alimentos (Derossi et al., 2024).

Por último, por se estar a discutir sobre um tema que engloba a transformação e a manipulação de alimentos, é expectável o surgimento de dúvidas acerca da segurança aquando do consumo destes alimentos e como tal há ainda a necessidade da realização de mais estudos científicos que abordem o consumo humano deste tipo de alimentos e da criação de regras e regulamentos específicos para a produção deste tipo de comidas/refeições (Scheele et al, 2020).

2.1.5. Tendências e perspectivas futuras

Atualmente, o principal foco dos investigadores (e engenheiros) está na otimização dos processos e dos equipamentos de impressão 3D alimentares, de modo a conseguir-se melhorar a eficiência e a consistência das mesmas reduzindo, desta maneira, os custos e o tempo envolvidos nas impressões (Li et al., 2021). Já a maior tendência atual, muito comum em impressoras 3D que se encontram no mercado, é a de incluírem bibliotecas (digitais) de modelos 3D e de receitas, importantíssimas na customização das impressões a realizar quer a nível estético, quer a nível nutricional (Harasym, 2022 & Derossi et al., 2024).

Como já havia sido mencionado anteriormente, espera-se também que, no futuro, os vários processos de impressão 3D alimentar consigam contribuir para uma alimentação mais sustentável e adaptada às necessidades específicas dos consumidores, por exemplo, através do ajuste do teor de sal, dos açúcares e das calorias das formulações dos filamentos para impressão (Derossi et al., 2024).

Outra perspectiva futura é a introdução desta tecnologia em ambientes hospitalares, onde se espera que se torne possível personalizar refeições (individuais) para pessoas que tenham problemas de disfagia ou dificuldade a ingerir alimentos mais “duros”, assim como aquelas que possam ter algum tipo de intolerância alimentar (Zeleny & Ruzicka, 2017). Não são apenas os idosos ou os doentes que podem beneficiar do fabrico aditivo de alimentos. As crianças, por exemplo, que se opõem ou mostram dificuldade/resistência ao consumo de purés ou vegetais, talvez, se lhes fossem apresentados os mesmos num formato diferente e do seu agrado, teriam uma maior vontade de os ingerir (Harasym, 2022), contribuindo assim para uma alimentação mais saudável e equilibrada das mesmas (Scheele et al., 2020).

Também se prevê que esta tecnologia possa ajudar no combate ao desperdício alimentar, permitindo reaproveitar alimentos que possam ser rejeitados devido à sua aparência, transformando-os em modelos 3D impressos muito mais apelativos (Harasym, 2022).

O potencial desta tecnologia expande-se também ao setor militar e espacial, onde os soldados e astronautas podem beneficiar das vantagens de uma alimentação individual personalizada com base nas suas necessidades, o que promove e impulsiona a contínua investigação (e investimento) nesta área por parte do exército norte-americano e da NASA (Scheele et al., 2020).

No entanto, estes avanços continuam a enfrentar obstáculos a nível da aceitação por parte dos consumidores por questões relacionadas com a higiene e a segurança do processo e da máquina, assim como a “naturalidade” do processo de impressão (Galanakis, 2024) e, como tal, espera-se que no futuro se consigam estabelecer normas e regulamentos para se assegurarem a qualidade, a higiene e a segurança, quer da máquina, quer dos materiais a serem impressos.

2.2. *Benchmarking* – Pesquisa de mercado

Após o término da revisão de literatura, decidiu-se explorar o mercado de impressoras 3D alimentares com o objetivo de as conhecer, e, como tal, fez-se um levantamento destes equipamentos, que permitiu identificar as principais marcas, as características a nível técnico e de design das máquinas assim como as principais tendências do setor. Esta análise de mercado foi essencial para a identificação de possíveis soluções e para a fundamentação das tomadas de decisão subsequentes no processo de design da impressora.



Figura 9 – Foodini da Natural Machines

Nota: Imagem obtida a 16/01/2025 de <https://www.naturalmachines.com/>

Características da **Foodini** (Natural Machines, 2025) (Figura 9):

- Design minimalista e moderno;
 - Compacta e elegante;
 - Área de impressão (interior) protegida;
 - Componentes removíveis para limpeza;
 - Possui um componente tipo depósito para a remoção de possíveis bolhas de ar na mistura;
 - Múltiplos extrusores (até 5);
-
- Ecrã *touch* de 7” na zona frontal;
 - Conta com uma peça única situada na base que contribui para a estabilização da impressora;
 - Dispõe de uma biblioteca de receitas/modelos (digital).



Figura 10 – Procusini 5.0 da Print4Taste GmbH

Nota: Imagem obtida a 15/01/2025 de <https://procusini.com/en>

Características da **Procusini Research** (Procusini, 2025) (Figura 10):

- Design sofisticado e minimalista, com acabamento em aço inoxidável e detalhes frontais a cor negra, como o logótipo e a área do ecrã;
- Fácil de limpar;
- Projetada para ambientes de cozinha profissionais (daí o nome “pro”);
- Acesso ao *Procusini Club*, uma biblioteca online com modelos 3D.



Figura 11 – Felix Food 3D Printers

Nota: Imagem obtida a 15/01/2025 de <https://felixprinters.com/>

Características das **Felix Food** (Felixprinters, 2025) (Figura 11):

- Estrutura aberta e robusta;
- Visual industrial;
- Fácil de limpar e de fazer as manutenções que possam ser necessárias;
- Capaz de ter um ou dois extrusores a “imprimir” ao mesmo tempo;
- Ecrã *touch* e inclui uma *pen-drive USB* com modelos 3D e manuais digitais;
- No modelo mais premium, é capaz de imprimir simultaneamente dois materiais/pastas diferentes;
- Imprime com seringas descartáveis de plástico ou de aço inoxidável.



Figura 12 – Wiiboox Sweetin

Nota: Imagem obtida a 16/01/2025 de <https://www.wiiboox.com/3d-printer-wiiboox-sweetin.php>

Características da **Wiiboox Sweetin** (Wiiboox, 2025) (Figura 12):

- Visual *clean*, compacto e contemporâneo;
- Estrutura metálica com painéis negros;
- Área das impressões aberta e fácil limpeza;
- Minimalista – os componentes, à exceção da mesa e do extrusor estão escondidos no interior da estrutura;
- Ecrã *touch* frontal;
- Possui um software para a monitorização dos parâmetros das impressões controlado pelo ecrã.



Figura 13 – Opus da byFlow

Nota: Imagem obtida a 17/01/2025 de <https://www.3dbyflow.com/>

Características da **Opus** (byFlow, 2025) (Figura 13):

- Estrutura robusta metálica com linhas bem definidas;
- Possui pernas para estabilização;
- Área de impressão protegida pela estrutura;
- Conta com uma grande porta transparente de moldura negra;
- Ecrã *touch* frontal;
- *Software byFlow Studio+*;
- Abastecimento de chocolate feito a

partir de pepitas, sendo estas aquecidas e temperadas na própria impressora até ganharem a consistência ideal para a impressão (em pasta).



Figura 14 – mycusini 2.0 da Print4Taste GmbH

Nota: Imagem obtida a 15/01/2025 de <https://mycusini.com/en>

Características da **mycusini 2.0** (Mycusini, 2025) (Figura 14):

- Compacta com estilo inovador;
 - Atraente, com detalhes a nível de cor diferentes, como o rosa;
 - Área de impressão aberta, mas mecanismos escondidos (à exceção do extrusor e da mesa de impressão);
 - Fácil de limpar;
 - Ecrã *touch* colocado a um ângulo não habitual, num recorte entre a face superior e a face frontal;
- Acesso ao *software mycusini Club*, uma biblioteca digital de modelos 3D.



Figura 15 – Patiss3 da La Pâtisserie Numérique

Nota: Imagem obtida a 16/01/2025 de <https://lapatisserienumerique.com/en>

Características da **Patiss3** (La Pâtisserie Numérique, 2025) (Figura 15):

- Aparência industrial e robusta de aço inoxidável;
- Com pernas para a estabilização;
- Inclui reservatório (lateral) para pó de bolacha que servirá para polvilhar durante o processo de impressão (*Binder Jetting*);
- Projetada para pastelaria de luxo;
- Sem ecrã, sendo controlada através de um computador sendo que também

possui um *software* com modelos e receitas.

Para além destas impressoras 3D alimentares, foram analisadas *in loco* uma Bambu Lab X1C (Figura 16) e uma CubePro (Figura 17), impressoras 3D convencionais que se encontravam no LDPS, para levantamento dos seus mecanismos (de abertura das portas, por exemplo) e detalhes de construção.

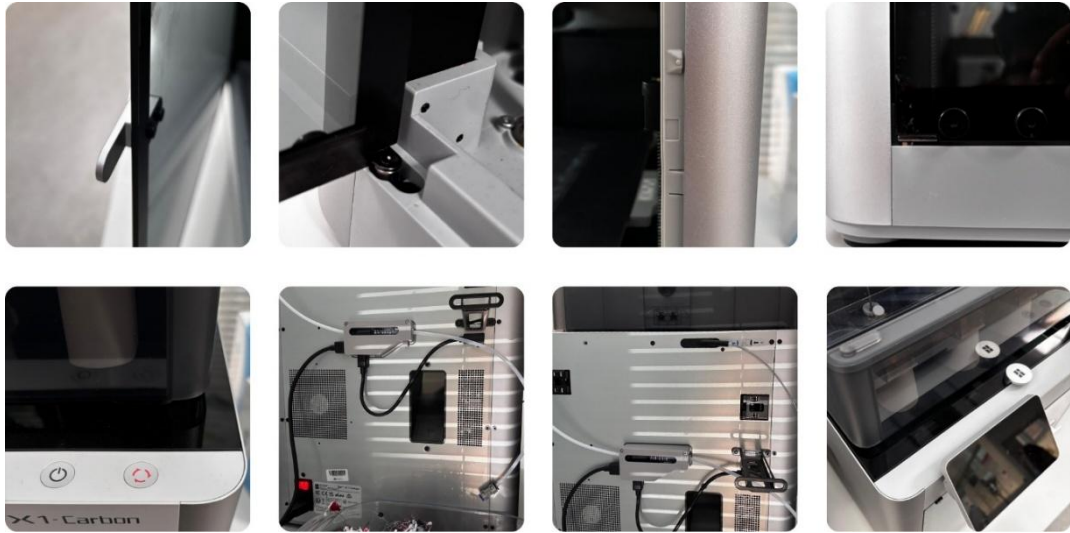


Figura 16 – Detalhes da Bambu Lab X1C

Nota: Fotografias da minha autoria.



Figura 17 – Detalhes da CubePro

Nota: Fotografias da minha autoria.

Capítulo III – Desenvolvimento da impressora 3D

3.1 Requisitos do projeto

Em contexto de reunião ocorrida em fevereiro com todas as entidades envolvidas no projeto, ficaram determinados vários requisitos no que toca ao design e *timeline* da montagem da impressora:

- A mesma deverá ser simples de interagir, desde a seleção do produto final a ser impresso, à troca de “cartuchos” (visto ter de ser feita por funcionários do Continente), à limpeza e manutenção da impressora;
- A máquina terá de conseguir, nas suas impressões, combinar (de preferência) diferentes sabores (até cinco, se tal for exequível) – por exemplo, uma goma poderia ter uma combinação de dois sabores, não sendo obrigatório que uma impressão contenha todos os cinco sabores;
- A duração de uma impressão deve ser rápida, preferencialmente em segundos e a mesma estar pronta a consumir;
- A impressora deverá estar montada e apta para a demonstração em loja em junho de 2026, pelo que o design deverá estar concluído, idealmente, até junho de 2025.

3.2 Ideias iniciais

Com estes requisitos, deu-se início ao *brainstorming*, onde se lançou múltiplas ideias sobre de como se gostaria que fosse a impressora a nível estético, sobre o processo de montagem/construção da mesma, as suas dimensões (máximas) devido ao peso e transporte e algumas características que a mesma deveria possuir, entre outras.

Algumas das principais características discutidas, inicialmente, foram:

- A impressora ter de ser “fechada” – ao estar a lidar, para todos os efeitos, com comida, se a impressora for fechada/protegida, as impressões estariam mais resguardadas no que toca a pó/sujidades e acidentais interferências externas como o toque humano no decorrer do processo de impressão;
- A mesa de impressão ser removível – a capacidade de se conseguir remover a mesa de impressão permitiria uma mais limpeza da sua superfície mais fácil e eficaz, o que seria ideal, de forma a poder-se evitar alguma possível contaminação cruzada, algo que poderá afetar a qualidade das posteriores impressões, quer a nível de qualidade de impressão, como de sabor;
- Seria ideal ter o mínimo possível de “mecanismos” ou peças “mecânicas” visíveis ou expostas – para evitar acumulação de sujidade, ser mais fácil de limpar e mais agradável em termos estéticos (algo não tão industrial ou “bruto”);
- Possibilidade de haver uma *app* para a escolha do produto pretendido por parte do consumidor – para além de haver um ecrã para controlo da impressão 3D, poderia ser interessante, visto a Sonae ter como objetivo que a área onde estará a impressora se torne mais interativa, ter um tablet com uma *app* na qual o consumidor consiga escolher a receita, o sabor e o formato da sua impressão;
- A impressora deverá contar com um design moderno e uma estética *clean*, ou seja, deverá ter inspirações em impressoras ou outras máquinas

modernas/atuais, de forma a suscitar o interesse por parte do consumidor não apenas pela tecnologia envolvida na impressão, mas também pelo aspeto da própria máquina;

- Em relação aos extrusores/*nozzle*, teriam de ser mais do que um, pois, em princípio haverá a necessidade de se conseguir combinar sabores numa só impressão. Como tal, uma ideia que surgiu, até potencialmente inovadora, seria conseguir pegar em três extrusores e colocá-los numa espécie de câmara inspirada num tambor de um revólver, que poderia rodar. Isto permitiria uma troca do extrusor que estaria a imprimir mais rápida. Ou, destes três, a máquina poderia selecionar um deles e trazê-lo para o “centro” deste hipotético sistema, acabando por ser esse ao centro a imprimir, e, quando fosse necessário, o extrusor voltaria ao seu lugar inicial e iria outro para o centro. Este “modo” de funcionamento teria inspiração na troca automática de ferramentas comum numa máquina CNC, que também seleciona a ferramenta adequada para a operação que irá realizar e, quando esta operação termina, troca a ferramenta por outra que seja necessária ou mais ideal. A Foodini também funciona com um sistema deste tipo de seleção de extrusor.

3.3. Primeira abordagem conceptual e esboços

Na sequência do *brainstorming* inicial, foi criado um *moodboard* (Figura 18) como inspiração para os primeiros esboços da impressora.



Figura 18 – Moodboard inicial de inspiração para os primeiros esboços da impressora

Nota: *moodboard* realizado pelo autor. Referências das imagens do *moodboard*: Bambu Lab X1C – obtido a 24/02/2025 de <https://bambulab.com/en-eu/x1>; Foodini – obtido a 16/01/2025 de <https://www.naturalmachines.com/>; WiiboosSweetin – obtido a 16/01/2025 de <https://www.wiiboos.com/>; Opus – obtido a 17/01/2025 de <https://www.3dbyflow.com/>; Varinha mágica c/acessórios Smeg – obtido a 24/02/2025 de <https://www.smeg.com/pt>; Logo MC Sonae – obtido a 24/02/2025 de <https://mc.sonae.pt/>; Logo Food Lab – obtido a 24/02/2025 de <https://labs.continente.pt/food-lab>; Logo Continente – obtido a 24/02/2025 de <https://www.continente.pt/>

Foram inseridas no *moodboard* (Figura 18) as impressoras 3D alimentares e a Bambu Lab X1C (não alimentar) que foram as que se consideraram melhores e que estão de acordo com as características anteriormente definidas, quer a nível estético (moderno) – Bambu Lab X1C e Foodini – como técnico – por exemplo: a iluminação presente na Opus ou o extrusor/*nozzle* da Wiiboos Sweetin. Também foram

acrescentados os logos da MC Sonae, do Continente e do Food Lab assim como uma varinha mágica da Smeg de cor vermelha (cor apenas exemplificativa até porque a mesma varinha é comercializada tendo outras cores como azul, preto, etc.), pois a introdução/combinção de uma cor “vibrante” com o metal “industrial/mecânico”, poderá ser uma introdução interessante, diferenciadora das demais impressoras (incluindo as referidas anteriormente) e até inovadora.

Após a criação do *moodboard* inicial do projeto, procedeu-se à elaboração dos primeiros desenhos/esquissos da máquina (Figuras 19 e 20).

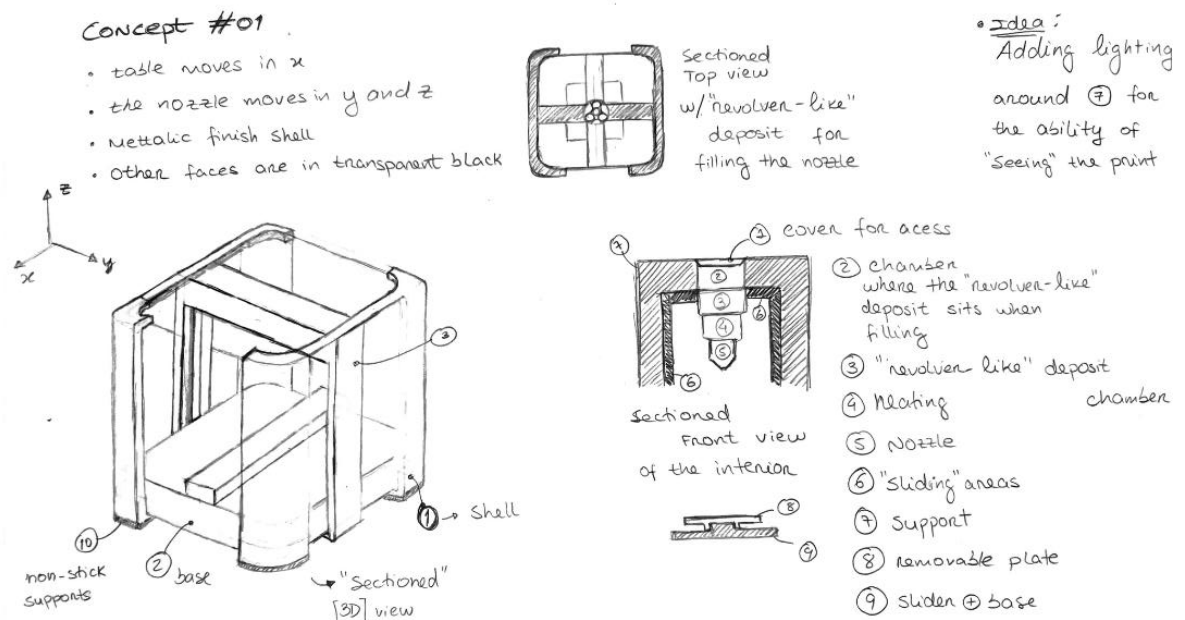


Figura 19 – Esquissos e ideias iniciais a incluir na impressora 3D

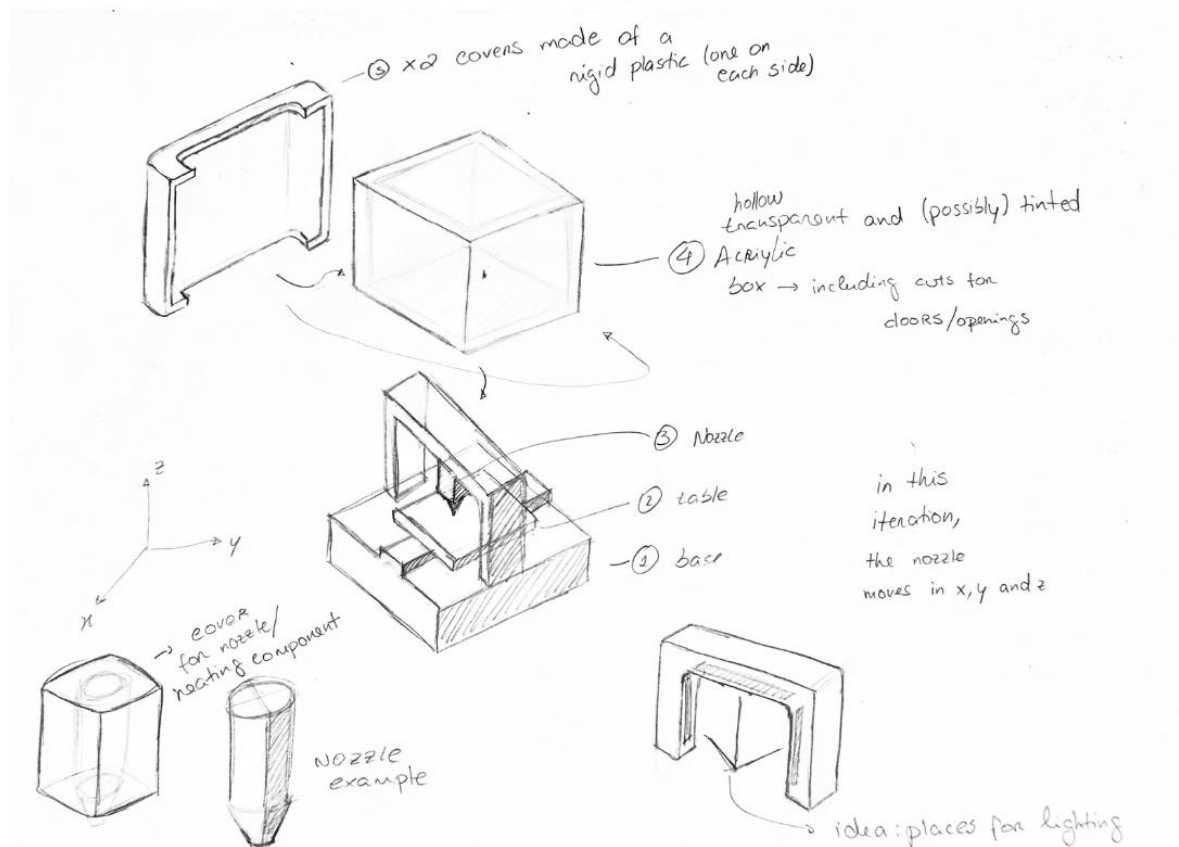


Figura 20 – Ideias iniciais e esquema de montagem

Até este ponto, ainda não se tinha decidido qual a combinação de eixos cartesianos entre a mesa e o sistema de extrusão que iria ser utilizada na impressora (por exemplo se o extrusor iria atuar em xy e a mesa em z ou se a mesa iria atuar em y e o extrusor em xz, ou até outra combinação qualquer) pelo que foi utilizada para fins de teste a configuração na qual o extrusor iria atuar em yz e a mesa em x, pois é a configuração utilizada pelas impressoras 3D Prusa MK3S disponíveis no Departamento de Engenharia Mecânica da FEUP.

Na Figura 19, ainda que não estejam representados nenhuns componentes mecânicos, tentou-se introduzir o máximo de ideias anteriormente discutidas dentro de uma possível iteração de uma impressora 3D:

- A ideia do tambor com os extrusores;
- A iluminação no interior da impressora e a sua localização;
- A mesa de impressão ou prato poder ser removível;
- Tentativa de atribuir uma estética moderna não tão “industrializada”, mas que ainda contasse com inspirações nas impressoras disponíveis no mercado.

Na Figura 20, é possível verificar a exploração de como esta iteração da impressora pudesse ser montada, sendo esta montagem dividida, em grosso modo, por três etapas:

- A 1ª etapa era constituída pela base, à qual se incluem elementos como o perfil central com os extrusores, mesa de impressão, todo o tipo de componentes mecânicos e eletrónicos necessários para o funcionamento da máquina – obviamente desenhado de uma forma bastante simplificada;
- A 2ª etapa era composta por uma “caixa” de acrílico, onde iria ter nela a ranhura para a porta principal para remoção das impressões, a ranhura onde iria ser montado o ecrã e a ranhura no topo para o procedimento de troca dos extrusores. Esta caixa seria transparente, mas com um tom cinza-claro, inspirado, por exemplo, na Bambu Lab X1C;
- A última etapa era baseada em duas peças plásticas que iriam acoplar ao acrílico nas laterais, oferecendo não só rigidez, mas também um aspeto exterior mais moderno, com arestas arredondadas. Assim, desta forma, para além da capacidade de se conseguir ver o processo de impressão a partir da frente, o mesmo seria possível das partes superior e traseira. Haver esta capacidade de ter a zona superior com transparência era importante porque apesar de esta iteração ter sido projetada com uma componente de iluminação interior, qualquer iluminação proveniente do exterior da máquina (ou seja, neste caso, proveniente da iluminação da superfície comercial do Continente) seria sempre um bónus.

Como os esboços por vezes não são suficientes para conseguir explicar toda a linha de pensamento, e visto este ser um projeto muito técnico, decidiu-se passar dos esboços para um *software* de CAD, o *SolidWorks*, e de seguida exportar os ficheiros do mesmo para um *software* de renderização, o *Keyshot*, onde se foi capaz de introduzir cores, iluminação e materiais, ainda que preliminares (Figura 21).

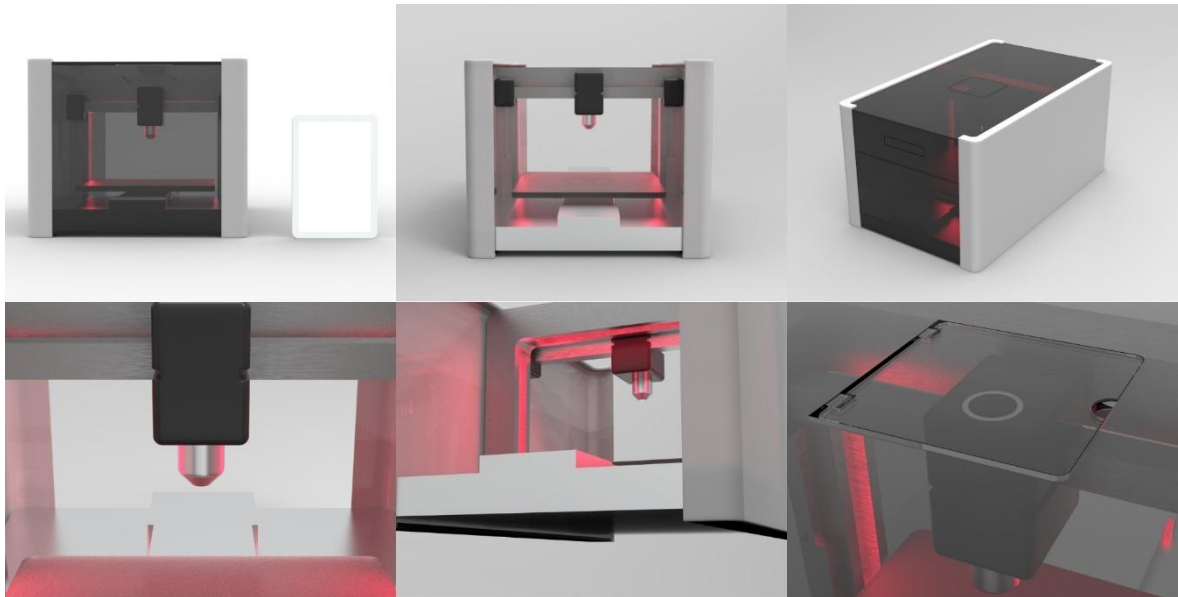


Figura 21 – Painel de renders iniciais

Nos *renders* da Figura 21, é possível visualizar, com algum realismo, ainda que muito simplificado, como as ideias debatidas e presentes nos desenhos poderiam vir a ser aplicadas num contexto real. A ideia da *app* para o tablet, a iluminação e o seu posicionamento (neste caso foi escolhida a cor vermelha, apenas no sentido de se explorar uma cor que não o branco ou o amarelo que são as mais comuns quando se trata de iluminação, e por ser a cor do logo do Continente, onde a máquina estará exposta), a entrada a nível superior para a troca de extrusores, a carcaça onde no seu interior estaria o mecanismo tipo tambor onde se encaixam os extrusores, o eixo *x* onde a mesa iria atuar assim como os eixos *yz* onde o extrusor iria se movimentar. Devido à mesa se poder movimentar no eixo *x*, é possível verificar na Figura 21 o quanto essa movimentação acaba por influenciar o comprimento total da máquina.

A finalizar com estas imagens conseguimos também prever como as peças laterais encaixariam no acrílico. Devido ao seu formato e de forma a não comprometer, nesta iteração, o equilíbrio da máquina, surge também a ideia de pôr por debaixo, de ambos os lados, uma peça (ao todo duas) que sirva(m) como base de “amortecimento” de um material tipo “borracha”, por exemplo, para que, assim, se garanta que o equilíbrio não seja comprometido nem que outras possíveis perturbações ou vibrações que possam ocorrer, tanto a partindo do sistema de impressão como do exterior, possam afetar a qualidade do produto final ou no limite da máquina em si. Na Figura 22 estão retratados esboços das bases de amortecimento e do ponto de partida ou referência daquilo que poderia vir a ser o mecanismo de tambor onde estariam inseridos os extrusores.

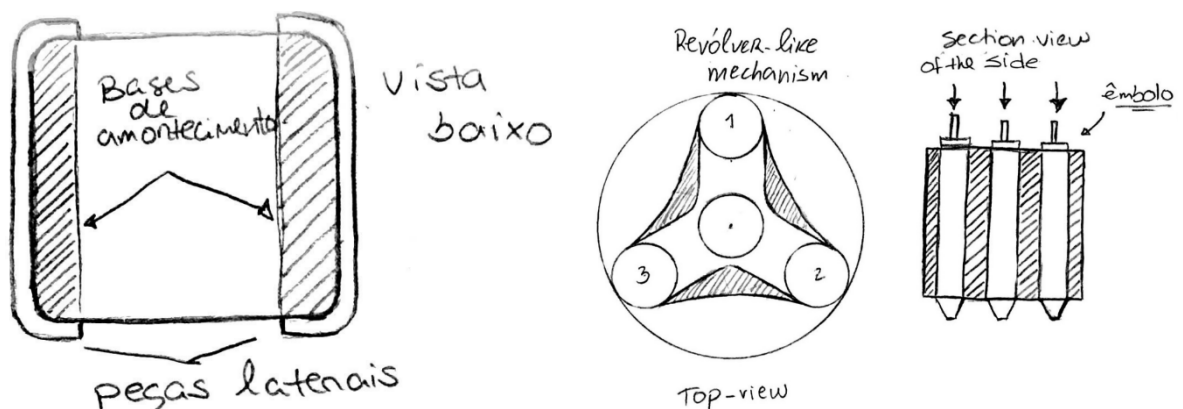


Figura 22 – Esboços das bases de amortecimento e do possível mecanismo de tambor dos extrusores

3.3.1. Problemas e limitações

Após algumas reuniões onde foi debatida e analisada a primeira abordagem de design, descrita anteriormente, foi realizado um levantamento de problemas, quer a nível estético como técnico:

- A abertura superior teria de ser removida ou passar para uma abertura lateral pois poeiras ou sujidade poderiam entrar quando a mesma fosse aberta para a troca ou enchimento dos cartuchos, o que, se tal acontecesse, iria afetar a qualidade da impressão e potencialmente a segurança alimentar da mesma;
- O posicionamento e a cor da iluminação interior teriam de ser revistos (numa fase posterior);
- Devido a custos de produção, as peças plásticas laterais iriam ter de ser redesenhadas e feitas de um outro material, por exemplo metálico, porque o preço de um molde e posterior injeção para uma amostra de duas a quatro peças seria demasiado elevado;
- A solução da “caixa” de acrílico não é a melhor, quer a nível de rigidez, quer devido a possíveis dificuldades na instalação de outros componentes, como a porta ou o ecrã.

Outra limitação, para além das anteriormente referidas, foi o tempo ou a *timeline* da entrega e finalização do design da máquina, ou seja, este ponto de desenvolvimento no design da impressora apresentado acima, ocorreu no final do mês de março, o que significa que faltavam menos de três meses para a proposta de design da impressora estar finalizada (ou estar muito próximo disso). Não só o design estava a ser afetado pela *timeline*, como outros parceiros como a Frulact e o INL também apresentavam alguma dificuldade com a formulação das pastas alimentares e a testagem das mesmas, respetivamente. O INEGI, devido a outros problemas alheios, não conseguiu participar ativamente no design da máquina, um ponto que seria de extrema

importância, pois irá ser essa mesma entidade que construirá/montará a máquina final, pelo que a opinião dos seus engenheiros e designers poderia afetar, de uma forma positiva e realista, o processo de design, desde os componentes utilizados ao procedimento de montagem dos mesmos. Devido à falta desta comunicação/participação ativa, e o tempo restante para a entrega final ser curto, a ideia do “tambor” de extrusores acabou por ser posta de parte pois seria necessário, em muito pouco tempo, muito trabalho de investigação, tempo e testagem de materiais e possíveis mecanismos.

3.4. Nova abordagem ao design da impressora

Devido ao tempo limitado para a entrega da proposta final de design e dado que no ato da entrega não se poderia correr o risco de a impressora não ser possível de ser montada ou assemblada pelo INEGI, a decisão acordada foi a de adaptar uma impressora que já havia sido construída pela FEUP (mais concretamente pelo DEM). Por outras palavras, criar uma nova impressora tendo como base a impressora do DEM, e, personalizá-la de forma a que a mesma possuísse os requisitos técnicos e estéticos estabelecidos para o projeto. Esta decisão também acontece, pois, esta impressora 3D havia sido projetada/montada por engenheiros do próprio departamento, pelo que a sua montagem é relativamente simples, e no que toca ao custo de fabrico final não se considera dispendiosa.

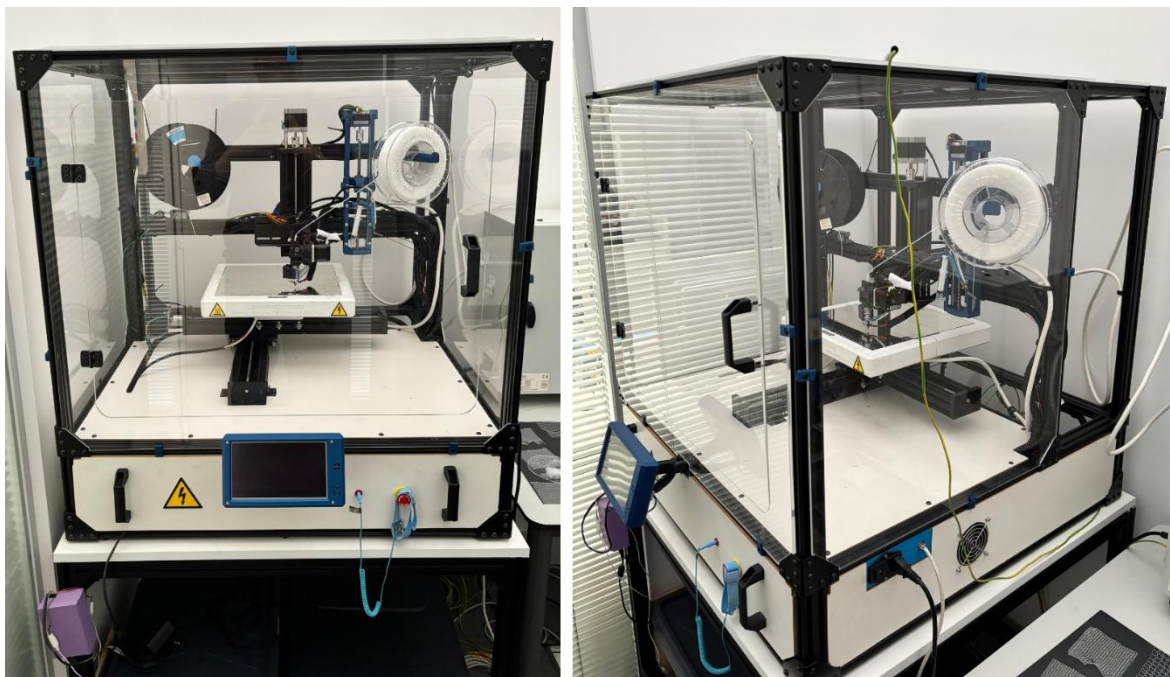


Figura 23 – Fotografias da impressora 3D do DEM

Analisando a impressora 3D do DEM (Figura 23), verificou-se que havia várias diferenças comparando com as impressoras 3D que se encontram no mercado, tais como:

- A Estética *DIY*, muito técnica, industrial, com linhas muito definidas e geométricas com os mecanismos, parafusos e cabos expostos;
- O tamanho da mesma – esta impressora 3D tem dimensões muito maiores que o usual, pois não foi projetada para ser um produto de mercado;
- Possui um compartimento inferior acessível por meio de uma gaveta onde se encontram os componentes eletrônicos;
- Os puxadores da porta e da gaveta, as dobradiças e as peças de canto negras ocupam muito espaço e acabam por causar alguma distração;
- Diferenças de cor muito evidentes: perfis metálicos negros versus base de trabalho e compartimento inferior brancos;

- O posicionamento do ecrã – o ecrã está acoplado a uma peça que permite mudar a sua inclinação, mas na posição em que se encontra na foto, não permite que a gaveta possa ser aberta, para além de que a distância entre o mesmo e a porta principal possa dificultar a remoção das peças impressas ou trocas de filamento;
- A mesa de impressão movimenta-se nos eixos xy e os extrusores atuam no eixo z.
- Devido à maneira de como a porta foi projetada, a mesma pode abrir não só para o exterior como também para o interior da máquina, o que não é ideal e, para além deste problema, devido ao “recorte” da porta, depois de aberta a mesma, o encaixar de novo a porta no recorte, corretamente, torna-se um pouco complicado.

Após a análise anterior, numa só frase, o objetivo passou a ser refinar, quer a nível estético como técnico, uma nova impressora 3D que tenha a da Figura 23 como base.

De modo a ser mais simples “decompor” a impressora do DEM, principalmente, no que diz respeito à sua componente mecânica, contou-se com a colaboração de um estudante da Licenciatura em Engenharia Mecânica da FEUP, que proporcionou ficheiros CAD¹, realizados no *SolidWorks*, da estrutura base da impressora e dos mecanismos necessários à movimentação quer da mesa, quer dos extrusores.

¹ Os desenhos técnicos dos ficheiros CAD fornecidos pelo estudante parceiro do projeto encontram-se no Anexo B.

Para a realização destes ficheiros de modelação 3D, foram definidos alguns parâmetros de maneira a agilizar o trabalho do estudante:

- As dimensões da mesa de impressão seriam 300 x 300 (milímetros);
- A mesma deverá contar com três extrusores, pois mais do que isso poderia aumentar as dimensões totais da impressora, o que não era ideal do ponto de vista de transporte, por exemplo;
- Os extrusores deveriam contar com uma capacidade de volume de 70 mililitros – dado que ainda não havia um parceiro responsável pelos cartuchos e a Frulact ainda não tinha chegado à formulação final, decidiu-se que a melhor estratégia naquele momento seria colocar uma versão muito simplificada de um extrusor do tipo seringa/pistão, comum em várias impressoras 3D alimentares. Nas Figuras 24, 25 e 26 é possível observar o trabalho de modelação 3D levado a cabo pelo estudante parceiro do projeto.

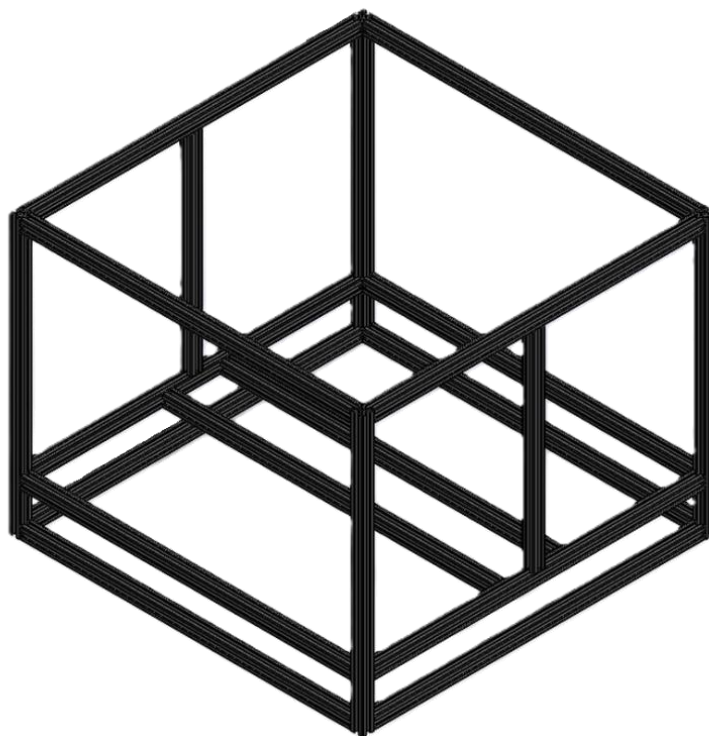


Figura 24 – Estrutura Base inicial da nova impressora 3D

Nota: Figura gerada pelo autor a partir dos ficheiros fornecidos pelo estudante colaborador do projeto.

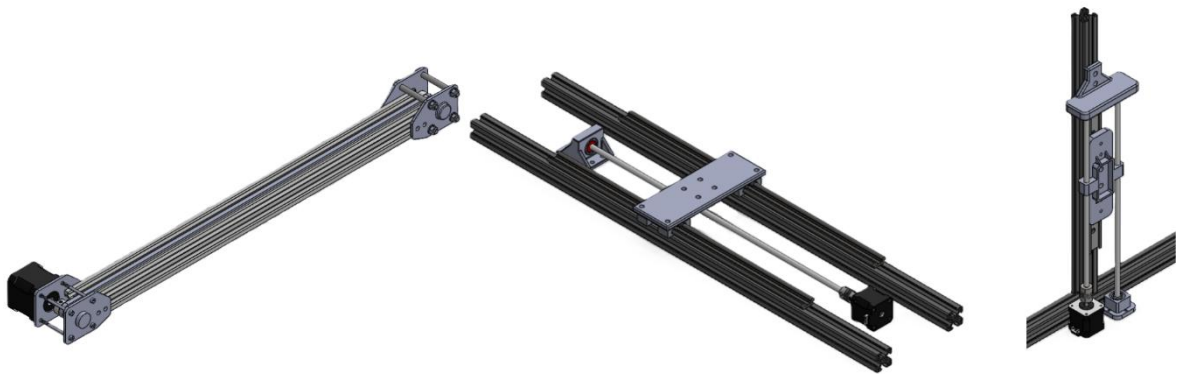


Figura 25 – Vistas em detalhe dos componentes necessários para as movimentações da mesa (no eixo x e y, imagens da esquerda e do centro respetivamente) e da altura dos extrusores (eixo z)

Nota: Figura gerada pelo autor a partir dos ficheiros fornecidos pelo estudante colaborador do projeto.

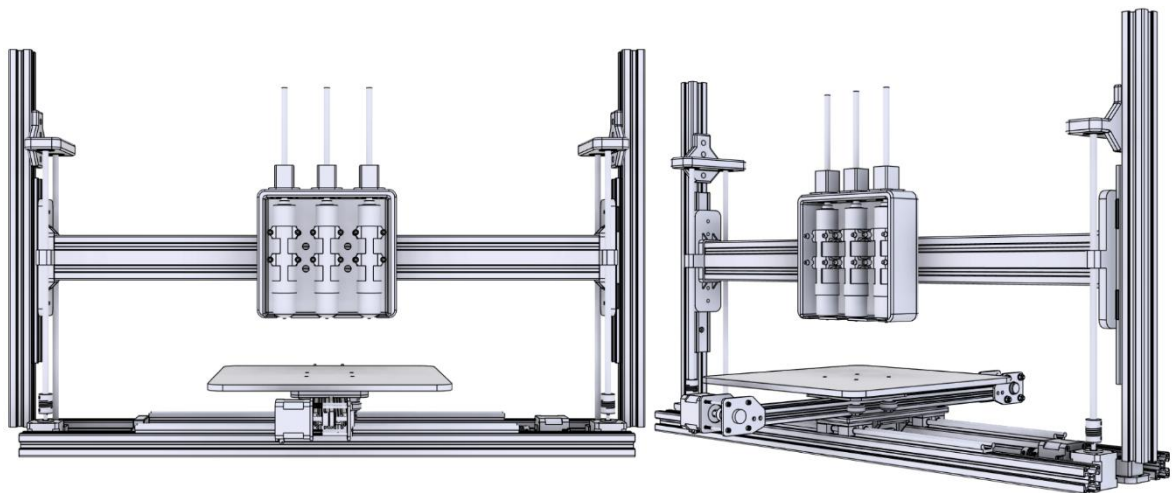


Figura 26 – Configuração e representação dos extrusores, mesa de impressão e componentes mecânicos de movimentação

Nota: Figura gerada pelo autor a partir dos ficheiros fornecido pelo estudante colaborador do projeto.

As dimensões que resultaram da modelação da estrutura base da impressora (Figura 24) foram de 860 x 860 x 705 milímetros (comprimento x largura x altura).

3.4.1. Novas Ideias e soluções

De modo a otimizar a investigação e o desenvolvimento de possíveis soluções a integrar no design da impressora, decidiu-se focar nos problemas, anteriormente mencionados, quer da impressora do DEM, quer da estrutura base, e resolvê-los um por um, pela ordem que se achou de maior importância.

Começando pela estrutura base (Figura 24), verificamos, que os perfis metálicos (Figura 27) utilizados na montagem não estão munidos de um arredondamento nos cantos, ou seja, devido à configuração ou ao esquema de montagem dos perfis da estrutura, não seria tarefa fácil conseguir conferir bordas arredondadas à máquina – algo que se considerou muito importante para “aliviar” a estética muito industrial da mesma.

Devido a estas razões acima mencionadas, fez-se um levantamento de possíveis perfis metálicos que pudessem ser inseridos na montagem da estrutura, substituindo os atuais, presentes nos cantos da mesma (Figura 28).

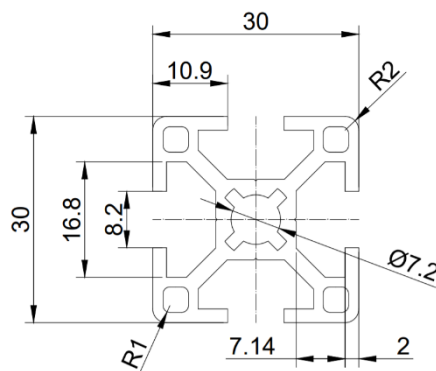


Figura 27 – Desenho técnico dos perfis metálicos utilizados na Estrutura Base

Nota: Referência da imagem: Perfil de alumínio *RatRig* – imagem obtida a 02/04/2025 de <https://ratrig.com/aluminium-profiles.html>

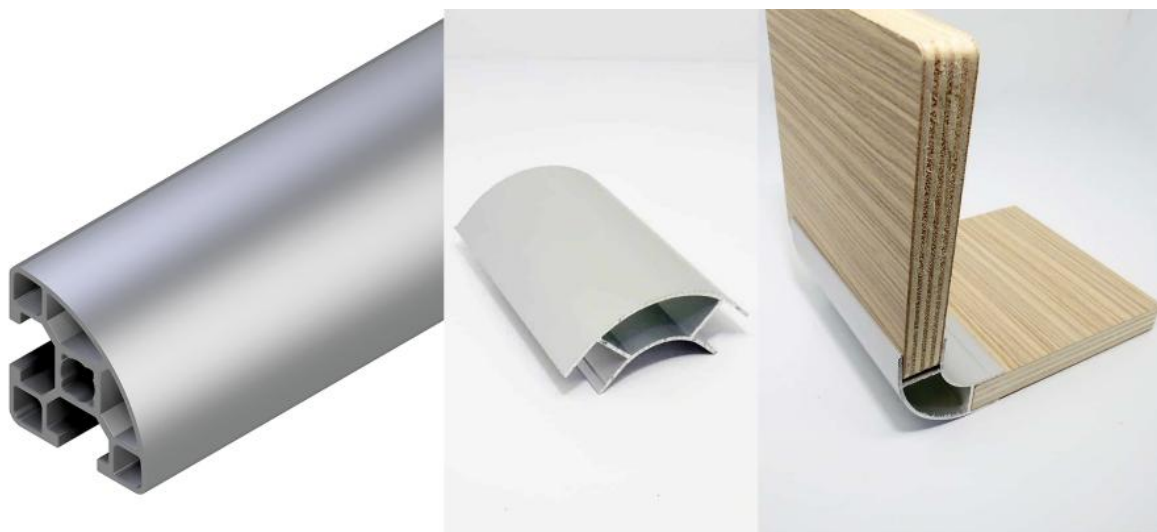


Figura 28 – Perfis metálicos com bordas arredondadas

Nota: Referências das imagens: Perfil *MiniYec 30 R 90°* - obtido a 08/05/2025 de <https://www.minitec.de/en/product/profile-30-r-90>; Perfis da *Evo Design* (imagens do centro e da direita) - obtido a 25/05/2025 de <https://www.evomotiondesign.co.uk/product/40mm-radius-aluminium-corner-for-furniture-various-lengths-and-quantities-available/>

Na Figura 28, podem-se observar dois tipos de perfis metálicos com as bordas arredondadas: o primeiro do mesmo tipo *t-slot* que os perfis já presentes na estrutura e o segundo um tipo de perfil comum em peças de mobiliário de cozinha. Apenas o primeiro perfil (*MiniYec 30 R 90°*) seria possível de instalar na estrutura, substituindo os atuais da *RatRig* presentes nos cantos. Ainda assim, se este tipo de perfil fosse utilizado, acabaria por originar um novo inconveniente pois a intenção de arredondar as bordas/cantos da impressora seria proporcionar à mesma um design mais elegante, minimalista e refinado com uma superfície o mais contínua e “suave” quanto possível, e o que aconteceria é que estes perfis depois de montados aos originais, iriam originar uma pequena folga devido ao arredondamento do próprio perfil.

Constatado que os obstáculos encontrados ocorrem devido aos perfis dos cantos, tomou-se a decisão de os remover e tentar unir os outros perfis de forma a que estas inconveniências deixem de existir e a solução encontrada foi a de reordenar e acrescentar alguns perfis e utilizar uma chapa vertical dobrada que acaba por se

conectar aos mesmos através de parafusos ou de soldadura (essa decisão ficará para o INEGI visto serem os responsáveis pela montagem da impressora) eliminando assim as tais pequenas folgas. A Figura 29 mostra as alterações à estrutura inicial incluindo uma secção em corte da chapa.

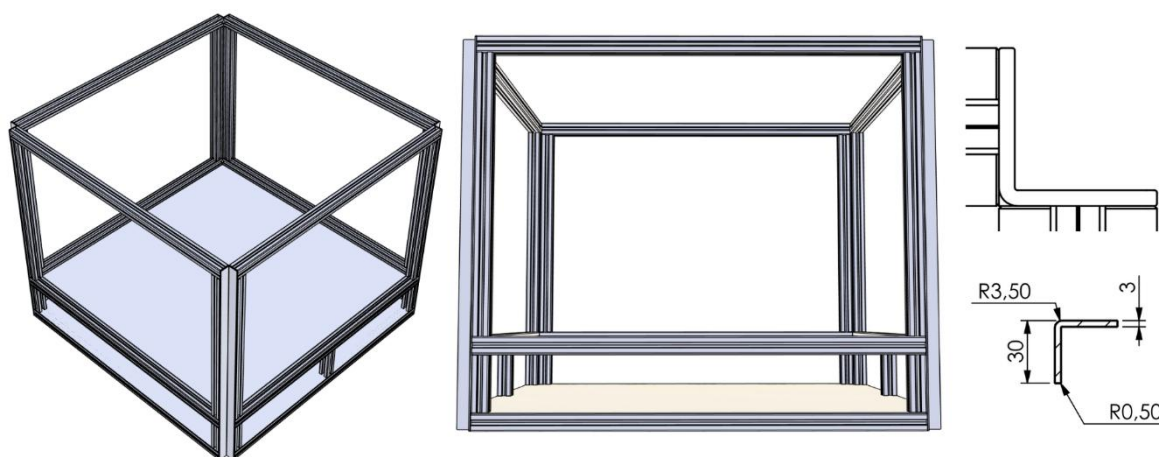


Figura 29 – Estrutura Base Alterada e detalhe da Chapa vertical dobrada

Na Figura 29 é possível ver a adição de novos perfis verticais (adjacentes aos cantos) e duas chapas metálicas, uma onde assentará o sistema de movimentação da mesa de impressão e a outra a gaveta. Também foram incorporados, de forma a tornar o sistema mais robusto, dois perfis laterais na zona inferior da estrutura, onde estarão futuramente equipados os componentes eletrónicos.

Após estar definida a nova estrutura base, a fase seguinte do projeto, seria a de “fechar o sistema”. Como a ideia de utilizar duas peças plásticas laterais, que surgiu e acabou mesmo por ser testada no primeiro conceito da impressora, foi posta de parte, devido aos custos necessários para a execução da mesma, o que foi feito foi adaptar essa ideia para uma peça apenas que envolvesse e fechasse o sistema, mas em vez de se utilizar como material base um polímero, que iria necessitar de um molde, iria ser utilizado uma chapa metálica. A Figura 30 retrata alguns esboços de possíveis chapas a aplicar no projeto.

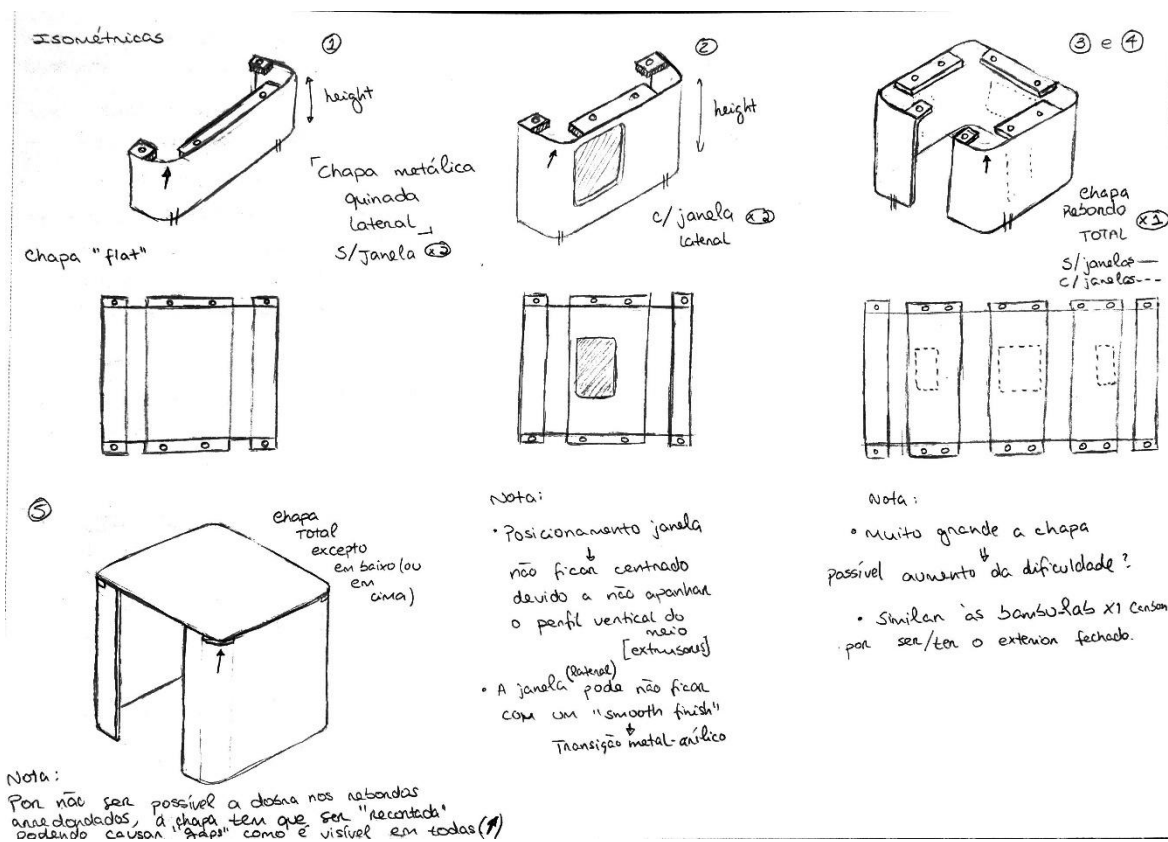


Figura 30 – Esboços de possíveis chapas metálicas a adotar

Como se pode observar na Figura 30, diversos tipos de chapa dobrada foram debatidos como possíveis hipóteses a adotar, desde uma chapa dobrada completa (com cantos arredondados e que envolva toda a estrutura lateral e traseira externa da impressora), ou utilizar duas chapas (uma para cada superfície lateral da estrutura, com cantos arredondados, excluindo apenas os planos frontal e traseiro) e até uma chapa que fosse capaz de cobrir não só as superfícies laterais como a superior. Estudou-se também a possibilidade de a tal chapa poder ter um (ou mais) recorte(s) para eventuais “janelas”, para não só dar um reforço em termos de iluminação como possibilitar a visualização do processo de impressão de outros ângulos que não o frontal.

Destas opções de chapa que se exploraram (ilustradas na Figura 30), escolheu-se a opção de utilizar duas chapas metálicas que incluem os cantos arredondados, pois visto a estrutura já ter dimensões um pouco elevadas (860 x 860 x 705) milímetros, poderá ser benéfico, quer para o ponto de vista de montagem/construção, quer para o de manutenção, haver a possibilidade de se conseguir aceder à zona inferior (onde se localizam os componentes eletrónicos) não só pela parte da frente como pela de trás.

Tendo sido definido o tipo de chapa envolvente a utilizar, houve a necessidade de conceber uma solução para acoplar as mesmas aos perfis e, em paralelo de “fechar” a zona mais superior e mais inferior da estrutura.

Posto isto, testou-se inicialmente a possibilidade de as chapas metálicas escolhidas poderem ser aparafusadas aos perfis (na Figura 30 essa possibilidade já estava presente nas dobras superiores e inferiores desenhadas, com furos pensados para parafusos) e, posteriormente, colocar-se-iam duas peças (uma em cima e outra em baixo da estrutura) de, por exemplo, um material plástico, colorido e com alguma transparência (devido às razões mencionadas anteriormente), que atuaria como uma tampa, fechando toda a estrutura, excetuando a frente e a traseira.

As Figuras 31 e 32 ilustram esta ideia inicial.

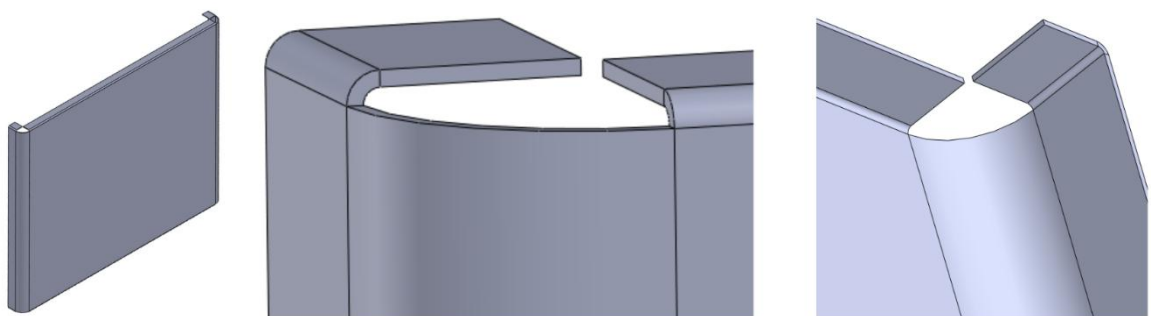


Figura 31 – Formato inicial da(s) chapa(s) escolhida(s)



Figura 32 – Render da chapa e da tampa aplicada à estrutura

Analisando a Figura 31, foi detetado que as dobras projetadas para a inclusão de parafusos não seriam fáceis de executar, ainda que de uma forma correta se tenham excluído das mesmas as zonas dos cantos, quer por limitação das máquinas de dobragem do material, quer devido às dimensões das chapas. Para além destas limitações, é possível verificar que na Figura 32, o facto de na zona arredondada dos cantos a chapa não poder ser, efetivamente, dobrada, ao fechar a estrutura com a peça superior (representada a vermelho), criaria um espaço vazio, onde se poderiam acumular poeiras e sujeiras, o que no contexto alimentar não pode nem deve acontecer.

Apesar destes impedimentos, ficou decidido que se iria continuar com as mesmas duas chapas apenas removendo as suas (iniciais) dobras superiores e inferiores. Manteve-se também a ideia de continuar com as peças tampa (ou de base) superior e inferior a fechar essas zonas da estrutura. A dúvida, naquele momento, era perceber como se iria fixar as chapas e as peças base.

Uma possível solução para a fixação das chapas aos perfis seria através de soldadura, que não seria o ideal pois, no futuro se algum problema ou situação ocorresse e fosse necessário desmontar alguns componentes, devido à soldadura isso poderia não ser possível de fazer, mas, visto ser a solução mais simples e eficaz, acabou por ser a adotada.

Para se fixarem as peças base, foi criada uma reentrância com o formato das chapas laterais, permitindo que as peças base se encaixassem e ficassem devidamente fixas às chapas laterais. A Figura 33 mostra um esboço da solução escolhida.

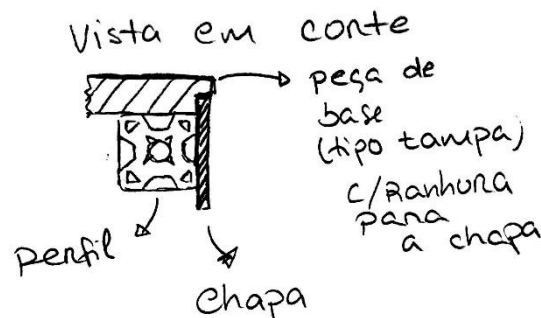


Figura 33 – Esquema de montagem das chapas laterais

Para garantir que a peça base inferior se mantenha devidamente fixa, devido a possíveis problemas que possam surgir, por exemplo, no momento do transporte da impressora, por questões de segurança, poderá ser necessário aparafusá-la aos perfis inferiores da estrutura. Essa decisão ficará para o parceiro que irá montar a máquina.

De modo a dar como concluído todo o conjunto de questões referentes às chapas laterais, debateu-se, por fim, a localização e dimensão das janelas/recortes da mesma.

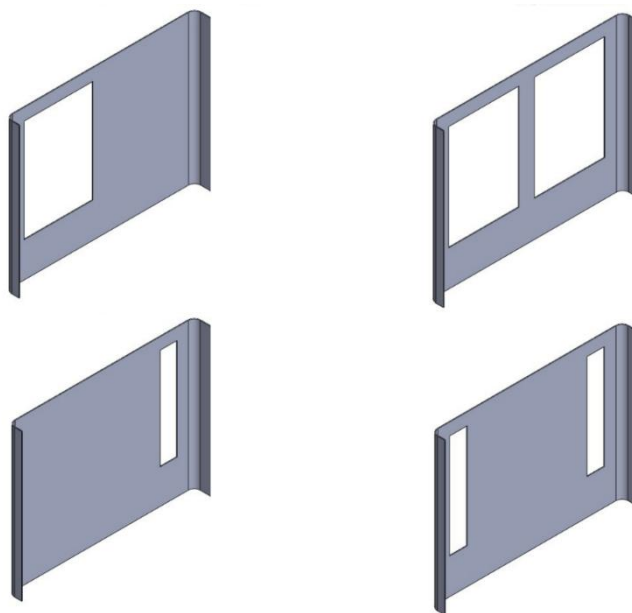


Figura 34 – Possíveis recortes na chapa para janelas

Na Figura 34, estão representados os quatro recortes, viáveis, nas chapas laterais com o intuito de se instalar uma janela.

Inicialmente pensou-se em colocar o recorte para a janela exatamente ao centro da chapa, mas verificou-se que, se tal acontecesse, esse mesmo posicionamento iria coincidir com o do perfil central vertical da estrutura, ao qual está montado o sistema de extrusores. Esse perfil, e sistema, acabariam por obstruir a visão para o interior da impressora. Sendo assim, solução seria deslocar o recorte da zona central da chapa. Depois equacionou-se se era benéfico ter mais que uma janela na chapa, e que dimensões da mesma seriam as ideais.

No que toca às dimensões, o primeiro recorte da Figura 34, foi considerado o mais apropriado, pois seria o que permitiria ter uma melhor visão do interior da máquina. Quanto ao número dos recortes, concluiu-se que um apenas seria o adequado, pois haver dois recortes separados por uma fina faixa metálica, quebraria a “harmonia” visual pretendida.

A chapa final projetada (Figura 35) é de alumínio (por ser leve, barato e resistente à corrosão) e tem a espessura de 3 milímetros, pois são os suficientes para garantir rigidez à peça e ao mesmo tempo são adequados ao processo de dobragem. Já o recorte para a janela conta com dimensões finais de (470 x 318) milímetros. Propôs-se que o material da janela fosse um acrílico transparente que ficará acoplado à chapa através de um adesivo acrílico estrutural, próprio para a adesão de acrílico a materiais metálicos (3M, n.d.).

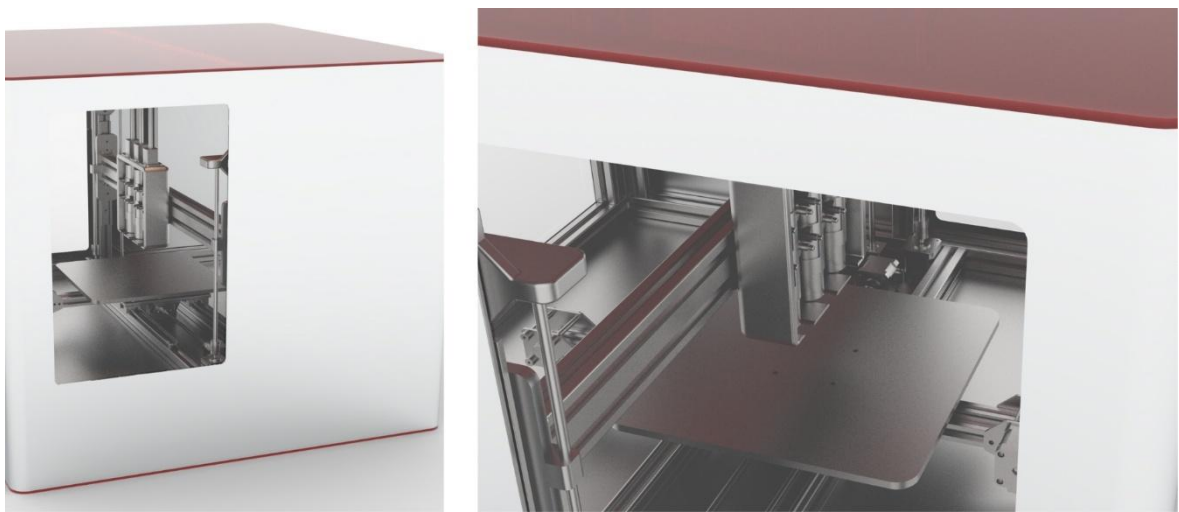


Figura 35 – Renders da chapa metálica final com o recorte

Uma vez terminada a discussão acerca das chapas laterais e topos superior e inferior da impressora, o desenvolvimento do design prosseguiu com a reflexão/debate acerca da parte frontal da impressora.

Relembrando a porta da impressora 3D do DEM, e os seus problemas – por ter sido executado um recorte para porta no acrílico, originaram-se dificuldades no fecho e na abertura, e, a distração causada pela cor negra das dobradiças e da pega (que também era imensamente grossa, desnecessariamente) – estabeleceu-se que:

- Uma pega grande e dobradiças com cor chamativa (ou que pudessem causar distração) não faria sentido em termos estéticos;
- Um recorte de porta numa placa de acrílico não seria uma boa opção em termos de funcionalidade;
- Dobradiças com o pino voltado para o exterior da impressora não estariam alinhadas com a estética definida para o projeto.

Começando pela porta, visto ter-se decido não fazer um recorte em acrílico e o comprimento que a mesma teria de possuir ser considerável, 740 milímetros, o que poderia causar transtorno – pois iria fazer com que a pessoa que fosse abrir a porta tivesse de se desviar para o conseguir – em vez de a impressora ter apenas uma porta, iria ter duas, com as mesmas dimensões, de acrílico.

Definido o número de portas, procedeu-se a fazer um levantamento de possíveis dobradiças (Figura 36).

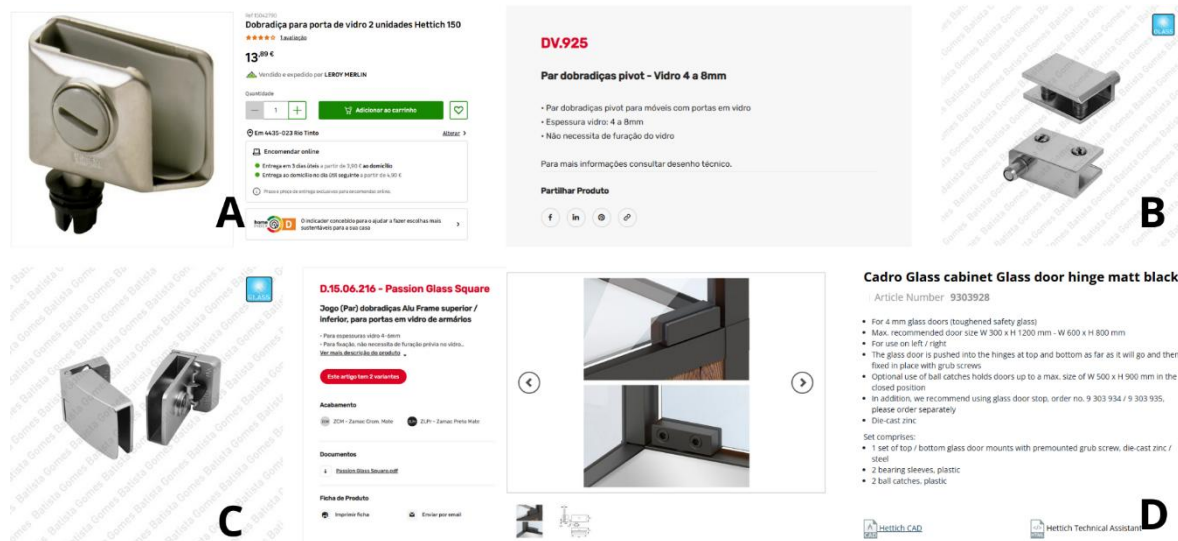


Figura 36 – Primeiro levantamento de dobradiças

Nota: Referências das imagens: Dobradiça Leroy Merlin (A) - obtido a 15/05/2025 de <https://www.leroymerlin.pt/>; Dobradiças Batista Gomes (B) e (C) - obtido a 15/05/2025 de <https://www.batista-gomes.pt/>; Dobradiça Cadro - obtido a 15/05/2025 de <https://shop.hettich.com/>

Após a primeira “coleta” de dobradiças (Figura 36), verificou-se que nenhuma das opções encontradas/selecionadas eram possíveis de montar na impressora, devido à utilização dos perfis na estrutura da mesma. Como tal, realizou-se uma nova pesquisa de dobradiças (Figura 37).

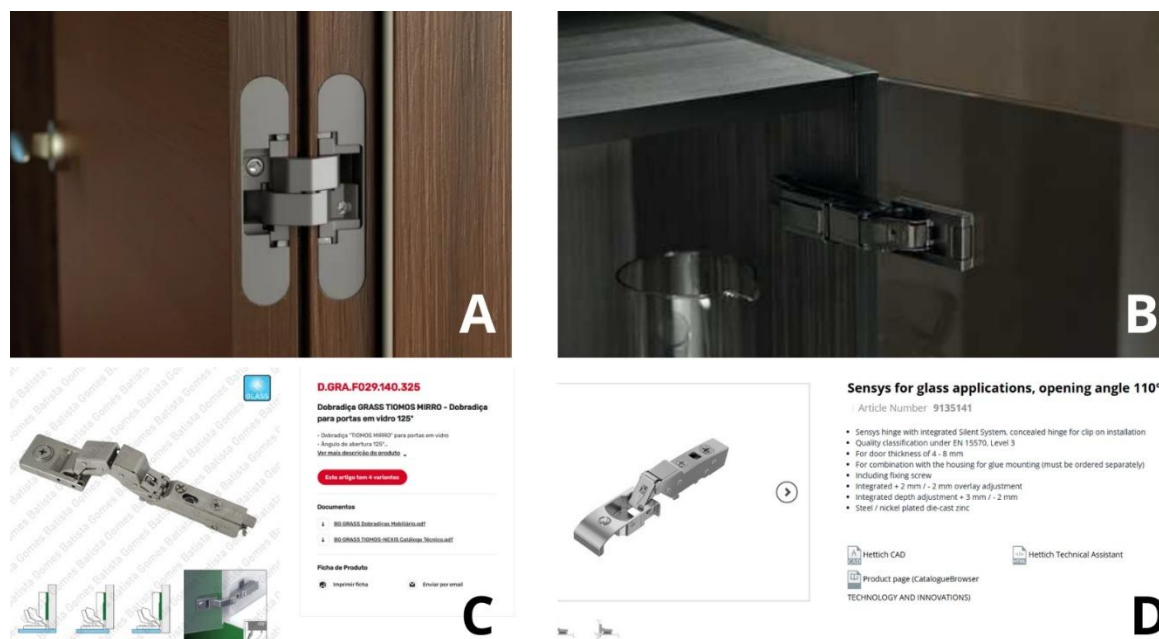


Figura 37 – Nova pesquisa de dobradiças

Nota: Referências das imagens: Dobradiça invisível (A) - obtido a 18/05/2025 de <https://www.leroymerlin.pt/>; Dobradiça Blum Cristallo (B) - obtido a 18/05/2025 de <https://www.blum.com/>; Dobradiça Tiomos Mirro (C) - obtido a 18/05/2025 de <https://www.batista-gomes.pt/>; Dobradiça Sensys (D) - obtido a 18/05/2025 de https://shop.hettich.com/br_PT

Analisando as dobradiças da última pesquisa (Figura 37), notou-se de imediato que a dobradiça invisível (A) não encaixaria no sistema, pois necessitaria de ser inserida em um rasgo de elevada espessura, como está representado na imagem, inexistente na impressora. As dobradiças “interiores” B, C e D são, por sua vez, muito similares, sendo que a única diferença substancial entre elas é a sua dimensão, porque de resto, a sua montagem e modo de funcionamento é o mesmo. Dito isto, tendo em conta as dimensões da nossa impressora, a dobradiça escolhida foi a da marca Blum, o modelo *Cristallo* (B).

Esta dobradiça² tem um ângulo de abertura de 110° e é fixada à porta por meio de um adesivo, o que significa que não necessitamos de parafusos e, deste modo, a porta não teria de ser furada. No entanto, a montagem da dobradiça ao interior da estrutura não seria tão simples porque, este tipo de dobradiças foram desenhadas/projetadas para serem inseridas em mobília, de madeira, que pode, à partida, ser perfurada, e em vez de termos uma placa de madeira para acoplar a dobradiça, o que está na estrutura é um perfil de alumínio, o que obrigou, à modelação 3D de uma peça extra serviu de conexão (entre a dobradiça e o perfil), oferecendo assim uma superfície lisa e com furos, que permite a montagem da dobradiça à estrutura da impressora (Figura 38).

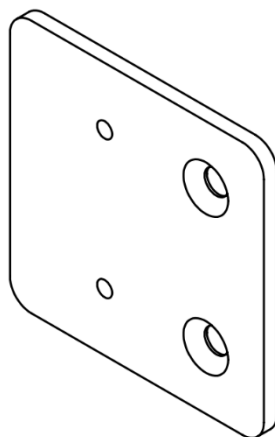


Figura 38 – Peça de conexão entre o perfil e a dobradiça

Os furos de maior diâmetro da peça de conexão ilustrada na Figura 38, servem para aparafusar a peça ao perfil metálico e os furos restantes destinam-se à montagem da dobradiça.

A peça de conexão mede (59 x 59 x 3) milímetros, com dois furos de ligação ao perfil M5, para a montagem de parafusos de cabeça de embeber com oco hexagonal (Moraes, 2017) (Figura 39), e outros dois para a montagem da dobradiça no interior da estrutura, a montar com os parafusos que estão incluídos na embalagem da mesma.

² O catálogo da dobradiça Blum *Cristallo* encontra-se no Anexo A.

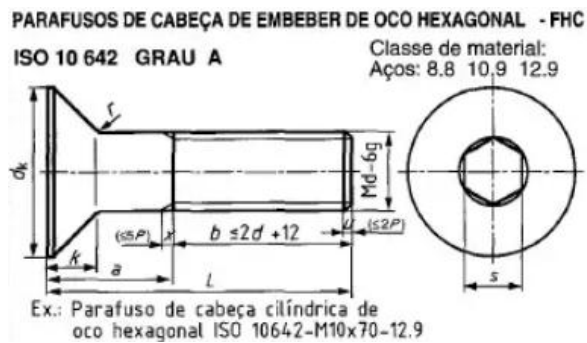


Figura 39 – Desenho técnico de parafusos de cabeça de embeber de oco hexagonal

Referência: Reproduzido de *Desenho Técnico Básico 3* (p. 258), por J. M de S. Moraes, 2017, Porto Editora.
 Copyright 2017 por Porto Editora

De modo a que não se note o adesivo que liga a dobradiça à porta de acrílico, realizou-se uma procura de soluções com o intuito de amenizar ou até mesmo de eliminar este detalhe (Figura 40).



Figura 40 – Exemplos de molduras utilizadas em acrílicos e vidros

Nota: Referências das imagens: *Lian Li O11D* - obtido a 20/05/2025 de <https://lian-li.com>; Moldura acrílica com bordas negras - obtido a 20/05/2025 de <https://plasticproductsmfg.com/>; Arca frigorífica *Olá* - fotografia da minha autoria, Porto 22/05/2025.

A solução mais prática e viável de “esconder” o tal adesivo seria utilizar um acrílico que já vem de fábrica com uma moldura (ou faixas negras), pois a dobradiça também é comercializada nessa cor (Figura 40). O custo é similar ao de uma placa de acrílico normal e é muito comum a sua aplicação em várias categorias de produtos desde caixas de computador a molduras de fotografias. Para além de esconder o adesivo, esta moldura negra iria ocultar, pelo menos enquanto a impressora estivesse com as suas portas fechadas, os perfis da estrutura (visíveis de frente) e a gaveta de componentes eletrónicos, um toque que deu à impressora, pelo menos enquanto fechada, um ar mais sofisticado.

Em virtude de se ter escolhido utilizar portas de acrílico com moldura negra, recorreu-se, de novo, a essa mesma solução, mas, desta vez, aplicando-a a uma placa traseira da impressora: mesmo que a placa não abra como uma porta, e, como explicado anteriormente (na escolha do tipo de chapa lateral), as dimensões maiores que o normal da impressora obriguem à necessidade de a placa poder ter de ser desmontada (a fins de ser mais simples fazer-se a manutenção da impressora), decidiu-se utilizar novamente uma placa de acrílico com moldura negra (em contrapartida, neste caso, apenas na horizontal e na vertical, pois não temos nem dobradiças nem perfis a esconder) de forma a fechar a parte traseira da impressora. Esta placa iria também ser aparafusada aos perfis da estrutura com parafusos de cabeça de embeber de oco hexagonal, de cor negra, pois desta forma conseguem passar o mais despercebidos possíveis.

Para finalizar a parte referente às portas, precisou-se de refletir em soluções para a sua abertura, mais nomeadamente a sua pega. Sendo que o objetivo era afastarmos, ao máximo, da pega utilizada na impressora 3D do DEM, foi-se, de novo, em busca de outras soluções (Figura 41).

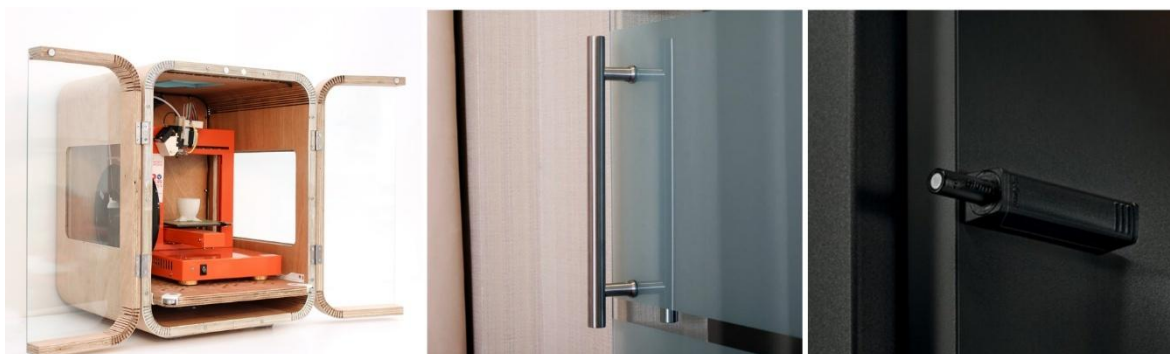


Figura 41 – Soluções de abertura de portas

Nota: Referências das imagens: *3D printing Enclosure by Glenn Catchpole* - obtido a 26/05/2025 de <https://www.behance.net/gallery/22495189/3D-printing-Enclosure-> ; Pega metálica - obtido a 26/05/2025 de <https://armazemmartins.pt/> ; Blum *Tip-On* - obtido a 26/05/2025 de <https://www.blum.com/eu/en/products/motion-technologies/tip-on-doors/overview/>

Na Figura 41 estão retratadas algumas soluções de mercado que poderiam vir a ser utilizadas para a abertura das portas da impressora 3D. Na imagem da esquerda temos uma proteção de uma impressora 3D feita em madeira, estilo *DIY*, com duas portas (tal como a que estamos a projetar), que não possuem nenhum tipo de pega – no caso desta proteção, foram cortadas duas peças de madeira, de espessura considerável, que contém os vidros e, essas mesmas peças estão conectadas ao restante “corpo” da proteção por meio de dobradiças (normais/usuais com o pino voltado para o exterior da peça), permitindo então que a abertura das portas ocorra com um simples puxar da peça de madeira. Já na imagem central está representada uma simples pega metálica muito comum em mobiliário de cozinha, e, na foto da direita, uma peça mais incomum: um mecanismo que se baseia num pino de abertura por empurrão (*push to open*) da mesma marca da dobradiça. Este mecanismo é fixo no interior dos armários e impede o fecho total da porta (em cerca de um milímetro, senão o funcionamento por empurrão não funcionaria). Caso este mecanismo fosse selecionado, ainda que durante a impressão, a porta não fechasse totalmente, a mesma encontrar-se-ia “conectada” ao pino por meio de uma faixa magnética, garantindo assim a sua fixação. O modo de funcionamento deste mecanismo é similar

ao de uma mola – quando se empurra porta (e consequentemente o pino para “dentro”), o pino empurra a porta de volta (para fora), ficando assim a mesma aberta. Por ser da mesma marca que as dobradiças, e, por também, segundo a marca, ser comum a combinação de ambos (dobradiça + pino) em mobília e, finalmente, por ser um mecanismo diferente do comum (em comparação com os utilizados para a mesma função em outras impressoras 3D) mas ainda assim exequível (ou com possibilidade de ser introduzido no design), decidiu-se utilizar este mecanismo³, inovador neste tipo de equipamento, para a abertura das portas.

Tendo definido o mecanismo de abertura das portas, ficou a faltar encontrar a melhor localização do mesmo na estrutura. De modo conseguir-se encontrar o melhor local para acoplar os pinos, voltou-se a analisar a estrutura base e chegou-se à conclusão que se acoplada à chapa inferior, no que toca à abertura das portas, não seria o posicionamento ideal pois poderia trazer problemas na abertura da gaveta, e na chapa superior não seria a partida possível pois estaria obstruída por um perfil. Acoplado, em cima do perfil frontal central (assente na horizontal), também não seria possível devido ao mesmo possuir reentrâncias e recortes (ou seja, não ser completamente liso). Foi então que surgiu a ideia de recortar o perfil central, parcialmente, de modo a não ser comprometida a rigidez do mesmo, assentando os pinos na chapa superior (Figura 42).

³ O catálogo do mecanismo *push to open* Blum Tip-On encontra-se no Anexo A.

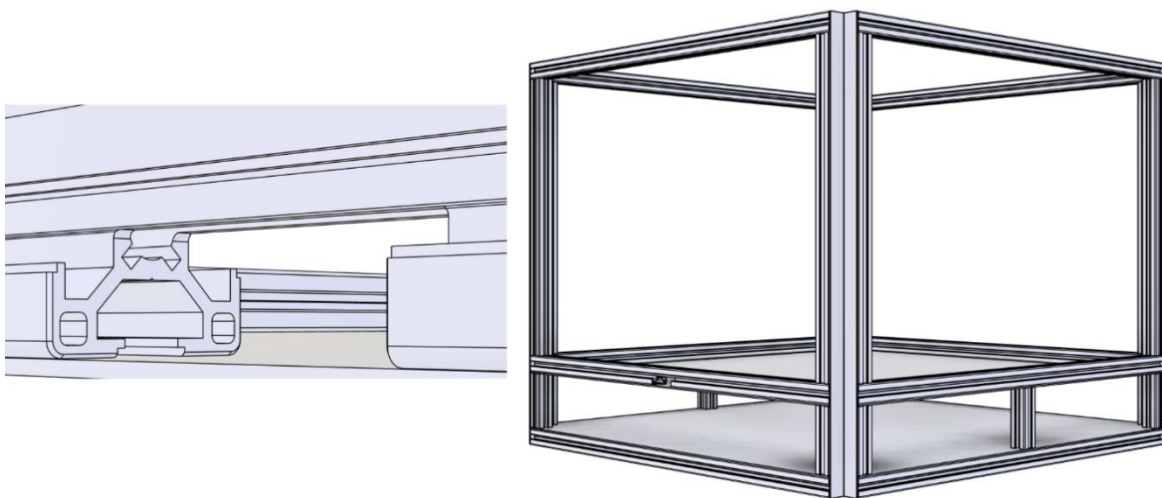


Figura 42 – Recorte no perfil frontal central da estrutura. Imagem da esquerda – Vista detalhada, imagem da direita – Estrutura Final Base da impressora

Aproveitando que já iríamos utilizar os mecanismos *push to open* para a abertura das portas, decidiu-se também utilizar o mesmo mecanismo para a abertura da gaveta, da mesma marca e modelo, mas, neste caso, de variante diferente: usar-se-ia dois pinos, mas, de longo curso, ou seja, a distância que o pino empurraria a gaveta (para fora) seria maior, até porque a gaveta iria conter os componentes eletrónicos, o que significaria mais peso, quando comparada à porta de acrílico, logo, um curso maior, seria benéfico, sem contar que a gaveta teria que “vencer” ou ser capaz de ultrapassar o perfil central (o que contém o recorte para os pinos das portas), senão a abertura da gaveta nem seria possível.

Com a utilização destes pinos na gaveta, fez-se com que a face frontal da gaveta fosse uma peça única, sem recortes ou pegas, o que está em linha com o design que se pretende dar à máquina.

De modo a garantir um estável, reto e seguro “deslizamento” da gaveta, e devido ao facto de não se ter deparado com dificuldades com a abertura e o fecho da gaveta da impressora do DEM (a abertura e o fecho são satisfatórios), decidiu-se utilizar uma corrediça similar⁴ na nova impressora 3D (Figura 43).



Figura 43 – Corrediças

Nota: Referências das imagens: Imagens da esquerda e central - Fotografias da minha autoria, Imagem da direita - Corrediça Batista-Gomes Cor.A27 - obtido a 30/05/2025 de <https://www.batista-gomes.pt/>

A etapa ou elemento final projetado para a impressora 3D trata-se do ecrã. Ora a dada altura equacionou-se proceder a um levantamento de vários ecrãs disponíveis no mercado, mas tratando-se de um componente muito técnico e de haverem centenas (porventura milhares) com diferentes resoluções, tamanhos e cores, apenas definiu-se, ou sugere-se, um tamanho de ecrã ideal, baseado no tamanho que a equipa do projeto achou ser “aceitável” – cerca de 6 polegadas de diagonal (aproximadamente 148 x 72 milímetros), dimensões similares às do ecrã do iPhone 16 – acabando por deixar a pesquisa, a compra e a decisão de se utilizar ou não este tamanho/especificação para o INEGI.

⁴ O catálogo da corrediça escolhida (Cor.A27, comercializável pela Batista Gomes) encontra-se no Anexo A.

Analisando as localizações possíveis para a montagem do ecrã, definiu-se que a posição mais apropriada seria na frente da impressora. De modo a que o mesmo não pudesse causar estorvo ou algum tipo de dificuldade, quer na abertura das portas, quer na abertura da gaveta (como acontecia na impressora do Departamento de Engenharia Mecânica), ficou decidido que o melhor local seria acima das portas. Assim, o ecrã ficaria inserido ao centro, numa placa de acrílico negra, acima das portas, até porque desta forma, a cor negra do acrílico proporcionaria uma “sensação de continuidade” das portas (devido à moldura negra das mesmas) e uma simetria das faixas negras, pois como mencionado anteriormente, as faixas negras, ou molduras, das portas também ocultariam a zona inferior onde se situa a gaveta.

3.4.2. *Renders* da nova abordagem da impressora

Definidos e acordados todos os componentes da impressora, procedeu-se à produção de *renders* (Figuras 44-50) da mesma, com recurso ao *Keyshot*. Com estes *renders* pretendeu-se analisar/debater e conferir se tudo o havia sido proposto estaria de acordo ou em linha com os objetivos definidos inicialmente.



Figura 44 – Vista frontal da impressora

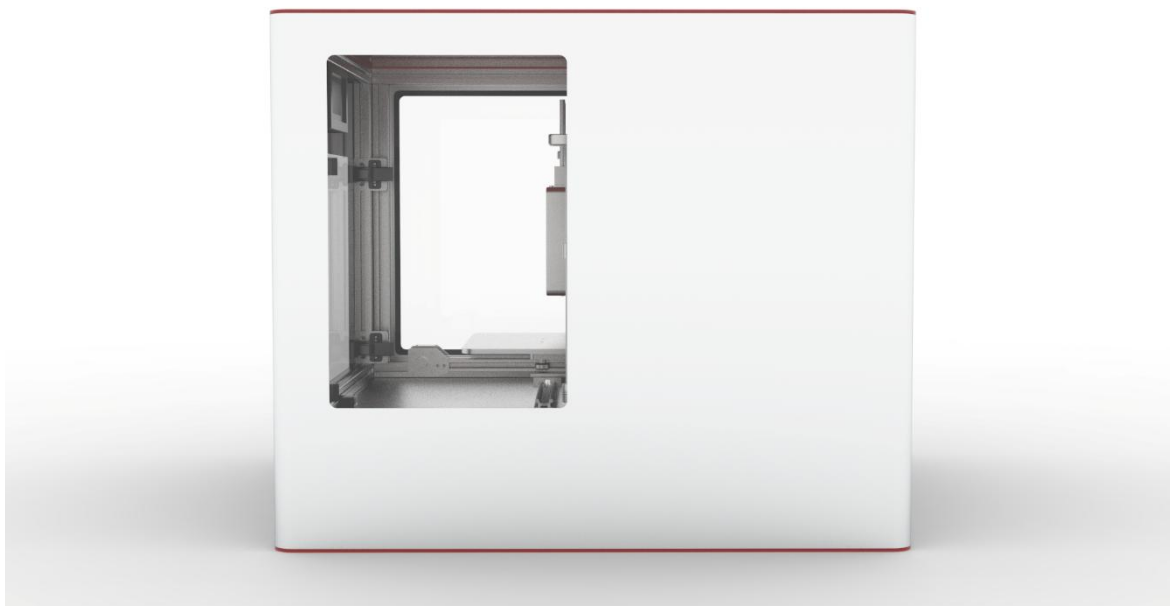


Figura 45 – Vista lateral da impressora

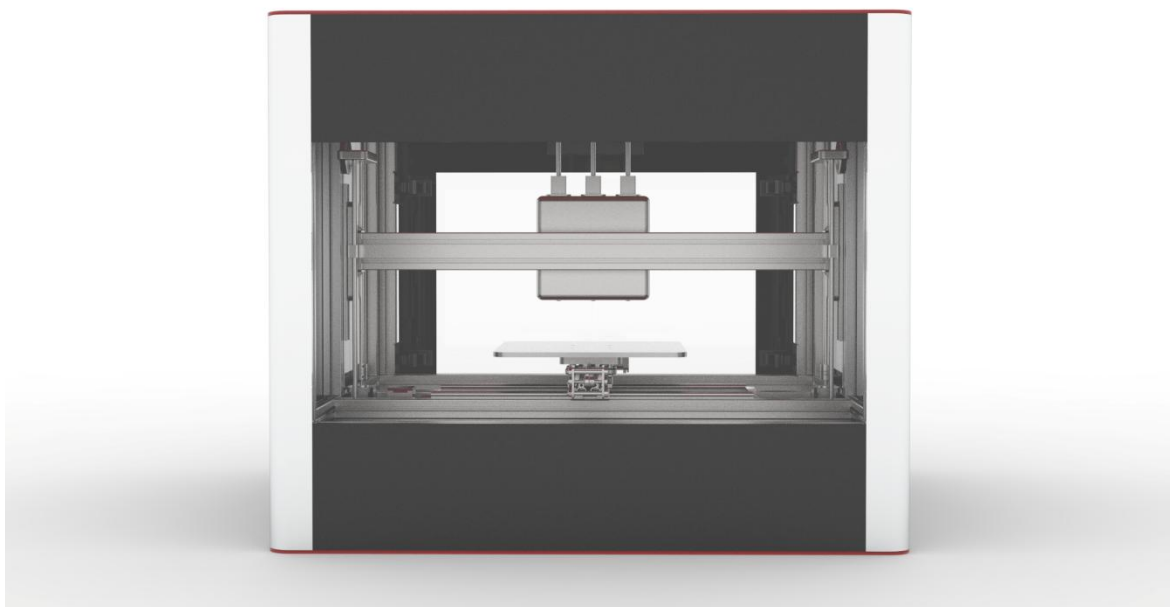


Figura 46 – Vista traseira da impressora

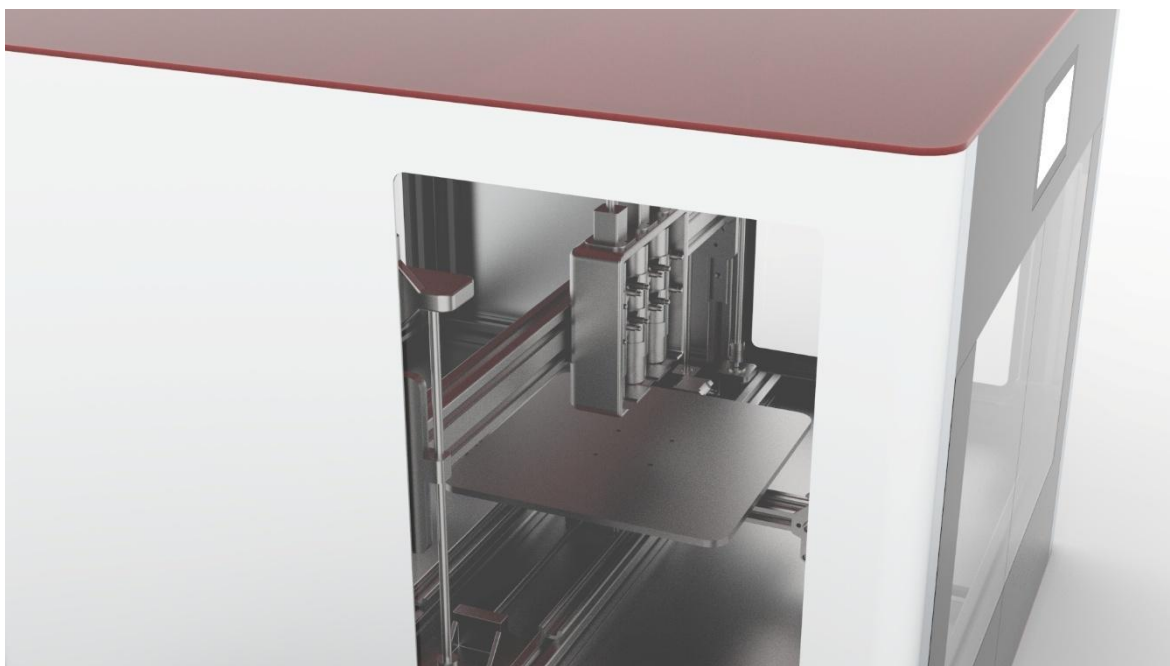


Figura 47 – Interior da impressora visto da janela lateral

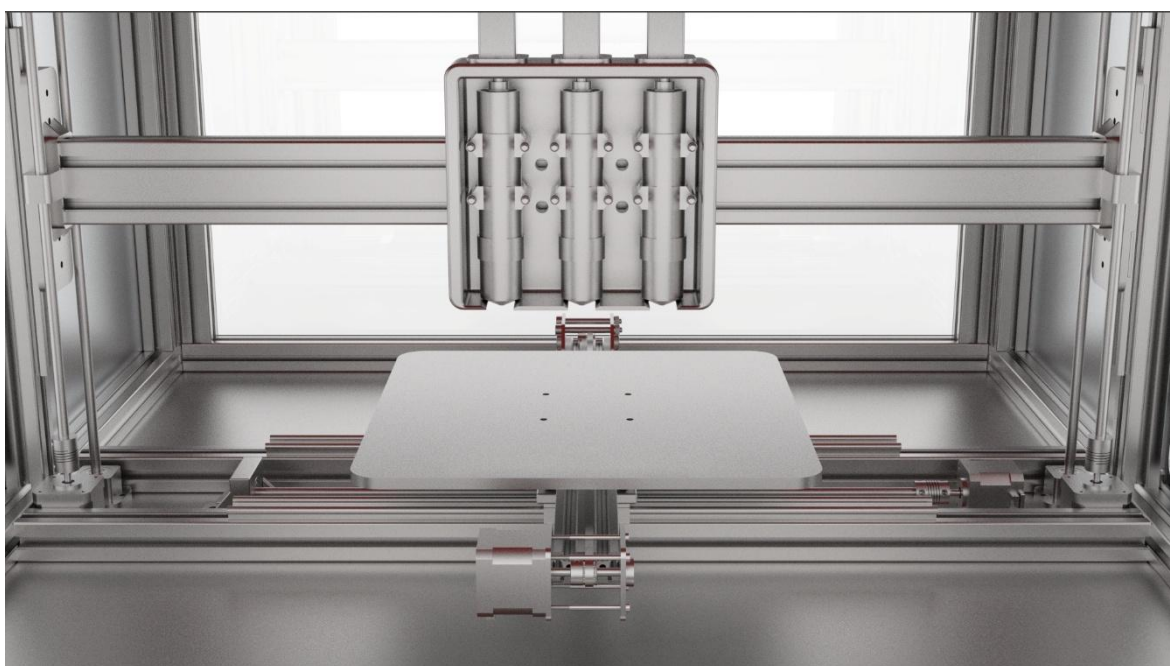


Figura 48 – Vista detalhada do interior da impressora

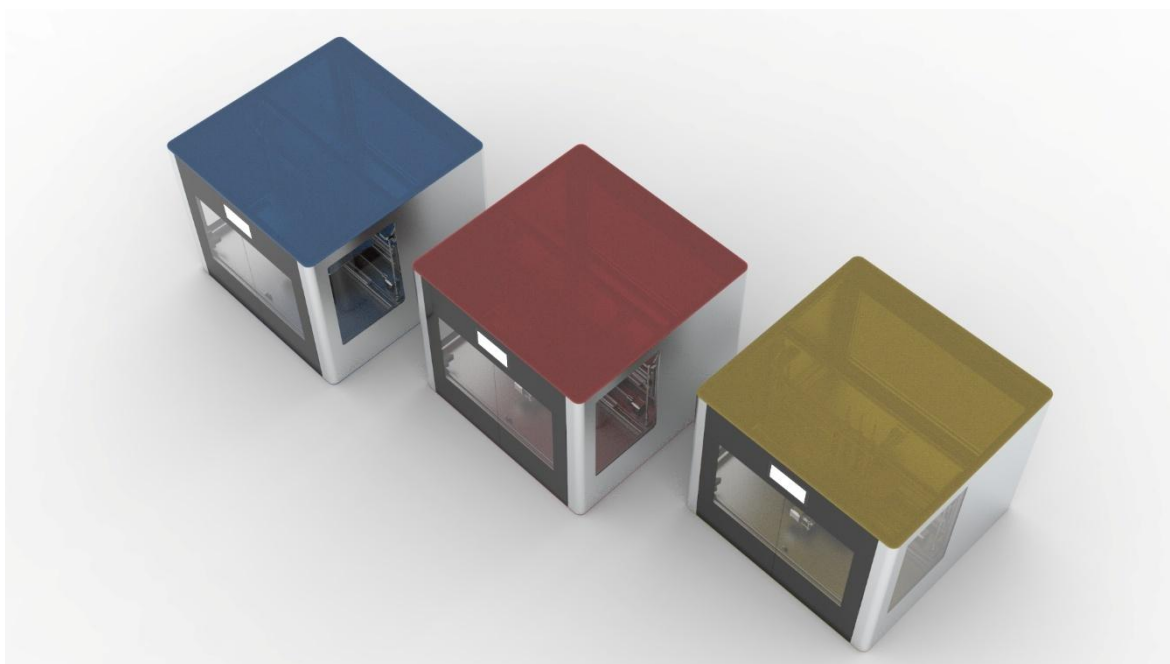


Figura 49 – Outras cores das peças de base (topos) - testes

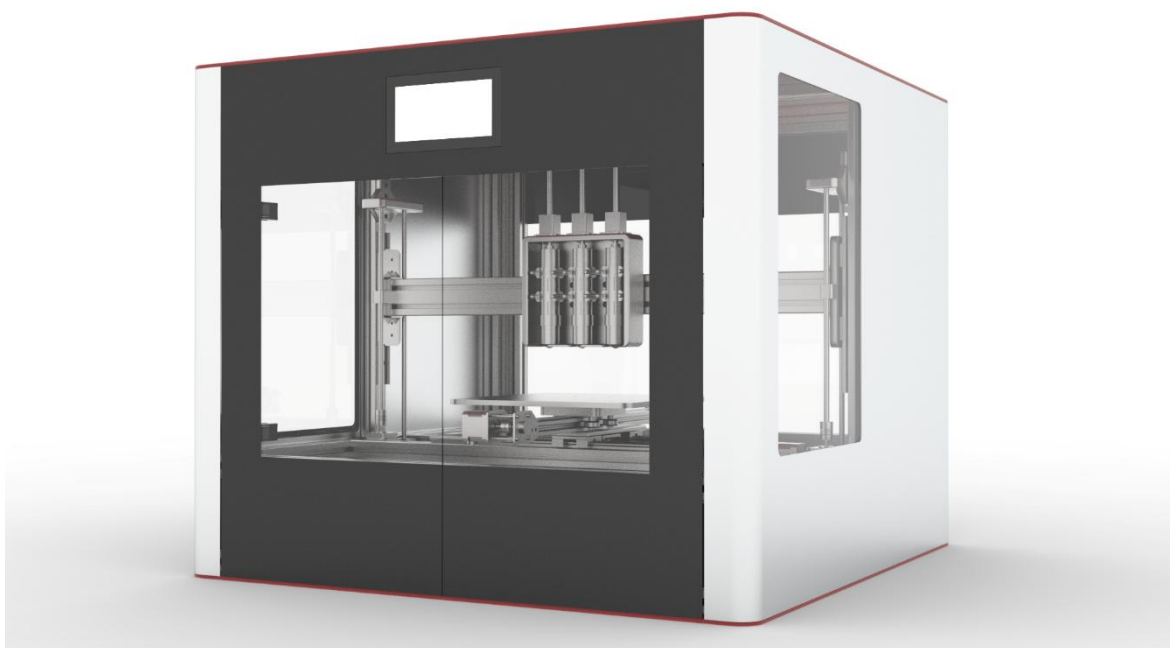


Figura 50 – Outro ângulo da impressora

Após discutidos e analisados os *renders* gerados (Figuras 44-50), verificou-se que seria benéfico fazer maquetes da impressora, a uma escala ajustada, impressos em 3D. Estes protótipos serviriam para analisar as proporções da impressora e a paleta cromática a ser futuramente escolhida. Por outras palavras, estas maquetes teriam como objetivo validar o design proposto e ajudar a detetar possíveis problemas ou erros em componentes, para que possam ser revistos, se necessário.

3.5. Prototipagem

Para tornar mais simples todo o processo de impressão, primeiramente foi discutido que dimensões máximas deveriam ter as maquetes montadas depois de impressas. Devido a apenas estarem disponíveis no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Serviços, LDPS (que faz parte do DEM, onde estão localizadas as impressoras 3D em serviço), três impressoras 3D Prusa MK3S cujas dimensões máximas de impressão são 250 x 210 x 210 (milímetros), decidiu-se, em função disso, que dimensões máximas das maquetes deveriam de ser 150 x 150 x 150 (milímetros).

Definidas as dimensões máximas das maquetes, determinou-se o fator de redução a utilizar de modo a adaptar as dimensões dos componentes originais para os novos a serem impressos. Sendo a dimensão maior da impressora (comprimento) 866 milímetros, e a dimensão máxima da impressora a imprimir 150 milímetros, dividindo 150 por 866, dá-nos um fator de redução de aproximadamente de 0,175.

A aplicação deste fator de redução a todos os componentes da impressora, revelou alguns inconvenientes:

- Peças com pouca espessura (como as chapas laterais, as portas e a placa traseira) ficariam demasiado finas para se poder imprimir, então mantiveram-se as espessuras originais das mesmas nos componentes impressos;
- Os mecanismos utilizados para a movimentação da mesa de impressão e para a movimentação da barra de extrusores, teriam de ser simplificados, sendo

que, de modo a evitar movimentos (verticais) da barra de extrusores, ficou estabelecido que esse mecanismo iria ser removido completamente das maquetes – em suma a barra ficaria travada (não se iria movimentar);

- Os pinos de abertura e as dobradiças não podiam ser impressos, pois as dimensões finais dos pinos seriam demasiado pequenas e as dobradiças, por terem sido retiradas do site da Blum (o modelo 3D das mesmas), não se conseguiram realizar alterações ao seu dimensionamento;

Após ter-se encontrado soluções para os inconvenientes, procedeu-se à finalização do ficheiro de modelação 3D da impressora a imprimir em 3D (Figura 51).

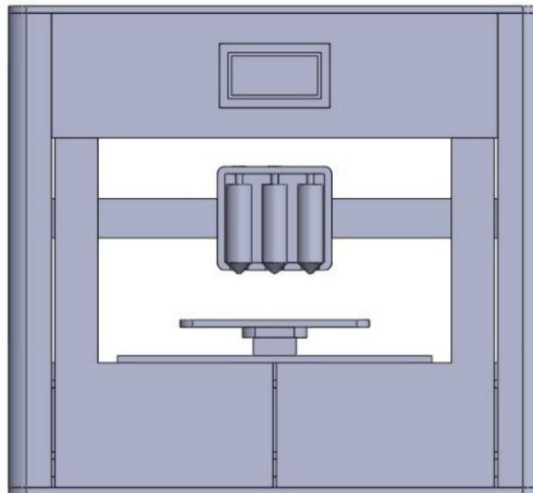


Figura 51 – Modelação 3D da impressora após a aplicação do fator de redução

De modo a tornar mais rápida a impressão, deliberou-se que as partes transparentes das portas e janelas, não seriam impressas: apenas a parte das molduras ou faixas negras no caso das portas e da placa traseira. No que toca às janelas, apenas ficariam representadas por recortes na chapas laterais.

Após finalizada a modelação 3D dos componentes a imprimir, importou-se os ficheiros em formato .stl do SolidWorks para o software Prusa Slicing, onde foram gerados os G-codes (Figura 52). Neste softwares foram definidos:

- O material a utilizar na impressão;
- A disposição das peças, por cor – de modo a que no menor espaço de tempo e, no menor número de impressões, fosse possível imprimir o maior número de peças – e a orientação das mesmas, de forma a reduzir a quantidade de suportes;
- O diâmetro de camada e o *infill* das peças.

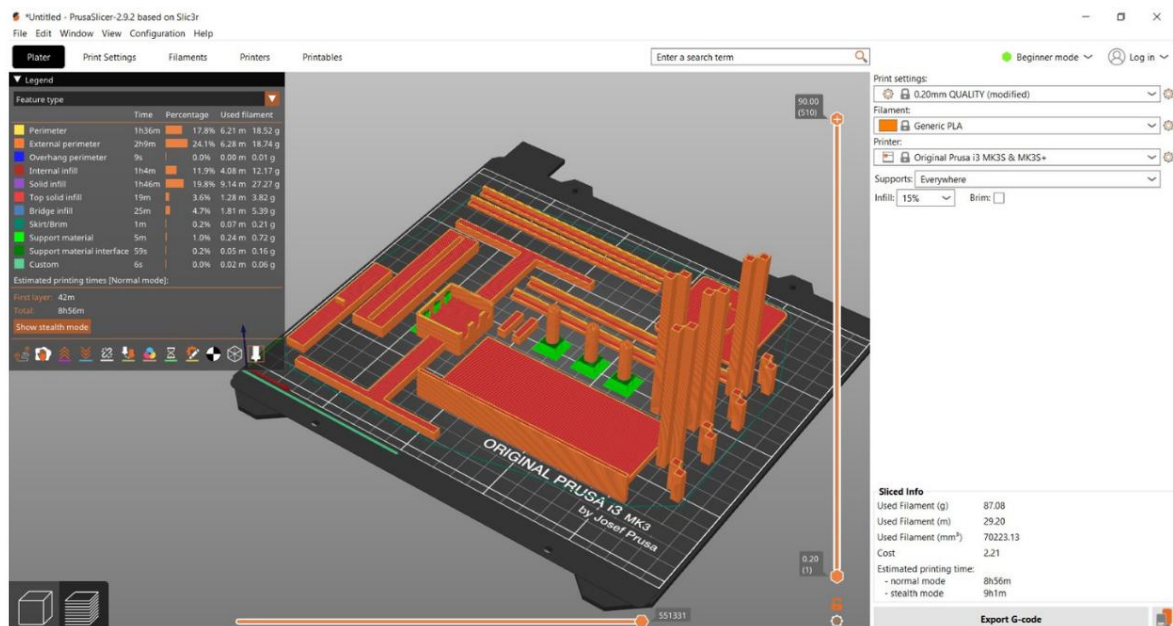


Figura 52 – Geração do G-Code de algumas peças da maquete

Nas impressões realizadas, os parâmetros de impressão escolhidos para o diâmetro de camada e *infill* foram, respetivamente, 0.2 milímetros e 15%.

Já o material escolhido para as impressões foi o PLA (Ácido Polilático) da empresa Filament PM (Figura 53), por estar disponível no LDPS, que contava com as seguintes características:

- Diâmetro do filamento: 1.75 milímetros;
- Temperatura de Impressão: (200 a 220) °C;



Figura 53 – Bobina de Filamento PLA da Filament PM

Nota: Fotografia da minha autoria

Definido o material e os parâmetros de impressão, procedeu-se à impressão dos componentes (Figura 54).

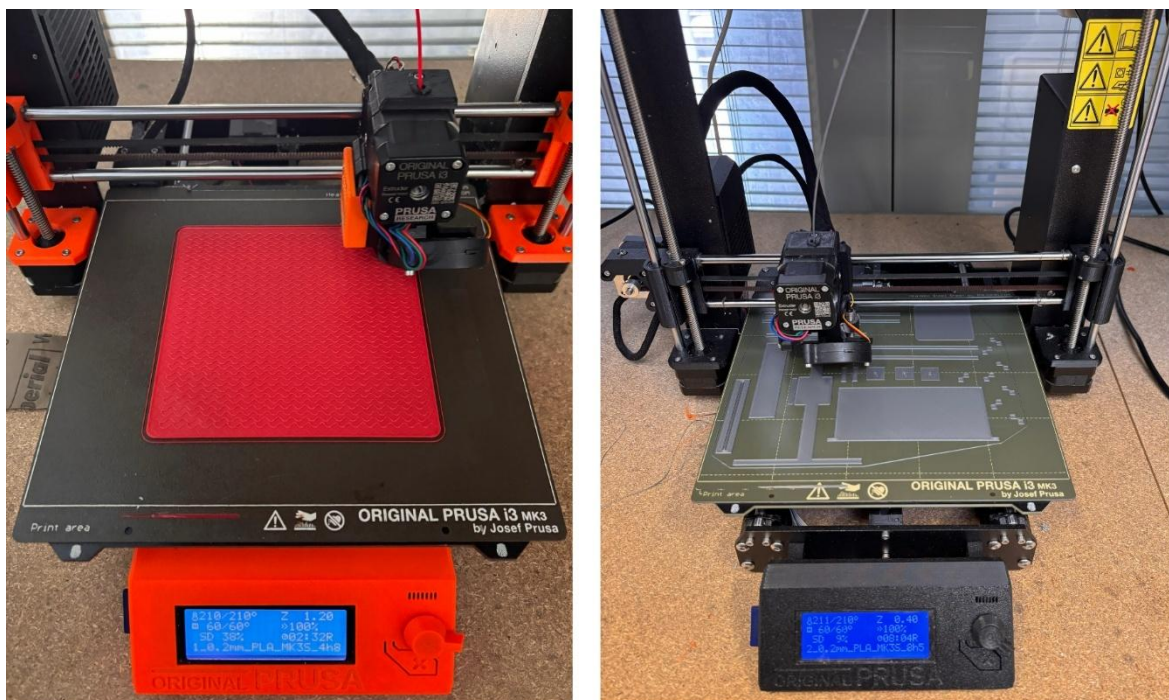


Figura 54 – Impressões 3D dos componentes da maquete utilizando as impressoras Prusa MK3S do LDPS

Nota: Fotografias da minha autoria

As impressões 3D realizadas foram todas bem sucedidas – não ocorreram falhas de impressão em nenhuma das peças, o que foi positivo, pois desta forma poupou-se tempo e material.

Apenas duas peças, as chapas laterais, apresentaram pequenas imperfeições devido à presença de suportes. De forma a remover estas imperfeições, ambas as peças foram alisadas com lixa, sob água corrente, de modo a não causar possíveis estragos à peça devidos à fricção (Figura 55).

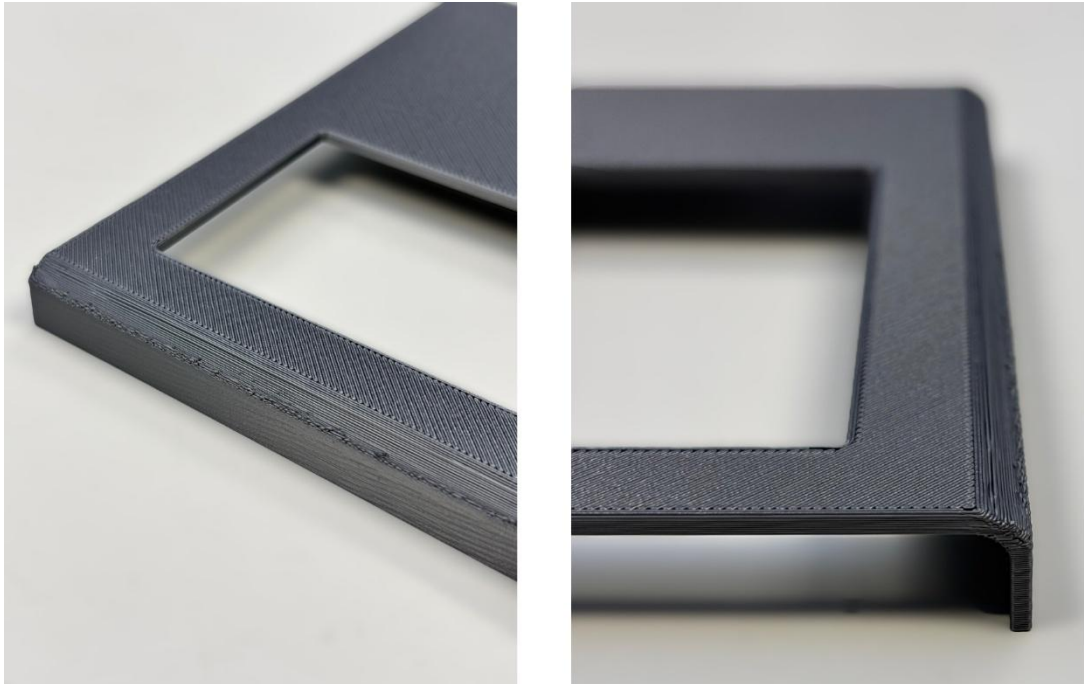


Figura 55 – Chapa lateral: Antes e depois da utilização da lixa

Nota: Fotografias da minha autoria

Após a utilização da lixa para a remoção das imperfeições de ambas as peças, montou-se a primeira maquete da impressora (Figura 56).

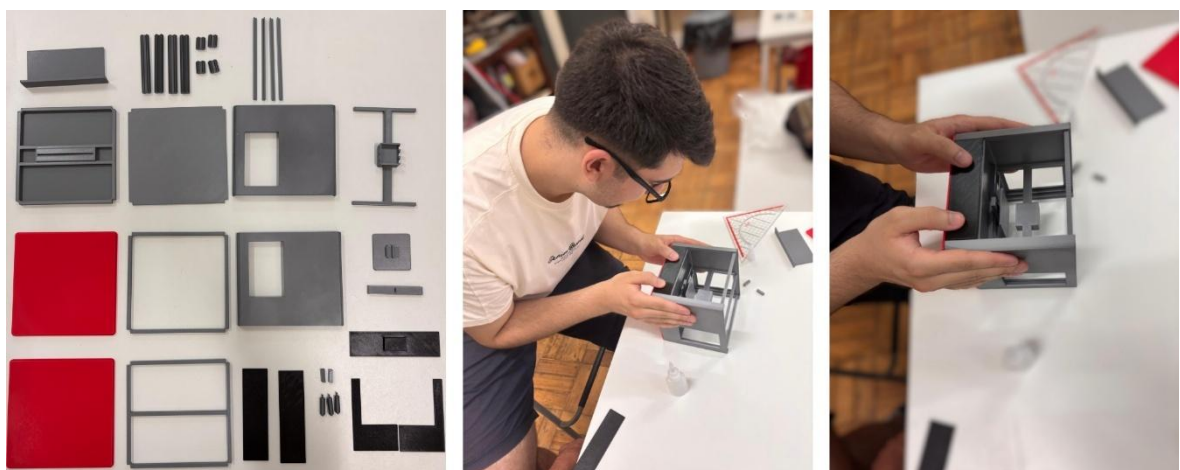


Figura 56 – Montagem da primeira maquete da impressora 3D

Nota: Fotografias da minha autoria. Imagem da esquerda – Componentes impressos em 3D; Imagem central e direita – Montagem da maquete

Para o acoplamento dos componentes da maquete foi utilizada supercola, para ser garantida a melhor e mais rápida adesão entre os mesmos.

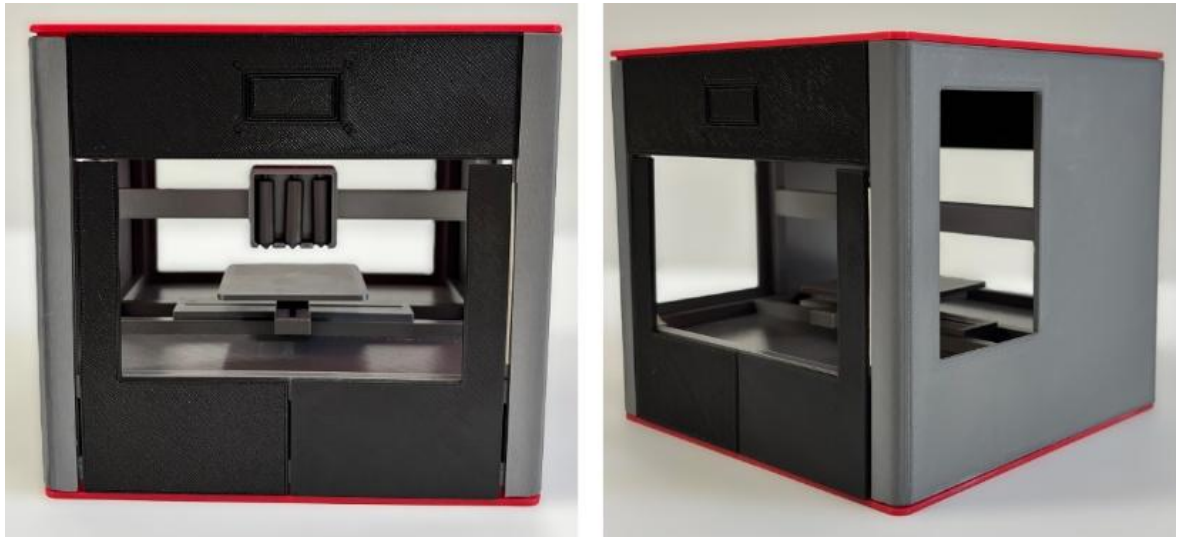


Figura 57 – Maquete da Impressora 3D

Nota: Fotografias da minha autoria.

O procedimento de montagem foi relativamente rápido +/- 30 minutos e não se registou nenhum problema na montagem de nenhum componente. Nesta primeira maquete (Figura 57), utilizou-se como cor das peças base (topo superior e inferior) o vermelho, devido a ser a cor do logo do Continente e ser uma referência direta ao *moodboard* (Figura 18).

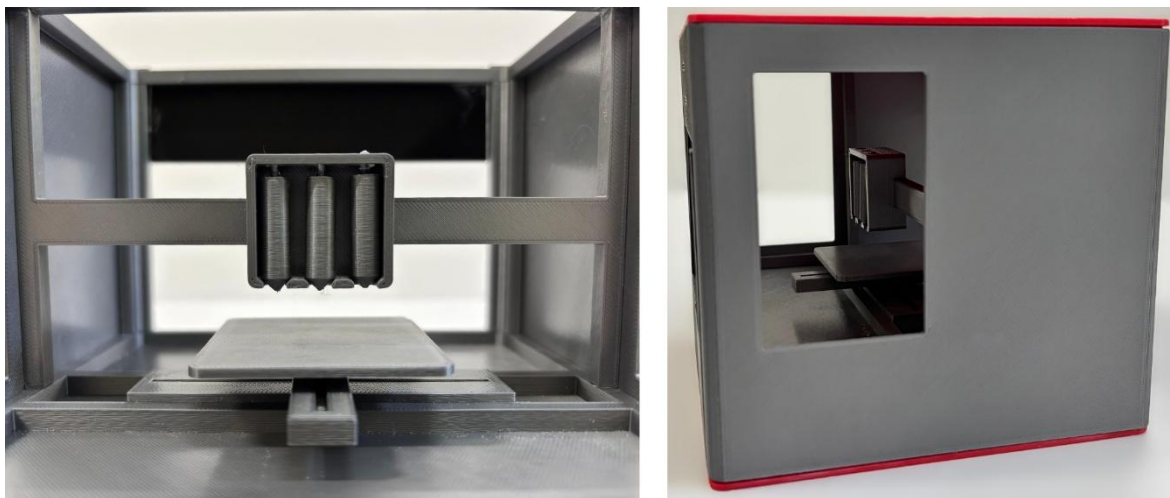


Figura 58 – Interior da maquete e vista da janela

Nota: Fotografias da minha autoria.

Através desta maquete, verificou-se uma incoerência na parte traseira (a placa de acrílico com bordas negras, apesar de no protótipo apenas terem sido impressas as partes negras da mesma), pois a diferença de cor entre o cinza e o negro é muito díspar (Figura 58), o que dá a sensação de a traseira não estar minimamente ligada às laterais. Então, redesenhou-se uma nova placa ou moldura traseira metálica, como as chapas laterais, ao qual seria acoplada outra placa de acrílico, a janela traseira. A montagem desta placa é igual à antiga – a moldura metálica seria aparafusada aos perfis da estrutura, com o mesmo tipo de parafusos, e a janela posterior da mesma forma que as janelas laterais, por adesivo acrílico).

Devido a ter-se alterado um componente da impressora, criou-se um novo protótipo através de impressão 3D, onde a nova peça já estaria incluída, após aplicar à mesma o fator de redução mencionado anteriormente, e, no qual, se iriam também acrescentar os componentes de acrílico (transparente).

Para a obtenção das peças acrílicas, utilizou-se uma máquina de corte a Laser, a MAKNOR MK700 (Figura 59), do Departamento de Engenharia Mecânica da FEUP. Para se efetuar o corte a laser primeiramente foram desenhadas no *Photoshop* as delineações ou os recortes das peças a cortar (as portas e as janelas). De seguida, o ficheiro do Photoshop (no formato *.DXF*) foi exportado para o *software* da máquina de corte a Laser, o *RD Works V8*, onde se definiram os seguintes parâmetros para a realização do corte dos componentes (Figura 60):

- Velocidade de corte: 10 mm/s (milímetros por segundo);
- Potência do feixe (Laser): 50%

Os parâmetros utilizados resultaram das recomendações do fabricante da máquina de corte a Laser e da experiência obtida através de testes previamente realizados com o mesmo material.



Figura 59 – MAKNOR MK700

Nota: Fotografias da minha autoria. Imagem da esquerda – Máquina de corte a Laser; Imagem da direita – Calibração da altura do Laser

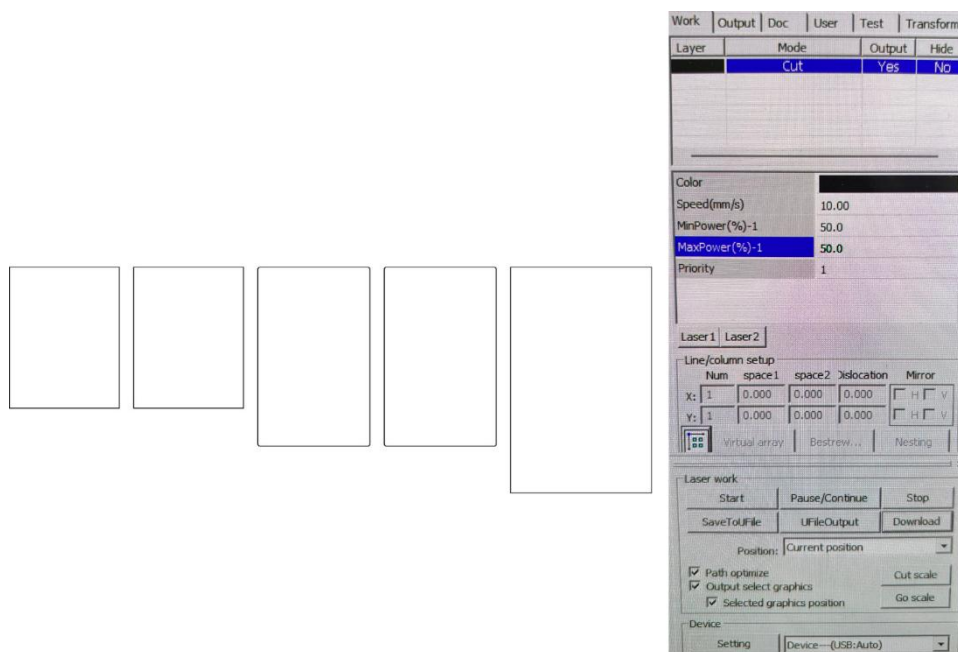


Figura 60 – Desenhos realizados no Photoshop e Parâmetros de corte a Laser no RD Works V8

Nota: Fotografias da minha autoria

Para o corte a laser (Figura 61) foi utilizada uma placa de acrílico cristal vazado de 3 milímetros de espessura.

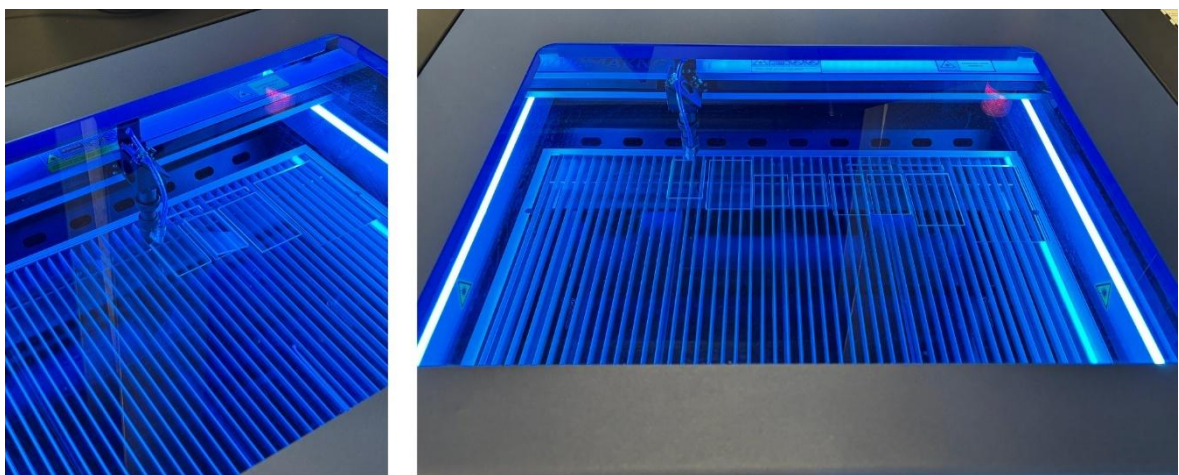


Figura 61 – Procedimento de corte do acrílico por Laser

Nota: Fotografias da minha autoria

Uma vez cortadas as peças de acrílico e reimpressos os restantes componentes da impressora 3D (Figura 62), procedeu-se à montagem do novo protótipo.

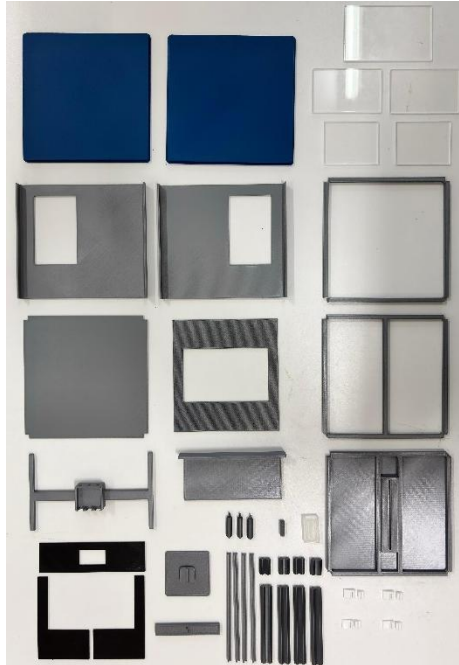


Figura 62 – Componentes impressos do novo protótipo

Nota: Fotografia da minha autoria



Figura 63 – Novo protótipo da impressora 3D

Nota: Fotografias da minha autoria

Novamente, para a melhor adesão dos componentes impressos, utilizou-se supercola, o que nesta maquete acabou por não ser ideal, pois a supercola manchou o acrílico transparente, dando-lhe um aspeto gasto ou sujo (Figura 63). Para testagem e experimentação das peças base com outras cores que não o vermelho, que já havia sido utilizado na primeira maquete, decidiu-se imprimir para este protótipo as bases em azul, deixando por aderir aos outros componentes a peça base (ou de topo) superior – fazendo-a assim removível, permitindo a troca por bases de outras cores como o preto, o cinza e o branco (cores mais neutras e comuns em impressoras modernas de mercado) (Figuras 63 e 64).



Figura 64 – Vista detalhada do interior do novo protótipo e vista a partir da janela

Notas: Fotografias da minha autoria

Nesta impressão alterou-se, relativamente à prévia, também a cor do ecrã, de modo a que este ganhasse um pouco mais de destaque e tentou-se introduzir umas dobradiças de forma a oferecer uma abertura mais estável à porta (Figura 65), mas dado que as dimensões da mesma eram demasiado pequenas, a ideia foi descartada.

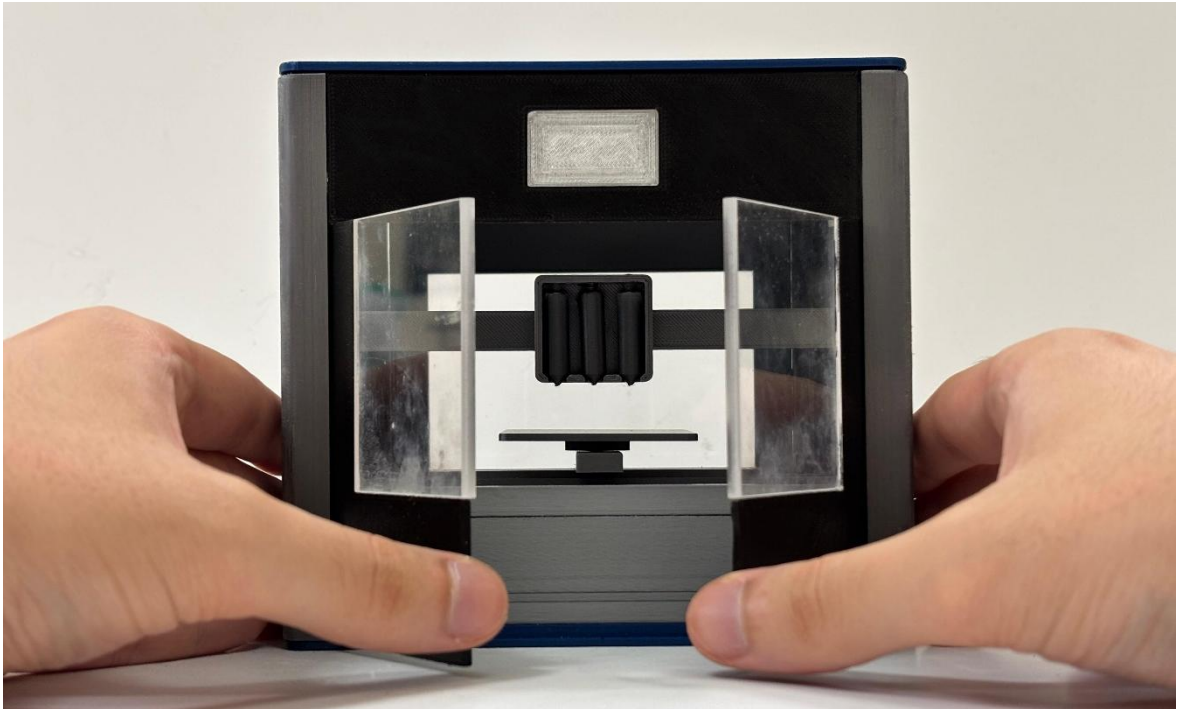


Figura 65 – Abertura das portas do protótipo final

Nota: Fotografia da minha autoria

Finalmente montada a maquete da impressora, analisou-se de imediato a nova placa traseira (razão principal da realização de um novo protótipo) e concluiu-se que era uma melhor solução comparativamente à anterior. Desta forma, validou-se o design final da impressora, fazendo deste último protótipo, o final.

3.6. *Renders finais da impressora*

Validada a proposta final do design da impressora, procedeu-se à produção dos *renders* finais da mesma, utilizando de novo o motor de renderização *Keyshot* (Figuras 66-71).



Figura 66 – Vista frontal da impressora IDfoods

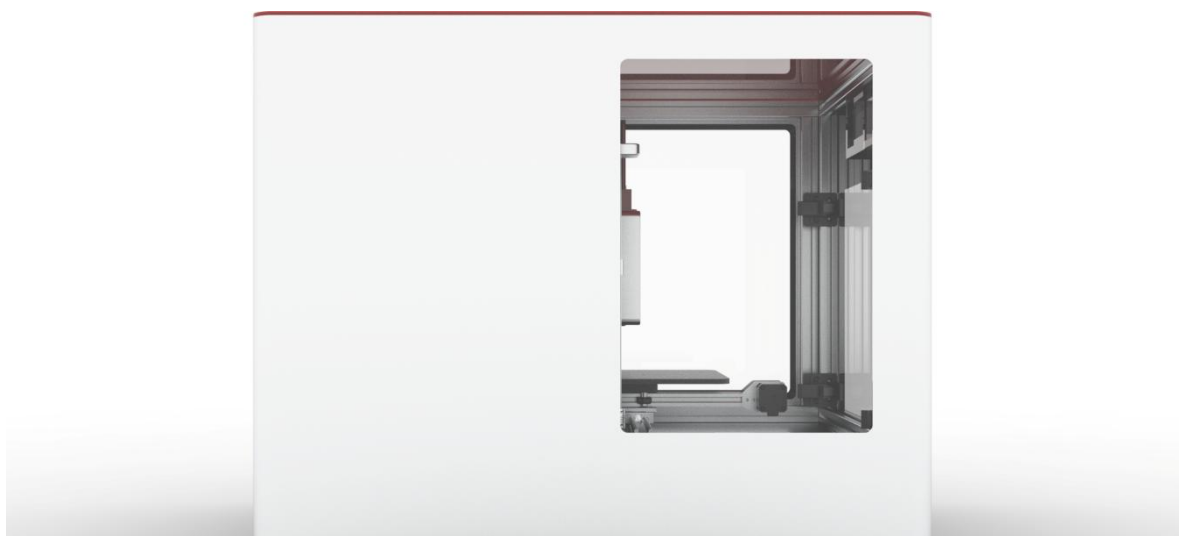


Figura 67 – Vista lateral da impressora IDfoods

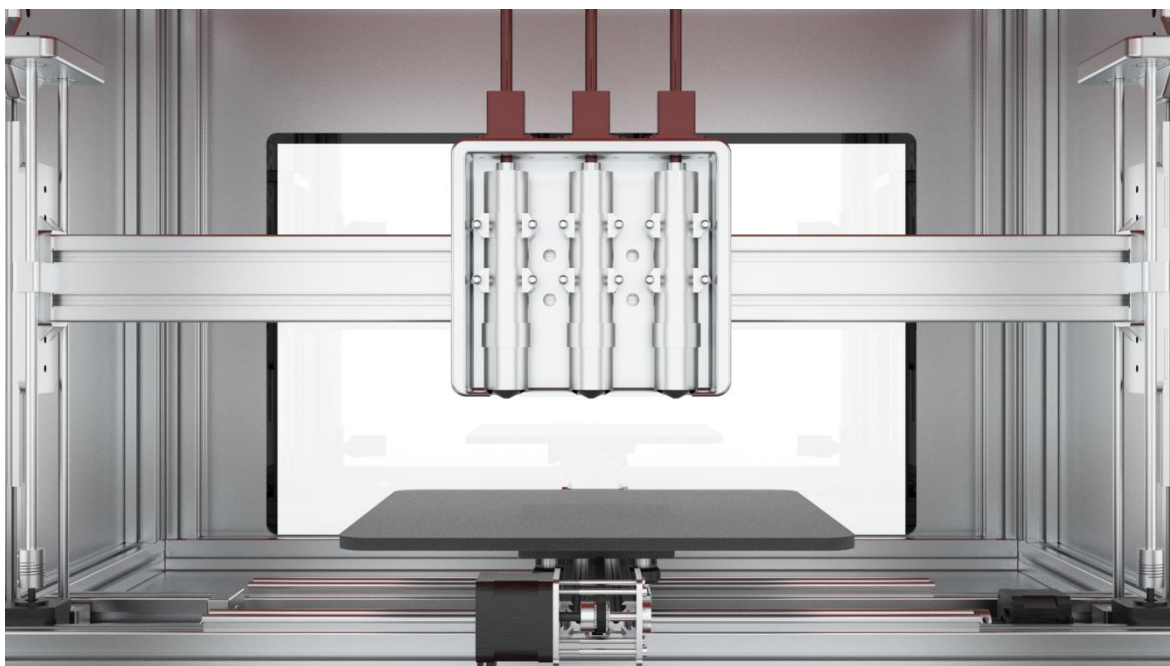


Figura 68 – Interior da impressora IDfoods

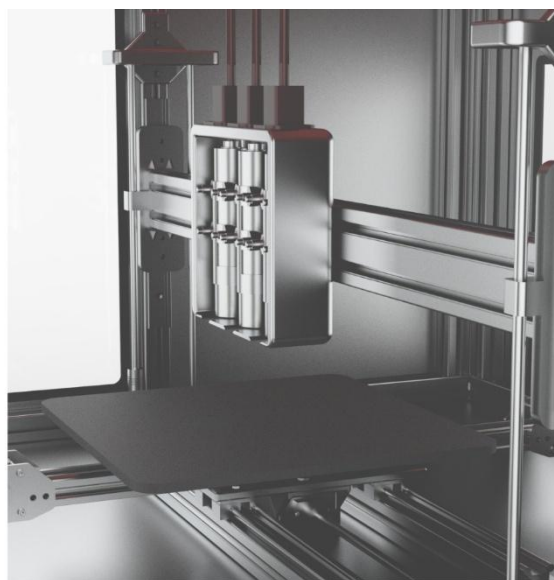


Figura 69 – Vista interior da impressora a partir da janela lateral

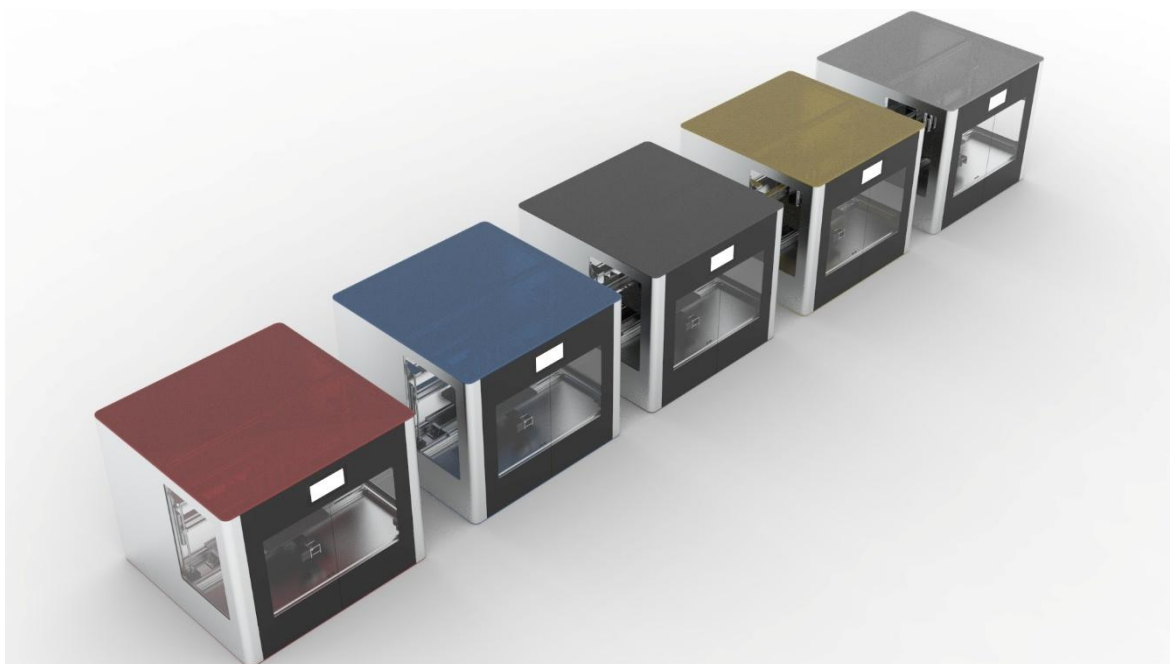


Figura 70 – Testes de cor das peças base (ou de topo)

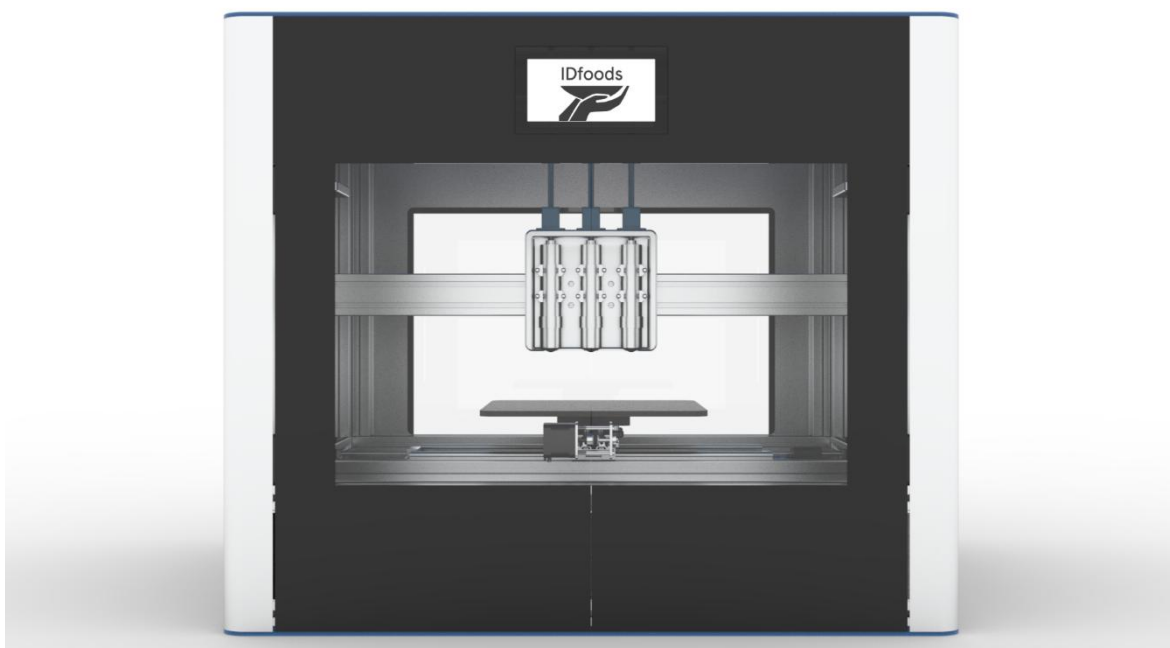


Figura 71 – Vista frontal da impressora IDfoods com as peças base (ou de topo) azuis

3.7. Listas de componentes da impressora 3D

Estando o design final acabado, elaboraram-se as listas de componentes da impressora 3D e os desenhos técnicos⁵ dos mesmos. Estes componentes estão divididos em quatro tabelas:

- A primeira, engloba os componentes necessários ao movimento da mesa de impressão no eixo x;
- A segunda, agrupa os componentes necessários ao movimento da mesa de impressão, mas neste caso no eixo y;
- A terceira, abrange os elementos responsáveis pela movimentação dos extrusores no eixo z;
- A última, contém as restantes peças (e conjuntos) da impressora, quer a nível da estrutura e do design externo.

⁵ Os desenhos técnicos dos componentes e dos conjuntos da impressora 3D encontram-se no Apêndice A.

Tabela 1 – Componentes do movimento da mesa de impressão no eixo x

Nota: Tabela fornecida pelo estudante colaborador do projeto

Item	Componente	Quantidade
1	Perfil V-slot 2040 (comprimento = 500 milímetros)	1
2	Polia	2
3	Contra-suporte da polia	1
4	Suporte da polia	1
5	Porca m5	4
6	Anilha para parafuso m5	8
7	Parafuso com cabeça cilíndrica e oco hexagonal M5	3
8	Eixo da polia	1
9	Rolamento NA 22/8.2RS	3
10	Suporte 2 da polia	1
11	Meio eixo da polia mandante	1
12	Parafusos de fixação do motor	4
13	Motor de Passo Neema-17	1
14	Topo carrinho x	1
15	Roda polimérica para perfil V-slot 2040	4
16	Spacer carrinho	4
17	Porca M6	4

Tabela 2 – Componentes do movimento da mesa de impressão no eixo y

Nota: Tabela fornecida pelo estudante colaborador do projeto

Item	Componente	Quantidade
1	Guia dupla <i>drylin</i> W	2
2	Carruagem <i>drylin</i> W completo	2
3	Placa união carruagens	1
4	Motor de Passo Neema-17	1
5	Acoplamento flexível	1
6	Fuso M8 (comprimento = 500 milímetros)	1
7	Porca de fuso M8	1
8	Suporte da porca de fuso	1
9	Rolamento 127 TN9	1

Tabela 3 – Componentes do movimento do sistema de extrusores no eixo z

Nota: Tabela fornecida pelo estudante colaborador do projeto

Item	Componente	Quantidade
1	Suporte do movimento z	2
2	Fuso M8 (comprimento = 350 milímetros)	2
3	Porca de fuso M8	3
4	Rolamento HK 1812	2
5	Roller NA 22/8.2RS	2
6	Barra de guiamento (diâmetro = 8 milímetros)	2
7	Casquilho (diâmetro = 8 mm)	2
8	Motor de Passo Neema-17	2
9	Acoplamento flexível	2
10	Patim <i>drylin</i> N	4
11	Guia linear <i>drylin</i> N	2

Tabela 4 – Componentes (gerais) da impressora 3D alimentar

Item	Componente/Subconjunto	Quantidade
1	Perfil 3030_Horizontal	13
2	Perfil 3030_Vertical_Gaveta	10
3	Perfil 3030_Vertical_Impressão	8
4	Chapa_Dobrada_Vertical_Cantos	4
5	Chapa Horizontal	2
6	Conjunto de montagem dos extrusores	1
7	<i>Display</i> (Ecrã)	1
8	Suporte do <i>Display</i>	1
9	Porta	2
10	Acrílico frontal com recorte para o ecrã	1
11	Blum_PushToOpen_Portas	2
12	Base	2
13	Gaveta	1
14	Corrediça da Gaveta – Batista Gomes	2
15	Peça de conexão das faces da gaveta	2
16	Chapa exterior lateral da esquerda	1
17	Chapa exterior lateral da direita	1
18	Janela	2
19	Blum_PushToOpen_Gaveta	2
20	Placa de alumínio traseira	1
21	Conjunto de montagem da dobradiça Blum Cristallo	4
22	Placa de acrílico traseira	1

3.8. Ideias a considerar no futuro do projeto

Durante o desenvolvimento da impressora 3D, surgiram algumas ideias que, embora não se tenham aplicado nesta parte do projeto, poderiam muito bem ser exploradas e até mesmo aplicadas na construção da máquina, tais como:

- A utilização de conectores de cantos para a montagem dos perfis;
- A possível furação da chapa metálica (superior) para a passagem de cabos;
- Recortes nas chapas laterais para ventilação e cablagem;
- As zonas de montagem da iluminação;
- Um pormenor na mesa de impressão;
- Inclusão de uma peça ou pernas para a estabilização da impressora;
- O detalhamento dos extrusores.

Começando pelos conectores de cantos, eles estão aplicados na impressora original, sendo que, apesar da sua utilização não estar expressa no desenvolvimento da impressora, a montagem dos perfis apenas poderá ser feita ou com a utilização destes ou por meio de soldadura, o que não seria o ideal, pois a nível de manutenção, ter a habilidade de se conseguir desmontar partes da impressora poderia ser importante.

Quanto à chapa superior, onde estão montados os mecanismos de movimentação da mesa, notou-se, desde início, que a mesma, na impressora original do DEM, estava seccionada na parte traseira (Figura 23). Como se achou que este tipo de secção era demasiado face à quantidade de cablagem, decidiu-se no design da impressora (base) não colocar nenhum tipo de recorte, recomendando-se que, futuramente, tendo em conta ao número de cabos, a entidade que irá construir a impressora avalie o tamanho que esta secção (ou pequenos furos) deverá (ou deverão) ter e proceder ao corte mais apropriado da chapa.

Relativamente à chapa lateral, novamente, logo à partida, reparou-se que na zona da gaveta da impressora do DEM (Figura 23), se encontravam recortes para a ventilação e refrigeração dos componentes eletrónicos, mas como não se tinha a certeza qual a localização onde estas mesmas ventoinhas (e recortes para as mesmas) teriam a melhor performance, não se colocou/projetou nenhum destes recortes e como tal, isso terá que ser efetuado futuramente. O mesmo poderá ser dito para a cablagem que irá conectar a impressora à rede elétrica e/ou a um computador.

No que diz respeito à iluminação, a mesma já havia sido mencionada, principalmente na primeira abordagem ao design da máquina, mas, devido ao *timeline* apertado, propõe-se apenas que a localização ideal seja ou em redor da peça base (ou de topo) – uma espécie de fita LED RGB ou apenas de luz branca ou amarela, de preferência com ajuste à intensidade da mesma – ou nos perfis verticais dos cantos, onde a cablagem poderia passar pelos rasgos desses mesmo perfis, ficando assim escondida, e o perfil servir como superfície onde acoplará a tal fita LED. Havendo alguns tipos diferentes destas fitas no mercado, recomenda-se uma “contínua” para a iluminação ser o mais equilibrada (e constante) quanto possível (tal como a fita utilizada na Bambu Lab X1 Carbon, apesar de nesta, uma só fita ser um pouco insuficiente) (Figura 72).



Figura 72 – Exemplo de uma fita LED contínua.

Nota: Imagem obtida a 01/06/2025 de <https://www.leroymerlin.pt/>

No que toca à mesa de impressão, pensou-se em criar uma espécie de reentrância onde no início de cada impressão (ou pelo menos após a troca ou enchimento do cartucho), se iria depositar a pasta alimentar impressa inicial, que poderia ainda conter algum tipo de “bolhas de ar” que pudessem comprometer a qualidade da impressão final. Esta ideia é similar a um depósito utilizado na Foodini, mas, diferente desta, o intuito é mesmo que este “depósito” estivesse integrado na própria mesa de impressão sendo que desta forma haveria menos componentes que iriam necessitar de limpeza e manutenção.

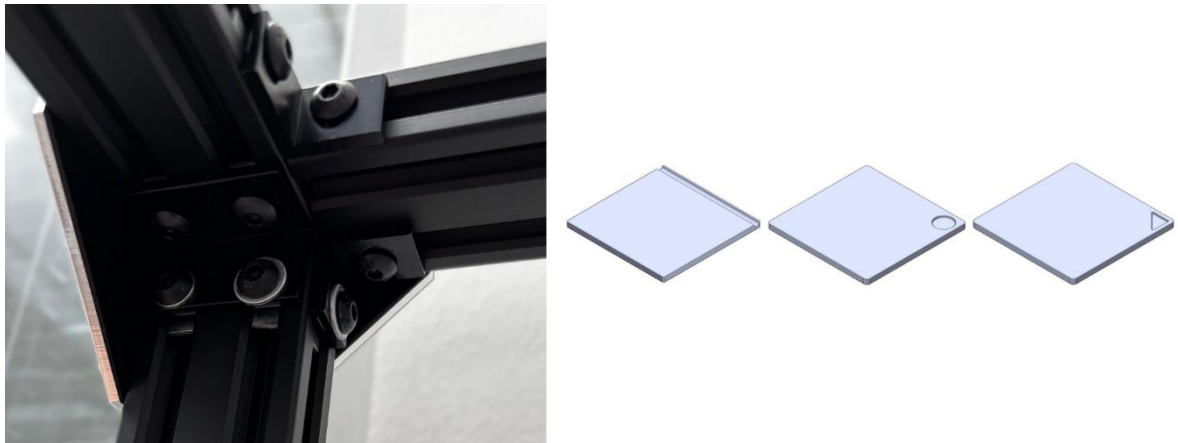


Figura 73 – Conectores de canto utilizados na impressora 3D do DEM e possíveis formatos de reentrâncias propostas da mesa de impressão

Nota: Fotografias da minha autoria

Devido a possíveis vibrações que possam ocorrer na impressora, quer no momento de impressão, quer a partir do exterior, visto a mesma ser para demonstração numa superfície comercial, poderá ser benéfico incluir uma peça única para atenuar (e de preferência eliminar) estas ocorrências, como acontece na impressora Foodini ou incluir “pernas”, tal como se verifica na impressora Opus.

Para finalizar, como foi mencionado na fase de desenvolvimento de produto, para efeitos do design da impressora, foram utilizados ou modelados extrusores “genéricos” inspirados nos utilizados na impressora do DEM devido a dois fatores: Não estando definido ainda um parceiro dos cartuchos (a Frulact apenas produz as pastas, não o “recipiente” ou o cartucho a utilizar na impressora) e não estando a formulação pronta, não havia ainda uma ideia clara se seria ou não necessário a inclusão de, por exemplo resistências (para o aquecimento da pasta) de forma a atingir-se a consistência ideal para as impressões 3D. Deste modo, pretendeu-se, a nível do desenho, iterar-se um possível mecanismo de extrusão (ou montagem do extrusor), para ambas as possibilidades – com a adição de resistências ou sem resistências (Figura 76).

Este mecanismo foi inspirado nos extrusores *Allevi CORE*, integrados na Allevi 3, uma *bioprinter*, ou seja, uma impressora 3D desenvolvida para aplicações na área da biotecnologia que, por exemplo, permite a criação de estruturas complexas com células (Allevi, n.d.). A Allevi 3 (Figura 74) utiliza ar comprimido para o procedimento de extrusão e possui três extrusores (*Allevi CORE*), que contam, todos eles, com controlo da temperatura (através de resistências e, claro, sensores) e fixação magnética, o que garante uma melhor precisão de impressão. (Allevi, n.d.).



Figura 74 – Allevi 3

Nota: Imagem obtida a 02/06/2025 de <https://www.allevi3d.com/>



Figura 75 – Extrusores Allevi CORE

Nota: Imagem obtida a 02/06/2025 de <https://www.allevi3d.com/>

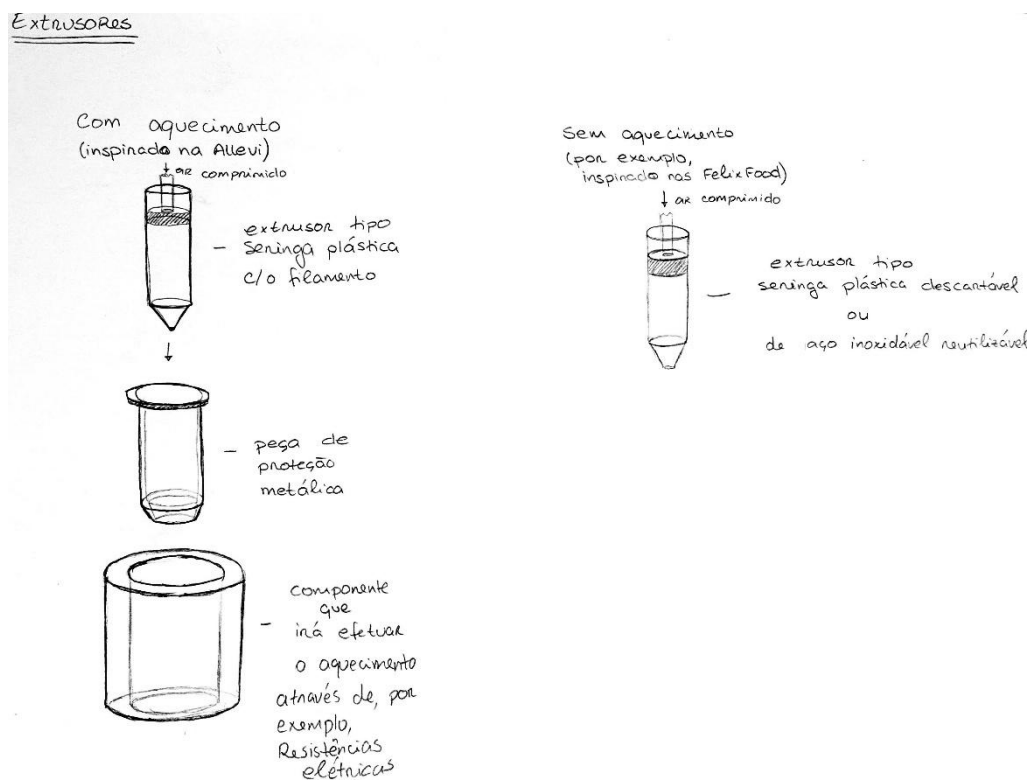


Figura 76 – Iteração de um possível extrusor a aplicar na impressora IDfoods

Resumidamente, a inclusão de resistências para o aquecimento da pasta alimentar, dependerá da temperatura ideal que a mesma necessita de ter de modo a que se consiga obter a melhor impressão possível. Se for necessário então, o seu aquecimento, um extrusor inspirado no da Allevi, em que se tem uma seringa plástica com uma proteção metálica em seu redor, para que não haja contacto direto com a fonte de calor (resistência), seria a melhor opção. Já se a pasta não necessitar de um aumento da sua temperatura para que se consiga imprimir adequadamente, poderia ser escolhido um extrusor similar aos da Felix Food, em formato de seringa, de plástico (descartável) ou de aço inoxidável (reutilizável). De modo a esquematizar esta tomada de decisão, fez-se o diagrama da Figura 77.

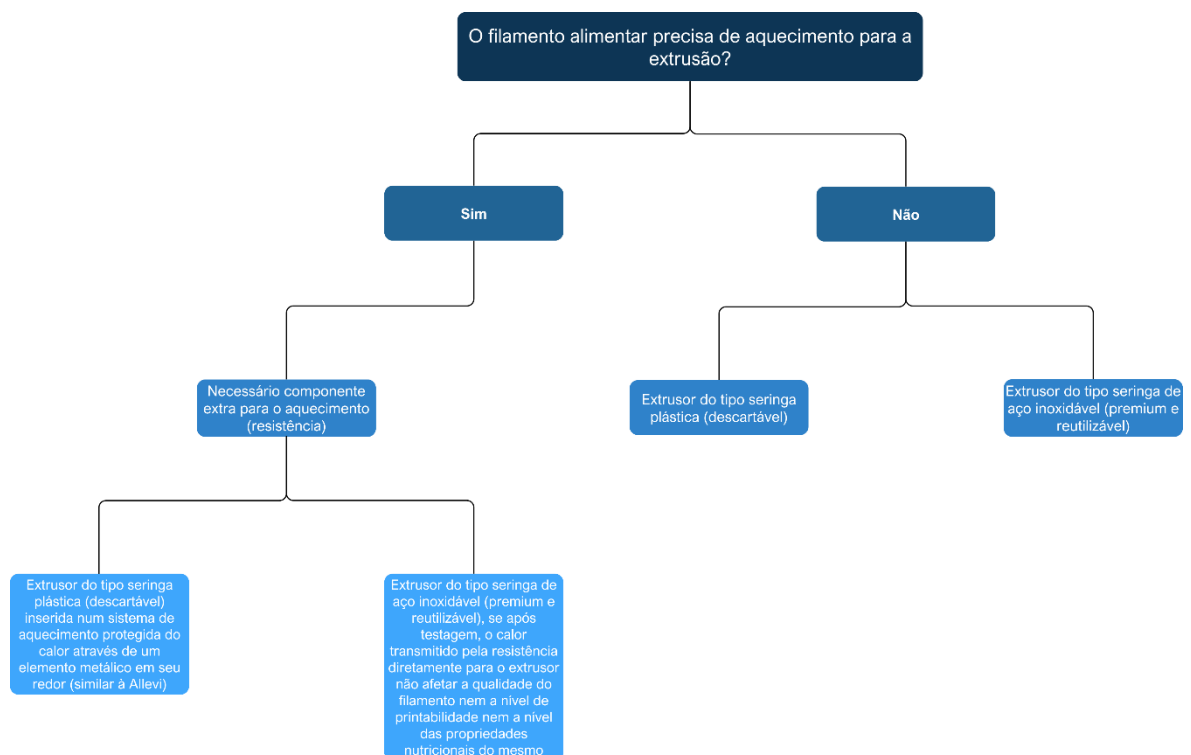


Figura 77 – Método de decisão acerca da inclusão (ou não) de resistências nos extrusores

Assim, dá-se por terminado o capítulo de desenvolvimento da impressora, passando-se às conclusões retiradas após a finalização do projeto.

Capítulo IV – Conclusão do projeto

4.1. Conclusões

Finalizado o projeto, pode-se afirmar que se cumpriram quer os objetivos definidos para esta dissertação quer os requisitos delineados para o design da impressora 3D.

Tendo em conta as dificuldades que surgiram no decorrer do projeto, nomeadamente o tempo disponível para a sua execução, os atrasos de outras entidades colaboradoras e a falta de comunicação ativa com as mesmas, obteve-se um resultado que se considerou adequado e promissor.

É verdade que se gostaria de ter conseguido incorporar as ideias que acabaram por ficar de fora da proposta final, ou pelo menos, ter tido a oportunidade de discutir ativamente com o INEGI, não só acerca destas como de todas as tomadas de posição e trajetos que se seguiram no desenvolvimento da impressora. Mas não tendo sido possível, tomaram-se os passos que se acharam ser os mais apropriados na evolução do design da mesma.

Para finalizar, é uma pena não ter a possibilidade de conseguir continuar o trajeto deste trabalho, nomeadamente a construção da impressora, as primeiras impressões 3D com as pastas provenientes da Frulact e, finalmente, a demonstração e a utilização da mesma em loja, pois não só daria um outro nível à dissertação, como daria também a satisfação de conseguir realizar um projeto “real” (ou seja, não só um projeto de “sala de aula”) de início ao fim. Poder provar um modelo impresso, ou ver alguém avaliar, julgar, testar e interagir com a máquina projetada seria um orgulho imenso e acima de tudo, gratificante.

4.2. Perspetivas futuras

Após a finalização deste trabalho, e estando o projeto ainda longe de estar terminado, porque a impressora ainda tem de ser construída/montada e as formulações ainda se encontrarem em fase de testes, incentiva-se que a próxima fase do projeto (até à sua finalização e demonstração), possa ser documentada também numa dissertação, mais direcionada, talvez, para o Mestrado em Engenharia Mecânica (da FEUP), onde se documentem os passos seguintes ao design, abordando a construção e a montagem da máquina onde poderão ocorrer erros ou algum tipo de problema que necessite de alterações ao que foi inicialmente projetado, por exemplo.

Em suma, espera-se que esta tese possa servir de base a uma futura dissertação ainda dentro deste projeto, ou de outras na mesma área ou temática.

Referências bibliográficas

Cotabarren, I. M., De Salvo, M. I., & Palla, C. A. (2023). Structuring Food Products Using 3D Printing: Strategies, Applications, and Potential. *Current Food Science and Technology Reports*, 1(2), 109–121.

<https://doi.org/10.1007/s43555-023-00006-4>

Derossi, A., Spence, C., Corradini, M. G., Jekle, M., Fahmy, A. R., Caporizzi, R., Devahastin, S., Moses, J. A., Le-Bail, A., Zhou, W., Zhang, M., Bhandari, B., & Severini, C. (2024). Personalized, digitally designed 3D printed food towards the reshaping of food manufacturing and consumption. *Npj Science of Food*, 8(1).

<https://doi.org/10.1038/s41538-024-00296-5>

Egan, P. F. (2023). Design for Additive Manufacturing: Recent Innovations and Future Directions. *Designs*, 7(4), 83. <https://doi.org/10.3390/designs7040083>

Galanakis, C. M. (2024). The future of food. *Foods*, 13(4), 506.

<https://doi.org/10.3390/foods13040506>

Godoi, F. C., Prakash, S., & Bhandari, B. R. (2016). 3d printing technologies applied for food design: Status and prospects. *Journal of Food Engineering*, 179, 44–54.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.01.025>

- Harasym, J. (2022). 3D printers for food Printing – Advantages and Drawbacks of market ready technical solutions. *Engineering Sciences and Technologies*, 2022(1(38)), 41–59. <https://doi.org/10.15611/nit.2022.38.03>
- Kewuyemi, Y. O., Kesa, H., & Adebo, O. A. (2021). Trends in functional food development with three-dimensional (3D) food printing technology: prospects for value-added traditionally processed food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(28), 7866–7904. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1920569>
- Kietzmann, J., Pitt, L., & Berthon, P. (2015). Disruptions, decisions, and destinations: Enter the age of 3-D printing and additive manufacturing. *Business Horizons*, 58(2), 209–215. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2014.11.005>
- Li, G., Hu, L., Liu, J., Huang, J., Yuan, C., Takaki, K., & Hu, Y. (2021). A review on 3D printable food materials: types and development trends. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(1), 164–172. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15391>
- Lin, C. (2015), 3D Food Printing: A Taste of the Future. *Journal of Food Science Education*, 14: 86-87. <https://doi.org/10.1111/1541-4329.12061>
- Morais, J. M. de S. (2017). Desenho Técnico Básico 3 (26.^a ed., Vol. 3). Porto, Portugal: Porto Editora.

Neamah, H. A., & Tandio, J. (2024). Towards the development of foods 3D printer:

Trends and technologies for foods printing. *Heliyon*, e33882–e33882.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33882>

Pereira, T., Barroso, S., & Gil, M. M. (2021). Food texture design by 3D Printing: A review.

Foods, 10(2), 320. <https://doi.org/10.3390/foods10020320>

Pinna, C., Ramundo, L., Sisca, F.G., Angioletti, C.M., Taisch, M., & Terzi, S. (2016).

Additive Manufacturing applications within food industry: An actual overview and future opportunities. *XXI Summer School Francesco Turco - Industry 4.0 Creating New Waves*.

https://www.researchgate.net/publication/311085764_Additive_Manufacturing_applications_within_Food_industry_an_actual_overview_and_future_opportunities

Scheele, S., Binks, M., & Egan, P. (2020). Design and Manufacturing of 3D Printed Foods with User Validation. <https://doi.org/10.1115/detc2020-22462>

Zeleny, P., & Ruzicka, V. (2017). The design of the 3D printer for use in gastronomy. *MM Science Journal*, 2017(01), 1744–1747.

https://doi.org/10.17973/mmsj.2017_02_2016187

Webgrafia

Acrylic Adhesives. 3M. (n.d.). Consultado a 30/05/2025 em

https://www.3m.com/3M/en_US/bonding-and-assembly-us/structural-adhesives/acrylic-adhesives/

Bioprinting, Simplified | 3D Bioprinters & BioInks - Allevi. (n.d.). Allevi. Consultado a 02/06/2025 em <https://www.allevi3d.com/>

Corial Foods. (n.d.). Corial Foods. Consultado a 18/01/2025 em

<https://corialfoods.com/>

FELIXPrinters homepage. (n.d.). FELIXprinters. Consultado a 15/01/2025 em

<https://felixprinters.com/>

La pâtisserie numérique. (n.d.). La Pâtisserie Numérique. Consultado a 16/01/2025 em

<https://lapatisserienumerique.com/en>

mycusini® 2.0 3D Choco Printer - Professional technology for home. (n.d.). Mycusini.

Consultado a 15/01/2025 em <https://mycusini.com/en>

Natural Machines: The makers of Foodini, a 3D food printer. (n.d.). Natural Machines.

Consultado a 16/01/2025 em <https://www.naturalmachines.com/>

OPUS. (n.d.). byFlow. Consultado a 17/01/2025 em <https://www.3dbyflow.com/>

Procusini - 3D Lebensmitteldruck für die Profiküche. (n.d.). Procusini. Consultado a 15/01/2025 em <https://procusini.com/en>

Wiiboox Sweetin 3D Food Printer|3D Chocolate Printer For sale - Wiiboox. (n.d.). Consultado a 16/01/2025 em <https://www.wiiboox.com/3d-printer-wiiboox-sweetin.php>

Referências das Figuras

Figura 1: Ala Food Lab. Imagem obtida a 14/01/2025 de <https://labs.continente.pt/>

Figura 2: Número de publicações acerca da impressão 3D a nível alimentar entre 2014 e 2024 na plataforma Scopus. Imagem obtida a 14/01/2025 de <https://www.scopus.com/>

Figura 3: *Fab@Home Model 1*. Imagem obtida a 15/01/2025 de <https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co8086300/one-rapid-prototype-printer-as-developed-by-fab-home-project>

Figura 4: Pétala de uma flor impressa em 3D usando chocolate como filamento. Imagem obtida a 15/02/2025 de <https://www.theverge.com/2024/2/17/24074150/cocoa-press-3d-printed-chocolate>

Figura 5: Processo da Impressão 3D alimentar. Adaptado de *Food Texture Design by 3D Printing: A Review*, por T. Pereira, S. Barroso e M. Gil, 2021, *Foods*, 10, 320. (<https://doi.org/10.3390/foods10020320>). Licenciado por CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Figura 6: Tipos de mecanismos de extrusão para impressão de alimentos em 3D. (A) Extrusão por seringa, (B) Extrusão por rosca, (C) Extrusão por ar comprimido. Adaptado de Guo, Zhang e Bhandari (2019) como citado em Kewuyemi et al. (2021)

Figura 7: Bioimpressão de Salmão “cultivado”. Imagem obtida a 15/02/2025 de <https://automationalley.com/2025/02/04/how-revo-foods-plant-based-3d-printed-food-products-promote-sustainability-2/>

Figura 8: Produtos da Corial Foods desenvolvidos com proteína de insetos. Imagem obtida a 18/01/2025 de <https://corialfoods.com/products/kit-explorador-snacks-proteicos>

Figura 9: *Foodini* da Natural Machines. Imagem obtida a 16/01/2025 de <https://www.naturalmachines.com/>

Figura 10: *Procusini* 5.0 da Print4Taste GmbH. Imagem obtida a 15/01/2025 de <https://procusini.com/en>

Figura 11: Felix Food 3D Printers. Imagem obtida a 15/01/2025 de <https://felixprinters.com/>

Figura 12: *Wiiboox Sweetin*. Imagem obtida a 16/01/2025 de <https://www.wiiboox.com/3d-printer-wiiboox-sweetin.php>

Figura 13: *Opus* da byFlow. Imagem obtida a 17/01/2025 de <https://www.3dbyflow.com/>

Figura 14: *mycusini 2.0* da Print4Taste GmbH. Imagem obtida a 15/01/2025 de <https://mycusini.com/en>

Figura 15: *Patiss3* da La Pâtisserie Numérique. Imagem obtida a 16/01/2025 de <https://lapatisserienumerique.com/en>

Figura 18: *Moodboard* inicial de inspiração para os primeiros esboços da impressora.

Nota: *moodboard* realizado pelo autor. Referências das imagens do *moodboard*: *Bambu Lab X1C* – obtido a 24/02/2025 de <https://bambulab.com/en-eu/x1>; *Foodini* – obtido a 16/01/2025 de <https://www.naturalmachines.com/>; *Wiiibox Sweetin* – obtido a 16/01/2025 de <https://www.wiiibox.com/>; *Opus* – obtido a 17/01/2025 de <https://www.3dbyflow.com/>; Varinha mágica c/acessórios *Smeg* – obtido a 24/02/2025 de <https://www.smeg.com/pt>; Logo MC Sonae – obtido a 24/02/2025 de <https://mc.sonae.pt/>; Logo Food Lab – obtido a 24/02/2025 de <https://labs.continente.pt/food-lab>; Logo Continente – obtido a 24/02/2025 de <https://www.continente.pt/>

Figura 27: Desenho técnico dos perfis metálicos utilizados na Estrutura Base. Referência da imagem: Perfil de alumínio *RatRig* – imagem obtida a 02/04/2025 de <https://ratrig.com/aluminium-profiles.html>

Figura 28: Perfis metálicos com bordas arredondadas. Referências das imagens: Perfil *MiniYec 30 R 90°* - obtido a 08/05/2025 de <https://www.minitec.de/en/product/profile-30-r-90>; Perfis da *Evo Design* (imagens do centro e da direita) - obtido a 25/05/2025 de <https://www.evomotiondesign.co.uk/product/40mm-radius-aluminium-corner-for-furniture-various-lengths-and-quantities-available/>

Figura 36: Primeiro levantamento de dobradiças. Referências das imagens: Dobradiça Leroy Merlin (A) - obtido a 15/05/2025 de <https://www.leroymerlin.pt/>; Dobradiças *Batista Gomes* (B) e (C) - obtido a 15/05/2025 de <https://www.batista-gomes.pt/>; Dobradiça *Cadro* - obtido a 15/05/2025 de <https://shop.hettich.com/>

Figura 37: Nova pesquisa de dobradiças. Referências das imagens: Dobradiça invisível (A) - obtido a 18/05/2025 de <https://www.leroymerlin.pt/>; Dobradiça *Blum Cristallo* (B) - obtido a 18/05/2025 de <https://www.blum.com/>; Dobradiça *Tiomos Mirro* (C) - obtido a 18/05/2025 de <https://www.batista-gomes.pt/>; Dobradiça *Sensys* (D) - obtido a 18/05/2025 de https://shop.hettich.com/br_PT

Figura 39: Desenho técnico de parafusos de cabeça de embeter de oco hexagonal. Reproduzido de *Desenho Técnico Básico 3* (p. 258), por J. M de S. Morais, 2017, Porto Editora. *Copyright* 2017 por Porto Editora

Figura 40: Exemplos de molduras utilizadas em acrílicos e vidros. Referências das imagens: Lian Li *O11D* - obtido a 20/05/2025 de <https://lian-li.com>; Moldura acrílica com bordas negras - obtido a 20/05/2025 de <https://plasticproductsmfg.com/>; Arca frigorífica *Olá* - fotografia da minha autoria, Porto 22/05/2025.

Figura 41: Soluções de abertura de portas. Referências das imagens: *3D printing Enclosure by Glenn Catchpole* - obtido a 26/05/2025 de <https://www.behance.net/gallery/22495189/3D-printing-Enclosure-> ; Pega metálica - obtido a 26/05/2025 de <https://armazemmartins.pt/> ; Blum *Tip-On* - obtido a 26/05/2025 de <https://www.blum.com/eu/en/products/motion-technologies/tip-on-doors/overview/>

Figura 43: Corrediças. Referências das imagens: Imagens da esquerda e central - Fotografias da minha autoria, Imagem da direita - Corrediça Batista-Gomes *Cor.A27* - obtido a 30/05/2025 de <https://www.batista-gomes.pt/>

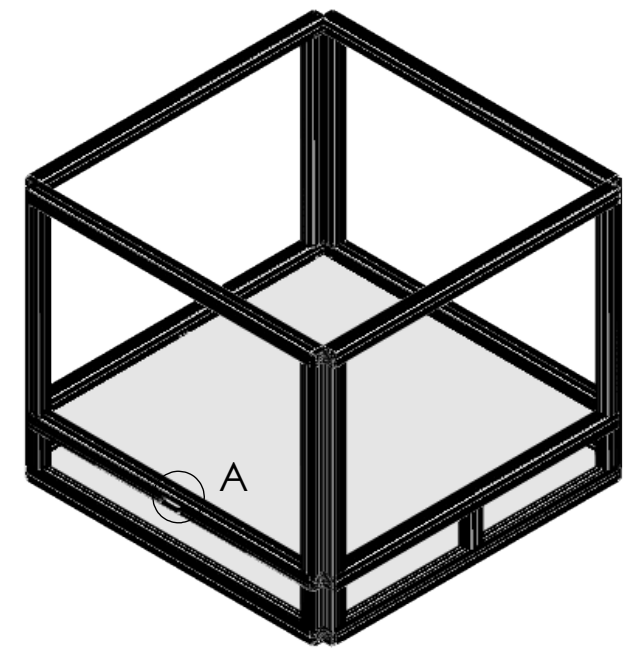
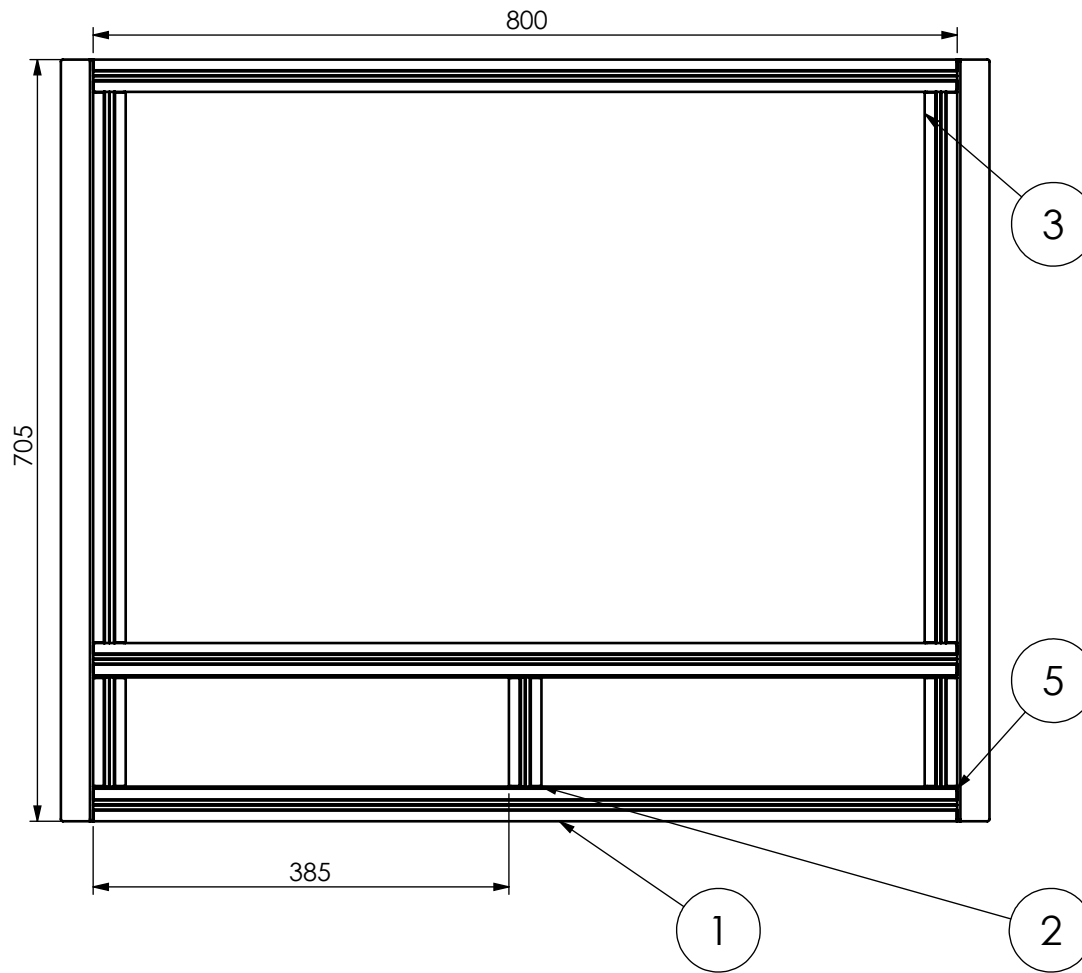
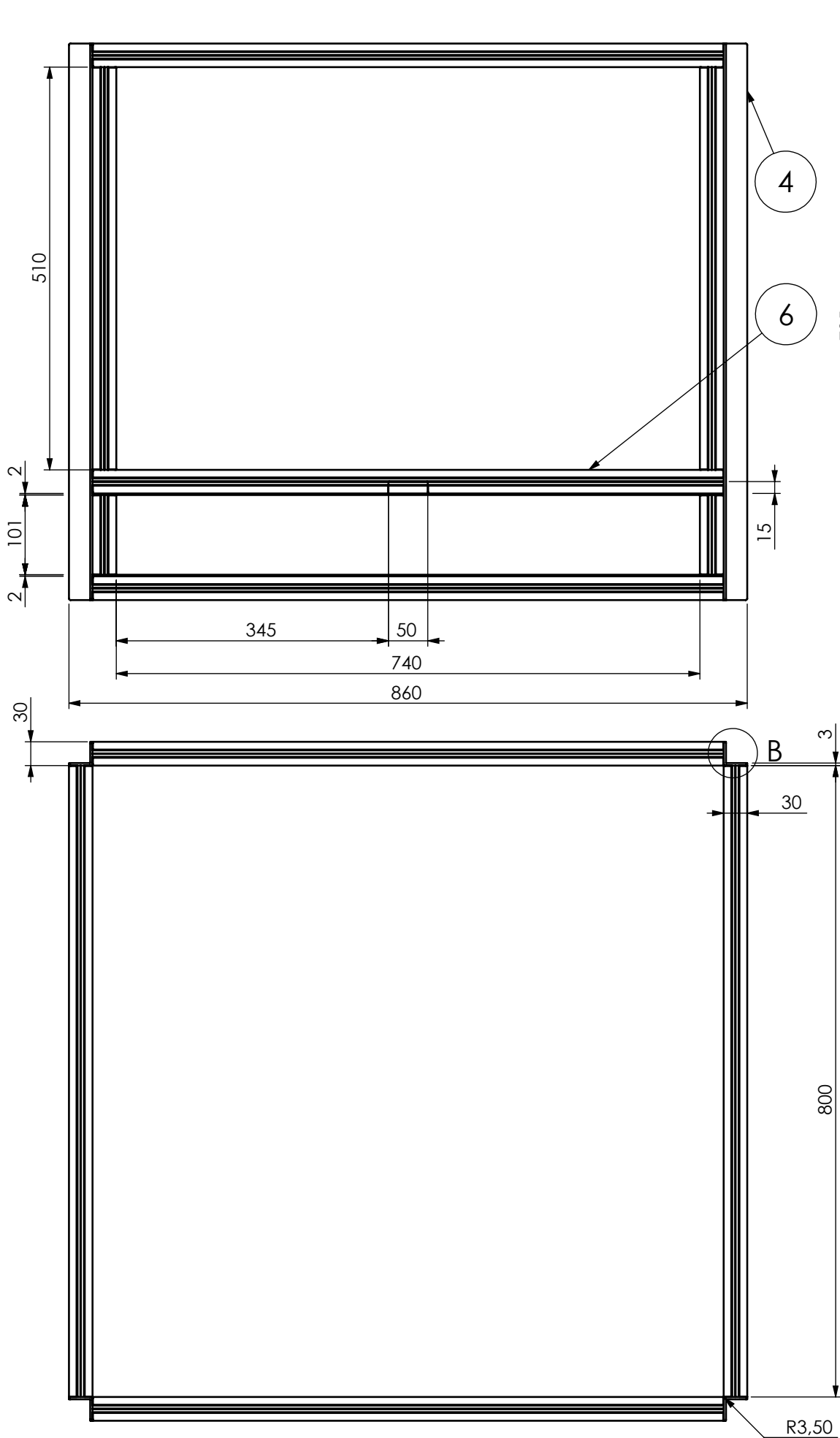
Figura 72: Exemplo de uma fita LED contínua. Imagem obtida a 01/06/2025 de <https://www.leroymerlin.pt/>

Figura 74: *Allevi 3*. Imagem obtida a 02/06/2025 de <https://www.allevi3d.com/>

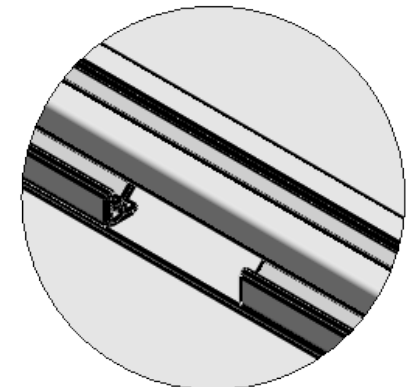
Figura 75: Extrusores *Allevi CORE*. Imagem obtida a 02/06/2025 de <https://www.allevi3d.com/>

Apêndice

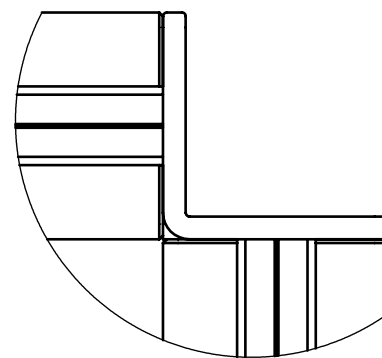
A: Desenhos técnicos da impressora 3D



DETALHE A
ESCALA 1 : 2



DETALHE B
ESCALA 1 : 1

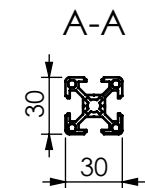
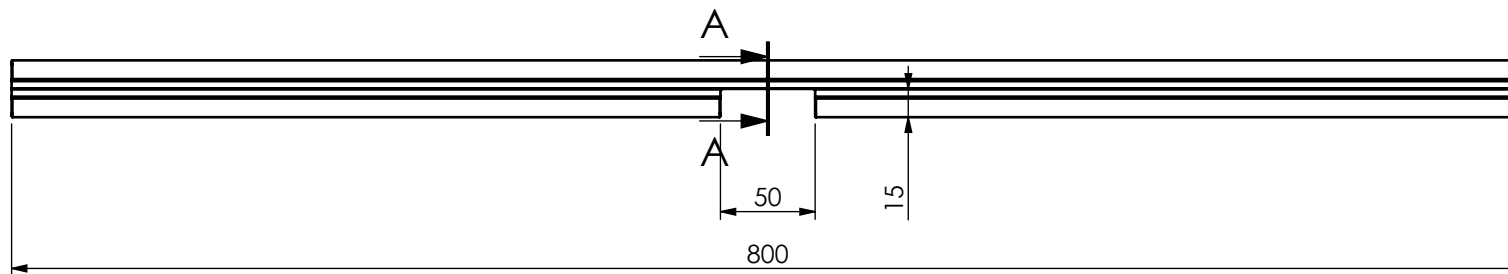
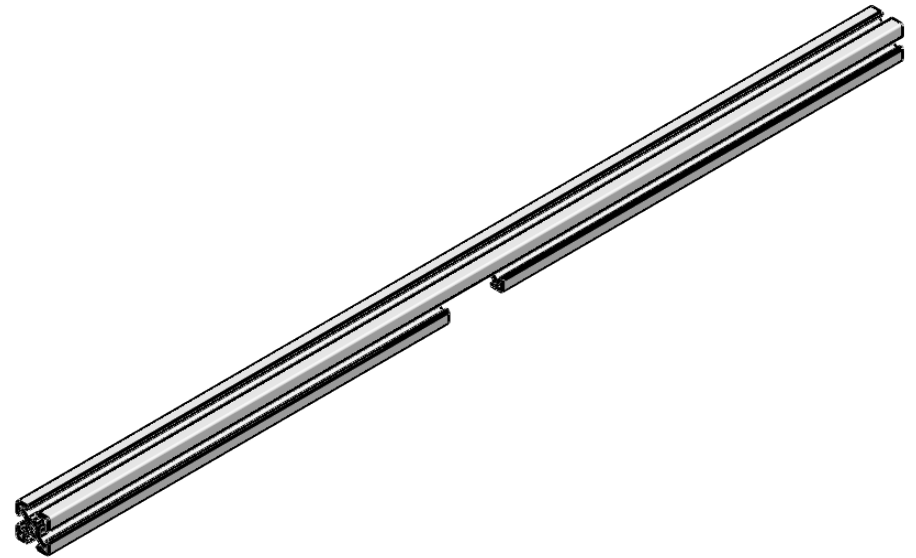


Recorte no perfil devido ao posicionamento dos pinos para a abertura das portas

ITEM	PEÇA	QTD.
1	3030_Horizontal	11
2	3030_Vertical_Gaveta	10
3	3030_Vertical_Impressão	8
4	Chapa_Dobrada_Vertical_Cantos	4
5	Chapa_Horizontal	2
6	3030_Horizontal_Frente	1

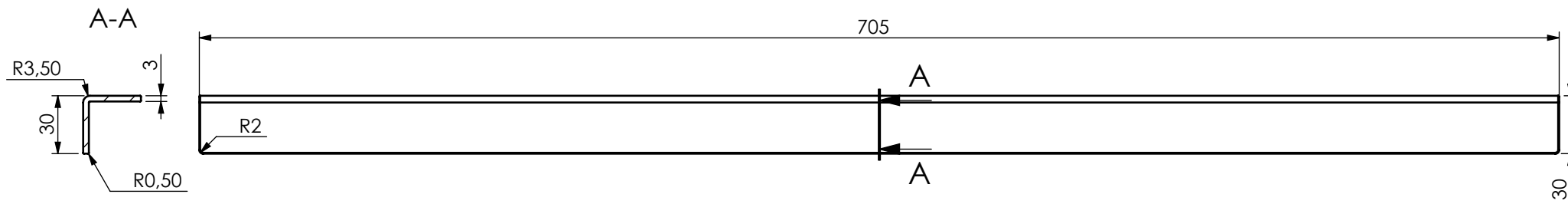
ESCALA
1:7

Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento	Estado do documento			
Proprietário legal	Eduardo Alves UP202300544		Título	Número		
		Estrutura Base Alterada		Revisão	Data de edição	Língua
					Julho 2025	PT
				Folha		
				1/1		



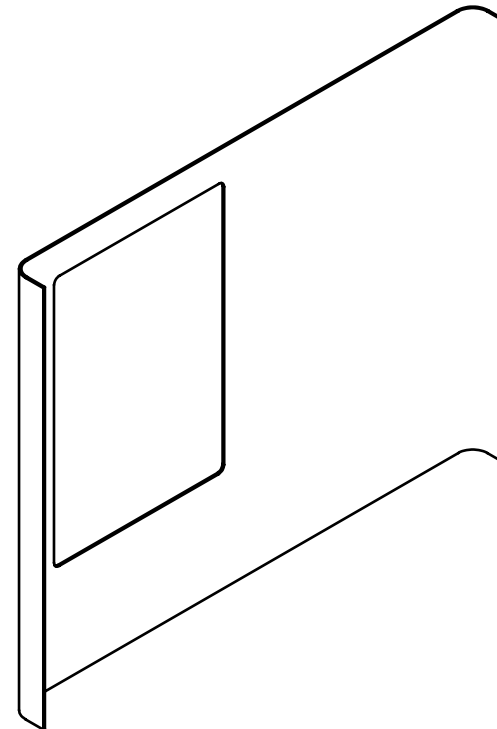
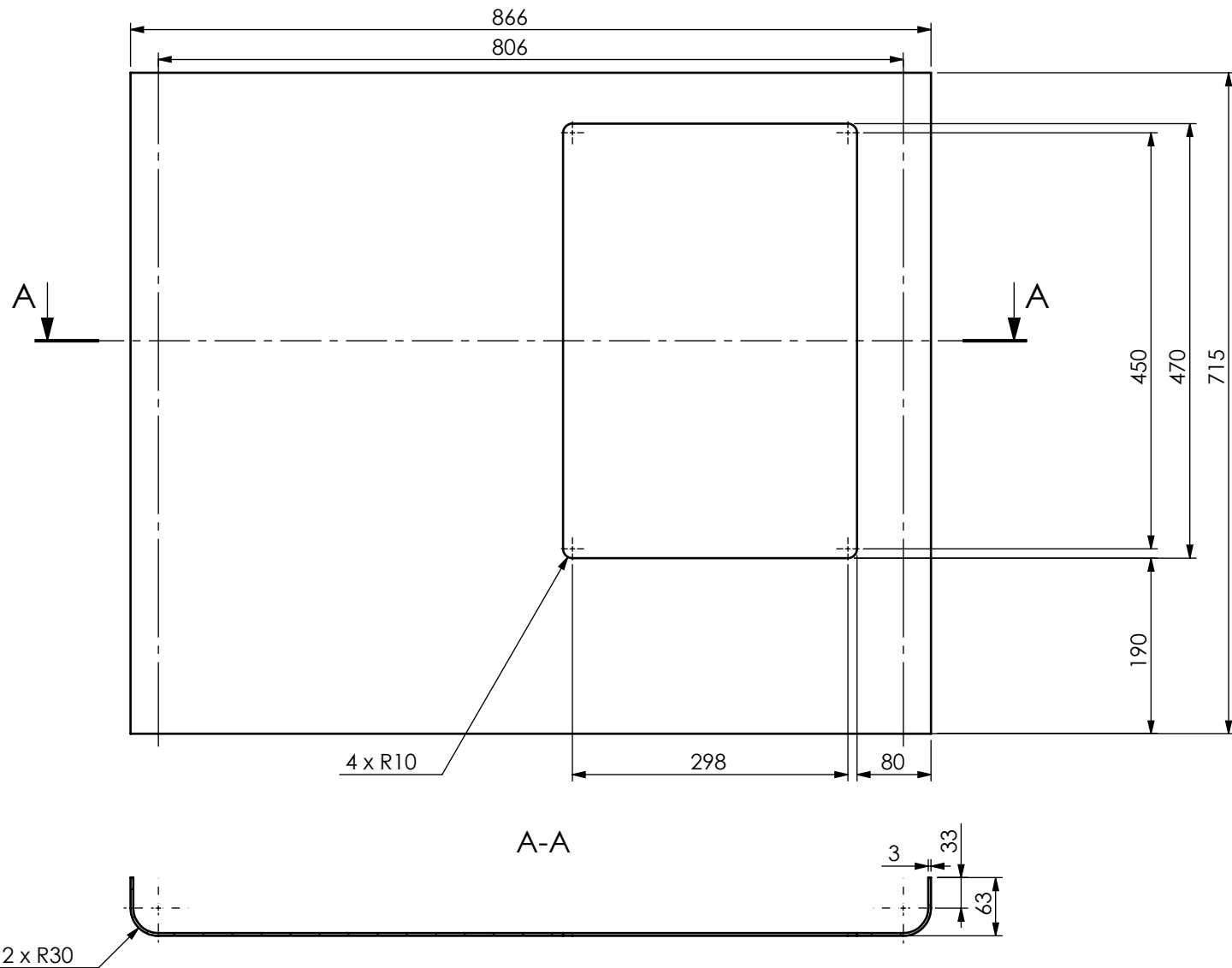
ESCALA
1:4

Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento Desenho de peça		Estado do documento			
Proprietário legal Eduardo Alves UP202300544		Título Perfil 3030_Horizontal_Frente		Número			
				Revisão	Data de edição Julho 2025	Língua PT	Folha 1/1



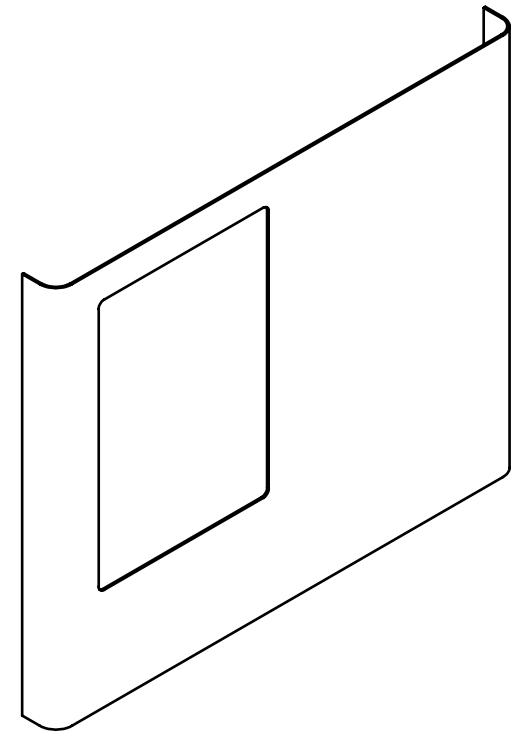
ESCALA
1:3

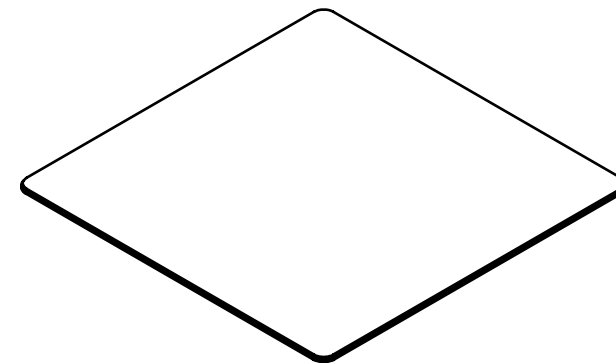
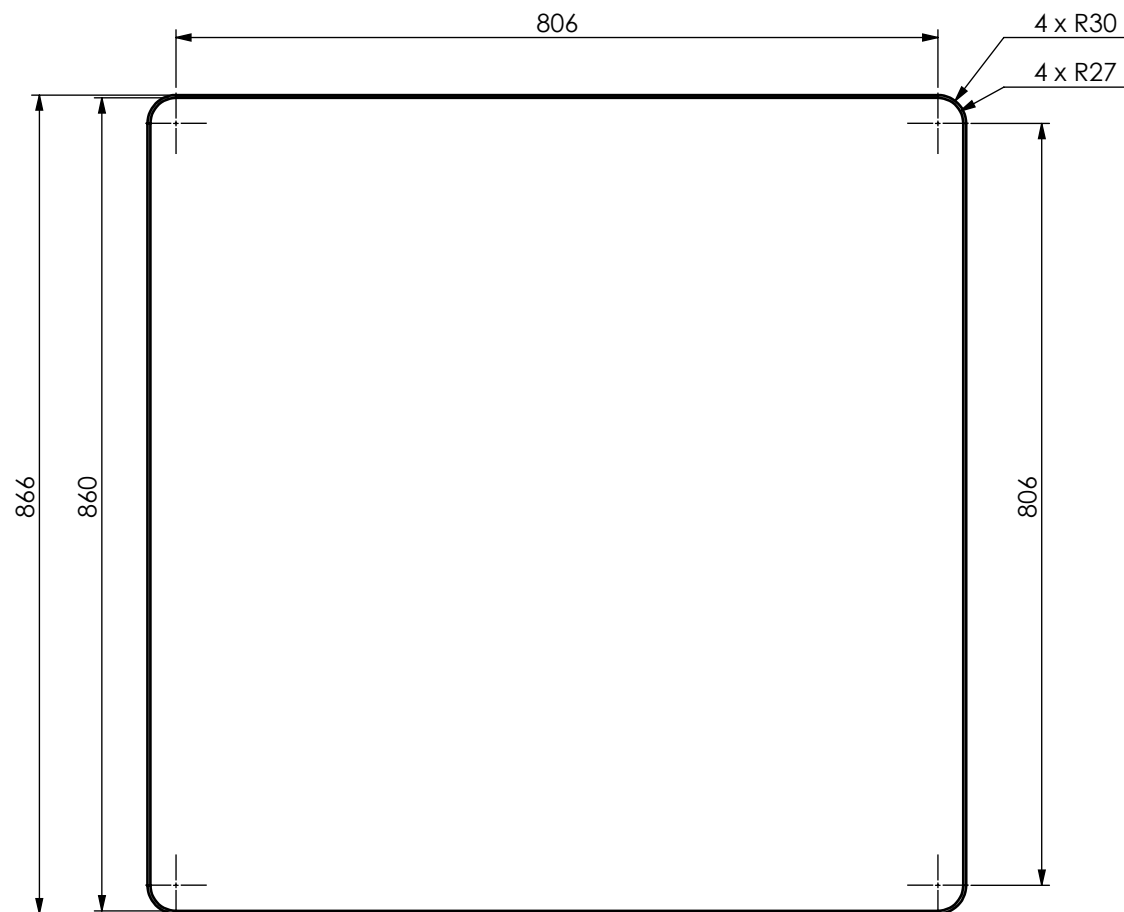
Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento Desenho de peça		Estado do documento			
Proprietário legal Eduardo Alves UP202300544		Título Chapa_Vertical_Dobrada_Cantos		Número			
				Revisão A	Data de edição Julho 2025	Língua PT	Folha 1/1



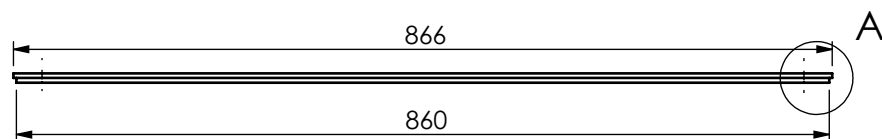
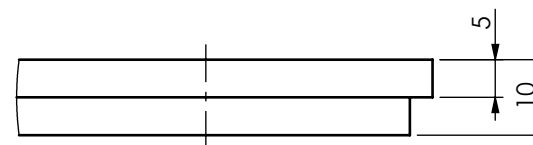
ESCALA
1:7

Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento Desenho de peça	Estado do documento			
Proprietário legal Eduardo Alves UP202300544		Título Chapa Lateral Exterior da Esquerda	Número			
			Revisão	Data de edição Junho 2025	Língua PT	Folha 1/1



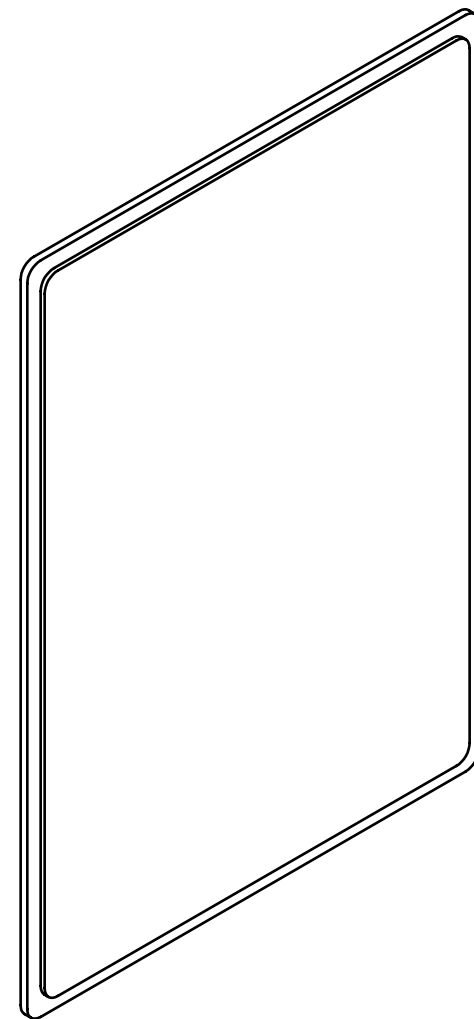
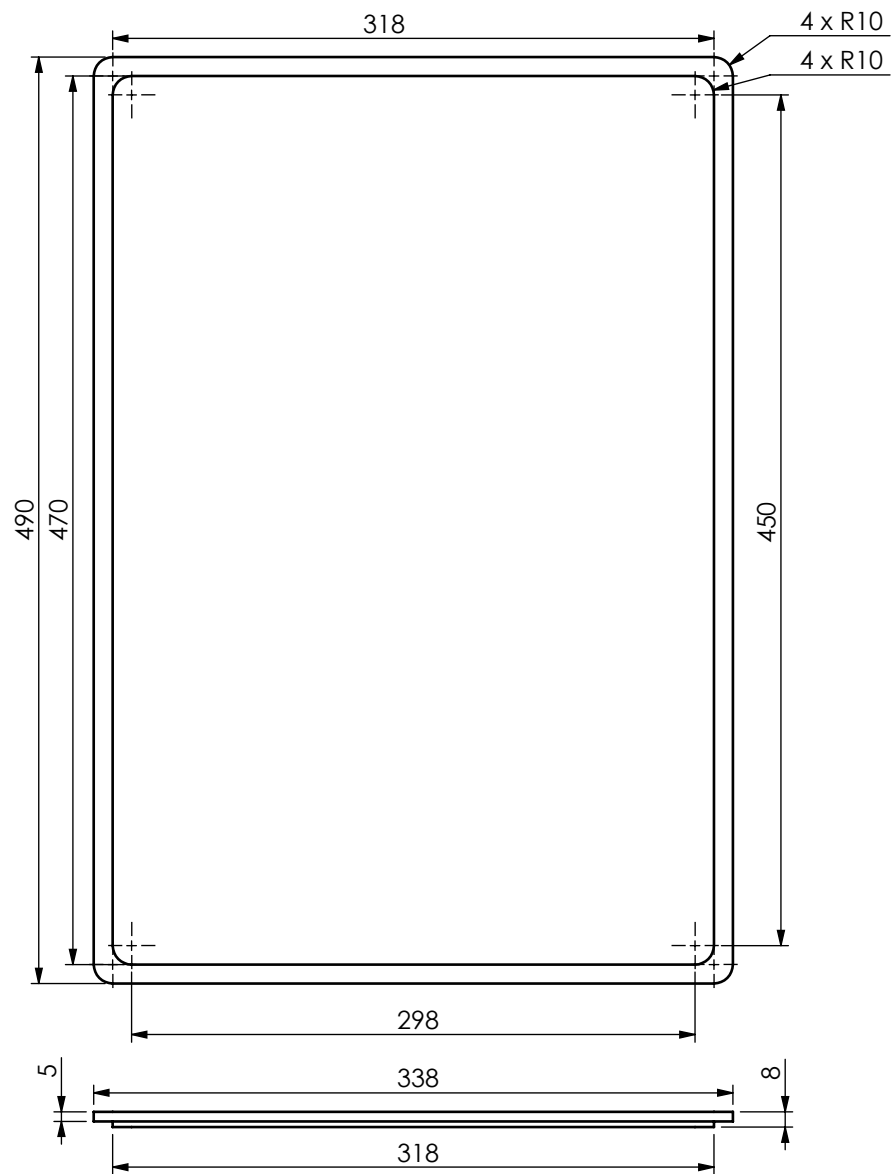


DETALHE A
ESCALA 1 : 1



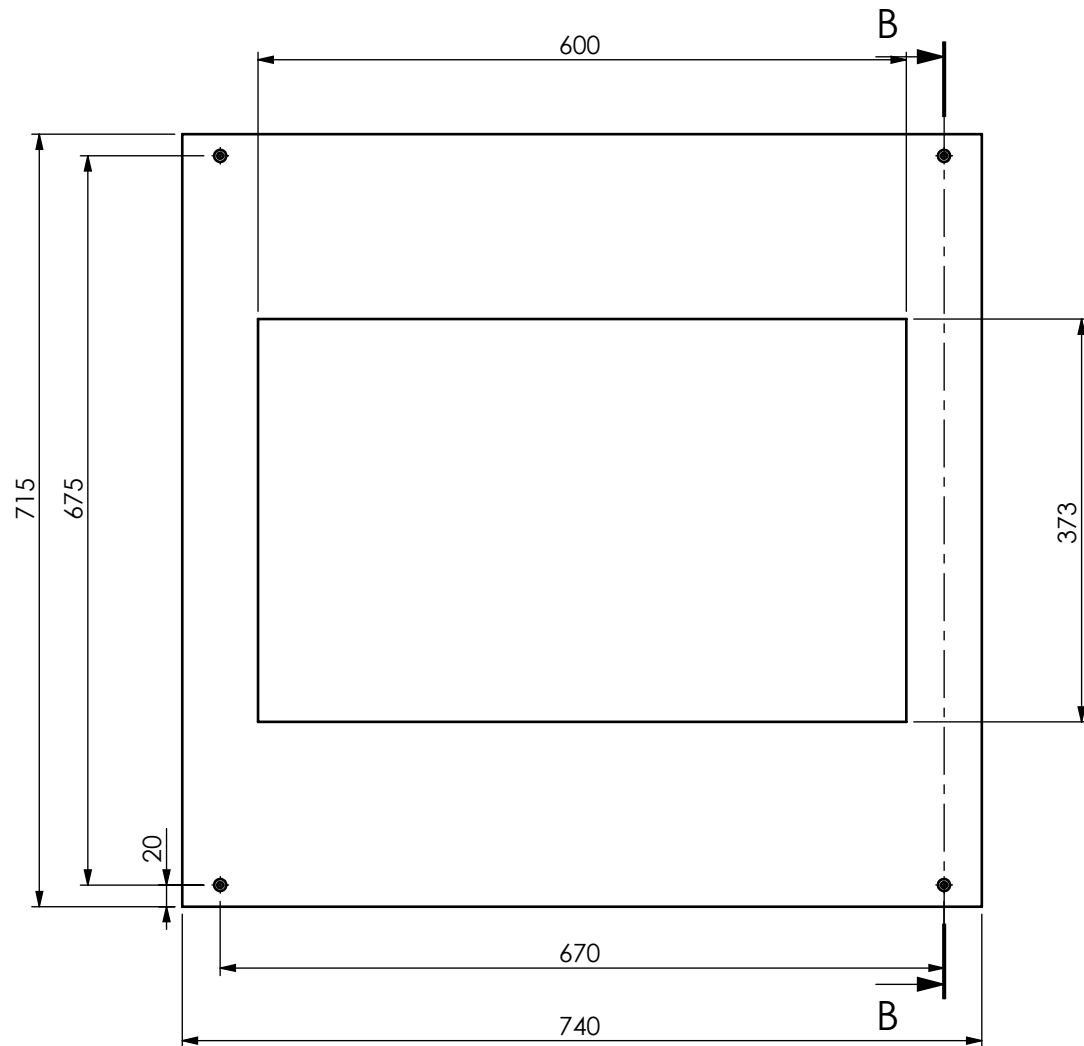
ESCALA
1:8

Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento Desenho de peça	Estado do documento			
Proprietário legal Eduardo Alves UP202300544		Título Base	Número			
			Revisão	Data de edição Junho 2025	Língua PT	Folha 1/1

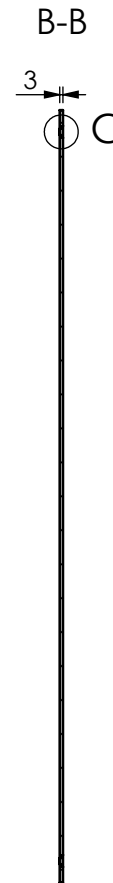


ESCALA
1:4

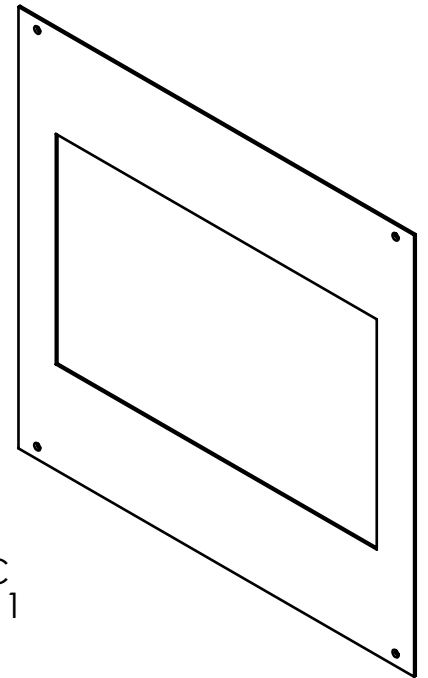
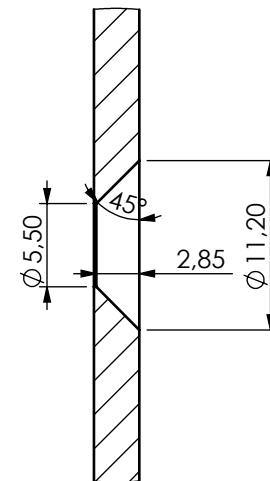
Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento Desenho de peça		Estado do documento	
Proprietário legal Eduardo Alves UP202300544		Título Janela		Número	
		Revisão	Data de edição Junho 2025	Língua PT	Folha 1/1



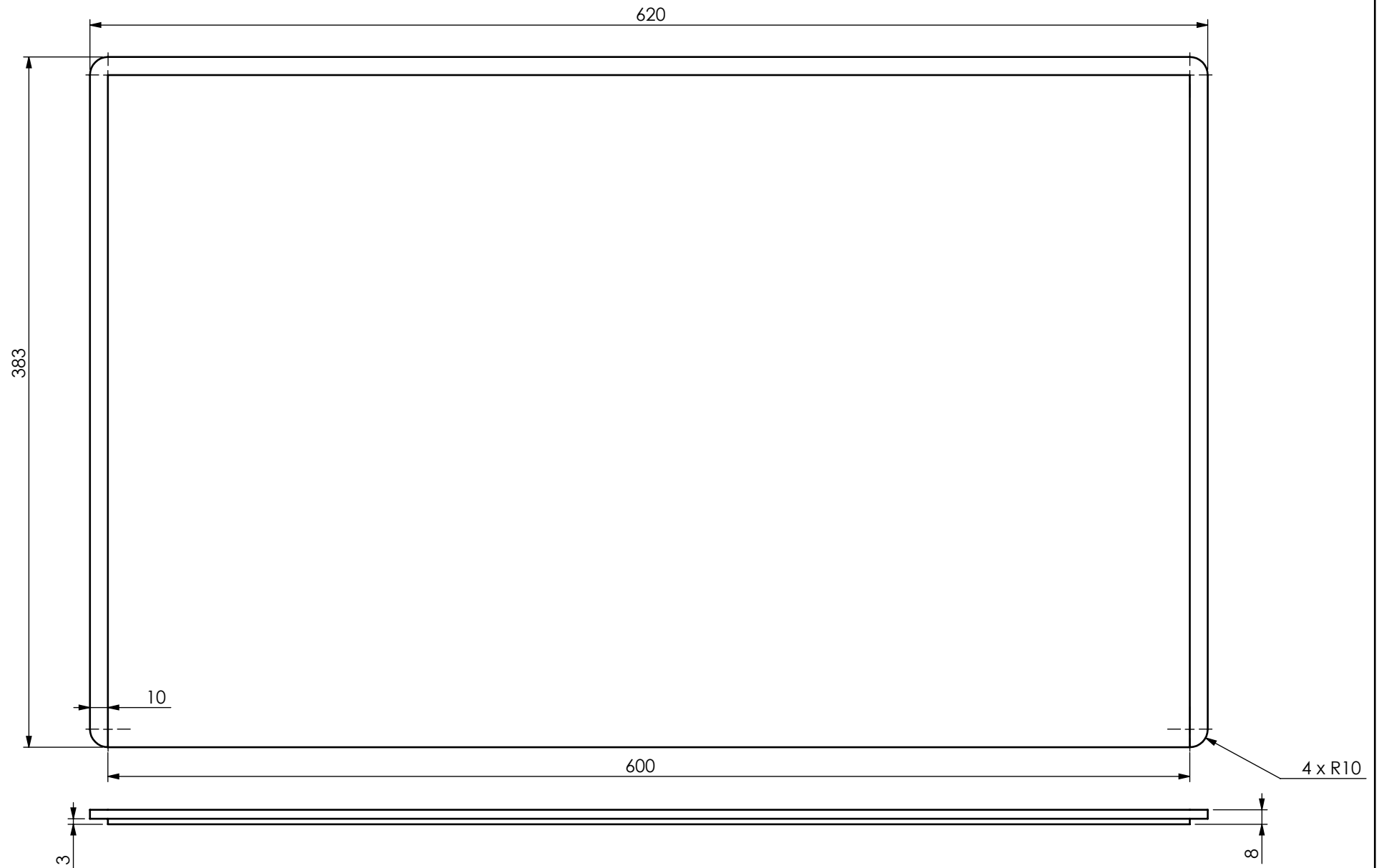
ESCALA
1:7



DETALHE C
ESCALA 2 : 1

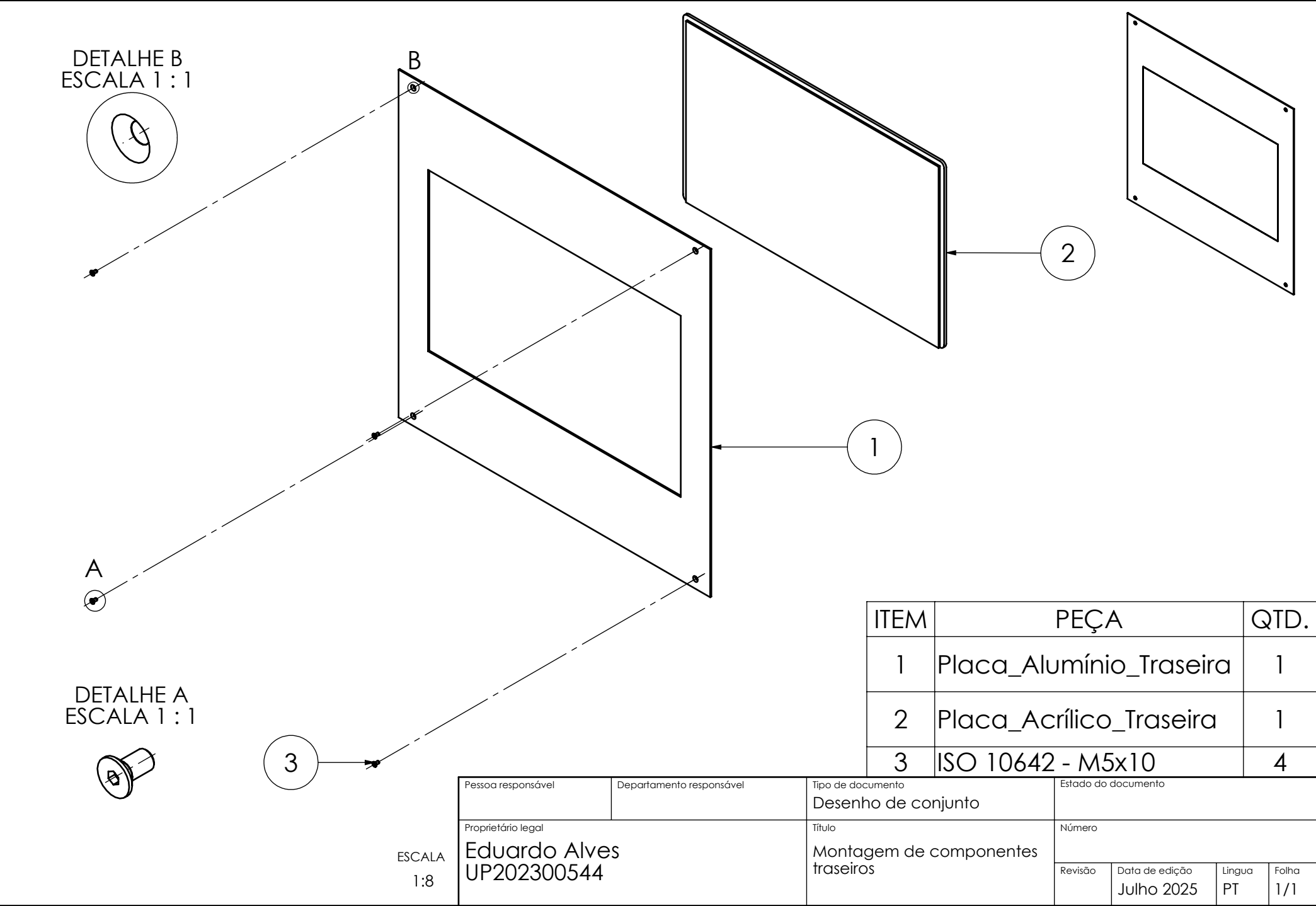


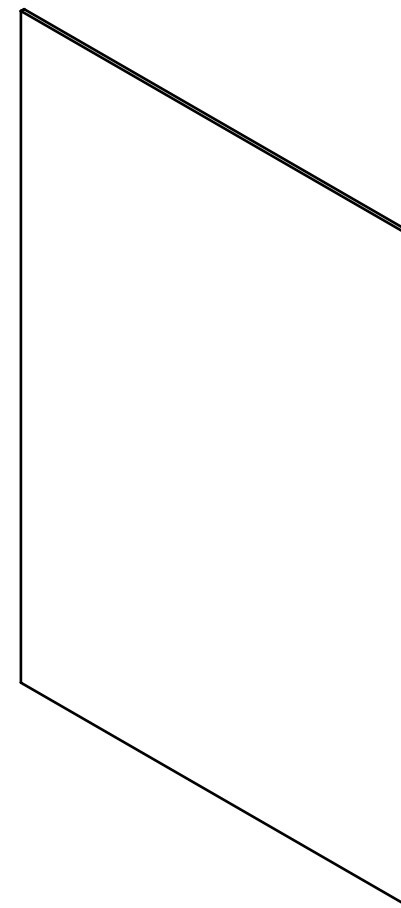
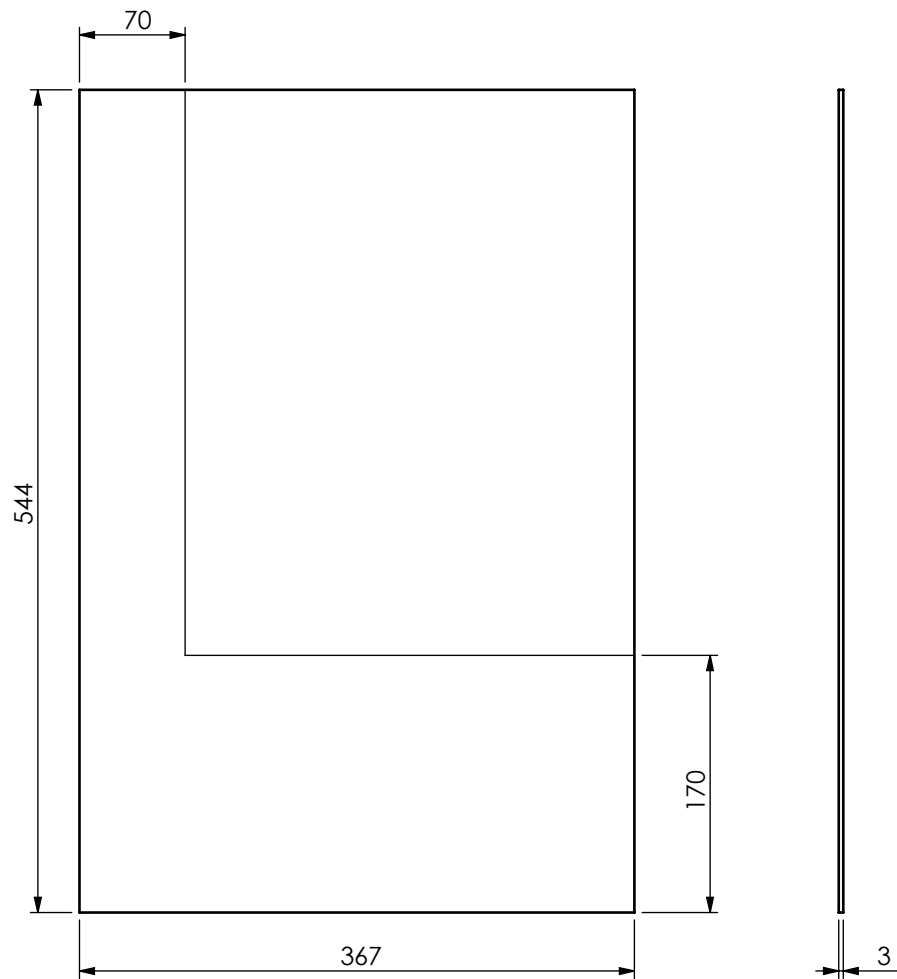
Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento		Estado do documento			
Proprietário legal		Título		Número			
Eduardo Alves UP202300544		Placa de Alumínio Traseira		Revisão	Data de edição	Língua	Folha
					Julho 2025	PT	1/1



ESCALA
1:3

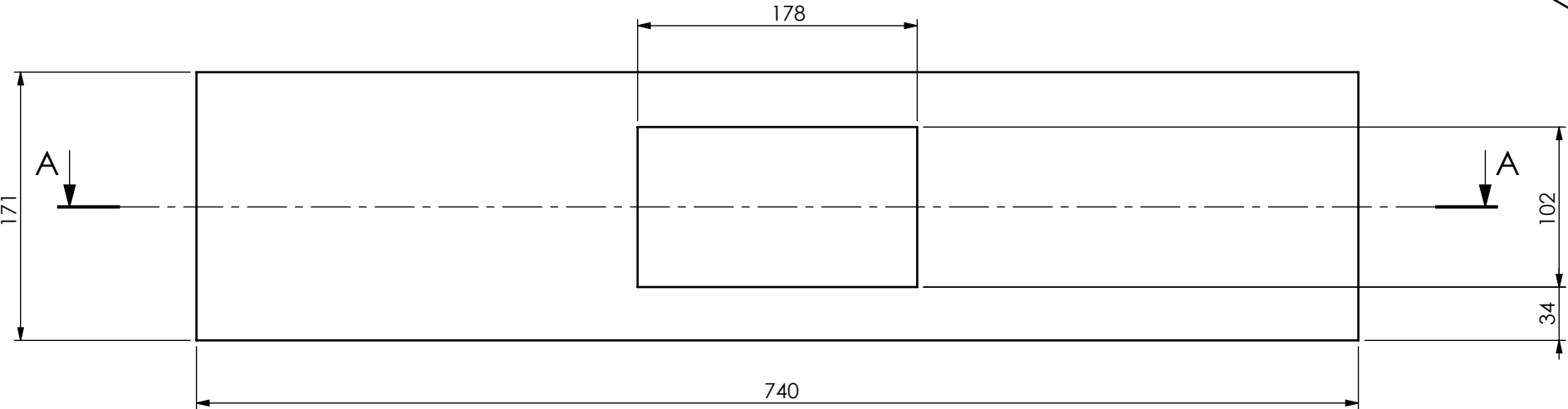
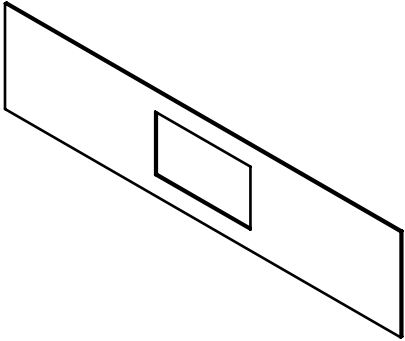
Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento Desenho de peça		Estado do documento			
Proprietário legal Eduardo Alves UP202300544		Título Placa de Acrílico Traseira		Número			
				Revisão A	Data de edição Julho 2025	Língua PT	Folha 1/1



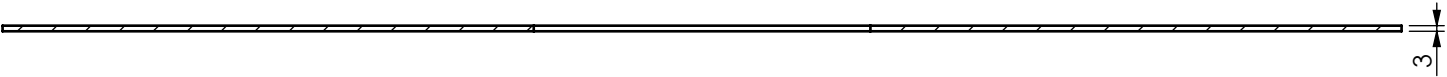


ESCALA
1:5

Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento Desenho de peça		Estado do documento			
Proprietário legal Eduardo Alves UP202300544		Título Porta		Número			
				Revisão	Data de edição Junho 2025	Língua PT	Folha 1/1

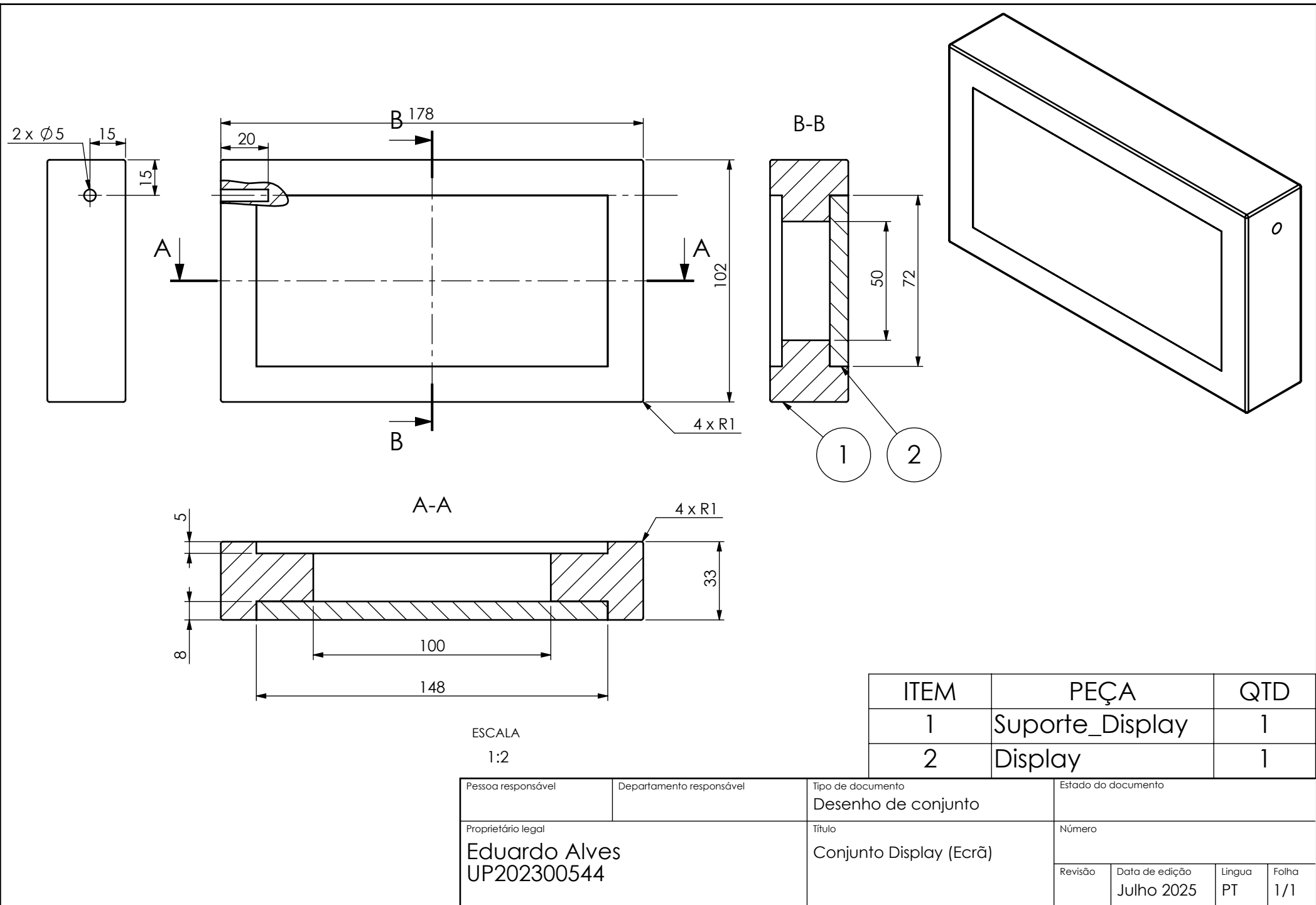


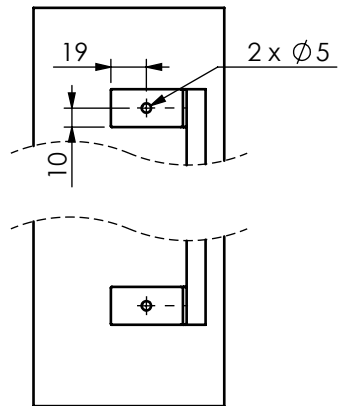
A-A



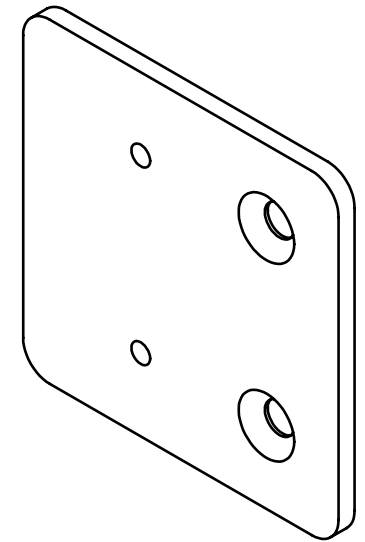
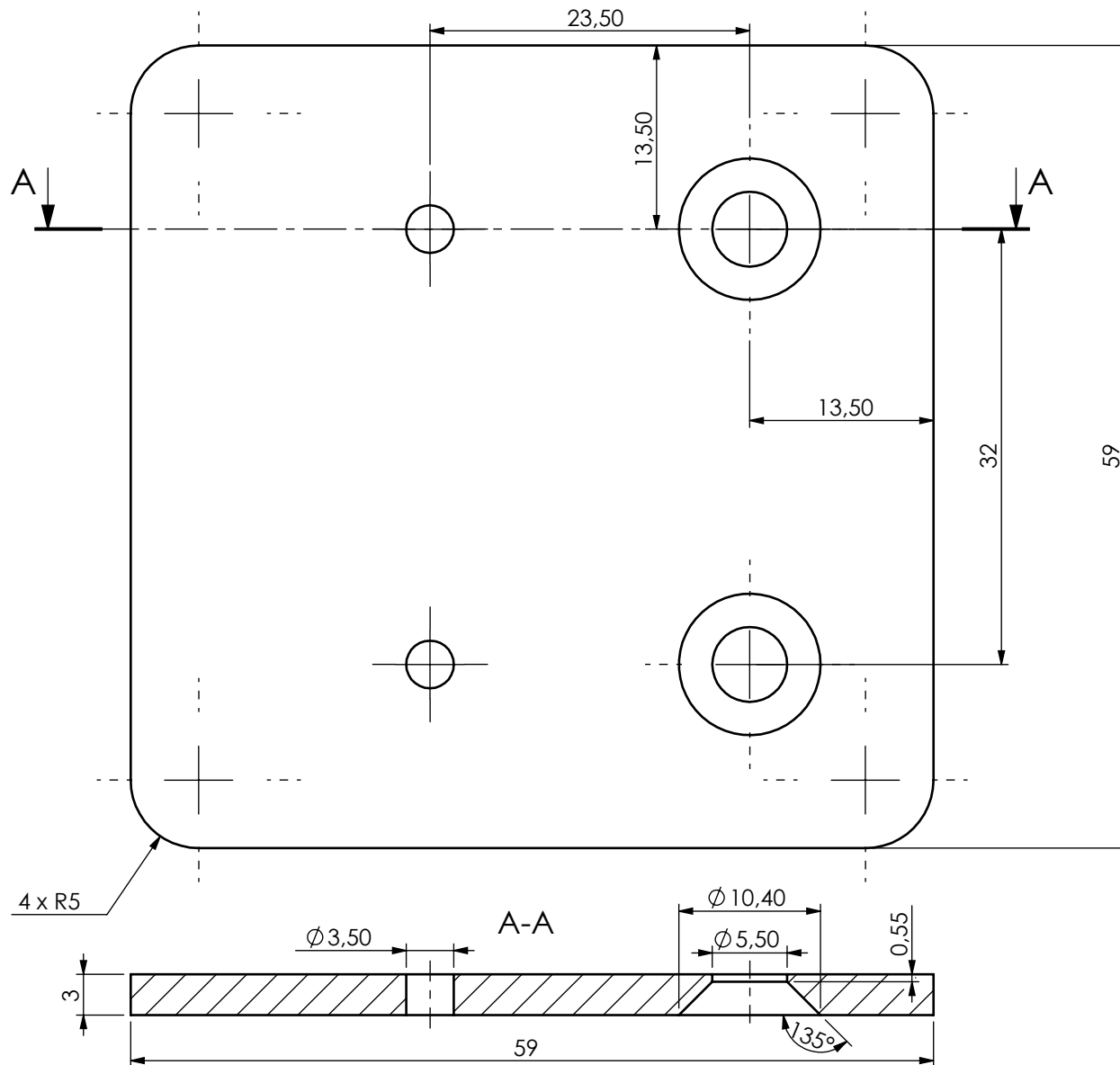
ESCALA
1:4

Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento Desenho de peça	Estado do documento			
Proprietário legal Eduardo Alves UP202300544			Número			
		Título Acrílico Frontal c/recorte para ecrã	Revisão	Data de edição Junho 2025	Língua PT	Folha 1/1



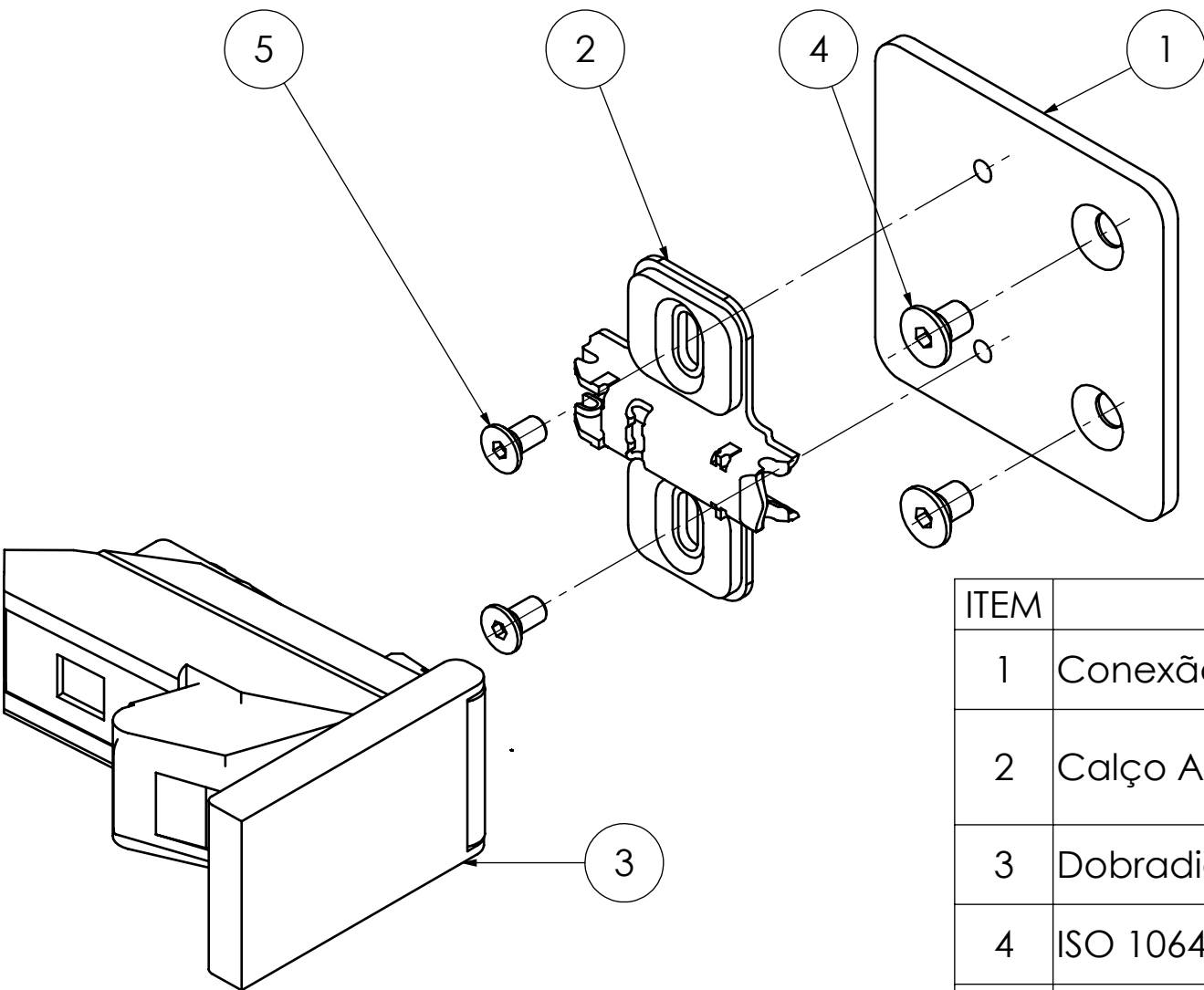


Pessoa responsável	Departamento responsável	Estado do documento
Desenho de conjunto		
Proprietário legal	Título	Número
Eduardo Alves UP202300544	Conjunto Gaveta	
		Revisão
		A
		Data de edição
		Julho 2025
		Lingua
		PT
		Folha
		1/1



ESCALA
2:1

Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento Desenho de peça		Estado do documento			
Proprietário legal Eduardo Alves UP202300544		Título Peça de Conexão da Dobradiça Blum Cristallo ao Perfil 3030		Número			
		Revisão	Data de edição Julho 2025	Língua PT	Folha 1/1		



ESCALA
1:1

ITEM	PEÇA	QTD.
1	Conexão Dobradiça_Perfil	1
2	Calço A37_Dobradiça Blum Cristallo	1
3	Dobradiça_Blum_Cristallo_Fechada	1
4	ISO 10642 - M5 x 8 - 8N	2
5	ISO 10642 - M4 x 8 - 8N	2

Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento Desenho de conjunto		Estado do documento			
Proprietário legal Eduardo Alves UP202300544		Título Subconjunto Dobradiça Blum Cristallo_Aproximado		Número			
				Revisão	Data de edição Julho 2025	Língua PT	Folha 1/1

Anexos

A: Catálogos dos componentes do mercado

B: Desenhos técnicos providenciados pelo estudante colaborador do projeto

A: Catálogos dos componentes do mercado

Dobradiça CRISTALLO



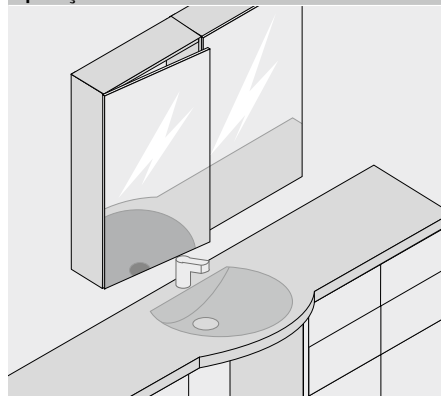
Webcode – Digitar ou clicar no configurador de produtos

DQDN1A



- Dobradiça para **portas de vidro e espelhadas**
- Fixação do espelho do caneco por **colagem** na porta, sem furações no vidro
- Montagem sem ferramentas da dobradiça no espelho do caneco
- **CLIP top BLUMOTION** com **BLUMOTION** integrado (com desativação)
- **CLIP top** com ou sem fechamento automático (mola)
- Reentrância 0 (para armários com extensões internas ou prateleiras extensíveis)
- Ângulo de abertura 110°
- Ajuste frontal tridimensional
- Confortável ajuste de profundidade por meio de rosca sem fim
- Montagem e desmontagem sem ferramentas da porta no armário

Aplicação



Informações úteis para o pedido



Caneco	☐ Para colagem		
Dobradiça	Mola	Cor	Ref.
CLIP top BLUMOTION	●	NI ONS	71B4500C
CLIP top	●	NI	71T4500C
	○	NI	70T4500CTL

Espejo do caneco CRISTALLO	☐ Para colagem		
Material frontal	Cor		Ref.
Vidro Espelho	NI-M		70T4568C
Espelho	NI-S		70T4568C

Acessórios

Capa para o braço da dobradiça	☐		
Impressão Estampagem	Logo	Cor	Ref.
Sem impressão	–	NI ONS	70.4503
Com estampa	Blum	NI	70.4503.BP

As diferentes situações de recobrimento são obtidas pelas posições de colagem correspondentes

Isenção de responsabilidade

Havendo um processamento tecnicamente correto nas frentes de vidro e espelhadas adequadas para tanto, as ferragens Blum cumprirão perfeitamente as exigências em termos de consistência da fixação

Esta fiscalização é realizada por meio de testes internos e provas externas

É necessário esclarecer que a Blum não se responsabiliza pela matéria adesiva aplicada e pelo sistema de colagem utilizado, assim como por quaisquer reivindicações posteriores

Recomenda-se que a colagem seja realizada por um fabricante de vidros qualificado

Nota

Na combinação de dobradiças com mola **CLIP top BLUMOTION** e **CLIP top** em frentes com pequena largura livre de aproximadamente 300 mm, recomenda-se um teste de recobrimento. Em larguras frontais FB maiores, não se recomenda uma combinação.

Acessórios – Geral

Limitador do ângulo de abertura	☐		
Ângulo de abertura OW	Cor		Ref.
85°	TGR		70T4503
92°	R7037		70T4503.09

TIP-ON Mola

- Mola standard
- ■ Mola forte

TIP-ON para portas	☐		
Versão	TIP-ON Mola	Mola	Ref.
Versão standard	■	○	956.1004
	■	○	956A1004
Versão longa	■	●	956A1006
	■ ■	●	956A1006F

Mola

- Dobradiça com mola
- Dobradiça sem mola

Cor

- NI Niquelado(a)
- NI-M Níquel-fosco
- NI-S Extra-niquelado
- R7037 RAL 7037 cinza
- TGR Cinza-escuro

Dobradiça CRISTALLO



Webcode – Digitar ou clicar no configurador de produtos

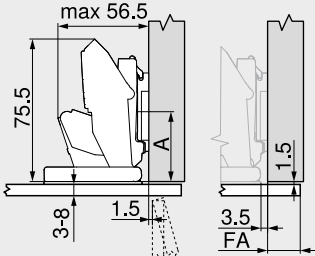
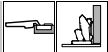
DQDN1A

Planificação

Dimensões da dobradiça e cálculo das folgas com ajuste de fábrica (Distância do calço = 0 mm)

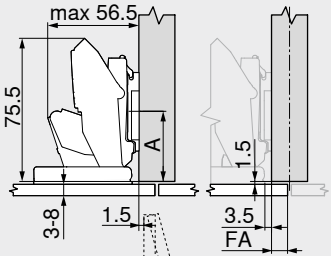
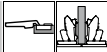
Reentrância da porta com ângulo de abertura total

Recobrimento total



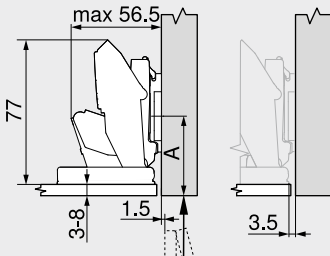
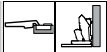
A Canto dianteiro do armário até a metade da furação do calço
20 mm com calço A20
37 mm com calço A37
FA Recobrimento frontal

Recobrimento central/parcial



A Canto dianteiro do armário até a metade da furação do calço
20 mm com calço A20
37 mm com calço A37
FA Recobrimento frontal

Porta embutida



A Canto dianteiro do armário até a metade da furação do calço
21.5 mm mais espes/porta FD com calço A20
38.5 mm mais espes/porta FD com calço A37

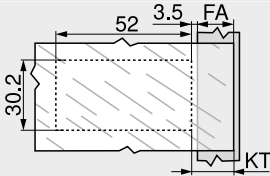
Medida para colagem

MD	Recobrimento frontal FA (mm)																	
	-3.5	-3	-2.5	-2	-1.5	-1	2.5	4	5.5	7	8.5	10	11.5	13	14.5	16	17.5	19
0	0	0.5	1	1.5	2	2.5	6	7.5	9	10.5	12	13.5	15	16.5	18	19.5	21	22.5
3	3	3.5	4	4.5	5	5.5	9	10.5	12	13.5	15	16.5	18	19.5	21	22.5		
6	6	6.5	7	7.5	8	8.5	12	13.5	15	16.5	18	19.5	21	22.5				
9	9	9.5	10	10.5	11	11.5	15	16.5	18	19.5	21	22.5						

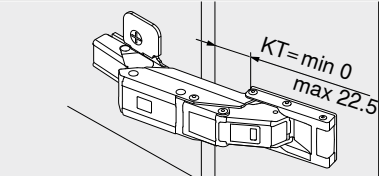
MD Distância dos calços (mm)

Devido ao perigo de ruptura das portas de vidro e espelhadas, as frestas circundantes devem ser selecionadas com folgas maiores (valor de referência mín. 2 mm)

Medida para colagem

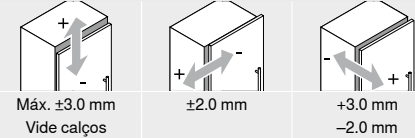


FA Recobrimento frontal
KT Medida para colagem – Espelho do caneco
 $KT = FA + 3.5 \text{ mm} + MD$
MD Distância dos calços



KT Medida para colagem – Espelho do caneco

Regulagem



Nota

Para a escolha e processamento do material adesivo para a fixação do espelho do caneco | calço em vidro e espelho, favor dirigir-se aos seus fornecedores de frentes ou vidros.

Sumário

Sinopse	73
Calços	150
Acessórios – Capa para o braço da dobradiça	157
Acessórios	159
TIP-ON para portas	190
Serviços Blum	602
Outras informações técnicas	708

Montagem, desmontagem e ajuste

URL curto
www.blum.com/a210



Ordering and planning information

Short version with magnet



- For overlay doors up to approx. 1300 mm in height
- For unsprung hinges
- For drilling $\varnothing 10 \times 50$ mm
- Nylon
- Output path approx. 17 mm
- Incl. glue-on and screw-on catch plates
- Adjustment from $+4.0/-1.0$ mm

Colour variants

SW

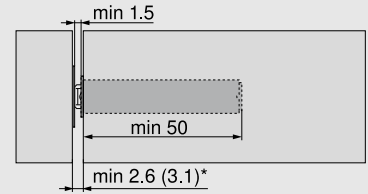
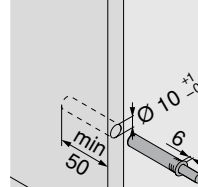
R7036

CS

Standard spring

956.1004

Planning



* min. 2.6 mm with glue-on catch plate or 3.1 mm with screw-on catch plate

Long version with magnet



- For overlay doors starting from approx. 1300 mm in height or inset doors
- For unsprung hinges
- For drilling $\varnothing 10 \times 76$ mm
- Nylon
- Output path approx. 38 mm
- Incl. glue-on and screw-on catch plates
- Adjustment from $+4.0/-1.0$ mm

Colour variants

SW

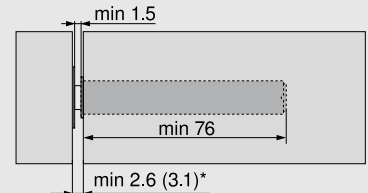
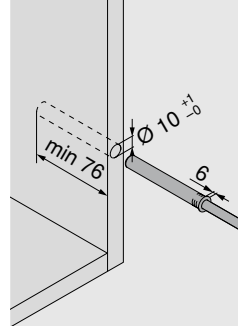
R7036

CS

Standard spring

956A1004

Planning



* min. 2.6 mm with glue-on catch plate or 3.1 mm with screw-on catch plate

Long version with bumper



- For sprung hinges*
- No catch plate required**
- For drilling $\varnothing 10 \times 76$ mm
- Nylon
- Output path approx. 38 mm
- Adjustment from $+4.0/-1.0$ mm
- Strong spring recommended for applications that require high ejection forces, e.g. narrow doors with large number of hinges. (can be identified by brown rear housing cover)

Colour variants

SW

R7036

CS

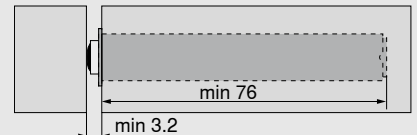
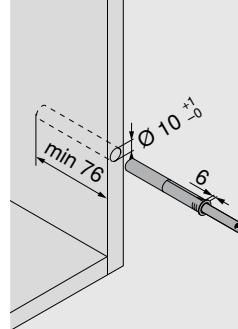
Standard spring

956A1006

Strong spring

956A1006F

Planning



* A trial application is recommended

** We recommend using a catch plate for fixing to very soft surfaces

Assembly devices



Drilling template

To drill holes in front face for TIP-ON

65.5010

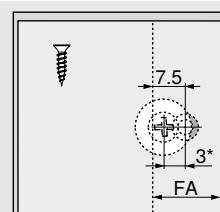


Positioning template for catch plate

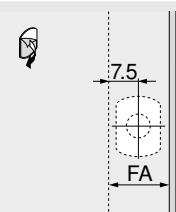
For determining the screw-on position of the TIP-ON catch plate

65.5210.01

Screw-on/Glue-on catch plate



* For screw-on catch plates we recommend positioning 3 mm away from TIP-ON.
For hard surfaces and/or MTF, $\varnothing 2.5$ mm pre-drilling and counter-sinking if required.



The surface of the front must be clean, oil-free and dry.

FA front overlay

Ordering and planning information

Inline adapter plate – short version – 20/17



- Assembly using chipboard screws Ø 3.5 mm or Ø 4 mm or with system screws
- Nylon
- TIP-ON must be ordered separately

Colour variants

NI-L SW R7036 CS

956.1201

Inline adapter plate – long version – 20/32



- Assembly using chipboard screws Ø 3.5 mm or Ø 4 mm or with system screws
- Nylon
- TIP-ON must be ordered separately

Colour variants

NI-L SW R7036 CS

956A1201

Cruciform adapter plate – long version – 37/32



- Assembly using chipboard screws Ø 3.5 mm or Ø 4 mm or with system screws
- Nylon
- TIP-ON must be ordered separately

Colour variants

R7036

956A1501

Assembly devices



65.5300

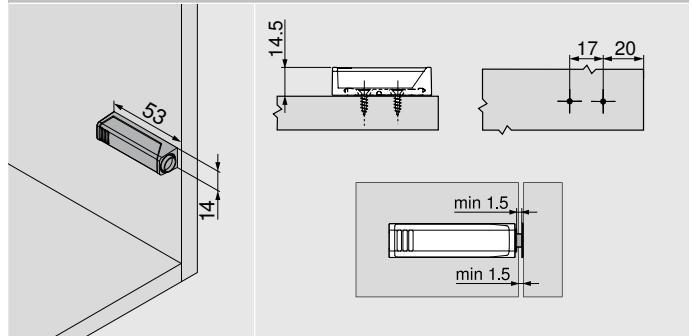
Template

To pre-drill fixing positions of adapter plates

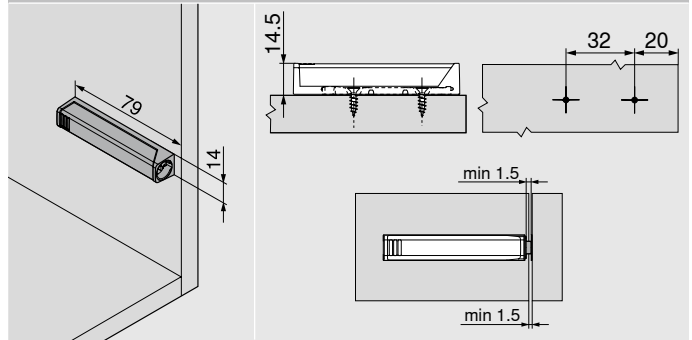
Colour variant abbreviations

NI-L	Nickel finish
SW	silk white
R7036	RAL 7036 platinum grey
CS	Carbon black

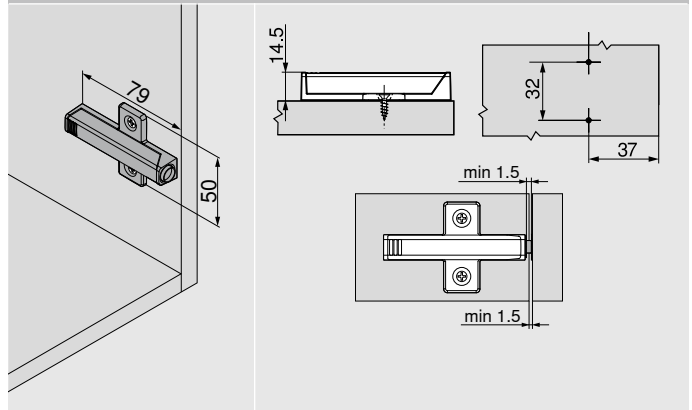
Planning



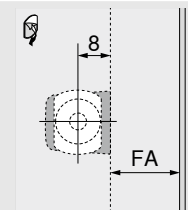
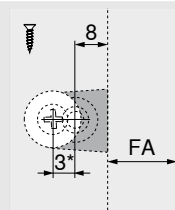
Planning



Planning



Screw-on/Glue-on catch plate



* For screw-on catch plates we recommend positioning 3 mm away from TIP-ON.
For hard surfaces and/or MTF, Ø 2.5 mm pre-drilling and counter-sinking if required.

The surface of the front must be clean, oil-free and dry

FA front overlay

Unsprung hinges for TIP-ON applications

Application	Boss fixing					
		Overlay application	Dual application	Inset application	Blind corner	Angled
110° hinge	INSERTA	70T3590.TL	70T3690.TL	70T3790.TL		
	Screw-on	70T3550.TL	70T3650.TL	70T3750.TL		
	Knock-in	70T3580.TL				
110° special hinge	INSERTA	72T3590.TL				
	Screw-on	72T3550.TL				
107° hinge	INSERTA	74T1590.BTL				
	Screw-on	74T1550.TL	74T1650.TL	74T1750.TL		
100° hinge	Screw-on	70M2550.TL	70M2650.TL	70M2750.TL		
	Knock-in	70M2580.TL				
170° wide angle hinge	INSERTA	70T6540.BTL				
	Screw-on	70T6550.TL	70T6650.TL			
155° wide angle hinge	INSERTA	70T7590.TL	70T7690.TL			
	Screw-on	70T7550.TL	70T7650.TL			
95° profile door hinge	INSERTA	70T9590.BTL	70T9690.BTL	70T9790.BTL		
	Screw-on	70T9550.TL	70T9650.TL	70T9750.TL		
	Knock-in	70T9580.TL				
95° blind corner hinge inset application	Screw-on				78T9550.TL	
83° blind corner hinge inset application	Screw-on				☎ 78T9550.83	
95° aluminium frame door hinge	Screw-on	70T950A.TL				
CRISTALLO hinge	Glue-on	70T4500.CTL	70T4500.CTL	70T4500.CTL		
Hinge for thin doors	EXPANDO T	70T453T.TL	70T453T.TL	70T453T.TL		
Angled hinge +45°I	Screw-on					78A9658.T
Angled hinge +45°II	Screw-on					78T5550
Angled hinge +45°III	Screw-on					78A9458.T
Angled hinge +30°II	Screw-on					78A9556.T
Angled hinge +30°III	Screw-on					78A9456.T
Angled hinge +20°II	Screw-on					78A9555.T
Angled hinge +15°III	Screw-on					78A9454.T
Angled hinge -15°III	Screw-on					78A5453.T
Angled hinge -30°III	Screw-on					78A5451.T
Angled hinge -45°III	Screw-on					78A5450.T

Assembly and adjustment

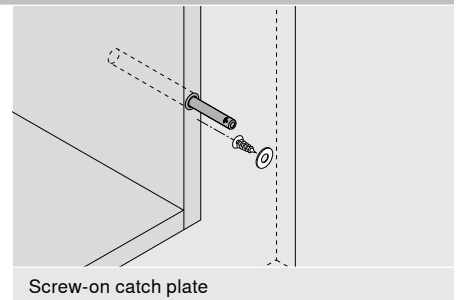
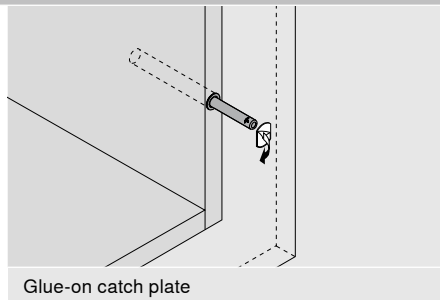
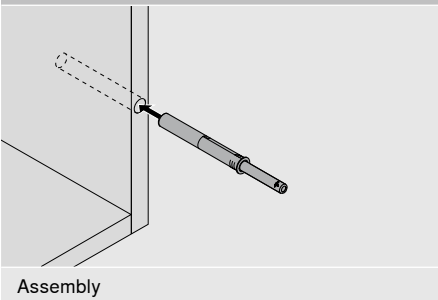
Assembly position

Optimal opening support is achieved if the TIP-ON unit is attached exactly where the handle would be.

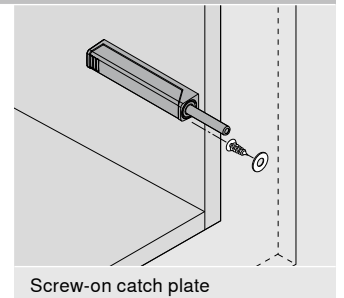
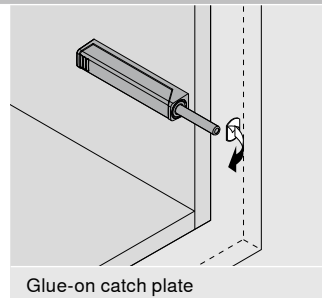
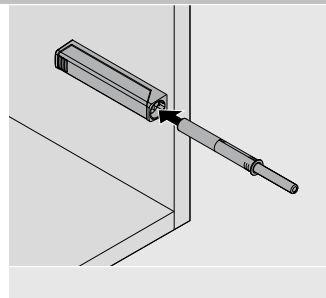
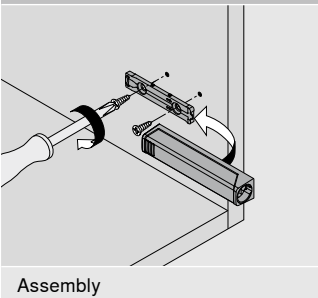
The fixing position can deviate ± 300 mm in height and up to a quarter of the cabinet width in terms of width.



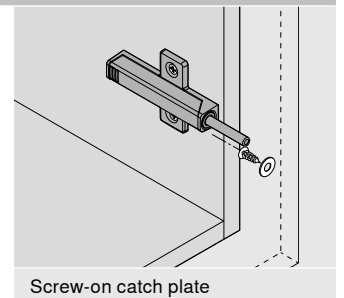
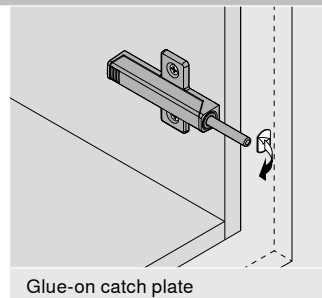
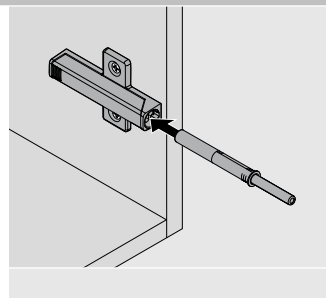
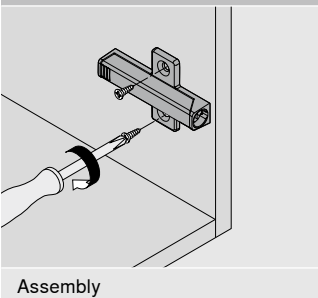
Short/long version for drilling



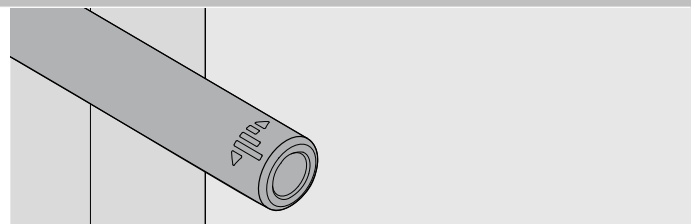
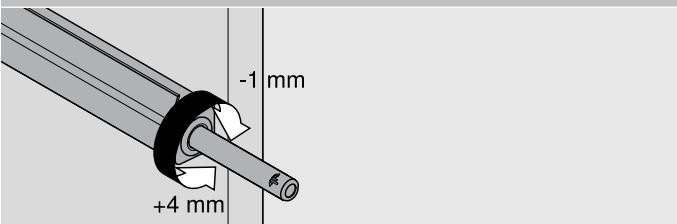
Inline adapter plates



Cruciform adapter plates



TIP-ON adjustment



COR.A27

Corrediças com esferas A27 para gavetas / Extração parcial /
25Kg (par)



Acabamento

FZ FZ - Aço Zincado

Simbologia



COR.A27

Corrediças com esferas A27 para gavetas / Extração parcial / 25Kg (par)

Par de corrediças com esferas A27

- Dimensões: 278 / 310 / 342 / 374 / 406 / 440 / 502mm
- Capacidade carga: 25kg (par)
- Extração parcial
- Bidirecional (Abertura para os 2 lados)
- Corrediças com esferas

Acabamento: Aço zincado

Para outras dimensões e capacidades, consultar "Veja também".

Para mais informações consultar desenho técnico.

Variantes de produto

Referência	Dimensão	Carga (max.)	Material / Acabamento	Código	Und.
COR.A27x278	278	25Kg	FZ	CORA27278.F2	Pr
COR.A27x310	310	25Kg	FZ	CORA27310.F2	Pr
COR.A27x342	342	25Kg	FZ	CORA27342.F2	Pr
COR.A27x374	374	25Kg	FZ	CORA27374.F2	Pr
COR.A27x406	406	25Kg	FZ	CORA27406.F2	Pr
COR.A27x440	440	25Kg	FZ	CORA27440.F2	Pr
COR.A27x502	502	25Kg	FZ	CORA27502.F2	Pr

Veja também



COR.A56.2L
Corrediças com esferas A56 progressiva - 2 Lanços / Extração total até 1200mm / Até 121kg (par)



COR.A17
Corrediças com esferas A17 para gavetas / Extração parcial / 10Kg (par)



COR.A37.2L
Corrediças com esferas A37 para gavetas / Progressiva - 2 Lanços / Extração total / 35Kg (par)



COR.A45.2L
Corrediças com esferas A45 para gavetas / Progressiva - 2 Lanços / Extração total / 45Kg (par)

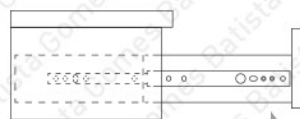


COR.A46.2L com Soft-Close
Corrediças com esferas A46 com Soft-Close para gavetas / Progressiva - 2 Lanços / Extração total / 45Kg (par)



COR.A47.2L com Push Open
Corrediças com esferas e Sistema Push Open / Progressiva - 2 Lanços / Extração total / 35Kg (par)

COR.A27



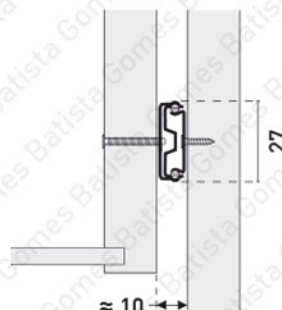
Extração parcial
Single extension

SINGLE
EXTENSION

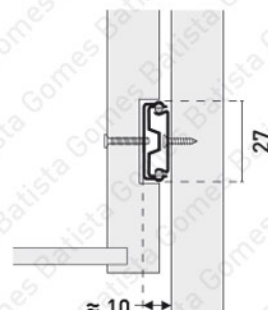
27

25

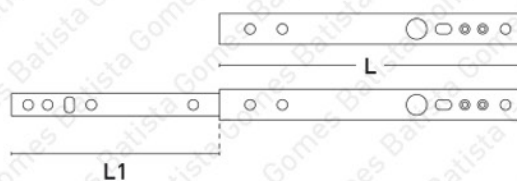
Bidirecional
Two way travel



Montagem lateral sobreposta
Side overlapped assembly



Montagem lateral embutida
Side flush assembly



Ref.	Dim.	
	L	L1
COR.A27x278	278	202
COR.A27x310	310	210
COR.A27x342	342	243
COR.A27x374	374	251
COR.A27x406	406	279
COR.A27x440	440	285
COR.A27x502	502	328

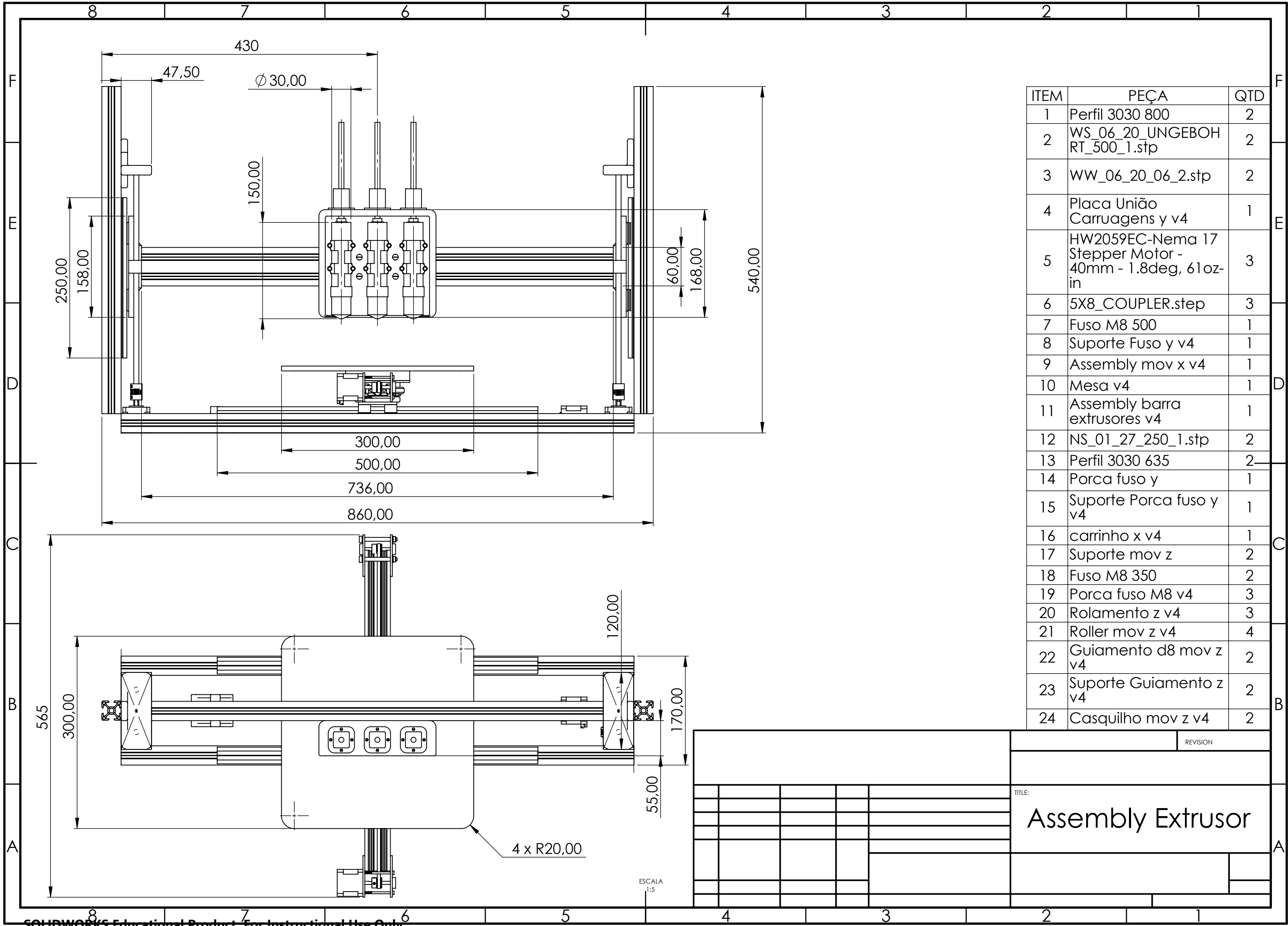
L = Dimensão corredeira
Drawer slide dimension

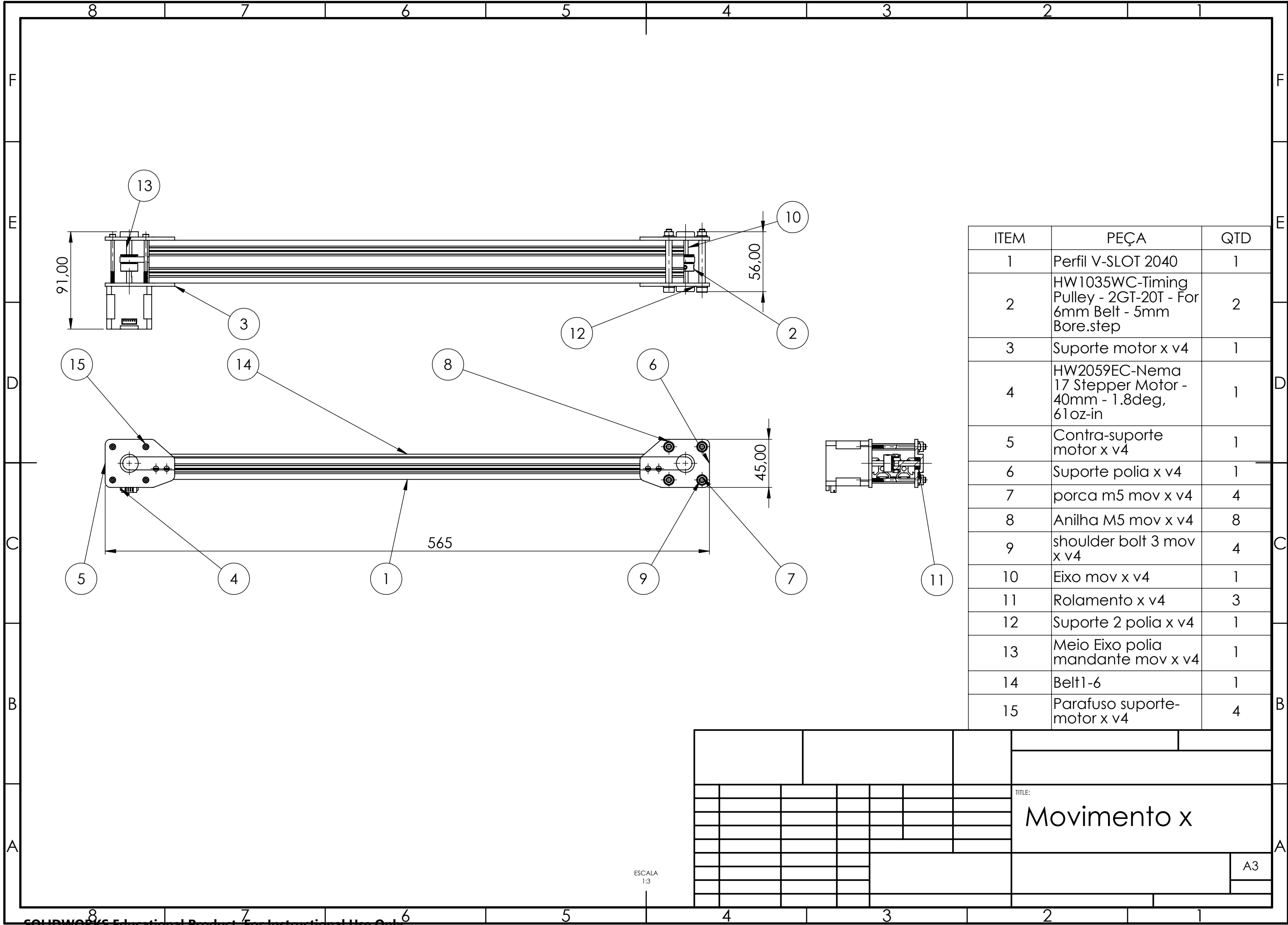
L1 = Extração máxima
Maximum extraction

Dimensão mínima gaveta = L+3mm
Minimum size drawer



B: Desenhos técnicos providenciados pelo estudante colaborador do projeto



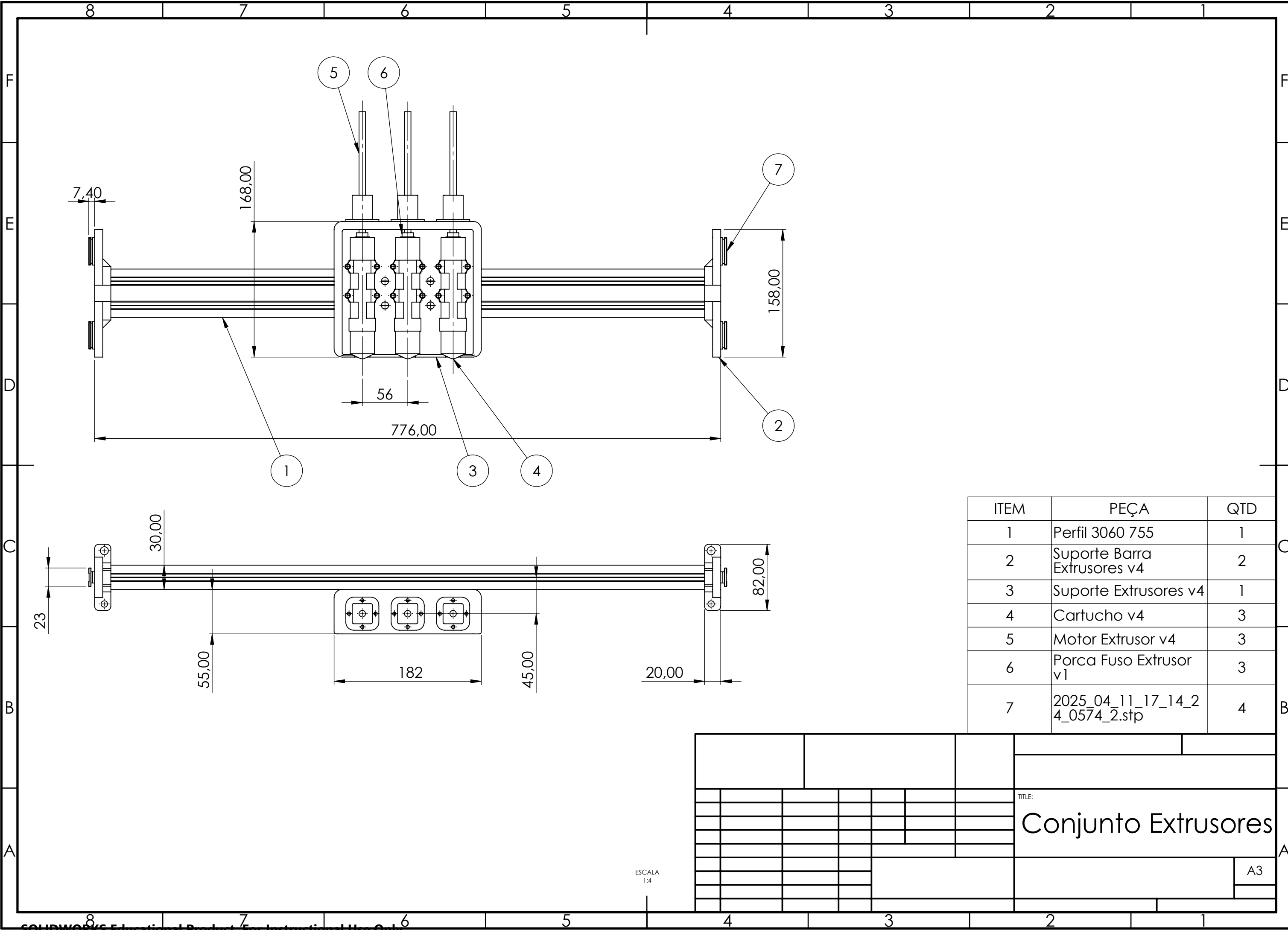


ITEM	PEÇA	QTD
1	Perfil V-SLOT 2040	1
2	HW1035WC-Timing Pulley - 2GT-20T - For 6mm Belt - 5mm Bore.step	2
3	Suporte motor x v4	1
4	HW2059EC-Nema 17 Stepper Motor - 40mm - 1.8deg, 61oz-in	1
5	Contra-suporte motor x v4	1
6	Suporte polia x v4	1
7	porca m5 mov x v4	4
8	Anilha M5 mov x v4	8
9	shoulder bolt 3 mov x v4	4
10	Eixo mov x v4	1
11	Rolamento x v4	3
12	Suporte 2 polia x v4	1
13	Meio Eixo polia mandante mov x v4	1
14	Belt1-6	1
15	Parafuso suporte-motor x v4	4

TITLE:
Movimento x

A3

ESCALA
1:3



ITEM	PEÇA	QTD
1	Perfil 3060 755	1
2	Suporte Barra Extrusores v4	2
3	Suporte Extrusores v4	1
4	Cartucho v4	3
5	Motor Extrusor v4	3
6	Porca Fuso Extrusor v1	3
7	2025_04_11_17_14_2 4_0574_2.stp	4

ESCALA 1:4

TITLE: Conjunto Extrusores

A3

SEDE ADMINISTRATIVA

FACULDADE DE **BELAS ARTES**

FACULDADE DE **ENGENHARIA**

