

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Escola Superior de Desenho industrial

Projeto de um Expositor e Armazenador para Modelos 3D Educacionais

Davi Fernandes da Cunha Veras
Orientador: Prof. Dr Luiz Saboya
Coorientador: Prof. Dr Eduardo Torres

Rio de Janeiro
2024

Davi Fernandes da Cunha Veras

Projeto de um Expositor e Armazenador para Modelos 3D Educacionais

Monografia apresentada como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Design na Universidade
do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Saboya
Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Torres

**Rio de Janeiro
2024**

Projeto de um Expositor e Armazenador para Modelos 3D Educacionais

Trabalho para a Conclusão de Curso em Design, apresentado à Escola Superior de Desenho Industrial, ESDI, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Design

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luiz Antonio de Saboya (Orientador)
Escola Superior de Desenho Industrial - ESDI/UERJ

Prof. Dr. Eduardo José Lopes Torres (Coorientador)
Faculdade de Ciências Médicas - FCM/UERJ

Prof. Dr. Pedro Zöhner Rodrigues da Costa
Escola Superior de Desenho Industrial - ESDI/UERJ

Rita de Cássia da Costa Alcântara
Escola Superior de Desenho Industrial - ESDI/UERJ

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder as oportunidades e os desafios que me fizeram crescer ao longo dessa jornada. Seu amor imensurável foi meu sustento em cada etapa, mesmo nos momentos mais incertos. Reconheço que sem Ele nada seria possível, e sou profundamente grato por Sua presença constante na minha vida.

A minha mãe e meu pai (in memoriam), que sempre se sacrificaram por mim e pelos meus irmãos, meu mais sincero agradecimento. Eles deram tudo de si para que pudéssemos alcançar lugares que, sem o apoio e a dedicação incondicional deles, seriam inalcançáveis. O amor, a força e o exemplo de vocês foram e sempre serão a base de tudo o que sou e construo.

Aos meus irmãos, que sempre foram referências para mim. Suas trajetórias mostram que o estudo é um pilar sólido para o desenvolvimento pessoal e profissional. Ver a dedicação e o comprometimento de vocês sempre me inspirou a seguir em frente com responsabilidade e foco. Obrigado por serem meu exemplo.

Agradeço imensamente ao professor orientador Luiz Saboya e ao professor coorientador Eduardo Torres, cujo apoio e orientação foram fundamentais em cada etapa deste trabalho. Sem a presença e o auxílio de vocês, todo o processo teria sido muito mais difícil. Estendo minha gratidão a todos os entrevistados que gentilmente se dispuseram a contribuir com suas experiências e perspectivas, assim como a todas as pessoas que, de alguma forma, estiveram envolvidas nesse projeto.

Por fim, agradeço aos amigos que caminharam comigo durante a faculdade — Augusto e Bruno — pela amizade sincera e pelo companheirismo em todos os momentos, dos mais leves aos mais desafiadores. Obrigado por estarem sempre dispostos a ajudar, a rir, a dividir angústias e conquistas. Ter vivido essa trajetória ao lado de vocês foi um presente.

RESUMO

Este trabalho compõe-se na elaboração de um expositor multifuncional voltado à organização e exibição de modelos tridimensionais utilizados em contextos educacionais e expositivos. O projeto reúne funcionalidades de armazenamento e apresentação em um único mobiliário, visando facilitar o uso de materiais didáticos em escolas, bibliotecas e museus. O processo incluiu pesquisa de campo, entrevistas, levantamento de similares, estudo ergonômico e modelagem digital.

Palavras-chaves: design de produto, exposição, modelo tridimensional, mobiliário

ABSTRACT

This work presents the development of a multifunctional exhibition, designed for the organization and display of three-dimensional models used in educational and exhibition contexts. The project integrates storage and presentation functionalities into a single piece of furniture, aiming to facilitate the use of didactic materials in schools, libraries, and museums. The process involved field research, interviews, benchmarking, ergonomic studies, and digital modeling.

Keywords: product design, exhibition, three-dimensional model, furniture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelos 3D desenvolvidos pelo Laboratório de Helminologia	13
Figura 2 – Tabelas periódicas acessíveis	18
Figura 3 – Demonstração com óculos de realidade virtual no IPDay.....	22
Figura 4 – Modelo 3D de parasito no intestino	23
Figura 5 – Atendimento ao público no IPDay	24
Figura 6 – Armários com materiais didáticos em biscuit	26
Figura 7 – Modelos didáticos em biscuit	26
Figura 8 – Material tátil no IBC	27
Figura 9 – Modelo tátil de relevo em uso	28
Figura 10 – Espaço expositivo no IBC	29
Figura 11 – Expositor com fóssil no Museu de Ciências da Terra	31
Figura 12 – Expositor com gavetas e fechadura	32
Figura 13 – Experimentoteca	34
Figura 14 – Espaço da Experimentoteca da UFES	35
Figura 15 – Exposição de modelos em 3D sobre pedestais	36
Figura 16 – Esboços iniciais de um expositor com gaveta	37
Figura 17 – Esboços de proposta modular para expositor	38
Figura 18 – Armário de joias com abertura lateral	39
Figura 19 – Maleta com compartimentos expansíveis	39
Figura 20 – Moodboard do projeto	40
Figura 21 – Desenho de definição do expositor	41
Figura 22 – Medidas antropométricas masculinas	44
Figura 23 – Esquema de acessibilidade para pessoas com deficiência visual	45

Figura 24 – Prototipagem em escala real (1:1) com papel cartão	46
Figura 25 – Testes de alcance e dimensionamento com mockup em escala real	47
Figura 26 – Simulação de alcance com mockup em escala real (1:1)	48
Figura 27 – Render preliminar do expositor em etapa anterior à versão final	50
Figura 28 – Render do expositor em forma anterior à versão final	51
Figura 29 – Render final do expositor multifuncional	52
Figura 30 – Render final do expositor com escala humana	53
Figura 31 – Correção de peças com lixadeira de disco	55
Figura 32 – Uso de parafusadeira na montagem do mockup	56
Figura 33 – Montagem do mockup na oficina	57
Figura 34 – Mockup com modelos didáticos	58
Figura 35 – Mockup em uso, com gaveta aberta revelando os compartimentos internos	59
Figura 36 – Acomodação dos modelos tridimensionais com tampa de acrílica e etiqueta em braille na lateral	60
Figura 37 – Professor Máximo manuseando o expositor	63
Figura 38 – Interação com o mobiliário expositivo	64
Figura 39 – Professor Máximo manuseando os modelos 3D	65
Figura 40 – Avaliação tátil dos modelos tridimensionais no expositor	66
Figura 41 – Considerações sobre a dimensão das gavetas	68
Figura 42 – Considerações sobre posicionamento em um ambiente escolar	69
Figura 43 – Sugestão de melhorias no letreiro	70
Figura 44 – Considerações sobre a funcionalidade do letreiro	70
Figura 45 – Interação visual com o expositor	71
Figura 46 – Observação através da tampa de acrílico	72

Figura 47 – Interação com os modelos didáticos	73
Figura 48 – Interação com a gaveta e os modelos didáticos	74
Figura 49 – Exploração após orientação	75
Figura 50 – Interação com o letreiro do expositor	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CCBB – Centro Cultural Banco do Brasil

CDCC – Centro de Divulgação Científica e Cultural

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

DU – Design Universal

ESDI – Escola Superior de Desenho Industrial

FCM – Faculdade de Ciências Médicas

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

IBC – Instituto Benjamin Constant

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial

IT – Iniciação Tecnológica

TA – Tecnologia Assistiva

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UFF – Universidade Federal Fluminense

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. Introdução	12
2. Objetivos	14
3. Metodologia	14
3.1 Design Universal e Tecnologia Assistiva	15
4. Problematização	16
5. Pesquisa de campo	16
5.1 Entrevista com o professor Ricardo Michel	17
5.2 Entrevista com o professor Frank Barral	19
5.3 Entrevista com a pedagoga Bianca Reis	20
5.4 IPDay	21
5.5 Visita ao Instituto Benjamin Constant	25
5.6 Visita ao Museu de Ciências da Terra	30
6. Estudo de conceitos expositivos e manipulação de materiais didáticos	33
7. Exploração Projetual	35
7.1 Restrições e Requisitos	42
7.2. Estudo Ergonômico e Volumétrico	43
8. Modelagem Tridimensional Digital	49
9. Construção do Mockup	54
10. Validação do Mockup	61
11. Projeções Futuras e Possibilidades de Aprimoramento	77
12. Considerações Finais	77
Referências Bibliográficas	78
Bibliografia Complementar	79
Webgrafia	79
Desenho Técnico	81

1. Introdução

Reconhecendo a importância de tornar o conhecimento mais acessível e tangível, este trabalho surge a partir do interesse de expandir as experiências e conhecimentos adquiridos como bolsista de Iniciação Tecnológica (IT) no Laboratório de Helminologia Romero Lascasas Porto, na Disciplina de Parasitologia do Departamento de Microbiologia e Imunologia da Faculdade de Ciências Médicas da UERJ, com a orientação do professor Eduardo Torres. Durante o período de IT, um dos principais focos foi a reconstrução e modelagem 3D de helmintos, explorando como esses modelos tridimensionais impressos podem contribuir para a taxonomia e para atividades de ensino e extensão, especialmente em escolas públicas.

Em parceria com o Instituto Benjamin Constant (IBC), e por meio do Projeto 3DucAssist financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), foi possível aprofundar a relação entre acessibilidade educacional e o impacto desses recursos no ensino.

Nesse contexto, foi identificada uma oportunidade para soluções que integrassem melhor a exposição e o armazenamento desses modelos tridimensionais que eram gerados, considerando que espaços como o IBC funcionam tanto como uma escola quanto como ambientes expositivos para todo o grande público, além de suas outras diversas atribuições.

Atualmente, modelos tridimensionais são amplamente utilizados no ensino e na exposição científica, principalmente em disciplinas relacionadas às ciências biológicas. Modelos ampliados são comuns em escolas e museus, possibilitando a visualização de estruturas microscópicas de forma tátil e didática. Entretanto, desafios relacionados à exibição e ao armazenamento desses modelos podem ser facilmente identificados. Enquanto soluções focadas inteiramente em um design expositivo geralmente vão utilizar suportes de madeira ou metal com proteção de vidro, e o armazenamento pode ser feito por meio de armários convencionais, havendo uma escassez de produtos que conciliem ambas as funções em um único produto de forma satisfatória.

Figura 1 – Modelos 3D desenvolvidos pelo Laboratório de Helmintologia
Peças impressas em 3D criadas pela equipe do Laboratório de Helmintologia
Romero Lascasas Porto



Fonte: Laboratório de Helmintologia Romero Lascasas Porto - FCM/UERJ

Tendo em vista essa lacuna, este trabalho busca suprir essa lacuna ao propor um produto que seja simultaneamente um expositor e um armazenador de modelos tridimensionais. Além disso, o projeto visa proporcionar uma solução eficiente e esteticamente agradável, adequada tanto para ambientes escolares quanto para exposições.

2. Objetivos

O objetivo principal é criar um produto expositivo multifuncional que integre armazenamento e exibição de modelos tridimensionais em diferentes contextos, como salas de aula, bibliotecas e espaços expositivos. A proposta busca oferecer uma solução que proteja e organize os modelos, garantindo praticidade no manuseio sem comprometer a interação do usuário. Também é objetivo do projeto aplicar recursos de acessibilidade — voltados especialmente para pessoas com deficiência visual, em particular pessoas com baixa visão ou cegas — como a sinalização em Braille, e o uso de elementos visuais de alto contraste em sua estrutura, garantindo uma experiência inclusiva para diferentes públicos. Dessa forma, o projeto visa atender uma função na organização e exibição de modelos didáticos, oferecendo uma solução eficiente e acessível.

3. Metodologia

Estrategicamente, o desenvolvimento deste projeto seguiu as abordagens metodológicas de Gui Bonsiepe (1984) e Mike Baxter (2011), combinando a análise contextual com as etapas do processo de design. Enquanto Baxter fornece um modelo organizado para definir requisitos e planejar etapas, Bonsiepe aprofunda a análise crítica do contexto e antecipa a experiência que o usuário pode ter. A combinação dessas proposta metodológicas possibilitou um equilíbrio entre planejamento estruturado e inovação projetual.

Uma das primeiras etapas foi identificar a necessidade central do projeto. Foram analisados os desafios presentes na exibição e no armazenamento de modelos tridimensionais. Para isso, foram considerados diferentes cenários de uso, desde ambientes educacionais até espaços expositivos. Seguindo a abordagem de Baxter, foram analisados os requisitos técnicos e as demandas do objetivo alvo, adaptando a terminologia para um enfoque educacional e acessível.

Tendo como base a metodologia de Bonsiepe, a fase seguinte foi a análise do contexto. Foram avaliadas soluções existentes, realizadas visitas a possíveis locais de interesse e consultados profissionais da área de produção de materiais didáticos, além de pessoas envolvidas em exposições de temática educacional, com o objetivo de compreender as necessidades do público e estabelecer parâmetros para o projeto.

Etapa essencial do processo, a fase de concepção contou com a aplicação de técnicas projetuais, como brainstorming, para explorar alternativas e avaliar suas viabilidades. Baxter enfatiza a necessidade de estruturar decisões, enquanto Bonsiepe incentiva a inovação baseada no contexto de uso. A fusão dessas abordagens permitiu um desenvolvimento mais fundamentado e criativo.

A implementação do projeto exige atenção a aspectos como a escolha de materiais, possíveis usos além do planejado, custo e manutenção. Algumas etapas foram ajustadas às especificidades do trabalho, priorizando um processo eficiente e alinhado aos objetivos do projeto.

Gui Bonsiepe

- Pesquisa de referências e visitas a espaços reais (como o IBC e o Museu de Ciências da Terra)
- Exploração da dimensão simbólica e social do objeto

Mike Baxter

- Estrutura metodológica orientada por função, uso e contexto de produção
- Estruturação das decisões de design com base em dados e requisitos mensuráveis

3.1 Design Universal e Tecnologia Assistiva

Mais do que abordagens técnicas, o Design Universal (DU) e a Tecnologia Assistiva (TA) representam compromissos com a acessibilidade e a inclusão no desenvolvimento de produtos. O DU, baseado nos princípios de Ronald Mace (1991), visa criar soluções utilizáveis por todas as pessoas, sem necessidade de adaptações posteriores, assegurando um uso equitativo, intuitivo e confortável. No Brasil, o Decreto nº 5.296/2004 reconhece a importância dessa abordagem na concepção de espaços e artefatos acessíveis.

Observa-se a importância da inclusão desses conceitos neste trabalho diante da necessidade de desenvolver um produto expositivo que seja acessível e funcional para diferentes públicos. Como esse produto pode ser utilizado tanto em ambientes educacionais quanto em exposições, é essencial considerar princípios que ampliem seu alcance e facilitem o acesso à informação, independentemente das limitações dos usuários.

Já a Tecnologia Assistiva, conforme a Lei Brasileira de Inclusão (nº 13.146/2015), engloba recursos que promovem autonomia e participação, especialmente no contexto educacional. No projeto expositivo, a acessibilidade pode apresentar-se por meio do uso de Braille para identificação das peças e,

possivelmente, de um QR code com informações complementares. A incorporação dessas soluções reforça o compromisso com a inclusão, tornando o modelo acessível a um público mais amplo e diversificado.

4. Problematização

A organização e exibição de modelos tridimensionais em escolas e espaços expositivos pode apresentar desafios quanto à funcionalidade, conservação e acesso. Muitos desses modelos são armazenados de forma inadequada, dificultando seu uso didático e expositivo.

Este projeto propõe um objeto multifuncional que una exposição e armazenamento de forma eficiente, atendendo às necessidades de ambientes como salas de aula, bibliotecas e museus. A ideia é oferecer uma solução prática, acessível e adaptável, que favoreça tanto o estudo quanto a preservação dos modelos.

A proposta busca atender especialmente instituições públicas, que frequentemente enfrentam carência de mobiliários adequados para organizar e conservar materiais didáticos. Para validar a necessidade do projeto, foram realizadas visitas técnicas, pesquisas de similares e entrevistas com profissionais da área. A execução conta com o apoio técnico da ESDI, onde foram produzidos mockups e realizados testes para o aprimoramento da solução final.

5. Pesquisa de campo

Além da base teórica utilizada neste trabalho, a pesquisa de campo teve um papel fundamental no desenvolvimento deste trabalho. Essa etapa permitiu não apenas complementar os dados bibliográficos, mas também estabelecer um contato mais direto com a realidade prática em áreas como a produção de materiais para educação inclusiva, divulgação científica e ensino informal em contextos expositivos.

Foram realizadas três entrevistas semiestruturadas, além da participação no evento IPDay 2024, no Centro Cultural Banco do Brasil (CCBB), e das visitas ao Instituto Benjamin Constant (IBC) e ao Museu de Ciências da Terra. No IBC, foram realizadas duas visitas, onde foi possível observar tanto o ambiente de sala de aula

quanto o espaço expositivo que eles possuem. Essas experiências permitiram um entendimento mais profundo sobre como modelos tridimensionais são utilizados na educação de pessoas com deficiência visual, além de fornecerem insights sobre desafios e boas práticas na exibição e armazenamento desses materiais.

Essas interações não apenas aprofundaram a compreensão sobre desafios enfrentados por educadores e profissionais que atuam com exposições, mas também forneceram perspectivas valiosas sobre soluções e práticas eficazes que podem ser aplicadas aos diversos contextos nos quais este projeto pode ser implementado.

Para as entrevistas semiestruturadas, foram utilizados tópicos iniciais mais amplos, permitindo que a conversa fluísse naturalmente e os entrevistados compartilhassem experiências de forma mais espontânea e detalhada.

5.1 Entrevista com o professor Ricardo Michel

Na primeira conversa realizada foi com o Professor Ricardo Michel, coordenador do Curso de Licenciatura em Química da UFRJ. O professor Ricardo foi selecionado por sua atuação ativa no desenvolvimento de materiais didáticos acessíveis e por coordenar projetos que integram ciência, tecnologia e educação em escolas públicas. A entrevista visava compreender como materiais e equipamentos científicos podem ser adaptados e produzidos de forma eficiente para o ensino.

Nessa conversa foi possível identificar aspectos importantes sobre a produção de materiais didáticos e equipamentos científicos, especialmente no que diz respeito: a) adaptação de métodos produtivos; b) necessidade de expositores flexíveis para diferentes contextos. O professor destacou que seu trabalho busca integrar o uso de tecnologias diversas, como impressão 3D, eletrônica e programação, para o desenvolvimento de soluções educacionais. Ele ressaltou que a abordagem utilizada no laboratório é baseada na experimentação e no uso de diferentes ferramentas, afirmando que "para essas duas linhas principais, de criar equipamentos de laboratório e fazer material didático, a gente usa todas as ferramentas que tiver à mão".

Um dos desafios identificados pelo professor foi a necessidade de adaptar os métodos de fabricação para tornar os materiais mais acessíveis e eficientes. Ele citou o caso de um projeto que utilizava impressão 3D para criar uma tabela periódica tátil, porém, durante os testes com alunos de baixa visão, percebeu que a superfície resultante era muito áspera ao toque. "A impressão 3D é muito interessante, mas quando a gente levou pros alunos de baixa visão, vimos que o material tinha um toque muito áspero, não era confortável pra explorar com as mãos", explicou o professor. Para contornar esse problema, ele começou a experimentar a moldagem a vácuo, utilizando a impressão 3D como matriz para a

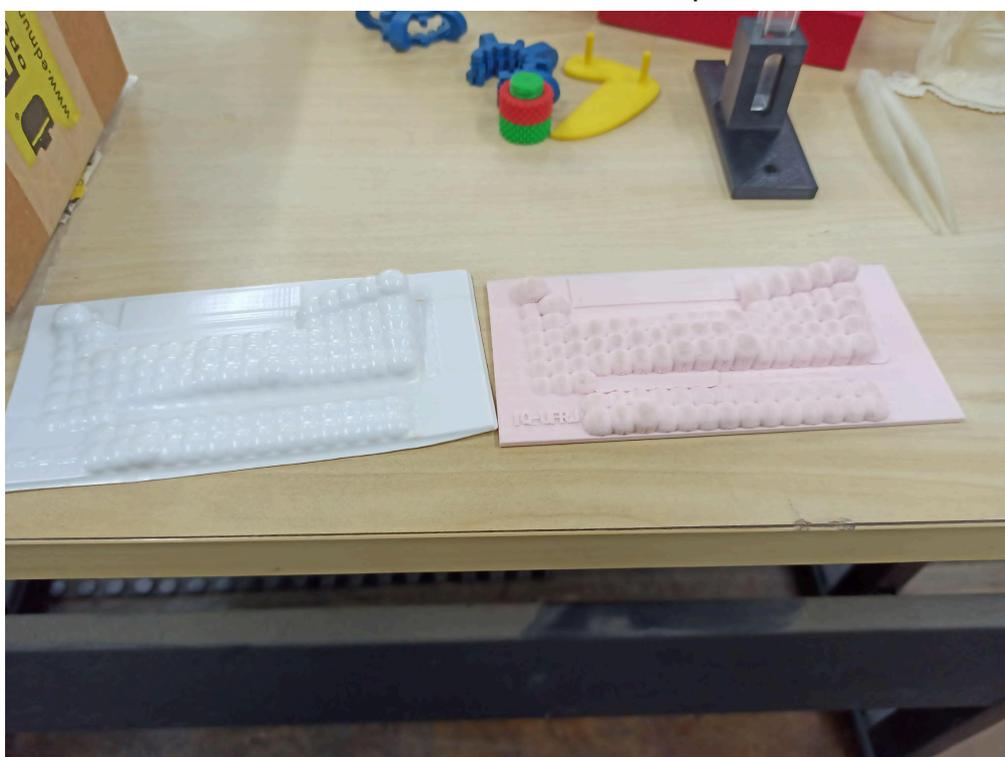
criação de peças mais suaves e produzidas em maior escala. Esse ajuste foi essencial para viabilizar a produção em quantidade e melhorar a experiência de uso, reforçando a importância de considerar processos produtivos que facilitem a fabricação e manutenção dos materiais.

Outro ponto relevante observado na entrevista foi a flexibilidade no design de produtos científicos, especialmente em relação à adaptação para diferentes públicos e ambientes. O professor mencionou que muitos dos materiais didáticos precisam atender tanto a alunos com deficiência visual quanto a alunos videntes, o que exige soluções que conciliem diferentes formas de interação. Essa necessidade de adaptação também se reflete na concepção de expositores e suportes, que devem ser projetados para facilitar tanto a exibição quanto o armazenamento dos materiais.

A relação entre armazenamento e uso prático foi outro aspecto notado, destacando como a organização dos materiais influencia sua utilização em sala de aula e laboratórios de química, por exemplo. Segundo o professor, um dos desafios recorrentes é criar maneiras que permitam fácil acesso aos equipamentos sem comprometer sua conservação ou até mesmo a segurança do aluno na bancada. Ele explicou que muitos dispositivos acabam sendo guardados em locais pouco acessíveis ou expostos de forma inadequada, dificultando sua manipulação no cotidiano acadêmico de alunos deficientes visuais.

Figura 2 – Tabelas periódicas acessíveis

Exemplares produzidos com impressão em PLA e moldagem a vácuo, utilizados como recurso tátil no ensino de química



Fonte: Autor, com cortesia do Prof. Ricardo.

5.2 Entrevista com o professor Frank Barral

O professor Frank Barral, que atualmente é professor adjunto na Escola Superior de Desenho Industrial - ESDI. O professor Frank Barral foi escolhido por sua expertise em design de produto e por sua atuação como professor na ESDI, com reflexões aprofundadas sobre acessibilidade, inclusão e percepção sensorial no design. O objetivo da entrevista foi entender como o design pode promover inclusão ao considerar a acessibilidade de forma ampla.

O professor Frank tem experiência na área de Desenho Industrial, com ênfase em Desenho de Produto, compartilhou aspectos essenciais, que ajudaram a ampliar a compreensão sobre fundamentos do design de produtos, especialmente no que diz respeito à acessibilidade e adaptação para diferentes públicos. Assim como ocorreu na entrevista com o professor Ricardo Michel, sua experiência trouxe reflexões importantes sobre como tornar um produto acessível sem comprometer a funcionalidade e a estética.

Durante a conversa, o professor destacou a amplitude da acessibilidade, explicando que ela não se limita ao acesso físico, mas também envolve o acesso à informação e a realização de ações físicas e intelectuais. Ele enfatizou, *“acessibilidade está ligada a acesso. Acessar. E a acessibilidade, então, passa a ser um meio de realizar ações físicas ou intelectuais!”*.

Outro ponto relevante abordado foi o conceito de design universal, frequentemente mal compreendido, segundo o professor Frank. O objetivo não é criar um produto que funcione para todos de forma ideal, mas sim ampliar ao máximo o número de pessoas que possam utilizá-lo, ele enfatizou. Ele diz também que *“a acessibilidade hoje é inclusiva, a palavra é inclusiva. Que é uma tentativa de fazer com que o máximo de pessoas possam usar”*. Isso trouxe um insight importante para a estrutura do meu projeto: ele deve ser versátil e adaptável a diferentes ambientes, garantindo que a manipulação dos modelos seja intuitiva e confortável.

A discussão sobre o estigma em diversos produtos também trouxe um ponto relevante para o projeto. O professor compartilhou sua experiência ao projetar cadeiras de rodas que, além de funcionais, tinham uma preocupação estética para que os usuários se sentissem mais confortáveis e confiantes ao utilizá-las. Esse conceito pode ser aplicado ao produto expositivo, garantindo que ele não apenas cumpra sua função de armazenamento e exibição, mas também seja um objeto visualmente interessante, agregando valor ao espaço onde estiver inserido.

Outro aspecto observado na conversa foi a importância da cinestesia e da propriocepção no design de produtos táteis. Ele explicou que *“o tato te informa que tem alguma coisa, mas só o movimento associado ao tato, um micro que você não vê [...] essa combinação é a propriocepção”*. A **cinestesia** refere-se à percepção dos movimentos corporais, enquanto a **propriocepção** é a capacidade de reconhecer a posição e o movimento das partes do corpo sem a necessidade da

visão, sendo essencial, por exemplo, para localizar um objeto com o toque enquanto se movimenta. Essas noções são fundamentais para entender como as pessoas interagem com objetos táteis. Essa fala me fez pensar sobre como a experiência do usuário ao interagir com o expositor deve considerar fatores como facilidade de manipulação das gavetas e a percepção tátil dos materiais escolhidos.

Por fim, o professor mencionou como produtos existentes podem ser adaptados para atender a uma gama mais ampla de usuários sem perder suas características originais. Essa abordagem reforça a necessidade de um design flexível, permitindo que ele atenda tanto ao contexto expositivo quanto ao educacional. Essa ideia dialoga com o que foi discutido na entrevista com o professor Ricardo Michel, que ressaltou a importância da adaptação de métodos produtivos para tornar um produto mais eficiente e acessível.

A partir dessas conversas, ficou evidente que a acessibilidade em design de produto **não deve ser um elemento secundário ou um complemento tardio**, mas sim um princípio integrado desde o início do processo de concepção. O equilíbrio entre funcionalidade, estética e acessibilidade é essencial para garantir que o produto final seja eficiente, agradável visualmente e adequado para diferentes contextos de uso.

5.3 Entrevista com a pedagoga Bianca Reis

Por fim, deu-se a conversar com a mestre em educação pela Universidade Federal Fluminense (UFF), e especialista em administração e planejamento escolar, Bianca Reis, pedagoga de formação. Bianca foi selecionada por sua experiência com acessibilidade em exposições no Museu da Vida e sua formação em educação e planejamento escolar. A entrevista buscou compreender como a acessibilidade é pensada e aplicada em espaços expositivos educativos.

Durante a conversa, Bianca destacou a importância da capacitação e sensibilização da equipe responsável pela mediação das exposições, enfatizando que monitores bem preparados são essenciais para garantir uma experiência enriquecedora aos visitantes. Segundo ela, a formação deve ser contínua, especialmente para alunos universitários que atuam como mediadores

Além disso, ela ressaltou o papel da acessibilidade em exposições, mencionando o uso de tecnologias assistivas, como a aplicação de Braille em maquetes e a integração de recursos interativos para ampliar o acesso às informações. Ela destacou que "o impacto das exposições vai além do espaço físico, pois os visitantes levam consigo uma parte significativa dessa experiência". Esse ponto reforça a necessidade de pensar no produto final como algo mais do que um simples suporte para os modelos, mas sim como parte integrante da experiência expositiva.

Outro ponto relevante discutido foi a importância das exposições itinerantes

na ampliação do alcance da divulgação científica. Bianca mencionou que essas iniciativas permitem levar o conhecimento a públicos diversos, superando barreiras físicas e promovendo maior acessibilidade. Esse aspecto dialoga diretamente com a necessidade de pensar o projeto também como um elemento flexível e adaptável, capaz de ser transportado e montado em diferentes contextos.

5.4 IPDay

A participação do autor expositor no evento IP Day 2024, realizado no CCBB-RJ em celebração ao Dia Mundial da Propriedade Intelectual, foi uma experiência significativa para o desenvolvimento deste trabalho. O evento, organizado pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), abordou a relação entre inovação e propriedade intelectual, destacando como novas tecnologias podem contribuir para soluções criativas em diversas áreas.

Durante o evento, é importante destacar a relevância das atividades de realidade virtual na compreensão dos modelos 3D expostos, incluindo ovos de *Ascaris*, *Trichuris* e um intestino infectado com parasito. A interação com o público foi um aspecto central dessa experiência, pois exigiu a adaptação da comunicação para diferentes faixas etárias e níveis de conhecimento, desde alunos do ensino fundamental até profissionais da área científica. Essa diversidade reforçou a importância de uma exposição bem planejada, capaz de atender a públicos variados sem comprometer a clareza das informações apresentadas.

Figura 3 – Demonstração com óculos de realidade virtual no IPDay
Atendimento ao público durante atividade interativa com tecnologia de realidade virtual no evento



Fonte: Acervo pessoal do autor

Um dos principais aprendizados desse evento foi perceber o impacto que a organização e disposição dos modelos têm na experiência do público. A forma como os modelos foram apresentados influenciou diretamente o nível de engajamento e compreensão dos visitantes. Essa observação trouxe insights valiosos para o desenvolvimento desse trabalho, dentre eles, destaca-se o fato de que o item a ser desenvolvido deve não apenas armazenar os modelos de forma prática, mas também deve ser otimizado, de um modo a incorporar elementos de exposição.

Figura 4 – Modelo 3D de parasito no intestino

Peça desenvolvida pela equipe do Laboratório de Helminologia Romero Lascasas Porto e utilizada na exposição do IPDay



Fonte: Laboratório de Helminologia Romero Lascasas Porto - FCM/UERJ

Além disso, a experiência no IPDay reforçou a necessidade de integrar diferentes estratégias de apresentação para potencializar o aprendizado. No evento, a realidade virtual funcionou como um recurso complementar, proporcionando uma experiência imersiva que ampliou a compreensão dos visitantes. Essa abordagem levanta a possibilidade de incorporar elementos adicionais ao projeto, como QR codes com informações complementares ou suportes modulares que permitam diferentes formas de exibição como por exemplo o uso de realidade aumentada, tornando-o mais versátil para variados contextos de uso.

Outro aspecto relevante foi a acessibilidade e a democratização do conhecimento. A interação com alunos de escolas públicas evidenciou a importância de tornar as exposições científicas mais inclusivas, garantindo que os modelos possam ser utilizados tanto em espaços educativos formais quanto em exposições itinerantes. Esse fator reforça a necessidade de um produto que em sala de aula facilite o manuseio e a visualização dos modelos, permitindo que mais pessoas possam explorá-los de maneira intuitiva e envolvente.

Figura 5 – Atendimento ao público no IPDay



Fonte: Acervo pessoal do autor

Os materiais didáticos adicionais complementaram a exposição, e o feedback dos visitantes, especialmente dos alunos de escolas públicas, foi extremamente positivo. A interação com os modelos 3D e a realidade virtual incentivou a curiosidade e o aprendizado ativo, ressaltando a importância de levar ciência e tecnologia aos alunos da rede pública.

A participação no IP Day proporcionou uma oportunidade prática para observar como um bom design expositivo pode influenciar a experiência do público. A interação direta com os visitantes destacou a relevância da organização dos modelos, do acesso facilitado e da flexibilidade na exibição, elementos fundamentais para o desenvolvimento deste projeto

5.5 Visita ao Instituto Benjamin Constant

A visita ao Instituto Benjamin Constant (IBC), instituição pública federal referência nacional na educação de pessoas com deficiência visual, foi uma etapa essencial no desenvolvimento deste projeto, proporcionando uma compreensão mais profunda sobre como modelos tridimensionais são utilizados tanto em espaços educacionais quanto expositivos. O IBC abriga um ambiente escolar e um espaço de exibição que inclui maquetes, modelos tridimensionais e mapas em alto relevo do estado do Rio de Janeiro. Durante a visita, guiada pelo professor Aires Silva, doutor e mestre em Ciências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), foi possível observar como os materiais didáticos são organizados e comumente utilizados pelos alunos e professores na instituição.

No espaço de aula, os materiais são armazenados em armários convencionais, pois não há uma exigência de exposição permanente. No entanto, o professor Aires pode conduzir visitantes a esse ambiente fora do horário escolar para apresentar os materiais utilizados nas aulas, mostrando que um sistema que combine armazenamento e exibição pode ser implementado. No IBC, os modelos táteis usados no ensino são, em sua maioria, confeccionados e encomendados externamente, feitos em biscuit. Esses modelos, por serem produzidos de forma manual, não possuem embalagens próprias, o que reforça a relevância de um produto como um armazenador adequado para esses produtos delicados.

Figura 6 – Armários com materiais didáticos em biscuit
Repositório de modelos utilizados em aulas de ciência para alunos com deficiência visual



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 7 – Modelos didáticos em biscuit
Exemplares anatômicos e científicos feitos manualmente, utilizados no ensino acessível



Fonte: Acervo pessoal do autor

A disposição dos materiais no espaço expositivo do IBC também foi um ponto de observação relevante. Durante a visita, foi verificado que a maneira como os modelos são apresentados influencia diretamente a interação dos visitantes. Isso reforçou a oportunidade de ter um produto que permita tanto uma exibição estática quanto uma interação mais dinâmica, mais móvel.

A conversa com o professor Aires também trouxe insights valiosos sobre materiais e acabamentos. Ele ressaltou a importância de evitar superfícies ásperas e priorizar contrastes visuais, como branco sobre fundo preto, para facilitar a percepção de pessoas com baixa visão. Essas observações podem ser aplicada na escolha de materiais e acabamentos, tornando-o mais intuitivo e agradável para um público diverso.

Figura 8 – Material tátil no IBC

Recurso utilizado no ensino de conceitos espaciais para pessoas com deficiência visual



Fonte: Acervo pessoal do autor

Além disso, foi interessante notar na fala do professor Aires como há uma presença da tecnologia no dia a dia dos alunos do IBC. O professor mencionou que o uso de smartphones é comum entre os estudantes, o que levou à consideração da possibilidade de integrar QR code. Esse recurso poderia fornecer informações complementares sobre os modelos expostos, enriquecendo a experiência do público sem comprometer a estética e a funcionalidade.

Figura 9 – Modelo tátil de relevo em uso

Recurso didático que combina percepção tátil e contextualização espacial



Fonte: Acervo pessoal do autor

Por fim, uma observação relevante feita durante a visita foi a demanda de professores da rede pública por materiais acessíveis e replicáveis. O professor Aires relatou que muitos educadores procuram o IBC em busca de capacitação e materiais adaptados.

A visita ao IBC consolidou a proposta do produto que funcione como um suporte expositivo para modelos didáticos, validando a necessidade de unir

exposição e armazenamento de modelos tridimensionais. O contato direto com o ambiente escolar e expositivo no mesmo edifício demonstra a importância de um design eficiente, adaptável e que atenda às demandas práticas dos espaços educacionais e expositivos.

Figura 10 – Espaço expositivo no IBC

Área com modelos anatômicos e científicos voltada ao ensino de pessoas com deficiência visual



Fonte: Acervo pessoal do autor

5.6 Visita ao Museu de Ciências da Terra

O Museu de Ciências da Terra é uma instituição vinculada ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM), localizada no Rio de Janeiro. Seu acervo é voltado principalmente para as áreas de geologia, paleontologia e mineralogia, com destaque para fósseis e minerais de valor científico, histórico e educativo. Com forte ênfase na preservação e exposição de acervos geocientíficos, o museu cumpre um papel importante na divulgação científica e na educação não formal.

A visita ao Museu de Ciências da Terra foi uma oportunidade essencial para aprofundar a análise sobre estratégias expositivas, divulgação científica e educação informal, estabelecendo paralelos com as pesquisas desenvolvidas ao longo deste trabalho. Havia o interesse em observar mais de perto um ambiente voltado especificamente para a exibição, como um museu, o que motivou a escolha pelo Museu de Ciências da Terra — por ser um espaço relativamente pequeno e com foco em ciências. O olhar crítico adotado durante a visita foi fundamentado nas experiências adquiridas em pesquisas anteriores, no levantamento de similares e nos diálogos do autor com o orientador, coorientador e entrevistados, especialmente com Bianca Reis, que trouxe perspectivas valiosas sobre práticas museológicas inclusivas no Museu da Vida.

Ao percorrer o espaço expositivo, ficou evidente como o museu adota um modelo tradicional e já consolidado de exibição de acervo. A estruturação dos espaços segue um formato clássico, no qual os objetos estão expostos dentro de cúpulas de vidro, posicionadas sobre mesas ou suportes. Esses elementos são acompanhados por placas informativas que descrevem os fósseis, minerais e demais artefatos, servindo como principal meio de comunicação com o visitante. No entanto, foi percebido uma escassez de recursos voltados à acessibilidade para pessoas com deficiência visual. Diferente de outros espaços expositivos que incorporam maquetes táteis ou audiodescrição, o Museu de Ciências da Terra demonstra limitações nesse aspecto.

Figura 11 – Expositor com fóssil no Museu de Ciências da Terra
Exemplo de exibição tradicional com proteção de vidro e identificação textual ao lado da peça



Fonte: Acervo pessoal do autor

Ao questionar um dos monitores sobre essa questão, fui informado que o museu oferece visitas guiadas como alternativa de acessibilidade, permitindo que os mediadores forneçam explicações detalhadas e contextualizem as peças para os visitantes.

Entretanto, um dos aspectos que mais se destacaram durante a visita foi a presença de **gavetas trancadas com fechaduras em alguns expositores**. Em nova conversa com um monitor do museu, foi esclarecido que, além de espaço expositivo, o Museu de Ciências da Terra também funciona como um centro de pesquisa e armazenamento de acervos científicos, onde minerais e fósseis são mantidos para consulta de pesquisadores. Essa abordagem híbrida, que combina exposição e armazenamento de itens de estudo, apresentou-se como um exemplo direto de um produto similar ao que eu planejo desenvolver. Assim como no museu,

onde a organização e conservação dos materiais são essenciais para garantir sua integridade e disponibilidade para pesquisa.

Figura 12 – Expositor com gavetas e fechadura

Mobiliário do Museu de Ciências da Terra que combina exibição e armazenamento, voltado à pesquisa e conservação



Fonte: Acervo pessoal do autor

6. Estudo de conceitos expositivos e manipulação de materiais didáticos

O desenvolvimento deste expositor apresenta desafios específicos, uma vez que soluções semelhantes ainda são pouco exploradas ou documentadas. Dessa forma, foi necessário recorrer a diferentes referências que pudessem oferecer uma base para a pesquisa de similares, visto que as áreas de exposição, armazenamento e interação com modelo tridimensionais são bem difundidas, mas não necessariamente integradas em um único produto. Para isso, foram consideradas quatro principais fontes: (1) conversas com professores e profissionais das áreas relacionadas ao projeto; (2) a Experimentoteca do CDCC-USP; (3) o trabalho *Exposições em Museus de Ciências*, de Chelini e Lopes (2008); e (4) a obra *Organización y Diseño de Exposiciones*, de Belcher (1997), além das visitas técnicas realizadas.

A Experimentoteca serviu como um primeiro parâmetro, principalmente no que se refere à organização de materiais pedagógicos de forma acessível. Trata-se de um espaço vinculado ao Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC-USP), que disponibiliza kits científicos para empréstimo a escolas públicas, com o objetivo de ampliar o acesso a materiais experimentais e promover o ensino de ciências de maneira mais interativa. Seu modelo de empréstimo de kits para escolas demonstra a importância de um sistema eficiente de armazenamento e transporte de materiais científicos, permitindo que sejam utilizados em diferentes contextos. Além disso, a forma como os materiais da Experimentoteca são organizados para atender diferentes usuários reforça a necessidade de um design versátil, que possibilite a adaptação do expositor para distintos ambientes e públicos.

Partindo do princípio de que os museus desempenham um papel fundamental na educação e inclusão, pois vão além da mera exibição de objetos, consolidando-se também como espaços de aprendizado e interação social. Como destaca Chelini e Lopes (2008), "os museus são considerados, em teoria, instituições com objetivos variados, como educação, lazer, informação e inclusão social. Neste contexto, as exposições aparecem como elemento fundamental da relação entre museus e sociedade". Nesse sentido, o design de expositores deve buscar não apenas a preservação dos itens exibidos, mas também favorecer a acessibilidade e o engajamento do público.

Ainda no trabalho de Chelini e Lopes (2008) é possível perceber a influência do design de expositores na experiência do visitante em museus de ciências. Segundo as autoras, elementos como vitrines, bases expositivas e mobiliário desempenham um papel fundamental não apenas na proteção e conservação dos objetos expostos, mas também na acessibilidade e no impacto visual da exposição. Vitrines e outros mobiliários expositivos possuem diversas funções, como proteção dos objetos, suporte para facilitar a observação e atração da atenção dos visitantes.

Esses princípios foram observados e analisados durante a visita ao Museu de Ciências da Terra, onde a presença de expositores tradicionais contrastava com um diferencial, que outrora é relevante para o projeto: a inclusão de gavetas com

fechaduras, permitindo tanto a exibição quanto o armazenamento de materiais científicos para pesquisa. Essa característica serviu como objeto direto para o estudo de similar.

No Instituto Benjamin Constant, observou-se que, em contextos educacionais, a prioridade é o armazenamento prático, com o uso de armários convencionais para organizar os materiais didáticos utilizados nas aulas. Isso reforça a necessidade de um produto que equilibre acessibilidade, proteção e interação com os modelos tridimensionais, considerando que o manuseio desses objetos pode ser um aspecto essencial para seu uso tanto em salas de aula quanto em espaços expositivos.

As análises apontam que o expositor representa uma proposta inovadora ao combinar, de forma integrada, funções de exibição e armazenamento em um único sistema. Diferente das vitrines tradicionais, que muitas vezes impõem barreiras físicas ao público, a proposta busca oferecer um equilíbrio entre proteção, acessibilidade e experiência interativa. Além disso, a solução dialoga com a necessidade de um expositor que permita tanto a conservação dos modelos quanto a sua manipulação, algo que pode ser viabilizado pelo design modular de gavetas laterais e do compartimento superior com tampa transparente.

Essas referências teóricas e empíricas forneceram a base necessária para o início da fase de exploração projetual, apresentada no capítulo seguinte.

Figura 13 – Experimentoteca

Espaço com materiais didáticos acessíveis, utilizados por alunos em atividades práticas de ciência



Fonte: CDCC-USP. Disponível em:

<https://cdcc.usp.br/cdcc-tem-biblioteca-de-experimentos-para-emprestimos-a-escola>
s/. Acesso em: 1 out. 2024

Figura 14 – Espaço da Experimentoteca da UFES

Área dedicada à experimentação didática no Núcleo de Ciências da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)



Fonte: UFES. Disponível em: <https://nucleociencias.ufes.br/o-que-e>. Acesso em: 1 out. 2024

7. Exploração Projetual

Com base nas análises realizadas na etapa anterior, o processo de desenvolvimento do pedestal expositivo iniciou-se com uma fase de brainstorming e exploração de referências, na qual foram analisadas diversas possibilidades de design e funcionalidades. Inicialmente, considerou-se a criação de um kit educativo, inspirado na Experimentoteca do CDCC-USP, no qual os modelos tridimensionais pudessem ser armazenados e transportados de forma modular. Essa abordagem explorava um formato compacto e versátil, mas foi posteriormente descartada devido à necessidade de um mobiliário fixo e acessível para diferentes espaços educativos e expositivos e da inserção de um plano pedagógico.

Durante a pesquisa de referências, foram analisadas soluções de exposição, como os tradicionais pedestais ou vitrines, e também foi visto soluções para armazenamento, como maletas organizadoras de maquiagem e joias, que possuem mecanismos de abertura lateral. Essas referências foram exploradas devido ao seu sistema eficiente de organização e acesso rápido a compartimentos, o que inspirou o desenvolvimento de um sistema de gavetas laterais no expositor.

Figura 15 – Exposição de modelos em 3D sobre pedestais

Modelos de castelos impressos em 3D, apresentados em suportes metálicos, como recurso acessível para pessoas com deficiência visual



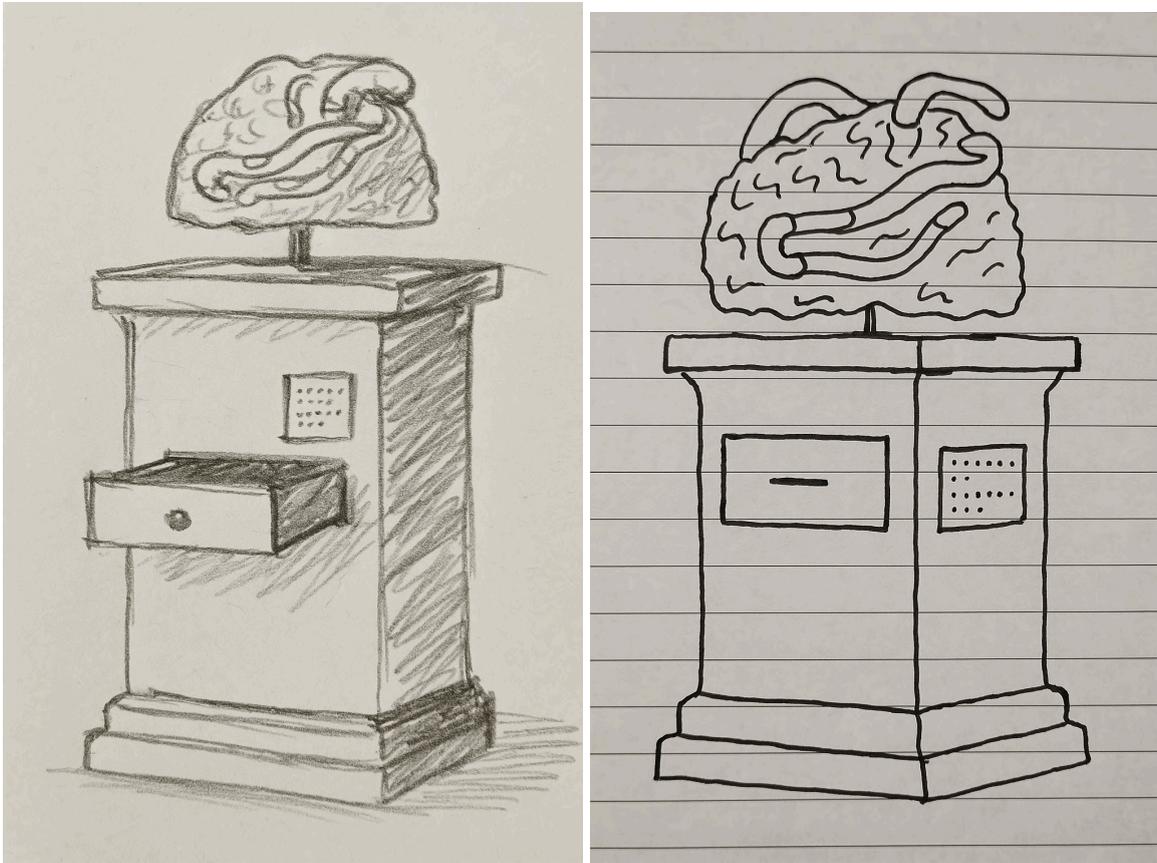
Fonte: BCN3D. Disponível em:

<https://www.bcn3d.com/novena-brings-cultural-heritage-to-life-for-the-visually-impaired-with-3d-replicas/>. Acesso em: 16 out. 2024

Os primeiros esboços feitos em papel buscaram visualizar essas possibilidades, variando entre formatos mais convencionais, como pedestais com compartimentos internos, e até malas usando para maquiagem ou joias, como estruturas que são projetadas. Esses desenhos iniciais foram essenciais para definir a lógica do produto, garantindo que ele fosse funcional e esteticamente adequado para os diferentes contextos de uso. A partir desses estudos, optou-se por um design que equilibrasse a acessibilidade, a proteção dos modelos e um caráter expositivo marcante, evitando um visual excessivamente técnico ou utilitário.

Figura 16 – Esboços iniciais de um expositor com gaveta

Estudos de forma para o expositor do projeto, com inspiração em pedestais clássicos e presença de uma gaveta central para armazenamento. Um dos desenhos apresenta a gaveta aberta

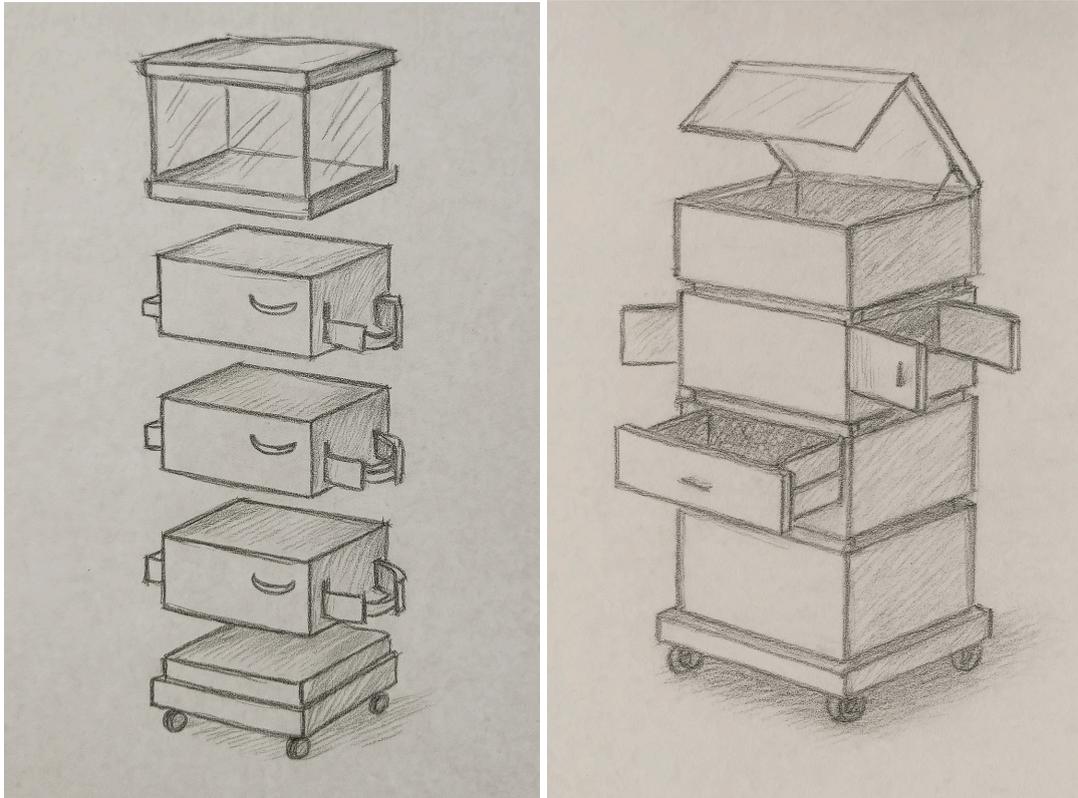


Fonte: Elaboração própria

Durante a fase de ideação do projeto, foi cogitada a possibilidade de desenvolver um sistema modular, próximo ao conceito de um kit maker. A ideia era criar um conjunto de módulos independentes, que pudessem ser encaixados ou reorganizados de acordo com o contexto de uso — seja em sala de aula, exposições itinerantes ou museus. Essa abordagem permitiria maior flexibilidade, transporte facilitado e adaptações futuras. Embora essa proposta não tenha sido levada adiante na versão final do projeto, ela contribuiu significativamente para a reflexão sobre organização interna e manuseio.

Figura 17 – Esboços de proposta modular para expositor

Exploração inicial de um sistema com módulos empilháveis e gavetas laterais, pensado para facilitar o transporte e adaptação em diferentes contextos



Fonte: Elaboração própria

Figura 18 – Armário de joias com abertura lateral

Referência de compartimento com porta articulada, utilizada como inspiração para soluções de acesso no projeto



Fonte: AMAZON. Disponível em:

<https://www.amazon.com.br/MegLob-armazenamento-expans%C3%ADvel-feminina-lembran%C3%A7a/dp/B0CB3785FJ>. Acesso em: 17 out. 2024

Figura 19 – Maleta com compartimentos expansíveis

Referência de organização interna usada como inspiração para o sistema de armazenamento do projeto



Fonte: MERCADO LIVRE. Disponível em:

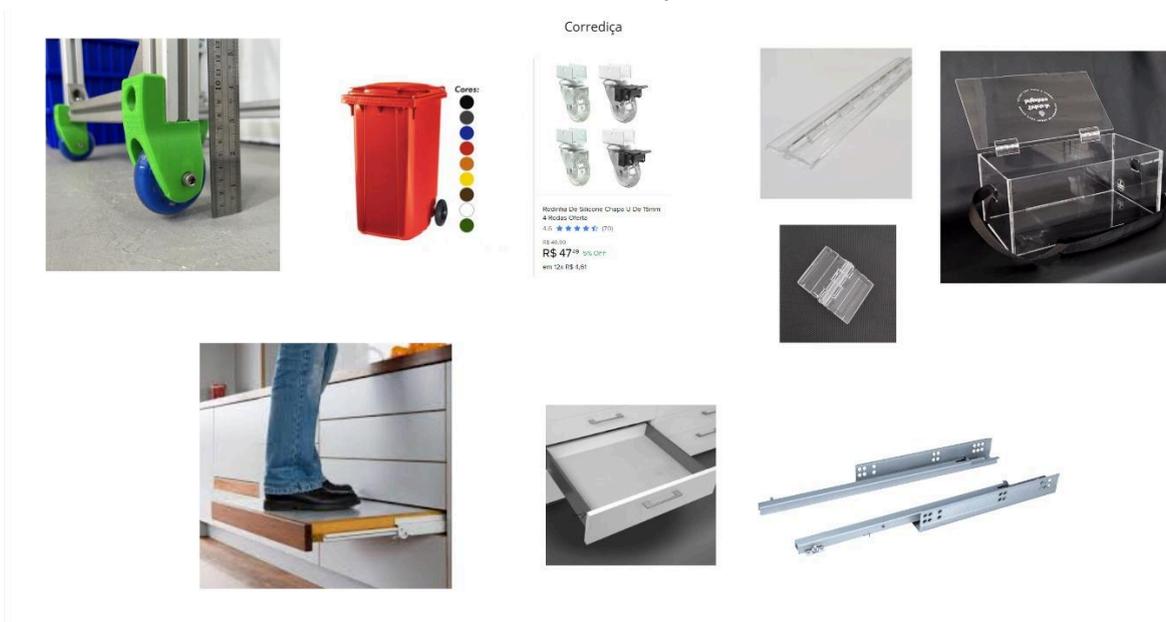
<https://www.mercadolivre.com.br/maleta-de-maquagem-e-joias-vazia-exclusiva-preta-cor-preto2/p/MLB29458472>. Acesso em: 17 out. 2024

O moodboard criado durante essa fase também serviu como guia para definir alguns dos elementos que poderiam compor no projeto. Foram analisados componentes como rodízios para facilitar a movimentação, dobradiças para permitir diferentes formas de abertura e materiais como acrílico para garantir um acabamento resistente e visualmente atrativo. Esses elementos visuais orientaram escolhas como o uso de rodízios para mobilidade, o formato vertical para melhor aproveitamento do espaço e a inclusão de dobradiças que possibilitam aberturas laterais ou superiores.

Com o conceito inicial definido, foram estabelecidas as restrições e requisitos técnicos que nortearam as próximas decisões projetuais

Figura 20 – Moodboard do projeto

Painel com referências visuais e elementos conceituais que influenciam o desenvolvimento do produto final



Fonte: Autor

Figura 21 – Desenho de definição do expositor

Desenho que representa uma das últimas explorações manuais, já bastante próxima da configuração final do produto, com tampa superior e estrutura definida



Fonte: Elaboração própria

7.1 Restrições e Requisitos

Restrições

Definir restrições e requisitos é uma etapa fundamental no processo de design, pois orienta decisões técnicas e garante a viabilidade do projeto em contextos reais de uso, estabelecidos a partir da necessidade de funcionar em espaços como salas de aula ou museus. Esses aspectos influenciam diretamente a escolha dos materiais e as funcionalidades do produto, sempre com o objetivo de garantir eficiência, acessibilidade e durabilidade.

As restrições concentram-se principalmente em fatores a funcionalidade. O expositor deve ser leve, facilitando o transporte e o manuseio, sem comprometer a integridade dos modelos tridimensionais ou da própria estrutura. Os materiais escolhidos devem oferecer resistência, durabilidade e fácil higienização, considerando seu uso frequente por diferentes públicos. O design deve evitar texturas ásperas, que possam causar desconforto ao toque, especialmente em contextos de uso por pessoas com deficiência visual. Essa decisão está em conformidade com observações feitas durante a visita ao Instituto Benjamin Constant, onde se recomenda evitar a inserção de Braille sobre as superfícies táteis dos modelos.

O expositor também precisa acomodar os modelos tridimensionais de maneira segura e satisfatória. Para isso, foram utilizados como referência os modelos disponíveis no laboratório de helmintologia da UERJ, com dimensões entre 18 e 20 cm de comprimento, 8 a 10 cm de largura e 3 a 5 cm de altura, há alguns outros modelos menores, com medidas que variam de 8 a 10 cm de comprimento, 3 a 4cm de largura e 1 a 3 cm de altura . As gavetas precisam comportar cerca de 2 a 3 dos modelos maiores e cerca de 5 a 6 dos modelos menores, organizados lado a lado com espaçamento mínimo para proteção. Considerando o espaço interno total. Essa estimativa busca garantir não apenas o armazenamento físico, mas também o manuseio sem danos e o acesso facilitado aos objetos, seja em ambientes educacionais ou expositivos.

1. Limitação de peso e mobilidade: O expositor deve ser suficientemente leve para ser movimentado por um adulto sem auxílio, o que restringe o uso de materiais muito pesados ou estruturas excessivamente robustas.
2. Capacidade de armazenamento: O mobiliário deve comportar, de forma segura, ao menos 2 a 3 modelos grandes e 5 a 6 modelos menores.
3. Textura e acabamento: O projeto deve evitar superfícies ásperas, que possam dificultar a exploração tátil, conforme recomendações do Instituto Benjamin Constant.

Requisitos

Do ponto de vista dos requisitos, o produto precisa ser multifuncional, integrando de forma eficiente as funções de exposição e armazenamento. Os materiais adotados devem ser duráveis, sustentáveis e acessíveis economicamente, especialmente para atender instituições públicas ou contextos educacionais. A proposta também prevê o uso de recursos de acessibilidade, como a aplicação de Braille e o uso de alto contraste entre elementos visuais, buscando equilibrar estética e funcionalidade, garantindo que o produto seja visualmente atrativo e prático em diferentes situações de uso.

Esses requisitos e restrições serviram como base para a etapa seguinte, voltada à análise ergonômica e definição volumétrica do expositor.

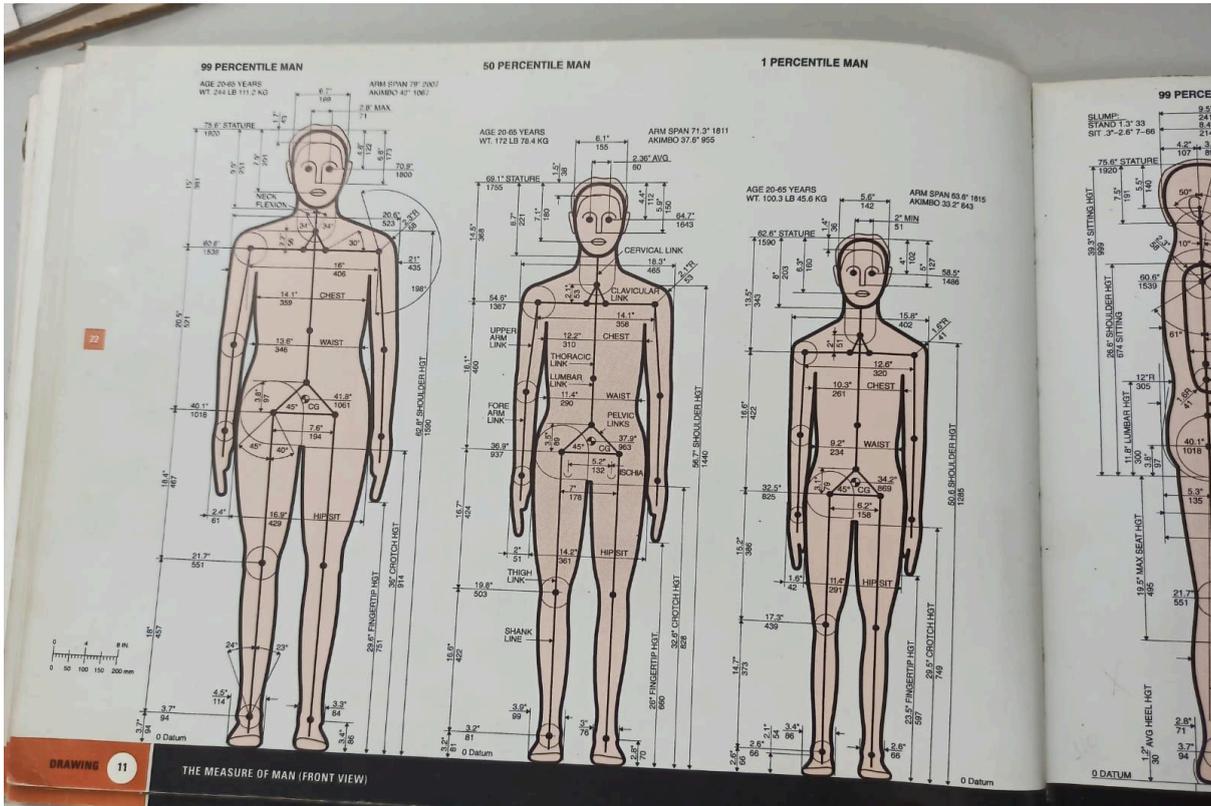
1. Multifuncionalidade: O produto deve integrar, de maneira eficiente, as funções de armazenamento e exposição de modelos tridimensionais.
2. Acessibilidade: O design deve considerar a inclusão de recursos como contrastes visuais e identificação em Braille, garantindo usabilidade para pessoas com deficiência visual.
3. Custo acessível: A produção do mobiliário deve ser viável economicamente, com potencial para replicação em escala por instituições públicas.

7.2. Estudo Ergonômico e Volumétrico

A ergonomia foi considerada como um aspecto central no desenvolvimento do produto final, especialmente por envolver a possibilidade interação de diferentes públicos, incluindo pessoas com deficiência visual, em contextos escolares e expositivos. Para embasar as decisões projetuais, foi realizada uma pesquisa com base no livro *Dimensionamento humano para espaços interiores*, de Julius Panero, que fornece diretrizes sobre proporções corporais médias, altura de manipulação ideal, alcance confortável dos braços e recomendações específicas para pessoas com deficiência visual.

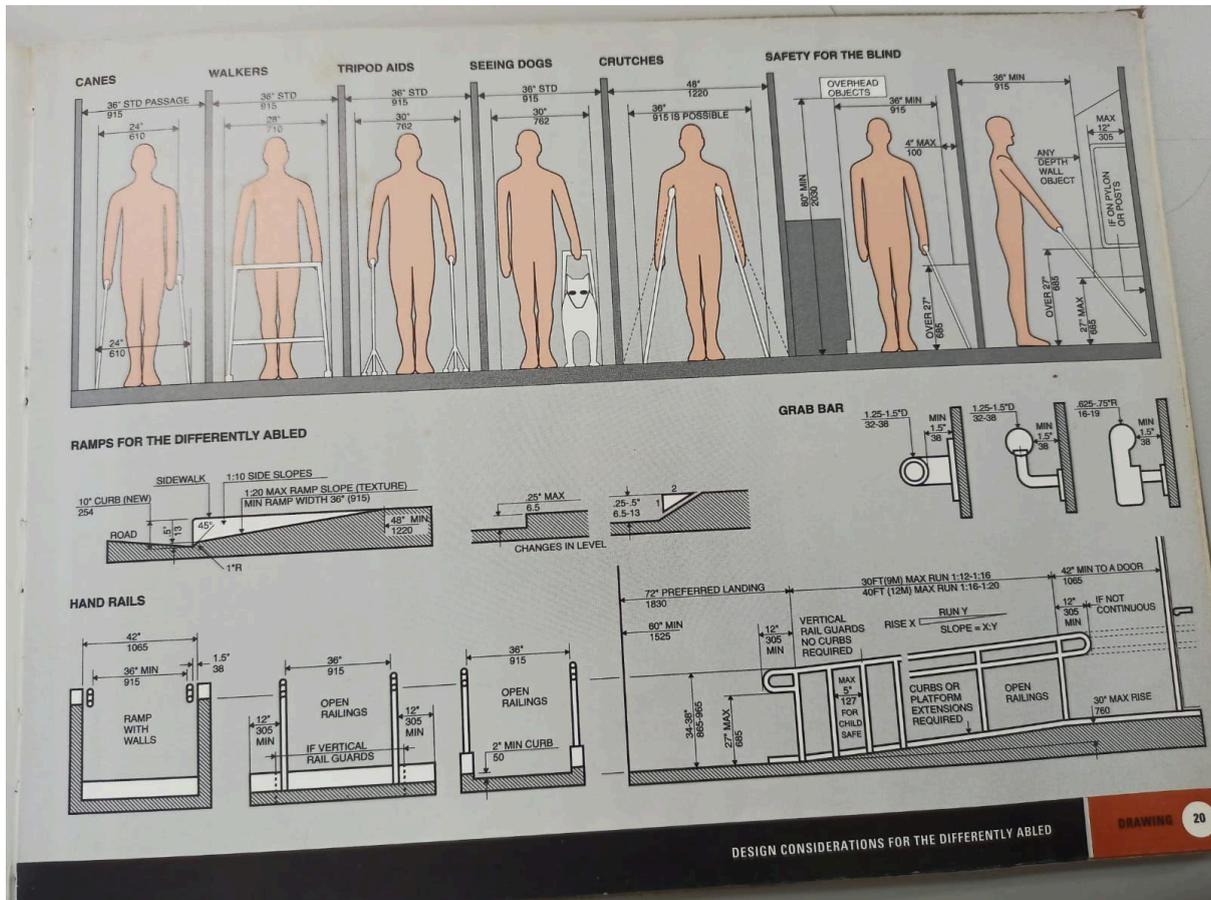
Figura 22 – Medidas antropométricas masculinas

Página do livro *Dimensionamento humano para espaços interiores*, com referências de proporções corporais utilizadas em projetos ergonômicos



Fonte: PANERO, Julius. *Dimensionamento humano para espaços interiores*, 2002

Figura 23 – Esquema de acessibilidade para pessoas com deficiência visual
 Página do livro *Dimensionamento humano para espaços interiores*, com diretrizes voltadas à segurança e ao alcance de usuários com deficiência visual



Fonte: PANERO, Julius. *Dimensionamento humano para espaços interiores*, 2002

Foi construído um mockup em papel cartão, em escala real (1:1), permitindo simular interações com o produto. Esse modelo serviu para avaliar o volume, a altura ideal de visualização e o alcance das mãos às gavetas. Durante os testes, foi identificado que a altura inicial do tampo dificultava a visualização frontal por pessoas de estatura mais baixa, o que levou à redução da estrutura em alguns centímetros, considerando os gestos naturais ao abrir e manusear compartimentos e objetos.

Figura 24 – Prototipagem em escala real (1:1) com papel cartão
Modelo construído para análise volumétrica e avaliação preliminar das proporções do produto em relação ao corpo humano



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 25 – Testes de alcance e dimensionamento com mockup em escala real

Imagens registradas durante os testes iniciais com mockup em papel cartão, simulando interações em pé e ajoelhado para avaliar proporções e alcance no uso do pedestal



Fonte: Acervo pessoal do autor

Por fim, a ergonomia aplicada ao produto busca que ele atenda a múltiplos contextos de uso. A integração de princípios ergonômicos com um design acessível e funcional reforça a proposta de um produto que não apenas expõe e armazena modelos tridimensionais, mas também valoriza a experiência de interagir com o expositor. A aplicação de princípios ergonômicos, aliada a um design acessível, fortalece o propósito do expositor de ser funcional, inclusivo e adaptado aos diversos contextos em que poderá ser utilizado.

Figura 26 – Simulação de alcance com mockup em escala real (1:1)
Imagem editada com sobreposição da modelagem digital preliminar do expositor sobre o mockup em papel cartão. O teste permitiu observar a zona de alcance confortável e a relação entre as gavetas e o movimento dos braços em extensão.



Fonte: Acervo pessoal do autor

A definição das medidas das gavetas e dos compartimentos de exposição foi baseada no tamanho dos modelos tridimensionais utilizados no Laboratório de Helmintologia. Como esses modelos possuem tamanhos variados, foi adotada uma média dimensional como referência para garantir que o mobiliário fosse compatível com a maioria das peças.

A média considerada foi de aproximadamente 18 a 20 cm de comprimento, 8 a 10 cm de largura e 3 a 5 cm de altura. Essa média foi observada a partir da medição direta dos modelos impressos, buscando um equilíbrio entre aproveitamento de espaço, acessibilidade tátil e proteção dos itens armazenados. Essa abordagem permitiu criar um sistema de armazenamento versátil, adaptado às diferentes peças utilizadas no ensino de parasitologia

8. Modelagem Tridimensional Digital

A modelagem tridimensional digital foi uma etapa essencial no desenvolvimento do projeto, permitindo maior controle sobre o design e facilitando ajustes ao longo do processo. Seu uso contribuiu diretamente para a otimização de recursos, tanto financeiros quanto de tempo, uma vez que modificações estruturais podiam ser realizadas com agilidade no ambiente virtual.

Para a modelagem do expositor, foi utilizado o software Fusion 360, da Autodesk. A escolha se deu por sua interface intuitiva e pela capacidade de trabalhar com modelagem paramétrica, o que facilitou alterações rápidas sem comprometer a estrutura geral do projeto. A combinação entre sketches bidimensionais, extrusão de volumes e montagem de componentes refletiu diretamente no fluxo de trabalho adotado, que envolveu a constante alternância entre esboços manuais e testes no modelo digital. Enquanto os esboços em papel ajudaram a construir a base conceitual do projeto, o ambiente tridimensional permitiu validar e ajustar essas ideias com maior precisão.

A alternância entre meios analógicos e digitais fortaleceu o processo de design, permitindo que intuições visuais fossem rapidamente testadas e refinadas em ambiente virtual.

Figura 27 – Render preliminar do expositor em forma anterior à versão final
Representação tridimensional com acabamento simulado em MDF, útil para avaliar composição visual



Fonte: Acervo pessoal do autor

O design do expositor foi concebido com formas simples e estruturadas, priorizando linhas retas e volumes predominantemente retangulares, com ênfase na verticalidade da peça. Essas características favoreceram a modelagem e permitiu uma construção clara e funcional, adequada às exigências de produção e montagem. A ausência de curvas orgânicas ou geometrias complexas contribuiu para um processo de modelagem mais direto e objetivo.

Durante o processo, foi desenvolvido versões do produto, possibilitando ajustes sutis na forma final. Essa flexibilidade foi fundamental para refinar o projeto de forma gradual. A prototipagem digital, nesse sentido, não apenas acelerou a tomada de decisões, como também funcionou como ferramenta de simulação para aspectos estruturais e estéticos do expositor.

Além da modelagem estrutural, foram realizados renders para simular a aparência do expositor com materiais e cores semelhantes aos previstos na fabricação. Esse recurso possibilitou uma visualização mais precisa do conjunto no contexto expositivo, contribuindo para a definição de acabamentos e composição visual.

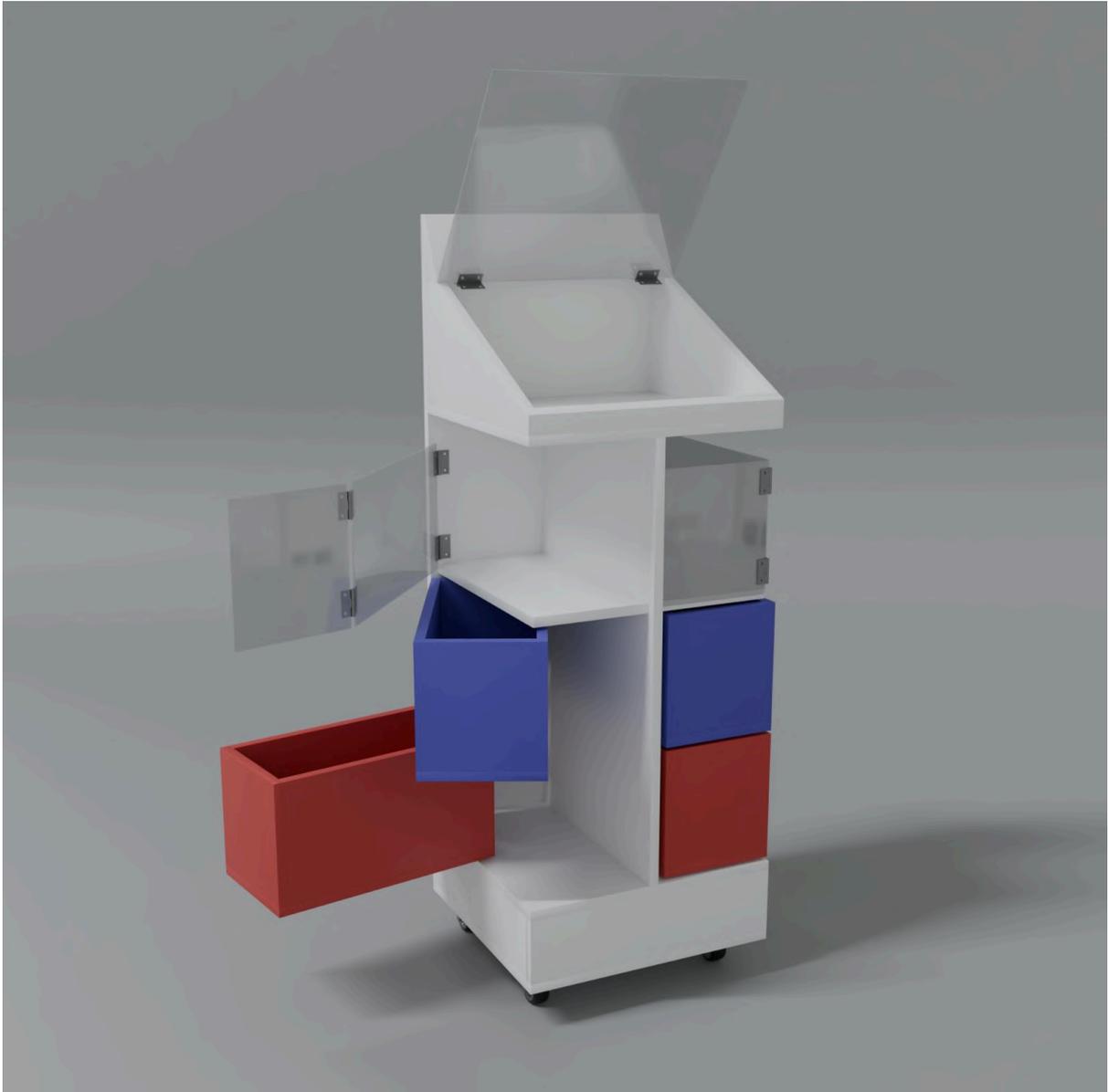
Figura 28 – Render do expositor em forma anterior à versão final
Visualização digital do modelo tridimensional antes da aplicação dos acabamentos e revestimentos finais



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 29 – Render final do expositor multifuncional

Visualização digital do modelo final, com compartimentos de armazenamento e tampa superior em acrílico



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 30 – Render final do expositor com escala humana
Representação digital do expositor acompanhado de figura humana para indicar proporção e escala



Fonte: Acervo pessoal do autor

9. Construção do Mockup

A construção do mockup físico em MDF representou uma etapa fundamental no processo de desenvolvimento do projeto, essa etapa serviu como validação física das proporções, materiais e funcionalidades pensadas no ambiente digital, permitindo a transição concreta do modelo digital para o mundo real. A versão construída foi baseada na modelagem final desenvolvida no software Fusion 360, sendo confeccionada em MDF de 15 mm. Embora não tivesse como objetivo alcançar uma alta fidelidade em relação ao acabamento ou aos detalhes mais refinados — como as bordas arredondadas previstas no modelo 3D, pensadas para evitar riscos de machucados durante o manuseio — a experiência foi extremamente edificante, tanto do ponto de vista técnico quanto pessoal.

Ver o projeto ganhar forma material foi uma experiência enriquecedora. A passagem do digital para o físico trouxe novas compreensões sobre proporções, ergonomia e desafios estruturais que nem sempre são evidentes durante a modelagem tridimensional.

As decisões relativas ao acabamento do mockup foram diretamente conectadas com as observações feitas durante a entrevista com o professor Ricardo Michel. Ao relatar experiências com impressão 3D de materiais táteis, o professor destacou que superfícies ásperas dificultam a exploração manual por alunos com deficiência visual. Essa consideração foi essencial para a escolha de materiais e para o cuidado com o lixamento das superfícies do expositor, priorizando um toque mais suave e confortável. Assim, o projeto buscou antecipar a experiência tátil do usuário desde a fase de construção, alinhando-se às diretrizes de acessibilidade levantadas durante a pesquisa.

Além das questões projetuais, a construção do mockup também permitiu observar aspectos relacionados ao custo. Além das questões projetuais, a construção do mockup também trouxe à tona aspectos relacionados ao custo de produção.

O custo estimado para a construção do mockup foi de aproximadamente R\$ 1.300, considerando placas de MDF (R\$ 980) e componentes como rodízios (cerca de R\$ 6 cada), além de parafusos, cavilhas e outros itens como o acrílico (R\$190). Embora esse valor possa parecer elevado para um único mobiliário, é importante considerar que se trata de uma versão em mockup, feita de forma artesanal e sem a experiência nata de um marceneiro.

Além disso, essa etapa possibilitou avaliar a viabilidade de produção e refletir sobre materiais alternativos que poderiam ser usados futuramente. A madeira MDF foi escolhida por sua acessibilidade e facilidade de corte, mas outros materiais como compensado naval (mais resistente à umidade).

Com ajustes futuros — como a padronização de cortes, revisão de materiais e melhorias no processo construtivo — é plenamente viável reduzir significativamente esse custo e tornar a produção mais acessível e eficaz, principalmente em uma escala maior.

Figura 31 – Correção de peças com lixadeira de disco

Etapa de ajuste manual para corrigir imperfeições nas placas de MDF vindas da madeireira



Fonte: Acervo pessoal do autor

A manipulação real do objeto permitiu observar o projeto sob outros ângulos, testar interações táteis e avaliar sua presença física em um espaço real, o que foi essencial para validar ou ajustar decisões anteriores.

Durante a construção, alguns desafios se destacaram. O corte do MDF, realizado em uma madeireira, apresentou imperfeições em algumas peças — como desvios sutis de medida ou cortes desalinhados — o que exigiu adaptações durante a montagem. Esses pequenos erros, comuns nesse tipo de processo, reforçaram a importância de prever margens de tolerância na modelagem e de considerar que a execução física envolve variáveis que vão além da precisão digital.

Figura 32 – Uso de parafusadeira na montagem do mockup
Registro do processo de fixação das peças de MDF com parafusos



Fonte: Acervo pessoal do autor

Para a montagem e os ajustes do mockup, foram utilizadas as dependências da **oficina da ESDI**, que ofereceu a infraestrutura necessária para trabalhar com segurança e precisão. Na oficina, foi possível utilizar equipamentos como **serra de fita, lixadeira circular** para ajustes finos, **martelos, furadeiras e prendedores metálicos**, essenciais para fixar corretamente as peças durante a secagem da cola. O uso desses recursos possibilitou corrigir imperfeições no material e melhorar o encaixe das peças, garantindo uma montagem mais firme e alinhada.

Outro aspecto importante foi lidar com os **tempos de secagem da cola**, que exigem planejamento e paciência. Ao contrário da agilidade do ambiente virtual, no qual as partes se unem instantaneamente, no mundo físico é necessário respeitar tempos técnicos para garantir firmeza e durabilidade da estrutura.

Na montagem, foram utilizados três métodos principais de fixação: cavilhas, cola branca e pregos. A combinação dessas técnicas buscou equilibrar firmeza estrutural, viabilidade de montagem e acabamento visual satisfatório. Cada um apresentou vantagens e limitações:

- As **cavilhas** proporcionaram um bom alinhamento entre as peças e reforçaram a estrutura interna, oferecendo resistência sem deixar marcas visuais aparentes. No entanto, exigem perfuração precisa e o uso de gabaritos, o que pode tornar o processo mais demorado.

- A **cola branca** foi essencial para garantir a união das superfícies, com a vantagem de distribuir a força de maneira uniforme e contribuir para a rigidez do conjunto. Por outro lado, depende do tempo de secagem e da correta aplicação para ser eficiente.
- Já os **pregos** foram utilizados para reforçar áreas mais críticas e agilizar a montagem. Sua principal vantagem é a fixação imediata, o que ajuda a manter as peças no lugar enquanto a cola seca. Contudo, deixam marcas visuais e, em excesso, podem comprometer a estética e até a integridade do MDF.

Figura 33 – Montagem do mockup na oficina

Fixação das peças com auxílio de sargentos durante a colagem da estrutura em MDF



Fonte: Acervo pessoal do autor

Apesar das imperfeições inerentes a um mockup, essa etapa prática foi determinante para entender os limites e as possibilidades do projeto. Trabalhar com o material em escala real trouxe aprendizados sobre acabamento, resistência e estabilidade que dificilmente seriam percebidos apenas com simulações digitais. A construção do mockup não apenas aproximou o projeto da sua concretização, como também reforçou o caráter experimental e iterativo do design como prática. Mais do que um simples protótipo, o mockup funcionou como instrumento de aprendizagem e aperfeiçoamento, fortalecendo o vínculo entre teoria e prática no processo de design.

Figura 34 – Mockup com modelos didáticos

Visualização do mockup expositivo contendo modelos didáticos impressos em 3D



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 35 – Mockup em uso, com gaveta aberta revelando os compartimentos internos

Visualização do mockup expositivo com gavetas abertas contendo modelos didáticos impressos em 3D



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 36 – Acomodação dos modelos tridimensionais com tampa de acrílica e etiqueta em braille na lateral

Modelos tridimensionais dispostos, com etiqueta em braille na lateral, destacando os recursos de acessibilidade do projeto



Fonte: Acervo pessoal do autor

10. Validação do Mockup

A validação é uma etapa fundamental no processo de design, pois permite testar na prática as decisões tomadas ao longo do projeto. Mais do que confirmar escolhas formais ou funcionais, ela possibilita observar como diferentes usuários interagem com o objeto, revelando pontos de melhoria que muitas vezes não são perceptíveis apenas na modelagem digital ou na construção do mockup. No caso deste projeto, a validação foi essencial para compreender a adequação ergonômica, a clareza funcional e a acessibilidade do expositor em uso real.

A testagem foi realizada com duas pessoas com perfis distintos, de modo a ampliar a variedade de percepções sobre o objeto. O primeiro participante foi um professor da rede pública de ensino. A segunda participante foi uma senhora com baixa visão. A escolha dos participantes se deu com base na representatividade de perfis relevantes para o uso do expositor: um professor da rede pública, por seu conhecimento prático em contextos educacionais, e uma senhora com baixa visão, para avaliar aspectos de acessibilidade e usabilidade tátil.

Antes do início da avaliação prática, foi realizada uma breve apresentação oral sobre o projeto, explicando seu objetivo central: criar um mobiliário que integrasse exposição e armazenamento de modelos tridimensionais de maneira acessível e adequada para contextos educacionais e museológicos.

Durante a testagem, buscou-se especialmente validar os aspectos ergonômicos, funcionais e comunicacionais do expositor, por meio do seguinte roteiro:

1. **Abertura e manuseio das gavetas**
 - O movimento das gavetas pareceu fluido? A abertura lateral funcionou bem?
 - O manuseio das gavetas foi confortável? Facilitou ou dificultou o acesso aos modelos?
2. **Tamanho do mobiliário**
 - O tamanho geral da estrutura fez sentido para o uso?
 - Você acha que ele poderia ser maior ou menor em alguma dimensão (altura, largura, profundidade)?
3. **Acessibilidade e disposição dos modelos**
 - A altura e a disposição dos modelos favorecem o acesso e a exploração?
 - Foi fácil entender onde estavam os modelos e como acessá-los?
4. **Compreensão e usabilidade**
 - O expositor comunica bem sua função?
 - Você soube rapidamente onde tocar, abrir ou puxar?
5. **Aparência e percepção geral**
 - A estética do móvel (forma, acabamento, disposição) transmite a ideia de um produto educativo ou expositivo?

- Você o imagina sendo usado em uma sala de aula, exposição ou museu?

6. Interação com os modelos armazenados

- Foi fácil acessar os modelos e devolvê-los ao lugar?
- O espaço dentro das gavetas foi suficiente?

7. Sugestões e melhorias

- Você faria alguma sugestão de melhoria no projeto ou no uso?

O primeiro teste de validação foi realizado com o professor Maximo Lustosa, que atua no ensino público desde 2006. O expositor foi transportado até a residência do professor Maximo. Sua experiência acumulada em sala de aula contribuiu significativamente para avaliar o potencial do expositor como um recurso didático realista e aplicável à rotina escolar. Seu olhar, aliado ao conhecimento das limitações comuns nas escolas públicas, permitiu identificar pontos importantes sobre uso, funcionalidade e adaptabilidade do projeto.

O professor avaliou positivamente a proposta do expositor. Destacou que a abertura lateral das gavetas é original e foge do padrão tradicional encontrado em armazenadores escolares, que muitas vezes são de ferro e têm um aspecto rígido ou militar. O acesso aos modelos foi fácil de realizar, muito por conta de o movimento ser o mesmo para todas as gavetas e a tampa de acrílico. O movimento das gavetas e a sua organização interna foi positivo, o manuseio dos modelos didáticos também foi satisfatório, segundo o professor.

Figura 37 – Professor Máximo manuseando o expositor
Professor testa a abertura da gaveta do expositor



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 38 – Interação com o mobiliário expositivo

Professor realiza o teste funcional da gaveta superior do expositor, verificando a usabilidade do sistema de abertura



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 39 – Professor Máximo manuseando os modelos 3D

Professor Máximo interage com os modelos tridimensionais expostos, avaliando sua disposição e acesso



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 40 – Avaliação tátil dos modelos tridimensionais no expositor
Professor Máximo interage com os modelos tridimensionais expostos, avaliando sua disposição e acesso



Fonte: Acervo pessoal do autor

Quanto ao tamanho do mobiliário, considerou a estrutura e sua altura adequada, mas sugeriu a inclusão de mais uma gaveta e o alargamento das mesmas, muito por conta de turmas grandes com 35 a 40 alunos. Essa ampliação permitiria maior número de modelos e atenderia melhor o uso coletivo de uma turma, além de possivelmente precisar de dois desses expositores em uma mesma sala, um em cada lado da sala de aula, para que todos os alunos sejam atendidos.

Figura 41 – Considerações sobre a dimensão das gavetas

Professor Máximo comenta sobre o tamanho das gavetas do expositor, sugerindo que poderiam ser um pouco maiores para acomodar mais material



Fonte: Acervo pessoal do autor

A altura e a disposição dos modelos, tanto nas gavetas quanto no compartimento superior, foi considerada adequada pelo avaliador. O professor compreendeu com facilidade a função do expositor, destacando que a clareza do layout ajudou. O uso das rodas é algo vantajoso para seu uso dentro e fora da sala de aula — onde a movimentação de móveis muitas vezes é necessária, seja por conta de uma reunião ou atividade escolar, comentou ele.

Visualmente, o expositor também foi bem recebido pelo professor. Ele afirmou que o forma transmite a ideia de um produto educativo e moderno, que ajuda a criar um novo imaginário sobre o ambiente escolar. Ele comentou: “Sim, o ambiente escolar tem se reinventado muito desde a minha época de estudante, então você ter objetos assim é muito importante para essa nova maneira que o aluno vai enxergar a sala de aula”.

Figura 42 – Considerações sobre posicionamento em um ambiente escolar

Professor Máximo demonstra como poderia interagir com o expositor em sala de aula, considerando a disposição do mobiliário no ambiente escolar em relação aos aluno



Fonte: Acervo pessoal do autor

Em termos de melhorias, sugeriu maior aproveitamento de espaços ainda não utilizados — como a base do móvel — que poderia comportar uma gaveta adicional. Ressaltou que no ensino público, onde recursos são escassos, é importante que cada espaço do mobiliário tenha função prática. Por fim, recomendou uma atenção especial ao letreiro, sugerindo que ele seja mais chamativo, possivelmente com uso de cores, para atrair ainda mais a atenção dos alunos.

Figura 43 – Sugestão de melhorias no letreiro

Professor Máximo segura o letreiro do expositor e propõe que ele seja mais chamativo, indicando que o uso de cores pode ajudar a captar melhor a atenção



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 44 – Considerações sobre a funcionalidade do letreiro

Professor Máximo comentando do letreiro do expositor e propõe que ele seja mais chamativo, indicando que o uso de cores pode ajudar a captar melhor a atenção dos alunos em sala de aula



Fonte: Acervo pessoal do autor

O segundo teste de validação foi realizado com a Sra. Marta, moradora da mesma vila que o autor, e que possui baixa visão. Por representar um público diretamente beneficiado pelas estratégias de acessibilidade propostas pelo projeto, sua participação foi essencial para avaliar a legibilidade visual, o conforto tátil e a clareza de uso do expositor.

De modo geral, ela relatou que a experiência com o expositor foi bastante positiva. As gavetas foram consideradas confortáveis de manusear, com abertura fluida e sem dificuldade para acessar os modelos didáticos. Segundo ela, o tamanho da mobília também se mostrou adequado, especialmente em relação às dimensões dos modelos tridimensionais armazenados — que se acomodaram bem no interior das gavetas.

Figura 45 – Interação visual com o expositor

Avaliadora observa os modelos coloridos expostos na parte superior do mockup



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 46 – Observação através da tampa de acrílico
Avaliadora examina os modelos posicionados atrás da tampa de acrílico



Fonte: Acervo pessoal do autor

A participante destacou que o contraste entre a cor branca do expositor e os modelos coloridos ajudou bastante na visualização dos modelos coloridos, contribuindo para uma percepção de limpeza e organização. Em sua avaliação, o expositor tem um aspecto bonito e funcional. Ela também destacou que o móvel poderia ser bem aproveitado em bibliotecas ou espaços de recepção em museus.

Figura 47 – Interação com os modelos didáticos

Avaliadora manuseia os modelos armazenados na gaveta, testando a acessibilidade e a facilidade de acesso ao conteúdo



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 48 – Interação com a gaveta e os modelos didáticos
Avaliadora manuseia os modelos armazenados na gaveta inferior, testando a acessibilidade e a facilidade de acesso ao conteúdo



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 50 – Interação com o letreiro do expositor
Avaliadora interage com o letreiro do expositor



Fonte: Acervo pessoal do autor

Em suma, o feedback da participante reforçou de maneira evidente a importância de incluir sinalizações claras e perceptíveis sobre quais áreas do expositor podem ser tocadas ou manipuladas. Esse tipo de orientação é especialmente crucial quando se trata de usuários com alguma deficiência visual, que muitas vezes dependem de pistas táteis ou visuais de alto contraste para navegar e interagir com objetos no ambiente.

A falta dessas indicações pode causar dúvida ou receio no uso, como aconteceu quando a participante hesitou em mexer em uma parte do expositor até saber que podia explorar. Garantir que o usuário se sinta à vontade para explorar o objeto sozinho é essencial para promover autonomia. Por isso, incluir futuramente, elementos como etiquetas táteis, relevos ou contrastes visuais mais evidentes, podem melhorar a interação com o produto.

11. Projeções Futuras e Possibilidades de Aprimoramento

A partir dos testes de validação, foram identificadas possibilidades de aprimoramento do expositor, tanto em sua funcionalidade quanto na adaptação a diferentes contextos de uso.

Durante a ideação, considerou-se uma estrutura modular, que facilitaria o transporte e a adaptação do mobiliário em exposições itinerantes ou espaços com pouca infraestrutura. Embora não tenha sido implementada, essa solução segue como alternativa viável para futuros desdobramentos.

A escolha do MDF de 15 mm mostrou-se vantajosa em custo e corte, mas apresenta limitações quanto à umidade e exposição solar. O acrílico, por sua vez, pode amarelar e deformar com o tempo. Assim, recomenda-se testar materiais como MDF naval ou compensado tratado para garantir maior durabilidade.

Na interação com o expositor, surgiram dúvidas quanto à manipulação da tampa de acrílico. Isso evidencia a necessidade de sinalizações visuais ou táteis que orientem o uso. Já o uso de ímãs como sistema de fechamento deve ser reavaliado, pois pode causar desconforto tátil, especialmente em pessoas com deficiência visual. Para proteção dos modelos, é importante considerar travas simples que impeçam o acesso indevido sem comprometer a usabilidade. A inclusão de alças também pode facilitar o transporte, além de tornar mais prática a abertura das gavetas e da tampa.

A locomoção do pedestal pode ser aprimorada com a inclusão de alças que facilitem o transporte, abertura das gavetas e da tampa acrílica. Esses elementos, ainda ausentes no mockup, são relevantes para a rotina escolar e para o uso em exposições.

Por fim, o letreiro pode ser redesenhado para se tornar mais visível e chamativo, utilizando maior dimensão ou cores contrastantes que facilitem sua leitura e atraiam a atenção dos usuários.

12. Considerações Finais

Os resultados deste projeto confirmam a viabilidade de desenvolver um mobiliário funcional que integre, de maneira eficiente, as funções de exposição e armazenamento de modelos tridimensionais. O produto final responde a uma demanda prática observada durante as experiências de campo e de iniciação tecnológica. Ainda que o objeto construído se trate de um mockup, a proposta já demonstra potencial real de aplicação em contextos educacionais e expositivos.

Mais do que uma solução funcional, o projeto propõe um caminho possível para a democratização do ensino de ciências por meio do design e da acessibilidade. O desenvolvimento desse tipo de mobiliário educativo pode incentivar a produção de materiais acessíveis em escala institucional, reforçando o papel do design como agente de transformação social.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BAXTER, Mike. *Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos*. São Paulo: Blucher, 2011.

BELCHER, Michael. *Organización y diseño de exposiciones: su relación con el museo*. Gijón, Espanha: Ediciones Trea, 1994.

BONSIEPE, Gui. *Design como prática de projeto*. 1. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2012.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. *Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004*. Regulamenta as Leis nº 10.048, de 8 de novembro de 2000, e nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 3 dez. 2004.

BRASIL. *Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015*. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF: Presidência da República, 2015.

CHELINI, M.-J. E.; LOPES, S. G. B. de C. Exposições em museus de ciências: reflexões e critérios para análise. *Anais do Museu Paulista*, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 205–238, 2008.

HE, Zhengzhe. Application of 3D printing, sensor and artificial intelligence technology in Braille field. *ACE*, [S.l.], v. 11, p. 76–80, 2023.

MACE, R.; HARDIE, G.; PLACE, J. Accessible environments: Toward universal design. *Universal Design: Housing for the Lifespan of All People*, v. 1, n. 2, p. 13–16, 1991.

MASSARANI, Luísa Medeiros; ALVES, Juliana Passos. A visão de divulgação científica de José Reis. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 71, n. 1, p. 56–59, 2019.

Bibliografia Complementar

AIDAR, Gabriela. Acessibilidade em museus: ideias e práticas em construção. *Revista Docência e Cibercultura*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 155–175, 2019. DOI: <https://doi.org/10.12957/redoc.2019.39810>. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/re-doc/article/view/39810>. Acesso em: 3 set. 2024.

BERSCH, Rita. *Introdução à tecnologia assistiva*. Porto Alegre: Tecnologia e Educação, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. *Grafia Braille para a Língua Portuguesa*. 3. ed. Brasília, DF: MEC, 2018. 95 p.

COOK, A. M.; HUSSEY, S. M. *Assistive technologies: Principles and practice*. St. Louis: Elsevier Health Sciences, 2002.

HÉROUX, M. E. et al. Proprioception: a new look at an old concept. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, v. 132, n. 3, p. 811–814, 2022.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Experimentoteca do CDCC: Centro de Divulgação Científica e Cultural*. São Carlos: Universidade de São Paulo, [s.d.]. Disponível em: <https://cdcc.usp.br>. Acesso em: 15 ago. 2024.

Webgrafia

CENTRO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E CULTURAL. CDCC tem biblioteca de experimentos para empréstimos a escolas. Disponível em: <https://saocarlos.usp.br/cdcc-tem-biblioteca-de-experimentos-para-emprestimos-a-escolas/>. Acesso em: 15 ago. 2024.

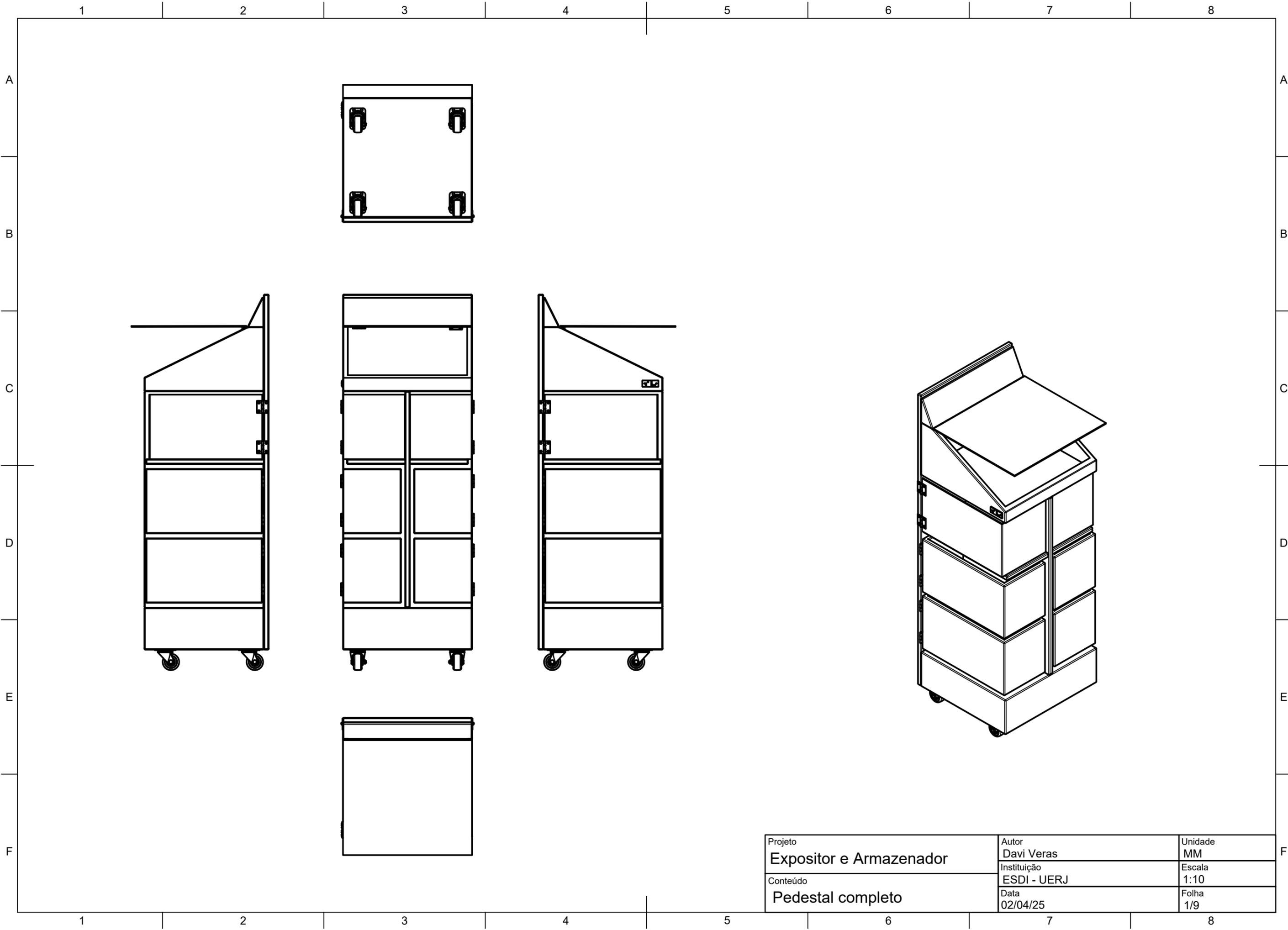
ESDI. Frank Anthony Barral Dodd. Disponível em: <https://www.esdi.uerj.br/esdianos/316/frank-anthony-barral-dodd>. Acesso em: 22 mai. 2024.

GOVERNO DO BRASIL. Dia Mundial da PI terá programação inédita sobre inovação e direitos sobre criações humanas. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/central-de-conteudo/noticias/ccbb-rj-recebe-programacao-inedita-sobre-inovacao-e-direitos-sobre-criacoes-humanas>. Acesso em: 10 mai. 2024.

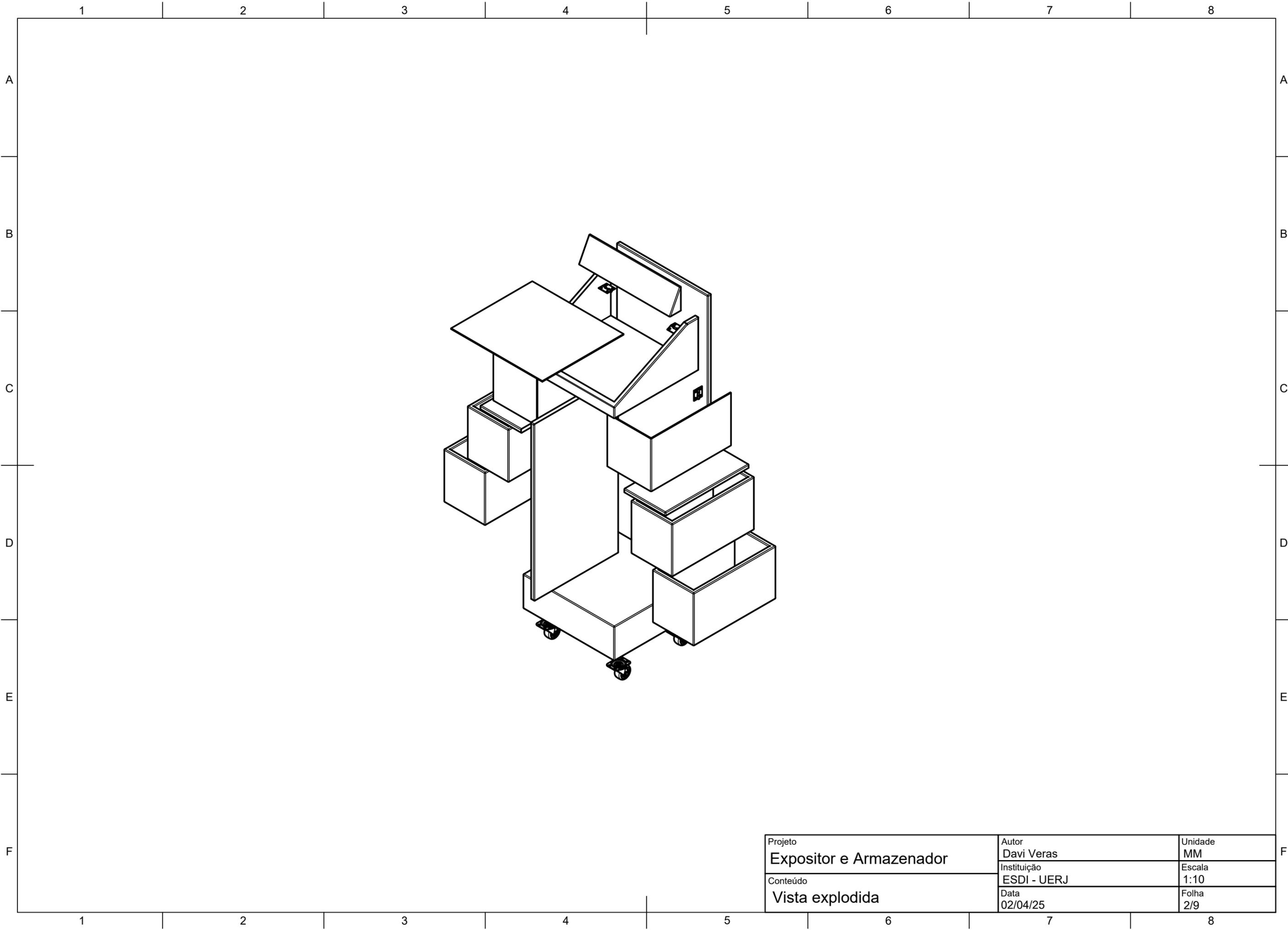
INSTITUTO DE QUÍMICA DA UFRJ. Ricardo Cunha Michel. Disponível em: <https://www.iq.ufrj.br/social/ricardo-cunha-michel/>. Acesso em: 7 mai. 2024.

NÚCLEO DE CIÊNCIAS. Experimentoteca. Universidade Federal do Espírito Santo.
Disponível em: <https://nucleociencias.ufes.br/galeria/experimentoteca>. Acesso em:
15 ago. 2024.

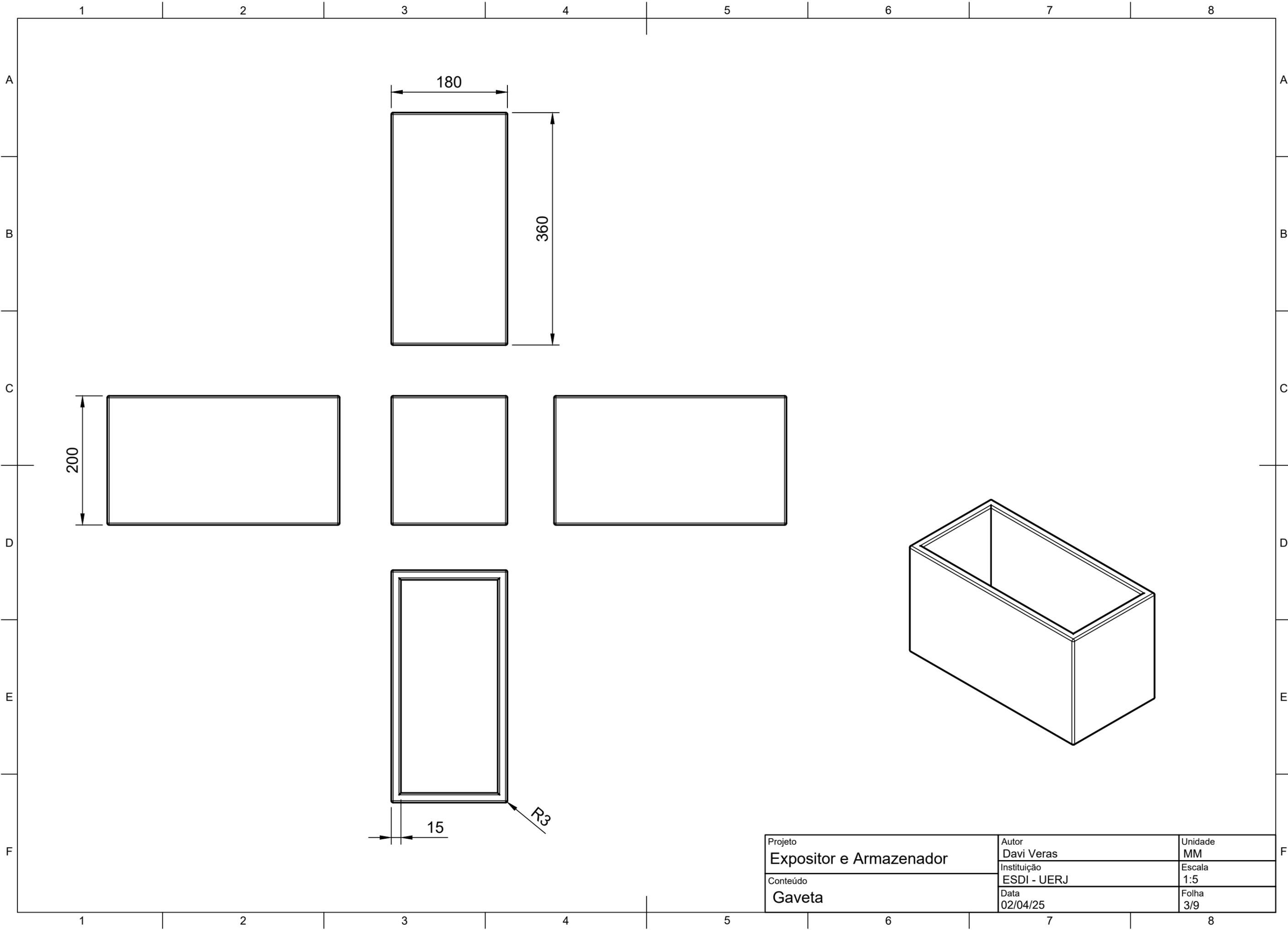
DESENHOS TÉCNICOS



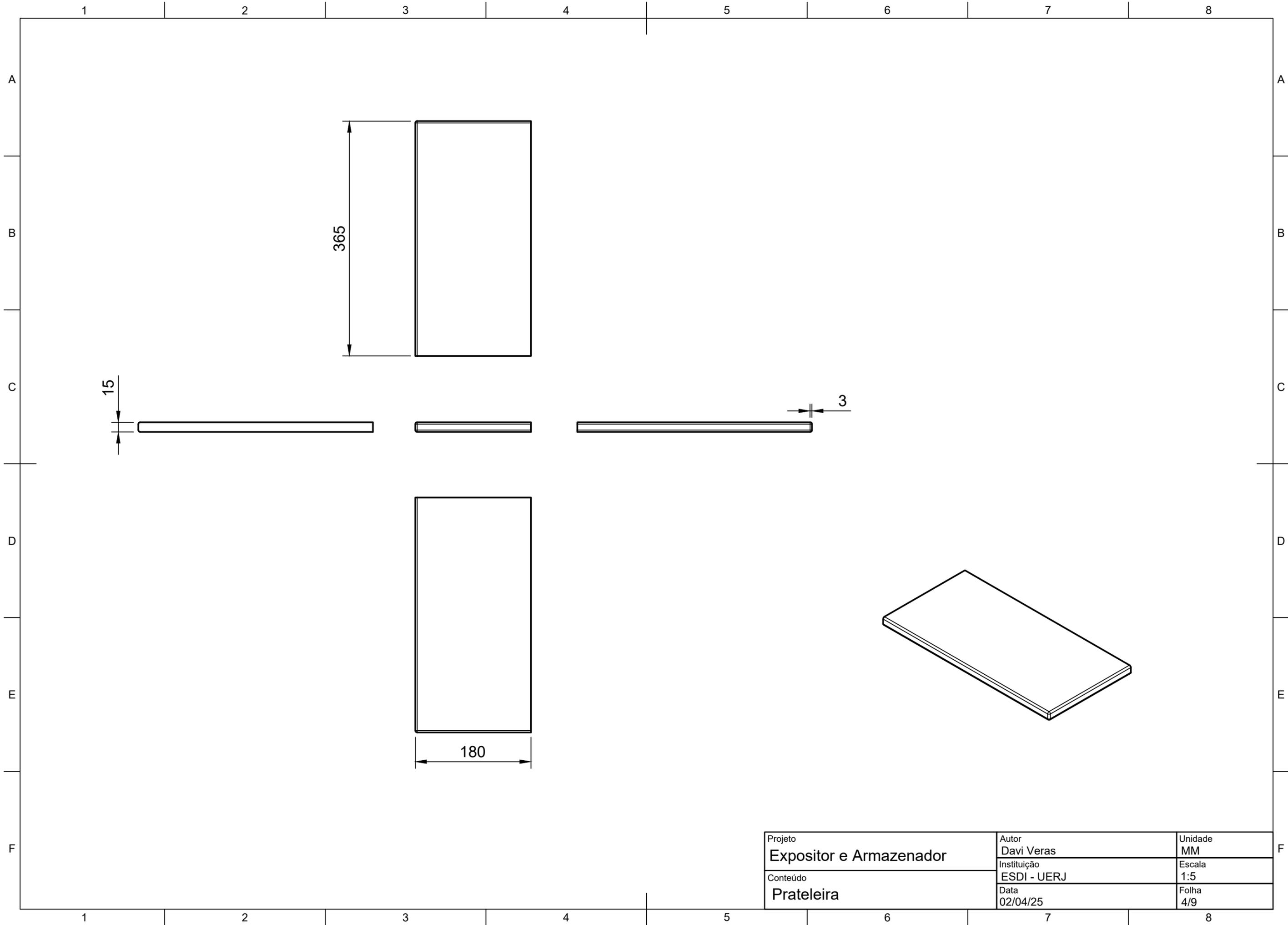
Projeto	Autor	Unidade
Expositor e Armazenador	Davi Veras	MM
Conteúdo	Instituição	Escala
Pedestal completo	ESDI - UERJ	1:10
	Data	Folha
	02/04/25	1/9



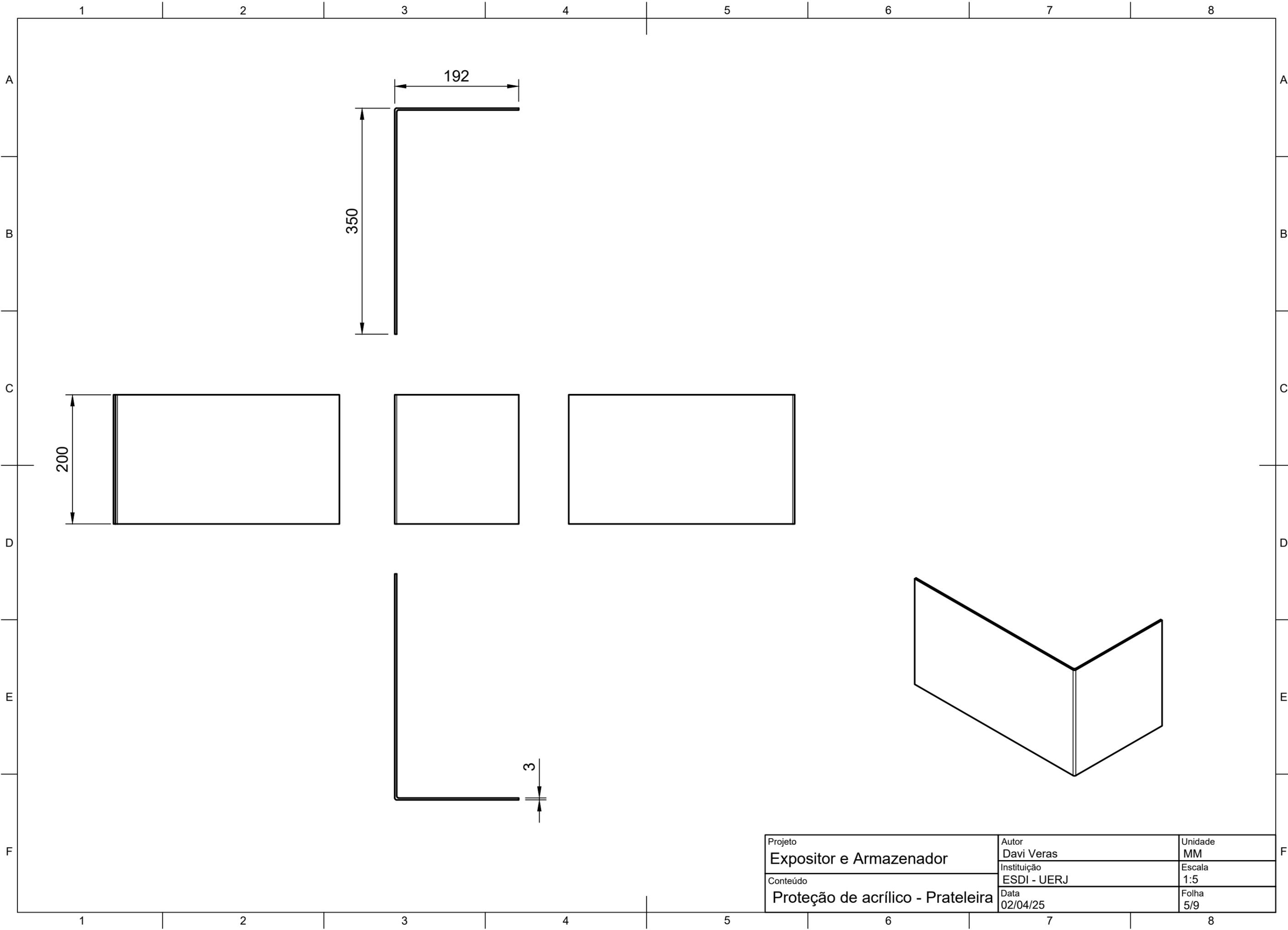
Projeto	Autor	Unidade
Expositor e Armazenador	Davi Veras	MM
Conteúdo	Instituição	Escala
Vista explodida	ESDI - UERJ	1:10
	Data	Folha
	02/04/25	2/9



Projeto	Autor	Unidade
Expositor e Armazenador	Davi Veras	MM
Conteúdo	Instituição	Escala
Gaveta	ESDI - UERJ	1:5
	Data	Folha
	02/04/25	3/9



Projeto	Autor	Unidade
Expositor e Armazenador	Davi Veras	MM
Conteúdo	Instituição	Escala
Prateleira	ESDI - UERJ	1:5
	Data	Folha
	02/04/25	4/9



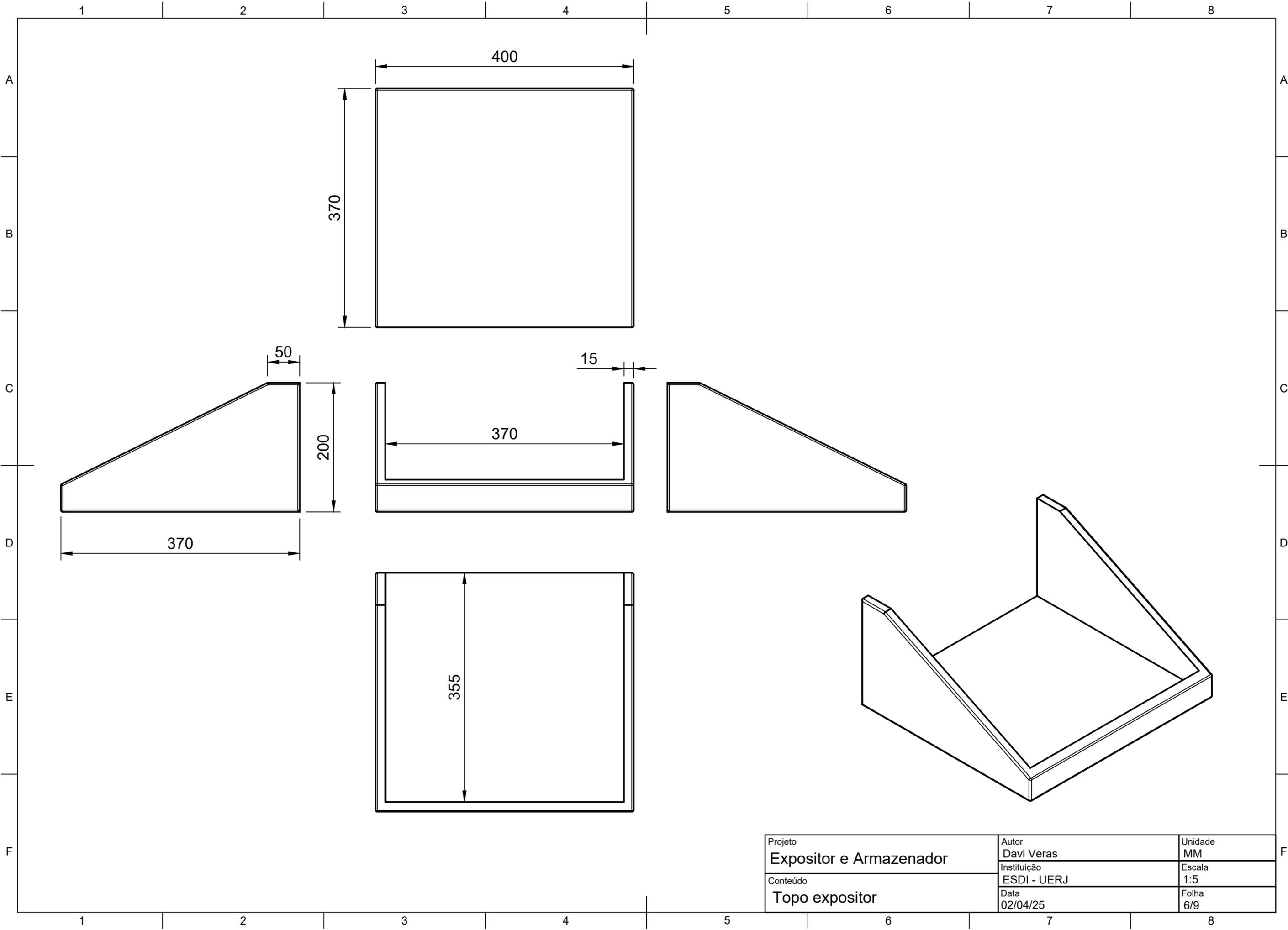
200

350

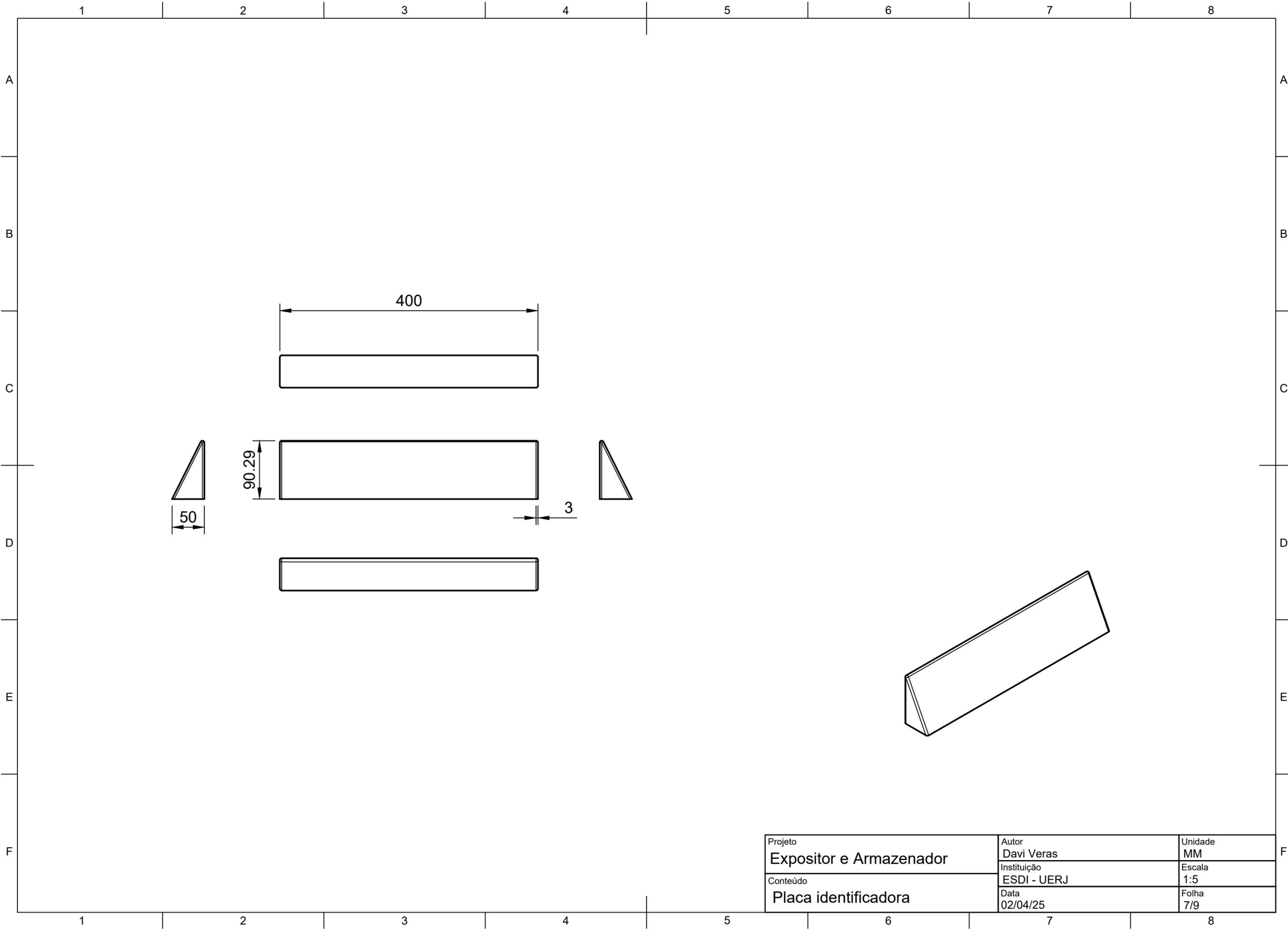
192

3

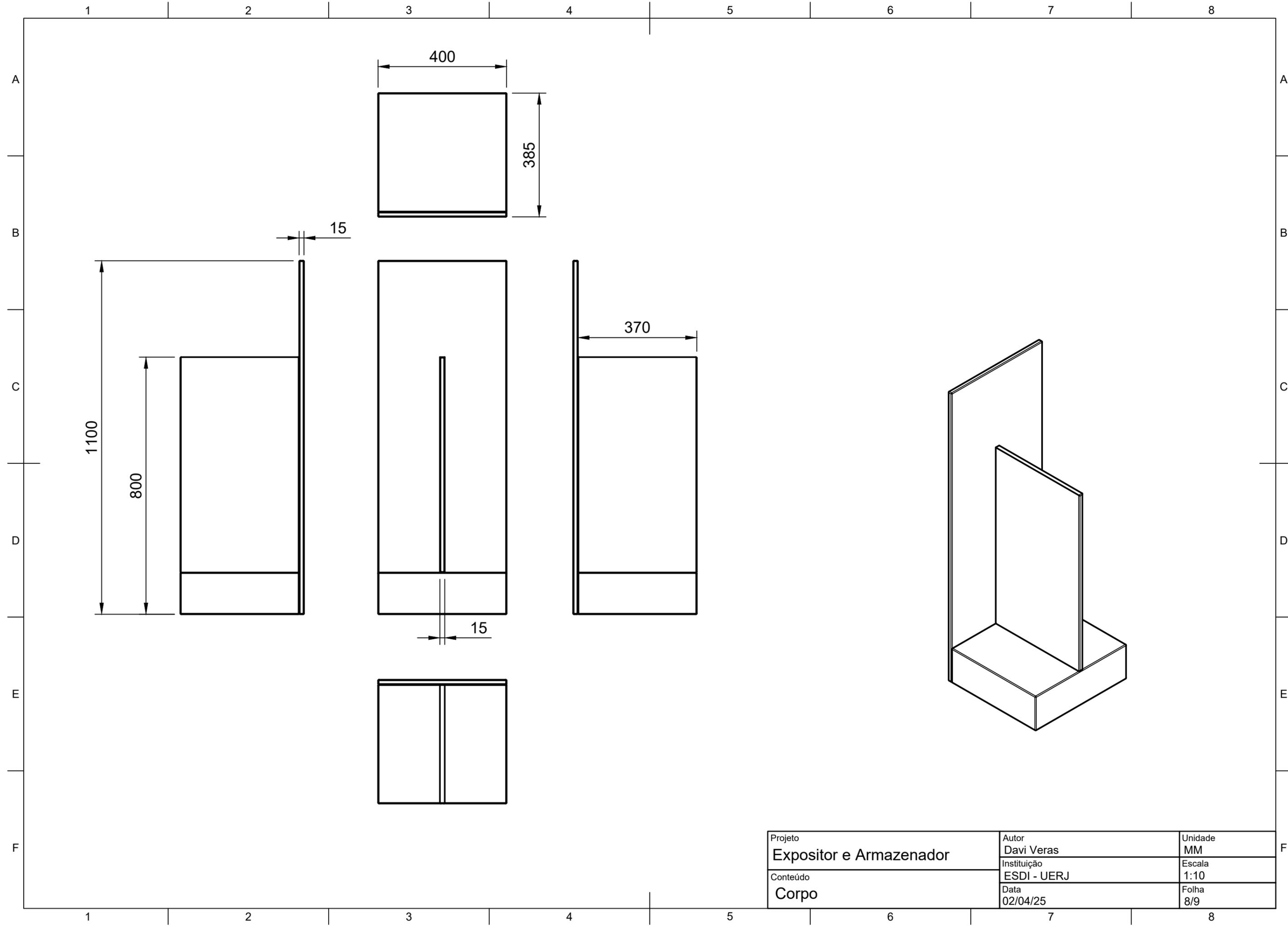
Projeto	Autor	Unidade
Expositor e Armazenador	Davi Veras	MM
Conteúdo	Instituição	Escala
Proteção de acrílico - Prateleira	ESDI - UERJ	1:5
	Data	Folha
	02/04/25	5/9



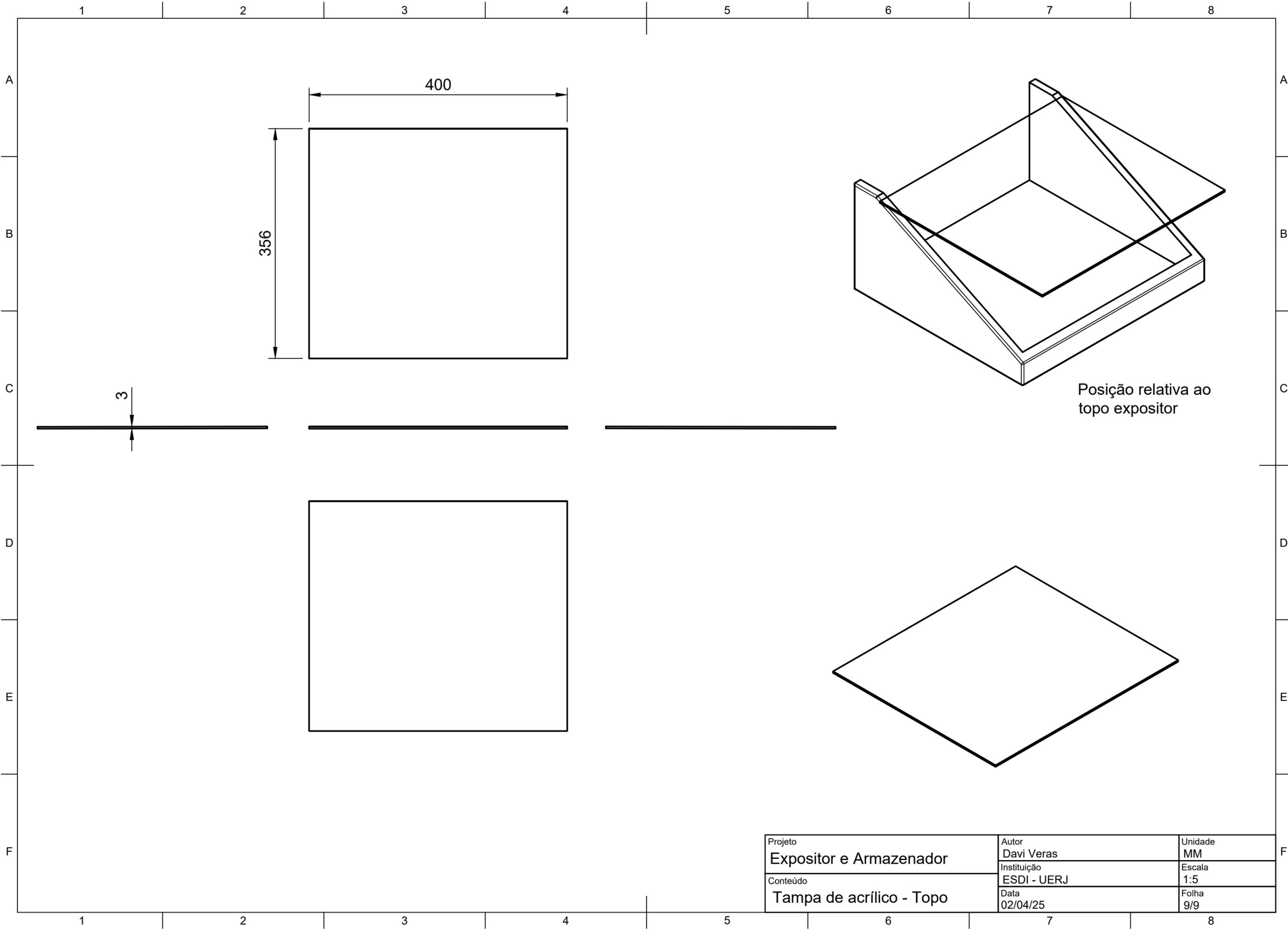
Projeto	Autor	Unidade
Expositor e Armazenador	Davi Veras	MM
Conteúdo	Instituição	Escala
Topo expositor	ESDI - UERJ	1:5
	Data	Folha
	02/04/25	6/9



Projeto	Autor	Unidade
Expositor e Armazenador	Davi Veras	MM
Conteúdo	Instituição	Escala
Placa identificadora	ESDI - UERJ	1:5
	Data	Folha
	02/04/25	7/9



Projeto	Autor	Unidade
Expositor e Armazenador	Davi Veras	MM
Conteúdo	Instituição	Escala
Corpo	ESDI - UERJ	1:10
	Data	Folha
	02/04/25	8/9



Posição relativa ao
topo expositor

Projeto	Autor	Unidade
Expositor e Armazenador	Davi Veras	MM
	Instituição	Escala
Conteúdo	ESDI - UERJ	1:5
Tampa de acrílico - Topo	Data	Folha
	02/04/25	9/9