UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN

DEPARTAMENTO DE DESIGN

ORiPLA: Experimentação em Desenvolvimento de Embalagens de Impressão 3D a partir de Princípios de Origami

Luís Felipe Rodrigues Negro

Bauru

2026

Luís Felipe Rodrigues Negro

ORiPLA: Experimentação em Desenvolvimento de Embalagens de Impressão 3D a partir de Princípios de Origami

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca examinadora da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Campus de Bauru - Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, como requisito parcial para obtenção do título de BACHAREL em Design, sob a orientação da Profa. Dra. Thaís Regina Ueno Yamada.

Bauru

2026

Negro, Luís Felipe Rodrigues
ORiPLA : Experimentação em Desenvolvimento de Embalagens de Impressão 3D a partir de Princípios de Origami / Luís Felipe Rodrigues Negro. - Bauru, 2026
Total de folhas: 38

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Design)- Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Artes, Arquitetura, Comunicação e Design (FAAC), Bauru
Orientadora: Thaís Regina Ueno Yamada

1. Origami. 2. Impressão 3D. 3. Design contemporâneo. 4. Embalagem. 5. Dobras. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Artes, Arquitetura, Comunicação e Design (FAAC). II. Título

LUÍS FELIPE RODRIGUES NEGRO

ORiPLA

EXPERIMENTAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS DE IMPRESSÃO 3D A PARTIR DE PRINCÍPIOS DE ORIGAMI

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru, para obtenção do título de Bacharel em Design.

Data da defesa: 28/11/2025

Banca Examinadora:

_____

Prof. Dra. Thaís Regina Ueno Yamada
UNESP - Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design - Campus de Bauru

_____

Prof. Dra. Vânia Cristina Pires Nogueira Valente
UNESP - Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design - Campus de Bauru

_____

Prof. Ma. Gabriela Simão Dias
UNESP - Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design - Campus de Bauru

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha mãe, por todo apoio e paciência. Por ter acreditado em mim quando eu mesmo duvidava. Por ter aguentado a saudade por todos esses anos para que eu conquistasse meus sonhos. Por ter estado comigo em todos os momentos, mesmo apesar da distância. Ela fez o melhor que pôde por mim desde que soube da minha existência. Nunca mediu esforços para me ver feliz. E foi todo esse amor que me tornou no que sou hoje.
Mãe, talvez eu nunca consiga encontrar palavras suficientes para agradecer por tudo o que você fez e continua fazendo por mim. Por isso, gostaria de dedicar a você um pequeno trecho de The Best Day, de Taylor Swift, que sempre me faz pensar em nós:

"Agora eu sei porque todas as árvores mudam no outono
E sei que você estava ao meu lado
Mesmo quando eu estava errado
E eu te amo por ter me dado os seus olhos
Por ter me apoiado nos bastidores para me ver brilhar."

Agradeço também à Maisa, que tanto me ajudou nesse longo processo, compartilhando comigo seus conhecimentos, sua sabedoria e sua amizade verdadeira. Uma amizade sem igual. Sem ela, nada disso teria sido possível. Como minha mãe já me disse: eu tenho mesmo muita sorte de ter essa amiga.

Agradeço à Ana, à Ayla, à Carol, à Dressa, à Gi, à Helô, à Luísa, ao Lucas, ao Maui e à Naju, que me acompanharam em tantos momentos, com quem passei por dificuldades e conquistas, e que sempre torceram por mim e pelo meu sucesso.

Agradeço aos amigos que fiz recentemente: Bianca, Guino, Kelly, Luan, Luanna, Luna, Melissa, Nissin, Sayuri, Sofia, Tris; eles estiveram comigo durante essa caminhada e me acolheram nos momentos em que mais precisei. Me distraíram e me divertiram. Tornaram meu dia a dia mais leve e alegre. Mas também cobraram meu esforço quando necessário. Nunca soltaram minha mão. E eu não sei se teria chegado até aqui se não os tivesse ganhado em minha vida.

Agradeço às companhias do LabDesign, que se tornou o meu lugar favorito nos últimos meses. Um lugar de aprendizado, inspiração, colaboração e boas vivências, tudo graças às pessoas que o fazem. Sentirei muita saudade.

Agradeço também aos meus professores, que contribuíram para minha formação não apenas como designer, mas como pessoa. Em especial, à minha orientadora, a Profa. Dra. Thaís Regina Ueno Yamada, pela orientação, paciência, dedicação e por ter acompanhado o desenvolvimento deste trabalho, contribuindo para que ele saísse do papel e ganhasse vida.

Agradeço à banca, Profa. Gabriela Simão Dias e Profa. Dra. Vânia Cristina Pires Nogueira Valente, com quem aprendi muito mais do que conteúdo didático, pela disposição de presenciar este momento tão importante em minha trajetória.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma maneira, fizeram parte dessa caminhada. Aos que estiveram presentes nos grandes momentos e também àqueles que tornaram os pequenos dias mais especiais. Este trabalho representa não apenas o encerramento de uma etapa acadêmica, mas também o resultado de todos os encontros, aprendizados, afetos e experiências que vivi ao longo desses anos.

A todos vocês, meu mais sincero obrigado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Placas de origami em PLA.....19
Figura 2: Aquecimento da placa com secador de cabelo seguida da dobra da placa com leve pressão dos dedos.....20
Figura 3: Protótipo 1, em papel offset.....21
Figura 4: Protótipo 2, em papelão.....22
Figura 5: Desenho da peça principal, no software Fusion 360.....23
Figura 6: Desenho das portas, no software Fusion 360.....24
Figura 7: Desenho do triângulo 1, no software Fusion 360.....24
Figura 8: Desenho do triângulo 2, no software Fusion 360.....25
Figura 9: Desenho do triângulo 3, no software Fusion 360.....25
Figura 10: Desenho do triângulo 4, no software Fusion 360.....26
Figura 11: Modelagem da peça principal, no software Fusion 360.....26
Figura 12: Modelagem das portas, no software Fusion 360.....27
Figura 13: Modelagem do triângulo 1, no software Fusion 360.....27
Figura 14: Modelagem do triângulo 2, no software Fusion 360.....27
Figura 15: Modelagem do triângulo 3, no software Fusion 360.....28
Figura 16: Modelagem do triângulo 4, no software Fusion 360.....28
Figura 17: Detalhe dos furos das dobradiças, desenvolvido no software Fusion 360.....29
Figura 18: Identidade visual: logo.....29
Figura 19: Caixa impressa em PLA: a) Caixa impressa fechada; b) Caixa impressa aberta; c) Caixa impressa fechada, visão diagonal; d) Caixa impressa fechada, visão superior; e) Detalhe do furo das dobradiças, preenchido com filamento de PLA; f) Detalhe do logo desenvolvido.....30
Figura 20: Manual de Instruções de Montagem, desenvolvido no Adobe Illustrator.....34
Figura 21: a) Caixa impressa fechada, visão frontal; b) Caixa impressa aberta, visão frontal; c) Detalhe da abertura da caixa, com mecanismo de dobra.....35

RESUMO: Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta uma experimentação voltada ao desenvolvimento de uma embalagem produzida por impressão 3D, a partir da aplicação de princípios do origami no processo de criação e configuração de objetos tridimensionais duráveis. A pesquisa investiga as possibilidades de integração entre técnicas tradicionais de dobradura e tecnologias contemporâneas de fabricação, tendo como foco a utilização do PLA, um bioplástico, como material para a construção de uma estrutura capaz de incorporar dobras como elementos funcionais. A partir da experimentação prática, foram exploradas as características do material e do processo de impressão 3D, bem como as possibilidades de aplicação de princípios de dobra na configuração da embalagem. Como resultado, foi desenvolvido um modelo de embalagem em PLA cuja abertura e fechamento são realizados por meio de um sistema baseado em dobradiças. O projeto evidencia o potencial da aproximação entre os princípios do origami e a fabricação digital no desenvolvimento de soluções de design que conciliem aspectos funcionais, estruturais e formais. Dessa maneira, a pesquisa contribui para a exploração de novas possibilidades de aplicação da impressão 3D no desenvolvimento de embalagens, valorizando a dobra como recurso de projeto e como elemento capaz de integrar estrutura, funcionamento e estética em um único produto.

Palavras - Chave
Origami; impressão 3D; design contemporâneo; embalagem; dobras.

ABSTRACT: This undergraduate course Final Project presents an experimental approach to the development of a 3D-printed package based on the application of origami principles in the creation and configuration of durable three-dimensional objects. The research investigates the possibilities of integrating traditional folding techniques with contemporary manufacturing technologies, focusing on the use of PLA, a bioplastic, as a material for constructing a structure capable of incorporating folds as functional elements. Through practical experimentation, the characteristics of the material and the 3D printing process were explored, as well as the possibilities of applying folding principles to the configuration of the package. As a result, a PLA packaging model was developed in which opening and closing mechanisms are based on hinges. The project demonstrates the potential of bringing together origami principles and digital fabrication in the development of design solutions that combine functional, structural, and formal aspects. Thus, the research contributes to the exploration of new possibilities for applying 3D printing to packaging development, highlighting folding as a design resource and as an element capable of integrating structure, functionality, and aesthetics into a single product.

KeyWords
Origami; 3D printing; contemporary design; packaging; folding.

SUMÁRIO

1. Introdução.....12
1.1. Objetivo Geral..... 13
1.2. Objetivos Específicos..... 13
1.3. Justificativas..... 14
2. Fundamentação Teórica..... 14
2.1. Origamis..... 14
2.2. O Origami em outras áreas..... 16
2.3. Impressão 3D..... 17
2.4. Embalagens..... 17
3. Metodologia..... 18
4. Desenvolvimento..... 19
4.1. Primeiro Experimento..... 19
4.1.1. Pontos Positivos..... 20
4.1.2. Pontos Negativos..... 20
4.2. Experimento Final..... 20
4.2.1. Primeiro protótipo..... 21
4.2.2. Segundo protótipo..... 21
4.3. Modelagem..... 22
4.3.1. Desenhos técnicos..... 23
4.3.2. Processo da Modelagem..... 26
4.4. Identidade visual: Logo..... 29
4.5. Impressão e Montagem..... 30
4.6. Manual de instruções de montagem..... 33
5. Resultados..... 34
5.1. Embalagem desenvolvida..... 34
5.2. Modelo para reprodução da embalagem..... 35
5.3. Manual de instruções de montagem..... 36
6. Conclusão..... 36
REFERÊNCIAS..... 38

1. Introdução

No cenário da evolução das tecnologias de fabricação e dos processos criativos, sobretudo no design, a funcionalidade, sustentabilidade e inovação tornam-se princípios de crescente importância no desenvolvimento de produtos. A busca pelo novo, em muitos casos, porém, envolve o resgate do passado, a mescla entre o contemporâneo e o tradicional.

Diante disso, a tradição japonesa do origami surge como uma possibilidade de inovação, entre outros, no âmbito do design, como explica Wang (2023):

> A arte de origami consiste em dobrar uma folha plana para formar uma estrutura tridimensional (3D) sem a necessidade de cortes ou uso de aderentes. Nos últimos anos, essa técnica tem despertado grande interesse nas áreas de estruturas espaciais implantáveis, metamateriais funcionais e robótica flexível. [...] A origem dessas propriedades singulares se dá pela disposição racional de vincos e painéis. Até o momento, a otimização baseada em origami tem se concentrado principalmente no ajuste de tamanho, da forma e do método de montagem de padrões de vincos típicos, visando atender certos parâmetros ou aprimorar performances já existentes (Tradução própria).

Um outro destaque se dá no processo de criação de embalagens. Sua capacidade de gerar formas tridimensionais sem a necessidade de cortes e emendas oferece eficiência, economia de material e otimização de recursos.

Paralelamente, a fabricação digital, especialmente por meio da impressão 3D, vem transformando os processos de desenvolvimento de produtos ao possibilitar a produção rápida de protótipos e peças com elevada liberdade geométrica, tornando acessível a fabricação personalizada e favorecendo a experimentação de diferentes geometrias e soluções construtivas.

> A integração da impressão 3D ao design industrial tem impulsionado a inovação em produtos, processos e estratégias de fabricação. Um dos principais avanços proporcionados por essa tecnologia é a prototipagem rápida (*rapid prototyping*), que reduz o tempo de desenvolvimento de produtos e permite a validação funcional e estética de projetos com maior agilidade. A capacidade

> de realizar iterações frequentes, com menor custo e maior precisão, representa uma ruptura com os métodos tradicionais de desenvolvimento de produtos (Bikas; Stavropoulos; Chryssolouris, 2016 *apud* Verissimo, 2025 (Tradução própria).

A aproximação entre os princípios do origami e as possibilidades oferecidas pela impressão 3D representa uma oportunidade para investigar novas formas, materiais e fins de conceber produtos dobráveis.

No contexto deste trabalho, os sistemas de articulação, advindos do origami, são empregados como estratégia projetual para possibilitar a construção de uma embalagem tridimensional funcional a partir de módulos impressos em 3D. Dessa forma, a combinação entre manufatura aditiva e estruturas articuladas busca reunir eficiência estrutural, racionalização do uso de material e durabilidade, alinhando-se a práticas contemporâneas do design. Na união de uma técnica tradicional, baseada em dobras e formas geométricas, com recursos tecnológicos contemporâneos, o projeto demonstra como o design pode reinterpretar conceitos clássicos, evidenciando o papel do designer como agente de inovação, capaz de criar novas experiências, ampliar possibilidades criativas e aproximar tradição e tecnologia e valorização e inovação.

1.1. Objetivo Geral

Este Trabalho de Conclusão de Curso se propõe a desenvolver experimentações acerca do uso de um novo material para a criação de origamis — o PLA —, visando a produção de uma embalagem dobrável, resistente e reproduzível em site de modelos de impressão 3D.

1.2. Objetivos Específicos

- Investigar a relação entre o origami e a impressão 3D por meio do desenvolvimento e da experimentação de peças impressas em PLA destinadas à realização de dobras controladas.
- Compreender como essa integração pode contribuir para o desenvolvimento de produtos inovadores, explorando as potencialidades da fabricação digital e dos princípios estruturais do origami como ferramentas para o design contemporâneo.

- Desenvolver um protótipo de uma caixa que reúna os conceitos estudados num produto durável e sustentável com uso de dobras.
- Disponibilizar um modelo 3D do protótipo, acompanhado de um manual de instrução de montagem, para a reprodução do projeto.

1.3. Justificativas

Durante a criação das peças, princípios como proporção, equilíbrio, composição e ergonomia são essenciais para desenvolver modelos visualmente atrativos e estruturalmente eficientes, destacando a função do design por todo o projeto. Além disso, o pensamento projetual do design é utilizado para adaptar as características do origami ao ambiente digital, considerando limitações, possibilidades da modelagem e da impressão 3D e alterações necessárias.

A escolha de materiais, acabamentos e cores também faz parte desse processo, pois influencia diretamente na estética, resistência e qualidade final das peças produzidas. Portanto, o design atua não apenas na aparência do objeto, mas também na sua usabilidade, durabilidade e viabilidade de produção.

Em contrapartida, a importância deste projeto para a área do design está justamente em mostrar como diferentes linguagens podem se integrar: ao combinar tradição artesanal e fabricação digital, o trabalho evidencia o papel do designer como agente de inovação, capaz de criar novas experiências, ampliar possibilidades criativas e aproximar tradição e tecnologia e valorização e inovação.

2. Fundamentação Teórica

Para o desenvolvimento deste trabalho, quatro âmbitos foram estudados:
- Origamis - história e princípios;
- O uso de Origamis em diversas áreas;
- Impressão 3D - formas de uso, possibilidades e limitações;
- Embalagens - sua ligação com Design e dobras.

2.1. Origamis

Origami é a arte tradicional de se criar formas tridimensionais a partir de superfícies planas sem o uso de cortes ou cola, apenas por meio de dobras. Utiliza-se, principalmente, o papel. A palavra vem do japonês: “*ori*” (dobrar) e “*kami*”

(papel). Essa prática combina técnica, precisão e criatividade, sendo ao mesmo tempo uma expressão artística e um exercício de raciocínio espacial.

O origami tem suas origens no Japão, por volta do século VI, após a introdução do papel (que, na verdade, foi inventado na China). As primeiras práticas de dobradura de papel no Japão estiveram associadas à confecção de embalagens para medicamentos e ervas, além de assumirem funções religiosas em rituais xintoístas. Ao longo do período Muromachi (1392–1572), as dobraduras passaram também a integrar práticas de etiqueta e de embalagem cerimonial, como o *noshi* e as representações de borboletas utilizadas em cerimônias de casamento, tradição que permanece até os dias atuais.

Nesse período, consolidou-se uma arte de embalagem que combinava papel dobrado e cordas coloridas, evidenciando a relação histórica entre a dobradura e as práticas cerimoniais e utilitárias. A tradição também foi registrada em importantes obras, como o *Senbazuru-origata* e o *Chushingura-origata*, publicados em 1797, e o Kan-no-mado, de 1845, que apresenta instruções para a realização de diferentes dobraduras.

Embora o termo “origami”, derivado de oru (dobrar) e kami (papel), remonte ao período Heian, seu significado e suas aplicações modificaram-se ao longo do tempo. Inicialmente empregado também como forma de escrita e registro, o origami passou, durante o período Edo (1603–1868), a ser utilizado na avaliação e autenticação de obras de arte e espadas, originando a expressão “com origami”. Assim, a prática da dobradura no Japão desenvolveu-se para além da representação de figuras, estabelecendo relações históricas com a embalagem, a etiqueta, a religião e outras práticas culturais.

A partir daí, a arte de dobrar papel difundiu-se amplamente, especialmente entre o final do período Edo (1867) e o período Taisho (1912–1926), quando aproximadamente 150 modelos foram desenvolvidos. A prática era tradicionalmente transmitida entre gerações, principalmente de pais para filhos, e posteriormente incorporada ao ensino infantil e escolar, passando a fazer parte da educação em jardins de infância, escolas primárias e colégios femininos a partir do início do século XIX.

Com a imigração japonesa para o Brasil, o origami também foi introduzido e preservado no país como parte dos costumes trazidos pelas famílias imigrantes. Entre esses imigrantes, destaca-se Takao Kamikawa, que chegou ao Brasil durante

a era Showa e trabalhou em cafezais na região de Bauru. Segundo relatos históricos, Kamikawa reunia crianças aos domingos na Fazenda Barracão, onde confeccionava diferentes figuras de origami utilizando folhas de jornais. Também recorria a referências de livros japoneses sobre cerimônias tradicionais para reproduzir dobraduras e ornamentos, como o noshi e o tsuru. Seu interesse pela prática incluía ainda a decoração de espaços com diversas figuras de tsuru, contribuindo para a transmissão do origami às novas gerações no contexto brasileiro.

Hoje, o origami é praticado no mundo todo, sendo valorizado tanto como arte quanto como ferramenta em áreas como design, matemática e engenharia. (História do Origami – Origami.club – Marketplace do Origami.)

2.2. O Origami em outras áreas

A técnica de origami aplicada à matemática ajuda a entender conceitos de geometria, proporção e simetria, e a resolver problemas complexos com dobras. De acordo com Kaili Chen (2005), o uso dos origamis por professores no ensino desses conceitos e do pensamento matemático para estudantes com dificuldades visuais e auditivas, em que eram desenvolvidas atividades manuais que tornavam a matemática palpável. Essas atividades manuais permitiam que os alunos construíssem a própria base de experimentação e solução de problemas relacionados a certos conceitos matemáticos e explorassem várias formas geométricas, dobrando e desdobrando os origamis criados.

Na engenharia, o origami é aplicado em tecnologias como painéis solares dobráveis, estruturas espaciais e dispositivos médicos. Segundo Mazzucchi (2017), o aumento da complexidade das formas geométricas na arquitetura exige métodos de fabricação mais elaborados e adaptáveis às especificidades de cada projeto. Nesse contexto, as estruturas modulares cinéticas apresentam-se como uma alternativa, uma vez que são constituídas por módulos articulados capazes de se movimentar e assumir diferentes configurações. O autor destaca ainda que, por serem reutilizáveis, adaptáveis e de fácil construção, essas estruturas apresentam potencial para a criação de sistemas cinemáticos, explorando propriedades características do origami rígido, como as observadas na tesselação triangular de Resch.

Já no design, a arte tradicional do origami inspira embalagens, móveis, produtos criativos, explorando formas dobráveis e economia de material.

2.3. Impressão 3D

Impressão 3D é uma tecnologia emergente que pode revolucionar a manufatura, as cadeias de produção, o design e o consumo de produtos. O PLA (Ácido Polilático), amplamente utilizado na impressão 3D, é um termoplástico biodegradável e renovável, derivado de fontes como milho e cana-de-açúcar. É rígido, versátil e de fácil usabilidade. Ideal para iniciantes, não exige mesa aquecida, tem baixo custo e alta estabilidade dimensional, sendo perfeito para protótipos e peças decorativas.

> Outro avanço significativo é o design generativo, um processo que utiliza algoritmos computacionais para gerar automaticamente formas otimizadas com base em restrições estruturais e funcionais. A impressão 3D permite materializar essas geometrias complexas, antes inviáveis pelos métodos tradicionais de fabricação (Krish, 2011; Tsai et al., 2020). Essa abordagem tem sido amplamente explorada na indústria aeroespacial e em produtos com alto desempenho estrutural, como calçados esportivos e componentes arquitetônicos (Verissimo, 2025 (Tradução própria)).

Por fim, um eixo de merecido destaque nos processos de produção com este tipo de tecnologia é a sustentabilidade. Fatores como a possibilidade de emprego de materiais recicláveis ou biodegradáveis, a redução de desperdícios e o menor consumo de energia revelam a integração da manufatura aditiva à economia circular e ao ecodesign (Woodson et al., 2019). A diminuição de estoques, o encurtamento das cadeias logísticas e a redução das emissões de carbono no transporte enfatizam ainda mais essa característica positiva (Huang et al., 2016).

2.4. Embalagens

As embalagens desempenham um papel essencial no design de produtos, exercendo funções que garantem a integridade do produto durante o transporte, armazenamento e uso, contribuem para a comunicação da marca, a experiência do usuário e a otimização dos processos logísticos. Portanto, o projeto estrutural da

embalagem torna-se um fator determinante para sua eficiência funcional, econômica e ambiental.

Entre as diferentes soluções estruturais, as embalagens dobráveis destacam-se pela capacidade de serem produzidas a partir de uma única peça plana, posteriormente conformada por meio de dobras. Esse princípio reduz a quantidade de componentes necessários para a montagem e, em muitos casos, elimina o uso de adesivos, grampos ou outros elementos de fixação. Como consequência, há a simplificação do processo produtivo, diminuição do tempo de montagem, economia de material e facilitação da reciclagem ao final da vida útil do produto.

Essa abordagem permite desenvolver soluções estruturais inovadoras, leves e eficientes, ampliando as possibilidades de aplicação em diferentes materiais e processos de fabricação, incluindo a impressão 3D.

No contexto deste trabalho, os sistemas de articulação são empregados como estratégia projetual para possibilitar a construção de uma embalagem tridimensional funcional a partir de módulos impressos em 3D. Dessa forma, a combinação entre manufatura aditiva e estruturas articuladas busca reunir eficiência estrutural, controle geométrico e racionalização do uso de material, alinhando-se a práticas contemporâneas de design e fabricação digital.

3. Metodologia

Utilizando-se da metodologia do Design do Diamante Duplo (Double Diamond), apresentada no site Design Council, o projeto seguiu certos passos definidos, mas não perfeitamente lineares, até o resultado final:

- Pesquisa teórica (Descobrir): Nesta primeira etapa do projeto, foi realizada uma pesquisa acerca da história do origami e sua usabilidade em diferentes áreas e uma busca de referências e modelos de embalagens com este mesmo princípio;
- Testes físicos (Definir): Durante esta fase, diferentes protótipos foram idealizados, com diferentes materiais, proporcionando um estudo mais aprofundado acerca das características e limitações de cada modelo;
- Solução prática (Desenvolver): A partir das alterações e adaptações necessárias descobertas ao longo do processo, houve o refinamento das

ideias iniciais, buscando solucionar todos os problemas encontrados para garantir a eficiência da modelagem final em software 3D;

- Desenvolvimento de produto (Entregar): A partir da modelagem, impressão, polimento e montagem final da peça, o projeto deu origem a uma caixa resistente, feita em PLA, com abas dobráveis que permitem sua abertura e fechamento.

4. Desenvolvimento

O desenvolvimento deste projeto contou com dois experimentos principais, cada um com seus protótipos, a partir dos quais conhecimentos sobre materiais, técnicas, possibilidades e limitações foram adquiridos para o progresso até o produto final.

4.1. Primeiro Experimento

O experimento inicial, que deu origem a este projeto, foi realizado anteriormente, em uma disciplina optativa lecionada pela Profª. Drª. Thaís Ueno Yamada, e consistia no uso do calor, a partir de um secador de cabelo, para dobrar uma placa fina e quadrada de PLA que simulava uma folha de papel de origami, como visto na figura 1, a seguir.

Figura 1: Placas de origami em PLA



Fonte: Desenvolvido pelos autores

Com o secador de cabelos Force Íon 220V da marca Salon Line Professional em uma mão e a placa de "origami" na outra, aquecia-se o material até que começasse a dobrar sem a aplicação de forças externas, apenas com a gravidade. Então, bastava usar de pouca força, com as mãos, para moldar a "folha" semi derretida como quisesse, como mostrado nas figuras a seguir.

Figura 2: Aquecimento da placa com secador de cabelo seguida da dobra da placa com leve pressão dos dedos.



Fonte: Desenvolvido pelos autores

4.1.1. Pontos Positivos

Com a temperatura adequada, o PLA se dobra facilmente, tornando-se maleável e se moldando sob pouca pressão, sem perder sua durabilidade.

4.1.2. Pontos Negativos

A dobradura feita com as mãos deveria ser realizada dentro de dez segundos, pois o material voltava à sua rigidez original rapidamente após esfriar. Era preciso aquecê-lo várias vezes até que se atingisse o formato “origami” esperado. E, portanto, o produto final era rígido, fixo.

4.2. Experimento Final

Com o amadurecimento das ideias, decidiu-se substituir a técnica do calor pelo uso de dobradiças na peça a ser dobrada, possibilitando a mobilidade de certas partes do objeto produzido: uma caixa que abre e fecha.

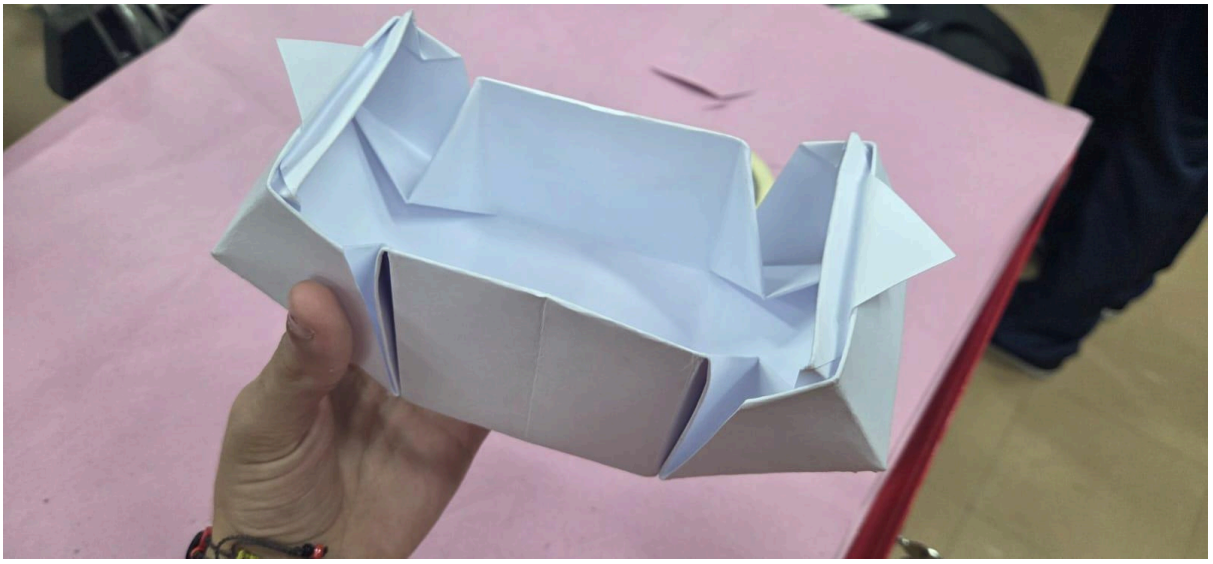
Ao invés de se imprimir apenas uma placa lisa 1:1 de PLA, a peça inteira foi modelada no software Fusion 360º e TinkerCAD, com os vincos se tornando separações e as dobradiças se integrando para formar os encaixes de cada pedaço. A junção das dobradiças é completa por um fio do próprio filamento (PLA), sem a necessidade de modelagem no Software 3D.

4.2.1. Primeiro protótipo

Feito em papel offset 90g/m², no primeiro protótipo visava-se aproveitar do método tradicional de origami para que cada dobra necessária fosse descoberta, mas já com certa sustentação, dada à maior espessura do papel.

Durante o desenvolvimento dos primeiros protótipos, notou-se que a peça a ser modelada no software deveria passar por algumas modificações. Ou seja: o produto final seria realizado de forma diferente do protótipo de origami tradicional, feito em papel, mas sua finalidade e usabilidade seriam mantidas. Para isso, foi realizado um novo protótipo, apresentado a seguir, em papel paraná, que simulava mais diretamente a rigidez do material final do produto.

Figura 3: Protótipo 1, em papel offset.



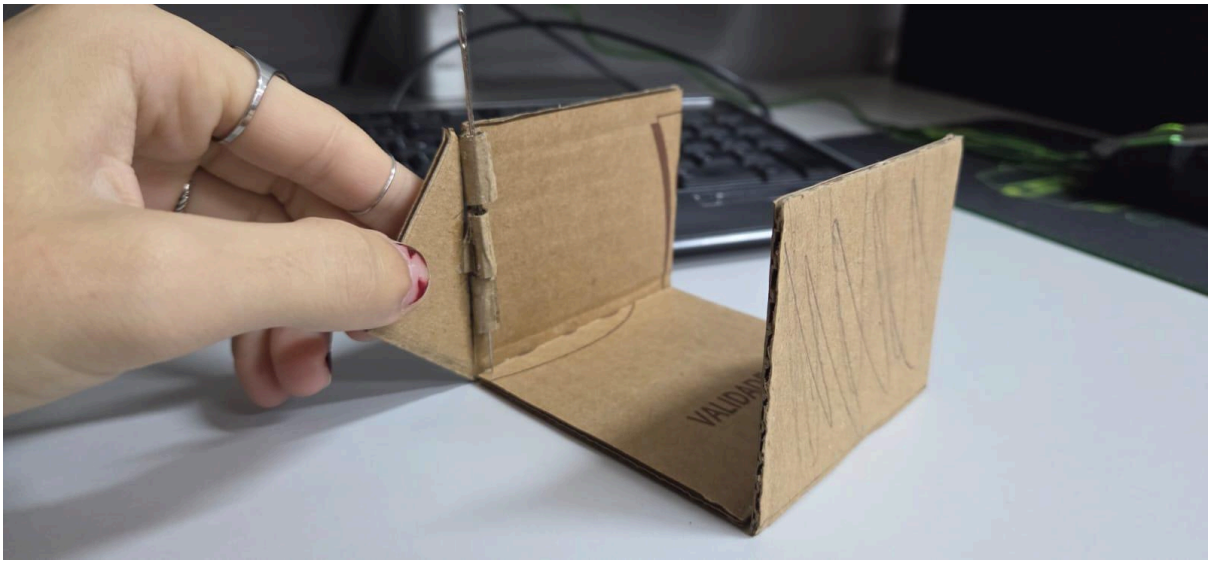
Fonte: Desenvolvido pelos autores

4.2.2. Segundo protótipo

O segundo protótipo, construído a partir de papelão, introduziu as dobradiças e demais adaptações ao projeto. A peça da caixa passou por uma simplificação: as

partes que não se movem tornaram-se uma só, fixa, no software, enquanto que apenas as partes móveis, dobráveis passaram pelo processo de separação na modelagem e conexão com dobradiças e filamentos, o que permite a abertura e a fechadura da embalagem. Aqui, partes da peça foram reduzidas ou aumentadas, e “dentes” e furos foram adicionados: tudo para o encaixe perfeito de cada pedaço e mobilidade das “tampas” da caixa. Para a economia de tempo, apenas uma entre as quatro abas dobráveis da caixa foi realizada, já que as demais seguiram o mesmo modelo. Segue:

Figura 4: Protótipo 2, em papelão



Fonte: Desenvolvido pelos autores

4.3. Modelagem

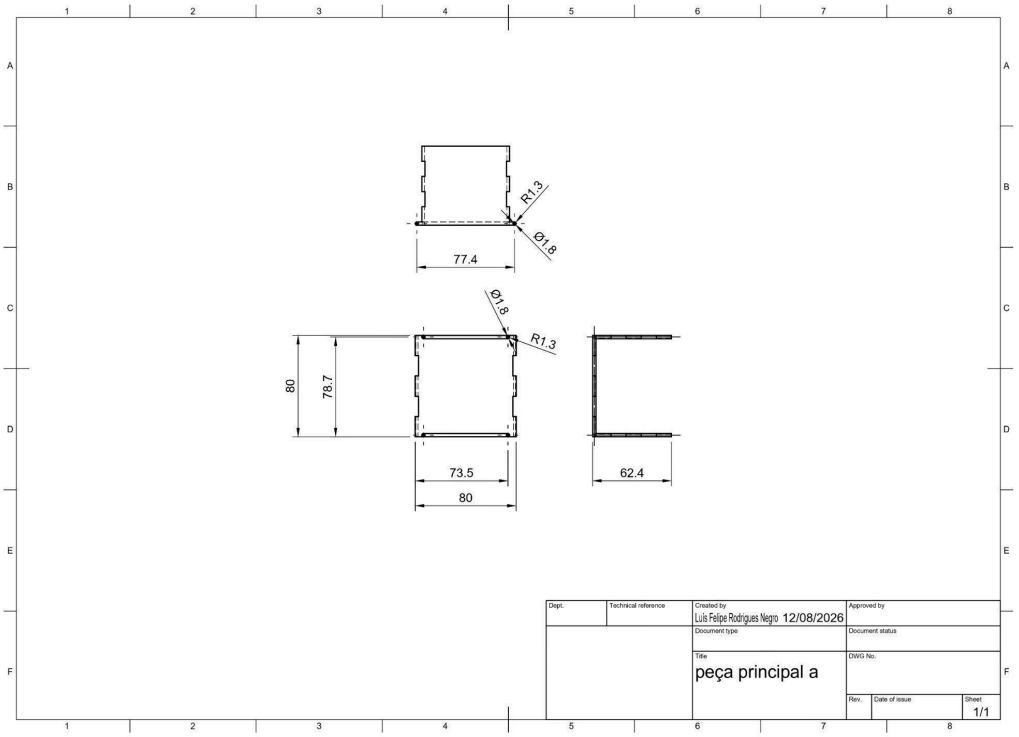
Partindo para a produção digital, as mesmas partes do protótipo 2 foram modeladas no software Fusion 360, da Autodesk, separadamente. Diferentes pranchas foram projetadas, cada uma com suas adaptações, dentes e furos:

- A peça principal, que, essencialmente, compõe o interior da caixa, com um fundo e duas paredes paralelas
- As portas, que se conectam com a peça principal por uma de suas arestas, permitem a abertura e fechamento da caixa. São duas peças cuja única diferença é no escrito de suas abas (ORi/PLA)

- Quatro abas triangulares diferentes, impressas duas vezes cada, que se conectam entre si e com as peças anteriores, possibilitando o movimento de dobra e abertura

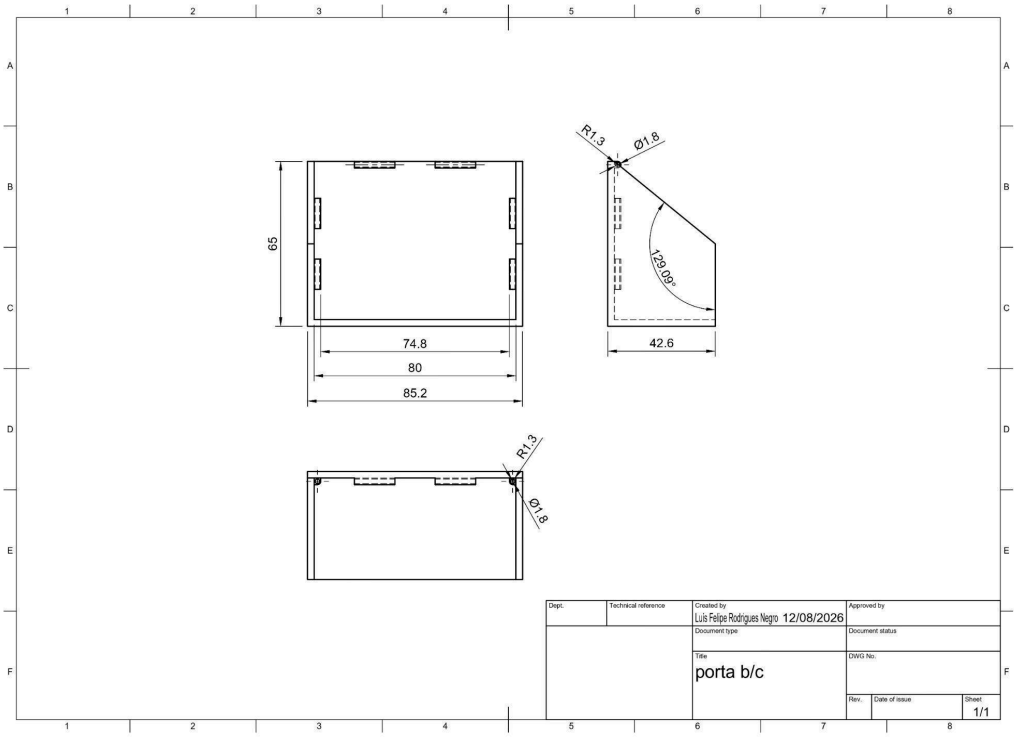
4.3.1. Desenhos técnicos

Figura 5: Desenho da peça principal, no software Fusion 360.



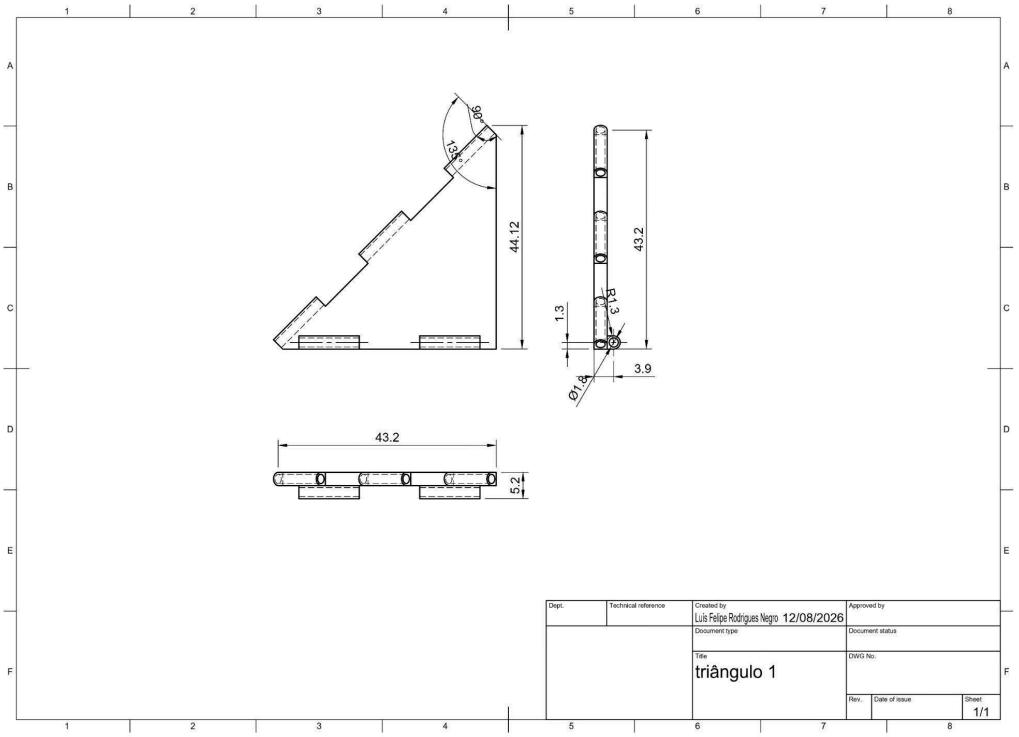
Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Figura 6: Desenho das portas, no software Fusion 360.



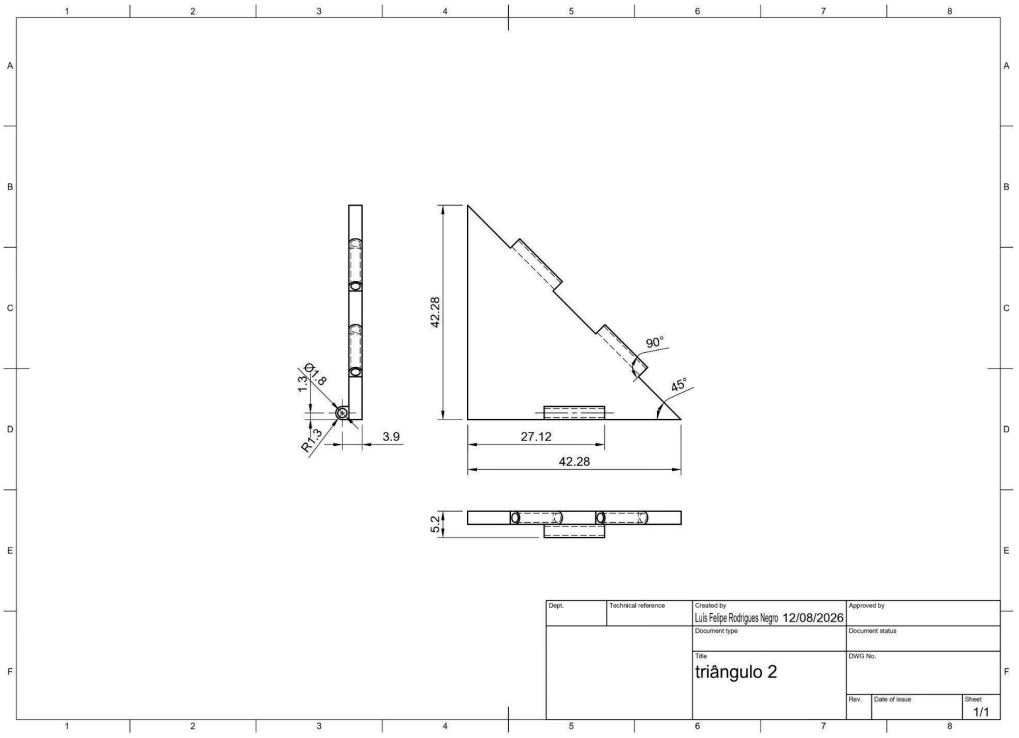
Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Figura 7: Desenho do triângulo 1, no software Fusion 360.



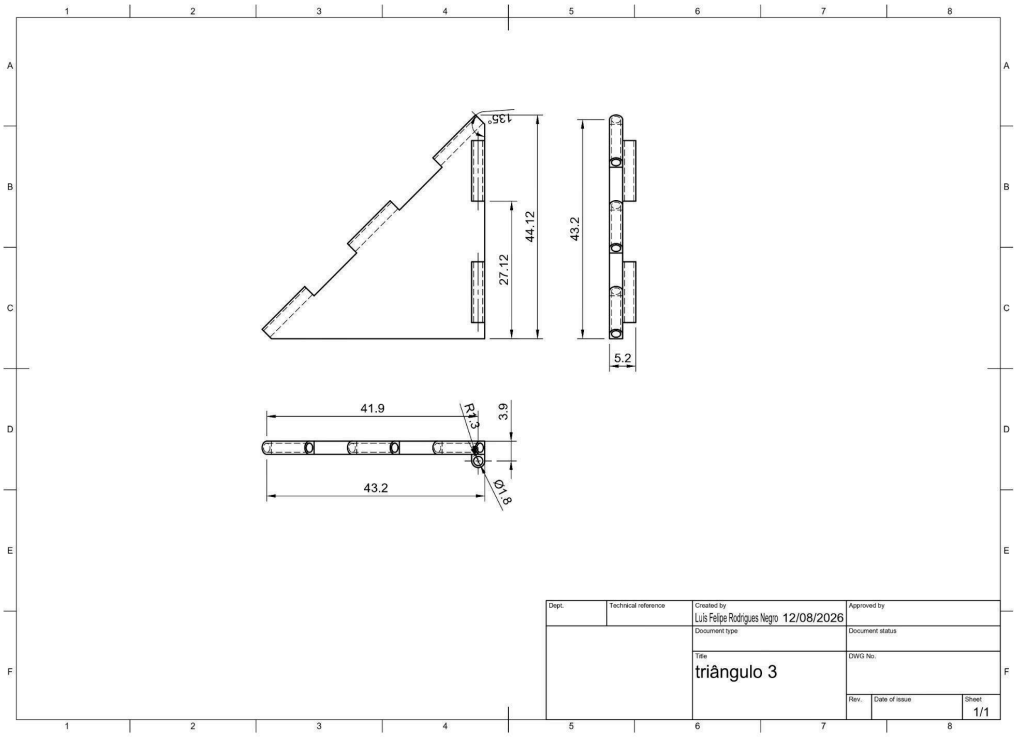
Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Figura 8: Desenho do triângulo 2, no software Fusion 360.



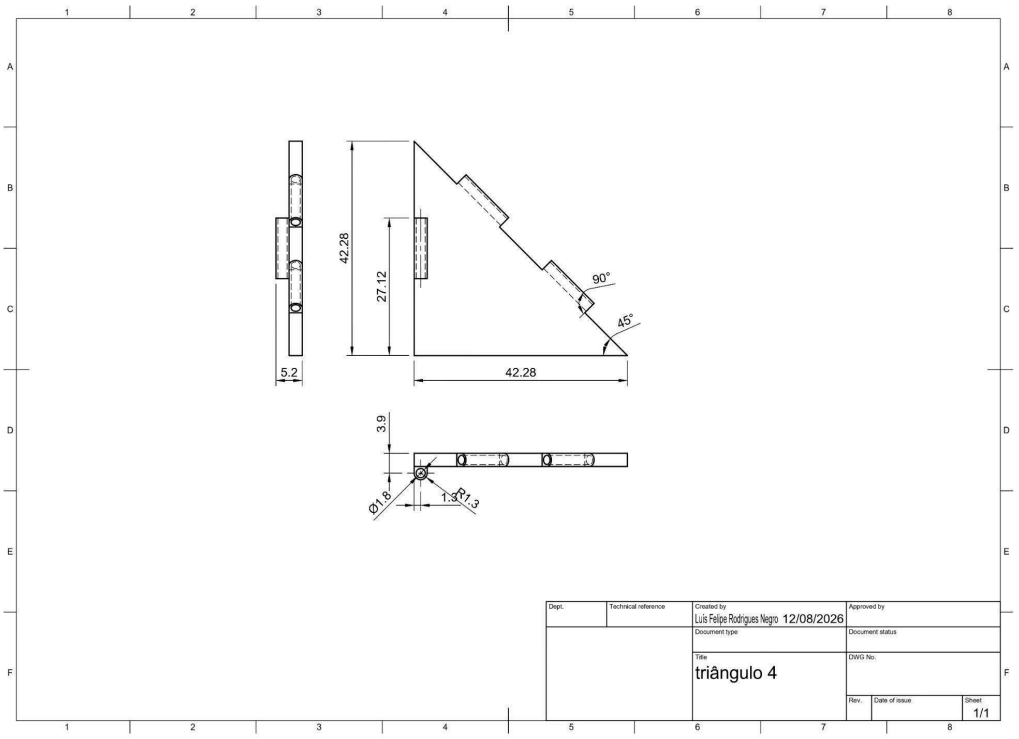
Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Figura 9: Desenho do triângulo 3, no software Fusion 360.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

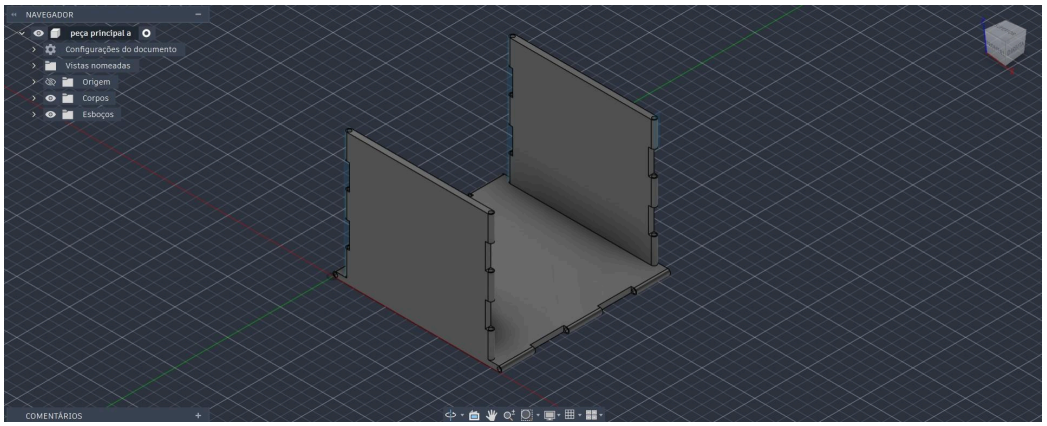
Figura 10: Desenho do triângulo 4, no software Fusion 360.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

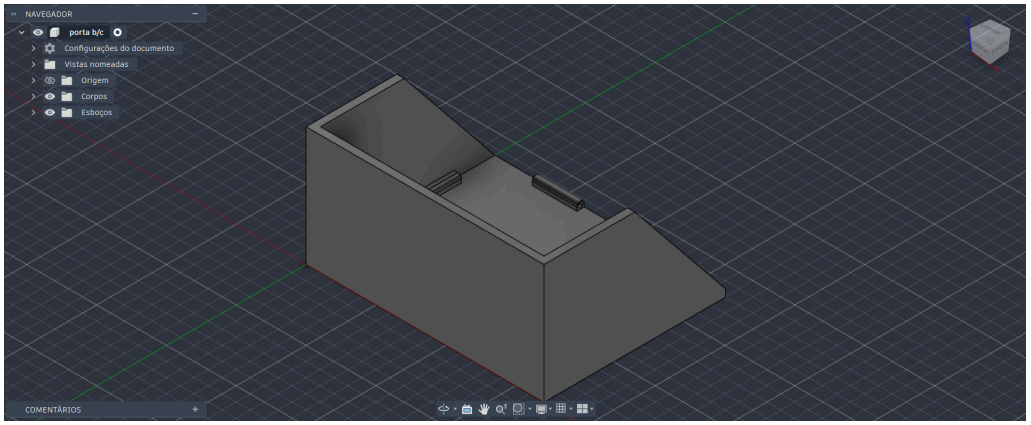
4.3.2. Processo da Modelagem

Figura 11: Modelagem da peça principal, no software Fusion 360.



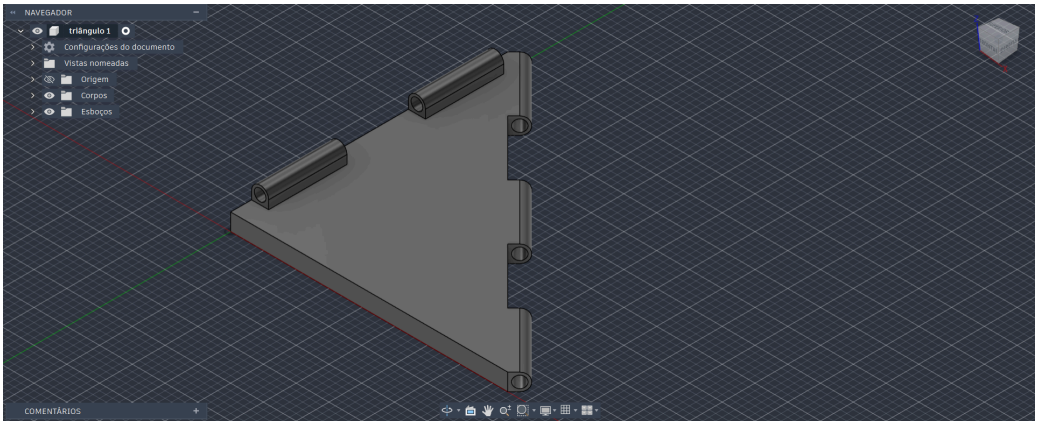
Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Figura 12: Modelagem das portas, no software Fusion 360.



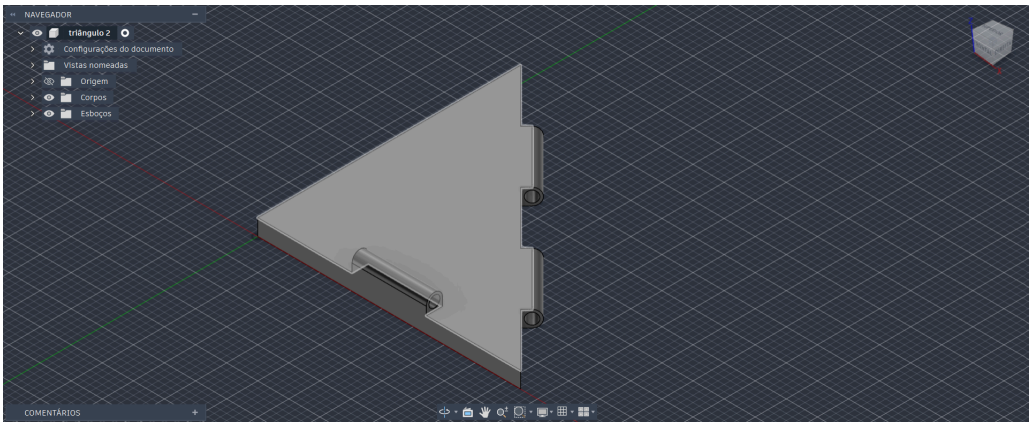
Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Figura 13: Modelagem do triângulo 1, no software Fusion 360.



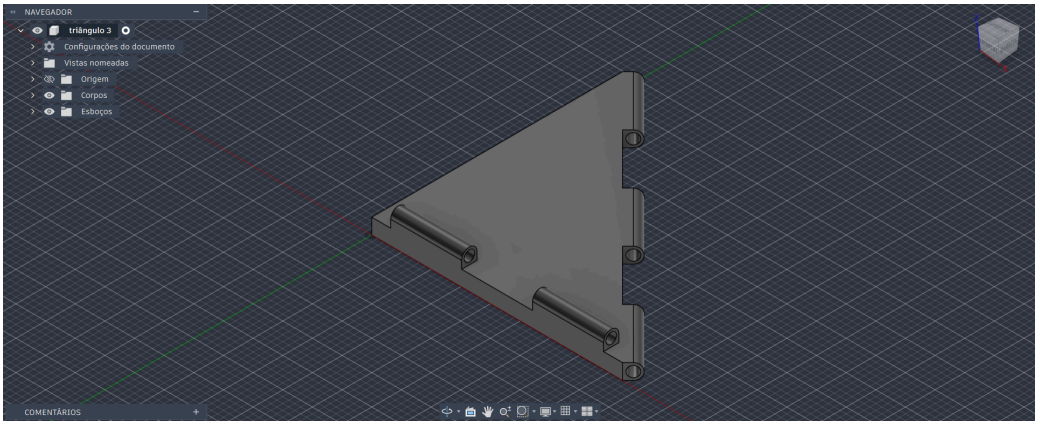
Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Figura 14: Modelagem do triângulo 2, no software Fusion 360.



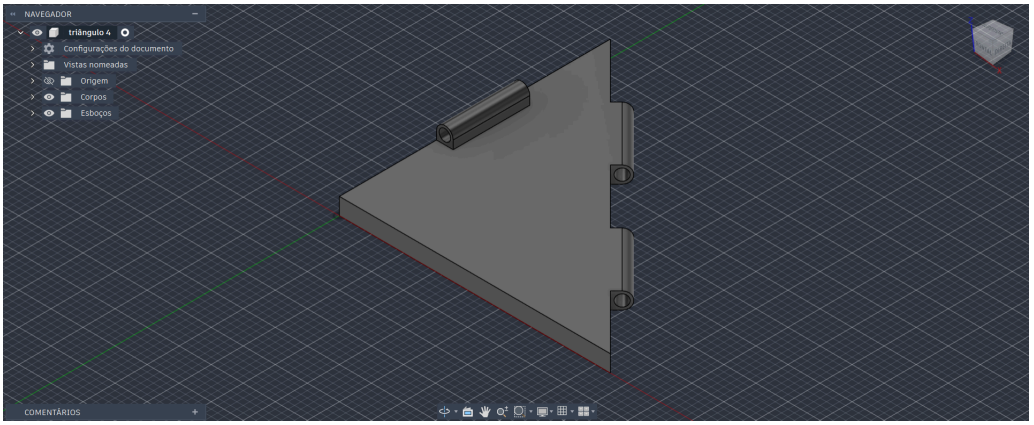
Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Figura 15: Modelagem do triângulo 3, no software Fusion 360.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

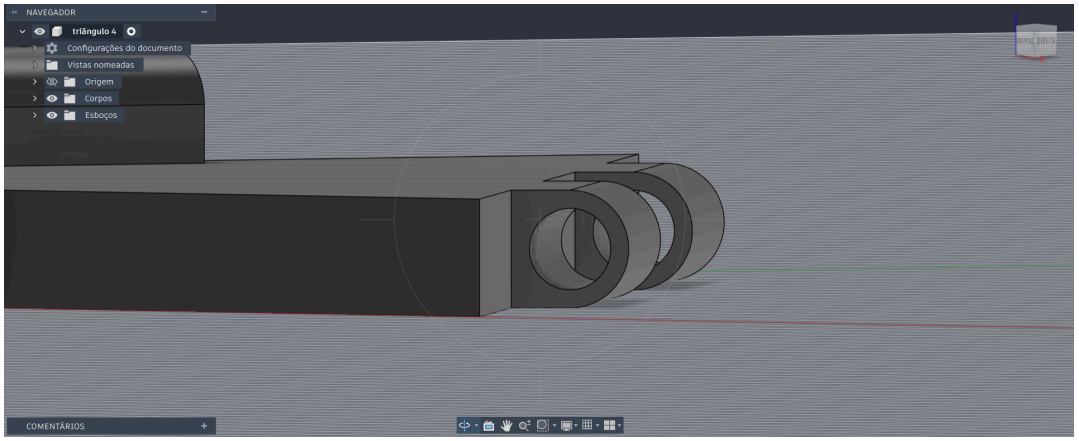
Figura 16: Modelagem do triângulo 4, no software Fusion 360.



Fonte: Desenvolvido pelos autores.

Além disso, os dentes adicionados foram arredondados para que o movimento de giro fosse possível. Cada parte móvel do padrão de dobras do origami proposto foi impressa separadamente na impressora 3D, utilizando-se do filamento de PLA, alterada no software para comportar as dobradiças, parte essencial para a montagem da caixa. Todas as partes têm 2,1mm de espessura, com os furos, centralizados, ocupando 1,80mm deste total.

Figura 17: Detalhe dos furos das dobradiças, desenvolvido no software Fusion 360.



Fonte: Desenvolvido pelos autores

4.4. Identidade visual: Logo

Complementando a caixa, um logo foi desenvolvido, seguindo a geometria do design da peça. Nas abas em cada tampa, que contribuem para a abertura da caixa, as letras do nome escolhido — ORiPLA (Origami + PLA) — foram modeladas em formas geométricas, seguindo o formato triangular sobre o qual foram idealizadas. A característica geométrica da fonte criada, bem como a deformação de cada letra para sua disposição nos triângulos das abas remetem às folhas e dobras de origamis.

Figura 18: Identidade visual: logo



Fonte: Desenvolvido pelos autores

4.5. Impressão e Montagem

Para a impressão, as peças precisaram passar por uma adaptação de tamanho. Na mesa de impressão, todas as peças foram aumentadas em 21%, o que possibilitou a passada dos fios de filamento pelos furos das dobradiças.

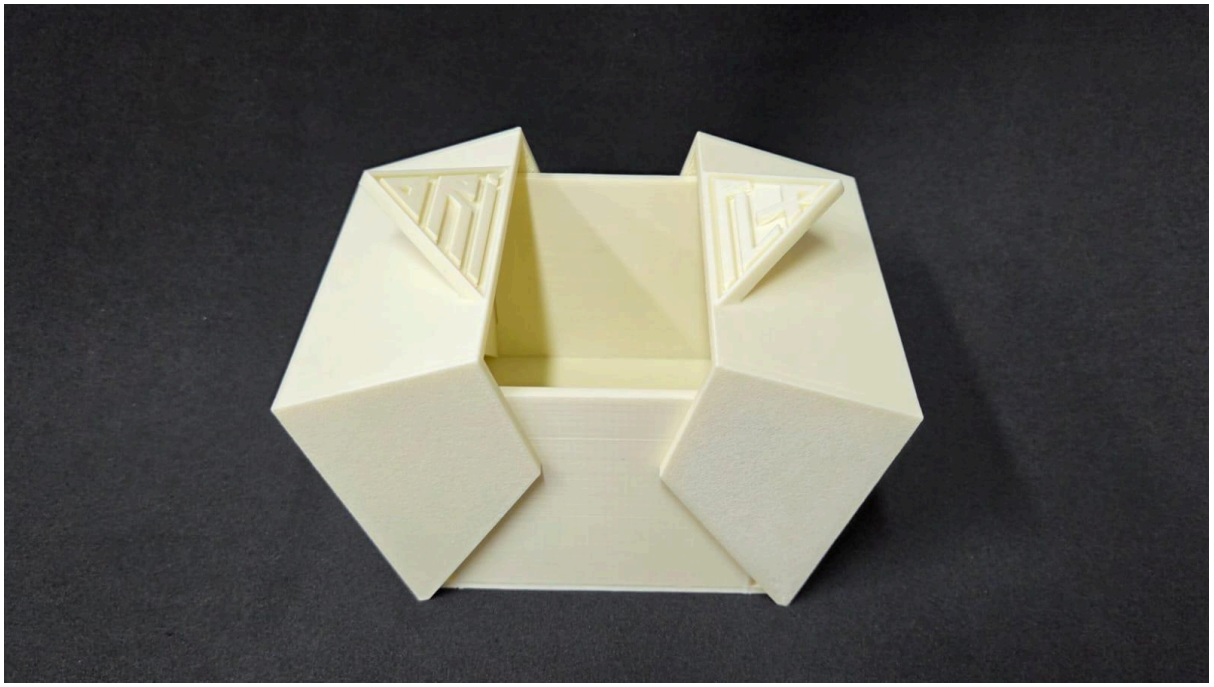
A impressão completa, na impressora Bambu Lab P1S combo Ams, de tecnologia de impressão FDM, tamanho da área de impressão 256 mm de comprimento, 256 mm de largura e 256 mm de altura, levou 8 horas e 34 minutos. Depois de impressas e limpas de todo filamento de suporte, as partes foram devidamente encaixadas e conectadas por fios do próprio filamento PLA (de espessura 1,75mm), que passam pelos furos feitos na modelagem (cada um com aproximadamente 2mm de diâmetro), completando as dobradiças e finalizando a peça. Este processo levou aproximadamente meia hora.

Figura 19: Caixa impressa em PLA: a) Caixa impressa fechada; b) Caixa impressa aberta; c) Caixa impressa fechada, visão diagonal; d) Caixa impressa fechada, visão superior; e) Detalhe do furo das dobradiças, preenchido com filamento de PLA; f) Detalhe do logo desenvolvido.

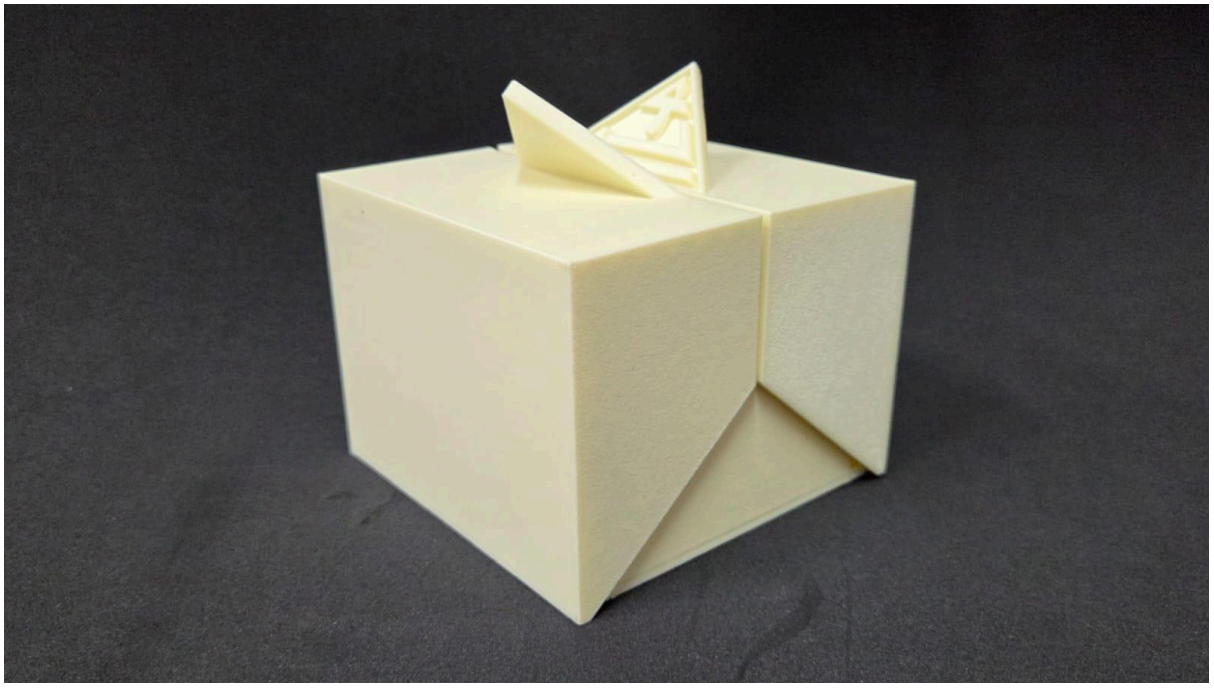
a)



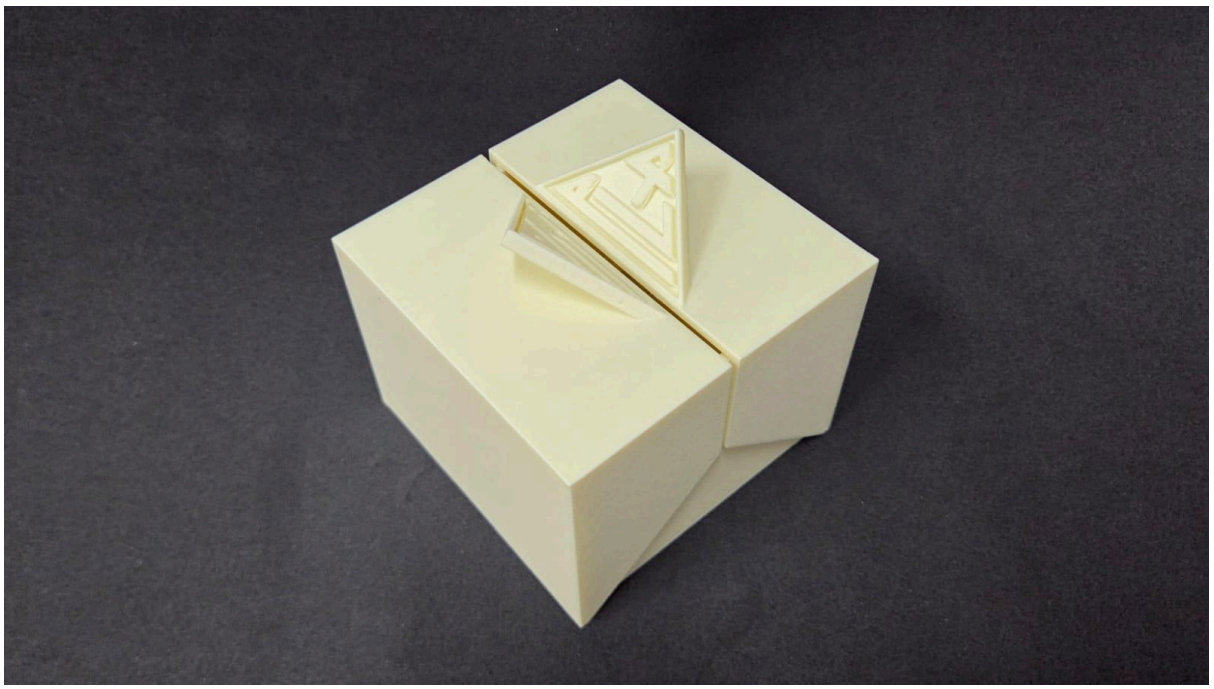
b)



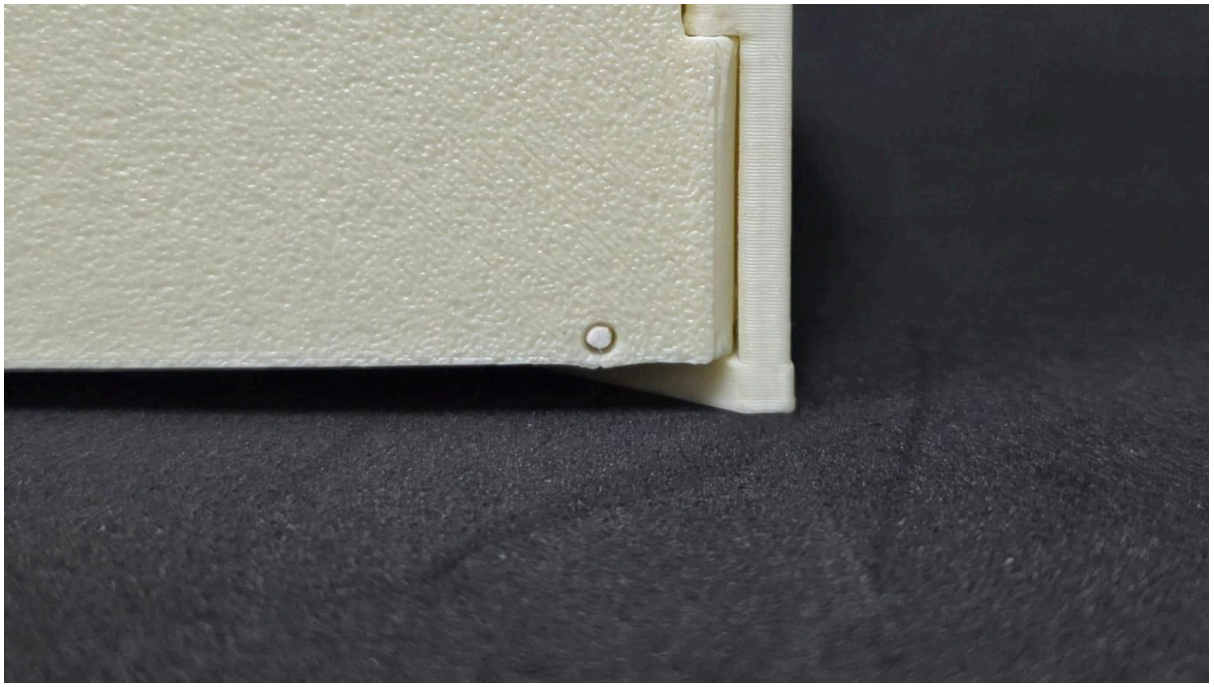
c)



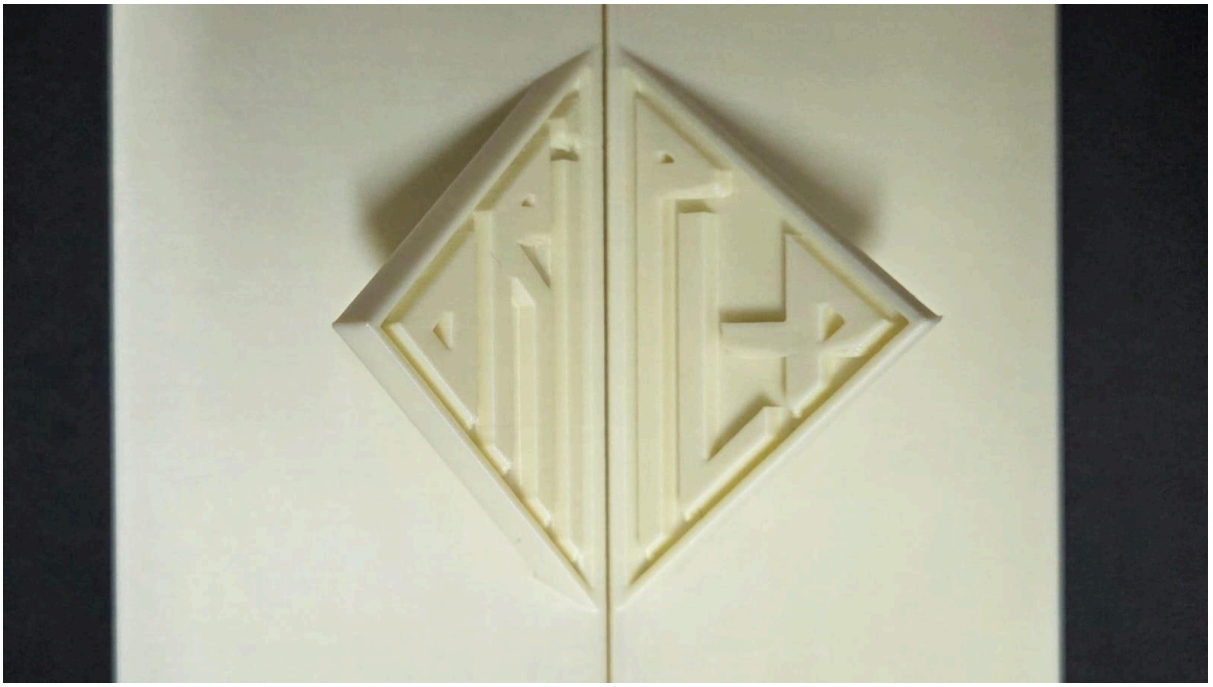
d)



e)



f)

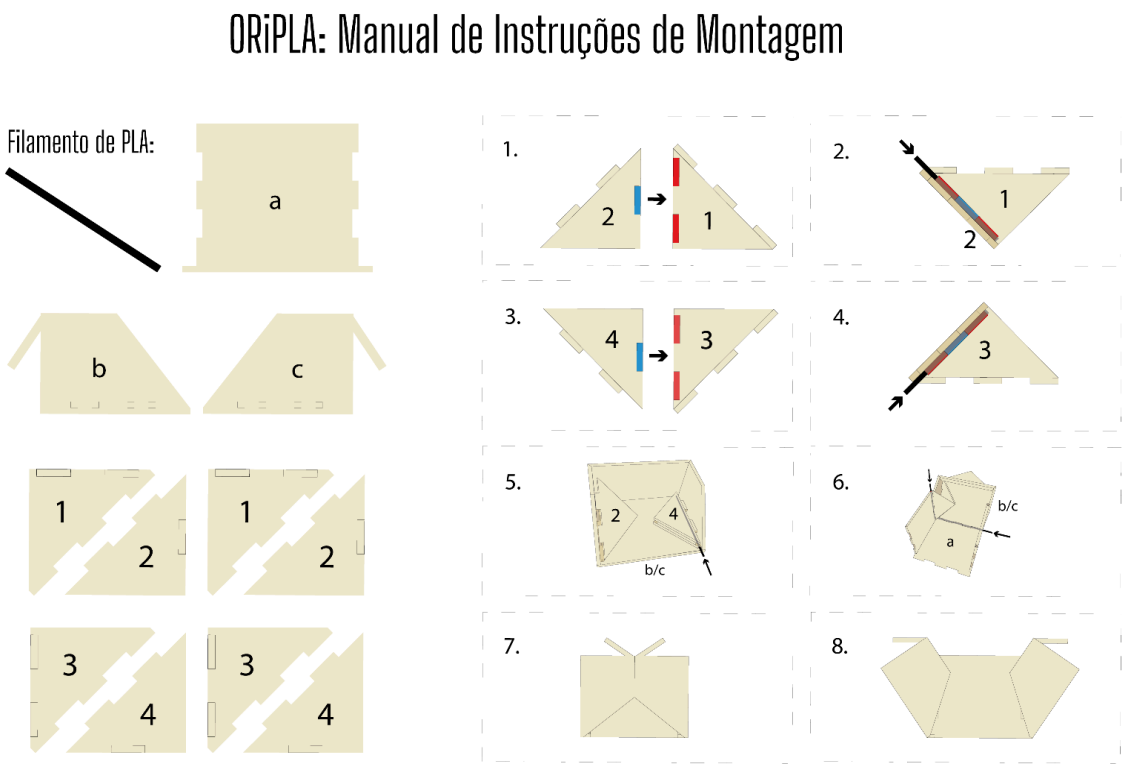


Fonte: desenvolvido pelos autores

4.6. Manual de instruções de montagem

Por fim, um manual de montagem da caixa de origami foi desenvolvido no software Illustrator, ensinando um passo a passo para os encaixes de todas as peças da embalagem pós-impressão. O modelo do manual foi inspirado, principalmente, no estilo dos livros-guia de produtos Lego, com imagens ilustradas das peças e do processo de cada encaixe.

Figura 20: Manual de Instruções de Montagem, desenvolvido no Adobe Illustrator.



Fonte: desenvolvido pelos autores

5. Resultados

O desenvolvimento do projeto resultou em uma possibilidade de criação de embalagem durável e sustentável produzida por meio de impressão 3D em PLA, concebida a partir da aplicação de princípios de dobradura advindos da arte de origami, acompanhada por um logo impresso nas tampas da caixa e um manual de instruções de montagem para o auxílio na reprodução do produto.

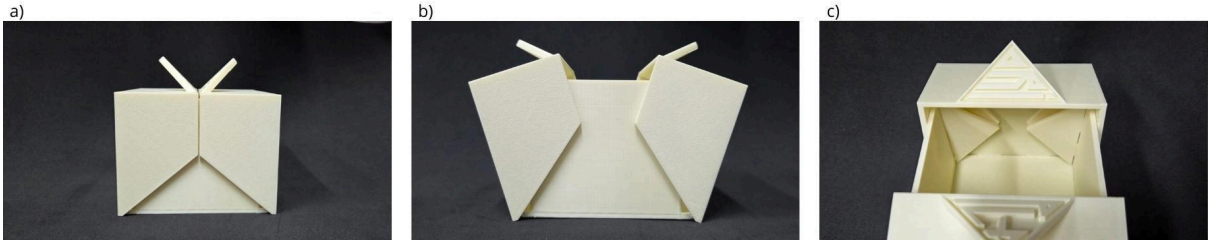
5.1. Embalagem desenvolvida

Como resultado do processo de experimentação, foi desenvolvida uma embalagem de caráter modular, produzida em PLA por meio de impressão 3D. Sua estrutura foi projetada considerando a aplicação de dobras como elemento fundamental para a articulação entre suas partes, permitindo que o objeto assumisse diferentes configurações durante os processos de abertura, fechamento e montagem.

A utilização das dobras como recurso estrutural possibilitou a redução da necessidade de elementos adicionais para a união das partes, evitando o uso de adesivos e contribuindo para uma construção baseada na própria geometria da peça e no uso do PLA. Nesse sentido, a embalagem incorpora princípios observados no origami, nos quais uma superfície inicialmente plana pode ser transformada espacialmente por meio da aplicação de linhas e eixos de dobra.

O resultado final demonstra a possibilidade de associar uma linguagem tradicionalmente relacionada ao papel a um processo de fabricação digital e a um material polimérico, explorando as possibilidades oferecidas pela impressão 3D. A embalagem também apresenta uma solução de fechamento integrada à própria estrutura, reforçando a relação entre forma, funcionamento e processo construtivo.

Figura 21: a) Caixa impressa fechada, visão frontal; b) Caixa impressa aberta, visão frontal; c) Detalhe da abertura da caixa, com mecanismo de dobra.



Fonte: desenvolvido pelos autores

5.2. Modelo para reprodução da embalagem

A partir do desenvolvimento e da validação do protótipo físico, foi elaborado o modelo digital da embalagem, que possibilitará sua reprodução por meio de impressão 3D. O modelo foi desenvolvido considerando as limitações e características do processo de fabricação utilizado, especialmente em relação à espessura das paredes, às dimensões das articulações e à capacidade de impressão do equipamento.

O arquivo foi estruturado de maneira a permitir que as diferentes partes da embalagem sejam reproduzidas individualmente e posteriormente articuladas. Essa configuração possibilita a fabricação das peças sem a necessidade de impressão de toda a embalagem como um único volume, facilitando tanto o processo de fabricação quanto eventuais substituições ou novas experimentações.

A elaboração do modelo para reprodução também contribui para a continuidade do projeto, uma vez que permite que a solução desenvolvida seja novamente produzida e testada em diferentes condições. Dessa forma, o resultado ultrapassa a elaboração de um único protótipo e estabelece uma possibilidade de reprodução do objeto a partir dos parâmetros definidos durante a experimentação.

5.3. Manual de instruções de montagem

Como complemento ao modelo para reprodução, foi desenvolvido um manual de instruções destinado a apresentar, de maneira visual e sequencial, o processo de montagem da embalagem. A elaboração desse material teve como objetivo facilitar a compreensão das etapas necessárias para transformar as peças impressas no produto final.

O manual apresenta as diferentes partes que compõem a embalagem e organiza o processo de montagem em etapas sucessivas, utilizando representações gráficas para indicar o posicionamento e a articulação das peças. A utilização de recursos visuais permite que as instruções sejam compreendidas de forma mais direta, reduzindo a dependência de descrições textuais extensas.

Além de orientar a montagem, o manual atua como parte integrante da proposta de reprodução do projeto. Enquanto o modelo digital fornece os arquivos necessários para a fabricação das peças, o manual apresenta as informações necessárias para sua organização e montagem. Assim, ambos os resultados funcionam de maneira complementar, possibilitando que a embalagem seja reproduzida e montada por outros usuários a partir dos materiais desenvolvidos.

6. Conclusão

Os resultados obtidos demonstram a aplicação dos princípios investigados ao longo do projeto na concepção de uma embalagem produzida por impressão 3D. A embalagem desenvolvida constitui o resultado físico da experimentação, enquanto o modelo digital e o manual de instruções ampliam a proposta ao possibilitar sua reprodução e orientar sua montagem.

A integração desses três resultados evidencia a possibilidade de utilizar princípios de origami como recurso de concepção estrutural em objetos produzidos por fabricação digital. Nesse contexto, as dobras deixam de atuar apenas como

elemento visual e passam a desempenhar uma função construtiva e funcional, participando diretamente da configuração, articulação e utilização da embalagem.

Nesse processo, o design desempenhou papel fundamental na integração entre os aspectos funcionais, formais e produtivos do projeto. A atuação do designer esteve presente desde a definição da estrutura da embalagem até a adequação do modelo às possibilidades da impressão 3D e à elaboração dos materiais necessários para sua reprodução.

Dessa forma, o resultado não se limita à criação de um objeto, mas compreende também a organização de seu processo de fabricação, montagem e utilização. O designer atua, portanto, como mediador entre tecnologia, material, função e usuário, transformando as possibilidades técnicas da impressão 3D e dos princípios de origami em uma solução de embalagem coerente e reproduzível.

REFERÊNCIAS

Design Council. Disponível em: <https://www.designcouncil.org.uk/resources/the-double-diamond/>. Acesso em: 12 jul. 2026.

História do Origami – Origami.club – Marketplace do Origami. Disponível em: <https://origami.club/historia-do-origami/>. Acesso em: 23 abr. 2026.

KAILI, Chen. **Math in Motion: Origami Math for Students Who Are Deaf and Hard of Hearing**. The Journal of Deaf Studies and Deaf Education, v. 11, n. 2, p. 262–266, 6 dez. 2005.

MAZZUCCHI, Alessio. A Kinetic Module for Modular Structures Based on Rigid Origami. **Nexus Network Journal**, v. 20, n. 1, p. 41–57, 2 ago. 2017.

VERISSIMO, Isaque. **Aplicações da impressão 3d no design industrial: avanços, materiais e sustentabilidade**. Revista JRG de Estudos Acadêmicos, jul. 2025.

WANG, Weiwei *et al.* **Instability-Induced Origami Design by Topology Optimization.** Acta Mechanica Solida Sinica, v. 36, n. 4, p. 506–513, 12 jun. 2023.

WOODSON, Thomas; ALCANTARA, Julia Torres; DO NASCIMENTO, Milena Silva. **Is 3D printing an inclusive innovation?: An examination of 3D printing in Brazil**. Technovation, v. 80–81, p. 54–62, fev. 2019.