

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CURSO DE DESIGN

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE  
PROTOTIPAGEM  
TRADICIONAL  
PARA O DESENVOLVIMENTO  
DE MODELOS EM PROJETOS  
DE PRODUTO.**

ALINE DA SILVA VIEIRA

GISELE REIS CORREA SARAIVA  
(ORIENTADORA)

SÃO LUÍS  
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE DESENHO E TECNOLOGIA  
CURSO DE DESIGN

ALINE DA SILVA VIEIRA

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PROTOTIPAGEM TRADICIONAL PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE MODELOS EM PROJETOS DE PRODUTO**

SÃO LUÍS

2019

ALINE DA SILVA VIEIRA

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PROTOTIPAGEM TRADICIONAL PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE MODELOS EM PROJETOS DE PRODUTO**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Design da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do título de Bacharel em Design.

Orientadora: Profa. Ma. Gisele Reis Correa Saraiva.

SÃO LUÍS

2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Vieira, Aline da Silva.

Aplicação de técnicas de prototipagem tradicional para o desenvolvimento de modelos em projetos de produto / Aline da Silva Vieira. - 2019.

116 f.

Orientador(a): Gisele Reis Correa Saraiva.

Monografia (Graduação) - Curso de Design, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

1. Design de produto. 2. Modelos tridimensionais. 3. Prototipagem tradicional. I. Saraiva, Gisele Reis Correa. II. Título.

ALINE DA SILVA VIEIRA

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PROTOTIPAGEM TRADICIONAL PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE MODELOS EM PROJETOS DE PRODUTO**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Design da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do título de Bacharel em Design.

Aprovada em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA:**

\_\_\_\_\_

Profa. Ma. Gisele Reis Correa Saraiva.  
(Orientadora - Universidade Federal do Maranhão)

\_\_\_\_\_

Profa. Dra. Lívia Flávia de Albuquerque Campos  
(Avaliadora - Universidade Federal do Maranhão)

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Denilson Moreira Santos  
(Avaliador - Universidade Federal do Maranhão)

*Dedico este trabalho aos meus pais, que conseguiram com muito esforço me alavancar até aqui, apesar das dificuldades.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, meu alicerce, que sempre me dá forças, motivação e ânimo em todos os momentos da minha vida.

Agradeço eternamente a minha mãe, Maria Nazaré da Silva, que além de mãe é minha melhor amiga e minha heroína que durante essa fase de conclusão de curso foi diagnosticada com câncer de mama, mas se mostrou mais forte do que nunca para superar a doença e ainda me deu forças para continuar a escrever este trabalho. Mãe, eu te amo.

Agradeço infinitamente ao meu pai, Luís Cesar Souza Vieira, homem sábio, meu exemplo de superação de vida. Seus conselhos me tornam grande a cada dia e foram fundamentais para a conclusão desta etapa da minha vida. Pai, eu te amo.

Agradeço profundamente ao meu noivo, Edson Régio Lima Leite, por ser tão paciente comigo e por não ter me deixado desistir. Amor, seus “puxões de orelha” foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço as minhas parceiras de curso, Maiza, Bianca, Sâmela e Dani, pela cooperação mútua durante estes anos, meninas exemplares que caminharam junto comigo nessa jornada. Aprendi muito com vocês, obrigada por tanto.

Agradeço grandiosamente a minha orientadora, Gisele, que me deu o apoio necessário para conclusão deste estudo, por ser tão paciente e sempre muito atenciosa. Agradeço também a minha banca avaliadora pela atenção e por suas considerações para melhoria deste trabalho.

Agradeço imensamente a Seu João, técnico da oficina de marcenaria do curso de Design da Universidade Federal do Maranhão e a Paulo, assistente técnico, que foram apoio de fundamental importância para conclusão deste trabalho.

Por fim, deixo uma palavra de gratidão a Universidade Federal do Maranhão e a todo o corpo docente do curso de Design pelas orientações e qualidade no ensino.

*“Feliz aquele que transfere o que sabe  
e aprende o que ensina!”*

*(Cora Coralina)*



## RESUMO

Durante as etapas do projeto de produto o designer desenvolve modelos tridimensionais físicos para testar e avaliar suas ideias e conceitos; os modelos tridimensionais físicos podem ser desenvolvidos por processos de prototipagem rápida (RP) ou por processos de prototipagem tradicional. A prototipagem tradicional é defendida no ensino do design, pois permite experimentações plásticas e ampliam o conhecimento e repertório dos alunos sobre materiais e outras tecnologias de construção de objetos (BARBOSA, 2009). Existem variadas técnicas de prototipagem tradicional que utilizam os mais diversos materiais, dos mais simples como o papel, aos mais sofisticados como a fibra de vidro, porém há poucos estudos que demonstrem como aplicar essas técnicas no desenvolvimento de modelos tridimensionais de produtos. Visto isso, o objetivo deste trabalho é aplicar técnicas de prototipagem tradicional na construção de um modelo físico, a fim de contribuir à literatura com um material que ilustre como desenvolver modelos tridimensionais em design de produtos. O estudo foi desenvolvido na oficina de marcenaria do curso de design da Universidade Federal do Maranhão, onde foram aplicadas sete técnicas de prototipagem tradicional no desenvolvimento do mock-up de uma mini garrafa térmica da marca Invicta. Todo processo foi registrado em fotos e seu passo a passo foi descrito em um diário. Dessa forma este trabalho apresenta como resultados o passo a passo detalhado e ilustrativo de sete técnicas de prototipagem tradicional, relatos da experiência, dados sobre custos totais e logística de todo o processo de desenvolvimento do mock-up.

**Palavras-chave:** Modelos tridimensionais. Prototipagem tradicional. Design de produto.

## ABSTRACT

During the product design stages the designer develops physical three-dimensional models to test and evaluate his ideas and concepts; Physical three-dimensional models can be developed by rapid prototyping (RP) processes or by traditional prototyping processes. Traditional prototyping is defended in design education, as it allows plastic experimentation and broadens students' knowledge and repertoire about materials and other object-building technologies (BARBOSA, 2009). There are several traditional prototyping techniques that use the most diverse materials, from the simplest as paper to the most sophisticated as fiberglass, but there are few studies that demonstrate how to apply these techniques in the development of three-dimensional product models. Given this, the objective of this work is to apply traditional prototyping techniques in the construction of a physical model, in order to contribute to the literature with a material that illustrates how to develop three-dimensional models in product design. The study was carried out at the design workshop of the Federal University of Maranhão, where seven traditional prototyping techniques were applied to the mock-up of a mini Invicta brand thermos. Every process was recorded in photos and its step by step was described in a diary. Thus, this paper presents as a result the detailed and illustrative step-by-step of seven traditional prototyping techniques, experience reports, total cost data and logistics of the entire mock-up development process.

**Keywords:** Three-dimensional models. Traditional prototyping. Product design.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Modelo de um jardim feito em madeira, tinta e cobre. Datado do Império Médio (c. 2.000 a.C.), Egito. ....	21
<b>Figura 2</b> - Capitel Coríntio do séc. IV a.C. ....	22
<b>Figura 3</b> - Modelo da Basílica de Santa Maria da Flor em 1418. ....	23
<b>Figura 4</b> - Maquete Física em escala 1:25 para estudo de Cenário para Comerciais das Casas Bahia. ....	28
<b>Figura 5</b> - Modelos volumétricos feitos em isopor para estudo de forma de uma embalagem para alimentos. ....	28
<b>Figura 6</b> - Mock-up de um balde feito em papelão, utilizado em testes de usabilidade. ....	29
<b>Figura 7</b> - Modelo de apresentação feito em Clay para exposição em concurso da Mercedes-Benz. ....	29
<b>Figura 8</b> - Protótipo de uma cadeira de rodas, desenvolvido para testes. ....	30
<b>Figura 9</b> - protótipo virtual de uma mini geladeira para recarga de bateria de celular, elaborado para apresentação para o cliente. ....	31
<b>Figura 10</b> - Cubing do farol esquerdo de um automóvel respectivamente montado e desmontado. Usinado por máquinas CNC. ....	31
<b>Figura 11</b> - Protótipo funcional de um check-out de supermercado. ....	32
<b>Figura 12</b> - Modelos para estudos de geração de alternativas. ....	35
<b>Figura 13</b> - Processo de produção do protótipo utilizando processos manuais e técnicas básicas de marcenaria. ....	36
<b>Figura 14</b> - Protótipo do abridor de latas e garrafas finalizado. ....	36
<b>Figura 15</b> - Molde aberto feito de silicone. ....	37
<b>Figura 16</b> - Molde bipartido de silicone. ....	38
<b>Figura 17</b> - Molde de gesso. ....	39
<b>Figura 18</b> - Moldura de gesso. ....	39

<b>Figura 19</b> - Molde de silicone obtido a partir de um modelo base. ....	40
<b>Figura 20</b> - Pingente feito em resina, com aplicações de folhas e flores. ....	41
<b>Figura 21</b> - Manta de fibra de vidro. ....	41
<b>Figura 22</b> - Fibra de vidro laminada com resina sob um molde de gesso. ....	42
<b>Figura 23</b> - Exemplo do uso da argila em conjunto com um molde de gesso para obtenção de um vaso em cerâmica. ....	43
<b>Figura 24</b> - Action Figure feita em argila moldada sob uma armadura de arame. ....	43
<b>Figura 25</b> - Exemplo de espuma rígida de poliestireno extrudado. ....	44
<b>Figura 26</b> - Esculturas gigantes de poliestireno expandido (isopor) feitas pelo artista Luiz Camillo Osorio para exposição. ....	44
<b>Figura 27</b> - Processo expansão do poliuretano. ....	45
<b>Figura 28</b> - Personagem esculpido em poliuretano. ....	45
<b>Figura 29</b> - Luminária artesanal em madeira de sabiá reciclada. ....	47
<b>Figura 30</b> - Modelo de uma cadeira em escala reduzida $\frac{1}{5}$ feita de papel. ....	47
<b>Figura 31</b> - <b>Modelo</b> tridimensional desenvolvido por alunos do curso de design da Universidade Federal do Maranhão. ....	48
<b>Figura 32</b> - Mini garrafa térmica Firenze. ....	49
<b>Figura 33</b> - Configuração da mini garrafa térmica Firenze. ....	50
<b>Figura 34</b> - Material utilizado para medir as peças. ....	53
<b>Figura 35</b> - Passo 1: Preparação das peça de poliestireno expandido (isopor). ....	55
<b>Figura 36</b> - Passo 2: Preparação da faca de corte para torno mecânico (chapa de alumínio). ....	56
<b>Figura 37</b> - Passo 3: Preparação da faca de corte para torno mecânico (tábua de MDF). ....	57
<b>Figura 38</b> - Passo 4: Preparação da faca de corte para torno mecânico e peça finalizada. ....	57
<b>Figura 39</b> - Passo 5: Usinagem no torno mecânico. ....	58

<b>Figura 40</b> - Passo 6: Acabamento do modelo de poliestireno expandido.....	59
<b>Figura 41</b> - Passo 7: Lixamento do modelo de poliestireno expandido. ....	59
<b>Figura 42</b> - Passo 8: Pintura do modelo de poliestireno expandido.....	60
<b>Figura 43</b> - Modelo de poliestireno expandido finalizado.....	61
<b>Figura 44</b> - Passo 1: Preparação para confeccionar o molde.....	63
<b>Figura 45</b> - Dimensões da caixa para molde. ....	63
<b>Figura 46</b> - Passo 2: Aplicação do desmoldante. ....	64
<b>Figura 47</b> - Passo 3: Preparação do gesso. ....	64
<b>Figura 48</b> - Passo 4: Confeção da primeira metade do molde.....	65
<b>Figura 49</b> - Passo 5: Preparação da segunda metade do molde.....	66
<b>Figura 50</b> - Passo 6: Desmoldado modelo.....	66
<b>Figura 51</b> - Passo 7: Acabamento dos molde de gesso. ....	67
<b>Figura 52</b> - Passo 1: Preparação dos moldes.....	69
<b>Figura 53</b> - Passo 2: Preparação do gel coat. ....	70
<b>Figura 54</b> - Passo 3: Passar Gel coat no molde. ....	70
<b>Figura 55</b> - Passo 4: Preparação da fibra de vidro. ....	71
<b>Figura 56</b> - Passo 5: Preparação da resina. ....	72
<b>Figura 57</b> - Passo 6: Laminação.....	73
<b>Figura 58</b> - Passo 7: segunda camada de laminação.....	73
<b>Figura 59</b> - Passo 8: Desmoldar o modelo. ....	74
<b>Figura 60</b> - Passo 9: Acabamento com massa corrida. ....	75
<b>Figura 61</b> - Passo 10: Lixamento e acabamento do modelo.....	75
<b>Figura 62</b> - Passo 11: Passar primer nos modelos.....	76
<b>Figura 63</b> - Passo 12: Pintura do modelo com tinta spray. ....	77
<b>Figura 64</b> - Peças de fibra de vidro finalizadas. ....	78
<b>Figura 65</b> - Passo 1: Preparação a caixa do molde. ....	79

<b>Figura 66</b> - Dimensões da caixa para molde de borracha de silicone. ....	80
<b>Figura 67</b> - Passo 2: Preparação da Borracha de silicone.....	81
<b>Figura 68</b> - Passo 2: Preparação da Borracha de silicone.....	81
<b>Figura 69</b> - Passo 4: Desmoldar o molde de silicone. ....	82
<b>Figura 70</b> - Passo 5: Acabamento do molde de silicone.....	82
<b>Figura 71</b> - Passo 1: Preparo da resina cristal.....	84
<b>Figura 72</b> - Passo 2: Desmoldar a peça e lixar. ....	85
<b>Figura 73</b> - Peça de resina polida e pronta.....	85
<b>Figura 74</b> - Passo 1: Preparar peça para fixação no torno. ....	87
<b>Figura 75</b> - Passo 2: Usinagem da peça de madeira no torno mecânico. ....	87
<b>Figura 76</b> - Passo 3: Acabamento e finalização da peça de madeira.....	88
<b>Figura 77</b> - Passo 4: Pintar a peça de madeira. ....	89
<b>Figura 78</b> - Peça de madeira finalizada. ....	89
<b>Figura 79</b> - Passo 1: Confeção de um modelo inicial.....	90
<b>Figura 80</b> - Passo 2: Desenhar formas no papel. ....	91
<b>Figura 81</b> - Passo 3: Dobrar o papel.....	92
<b>Figura 82</b> - Passo 4: Colar o papel. ....	92
<b>Figura 83</b> - Passo 5: Finalização do modelo de papel.....	93
<b>Figura 84</b> - Usando papel para fazer acabamento. ....	93
<b>Figura 85</b> - Passo 7: Usando papel para fazer acabamento na madeira.....	94
<b>Figura 86</b> - Mock-up da Mini garrafa térmica Firenze, configurado. ....	95
<b>Figura 87</b> - Modelo da peça 1 (garrafa interna). ....	95
<b>Figura 88</b> - Modelo da peça 2 (corpo externo).....	96
<b>Figura 89</b> - Modelo da peça 3 (tampa externa).....	96
<b>Figura 90</b> - Modelo da peça 4 (tampa inferior).....	97
<b>Figura 91</b> - Modelo da peça 5 (tampa superior).....	97

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVOS .....	19
1.1.1	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>19</b>
1.1.2	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
2.1	CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DAS REPRESENTAÇÕES TRIDIMENSIONAIS.....	21
2.2	REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL EM DESIGN DE PRODUTOS ..	25
2.2.1	<b>Representações do produto nas fases iniciais do projeto de produto.....</b>	<b>27</b>
2.2.2	<b>Representações de produto nas fases mais avançadas do projeto de produto.....</b>	<b>29</b>
2.3	RECOMENDAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE MODELOS TRIDIMENSIONAIS.....	32
2.4	PROTOTIPAGEM TRADICIONAL.....	33
2.4.1	<b>Importância da prototipagem tradicional.....</b>	<b>33</b>
2.4.2	<b>Processos de prototipagem tradicional .....</b>	<b>36</b>
2.4.3	<b>Tipos de materiais utilizados na prototipagem tradicional .....</b>	<b>38</b>
2.4.3.1	Gesso .....	38
2.4.3.2	Borracha de silicone .....	39
2.4.3.3	Resina de poliéster .....	40
2.4.3.4	Fibra de vidro.....	41
2.4.3.5	Argila .....	42
2.4.3.6	Espumas rígidas.....	43
2.4.3.7	Madeira.....	46

2.4.3.8	Papel .....	47
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>48</b>
3.2	LOCAL DA PESQUISA.....	49
3.3	OBJETO DE ESTUDO .....	49
<b>3.3.1</b>	<b>Configuração do objeto de estudo .....</b>	<b>50</b>
3.4	PREPARAÇÃO.....	50
<b>3.4.1</b>	<b>Escolha das técnicas de prototipagem tradicional .....</b>	<b>50</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Etapas de aplicação das técnicas de prototipagem.....</b>	<b>52</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Equipamentos de medição .....</b>	<b>53</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>54</b>
4.1	PASSO A PASSO DAS TÉCNICAS DE MODELAGEM TRADICIONAL... 54	
<b>4.1.1</b>	<b>Subtração em poliestireno expandido (isopor) .....</b>	<b>54</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Molde de gesso bipartido .....</b>	<b>61</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Laminação com fibra de vidro.....</b>	<b>67</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Molde de borracha de Silicone.....</b>	<b>78</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Fundição em resina.....</b>	<b>83</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Usinagem em madeira .....</b>	<b>86</b>
<b>4.1.7</b>	<b>Modelagem com papel.....</b>	<b>89</b>
4.2	MOCK-UP FINALIZADO .....	94
4.3	CUSTOS E QUANTIDADE DE MATERIAIS UTILIZADOS.....	97
4.4	LOGÍSTICA .....	100
4.5	MANIPULAÇÃO DOS MATERIAIS .....	103
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>104</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>106</b>
	<b>APÊNDICE A – DESENHO TÉCNICO DA MINI GARRAFA TÉRMICA FIRENZE .....</b>	<b>111</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Design é uma atividade multidisciplinar que envolve diversas etapas. Durante esse processo, costuma-se construir representações do produto em desenvolvimento, a fim de validar ideias e conceitos a partir de testes. Essas representações, desenvolvidas ao longo do processo de design, evoluem conforme as necessidades projetuais desempenhando diferentes papéis e são conhecidas como Modelos tridimensionais.

Os modelos tridimensionais, são importantes pois simulam determinadas propriedades do produto em desenvolvimento, permitindo corrigir defeitos antes que ele chegue até a linha de produção. Segundo Otto e Wood (2011) os modelos tridimensionais auxiliam no projeto de produtos pois podem ser testados, modelados e visualmente inspecionados ou modificados.

Os produtos em desenvolvimento podem ser representados de forma bidimensional, tridimensional, física ou digital. Knight (2004 apud MARTINS, 2010), recomenda o uso de modelos físicos, para o autor, o designer ao utilizar meios analógicos recorre a experiência dos sentidos enquanto que as representações digitais limitam-se apenas à capacidade de codificar conceitos geométricos, ou seja, não possuem meios para compreender o mundo real.

Para a construção de representações físicas, existe uma grande variedade de materiais e técnicas, que vão desde os processos manuais tradicionais à prototipagem rápida<sup>1</sup>. Por isso é importante que o designer possua conhecimentos necessários sobre os processos de fabricação e materiais mais adequados a se utilizar ao longo do processo projetual. Como afirma Martins (2010):

O Designer deve ter uma boa compreensão de todos os processos de prototipagem que tem disponíveis, a fim de poder escolher o melhor percurso que se adapta às suas necessidades. Se o Designer não estiver ciente dos processos que têm ao seu dispor, estará limitado no que diz respeito ao potencial criativo. (MARTINS, 2010, p.37).

---

<sup>1</sup> “(...) esta tecnologia permite fabricar componentes (modelos, protótipos, etc.) físicos em 3 dimensões (3D), com informações obtidas diretamente do modelo geométrico gerado no sistema CAD, de forma rápida, automatizada e totalmente flexível.” (VOLPATO *et al.*, 2007, p. 3).

Conforme Lesko (2004), estudantes de Design deveriam ter uma ampla compreensão dos materiais e métodos de prototipagem logo no início do seu currículo, pois ao decorrer do curso muitos projetos são solicitados e conseqüentemente, os estudantes precisarão visualizar e desenvolver formas que de algum modo deverão ser concretizadas.

Dentre os processos de prototipagem, percebe-se um grande destaque a prototipagem rápida (RP), pois como o próprio nome diz, promete rapidez e agilidade no desenvolvimento dos modelos e protótipos por trabalhar de forma digital e automatizada. Conforme Baxter (2010), essas novas tecnologias estão reduzindo o tempo de desenvolvimento e lançamento de novos produtos por isso elas se tornaram meios mais produtivos de se prototipar, se comparadas às técnicas tradicionais que demandam tempo e habilidade.

Não obstante, Silva *et al.* (2002 apud PASCHOARELLI, 2011), defende os processos convencionais de desenvolvimento de modelos tridimensionais. Para o autor, elas possibilitam simular situações e aspectos do produto com rapidez e sem grandes custos, permitindo a avaliação cognitiva do produto e a realização de análises ergonômicas.

Macarrão (2004) também defende o uso das técnicas de prototipagem tradicional para o desenvolvimento de modelos e protótipos. Segundo o autor, o uso de processos convencionais é sempre uma boa alternativa para substituir outros processos, focando na redução de prazos e diminuição de custos.

Palhais (2015) argumenta que mesmo com o advento da prototipagem rápida, os processos de prototipagem tradicional nunca deixarão de ser usados, tanto na indústria como na área educacional. Podendo ser trabalhados em paralelo aos métodos digitais, de forma a se complementarem, desse modo não podem ser vistos como concorrentes, visto que cada um pode ser trabalhado focando em seus melhores aspectos no apoio ao desenvolvimento do produto. O autor acrescenta que:

Ao aprender os processos manuais, é possível ter um melhor conhecimento dos materiais e das suas capacidades. Maquinar madeira com recurso a uma CNC (Computer Numeric Control) e cortá-la com uma serra ou um tico-tico são duas experiências distintas. Para poder

compreender qual o material a utilizar num determinado projecto é necessário conhecer as suas mais-valias; ao entrar em contacto directo com os materiais é possível obter estes conhecimentos, que são muito mais facilmente apreendidos por conhecimento empírico. (PALHAIS, 2015, p. 83).

Barbosa (2009) atenta para a importância da prática da prototipagem tradicional nas instituições de ensino do design. Para o autor, os processos manuais permitem experimentações plásticas e ampliam o conhecimento e repertório dos alunos sobre materiais e outras tecnologias de construção de objetos.

Macarrão (2004) atenta que a qualidade de um modelo tridimensional está paralelamente ligada a habilidade e experiência do modelador, desta forma se o modelador for habilidoso e tiver conhecimento sobre as técnicas de prototipagem tradicional, será capaz de desenvolver um modelo ou protótipo de boa qualidade, tanto ao que diz respeito a dimensão quanto ao acabamento de sua superfície.

Desta forma entende-se que o conhecimento das técnicas de prototipagem tradicional são fundamentais para o desenvolvimento de modelos e protótipos de qualidade. Percebe-se também a importância da prática dos processos convencionais, que são capazes de despertar a criatividade e habilidade manual do designer e são ótimas alternativas quando não há maquinário disponível ou quando não há muitos recursos.

Durante toda jornada acadêmica como estudante de Design, inúmeras vezes foram solicitados projetos de produto que demandavam o desenvolvimento de modelos tridimensionais físicos, que a maioria das vezes eram feitos a partir de técnicas de prototipagem tradicional e durante essa trajetória percebeu-se a falta de um material de apoio para conseguir aplicar as técnicas, apesar de já ter passado pela disciplina Representação e Linguagem Tridimensional do curso de Design, da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

Quando se trata de métodos de prototipagem tradicional, são poucos os materiais na literatura que possam servir como apoio didático, tanto ao que se refere a material bibliográfico físico quanto digital, que apresentam como executar diferentes técnicas de prototipagem tradicional. Ao fazer pesquisas em mecanismos de buscas usando o termo “técnicas de prototipagem” a maioria das ocorrências

são referentes à prototipagem rápida, tecnologias como o computer-aided design (CAD) e impressão 3D.

O livro de Elô Penna, intitulado “Modelagem, modelos em design” publicado em 2002 pela editora Catálise, foi um dos materiais encontrados, voltado para o design de produtos, que apresenta como executar variadas técnicas de prototipagem tradicional, aborda características de cada material, ferramentas e cuidados na manipulação deles.

Outro material que aborda o desenvolvimento de modelos tridimensionais voltado para design de produtos, foi a dissertação de mestrado intitulada “O uso da modelagem aplicada à ergonomia no desenvolvimento de produtos” de Douglas Daniel Pereira, publicada em 2015. Em sua dissertação, Pereira, apresenta o passo a passo de como desenvolver cada técnica de prototipagem (tradicional e Prototipagem rápida) que foram desenvolvidas com o objetivo de determinar qual técnica é mais adequada para cada tipo de análise dentro do processo de Design Ergonômico. Para isso foram desenvolvidos 16 modelos do mesmo produto, utilizando diferentes técnicas e materiais, que foram comparados entre si.

Considerando a importância de se conhecer diferentes técnicas de prototipagem e da prática dos processos tradicionais no desenvolvimento de modelos tridimensionais físicos, verificou-se a importância de mais estudos na área da prototipagem tradicional. Desta forma, nasceu o interesse, enquanto estudante de graduação em Design, de conhecer e aplicar diferentes técnicas e materiais de prototipagem tradicional utilizados para representar produtos e apresentar seus resultados em um estudo que possa servir como material de apoio para o desenvolvimento de modelos tridimensionais.

Diferente dos trabalhos de Penna (2002), que ilustra cada técnica de prototipagem tradicional por meios de desenhos e de Pereira (2015), que demonstra 16 técnicas em 16 modelos do mesmo produto, a fim de compará-las, este estudo traz novas abordagens referentes a como aplicar tais técnicas, ao desenvolver um único modelo tridimensional utilizando diferentes materiais e ao demonstrar o passo a passo de todo o processo por meio de imagens.

Reúne ainda, informações acerca do universo da representação tridimensional em projeto de produtos e aborda a importância da prototipagem tradicional no Design de produtos. Além disso, toda a logística do processo de desenvolvimento do modelo, experiência, custos e rendimento de cada material é relatado ao final do processo.

As técnicas de prototipagem tradicional executadas foram baseadas nos conhecimentos adquiridos durante participação como monitora na disciplina de Representação e Linguagem Tridimensional, ministrada pela Professora, Ma. Gisele Reis Correa Saraiva, da Universidade Federal do Maranhão no período de 2018.2 e também nos métodos apresentados no livro “Modelagem, modelos em design” de Elô Penna.

O Desenvolvimento do modelo tridimensional foi realizado na oficina do curso de Design da Universidade Federal do Maranhão, onde contou-se com a ajuda de um técnico em marcenaria e foram utilizados equipamentos do local e materiais e ferramentas encontrados na região, da cidade de São Luís - Maranhão.

Considerando a escassez de materiais bibliográficos referentes ao tema, este trabalho busca contribuir à literatura com mais uma bibliografia sobre como desenvolver modelos tridimensionais. Espera-se que o conteúdo e os resultados apresentados possam auxiliar outros estudantes de graduação em Design a desenvolver seus modelos tridimensionais. Assim como, também fazer entender sobre a importância do seu uso durante o processo de novos produtos.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Aplicar técnicas de prototipagem tradicional na construção de um modelo físico, a fim de contribuir à literatura com um material que ilustre como desenvolver modelos tridimensionais em design de produtos.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Reunir informações acerca do universo da representação tridimensional de produtos e sobre os materiais e técnicas de prototipagem tradicional;

- Enfatizar a importância do uso da prototipagem tradicional no design de produto;
- Detalhar o passo a passo das técnicas de prototipagem tradicional escolhidas para desenvolver o modelo tridimensional, de forma ilustrativa, a partir de fotos do processo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DAS REPRESENTAÇÕES TRIDIMENSIONAIS

Algumas fontes revelam que a construção da tridimensionalidade remonta há milhares de anos, desde que o homem passou a ter conhecimento técnico científico para construir utensílios especializados. Segundo Palhais (2015), em alguns objetos da pré-história, podem ser identificados até mesmo características pertinentes ao Design, como preocupações ergonômicas, domínio dos materiais e relações entre forma e função.

Conforme Imai (2007), os modelos na antiguidade eram feitos de variados materiais e possivelmente desempenhavam várias funções, eles eram utilizados em ritos religiosos e como afirma Palhais (2015), eram também construídos a partir de moldes, com materiais como gesso, barro, alginato, silicone, entre outros.

Segundo Smith (2004 apud MARTINS, 2010) se conhece no Egito Antigo réplicas de modelos em escala reduzida que eram colocadas no interior dos túmulos (Figura 1), segundo a crença dos egípcios, estes garantiriam a continuidade do modo de vida do defunto.

**Figura 1** - Modelo de um jardim feito em madeira, tinta e cobre. Datado do Império Médio (c. 2.000 a.C.), Egito.



**Fonte:** Metropolitan Museum of Art. Disponível em: <https://www.metmuseum.org/art>.

Acesso em: 12 dez. 2019.

Segundo Rozestraten (2003), além dos modelos utilizados em ritos funerários, foram encontrados no Egito dois casos que podem se aproximar de um modelo de projeto: um suposto modelo de teste para a galeria de entrada da pirâmide de Quéops em escala 1:1 e um modelo em escala reduzida feito de pedra, considerado uma maquete de apresentação de projetos.

Na Grécia os modelos em escala real eram chamados de Paradeigma, poderiam ser feitos em gesso, madeira, cerâmica e pedra (Figura 2). O arquiteto deveria providenciar esse modelo como uma referência de molde para alguns detalhes ornamentais, tríglifos, cornijas e capitéis (ROZESTRATEN, 2011).

**Figura 2** - Capitel Coríntio do séc. IV a.C.



**Fonte:** Blog Pepe Valenciano. Disponível em: <https://pepevalenciano.es/anfiteatro-de-epidauro>.

Acesso em: 13 fev. 2019.

Se na antiguidade os modelos tridimensionais eram usados principalmente em ritos religiosos ou para representar obras arquitetônicas, eles ganharam maior importância durante o Renascimento quando passaram a ser utilizados durante o processo projetual e não apenas para representar o projeto final.

O arquiteto, engenheiro, escultor e pintor, Filippo Brunelleschi, considerado o pioneiro do Renascimento italiano e um dos pais da perspectiva, desenvolvia modelos durante seus projetos (SALMASO e VIZIOLI, 2013).

“Os modelos tridimensionais de Filippo Brunelleschi (1377-1446) para o Duomo de Santa Maria Del Fiore em Florença são considerados referências nos estudos de projetos. Ele utilizou vários modelos e maquetes, algumas em madeira outras em argila, como modelos



experimentais no processo de projeto para a construção da cúpula do Domo.” (SALMASO e VIZIOLI, 2013, p.527) (Figura 3).

**Figura 3** - Modelo da Basílica de Santa Maria da Flor em 1418.



**Fonte:** Pixel Uivante. Disponível em: [https://howlingpixel.com/it/Cattedrale\\_di\\_Santa\\_Maria\\_del\\_Fiore](https://howlingpixel.com/it/Cattedrale_di_Santa_Maria_del_Fiore). Acesso em: 13 fev. 2019.

Palhais (2015) relata que durante o Renascimento, no que diz respeito a escultura, os processos de construção partindo de um bloco ou através da adição de material ganharam notoriedade. Processos esses que atualmente são aplicados a nível de Design. Michelangelo, por exemplo, utilizou de um desses processos em sua obra “David”, da qual partindo de um único bloco de mármore, foi subtraindo material até revelar a forma.

Já o processo de adição de matéria, consistia em adicionar o material até obter a forma, conforme um modelo observado. Nos tempos atuais, este processo é base para a impressão 3D, uma técnica de prototipagem rápida.

Durante a Revolução Industrial, no século XVIII, o uso da tridimensionalidade passou para o papel. Este período “traduziu-se no fim da exclusividade das artes artesanais e da manufactura, promovendo o desenvolvimento da indústria mecânica e alterando definitivamente o comportamento da sociedade.” (MARTINS, 2010, p.59). Assim, no lugar do desenvolvimento de modelos físicos, o desenho passou a ser um meio que facilitava a comunicação dentro do projeto e permitia alterações menos dispendiosas.

Com o advento do Design como profissão, durante a Revolução Industrial, algumas escolas surgiram na Europa com o intuito de ensinar a produção industrial. Mas foi no século XX que surgiu aquela que seria a principal instituição voltada para o ensino do Design, a Bauhaus (CARDOSO, 2000). Seus interesses estabeleciam uma relação direta com a indústria na produção de modelos e produtos, aliando arte e design numa abordagem dos materiais e processos industriais.

Através de suas oficinas, a Bauhaus objetivava integrar os conhecimentos teóricos dos materiais e do processo produtivo aos conhecimentos técnicos-operacionais (MARTINS, 2010). Sobre o ensino a Bauhaus:

Primeiro a formação artística, depois o trabalho nas oficinas complementava o estudo dos alunos com uma formação artesanal. Era uma forma de fazer com que o aluno tivesse um conhecimento bem determinado de materiais e processos de trabalho para assim ter condições de influenciar a produção industrial. (Ribeiro e Lourenço, 2012, p.13).

Além do campo do Design, foi a partir dos ensinamentos da Bauhaus que modelos em escala reduzida voltaram a se impor como ferramenta fundamental aos projetos arquitetônicos (FONSECA, 2013). Já no final do século XX, o mundo viria a passar por um momento que transformaria novamente o uso dos modelos em projetos: A Era Digital, que introduziu a prototipagem rápida em projetos.

Até então eram utilizados processos de fabricação rápida a nível industrial, com a produção de um grande número de produtos por um preço de produção mais barato. Só no século XX as ferramentas de prototipagem são introduzidas nas casas dos utilizadores e se tornam acessíveis a qualquer pessoa. (PALHAIS, 2015, p. 24).

O uso das tecnologias digitais na construção de representações em projetos foi inicialmente registrado na década de 60, quando a companhia aeroespacial Boeing Company, descreveu pela primeira vez, em seus projetos, o termo “computer graphics” se referindo ao uso do software CAD. Inicialmente as representações feitas no sistema CAD eram em duas dimensões, os primeiros modelos tridimensionais (3D) só passaram a ser elaborados no final da década de 80 (PALHAIS, 2015).

Nesta época também surgiu a primeira impressora 3D disponível comercialmente, capaz de construir objetos a partir da cura a laser de resinas poliméricas. (MARTINS, 2010). Toda esta tecnologia foi então reconhecida a partir da disseminação dos computadores pessoais, nos anos 80, alterando os processos de construção e de produção, bem como os métodos de trabalho no Design, até os dias atuais. A praticidade garantida pelo advento das tecnologias de prototipagem rápida, foi um marco que contribuiu para aumento do uso de protótipos em projetos (VOLPATO *et al.*, 2007).

Dominar as tecnologias digitais tornou-se imprescindível nos dias atuais, pois estas, como o próprio nome diz, são uma forma rápida e prática para o desenvolvimento de protótipos e se tornaram um importante elemento de competitividade para as empresas.

Percebe-se que, a utilização de modelos tridimensionais, sempre foi uma etapa presente nos projetos, desde que o design ainda não havia se estabelecido como profissão e que as técnicas de prototipagem evoluíram junto com o conhecimento científico, nota-se também a importância em acompanhar a evolução, tanto ao que se refere a materiais, quanto às técnicas de desenvolvimento.

## 2.2 REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL EM DESIGN DE PRODUTOS

Existem várias formas de representação de produtos que podem ser usadas desde o início do projeto até seu lançamento no mercado. Essas representações podem ser desenvolvidas por processos tradicionais ou computadorizados; desenvolvidas de forma bidimensional, tridimensional, física ou digital e podem ser classificadas conforme o meio de construção, fidelidade, níveis de acabamento e processo de fabricação.

Segundo Otto e Wood (2001), a utilização de modelos tridimensionais durante o projeto de produtos traz benefícios como:

- Redução de custos: pois a partir deles é possível prever problemas de produção, montagem e dimensionamento, antes do produto ser industrializado.

- Aceleração de atividades paralelas: pois o uso de protótipos facilita uma melhor comunicação entre todos os participantes do projeto, possibilitando uma melhor troca das informações.
- Maior grau de acerto na geração e seleção de ideias: pois a criação de protótipos facilita o estudo das características do produto, bem como sua forma, dimensões, materiais, acabamentos, processos, entre outras coisas.

O tipo de representação tridimensional é escolhido de acordo com as necessidades projetuais, segundo Otto e Wood (2001) essas representações podem ser usadas para analisar aspectos estéticos, a semântica do produto, para analisar a disposição de componentes externos e internos ou para realizar estudos ergonômicos. Para isso o designer pode construir, desde modelos simples a protótipos bem acabados.

Para Baxter (2000), na construção de modelos simples, podem ser utilizados materiais como papel, gesso, argila ou espuma; esses tipos de modelos são utilizados geralmente para estudos formais e construídos com material diferente do produto final, eles são conhecidos como Maquetes ou Mock-ups. Já os Protótipos geralmente são construídos com o mesmo material e mecanismos de funcionamento do produto final.

Segundo Alcoforado (2014), o termo “protótipo” também é utilizado por diversos autores para se referenciar aos diferentes tipos de modelos:

Genericamente diversos autores em todo o mundo se dirigem as etapas de representação de características de um produto ou sistema através do termo prototipagem (prototyping), dividindo-os de acordo com o nível de fidelidade (baixa e alta fidelidade). Nesse sentido: sketches, mock-ups, modelos e protótipos tradicionais, são tratados como tipos de protótipos com diferentes níveis de fidelidade. (ALCOFORADO, 2014, p. 96).

De forma sucinta, Penna (2002) classifica modelos como: I- Modelos preliminares: modelos usados para avaliação volumétrica de estudo preliminar, desenvolvidos com materiais de baixo custo; II- Mock-up: modelo experimental em escala natural, podendo ser funcional ou para simular acabamentos, pode ser desenvolvido com qualquer material; III- Maquete: modelo em escala reduzida, utilizados para apresentação, estudo de cores formas etc.; IV- Protótipos: modelo

em escala natural, o primeiro de um tipo, desenvolvido com o mesmo material, cores e funcionalidade do produto final.

Como na literatura não existe um consenso quanto a nomenclatura usada para definir os diversos tipos de representações tridimensionais, neste estudo serão considerados os conceitos definidos por Penna (2002). Em relação às fases de desenvolvimento do produto, tem-se como referência a classificação adotada por Volpato *et al.* (2007) que dividiu os diferentes termos em dois grupos: o primeiro grupo refere-se aos termos utilizados nas fases iniciais do projeto de produto; o segundo grupo refere-se aos termos geralmente encontrados nas fases subsequentes à engenharia dos produtos. Listados a seguir:

### **2.2.1 Representações do produto nas fases iniciais do projeto de produto**

Nas etapas iniciais de desenvolvimento de um projeto de produto os modelos devem ser desenvolvidos com o mínimo grau de complexidade e sofisticação, apresentando apenas o necessário. Baxter (2000) recomenda que nas fases iniciais do projeto de produto eles devem ser simples e baratos.

Segundo Palhais (2007) um conjunto de ferramentas básicas possibilita confeccionar modelos de baixa-fidelidade usando diversos materiais como papel, cartão, poliestireno, espumas, entre outros. A seguir os tipos de representações utilizados nas fases iniciais do projeto de produto, segundo Volpato *et al.* (2007):

- Maquete: a maquete é um modelo em escala reduzida, utilizado para apresentação, estudo de cores formas etc. (Figura 4). Podem ser classificadas como:
  - Experimentais (para simulações reduzidas);
  - Análogas (para analogias e fenômenos);
  - Didáticas (para ensino de arquitetura e engenharia).

**Figura 4 -** Maquete Física em escala 1:25 para estudo de Cenário para Comerciais das Casas Bahia.



**Fonte -** Usina Maquetes. Disponível em: <http://www.usinamaquetes.com.br>. Acesso em: 13. fev. 2019.

- Modelos Volumétricos: Volpato *et al.* (2007) define este tipo de modelo como “rascunho tridimensional” os modelos volumétricos são simples e feitos com materiais baratos, são feitos com acabamento em cores neutras para verificação de sombras e delineamento formal (Figura 5). Baxter (2000) define este tipo de modelo como “Modelo de forma” segundo o autor apresentam tamanho físico e forma do produto, mas não a função.

**Figura 5 -** Modelos volumétricos feitos em isopor para estudo de forma de uma embalagem para alimentos.



**Fonte:** Adaptado de Almeida (2010).

- Mock-ups: Segundo Volpato *et al.* (2007), são modelos físicos que simulam o produto final, construídos em escala natural (1:1). Os mock-ups são utilizados para estudos ergonômicos iniciais ou teste simulado para a equipe do projeto (Figura 6).

**Figura 6** - Mock-up de um balde feito em papelão, utilizado em testes de usabilidade.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2017)

- Modelos de apresentação: Modelos utilizados para apresentação em eventos, feiras, exposições, podem ser representadas em escala ou não. Seus acabamentos e superfícies se aproximam ao máximo da aparência final do produto (VOLPATO *et al.*, 2007). Segundo Baxter (2000) os modelos de apresentação possuem a forma física e aparência, mas não a função (Figura 7).

**Figura 7** - Modelo de apresentação feito em Clay para exposição em concurso da Mercedes-Benz.



**Fonte:** Revista Tag Automotive. Disponível em: <https://ied.edu.br/revista/tag/automotive-design>.

Acesso em: 07 abr. 2019.

### 2.2.2 Representações de produto nas fases mais avançadas do projeto de produto

Passando pelas fases iniciais, o processo de desenvolvimento de produtos requer modelos mais elaborados. Para Baxter (2000), esse é o momento que demanda respostas para questões mais específicas, então é pertinente aumentar a sofisticação e complexidade dos modelos.

Segundo Volpato *et al.* (2007), o termo Protótipo pode ser utilizado para se referir a uma peça isoladamente, a uma parte do produto, ou ao produto como um todo. Diante disto, existem vários tipos de protótipos, sendo os principais reunidos pela autora, a seguir:

- Protótipo Físico ou visual: é um protótipo de prova de conceito, conhecido também como protótipo conceitual, é utilizado para testar ideias e realizar montagens experimentais (forma e encaixe) de um produto (Figura 8).

**Figura 8** - Protótipo de uma cadeira de rodas, desenvolvido para testes.



**Fonte:** Adaptado de Silva e Ipar (2019)

- Protótipo analítico ou virtual: “É a maneira não tangível, usualmente matemática, de representar um componente ou produto. Ao invés de serem construídos fisicamente, os aspectos importantes do produto são analisados computacionalmente.” (VOLPATO *et al.*, 2007, pag. 23). Como exemplo existem os modelos tridimensionais desenvolvidos em um sistema CAD (Figura 9).



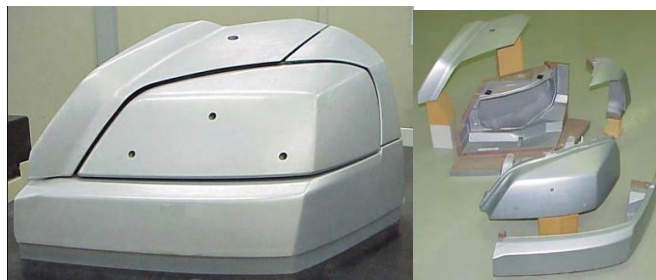
**Figura 9** - protótipo virtual de uma mini geladeira para recarga de bateria de celular, elaborado para apresentação para o cliente.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2018).

- Protótipo parcial ou focalizado: possui alguns atributos de um produto, geralmente um subsistema dele, a fim de testar algum aspecto funcional (Figura 10). Os materiais utilizados para seu desenvolvimento podem ser similares ao material final da produção (VOLPATO *et al.*, 2007).

**Figura 10** - Cubing do farol esquerdo de um automóvel respectivamente montado e desmontado. Usinado por máquinas CNC.



**Fonte:** Adaptado de Macarrão (2004).

- Protótipo completo ou funcional: este tipo de protótipo possui a maioria dos atributos de um componente individualmente ou de um produto como um todo, podendo apresentar uma versão completamente operacional do produto (Figura 11). Podem não ser construídos exatamente com os mesmos processos de fabricação do produto final, porém o material deve ser o

mesmo. São geralmente construídos para teste de identificação de falhas do projeto antes de serem encaminhados para a produção (VOLPATO *et al.*, 2007).

**Figura 11** - Protótipo funcional de um check-out de supermercado.



**Fonte:** Adaptado de Vinent e Rodrigues (2015).

Em síntese, a construção de modelos e protótipos ajuda o designer em muitos aspectos, facilitando a atividade projetual do início ao fim do processo, até que o produto seja industrializado e chegue até o usuário, conferindo um processo com o mínimo de prejuízo, pois por meios dessas representações cada aspecto do produto pode ser avaliado.

### 2.3 RECOMENDAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE MODELOS TRIDIMENSIONAIS

Confeccionar modelos e protótipos exige também um pensamento estratégico, para que se possa escolher a opção de representação do produto e materiais que melhor se adequem às necessidades e objetivos almejados.

Baxter (2000) recomenda que a construção de protótipos deve ser feita quando se esgotar todas as demais fontes de informação e que se possível, pode-se optar por substituir os protótipos por esboços e desenhos, pois a construção deles demanda muito tempo.

A escolha do tipo de representação tridimensional a ser usada no projeto de produtos, depende de fatores projetuais, como: o orçamento do projeto, a

disponibilidade tecnológica, a exigência do nível de precisão, a qualidade do protótipo ou modelo; entre outras coisas (PASCHOARELLI, *et al.* 2011).

Em se tratando de materiais, Otto e Wood (2001) recomendam critérios como:

- **Custo:** deve-se considerar os riscos e vantagens da utilização do material escolhido, a fim de reduzir prejuízos durante o projeto;
- **Disponibilidade:** para evitar atrasos, é importante verificar se o material escolhido é facilmente encontrado no mercado e se suas especificidades estão de acordo com os objetivos projetuais;
- **Capacidade de aceitar alterações:** Ao decorrer do processo, espera-se que o protótipo sofra várias alterações, assim deve-se considerar se o material escolhido é capaz de ter suas características alteradas, bem como suas dimensões, acabamento, cor, entre outras coisas;
- **Fácil de moldar:** O material deve ser fácil de moldar, para que não se perca tempo de execução no projeto;
- **Geometricamente extrapolável:** para que o desenvolvimento da representação tridimensional seja simplificado;
- **Propriedades extrapoláveis:** a fim de garantir o mais alto nível de adequação e aproximação do produto final.

## 2.4 PROTOTIPAGEM TRADICIONAL

### 2.4.1 Importância da prototipagem tradicional

O termo Prototipagem é empregado para designar um processo de construção que resulta um modelo sobre o qual podem ser feitas análises e que eventualmente servirá de base para o produto final (PALHAIS, 2015). Dessa forma, é usado o termo Prototipagem Tradicional para designar as técnicas que utilizam meios analógicos para confecção de modelos.

Existem vários modos de desenvolver um modelo tridimensional a partir da prototipagem tradicional, que vão desde usar técnicas e materiais simples como a colagem em papel à técnicas de manufaturas como a construção de moldes. Paschoarelli (2011) defende o uso das técnicas de prototipagem tradicional, nas

fases iniciais do desenvolvimento de um produto, para o autor elas são a melhor alternativa na maioria das situações, incluindo na avaliação e validação ergonômica.

Palhais (2015) defende o aprendizado das técnicas de prototipagem tradicional nos cursos de design, pois tais processos são essenciais para se apreender conhecimentos sobre os materiais e suas capacidades. Conforme Dorta (2006 apud MARTINS, 2010), a capacidade de tocar o objeto e sentir as suas formas através dos materiais é capaz de melhorar a criatividade, dessa forma, outros processos digitais ou automatizados não possuem as mesmas vantagens dos desenhos e modelos físicos feitos à mão, pois é necessário, todos os sentidos para compreender as geometrias tridimensionais.

Os processos de prototipagem tradicional podem ser usados em paralelo a outros processos. O advento das novas tecnologias de prototipagem rápida não pôs fim às técnicas de prototipagem tradicional, pelo contrário, elas se complementam e em conjunto colaboram de maneira eficaz nas diferentes etapas de design de produtos. Macarrão (2004) ressalta que em algumas situações, quando um modelo feito a partir da prototipagem rápida ou por um processo mecanizado precisa ser modificado, é possível concluir esta ação manualmente, isto é, utilizando de técnicas de prototipagem tradicional.

Percebe-se que o uso da prototipagem tradicional é indispensável nas primeiras fases do design de produtos, quando o designer deve testar ideias iniciais com materiais de fácil disponibilidade e de baixo custo e quando não detém de máquinas de prototipagem rápida como uma impressora 3D ou uma máquina CNC, que exigem também destreza e conhecimento técnico para serem operadas.

A prototipagem tradicional também se mostra importante no que diz respeito ao ensino de materiais e processos. No qual, a partir das experiências práticas com os materiais e ferramentas simples, o aluno de design adquire conhecimentos de forma intuitiva, o que não seria possível apenas visualizando o projeto de forma não tangível.

Um exemplo da aplicação de técnicas de prototipagem tradicional na construção de modelos tridimensionais é demonstrado em um artigo publicado na 16ª Ergodesign, intitulado *“Redesign de abridor de latas e garrafas sob o viés*

*ergonômico*”, Giuli *et al.* (2017) apresentam o resultado de um trabalho que teve como objetivo realizar o redesign de um abridor de latas e garrafas pondo em prática os conhecimentos adquiridos durante as disciplinas de ergonomia, modelos e protótipos, desenho técnico e metodologia de projeto.

Para iniciar o desenvolvimento do protótipo, inicialmente foram feitos estudos conceituais a partir de *sketches* e só depois a equipe passou a elaborar modelos físicos simples para estudos formais, a partir de materiais baratos: massa de modelar, madeira de eucalipto e poliuretano expandido - PU (Figura 12).

**Figura 12** - Modelos para estudos de geração de alternativas.



**Fonte:** Adaptado de Giuli *et al.* (2017).

A partir dos testes realizados com os modelos simples a equipe pôde descartar algumas ideias e então partir para o próximo passo: um protótipo virtual, que permitiu a equipe visualizar a forma e também gerar seu projeto executivo, antes de partirem para o desenvolvimento do protótipo funcional.

O desenvolvimento do protótipo foi realizado no Laboratório Didático de Materiais e Protótipos da UNESP a partir de processos manuais e técnicas básicas de marcenaria (Figura 13). O material escolhido foi a madeira de eucalipto, por ser de fácil obtenção, conferir resistência e a possibilidade de ser modelada com os equipamentos disponíveis na Universidade.

**Figura 13** - Processo de produção do protótipo utilizando processos manuais e técnicas básicas de marcenaria.



**Fonte:** Adaptado de Giuli *et al.* (2017).

A partir do protótipo físico acabado, testes de ergonomia e usabilidade foram aplicados para o novo modelo a fim de observar o resultado do redesenho do produto (Figura 14). Por fim, os resultados se mostraram satisfatórios, tanto no que diz respeito a estética quanto aos requisitos ergonômicos.

**Figura 14** - Protótipo do abridor de latas e garrafas finalizado.



**Fonte:** Adaptado de Giuli *et al.* (2017).

#### 2.4.2 Processos de prototipagem tradicional

Existem variados modos possíveis de se executar um modelo tridimensional a partir de técnicas tradicionais. Volpato *et al.* (2007) consideram três processos fundamentais:

- Processo de subtração: também conhecido como desbaste, obtém-se a forma tridimensional desejada modificando o material a partir da subtração de matéria.

- Processo de adição: os modelos são formados através da junção de partes fabricadas separadamente.
- Processo de modelagem: são utilizados materiais de conformação plástica como argila e resinas plásticas moldáveis.

Também pode-se obter modelos tridimensionais a partir de moldes, estes possuem a forma em negativo de um modelo base, o qual se deseja reproduzir, podem ser feitos com materiais como o silicone, gesso ou argila. Os moldes permitem produzir uma grande quantidade de peças fidedignas ao modelo base.

Outra vantagem do uso de moldes é poder confeccionar peças ocas. Para fazer peças ocas a partir de um molde gesso é muito utilizado o processo de laminação manual<sup>2</sup>.

Penna (2002), cita três tipos de moldes: Moldes abertos (Figura 15), Moldes duplos (bipartidos) (Figura 16) e Moldes complexos que são fabricados conforme os materiais e técnicas empregadas.

**Figura 15** - Molde aberto feito de silicone.

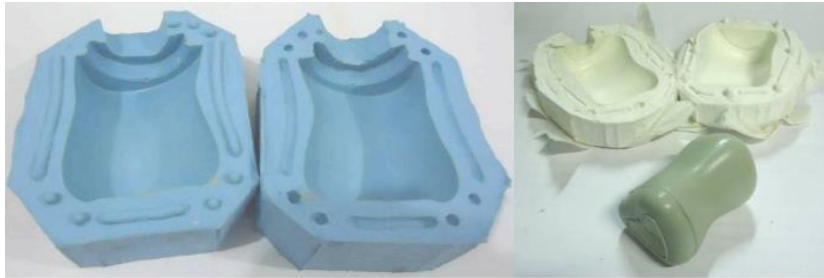


**Fonte:** Oficina Xadrez. Disponível em: <http://oficinadexadrez723.blogspot.com>. Acesso em: 12 mai. 2019.

---

<sup>2</sup> Ver seção 2.4.3.4 Fibra de vidro. Pág. 41

**Figura 16** - Molde bipartido de silicone.



**Fonte:** Adaptado de PEREIRA *et al.* 2017. Disponível em: [proceedings.science.com](http://proceedings.science.com). Acesso em: 12 mai. 2019.

### 2.4.3 Tipos de materiais utilizados na prototipagem tradicional

Os modelos tridimensionais físicos, construídos a partir de técnicas tradicionais de prototipagem, podem ser confeccionados com os mais variados materiais, tais como, papel, argila, papelão, resina e poliestireno. Podendo fazer uso de ferramentas simples como tesouras, lixas, régua ou até mesmo ferramentas elétricas e máquinas como furadeira, lixadeiras, torno mecânico, serra de fita, entre outros. São muitas possibilidades, pode-se até mesmo reciclar materiais e peças para fabricar um modelo tridimensional.

A seguir estão listados alguns materiais e técnicas utilizados na prototipagem tradicional para confecção de modelos tridimensionais físicos de produtos, citados com maior ocorrência na literatura:

#### 2.4.3.1 Gesso

O gesso é um sulfato de cálcio hemihidratado, sua fórmula química é  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ . A matéria prima para o gesso é a Gipsita, um mineral compacto de baixa dureza, pouco solúvel em água. Basicamente, a produção de gesso natural acontece em quatro etapas: extração do gipso; preparação para calcinação; calcinação e seleção (BARBOSA *et al.* 2014).

O gesso é encontrado em forma de pó, apresenta uma textura em creme ao adicionar água e endurece após secagem. É um material muito utilizado na confecção de moldes (Figura 17), é empregado também como um aditivo na indústria de cimentos; pode ser utilizado para produzir revestimentos e forros; para



fazer remates na construção; como massa corrida e para produção de peças em geral (Figura 18) (PENNA, 2002).

Existem diferentes tipos de gesso, que podem possuir mais ou menos resistência mecânica. O gesso de paris é um tipo de gesso menos resistente, se comparado com o gesso-pedra, já o gesso-troquel é ainda mais resistente que os demais (PEREIRA, 2015).

**Figura 17** - Molde de gesso.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

**Figura 18** - Moldura de gesso.



**Fonte:** Harpia Casa. Disponível em: <https://www.harpiacasa.com>. Acesso em: 12 mai. 2019.

#### 2.4.3.2 Borracha de silicone

O silicone é uma borracha sintética que através da adição do catalisador, se transforma em um vulcanizado elástico e pode ser encontrado nas cores branco,

cinza, verde. Utilizado para a produção de modelos e moldes, é um material de fácil modelação, fácil de desmoldar e garante máxima precisão de detalhes, por isso é muito utilizado para fazer réplicas de modelos (PEREIRA, 2015).

Para a construção de um molde de silicone é necessário um modelo base (Figura 19), este pode ser confeccionado em diversos materiais como: Cera, Madeira, Papel, argila, Gesso, entre outros (PEREIRA, 2015). Os moldes são gerados a partir da aplicação da mistura do silicone líquido com catalisador sobre o modelo base. Ao solidifica-se, a borracha de silicone consegue reproduzir com precisão a forma e os detalhes de sua superfície.

**Figura 19** - Molde de silicone obtido a partir de um modelo base.



**Fonte:** Pinterest. Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin>. Acesso em: 12 mai. 2019.

#### 2.4.3.3 Resina de poliéster

As resinas de poliéster podem ser encontradas na forma de um líquido viscoso, que a partir de uma reação química exotérmica de polimerização, se transforma em um sólido rígido, ao ser adicionado um catalizador. (RODRIGUES, 2014).

Para desenvolver um modelo em resina de poliéster, é muito utilizado o processo de fundição do material em um molde, geralmente feito de borracha de silicone. A resina de poliéster é muito empregada na fabricação de joias (Figura 20) e na construção de modelos tridimensionais para simular aspectos do produto. Além disso, possui uma boa combinação de propriedades mecânicas e elétricas; confere

estabilidade dimensional; é um material de baixo custo; é de fácil pigmentação e possui alta resistência ao calor (PENNA, 2007).

**Figura 20** - Pingente feito em resina, com aplicações de folhas e flores.



**Fonte:** Etsy. Disponível em: <https://www.etsy.com>. Acesso em: 12 mai. 2019.

#### 2.4.3.4 Fibra de vidro

A união da fibra de vidro com a resina poliéster misturada a catalisador, forma um compósito conhecido como Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) (Figura 22). Esta técnica é usada na produção de peças com os mais variados formatos como cascos de barcos, piscinas, caixas d'água, carrocerias de veículos entre outras (KEMERICH *et al.* 2013).

O processo de laminação manual é feito colocando reforços de fibra e vidro (ou manta) (Figura 21) sobre um molde, em seguida é aplicado uma mistura de resina e catalisador sobre eles de maneira uniforme, o processo é finalizado quando a resina conclui seu processo de polimerização (NASSEH, 2008).

**Figura 21** - Manta de fibra de vidro.



**Fonte:** Embrapol. Disponível em: <http://www.embrapol.com.br/site/resina/resina-laminacao>. Acesso em: 12 mai. 2019.

**Figura 22** - Fibra de vidro laminada com resina sob um molde de gesso.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

#### 2.4.3.5 Argila

A argila é um material natural, que ilustra muito bem o processo aditivo da modelação, “constituído por componentes de grão muito fino (...) desenvolve, quase sempre, plasticidade em meio úmido e endurece depois de seco e, mais ainda, depois de cozir.” (MEIRA, 2001, p.1).

Segundo Penna (2002) a argila é aplicada para fabricar cerâmicas (jarros, jarras, panelas) (Figura 23), artes plásticas (Figura 24) e na construção civil (telhas, placas para revestimento de paredes, pisos, bancadas e piscinas). Possui como características, diferentes espécies com variáveis colorações; baixo custo; fácil manuseio e fácil moldagem.

A modelagem em argila pode ser feita utilizando as próprias mãos e os materiais e ferramentas necessários são simples, baseiam-se em estecas, espátulas, esponja para uniformizar superfícies; fios de náilon para cortes, rolo de madeira, faca, colher, pentes e gabaritos para auxiliar a modelagem (PENNA, 2002).

**Figura 23** - Exemplo do uso da argila em conjunto com um molde de gesso para obtenção de um vaso em cerâmica.



**Fonte:** Gustavo Assis Cerâmicas. Disponível em: <https://gustavoassisceramicas.com.br/>. Acesso em: 12 mai. 2019.

**Figura 24** - Action Figure feita em argila moldada sob uma armadura de arame.



**Fonte:** Tudo sobre seu filme. Disponível em: <https://www.tudosobreseufilme.com.br/2019/03>. Acesso em: 12 mai.2019.

#### 2.4.3.6 Espumas rígidas

As espumas rígidas são exemplos de materiais que ganham forma a partir do processo de subtração de materiais. São tipos de espuma rígida utilizadas para a confecção de modelos tridimensionais, o poliestireno expandido e o poliuretano.

As espumas são materiais baratos e fáceis de trabalhar, para isso pode-se usar ferramentas manuais básicas de corte e abrasão, como facas, lixas, serrotes, grosas e limas. Ou até mesmo máquinas elétricas como serra de fita e lixadeira (MARTINS, 2010). O poliestireno é um termoplástico, o calor o torna flexível e o

derrete, assim, podem ser usados máquinas e ferramentas de fio-quente para cortá-lo (PALHAIS, 2015).

Existem dois tipos de poliestireno: O poliestireno extrudado (Figura 25) e o poliestireno expandido, popularmente conhecido como isopor (Figura 26). O primeiro é um material geralmente usado para isolamento, é fabricado em diferentes cores, como o rosa, azul ou branco. O segundo, é essencialmente o mesmo material, porém seus ângulos são pré-expandidos e fundidos com vapor de água, é um material branco e facilmente quebrável (PALHAIS, 2015).

**Figura 25** - Exemplo de espuma rígida de poliestireno extrudado.



**Fonte:** Isomarca. Disponível em: <https://isomarca.pt/our-services/venda-de-materiais/>. Acesso em: 13 mai. 2019.

**Figura 26** - Esculturas gigantes de poliestireno expandido (isopor) feitas pelo artista Luiz Camillo Osorio para exposição.



**Fonte:** Arte Ref. Disponível em: <https://arteref.com/escultura/instalacao-de-damian-ortega>. Acesso em: 13 mai. 2019.

O poliuretano (PU) é um material resultante da combinação do Polioli e do Isocianato, popularmente conhecidos como “componentes A e B”, que ao serem misturados reagem por ativação/ poliadição e após 15 minutos se tornam a espuma rígida (Figura 27). O poliuretano se caracteriza como um material de alta qualidade, de fácil manuseio, de baixo custo, permite alterações formais rápidas e pode ser esculpido ou moldado (Figura 28) (PENNA, 2002).

Os moldes feitos para dar forma ao poliuretano podem ser de plástico, metal, silicone ou até mesmo o próprio poliuretano, sendo reforçado com fibra de vidro, ou outro material que não absorva umidade (PALHAIS, 2015).

**Figura 27** - Processo expansão do poliuretano.



**Fonte:** Isomil indústria. Disponível em: <http://www.isomil.com.br/poliuretano-rj>. Acesso em: 25 nov 2019.

**Figura 28** - Personagem esculpido em poliuretano.



**Fonte:** Curiosidades na Net. Disponível em: <https://curiosidadesnanet.wordpress.com>. Acesso em: 13 mai. 2019.



#### 2.4.3.7 Madeira

A madeira é um material muito versátil que pode ser usado em diversas aplicações. Existe uma vasta variedade de madeiras naturais e processadas apropriadas para cada tipo de trabalho. É também um material de fácil manuseio, por isso muito utilizado em objetos que exigem trabalho manual, como móveis, instrumentos musicais, artesanato e também na construção de modelos tridimensionais (Figura 2).

A madeira pode ser processada utilizando diferentes técnicas. Segundo Alcoforado (2014), são elas:

- Torneamento: é a fixação de um bloco de madeira em um torno para elaboração de peças simétricas em relação ao seu eixo, a partir do desbaste da peça com o auxílio de lixas e formões;
- Corte: a madeira pode ser cortada de acordo com o desenho desejado. Para isso pode ser usado diversas ferramentas como serra de disco, serra de fita, serra tico-tico, serra de copo, serrote, arco de serra;
- Furação: a madeira permite que sejam realizados os furos para a realização de encaixes e fixação de parafusos, ou o que mais for necessário. Para isso podem ser usadas furadeiras horizontais, de bancada ou manuais;
- Lixamento: A madeira pode ser desbastada para realizar o acabamento das peças. Tal operação pode ser executada com lixadeira de disco, lixadeiras manuais e com lixas de diversas gramaturas;
- Modelagem: instrumentos de modelagem manual podem ser utilizados para modelar a madeira, como formões e martelos para desbastar e obter a forma desejada.



**Figura 29** - Luminária artesanal em madeira de sabiá reciclada.



**Fonte:** Ligh Think. Disponível em: <http://lighthink.com.br/produto/luminaria-de-mesa-artesanal>.

Acesso em: 13 mai. 2019.

#### 2.4.3.8 Papel

O papel é um material indispensável no processo de design, pois garante diversas possibilidades, é versátil, simples, barato e fácil de trabalhar, pode ser utilizado tanto para exploração, quanto como um material final; além disso é de fácil acesso e também pode ser reciclado e reutilizado.

Existe uma variada gama de papéis no mercado, de diferentes formas, dimensões, espessuras, texturas, cor, brilho, etc., sendo possível simular diferentes texturas e acabamentos. O papel pode ser cortado, colado, ondulado, amassado, reutilizado e para sua manipulação são utilizados materiais simples como cola, tesoura, régua, tintas, pincéis (MARTINS, 2010) (Figura 30).

**Figura 30** - Modelo de uma cadeira em escala reduzida  $\frac{1}{5}$  feita de papel.



**Fonte:** Dezeen. Disponível em: <https://www.dezeen.com/2013/07/26>. Acesso em: 13 mai. 2019.

### 3 METODOLOGIA

Durante disciplina de Representação e Linguagem Tridimensional, ministrada pela professora, Ma. Gisele Reis Correa Saraiva, no período de 2018.2 no curso de Design da Universidade Federal do Maranhão, na qual participei como monitora, os alunos desenvolveram modelos tridimensionais usando técnicas de prototipagem tradicional, aplicadas a um estudo de caso de eletrodomésticos. Para isso, empregaram uma técnica de prototipagem diferente para cada componente dos produtos (Figura 31).

**Figura 31 - Modelo** tridimensional desenvolvido por alunos do curso de design da Universidade Federal do Maranhão.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

Neste trabalho, o mesmo método foi adotado para desenvolver o modelo tridimensional de um produto já existente no mercado. Assim, foram aplicados diferentes materiais e técnicas de prototipagem tradicional, no desenvolvimento de cada componente do produto escolhido. As técnicas utilizadas foram baseadas nos conhecimentos adquiridos durante monitoria na cadeira de Representação e linguagem tridimensional e também nos processos apresentados no livro “Modelagem, modelos em design” de Penna (2002).

Dentre os diferentes tipos de modelos tridimensionais optou-se por reproduzir um Mock-up que segundo Penna (2002) é um modelo em escala natural, podendo ser ergonômico, funcional ou de acabamento e testes, que pode ser desenvolvido

em diversos materiais. E segundo Volpato *et al.* (2007) é um tipo de modelo utilizado nas etapas iniciais do desenvolvimento de um produto.

### 3.2 LOCAL DA PESQUISA

O modelo foi desenvolvido na oficina de marcenaria do curso de Design da Universidade Federal do Maranhão, utilizando o maquinário disponível, com o auxílio de um técnico de marcenaria e materiais e ferramentas encontradas na região da cidade de São Luís, do Maranhão.

### 3.3 OBJETO DE ESTUDO

Utilizou-se como requisito para a escolha do objeto de estudo: um produto disponível no mercado, de forma relativamente fácil de ser reproduzida, de tamanho médio à pequeno e que possui em suas configurações um número de componentes ideais para aplicar no mínimo seis técnicas de prototipagem tradicional. O objeto de estudo escolhido foi a Mini Garrafa Térmica Firenze da marca Invicta (Figura 32), que detém de todos os requisitos citados.

**Figura 32** - Mini garrafa térmica Firenze.



**Fonte:** Casa Home. Disponível em: [www.casarahome.com.br](http://www.casarahome.com.br). Acesso em: 26 de jun. de 2019.

### 3.3.1 Configuração do objeto de estudo

O objeto de estudo, a Mini Garrafa Térmica Firenze, possui ao todo 5 (cinco) componentes, são eles: peça 1- garrafa interna; peça 2- corpo externo; peça 3 - tampa externa; peça 4- tampa inferior; peça 5- tampa superior (Figura 33).

**Figura 33** - Configuração da mini garrafa térmica Firenze.



**Fonte:** Elaborado pela autora.




## 3.4 PREPARAÇÃO



Antes de começar a aplicação das técnicas de prototipagem tradicional, os materiais e técnicas foram definidos de acordo com as configurações do objeto de estudo e as etapas de aplicação do estudo foram organizadas para que o processo de desenvolvimento do modelo demandasse menos tempo e erros durante sua execução.

### 3.4.1 Escolha das técnicas de prototipagem tradicional

As técnicas de prototipagem tradicional a serem aplicadas no estudo foram escolhidas considerando as características e configuração de cada componente presente na Mini Garrafa Térmica Firenze. Quadro 1.

**Quadro 1** - Peças de configuração da Mini Garrafa Térmica Firenze.

Peça	Características	Localização	Material do produto	Técnicas de prototipagem tradicional escolhidas
 Peça 1- Garrafa interna	Oca, cilíndrica, possui um orifício na parte superior e tem base arredondada. A superfície é lisa e a cor é cinza cromado.	Parte interna.	Vidro	Subtração em poliestireno expandido (isopor).
 Peça 2- Corpo externo	Oca, cilíndrica, possui um orifício na parte superior e na parte inferior, também possui detalhes pequenos na parte superior. A superfície é lisa e a cor é verde água.	Parte externa.	Polipropileno	Subtração em poliestireno expandido (isopor), laminação com fibra de vidro, molde bipartido de gesso e modelagem com papel.
 Peça 3- Tampa externa	Oca, cilíndrica, possui um orifício na parte inferior. A superfície é lisa e a cor é verde água.	Parte externa.	Polipropileno	Subtração em poliestireno expandido (isopor), laminação com fibra de vidro e molde bipartido de gesso.

 <p>Peça 4- Tampa inferior</p>	<p>Circunferência com detalhes côncavos e possui rosca na parte superior. A superfície é lisa e a cor é preto.</p>	<p>Parte externa.</p>	<p>Polipropileno</p>	<p>Usinagem em madeira.</p>
 <p>Peça 5- Tampa superior</p>	<p>É rígida e possui formas relativamente complexas (rosca e detalhes na parte superior.). A superfície é lisa e a cor é preto.</p>	<p>Parte interna.</p>	<p>Polipropileno</p>	<p>Fundição em resina cristal e molde de silicone.</p>

**Fonte:** Elaborado pela autora.

Em resumo foram escolhidas 7 (sete) técnicas de prototipagem tradicional:

- Subtração em poliestireno expandido (isopor);
- Molde de gesso;
- Molde de silicone;
- Fundição em resina;
- Laminação com fibra de vidro;
- Usinagem em madeira;
- Modelagem com papel.

### 3.4.2 Etapas de aplicação das técnicas de prototipagem

Tendo definidas os tipos de técnicas a serem executadas, a ordem de desenvolvimento de cada uma delas foi organizada, levou-se em consideração que algumas técnicas dependem umas das outras para serem executados, o desenvolvimento do mock-up foi dividido em 4 etapas:

- 1º etapa - Desenvolvimento do modelo de isopor e pré-modelos que serviram de base para desenvolvimento dos moldes de gesso.

- 2º etapa - Construção dos moldes de gesso e molde de borracha de silicone, pois são necessários para desenvolvimento dos modelos de fibra de vidro e de resina, respectivamente.
- 3º etapa - Confeção das peças em papel e em madeira.
- 4º etapa - Desenvolvimento dos modelos de fibra de vidro e resina.
- 5º etapa - Acabamento das peças: Na última fase as peças foram lixadas, pintadas e em seguida o modelo foi montado.

A trajetória de todos os passos, foi registrada em um diário, descrevendo o que foi feito em cada dia, durante o desenvolvimento do mock-up.

### 3.4.3 Equipamentos de medição

Para aferir a altura e diâmetro de cada componente do objeto de estudo e do mock-up desenvolvido, foi utilizado um paquímetro analógico, 150mm, metálico e para medir os materiais foi utilizado uma balança digital (Figura 34).

**Figura 34** - Material utilizado para medir as peças.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Balança digital e paquímetro, respectivamente.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 PASSO A PASSO DAS TÉCNICAS DE MODELAGEM TRADICIONAL

#### 4.1.1 Subtração em poliestireno expandido (isopor)

Para o desenvolvimento de um modelo em poliestireno expandido (isopor) é necessário as seguintes etapas: recorte do bloco de isopor nas medidas do modelo a ser desenvolvido; preparação da faca de corte que será utilizada junto ao torno mecânico, para dar a forma desejada ao isopor e a etapa de acabamento (emassar, lixar e pintar), sendo esta muito importante para garantir um bom resultado final do modelo que deve simular a superfície do produto final.

- Vantagens: baixo custo, fácil modelagem, fácil disponibilidade de materiais, aceita alterações ao decorrer do processo; pode ser reciclado, rápida execução.
- Desvantagens: gera muito resíduo, dependendo da ferramenta utilizada para cortar o poliestireno expandido; derrete ao utilizar materiais e tintas à base de solventes, podendo ser utilizado somente materiais e tintas à base de água; não é biodegradável.
- Cuidados: usar equipamentos de proteção individual (EPI's) - máscara, avental e luvas.
- Materiais e ferramentas:
  - Sólido de poliestireno expandido;
  - Chapa de alumínio;
  - Placa de MDF com 5 mm de espessura;
  - Acetato de Polivinila- PVA (Cola branca);
  - Cola de contato;
  - Massa corrida PVA;
  - Tinta base-primer;
  - Tinta à base d'água;
  - Pincel, rolo de espuma ou compressor para pintura;



- Espátula;
  - Tesoura;
  - Lixas d'água, granulometria: 100, 150, 220, 350,400, 600, 1200;
  - Ferramenta de corte quente para isopor ou lâmina de serra manual;
  - Serra tico-tico;
  - Torno mecânico.
- Passo 1: Preparação do poliestireno expandido (isopor) (Figura 35):
    - Cortar o sólido de poliestireno expandido na medida necessária para modelagem do modelo, com auxílio da serra manual ou ferramenta de corte quente;
    - Desbastar os vértices para facilitar a modelagem no torno.

**Figura 35** - Passo 1: Preparação das peça de poliestireno expandido (isopor).



**Fonte:** Elaborado pela autora. Corte do sólido de isopor (a esquerda) e vértices desbastadas (a direita).

- Passo 2: Preparação da faca de corte - Chapa de alumínio (Figura 36):
  - Elaborar desenho técnico com as medidas das peças do produto final (Apêndice A);
  - Recortar o desenho técnico com auxílio de uma tesoura e dividi-lo ao meio verticalmente;
  - Colar o desenho recortado na chapa de alumínio com cola branca. Com auxílio de uma tesoura, recortar a chapa de alumínio contornando a forma do desenho;
  - Obtenção dos gabaritos de metal.

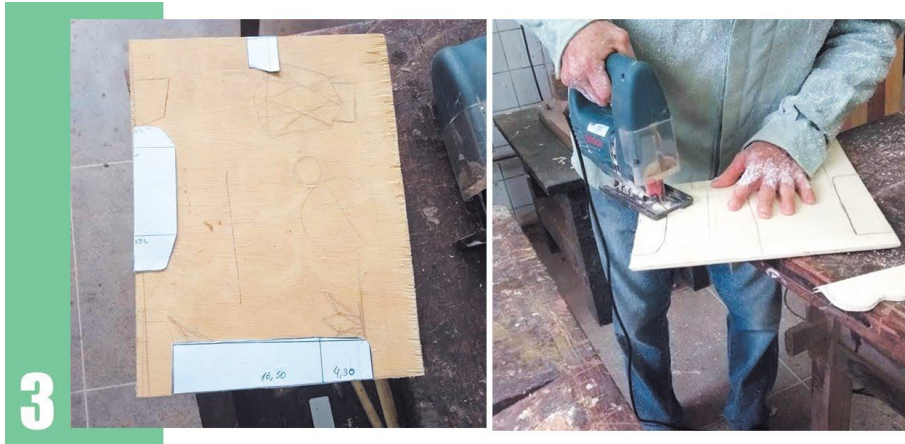
**Figura 36** - Passo 2: Preparação da faca de corte para torno mecânico (chapa de alumínio).



**Fonte:** Elaborado pela autora. Recorte do desenho técnico (a esquerda), metade do desenho sendo colado na chapa de alumínio (ao centro), chapa de alumínio recortada (a direita).

- Passo 3: Preparação da faca de corte - Placa de MDF (Figura 37):
  - Utilizar placa de MDF de tamanho necessário para desenvolver a faca de corte: considerando tamanho do modelo e a área de manuseio;
  - Recortar o desenho técnico utilizando uma tesoura e usar metade da forma como gabarito para desenhá-lo na placa de madeira;
  - Com o Auxílio de uma serra tico-tico, cortar a placa de madeira contornando a forma do desenho.

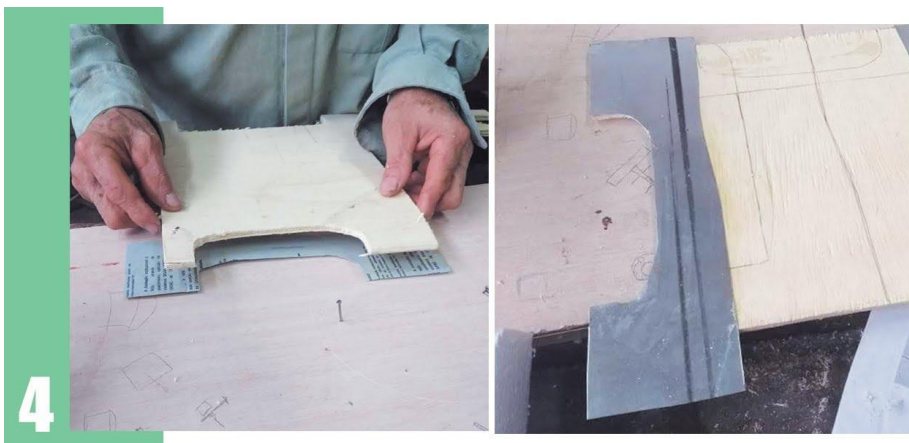
**Figura 37** - Passo 3: Preparação da faca de corte para torno mecânico (tábua de MDF).



**Fonte:** Elaborado pela autora. Desenho técnico colado na placa de MDF (à esquerda) e placa de MDF sendo recortada no contorno do desenho (à direita).

- Passo 4: Preparação da faca de corte para torno mecânico - finalização (Figura 38):
  - Colar, com cola de contato, o gabarito de MDF sobre o Gabarito de chapa de alumínio, feitos anteriormente, considerando um recuo de cerca de 5mm da borda do desenho. Após secagem, a faca de corte estará pronta para ser utilizada na usinagem.

**Figura 38** - Passo 4: Preparação da faca de corte para torno mecânico e peça finalizada.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Colando gabarito de MDF no gabarito de chapa de alumínio (à esquerda), faca de corte para torno finalizada (à direita).

- Passo 5: Usinagem no torno mecânico (Figura 39):
  - Após a confecção da faca de corte, o sólido de poliestireno expandido é usinado no torno mecânico, para adquirir a forma desejada.

**Figura 39** - Passo 5: Usinagem no torno mecânico.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Sólido de poliestireno expandido sendo usinado no torno mecânico (acima) e modelos usinados (abaixo).

- Passo 6: Acabamento do modelo (Figura 40):
  - Lixar o modelo de poliestireno expandido, utilizando lixas de grão 100 até 220 para acertar falhas nas extremidades;
  - Cobrir a peça com uma camada fina de massa corrida PVA. Após secagem, passar outra camada.



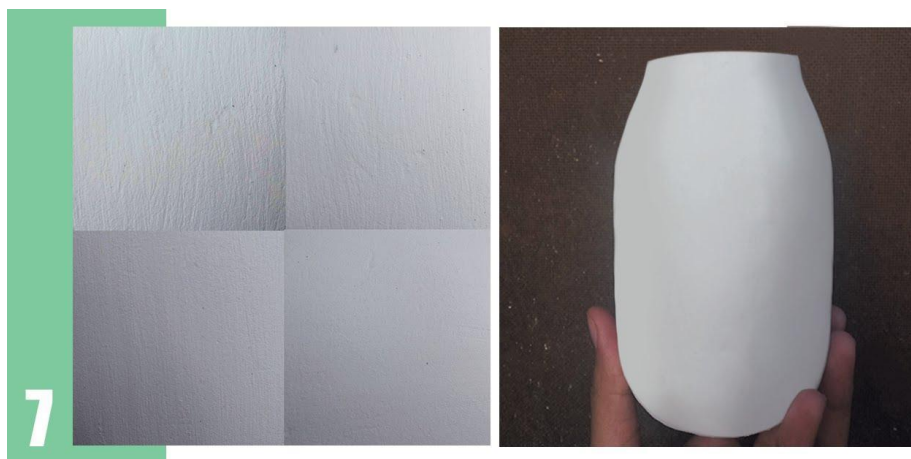
**Figura 40** - Passo 6: Acabamento do modelo de poliestireno expandido.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Modelo sendo lixado (à esquerda) e modelo emassado (à direita).

- Passo 7: Acabamento do modelo - Lixamento (Figura 41):
  - Começar a lixar pelas lixas de maior granulometria até chegar às mais finas, a fim de tornar a peça lisa a ponto de quase polimento. Respectivamente: 100, 150, 220, 350, 400, 600 e 1200.

**Figura 41** - Passo 7: Lixamento do modelo de poliestireno expandido.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Variação dos arranhões das lixas (à esquerda) e superfície do modelo a ponto de polimento (à direita).

- Passo 8: Pintura do modelo de poliestireno expandido (Figura 42):
  - Antes de pintar o modelo na cor desejada, aplicar o primer de maneira uniforme com o auxílio de um pincel e depois passar o rolinho de espuma para apagar as marcas das cerdas do pincel (para este processo pode ser usado também um compressor para pintura). Repetir o processo após secagem se necessário;
  - Aplicar uma camada fina de tinta spray a base d'água, a distância de 30cm em relação à peça, sempre em movimentos horizontais e verticais para não formar manchas. Repetir o processo até que a superfície do modelo apresente cor uniforme;
  - Após secagem, o modelo está pronto (Figura 43).

Observação: Começar a pintar pela parte interna do modelo, a fim de evitar borrões de tinta na superfície externa, que é mais aparente. A tinta spray deve ser aplicada em camadas finas, dessa forma, as primeiras camadas de tinta spray não devem uniformizar a pintura, só uniformizará à medida que mais finas camadas de tinta são aplicadas. A tinta quando aplicada em grande quantidade, pode acumular e escorrer, resultando em um mau acabamento. É importante esperar que cada camada seque por completo antes de repetir o processo.

**Figura 42** - Passo 8: Pintura do modelo de poliestireno expandido



**Fonte:** Elaborado pela autora. Aplicação do primer (à esquerda e no centro) e aplicação da tinta spray (à direita).

**Figura 43** - Modelo de poliestireno expandido finalizado.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

#### **4.1.2 Molde de gesso bipartido**

Para desenvolver um molde de gesso bipartido é necessário um pré-modelo, este serve como base para se obter o molde. Assim, pode-se começar a desenvolver a primeira parte do molde seguindo as seguintes etapas: criação da caixa do molde, aplicação do desmoldante e preparação do gesso - essas etapas são repetidas para confecção da segunda parte do molde. Após a secagem do gesso a caixa é desmontada e as duas partes do molde são separadas.

- Vantagens: baixo custo; fácil moldagem; fácil disponibilidade; aceita alterações; pode ser reutilizado para cópias, confere bom acabamento; boa precisão de moldagem; secagem rápida.
- Desvantagens: não é biodegradável e quebra com facilidade.
- Cuidados: usar equipamentos de proteção individual (EPI's) - máscara, avental e luvas; lavar, logo após o uso, o recipiente no qual o gesso foi preparado, para que possa ser reutilizado.
- Materiais:
  - Pré-modelo (pode ser feito de isopor, cera, argila, madeira, entre outros materiais.);

- Caixa para molde (pode ser feita de Poliestireno expandido (Isopor), papelão ou placa de madeira);
  - Gesso em pó;
  - Água;
  - Desmoldante (pode ser usado como desmoldante: vaselina líquida, sabão de coco, detergente, ceras e óleos minerais e vegetais.);
  - Objeto para homogeneizar a mistura de água e gesso;
  - Recipiente para mistura;
  - Pincel;
  - Espátula.
- Passo 1: Preparação para confeccionar o molde - caixa e pré-modelo (Figura 44):
    - Confeccionar caixa para molde (pode ser com isopor, papelão ou madeira), considerando, no mínimo, largura: 100 mm maior que o pré-modelo; comprimento: 100 mm maior que o pré-modelo e altura 70 mm maior que o pré-modelo (Figura 45).
    - Demarcar caixa e pré-modelo ao meio, com o auxílio de uma caneta piloto.

Observações: É importante que a caixa para molde seja confeccionada com materiais firmes e reforçada, para evitar que o gesso preparado vaze entre os vértices ou pelo fundo. Dessa forma, pode-se utilizar fitas adesivas, grampos, cola ou palitos de madeira para reforçar caixas feitas de poliestireno expandido.

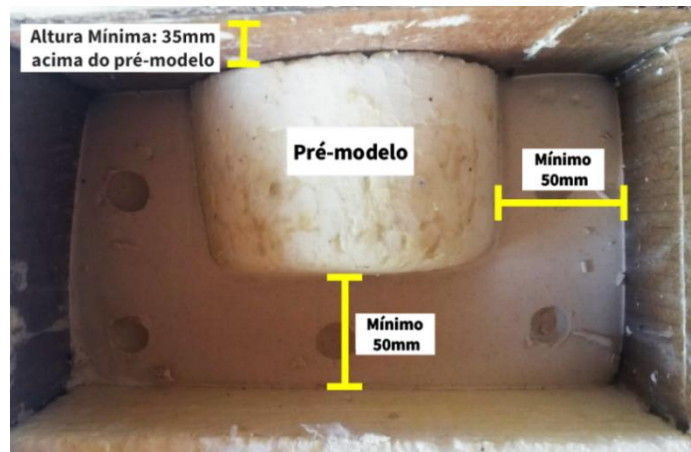


**Figura 44** - Passo 1: Preparação para confeccionar o molde.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Caixas e pré-modelo demarcados ao meio.

**Figura 45** - Dimensões da caixa para molde.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

- Passo 2: Aplicação do desmoldante (Figura 46):
  - Com a ajuda de um pincel, aplicar o desmoldante por todo o pré-modelo e caixa para molde, de maneira que nenhum espaço fique sem o desmoldante.

**Figura 46** - Passo 2: Aplicação do desmoldante.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Desmoldante sendo aplicado no pré-modelo (à esquerda) e na caixa para molde (à direita).

- Passo 3: Preparação do gesso (Figura 47):
  - Em um recipiente, adicionar água na quantidade necessária para fazer a primeira parte do molde;
  - Acrescentar o gesso aos poucos, polvilhando com as mãos até que formem pequenas ilhas acima da água, como mostra a **figura 47**;
  - Misturar com as mãos, dissolvendo qualquer pedra de gesso, e depois com o auxílio de um objeto que auxilie na homogeneização.

**Figura 47** - Passo 3: Preparação do gesso.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Acrescentando gesso à água (à esquerda), ilhas de gesso formadas acima d'água (ao centro) e misturando gesso com as mãos (à esquerda).

- Passo 4: Primeira parte do molde de gesso (Figura 48):
  - Despejar o gesso preparado até o meio da caixa;
  - Posicionar o pré-modelo em uma das faces da caixa, mergulhando-o no gesso até sua metade;
  - Segurar o pré-modelo, mantendo a posição até o ponto de cura do gesso;
  - Após a solidificação completa do gesso, está pronta a primeira metade do molde.

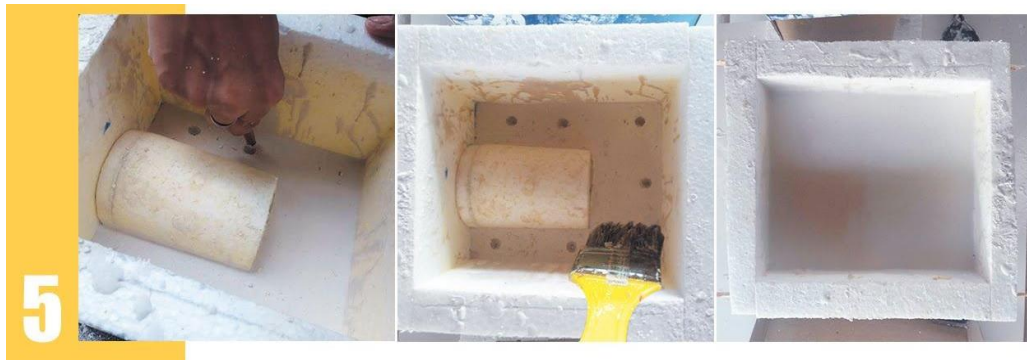
**Figura 48** - Passo 4: Confeção da primeira metade do molde.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Gesso sendo despejado na caixa para molde (à esquerda) e pré-modelo sendo mergulhado no gesso, usando as mãos para manter sua posição (à direita).

- Passo 5: Segunda parte do molde de gesso (Figura 49):
  - Fazer os registros (pequenos furos rasos) na primeira metade do molde de gesso, com auxílio de objeto perfurante;
  - Passar o desmoldante na primeira metade do molde e na metade do pré-modelo que ficou para fora;
  - Repetir o passo 3 (preparação do gesso) e despejar por cima da primeira metade do molde.

**Figura 49** - Passo 5: Preparação da segunda metade do molde.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Registros sendo feitos na primeira metade do molde (à esquerda), desmoldante sendo aplicado (ao centro) e caixa cheia com gesso para segunda metade do molde.

- Passo 6: Desmoldar modelo (Figura 50):
  - Após o gesso secar por completo, desfazer a caixa do molde;
  - Separar as duas metades do molde com o auxílio de uma espátula, com muito cuidado para não quebrar.

**Figura 50** - Passo 6: Desmoldado modelo.

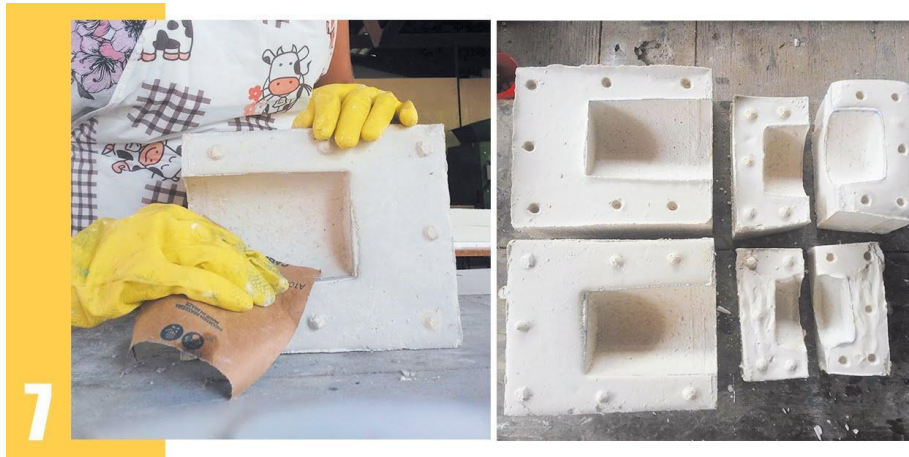


**Fonte:** Elaborado pela autora. Caixa do molde sendo desmontada (à esquerda), molde bipartido sendo separado com o auxílio de uma espátula (à direita).



- Passo 7: Acabamento dos molde de gesso (Figura 51):
  - Utilizar lixa de grão 100 para retirar imperfeições do molde;
  - Após acabamento, o molde está pronto para o processo de fundição.

**Figura 51** - Passo 7: Acabamento dos molde de gesso.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Molde sendo lixado para retirar imperfeições (à esquerda), moldes prontos (à direita).

#### 4.1.3 Laminação com fibra de vidro

Para fazer um modelo a partir da laminação com fibra de vidro é necessário um molde, para então partir para as seguintes etapas: preparar o molde (aplicação do desmoldante e do gel coat, que é um tipo de resina para dar acabamento ao modelo), recortar a manta de fibra de vidro e preparar a resina para iniciar o processo de laminação, ao final, na fase de acabamento, emassar o modelo com massa corrida, lixar e por fim, pintar.

- Vantagens: baixo custo; fácil de modelar; bom acabamento; boa estabilidade dimensional; resistente; boa precisão de moldagem; aceita variados tipos de acabamentos.
- Desvantagens: longos ciclos de execução; irritação na pele devido as partículas de vidro; apresenta apenas uma face lisa; não é biodegradável; a resina para laminação é toxica.

- Cuidados: usar equipamentos de proteção individual (EPI's) - luvas, óculos de proteção e avental; a resina para laminação não pode ser descartada no ralo, pois não é biodegradável; trabalhar em local arejado.
- Materiais e ferramentas:
  - Manta de fibra de vidro;
  - Resina para laminação;
  - Catalisador para resina;
  - Gel coat;
  - Solvente Thinner;
  - Massa corrida;
  - Desmoldante (vaselina líquida ou em pasta ou óleos vegetais);
  - Tesoura;
  - Recipientes de plástico;
  - Objetos para mistura da resina com catalisador (pode ser palitos de churrasco ou de picolé);
  - Pincéis;
  - Lixadeira;
  - Lixas d'água números 100, 150, 220, 350, 400, 600, 1200
  - Espátula;
  - Fita gomada;
  - Balança de precisão.
- Passo 1: Preparação dos moldes (Figura 52):
  - Unir as duas partes do molde bipartido e envolvê-lo com fita gomada, para assegurar que o molde não se abra durante o processo de laminação;
  - Passar uma fina camada de desmoldante na parte de dentro do molde e esperar secar.

**Figura 52** - Passo 1: Preparação dos moldes.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Moldes envolvidos com fita gomada (à esquerda) e passando desmoldante no molde (à direita).

- Passo 2: Preparação do gel coat (Figura 53):
  - Medir em uma balança de precisão, a quantidade de gel coat a ser utilizada;
  - Acrescentar ao gel coat a quantidade de catalisador indicada (Geralmente, para cada 100 g de gel coat, usar 1 ml de catalisador.), uma seringa pode ser utilizada para medi-lo;
  - Misturar o catalisador ao gel coat com o auxílio de um palito ou objeto de plástico;

Observação: Deve-se ater a quantidade de catalisador adicionado ao gel coat, seguindo sempre a proporção indicada por cada marca. Após adicionar o catalisador, o gel coat endurece muito rápido, por isso, recomenda-se prepará-lo em pequenas quantidades e aplicá-lo de forma rápida e uniforme no molde.

**Figura 53** - Passo 2: Preparação do gel coat.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Gel coat sendo pesado em uma balança (à esquerda) medindo catalisador (ao centro) e misturando gel coat e catalisador com auxílio de um palito (à direita).

- Passo 3: Preparação do molde (Figura 54):
  - Passar a primeira camada do gel coat em todo o molde de maneira uniforme, com o auxílio de um pincel. Obs.: limpar imediatamente o pincel utilizado, com solvente, para que possa ser reutilizado;
  - Após a primeira camada secar, passar a segunda camada de gel coat de maneira uniforme, por dentro de todo o molde;
  - O molde estará preparado para receber a laminação após a segunda camada de gel coat secar completamente.

**Figura 54** - Passo 3: Passar Gel coat no molde.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Gel coat sendo passado no molde (à esquerda) e molde pronto para laminação (à direita).



- Passo 4: Preparação da fibra de vidro (Figura 55):
  - Cortar a manta de fibra de vidro em tiras, com auxílio de uma tesoura, considerando as dimensões do molde.

**Figura 55** - Passo 4: Preparação da fibra de vidro.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Cortando fibra de vidro (à esquerda) e fibra de vidro cortada em tiras (à direita).

- Passo 5: Preparação da resina (Figura 56):
  - Medir em uma balança de precisão, a quantidade de resina a ser utilizada;
  - Adicionar o catalisador a resina considerando a proporção indicada (Geralmente, para cada 100 gramas de resina, usar 1 ml de catalisador.), pode-se utilizar uma seringa para medir.

Observação: Deve-se ater a quantidade de catalisador adicionado a resina, seguindo sempre a proporção indicada por cada fabricante.

**Figura 56** - Passo 5: Preparação da resina.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Resina sendo pesada em uma balança de precisão (à esquerda), medindo o catalisador usando uma seringa (ao centro) homogeneizando com palito (à direita).

- Passo 6: Laminação - parte 1 (Figura 57):
  - O processo de laminação com fibra de vidro segue a ordem: resina, fibra de vidro, resina (R-F-R).
  - R: Aplicar uma fina camada de resina com catalisador no molde, com o auxílio de um pincel;
  - F: Colar a fibra de vidro sobre a camada de resina;
  - R: Aplicar resina umedecendo toda a fibra;
  - Repetir o processo por toda peça, formando a primeira camada de fibra de vidro. Obs.: limpar imediatamente o pincel utilizado, com solvente, para que possa ser reutilizado.

**Figura 57 - Passo 6: Laminação.**



**Fonte:** Elaborado pela autora. Passando resina no molde (à esquerda) fibra de vidro sendo posicionada por cima da resina (ao centro) resina sendo aplicada acima da fibra de vidro umedecendo-a (à direita).

- Passo 7: Laminação - parte 2 (Figura 58):
  - Repetir o processo do passo 6.

Observação: Pode-se aplicar quantas camadas de manta de fibra de vidro forem necessárias. Em modelos com espessura mais fina, uma camada de laminação é suficiente.

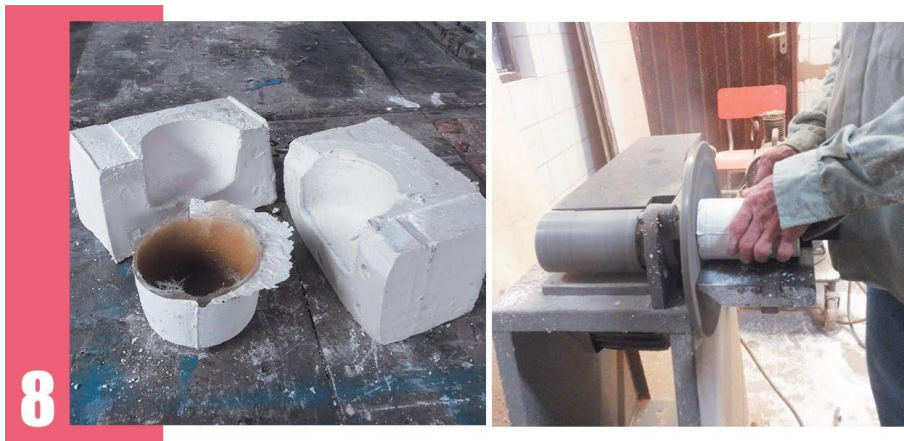
**Figura 58 - Passo 7: segunda camada de laminação.**



**Fonte:** Elaborado pela autora. Laminação com fibra de vidro e resina (à esquerda) e moldes que receberam nomenclatura (à direita).

- Passo 8: Desmoldar o modelo (Figura 59).
  - Retirar o modelo do molde;
  - Desbastar as rebarbas do modelo com o auxílio de uma lixadeira;
  - Fazer demais acabamentos utilizando lixa de número 100.

**Figura 59** - Passo 8: Desmoldar o modelo.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Modelo desmoldado (à esquerda) e rebarbas do modelo sendo desgastadas (à direita).

- Passo 9: Acabamento com massa corrida (Figura 60):
  - Passar a primeira camada de massa corrida por todo o modelo, com o auxílio de uma espátula.
  - Esperar a primeira camada de massa corrida secar para então aplicar a segunda camada.

**Figura 80** Figura 60 - Passo 9: Acabamento com massa corrida.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

- Passo 10: Lixamento e acabamento do modelo (Figura 61):
  - Após a cura da massa corrida, lixar o modelo utilizando lixas para madeira;
  - Começar a lixar por lixas de maior grão (100, 150, 220, 350) até chegar a lixas de grão menores (400, 600 até a 1200) a fim de tornar a peça lisa, a ponto de quase polimento.

**Figura 61** - Passo 10: Lixamento e acabamento do modelo.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Modelo sendo lixado (à esquerda) e modelo pronto para pintura (à direita).



- Passo 11: Aplicação do primer (Figura 62):
  - Aplicar o primer com auxílio de um pincel;
  - Usar rolinho de espuma para apagar as marcas deixadas pelas cerdas do pincel.

Observação: Aplicar o primer primeiramente na parte interna do modelo e depois na parte exterior, para evitar manchas na superfície exterior do modelo, que normalmente é a mais aparente. Pode ser utilizado também um compressor para pintura, ou primer em spray.

**Figura 62** - Passo 11: Passar primer nos modelos.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Primer sendo aplicado com pincel (à esquerda) e acabamento com rolinho de espuma (à direita).

- Passo 12: Pintura do modelo com tinta spray (Figura 63):
  - Aplicar uma camada fina de tinta spray considerando uma distância de 30cm em relação à peça, sempre em movimentos horizontais e verticais para não formar manchas;

- Repetir o processo até a superfície do modelo apresentar cor uniforme. É importante esperar que cada camada seque por completo antes de repetir o processo;
- Após secagem, o modelo está pronto (Figura 64).

Observações: A tinta spray deve ser aplicada em camadas finas. Dessa forma, as primeiras camadas de tinta spray, não devem uniformizar a pintura, que só será uniformizada à medida que novas finas camadas de tinta são aplicadas. A tinta spray quando aplicada em grande quantidade, pode acumular e escorrer, resultando em um mau acabamento. Pode ser utilizado também um compressor para pintura, ou rolinho, ou pincel.

**Figura 63** - Passo 12: Pintura do modelo com tinta spray.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Aplicando tinta spray no modelo (à esquerda) e modelo pintado (à direita).

**Figura 64** - Peças de fibra de vidro finalizadas.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

#### 4.1.4 Molde de borracha de Silicone

Para desenvolver um molde de borracha de silicone, é necessário um pré-modelo que servirá de base para criar o molde e também de uma caixa para molde. As etapas incluem: aplicar um desmoldante por toda caixa e pré-modelo, preparar a borracha de silicone e despejá-la dentro da caixa do molde. Após a cura da borracha de silicone a caixa é desmontada e o molde está pronto.

- Vantagens: fácil de modelar; bom acabamento; alta precisão de moldagem; resistente a temperatura; impermeável; rápida execução; fácil de desmoldar.
- Desvantagens: não pode misturar o catalisador e borracha de fabricantes diferentes; é tóxica; não é biodegradável; preço elevado; rende pouco.
- Cuidados: usar equipamentos de proteção individual (EPI's) - luvas, óculos de proteção e avental; não pode ser descartada no ralo; trabalhar em local arejado; o produto é combustível; o catalisador queima ao cair na pele.
- Materiais e ferramentas:
  - Pré-modelo;
  - Caixa para molde (pode ser feita de papelão, madeira, isopor ou plástico);
  - Desmoldante (vaselina líquida ou óleos vegetais);



- Borracha de silicone;
  - Catalisador para silicone;
  - Cola de isopor ou cola PVA;
  - Palitos para mexer;
  - Balança de precisão
  - Seringa para medir catalisador.
- Passo 1: Preparação da caixa do molde (Figura 65):
    - Confeccionar caixa para molde (pode ser feita de papelão, madeira, isopor ou plástico); considerando largura: 30 mm maior que o pré-modelo; comprimento: 30 mm maior que o pré-modelo e altura 20 mm maior que o pré-modelo. (Figura 66);
    - Aplicar desmoldante dentro de toda a caixa e em todo o pré-modelo;
    - Colar o pré-modelo no fundo da caixa com cola de isopor.

**Figura 65** - Passo 1: Preparação a caixa do molde.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Caixa para molde (à esquerda) e desmoldante sendo aplicado na caixa e no modelo (à direita).

**Figura 66** - Dimensões da caixa para molde de borracha de silicone.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

- Passo 2: Preparação da Borracha de silicone (Figura 67):
  - Deve-se primeiro homogeneizar a borracha de silicone;
  - Medir a quantidade necessária de borracha de silicone em uma balança de precisão;
  - Acrescentar a borracha de silicone, a quantidade de catalisador indicada (Para cada 100 gramas de borracha de silicone, usar 3 ml de catalisador para borracha.), uma seringa pode ser utilizada para medi-lo;
  - Misturar o catalisador a borracha de silicone com o auxílio de um palito ou objeto de plástico;
  - Observação: Deve-se ater a quantidade de catalisador adicionado a borracha de silicone, seguindo sempre a proporção indicada por cada fabricante.

**Figura 67** - Passo 2: Preparação da Borracha de silicone.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Pesando borracha de silicone (à esquerda), usando seringa para medir catalisador (ao centro) e misturando catalisador e resina usando palito (à direita).

- Passo 3: Despejar a borracha de silicone no molde (Figura 68):
  - Despejar a borracha de silicone na caixa do molde, logo após, dar pequenas batidas na caixa para evitar bolhas.

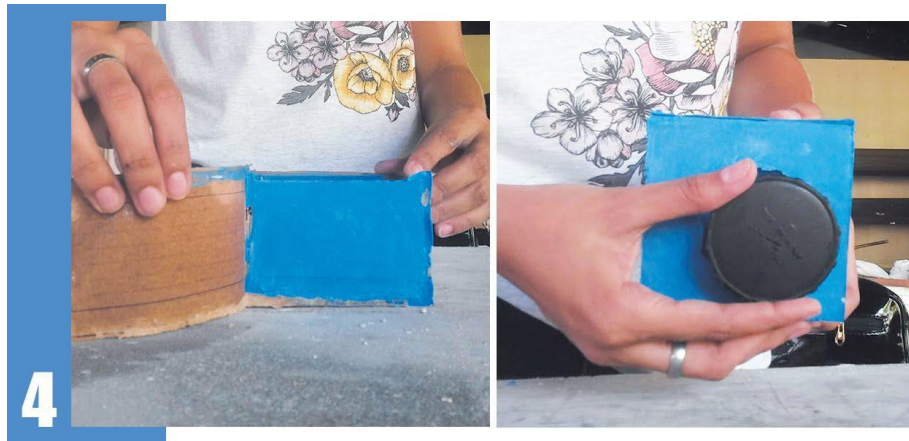
**Figura 68** - Passo 2: Preparação da Borracha de silicone.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Borracha de silicone sendo despejada na caixa para molde (à esquerda) e caixa para molde cheia de borracha de silicone (à direita).

- Passo 4: Desmoldar o molde (Figura 69):
  - Após a cura da borracha de silicone (em média 24h) a caixa deve ser desmontada.

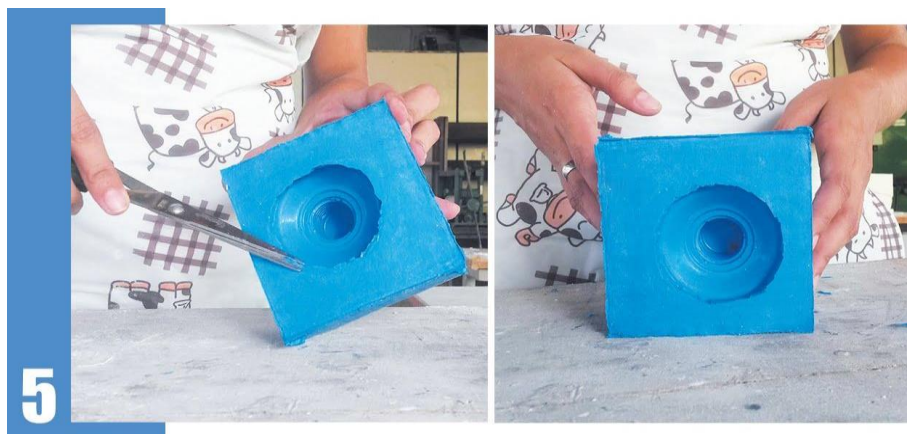
**Figura 69** - Passo 4: Desmoldar o molde de silicone.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Caixa para molde sendo desmontada (à esquerda) e pré-modelo sendo retirado do molde (à direita).

- Passo 5: Acabamento do molde de silicone (Figura 70):
  - Após desmoldar a peça, as rebarbas podem ser cortadas com o auxílio de uma tesoura;
  - O molde está pronto para uso.

**Figura 70** - Passo 5: Acabamento do molde de silicone.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Cortando rebarbas do molde de silicone (à esquerda) e molde de silicone pronto (à direita).

#### 4.1.5 Fundição em resina

Para desenvolver um modelo em resina cristal, é necessário primeiramente, obter um molde de silicone. Em seguida, são desenvolvidos, os seguintes passos: preparar a resina e colocá-la no molde, esperar a cura da resina, desmoldar e lixar o modelo a ponto de polimento.

- Vantagens: bom acabamento; estabilidade dimensional; baixo custo; excelente precisão de moldagem; fácil pigmentação; rápida execução; fácil de desmoldar; fácil de manusear; resistente ao calor.
- Desvantagens: é tóxica; não é biodegradável.
- Cuidados: usar equipamentos de proteção individual (EPI's) - luvas, óculos de proteção e avental; não pode ser descartada no ralo; trabalhar em local arejado; o produto é combustível; o catalisador queima ao cair na pele.
- Materiais e ferramentas
  - Resina Cristal;
  - Catalisador para resina;
  - Recipiente plástico;
  - Palito para mexer;
  - Tinta PVA de artesanato;
  - Lixas d'água números 100, 150, 220, 350, 400, 600, 1200;
  - Lixadeira;
  - Solvente Thinner;
  - Massa de polir carro;
  - Flanela.
- Passo 1: Preparo da resina cristal (Figura 71):
  - Medir a quantidade necessária de resina em uma balança de precisão;
  - Acrescentar a tinta PVA para artesanato aos poucos, até obter a cor desejada;

- Acrescentar à resina, a quantidade de catalisador indicada (Para cada 100 gramas de resina, 1 ml de catalisador.), uma seringa pode ser utilizada para medi-lo;
- Misturar o catalisador à resina com o auxílio de um palito ou objeto de plástico, bem devagar para não formar bolhas;
- Despejar a resina dentro do molde, de forma lenta para não criar bolhas.

Observações: Deve-se ater a quantidade de catalisador adicionado a resina, seguindo sempre a proporção indicada por cada fabricante. Usar muito catalisador pode danificar o molde e queimar a resina. Com pouco catalisador a resina pode não endurecer e ficar em forma de gel. Pode-se acrescentar 0,1 ml a cada 1 ml de tinta adicionada a resina, para assegurar que ela endureça.

**Figura 71** - Passo 1: Preparo da resina cristal.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Resina Cristal sendo pesada em uma balança (à esquerda), misturando resina catalisador e tinta (ao centro) e resina dentro do molde de silicone (à direita).

- Passo 2: Desmoldar o modelo e lixar (Figura 72):
  - Após a cura da resina, o modelo deve ser retirado do molde;
  - Para lixar o modelo de resina é necessário utilizar lixas d'água de variada granulometria, sempre adicionando água;



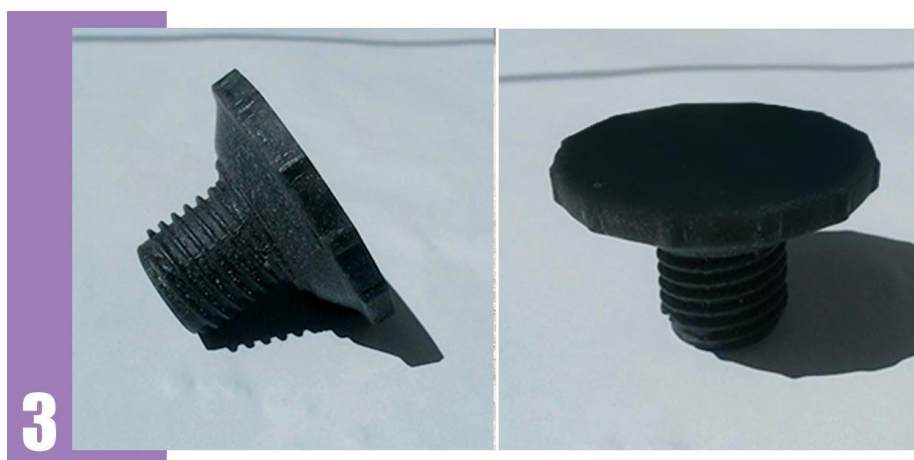
- Começar a lixar sempre com uma lixa de grãos maiores até chegar a lixas de grãos menores, respectivamente: 220, 350, 400, 600 até a 1200 a ponto de polimento;
- Polir o modelo com massa de polir número 1 ou cera automotiva, usando uma flanela;
- Peça finalizada (Figura 73).

**Figura 72** - Passo 2: Desmoldar a peça e lixar.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Retirando modelo de dentro do molde (à esquerda) lixando modelo de resina (à direita).

**Figura 73** - Peça de resina polida e pronta.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

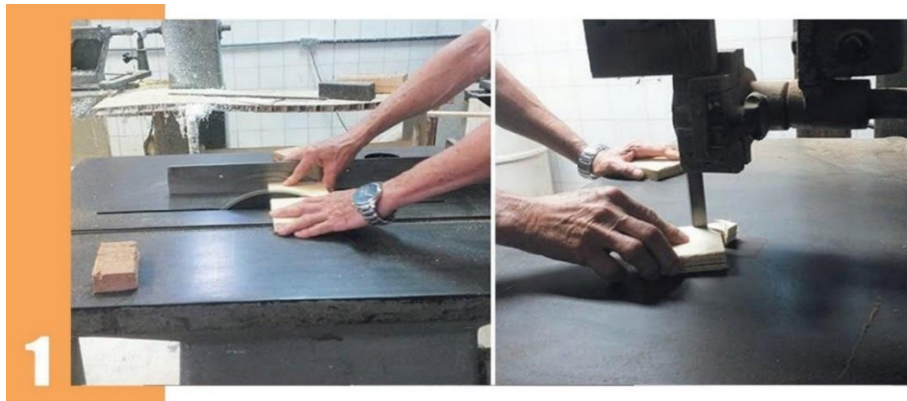
#### 4.1.6 Usinagem em madeira

Existem várias formas de desenvolver um modelo em madeira, este caso demonstra o passo a passo de uma peça desenvolvida pelas técnicas de torneamento e modelagem manual. Essas técnicas requerem muita habilidade e experiência com modelagem em madeira.

- Vantagens: pode ser modificado ao decorrer do processo; confere flexibilidade de modelagem; recebe variados tipos de acabamentos.
- Desvantagens: é necessário conhecimento e experiência em marcenaria.
- Cuidados: usar equipamentos de proteção individual (EPI's) - óculos de proteção e avental.
- Materiais:
  - Madeira;
  - Torno;
  - Serra circular de bancada;
  - Serra de fita vertical de bancada;
  - Formão;
  - Lixas para madeira números 100 a 300;
  - Réguas;
  - Lápis.
- Passo 1: Preparar peça para fixação no torno (Figura 74):
  - Antes de iniciar a usinagem do modelo de madeira, deve-se preparar os suportes de fixação do torno;
  - Com o auxílio de uma serra circular de bancada e de uma serra de fita vertical de bancada, cortar o MDF em um formato circular para fazer os suportes para fixação no torno.



**Figura 74** - Passo 1: Preparar peça para fixação no torno.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Placa de MDF sendo cortada numa serra circular de bancada (à esquerda) e recorte da forma no MDF utilizando serra de fita vertical de bancada (à direita).

- Passo 2: Usinagem da peça de madeira no torno mecânico (Figura 75):
  - Selecionar um tipo de madeira para o modelo;
  - Cortar a madeira escolhida nas dimensões do modelo a ser desenvolvido, utilizando uma serra circular de bancada;
  - Após cortado, o pedaço de madeira deve ser fixado no torno mecânico e usinado com o auxílio de um formão, até obter a forma desejada;

**Figura 75** - Passo 2: Usinagem da peça de madeira no torno mecânico.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Peça de madeira fixada ao torno mecânico (à esquerda) e modelo de madeira sendo torneado (à direita).

- Passo 3: Acabamento e finalização da peça de madeira (Figura 76):
  - Alguns detalhes do modelo feito em madeira podem ser esculpidos de forma manual com o auxílio de um formão;
  - Por fim, o modelo pode ser lixado utilizando lixas para madeira de granulometria diversas (100 a 320) começando pela lixa mais grossa até chegar a mais finas, lixando sempre no sentido do veio da madeira.

**Figura 76** - Passo 3: Acabamento e finalização da peça de madeira.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Modelo de madeira sendo modelado de forma manual (à esquerda) e modelo de madeira já modelado (à direita).

- Passo 4: Pintar a peça de madeira (Figura 77):
  - Para finalizar o modelo em madeira, ele pode ser pintado, envernizado ou encerado. Neste estudo, o modelo foi pintado (Figura 78);
  - Aplicar o primer com o auxílio de um pincel e depois retirar as marcas das cerdas do pincel passando o rolinho de espuma;
  - Para pintar a peça de madeira pode-se utilizar tinta PVA para artesanato com o auxílio de um pincel;
  - Em seguida, um rolinho de espuma deve ser usado para retirar as marcas deixadas pelas cerdas do pincel.

Neste estudo, a peça de madeira não precisou ser preparada com primer, pois a tinta preta, por ser muito escura, cobriu todas as imperfeições de cor da peça

e conferiu uma cobertura uniforme. Pode ser utilizado também um compressor para pintura e tinta spray.

**Figura 77** - Passo 4: Pintar a peça de madeira.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Pintando modelo de madeira utilizando pincel (à esquerda) e fazendo acabamento da pintura com rolinho de espuma (à direita).

**Figura 78** - Peça de madeira finalizada.



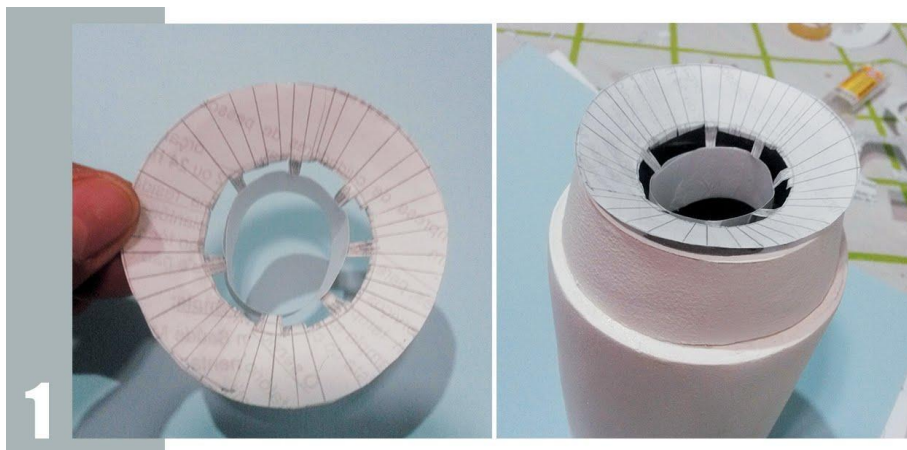
**Fonte:** Elaborado pela autora.

#### 4.1.7 Modelagem com papel

Existem várias possibilidades de se criar um modelo em papel. O papel pode ser dobrado, amassado, colado e também moldado. Algumas dicas para trabalhar com papel são demonstradas a seguir.

- Vantagens: baixo custo; fácil de trabalhar; pode ser modificado ao decorrer do processo; é versátil; confere flexibilidade de modelagem; recebe variados tipos de acabamentos; pode ser reciclado e reutilizado; Existe uma variada gama de papéis no mercado.
- Desvantagens: sensível à umidade; frágil a tração podendo haver ruptura.
- Materiais e ferramentas.
  - Papel reutilizado;
  - Papel cartão;
  - Tesoura;
  - Lápis;
  - Cola;
  - Régua;
  - Compasso.
- Passo 1: Confeção de um modelo inicial (Figura 79):
  - Antes de começar a cortar o papel cartão que será utilizado para criar o modelo, é indicado desenvolver um modelo inicial, este pode ser confeccionado com papel reutilizado. A partir dele é possível definir formas, medidas e evitar falhas de execução.

**Figura 79** - Passo 1: Confeção de um modelo inicial.

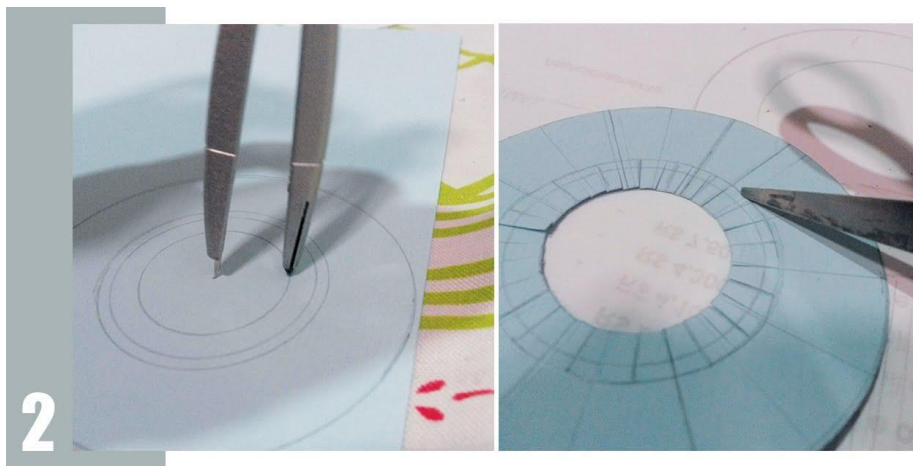


**Fonte:** Elaborado pela autora. Modelo inicial de papel (à esquerda) e teste do modelo (à direita).



- Passo 2: Desenhar e recortar formas no papel cartão (Figura 80):
  - Com o auxílio de um compasso, régua e lápis, as formas já definidas para fazer a peça devem ser desenhadas no papel cartão para desenvolver o modelo;
  - Recortar a forma desenhada no papel cartão, com o auxílio de uma tesoura.

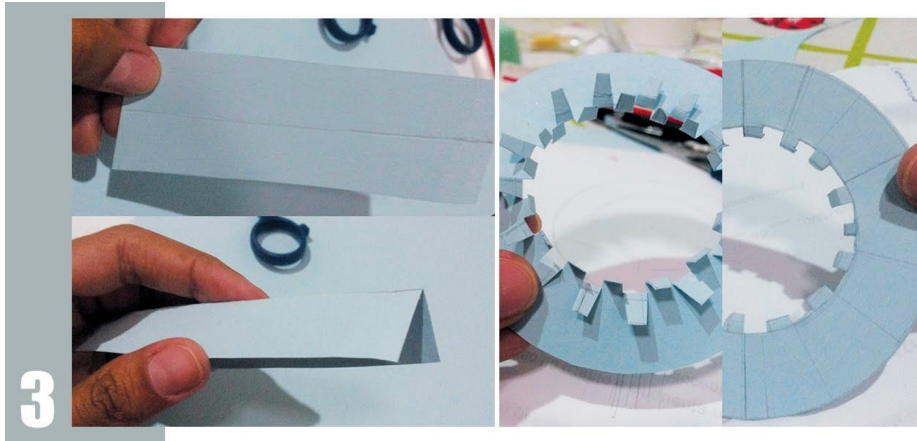
**Figura 80** - Passo 2: Desenhar formas no papel.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Utilizando o compasso para desenhar (à esquerda) e desenho recortado (à direita).

- Passo 3: Dobrar o papel cartão (Figura 81):
  - As formas recortadas no papel cartão podem ser dobradas para criar a forma desejada;
  - Para dobrar o papel cartão de forma eficiente é importante desenhar o local da dobra;
  - Com o auxílio de uma tesoura, pode-se demarcar de forma leve a linha a ser dobrada, isso amassa as fibras do papel e facilita a dobradura.

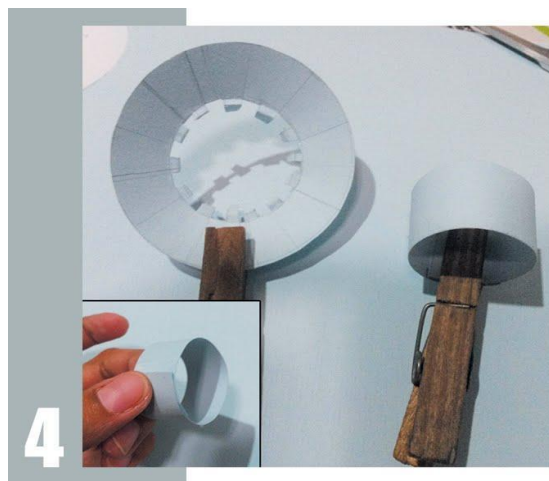
**Figura 81** - Passo 3: Dobrar o papel.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

- Passo 4: Colagem do papel cartão (Figura 82):
  - O papel cartão pode ser colado com cola PVA (cola branca);
  - Pregadores de roupa ou cliques ajudam a segurar o papel cartão na posição desejada até que a cola seque;
  - Quando se utiliza cola de isopor, aconselha-se que depois de passar a cola no papel, aguardar pelo menos 30 segundos para colar o papel em outra superfície. Desta forma a cola torna-se mais espessa, grudenta e fácil de colar.

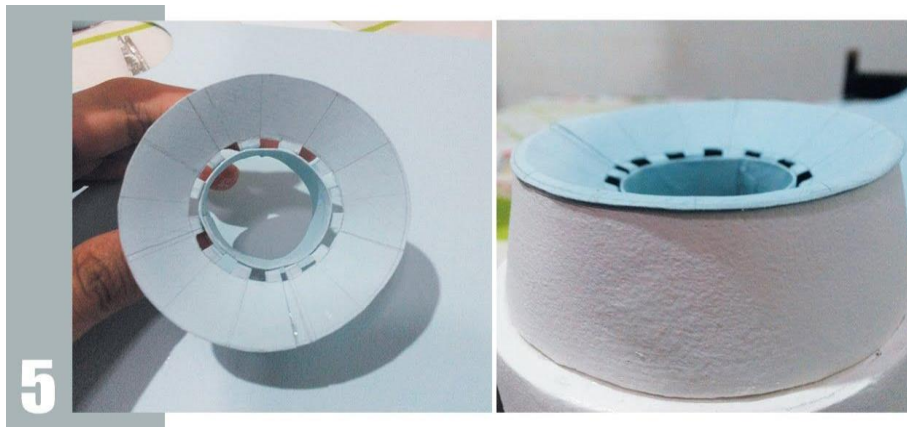
**Figura 82** - Passo 4: Colar o papel.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

- Passo 5: Finalização da peça de papel cartão (Figura 83):
  - Após a confecção de cada peça, o modelo de papel cartão pode ser montado usando cola branca e finalizado.

**Figura 83** - Passo 5: Finalização do modelo de papel.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Peça de papel finalizada (à esquerda) e peça de papel junto a configuração de um modelo (à direita).

- Passo 6: Usando papel cartão para fazer acabamento:
  - O papel cartão pode ser utilizado para fazer acabamento em modelos, neste estudo, foi utilizado para simular a rosca da garrafa (Figura 84).

**Figura 84** - Usando papel para fazer acabamento.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

- Passo 7: Reforçando o papel pardo reutilizável com cola branca (Figura 85):
  - A cola branca pode ser utilizada para reforçar o papel pardo, para que ele obtenha a forma desejada. Neste estudo essa técnica foi utilizada para simular a rosca da tampa inferior do modelo da garrafa térmica Firenze;
  - Primeiramente, deve-se dobrar ou amassar o papel pardo para ajustá-lo à forma desejada. Com o auxílio de um pincel a cola branca deve ser aplicada por cima do papel pardo, encharcando-o, após a cola secar o papel ficará enrijecido mantendo a forma desejada.

**Figura 85** - Passo 7: Usando papel para fazer acabamento na madeira.



**Fonte:** Elaborado pela autora. Papel pardo sendo franzido (à esquerda) e passando cola branca no papel para enrijecer forma do papel (à direita).

#### 4.2 MOCK-UP FINALIZADO

A seguir, o resultado do mock-up da Mini garrafa térmica Firenze finalizado (Figura 86), bem como os modelos das peças que a configuram:



**Figura 86** - Mock-up da Mini garrafa térmica Firenze, configurado.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

- Modelo da peça 1 (garrafa interna) feita com a técnica de subtração em poliestireno expandido (Figura 87);

**Figura 87** - Modelo da peça 1 (garrafa interna).



**Fonte:** Elaborado pela autora.

- Modelo da peça 2 (corpo externo) feita com as técnicas de subtração em poliestireno expandido, molde bipartido de gesso, laminação com fibra de vidro e modelagem com papel (Figura 88);

**Figura 88** - Modelo da peça 2 (corpo externo).



**Fonte:** Elaborado pela autora.

- Modelo da peça 3 (tampa externa) feita com as técnicas de subtração em poliestireno expandido, molde bipartido de gesso e laminação com fibra de vidro (Figura 89);

**Figura 89** - Modelo da peça 3 (tampa externa).



**Fonte:** Elaborado pela autora.

- Modelo da peça 4 (tampa inferior) feita com a técnicas de usinagem em madeira e modelagem com papel (Figura 90);

**Figura 90** - Modelo da peça 4 (tampa inferior).



**Fonte:** Elaborado pela autora.

- Modelo da peça 5 (tampa superior) feitas com as técnicas molde de borracha de silicone e fundição em resina (Figura 91).

**Figura 91** - Modelo da peça 5 (tampa superior).



**Fonte:** Elaborado pela autora.

#### 4.3 CUSTOS E QUANTIDADE DE MATERIAIS UTILIZADOS

A quantidade de cada material, ferramenta e equipamentos de proteção individual utilizados para desenvolver o mock-up da Mini garrafa térmica Firenze e seus respectivos preços por quantidade e preço total, estão apresentados a seguir

(Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3). Observação: Preços referentes a cidade de São Luís – MA.

**Tabela 1** - Quantidade de materiais utilizados e preços por quantidade.

Material	Preço / Quantidade	Quantidade utilizada
Bloco de poliuretano	R\$ 3,30 / 1 unidade	2 unidades
Massa Corrida.	R\$ 9,00 / 1500 g	800 g
Gesso.	R\$ 2,00 / 1000 g	6000 g
(Kit) Borracha de Silicone + catalisador para borracha.	R\$ 41,00 / 1000 g e 30 g, respectivamente.	650 g e 13 ml, respectivamente.
(Kit) Resina para laminação + catalisador para resina + manta de fibra de vidro.	R\$ 28,00 / 1000 g, 30 g e 500 g, respectivamente.	144 g, 1,7 ml e 72 g, respectivamente.
Gel coat.	R\$ 27,00 / 1000 g	70 g
Solvente thinner.	R\$ 14,00 / 900 ml	150 ml
Resina Cristal.	R\$ 22,00 / 1000 g	40 g
Papel Cartão.	R\$ 2,00 / 1 unidade	1 unidade
Papel Craft	R\$ 2,00 / 1 unidade	1 unidade
Cola PVA	R\$ 2,00 / 500 g	48 g
Margarina (desmoldante).	R\$ 3,00 / 500 g	400 g
Tinta PVA para artesanato, cor preta	R\$ 3,00 / 37 g.	4 g
Tinta PVA para artesanato, cor branca (prime)	R\$ 3,00 / 37 g.	25 g
Total de dinheiro gasto em materiais	R\$ 174,60	-

**Fonte:** Elaborado pela autora.

**Tabela 2** - Ferramentas utilizadas e preços por quantidade.

Ferramentas	Preço / Quantidade	Quantidade utilizada
Lixa d'água número 100	R\$ 1,50 / 1 unidade	1 unidade
Lixa d'água número 150	R\$ 1,50 / 1 unidade	1 unidade
Lixa d'água número 220	R\$ 2,00 / 1 unidade	1 unidade
Lixa d'água número 350	R\$ 2,00 / 1 unidade	1 unidade
Lixa d'água número 400	R\$ 2,50 / 1 unidade	1 unidade
Lixa d'água número 600	R\$ 3,00 / 1 unidade	1 unidade
Lixa d'água número 1200	R\$ 6,70 / 1 unidade	1 unidade
Lixa de madeira número 180	R\$ 2,00 / 1 unidade	1 unidade
Lixa de madeira número 200	R\$ 2,00 / 1 unidade	1 unidade
Lixa de madeira número 300	R\$ 2,00 / 1 unidade	1 unidade
Pincel ¾ "	R\$ 2,00 / 1 unidade	1 unidade
Pincel 2"	R\$ 4,00 / 1 unidade	1 unidade
Espátula de aço 6 cm	R\$ 3,40 / 1 unidade	1 unidade
Total de dinheiro gasto em ferramentas	R\$ 34.60	-

**Fonte:** Elaborado pela autora.

**Tabela 3** - Equipamentos de proteção individual e preços por quantidade.

Equipamentos de proteção individual	Preço / Quantidade	Quantidade utilizada
Luva	R\$ 3,00 / 1 unidade	1 unidade
Máscara	R\$ 1,80 / 1 unidade	1 unidade
Óculos	R\$ 3,80 / 1 unidade	1 unidade

(Continua)

(Continuação)

Equipamentos de proteção individual	Preço / Quantidade	Quantidade utilizada
Avental	R\$ 6,00 / 1 unidade	1 unidade
Total de dinheiro gasto em equipamentos de proteção individual	R\$ 14,60	-

**Fonte:** Elaborado pela autora.

Para o desenvolvimento do Mock-up da Mini garrafa térmica Firenze, foram gastos um total de R\$ 223,80. As demais ferramentas utilizadas como auxílio (tesoura, rolinho de espuma, régua, lápis, e demais citadas neste trabalho) não foram consideradas, pois já existiam em pertencimento e outros materiais e ferramentas foram reciclados (recipiente de margarina, palitos, chapa de alumínio e restos de madeira). Já os equipamentos (torno mecânico, serra circular de bancada, serra de fita vertical de bancada, e demais citados neste trabalho.), fazem parte da oficina do curso de Design da Universidade Federal do Maranhão.

Apesar do custo total em dinheiro gasto para desenvolver o mock-up da Mini garrafa térmica Firenze ter sido relativamente alto, deve ser levado em consideração o rendimento dos materiais. A Tabela 1 demonstra que foi utilizada uma quantidade mínima de alguns deles, tendo restado ainda uma quantidade de materiais considerável, que podem ser empregados para desenvolver outros modelos tridimensionais. Deve ser considerado também que algumas ferramentas como espátulas e pincéis e equipamentos individuais como o avental e óculos de proteção, podem ser reutilizados.

#### 4.4 LOGÍSTICA

O desenvolvimento do mock-up foi dividido em etapas já descritas anteriormente neste estudo: 1º etapa: desenvolvimento do modelo em isopor e pré-modelos para moldes, 2º etapa: construção dos moldes, 3º etapa: construção das peças de configuração do modelo, 4º etapa: acabamento e pintura. Para a conclusão de todas as etapas, foram trabalhados uma média de 3:30 por dia, durante 24 dias, descritos a seguir:

- 1º dia: Foram elaborados os pré-modelos para molde e iniciou-se o desenvolvimento do modelo da peça 1 (garrafa interna), ambos em poliestireno (isopor), utilizando o mesmo processo de usinagem no torno mecânico.
- 2º dia: Iniciou-se o desenvolvimento das primeiras metades dos moldes de gesso.
- 3º dia: A segunda metade dos moldes de gesso foram feitas.
- 4º dia: O molde de silicone começou a ser desenvolvido e o modelo de madeira da peça 4 (tampa inferior) foi usinado no torno mecânico e modelado.
- 5º dia: Os moldes de gesso foram desenhados.
- 6º dia: O Molde de silicone foi desenhado e iniciou-se o processo de fundição em resina cristal que foi adicionada ao molde de silicone para desenvolver a peça 5 (tampa superior).
- 7º dia: Espera da cura da resina cristal e do molde de gesso.
- 8º dia: Espera da cura da resina cristal e do molde de gesso.
- 9º dia: A peça 5 (tampa superior) feita de resina cristal foi desenhada.
- 10º dia: Os moldes de gesso foram lixados, o gel coat foi preparado e a primeira camada foi passada nos moldes.
- 11º dia: A segunda camada de gel coat foi passada nos moldes.
- 12º dia: Iniciou-se o processo de laminação com fibra de vidro nos moldes de gesso: preparação da resina de laminação e primeira camada de fibra de vidro, para desenvolver a peça 2 (corpo externo) e peça 3 (tampa externa).
- 13º dia: A segunda camada de fibra de vidro, foi passada nos moldes para desenvolver a peça 2 (corpo externo) e peça 3 (tampa externa).
- 14º dia: Foi passada a primeira camada de massa corrida na peça 1 (garrafa interna) para aproveitar o tempo em que as peças de fibra de vidro secavam.

- 15º dia: As peças de fibra de vidro foram desmoldadas e emassadas com a primeira camada de massa corrida e a segunda camada de massa corrida foi passada na peça 1 (garrafa interna).
- 16º dia: A segunda camada de massa corrida foi passada nas peças de fibra de vidro.
- 17º dia: Espera da cura de massa corrida passada nas peças de fibra de vidro.
- 18º dia: A peça 5 (tampa superior) de resina cristal foi desenformada e iniciou-se o processo de acabamento de todas peças.
- 19º dia: Acabamento das peças (lixamento).
- 20º dia: Acabamento das peças (reparação de falhas de lixamento) e desenvolvimento das peças de papel para detalhes na peça 2 (corpo externo) e peça 4 (tampa inferior).
- 21º dia: As peças 1 (garrafa interna), 2 (corpo externo) e 3 (tampa externa) foram pintadas com primer branco e a peça 5 (tampa superior) de resina foi finalizada com o polimento.
- 22º dia: A peça 3 (tampa externa) foi pintada com tinta spray na parte interna em duas camadas e peça 4 (tampa inferior) de madeira foi pintada com tinta PVA.
- 23º dia: As peças 1 (garrafa interna), 2 (corpo externo) e 3 (tampa externa) foram pintadas com tinta spray na parte externa em duas camadas.
- 24º dia: As peças 1 (garrafa interna), 2 (corpo externo) e 3 (tampa externa) foram pintadas com tinta spray na parte externa finalizando a 3º camada.
- 25º dia: A cura da tinta foi finalizada e o mock-up da Mini garrafa térmica Firenze ficou pronto.

O desenvolvimento do modelo num total de 25 dias, utilizando técnicas e materiais diferentes, só foi possível por que foi traçado um projeto do mock up, onde uma técnica era desenvolvida enquanto outro material secava, aproveitando o máximo do tempo possível dentro da oficina da Universidade Federal do Maranhão e da disponibilidade do técnico em marcenaria para auxiliar com os maquinários.



#### 4.5 MANIPULAÇÃO DOS MATERIAIS

Dentre as 7 técnicas aplicadas para desenvolver o mock-up, 4 delas não demandaram o auxílio de uma segunda pessoa, foram elas:

- Molde de gesso;
- Molde de silicone;
- Fundição em resina cristal;
- Modelagem em papel.

Para as demais técnicas aplicadas para desenvolver o mock-up, foi necessário o auxílio de um técnico em marcenaria para manipular alguns equipamentos e máquinas presentes na oficina da Universidade Federal do Maranhão:

- Subtração em poliestireno expandido (isopor): torno mecânico;
- Laminação com fibra de vidro: Lixadeira;
- Usinagem em madeira: torno mecânico, serra circular de bancada, serra de fita vertical de bancada e modelagem manual usando Formão.

Dentre todas as técnicas, a de modelagem em madeira foi desenvolvida, em maior parte, pelo marceneiro, salvo a etapa de pintura.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivou-se com este estudo aplicar técnicas de prototipagem tradicional na construção de um modelo físico, com o intuito de que seus resultados sejam aproveitados como um material didático que auxilie profissionais de design e estudantes a desenvolverem seus modelos tridimensionais, bem como fazer entender sobre a importância do uso das técnicas de prototipagem tradicional e sobre o uso de modelos no design de produtos, ao reunir informações gerais que percorrem o universo do tema, desde o histórico do uso de modelos tridimensionais, como e quando são aplicados a como desenvolvê-los.

Desenvolver o mock-up de um produto com cinco peças de configuração e fazê-las com diferentes materiais e técnicas de prototipagem tradicional, foi uma tarefa que despendeu um determinado tempo e empenho. Tempo para concluir o modelo e empenho para manipular os materiais e executar as técnicas de prototipagem com efetividade, para que o modelo apresentasse acabamentos e formas desejados.

Em síntese, apesar da pouca experiência com a manipulação de materiais e aplicação das técnicas de prototipagem, não pode-se considerar que concluir o mock-up foi um trabalho difícil, visto que todos os passos do processo foram bem sucedidos, sem maiores problemas ou situações indesejadas. O resultado final do mock-up foi satisfatório, tanto no que diz respeito à forma e tamanho, quanto a acabamentos e texturas.

A maior dificuldade que pode ser citada é o fato de ter desenvolvido o mock-up sozinha, sem a ajuda de outra pessoa que pudesse auxiliar algumas ações, que não fosse o técnico em marcenaria. Desta forma, houve um esforço maior para manipular os materiais e aplicar as técnicas. Neste estudo o mock-up foi concluído em 25 dias, pode-se pensar que um maior número de pessoas (trabalho em equipe) seja capaz de desenvolver um mock-up em menor prazo.

O êxito na conclusão do mock-up e execução das técnicas deve-se ao planejamento do processo de prototipagem, por ora relatadas neste estudo. Poder prever o que deveria ser feito, como a ordem de aplicação de cada técnica, foi fundamental para executá-las, e esquematizar o tempo, permitiu que o mock up pudesse ser concluído em menor prazo.

Em se tratando de valores financeiros, apesar de todo custo na compra de materiais e utensílios ter sido relativamente alto, considera-se que esse valor foi um investimento, pois a quantidade de material restante poderá ser aplicado para fazer outros modelos e alguns utensílios assim como equipamentos de proteção individual, ainda poderão ser reutilizados.

Por fim, o processo de desenvolvimento do mock up foi uma experiência única, pois foi possível manipular, lixar, cortar, pintar e preparar materiais, o que possibilitou compreender como cada um deles se comporta, explorando suas propriedades de forma prática e intuitiva. Ao aplicar as técnicas de prototipagem tradicional, foi possível aprender, por exemplo, os princípios de alguns processos de manufatura como o torneamento, laminação e moldagem, fato esclarecedor e que contribuiu para o enriquecimento do conhecimento de conteúdos que todo designer deve ter, considerando a interdisciplinaridade da área.

Desta forma, os resultados deste estudo se apresentam como uma fonte de apoio para aplicação de técnicas de prototipagem tradicional no desenvolvimento de modelos tridimensionais físicos, contribuindo a literatura da área com mais um estudo sobre o tema. Pode-se considerar também que toda a esquematização do tempo e organização do processo relatadas neste trabalho contribui à literatura da área ao demonstrar como foram aplicadas técnicas de prototipagem tradicional, buscando um melhor aproveitamento do tempo.

Recomenda-se para trabalhos futuros, aplicar outros tipos de técnicas de prototipagem tradicional, não executadas ou citadas neste estudo, como a modelagem com argila, vácuo form, parafina, massa plástica, massa de modelar, entre tantas outras formas de prototipar. Sugere-se ainda, reunir todo o conteúdo deste estudo somado a outras técnicas de prototipagem tradicional para desenvolver uma cartilha ou livro, bem como seu projeto gráfico.

## REFERÊNCIAS

ALCOFORADO NETO, M. G. **Metodologia de design mediada por protótipos**. 2014. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/110873>. Acesso em 02 mai. 2019.

BARBOSA, R. T. **Design & prototipagem**: conhecimento e uso da prototipagem rápida no design brasileiro. 2009. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/89708>. Acesso em: 02 mai. 2019.

BAXTER, M. **Projeto de Produto**: Guia prático para o desenvolvimento de novos produtos. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1998.

CARDOSO, R. **Uma Introdução à História do Design**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

FONSECA, Glaucia Augusto. **A modelagem tridimensional como agente no ensino/aprendizagem nas disciplinas introdutórias de projeto de arquitetura**. 2013. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.

FORTI, F. S. A. **Uma Avaliação do ensino da Prototipagem Virtual nas Graduações de Design de Produto do Estado do Rio de Janeiro**. 2005. Dissertação (Mestrado) - COPPE, Universidade Federal do rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.coc.ufrj.br/pt/documents2/mestrado>. Acesso em: 05 março. 2019.

GIULI, M. R.; TOBARO, E. T.; TOMIATTI, M. S. Redesign de abridor de latas e garrafas sob o viés ergonômico. **Ergodesign HCI**, [S.l.], v. 5, n. Especial, p. 73 - 85, dec. 1969. ISSN 2317-8876. Disponível em: <http://periodicos.puc-rio.br/index.php/revistaergodesign-hci>. Acesso em: 03 jul. 2019.

IMAI, C. **A utilização de modelos tridimensionais físicos em projetos de habitação social**: o Projeto Casa Fácil. 2007. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

KEMERICH *et al.* Fibras de vidro: caracterização, disposição final e impactos ambientais gerados. **Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [S. l.], v 10, n. 10, p. 2112-2121, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br>. Acesso em: 5 jun. 2019.

LESKO, J. **Design Industrial**: guia de materiais e fabricação. Tradução Marcelo Alves. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2012.

MACARRÃO, L. J. **Importância do uso de mock-ups e de técnicas de prototipagem e ferramental rápido no processo de desenvolvimento de produto na indústria automotiva**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses>. Acesso em: 08 fev. 2019.

MARTINS, A. F. P. **Da maquete para o desenho**: meios de representação tridimensional no design de artefactos, Dissertação (Mestrado) - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10773/1228>. Acesso em: 08 fev. 2019.

MEIRA, J. M. L. Argilas: o que são, suas propriedades e classificações. **Visa consultores**, [S. l.], jan. 2001. Disponível em: [http://visaconsultores.com/htm/artigos\\_publicacoes.htm](http://visaconsultores.com/htm/artigos_publicacoes.htm). Acesso em: 09 mai. 2019.

NASSEH, J. **Manual de construção de barcos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Barracuda Advanced Composites, 2011.

OTTO, K. WOOD, K. **Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development**. Michigan: Prentice Hall, 2001.

PALHAIS, C. B. C. **Prototipagem**: uma abordagem ao processo de desenvolvimento de um produto. 2015. Dissertação de (Mestrado) - Faculdade de Belas-artes, Universidade de Lisboa, Lisboa, Lisboa, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt>. Acesso em: 28 out. 2018.

PASCHOARELLI, L. C.; SILVA, D. C.; SILVA, J. C. P. Metodologia de Design de Instrumentos Manuais: Mock-ups e Protótipos na Avaliação Ergonômica. *In*: MENEZES, M.; PASCHOARELLI, L. C.; MOURA, M. (Org.). **Metodologias em design**: inter-relações. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2011. p. 326 - 344.

PENNA, E. **Modelagem, modelos em design**. São Paulo: Catálise, 2002.

PEREIRA, D. D. **O uso da modelagem aplicada à ergonomia no desenvolvimento de produtos**. 2015. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/132512>. Acesso em: 30 out. 2018.

PEREIRA D. D.; JAMILLE N. L. L.; PASCHOARELLI L. C. *et al.* Comparação de técnicas de prototipagem tradicional manual e sua importância para o Design. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL E WORKSHOP DESIGN & MATERIAIS*, 2., 2017. Campinas. **Anais eletrônicos** [...]. Campinas: Galoá, 2018. Disponível em: <https://proceedings.science/dm/papers>. Acesso em: 09 nov. 2019.

RELVAS, C. A. M. **Processos de prototipagem rápida no fabrico de modelos de geometria complexa**: Estudo realizado sobre modelo anatômico da mão. 2002. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2002. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/13395>. Acesso em: 01 nov. 2018.

RIBEIRO, S.; LOURENÇO, A. Bauhaus: uma pedagogia para o design. **Estudos em Design**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 1-24, 2012. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/19749/19749.PDF>, Acesso em: 31 out. 2019.

RODRIGUES, J. S. **Estudo da técnica de infusão de resina aplicada à fabricação de compósitos de matriz poliéster reforçados por fibras naturais da amazônia**. 2014. Tese (Doutorado) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014. Disponível em: [www.proderna.propesp.ufpa.br](http://www.proderna.propesp.ufpa.br). Acesso em: 16 nov. 2019.

ROZESTRATEN, A. S. **Estudo sobre a história dos modelos arquitetônicos na antigüidade**: origens e características das primeiras maquetes de arquiteto. 2003. Dissertação (Mestrado em Estruturas Ambientais Urbanas) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis>. Acesso em: 02 ago. 2019.

ROZESTRATEN, A. S. Aspectos da história das maquetes e modelos tridimensionais de arquitetura em Creta e na Grécia Antiga. **Arquitextos**. Ano 12,



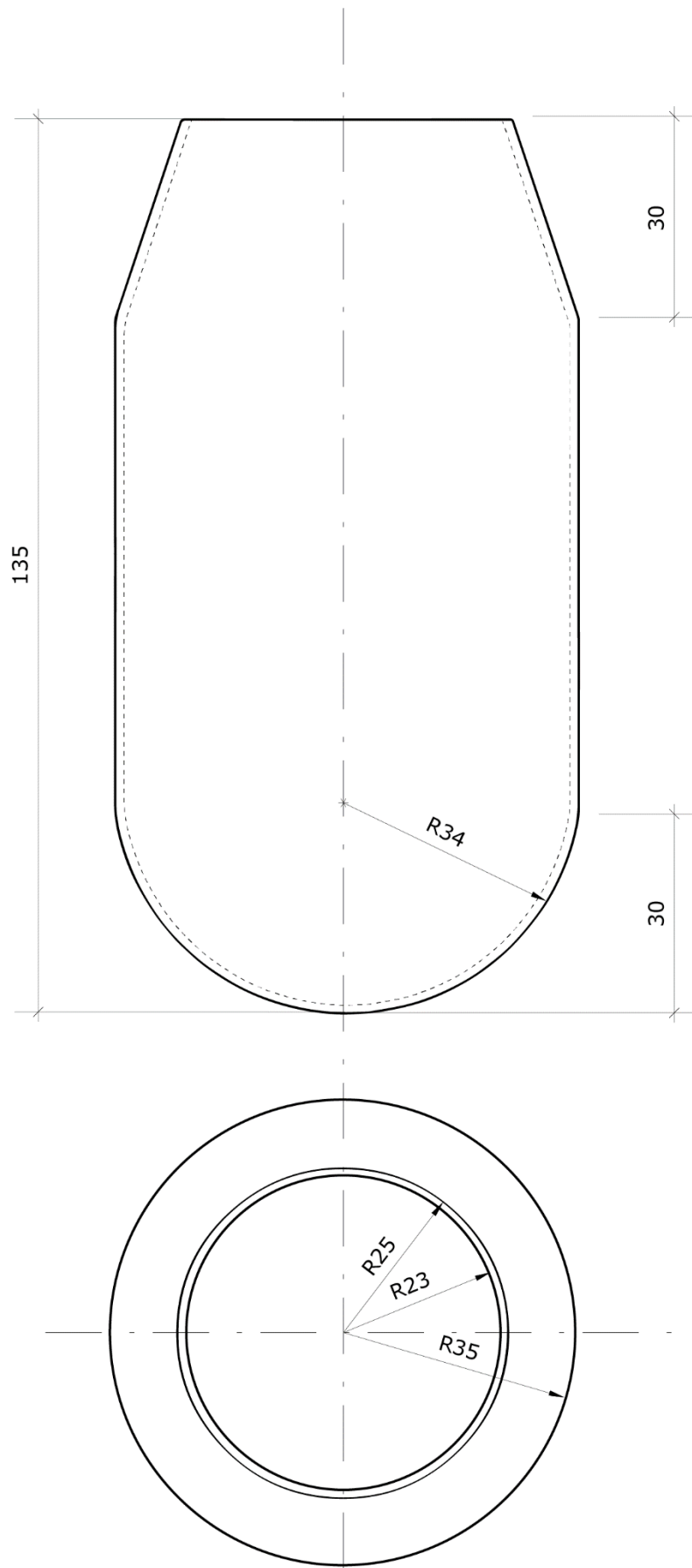
2011. Disponível em: <https://www.agitprop.vitruvius.com.br/revistas>. Acesso em: 27 jun. 2019.

SALMASO, J.; VIZIOLI, S. H. T. O uso do modelo físico e digital nos processos de projeto da arquitetura contemporânea. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21., 2013, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Siicusp, 2013. CD-ROM.

VINENT, G.; RODRIGUES, M. Ergonomia de projeto: check-out atacarejo. **Ação ergonômica**, v. 10, n. 2, 2015. Disponível em: [www.abergo.org.br](http://www.abergo.org.br). Acesso em: 27 jun. 2019.

VOLPATO, N. *et al.* **Prototipagem Rápida**: Tecnologias e aplicações, São Paulo: Edgar Blücher, 2007.

**APÊNDICE A – DESENHO TÉCNICO DA MINI GARRAFA TÉRMICA FIRENZE**



INSTITUIÇÃO:  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

DATA:  
20/06/2019

TÍTULO:  
MINI GARRAFA TERMICA - VISTAS ORTOGONAIS - PEÇA 01

ESCALA:  
1:1

UNID.:  
milímetro

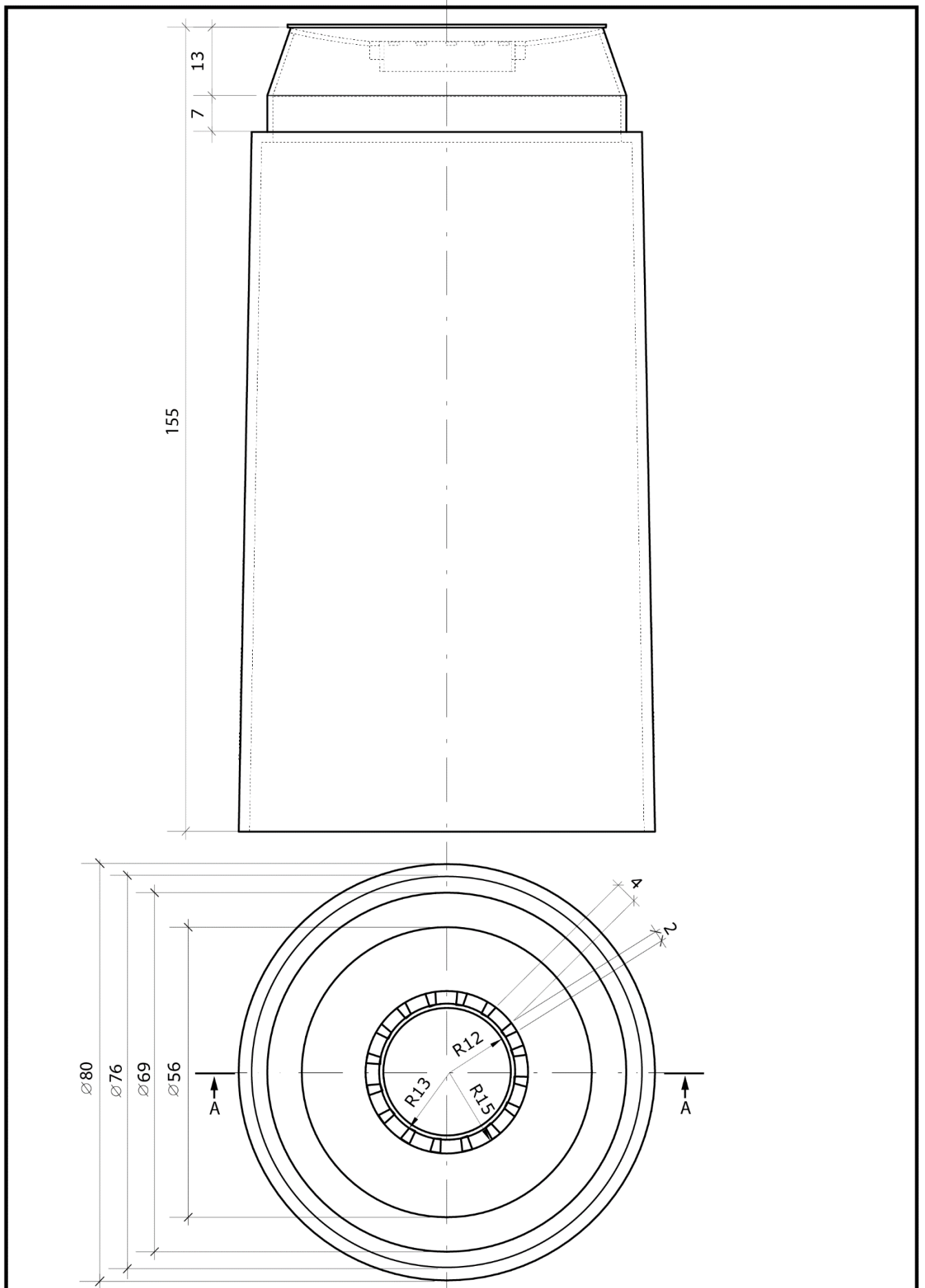
CURSO:  
DESIGN

ALUNA:  
ALINE DA SILVA VIEIRA

ORIENTADORA:  
GISELE REIS CORREA SARAIVA

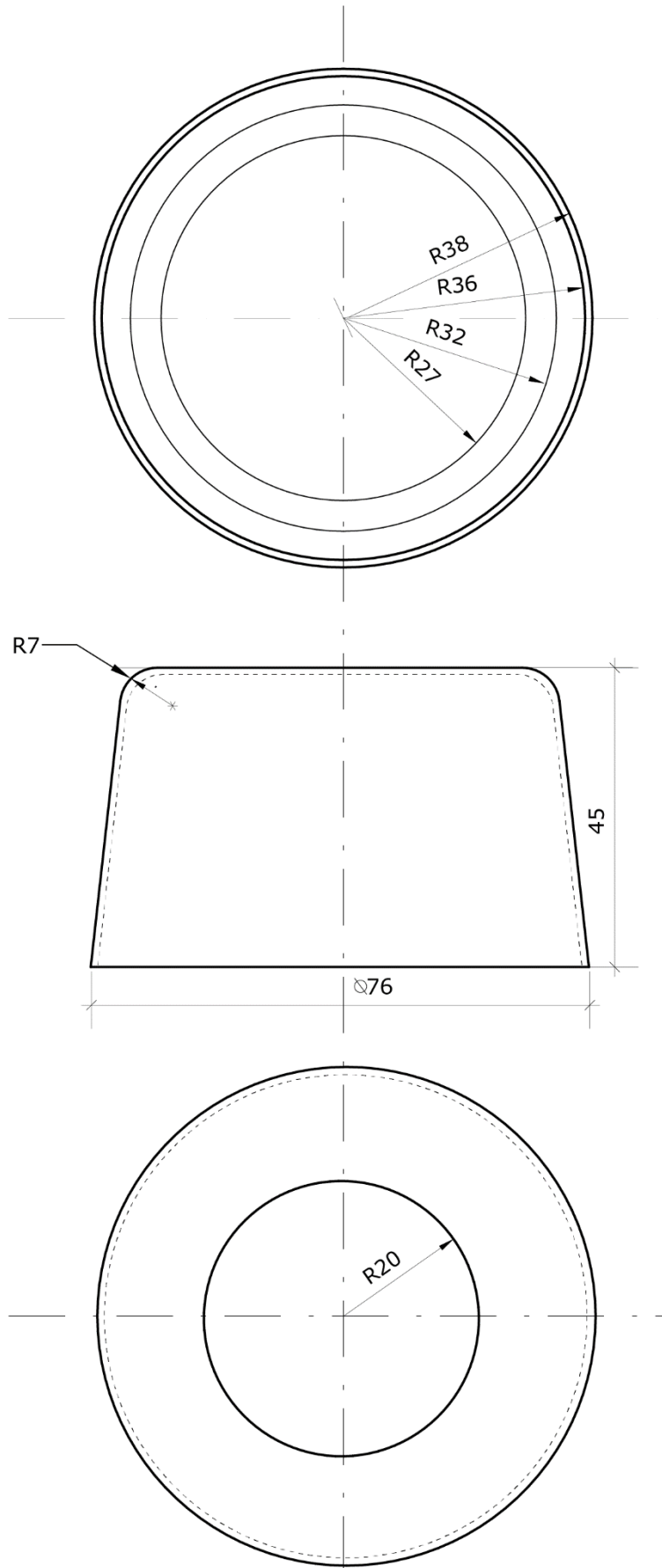
DESENHO:  
1/5



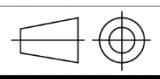


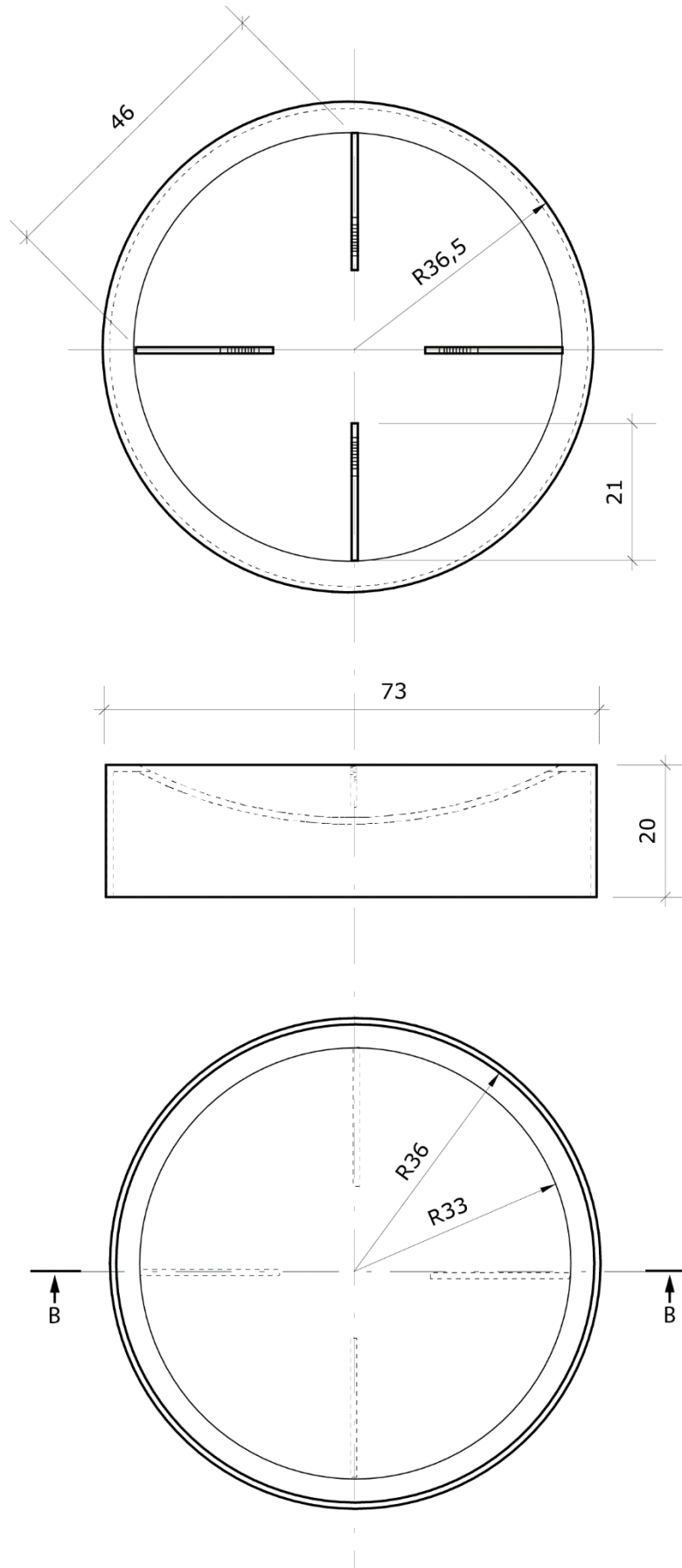
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO			DATA: 20/06/2019
TÍTULO: MINI GARRAFA TERMICA - VISTAS ORTOGONAIS - PEÇA 02			ESCALA: 1:1
CURSO: DESIGN	ALUNA: ALINE DA SILVA VIEIRA	ORIENTADORA: GISELE REIS CORREA SARAIVA	UNID.: milímetro
			DESENHO: 2/5





INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO		DATA: 20/06/2019	
TÍTULO: MINI GARRAFA TERMICA - VISTAS ORTOGONAIS - PEÇA 03		ESCALA: 1:1	UNID.: milímetro
CURSO: DESIGN	ALUNA: ALINE DA SILVA VIEIRA	ORIENTADORA: GISELE REIS CORREA SARAIVA	DESENHO: 3/5





INSTITUIÇÃO:  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

DATA:  
20/06/2019

TÍTULO:  
MINI GARRAFA TÉRMICA - VISTAS ORTOGONAIS - PEÇA 04

ESCALA:  
1:1

UNID.:  
milímetro

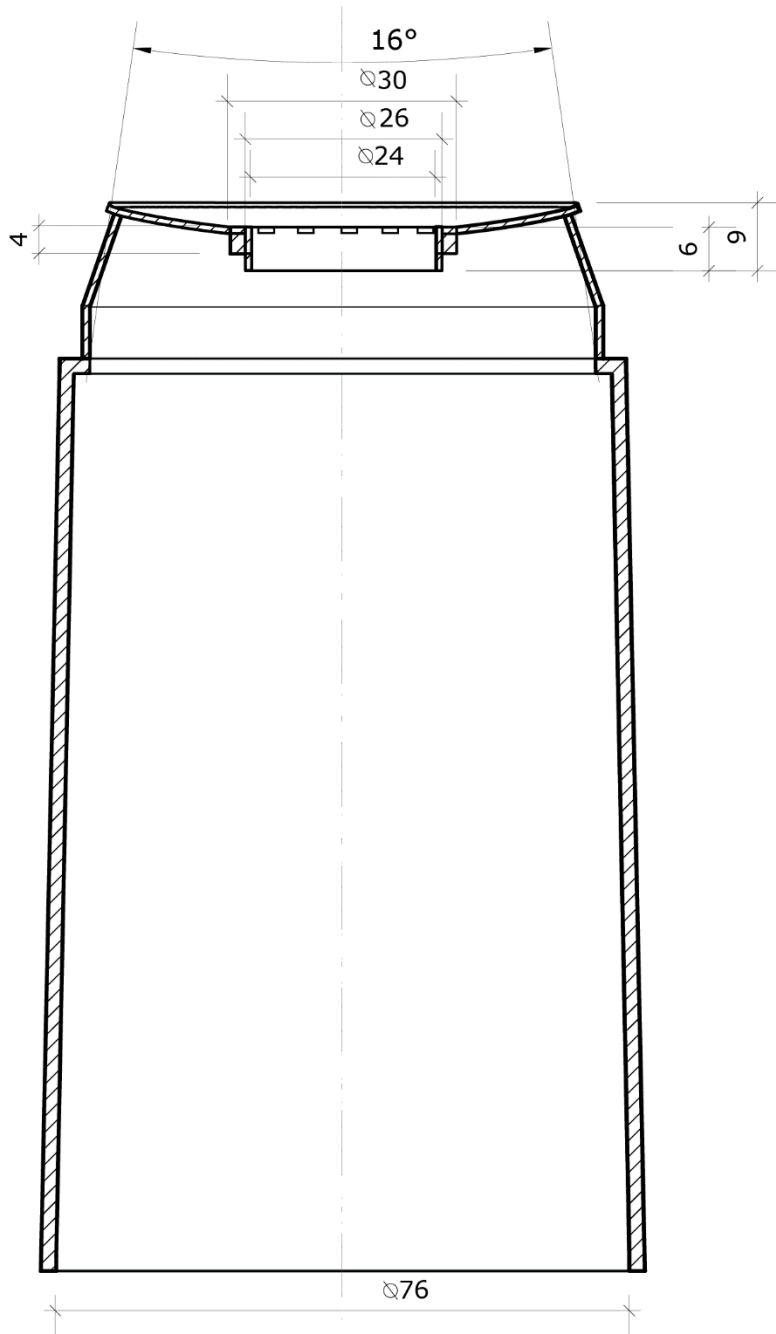
CURSO:  
DESIGN

ALUNA:  
ALINE DA SILVA VIEIRA

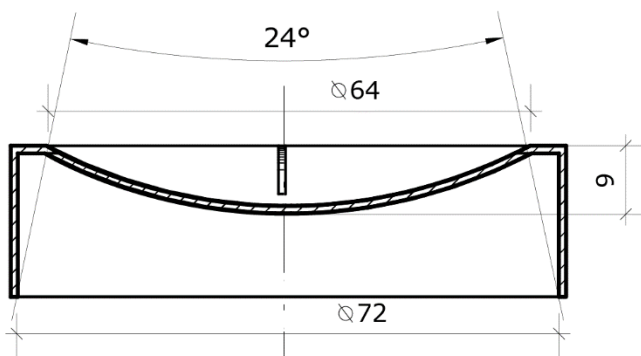
ORIENTADORA:  
GISELE REIS CORREA SARAIVA

DESENHO:  
4/5





**CORTE A - A**



**CORTE B - B**

INSTITUIÇÃO:  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

DATA:  
20/06/2019

TÍTULO:  
MINI GARRAFA TÉRMICA - CORTE A-A E CORTE B-B

ESCALA: 1:1 UNID.: milímetro

CURSO:  
DESIGN

ALUNA:  
ALINE DA SILVA VIEIRA

ORIENTADORA:  
GISELE REIS CORREA SARAIVA

DESENHO:  
5/5

