

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

BRUNO ERBERT DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO: RECIPIENTE TÉRMICO MODULAR COM
CAPACIDADE DIMENSIONÁVEL**

Bagé

2024

BRUNO ERBERT DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO: RECIPIENTE TÉRMICO MODULAR COM
CAPACIDADE DIMENSIONÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Produção da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia de Produção.

Orientador: Vanderlei Eckhardt

Coorientador: Rui Rosa de Morais Junior

Bagé

2024

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

S586d Silva, Bruno Erbert da

Desenvolvimento de produto: recipiente térmico modular com capacidade dimensionável / Bruno Erbert da Silva.

191 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Universidade Federal do Pampa, Engenharia de Produção, 2024.

"Orientação: Vanderlei Eckhardt".

1. Recipiente Térmico Modular. 2. Desenvolvimento de Produtos. 3. Impressão 3D. 4. Prototipagem. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

BRUNO ERBERT DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO: RECIPIENTE TÉRMICO MODULAR COM
CAPACIDADE DIMENSIONÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de (Nome do Curso) da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em (Área do curso).

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 10/7/2024.

Banca examinadora:

TAE Dr. Rui Rosa de Moraes Junior
Coorientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. Cristiano Corrêa Ferreira
UNIPAMPA

Prof. Dr. Cláudio Sonáglio Albano
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **RUI ROSA DE MORAIS JUNIOR, Técnico de Laboratório Área**, em 15/07/2024, às 16:02, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CLAUDIO SONAGLIO ALBANO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/07/2024, às 17:42, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CRISTIANO CORREA FERREIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/07/2024, às 18:09, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1478704** e o código CRC **F1B3B105**.

Referência: Processo nº 23100.010931/2024-79 SEI nº 1478704

Dedico este trabalho à minha mãe, Roseli Erbert, cujo amor e apoio incondicionais foram minha força durante esta jornada. Sua fé em mim me inspirou a alcançar meus sonhos. Mãe, este trabalho é um reflexo da minha gratidão por você. Obrigado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço de todo coração à minha família, que esteve ao meu lado durante toda essa jornada, fornecendo amor e apoio incondicionais. Sem vocês, não teria sido possível chegar até aqui. À Universidade, expresso minha gratidão por proporcionar um ambiente acadêmico enriquecedor e recursos indispensáveis que foram cruciais para a minha formação e a realização deste trabalho. Aos meus colegas, agradeço por todos os momentos compartilhados, pela camaradagem e pelo aprendizado mútuo. Cada um de vocês contribuiu, de maneira única, para esta experiência memorável. Um agradecimento especial aos professores, que com dedicação e paciência, compartilharam seu conhecimento e experiência, moldando o profissional que me tornei. Em particular, gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus orientadores, Vanderlei Eckhardt, cuja sabedoria, paciência e orientação foram absolutamente inestimáveis para a realização deste trabalho. Agradeço por ter me desafiado e acreditado em mim. Também estendo minha gratidão ao meu coorientador, Rui Rosa de Moraes Junior, cuja orientação, conselhos práticos e perspectivas únicas enriqueceram enormemente este trabalho. Finalmente, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para essa conquista. Obrigado.

"A melhor maneira de prever o futuro é
criá-lo." - Peter Drucker

RESUMO

Em um mundo onde a inovação e a personalização dominam, um mercado em particular vem experienciando um crescimento acelerado: o de recipientes térmicos. Impulsionado pela crescente demanda pela versatilidade no uso, este mercado evidencia um forte desejo dos consumidores por produtos que não só atendam às suas necessidades, mas também sejam adaptáveis às suas preferências individuais. Em resposta a essa tendência, este trabalho apresentou o desenvolvimento do Recipiente Térmico Modular (RTM), um produto que se enquadra nessa crescente demanda. O RTM permite ao usuário ajustar seu volume interno de acordo com suas necessidades específicas, tornando-se uma solução personalizável que diminui a necessidade de adquirir múltiplos recipientes para diferentes finalidades. A metodologia de desenvolvimento deste produto se focou no primeiro ciclo de desenvolvimento seguindo a abordagem Lean Startup, e foi estruturada em três fases principais: Identificação, Análise e Concepção Inicial (Fase 1); Desenvolvimento e Prototipagem (Fase 2); Análise e Validação do MVP (Fase 3). Na Fase 1, foram realizadas análises de mercado e entrevistas com consumidores para identificar oportunidades e definir os requisitos do produto. Na Fase 2, o design do RTM foi detalhado, selecionando-se materiais e métodos de fabricação, além da criação de protótipos utilizando manufatura aditiva. Simulações e análises de falhas garantiram a viabilidade técnica e a segurança do produto. Na Fase 3, o MVP foi testado e validado através de avaliações funcionais e *feedback* de usuários. Os resultados obtidos permitiram o levantamento de oportunidades de melhorias e aprendizados, que poderão ser aplicados no próximo ciclo de desenvolvimento, garantindo a evolução contínua do produto e a satisfação das necessidades dos consumidores.

Palavras-chave: recipiente térmico modular; desenvolvimento de produtos; impressão 3d; prototipagem.

ABSTRACT

In a world where innovation and customization prevail, one market is experiencing accelerated growth: thermal containers. Driven by the increasing demand for versatility in use, this market shows a strong desire from consumers for products that not only meet their needs but are also adaptable to their individual preferences. In response to this trend, this work presented the development of the Modular Thermal Container (RTM – *Recipiente Térmico Modular*), a product that fits this growing demand. The RTM allows the user to adjust its internal volume according to their specific needs, becoming a customizable solution that reduces the need to acquire multiple containers for different purposes. The development methodology of this product focused on the first development cycle following the Lean Startup approach and was structured into three main phases: Identification, Analysis, and Initial Design (Phase 1); Development and Prototyping (Phase 2); and MVP Analysis and Validation (Phase 3). In Phase 1, market analyses and consumer interviews were conducted to identify opportunities and define product requirements. In Phase 2, the design of the RTM was detailed, selecting materials and manufacturing methods, and creating prototypes using additive manufacturing. Simulations and failure analyses ensured the technical feasibility and safety of the product. In Phase 3, the MVP was tested and validated through functional evaluations and user feedback. The results obtained allowed the identification of improvement opportunities and learnings that can be applied in the next development cycle, ensuring the continuous evolution of the product and the satisfaction of consumer needs.

Keyword: modular vacuum insulated container; product development; 3d print; prototyping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo do Lean Startup.....	32
Figura 2 - Recipiente térmicos: garrafa, cooler e caneca	34
Figura 3 - Quantidade de suportes a depender da orientação do objeto	43
Figura 4 - <i>Infill</i>	44
Figura 5 - Costura	44
Figura 6 - Fluxograma de desenvolvimento do produto	47
Figura 7 - Buscas por garrafas térmicas	52
Figura 8 - Observação e Manuseio In Loco de Diferentes Produtos	58
Figura 9 - Estado de residência dos entrevistados.....	60
Figura 10 - Ranking de Garrafas Mais Vendidas no Mercado Livre	63
Figura 11 - Ambientes de utilização.....	64
Figura 12 - Principais termos mencionados e o <i>sentimento dos usuários</i>	65
Figura 13 – Percentual de entrevistados que mencionaram cada material.....	69
Figura 14 – Percentual de entrevistados que mencionaram cada bebida.....	70
Figura 15 - Esboços iniciais.....	80
Figura 16 - Design revisado do MVP.....	82
Figura 17 - Recipiente Térmico Modular (RTM)	83
Figura 18 - Modulo M1: Base	84
Figura 19 - Módulo M2: Central.....	85
Figura 20 - Módulo M3: Tampa.....	85
Figura 21 - Módulo M4: Bocal	86
Figura 22 - Módulo M5: Alça (M5)	87
Figura 23 - Modulo M6: Tampa Inferior.....	87
Figura 24 - Análise das roscas	89
Figura 25 - Análise da alça.....	90
Figura 26 - Análise do módulo base	91
Figura 27 - Análise hidrostática	92
Figura 28 - Análise de transferência térmica	93
Figura 29 - Orientação de impressão do M1	98
Figura 30 - Orientação de impressão do M2	99
Figura 31 - Orientação de impressão do M3.....	99

Figura 32 - Orientação de impressão do M4	100
Figura 33 - Orientação de impressão do M5	101
Figura 34 - Orientação de impressão do M6	101
Figura 35 - Impressão em andamento	102
Figura 36 – Agulha adaptada em uma bomba manual.....	103
Figura 37 - Agulha perfurando o orifício de extração de ar	104
Figura 38 - Equipamentos utilizados na aplicação de resina epóxi	106
Figura 39 - Encaixe para o anel de vedação	107
Figura 40 - Peças com os anéis acoplados.....	108
Figura 41 - Exemplo de montagem	110
Figura 42 - Impressora 3D	115
Figura 43 - Parafusos e roscas de teste.....	117
Figura 44 - Problemas na primeira versão do protótipo	118
Figura 45 - Segundo protótipo com 800 mL	120
Figura 46 - Novos padrões e possibilidades de personalização.....	122
Figura 47 - Pote e tampas para teste de estanqueidade.....	123
Figura 48 - Posicionamento de material selante	126
Figura 49 - Plástico PCL	127
Figura 50 - Cubo de teste com orifício selado	128
Figura 51 - Análise dos pontos de dissipação de calor	133
Figura 52 - Temperaturas finais do ensaio de eficiência a alta temperatura.....	134
Figura 53 - Recipientes utilizados no ensaio térmico de baixa temperatura	136
Figura 54 - Temperaturas finais do ensaio de eficiência a alta temperatura.....	137
Figura 55 - Ensaio de capacidade volumétrica.....	138
Figura 56 - Ensaio de resistência da alça	141
Figura 57 - Caixa com módulos do RTM.....	146
Figura 58 - Padrões de texturas	147
Figura 59 - Tampa da versão 3 do protótipo ao lado da tampa do MVP	148
Figura 60 - Elemento de conexão entre dois módulos	157
Figura 61 - Fivela de liberação rápida	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Origem dos comentários.....	54
Tabela 2 – Propriedades do material PC/ABS.....	89
Tabela 3 – Pontuações da Avaliação Funcional.....	152

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação das etapas propostas na literatura.....	25
Quadro 2 - Comparação dentre as abordagens (continua).....	29
Quadro 3 - Ensaios	36
Quadro 4 - Comparação entre os principais materiais	37
Quadro 5 – Agrupamento dos conteúdos.....	56
Quadro 6 - Análise funcional (continua)	66
Quadro 7 - Matriz morfológica	67
Quadro 8 - Primeiro conceito - Aço Inox (continua).....	72
Quadro 9 - Segundo conceito – Plástico Livre de BPA (continua).....	74
Quadro 10 - Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA) (continua).....	95
Quadro 11 - Sugestões de configurações (continua)	112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABS - Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

API - *Application Programming Interface* (Interface de Programação de Aplicações)

CAD - Design Assistido por Computador

FEA - *Finite Element Analysis* (Análise de Elementos Finitos)

FMEA - *Failure Mode And Effect Analysis* (Análise de modos e efeitos)

IA – Inteligência Artificial

LPD - *Lean Product Development*

LSM - *Lean Startup Methodology*

MVP - *Minimum Viable Product* (Produto Mínimo Viável)

NBR - Norma Brasileira

PCL - Policaprolactona

PDP - Processo de Desenvolvimento De Produtos

PETG - Politereftalato de Etileno

PLA - Ácido Polilático

PLN - Processamento de Linguagem Natural

PP - Polipropileno

RTM - Recipiente Térmico Modular

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Justificativa.....	20
1.2 Objetivo Geral	21
1.3 Objetivos Específicos	21
1.4 Estrutura do Trabalho	22
2 REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1 Desenvolvimento de Produtos: Processos e Metodologias.....	24
2.1.1 Etapas do processo de desenvolvimento de produtos	24
2.1.2 Metodologias e abordagens para o desenvolvimento de produtos	27
2.1.3 Princípios básicos da Lean Startup	30
2.2 Recipientes Térmicos: Princípios e Aplicações	33
2.3 Norma técnica para Garrafas Térmicas com isolamento por Vácuo	34
2.4 Materiais para Recipientes Térmicos	37
2.5 Personalização de Produtos.....	38
2.6 Modularidade em Design de Produtos	40
2.7 Impressão 3D	41
3 METODOLOGIA.....	46
3.1 Fase 1	48
3.2 Fase 2	49
3.3. Fase 3	50
4 DESENVOLVIMENTO DO RTM.....	52
4.1 Fase 1 - Identificação, Análise e Concepção Inicial	52
4.1.1 Coleta, Estruturação e Análise de Dados Online.....	53
4.1.2 Observação Exploratória <i>In Loco</i>	57
4.1.3 Entrevistas Não Estruturadas com Consumidores	59
4.1.4 Identificação de Oportunidades.....	61

4.1.5 Definição do Problema	63
4.1.6 Geração de Ideias e Conceitos	64
4.1.7 Avaliação e Seleção de Conceitos	68
4.2 Fase 2 - Desenvolvimento e Prototipagem.....	76
4.2.1 Definição do Método de Fabricação	76
4.2.2 Seleção de Materiais	77
4.2.3 Projeto de componentes.....	79
4.2.3.1 Esboços Iniciais.....	79
4.2.3.2 Design de Componentes	81
4.2.4 Avaliação Estrutural e de Falhas	88
4.2.4.1 Simulação Por Elementos Finitos (FEA)	88
4.2.4.2 Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA)	94
4.2.5 Plano de Fabricação e Montagem dos Componentes.....	97
4.2.5.1 Impressão dos Módulos	97
4.2.5.2 Extração de Ar para Formação de Vácuo.....	103
4.2.5.3 Aplicação de Resina	105
4.2.5.4 Acoplamento dos Anéis de Vedação e Revestimento na Base	106
4.2.5.6 Instruções de Montagem, Cuidados e Sugestões de Uso.....	109
4.2.6 Prototipagem: Desafios e Lições Aprendidas	113
4.2.6.1 Primeiros Passos	114
4.2.6.2 Ajustes de Tolerância.....	116
4.2.6.3 Primeiro Protótipo.....	117
4.2.6.4 Segundo Protótipo.....	119
4.2.6.5 Terceiro Protótipo	121
4.2.6.6 Estanqueidade	122
4.2.6.7 Quarto Protótipo	124
4.2.6.8 Módulos Adicionais.....	125

4.2.6.9 Vácuo	125
4.2.6.10 Aplicação de Resina e Acoplamento do EVA	129
4.2.7 Conclusão da Fase 2.....	129
4.3 Fase 3 – Análise e Validação do MVP.....	130
4.3.1 Ensaio Técnico	130
4.3.1.1 Inspeção Visual Geral	131
4.3.1.2 Ensaio de Eficiência Térmica em Alta Temperatura	131
4.3.1.3 Ensaio de Eficiência Térmica em Baixa Temperatura	135
4.3.1.4 Ensaio de Capacidade Volumétrica Real	137
4.3.1.5 Ensaio de resistência ao impacto	138
4.3.1.6 Ensaio de Aderência da Borracha da Base	139
4.3.1.7 Ensaio de estabilidade	140
4.3.1.8 Ensaio de Resistência da Alça	140
4.3.1.9 Ensaio de Estanqueidade.....	142
4.3.1.10 Conclusão dos Ensaio Técnico.....	143
4.3.2 Sessão de Discussão em Grupo	143
4.3.2.1 Seleção de Voluntários.....	144
4.3.2.2 Preparação dos Participantes	144
4.3.2.3 Manipulação e Avaliação Inicial dos Protótipos	145
4.3.2.4 Feedback e Sugestões dos Participantes	149
4.3.3 Avaliação Funcional.....	150
4.3.3.1 Seleção de Voluntários e Orientações.....	150
4.3.3.2 Análise das Avaliações Funcionais.....	151
4.3.4 Identificação das Oportunidades de Melhoria	154
4.3.4.1 Resistência Térmica	155
4.3.4.2 Durabilidade	155
4.3.4.3 Eficiência Térmica	156

4.3.4.4 Peso do RTM.....	157
4.3.4.5 Vedação em Baixas Temperaturas	158
4.3.4.6 Desacoplamento Acidental	158
4.3.4.7 Demora na Secagem.....	160
4.3.4.8 Personalização.....	161
5. CONCLUSÃO.....	161
REFERÊNCIAS.....	163
APÊNDICE A: OPINIÕES EXPRESSAS POR CONSUMIDORES.....	170
APÊNDICE B: ROTEIRO UTILIZADO PARA AS ENTREVISTAS	179
APÊNDICE C: EXEMPLO DE ANOTAÇÕES DE ENTREVISTAS.....	181
APÊNDICE D: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO FUNCIONAL.....	184
ANEXO A: DESENHOS TÉCNICOS	187

1 INTRODUÇÃO

Recipientes térmicos, como garrafas, copos e caixas, não são uma novidade no mercado. De fato, eles estão disponíveis para compra há mais de um século, mas sua popularidade só aumentou e, hoje, podem ser considerados até mesmo artigos de moda (DEMOPOULOS, 2024; RODGERS, 2024).

Essa tendência é evidente, dado que o mercado de recipientes térmicos tem experimentado um crescimento significativo nos últimos anos, como mostram os relatórios do Google (2024), que apontam o mês de janeiro de 2024, como o período que recebeu a maior quantidade de consultas pelo termo “garrafa térmica” na história do buscador.

Um exemplo de destaque é uma companhia com mais de um século de história no seguimento, que experimentou um expressivo crescimento de 700% no faturamento na América Latina de 2018 a 2021 (SENA, 2021; DEURSEN, 2022).

O aumento da popularidade pode ser atribuído a uma combinação de fatores, incluindo avanços na tecnologia e mudanças nas preferências dos consumidores. Os recipientes térmicos, tradicionalmente usados para manter bebidas quentes, evoluíram para atender também à demanda por bebidas frias em climas quentes (MARIN, 2022).

As empresas do setor souberam capitalizar essa tendência, comunicando efetivamente que seus produtos mantêm a *“bebida gelada até o último gole”* (SENA, 2021), uma mensagem que ressoou fortemente com a cultura brasileira, que é a terceira maior consumidora de cerveja do mundo (FOLHA DE PERNAMBUCO, 2022).

Por outro lado, a conscientização sobre os problemas de saúde associados à falta de ingestão de água reforça a conexão dos consumidores com suas garrafas de água, motivando-os a carregá-las regularmente para todos os lugares (CARBINATO, 2023).

Conforme destacado por LeClair (2020) no The New York Times, a sociedade contemporânea está ‘obcecada por hidratação’, o que impulsiona a demanda por garrafas reutilizáveis, como as térmicas, que aliam estética e funcionalidade.

O crescente interesse por soluções inovadoras no mercado de recipientes térmicos e o aumento da preferência por produtos personalizáveis têm impulsionado o desenvolvimento de produtos que atendam a esses requisitos. De acordo com o Sistema Fecomércio (2021), 83% dos clientes anseiam que os bens ou serviços sejam ajustados às suas exigências, sendo que estes consumidores demonstram disposição para investir, em média, até 25,3% a mais pelo privilégio da customização.

Este fato é corroborado pelo relatório da Deloitte de 2015, “Sob Medida: O crescimento da personalização em massa” (em tradução livre), que aponta a personalização de produtos como uma das maiores tendências atuais de mercado.

Diante destas necessidades, os recipientes térmicos tradicionais evoluíram para atender as mais diversas demandas. No entanto, observa-se que muitos desses produtos são projetados com um único propósito e não oferecem a flexibilidade necessária para atender às diferentes necessidades dos usuários. Isso se mostrou uma lacuna no mercado, oportunizando a entrada de um produto único que possa atuar em múltiplos segmentos de consumidores.

Portanto, este projeto buscou explorar essa lacuna e desenvolveu o Recipiente Térmico Modular (RTM), que oferece aos consumidores a flexibilidade de adaptar um único produto a diversas finalidades, promovendo economia de recursos e redução de desperdício.

Este estudo se concentrou no desenvolvimento do produto mínimo viável (MVP) do RTM, explorando as necessidades dos consumidores e os aspectos técnicos relacionados ao design, prototipagem e avaliações funcionais, preparando o terreno para futuras iterações e aperfeiçoamentos.

1.1 Justificativa

A justificativa deste projeto se fundamenta na necessidade de desenvolver soluções inovadoras e personalizáveis para o mercado de recipientes térmicos, que está em rápida expansão. A pesquisa identificou que os consumidores demandam produtos que, além de eficientes na conservação térmica, ofereçam personalização e modularidade para se adaptarem a diferentes usos e preferências. O desenvolvimento desse produto visa preencher essa lacuna, oferecendo um produto flexível, que

atenda às variadas necessidades dos usuários e se destaque pela capacidade de adaptação e inovação.

1.2 Objetivo Geral

Construção e avaliação do MVP do primeiro ciclo de desenvolvimento do Recipiente Térmico Modular (RTM).

1.3 Objetivos Específicos

- **Desenvolver uma solução que permita personalizar a capacidade volumétrica do produto:** Criar um design modular que possibilite aos usuários ajustarem a capacidade interna do recipiente de acordo com suas necessidades específicas, promovendo versatilidade e adaptabilidade em um único produto.
- **Prototipar o produto:** Utilizar técnicas de manufatura aditiva, como a impressão 3D, para construir protótipos do RTM, permitindo a avaliação prática do design e das funcionalidades propostas, bem como a realização de ajustes necessários de forma ágil e eficiente.
- **Obter feedback dos usuários:** Realizar testes de uso com um grupo selecionado de consumidores, coletando suas opiniões e experiências com o RTM para identificar pontos fortes e áreas que necessitam de melhorias, garantindo que o produto final atenda plenamente às expectativas do mercado.
- **Identificar oportunidades de melhoria:** Analisar os dados coletados dos testes de uso e feedback dos usuários para identificar possíveis aprimoramentos no design, funcionalidade e usabilidade do RTM, preparando o produto para futuras iterações e aperfeiçoamentos que aumentem sua competitividade e aceitação no mercado.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este projeto está organizado de forma a abordar as etapas do desenvolvimento do Recipiente Térmico Modular (RTM), seguindo uma metodologia estruturada em fases. A estrutura do trabalho é dividida da seguinte maneira:

Capítulo 1: Introdução - Apresenta o contexto do projeto, a justificativa para sua realização, os objetivos gerais e específicos, além da estrutura do trabalho.

Capítulo 2: Referencial Teórico - Explora os temas relevantes para o projeto, incluindo o desenvolvimento de produtos, metodologias e abordagens, princípios da Lean Startup, características e aplicações de recipientes térmicos, normas técnicas, materiais, personalização de produtos, modularidade e manufatura aditiva.

Capítulo 3: Metodologia - Detalha os métodos e técnicas empregados no desenvolvimento do RTM, incluindo a estrutura de desenvolvimento, as fases do processo e as abordagens utilizadas para coleta e análise de dados.

Capítulo 4: Desenvolvimento do RTM - Descreve em detalhe as fases do desenvolvimento do produto:

- a) Fase 1: Identificação, Análise e Concepção Inicial - Inclui a coleta e análise de dados online, observação exploratória in loco, entrevistas não estruturadas com consumidores, identificação de oportunidades, definição do problema, geração de ideias e conceitos, e a avaliação e seleção de conceitos.
- b) Fase 2: Desenvolvimento e Prototipagem - Abrange a definição do método de fabricação, seleção de materiais, design de componentes, avaliação estrutural e de falhas, plano de fabricação e montagem dos componentes, impressão dos módulos, preparação das peças, extração de ar para formação de vácuo, aplicação de resina, acoplamento dos anéis de vedação e revestimento na base, e os desafios e lições aprendidas durante a prototipagem.
- c) Fase 3: Análise e Validação do MVP - Inclui ensaios técnicos para verificar a eficiência térmica, capacidade volumétrica, resistência ao impacto, aderência, estabilidade, resistência da alça e estanqueidade do RTM. Também cobre a sessão de discussão em grupo com usuários e a avaliação funcional em uso

normal do produto, identificando as oportunidades de melhoria para ciclos de desenvolvimento futuros.

Capítulo 5: Conclusão - Resume os principais resultados do projeto, discute as implicações práticas e teóricas dos achados, e sugere direções futuras para a pesquisa e desenvolvimento do RTM.

Esta organização visa facilitar a compreensão do leitor sobre a lógica e a sequência das etapas envolvidas no desenvolvimento do RTM, proporcionando uma visão clara e estruturada do processo desde a concepção inicial até a validação do produto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No contexto do desenvolvimento do Recipiente Térmico Modular (RTM), o estudo do referencial teórico ajudará a fundamentar o projeto em teorias e práticas já estabelecidas, facilitando a identificação das melhores abordagens e metodologias a serem aplicadas, permitindo assim uma compreensão mais aprofundada das práticas recomendadas no desenvolvimento de produtos, possibilitando a elaboração de um projeto bem-sucedido.

2.1 Desenvolvimento de Produtos: Processos e Metodologias

Com a evolução das demandas de mercado e o avanço tecnológico, o desenvolvimento de produtos tornou-se um processo complexo e vital para a competitividade e o sucesso empresarial (CUNHA, 2008). Para melhorar a eficiência desse processo e a taxa de sucesso dos produtos, diversas metodologias têm sido exploradas (TOLEDO *et al.*, 2008).

Quando implementada de maneira estruturada, uma metodologia pode facilitar a comunicação entre equipes, minimizar riscos, otimizar recursos e acelerar lançamentos de produtos bem-sucedidos (CAMPOS, 2019). Em contraste, a ausência de uma estrutura organizada pode levar a atrasos, retrabalhos, custos adicionais e até fracasso do produto, afetando a sustentabilidade e o crescimento a longo prazo (GOODMAN, 2010).

Com isso em mente, esta seção dispor-se a fornecer uma visão geral dos métodos mais comumente utilizados para aprimorar o processo de desenvolvimento de produtos.

2.1.1 Etapas do processo de desenvolvimento de produtos

Este tópico descreve as etapas fundamentais do processo de desenvolvimento de produtos. Elas proporcionam uma visão abrangente das fases pelas quais um produto passa, desde a identificação de oportunidades até o lançamento no mercado e avaliação de desempenho. Cabe destacar que estas etapas podem ser adaptadas e personalizadas para atender às necessidades específicas de cada produto e

empresa. Para facilitar a compreensão das diferentes abordagens, o Quadro 1 apresenta um comparativo sucinto das etapas de desenvolvimento de produto.

Quadro 1 - Comparação das etapas propostas na literatura

Autores	Etapas do Processo de Desenvolvimento de Produtos
Ulrich e Eppinger (2016)	1. Identificação de oportunidades, 2. Desenvolvimento do conceito, 3. Projeto do sistema, 4. Projeto detalhado, 5. Testes e refinamento, 6. Produção e lançamento
Cooper (2008)	1. Ideia, 2. Análise de negócios, 3. Desenvolvimento, 4. Testes, 5. Lançamento
Rozenfeld <i>et al.</i> (2006)	1. Planejamento, 2. Informação, 3. Conceituação, 4. Detalhamento, 5. Prototipagem, 6. Preparação para a produção, 7. Lançamento, 8. Pós-lançamento
Crawford e Benedetto (2006)	1. Identificação e seleção de oportunidades para produtos, 2. Geração de conceitos de produtos, 3. Avaliação de conceito e projeto de produto, 4. Desenvolvimento do projeto do produto e 5. Lançamento do produto no mercado

Fonte: Adaptado de Ulrich e Eppinger (2016); Rozenfeld *et al.* (2006); Crawford e Benedetto (2006) e Cooper (2008).

O desenvolvimento de um novo produto é um processo que envolve várias etapas, cada uma delas essencial para o sucesso do produto. A primeira etapa começa com a identificação de uma oportunidade de mercado e a definição do problema a ser resolvido pelo produto (SPRADLIN, 2012). Isso envolve a análise do mercado, dos concorrentes e das necessidades e desejos dos consumidores (CRAWFORD e BENEDETTO, 2006).

A segunda etapa é a geração de ideias e conceitos para resolver o problema identificado. Esta fase envolve o uso de técnicas de criatividade e inovação para gerar uma gama de possíveis soluções. Estas ideias são então transformadas em conceitos de produtos que podem ser avaliados e selecionados (ULRICH e EPPINGER, 2016).

Após a geração de ideias, o próximo passo é a avaliação e seleção dos conceitos. Isto envolve a análise dos conceitos de produtos com base em critérios como viabilidade técnica, potencial de mercado e alinhamento com a estratégia da empresa. Depois de escolher o conceito mais adequado, passamos para a próxima etapa (ROMEIRO FILHO *et al.*, 2010).

A etapa de desenvolvimento e detalhamento do projeto é onde o conceito selecionado é transformado em um design de produto detalhado e especificações técnicas (PAHL *et al.*, 2007). Nesta etapa, também são feitas considerações sobre a produção do produto, como custos, materiais e processos de fabricação (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Uma vez que o design e as especificações estão completos, a etapa de prototipagem e testes inicia. Esta etapa é importante para identificar e resolver quaisquer problemas ou melhorias que possam surgir antes da produção em massa (COOPER, 2008).

Após os testes bem-sucedidos, o produto entra na etapa de preparação para a produção. Esta etapa envolve a finalização de detalhes de fabricação e distribuição para garantir uma transição suave para a produção em grande escala (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Finalmente, após a preparação adequada, o produto é lançado no mercado e inicia-se a avaliação de desempenho (KOTLER e KELLER, 2012). A reação do mercado e o *feedback* dos clientes são cuidadosamente monitorados para identificar oportunidades de melhoria e planejar futuras iterações do produto (MOOIJ, 2010).

Compreender as etapas do processo de desenvolvimento de produtos é fundamental para se ter uma visão clara do percurso de um produto, desde a concepção até o lançamento no mercado.

No entanto, conhecê-las é apenas uma parte da equação. A eficácia na execução dessas etapas depende significativamente das metodologias de gerenciamento adotadas para orientar e organizar as equipes de desenvolvimento de produtos.

A seguir, serão abordadas algumas das metodologias mais populares e eficazes para gerenciar e executar as etapas de desenvolvimento de produtos.

2.1.2 Metodologias e abordagens para o desenvolvimento de produtos

Após a análise das etapas do processo de desenvolvimento de produtos, é importante compreender as metodologias e abordagens que podem ser adotadas no gerenciamento e execução dessas etapas. Enquanto a seção 2.8.1 detalha as fases pelas quais um produto pode passar durante o seu desenvolvimento, a seção 2.8.2 se concentra nas estratégias utilizadas para orientar e organizar as equipes de desenvolvimento de produtos na realização dessas etapas.

As metodologias e abordagens de desenvolvimento de produtos têm um papel fundamental na forma como as etapas são executadas e como os recursos são alocados durante o processo. Essas metodologias e abordagens podem variar de acordo com as características do projeto, as preferências da equipe e os objetivos específicos da empresa. Além disso, elas podem influenciar a eficiência, a inovação e a qualidade do produto.

A metodologia *Stage-Gate*, criada por Robert G. Cooper nos anos 80, organiza o desenvolvimento de produtos em estágios distintos, separados por 'portões' de decisão. Esta abordagem permite um controle rigoroso do processo, minimizando riscos e otimizando investimentos (ROZENFELD *et al.*, 2006). No entanto, sua estrutura rígida pode limitar a flexibilidade e a inovação, sendo menos adequada para projetos que demandam experimentação e rápida adaptação às mudanças (GUIMARÃES *et al.*, 2012). É especialmente útil em projetos com alto risco ou grandes investimentos, onde o controle rigoroso do processo é essencial.

Em contraste com a abordagem *Stage-Gate*, temos a metodologia Ágil: *Scrum*. Desenvolvida no início dos anos 2000, a *Scrum* é uma abordagem que valoriza a flexibilidade e a adaptabilidade (BECK *et al.*, 2001). Ao invés de dividir o desenvolvimento em estágios rígidos, a *Scrum* organiza o trabalho em '*sprints*' de curto prazo, permitindo ajustes rápidos e contínuos ao longo do processo (COHN, 2009). Esta abordagem é particularmente útil em ambientes incertos ou que requerem inovação constante. Enquanto a *Stage-Gate* oferece um controle rigoroso, minimizando riscos, a *Scrum* permite uma maior capacidade de resposta às mudanças, favorecendo a experimentação e a inovação.

Outra abordagem que se destaca é o *Design Thinking*, popularizado pela IDEO na década de 1990. Diferentemente do *Stage-Gate* e do *Scrum*, o *Design Thinking* coloca o usuário no centro do processo de desenvolvimento (BROWN, 2009).

Esta abordagem enfatiza a empatia pelo usuário, a experimentação e a colaboração interdisciplinar para resolver problemas complexos. Sendo particularmente útil quando o problema a ser resolvido é mal definido ou desconhecido, pois permite que as equipes explorem soluções criativas e inovadoras (NORMAN, 2013; DAM, 2022).

Comparado ao *Stage-Gate*, o *Design Thinking* é menos estruturado e mais flexível, permitindo uma maior liberdade para inovação. Em relação ao *Scrum*, embora ambos valorizem a experimentação, o *Design Thinking* se destaca por seu foco na compreensão profunda do usuário e na geração de soluções centradas no humano.

É frequentemente utilizada quando o problema a ser resolvido é mal definido ou desconhecido, permitindo que as equipes explorem soluções criativas e inovadoras.

Avançando para meados dos anos 2000, surge o *Lean Product Development* (LPD), inspirado pelos princípios de fabricação enxuta da Toyota. Esta abordagem se concentra na eficiência e na eliminação de desperdícios, buscando maximizar o valor para o cliente e minimizar o desperdício no processo de desenvolvimento (WARD e SOBEK, 2014).

Diferente das abordagens anteriores, o LPD enfatiza a aprendizagem e a solução de problemas em vez de seguir um plano fixo. Comparado ao *Stage-Gate*, o LPD é menos rígido e mais focado na melhoria contínua (FERNANDES, 2017).

Em relação ao *Scrum* e ao *Design Thinking*, embora compartilhe a ênfase na experimentação e na adaptação, o *Lean Product Development* destaca-se pelo seu foco na eficiência e na qualidade.

Então, chega-se à abordagem *Lean Startup*. Esta metodologia aplica os princípios do desenvolvimento enxuto ao empreendedorismo, com um forte foco na aprendizagem validada e na experimentação rápida. A *Lean Startup* se distingue das outras abordagens por sua ênfase em testar hipóteses de negócios rapidamente

através do desenvolvimento de produtos mínimos viáveis (MVPs) e pela sua adaptabilidade em face à incerteza e à mudança.

Comparada ao *Stage-Gate*, a *Lean Startup* é muito mais flexível e adaptável. Em relação ao *Scrum*, embora ambos valorizem a adaptabilidade, a *Lean Startup* se destaca por sua ênfase em testar e validar ideias rapidamente. Comparada ao *Design Thinking*, a *Lean Startup* compartilha o foco na experimentação, mas adiciona uma ênfase maior na aprendizagem validada através de métricas de negócios.

E, finalmente, em relação ao LPD, a LSM compartilha a ênfase na eficiência e na eliminação de desperdícios, mas se destaca por sua aplicação específica ao contexto de startups e inovação disruptiva.

Para facilitar a compreensão das diferenças e semelhanças entre as abordagens discutidas, o Quadro 2 apresenta uma comparação entre elas.

Quadro 2 - Comparação dentre as abordagens (continua)

Categoria	<i>Design Thinking</i>	<i>Stage-Gate</i>	<i>Scrum (Ágil)</i>	<i>Lean Product Development</i>	<i>Lean Startup</i>
Velocidade de implementação	Moderada a alta	Moderada a baixa	Alto	Moderada a alta	Alta
Custo	Moderado a alto	Alto	Moderado	Moderado a alto	Moderado a baixo
Burocracia	Baixa	Alto	Baixa a moderada	Moderada	Baixa
Literatura disponível	Moderada a alta	Alta	Moderada a alta	Moderada	Moderada a baixa
Flexibilidade e adaptabilidade	Alta	Moderada	Alto	Alta	Alta
Grau de planejamento e controle	Baixo a moderado	Alto	Moderado	Moderado a alto	Baixo a moderado

Quadro 2 - Comparação dentre as abordagens (conclusão)

Categoria	<i>Design Thinking</i>	<i>Stage-Gate</i>	<i>Scrum (Ágil)</i>	<i>Lean Product Development</i>	<i>Lean Startup</i>
Etapas do processo	Empatia, definição, ideação, prototipagem, teste	Ideia, análise preliminar, desenvolvimento detalhado, teste e validação, lançamento	Planejamento, sprints, revisões, retrospectivas	Identificar valor, eliminar desperdício, criar conhecimento, entregar rápido, respeitar pessoas	Ideia, construir MVP, medir, aprender, iterar

Fonte: adaptado de Beck *et al.* (2001); Brown (2009); Cohn (2009); Cooper (2008); Fernandes (2017); Patel (2020); Pichler (2011); Ries (2019); Rozenfeld *et al.* (2006); Schwaber e Sutherland (2020); Ulrich e Eppinger (2016).

Cada abordagem pode ser mais eficaz em diferentes cenários e, muitas vezes, é possível adaptar e combinar elementos de várias metodologias para criar uma abordagem personalizada e flexível.

Dentro deste espectro de metodologias, a LSM se destaca por seu alinhamento ao cenário de desenvolvimento deste trabalho. Desta forma, a LSM será detalhada na próxima seção, 2.1.3.

O importante é reconhecer que não existe uma "receita única" para o desenvolvimento de produtos, e o sucesso depende da capacidade de selecionar e aplicar as melhores práticas de cada metodologia de acordo com as necessidades e características do projeto em questão.

2.1.3 Princípios básicos da Lean Startup

A metodologia LSM é uma abordagem recente para o desenvolvimento e lançamento de novos produtos e negócios, mas que vem ganhando cada vez mais atenção (FARIAS, 2016).

Ela foi introduzida por Eric Ries em seu livro "*The Lean Startup*", mas como apontado por Ribeiro (2014), a LSM não é uma metodologia completamente nova e revolucionária; ao invés disso, seu mérito reside em reunir várias ferramentas existentes e apresentá-las aos empreendedores de maneira clara e compreensível.

A LSM é baseada nos princípios do *Lean Manufacturing* e do Desenvolvimento de Clientes e ela tem como objetivo acelerar o processo de criação e validação de novos produtos, minimizando os riscos e os recursos necessários (RIES, 2019).

Embora compartilhe algumas semelhanças com o LPD a LSM se distingue por focar no desenvolvimento rápido e iterativo do produto mínimo viável e na validação das hipóteses do negócio através de experimentação e aprendizado. De acordo com Fernandes (2017), a principal diferença entre elas está no objetivo e no contexto de aplicação das metodologias. Enquanto o LPD visa otimizar o processo de desenvolvimento de produtos em organizações estabelecidas, a LSM é direcionada principalmente para *startups* e empreendedores que desejam validar rapidamente suas ideias de negócio e alcançar o ajuste do produto ao mercado.

O Produto Mínimo Viável (MVP, do inglês "*Minimum Viable Product*"), segundo Ries (2019) é um conceito central na metodologia LSM. O MVP é a versão mais simples de um produto que possui apenas as características essenciais para ser testado com os clientes-alvo. A principal intenção do MVP é obter *feedback* valioso dos usuários iniciais e aprender rapidamente sobre as necessidades e preferências do mercado, sem gastar tempo e recursos no desenvolvimento de um produto totalmente acabado.

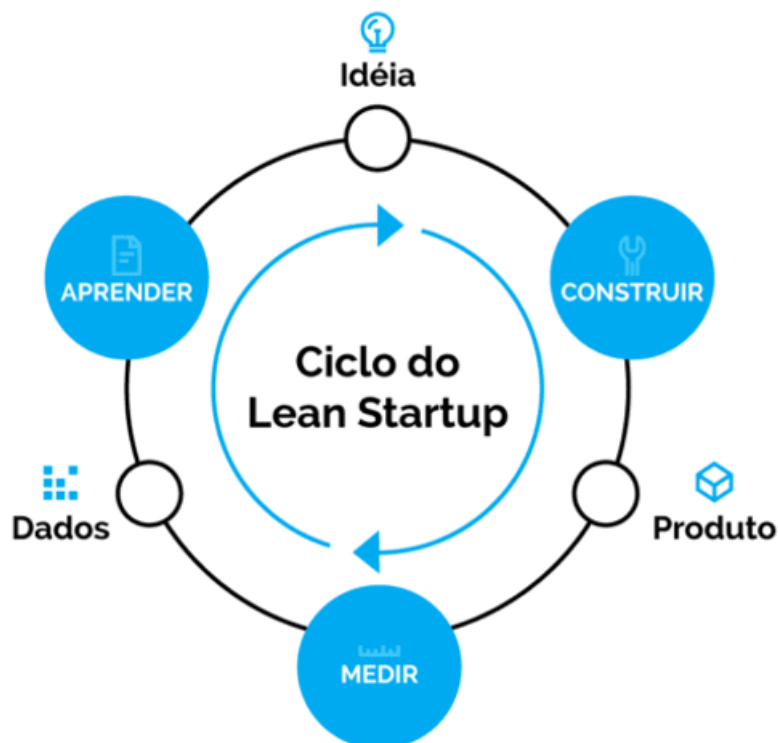
Ao criar um MVP, os empreendedores podem validar suas hipóteses fundamentais, identificar os principais pontos de melhoria e ajustar o produto com base nas informações coletadas, antes de investir no desenvolvimento completo do produto. Isso minimiza os riscos associados ao lançamento de um produto no mercado e permite que a equipe de desenvolvimento se adapte rapidamente às mudanças nas demandas dos clientes e às condições do mercado.

Como apontado por Pereira (2019), é importante destacar que o MVP não precisa ser perfeito ou conter todas as funcionalidades que se espera do produto. O objetivo principal é lançar uma versão do produto que permita validar hipóteses sobre

o problema, o mercado e as necessidades do usuário em um ciclo de construir-medir-aprender, como mostrado na Figura 1.

Esse processo é iterativo e deve ser repetido várias vezes, ajustando-se e melhorando o produto em cada ciclo. Ao longo do tempo, a empresa se aproxima cada vez mais das necessidades reais do mercado e desenvolve um produto ou serviço que oferece valor real aos usuários.

Figura 1 - Ciclo do Lean Startup



Fonte: Pereira (2019)

Dada a eficiência e a eficácia dessa estrutura para lidar com a incerteza e a complexidade inerentes ao desenvolvimento de novos produtos, a LSM será adotada neste trabalho como base para o desenvolvimento do produto objeto deste estudo, o Recipiente Térmico Modular (RTM). Portanto, é fundamental compreender a natureza dos recipientes térmicos, tema que será abordado na seção subsequente.

2.2 Recipientes Térmicos: Princípios e Aplicações

Recipientes térmicos são dispositivos projetados para preservar a temperatura de líquidos e alimentos por longos períodos. A invenção desses dispositivos é creditada ao químico e físico escocês James Dewar em 1892, originalmente destinados ao armazenamento de gases liquefeitos em baixas temperaturas. No entanto, a eficácia em isolar e manter a temperatura de diversos líquidos levou à sua rápida popularização para uma ampla gama de aplicações (BISHOP, 2022).

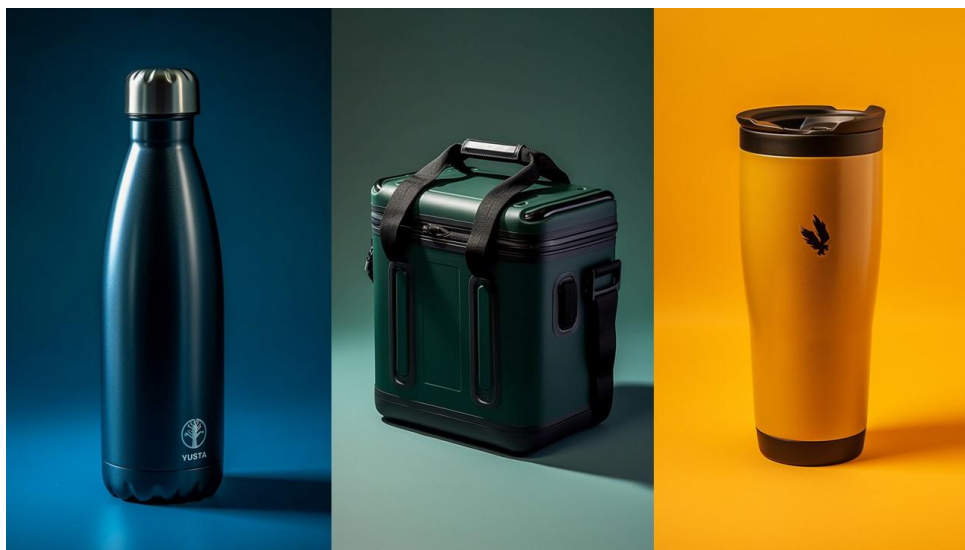
A eficiência dos recipientes térmicos é baseada na redução da transferência de calor entre o conteúdo interno e o ambiente externo, um princípio fundamental da termodinâmica. Esse efeito é alcançado minimizando as três principais formas de transferência de calor: condução, convecção e radiação (HALLIDAY *et al.*, 2012).

A condução é limitada por materiais isolantes na estrutura do recipiente, a convecção é controlada através de um design hermético, e a radiação é atenuada pelo uso de superfícies refletoras ou revestimentos internos (POZZEBOM, 2014).

Diversos fatores, como o design do recipiente, os materiais utilizados, a espessura das paredes isolantes, e a quantidade e a temperatura inicial do líquido armazenado, podem influenciar a eficiência do recipiente (SCHNEIDER, 2011).

Atualmente, existe uma variedade de recipientes térmicos no mercado como mostra a Figura 2, cada um atendendo a diferentes necessidades (SOPRANO, 2020; MARTIN, 2022; LEITE, 2020). Garrafas térmicas são ideais para uso diário, viagens ou atividades ao ar livre, enquanto os copos térmicos são mais adequados para o consumo individual de bebidas em casa ou no escritório. As marmiteiras térmicas são utilizadas para armazenar e transportar alimentos, mantendo a temperatura adequada até o momento da refeição. As caixas térmicas, por sua vez, são destinadas ao armazenamento e transporte de grandes quantidades de alimentos e bebidas, sendo ideais para eventos, piqueniques ou viagens mais longas.

Figura 2 - Recipiente térmicos: garrafa, cooler e caneca



Fonte: autor (2023), gerado por Midjourney (2023)

2.3 Norma técnica para Garrafas Térmicas com isolamento por Vácuo

As normas técnicas para produtos são documentos que estabelecem requisitos, especificações, procedimentos e diretrizes que devem ser seguidos durante o desenvolvimento, fabricação, comercialização e uso de produtos. Essas normas têm como objetivo garantir a qualidade, segurança e desempenho dos produtos e são desenvolvidas por organizações nacionais e internacionais de normalização. No Brasil, a Agência Reguladora responsável pela elaboração e divulgação das normas técnicas é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Uma norma específica para garrafas térmicas com isolamento por vácuo é a ABNT NBR 13282 (2017). Essa norma estabelece os requisitos e ensaios necessários para a fabricação de garrafas térmicas de uso doméstico com isolamento por vácuo, garantindo a qualidade e segurança desses produtos no mercado brasileiro. A análise dos requisitos e ensaios estabelecidos pela norma serve como um guia útil para orientar o projeto e a fabricação de garrafas, fornecendo perspectivas valiosas para o desenvolvimento de produtos eficientes e seguros.

Entre os requisitos, destaca-se a facilidade de acionamento e remoção de partes da garrafa, como copo e tampa, necessárias para enchê-la ou servir seu

conteúdo. Além disso, todas as partes da garrafa devem estar livres de rebarbas que representem perigo em potencial para o usuário.

Em garrafas que permitem desmontagem para reposição ou limpeza de componentes, essas operações, bem como a posterior montagem, devem ser realizadas com facilidade.

Os materiais que entram em contato com o líquido ou alimento contido na garrafa devem atender à resolução 105/99 da Anvisa/Resolução de Diretoria Colegiada-RDC nº 17 de março de 2008, ou outra que venha a substituí-la.

A garrafa deve ser identificada no corpo externo, em local visível, com informações como classificação quanto ao tipo, capacidade nominal, número da norma e outras informações exigidas pela legislação em vigor. Assim como, cada garrafa deve ser acompanhada de uma instrução de uso, em português, com informações sobre utilização, limpeza, cuidados, precauções, condições de garantia e outros detalhes.

As condições de transporte, recebimento e armazenagem também são regulamentadas, com ênfase na cautela durante o transporte e armazenamento para evitar danos, especialmente em garrafas com ampolas de vidro.

Os ensaios, conforme estabelecidos pela norma, são procedimentos rigorosos que visam garantir a qualidade, segurança e eficiência das garrafas térmicas com isolamento por vácuo. A aparelhagem necessária para a execução dos ensaios é detalhada na seção 6 da norma, incluindo instrumentos como termômetro de diâmetro máximo de 3,5 mm, dispositivos de ensaio de impacto, fita adesiva semitransparente, proveta graduada de diferentes volumes, base de madeira rígida, balança e suporte para o termômetro.

Os ensaios propriamente ditos são descritos na seção 7 da norma. Eles abrangem um conjunto específico de procedimentos a serem seguidos e critérios de avaliação a serem atendidos para garantir que a garrafa térmica esteja em conformidade com os padrões estabelecidos pela norma. O quadro 3 apresenta de forma sucinta os ensaios necessários:

Quadro 3 - Ensaio

Ensaio	Resumo
Inspeção Visual Geral	Verifica a presença de danos, deformações, amassados ou outros problemas que possam interferir nos testes.
Ensaio de eficiência térmica	Verifica se a garrafa térmica mantém a temperatura do líquido acima de um valor mínimo após 3 horas.
Ensaio da capacidade volumétrica real	Verifica se a capacidade volumétrica real da garrafa térmica é pelo menos 90% da capacidade nominal.
Ensaio de resistência ao impacto	Verifica se a garrafa térmica resiste a um impacto sem deslocamento, trincas, rachaduras ou quebras.
Ensaio de aderência da pintura ou decoração	Verifica se a pintura ou decoração da garrafa térmica não se desloca mais do que 10% da área da superfície ensaiada.
Ensaio de resistências a choques térmicos	Verifica se a garrafa térmica com ampola de vidro não apresenta trincas, rachaduras ou quebras após choques térmicos.
Ensaio de estabilidade	Verifica se a garrafa térmica permanece estável quando inclinada em um ângulo de 10° com diferentes graus de enchimento.
Ensaio de resistência da alça	Verifica se a alça da garrafa térmica suporta uma carga correspondente a três vezes a massa da garrafa sem danos.
Ensaio de volume bombeado (bombeamento manual)	Verifica se a garrafa térmica bombeia pelo menos 70 mL de líquido em uma única bombada.
Ensaio de estanqueidade (garrafa térmica portátil)	Verifica se a garrafa térmica não apresenta vazamentos internos ou externos maiores que 2 g e 1 g, respectivamente.
Ensaio de autobombeamento	Verifica se a garrafa térmica provida de bomba não apresenta autobombeamento.
Ensaio de gotejamento	Verifica se a garrafa térmica provida de bomba não apresenta gotejamento maior que três gotas.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2017)

Embora não seja possível apresentar os ensaios descritos pela ABNT NBR 13282 em detalhes devido à proteção de direitos autorais, é importante destacar que todos eles podem ser conduzidos em um ambiente doméstico. Esta acessibilidade contribui para garantir a qualidade e segurança dos produtos disponíveis ao consumidor.

2.4 Materiais para Recipientes Térmicos

A escolha do material utilizado na fabricação de garrafas térmicas é uma decisão importante que influencia diretamente na performance do produto, na percepção do consumidor e até mesmo na segurança alimentar. Entre as características mais relevantes na seleção dos materiais estão resistência, durabilidade, segurança alimentar, peso e valor agregado.

Os recipientes térmicos podem ser fabricados a partir de uma variedade de materiais, cada um com suas vantagens e desvantagens. O quadro 4, mostra uma visão geral de características de alguns dos principais materiais utilizados em recipientes térmicos e que estão em acordo com as resoluções da ANVISA mencionadas na seção anterior.

Quadro 4 - Comparação entre os principais materiais

Critérios	Aço Inoxidável	Alumínio	Ampola de Vidro	Polipropileno	PETG
Peso de um recipiente do material	Médio-Alto	Baixo-Médio	Alto	Baixo	Baixo
Resistência a Impacto	Alto	Médio-Alto	Baixo	Médio	Médio
Condutividade Térmica	16 W/mK	205 W/mK	0,84 W/mK	0,12 W/mK	0,2 W/mK
Temperatura de deformação	500°C	200°C	600°C	100°C	70°C
Segurança Alimentar	Alto	Alto	Alto	Alto (sem BPA)	Alto
Custo	Médio-Alto	Médio	Alto	Baixo-Médio	Baixo-Médio
Facilidade na Fabricação	Médio	Médio	Baixo	Alto	Alto

Fonte: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1999); Callister (2002); Moldes Injeções Plásticas (2020); Kingstar (2019); Soprano (2021)

O aço inoxidável, por exemplo, é muito valorizado, por consumidores de recipientes térmicos, pela sua resistência à corrosão e durabilidade (KINGSTAR, 2019), enquanto o vidro é conhecido pela excelente resistência térmica e química, embora seja mais pesado e frágil (SOPRANO, 2021).

Os plásticos, em suas diversas variações como policarbonato, polipropileno, PET, PLA, ABS, PETG entre outros, são leves e possuem uma boa resistência a impactos. No entanto, uma questão crucial quando se trata de plásticos é a resistência a temperaturas altas por períodos prolongados. Isso é especialmente relevante para recipientes térmicos, que muitas vezes são usados para armazenar bebidas quentes por várias horas. Nem todos os plásticos são capazes de suportar essas condições

sem sofrer deformações ou até mesmo liberar substâncias potencialmente prejudiciais (GIBBENS, 2019).

E é aqui que entra a questão da segurança alimentar e o Bisfenol A (BPA). O BPA é uma substância química usada na fabricação de certos plásticos e pode se desprender dos recipientes quando exposto ao calor. Estudos indicam que a exposição ao BPA pode ter efeitos prejudiciais à saúde, motivo pelo qual a demanda por recipientes livres de BPA tem aumentado no mercado (PETRE *et al.*, 2022).

O balanço entre todos esses aspectos é fundamental para o desenvolvimento de um produto que atenda às necessidades dos consumidores e às exigências do mercado. Materiais de alta durabilidade e resistência podem agregar valor ao produto, justificando um preço mais elevado. Por outro lado, materiais mais leves e de baixo custo podem ser uma opção viável para produtos de menor valor agregado.

Conhecer as características dos materiais é o primeiro passo para o desenvolvimento de produtos e influencia os custos, marketing, processos de fabricação, design e as possibilidades de personalização.

2.5 Personalização de Produtos

A personalização de produtos refere-se ao processo de desenvolvimento e produção de itens que são adaptados às necessidades, preferências ou desejos específicos dos consumidores (MACHADO, 2008).

Os benefícios da personalização para fabricantes e consumidores são diversos. Para os fabricantes, oferecer produtos personalizados pode resultar em maior fidelidade do cliente e diferenciação no mercado, além de possibilitar a exploração de nichos específicos e a criação de produtos de maior valor agregado (GALERANI, 2022). Para os consumidores, a personalização proporciona a oportunidade de adquirir produtos que atendam melhor às suas necessidades e preferências, melhorando a satisfação e a experiência geral.

No entanto, a personalização e customização de produtos também apresentam desafios. Para os fabricantes, a necessidade de adaptar processos de produção e gerenciar a complexidade das variações de produtos pode aumentar os custos e

atrasar os prazos de entrega. Além disso, a personalização pode exigir investimentos significativos em pesquisa e desenvolvimento, bem como na atualização de infraestrutura e sistemas de tecnologia da informação (LUENENDONK, 2019).

Há diversos exemplos de produtos personalizáveis no mercado que abrangem diferentes setores e características. Na indústria da moda, por exemplo, muitas marcas oferecem a opção de customizar roupas e calçados, permitindo aos clientes escolherem cores, materiais e até mesmo adicionar detalhes personalizados, como bordados ou monogramas (MEIRELES, 2019).

No setor automobilístico, os clientes podem selecionar uma variedade de recursos e acabamentos para seus veículos, desde a cor da carroceria até os acessórios internos (SAP, 2021).

Além disso, no campo dos eletrônicos de consumo, as possibilidades de personalização são praticamente infinitas, abrangendo desde softwares até hardwares, que podem ser adaptados e ajustados conforme as preferências individuais dos usuários. Isso inclui a customização de interfaces de usuário, aplicativos e sistemas operacionais, bem como a modificação de componentes de hardware, como gabinetes, teclados, mouses e dispositivos de armazenamento. Essa tendência crescente de personalização oferece aos consumidores maior controle e flexibilidade, permitindo que eles moldem suas experiências de acordo com suas necessidades e estilos de vida específicos (PEDERNEIRAS, 2020; MORGAN, 2020).

Até mesmo grandes cadeias de fast-food, como o McDonald's®, têm aderido a essa abordagem, oferecendo opções de customização em seus menus. Os clientes podem, por exemplo, escolher ingredientes específicos para seus sanduíches, adaptando-os aos seus gostos e restrições alimentares (VEJA, 2014). Outras empresas também têm investido na personalização de produtos, como sorveterias que permitem a criação de sabores exclusivos, marcas de cereais que possibilitam a combinação de diferentes ingredientes e até mesmo vinícolas que oferecem garrafas de vinho personalizadas com rótulos exclusivos (GODOY, 2020).

No mundo dos recipientes térmicos, a personalização pode assumir um papel significativo, na forma de cores, estampas, funcionalidades ou gravações

personalizadas, que vão além da funcionalidade do produto para tocar na identidade individual do usuário.

Entretanto, para que essa personalização seja eficiente e traga benefícios para a empresa, é necessário adotar uma estratégia de produção que permita essa flexibilidade sem gerar custos excessivos. É aqui que entra a modularidade, uma estratégia que permite variar os componentes de um produto sem afetar drasticamente o processo produtivo.

2.6 Modularidade em Design de Produtos

A modularidade no design de produtos é uma abordagem que envolve a criação de componentes ou módulos intercambiáveis que podem ser combinados de várias maneiras para atender às necessidades específicas dos usuários. Esta abordagem permite maior flexibilidade, personalização e facilidade de manutenção, contribuindo também para a sustentabilidade, já que os componentes individuais podem ser substituídos ou atualizados sem a necessidade de descartar todo o produto (SONEGO, 2018).

Um exemplo notável de modularidade no mercado são os computadores modulares, que possibilitam aos usuários personalizarem e atualizarem seus dispositivos de acordo com suas necessidades e preferências, trocando componentes como memória, processador e placa de vídeo (TECHTUDO, 2021).

Outros exemplos incluem mobiliário modular, como estantes e sofás, que podem ser reconfigurados conforme o espaço disponível e a funcionalidade desejada, e a moda modular, com peças de vestuário e acessórios que apresentam compartimentos e elementos intercambiáveis, permitindo a adaptação às diferentes necessidades de estilo e praticidade (LEITE, 2020).

Embora a modularidade apresente benefícios, como destacado por Brown (2021), ela também traz desafios, tais como a manutenção da compatibilidade entre os módulos e a garantia de que os componentes trabalhem de maneira eficiente e eficaz em conjunto. Adicionalmente, o design modular pode, em diversos casos, resultar em maior complexidade e aumento nos custos de fabricação, visto que os

componentes individuais precisam ser projetados para serem intercambiáveis e frequentemente requerem mecanismos de conexão mais avançados.

Por outro lado, Sonogo (2018) defende que a modularização pode auxiliar na superação dos desafios impostos pela variedade no mix de produtos na manufatura. Ao organizar os componentes em módulos, os fabricantes podem administrar a complexidade de forma mais eficiente e efetiva, possibilitando maior flexibilidade na montagem e na produção. Essa abordagem também pode gerar economias de escala, uma vez que módulos padronizados podem ser produzidos em grandes volumes e posteriormente combinados de diferentes maneiras para criar produtos personalizados.

A modularidade no design de produtos continua sendo uma tendência crescente, impulsionada pela demanda dos consumidores por personalização e flexibilidade, bem como pela conscientização sobre a necessidade de reduzir o desperdício e promover a sustentabilidade. A adoção de abordagens modulares no desenvolvimento de produtos pode contribuir para a criação de soluções inovadoras e versáteis, que se adaptam às necessidades em constante evolução dos usuários e ao mesmo tempo minimizam os impactos negativos no meio ambiente.

2.7 Impressão 3D

A impressão 3D, é uma técnica de manufatura aditiva que permite a criação de objetos tridimensionais, a partir de modelos digitais. Este processo envolve a adição de material camada por camada, ao contrário de métodos tradicionais de fabricação que removem material de um bloco inicial (KAFLE *et al.*, 2021). Embora existam várias técnicas de impressão 3D, o foco deste trabalho é a impressão de plástico, especificamente por meio da modelagem por fusão e deposição (FDM).

De acordo com Kafle (2021), o primeiro passo na impressão 3D é a modelagem do objeto desejado usando um software de design assistido por computador (CAD). Esse modelo digital é então exportado no formato STL (Standard Tessellation Language), que descreve a superfície do objeto em uma série de triângulos. Esse arquivo STL é posteriormente importado em um software de fatiamento, que converte o modelo 3D em camadas finas e gera um G-Code, que é um conjunto de instruções

que o equipamento segue para criar o objeto, especificando onde e como depositar o plástico derretido.

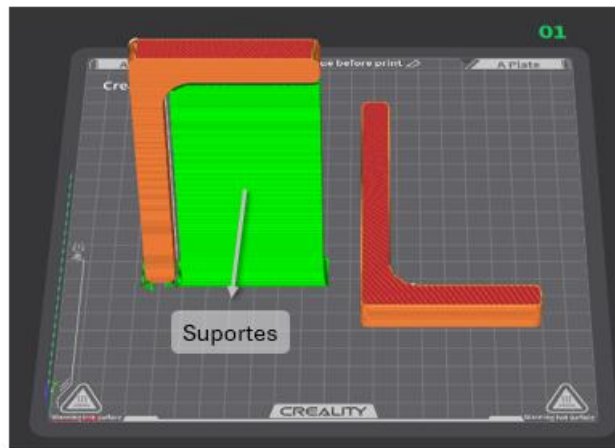
Na impressão FDM, o material utilizado é armazenado em forma de filamento, que é um fio plástico. Normalmente em PLA, ABS ou PETG, ele é aquecido e extrudado para formar cada camada do objeto.

A escolha do filamento é crucial, pois diferentes tipos de plástico têm diferentes propriedades e requerem temperaturas específicas para a impressão. Essas configurações de temperatura garantem que o filamento adere corretamente à mesa e que as camadas sucessivas se fundem adequadamente.

O bico da impressora, ou extrusor, ou ainda *nozzle*, é a parte que derrete e deposita o filamento. A precisão e o tipo de bico também são importantes, especialmente para evitar a contaminação por metais como o chumbo. Por isso, bicos de aço endurecido, aço inox ou titânio são recomendados se a peça for desenvolvida para ter contato com alimentos, como é o caso deste projeto (KOČÍ, 2020; PRUSA 2024).

Durante a impressão, a orientação do modelo no software de fatiamento é um fator crucial que influencia tanto a qualidade quanto a resistência do objeto final. A orientação correta pode minimizar a necessidade de suportes, que são estruturas temporárias que sustentam partes do modelo durante a impressão. Esses suportes são removidos após a conclusão da impressão, e a escolha entre diferentes tipos de suportes pode afetar a facilidade de remoção e a qualidade da superfície do objeto, como mostra a Figura 3, comparando o mesmo objeto em duas orientações diferentes.

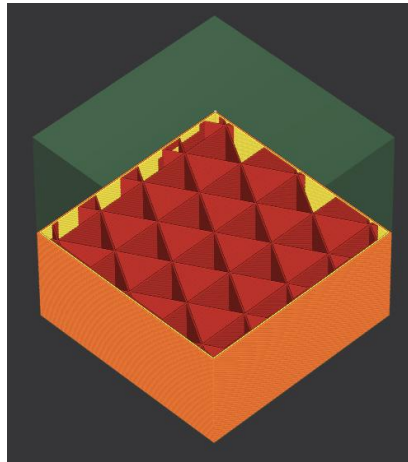
Figura 3 - Quantidade de suportes a depender da orientação do objeto



Fonte: autor (2024)

Além disso, a impressão 3D utiliza um preenchimento interno chamado *infill*, que ajuda a reduzir o uso de material e o peso do objeto sem comprometer significativamente sua resistência. O *infill* forma uma estrutura interna que funciona de maneira similar a treliças, como pode ser visualizado na Figura 4, proporcionando suporte e integridade ao objeto. A densidade e padrão do *infill*, podem ser configurados pelo usuário, e oferecem um equilíbrio comum entre resistência e economia de material. As paredes do objeto, ou perímetros, são as camadas externas que envolvem o *infill*, e ajustar a espessura dessas paredes pode aumentar a resistência do objeto.

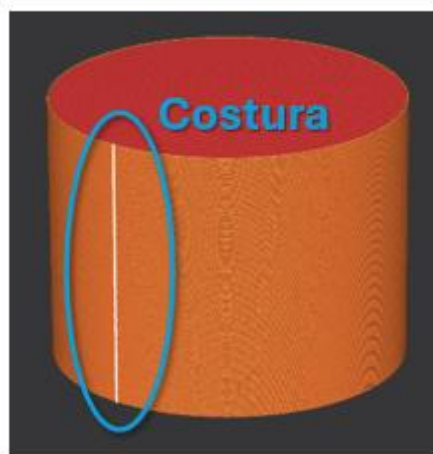
Figura 4 - *Infill*



Fonte: autor (2024)

Outro aspecto a ser considerado é a costura (*seam*), Figura 5, que ocorre onde o bico começa e termina cada camada. Essa junção pode deixar uma pequena marca visível. Existem várias estratégias para minimizar ou esconder essas marcas, como ajustar o ponto de partida da costura ou distribuir aleatoriamente esses pontos na superfície do objeto para que pareçam uma textura intencional.

Figura 5 - Costura



Fonte: autor (2024)

A combinação desses fatores – desde a escolha do filamento e a configuração do bico, até a orientação do modelo, a utilização de suportes, o ajuste do *infill* e o gerenciamento da costura – determina a qualidade e a funcionalidade do objeto impresso. Essas considerações são essenciais para garantir que o produto atenda às expectativas em termos de resistência, durabilidade e estética.

3 METODOLOGIA

A etapa de metodologia estabelece o caminho pelo qual o pesquisador conduzirá a investigação, coletará dados e analisará os resultados. A metodologia é a base que orienta a pesquisa, fornecendo uma estrutura lógica e coerente que auxilia na construção de um trabalho consistente e fundamentado.

Neste estudo, a finalidade da pesquisa é aplicada, tendo como foco o desenvolvimento de um produto inovador, cuja abordagem adotada é exploratória, uma vez que o objetivo é desenvolver e validar o produto no mercado, coletando informações sobre as necessidades dos consumidores, avaliando a aceitação e o interesse do público-alvo e aperfeiçoando o design e as funcionalidades do recipiente ao longo do processo.

A pesquisa será conduzida com uma abordagem quali-quantitativa, combinando tanto a análise de dados de mercado e tendências (dados quantitativos) quanto o feedback dos usuários, suas preferências e percepções (dados qualitativos).

Dessa forma, a pesquisa buscará entender não apenas os aspectos numéricos relacionados ao desempenho e aceitação do produto, mas também as opiniões e emoções dos consumidores em relação ao recipiente térmico modular e sustentável.

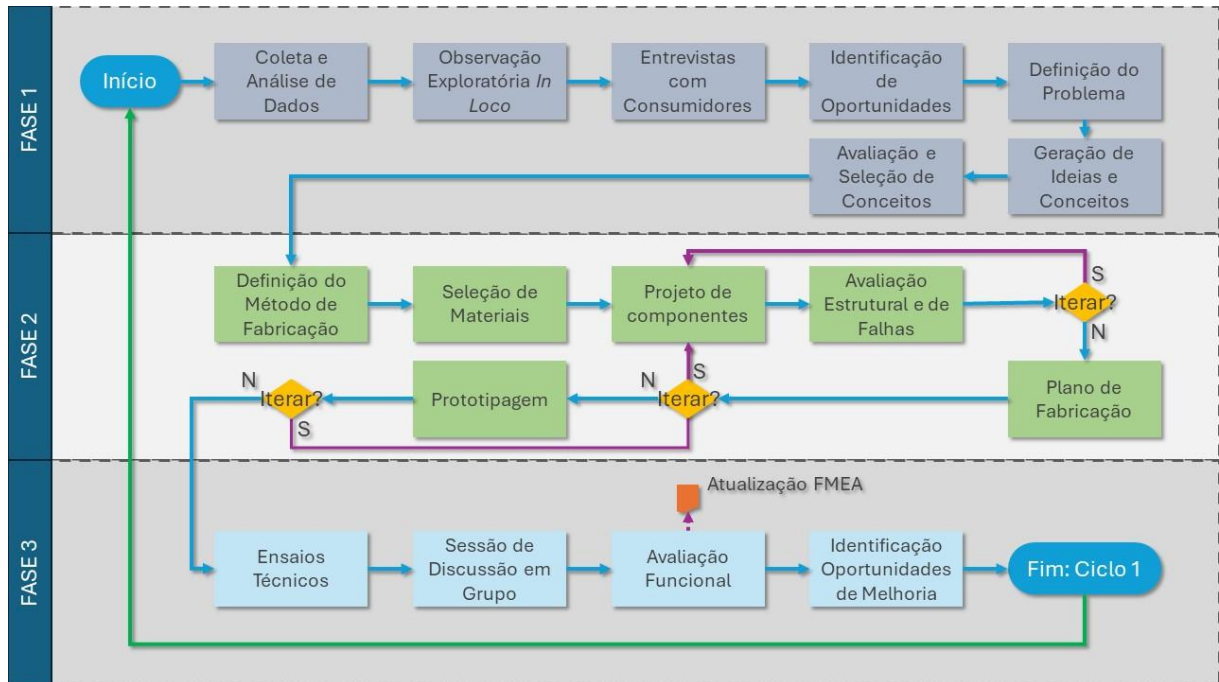
O método utilizado neste trabalho é o hipotético-dedutivo, que consiste em estabelecer hipóteses e desenvolver o produto com base em ciclos de aprendizado validado. O desenvolvimento do produto será realizado seguindo a abordagem Lean Startup adaptada ao projeto, que propõe a criação de um produto mínimo viável (MVP) e a coleta de feedback dos usuários para aprimorar o design e as funcionalidades em etapas iterativas.

Essa abordagem permitirá ao pesquisador testar suas hipóteses no mercado e fazer ajustes no projeto conforme necessário, garantindo que o produto atenda às expectativas e necessidades dos consumidores.

A estrutura apresentada na Figura 6, adapta as etapas clássicas do processo de desenvolvimento de produtos com a filosofia da abordagem LSM. Que é uma metodologia que enfatiza ciclos rápidos e iterativos de desenvolvimento, onde "iterar" significa repetir e refinar o processo com base no aprendizado constante até atingir

um resultado satisfatório. Assim, este trabalho se concentrou no desenvolvimento do MVP do primeiro ciclo de desenvolvimento do RTM.

Figura 6 - Fluxograma de desenvolvimento do produto



Fonte: autor (2023)

Embora a LSM englobe tanto o desenvolvimento do produto quanto do negócio, o escopo deste trabalho se limitou especificamente ao desenvolvimento do produto. O foco principal foi a criação de um protótipo funcional e eficiente para testar a aceitação no mercado, por meio do feedback de um grupo controlado de usuários iniciais. Dessa forma, aspectos como pesquisa e análise de mercado e estudo de viabilidade econômica ficaram fora do escopo e serão abordados em trabalhos futuros.

A decisão de limitar o escopo visou manter a objetividade e evitar que o trabalho se tornasse excessivamente extenso. No entanto, aspectos relacionados à capacidade do produto de atender às demandas do mercado, como custo de materiais e percepção dos usuários, foram considerados no contexto do desenvolvimento do produto.

O projeto foi estruturado em três fases principais para garantir uma organização clara e eficiente das atividades de desenvolvimento do produto. Esta estrutura facilita a gestão do projeto, permitindo um acompanhamento mais preciso do progresso e a identificação rápida de quaisquer desvios ou problemas que possam surgir.

3.1 Fase 1

O objetivo desta fase foi identificar oportunidades de mercado, analisar concorrentes e definir o problema a ser resolvido pelo Recipiente Térmico Modular (RTM). Para alcançar esses objetivos, foram utilizados os seguintes métodos e ferramentas:

- a) Coleta de Dados Online: Utilização de web scraping, APIs e coleta manual para reunir opiniões de consumidores sobre garrafas térmicas.
- b) Análise de Dados com IA: Análise de sentimentos e identificação de temas relevantes utilizando a API do GPT-4 da empresa OpenAI, implementada em Python.
- c) Observação In Loco: Realização de visitas a estabelecimentos comerciais para avaliação das características físicas dos produtos e coleta de dados qualitativos por meio de interações com lojistas e consumidores.
- d) Entrevistas Não Estruturadas: Realização de entrevistas informais com consumidores, registrando respostas sobre uso, preferências e comportamentos de compra.
- e) Análise de Comportamento de Consumo: Segmentação de consumidores e identificação de necessidades específicas, destacando a necessidade de versatilidade nos recipientes térmicos.
- f) Análise Funcional e Matriz Morfológica: Decomposição das funções principais do produto e exploração de combinações de soluções de design e funcionalidade.

Esses métodos permitiram uma compreensão preliminar do mercado e das expectativas dos consumidores, orientando o desenvolvimento do conceito inicial do RTM.

3.2 Fase 2

Na Fase 2, a metodologia focou na materialização das ideias conceituais do RTM. Inicialmente, a manufatura aditiva foi selecionada, especificamente a modelagem por fusão e deposição (FDM), popularmente conhecida como impressão 3D, devido à sua agilidade e capacidade de reduzir custos durante as fases iniciais de desenvolvimento. Essa escolha permitiu rápidas iterações de design e ajustes conforme a necessidade.

Em seguida, foram avaliados diferentes materiais, como PLA, ABS e PETG, para determinar a combinação ideal de durabilidade, segurança alimentar e facilidade de manufatura, alinhando-se aos requisitos específicos do produto.

O projeto dos componentes foi realizado utilizando modelagem de projeto e desenho assistidos por computador (CAD) no software Autodesk Fusion 360, possibilitando a criação de projetos detalhados e precisos. Essa etapa permitiu a visualização, ajuste e preparação dos componentes para a prototipagem e fabricação.

Posteriormente, a avaliação estrutural e de falhas foi conduzida através de simulações por elementos finitos (FEA) e análise de modos e efeitos de falha (FMEA), permitindo prever o comportamento estrutural dos componentes e identificar possíveis pontos críticos, assegurando a robustez e segurança do produto.

Para garantir a qualidade e integridade estrutural dos módulos, a configuração da impressora 3D e a orientação das peças no software de fatiamento Creality Print foram definidas. Parâmetros específicos de impressão foram ajustados para otimizar o processo de fabricação.

A prototipagem foi realizada utilizando impressão 3D, possibilitando a criação rápida de protótipos para testar e validar o design. Durante essa fase, ajustes de tolerâncias foram feitos, resina epóxi foi aplicada para revestimentos protetores, e a extração de ar para formação de vácuo foi implementada, garantindo a funcionalidade e desempenho do produto.

3.3. Fase 3

A Fase 3 do desenvolvimento do RTM teve como objetivo principal validar o desempenho do protótipo em condições reais de uso e identificar oportunidades de melhoria para o próximo ciclo de desenvolvimento. Essa fase incluiu ensaios técnicos, uma sessão de discussão em grupo e avaliações funcionais detalhadas.

Os ensaios técnicos foram realizados com base na norma técnica NBR 13282, que estabelece os critérios para a validação de garrafas térmicas portáteis com isolamento por vácuo. Essa norma busca garantir que os recipientes térmicos atendam a padrões de eficiência, durabilidade e segurança. Os testes realizados incluíram:

- a) Inspeção Visual Geral: Verificação de danos estruturais e imperfeições significativas.
- b) Ensaio de Eficiência Térmica em Alta Temperatura: Originalmente realizado a 90°C conforme a norma, mas adaptado para 70°C devido às limitações do material.
- c) Ensaio de Eficiência Térmica em Baixa Temperatura: Teste adicional não requerido pela norma, para avaliar o desempenho do RTM com líquidos frios.
- d) Ensaio de Capacidade Volumétrica Real: Medição para garantir que o recipiente atenda à capacidade anunciada.
- e) Ensaio de Resistência ao Impacto: Adaptado para 70°C, com um teste adicional a 1000 mm de altura.
- f) Ensaio de Aderência da Borracha da Base: Verificação da aderência do revestimento de EVA.
- g) Ensaio de Estabilidade: Garantia de que a garrafa não tombe facilmente em diferentes ângulos de inclinação.
- h) Ensaio de Resistência da Alça: Teste para assegurar que a alça suporte cargas significativas.
- i) Ensaio de Estanqueidade: Garantia de que não há vazamentos internos ou externos significativos, com adaptações para 70°C.

Depois foi realizada uma sessão de discussão em grupo para coletar percepções qualitativas dos usuários sobre o RTM. Esse método permitiu a obtenção de informações sobre as atitudes e comportamentos dos participantes em relação ao produto. Facilitando uma avaliação inicial, com foco na coleta de impressões espontâneas e na identificação de áreas de melhoria.

Os participantes foram selecionados com base em conveniência e disponibilidade, e incluíram seis funcionários de uma fábrica de alimentos no estado do Paraná. Durante a sessão, os participantes puderam manipular os protótipos, testar diferentes configurações e compartilhar suas opiniões sobre ergonomia, texturas, cores e funcionalidades.

A avaliação funcional foi conduzida para entender a experiência dos usuários com o RTM em situações reais de uso. Foram selecionados três voluntários, incluindo o autor, para utilizar o protótipo em suas atividades diárias por sete dias. Os participantes foram informados sobre os objetivos do teste e as limitações do protótipo, incluindo a faixa de temperatura segura de operação e os cuidados necessários ao manusear o RTM.

Os participantes preencheram um questionário de avaliação funcional, que foi utilizado para quantificar a experiência em aspectos como eficiência térmica, ergonomia, facilidade de limpeza, vedação, durabilidade, aparência estética, modularidade e satisfação geral. As médias das avaliações forneceram um parâmetro quantitativo para orientar os próximos ciclos de desenvolvimento.

O tópico de Identificação das Oportunidades de Melhoria concentra-se na análise dos dados obtidos a partir dos ensaios técnicos, avaliações funcionais e discussões em grupo realizadas na fase 3 do desenvolvimento do RTM. Essas informações foram revisadas para identificar pontos críticos e áreas de aprimoramento do produto.

A partir dos dados coletados, foram formuladas estratégias de refinamento e ajustes para otimizar o desempenho, a durabilidade e a usabilidade do RTM. Essas estratégias serão implementadas nos próximos ciclos de desenvolvimento para assegurar que o produto atenda aos requisitos de qualidade e satisfação do usuário.

4 DESENVOLVIMENTO DO RTM

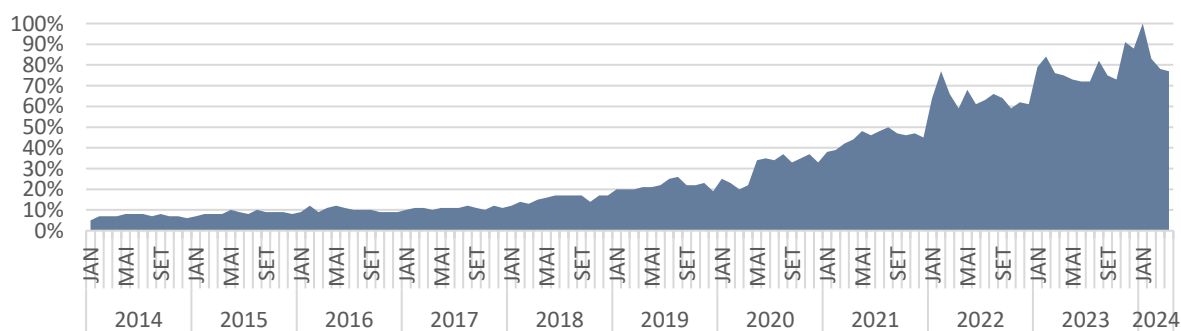
Este capítulo tem como foco a aplicação prática dos conceitos e estratégias delineadas anteriormente, dedicando-se ao desenvolvimento concreto do RTM.

4.1 Fase 1 - Identificação, Análise e Concepção Inicial

A ideia inicial para o desenvolvimento de um recipiente térmico surgiu durante uma atividade colaborativa no componente curricular de Engenharia de Produto II, a partir de um *brainstorm* que buscava identificar produtos inovadores. Escolhido por sua familiaridade e relevância para o público gaúcho, adepto não apenas do chimarrão, mas também de outras utilizações de recipientes térmicos, este produto mostrou-se promissor.

Diante do potencial dessa ideia, o ponto de partida deste trabalho foi revalidar a relevância do tema no cenário atual e as oportunidades para novos entrantes no mercado brasileiro como um todo. Conforme mencionado no capítulo de introdução, a análise recente do Google Trends (2024) indicou que o interesse por garrafas térmicas não só se manteve como também cresceu significativamente, alcançando um pico em janeiro de 2024, como mostra a Figura 7. Esse interesse elevado é complementado pelo sucesso financeiro de marcas líderes, sugerindo um mercado em franca expansão e aberto a inovações (SENA, 2021; DEURSEN, 2022).

Figura 7 - Buscas por garrafas térmicas



Fonte: Google Trends (2024)

Além disso, foi realizada análise preliminar dos principais concorrentes, seus produtos, preços e a observação direta de produtos em lojas físicas, interações com clientes e análises de *feedback* de consumidores e especialistas. Essas atividades ajudaram a identificar tendências e oportunidades não apenas nas preferências dos consumidores, mas também nas possíveis deficiências dos produtos atualmente disponíveis no mercado. Reforçando a viabilidade de introduzir um novo produto.

É importante enfatizar que este projeto segue a metodologia LSM, uma abordagem que prioriza o desenvolvimento ágil e incremental de produtos por meio de ciclos curtos de aprendizado. Assim, diferentemente de uma análise de mercado tradicional, que busca um entendimento profundo e bem fundamentado do mercado, esta fase do desenvolvimento focou-se em uma exploração preliminar. O objetivo foi coletar *insights* rápidos e eficazes para validar suposições iniciais e ajustar o desenvolvimento do produto conforme o *feedback* real dos usuários. Esta etapa inicial será revisitada muitas vezes nos próximos ciclos de desenvolvimento, de forma mais aprofundada, mas nesse primeiro ciclo, tema deste trabalho, o intuito é realizar uma exploração inicial para o desenvolvimento rápido e econômico do MVP. Dessa forma essa abordagem não deve ser confundida com uma análise de mercado completa, mas vista como um meio eficiente para identificar oportunidades e desafios iniciais, orientando o refinamento contínuo do conceito do produto.

4.1.1 Coleta, Estruturação e Análise de Dados Online

A coleta de dados se concentrou em identificar concorrentes e seus produtos, assim como perfis e preferências de clientes. Diversas fontes foram exploradas para esta finalidade, incluindo artigos científicos, jornais, revistas, sites especializados, fóruns, avaliações de usuários e vídeos. Cada tipo de fonte foi analisado para obter uma compreensão abrangente do mercado e das tendências de consumo.

A análise de comentários e avaliações de usuários foi realizada a partir da coleta e processamento de avaliações diretas de consumidores. Os dados foram coletados por meio de interfaces de programação de aplicações (APIs), que facilitam a comunicação entre diferentes programas, incluindo plataformas de *e-commerce* e redes sociais, *web scraping*, *scripts* de automação de tarefas e coleta manual. Esta

abordagem resultou na obtenção de 9.261 comentários de consumidores sobre garrafas térmicas, detalhados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Origem dos comentários

Fonte	Comentários Coletados	Percentual de Utilização	Comentários Utilizados
E-commerce	6604	44,73%	2954
YouTube	1427	48,42%	691
Reddit	631	35,66%	225
Facebook	378	7,17%	27
Instagram	221	38,91%	86
Total	9261	43,01%	3983

Fonte: autor (2024)

Para ilustrar o tipo de dados coletados e analisados, uma amostra das opiniões dos consumidores é apresentada no APÊNDICE A. Esta amostra inclui comentários de diferentes fontes, como *e-commerce*, YouTube e Reddit, fornecendo uma visão abrangente das avaliações e *feedbacks* dos usuários.

Para a análise dos comentários e avaliações de usuários, foram empregadas tecnologias de inteligência artificial (IA) que permitem o processamento de grandes volumes de texto de forma rápida e precisa. Neste projeto, foi utilizada a API do GPT-4, desenvolvida pela empresa OpenAI.

O GPT-4 é um modelo de linguagem generativa, capaz de compreender e gerar texto de maneira similar à linguagem humana, o que é útil para identificar padrões em comentários de consumidores, tais como sentimentos e temas específicos relacionados à durabilidade ou eficácia de um produto.

Acessou-se o GPT-4 através de uma 'biblioteca' disponibilizada pela OpenAI, que oferece um conjunto de códigos pré-construídos que facilitam a aplicação prática do modelo. Esta biblioteca foi utilizada por meio da linguagem de programação Python, reconhecida por sua eficiência em projetos de ciência de dados e pela capacidade de manipulação de tarefas de processamento de texto.

A combinação dessas ferramentas permitiu a automação do processo de leitura e interpretação dos comentários coletados de várias plataformas online, facilitando a filtragem de informações irrelevantes e focando a análise nas opiniões que contribuem significativamente para a compreensão das expectativas e experiências dos consumidores com os produtos avaliados.

Para exemplificar, foram excluídos conteúdos que não agregavam informação relevante sobre o produto, tais como "não testei ainda, mas chegou rápido", "é igual ao anúncio", "o vendedor é muito atencioso", além de menções a logística de entrega e elogios genéricos ao criador do conteúdo, como, por exemplo, em vídeos no YouTube, Instagram e Facebook.

Os comentários restantes foram então analisados pela IA utilizando modelos de classificação de sentimento e análise de tópicos para identificar temas pertinentes às opiniões dos consumidores sobre os produtos. As categorias analisadas incluíam Isolamento Térmico, Durabilidade, Vedação, Capacidade, Facilidade de Limpeza, Design e Estética, Material, Portabilidade, Resistência ao Sabor e Odores, Segurança, Custo-benefício, Inovações, Acessórios, e Atendimento ao Cliente. Esta análise permitiu uma avaliação das características mais valorizadas e das áreas de insatisfação dos consumidores, permitindo que a IA agrupasse o conteúdo conforme as possibilidades de combinações demonstradas no Quadro 5.

Quadro 5 – Agrupamento dos conteúdos

ORIGEM DO CONTEÚDO	SEGMENTAÇÃO DE PRODUTO	TIPO DE RECIPIENTE	MATERIAL
Avaliação Direta de Comprador	Baixo Custo	Térmico	Plástico
Avaliação de Influenciador	Médio Custo	Convencional	Metal
Comparação de Produtos	Alto Custo	Indeterminado	Vidro
Análise de Rankings	Indeterminado		Indeterminado
Análise de Funcionalidades			
Guias / Dicas / Tutoriais			

Fonte: autor (2024)

Paralelamente, o projeto também englobou a análise de mais de 100 horas de conteúdo audiovisual, utilizando uma versão especializada do modelo de linguagem generativa GPT-4, otimizada para análise de plataformas de áudio e vídeo. Esta metodologia permitiu integrar as perspectivas dos usuários com *insights* de especialistas e influenciadores, facilitando um entendimento mais profundo das inovações e tendências emergentes. Além disso, foi possível entender características técnicas e funcionalidades dos produtos, assim como comparações e avaliações através de testes práticos.

A etapa de coleta e análise de dados online serviu para aprofundar a compreensão do mercado, do produto e das expectativas dos consumidores, estabelecendo uma base para as investigações subsequentes. Com esse conhecimento preliminar, foi possível identificar critérios para a análise direta dos produtos concorrentes em lojas físicas, discutido no tópico 4.1.2, permitindo uma comparação de funcionalidades, materiais e designs. Este processo foi crucial não apenas para avaliar as características técnicas dos produtos, mas também para desenvolver um conjunto de perguntas pertinentes nas entrevistas com consumidores, apresentada no tópico 4.1.3. Além disso, ao compreender as tendências e

preferências reveladas nos dados online, foi possível interpretar mais eficazmente as respostas dos entrevistados, correlacionando suas expectativas com as características dos produtos disponíveis no mercado.

4.1.2 Observação Exploratória *In Loco*

Este segmento do projeto envolveu uma etapa exploratória *in loco*, onde o principal objetivo era observar diretamente os produtos mais comentados e vendidos no mercado de garrafas térmicas. Esta abordagem permitiu uma avaliação tangível das características físicas dos produtos, como dimensões, peso e textura, que muitas vezes não são completamente compreendidas através de descrições online ou análises de usuários.

A investigação se concentrou em visitar diversas lojas, desde grandes varejistas a pequenos estabelecimentos, para observar tecnicamente uma ampla gama de garrafas térmicas disponíveis. O foco estava em entender características como:

- a) **Dimensões reais e ergonomia:** Observar pessoalmente produtos para avaliar seu tamanho real e manuseio.
- b) **Qualidade de construção:** Examinar como diferentes materiais são utilizados e combinados nos produtos, incluindo a verificação das juntas e acabamentos, como as costuras dos metais.
- c) **Apresentação e disposição:** Notar como os produtos são apresentados nas prateleiras, suas embalagens e a maneira como são promovidos nas lojas.
- d) **Diversidade de produtos e marcas:** Identificar as variações nos tipos de garrafas térmicas e as marcas mais predominantes no ponto de venda.

Figura 8 - Observação e Manuseio In Loco de Diferentes Produtos



Fonte: autor (2024)

A Figura 8, demonstra algumas funcionalidades e características do design e construção observados em alguns dos produtos analisados:

- a) Caneca térmica para uso automotivo: Esta caneca é projetada com uma base estreita para encaixe nos suportes de copos de automóveis. Possui uma tampa destinada ao uso de um canudo, facilitando o consumo de líquidos pelo motorista sem derramamentos e sem a necessidade de desviar o olhar da pista, aumentando a segurança durante a condução.
- b) Construção de copo térmico: Ilustra-se aqui um copo térmico de menor custo, composto por um revestimento externo de plástico e um interno de aço. Embora esta construção não ofereça o mesmo nível de resistência térmica de recipientes isolados a vácuo, ela proporciona algum grau de isolamento, utilizando ar confinado entre as paredes interna e externa. O ar, com sua baixa condutividade térmica de $0,0257 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, desempenha um papel no retardamento da transferência de calor.
- c) Tampa com mecanismo de acionamento rápido: Esta imagem mostra uma tampa que opera com um mecanismo de liberação rápida. Ao pressionar um botão, o tampão se abre, permitindo acesso ao líquido armazenado. Liberando o botão, o tampão se fecha, evitando vazamentos. Este design permite o acionamento da garrafa com apenas uma mão, eliminando a necessidade de

manuseio adicional, como abrir uma tampa convencional, facilitando desta forma o uso durante atividades que exigem praticidade.

Durante as visitas, também foram feitas conversas informais com lojistas e observações dos perfis de clientes que frequentam as lojas, procurando entender os fatores que influenciam suas decisões de compra.

Essas interações ajudaram a captar percepções e comentários que muitas vezes não são documentados em avaliações online e abriram caminho para realização de entrevistas com consumidores.

4.1.3 Entrevistas Não Estruturadas com Consumidores

Inicialmente planejadas como entrevistas estruturadas, a coleta de dados teve que ser adaptada devido às restrições de última hora impostas pela gerência de uma grande loja de departamentos que havia autorizado a iniciativa. A administração do estabelecimento expressou preocupações de que o uso de formulários ou a tomada de notas extensiva poderia incomodar os clientes, sugerindo que a interação deveria ser o mais natural possível.

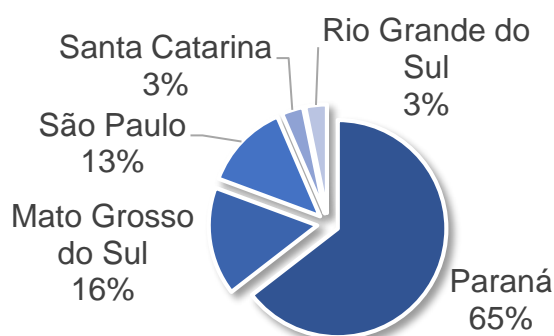
Diante das restrições, optou-se por conduzir entrevistas não estruturadas, abordando consumidores que examinavam recipientes térmicos ou convencionais na loja. Sendo que antes de iniciar cada conversa, os participantes foram claramente informados sobre o propósito da pesquisa e sobre como as informações coletadas seriam utilizadas, assegurando a transparência do processo.

As interações foram então guiadas por perguntas abertas sobre o uso dos recipientes, preferências por materiais, marcas, funcionalidades desejadas e estilos de vida relacionados ao uso dos produtos. Estas perguntas, listadas no APÊNDICE B: Roteiro Utilizado para as Entrevistas, serviram como uma referência para direcionar as conversas, permitindo que as entrevistas não estruturadas mantivessem um foco relevante enquanto exploravam as perspectivas espontâneas e detalhadas dos consumidores. As conversas também exploraram quanto os consumidores estariam dispostos a pagar por diferentes tipos de recipientes e como eles geralmente transportavam e armazenavam esses itens.

Para registrar as interações, um método adaptativo foi adotado. Anotações detalhadas foram feitas em um bloco de notas imediatamente após cada conversa. O bloco de notas continha uma lista pré-preparada de tópicos e características frequentemente discutidos, onde a frequência de menção era registrada como exemplificado no APÊNDICE C: Exemplo de Anotações de Entrevistas. Novas categorias eram adicionadas conforme emergiam temas espontâneos, garantindo o registro de *insights* inesperados.

As entrevistas foram realizadas em dois locais distintos: uma grande loja de departamentos e um shopping popular, ambos em Salto Del Guairá, Paraguai, com todos os entrevistados sendo turistas brasileiros, residentes de cinco estados descritos na Figura 9. No total, foram realizadas conversas com 31 consumidores, com idades estimadas variando entre 20 e 50 anos, dos quais 51,61% eram mulheres e 48,39% homens, sendo 61,29% delas realizadas na loja de departamento e 38,70% no shopping, proporcionando uma variedade de perspectivas sobre as preferências e comportamentos relacionados ao uso de garrafas térmicas e recipientes convencionais.

Figura 9 - Estado de residência dos entrevistados



Fonte: autor (2024)

As interações permitiram a coleta de *insights* espontâneos, que são particularmente valiosos para entender as preferências não apenas declaradas, mas também as comportamentais e situacionais dos consumidores.

A mudança inesperada na metodologia de entrevista destacou a importância da flexibilidade no campo e a capacidade de adaptar métodos de pesquisa às circunstâncias. Além disso, a escolha de locais com uma alta concentração de produtos falsificados ou genéricos, como no shopping popular, forneceu uma visão interessante sobre outro segmento do mercado de recipientes.

Embora não estruturadas, as entrevistas forneceram informações valiosas que serão utilizadas para aprofundar a compreensão das necessidades e expectativas dos consumidores em relação aos recipientes térmicos.

4.1.4 Identificação de Oportunidades

A análise do comportamento de consumo e das preferências revelou uma diversidade significativa nos usos e necessidades associadas a garrafas térmicas. A segmentação de consumidores abaixo demonstra como diferentes estilos de vida e atividades influenciam a escolha de garrafas, destacando que muitos usuários acabam possuindo múltiplas garrafas para satisfazer suas variadas necessidades. É importante notar que um mesmo indivíduo pode pertencer a múltiplos segmentos de consumidores, dependendo do contexto ou da atividade que está realizando.

- a) **Sociais:** Este segmento, composto principalmente por jovens adultos que frequentam festas, churrascos e eventos sociais e familiares, prefere recipientes térmicos de menor capacidade, para manter bebidas alcoólicas geladas. A escolha de marca tende a ser um fator decisivo, frequentemente mais valorizado do que as funcionalidades específicas do produto.
- b) **Entusiastas do ar livre:** Incluindo aventureiros e praticantes de atividades ao ar livre, este grupo prioriza garrafas térmicas que mantêm a temperatura das bebidas em ambientes externos. Preferem recipientes de capacidade média (500~1000 ml) que sejam fáceis de transportar, geralmente em mochilas. Este segmento valoriza as funcionalidades técnicas mais do que a marca.
- c) **Esportistas:** Este segmento inclui atletas e praticantes de esportes que necessitam de garrafas leves e de menor capacidade, facilitando o reabastecimento frequente. A portabilidade é crucial, por isso valorizam

garrafas que são fáceis de transportar e possuem boa ergonomia, permitindo o uso com uma mão. Tampas de fácil acesso, que podem ser abertas rapidamente e sem esforço, são essenciais, bem como um design que permite fixação fácil em cintos de hidratação ou suportes em bicicletas.

- d) **Frequentadores de academia:** Reconhecem a importância da hidratação e tendem a preferir garrafas de grande capacidade para consumo de água durante o exercício. Embora a funcionalidade seja importante, o investimento em garrafas térmicas de alto custo nem sempre é uma prioridade.
- e) **Profissionais e estudantes:** Geralmente utilizam garrafas de média capacidade, colocadas em mesas de trabalho ou estudo. Este grupo reconhece as vantagens das garrafas térmicas, mas a decisão de compra pode ser limitada pelo orçamento. A marca é frequentemente um fator importante na escolha.
- f) **Viajantes:** Preferem garrafas térmicas devido à sua conveniência em manter a temperatura das bebidas durante longas viagens. Transportando-as geralmente em bolsas ou mochilas. No caso de viagens de carro, tem a preferências por garrafas que caibam no suporte do carro e que tenham canudo, para facilitar a direção.
- g) **Apreciadores de café e chá:** Este segmento opta quase exclusivamente por garrafas térmicas, frequentemente de capacidades que variam de 1000 a 2000 ml. Usam as garrafas em ambientes domésticos ou as transportam em mateiras, especialmente em regiões como o Rio Grande do Sul, onde a cultura do chimarrão é prevalente. Um acessório também muito apreciado por esse grupo são infusores de chá.
- h) **Saúde-conscientes:** Preferem garrafas que auxiliam no monitoramento da ingestão diária de água, com funcionalidades como indicadores de consumo ou lembretes para hidratação.

O levantamento de dados ainda revelou um forte apego emocional dos consumidores às suas garrafas, independentemente do segmento de custo. Este apego, juntamente com a necessidade de possuir várias garrafas para diferentes propósitos, destaca uma oportunidade significativa: o desenvolvimento de uma garrafa que atue em múltiplos seguimentos de consumidores ao mesmo tempo.

Os dados de vendas do site eletrônico Mercado Livre corroboram essa tendência, mostrando que os três produtos mais vendidos na categoria garrafas em março de 2024 são ocupadas exatamente por kits de garrafas destinadas a diferentes usos, como mostra a Figura 10 (MERCADO LIVRE, 2024). Isso reforça a demanda por soluções que satisfaçam múltiplas necessidades com um único produto adaptável.

Figura 10 - Ranking de Garrafas Mais Vendidas no Mercado Livre



Fonte: adaptado de Mercado Livre (2024)

A segmentação detalhada dos consumidores, junto com a análise de comportamento de compra, sugere uma clara demanda por uma solução mais versátil e personalizável, projetada para atender a essa diversidade de necessidades com um único produto adaptável.

4.1.5 Definição do Problema

Após análise das preferências e comportamentos dos consumidores, evidenciou-se a necessidade de uma solução mais adaptável às diversas situações de uso. Este tópico visa definir o problema que este projeto pretende resolver, utilizando os *insights* coletados das etapas anteriores de análise e entrevistas.

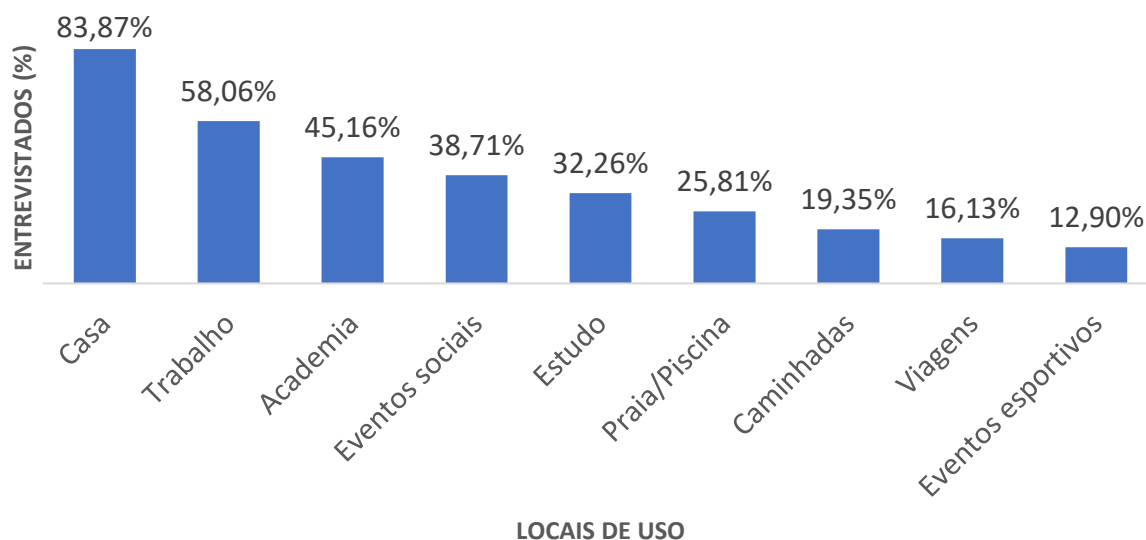
O problema central identificado, que gera uma lacuna de mercado, é a falta de versatilidade dos recipientes disponíveis. Atualmente, os consumidores encontram-se na necessidade de possuir múltiplos recipientes para adaptar-se a diferentes contextos de uso — seja para atividades ao ar livre, no trabalho, ou durante viagens,

por exemplo. Esta exigência resulta em custos elevados para os consumidores, além de contribuir para um aumento no consumo de recursos e produção de resíduos, tornando-se uma prática ambientalmente sensível.

Especialmente considerando-se que mais da metade dos participantes (54,83%) relataram a necessidade de possuir mais do que um recipiente para atender às suas diversas necessidades diárias.

Conforme ilustrado na Figura 11, os participantes foram perguntados a respeito de todos os locais onde utilizam seus recipientes mais do que duas vezes ao ano. Podendo mencionar livremente quantos locais desejasse. As respostas foram variadas, com destaque para casa onde 83,87% dos entrevistados disseram utilizar garrafas térmicas. De todos os entrevistados, 58,06% também lembraram de mencionar utilizá-las no trabalho e na academia foram 45,16%.

Figura 11 - Ambientes de utilização



Fonte: autor (2024)

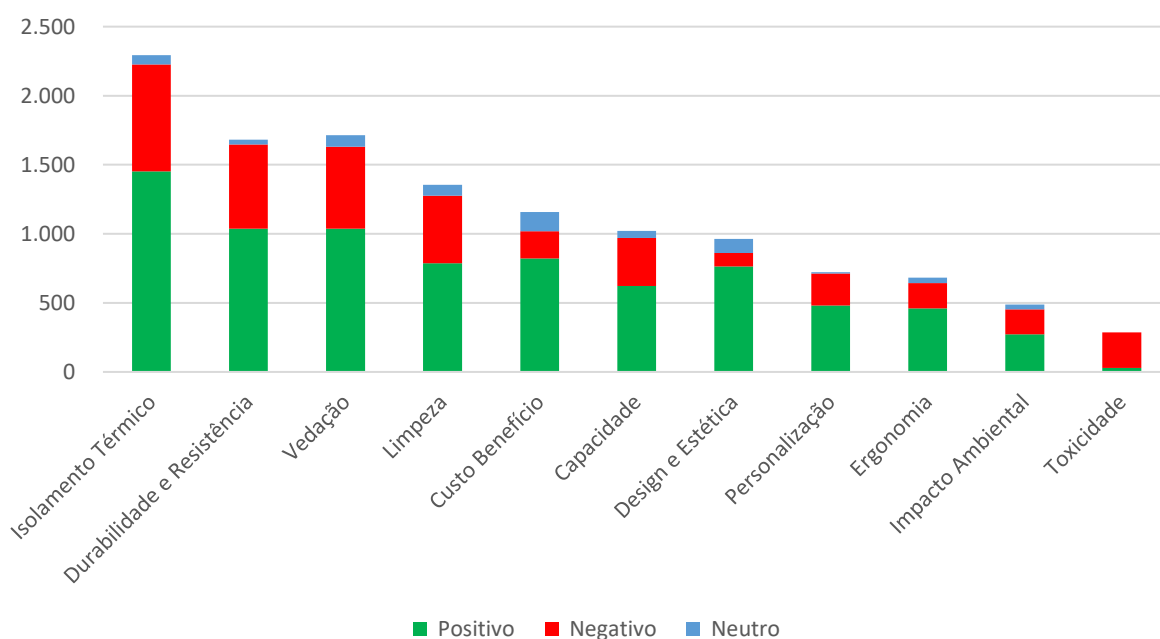
4.1.6 Geração de Ideias e Conceitos

Tendo identificado o problema central a ser desenvolvido como sendo a falta de versatilidade dos recipientes térmicos no mercado, este tópico avança para a fase

de geração de ideias. O desafio é desenvolver um produto que não apenas atenda a múltiplos segmentos de consumidores, mas que também responda às variadas preferências e às insatisfações expressas em relação aos produtos existentes. Antes de explorar soluções potenciais, é importante compreender as características que atraem os consumidores aos produtos atuais, bem como os aspectos que geram descontentamento no uso diário desses recipientes.

Para aprofundar o entendimento, empregou-se a análise de sentimentos, uma técnica de IA que utiliza processamento de linguagem natural (PLN) para classificar e analisar as opiniões dos usuários. Este método permitiu identificar os principais termos mencionados pelos consumidores e os sentimentos associados a cada um, conforme demonstrado na Figura 12. Com isso, foi possível discernir as características mais valorizadas e as principais fontes de descontentamento.

Figura 12 - Principais termos mencionados e o sentimento dos usuários



Fonte: autor (2024)

Para estruturar de forma eficaz a geração de ideias e conceitos, no Quadro 6 utilizou-se uma análise funcional para decompor as funções principais do recipiente

térmico, as características apontadas pelos usuários em produtos atuais e os princípios de solução propostos para adequar cada aspecto.

Quadro 6 - Análise funcional (continua)

FUNÇÕES	PREOCUPAÇÕES DE CONSUMIDORES	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO
Isolamento térmico	Falhas no isolamento	Utilização de materiais com melhor performance térmica, design com vedação aprimorada, dupla parede de vácuo, paredes espelhadas.
Vedação	Problemas com vazamentos e vedação não confiável.	Sistema de fecho, borracha de vedação adequada, rosca bem alinhada, tampas com design adequado
Limpeza	Dificuldades devido à complexidade ou acessibilidade dos componentes.	Design modular que permite fácil desmontagem e limpeza; superfícies tratadas para repelir sujeira e bactérias, materiais não porosos, dimensões que facilitem o uso de acessórios de limpeza.
Durabilidade	Fragilidade, desgaste rápido, corrosão e ferrugem.	Empregar materiais com boa resistência mecânica e resistentes à corrosão e ao desgaste, com tratamentos superficiais.
Design e estética	Designs desatualizados ou pouco atrativos. Materiais de baixa qualidade.	Criar designs modernos que atendam tanto à funcionalidade quanto à estética, utilizando materiais bem-conceituados entre os usuários.
Capacidade	Limitações no tamanho disponível para diferentes usos.	Implementar um sistema modular que permita ajustes de capacidade conforme a necessidade do usuário.
Ergonomia	Peso excessivo, design não ergonômico, alças inexistentes, desconfortáveis ou inadequadas.	Recipientes com materiais leves e resistentes, alças ergonômicas e formato e dimensões que facilitem o transporte ou encaixe em porta copos e suportes.
Toxicidade	Uso de plásticos ou metais que podem liberar substâncias nocivas.	Selecionar materiais adequados para uso alimentar
Personalização	Ausência de componentes personalizáveis ou intercambiáveis	Sistema de ajuste modular que se adapta a diversas atividades e preferências dos usuários.

Fonte: autor (2024)

Após identificar funções, preocupações dos consumidores e os princípios de solução, prosseguiu-se com a geração de conceitos. Para isso, empregou-se uma matriz morfológica, apresentada no Quadro 7, para explorar e visualizar combinações de soluções para cada função do produto. A matriz é estruturada em três colunas, representando as características fundamentais do produto, dividida em subcategorias que detalham opções específicas de design e funcionalidade.

Quadro 7 - Matriz morfológica

FUNÇÃO	ASPECTO	OPÇÃO 1	OPÇÃO 2	OPÇÃO 3
Isolamento Térmico	Camada isolante	Vácuo	Espuma isolante	Ar
	Material interno	Metal	Vidro	Plástico BPA-free
Vedação	Tipo de fecho	Rosca	Clique	Magnético
	Material de vedação	Silicone	Borracha Nitrílica	Polímero sintético
Limpeza	Acessibilidade interna	Boca larga	Desmontável	Acessórios
Durabilidade	Material externo	Aço inoxidável	Alumínio	Plástico resistente
	Tratamento de superfície	Pintura	Revestimento Emborrachado	Sem tratamento
Design e Estética	Estilo	Moderno	Minimalista	Esportivo
Capacidade	Volume	Pequeno (até 500ml)	Médio (500ml-1L)	Grande (1L+)
Ergonomia	*Facilidades de transporte	Alça	Antiderrapante	Compacto
Toxicidade	*Materiais	Apropriados para contato com alimentos	Livre de BPA	
Personalização	*Componentes	Módulos intercambiáveis	Adesivos	Acessórios

* opções não são mutuamente excludentes

Fonte: autor (2024)

A matriz morfológica facilitou a exploração de uma ampla variedade de conceitos. Permitindo uma análise extensiva dos potenciais configurações do RTM.

4.1.7 Avaliação e Seleção de Conceitos

Um ponto central na avaliação e seleção dos conceitos é responder diretamente ao problema identificado no tópico 4.1.5: a falta de versatilidade dos recipientes térmicos no mercado, capazes de satisfazer a múltiplos seguimentos de consumidores. Para atender a este anseio dos consumidores, além dos aspectos identificados na análise de sentimentos, algumas premissas foram consideradas:

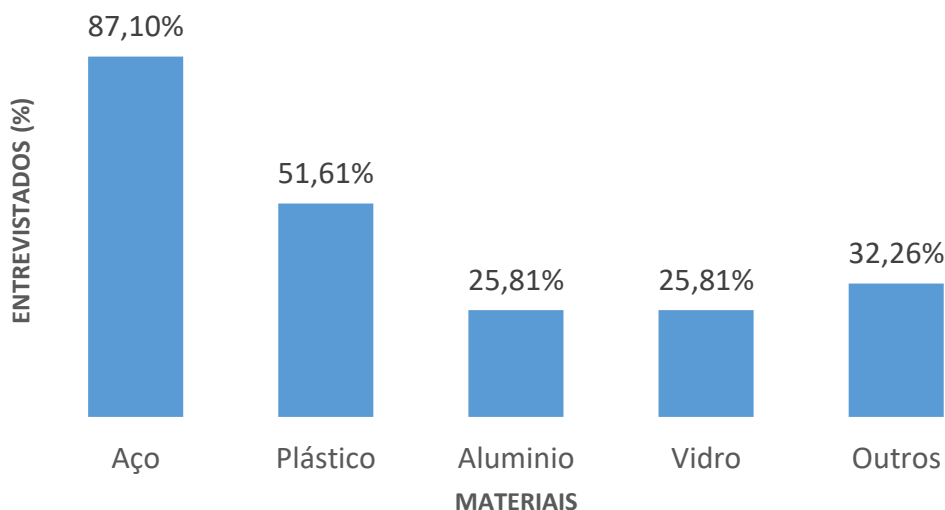
- a) A necessidade de resistência térmica adequada para bebidas quentes e frias;
- b) Resistência química, especialmente para bebidas ácidas e alcoólicas;
- c) Possibilidade de personalização, permitindo adaptação a diversos perfis de uso.

Estes requisitos estão diretamente relacionados aos materiais escolhidos para o projeto, sendo que tanto o vidro, metais e alguns plásticos podem atendê-los. Quanto a percepção dos consumidores entrevistados, eles foram perguntados sobre quais materiais considerariam na compra de seus recipientes, podendo mencionar quantos materiais desejassem. Nesse caso, o aço inox foi predominante entre os entrevistados, sendo mencionado por 87,10% deles, enquanto 12,90% ou não gostavam do material ou não lembraram de mencioná-lo em suas respostas, uma vez que se buscou respostas espontâneas, sem sugerir opções.

Quando perguntados sobre a escolha, os entrevistados deixaram claro que percebem as garrafas de aço como mais refinadas e de melhor qualidade, destacando-se por sua resistência e excelentes propriedades térmicas. No entanto, apesar dessas vantagens, o material é percebido como mais caro e na concepção dos usuários, nem sempre vale o custo-benefício.

Em segundo lugar, o plástico foi mencionado por 51,61% dos entrevistados, principalmente devido ao seu custo-benefício favorável, estética e leveza. Materiais como vidro e alumínio, entre outros, também foram mencionados, como mostra a Figura 13, que traz o percentual de usuários que mencionaram cada material.

Figura 13 – Percentual de entrevistados que mencionaram cada material



Fonte: autor (2024)

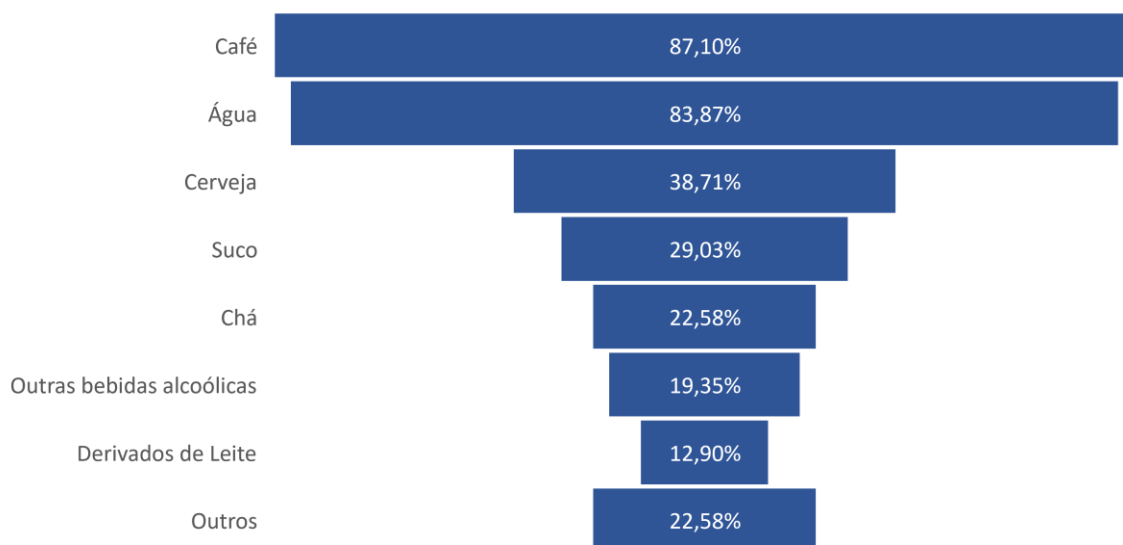
Outra preocupação dos consumidores a respeito dos materiais é o impacto ambiental. Dentre os entrevistados, 67,74% responderam “sim”, quando questionados se a sustentabilidade ou características ecológicas de um recipiente térmico influenciam suas decisões de compra, indicando uma grande demanda por produtos sustentáveis.

Com relação a presença de BPA, que é uma substância tóxica, liberada por muitos componentes plásticos quando expostos a altas temperaturas, apenas 25,80% dos entrevistados conheciam o termo, quando questionados diretamente, mas todos que o conheciam afirmaram que não comprariam produtos que contivessem essa substância. Sendo que destes, 87,5% disseram procurar, especificamente, pela indicação de “livre de BPA” nas características técnicas de produtos que contenham componentes plásticos.

Quanto as preferências dos usuários por bebidas consumidas em recipientes térmicos, esta questão está diretamente relacionada ao requisito de resistência química, tendo em vista que muitos materiais podem ser danificados pelo contato com bebidas quentes, cítricas, como suco de laranja ou limão, bebidas com alto teor

alcoólico, ou bebidas capazes de manchar o recipiente, como, por exemplo, os taninos presentes no café e vinho. A Figura 14 mostra que são variadas as preferências de consumo, e abrangem tanto opções quentes quanto frias, destacando a importância da versatilidade do produto. Quando perguntados sobre quais bebidas utilizam em seus recipientes o café liderou com 87,10% das menções, seguido de perto pela água, citada por 83,87% dos entrevistados. Bebidas como cerveja e suco também são frequentemente consumidas, com 38,71% e 29,03% das menções, respectivamente. Tais dados enfatizam a necessidade de um recipiente que não apenas mantenha a temperatura adequada, mas que também resista a interações químicas e seja fácil de limpar, considerando a variedade de substâncias que podem deixar resíduos ou exigir propriedades específicas de isolamento térmico.

Figura 14 – Percentual de entrevistados que mencionaram cada bebida



Fonte: autor (2024)

Em termos financeiros, as respostas ainda indicam uma disposição variada dos entrevistados em investir em garrafas térmicas. A maioria, 38,71%, mostrou-se disposta a pagar entre R\$ 50 e R\$ 100. Uma proporção considerável, 25,81%, indicou a faixa de R\$ 150 a R\$ 200, enquanto 19,35% estariam dispostos a gastar mais de R\$ 200 por um produto que consideram ideal. Apenas 16,13% optaram pela faixa de

R\$ 100 a R\$ 150 enquanto nenhum entrevistado mencionou a faixa de R\$ 0 a R\$ 50. Essa variação nos preços revela uma percepção de valor que reflete tanto questões de custo-benefício quanto o interesse por produtos *premium*.

Para atender ao requisito de versatilidade, quanto as características que permitam a personalização do recipiente. Foi pensada em uma prática cada vez mais comum no mercado, que é a presença de componentes intercambiáveis, que permitem a troca de componentes por modelos diferentes. Possibilitando que o usuário adquira múltiplos componentes para diferentes necessidades. Essa é uma característica bastante apreciada, recebendo 721 menções na análise de sentimento, das quais 32,2% demonstraram insatisfação com produtos que não continham ou falhavam em possibilitar o nível de personalização desejada.

Então, como diferencial do mercado, optou-se por um conceito extremo de modularidade, não se limitando apenas a tampas, bicos e alças intercambiáveis, mas também decompondo o produto em múltiplas partes menores. Isso permite aos usuários ajustarem a capacidade do recipiente conforme suas necessidades variadas, transformando-o de um simples copo térmico a uma garrafa de maior capacidade com a adição de módulos.

Além disso, a facilidade de modificar a configuração do recipiente garante que ele possa se adaptar perfeitamente às mudanças nas necessidades diárias do usuário, seja para uma ida ao escritório ou uma longa jornada de aventuras ao ar livre. Assim, a modularidade não só soluciona a necessidade de possuir múltiplos recipientes para diferentes usos, mas também reforça o apego do usuário ao permitir uma personalização contínua e flexível do produto.

Analisando todas as informações, dois conceitos levantados emergiram como os mais promissores, incorporando a inovação da modularidade, que atende ao requisito essencial de adaptabilidade identificado durante a pesquisa. No entanto, as particularidades de cada conceito refletem a resposta aos diversos desejos e preocupações dos consumidores.

Enquanto o primeiro conceito, descrito no quadro 8, feito de aço inoxidável, visa atender aos usuários que valorizam durabilidade, estética e segurança do material, o segundo conceito, descrito no quadro 9, em plástico livre de BPA, é projetado

pensando na acessibilidade financeira e na facilidade de fabricação, ideal para a prototipagem inicial e para atrair um segmento de mercado mais consciente do custo.

Quadro 8 - Primeiro conceito - Aço Inox (continua)

Estrutura e Materiais	Vácuo	Escolhido para o isolamento térmico, a tecnologia de vácuo é uma das mais eficientes para manter a temperatura dos líquidos por longos períodos, sejam eles quentes ou frios. Este método responde diretamente às exigências dos consumidores por um isolamento térmico eficaz, como revelado pela análise de sentimentos.
	Metal / Aço Inoxidável	A escolha do aço inoxidável para a construção do recipiente é motivada por sua durabilidade, resistência à corrosão e facilidade de limpeza. O aço inoxidável também é valorizado por sua estética moderna e pela capacidade de manter a qualidade do sabor e odor dos líquidos armazenados, alinhando-se com as preferências dos consumidores por materiais seguros e não tóxicos.
	Rosca	O sistema de fechamento por rosca é confiável para garantir uma vedação segura, minimizando o risco de vazamentos, uma preocupação comum entre os usuários.
	Silicone para Vedação	O silicone é escolhido por suas propriedades de vedação superior e segurança alimentar, proporcionando uma solução eficaz contra vazamentos, um dos defeitos mais recorrentes mencionados pelos consumidores.

Quadro 8 - Primeiro conceito - Aço Inox (conclusão)

Design e Funcionalidade	Desmontável	A capacidade de desmontar a garrafa facilita a limpeza, um aspecto altamente valorizado que foi destacado na análise de sentimentos dos usuários. Isso permite uma manutenção mais eficiente e higiênica do produto, principalmente quando usadas com bebidas que deixam resíduos ou odores.
	Moderno e Revestimento Emborrachado	O design moderno e o revestimento emborrachado não só adicionam ao apelo estético do produto, mas também melhoram a ergonomia e o conforto durante o manuseio, tornando o recipiente antiderrapante e mais fácil de segurar.
	Modularidade	A modularidade é uma resposta direta à necessidade de versatilidade identificada durante as entrevistas e análises de dados. Os módulos intercambiáveis permitem ao usuário ajustar o volume da garrafa de acordo com a necessidade, desde um pequeno copo térmico até uma garrafa maior. Isso oferece uma solução prática para consumidores que desejam versatilidade sem a necessidade de possuir múltiplos recipientes.
Portabilidade e Segurança	Alça e Revestimento Antiderrapante	Facilitam o transporte e manuseio da garrafa, tornando-a prática para uma variedade de atividades externas e diárias. A alça especialmente projetada considera a ergonomia e o uso frequente em movimento.
	Apropriados para contato com alimentos e Livres de BPA	Os materiais utilizados são aprovados por órgãos reguladores como a ANVISA, garantindo que a garrafa seja livre de BPA e outros contaminantes, uma preocupação crescente entre os consumidores conscientes da saúde.

Fonte: autor (2024)

Segue-se com o segundo conceito, detalhado no quadro 9, que buscou ampliar as opções de escolha ao introduzir características diferenciadas de fabricação e custo, proporcionando uma visão alternativa sobre como o design modular pode ser adaptado para atender a diferentes prioridades do mercado.

Quadro 9 - Segundo conceito – Plástico Livre de BPA (continua)

Estrutura e Materiais	Vácuo	Assim como no primeiro conceito, o isolamento a vácuo é utilizado para garantir eficácia térmica. Isso mantém a bebida na temperatura desejada por mais tempo, um dos principais atributos valorizados nas análises de sentimento.
	Plástico Livre de BPA	A escolha do plástico livre de BPA visa atender às crescentes preocupações dos consumidores com a saúde e a segurança dos materiais utilizados em produtos de consumo diário. O plástico livre de BPA é não tóxico e seguro para contato com alimentos e bebidas, alinhando-se com regulamentações sanitárias e expectativas do consumidor. Além de serem mais acessíveis que as estruturas em metal ou vidro.
	Rosca	O sistema de fechamento por rosca é confiável para garantir uma vedação segura, minimizando o risco de vazamentos, uma preocupação comum entre os usuários.
	Borracha Nitrílica para Vedação	A borracha nitrílica foi escolhida para a vedação devido a sua excelente resistência, custo e facilidade de fornecimento, garantindo uma solução eficaz contra vazamentos, um dos problemas mais frequentemente mencionados pelos consumidores. Além disso, oferece segurança alimentar, essencial para o contato direto com alimentos e bebidas.
Design e Funcionalidade	Desmontável	A capacidade de desmontar a garrafa facilita a limpeza, um aspecto altamente valorizado que foi destacado na análise de sentimentos dos usuários. Isso permite uma manutenção mais eficiente e higiênica do produto, principalmente quando usadas com bebidas que deixam resíduos ou odores.
	Minimalista	O estilo minimalista não apenas apela esteticamente a um segmento de mercado que valoriza designs simples e funcionais, mas também reduz custos de produção e complexidade no processo de fabricação. Isso torna o produto mais acessível e potencialmente atraente para um mercado mais amplo.

Quadro 9 - Segundo conceito – Plástico Livre de BPA (conclusão)

Design e Funcionalidade	Modularidade	A modularidade é uma resposta direta à necessidade de versatilidade identificada durante as entrevistas e análises de dados. Os módulos intercambiáveis permitem ao usuário ajustar o volume da garrafa de acordo com a necessidade, desde um pequeno copo térmico até uma garrafa maior. Isso oferece uma solução prática para consumidores que desejam versatilidade sem a necessidade de possuir múltiplos recipientes.
Portabilidade e Segurança	Antiderrapante	Facilitam o transporte e manuseio da garrafa, tornando-a prática para uma variedade de atividades externas e diárias.
	Apropriados para Contato com Alimentos e Livres de BPA	Os materiais utilizados são considerados apropriados para contato com alimentos, garantindo que a garrafa seja livre de BPA e outros contaminantes, uma preocupação crescente entre os consumidores conscientes da saúde.

Fonte: autor (2024)

Embora o primeiro conceito tenha demonstrado ser altamente promissor, atendendo a várias exigências de durabilidade, estética e segurança, a decisão de avançar com o desenvolvimento do MVP baseou-se no segundo conceito. Esta escolha foi estrategicamente orientada para validar rapidamente o mercado e iterar com base em *feedbacks* reais dos consumidores. O Segundo Conceito, sendo mais acessível e simples de fabricar, oferece uma oportunidade de reduzir riscos iniciais e acelerar o ciclo de aprendizado do produto com os usuários de teste.

Essa decisão está alinhada com os princípios da LSM, que enfatiza a maximização da aprendizagem com o mínimo de recursos empregados. Permitindo ajustes rápidos com base em dados concretos de uso, a escolha garante uma abordagem pragmática e orientada ao mercado. Assim, avança-se com uma solução que não apenas atende às expectativas dos usuários, mas que também é tecnicamente e financeiramente viável no curto prazo.

4.2 Fase 2 - Desenvolvimento e Prototipagem

A Fase 2 do RTM envolve o desenvolvimento e a materialização das ideias conceituais definidas na fase anterior. Traduzindo as necessidades dos usuários e as características desejadas em soluções concretas.

Nesta fase, são selecionados os materiais adequados para garantir a funcionalidade e a durabilidade do produto, definidos os processos de fabricação, o detalhamento do design dos componentes e a realização de simulações para validar o desempenho esperado. Além disso, a documentação técnica necessária é elaborada, garantindo que o produto possa ser replicado.

O desenvolvimento culmina na prototipagem, onde o modelo físico é construído para testar a viabilidade do design e preparar o projeto para avaliações práticas na próxima fase.

4.2.1 Definição do Método de Fabricação

A escolha do método de fabricação para o desenvolvimento do MVP do RTM desempenhou um papel fundamental para atingir eficiência, rapidez e redução de custos no projeto. Após uma análise dos métodos disponíveis, optou-se pela manufatura aditiva, mais especificamente a modelagem por fusão e deposição (FDM), conhecida popularmente como impressão 3D, devido às suas notáveis capacidades que se alinham perfeitamente às necessidades de uma fase inicial de inovação.

A manufatura aditiva se destaca por permitir uma grande agilidade no desenvolvimento de protótipos, pois facilita a realização de múltiplas iterações de design com rapidez e precisão. Essa tecnologia permite modificar facilmente o design do produto em resposta a *feedbacks*, sem a necessidade de investir em novos moldes ou ferramentas, o que seria imprescindível em métodos mais tradicionais como a moldagem por injeção, estampagem, usinagem, entre outros.

Além da flexibilidade, a impressão 3D oferece benefícios significativos em termos de custo, especialmente em estágios iniciais. Enquanto métodos tradicionais requerem investimentos elevados em moldes e configuração de produção, a impressão 3D elimina esses custos, tornando-se uma opção economicamente mais

viável para prototipagem. Isto é particularmente valioso para startups e projetos que operam dentro de orçamentos restritos e cronogramas apertados.

A capacidade de testar diferentes configurações do produto sem custos adicionais de alteração de ferramentas é outra vantagem substancial da manufatura aditiva. Isso não apenas acelera o processo de inovação, mas também introduz um método de trabalho que permite explorar designs mais complexos ou personalizados que seriam impraticáveis ou extremamente caros em métodos de fabricação convencionais.

Esta escolha metodológica é uma manifestação prática dos princípios da metodologia Lean Startup, que enfatiza a importância de aprender rapidamente com os erros e ajustar o curso de ação de forma ágil e econômica. Ao adotar a manufatura aditiva, o projeto do RTM maximiza a aprendizagem enquanto minimiza os recursos empregados, preparando o caminho para uma transição mais suave para métodos de produção em maior escala conforme o projeto amadurece.

4.2.2 Seleção de Materiais

Para a fabricação da estrutura principal do RTM, foram avaliados os três tipos de plásticos mais utilizados na manufatura aditiva e livres de BPA: PLA, ABS e PETG. Cada material apresenta características distintas que influenciaram a decisão:

- **PLA (Ácido Polilático):** Biodegradável e derivado de recursos renováveis como o milho, o PLA é o mais ecologicamente correto dos três, além de ser o material mais fácil de se trabalhar. No entanto, sua resistência mecânica e química limitada, além de um ponto de fusão mais baixo, tornam-no menos ideal para aplicações que exigem durabilidade e resistência a temperaturas mais altas.
- **ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno):** Conhecido por sua robustez e resistência ao impacto, o ABS seria uma escolha forte se não fosse por sua toxicidade durante a impressão, o que levanta preocupações de segurança no contato com alimentos.
- **PETG (Tereftalato de Polietileno com Glicol):** Combina as melhores características dos dois materiais anteriores, oferecendo uma resistência

química e mecânica semelhante à do ABS, além de ser seguro para contato com alimentos. Sua estabilidade e resistência tornaram-no a escolha ideal para este projeto, dadas as exigências do produto em termos de durabilidade e segurança do alimento.

Ao optar pelo PETG, o projeto se beneficia das melhores qualidades encontradas nos outros dois materiais sem comprometer aspectos essenciais como segurança e resistência. Assim como o PETG é reciclável, o que contribui para a sustentabilidade do projeto.

Além deste material escolhido para estrutura principal, outros materiais foram escolhidos para funções específicas, visando otimizar a performance e a segurança do produto:

- **Para Vedação das Roscas: Borracha Nitrílica**

A borracha nitrílica foi selecionada para a vedação das roscas devido à sua resistência química e mecânica. Além disso, é atóxica e facilmente disponível no mercado, o que facilita a manutenção e a substituição, se necessário. Essas características garantem uma vedação eficaz e duradoura, essencial para manter a integridade térmica do recipiente.

- **Para Selagem do Orifício de Extração de Ar: Plástico PCL**

O plástico policaprolactona (PCL), com seu baixo ponto de fusão, foi escolhido para selar o orifício por onde o ar é extraído para formar o vácuo entre as paredes do recipiente. Sua atoxidade e capacidade de ser moldado a temperaturas que não comprometem a estrutura do PETG tornam o PCL ideal para essa função crítica, assegurando a manutenção do vácuo sem danificar a garrafa.

- **Para o Revestimento Interno: Resina Epóxi**

A resina epóxi é aplicada no interior da garrafa para criar uma superfície lisa e regular. Isso é particularmente importante porque a manufatura aditiva pode deixar superfícies internas irregulares que são difíceis de limpar e podem acumular resíduos. A resina epóxi, após a cura completa, é atóxica e forma uma camada impermeável, facilitando a higienização e mantendo a segurança do alimento.

- **Para o Acabamento da Base: EVA**

Na base da garrafa, utilizou-se EVA, um material emborrachado e atóxico, para aumentar a aderência em superfícies lisas e irregulares. Esse acabamento previne que a garrafa escorregue e caia, aumentando a segurança no uso diário e a durabilidade do produto.

Esses materiais complementares foram selecionados após análise das necessidades específicas de cada parte do recipiente, visando sempre a eficácia, segurança e a experiência do usuário.

Este processo de seleção e avaliação garantiu que o protótipo do RTM fosse desenvolvido com materiais adequados e um método de produção que alinhasse eficácia, custo e rapidez, mantendo a flexibilidade necessária para futuras iterações e melhorias baseadas nos *feedbacks* dos testes iniciais e no aprendizado contínuo conforme os princípios da metodologia Lean Startup.

4.2.3 Projeto de componentes

O desenvolvimento eficaz de um produto requer não apenas a seleção cuidadosa de materiais e métodos de fabricação, mas também um projeto e planejamento dos componentes individuais. Nesta etapa a atenção foi voltada para o design dos componentes, garantindo que cada parte se integrasse com as outras para cumprir as funções estabelecidas.

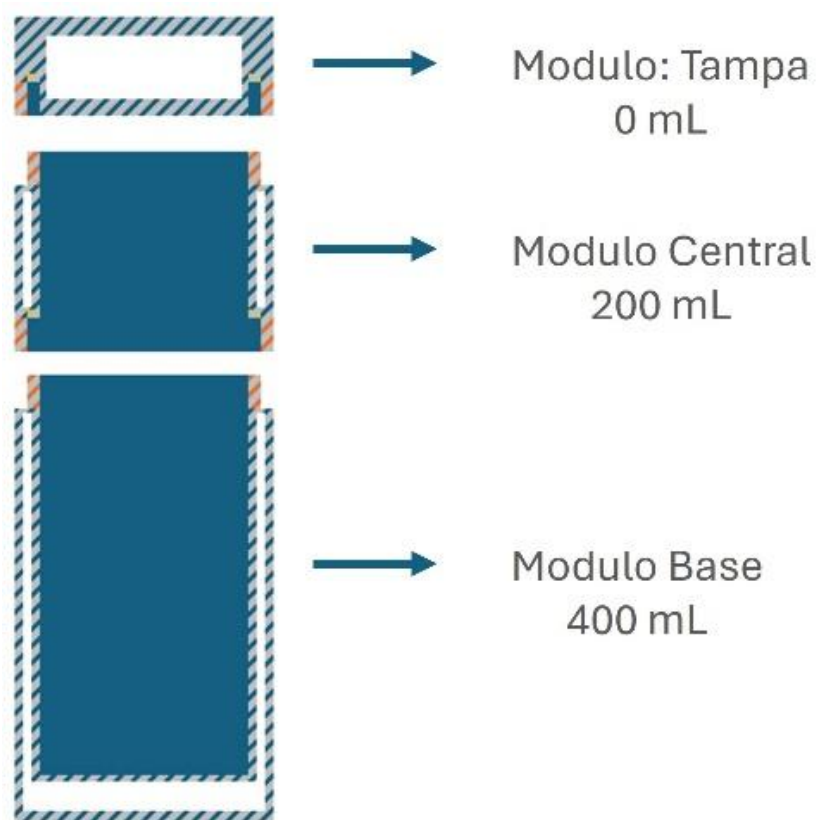
4.2.3.1 Esboços Iniciais

No desenvolvimento do RTM, a modularidade foi o princípio orientador para garantir a versatilidade do produto, permitindo que ele atendesse a uma gama diversa de necessidades dos usuários. O design foi concebido para ser o mais simples possível, mas sem comprometer a inovação, facilitando a modelagem e a fabricação, tendo em vista que o aprendizado necessário para desenvolver um design mais arrojado, poderia comprometer os prazos.

Foram inicialmente planejados três módulos principais: o Módulo Base, que pode ser usado independentemente como um copo térmico de 400 mL, foi projetado com este volume para acomodar confortavelmente o conteúdo equivalente a uma latinha de cerveja de 350 mL, uma escolha popular entre os usuários; o Módulo Central, concebido para adicionar 200 mL de capacidade ao Módulo Base, permite ao usuário ajustar a capacidade de forma incremental, possibilitando configurações que variam de 600 mL a 1L ou mais, mantendo a eficiência da dupla parede térmica; e o Módulo Tampa, projetado para fechar hermeticamente qualquer configuração, garantindo a integridade térmica e a segurança do conteúdo.

O processo de esboço começou com uma revisão das dimensões comuns de copos e garrafas térmicas analisadas na etapa de observação exploratória *in loco*, integrando essa compreensão com as necessidades de modularidade.

Figura 15 - Esboços iniciais



Fonte: autor (2024)

Utilizando o Microsoft Excel, as dimensões necessárias foram calculadas para garantir que cada módulo atendesse ao volume desejado e mantivesse uma boa ergonomia. Sendo os esboços iniciais, apresentados na Figura 15, criados usando ferramentas básicas de desenho do Excel para visualizar preliminarmente o design e verificar as proporções e a estética geral dos componentes.

4.2.3.2 Design de Componentes

Após o cálculo das dimensões e definição do esboço inicial, utilizando uma ferramenta de design assistido por computador (CAD), foi possível transformar os conceitos iniciais, em designs detalhados prontos para a prototipagem. O CAD é uma tecnologia que facilita o desenho e a modificação de produtos em um ambiente digital, permitindo aos designers visualizarem o objeto em três dimensões e simular seu comportamento em diferentes condições, o que é vital para prever problemas de design e funcionalidade antes da produção física.

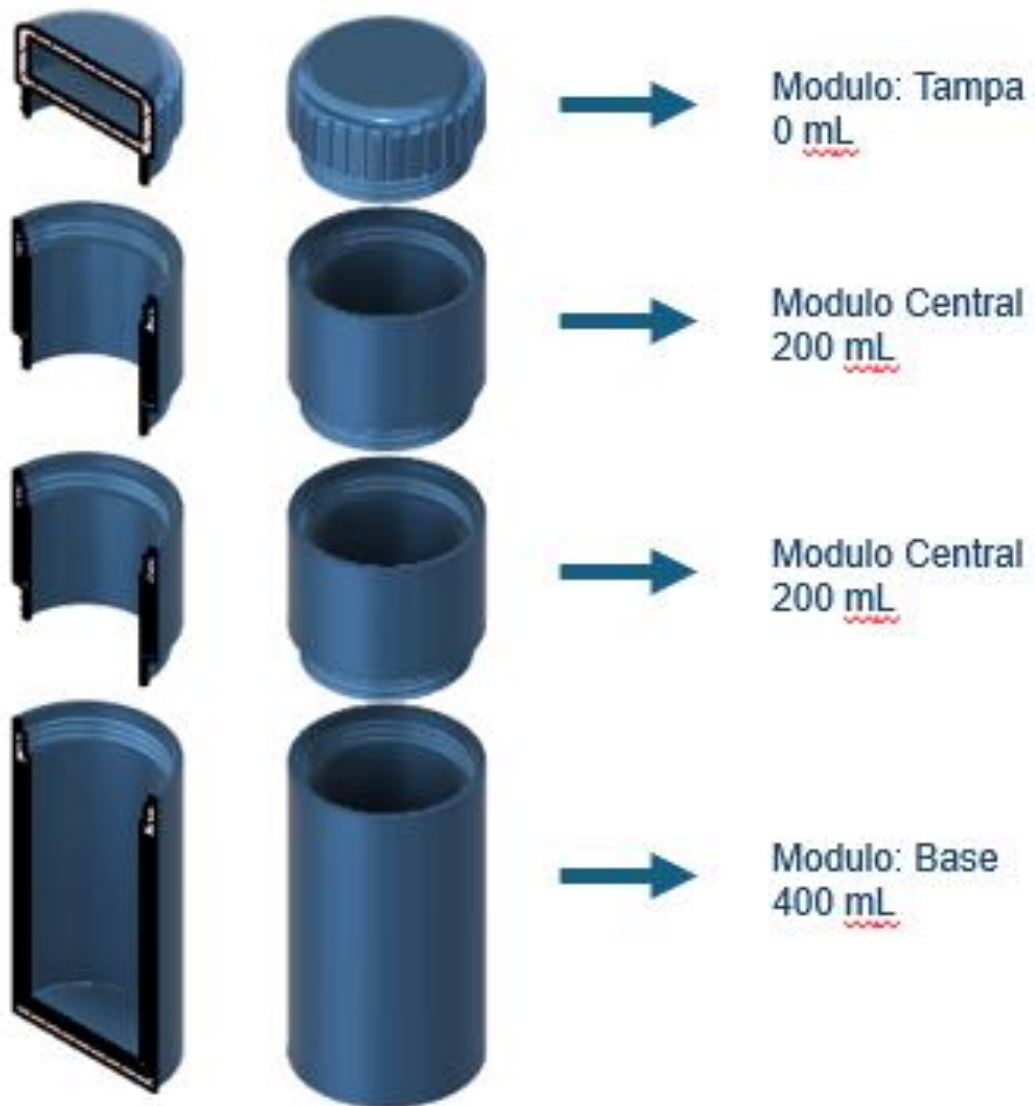
Como ferramenta de CAD para este projeto, escolheu-se o software Autodesk Fusion 360, por sua reputação como plataforma completa e confiável para o desenvolvimento de produtos e componentes, além de sua capacidade de simplificar a transição de designs digitais para físicos, uma vez que permite a exportação direta de modelos em formatos adequados para manufatura aditiva. Esse recurso foi particularmente útil, pois facilitou a realização de testes de prototipagem rápida, permitindo ajustes ao design do RTM.

O processo de design foi marcadamente iterativo, apoiando-se intensamente na manufatura aditiva para prototipagem rápida. A cada ciclo, um protótipo era fabricado e avaliado quanto ao desempenho e usabilidade. Problemas identificados durante esses testes eram corrigidos retornando ao Fusion 360 para ajustes no design. Essa abordagem permitiu modificações rápidas sem o custo adicional de moldes, longos *setups* ou ferramentas de produção, realçando a agilidade e adaptabilidade necessárias em uma fase inicial de desenvolvimento de produto.

Após os esboços iniciais e o extensivo processo de modelagem e prototipagem, chegou-se ao design final do MVP do RTM, como ilustrado na Figura 16. Uma das mudanças mais significativas em relação aos desenhos iniciais foi a inversão da

direção das roscas internas e externas. Esta alteração melhorou a estética e a ergonomia do produto.

Figura 16 - Design revisado do MVP



Fonte: autor (2024)

Além dos módulos inicialmente planejados, o processo contínuo de modelagem e prototipagem revelou a necessidade de desenvolver componentes adicionais para aumentar a funcionalidade e a adaptabilidade do RTM. Foram criados dois outros módulos e uma variante da base. Estas inovações permitem que o usuário personalize

ainda mais o uso do recipiente, adaptando-o a diversas situações cotidianas como mostra a Figura 17.

Figura 17 - Recipiente Térmico Modular (RTM)



Fonte: autor (2024)

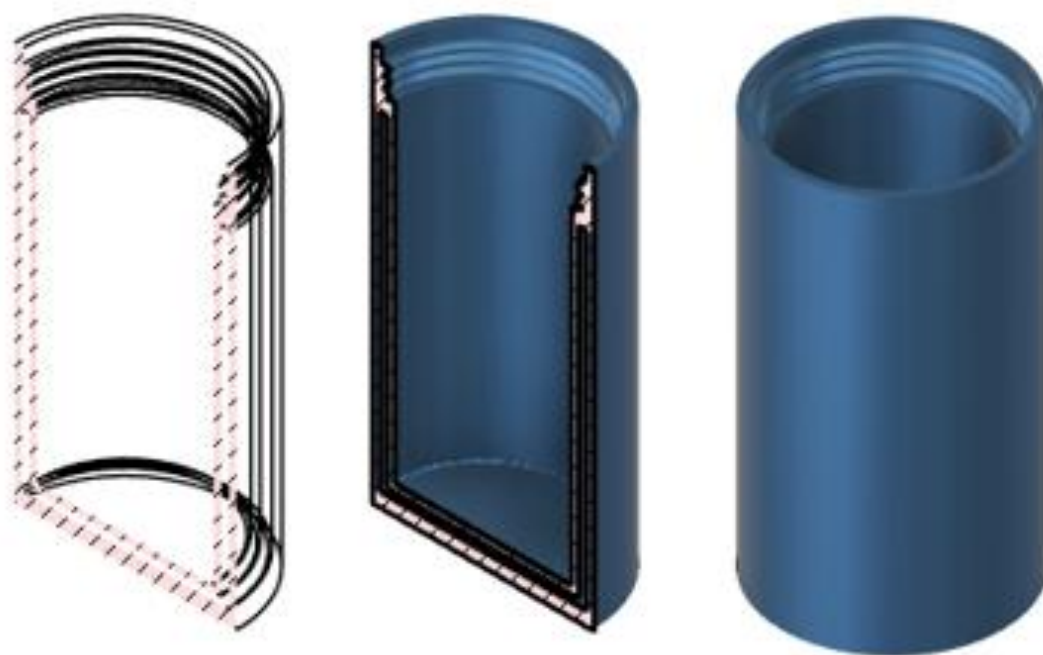
Cada componente e suas respectivas funções são apresentados abaixo e detalhados no Anexo A: Desenhos Técnicos, destacando como contribuem para a versatilidade do produto.

■ Módulo M1: Base

O módulo base, Figura 18, é a fundação do RTM, projetado para funcionar tanto como uma unidade independente quanto como a base para a adição de módulos

centrais, ela conta com uma capacidade de 400 mL. Este módulo é ideal para uso diário, proporcionando a funcionalidade de um copo térmico.

Figura 18 - Modulo M1: Base

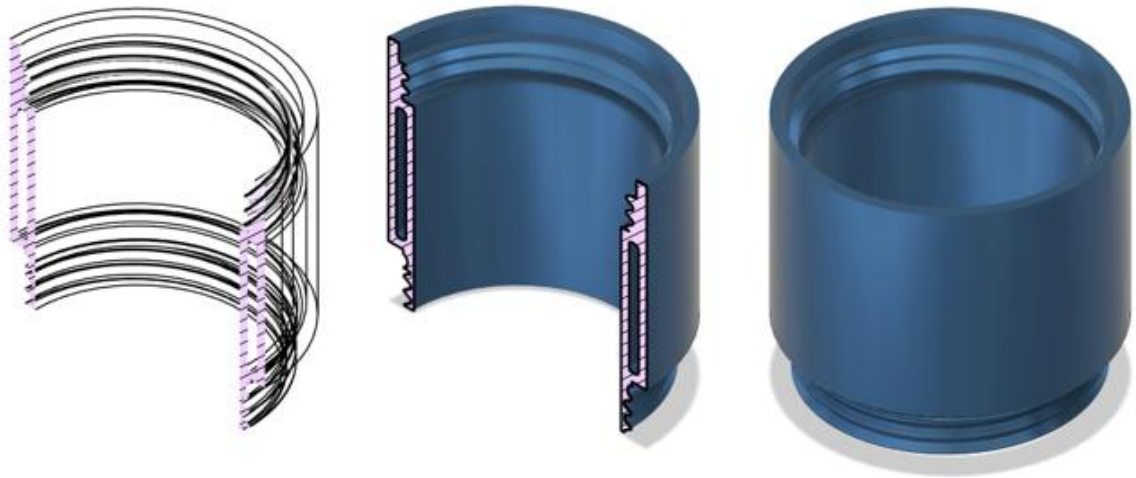


Fonte: autor (2024)

■ Módulo M2: Central

O módulo central, Figura 19, é um componente versátil, projetado para aumentar a capacidade do RTM em incrementos de 200 mL. Este módulo é essencial para personalizar o tamanho do recipiente de acordo com as necessidades específicas do usuário, permitindo configurações que variam ao adicionar-se múltiplos módulos centrais entre o módulo base e a tampa.

Figura 19 - Módulo M2: Central

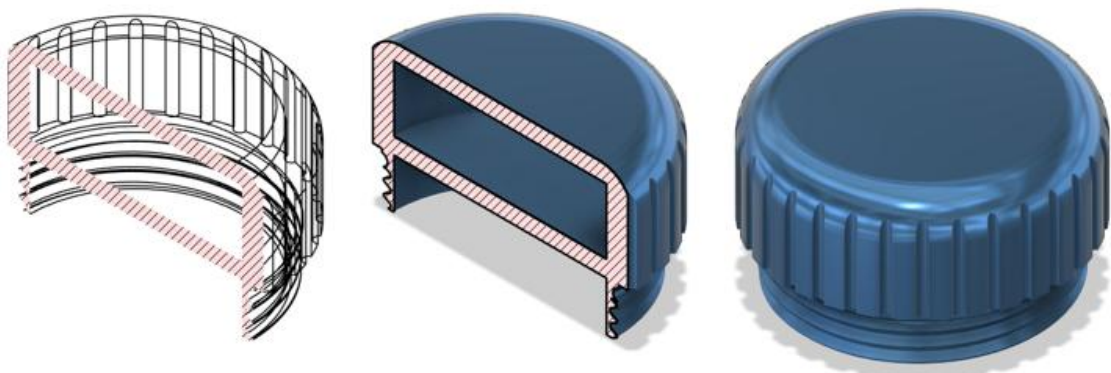


Fonte: autor (2024)

■ Módulo M3: Tampa

A tampa, Figura 20, é projetada para selar o RTM hermeticamente, protegendo o conteúdo interno e maximizando a eficiência térmica. Ela é a peça final que encerra o arranjo modular, podendo ser rosqueada diretamente sobre o módulo base ou no último módulo central, dependendo da configuração escolhida pelo usuário.

Figura 20 - Módulo M3: Tampa

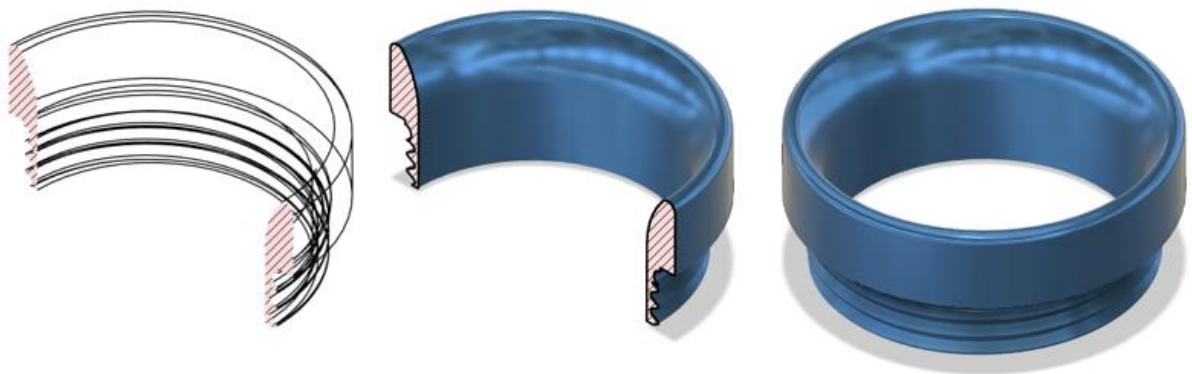


Fonte: autor (2024)

■ Módulo M4: Bocal

O bocal, Figura 21, é um componente projetado para otimizar a experiência do usuário ao consumir diretamente da garrafa. Ele serve como uma interface confortável para beber, suavizando a borda da garrafa e proporcionando uma superfície amigável ao contato com os lábios.

Figura 21 - Módulo M4: Bocal

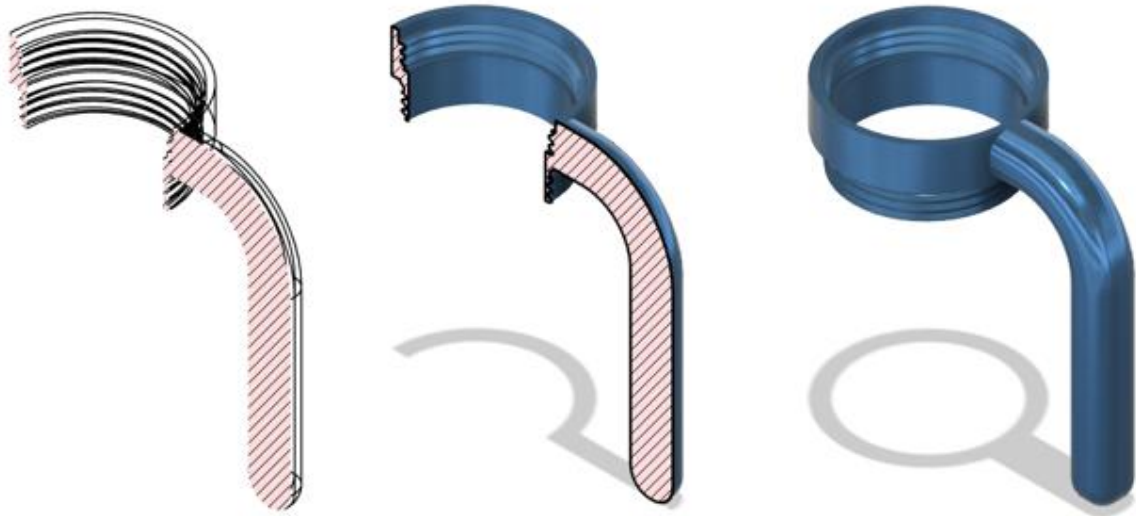


Fonte: autor (2024)

■ Módulo M5: Alça (M5)

A alça modular, Figura 22, representa uma expansão da funcionalidade e personalização do RTM. Projetada para se integrar ao sistema modular da garrafa, a alça pode ser rosqueada diretamente na base ou acoplada entre os módulos centrais e/ou a tampa/bocal, transformando efetivamente a garrafa em uma caneca. Esta opção visa melhorar a experiência do usuário, oferecendo um meio mais confortável e ergonômico de consumir bebidas.

Figura 22 - Módulo M5: Alça (M5)

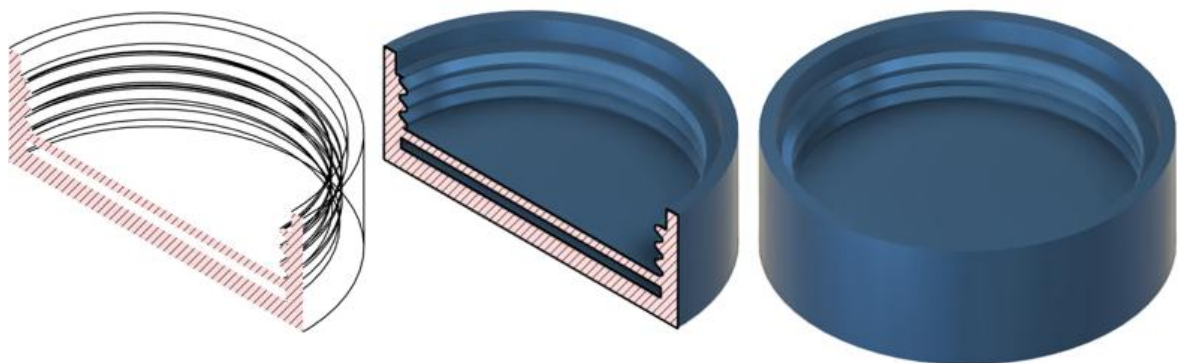


Fonte: autor (2024)

■ Módulo M6: Tampa Inferior

A tampa inferior, Figura 23, é uma adição à linha de módulos do RTM, projetado como uma alternativa sem volume à base padrão. Ao substituir a base original que contém 400 mL por este módulo, os usuários podem criar uma configuração de recipiente mais compacta, ideal para porções menores de bebida, como um copo de 200 mL, ao se acoplar apenas um módulo central (M2).

Figura 23 - Modulo M6: Tampa Inferior



Fonte: autor (2024)

4.2.4 Avaliação Estrutural e de Falhas

Nesta etapa, foram realizadas avaliações preliminares para entender o comportamento estrutural e identificar possíveis modos de falha dos componentes do RTM. Utilizando simulações por elementos finitos (FEA) e a análise de modos e efeitos de falha (FMEA), foi possível obter uma visão inicial sobre a resistência mecânica, a durabilidade e os pontos críticos do design.

4.2.4.1 Simulação Por Elementos Finitos (FEA)

No processo de desenvolvimento do RTM, a fase de simulação foi utilizada para oferecer uma visão preliminar sobre o comportamento estrutural dos componentes. As simulações foram realizadas utilizando o módulo de simulações do Autodesk Fusion 360, o mesmo software empregado para o design dos componentes, facilitando a integração entre as etapas de modelagem e teste.

Para a análise dos componentes, empregou-se a simulação por elementos finitos (FEA, do inglês *Finite Element Analysis*), que é uma técnica computacional usada para prever como um produto reage a forças reais, vibração, calor e outros efeitos físicos. Esse método proporciona uma visualização detalhada de onde as tensões podem ocorrer dentro de um produto, permitindo ajustes no design antes da produção física. Um aspecto crucial dessas análises é o cálculo do fator de segurança, que indica quantas vezes a resistência de um componente excede as forças aplicadas em seu uso normal.

Uma vez que o PETG não estava disponível no software de simulação, foi utilizado o material PC/ABS, que possui propriedades semelhantes. A análise de elementos finitos do RTM concentrou-se na resistência mecânica da base, das roscas e da alça, componentes vitais para a funcionalidade e durabilidade do produto. As propriedades dos materiais utilizados estão detalhadas na Tabela 2.

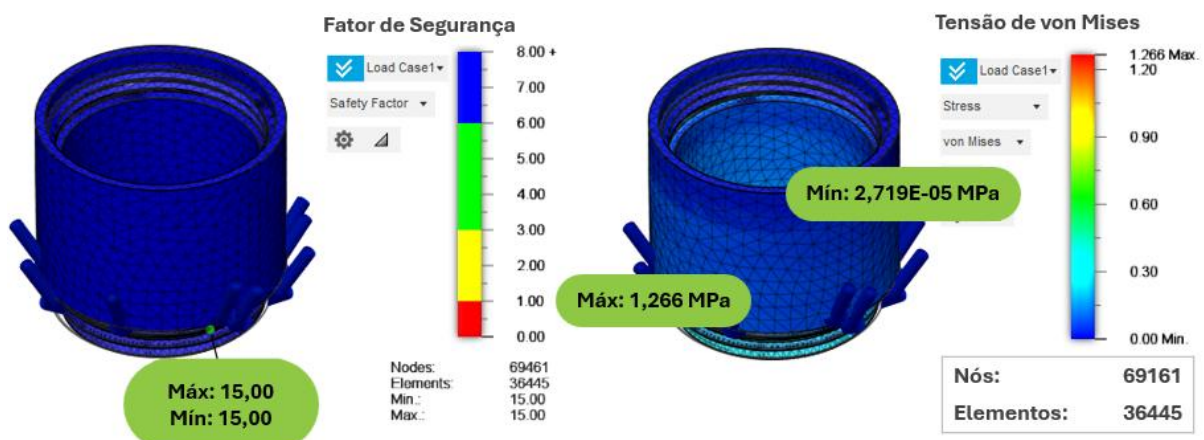
Tabela 2 – Propriedades do material PC/ABS

Propriedade	Valor
Densidade	1,100E-06 kg/mm ³
Módulo de Elasticidade	2,78 GPa
Coefficiente de Poisson	0,4
Resistência ao Escoamento	54,40 MPa
Resistência à Tração	54,40 MPa
Condutividade Térmica	2,400E-04 W/(mm°C)
Coefficiente de Expansão Térmica	6,700E-05 /°C
Calor Específico	2133,00 J/(kg°C)

Fonte: Autodesk Fusion 360 (2024)

A rosca foi submetida a uma simulação de estresse estático, Figura 24, onde uma força de 40 N, equivalente ao peso de aproximadamente 4 litros de água, foi aplicada na extremidade da rosca macho. Essa carga simula o estresse que as roscas enfrentariam ao carregar a garrafa completamente cheia e suspensa no ar. A tensão von Mises, uma medida de estresse que indica o risco de falha, foi de 1.266 MPa nas áreas de maior contato entre as roscas. Este valor está significativamente abaixo do limite de resistência do material, indicando uma margem de segurança adequada, acima de 15. A visualização da simulação, na imagem abaixo, mostra uma coloração que varia de verde a vermelho, onde vermelho indica áreas de maior tensão e verde, áreas de menor tensão.

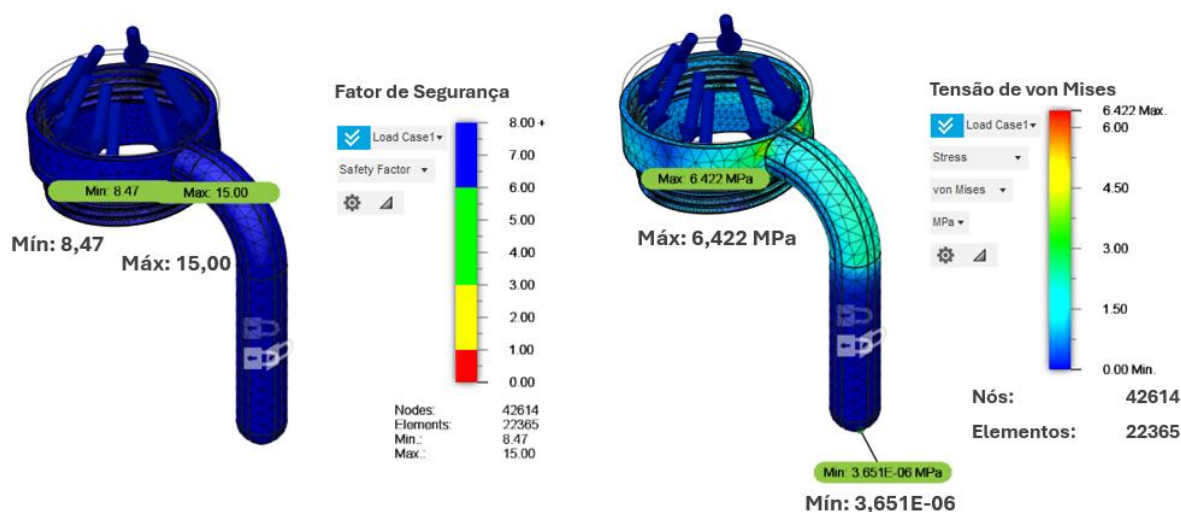
Figura 24 - Análise das roscas



Fonte: autor (2024)

A alça também foi testada sob condições similares para avaliar sua capacidade de suportar o peso da garrafa com um volume cheio de 4L. A carga aplicada reflete o uso típico onde o usuário carrega a garrafa pelo cabo. Os resultados mostraram que a alça poderia suportar essa carga com um fator de segurança que variou entre 8 e 15, indicando excelente robustez. Essa simulação evidenciou uma distribuição uniforme de tensão ao longo da alça, como mostra a Figura 25, otimizada para reduzir pontos de estresse concentrado e aumentar a durabilidade.

Figura 25 - Análise da alça



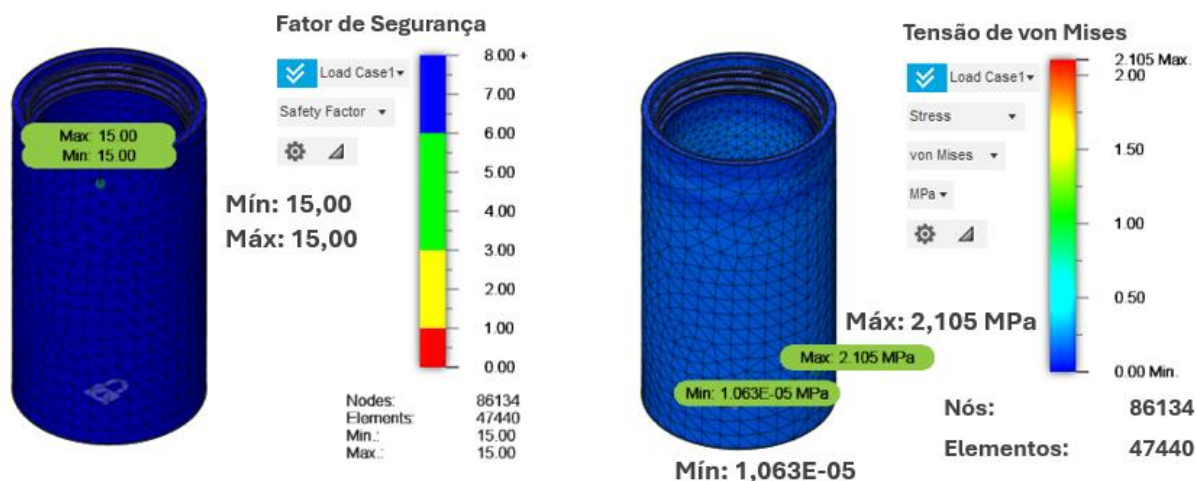
Fonte: autor (2024)

Assim como a alça e a rosca, o módulo base do recipiente também foi analisada, simulando a resistência da conexão superior que sustenta a parte interna do módulo, separada do fundo e das paredes laterais por uma camada de vácuo. Essa parte da estrutura é crucial, pois deve suportar o peso do conteúdo da garrafa sem ceder ou romper.

A simulação aplicou uma carga correspondente ao peso de 4 litros de líquido e os resultados mostraram um máximo de estresse de 2.105 MPa na conexão, bem abaixo do limite de resistência do material utilizado, indicando um fator de segurança satisfatório, acima de 15. Como mostra a Figura 26, a distribuição de tensão foi

uniforme, e os valores de estresse calculados confirmaram que a conexão é mais do que capaz de suportar as cargas esperadas durante o uso normal.

Figura 26 - Análise do módulo base

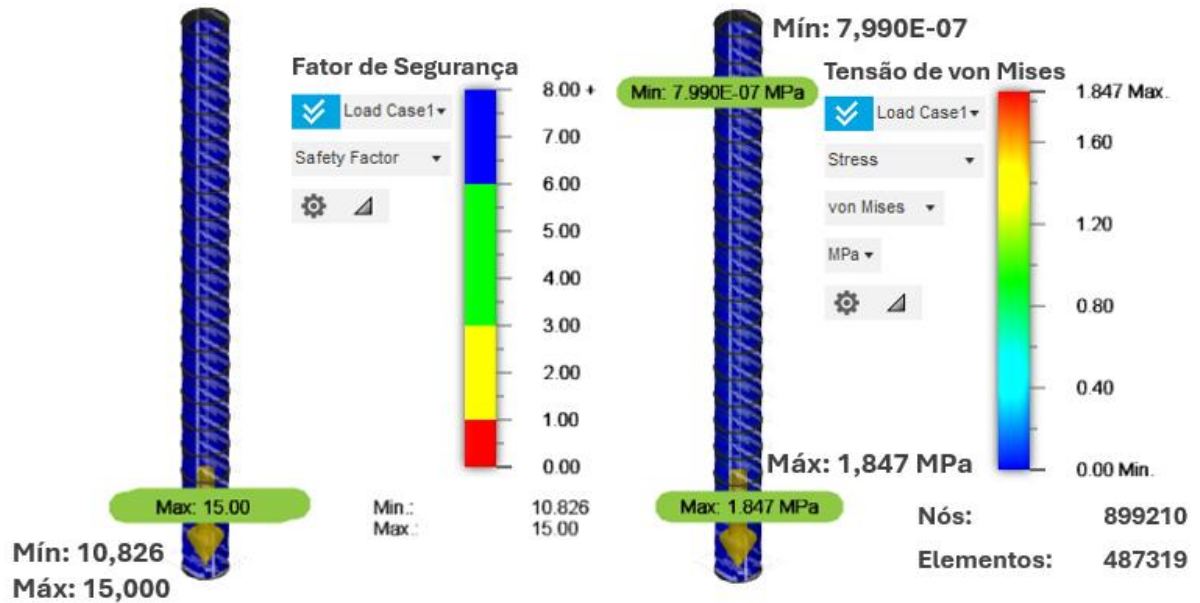


Fonte: autor (2024)

Continuando com as análises de segurança e resistência, foi realizado um teste hidrostático no modelo composto pelo módulo base e mais 18 módulos centrais. Este teste extremo, com uma configuração totalizando 4 litros, embora atípica, foi vital para avaliar a robustez estrutural do design em condições excepcionais. O teste hidrostático é uma forma de avaliação de pressão utilizada para verificar a integridade de recipientes fechados, submetendo-os a uma pressão interna para garantir que possam suportar o uso previsto sem falhar.

Nas simulações, o FEA foi utilizado para aplicar uma pressão interna equivalente ao peso da água, simulando o efeito da carga hidrostática sobre as estruturas da garrafa. A distribuição de tensões e o fator de segurança foram examinados para identificar potenciais pontos de falha ou fraquezas no design. A Figura 27 mostra a distribuição de tensões de von Mises, onde as áreas em vermelho representam as maiores tensões experimentadas, e apresenta o fator de segurança, indicando que a garrafa mantém uma robustez significativa mesmo sob carga máxima.

Figura 27 - Análise hidrostática



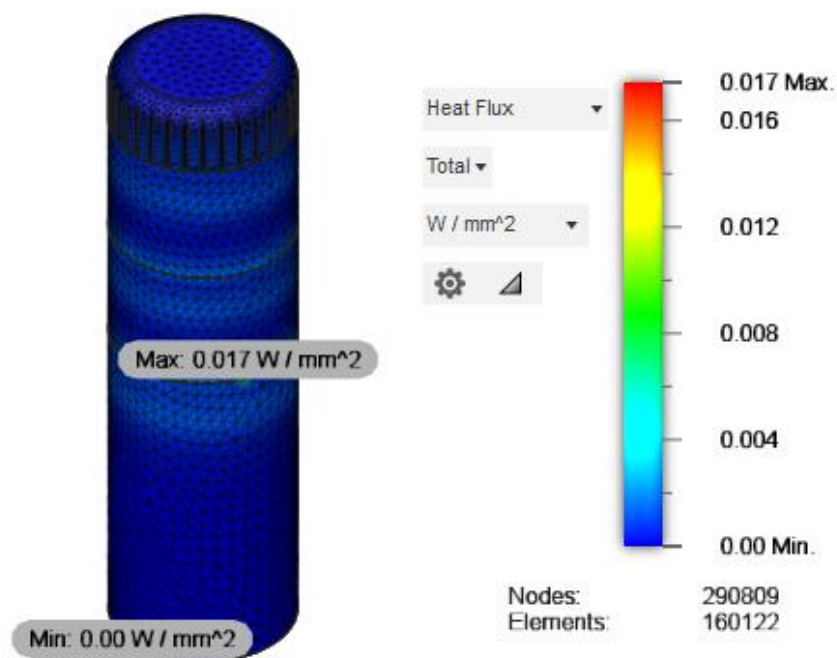
Fonte: autor (2024)

Por fim, foi realizada uma simulação de transferência de calor em estado estacionário para avaliar a eficiência do isolamento térmico do conjunto, composto por um módulo base, dois módulos centrais e uma tampa. Uma simulação em estado estacionário difere das análises transientes por considerar as condições de temperatura como constantes ao longo do tempo, oferecendo uma perspectiva simplificada do comportamento térmico sob um regime constante. Idealmente, uma simulação transiente seria mais adequada para este estudo, pois permitiria analisar a perda de calor ao longo do tempo, mas essa opção não estava disponível no software utilizado.

A simulação foi configurada com água a 80°C no interior e um ambiente externo a 20°C sem ventilação. Para isso utilizou um coeficiente de convecção térmica de 10 W/(m²·K). Esse coeficiente quantifica o calor transferido por unidade de área e diferença de temperatura, refletindo a eficiência de transferência de calor para o ambiente. Além disso, um coeficiente de emissão de radiação de 0,92 foi aplicado, indicando a eficiência do material em emitir radiação térmica em comparação a um corpo negro ideal.

A análise concentrou-se no fluxo de calor através das paredes do recipiente, destacando as roscas como pontos principais de perda de calor. Os resultados, mostrados na Figura 28, indicaram um fluxo de calor máximo de 0,017 W/mm². Este valor destaca a intensidade com que o calor é transferido através das paredes, evidenciando a eficácia da camada de vácuo em minimizar a perda de calor, visto que essa acaba ocorrendo apenas nos elementos de ligação.

Figura 28 - Análise de transferência térmica



Fonte: autor (2024)

As simulações realizadas durante o desenvolvimento do RTM provaram ser uma ferramenta útil para antecipar o comportamento estrutural e térmico dos componentes, oferecendo *insights* iniciais sobre a resistência mecânica das roscas, a durabilidade da alça e o comportamento do isolamento térmico do sistema. Contudo, é necessário reconhecer que os resultados dessas simulações servem apenas como uma previsão preliminar e necessitam de validação através de testes físicos propostos para a Fase 3 do projeto.

Particularmente devido às características da manufatura aditiva como a potencial presença de porosidade e a variação nas propriedades mecânicas devido a orientação de impressão, assim como os desafios relacionados à obtenção do vácuo ideal, os modelos físicos podem se comportar de maneira diferente do previsto pelas simulações. Essas variáveis podem influenciar significativamente a integridade estrutural e a performance térmica dos módulos, fazendo com que os testes práticos sejam indispensáveis para confirmar a viabilidade do design.

4.2.4.2 Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA)

A Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA) foi realizada para identificar e avaliar potenciais falhas no design. Esta análise auxilia na previsão de possíveis problemas que possam comprometer a funcionalidade e a segurança do produto, além de fornecer um plano de ação para mitigar essas falhas. O FMEA, apresentado no Quadro 10, considera, em uma escala de 1 a 10, a severidade (S) dos efeitos das falhas, a frequência (F) com que podem ocorrer e a facilidade com que podem ser detectadas (D), gerando um número de prioridade de risco (RPN) para cada possível falha.

A abordagem inicial para a avaliação das pontuações na matriz FMEA envolveu a exploração de matrizes existentes na literatura, focadas em problemas comuns em garrafas térmicas. A partir dessa pesquisa, uma lista preliminar de modos de falha foi desenvolvida com base no conhecimento e experiência do autor ao longo do desenvolvimento do produto. Posteriormente, esta matriz preliminar foi revisada em conjunto com os participantes da avaliação funcional do produto, descrito no tópico 4.3.3. O *feedback* prático dos participantes permitiu ajustar as pontuações de severidade, frequência e detecção de cada falha, resultando em uma matriz FMEA mais precisa.

Quadro 10 - Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA) (continua)

Item	Modo de Falha	Efeito da Falha	S	F	D	RPN	Ações Recomendadas
Roscas	Desgaste/Ruptura	Vazamentos ou perda de funcionalidade modular	6	6	3	108	Seleção de materiais mais resistentes
Roscas	Desacionamento acidental	Derramamento de líquidos (risco de queimaduras)	10	8	2	160	Desenvolvimento de um mecanismo de trava nas roscas
Alça	Quebra por peso excessivo/quedas	Danificação da alça, substituição necessária	6	2	2	24	Seleção de materiais mais resistentes, ajuste no design
Selagem do orifício de vácuo	Ruptura	Redução da eficiência térmica	5	1	6	30	Troca de materiais, aprimoramento do design de selagem
Módulos	Ruptura devido à queda	Perda de funcionalidade, substituição necessária	6	4	1	24	Seleção de materiais mais resistentes, inspeção rigorosa de qualidade
Revestimento Interno	Contaminação resultante de abrasão	Aumento da porosidade, risco de contaminação	7	4	9	252	Instruções claras ao usuário sobre limpeza, uso de materiais menos abrasivos
Anel de Vedação	Ruptura/Desgaste	Vazamentos de líquidos	6	3	4	72	Substituição fácil pelo usuário, inspeção regular e mudanças no design
Paredes dos módulos	Excesso de temperatura	Deformação dos componentes, vazamentos, risco de queimaduras	8	4	1	32	Alertas ao usuário para não utilizar líquidos acima de 80°C, seleção de materiais mais resistentes ao calor
Paredes dos módulos	Ruptura devido à expansão do líquido congelado	Ruptura das paredes dos módulos, vazamentos	6	4	2	48	Alertar o usuário a não colocar a garrafa no congelador

Quadro 10 - Análise de Modos e Efeitos de Falha (conclusão)

Item	Modo de Falha	Efeito da Falha	S	F	D	RPN	Ações Recomendadas
Anel de Vedação	Falha devido a líquidos gaseificados	Vazamentos, possível ruptura da vedação	6	5	3	90	Alertar o usuário a usar líquidos gaseificados apenas na configuração de copo/caneca
Revestimento da Base	Uso em superfícies abrasivas, impacto ou fricção excessiva	Redução da aderência da garrafa em superfícies lisas, instabilidade	2	7	4	56	Selecionar materiais mais resistentes para o revestimento

Fonte: autor (2024)

A análise FMEA revelou potenciais falhas que poderiam comprometer a funcionalidade e a segurança do RTM. Durante o desenvolvimento dos primeiros protótipos, fabricados em PLA, e a subsequente transição para o PETG, com melhor resistência mecânica e térmica, foram feitas mudanças no design para aumentar a robustez do produto. Por exemplo, pequenas curvaturas foram incluídas nos ângulos para melhorar a resistência mecânica, texturas foram adicionadas aos módulos para melhorar a aderência nas mãos e evitar quedas, e o revestimento inferior em EVA foi implementado para garantir que a garrafa não escorregue em superfícies lisas.

Algumas falhas podem ser mitigadas através de ações recomendadas, mas são inerentes ao design modular do produto. Muitas dessas falhas também dependem do uso adequado pelo usuário, que será claramente instruído sobre os cuidados e limitações do produto. Por exemplo, o desacionamento acidental das roscas foi identificado como um problema de alta prioridade e será revisado no próximo ciclo de desenvolvimento para implementar um mecanismo de trava. Enquanto isso, a quebra do anel de vedação e a deformação térmica são falhas que podem ocorrer, mas que serão mitigadas por meio de instruções claras ao usuário e recomendações sobre os limites de uso do produto. Outras falhas, como a contaminação do revestimento interno e a ruptura devido à expansão do líquido congelado, também foram consideradas e ações preventivas foram planejadas.

A implementação dessas ações ajudará a mitigar os riscos identificados e a melhorar a confiabilidade do RTM. O monitoramento contínuo e revisões periódicas do FMEA são essenciais para garantir a qualidade e a segurança do produto ao longo de seu ciclo de vida.

4.2.5 Plano de Fabricação e Montagem dos Componentes

Esta seção descreve o processo de fabricação e montagem dos componentes do RTM, abordando cada etapa desde a impressão dos módulos até a montagem final dos componentes pelo usuário.

Embora a prototipagem tenha seguido um caminho iterativo, com ajustes constantes no design, o foco aqui é descrever o processo idealizado e os métodos empregados na produção e montagem da versão final dos componentes. A prototipagem em si, incluindo os desafios enfrentados e as lições aprendidas, será abordada na seção de prototipagem.

4.2.5.1 Impressão dos Módulos

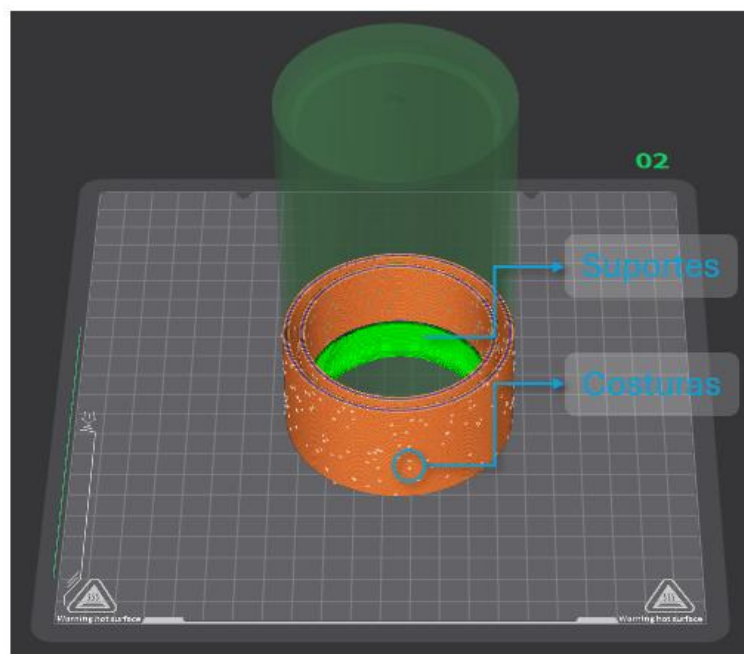
A fabricação dos módulos começa no software de fatiamento, onde o arquivo STL do modelo 3D é preparado para impressão. No caso deste projeto, foi utilizado o Creality Print 5.0, configurado para trabalhar com filamento PETG, seguindo as especificações do fabricante: temperatura de impressão entre 230 e 250 graus Celsius e temperatura da mesa entre 75 e 90 graus Celsius, com impressão a 300 mm/s. Mas essas configurações podem sofrer alterações de acordo com as especificações da marca e modelo de filamento utilizado ou da velocidade da impressão.

A escolha dos bicos de impressão também é um fator crucial para segurança de produtos que entram em contato com alimentos. Bicos de aço endurecido, aço inox ou titânio são recomendados para evitar a contaminação por chumbo, que pode estar presente em bicos de latão. Neste projeto foi utilizado o bico de aço endurecido.

A orientação das peças no software de fatiamento é outro ponto fundamental para garantir a qualidade e a integridade estrutural dos módulos:

- **Módulo Base (M1):** A orientação de invertida é necessária para garantir a integridade da base suspensa. Como mostra a Figura 29, suportes foram adicionados apenas nas bordas para facilitar a remoção e foram necessários *bridging* no fundo interno e externo. A costura (*seam*) foi configurada para *random* para melhorar a aparência e a pegada.

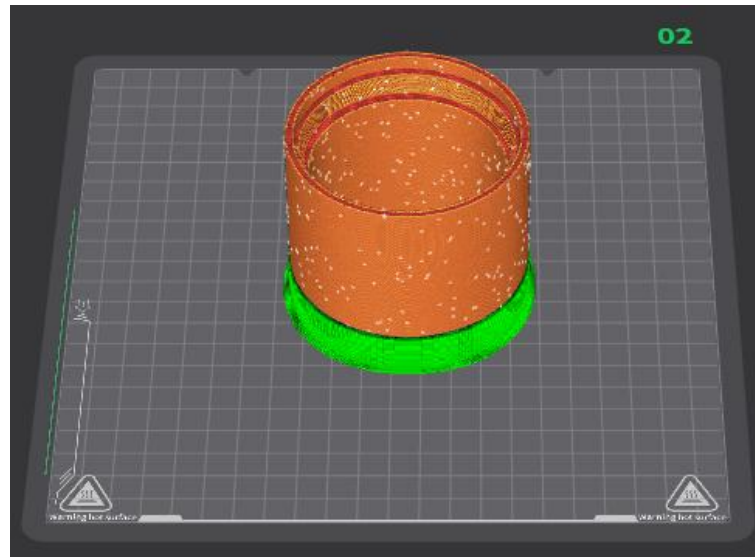
Figura 29 - Orientação de impressão do M1



Fonte: autor (2024)

- **Módulo Central (M2):** Orientado com a rosca macho para baixo, como mostra a Figura 30, isso facilita a remoção dos suportes. A impressão sem suportes foi testada, mas falhas críticas em algumas das impressões justificaram seu uso. A costura foi configurada como *random*.

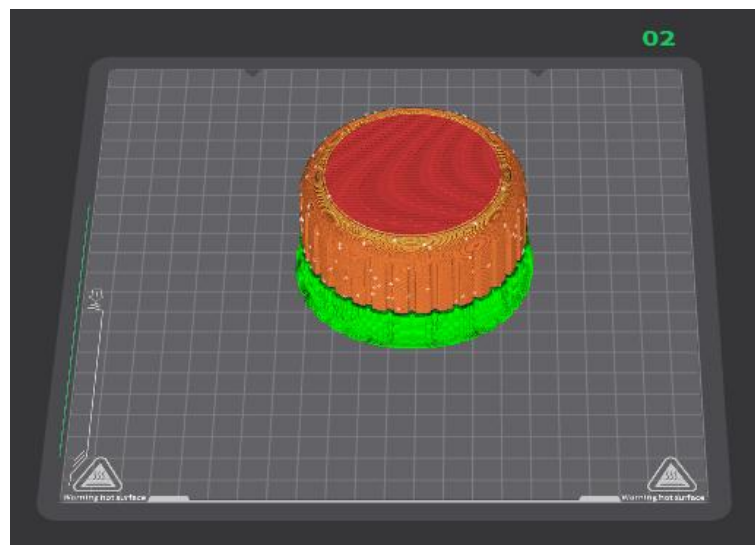
Figura 30 - Orientação de impressão do M2



Fonte: autor (2024)

- **Módulo Tampa (M3):** Como mostra a Figura 31, a orientação em pé é recomendada para evitar cicatrizes nas bordas arredondadas. Suportes devem ser evitados na parte interna da tampa. A costura pode ser configurada de qualquer forma.

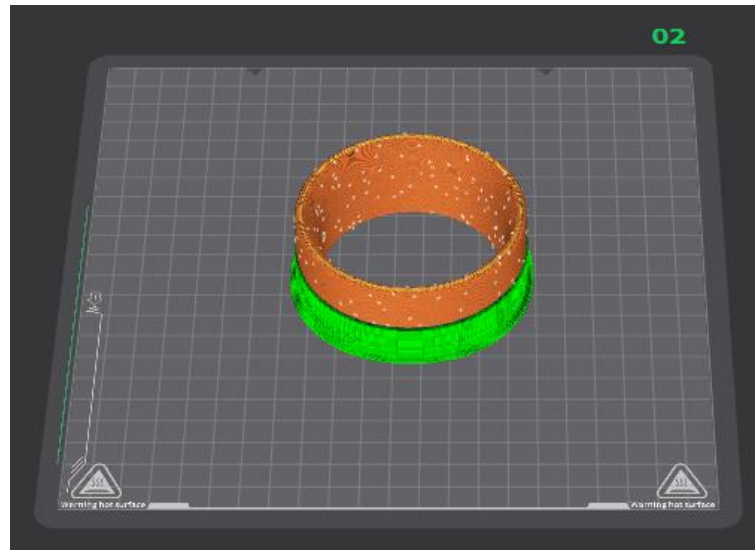
Figura 31 - Orientação de impressão do M3



Fonte: autor (2024)

- **Módulo Bocal (M4):** Deve ser impresso em pé, como mostra a Figura 32, para evitar cicatrizes nas superfícies curvas, com suportes e costura *random*.

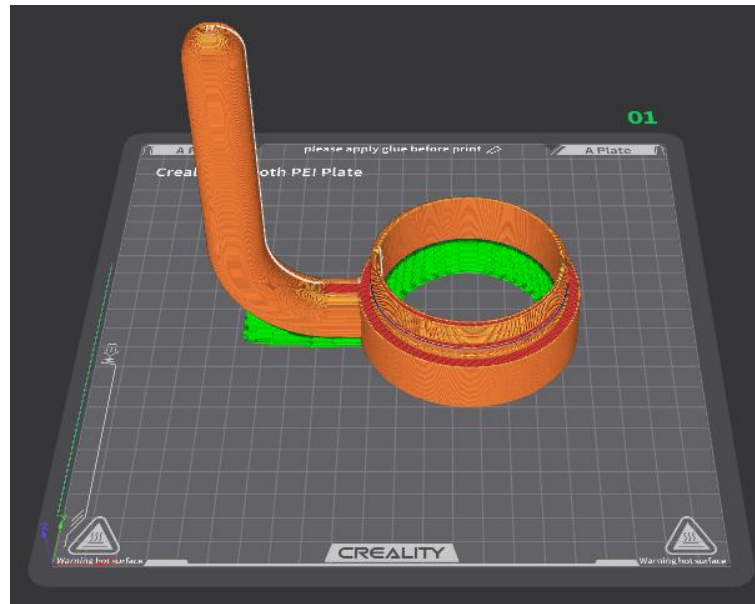
Figura 32 - Orientação de impressão do M4



Fonte: autor (2024)

- **Módulo Alça (M5):** Orientado com a parte de cima para baixo como mostra a Figura 33, necessita de suportes na rosca interna e na base da alça, o que deixa cicatrizes que requerem acabamento. A costura foi configurada como "alinhada" para melhorar a sensação ao toque.

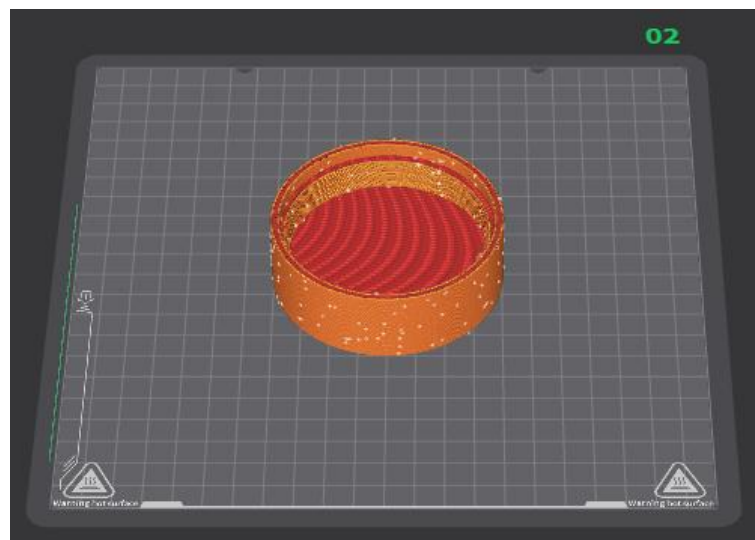
Figura 33 - Orientação de impressão do M5



Fonte: autor (2024)

- **Módulo Tampa Inferior (M6):** Como mostra a figura 34, o modulo foi orientado em pé, sem necessidade de suportes, e a costura configurada como *random*.

Figura 34 - Orientação de impressão do M6

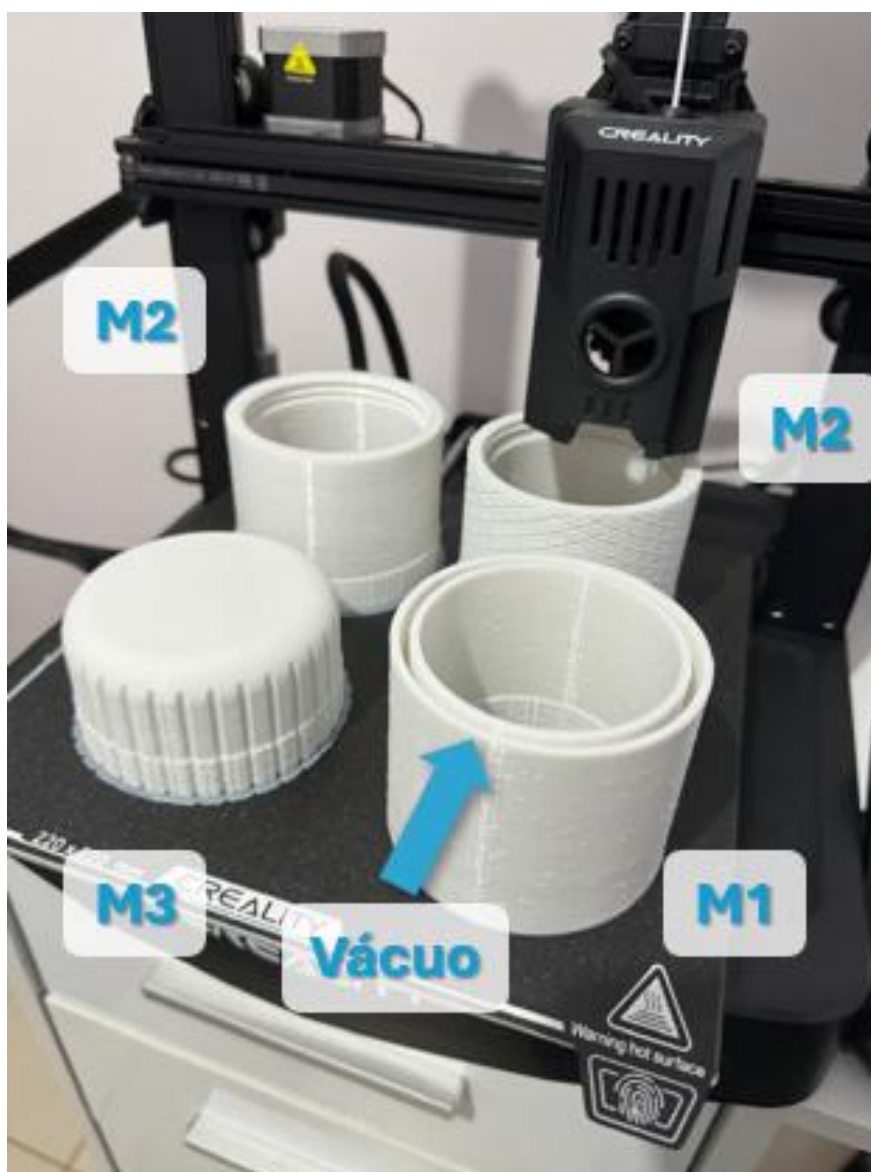


Fonte: autor (2024)

Para todos os módulos, foi utilizado *infill* de 100%, resultando em peças mais resistentes e pesadas. Alternativamente, um *infill* inferior pode ser utilizado para reduzir o peso e melhorar a resistência térmica, formando bolsões de ar com baixa condutividade térmica, mas sacrificando parte da resistência.

Depois de ajustar todos os parâmetros da impressora e orientar as peças, basta enviar para impressão.

Figura 35 - Impressão em andamento



Fonte: autor (2024)

A Figura 35 é um exemplo de impressão em andamento. Onde há dois módulos M2, um liso e um texturizado, mais um módulo M1 e um módulo M3. Sendo possível ver claramente a divisão entre a dupla parede do M1, que ainda está em construção. Este espaço terá o ar posteriormente removido para formação de vácuo parcial.

4.2.5.2 Extração de Ar para Formação de Vácuo

A extração de ar para a formação de vácuo nos módulos do RTM tem por objetivo melhorar a eficiência térmica do produto. Este processo envolve a criação de um vácuo parcial entre as paredes dos módulos, o que ajuda a manter a temperatura dos líquidos armazenados.

Inicialmente, é feita uma pequena concavidade na peça utilizando-se uma microretífica. Em seguida, é feito um furo no centro da concavidade. No módulo M1, M3 e M6, esse furo é realizado na parte inferior; no M2, o furo é feito internamente; e nos demais módulos, não há necessidade de formação de vácuo.

Figura 36 – Agulha adaptada em uma bomba manual



Fonte: autor (2024)

Como mostrou a figura 36, uma seringa com agulha de 0,3 mm foi adaptada na mangueira de silicone de uma bomba manual de pressão negativa, comumente utilizada em aplicações automotivas. A agulha é então inserida através do pequeno orifício perfurado anteriormente, atravessando a concavidade como demonstrado na Figura 37.

Figura 37 - Agulha perfurando o orifício de extração de ar



Fonte: autor (2024)

Após a inserção da agulha, plástico PCL é aquecido em banho-maria até amolecer e, em seguida, é aplicado na concavidade, envolvendo a agulha.

Utilizando a bomba de pressão negativa, o ar é bombeado para fora do espaço entre as paredes do recipiente, reduzindo a pressão interna para valores entre 100 e 160 mmHg, que é o limite do equipamento, formando assim um vácuo parcial.

Para extrair a agulha sem permitir a entrada de ar, o PCL é levemente pressionado com os dedos enquanto a agulha é removida lentamente. À medida que a agulha se move para cima, o espaço deixado por ela é imediatamente preenchido pelo PCL, assegurando que o vácuo seja mantido.

Após o resfriamento completo do PCL, parte dele é removido e substituído por resina epóxi. Esta substituição é feita para garantir uma vedação mais durável e resistente, complementando a eficiência do vácuo e a integridade estrutural do módulo.

4.2.5.3 Aplicação de Resina

A etapa de aplicação de resina epóxi busca garantir que as peças impressas em 3D sejam seguras para o contato com alimentos.

A impressão 3D deixa as superfícies das peças porosas e irregulares, tornando necessário um revestimento interno com resina epóxi para criar uma barreira protetora e higiênica.

Primeiramente, devido à porosidade deixada pela impressão 3D, não é necessário lixar a peça para melhorar a adesão da resina. Em vez disso, a peça é apenas limpa e seca para remover qualquer resíduo de pó ou sujeira. As rosca dos módulos são protegidas com fita crepe para evitar que a resina se deposite nas áreas de rosca, o que poderia comprometer a funcionalidade dos encaixes.

Em um recipiente adequado, é misturada uma proporção de 1:0,5 de resina epóxi: endurecedor. Esta mistura é então cuidadosamente aplicada nas faces internas dos módulos, utilizando um pincel ou uma ferramenta apropriada para garantir uma cobertura uniforme. Após a aplicação, a peça é deixada para curar por um período de 24 a 48 horas. Durante esta etapa, a resina endurece parcialmente, formando uma camada inicial. Essa primeira demão tem a função de selar as irregularidades e porosidades da peça impressa.

Após o período de cura inicial, a peça é lixada para remover quaisquer irregularidades que possam ter surgido durante a aplicação da resina. Nesta etapa, é comum que parte da resina escorra, deixando a parte de baixo mais espessa. O lixamento ajuda a igualar a espessura da resina e prepara a superfície para a aplicação da segunda demão. Em seguida, uma segunda demão de resina é aplicada nas faces internas, garantindo uma cobertura completa e uniforme. Esta camada adicional reforça a barreira protetora e melhora a durabilidade do revestimento.

A peça é então deixada para curar completamente por um período de 7 dias. Este período de cura completa é essencial para garantir que a resina atinja sua máxima resistência e estabilidade química. Após a cura completa, a peça é lixada novamente para igualar a espessura da resina e deixá-la lisa e uniforme, proporcionando uma superfície interna segura e higiênica para o contato com alimentos.

Este procedimento assegura que os módulos do RTM sejam adequados para uso seguro e prolongado, cumprindo as exigências de segurança do alimento e garantindo a qualidade do produto. A Figura 38 ilustra os materiais e equipamentos utilizados durante o processo de aplicação de resina, destacando a importância de cada item no contexto da preparação e finalização dos módulos.

Figura 38 - Equipamentos utilizados na aplicação de resina epóxi

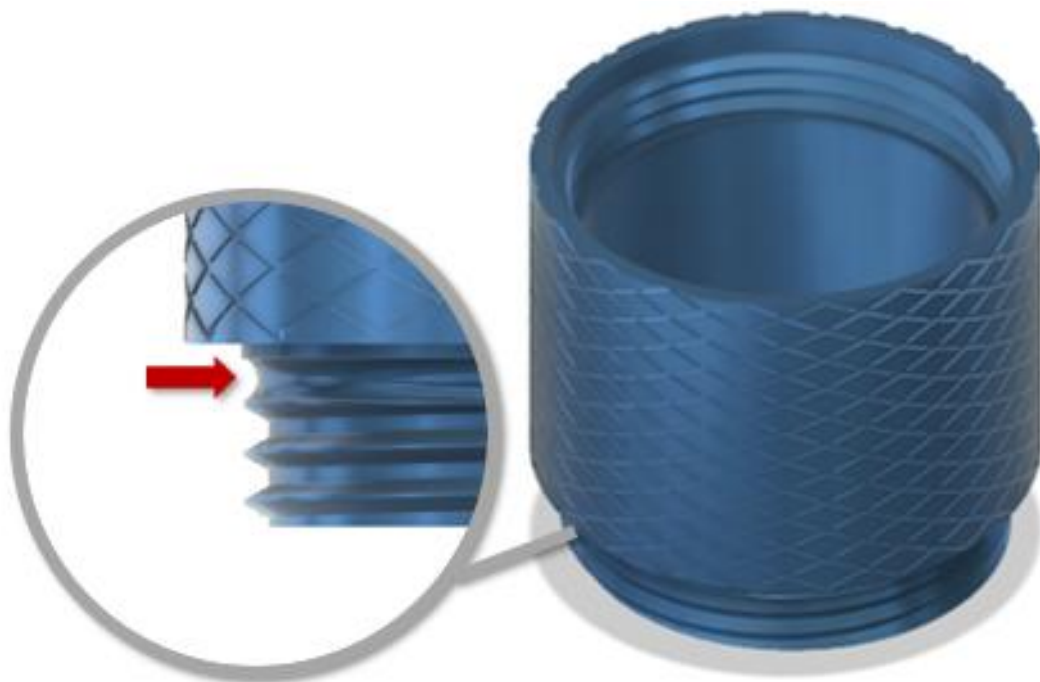


Fonte: autor (2024)

4.2.5.4 Acoplamento dos Anéis de Vedação e Revestimento na Base

O acoplamento dos anéis de vedação busca a estanqueidade dos módulos do RTM. Como mostra a Figura 39, próximo à rosca externa de cada módulo, foi projetado um encaixe específico para acomodar um anel de vedação.

Figura 39 - Encaixe para o anel de vedação



Fonte: autor (2024)

Utiliza-se, então, anéis de borracha nitrílica com um diâmetro interno de 50 mm e externo de 57 mm, com uma seção de 3,5 mm. Esses anéis são menores que a circunferência do encaixe, que é de 71,7 mm, o que requer um leve estiramento do anel para posicioná-lo corretamente. Após o acoplamento, os anéis ficam firmemente fixados, como mostrado na Figura 40, proporcionando uma vedação eficiente que impede vazamentos.

Figura 40 - Peças com os anéis acoplados



Fonte: autor (2024)

A aplicação do EVA na base dos módulos M1 e M6 é uma medida adicional para aumentar a estabilidade e segurança do produto. Inicialmente, imprimiu-se um gabarito 3D para cortar os círculos de EVA com precisão, usando um estilete. O EVA utilizado já vem com uma camada de cola dupla face, facilitando sua aplicação. Basta remover a proteção da cola e fixar o EVA na parte inferior dos módulos.

Esta solução, não contemplada no projeto original, foi adotada como uma medida econômica, aproveitando materiais já disponíveis, para melhorar a segurança

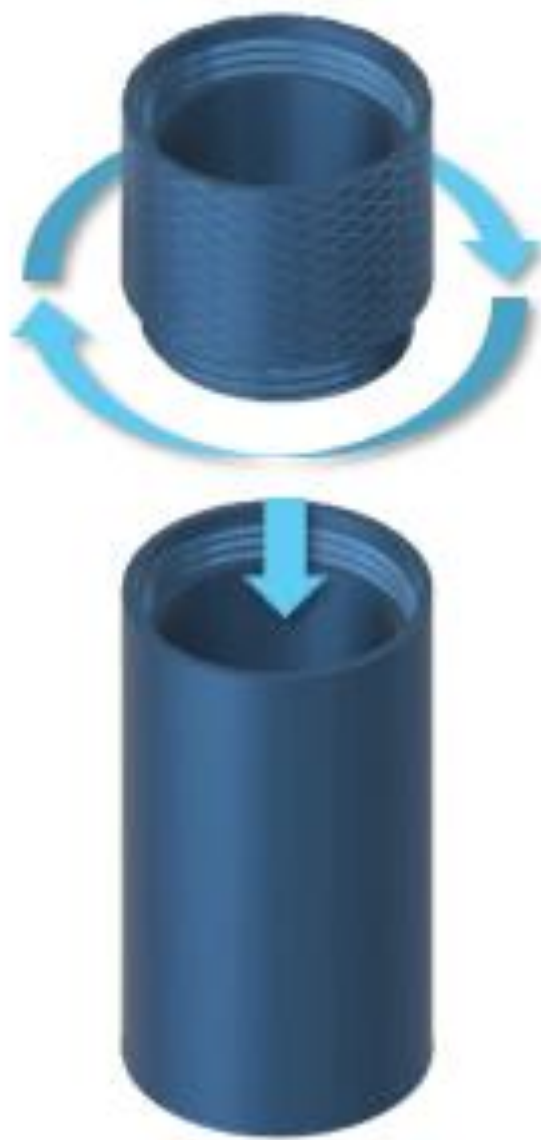
do recipiente. Porém, idealmente, o material mais apropriado para esta função seria silicone ou borracha nitrílica, que proporcionariam um acabamento superior e maior durabilidade.

4.2.5.6 Instruções de Montagem, Cuidados e Sugestões de Uso

Neste tópico, serão abordadas as instruções para a montagem correta do RTM pelo usuário, cuidados essenciais para sua manutenção e uso seguro, além de sugestões de configurações e utilização no dia a dia. Essas orientações têm como objetivo maximizar a durabilidade do produto, garantir a segurança do usuário e explorar a versatilidade oferecida pelo design modular do RTM.

A montagem do RTM é simples e intuitiva, projetada para ser acessível a qualquer usuário. Para montar, basta rosquear um módulo ao outro. Cada módulo possui uma rosca externa, localizada na parte inferior, e uma rosca interna na parte superior, permitindo uma conexão firme e segura entre os módulos. A montagem é iniciada posicionando-se o módulo base (M1) ou a tampa inferior (M6) com a rosca interna voltada para cima. Em seguida, a rosca externa do módulo central (M2) deve ser alinhada com a rosca interna do módulo base. O módulo deve ser girado no sentido horário até que esteja firmemente conectado ao módulo inferior. Este procedimento deve ser repetido para adicionar quantos módulos forem necessários para atingir a capacidade desejada. A montagem é finalizada com a tampa (M3), alça (M5) ou bocal (M4), que deve ser rosqueada na parte superior. O usuário pode adotar outras configurações conforme desejar, basta seguir o procedimento exemplificado na Figura 41.

Figura 41 - Exemplo de montagem



Fonte: autor (2024)

Para garantir a longevidade e o desempenho ideal do recipiente, é fundamental seguir algumas orientações de cuidados e manutenção. Estes cuidados envolvem a temperatura de uso, a limpeza adequada, a manipulação correta dos módulos e precauções específicas para determinados tipos de bebidas. Seguindo essas recomendações abaixo, o usuário poderá aproveitar ao máximo todas as funcionalidades do RTM com segurança e eficiência.

- **Temperatura:** O RTM deve ser utilizado dentro de uma faixa de temperatura de 0°C a 80°C. Temperaturas abaixo de 0°C podem reduzir a estanqueidade, enquanto temperaturas acima de 80°C podem provocar deformação térmica do PETG.
- **Congelamento:** Não se deve congelar líquidos no interior do recipiente, pois a água ao congelar se expande, podendo causar rupturas nas paredes internas.
- **Bebidas gaseificadas:** Devem ser usadas apenas na configuração de copo para evitar danos ao revestimento interno e à vedação devido à expansão dos gases.
- **Limpeza:** Deve-se utilizar apenas panos e esponjas macias para limpeza, evitando materiais abrasivos que possam causar microfissuras que propiciam o alojamento de microrganismos. A limpeza é facilitada pelo design modular que permite fácil acesso a todas as partes. Não se deve lavar o RTM em lavadora de louças.
- **Peso:** As análises FEA foram feitas com até 4L, e as físicas com até 1,2L, não se recomenda utilizar mais do que essa capacidade, nesta versão do produto, para garantir a integridade do recipiente.
- **Manchas e Resíduos:** Limpar imediatamente após o uso de bebidas que possam deixar manchas.
- **Substituição de Módulos:** Em caso de dano a algum módulo, ele deve ser substituído individualmente sem a necessidade de descarte dos demais componentes.

O RTM foi projetado para ser altamente versátil e adaptável a diversas situações do dia a dia. Ele pode ser configurado de várias maneiras para atender às necessidades específicas do usuário, seja para manter a temperatura de bebidas quentes ou frias, facilitar o transporte, ou simplesmente para se adaptar a diferentes volumes conforme a ocasião. No Quadro 11, são apresentadas algumas configurações recomendadas, mas o usuário é encorajado a explorar outras combinações possíveis para tirar o máximo proveito do RTM.

Quadro 11 - Sugestões de configurações (continua)

COPO CURTO



Capacidade: 200 mL

Módulos: M6 (Tampa Inferior) + M2 (Módulo Central) + M4 (Bocal)

COPO GRANDE



Capacidade: 200 mL

Módulos: M6 (Tampa Inferior) + M2 (Módulo Central) + M4 (Bocal)

CANECA PEQUENA



Capacidade: 400 mL

Módulos: M1 (Módulo Base) + M5 (Alça) + M4 (Bocal)



CANECA GRANDE



Capacidade: 600 mL

Módulos: M1 (Módulo Base) + M2 (Módulo Central) + M5 (Alça) + M4 (Bocal)

Quadro 11 - Sugestões de configurações (conclusão)

GARRAFA TÉRMICA	OUTRAS CONFIGURAÇÕES
 <p>Capacidade: 800 mL Módulos: M1 (Módulo Base) + M2 (Módulos Centrais) + M3 (Tampa)</p>	 <p>Capabilidade: 200+ mL Módulos: n*Módulos</p>

Fonte: autor (2024)

Essas são apenas algumas das configurações possíveis, mas existem muitas outras que o usuário pode explorar conforme suas necessidades e criatividade.

4.2.6 Prototipagem: Desafios e Lições Aprendidas

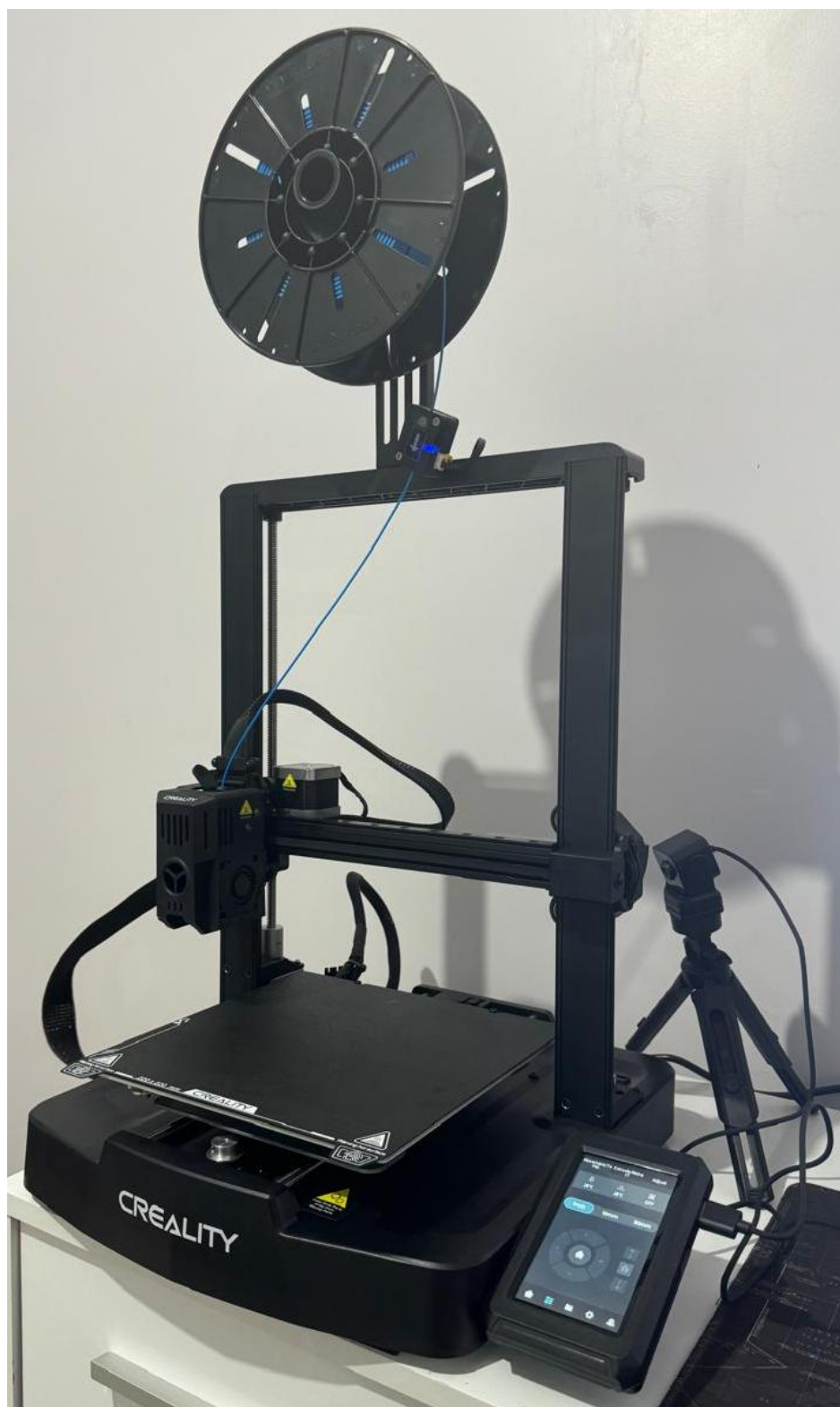
No tópico anterior, 4.2.5 Plano de Fabricação e Montagem dos Componentes, foram apresentadas as versões finais do MVP, destacando os processos de fabricação e montagem dos componentes. No entanto, antes de chegar a esse estágio, foi necessário percorrer um longo caminho de prototipagem, no qual diversos desafios foram enfrentados e lições foram aprendidas. Este tópico visa explorar esses desafios e as soluções adotadas, demonstrando como a etapa de prototipagem foi importante para o desenvolvimento do design do produto.

4.2.6.1 Primeiros Passos

Inicialmente, foi considerada a possibilidade de terceirizar a produção do protótipo. A ideia era desenhar o modelo no software de CAD e então contratar uma oficina para a impressão. As opções locais consultadas, no entanto, não ofereceram suporte técnico adequado, limitando-se à impressão dos modelos fornecidos. As primeiras impressões apresentaram falhas significativas devido a erros de configuração do modelo, resultando em peças que não encaixavam corretamente.

Diante desses obstáculos, foi considerada a contratação de um serviço online de prototipagem. No entanto, ao receber o orçamento, percebeu-se que seria mais econômico adquirir uma impressora 3D e aprender a utilizá-la. Assim, decidiu-se pela compra de uma impressora do modelo Creality Ender 3 V3 KE, mostrada na Figura 42, além de ferramentas e insumos necessários. A montagem da impressora, a instalação de softwares, as atualizações de firmware e a calibração foram realizadas, seguidas pela impressão das primeiras peças de benchmarking para auxiliar em ajustes finos e configurações.

Figura 42 - Impressora 3D



Fonte: autor (2024)

4.2.6.2 Ajustes de Tolerância

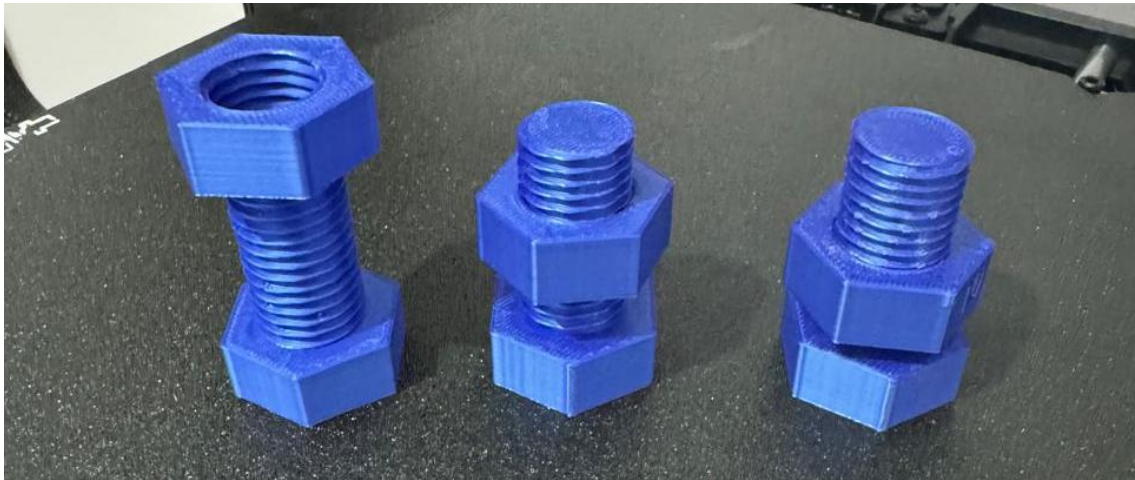
Para iniciar o processo de prototipagem, foi necessário um estudo aprofundado sobre os parâmetros e configurações da impressão 3D, bem como sobre a operação da impressora e do software de fatiamento.

As primeiras falhas observadas nas peças encomendadas, estavam relacionadas às roscas dos módulos, sendo uma delas um erro básico de configuração no Fusion 360. A opção "modelagem" do Fusion 360, se não for selecionada, cria apenas uma representação visual da rosca sem realmente modelá-la na peça, o que impede a impressão correta da rosca funcional. Esta opção existe para facilitar a visualização do design sem sobrecarregar o modelo virtual com detalhes desnecessários, mas no caso da impressão 3D, a rosca precisa ser modelada para garantir funcionalidade.

Outro problema identificado foram as tolerâncias. Cada impressora e cada tipo de plástico têm uma tolerância diferente, afetando o ajuste das peças. A opção padrão de rosca no Fusion 360 considera uma certa folga, mas esta folga era insuficiente na impressão inicial, resultando em peças que não se encaixavam.

Para entender as limitações da impressora adquirida, foi necessário testar diferentes tolerâncias. Para isso, foram modelados e impressos três conjuntos de parafusos e roscas com tolerâncias de 0,05 mm, 0,1 mm e 0,2 mm, que podem ser vistos na Figura 43.

Figura 43 - Parafusos e roscas de teste



Fonte: autor (2024)

O conjunto com 0,05 mm ficou apertado, o de 0,1 mm teve um bom encaixe, enquanto o de 0,2 mm teve folga. Com isso, foi possível determinar que uma tolerância de 0,1 mm era a mais adequada para garantir um encaixe funcional sem comprometer a estabilidade da rosca.

4.2.6.3 Primeiro Protótipo

No início da fase de prototipagem do RTM, o material PLA foi escolhido para a impressão dos primeiros protótipos. O PLA, embora não atenda aos requisitos de resistência mecânica e térmica necessários para o MVP, é amplamente recomendado por especialistas como o material mais fácil de trabalhar, sendo ideal para iniciantes na manufatura aditiva por FDM. Entretanto, o PLA apresenta uma fragilidade relativa e ponto de amolecimento baixo, que começa a cerca de 60°C, o que o torna inadequado para aplicações que requerem maior durabilidade e resistência térmica. Dessa forma, os protótipos teriam que ser testados apenas com bebidas frias ou mornas.

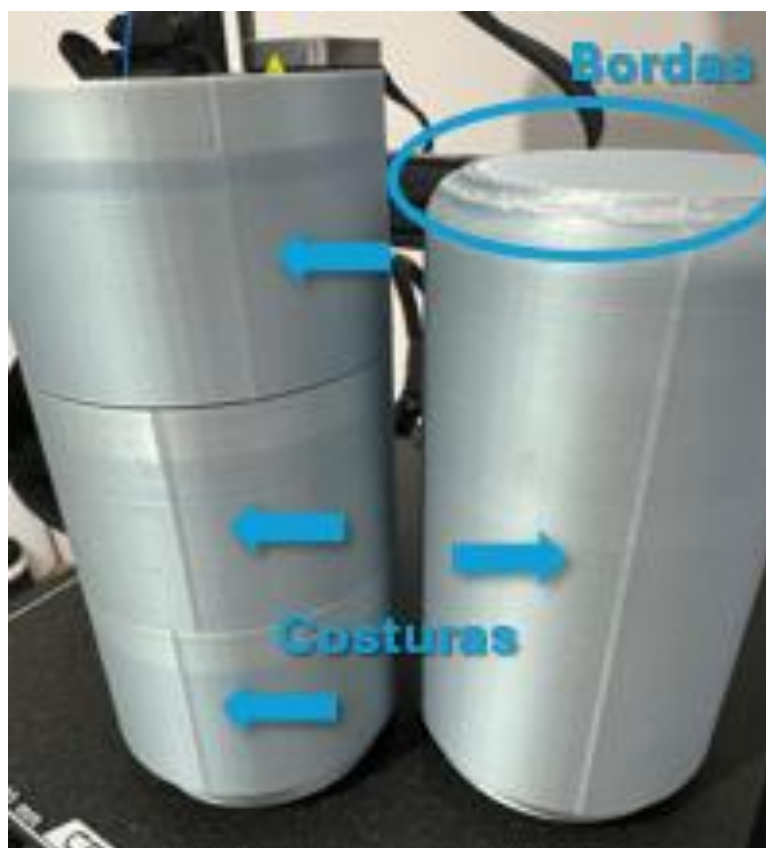
Dada a possível fragilidade do PLA, foi necessário ajustar o design inicial para melhorar a resistência das peças. Assim, a camada de vácuo foi abandonada e em vez disso, foi utilizado um *infill* de 15%, junto com um triplo perímetro. O objetivo era

manter uma boa resistência mecânica, utilizando os bolsões de ar criados pelo *infill* para ajudar na resistência térmica, substituindo assim o vácuo.

Após confirmar as tolerâncias das roscas na prática e atualizar os desenhos para incluir ajustes necessários para a resistência do PLA, foi impresso o primeiro protótipo. O processo incluiu a impressão de dois módulos centrais (M2), um módulo base (M1) e uma tampa (M3), todos ao mesmo tempo.

Alguns problemas foram identificados. A tampa (M3), foi impressa de ponta cabeça para evitar a colocação de suportes automáticos dentro da rosca, o que tornaria a remoção particularmente difícil nesse primeiro design. No entanto, essa orientação de impressão deixou marcas nas bordas arredondadas da tampa, comprometendo a estética. O mesmo problema relativo as bordas arredondadas foram observadas na base (M1), que possuía bordas arredondadas na parte inferior.

Figura 44 - Problemas na primeira versão do protótipo



Fonte: autor (2024)

Além disso, a costura (*seam*) também apresentou desafios. Na impressão inicial, a configuração padrão do fatiador estava definida para "alinhada". Porém, em um cilindro, onde não há cantos para esconder a costura, ela ficou bastante pronunciada. Além disso, como são vários módulos conectados, a costura acabou desalinhada ao longo da garrafa, resultando em várias linhas desalinhadas que comprometiam a uniformidade do design, como mostrou a Figura 44.

4.2.6.4 Segundo Protótipo

Após os aprendizados do primeiro protótipo, foi realizado a segunda iteração no ciclo de prototipagem para implementar melhorias no design do RTM. As modificações no design da base incluíram a remoção da borda arredondada na parte inferior, visando simplificar a fabricação. Para a tampa, a solução adotada foi imprimi-la em pé, com a opção de autossuportes desativada, permitindo uma impressão sem suportes e eliminando as marcas nas bordas arredondadas. Nesse momento, a tampa foi impressa separadamente porque ainda não havia sido adquirido o conhecimento sobre o uso de suportes personalizados no software de fatiamento.

Um dos principais desafios do primeiro protótipo foi a costura pronunciada e desalinhada ao longo dos módulos. Para resolver esse problema, a configuração de costura foi alterada para a opção aleatória (*random*).

Esta escolha resultou em uma aparência mais uniforme e estética, dando a impressão de uma textura deliberada que, além de melhorar a aparência, também aumentou a aderência do recipiente, tornando-o mais seguro para manuseio.

Figura 45 - Segundo protótipo com 800 mL



Fonte: autor (2024)

As modificações implementadas no segundo protótipo, Figura 45, garantiram a impressão bem-sucedida de todas as peças. As alterações na base e na tampa resolveram os problemas identificados anteriormente, enquanto a nova abordagem para a costura melhorou significativamente a aparência e a funcionalidade do RTM.

4.2.6.5 Terceiro Protótipo

Após o sucesso do segundo protótipo com a costura aleatória, a impressão das peças resultou em uma aparência uniforme e uma textura que melhorou a estética e a funcionalidade do RTM. Isso inspirou o desenvolvimento de novos padrões de textura, com o objetivo de aumentar as possibilidades de personalização para os usuários e ajudar a esconder as costuras de forma ainda mais eficaz. O desenvolvimento dessas texturas visava não apenas a estética, mas também a funcionalidade, proporcionando uma superfície antiderrapante e mais segura para o manuseio do produto.

Paralelamente, a confiança adquirida com os protótipos iniciais levou à reintrodução da camada de isolamento por vácuo, anteriormente deixada de lado devido à fragilidade percebida do PLA. Junto com essa reintrodução, a densidade do *infill* foi aumentada para 100%, para garantir boa resistência mecânica. Essa modificação teve como objetivo melhorar a eficiência térmica do RTM, mantendo a integridade estrutural das peças.

Para testar essas novas alterações, foram impressas diversas peças em diferentes cores, com os novos padrões de textura, mostrados na Figura 46. Os resultados foram satisfatórios: as peças apresentaram uma estética visualmente atraente e a resistência do recipiente com a camada de vácuo mostrou-se robusta no uso normal, apesar de não terem sido realizados testes de estresse para confirmar sua resistência em condições extremas.

Figura 46 - Novos padrões e possibilidades de personalização



Fonte: autor (2024)

A impressão com texturas variadas permitiu observar que as novas superfícies não apenas escondiam eficazmente as costuras, mas também adicionavam um elemento visual e funcional ao design do RTM, contribuindo para um produto mais versátil.

4.2.6.6 Estanqueidade

Desde o primeiro protótipo, os testes de estanqueidade falharam, com água vazando por todos os elementos de conexão. Esses resultados, porém, já eram esperados sem os anéis de vedação. Para resolver essa questão, foram encomendados anéis de silicone personalizados da China, ainda na fase de desenvolvimento do design. A entrega, entretanto, enfrentou atrasos significativos, incluindo tempo de confecção, envio, e retenção na alfândega.

Durante a espera, alternativas foram testadas. Primeiro, tentou-se confeccionar anéis de vedação utilizando moldes impressos em 3D e silicone. O processo, no entanto, resultou em peças frágeis que quebravam ao serem removidas do molde. Em seguida, foram adquiridos anéis de borracha nitrílica com diâmetros próximos ao necessário. Embora fosse possível esticá-los para o tamanho desejado, a fixação ficou inadequada, pois os anéis esticados corriam para dentro da rosca.

Para solucionar esses problemas, foram feitos ajustes no design dos módulos. Adicionou-se uma ranhura específica para o anel na base do elemento de conexão externo, e um pequeno espaçamento no elemento de conexão interno. Além disso, a direção das roscas internas e externas foi invertida para melhorar a estética e a ergonomia.

Para testar a vedação, modelou-se um pote com uma tampa simplificada, Figura 47. A primeira versão ficou frouxa, permitindo vazamentos. Ajustes subsequentes resultaram em uma segunda tampa mais apertada, que exigia força significativa para fechar. Finalmente, a terceira versão teve um bom encaixe, vedando completamente a água.

Figura 47 - Pote e tampas para teste de estanqueidade



Fonte: autor (2024)

Esses testes demonstraram a eficácia dos ajustes realizados, permitindo avançar para a próxima fase do desenvolvimento com confiança na estanqueidade dos módulos.

4.2.6.7 Quarto Protótipo

Após a implementação de todos os ajustes testados nos potes, incluindo a mudança na disposição das roscas e uma pequena alteração no design da tampa, foi decidido avançar com a impressão do quarto protótipo. Com a confiança adquirida nas etapas anteriores, optou-se por utilizar PETG em vez de PLA para este protótipo. No entanto, os módulos impressos inicialmente não encaixaram devido às tolerâncias usadas para o PLA, que não se adequavam ao PETG.

Para resolver esse problema, foram impressos quatro parafusos em PETG para testar diferentes tolerâncias. Verificou-se a necessidade de aumentar a tolerância para 0,2 mm. Após ajustar os desenhos conforme essa nova tolerância, uma nova impressão foi realizada, e os encaixes funcionaram perfeitamente. Enquanto os módulos da impressão anterior foram desbastados manualmente usando uma lima até que o encaixe se tornasse adequado.

Com os ajustes implementados, foram fabricadas duas cópias dessa versão do protótipo, uma em PETG branco e outra em PETG translúcido. A versão translúcida foi projetada para permitir a visualização da cor do líquido armazenado em seu interior. Ambos os protótipos foram impressos com uma densidade de *infil* de 100%, garantindo robustez e resistência. Os testes de estanqueidade realizados nessas cópias foram bem-sucedidos, confirmando a eficácia dos ajustes.

Posteriormente, também foram impressas versões adicionais em PETG preto e PLA azul com *infil* de 15%. Essa variação de material e *infil* permitiu avaliar a resistência térmica e mecânica em uma diferente configuração.

4.2.6.8 Módulos Adicionais

Com a versão final do MVP consolidada, as atenções se voltaram para a criação de módulos adicionais que pudessem melhorar a experiência do usuário. Existiam diversas possibilidades em relação à tampa, mas que exigiriam mudanças radicais nos designs. Para manter a simplicidade do projeto e evitar dispersão de esforços, foram priorizados dois módulos simples que adicionavam funcionalidades específicas.

O primeiro desses módulos foi o bocal (M4), projetado para ser utilizado na configuração de copo, visando melhorar a aparência e a experiência de toque do usuário. O segundo módulo foi a alça (M5), concebida para transformar o recipiente em uma caneca, facilitando a manipulação e o transporte.

A ideia do terceiro módulo adicional, a tampa inferior (M6), surgiu a partir de um acidente durante a impressão do protótipo em PETG preto. Ocorreram duas falhas críticas. A primeira foi detectada pela inteligência artificial da câmera que monitorava o processo, interrompendo imediatamente a impressão. A segunda falha, por alguma razão desconhecida, não conseguiu interromper automaticamente a impressão, resultando no uso de grande parte do carretel de filamento em peças defeituosas.

As falhas foram causadas por um erro na orientação da peça, que foi entendido e corrigido posteriormente. Como o filamento restante não era suficiente para imprimir uma garrafa completa, decidiu-se imprimir os módulos um a um até onde o filamento durasse. Durante esse processo, inspirado nos potes utilizados no teste de estanqueidade, foi impresso um pote sem volume interno, que serviu como uma tampa inferior contendo uma camada de vácuo.

Esse novo módulo trouxe a possibilidade de uma configuração adicional, permitindo a criação de um copo de 200 mL, ampliando as opções de uso do RTM e proporcionando ainda mais versatilidade ao produto.

4.2.6.9 Vácuo

A extração do ar para a formação do vácuo parcial entre as paredes do recipiente é uma etapa complexa que exigiu muitos estudos e improvisações.

Na indústria, o processo é realizado da seguinte forma: após a ampola da garrafa ser hermeticamente soldada ou colada no corpo, um pequeno orifício é feito no fundo da garrafa para a extração do ar. As garrafas são então colocadas de ponta-cabeça dentro de uma câmara de vácuo, com uma pequena esfera em cima, que servirá para selar o orifício após o ar ser removido, como mostra a Figura 48. Esse processo pode levar de 4 a 6 horas para que a pressão interna da garrafa atinja valores entre 1 e 25 mmHg, considerados ideais para recipientes de alto desempenho. A esfera é feita de um material com ponto de fusão inferior ao do corpo da garrafa, como o estanho no caso de garrafas de aço, por exemplo. Quando a pressão ideal é atingida, a câmara é aquecida até que o material selante derreta e cubra o orifício, sem danificar a garrafa.

Figura 48 - Posicionamento de material selante



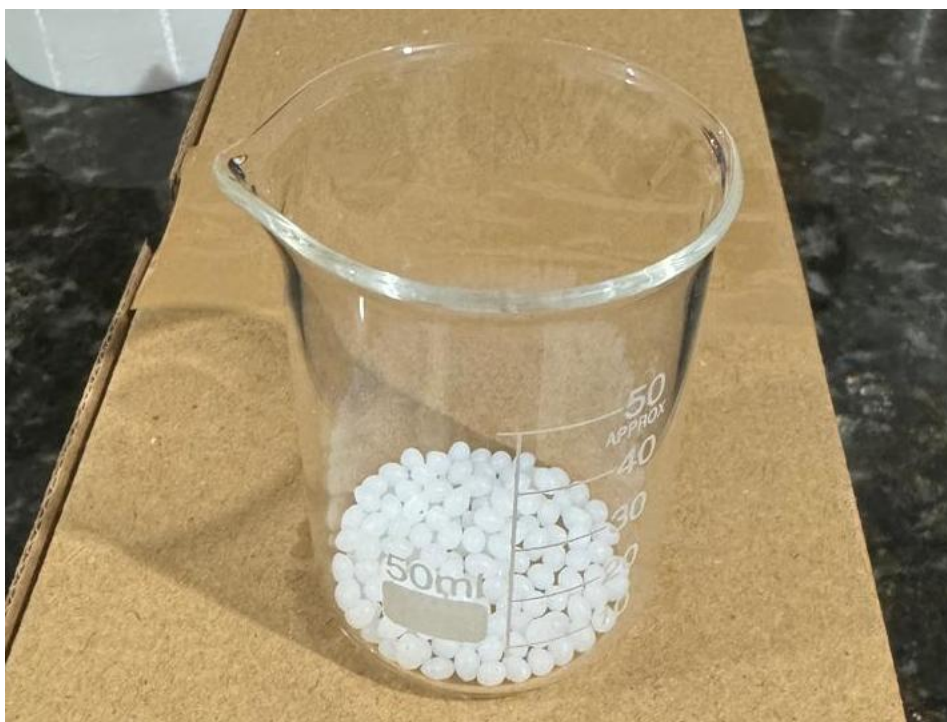
Fonte: Sungory (2022)

Existem câmaras de vácuo de menor escala para uso laboratorial, mas estas têm um preço bastante elevado. Assim, optou-se por um método alternativo, utilizando uma bomba manual de pressão negativa, normalmente usada na manutenção automotiva para remoção de fluidos. Embora esse equipamento não atinja os níveis de pressão dos recipientes de alto desempenho, ele consegue reduzir a pressão interna para valores entre 100 e 160 mmHg, criando um vácuo parcial eficaz para a conservação de temperatura.

Para adaptar a bomba manual à garrafa, modificou-se a mangueira de silicone, utilizando uma agulha de 0,3 mm e sua embalagem, um frasco plástico similar a uma ampola que se encaixa hermeticamente à mangueira. Um pequeno orifício foi feito na base do frasco e, no topo dele, a agulha foi colada inicialmente com cola instantânea e depois com uma camada de cola de silicone, garantindo uma conexão segura e hermética. Com isso, o dispositivo de remoção de ar, mostrado na Figura 42, estava pronto.

Buscou-se então materiais que pudessem servir como selante, com temperatura de fusão inferior à do PETG, para não danificar o corpo do recipiente. O PCL, Figura 49, com temperatura de deformação em 60°C, foi escolhido.

Figura 49 - Plástico PCL



Fonte: autor (2024)

A preparação para o vácuo ocorreu em paralelo ao desenvolvimento dos designs e da prototipagem. Inicialmente, a intenção era modelar a concavidade de deposição do material selante e o orifício de extração do ar diretamente nos desenhos dos protótipos, mas os testes iniciais revelaram problemas de tolerância e mudanças

constantes nos projetos inviabilizaram a estratégia. A alternativa foi criar a concavidade e o orifício após a fabricação, utilizando uma microretífica e uma pequena broca de 0,3 mm. Para verificar a viabilidade do procedimento, imprimiu-se pequenas chapas de teste até conseguir a precisão desejada, comprovando-se a eficácia do método.

Em seguida, imprimiu-se cubos ocios para testar a extração do ar e a selagem, conseguindo-se atingir uma pressão de 120 mmHg com a bomba manual. Para selar o orifício, inicialmente pretendia-se liquefazer o PCL para colocá-lo na concavidade, mas, ao ser aquecido a alta temperatura, o material começou a se degradar termicamente. Por este motivo, optou-se pelo banho-maria, colocando o material dentro de um béquer com água em temperatura constante a 100°C. O material amoleceu e ficou maleável, permitindo sua deposição na concavidade, conforme mostra a Figura 50, após lixamento.

Figura 50 - Cubo de teste com orifício selado



Fonte: autor (2024)

Os testes foram bem-sucedidos nos cubos e depois replicados nos protótipos, seguindo os procedimentos descritos no tópico 4.2.5.3 Extração de Ar para Formação de Vácuo. Esse processo garantiu a criação de um vácuo parcial eficaz, contribuindo para o desempenho do RTM.

4.2.6.10 Aplicação de Resina e Acoplamento do EVA

Durante a fase de prototipagem, as etapas de aplicação de resina epóxi e o acoplamento do revestimento de EVA foram importantes para garantir a funcionalidade e durabilidade do RTM.

A aplicação de resina epóxi no interior das peças impressas foi necessária para selar a porosidade inerente à manufatura aditiva e garantir que as superfícies internas fossem seguras para contato com alimentos. Este processo já foi descrito no tópico 4.2.5.4 Aplicação de Resina, onde cada etapa, desde a mistura da resina até o lixamento final, foi cuidadosamente explicada.

O acoplamento do revestimento de EVA na base dos módulos M1 e M6 foi uma adição importante para melhorar a aderência e a estabilidade do RTM em diferentes superfícies. Este procedimento foi previamente abordado no tópico 4.2.5.5 Acoplamento dos Anéis de Vedação e Revestimento na Base, que detalhou o corte e a colagem do EVA, além dos desafios e soluções encontrados.

Embora esses processos tenham sido abordados nos tópicos de fabricação e montagem, sua implementação prática durante a prototipagem foi fundamental para validar as melhorias de design e garantir que o produto atendesse aos requisitos de qualidade e segurança. Esses ajustes demonstraram ser eficazes, contribuindo significativamente para o refinamento do MVP.

4.2.7 Conclusão da Fase 2

A prototipagem do RTM desempenhou um papel crucial no desenvolvimento do produto, permitindo a identificação e correção de diversos desafios técnicos e de design. Esta fase possibilitou iterar rapidamente sobre o design inicial, implementando melhorias significativas com base nos testes realizados.

Problemas relacionados às roscas, vedação e resistência dos materiais foram corrigidos. Desde os primeiros protótipos em PLA até os modelos finais em PETG, cada iteração aprimorou o produto. O uso de diferentes texturas e a inclusão de novos módulos, como a alça e o bocal, foram incorporados com base nas lições aprendidas.

A aplicação de resina epóxi e as soluções para a criação do vácuo entre as paredes do recipiente foram fundamentais para alcançar os objetivos de desempenho térmico e durabilidade do RTM. Embora a extração do ar tenha sido complexa, a improvisação com ferramentas acessíveis foi bem-sucedida e contribuiu significativamente para o refinamento do design.

Esta abordagem iterativa e colaborativa entre design e prototipagem destacou a importância de um desenvolvimento ágil e adaptável, assegurando que o produto atenda às expectativas dos usuários e requisitos técnicos estabelecidos.

4.3 Fase 3 – Análise e Validação do MVP

A Fase 3 do desenvolvimento do RTM concentrou-se na avaliação prática do protótipo através de ensaios técnicos, avaliações funcionais e da coleta de feedback dos usuários. Esta etapa foi essencial para validar o desempenho do produto em condições reais de uso e identificar possíveis áreas de melhoria.

Os ensaios técnicos e avaliações funcionais verificaram a eficácia das soluções adotadas nas fases anteriores. Simultaneamente, o feedback dos usuários forneceu *insights* sobre a experiência de uso, ajudando a identificar ajustes necessários e novas oportunidades de aprimoramento.

4.3.1 Ensaios Técnicos

Os ensaios técnicos do RTM foram realizados com base na norma técnica NBR 13282, que estabelece os critérios para a validação de recipientes térmicos portáteis com isolamento por vácuo. Esses testes visaram identificar áreas de melhoria para os próximos ciclos de desenvolvimento, fornecendo dados essenciais para a otimização do produto.

A norma abrange ensaios que verificam aspectos como eficiência térmica, resistência ao impacto, aderência da pintura, resistência a choques térmicos, estabilidade, resistência da alça, volume e estanqueidade.

Embora a metodologia específica não possa ser reproduzida devido a restrições de direitos autorais, os testes são descritos a seguir, detalhando-se os resultados obtidos para cada um deles.

4.3.1.1 Inspeção Visual Geral

A norma técnica exige que o recipiente térmico seja inspecionado visualmente para identificar quaisquer danos estruturais ou imperfeições significativas que possam afetar seu desempenho durante os ensaios técnicos.

Durante a inspeção, todos os módulos e componentes do RTM foram avaliados, incluindo a base, os módulos centrais, a tampa, a alça e o bocal. As roscas estavam em conformidade com as especificações de design e os elementos de vedação presentes estavam corretamente posicionados. Não foram encontrados amassados, fissuras, partes quebradas ou outros danos estruturais.

O produto atendeu aos critérios estabelecidos pela norma, passando com sucesso por esta etapa do teste, confirmando a ausência de danos que pudessem comprometer os resultados dos ensaios subsequentes.

4.3.1.2 Ensaio de Eficiência Térmica em Alta Temperatura

Para realizar o teste de eficiência térmica, foi necessário considerar que a resistência teórica do PETG, material utilizado na fabricação da garrafa, é limitada a temperaturas entre 70 e 80°C. Acima dessa faixa, pode ocorrer deformação, enquanto a resina epóxi interna resiste até 110°C, segundo informação do fabricante. Mesmo com essas limitações, a validação foi conduzida para verificar o comportamento do material sob condições extremas, com a possibilidade de substituição do recipiente caso ocorresse falha.

Apesar de não ser um requisito da norma, optou-se por adicionar mais duas garrafas ao teste, como forma de comparação. Assim o recipiente foi testado na configuração de 600 mL. Escolhido para aproximar seu volume ao das outras duas garrafas de 450 mL, uma térmica de aço inox com isolamento por vácuo e a outra convencional de alumínio. Apesar de existir a possibilidade do RTM ser configurado

para 400 mL, a escolha da adição do módulo central de 200 mL foi intencional para avaliar sua influência no desempenho térmico conforme a norma NBR.

Inicialmente, todas as garrafas foram deixadas em um ambiente controlado a (25 ± 2) °C por 2 horas. Em seguida, como pede a norma, foram preenchidas com água a temperatura acima de 90°C, tampadas, invertidas para verificação de vedação e deixadas em repouso por 5 minutos para equalização da temperatura. Após esse tempo foram destampadas e quando a temperatura atingiu 90°C, as garrafas foram fechadas novamente e preparadas para o teste. Nesse ponto, constatou-se um vazamento na rosca do módulo central do RTM.

Após esvaziar a garrafa e inspecionar, foi observada uma deformação térmica que ocorreu apenas na rosca do módulo central, possivelmente devido à combinação de ação térmica e mecânica ao carregar a garrafa. O módulo central foi substituído e o teste repetido com a temperatura ajustada para 70°C. Dessa vez, não houve problemas, mesmo ao carregar a garrafa pelo topo. As outras duas garrafas também tiveram suas temperaturas iniciais ajustadas para 70°C e foram levadas à bancada.

As garrafas foram deixadas em repouso por 3 horas, durante as quais um termômetro laser industrial foi usado para identificar pontos de dissipação de calor, conforme mostra a Figura 51. Confirmando que, assim como previsto na análise FEA, a rosca do módulo central era o principal ponto de perda térmica.

Figura 51 - Análise dos pontos de dissipação de calor



Fonte: autor (2024)

Conforme mostra a Figura 52, após 3 horas, o RTM apresentou uma temperatura de 49,4°C, enquanto a garrafa térmica de aço inox manteve 62,3°C e a convencional de alumínio ficou próxima à temperatura ambiente, com 25,3°C.

Figura 52 - Temperaturas finais do ensaio de eficiência a alta temperatura



Fonte: autor (2024)

Para analisar os resultados por meio da tabela de requisitos mínimos, presente na norma, foi aplicada a Lei do Resfriamento de Newton, que descreve a taxa de resfriamento de um objeto em relação à diferença de temperatura entre o objeto e seu ambiente. Este princípio é expresso pela Equação 1.

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{amb}) \quad (1)$$

Onde:

- dT/dt é a taxa de mudança da temperatura do objeto com o tempo;
- K é a constante de resfriamento específica do sistema;
- T é a temperatura do objeto;
- T_{amb} é a temperatura ambiente.

Para determinar a constante de resfriamento K , foi necessário registrar as temperaturas da água na garrafa ao longo do tempo. Com esses dados, aplicou-se a

Equação 1 para calcular K. Esse processo envolveu observar a taxa de decaimento da temperatura inicial até a temperatura final após o período de 3 horas.

Com a constante K determinada, foi possível simular o comportamento térmico da garrafa se a temperatura inicial fosse de 90°C, como pedia a norma. Utilizando novamente a Equação 1, ajustada para a nova condição inicial, a provável temperatura final foi calculada. A simulação indicou que, sob as mesmas condições de teste, a temperatura da água na garrafa RTM teria sido aproximadamente 60,25°C após 3 horas.

Assim, concluiu-se que a garrafa RTM demonstrou propriedades térmicas superiores a uma garrafa convencional, mas foi reprovada nos critérios da norma, que exigem uma temperatura mínima de 77°C após 3 horas para um recipiente de 600 mL. A garrafa térmica de aço inox, por comparação, foi aprovada com uma temperatura ajustada de 78,9°C, atendendo ao requisito de 75°C para um volume de 450 mL.

4.3.1.3 Ensaio de Eficiência Térmica em Baixa Temperatura

O teste de eficiência térmica em baixa temperatura não é um requisito da norma técnica, mas foi realizado para avaliar o comportamento do RTM e compará-lo com outras garrafas térmicas. A escolha de realizar este teste adicional se deve à importância de verificar a performance do produto em diferentes condições de uso, fornecendo uma análise mais abrangente.

Foram testadas cinco garrafas, exibidas na Figura 53: o RTM (A) configurado para 600 mL, uma garrafa térmica de aço inox com isolamento por vácuo de 450 mL de uma marca conceituada (B), uma garrafa térmica de aço inox com isolamento por vácuo de 450 mL de uma marca menos conhecida (C), uma garrafa térmica de aço inox com isolamento por vácuo de 700 mL de uma marca genérica (D), e uma garrafa convencional de alumínio sem isolamento com capacidade de 450 mL (E).

Figura 53 - Recipientes utilizados no ensaio térmico de baixa temperatura



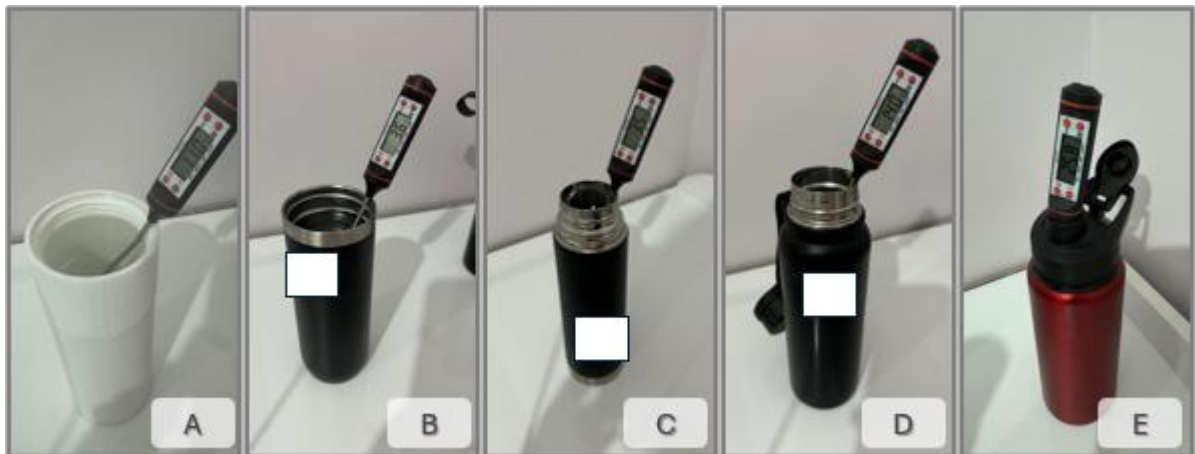
Fonte: autor (2024)

O procedimento começou com o preenchimento das garrafas com água a 0,5°C. As garrafas foram fechadas, invertidas para verificar a vedação e, após a confirmação, deixadas em repouso por 5 minutos para a equalização da temperatura. Diferente do procedimento de alta temperatura, as garrafas foram esvaziadas e novamente preenchidas com água a 0,5°C para garantir a precisão da temperatura inicial.

Após alguns minutos, foi constatado um vazamento no RTM devido à contração térmica da garrafa e do anel de vedação, um fator não considerado durante o desenvolvimento do protótipo. Para contornar este problema, utilizou-se fita de vedação para compensar a retração, permitindo a continuidade do teste.

As garrafas foram então deixadas em repouso por 3 horas, com temperatura ambiente controlada em (25 ± 2) °C. Ao final deste período, as temperaturas foram medidas, como mostra a Figura 54, com os seguintes resultados: RTM (A) com 11,0°C, garrafa de marca conceituada (B) com 3,6°C, garrafa de marca menos conhecida (C) com 3,5°C, garrafa genérica (D) com 14,0°C e garrafa convencional (E) com 25,8°C.

Figura 54 - Temperaturas finais do ensaio de eficiência a alta temperatura



Fonte: autor (2024)

Quanto menor a temperatura final, melhor é a eficiência térmica da garrafa em manter a bebida fria. Embora não haja uma métrica oficial para avaliar esse teste específico, ele fornece uma comparação prática e direta da performance entre diferentes garrafas térmicas.

Adicionalmente, foi tentado incluir uma versão do RTM feito em PLA com *infil* de 15% no teste. Contudo, ele apresentou vazamentos contínuos, mesmo com o uso de fita de vedação, devido a fendas não visíveis a olho nu, que se abriram nas paredes, devido a contração térmica.

Após o término de deste e dos demais os ensaios, o design dos elementos de conexão foi atualizado para levar a contração térmica em consideração. Enquanto os protótipos já fabricados receberam um pequeno calço feito de adesivo de cianoacrilato para melhorar a estanqueidade. Um novo teste para detectar vazamentos foi realizado, dessa vez performando de forma satisfatória a baixa temperatura. Esse ajuste foi essencial para realização da avaliação funcional discutida no tópico 4.3.3.

4.3.1.4 Ensaio de Capacidade Volumétrica Real

O ensaio de capacidade volumétrica real é um dos testes prescritos pela norma técnica. Para realizar este ensaio, o RTM foi configurado para 600 mL, preenchido

com água, e deixado em repouso, juntamente com um béquer que possui marcação volumétrica, em um ambiente com temperatura controlada a 25°C por 2 horas. Após esse período, a água foi transferida do RTM para o béquer.

Figura 55 - Ensaio de capacidade volumétrica



Fonte: autor (2024)

A medição, mostrada na Figura 55, confirmou que o volume real do RTM era de 600 mL. Sendo que o critério de avaliação da norma exige que o recipiente possua no mínimo 90% do volume anunciado, o que significa que o RTM precisava ter pelo menos 540 mL para ser aprovado.

4.3.1.5 Ensaio de resistência ao impacto

O ensaio de resistência ao impacto foi conduzido com uma adaptação necessária devido à limitação do material utilizado no RTM. A norma técnica pede que a garrafa seja preenchida com água a 90°C, mas, considerando que o PETG utilizado na fabricação do recipiente pode deformar a temperaturas elevadas, o teste foi realizado a 70°C.

A garrafa foi preenchida até sua capacidade real, fechada e então elevada a 100 mm de altura. Em seguida, foi solta verticalmente, sem permitir seu tombamento lateral, de acordo com o procedimento prescrito. Após a queda, a garrafa foi esvaziada

e verificou-se que a ampola não sofreu nenhuma avaria, atendendo ao requisito de aprovação da norma.

Além do ensaio padronizado, foi realizado um teste de impacto adicional, não prescrito na norma, para verificar o desempenho do recipiente em situações cotidianas que poderiam ocorrer com os usuários. O RTM foi novamente testado, dessa vez a 1000 mm de altura nas mesmas condições anteriores, e constatou-se que não havia danos. Cada módulo também foi testado individualmente, sem água, em três posições diferentes: verticalmente orientado para baixo, verticalmente orientado para cima e na diagonal, em um ângulo de 45°. Desses testes adicionais, nenhum dano foi observado.

Esses resultados indicam que o RTM possui uma resistência ao impacto satisfatória, mesmo em condições que vão além das exigências da norma.

4.3.1.6 Ensaio de Aderência da Borracha da Base

O ensaio de aderência da borracha da base foi conduzido seguindo os passos indicados pela norma técnica, que visa assegurar a integridade de elementos decorativos ou pintados no corpo externo da garrafa térmica. Embora o RTM não seja pintado, ele possui um adereço externo de EVA, que foi testado para verificar sua aderência.

Primeiramente, foram assinalados traços em dois lugares da superfície do EVA, distantes 50 mm um do outro. Em seguida, dois pedaços de fita, medindo entre 75 mm e 100 mm, foram cortados e colocados sobre a superfície delimitada pelos traços, exercendo uma pressão média com os dedos para garantir a adesão da fita. A fita foi então retirada da superfície com um movimento rápido, em um ângulo de 90° a 180°, para simular um teste de aderência prática.

Após a remoção das fitas, a superfície foi inspecionada na área delimitada pelos traços. Não foram observados deslocamentos ou danos significativos na película de EVA, indicando que o adereço externo do RTM possui uma aderência satisfatória e atende aos critérios da norma, que não permite deslocamentos da película maiores que 10% da área da superfície ensaiada.

4.3.1.7 Ensaio de estabilidade

Para o ensaio de estabilidade, foram seguidos os passos prescritos pela norma técnica, que estabelece que a garrafa térmica deve permanecer estável quando inclinada em qualquer direção, com três diferentes graus de enchimento: 0%, 50% e 100%. O objetivo desse ensaio é garantir que a garrafa térmica não tombe facilmente, proporcionando segurança e funcionalidade ao usuário.

O ensaio iniciou-se com a garrafa térmica sendo apoiada pelo fundo sobre uma base de madeira. A base foi então inclinada até que atingisse um ângulo de 10° com a horizontal. Para garantir a precisão desse ângulo, foi utilizado um nível digital, que permitiu ajustar a inclinação da base com exatidão. A estabilidade da garrafa foi observada, verificando-se se ela permanecia estável e não tombava ou deslizava.

O procedimento foi repetido para os graus de preenchimento de 50% e 100%. Em todas as configurações de enchimento, o RTM manteve sua estabilidade, não apresentando risco de tombamento. Esse resultado confirma que o design do RTM proporciona uma base estável.

4.3.1.8 Ensaio de Resistência da Alça

Este ensaio visa assegurar que a alça da garrafa térmica suporte uma carga significativa sem sofrer danos, o que é essencial para a segurança do usuário e a durabilidade do produto.

Inicialmente, o RTM foi mantido junto com a água a uma temperatura controlada de 25°C por 2 horas. Após esse período, a garrafa foi enchida com água e pesada, resultando em uma massa de 1052 gramas. Em seguida, a água foi retirada e substituída por peso improvisado, composto por uma garrafa PET com 2 litros de água e moedas, totalizando uma massa de 3165 gramas, equivalente a aproximadamente três vezes a massa verificada, conforme requerido pela norma.

Figura 56 - Ensaio de resistência da alça



Fonte: autor (2024)

Como mostrado na Figura 56, a alça da garrafa foi fixada a uma bancada utilizando grampos, garantindo uma suspensão segura e estável. A carga foi aplicada vagarosamente e então, a garrafa foi mantida suspensa pela alça, sob a carga, durante 5 minutos.

Após esse período, a alça foi inspecionada para verificar a ocorrência de danos. Não sendo constatados quaisquer danos na alça ou no ponto de fixação da mesma à garrafa.

Adicionalmente, a distância da parte inferior da alça até a garrafa foi medida antes e depois do ensaio, verificando-se que não houve deslocamento permanente, confirmando a integridade estrutural da alça após o teste.

4.3.1.9 Ensaio de Estanqueidade

O ensaio de estanqueidade visa garantir que o produto não apresente vazamentos internos ou externos significativos, com limites estabelecidos de 2 g para vazamentos internos e 1 g para vazamentos externos.

Assim como no ensaio de impacto, a temperatura utilizada no procedimento teve de ser ajustada de 92°C para 70°C.

Para o ensaio de estanqueidade externa, inicialmente certificou-se que a garrafa térmica estava corretamente montada, com todas as peças bem ajustadas e apertadas, especialmente os elementos de vedação. A garrafa foi então enchida com água a uma temperatura de 70°C, fechada com a tampa bem ajustada e pesada. Colocou-se a garrafa na posição horizontal sobre um recipiente de coleta previamente pesado e deixou-se nesta posição por 30 minutos. Ao final deste período, o recipiente de coleta foi pesado novamente, não havendo diferença de peso, indicando ausência de vazamento externo.

Para o ensaio de estanqueidade interna, a garrafa térmica foi inicialmente seca e pesada. Após ser enchida com água a 70°C e fechada com a tampa bem ajustada, a garrafa foi colocada na posição horizontal por 30 minutos. Decorrido esse tempo, a garrafa foi esvaziada, seca internamente e externamente, e novamente pesada. Não havendo, diferença de peso, o que demonstra que não houve vazamento interno.

4.3.1.10 Conclusão dos Ensaio Técnico

Os ensaios técnicos permitiram uma avaliação abrangente da performance do RTM em diversas condições de uso. O RTM atendeu satisfatoriamente aos requisitos de inspeção visual geral, capacidade volumétrica real, resistência ao impacto, aderência da borracha da base, estabilidade, resistência da alça e estanqueidade. No entanto, no teste de eficiência térmica, foi observada uma limitação na retenção de calor, que não atingiu os parâmetros mínimos exigidos pela norma.

A constatação de que o RTM não resiste a temperaturas acima de 90°C foi um ponto de destaque, pois representa uma limitação significativa. Embora os usuários não consumam bebidas a essa temperatura, é comum que coloquem água fervente em garrafas térmicas. Essa limitação já era esperada devido às propriedades do PETG utilizado. Apesar disso, o ensaio de eficiência térmica a alta temperatura revelou que a garrafa teve um desempenho superior ao de uma convencional e melhor do que outra garrafa térmica de marca genérica, mesmo considerando a presença de mais elementos de conexão que facilitam a transferência térmica por condução.

Essa fase de testes revelou áreas de oportunidade para o aprimoramento do produto, especialmente em termos de eficiência térmica e ajuste nos elementos de conexão para prevenir vazamentos em condições de baixa temperatura. Os resultados dos ensaios técnicos forneceram aprendizados valiosos que servirão como base para ajustes futuros no design e nos materiais utilizados, com o objetivo de otimizar o desempenho e a satisfação do usuário.

É importante destacar que o foco deste primeiro MVP não era a aprovação em todos os testes, mas sim avaliar o desempenho dessa primeira versão do produto e identificar áreas de melhoria. Nesse sentido, o conceito do RTM mostrou-se viável tecnicamente e servirá como parâmetro de comparação para as futuras versões.

4.3.2 Sessão de Discussão em Grupo

As sessões de discussão em grupo são uma técnica qualitativa de pesquisa que envolve a condução de discussões coletivas para coletar percepções, opiniões e *feedback* sobre um produto, serviço ou conceito. Essa metodologia permite a

obtenção de *insights* sobre as atitudes e comportamentos dos participantes, além de facilitar a identificação de necessidades e oportunidades de melhoria (GODOI, 2015).

No contexto deste trabalho, optou-se por uma sessão de discussão em grupo, em vez de um grupo focal formal, devido à natureza exploratória deste primeiro ciclo de desenvolvimento. Essa abordagem mais flexível permitiu uma avaliação inicial do RTM, focando na coleta de impressões e na identificação de áreas de melhoria de forma menos estruturada e mais adaptável às respostas espontâneas dos participantes.

4.3.2.1 Seleção de Voluntários

A seleção dos voluntários para a sessão de discussão em grupo foi realizada com base em conveniência e disponibilidade, visando obter o *feedback* inicial de pessoas que utilizam garrafas térmicas em seu dia a dia. Seis funcionários de uma fábrica de alimentos no estado do Paraná foram convidados para participar.

4.3.2.2 Preparação dos Participantes

Antes do início da sessão de discussão em grupo, foram tomadas medidas para garantir que todos os participantes estivessem devidamente informados e cientes dos objetivos e procedimentos do estudo. Cada participante assinou um termo de consentimento, no qual foram detalhadas as finalidades da pesquisa, a metodologia adotada, e as condições de participação, assegurando a voluntariedade e a confidencialidade das informações fornecidas.

Inicialmente, foi realizada uma breve apresentação explicativa sobre o estudo, destacando a importância de entender os hábitos de consumo de recipientes térmicos dos usuários. Essa etapa teve como base um roteiro semelhante ao utilizado nas entrevistas da Fase 1 da pesquisa. Os participantes foram incentivados a compartilhar como, onde e com que frequência utilizam recipientes térmicos, além de destacar o que apreciam e o que não gostam nesses produtos.

Os dados coletados nessa fase serviram não apenas para validar e alinhar as informações obtidas na Fase 1, mas também para preparar os participantes para a sessão de discussão.

Isso ajudou os participantes a entenderem seus próprios hábitos e preferências, aumentando o engajamento e a participação ativa durante a sessão, pois eles se sentiram mais conectados com o objetivo do estudo e perceberam a relevância de suas contribuições.

As respostas dos participantes mostraram-se coerentes com os padrões de consumo identificados nas entrevistas da Fase 1, confirmando a representatividade e a consistência dos perfis selecionados.

Além disso, essa abordagem teve a função de também identificar participantes adequados para a etapa de avaliação funcional, com base em seu perfil de uso.

4.3.2.3 Manipulação e Avaliação Inicial dos Protótipos

Após a preparação dos participantes, foi a vez de apresentar o produto. Uma caixa contendo dezenas de módulos desmontados, em diferentes cores e texturas, foi aberta, como mostra a Figura 57. Os módulos das três primeiras versões dos protótipos, discutidos no tópico 4.2.6, estavam misturados para que os participantes pudessem testá-los, enquanto a quarta versão, que é o MVP, foi apresentada separadamente devido aos encaixes diferentes.

Figura 57 - Caixa com módulos do RTM



Fonte: autor (2024)

A proposta do produto foi explicada aos participantes, que foram encorajados a montar o recipiente mais bonito, segundo suas opiniões. Durante essa atividade, questionou-se sobre a facilidade de montagem e desmontagem do produto, se achavam confortável de segurar, ou se ele ficava muito largo ou estreito nas mãos. Também se perguntou sobre as impressões deles em relação às texturas, se eram

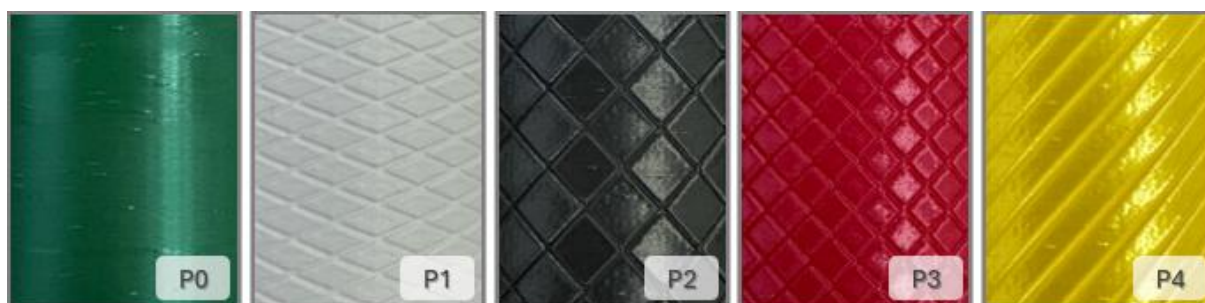
atraentes, e sobre as cores, se gostaram da paleta apresentada ou se havia outras cores que gostariam de ver no produto.

No início, os participantes procuraram módulos das mesmas cores e texturas, mas conforme o engajamento aumentava, começaram a misturá-los, explorando diferentes padrões de cores e texturas e testando o limite de quantos módulos conseguiam encaixar juntos.

No geral, eles acharam fácil de montar e gostaram da ergonomia, dizendo que os protótipos se ajustavam bem às mãos. Outros participantes ponderaram sobre as diferenças de peso, especialmente em relação ao MVP, que tem um peso maior que o das versões anteriores. Perguntou-se a eles se o peso era um problema, mas a maioria disse que, embora não fosse ruim, prefeririam algo mais leve.

Quanto às cores, todas foram apreciadas, especialmente o branco e o preto fosco. No entanto, houve uma divisão de opiniões sobre o amarelo e o preto brilhante, com alguns adorando e outros não gostando. Como sugestão de cores, sentiram falta de cores mais escuras, como bordô e azul-marinho, além das cores rosa e roxo.

Figura 58 - Padrões de texturas



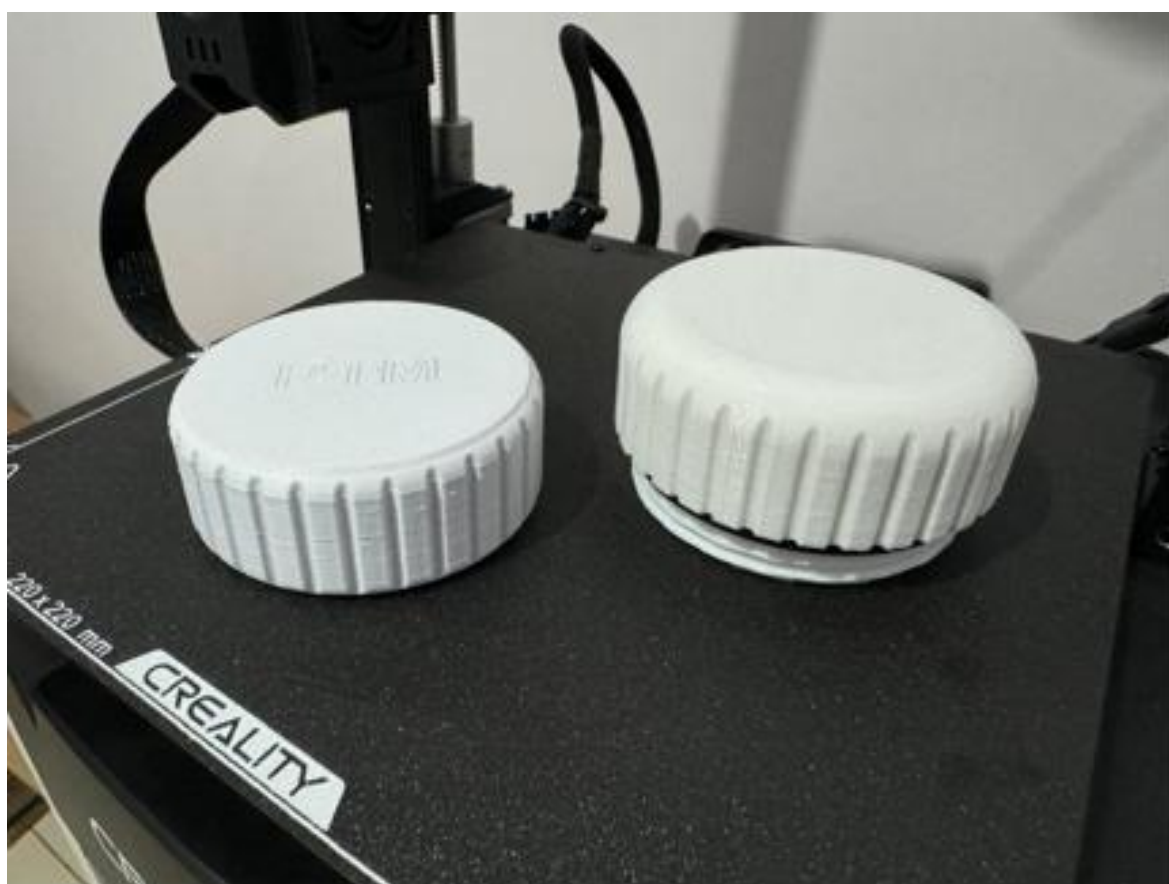
Fonte: autor (2024)

Sobre os padrões de texturas, exibidos na Figura 58, eles estavam disponíveis em várias cores, sendo o padrão favorito da maioria o losango pequeno (P3) e o losango médio (P1). O losango grande (P2) gerou opiniões polarizadas, com alguns amando e outros não gostando. A textura diagonal (P4) teve uma recepção morna, sendo pouco comentada positivamente ou negativamente. As peças com textura lisa (P0) foram aprovadas por todos. No entanto, todos concordaram que a mistura de

texturas deixava o produto mais interessante, como colocar uma base sem textura e o módulo central com textura, ou vice-versa, ou ainda escalando texturas e cores. O padrão favorito da maioria foi base P0, com um módulo P3 e outro P0.

Quanto aos modelos das tampas, exibidos na figura 59, todos preferiram a tampa do MVP, a direita, em vez da tampa da terceira versão do protótipo, a esquerda.

Figura 59 - Tampa da versão 3 do protótipo ao lado da tampa do MVP



Fonte: autor (2024)

Depois, os participantes foram encorajados a descobrir o máximo de configurações possíveis e a pensar em como poderiam ser úteis no dia a dia.

A configuração mais óbvia foi a garrafa em suas variações de tamanho, que já estava sendo explorada nas montagens anteriores. Todos apontaram usos comuns para garrafas térmicas e, ao serem questionados sobre onde usariam as configurações de 600, 800, 1000 mL ou mais, forneceram respostas como: "eu usaria

a de 600 mL no trabalho", "a de 800 mL usaria em casa para armazenar café", "eu usaria a de 1000 mL para tomar tereré no lago", etc.

Exploraram também o copo de 400 mL e 600 mL, mencionando que seria ideal para tomar chope, e só depois descobriram a função do bocal. O copo de 200 mL foi apontado como ideal para tomar café, funcionando como uma xícara.

A alça foi explorada em todas as combinações, sendo apontada como um módulo bastante versátil.

4.3.2.4 Feedback e Sugestões dos Participantes

Após a manipulação dos protótipos, os participantes foram convidados a compartilhar suas opiniões e sugestões em uma conversa aberta. Além das observações iniciais sobre as cores e o peso do MVP, discutiram-se aspectos do design e funcionalidades do RTM.

As texturas foram um tema recorrente, com sugestões para incluir mais padrões e estampas com desenhos. A ideia da garrafa translúcida foi bem recebida, embora um dos participantes tenha apontado que ela era muito opaca, dificultando a visualização do conteúdo, a menos que a bebida fosse escura e estivesse em um ambiente bem iluminado. A sugestão foi fabricar uma garrafa transparente para facilitar a visualização do líquido no interior.

Outro ponto, que foi unanimidade entre os participantes foi a necessidade de mais opções de modelos de tampas e bicos. Houve pedidos por tampas com alça e a sugestão de incluir um cordão de transporte que pudesse ser colocado entre os módulos. Esse cordão ajudaria a carregar a garrafa com a mão e permitiria a fixação de um mosquetão para prender em um cinto ou mochila.

Além dessas sugestões específicas de design, os participantes discutiram estratégias mercadológicas e de precificação. Embora essas áreas ainda não sejam o foco principal neste primeiro ciclo de desenvolvimento, as ideias apresentadas foram registradas para os ciclos futuros.

4.3.3 Avaliação Funcional

As avaliações funcionais têm como objetivo avaliar o desempenho prático do RTM no uso cotidiano, complementando os ensaios realizados anteriormente.

Enquanto os ensaios técnicos focaram na conformidade com normas estabelecidas e na análise de parâmetros específicos, as avaliações funcionais buscaram compreender a experiência do usuário em situações reais. Para isso, foram selecionados voluntários que utilizaram os protótipos em suas atividades diárias, fornecendo *feedbacks* sobre aspectos práticos como ergonomia, eficiência térmica, facilidade de uso e durabilidade.

4.3.3.1 Seleção de Voluntários e Orientações

Foram selecionados dois voluntários que participaram da sessão de discussão em grupo. Eles foram escolhidos por apresentarem perfis de uso diversificado de recipientes térmicos em diferentes ambientes e funções. Além disso, um dos protótipos foi utilizado pelo próprio autor para obter uma avaliação adicional e mais detalhada do desempenho do produto.

A seleção de apenas três participantes foi devido às limitações físicas e de tempo, uma vez que havia apenas três protótipos funcionais disponíveis. Tendo em vista que durante as etapas iniciais de prototipagem, foram feitos muitos dispositivos que puderam ser utilizados na sessão de discussão em grupo para validação do conceito, mas essas versões iniciais não estavam preparadas para uso real.

Os voluntários foram orientados sobre os objetivos do teste, a importância de suas observações e como suas informações seriam utilizadas para o aprimoramento do produto. Todos receberam instruções detalhadas sobre os procedimentos de segurança e cuidados necessários durante o uso do protótipo.

Adicionalmente, foi enfatizado aos voluntários que deveriam observar as seguintes limitações e cuidados:

- a) **Limitação de temperatura:** O RTM deve ser utilizado dentro da faixa de temperatura de 0 a 80 graus Celsius. Acima de 80 graus, o recipiente pode sofrer deformação térmica. Além disso, foram orientados a jamais utilizar ebulidores diretamente na garrafa.
- b) **Desacoplamento das roscas:** Como o RTM não possui uma trava de segurança para evitar o desacoplamento acidental, existe a possibilidade de desacoplar o módulo incorreto com líquido dentro, provocando vazamento. Os voluntários foram orientados a tomar cuidado ao manusear o RTM e a evitar transportá-lo dentro de bolsas e mochilas durante os testes, mesmo que isso limitasse a experiência do usuário e os aprendizados que poderiam ser obtidos, isso era necessário para proteção dos participantes.

Eles, então, foram solicitados a utilizar o dispositivo em suas atividades diárias por um período de sete dias, observando aspectos como eficiência térmica, ergonomia, facilidade de limpeza, vedação e durabilidade. Ao final do período de testes, uma reunião foi agendada para debater os pontos observados e ouvir *feedbacks* detalhados.

Foi também solicitado aos voluntários que assinassem um termo de consentimento, confirmando que foram devidamente orientados e que estavam participando de livre e espontânea vontade.

4.3.3.2 Análise das Avaliações Funcionais

Após o período de teste, foi enviado um questionário aos participantes para que preenchessem antes do encontro, assim não sofreriam influências das opiniões do grupo.

Este questionário está disponível no APÊNDICE D: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO FUNCIONAL e foi composto por 34 perguntas distribuídas em 8 categorias. Os usuários avaliaram sua experiência com notas de 1 a 5, deixando em branco as perguntas que não soubessem responder. Todas as perguntas tinham peso igual e as notas, apresentadas na Tabela 3, representam as médias gerais, por categoria, de todos os participantes. O objetivo era obter um parâmetro quantitativo

para avaliar os próximos ciclos de desenvolvimento do produto em relação aos ciclos anteriores, não havendo um critério de nota mínima estabelecido.

Tabela 3 – Pontuações da Avaliação Funcional

Categoria	Média
Facilidade de limpeza	4,7
Satisfação geral	4,7
Modularidade	4,5
Vedação	4,3
Aparência estética	4,3
Ergonomia	3,7
Eficiência térmica	3,4
Durabilidade	3,3
Média Geral	4,1

Fonte: autor (2024)

Na reunião de discussão, vários pontos foram abordados com base nas notas do questionário.

Eficiência térmica: Apesar das limitações na capacidade de receber água fervente devido às propriedades do material PETG, a eficiência térmica para líquidos em alta temperatura foi bem avaliada pelos participantes. Os voluntários que testaram o recipiente com água quente para chimarrão e café relataram que o desempenho foi satisfatório, entendendo as limitações do protótipo. A eficiência a baixa temperatura foi considerada mediana, com o RTM superando recipientes convencionais, mas ficando atrás de garrafas térmicas de alto desempenho, que são o padrão de comparação dos participantes.

Ergonomia: A alça foi amplamente elogiada pela segurança e conforto proporcionados. A facilidade de manuseio e o encaixe na mão também receberam boas avaliações. No entanto, o peso do recipiente foi criticado, sendo considerado elevado, mesmo em comparação a recipientes de metal. O que se deve ao fato dele

ter sido desenvolvido com paredes mais grossas e com alta densidade. A facilidade para abrir o RTM também foi avaliada negativamente devido ao risco de desacoplamento acidental. Nenhum grande vazamento ocorreu, mas foi observado que o problema ocorre ao tentar abrir a tampa enquanto se segura a garrafa pela base, podendo ocorrer desacoplamento do módulo central, o que gerou insegurança nos usuários.

Facilidade de limpeza: Todos concordaram que a garrafa é fácil de limpar, especialmente por ser desmontável e ter bocas largas. Um ponto levantado foi a demora para secar quando deixada no escorredor em comparação com garrafas de metal.

Vedação: Não foram observados problemas de vazamento com água quente, e com água fria, apenas um participante notou pequenos vazamentos que foram solucionadas ao rosquear novamente os módulos. No entanto, a borracha começou a deixar marcas na borda do outro módulo ao longo do tempo, indicando que essa solução pode não ser duradoura.

Durabilidade: A nota mais baixa foi atribuída à durabilidade, devido à percepção dos participantes em relação à qualidade do material. As roscas começaram a mostrar pequenos sinais de desgaste com o uso, e a tampa de um dos protótipos lascou em uma queda. Embora isso não tenha afetado o uso durante os 7 dias, pode ser problemático a longo prazo.

Aparência estética: O design do RTM foi apreciado, especialmente a possibilidade de trocar as texturas. No entanto, a limitação na variação de cores e texturas disponíveis para os testes funcionais foi mencionada, principalmente quando comparado com os modelos apresentados na sessão de discussão em grupo. A ausência de mais opções de tampas também foi destacada como uma oportunidade de melhoria.

Modularidade: A modularidade foi altamente valorizada, sendo fácil de montar e oferecendo versatilidade. A alça foi destacada como indispensável no modelo final. Um usuário relatou uma experiência particularmente positiva ao usar o RTM como caneca térmica, mas observou que a adaptação às várias configurações pode levar tempo.

Satisfação geral: A alta satisfação geral sugere que, apesar dos pontos de melhoria, o MVP foi bem recebido. Todos os participantes afirmaram que recomendariam o produto e o consideraram como um ótimo item para presentear amigos e familiares.

Outros pontos foram discutidos, como os locais e tipos de bebidas utilizados. Em casa, o RTM foi utilizado principalmente para café e água, com um participante destacando um aumento na ingestão de água. Também foi utilizado para cerveja e outras bebidas, com *feedback* positivo. No trabalho, foi usado diariamente por todos, preferindo-se configurações de 600 e 800 mL. Outras utilizações incluíram passeios ao ar livre e eventos sociais.

Durante a reunião, um dos desafios enfrentados foi manter o foco dos participantes no protótipo que eles efetivamente testaram, em vez de considerar suas expectativas sobre versões futuras do produto. Muitos participantes tenderam a amenizar suas críticas, assumindo que problemas observados seriam resolvidos nas próximas versões. No entanto, para obter um *feedback* genuíno e útil, é crucial que as avaliações sejam baseadas no desempenho real do protótipo em teste. Esse aprendizado será levado em conta em futuras avaliações funcionais, para garantir que os *insights* coletados reflitam com precisão as experiências dos usuários e possam orientar de maneira eficaz o aprimoramento do produto.

4.3.4 Identificação das Oportunidades de Melhoria

A identificação das oportunidades de melhoria no RTM foi realizada por meio de uma combinação de ensaios técnicos e avaliações dos usuários durante a sessão de discussão em grupo e os testes funcionais. A identificação destas oportunidades será importante para iteração do produto no próximo ciclo de desenvolvimento.

Avaliando-se que ainda não é o momento de adotar métodos de fabricação em larga escala, como a injeção de plástico ou a utilização de metais, a manufatura aditiva por FDM continuará a ser utilizada no próximo ciclo devido ao seu dinamismo e rapidez na prototipagem. Dessa forma, para os principais pontos de preocupação, foram pensados princípios de solução que serão abordados de forma mais aprofundada no próximo ciclo, ainda sobre a perspectiva da impressão 3D.

Essa abordagem permitirá ajustes rápidos e eficazes, garantindo que cada versão do protótipo seja progressivamente aprimorada com base nos feedbacks e nos resultados dos testes. As melhorias identificadas cobrem uma ampla gama de aspectos do RTM, desde eficiência térmica e ergonomia até vedação e durabilidade. Cada uma dessas áreas apresenta desafios específicos, mas também oferece oportunidades para inovação e refinamento do design e dos materiais utilizados.

4.3.4.1 Resistência Térmica

A resistência a altas temperaturas foi uma das principais limitações identificadas durante os ensaios técnicos. Observou-se que o RTM não suporta temperaturas acima de 80°C, o que compromete a sua funcionalidade para uso com líquidos ferventes, como água para chá ou café. Essa limitação foi identificada especificamente durante os ensaios de eficiência térmica, onde a deformação do PETG em altas temperaturas se tornou evidente.

Para o próximo ciclo de desenvolvimento, que ainda utilizará a manufatura aditiva, a solução ideal envolve a identificação e utilização de filamentos que possam suportar temperaturas mais elevadas. Materiais como policarbonato (PC), poliamida (Nylon), acrilonitrila estireno acrilato (ASA), polissulfona de fenileno (PPSU), sulfeto de polifenileno (PPS) e policarbonato com acrilonitrila butadieno estireno (PC-ABS) são algumas das alternativas. Cada um desses materiais apresenta vantagens e desvantagens, que precisam ser cuidadosamente avaliadas. Por exemplo, o policarbonato e o PPSU oferecem alta resistência térmica e mecânica, mas podem requerer temperaturas de extrusão e câmaras de impressão que excedem as capacidades do equipamento atual.

4.3.4.2 Durabilidade

Além da resistência térmica, a substituição do material, mencionado no tópico 4.3.4.1, também impactará a resistência mecânica do RTM. Visto que alguns desses materiais não apenas suportam temperaturas mais elevadas, mas também possuem maior resistência a impactos e desgaste, o que pode contribuir para a durabilidade do produto.

No entanto, a transição para um novo material exigirá ajustes nos parâmetros de impressão, incluindo temperatura de extrusão, velocidade de impressão e adesão à mesa, entre outros. Essas variáveis precisarão ser cuidadosamente estudadas e testadas no próximo ciclo de desenvolvimento para garantir a viabilidade técnica e a manutenção da qualidade do produto.

4.3.4.3 Eficiência Térmica

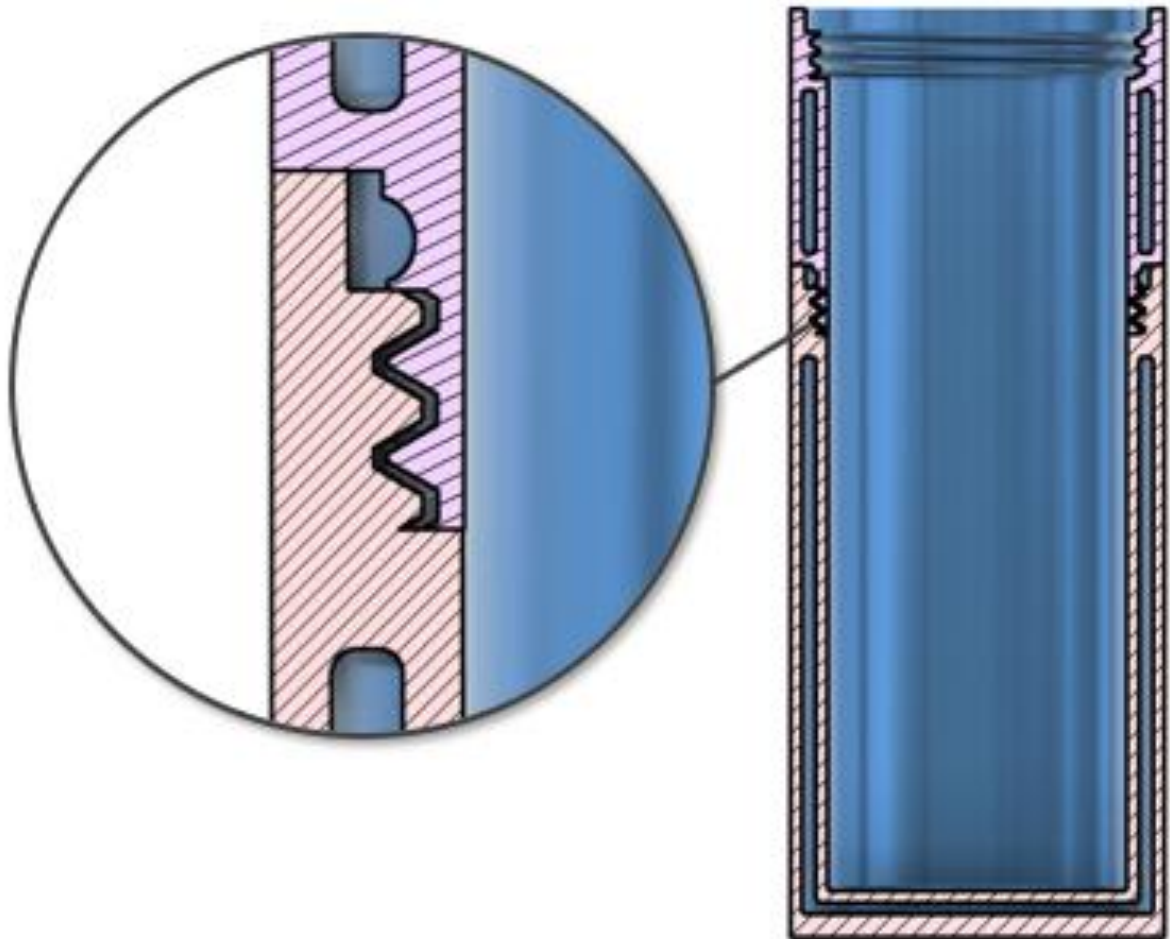
A eficiência térmica do RTM foi uma preocupação identificada tanto nos ensaios técnicos quanto na avaliação funcional. O coeficiente de condutividade térmica teórico do PETG é de 0,2 W/mK, significativamente inferior ao aço inoxidável, que possui um coeficiente de 16 W/mK. Isso sugere que o PETG já oferece uma vantagem em termos de resistência térmica por condução. Indicando que as oportunidades para melhorar a eficiência térmica do RTM residem no aperfeiçoamento do vácuo e no refinamento do design.

Para melhorar o vácuo, é necessário explorar formas de reduzir a pressão de 120 mmHg para valores abaixo de 25 mmHg, similar ao das garrafas térmicas de alto desempenho. Isso exigirá a avaliação da viabilidade de utilizar uma câmara de vácuo laboratorial, capaz de alcançar essas baixas pressões de forma eficiente e consistente. A implementação de um vácuo mais eficiente poderá significativamente aumentar a retenção de temperatura do RTM.

Além do vácuo, os elementos de rosca foram apontados como o principal ponto de condutividade térmica nas análises FEA e posteriormente confirmados durante os ensaios com um termômetro laser. Assim, o design também oferece oportunidades de melhoria.

Um aspecto crítico identificado foi o formato dos elementos de rosca. Atualmente, como mostra a Figura 60, há um espaçamento de 15 mm em cada conexão sem nenhuma camada de vácuo, o que aumenta a transferência térmica. Com os aprendizados adquiridos, é possível ajustar o design para reduzir esse espaçamento para aproximadamente 3 mm, o que deverá reduzir a perda de calor por condução. Essa alteração, juntamente com outras melhorias no design, pode contribuir para uma melhor eficiência térmica.

Figura 60 - Elemento de conexão entre dois módulos



Fonte: autor (2024)

Ao otimizar esses pontos críticos e melhorar o vácuo, espera-se alcançar um desempenho térmico mais satisfatório para o RTM nos próximos ciclos de desenvolvimento.

4.3.4.4 Peso do RTM

O peso do RTM foi identificado como uma preocupação durante a avaliação funcional. No RTM, a densidade do *infil* foi aumentada para obter resistência máxima, resultando em um produto mais pesado. No entanto, é possível balancear essa densidade para reduzir o peso sem comprometer significativamente sua resistência.

O sistema de *infil*, que tem uma premissa similar ao de uma treliça interna, permite essa redução de peso ao manter uma estrutura robusta. Assim, na próxima fase de desenvolvimento, serão realizados testes para identificar a densidade de *infil* ideal que oferece um equilíbrio entre peso e resistência.

Além disso, a utilização de novos materiais mais resistentes poderá permitir uma redução ainda maior na densidade, contribuindo para um produto mais leve e confortável para o usuário.

4.3.4.5 Vedação em Baixas Temperaturas

O problema de vedação em baixas temperaturas foi primeiramente identificado nos ensaios técnicos, quando ocorreram vazamentos ao se utilizar água próxima a zero graus, e foi mencionado novamente por um participante durante a avaliação funcional. Embora o problema tenha sido resolvido ao rosquear novamente o módulo, isso indica uma necessidade de ajustes mais precisos.

Inicialmente, os ajustes nas dimensões dos elementos de conexão, feitos para compensar a dilatação e contração térmica, melhoraram significativamente a estanqueidade. No entanto, os desgastes observados nos anéis de vedação durante os sete dias de teste sugerem que o material utilizado para os anéis pode não ser suficientemente durável.

Uma solução viável seria encomendar anéis de silicone feitos sob medida para o RTM, material conhecido por sua durabilidade e resistência a variações térmicas. Além disso, seria benéfico fazer mudanças no design dos elementos de conexão para reduzir a ação mecânica sobre os anéis durante o acoplamento e desacoplamento dos módulos, prolongando sua vida útil e garantindo uma vedação mais eficaz em diferentes condições de temperatura.

4.3.4.6 Desacoplamento Acidental

O problema do desacoplamento acidental foi principalmente observado durante a avaliação funcional, embora desde a concepção do projeto já se considerasse que isso poderia ser uma questão relevante. No entanto, decidiu-se seguir adiante sem

dar atenção exclusiva a esse aspecto por dois motivos: primeiro, para reduzir a complexidade do projeto; e segundo, porque não havia certeza se isso realmente seria um problema e, se fosse, em que circunstâncias ocorreria.

Inicialmente, pensou-se que o desacoplamento acidental poderia ocorrer durante o transporte ou movimentação involuntária do usuário. Porém, durante a avaliação funcional, isso não aconteceu. Todos os módulos permaneceram firmemente conectados. O desacoplamento realmente só ocorreu quando o usuário tinha a intenção real de abrir o recipiente e realizava o movimento circular para desrosqueá-lo.

O problema surgia quando a tampa estava muito apertada e o usuário segurava a garrafa pela base, resultando na possibilidade de a tampa não se soltar e, em vez disso, um módulo se desconectar. Dessa forma, a única maneira segura de abrir o recipiente era segurando pelo módulo imediatamente abaixo da tampa enquanto se desrosqueava a tampa.

Para corrigir esse problema, foi concebido um sistema de trava com princípio similar ao de fivelas de liberação rápida. Nesse sistema, um dos elementos de rosca teria uma haste e o outro elemento um pequeno furo, permitindo que a haste enrosque no furo e seja destravada ao pressioná-la e desrosquear o elemento.

Figura 61 - Fivela de liberação rápida



Fonte: autor (2024)

Essa solução foi testada imprimindo-se uma fivela de cinto, exibido na Figura 61, e verificou-se que funcionou. Agora, é necessário adaptar o design do RTM para uma solução similar e testar a durabilidade da funcionalidade.

4.3.4.7 Demora na Secagem

Um dos participantes da avaliação funcional relatou um problema com a demora na secagem do RTM em comparação com garrafas de metal. Esse problema, por si só, não é algo grave, pois é natural que um recipiente feito de PETG e revestido com resina epóxi leve mais tempo para secar. Isso se deve a dois fatores principais: a condutividade térmica do metal é muito mais alta e a superfície é bem mais lisa.

A alta condutividade térmica do metal permite que ele dissipe calor rapidamente, o que acelera a evaporação da água na superfície. Além disso, a superfície lisa do metal facilita o escoamento da água, reduzindo o tempo necessário para a secagem completa. Em contrapartida, a superfície da peça impressa em 3D com PETG é naturalmente texturizada devido ao processo de fabricação aditiva. Essa textura retém mais água e, juntamente com a menor condutividade térmica do PETG, resulta em um tempo de secagem mais longo.

Entretanto, embora o revestimento interno em resina epóxi do RTM seja hidrofóbico e tenha passado por um rigoroso processo de lixamento, indo de lixas com grão #80 a #600, ainda pode haver microfissuras e rugosidades que retêm água. Essas imperfeições não só aumentam o tempo de secagem, mas também podem reter microrganismos, apresentando um potencial risco de contaminação.

Para mitigar esse problema, pode ser necessário rever o processo de acabamento, possivelmente introduzindo lixas mais finas para alcançar uma superfície ainda mais lisa e menos propensa a reter água. Além disso, o material de construção da estrutura da garrafa, atualmente em PETG, poderia ser reconsiderado. Embora a maioria dos filamentos disponíveis no mercado tenha uma tendência natural a absorver água, existem modelos que adicionam compostos que repelem água, tornando o filamento hidrofóbico.

Portanto, outro ponto de estudo no próximo ciclo será a exploração de materiais alternativos que ofereçam características hidrofóbicas, reduzindo assim o tempo de secagem e melhorando a higiene do produto.

Avaliar filamentos que incorporam esses compostos e refinar o processo de lixamento da resina, podem proporcionar uma solução eficaz para o problema identificado.

4.3.4.8 Personalização

Durante a sessão de discussão em grupo e as avaliações funcionais, foi identificada a demanda por uma maior variedade de cores, texturas e modelos de tampas e bicos. Os participantes expressaram interesse em opções mais diversificadas de personalização para aprimorar a funcionalidade e a estética do produto.

Contudo, nesse momento, não é viável fabricar uma ampla gama de cores e texturas. Portanto, a estratégia inicial será focar em algumas opções que foram mais bem recebidas pelos participantes. A criação de novos módulos e bicos, porém, será uma prioridade para melhorar a experiência de personalização do usuário.

O modelo inicial foi concebido de forma simples, devido às limitações de conhecimento em design e fabricação. No entanto, com o aprendizado adquirido neste ciclo, será possível inovar mais nas próximas fases.

A introdução de novos modelos de tampas, incluindo aquelas com alças e bicos específicos para diferentes tipos de bebidas, bem como a possibilidade de adicionar um cordão de transporte, será explorada. Isso não apenas atende às preferências estéticas dos usuários, mas também adiciona funcionalidades práticas que melhoram a usabilidade do produto no dia a dia.

5. CONCLUSÃO

O objetivo geral deste estudo foi a construção e avaliação do MVP do primeiro ciclo de desenvolvimento do RTM, desde a concepção inicial até a prototipagem e

avaliação, buscando criar um produto versátil, eficiente e personalizável. Guiado pela modularidade, o desenvolvimento do RTM permitiu configurações variadas para atender às necessidades dos consumidores. Esboços iniciais e prototipagem rápida com manufatura aditiva por FDM possibilitaram iterar rapidamente o design, corrigir problemas e implementar melhorias baseadas em testes técnicos e *feedback* dos usuários.

Ensaio técnicos, conforme a norma NBR 13282, identificaram áreas de melhoria, especialmente na resistência a altas temperaturas e eficiência térmica. A mudança de materiais e ajustes no design, como a implementação de uma camada de vácuo mais eficiente, foram apontados como princípios de solução para o próximo ciclo. A avaliação funcional, incluindo testes práticos com voluntários, forneceu aprendizados valiosos sobre a experiência de uso do RTM. Os participantes destacaram a modularidade e a facilidade de limpeza, mas apontaram a necessidade de melhorias no peso e vedação em baixas temperaturas. A resistência térmica do PETG limitou a manutenção de líquidos em altas temperaturas e o desacoplamento acidental dos módulos foi uma preocupação relevante.

Para estudos futuros, recomenda-se investigar materiais alternativos com maior resistência térmica e durabilidade, além de novas tecnologias de vedação e sistemas de travamento. Embora ampliar as opções de personalização com novas cores e texturas possa não ser uma prioridade no próximo ciclo, a criação de novos módulos como tampas e bicos pode aumentar o apelo e versatilidade do produto.

Este estudo destacou a importância de um processo iterativo e integrado no desenvolvimento de produtos, combinando rigor técnico, criatividade no design e *feedback* constante dos usuários. Os objetivos foram amplamente cumpridos com a criação de um MVP funcional que atende a diversos requisitos de design e usabilidade. A evolução contínua do RTM, com base nas lições aprendidas, possibilitará aprimorar suas funcionalidades e torná-lo, a cada ciclo de desenvolvimento, uma opção mais atrativa no mercado de recipientes térmicos, demonstrando o grande potencial de suas funcionalidades.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução N° 105, de 19 de maio de 1999. Aprova os Regulamentos Técnicos para Embalagens e Equipamentos Plásticos em Contato com Alimentos e seus Anexos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 mai. 1999.

AMAZON. **Avaliações de clientes**. Disponível em: https://www.amazon.com.br/Garrafa-T%C3%A9rmica-Esportiva-Academia-Isolada/product-reviews/B0BZ53KNMH/ref=cm_cr_dp_d_show_all_btm?ie=UTF8&reviewerType=all_reviews. Acesso em: 25 maio 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13282:2017 - Garrafa térmica com isolamento por vácuo: requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

AUTODESK INC. **Autodesk Fusion 360** [software]. Versão 2.0.19440 x86_64. São Francisco, CA, 2024.

BECK, Kent et al. **Manifesto para desenvolvimento ágil de software**. 2001. Disponível em: <http://agilemanifesto.org/iso/ptbr/manifesto.html>. Acesso em: 09 abr. 2023.

BISHOP, Edward. **What is a thermal food container?**. Market Business News, 2022. Disponível em: <https://marketbusinessnews.com/what-is-a-thermal-food-container/304784/>. Acesso em: 13 mar. 2023.

BOTTLEPRO. **What is the best water bottle, and which one should you get? (The ultimate guide)**. YouTube, 2024. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=XXXXXXXX>. Acesso em: 25 maio 2024.

BROWN, Andy. **Benefits and challenges of modular construction**. International Construction, 27 ago. 2021. Disponível em: <https://www.international-construction.com/news/benefits-and-challenges-of-modular-construction/8014439.article>. Acesso em: 21 mar. 2023.

BROWN, Tim. **Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2009.

CALLISTER, William D. Jr. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2002.

CAMPOS, Kiko. **7 etapas do processo de desenvolvimento de novos produtos que levam ao sucesso**. Poder da Escuta, 27 nov. 2019. Disponível em: <https://www.poderdaescuta.com/7-etapas-do-processo-de-desenvolvimento-de-novos-produtos/>. Acesso em: 27 mar. 2023.

CARBINATO, Daniela. **Do engajamento à cesta de compras: como os consumidores brasileiros traduzem sua preocupação com temas ESG em comportamentos e hábitos de consumo.** São Paulo: Bain & Company, 2023. Disponível em: https://www.bain.com/globalassets/v9_do-engajamento-a-cesta-de-compras.pdf. Acesso em: 27 maio 2024.

COHN, Mike. **Succeeding with Agile: software development using scrum.** 1. ed. Boston: Addison-Wesley, 2009.

COOPER, R. **The stage-gate idea-to-launch process – update, what’s new and NexGen systems.** Journal of Product Innovation Management, v. 25, n. 3, p. 213-232, 2008. Tradução de: PEREIRA JUNIOR, Errol Fernando Zepka. Disponível em: <https://zepkaadm.files.wordpress.com/2018/12/gi26-cooper-2008-traduzido-zepka-pdf.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2023.

COOPER, R. **Maximizing productivity in product innovation.** Research Technology Management, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/263080371_Maximizing_Productivity_in_Product_Innovation. Acesso em: 01 abr. 2023.

CRAWFORD, M.; BENEDETTO, A. D. **New products management.** Boston: McGraw-Hill/Irwin, 2006.

CUNHA, Gilberto Dias da. **A evolução dos modos de gestão do desenvolvimento de produtos.** Produto & Produção, v. 9, n. 2, p. 71-90, jun. 2008.

DAM, Rikke Friis. **The 5 stages in the Design Thinking process.** Interaction Design Foundation, 2022. Disponível em: <https://www.interaction-design.org/literature/article/5-stages-in-the-design-thinking-process>. Acesso em: 19 jul. 2023.

DELOITTE LLP. Made-to-order: **The rise of mass personalisation.** 2015. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/consumer-business/ch-en-consumer-business-made-to-order-consumer-review.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2023.

DEMOPOULOS, Alaina. Stanley cups took the world by storm: **Then the backlash began.** The Guardian, Londres, 12 jan. 2024. Disponível em: <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2024/jan/12/stanley-cups-tumblers-water-bottle-trend>. Acesso em: 22 maio 2024.

DEURSEN, Felipe van. **Copo Stanley: da quase extinção à fama, como ele virou um sucesso?** UOL, 26 jan. 2022. Disponível em: <https://www.uol.com.br/nossa/noticias/redacao/2022/01/26/copo-stanley.htm>. Acesso em: 5 jul. 2023.

FARIAS, Talita Moreira. **Análise do processo de desenvolvimento de produtos de uma empresa de tecnologia a partir da metodologia lean startup**. 2016. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, João Monlevade, 2016.

FERNANDES, J. M. **Lean Product Development e Lean Startup Methodology: contribuições ao processo de planejamento de negócios tecnológicos no ambiente acadêmico**. 2017. 383 f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2017. Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Di Serio.

FOLHA DE PERNAMBUCO. **Brasil é o 3º maior consumidor de cerveja do mundo**. Recife, 25 mai. 2022. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/sabores/brasil-e-o-3o-maior-consumidor-de-cerveja-do-mundo/228112/>. Acesso em: 5 jul. 2023.

GALERANI, Rafaela. Entre na onda da personalização de produtos. UOL, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://meunegocio.uol.com.br/blog/entre-na-onda-da-personalizacao-de-produtos/>. Acesso em: 18 mar. 2023.

GIBBENS, Sarah. **Garrafas plásticas podem se tornar perigosas quando expostas ao calor extremo**. National Geographic Brasil, 29 jul. 2019. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2019/07/garrafas-plasticas-podem-se-tornar-perigosas-quando-expostas-ao-calor-extremo>. Acesso em: 22 maio 2024.

GODOI, Christiane Köhler. **Grupo de discussão como prática de pesquisa em estudos organizacionais**. Revista de Administração de Empresas, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/GfrVF9TxRzrnCJkDZTJCHXS/>. Acesso em: 22 jun. 2024.

GODOY, Denyse. **Mondeléz acredita na personalização de produtos para crescer, diz CEO**. Exame, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://exame.com/revista-exame/quero-ser-pequeno/>. Acesso em: 19 mar. 2023.

GOODMAN, E.; HENRY, P. **Product methodologies: what they are and how to avoid pitfalls**. 2010. Disponível em: <https://www.pmi.org/learning/library/product-methodologies-software-development-programs-6529>. Acesso em: 27 mar. 2023.

GOOGLE TRENDS. **Dados estatísticos de buscas pela expressão “garrafa térmica”**. Disponível em: <https://trends.google.com>. Acesso em: 9 jul. 2023.

GUIMARÃES, Julio Cesar Ferro de; SEVERO, Eliana Andréa; NODARI, Cristine Hermann; OLEA, Pelayo Munhoz; DORION, Eric Charles Henri. **A utilização do Stage-Gate no processo de desenvolvimento de novo produto em uma indústria moveleira**. In: MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UNIVATES, 12., 2012. Lajeado. Anais eletrônico. Lajeado: Univates, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/325701542>. Acesso em: 06 jun. 2023.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Física - Volume 2**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

KAFLE, Abishek; LUIS, Eric; SILWAL, Raman; PAN, Houwen Matthew; SHRESTHA, Pratisthit Lal; BASTOLA, Anil Kumar. **3D/4D printing of polymers: Fused Deposition Modelling (FDM), Selective Laser Sintering (SLS), and Stereolithography (SLA)**. *Polymers*, v. 13, art. 3101, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym13183101>. Acesso em: 25 jun. 2024.

KINGSTAR. **316 and 304 stainless steel: far more eco friendly water bottle materials**. *Water Bottle Tech*, 7 maio 2019. Disponível em: <https://www.waterbottle.tech/316-and-304-stainless-steel-eco-friendly-water-bottle-material/>. Acesso em: 22 mar. 2023.

KOČÍ, Jakub. **How to make food-grade 3D printed models**. *Prusa3D Blog*, 04 dez. 2020. Disponível em: https://blog.prusa3d.com/how-to-make-food-grade-3d-printed-models_40666/. Acesso em: 18 jun. 2024.

KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. **Marketing management**. 14. ed. New Jersey: Pearson, 2012.

LECLAIR, C. **Everyone's resolution is to drink more water in 2020**. *The New York Times*, Nova York, 23 jan. 2020. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2020/01/23/well/live/hydration-water-drinking-health-wellness.html>. Acesso em: 22 mar 2024.

LEITE, Patricia. **Marmita térmica perfeita – como escolher e como usar**. *Mundo Boa Forma*, 2020. Disponível em: <https://www.mundoboaforma.com.br/marmita-termica-perfeita-como-escolher-e-como-usar/>. Acesso em: 28 jun. 2023.

LEITE, Romildo de Paula. **Moda modular, um conceito inovador e estratégia sustentável**. *Textile Industry*, 2020. Disponível em: <https://textileindustry.ning.com/forum/topics/moda-modular-um-conceito-inovador-e-estrat-gia-sustent-vel>. Acesso em: 20 mar. 2023.

LUENENDONK, Martin. **Mass customization: What, why, how, and examples. Cleverism**, 2019. Disponível em: <https://www.cleverism.com/mass-customization-what-why-how/>. Acesso em: 18 mar. 2023.

MACHADO, André Gustavo Carvalho; MORAES, Walter Fernando Araújo de. **Estratégias de customização em massa implementadas por empresas brasileiras**. *Production*, v. 18, p. 170-183, 2008.

MARIN, Jorge. **Por que os copos térmicos Stanley fazem tanto sucesso no Brasil?** *Tecmundo*, 01 fev. 2022. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/produto/233042-copos-termicos-stanley-sucesso-brasil.htm>. Acesso em: 5 jul. 2023.

MARTIN, Henrique. **Copo térmico de cerveja funciona? G1 testa modelos que deixam bebidas geladas por horas.** G1, 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/especiais/guia-de-compras/noticia/2022/01/28/copo-termico-de-cerveja-funciona-g1-testa-modelos-que-deixam-bebida-gelada-por-horas.ghtml>. Acesso em: 28 jun. 2023.

MEIRELES, Leandro. **P, M ou G? Personalização vai deixar a modelagem de roupa obsoleta.** Consumidor Moderno, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.consumidormoderno.com.br/2019/12/04/personalizacao-modelagem-roupa-obsoleta/>. Acesso em: 18 mar. 2023.

MERCADO LIVRE. **Mais vendidos em Garrafas.** Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/mais-vendidos/MLB277958>. Acesso em: 26 mar. 2024.

Moldes Injeções Plásticas. **Tabelas com valores para aplicações de termoplásticos.** Moldes Injeção Plásticos, 2020. Disponível em: <http://moldesinjecao plasticos.com.br/tabelas-com-valores-para-aplicacoes-de-plasticos/>. Acesso em: 17 jul. 2023

MOOIJ, Marieke K. **Global marketing and advertising: understanding cultural paradoxes.** London: SAGE Publications, 2010.

MORGAN, Blake. **50 Stats showing the power of personalization.** Forbes, 2020. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/blakemorgan/2020/02/18/50-stats-showing-the-power-of-personalization/?sh=237f48772a94>. Acesso em: 18 mar. 2023.

NORMAN, D. A. **The design of everyday things: revised and expanded edition.** New York: Basic Books, 2013. Disponível em: <https://ia902800.us.archive.org/3/items/thedesignofeverydaythingsbydonnorman/The%20Design%20of%20Everyday%20Things%20by%20Don%20Norman.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2023.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. H. **Engineering Design: a systematic approach.** 3. ed. Berlim: Springer, 2007.

PATEL, Neil. **Metodologia Ágil: entenda o que é e quais são as 8 mais utilizadas.** Neil Patel, 2020. Disponível em: <https://neilpatel.com/br/blog/metodologia-agil/>. Acesso em: 9 abr. 2023.

PEDERNEIRAS, Gabriela. **Personalização na indústria 4.0.** Indústria 4.0, 2020. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/20019-personalizacao-na-industria-40>. Acesso em: 18 mar. 2023.

PEREIRA, D. **O que é Lean Startup.** Análise de Modelos de Negócios, 31 mar. 2019. Disponível em: <https://analistamodelosdenegocios.com.br/lean-startup/>. Acesso em: 23 abr. 2023.

PETRE, Alina; KUBALA, Jillian; SHOEMAKER, SaVanna. **What is BPA? Should I be concerned about it?** Healthline, 12 abr. 2022. Disponível em: <https://www.healthline.com/nutrition/what-is-bpa>. Acesso em: 16 jul. 2023.

PICHLER, Roman. **Gestão de produtos com Scrum**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

POZZEBOM, Rafaela. **Como funciona? Garrafa térmica de água**. Oficina da Net, 2014. Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/artigo/ciencia/como-funciona-garrafa-termica-de-agua>. Acesso em: 13 mar. 2023.

PRUSA Research. **Food safe FDM printing**. Prusa Knowledge Base, 2024. Disponível em: https://help.prusa3d.com/article/food-safe-fdm-printing_112313. Acesso em: 18 jun. 2024.

HYDROHOMIES. **Comunidade**. Reddit. Disponível em: <https://www.reddit.com/r/HydroHomies/>. Acesso em: 25 maio 2024.

RIBEIRO, Gabriel. **Lean Startup: análise exploratória sobre sua utilização por novas empresas brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2014.

RIES, Eric. **The Lean Startup**. Trad. Alves Calado. Rio de Janeiro: Sextante, 2019.

RODGERS, Daniel. **Stanley Cups Represented The Worst Of Society... Until I Got One**. Vogue UK, Londres, 2024. Disponível em: <https://www.vogue.co.uk/article/stanley-cups-water-bottle-trend>. Acesso em: 22 maio 2024.

ROMEIRO FILHO, Eduardo. **Projeto do produto**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2010.

ROZENFELD, H et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SAP. The new auto industry: **change and innovation for a sustainable world**. Forbes, 12 jan. 2021. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/sap/2021/01/12/the-new-auto-industry-change-and-innovation-for-a-sustainable-world/?sh=47d1549e56c7>. Acesso em: 18 mar. 2023.

SCHNEIDER, Eduardo Luis; ROESE, Pedro Barrinuevo; KINDLEIN, Wilson Júnior. **Análise e seleção de materiais para garrafas térmicas**. Revista Liberato, v. 12, n. 18, p. 169-176, 2011.

SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. **The Scrum Guide**. 2020. Disponível em: <https://scrumguides.org/>. Acesso em: 9 abr. 2023.

SENA, Victor. **O que está por trás do sucesso do copo Stanley no Brasil.** Exame, 25 nov. 2021. Disponível em: <https://exame.com/negocios/o-que-esta-por-tras-do-sucesso-do-copo-stanley-no-brasil/>. Acesso em: 5 jul. 2023.

SISTEMA FECOMÉRCIO. **Cresce interesse por produtos e serviços personalizados.** G1, 27 set. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/especial-publicitario/sistema-fecomercio/radar-do-comercio/noticia/2021/09/27/cresce-interesse-por-produtos-e-servicos-personalizados.ghtml>. Acesso em: 26 abr. 2023.

SONEGO, Monique. **Modularização no desenvolvimento de produtos sustentáveis.** 2018. 123 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SOPRANO. **Garrafa térmica: conheça todas as funcionalidades.** Blog Soprano, 2020. Disponível em: <https://www.soprano.com.br/blog/garrafa-termica-conheca-todas-as-funcionalidades#:~:text=As%20garrafas%20t%C3%A9rmicas%20s%C3%A3o%20recipientes,ou%20quentes%2C%20por%20mais%20tempo>. Acesso em: 28 jun. 2023.

SOPRANO. **Garrafa térmica: conheça vantagens e desvantagens de cada tipo de isolamento.** Blog Soprano, 2021. Disponível em: <https://www.soprano.com.br/blog/garrafa-termica-conheca-vantagens-e-desvantagens-de-cada-tipo-de-isolamento>. Acesso em: 16 jul. 2023.

SPRADLIN, Daniel. **The power of defining the problem.** Harvard Business Review, 2012. Disponível em: <https://hbr.org/2012/09/the-power-of-defining-the-prob>. Acesso em: 2 abr. 2023.

SUNGORY, Phoebe. **How it's made stainless steel bottle vacuum thermos flask?** YouTube, 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=IbSwWi0e1IE&t=30s>. Acesso em: 16 jun. 2024.

TECHTUDO. **Notebook ou desktop: qual a melhor indicação para você?** TechTudo, 25 out. 2021. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2021/10/notebook-ou-desktop-qual-a-melhor-indicacao-para-voce.ghtml>. Acesso em: 20 mar. 2023.

TOLEDO, José Carlos de; SILVA, Sérgio Luis da; ALLIPRANDINI, Dário Henrique; MARTINS, Manoel Fernando; FERRARI, Fernanda Menezes. **Práticas de gestão no desenvolvimento de produtos em empresas de autopeças.** Produção, v. 18, n. 2, p. 405-422, maio/ago. 2008.

ULRICH, Karl T.; EPPINGER, Steven D. **Product Design and Development.** 6. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill Education, 2016.

VEJA. **McDonald's permitirá lanches personalizados nos EUA.** São Paulo, 2014. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/economia/mcdonalds-permitira-lanches-personalizados-nos-eua/>. Acesso em: 18 mar. 2023.

WARD, Allen C.; SOBEK II, Durward K. **Lean product and process development.** 2. ed. Cambridge, MA: Lean Enterprise Institute, 2014

APÊNDICE A: OPINIÕES EXPRESSAS POR CONSUMIDORES

Este apêndice contém uma amostra dos dados brutos coletados para o estudo. Devido ao grande volume de dados, apresentamos aqui uma seleção de trinta opiniões e comentários provenientes das principais fontes de coleta: e-commerce, YouTube e Reddit. A intenção é fornecer ao leitor uma noção do tipo de informação obtida.

Importante destacar que todas as opiniões e comentários foram analisados em conjunto com seus metadados (origem do comentário, usuário, tipo de conteúdo, tipo de recipiente, etc.), ajudando a entender o contexto em que foram publicados.

E-commerces: para a seção da amostra de opiniões de usuários na categoria e-commerce, no Quadro A1, utilizou-se dados referentes a um produto específico, disponível no site eletrônico da Amazon (2024), escolhido aleatoriamente.

- Produto: Garrafa de Água Térmica Inox Esportiva Academia Isolada a Vácuo Aço Inox 800ml
- Marca: Bonnu
- Avaliação: 4,3 de 5
- Preço: R\$ 58,66
- Material: Aço Inox
- Tipo: Térmica
- Capacidade: 800 mL
- Dimensões: D 80 mm, A 240 mm
- Link: <https://www.amazon.com.br/Garrafa-T%C3%A9rmica-Esportiva-Academia-Isolada/product->

reviews/B0BZ53KNMH/ref=cm_cr_dp_d_show_all_btm?ie=UTF8&reviewerType=all_reviews

Quadro A1 – Amostra de opiniões de usuários no site eletrônico da Amazon (2024)

Nº	Comentário
1.	A garrafa é muito boa, o tamanho é bom, mantém muito bem a temperatura, gostei muito. O custo benefício vale demais. A única diferença do anúncio é a quantidade que cabe na garrafa. Enchendo-a até a tampa (o que não se faz é claro) coube 700ml. Enchendo-a na quantidade normal são 600ml.
2.	usei por uns 5 meses e ainda deixa a água gelada. é bem grande. a cor de fora descascou toda e a tampa deu uma quebrada agora. a pior coisa é que é bem difícil de limpar o bocal, então ele fica sujo com facilidade.
3.	Ótimo para academia e caminhadas
4.	Garrafa é excelente opção para conservar líquidos frios. Não recomendo para líquidos quentes.
5.	Valeu super a pena, ela realmente é termina, segura bem água quente por um bom tempo, e água fria tbm. Deixei a garrafa com água gelada dentro do carro no sol, quando entrei a parte externa da garrafa tava bem quente, mas a água tava gelada ainda.. então vale muito a pena, recomendo. Tem um bom acabamento, veio bem embalado..
6.	Garrafa muito boa, mantém a temperatura do líquido por bastante tempo, tem design bonito. Mas a parte de vedação deixa a desejar. Tive problemas com o líquido pingando pela tampa maior.
7.	Adorei a garrafa e cumpre exatamente com o prometido, segura muito bem a temperatura, só teve um problema que foi a cor descascar muito rapidamente com a utilização do dia a dia. Ela chegou faz 2 semanas certinho e parece que tenho ela de vários anos, porém o ponto dela gelar que é o que mais estava esperando, faz com maestria e vale sim o valor que paguei. Eu só compraria a cor prata da mesma, para evitar descascar a cor como ocorreu, tirando isso, ela é ótima e vale a compra!
8.	Muito boa, a garrafa é super leve, fácil de lavar e conserva bem a água gelada a noite inteira. Chegou em 4 dias.
9.	Comprem de olhos fechados, água gelada dura fácil acima de 12 horas e com gelo vai até o outro dia de boa!!!!
10.	A GARRAFA REALMENTE TEM UM ÓTIMO ISOLANTE TÉRMICO, MESMO NO SOL ELA MANTÉM O LÍQUIDO GELADO POR HORAS POREM SUA TINTA DESCASCA MUITO FÁCIL MESMO SEM ATRITO DE ALGO PARA ARRANHAR, E ELE FICA SOLTANDO A CASQUINHA DA TINHA EM TUDO QUE PEGA NELA, TIVE QUE LAVAR COM BOMBRIL PARA TIRAR TODA A TINTA E USAR ELA NO INOX.

Fonte: Amazon (2024)

Youtube: Para a amostra dos dados obtidos no YouTube, Quadro A2, utilizou-se como referência um guia de escolha de garrafas térmicas produzido pelo canal BottlePro.

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=mlb833YAytA&t=972s>

Quadro A2 – Amostra de opiniões de usuários do site eletrônico Youtube (continua)

Nº	Opinião Original	Opinião Traduzida
1	<p>I just switched to Camelbak because they have a great variety of lids that fit any bottle and they are also available in a plastic bottle version which is lighter and prevents dents. I love them! I used to have classic klean kanteens with a narrow opening and this was such a wrong decision they only have a loop cap which is sooo uncomfortable to drink out of (especially of the larger capacity bottles), I very often spilled so much water on my face. The sport cap are great to drink out of, but there are not leak proof and I often had wet bags due to constant leaking. Also there is no chug cap (leak proof and easy to drink out of) or a coffee sip cap for the narrow ones. Klean Kanteen offers all these caps only for the wide bottles. I wish I bought the wide bottles instead of the narrow classic ones, but I just didn't think of these issues back when initially buying them.</p>	<p>Eu acabei de trocar para Camelbak porque eles têm uma grande variedade de tampas que cabem em qualquer garrafa e também estão disponíveis em uma versão de garrafa de plástico que é mais leve e evita amassados. Eu os amo! Eu costumava ter garrafas clássicas da Klean Kanteen com uma abertura estreita e isso foi uma decisão tão errada, pois elas só têm uma tampa de laço que é muito desconfortável para beber (especialmente das garrafas de maior capacidade), eu frequentemente derramava muita água no meu rosto. As tampas esportivas são ótimas para beber, mas não são à prova de vazamentos e muitas vezes eu tinha a mochila molhadas devido a vazamentos constantes. Além disso, não há tampa com bocal superior (à prova de vazamento e fácil de beber) ou uma tampa de café para as estreitas. A Klean Kanteen oferece todas essas tampas apenas para as garrafas largas. Eu gostaria de ter comprado as garrafas largas em vez das clássicas estreitas, mas eu simplesmente não pensei nesses problemas quando as comprei inicialmente.</p>

Quadro A2 – Amostra de opiniões de usuários do site eletrônico Youtube (continuação)

Nº	Opinião Original	Opinião Traduzida
2	<p>Takeya Actives lid is also insulated so no condensation on the bottle at all, and better insulation. I saw a video test of how long the ice lasts vs yeti and takeya won. The details really do matter, you need to know what you will be using it for and what you like. I need something I can carry in a bag that will not come open. Lots of "spillproof" or "leakproof" will come open in a bag. I want not too heavy. I want insulated. Don't want a straw, they're harder to clean, more pieces to break or lose, often limit how much you can drink at once. 24oz is usually more than enough for me but I'm in the city so refilling the bottle if necessary shouldn't be too hard. The handle flipping up or down is good for in a bag or carrying by hand. It's easy to clean. My previous purchase was shaped more like a bottle with large-ish shoulders and you have to be sure to scrub the shoulders inside and the water doesn't drain all the way out so getting it thoroughly dry is a chore. Just got a takeya actives and I think it's the best I've found yet.</p>	<p>A tampa da Takeya Actives também é isolada, então não há condensação na garrafa e melhor isolamento. Eu vi um teste em vídeo de quanto tempo o gelo dura em comparação com a Yeti e a Takeya ganhou. Os detalhes realmente importam, você precisa saber para o que vai usar e o que gosta. Eu preciso de algo que eu possa carregar em uma bolsa que não abra. Muitas "à prova de derramamento" ou "à prova de vazamento" abrem em uma bolsa. Eu quero algo não muito pesado. Eu quero isolado. Não quero um canudo, são mais difíceis de limpar, mais peças para quebrar ou perder, frequentemente limitam o quanto você pode beber de uma vez. 24oz geralmente é mais do que suficiente para mim, mas estou na cidade, então reabastecer a garrafa, se necessário, não deve ser muito difícil. A alça que se dobra é boa para colocar em uma bolsa ou carregar na mão. É fácil de limpar. Minha compra anterior tinha um formato mais parecido com uma garrafa com ombros largos e você tem que garantir que esfrega os ombros por dentro e a água não escorre completamente, então secá-la completamente é uma tarefa. Acabei de conseguir uma Takeya Actives e acho que é a melhor que já encontrei.</p>
3	<p>I carried a Nalgene for years, but I really need something that fits a cup holder. I like the Stanley because it reminds me of a reusable Sonic router 44 cup. I also find wide mouth easy to open or accessible straws easiest to use. If it takes too much effort to drink out of it, I just won't.</p>	<p>Eu carreguei uma Nalgene por anos, mas realmente preciso de algo que caiba no porta-copos. Eu gosto do Stanley porque me lembra de um copo reutilizável Sonic de 44 oz. Eu também acho que bocas largas são fáceis de abrir ou canudos acessíveis os mais fáceis de usar. Se for muito difícil beber, eu simplesmente não vou usá-la.</p>
4	<p>If your looking for a simple water bottle made out of metal that's not necessarily keeping your drinks Cold/Hot, I can really recommend the urban ones from 24 bottles, they are so light and easy to carry</p>	<p>Se você está procurando uma garrafa de água simples feita de metal que não necessariamente mantém suas bebidas frias/quentes, eu realmente recomendo as urbanas da 24 bottles, elas são tão</p>

	around, almost like one made out of plastic	leves e fáceis de carregar, quase como uma feita de plástico.
--	---	---

Quadro A2 – Amostra de opiniões de usuários do site eletrônico Youtube (continuação)

Nº	Opinião Original	Opinião Traduzida
5	I think I'm going to invest in the FJ, I see it comes in several sizes. My everyday everywhere is the 32oz Nalgene with a splash guard (sold separately). I carry a fanny pack but wear it as a sling and have a "WildWolf Outfitters 32 that I carry my Nalgene in. I recently found a "Hydro Flask Slingback bottle pack" that I will carry my new FJ bottle and all my EDC gear in one bag.	Eu acho que vou investir na FJ, vejo que ela vem em vários tamanhos. Meu uso diário é a Nalgene de 32oz com um protetor contra respingos (vendido separadamente). Eu carrego uma pochete mas uso como uma bolsa de ombro e tenho uma "WildWolf Outfitters 32" que carrega minha Nalgene. Recentemente encontrei uma "Hydro Flask Slingback bottle pack" que usarei para carregar minha nova garrafa FJ e todo meu equipamento EDC em uma bolsa.
6	Good video but i think it would have been worth mentioning CamelBak has a semi-universal lid & the offer about 6 different cap styles, plus a tea infuser. It is an extra cost but since you plugged your products for Hydroflask it would have been worth mentioning. It looks like your fruit infuser is plastic, is there a reason for that when your other infusers are metal?	Bom vídeo, mas acho que valeria a pena mencionar que a CamelBak tem uma tampa semi-universal e oferece cerca de 6 estilos de tampas diferentes, além de um infusor de chá. É um custo extra, mas já que você promoveu seus produtos para a Hydroflask, valeria a pena mencionar. Parece que seu infusor de frutas é de plástico, há uma razão para isso quando seus outros infusores são de metal?
7	I've been using only S'well bottles for well over a decade. Most everything I drink I use one. Stays cold for days, hot all day and never spills. Only one I'll use. Fits nicely in my small hands and bottle sleeves and doesn't look like I'm toting around a huge bottle. I have every size and lots of colors. You won't find a better bottle.	Eu só uso garrafas S'well há mais de uma década. Quase tudo que eu bebo uso uma. Mantém frio por dias, quente o dia todo e nunca vaza. É a única que eu uso. Encaixa bem nas minhas mãos pequenas e nas capas de garrafa e não parece que estou carregando uma garrafa enorme. Eu tenho todos os tamanhos e muitas cores. Você não encontrará uma garrafa melhor.

8	I love MyProtein and i buy a lot fitness stuff there but with the shake bottles where i drink a lot of water then the drinking place catch pretty fast mold and gets dirty so easy. IDK is it desing or is it material. Thats why i'm here to find better bottle and share my experiens for future. Maybe someone has same issue	Eu amo MyProtein e compro muitas coisas de fitness lá, mas com as garrafas de shake, onde eu bebo muita água, o local de beber fica com mofo muito rápido e suja muito fácil. Não sei se é design ou material. Por isso estou aqui para encontrar uma garrafa melhor e compartilhar minha experiência para o futuro. Talvez alguém tenha o mesmo problema.
9	Thank you very much for the Video. I chose the fj bottle since it only costs 16€ in Germany and takeya costs 50€. I took the 800ml, not sure yet If I will swap to 1000ml. I wish it would fit my cup holder and would be dishwasher safe tho. Is there a bottle that is like fj/takeya but thinner so it fits car cup holders and cleanable via dishwasher? That would be perfect! Size Minimum 700ml would be cool.	Muito obrigado pelo vídeo. Eu escolhi a garrafa fj, pois custa apenas 16€ na Alemanha e a takeya custa 50€. Eu peguei a de 800ml, ainda não sei se vou trocar pela de 1000ml. Gostaria que ela coubesse no porta-copos do carro e fosse lavável na máquina de lavar louça. Existe uma garrafa como a fj/takeya, mas mais fina, para caber nos porta-copos do carro e lavável na máquina de lavar louça? Isso seria perfeito! Tamanho mínimo de 700ml seria legal.

Quadro A2 – Amostra de opiniões de usuários do site eletrônico Youtube (conclusão)

Nº	Opinião Original	Opinião Traduzida
10	I just switched to Camelbak because they have a great variety of lids that fit any bottle and they are also available in a plastic bottle version which is lighter and prevents dents. I love them!	Eu acabei de mudar para Camelbak porque eles têm uma grande variedade de tampas que cabem em qualquer garrafa e estão disponíveis em uma versão de garrafa de plástico que é mais leve e evita amassados. Eu os amo!

Fonte: BottlePro (2023)

Reddit: A amostra de opiniões obtidos na rede social Reddit, Quadro A3, foi extraída da comunidade HydroHomies, que conta com 1,2 milhão de usuários dedicados a discutir assuntos relacionados à hidratação e garrafas de água.

Link: <https://www.reddit.com/r/HydroHomies/>

Quadro A3 – Amostra de opiniões de usuários do site eletrônico Reddit (continua)

Nº	Opinião Original	Opinião Traduzida
1	I love nalgene! wide mouth makes it easy to clean, and dishwasher safe.	Eu amo a Nalgene! A boca larga facilita a limpeza e é segura para a máquina de lavar louça.

2	<p>I keep a yeti tumbler at my desk at work. Since it just stays on my desk I dont have a need for a screw lid or anything like that, but the tumbler cap still prevents spilling and keeps it cold. The yeti cup and lid are also dishwasher safe. But if you are going to carry a full water bottle with you wherever you go then nalgene will be good or look at the yeti rambler bottles (again mostly because they are dishwasher safe unlike most vacuum insulated bottles).</p>	<p>Eu mantenho um copo Yeti na minha mesa de trabalho. Como ele fica apenas na minha mesa, não preciso de uma tampa de rosca ou algo parecido, mas a tampa do copo ainda evita derramamentos e mantém a bebida fria. O copo e a tampa Yeti também são seguros para a máquina de lavar louça. Mas se você vai carregar uma garrafa de água cheia com você aonde quer que vá, então a Nalgene será boa ou considere as garrafas Yeti Rambler (novamente, principalmente porque são seguras para a máquina de lavar louça, ao contrário da maioria das garrafas isoladas a vácuo).</p>
---	--	---

Quadro A3 – Amostra de opiniões de usuários do site eletrônico Reddit (continuação)

Nº	Opinião Original	Opinião Traduzida
3	I like hydro flasks. Lots of sizes and lid options and it's insulated so it stays cold.	Eu gosto das Hydro Flasks. Muitas opções de tamanhos e tampas e são isoladas, então mantêm a bebida fria.
4	Love my Owala. Built-in loop/cap lock to prevent it from opening. Not the biggest but at least it keeps my water cold. And straw, love the sippy straw.	Adoro minha Owala. Fecho e trava de tampa integrados para evitar que se abra. Não é a maior, mas pelo menos mantém minha água fria. E o canudo, adoro o canudo de bico.
5	My travelling water bottle is the 1L hydro flask with the sippy lid. I really like it because I can get my hand in it to fully clean it, the sippy lid comes fully apart for cleaning, and it feels sturdy. HOWEVER it is too small to be my desk water bottle. I have the same problem you do where when I run out of water at my desk I just slowly desiccate rather than get up and get more water. So I got this 2L water bottle for use at my desk. My primary requirement in a water bottle is easy cleaning. I can fit my hand in this one and it doesn't have any unreachable crevices, so it wins for me.	Minha garrafa de água de viagem é a Hydro Flask de 1L com tampa de bico. Eu realmente gosto dela porque posso colocar minha mão dentro para limpar completamente, a tampa de bico se desmonta totalmente para limpeza e é resistente. NO ENTANTO, é muito pequena para ser minha garrafa de água de mesa. Tenho o mesmo problema que você, quando fico sem água na minha mesa, simplesmente vou desidratando lentamente em vez de me levantar para pegar mais água. Então, eu comprei esta garrafa de água de 2L para usar na minha mesa. Meu principal requisito em uma garrafa de água é a facilidade de limpeza. Posso colocar minha mão nesta e não há fendas inalcançáveis, então é a melhor para mim.
6	I do have to admit that I stopped reading after I saw you say that water bottles are small, but I recommend the 135oz manna bottles, they're easy to clean too because you can fit your whole arm in it if you're a DIY'er or if you're too busy/lazy you can steal someone's small child and put them in there with the promise of candy if they clean it for you :)	Tenho que admitir que parei de ler depois de ver você dizer que as garrafas de água são pequenas, mas eu recomendo as garrafas Manna de 135oz, elas também são fáceis de limpar porque você pode colocar todo o braço dentro dela se você for um DIYer ou, se estiver muito ocupado/preguiçoso, pode pegar uma criança pequena e colocá-la lá com a promessa de doces se ela limpar para você :)

Quadro A3 – Amostra de opiniões de usuários do site eletrônico Reddit (conclusão)

Nº	Opinião Original	Opinião Traduzida
7	I've been using a Bubba Growler. Not quite easy to hold or put in a backpack, but the handle is built in to the lid. So no extra parts that you will have to buy in case it breaks. Not transparent either. But I have water in my bottle all day and never have to refill it until the next day or at night.	Eu tenho usado uma Bubba Growler. Não é muito fácil de segurar ou colocar em uma mochila, mas a alça é integrada à tampa. Então, sem peças extras que você terá que comprar caso ela quebre. Também não é transparente. Mas eu tenho água na minha garrafa o dia todo e nunca preciso reabastecê-la até o dia seguinte ou à noite.
8	I'd Get something with replaceable lids, a wide mouth for cleaning, stainless steel, dishwasher safe.	Eu pegaria algo com tampas substituíveis, uma boca larga para limpeza, aço inoxidável, seguro para a máquina de lavar louça.
9	I've been using a 20oz Klean Kanteen for the past 4 years. Easy to clean, keeps my water cold, small enough to take with me. Needs more frequent refilling though, but I don't mind.	Tenho usado uma Klean Kanteen de 20oz nos últimos 4 anos. Fácil de limpar, mantém minha água fria, pequena o suficiente para levar comigo. Precisa de reabastecimento mais frequente, mas eu não me importo.
10	I really like my 40oz Owala FreeSip! I love being able to both use a straw and chug water if I'm really thirsty. It isn't slim though, but you can buy a smaller one. You won't be able to find a bottle that fits a lot of water and fits into the side pocket of your backpack. You'll have to choose one or the other. I just shove my Owala into the bigger pocket along with my books and notebook. It never leaks so it's pretty safe. Quite easy to clean too!	Eu realmente gosto da minha Owala FreeSip de 40oz! Adoro poder usar um canudo e beber água rapidamente se estiver com muita sede. No entanto, não é fina, mas você pode comprar uma menor. Você não encontrará uma garrafa que comporte muita água e caiba no bolso lateral da sua mochila. Você terá que escolher uma ou outra. Eu simplesmente coloco minha Owala no bolso maior junto com meus livros e caderno. Nunca vaza, então é bastante segura. Bastante fácil

Fonte: Comunidade HydroHomies – Reddit (2023)

APÊNDICE B: ROTEIRO UTILIZADO PARA AS ENTREVISTAS

Informações a serem observadas:

- Gênero
- Idade aproximada
- País / estado onde reside

Perguntas:

1. Uso Geral e Experiências Recentes
 - a) Você possui recipientes como garrafas e copos térmicos? Se sim, como você costuma usá-los no seu dia a dia? Se não, como que você poderia se beneficiar deles?
 - b) Com que frequência você utiliza seus recipientes térmicos? Existe alguma regularidade ou é mais esporádico, dependendo das circunstâncias?
 - c) Você tem algum recipiente térmico que considera seu favorito? Pode contar mais sobre ele?
 - d) Há quanto tempo você possui seu recipiente térmico favorito e o que te faz continuar a usá-lo?
2. Preferências e Escolhas
 - a) Você usa recipientes térmicos para algum tipo específico de bebida?
 - b) Você consideraria comprar recipientes térmicos feitos de quais materiais? E dentre esses, quais são suas preferências de material e por quê?
 - c) Que características você considera mais importantes em um recipiente térmico (por exemplo, capacidade, isolamento térmico, facilidade de limpeza)?
 - d) Há alguma marca ou modelo de recipiente térmico que mais chame a sua atenção? Por quê?
 - e) Você possui diferentes recipientes térmicos para diferentes ocasiões (trabalho, lazer, esportes, etc.)? Poderia explicar por que usa recipientes diferentes?
 - f) Existem características particulares que você buscaria em um recipiente térmico se pudesse usá-lo tanto para atividades ao ar livre quanto em um ambiente de escritório?
 - g) O que te influencia na hora de escolher um recipiente térmico para comprar?
 - h) Qual foi o valor mais alto que você já pagou por um recipiente térmico?
 - i) Você acha que fez um bom negócio com essa compra? Por quê?
 - j) Quanto você estaria disposto(a) a pagar por um recipiente térmico ideal?
 - k) Quão influente são as opiniões de amigos, família ou avaliações online na sua decisão de comprar um recipiente térmico?
3. Problemas e Melhorias

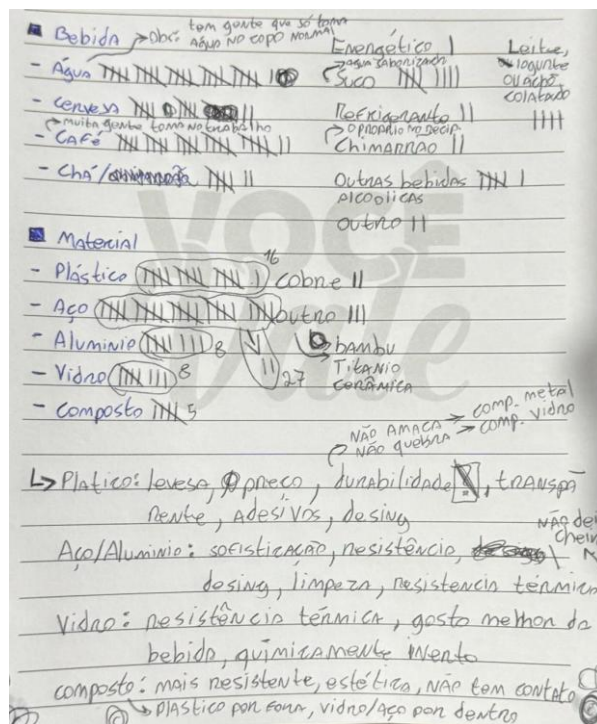
- a) Você já enfrentou problemas com recipientes térmicos no passado? Pode descrever? Há algo que você gostaria que melhorasse nos recipientes térmicos que usa atualmente?
- 4. Design e Funcionalidades
 - a) O que você mais valoriza em termos de design e estética de um recipiente térmico?
 - b) Você valorizaria um recipiente térmico que oferecesse opções de personalização e componentes intercambiáveis, como tampas com diferentes funcionalidades ou adição de módulos para aumentar a capacidade?
- 5. Sustentabilidade e Manutenção
 - a) A sustentabilidade ou características ecológicas de um recipiente térmico influenciam sua decisão de compra?
 - b) Você está familiarizado com o termo BPA? Isso influencia sua decisão ao escolher recipientes térmicos em termos de material e segurança?
 - c) Como você lida com a manutenção e a limpeza de seus recipientes térmicos?

APÊNDICE C: EXEMPLO DE ANOTAÇÕES DE ENTREVISTAS

Este apêndice apresenta um exemplo das anotações feitas durante as entrevistas não estruturadas realizadas para a coleta de dados deste estudo. As entrevistas foram conduzidas conforme descrito no tópico 4.1.3, adaptando-se às restrições de última hora que impediam o uso de formulários estruturados ou anotações detalhadas no momento da interação com os participantes.

As imagens a seguir são representativas do método empregado para registrar as respostas dos entrevistados. As anotações detalhadas, mostradas na figura C2, foram realizadas imediatamente após cada interação, e foi utilizando um sistema de marcações pré-estabelecidas, figura C1, para facilitar o registro rápido de informações pertinentes durante as entrevistas. Este método permitiu a captura eficiente de dados sem interromper ou influenciar o fluxo natural das conversas.

Figura C1 – Exemplo de anotações feitas nas entrevistas



Fonte: autor (2024)

Para complementar, segue um resumo dos principais pontos discutidos durante a primeira entrevista, e que ilustra as opiniões e comportamentos dos consumidores em relação aos recipientes térmicos:

■ Entrevista 1: mulher | 30 a 40 anos | Terra Rocha, PR

- Usa uma garrafa de 500 a 800 ml no dia a dia, feita de aço inox, para trabalho e academia.
- Em casa, usa copos e canecas térmicas, tem uma coleção de várias cores para combinar com o visual ou tema do evento.
- Recipiente favorito: copo Stanley, modelo parecido com o "quencher". Gosta porque é diferente e comentado por outros. Usado mais em casa, não pensado inicialmente para uso no carro, apesar de ser prático para isso.
- Possui o copo favorito há pouco mais de um ano, não pensa em trocá-lo devido à boa conservação de temperatura e capacidade.
- Usa recipientes térmicos para café, suco, e água fora de casa ou no quarto. Usa copos térmicos para cerveja e caipirinha em eventos sociais.
- Tem uma garrafa de 1,5L de vidro com bomba para café em casa, mas é frágil e "desengonçada". Para Terere, usa uma garrafa de 1L ergonômica.
- Prefere recipientes de aço inox pela resistência e sofisticação, mas usaria plástico se necessário, embora não seja sua primeira opção. Também valoriza recipientes de vidro.
- Características apreciadas: resistência térmica, resistência mecânica, e não deixar gosto ou cheiro.
- Prefere Stanley pela qualidade e confiabilidade, também possui uma garrafa Termolar que nunca a decepcionou.
- Para um recipiente térmico ideal para todos os usos, destacou a importância de ser bonito e eficiente na manutenção da temperatura, mas reconhece a necessidade de diferentes capacidades e tampas para diferentes ocasiões.

- Influências na escolha: características apreciadas, importância da marca pela confiança e status.
- Disposta a pagar até R\$ 300,00 por um recipiente muito bom e de marca famosa.
- Acredita que o recipiente mais caro que comprou custou por volta de R\$ 200,00, e considera um bom negócio pois usa diariamente.
- Afirma que escolheu todos os recipientes sozinha, sem influência externa, mas mencionou diversas outras vezes a influência social de amigos e familiares.
- Já teve problemas com garrafas que quebraram ao cair, perderam a resistência térmica, tiveram o revestimento externo esfarelado e problemas de vedação.
- Valoriza o design em inox, revestimentos de qualidade e opções de cores. Gosta de personalização com muitas opções de cores e tampas.
- Interessada em garrafas modulares para ajustar funcionalidade e capacidade.
- Sustentabilidade influencia sua compra, estaria disposta a pagar mais por produtos feitos com materiais reciclados.
- Não compraria recipientes com BPA.
- Prefere garrafas com bocal largo e sem muitas partes desmontáveis para facilitar a limpeza. Não possui acessórios de limpeza adequados, usa improvisações como empurrar a bucha de louça com um garfo.
- A entrevistada valoriza a aparência e o status dos recipientes térmicos, assim como a funcionalidade prática e durabilidade.
- Menciona uma coleção de recipientes, destacando o prazer estético e a combinação com eventos e visuais.
- Relatou influências sociais e de marca, apesar de afirmar inicialmente que faz escolhas independentes.
- Mostra uma clara preferência por materiais de qualidade e soluções práticas para manutenção e uso diário.

APÊNDICE D: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO FUNCIONAL

As perguntas abaixo foram submetidas aos participantes com uma escala de 1 a 5 (ruim a bom). Eles também foram orientados a deixar a pergunta em branco caso não soubessem responder.

1. Eficiência térmica

- a) Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a capacidade do RTM de manter a temperatura das bebidas quentes?
- b) Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a capacidade do RTM de manter a temperatura das bebidas frias?
- c) Você notou alguma variação significativa na temperatura das bebidas ao longo do tempo? (1 - Muito, 5 - Nenhuma)
- d) Comparado a outros recipientes térmicos que você já usou, como você avalia a eficiência térmica do RTM? (1 - Muito inferior, 5 - Muito superior)

2. Ergonomia

- a) Como você avalia a facilidade de manuseio do RTM? (1 - Muito difícil, 5 - Muito fácil)
- b) A alça do RTM proporcionou conforto e segurança ao transportar o recipiente? (1 - Nada confortável, 5 - Muito confortável)
- c) Em uma escala de 1 a 5, como você avalia o peso do RTM quando cheio?
- d) Como você avalia a facilidade de abrir e fechar o RTM? (1 - Muito difícil, 5 - Muito fácil)
- e) O design do RTM permite um bom encaixe nas mãos? (1 - Nada ergonômico, 5 - Muito ergonômico)

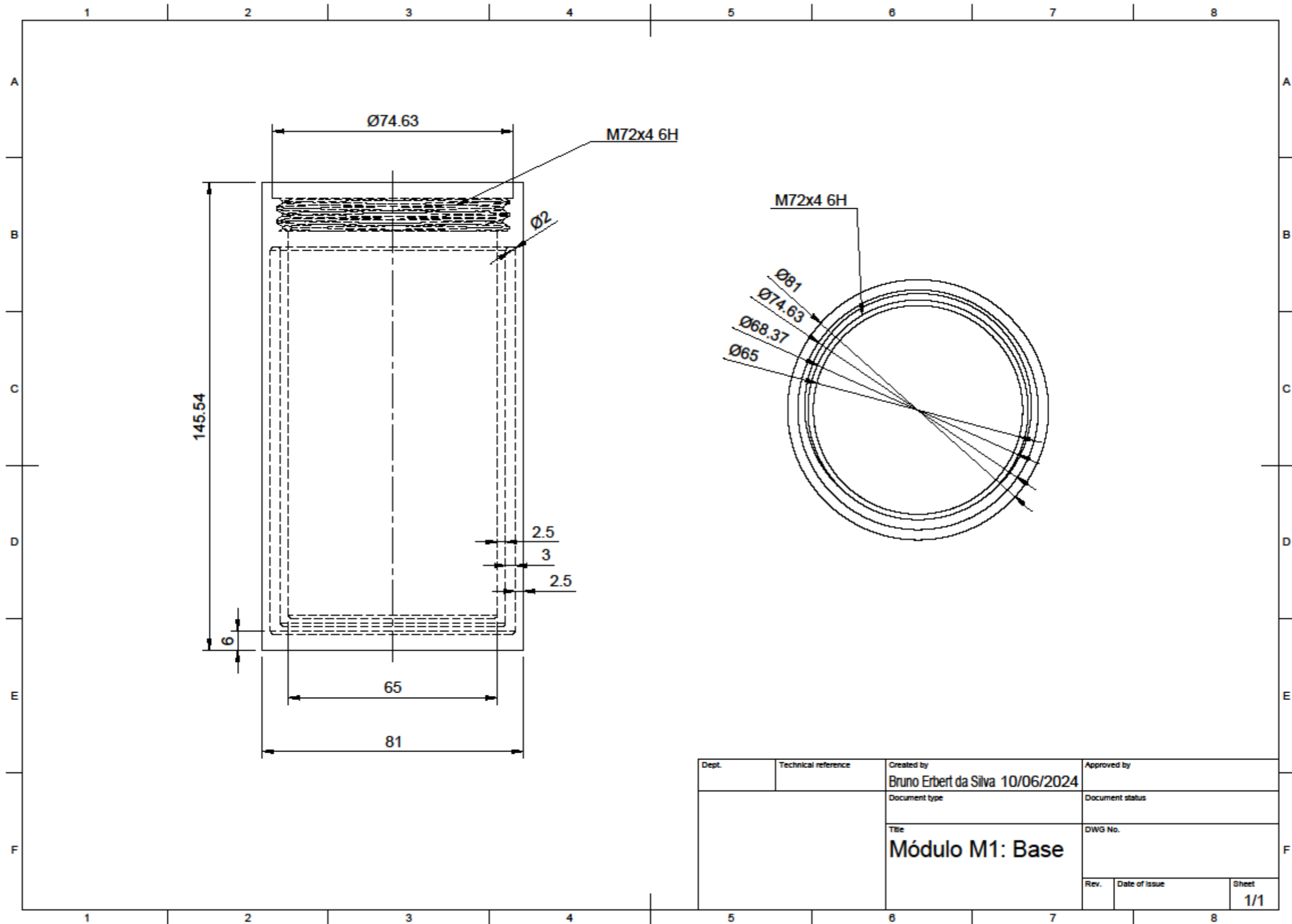
3. Facilidade de limpeza

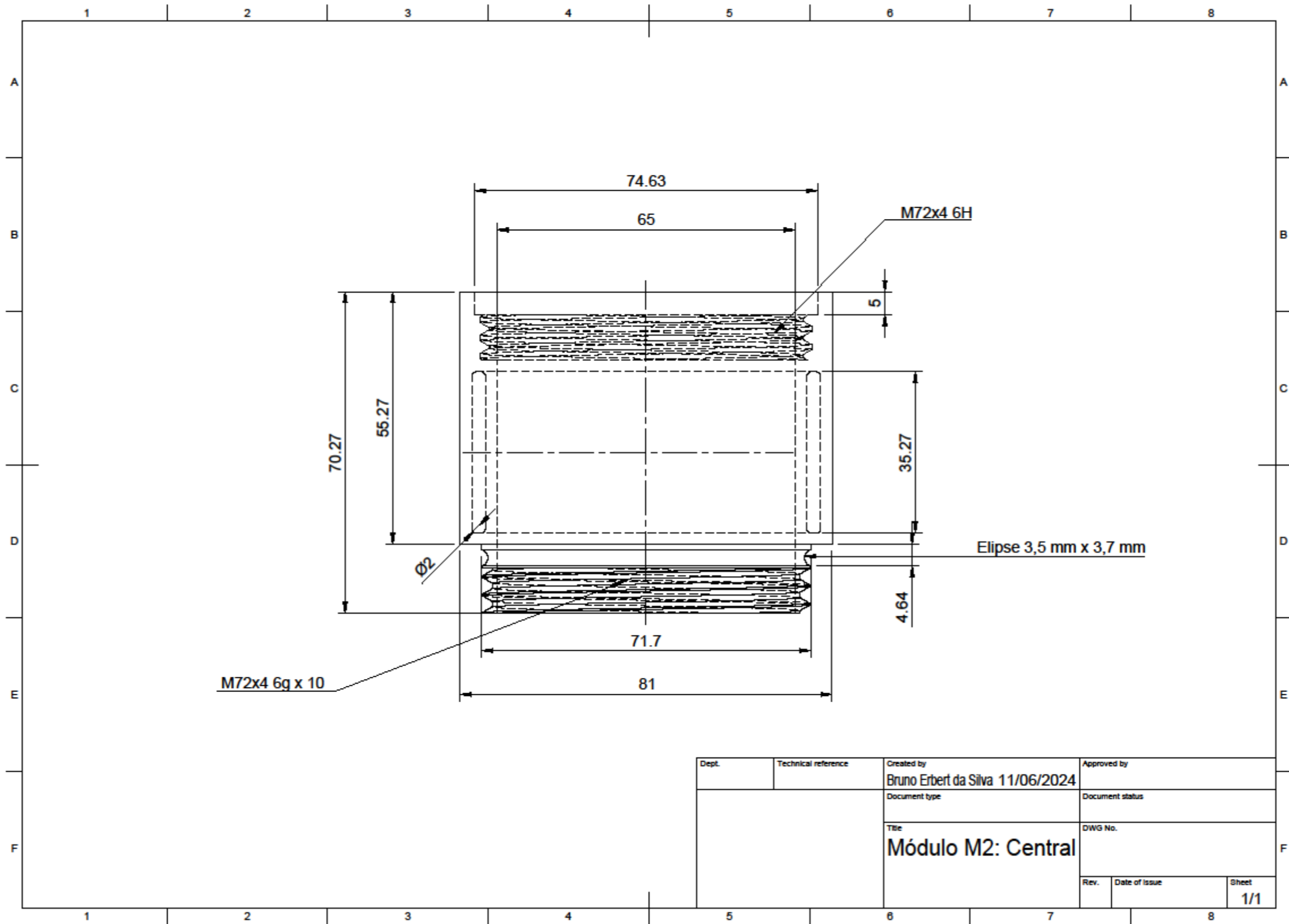
- a) Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a facilidade de desmontar o RTM para limpeza?
- b) Como você avalia a facilidade de limpar todas as partes internas do RTM? (1 - Muito difícil, 5 - Muito fácil)
- c) O RTM apresentou alguma dificuldade na remoção de resíduos ou manchas? (1 - Muita dificuldade, 5 - Nenhuma dificuldade)

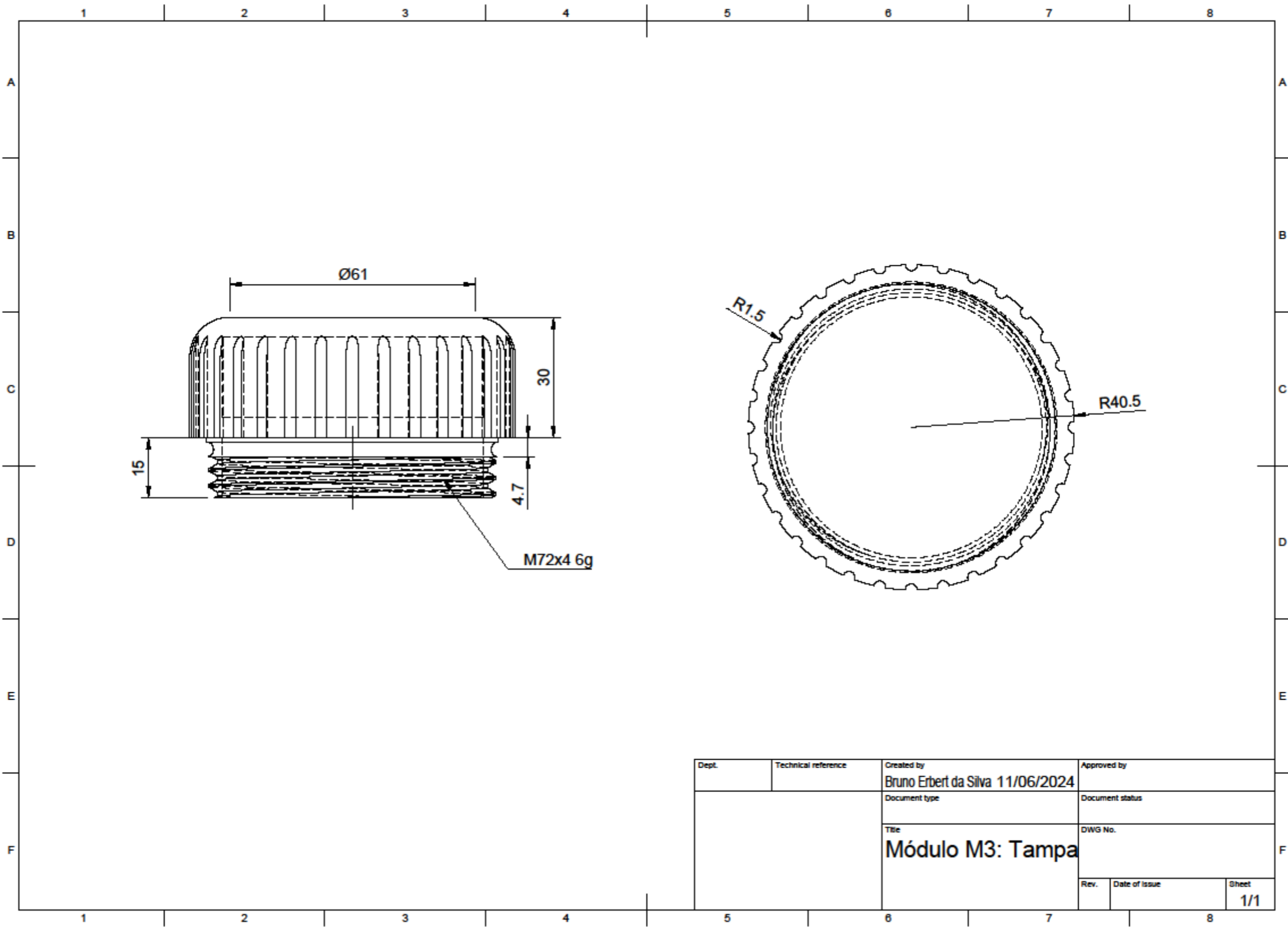
- d) Em uma escala de 1 a 5, como você avalia o tempo necessário para limpar completamente o RTM?
 - e) O design do RTM contribui para facilitar a limpeza? (1 - Não contribui, 5 - Contribui muito)
4. Vedação
- a) Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a vedação do RTM para líquidos quentes?
 - b) Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a vedação do RTM para líquidos frios?
 - c) A vedação do RTM permaneceu eficiente após várias aberturas e fechamentos? (1 - Piorou, 5 – Se manteve estável)
 - d) Em comparação com outros recipientes térmicos, como você avalia a vedação do RTM? (1 - Muito inferior, 5 - Muito superior)
5. Durabilidade
- a) Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a resistência do RTM a quedas e impactos?
 - b) Após o uso contínuo, o RTM apresentou sinais de desgaste? (1 - Muito desgaste, 5 - Nenhum desgaste)
 - c) Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a qualidade dos materiais utilizados no RTM?
 - d) Em comparação com outros recipientes térmicos, como você avalia a durabilidade do RTM? (1 - Muito inferior, 5 - Muito superior)
6. Aparência estética
- a) Em uma escala de 1 a 5, como você avalia o design estético do RTM?
 - b) As texturas e acabamentos do RTM são agradáveis ao toque? (1 - Muito desagradáveis, 5 - Muito agradáveis)
 - c) O RTM manteve sua aparência estética após o uso contínuo? (1 - Não manteve, 5 - Manteve completamente)
 - d) Em comparação com outros recipientes térmicos, como você avalia a aparência estética do RTM? (1 - Muito inferior, 5 - Muito superior)
7. Modularidade
- a) Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a facilidade de montagem e desmontagem dos módulos do RTM?

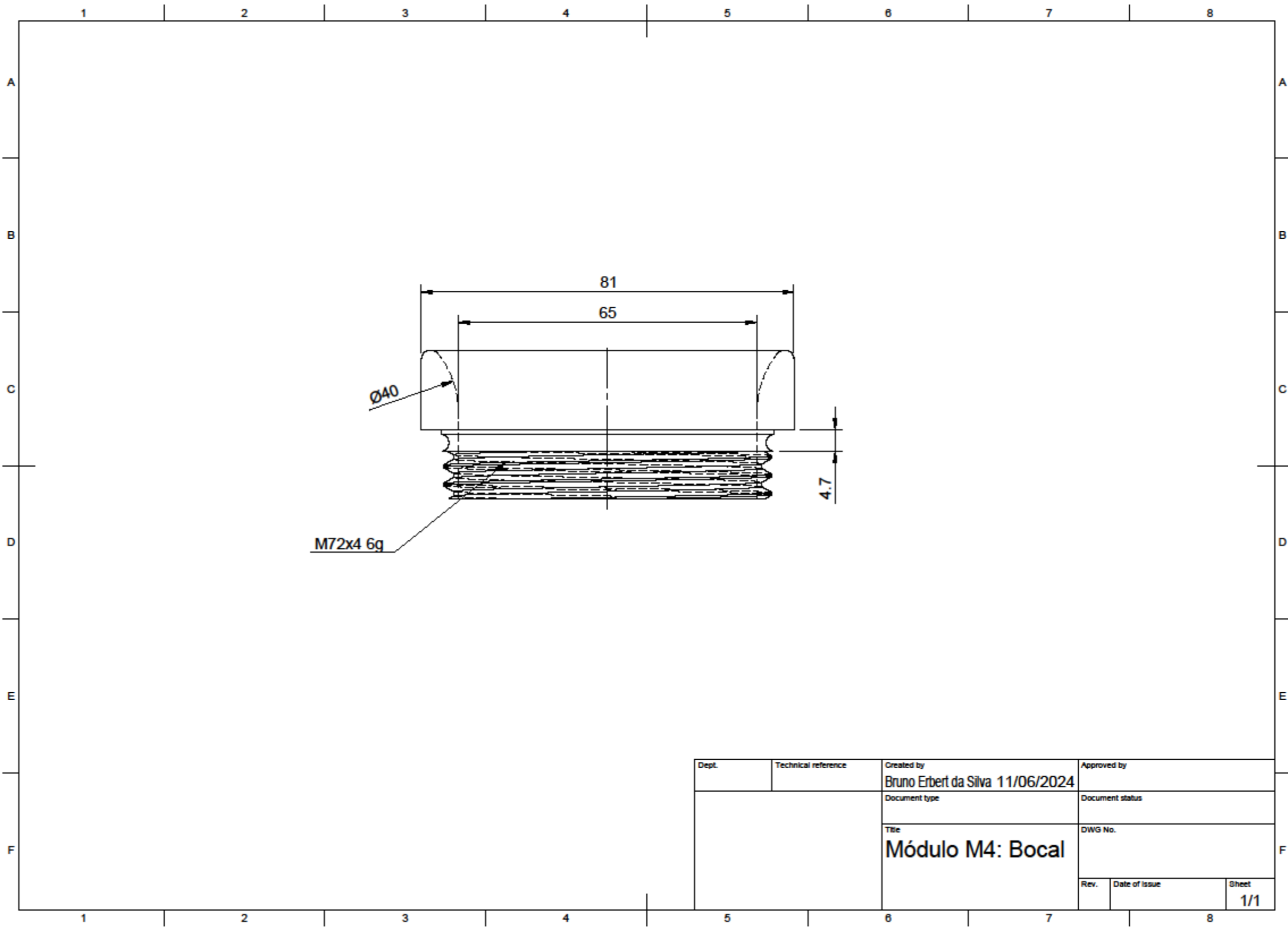
- b) Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a versatilidade do RTM em diferentes configurações?
 - c) Os módulos do RTM se encaixam firmemente sem apresentar folgas? (1 - Muitas folgas, 5 - Nenhuma folga)
 - d) De 1 a 5, a característica de modularidade foi útil para aumentar o aproveitamento do recipiente em diferentes situações?
8. Satisfação geral
- a) Em uma escala de 1 a 5, qual é o seu nível de satisfação geral com o RTM?
 - b) O RTM atendeu às suas necessidades e expectativas de uso diário? (1 - Nada, 5 - Completamente)
 - c) Você recomendaria o RTM para outras pessoas? (1 - Nunca recomendaria, 5 - Recomendo fortemente)
 - d) Em comparação com outros recipientes térmicos que você já utilizou, como você avalia o RTM? (1 - Muito inferior, 5 - Muito superior)

ANEXO A: DESENHOS TÉCNICOS









Dept.	Technical reference	Created by Bruno Erbert da Silva 11/06/2024	Approved by
		Document type	Document status
		Title Módulo M4: Bocal	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet 1/1

