



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

MATHEUS FELIPE CLAUDINO DE SANTANA

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTOS PARA O
DESENVOLVIMENTO DE UMA TRAVA ANTIFURTO PARA CADEADOS**

Recife

2024

MATHEUS FELIPE CLAUDINO DE SANTANA

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTOS PARA O
DESENVOLVIMENTO DE UMA TRAVA ANTIFURTO PARA CADEADOS**

Monografia apresentada ao Instituto de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica. Área de concentração: Projetos.

Orientador: Francisco Fernando Roberto Pereira

Recife

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Santana, Matheus Felipe Claudino de.

Aplicação de uma metodologia de projeto de produtos para o desenvolvimento de uma trava antifurto para cadeados / Matheus Felipe Claudino de Santana. - Recife, 2024.

71 p. : il., tab.

Orientador(a): Francisco Fernando Roberto Pereira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Mecânica - Bacharelado, 2024.

Inclui referências.

1. Protetor de cadeado. 2. Trava. 3. Metodologia de projeto. 4. Cadeado. 5. Impressão 3D. I. Pereira, Francisco Fernando Roberto. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)



Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Engenharia Mecânica Centro de
Tecnologia e Geociências- CTG/EEP



ATA DE SESSÃO DE DEFESA DE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – TCC2

Ao 9º dia do mês de agosto do ano de dois mil e vinte e quatro, às 10:00 horas, reuniu-se a banca examinadora para a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, intitulado **Aplicação de uma metodologia de projeto de produtos para o desenvolvimento de uma trava antifurto para cadeados**, elaborado pelo aluno **Matheus Felipe Claudino de Santana**, matrícula 20140003235, sob a orientação do Prof. **Francisco Fernando Roberto Pereira**. A banca foi composta pelos avaliadores: Prof. **Francisco Fernando Roberto Pereira** (orientador), Profa. **Janaina de Moreira Meneses** (avaliadora), e Profa. **Marcele Elisa Fontana** (avaliadora). Após a exposição oral do trabalho, o candidato foi arguido pelos componentes da banca que em seguida reuniram-se e deliberaram pela sua Aprovado, atribuindo-lhe a média 8,0, julgando-o apto() / inapto() à conclusão do curso de Engenharia Mecânica. Para constar, redigi a presente ata aprovada por todos os presentes, que vai assinada pelos membros da banca.

Orientador: Prof. Francisco Fernando Roberto Pereira Nota: 8,0

Assinatura _____

Avaliadora Interna: Profa. Janaina de Moreira Meneses Nota: 8,0

Assinatura _____

Avaliadora Interna: Profa. Marcela Elisa Fontana Nota: 8,0

Assinatura _____

Recife, 09 de agosto de 2024.

Prof. Marcus Costa de Araújo
Coordenador de Trabalho de Conclusão de curso - TCC
Curso de Graduação em Engenharia Mecânica – CTG/EEP-UFPE

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais Adilson José e Joana Darc por terem me dado todas as condições e o suporte necessários para chegar até o final da minha graduação.

Quero agradecer a minha família a qual de alguma forma me incentivou e me apoiou no caminho que decidi percorrer.

Agradeço ao meu professor orientador Francisco Fernando por entender minhas circunstâncias, por ser paciente e por ter me guiado ao longo deste trabalho compartilhando seus conhecimentos.

Agradeço ao professor Justo Emílio e aos técnicos do laboratório de prototipagem por toda a ajuda e disposição com as impressões com impressora 3D.

RESUMO

Os cadeados são objetos os quais foram criados com o objetivo de proteger ou restringir o acesso a algum patrimônio ou local. Com o desenvolvimento de ferramentas e de técnicas de arrombamento os cadeados passaram a ter suas fraquezas expostas e a partir disso surgiram as travas para cadeado. Existem diversas fabricantes de travas no mercado cujos produtos são semelhantes, porém as travas para cadeados só os protegem contra ferramentas usadas para romper sua haste já que essas soluções deixam a parte inferior dele exposta totalmente desprotegida contra técnicas de arrombamento. Portanto, este trabalho visa desenvolver uma trava antifurto para proteção contra violação de cadeados com a finalidade de servir como base para a evolução e variação das travas do mercado. Logo, seguindo uma metodologia de projeto de produtos, foi realizada uma pesquisa por patentes, um *benchmarking* incluindo empresas de renome como a Papaiz e a Pado e um questionário remoto com pessoas de diferentes partes do Brasil afim de adquirir os requisitos do cliente e do produto e estabelecer as especificações-meta. Adiante, foi feita a modelagem funcional do produto definindo de maneira preliminar seus sistemas, subsistemas e componentes para determinar e escolher um conceito. Em seguida, foram produzidos esboços e modelos CAD, foram feitas impressões 3D de modelos em PLA e em resina através das tecnologias FDM e SLA, respectivamente, para testar a funcionalidade do conceito e validar o produto. Embora não tenha sido possível validar sua funcionalidade durante a elaboração deste projeto, o presente estudo serve como ponto de partida para aprimorar as soluções existentes.

Palavras-chave: Protetor de cadeado; Trava; Metodologia de projeto; Cadeado; Impressão 3D.

ABSTRACT

Padlocks are objects that were created with the aim of protecting or restricting access to property or premises. With the development of burglary tools and techniques, padlocks began to have their weaknesses exposed, which is why padlocks came into being. There are several lock manufacturers on the market whose products are similar, but padlocks only protect them against tools used to break the shank, as these solutions leave the lower part of the padlock exposed and totally unprotected against breaking techniques. Therefore, this work aims to develop an anti-theft lock to protect against tampering with padlocks in order to serve as a basis for the evolution and variation of locks on the market. Therefore, following a product design methodology, a patent search was carried out, a benchmarking including renowned companies such as Papaiz and Pado and a remote questionnaire with people from different parts of Brazil in order to acquire customer and product requirements and establish the target specifications. Functional modeling of the product was then carried out, preliminarily defining its systems, subsystems and components in order to determine and choose a concept. Sketches and CAD models were then produced, and 3D models were printed in PLA and resin using FDM and SLA technologies, respectively, to test the functionality of the concept and validate the product. Although it was not possible to validate its functionality during the development of this project, this study serves as a starting point for improving existing solutions.

Keywords: Product design methodology; Padlock; Padlock protector; Locks; 3D printing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Metodologia de Projeto Asimow	18
Figura 2 –	Metodologia de Projeto da norma VDI	19
Figura 3 –	Modelo de Referência	20
Figura 4 –	Estrutura funcional de uma máquina de lavar roupas	24
Figura 5 –	Sistemas, subsistemas e componentes de um ventilador coluna	25
Figura 6 –	Componentes do cadeado	29
Figura 7 –	Tipos de cadeados: a) Cadeado tradicional, b) Cadeado TSA, c) Cadeado de bloqueio, d) Cadeado biométrico, e) Cadeado <i>bluetooth</i>	31
Figura 8 –	Metodologia	33
Figura 9 –	Violação de um cadeado através de uma ferramenta	37
Figura 10 –	Violação de um cadeado através de técnicas de arrombamento	37
Figura 11 –	a) Capa protetora de cadeado, b) Capa protetora etapas parte 1, c) Capa protetora etapas parte 2	37
Figura 12 –	a) Protetor de cadeado livre, b) Protetor de cadeado encaixado na haste	38
Figura 13 –	Tampa protetora para cadeado	38
Figura 14 –	Trinco para portões	39
Figura 15 –	a) Trava de segurança para uso em portões destravada, b) Trava de segurança para uso em portões travada	40
Figura 16 –	Trava para portão padrão	41
Figura 17 –	Trava para portão da Pacri	42
Figura 18 –	Questionário: a) Resultado quanto à facilidade de uso do produto, b) Resultado quanto à facilidade em segurar o produto	43
Figura 19 –	Questionário: a) Resultado quanto à estética do produto, b) Resultado quanto ao tamanho do produto	43
Figura 20 –	Questionário: a) Resultado quanto ao peso do produto, b) Resultado quanto à segurança do produto	44

Figura 21 –	Questionário: a) Resultado quanto à resistência do produto, b) Resultado quanto à tecnologia do produto	44
Figura 22 –	Resultado quanto ao preço do produto	45
Figura 23 –	Comentários relevantes dos clientes	46
Figura 24 –	Mapa mental do protetor de cadeado para portão	47
Figura 25 –	Sistemas, subsistemas e componentes do produto	51
Figura 26 –	Esboço da forma dos produtos existentes	52
Figura 27 –	Esboço Modelo A Versão 1	52
Figura 28 –	Esboço Modelo A Versão 2	53
Figura 29 –	a) Base superior do Modelo A, b) Base inferior do Modelo A, c) Pino do Modelo A, d) Mecanismo de 4 barras do Modelo A, e) Chave do mecanismo do Modelo A, f) Conjunto montado incompleto do Modelo A	54
Figura 30 –	a) Tampa do Modelo B Versão 1, b) Caixa do Modelo B Versão 1, c) Sistema de travamento do Modelo B Versão 1	55
Figura 31 –	a) Tampa do Modelo B Versão 2, b) Caixa do Modelo B Versão 2, c) Sistema de travamento do Modelo B Versão 2, d) Conjunto montado do Modelo B Versão 2	55
Figura 32 –	a) Tampa do Modelo B Versão 3, b) Caixa do Modelo B Versão 3, c) Sistema de travamento do Modelo B Versão 3, d) Conjunto montado do Modelo B Versão 3	56
Figura 33 –	Esquema da tecnologia SLA	57
Figura 34 –	Esquema da tecnologia FDM	58
Figura 35 –	Impressora 3D Creality Ender 3	59
Figura 36 –	a) Peças de PLA do Modelo B Versão 3, b) Acoplamento entre caixa e tampa do Modelo B Versão 3	59
Figura 37 –	a) Tampa do Modelo B Versão 4, b) Caixa do Modelo B Versão 4, c) Sistema de travamento do Modelo B Versão 4, d) Conjunto montado do Modelo B Versão 4	60
Figura 38 –	a) Caixa de PLA do Modelo B Versão 4, b) Tampa de PLA do Modelo B Versão 4, c) Acoplamento entre caixa e tampa do Modelo B Versão 4	60

Figura 39 –	a) Tampa do Modelo B Versão 5, b) Alça do Modelo B Versão 5, c) Caixa do Modelo B Versão 5, d) Base da chave do Modelo B Versão 5, e) Conjunto montado do Modelo B Versão 5	61
Figura 40 –	a) Caixa de PLA do Modelo B Versão 5, b) Tampa de PLA do Modelo B Versão 5	62
Figura 41 –	a) Caixa do Modelo B Versão Final, b) Tampa do Modelo B Versão Final, c) Sistema de travamento do Modelo B Versão Final, d) Conjunto montado do Modelo B Versão Final	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação simplificada das metodologias de projeto de produto	19
Tabela 2 – Necessidades dos clientes estruturadas em atributos da qualidade	22
Tabela 3 – Especificações-meta de um secador de cabelo	23
Tabela 4 – Materiais metálicos recomendados na construção de cadeados	30
Tabela 5 – Requisitos dos clientes, requisitos do produto e prioridade	49
Tabela 6 – Especificações-meta do produto	49
Tabela 7 – Comparativo entre a massa e o preço por quilograma do produto em Alumínio e em Aço-Carbono	63
Tabela 8 – Lista de peças do produto para o modelo da Figura 41	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
DOE	<i>Design Of Experiments</i>
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i>
MacOS	<i>Mac Operacional System</i>
MVP	<i>Minimum Viable Product</i>
NBR	Norma Brasileira
NR	Normas Regulamentadoras
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
PLA	<i>Polylactic Acid</i>
SSCs	Sistemas, Subsistemas e Componentes
SLA	<i>Stereolithography</i>
STL	<i>Standard Triangle Language</i>
TSA	<i>Transportation Security Administration</i>
Uv	Ultravioleta
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
VDI	<i>Verein Deutscher Ingenieure</i>
ZAMAC	Liga de zinco, cobre, magnésio e alumínio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	PANORAMA GERAL DO PROJETO DE PRODUTOS	17
2.2	PROJETO INFORMACIONAL	21
2.2.1	<i>Definição do Problema</i>	21
2.2.2	<i>Clientes e Personas</i>	21
2.2.3	<i>Requisitos do Produto</i>	22
2.2.4	<i>Especificações-Meta</i>	23
2.3	PROJETO CONCEITUAL	23
2.3.1	<i>Modelagem Funcional</i>	24
2.3.2	<i>Sistemas, Subsistemas e Componentes (SSCs)</i>	24
2.4	PROJETO PRELIMINAR	26
2.4.1	<i>Validação de Produtos</i>	26
2.4.1.1	<i>Modelo</i>	26
2.4.1.2	<i>Protótipo</i>	26
2.4.1.3	<i>Produto Mínimo Viável</i>	27
2.5	PROJETO DETALHADO	28
2.6	ASPECTOS GERAIS DOS CADEADOS	29
3	METODOLOGIA	33
4	RESULTADOS	36
4.1	PROJETO INFORMACIONAL	36
4.1.1	<i>Problemas de Segurança nos Cadeados</i>	36
4.1.2	<i>Pesquisa por Patentes</i>	37
4.1.3	<i>Análise Benchmarking</i>	40
4.1.4	<i>Questionário e Comentários Relevantes</i>	42
4.1.5	<i>Definição do Problema</i>	46
4.1.6	<i>Clientes do Produto</i>	48
4.1.7	<i>Requisitos dos Clientes e do Produto</i>	48
4.1.8	<i>Especificações-Meta do Produto</i>	49
4.2	PROJETO CONCEITUAL	50

4.2.1	<i>Modelagem Funcional e Sistemas, Subsistemas e Componentes do Produto</i>	50
4.3	PROJETO PRELIMINAR	51
4.3.1	<i>Esboços</i>	51
4.3.2	<i>Modelos CAD e Impressão 3D</i>	53
4.4	PROJETO DETALHADO	62
5	CONCLUSÃO	65
6	TRABALHOS FUTUROS	67
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que os cadeados são objetos antigos cuja finalidade é manter um patrimônio seguro ou limitar o acesso a locais restritos. Além disso, os cadeados possuem uma grande variedade quanto ao tipo, ao tamanho e à resistência, mas cada solução é mais indicada para uma situação específica. Esses dispositivos, em sua maioria, são formados por metais e sua resistência está associada ao material e ao tamanho, porém geralmente os cadeados maiores são mais resistentes. Por fim, existem vários tipos de cadeados como: os tradicionais que usam chave, os que usam senha ou sequência numérica, os que usam digital, os que usam *bluetooth*, etc (Carvalho, 2023).

Embora sejam robustos, os cadeados também apresentam pontos fracos e há várias formas de abri-los. Informações sobre como abrir um cadeado sem utilizar uma chave são facilmente encontradas em textos e vídeos na internet. Geralmente são usadas ferramentas para causar a falha da haste e técnicas de *lockpicking* as quais usam algum objeto para levantar os pinos do cadeado e então abri-lo. Cursos com certificados como o *The Art of Lockpicking: A Complete Guide* também são encontrados e este conta com chaveiros profissionais com mais de 8 anos de experiência abordando conteúdos como: ética, funcionamento de fechaduras e métodos de arrombamento.

Há patentes como ferrolho com dispositivo protetor para cadeado, trinco para portões dotado de cadeado embutido e capa protetora de cadeado, as quais buscam solucionar os problemas citados e servem como ponto de partida para criar alternativas de proteção para os cadeados, como visto nas patentes de número MU 9100351-2 U2, BR 20 2013 005654-0 U2 e MU 8002509-9 U (Vieira, 2013; Silva, 2015; Bernal, 2002).

Nesse contexto, a utilização de uma trava antifurto protege o cadeado contra tentativas de violação. É possível encontrar essa proteção em lojas virtuais e físicas de fabricantes, porém as soluções presentes no mercado são muito semelhantes levando a uma escassez da variedade desses produtos. Além disso, essas travas só oferecem proteção contra a falha mecânica da haste e do corpo (Papaiz, 2022; Pado, 2022).

Assim, a motivação deste trabalho surge da necessidade em diminuir a escassez das soluções existentes e aumentar a segurança dos cadeados contra

métodos de violação que usam chave micha. Nesse contexto, este trabalho propõe desenvolver uma trava antifurto para proteção contra violação de cadeados utilizando uma metodologia de projeto adaptada de Rozenfeld *et al.* (2006).

Embora não tenha sido possível validar sua funcionalidade durante a elaboração deste projeto, o presente estudo serve como ponto de partida para aprimorar as soluções existentes.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma trava antifurto para proteção contra violação de cadeados. Como objetivos específicos destacam-se:

- Definir o problema;
- Obter especificações-meta do produto;
- Fazer modelagem 3D do produto;
- Imprimir modelos 3D;
- Comparar o projeto com os produtos do mercado;

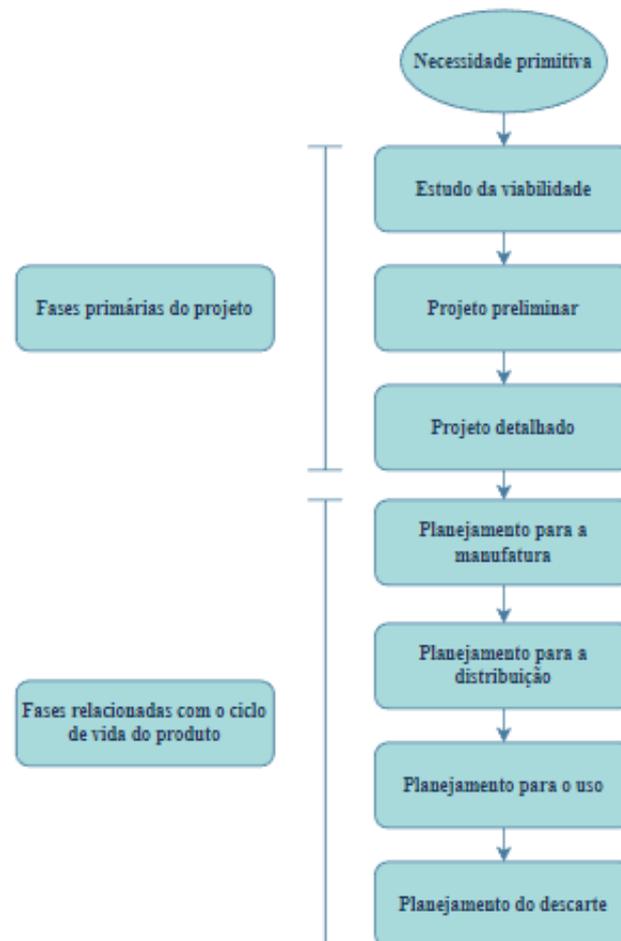
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PANORAMA GERAL DO PROJETO DE PRODUTOS

Para encontrar soluções mais sofisticadas é necessário utilizar procedimentos sistemáticos. Esses procedimentos são chamados de metodologias de projeto e consistem em conceber um produto industrial que satisfaça as necessidades do ser humano. As metodologias assumem que o problema é generalizável e redutível a problemas mais simples, assim é possível elaborar algoritmos de algumas etapas dessas metodologias de projeto. Existem diversas metodologias de projeto, porém apenas algumas serão explanadas aqui. São elas: a metodologia segundo Asimow e a metodologia segundo à norma alemã *Verein Deutscher Ingenieure* (VDI) 2221 (Carpes Júnior, 2014).

A metodologia segundo Asimow possui 7 fases chamadas: estudo da viabilidade, projeto preliminar, projeto detalhado, planejamento para a manufatura, planejamento para a distribuição, planejamento para o uso e planejamento do descarte. As 7 fases da metodologia de Asimow são ilustradas na Figura 1. A primeira fase consiste em definir a necessidade, identificar parâmetros, limitações e critérios, avaliar a necessidade de um novo produto, produzir e analisar soluções de acordo com a realização física, financeira e econômica. A segunda fase tem como objetivo analisar as soluções viáveis da fase anterior, estabelecer critérios para encontrar a melhor solução, estimar o desempenho, o custo e o comportamento da solução. A terceira fase tem a missão de desenvolver uma descrição completa de um produto testável e produzível, elaborar desenhos detalhados dos componentes, prever custos, preparar desenhos para montagem. Na quarta fase deve-se especificar os materiais e os equipamentos de manufatura, planejar os processos de fabricação, definir o sistema de controle e de qualidade, selecionar mão-de-obra para a produção. A quinta fase é caracterizada por planejar a embalagem, definir as atividades de *marketing*, organizar o transporte, elaborar o sistema de armazenamento. A sexta fase está relacionada com a manutenção, a confiabilidade, a segurança, a conveniência do uso, a estética e a economia de operação. A última fase é marcada por projetar para redução da razão de obsolescência, para vários níveis de utilização, para a reutilização de materiais e componentes, etc (Carpes Júnior, 2014).

Figura 1 – Metodologia de Projeto Asimow



Fonte: Adaptado de Carpes Júnior, (2014).

A metodologia segundo à norma alemã VDI 2221 divide o projeto em 4 fases principais. Na fase 1 estuda-se o problema buscando informações sobre o mercado consumidor, leis ambientais, patentes e produtos similares para transformá-las em requisitos de projeto. Na fase 2 pesquisa-se soluções ou concepções de acordo com os requisitos de projeto e define-se as funções global e secundárias para simplificar a resolução do problema. Na fase 3 elabora-se o projeto preliminar definindo forma e dimensão do produto, selecionando materiais e processos de fabricação, elaborando listas de montagem e de componentes. Na fase 4 detalha-se o projeto fornecendo especificações dos componentes quanto a forma, medidas, tolerâncias, materiais, acabamento, custos de fabricação, etc (Carpes Júnior, 2014). A Figura 2 ilustra um diagrama a respeito da metodologia conforme a norma alemã. A Tabela 1 traz um comparativo simplificado entre as metodologias de projeto.

Figura 2 – Metodologia de Projeto da norma VDI



Fonte: Adaptado de Carpes Júnior, (2014).

Tabela 1 – Comparação simplificada das metodologias de projeto de produto

Fases das metodologias de projeto	Fases das metodologias de projeto								
	Asimow (1962)	Roth (1982)	Koller (1979)	DVI (1975)	Pahl e Beitz (1996)	Back (1983)	Quarante (1984)	Baxter (2000)	Rozenfeld (2006)
Definição e análise do problema	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Desenvolvimento de conceitos do produto	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Estruturação e configuração geral do produto	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Detalhamento do produto	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Revisão e testes	-	-	-	-	-	x	x	x	x
Planejamento da produção	x	-	x	-	-	x	x	x	x
Planejamento da distribuição	x	-	-	-	-	x	x	x	x
Planejamento do uso	x	-	-	-	-	x	x	x	x
Planejamento do descarte	x	-	-	-	-	x	-	x	x

Fonte: Adaptado de Carpes Júnior, (2014).

O modelo de Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) de referência para este trabalho é dividido em macrofases, subdivididas em fases e atividades, as quais podem ser observadas na Figura 3.

Figura 3 – Modelo de referência



Fonte: Adaptado de Rozenfeld *et al.*, (2006).

A primeira macrofase é chamada de Pré-Desenvolvimento, nela existem duas fases que são executadas antes do desenvolvimento do produto. Essas fases são chamadas de Planejamento Estratégico do Produto e Planejamento do Projeto. Na fase de planejamento estratégico, são consideradas as estratégias de mercado e tecnológicas para definir o conjunto de produtos que será oferecido pela empresa, também chamado de portfólio, e em quais mercados ela irá atuar. A fase de planejamento do projeto detalha o escopo do produto e do projeto, os recursos necessários, o tempo e o custo de um produto específico do portfólio (Rozenfeld *et al.*, 2006).

A segunda macrofase é chamada de Desenvolvimento, é responsável pelo desenvolvimento do produto e é dividida em cinco fases. Essas fases são chamadas de Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado, Preparação para a produção e Lançamento do produto. A fase do projeto informacional busca por informações para definir o problema a ser resolvido, definir os clientes e obter as especificações-meta. A fase do projeto conceitual gera concepções e escolhe um conceito para o produto. A fase do projeto detalhado é responsável por listar os materiais, obter as especificações finais e elaborar os desenhos finais. A fase da preparação para a produção é encarregada de certificar o produto, capacitar o pessoal e especificar os processos de fabricação e manutenção. A fase do lançamento do produto concentra-se em lançar o produto e em especificar os processos de venda, distribuição e atendimento ao cliente (Rozenfeld *et al.*, 2006).

A última macrofase é chamada de Pós-Desenvolvimento, nela existem duas fases que são executadas após o desenvolvimento do produto. Essas fases são chamadas de Acompanhar o Produto e Descontinuar o Produto. A fase de

acompanhar conta com a assistência técnica e com o atendimento ao cliente para captar informações para melhorar o produto. A fase de descontinuar o produto tem a missão de elaborar formas de descartar e reciclar o produto (Rozenfeld *et al.*, 2006).

2.2 PROJETO INFORMACIONAL

É a primeira fase do processo de projeto e suas principais atividades são definir o problema, estabelecer os clientes, adquirir as necessidades dos clientes, obter os requisitos do produto e estabelecer as especificações-meta (Carpes Júnior, 2014).

2.2.1 Definição do Problema

Nesta atividade, são coletadas e analisadas as informações que ajudam a entender o problema da melhor forma possível. Deve-se analisar o problema, as tecnologias disponíveis e necessárias, pesquisar normas, legislação, patentes, produtos concorrentes e similares (Rozenfeld *et al.*, 2006).

2.2.2 Clientes e Personas

Os clientes, também chamados de público-alvo, são uma caracterização econômica, social e demográfica dos consumidores do produto. Eles auxiliam no projeto de novos produtos, no estudo do mercado e na determinação dos principais meios de comunicação para a realização do *marketing* do produto. As principais características do público-alvo são classe social, escolaridade, estado civil, faixa etária, gênero, profissão, hábitos de consumo e outros (Carpes Júnior, 2014).

As personas possuem as características dos clientes adicionando suas vontades, comportamentos e aspirações. São personagens criados com base em pessoas reais para representar o cliente ideal da empresa. As principais informações as quais os personas devem ter são nome, cargo, estilo de vida, hábitos de compra, *hobbies*, idade, ambições, angústias, crenças, valores, redes sociais favoritas e outros (Caroli, 2018).

2.2.3 Requisitos do Produto

Nesta atividade, busca-se identificar as necessidades dos clientes as quais são desejos abstratos que expressam as características do produto (Rozenfeld *et al.*, 2006). As necessidades podem ser obtidas através de entrevistas estruturadas com usuários, pesquisas em jornais, revistas e internet, *benchmarking* da concorrência e etc (Back *et al.*, 2008).

Em seguida, deve-se organizar, categorizar e estruturar as necessidades dos clientes com o objetivo de obter os requisitos dos clientes (Rozenfeld *et al.*, 2006). Essa estruturação pode ser feita baseada em atributos de qualidade de produtos qualitativos ou quantitativos, obrigatórios ou preferenciais; do ciclo de vida ou específicos (Back *et al.*, 2008). A Tabela 2 mostra um exemplo de estruturação baseada em atributos da qualidade.

Tabela 2 – Necessidades dos clientes estruturadas em atributos da qualidade

Classes de atributos	Atributos	Comentários
Básicos	Funcionalidade	Funções, operações, eficiência, desempenho
	Ergonomicidade	Ergonomia de uso
	Esteticidade	Aparência, estilo, cores
	Segurança	Proteção, princípios de segurança
	Confiabilidade	Taxa de falhas, redundâncias
	Legalidade	Atendimento às leis
	Patentiabilidade	Inovação passível de privilégio
	Normalização	Atendimento às normas
	Robustez	Pouco sensível aos fatores do meio-ambiente
	Impacto ambiental	Atende às normas ambientais, poluição, conservação
Específicos	Geometria	Forma, dimensão, arranjo, espaço
	Cinemática	Movimentos, velocidade, aceleração
	Forças	Direção, magnitude, frequência, peso, rigidez
	Energia	Fontes, potência, rendimento, armazenamento
	Materiais	Propriedades físicas e químicas, contaminações
	Sinais	Entrada, saída, forma, controle
	Automação	Manual, índice de automação
	Tempo	Tempo de desenvolvimento, data de entrega

Fonte: Adaptado de Back *et al.*, (2008).

Agora, é necessário transformar esses requisitos dos clientes em características mensuráveis com uma linguagem técnica de engenharia. Tais características são chamadas de requisitos do produto e podem ser obtidas através de *brainstorming*, *checklists* e outros (Rozenfeld *et al.*, 2006).

2.2.4 Especificações-Meta

Para finalizar a fase do projeto informacional, é necessário formalizar as informações para que sejam precisas e que não possuam ambiguidades. As especificações-meta são parâmetros de engenharia quantitativos e mensuráveis que o produto deverá ter. São acompanhadas por unidades e valores-meta e podem ser valores específicos, valores com tolerâncias, faixa de valores e outros (Rozenfeld *et al.*, 2006). A Tabela 3 mostra um exemplo das especificações-meta de um secador de cabelo.

Tabela 3 – Especificações-meta de um secador de cabelo

Produto: Secador de cabelo			Empresa: ABC		Projetista: José Carlos	
Requisitos	Especificações	Unidade	Especificações do concorrente A	Especificações do concorrente B	Valor ótimo	Observações
Leve	Massa	kg	10	11	7,5	Menor é melhor
Portátil	Altura	m	0,30	0,28	0,28	Número de alças igual a 2 é ótimo
	Largura	m	0,12	0,15	0,12	
	Profundidade	m	0,25	0,30	0,20	
	Alças	número	4	2	2	
Não enferruja	Peças inoxidáveis	%	65	78	100	Quanto mais, melhor
Baixo consumo	Consumo de energia elétrica	W	1000	900	800	Menor é melhor

Fonte: Adaptado de Carpes Júnior, (2014).

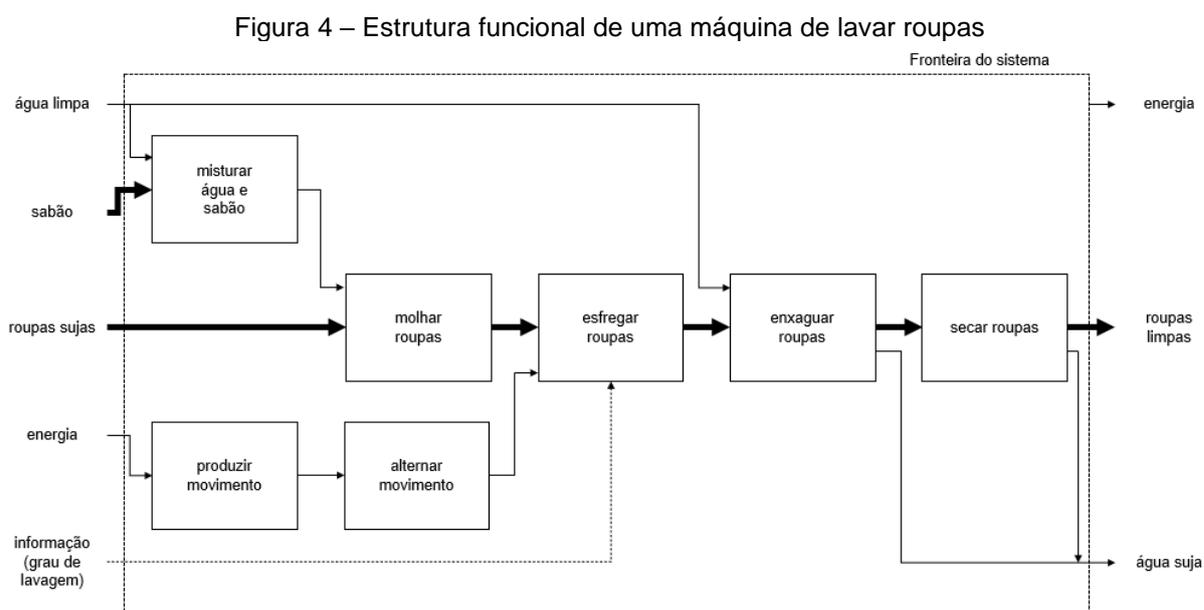
2.3 PROJETO CONCEITUAL

As principais atividades desta fase são particionar o produto em sistemas, subsistemas e componentes, modelar funcionalmente o produto, gerar a matriz

morfológica do produto, sintetizar concepções, analisar concepções e escolher os melhores conceitos (Baxter, 2000; Carpes Júnior, 2014).

2.3.1 Modelagem Funcional

Uma função indica que algo sofre uma transformação de um estado inicial para um estado final. Ela deve ser designada por um verbo no infinitivo e um substantivo. Primeiro, é necessário definir a função global do produto, ou seja, ela deve descrever a finalidade ou a função ou o objetivo do produto. O segundo passo é dividir a função global em subfunções até que não seja mais possível fazer uma divisão para obter a estrutura funcional do produto (Carpes Júnior, 2014). A Figura 4 mostra a estrutura funcional de uma máquina de lavar roupas.



Fonte: Adaptado de Rozenfeld *et al.*, (2006).

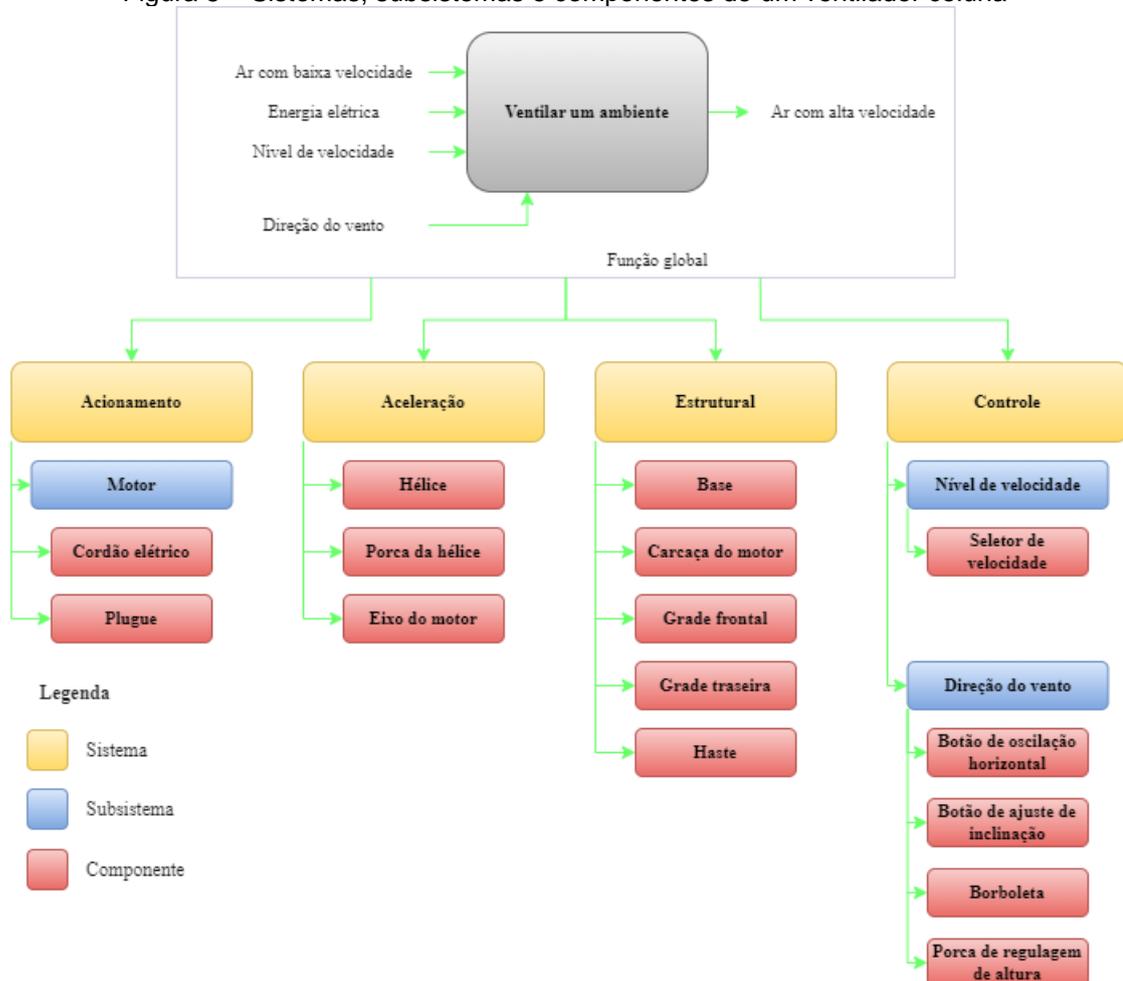
2.3.2 Sistemas, Subsistemas e Componentes (SSCs)

Nesta atividade, o produto é dividido em várias partes as quais estão relacionadas com a função global. Os sistemas são conjuntos de efeitos e produtores de efeitos físicos, químicos e biológicos capazes de realizar uma função e podem ser separados em partes mais simples as quais são chamadas de subsistemas. Os

subsistemas são as partes que compõem os sistemas e podem ser divididos em partes irreduzíveis as quais são chamadas de componentes (Rozenfeld *et al.*, 2006; Carpes Júnior, 2014).

Um exemplo é mostrado na Figura 5, tendo como referência um ventilador coluna. O primeiro passo é definir a função global do produto e, no caso do ventilador, poder ser ventilar o ambiente cujas entradas são o ar com baixa velocidade, energia elétrica, nível de velocidade e direção do vento, enquanto a saída seria o ar com alta velocidade. Em seguida, deve-se imaginar os passos que devem ser seguidos para satisfazer a função global e transformar essas informações em sistemas, subsistemas e componentes. No exemplo, uma forma de satisfazer a função global seria selecionar um local para fixar o ventilador, ajustar a altura e a inclinação, indicar a oscilação horizontal, selecionar o nível de velocidade e fornecer energia elétrica. Esses passos podem ser traduzidos nos seguintes sistemas: acionamento, aceleração, estrutural e controle.

Figura 5 – Sistemas, subsistemas e componentes de um ventilador coluna



Fonte: Autoria do autor, (2023).

2.4 PROJETO PRELIMINAR

Nesta fase deve-se fazer as adaptações necessárias nos conceitos de forma que eles estejam alinhados com as especificações-meta do produto. Define-se os materiais e as dimensões do produto, são feitos cálculos analíticos, simulações, orçamentos preliminares, esboços e outros (Rozenfeld *et al.*, 2006).

2.4.1 Validação de Produtos

Existem várias maneiras de se validar um produto, porém as estratégias que mais se destacam são o modelo, o protótipo e o produto mínimo viável.

2.4.1.1 Modelo

Um modelo é a representação física, virtual ou matemática de um fenômeno ou objeto. Ele apresenta algumas funções do produto, pode ser produzido em escala ampliada ou reduzida e pode ser construído de diversos materiais. Além disso, o modelo ajuda o projetista a desenvolver novas ideias, permite a visualização da complexidade tridimensional, pode ser usado para observar a integração entre as partes do produto e pode ser um ótimo meio para apresentar um novo produto às pessoas da empresa. Em geral, o termo modelo é usado para designar modelos computacionais e o termo maquete ou *mock-up* é usado para representar modelos físicos formais cujo material é diferente do produto final (Baxter, 2000).

2.4.1.2 Protótipo

Por definição, protótipo significa “o primeiro de um tipo”, ou seja, é a primeira representação física do produto. Ele é produzido em escala real, possui os mesmos materiais que o produto final e apresenta todas as funcionalidades do produto. Tem a finalidade de testar as funções, falhas, segurança, estética, conceitos e deve ser feito apenas quando for necessário devido ao custo e ao tempo envolvidos (Rozenfeld *et al.*, 2006).

Alguns princípios devem ser seguidos ao produzir um protótipo, são eles: esgotar todas as fontes de informação, priorizar esboços ou desenhos, possuir baixa

complexidade e custo nos estágios iniciais, conter apenas o necessário já que o risco do protótipo ser rejeitado é alto, aumentar, se necessário, a complexidade e o custo à medida que o protótipo evolui devido ao aumento de informações, diminuição dos riscos e surgimento de dúvidas as quais precisam ser sanadas (Baxter, 2000).

Apesar do alto custo e elevada demanda de tempo, desenvolver um protótipo permite antecipar problemas, reduzir riscos, otimizar gastos, auxiliar na escolha e no refino das ideias, aumentar as chances de aceitação pelo público-alvo, validar soluções, avaliar soluções de maneira interativa, etc (Vianna *et al.*, 2018).

Para realizar testes de falhas no protótipo, é necessário usar alguma metodologia de análise de falhas. Essa análise consiste identificar falhas potenciais das funções valorizadas pelo consumidor, estimar a gravidade e a frequência dessas falhas e converter essas informações em um número indicador de risco. Assim, pode-se procurar meios para evitar essas falhas e melhorar o projeto. Quando o produto é mais complexo como automóveis e eletrodomésticos, existem laboratórios especializados em fazer testes segundo normas. Tais testes simulam o uso de produtos nos mais diversos tipos de uso, transporte e condições climáticas. No Brasil, o órgão responsável por esses testes tem sido o Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (Baxter, 2000).

Já para testes funcionais, costuma-se usar uma técnica chamada *Design Of Experiments* (DOE) para planejar os experimentos. Primeiro deve-se definir os parâmetros críticos do sistema a serem avaliadas no experimento. Depois seleciona-se as variáveis de controle ou de entrada que serão variadas durante o teste. Em seguida determina-se e calibra-se os sistemas de medição para que as medições das variáveis sejam precisas. Posteriormente deve-se determinar a matriz experimental a qual é responsável por orientar a combinação e a variação das variáveis. A seguir analisa-se os dados obtidos pelo experimento através de um processo analítico que decompõe a contribuição individual de cada variável com relação a resposta final do sistema. Por último deve-se concluir quais variáveis contribuem para a resposta final, os seus valores e o grau de sensibilidade na resposta (Rozenfeld *et al.*, 2006).

2.4.1.3 Produto Mínimo Viável

Produto Mínimo Viável ou *Minimum Viable Product (MVP)* é uma versão mais simples e enxuta do produto que uma empresa quer lançar no mercado. Ele apresenta apenas as funções essenciais do produto e é entregue aos usuários para validar as principais hipóteses e para medir a aceitação no mercado. O MVP permite que o produto seja lançado mais rápido, ajuda diminuir gastos e promove uma evolução do produto com base na necessidade real dos usuários (Caroli, 2018).

O Produto mínimo viável nasceu de uma metodologia chamada *Lean Startup* a qual é baseada nos conceitos do *Lean Manufacturing* para desenvolver e criar novas empresas. Ele possui vários níveis de complexidade, desde testes simples a protótipos, e seu principal objetivo é testar e validar hipóteses através do *feedback* dos clientes, com a finalidade de aperfeiçoar o produto cada vez mais (Pedrosa, 2021).

O MVP pode ser dividido em 3 fases: construir, medir e aprender. A fase construir se refere a fazer um Produto Mínimo Viável com base em hipóteses de validação. Deve-se produzir a versão mais simples do produto para apresentar aos clientes, absorver a aprendizagem e definir as hipóteses a serem validadas a cada ciclo. A fase medir é caracterizada por mensurar a aceitação e a escalabilidade do produto. É necessário identificar o público-alvo do produto e analisar a aceitação do mercado. Na última fase toma-se a decisão de continuar a desenvolver o produto ou de pivotar. O termo pivotar refere-se a concluir quais atributos do produto devem ser adicionados ou retirados (Pedrosa, 2021).

2.5 PROJETO DETALHADO

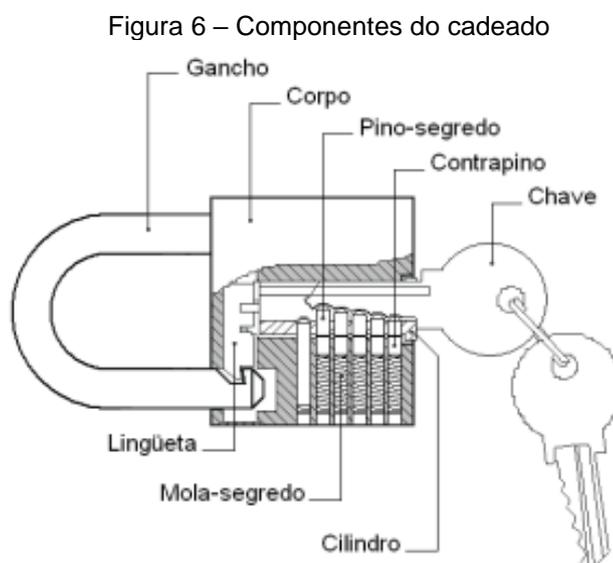
É a última fase do processo de projeto e é responsável pela padronização de todos os sistemas, subsistemas e componentes. Nessa fase, pode-se ter as seguintes informações ou documentos (Back *et al.*, 2008):

- Desenhos e tolerâncias finais
- Detalhamento dos processos de fabricação
- Listagem final de materiais
- Manual de instruções

- Manual de assistência técnica
- Catálogo de peças
- Sintetização da documentação
- Construção, teste e aprovação do protótipo
- Especificação dos componentes
- Detalhamento do plano de manufatura
- Preparação da folha de investimento
- Planejamento de *marketing*
- Análise econômica e financeira
- Projetar embalagem

2.6 ASPECTOS GERAIS DOS CADEADOS

Os cadeados são dispositivos de segurança portátil cuja função é trancar e proteger bens materiais ou um determinado espaço e só pode ser aberto por meio de uma chave ou um código. São usados em larga escala por serem mais econômicos que as fechaduras e devido a sua simplicidade e praticidade. Além disso, a segurança do cadeado cresce em função do número de pinos e da resistência do material do qual ele é feito. O cadeado é formado pelos seguintes componentes: haste, corpo, pinos, contrapinos, molas, cilindro e lingueta. A Figura 6 ilustra as principais partes de um cadeado (Soprano, 2021).



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2013).

A haste possui uma seção transversal cilíndrica, sua geometria tem a forma de um U virado de cabeça para baixo e sua função é apoiar-se no bem que será protegido. O corpo é um bloco de metal cuja geometria é complexa e seu objetivo é proteger o mecanismo de segurança contra impactos, fatores climáticos e outras ações externas. Os pinos e contrapinos são peças responsáveis por manter o cadeado trancado ou destrancado. A lingueta é um componente cuja finalidade é manter a haste travada ou livre. O cilindro é um objeto giratório encarregado pela liberação ou não da lingueta (Papaiz, 2022).

Esse conjunto de peças funciona da seguinte maneira: primeiro encaixa-se a chave no cilindro, à medida que a chave entra a irregularidade da chave empurra os pinos até uma altura específica permitindo que o cilindro rotacione. Em seguida gira-se o cilindro no sentido horário para mover a lingueta e, finalmente, destravando a haste. Para fechar o cadeado basta empurrar a haste para baixo fazendo com que a lingueta se mova e, devido à força restauradora da mola, trave a haste (Soprano, 2021).

Os cadeados podem ser construídos com materiais metálicos e não-metálicos. A norma ABNT NBR 15271 recomenda que os materiais metálicos empregados na construção desses objetos sejam os que estão descritos na Tabela 4, mas é permitido que outros materiais sejam usados desde que apresentem qualidade equivalente ou superior aos indicados na norma e atendam às normas correspondentes (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013).

Tabela 4 – Materiais metálicos recomendados na construção de cadeados

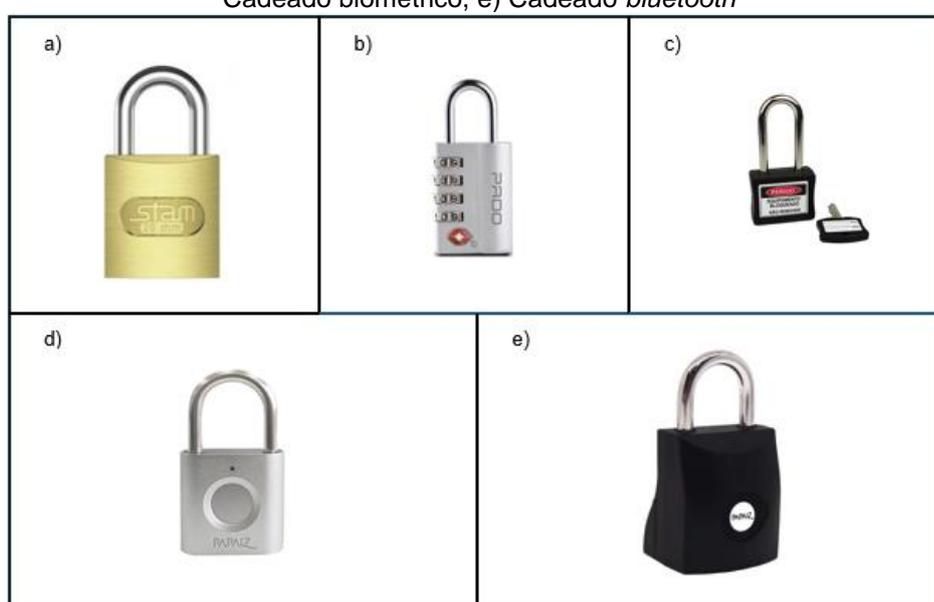
Materiais
Aço ABNT 1010 e 1020
Aço ABNT 1070
Aço Inox
Alumínio
Zamac
Latão

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2013).

O nível de segurança do cadeado leva em conta diversas características como: o material, o tamanho, o número de pinos e outros. A norma ABNT NBR 15271 classifica o nível de segurança com números de 1 a 10, sendo 1 proteção leve e 10 proteção muito alta (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013).

Existem vários tipos de cadeado (Figura 7) no mercado e cabe ao consumidor decidir qual tipo será mais adequado para ele.

Figura 7 – Tipos de cadeado: a) Cadeado tradicional, b) Cadeado TSA, c) Cadeado de bloqueio, d) Cadeado biométrico, e) Cadeado *bluetooth*



Fonte: (a) Stam, (2024), (b) Pado, (2024), (c) Papaiz, (2024) (d) Papaiz, (2024) e (e) Papaiz, (2024).

Na embalagem dos cadeados deve vir indicado o tipo de material do qual o corpo é feito como: cadeado de latão (cobre e suas ligas), cadeado de zamac (zinco e suas ligas), cadeado de aço, etc. Além disso, alguns cadeados podem vir com uma sigla (CR, E, etc), que depende do fabricante, seguido de um número que representa a largura do cadeado em milímetros. Então, um cadeado que tiver a informação CR-50 significa que ele possui uma largura de 50 mm.

Os principais tipos de cadeado presentes no mercado são: tradicional (com chave), senha, bloqueio, biometria e *bluetooth*.

O cadeado tradicional (Figura 7a) é o mais simples e o mais usado devido ao seu custo-benefício. Normalmente são acompanhados por 2 chaves e podem possuir de 4 até 16 pinos de segurança (Emi; Oliveira; Iannacone, 2023).

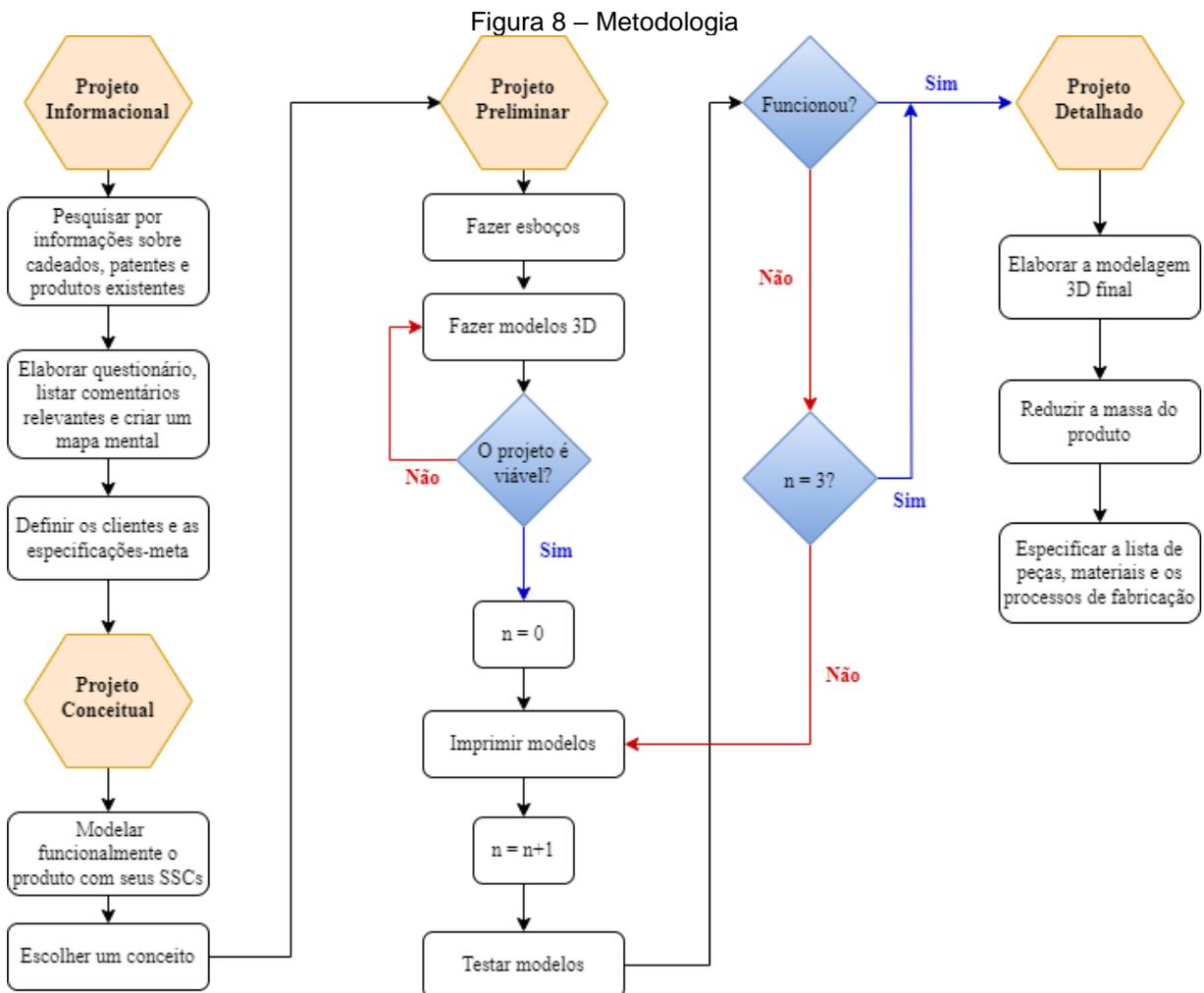
O cadeado com senha (Figura 7b), ao contrário do tradicional, não usa chaves e sim uma sequência de números para gravar uma senha de 3 ou 4 dígitos. Alguns modelos possuem o selo TSA (*Transportation Security Administration*) e isso permite que as autoridades do aeroporto fiscalizem sua mala sem danificar o cadeado já que eles podem usar uma chave mestra para abri-lo (Carvalho, 2021).

O cadeado de bloqueio (Figura 7c) é semelhante ao tradicional, contudo é usado para máquinas e equipamentos de segurança e por isso possui sinalização e cores que se destacam. Além da ABNT NBR 15271, esse cadeado também é regulamentado pela norma de segurança NR 12 (Papaiz, 2024).

Os cadeados de biometria (Figura 7d) e *bluetooth* (Figura 7e) são tecnológicos e dispensam o uso de chaves. O de biometria pode cadastrar até 20 digitais diferentes e 2 administradores e é aberto quando a leitura da biometria é compatível com a cadastrada. O de *bluetooth* é aberto através de um aplicativo via *bluetooth* e seu acesso pode ser compartilhado com outras pessoas (Carvalho, 2021; Emi; Oliveira; Iannacone, 2023).

3 METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma pesquisa classificada como pesquisa aplicada quanto à finalidade, descritiva quanto aos objetivos, qualitativa e quantitativa quanto à sua abordagem, experimental e bibliográfica quanto aos procedimentos, cujo método científico utilizado é o hipotético-dedutivo. A Figura 8 ilustra a metodologia utilizada no trabalho.



O modelo adotado neste trabalho, é uma adaptação do modelo de Rozenfeld *et al.* (2006) tendo como foco a macrofase Desenvolvimento. O modelo descarta as duas últimas fases dessa macrofase e divide a fase do Projeto Detalhado em duas fases chamadas de Projeto Preliminar e Projeto Detalhado.

A metodologia começa com o Projeto Informacional onde são feitas as seguintes atividades:

- Pesquisa sobre os aspectos gerais dos cadeados
- Pesquisa sobre os problemas de segurança nos cadeados
- Pesquisa por soluções patenteadas
- Pesquisa por soluções existentes no mercado
- Pesquisa por informações dos clientes
- Definição do problema
- Definição dos clientes
- Definição dos requisitos dos clientes e do produto
- Definição das especificações-meta do produto

Primeiro realiza-se uma pesquisa em relação aos cadeados incluindo seu funcionamento, os materiais de construção, os níveis de segurança, os tipos de cadeados e os problemas de segurança presentes nesses objetos. Adiante, busca-se por soluções patenteadas abordando a geometria e o funcionamento do conjunto. Depois, faz-se um benchmarking das soluções existentes representando as formas geométricas, as empresas, os materiais, as dimensões, o peso e o preço. Em seguida, elabora-se um questionário para obter informações como sexo, cor, idade e opiniões dos clientes em relação ao produto. Depois, pesquisa-se por avaliações de usuários que compraram algum cadeado na internet. Por fim, constrói-se um mapa mental para organizar as informações obtidas e para definir o problema. Posteriormente, determinam-se os clientes, os requisitos dos clientes e do produto e às especificações-meta do produto como peso, dimensões e preço.

O próximo passo da Metodologia é caracterizado pelo Projeto Conceitual cujas atividades consistem em:

- Modelar funcionalmente o produto
- Definir os sistema, subsistemas e componentes

Primeiro define-se a função global a qual é resumida pelo principal objetivo do produto, juntamente com as entradas e as saídas as quais podem ser informações, energias e matérias. Depois, divide-se a função global em funções menores

(subfunções) ligadas por setas semelhante a um fluxograma. Em seguida, transforma-se o conjunto em sistemas, subsistemas e segmenta-se essas partes até chegar nos componentes.

O passo seguinte da Metodologia consiste no Projeto Preliminar onde realiza-se as seguintes atividades:

- Criação de esboços
- Síntese de modelos CAD
- Impressões 3D

Esta fase inicia-se com a produção de esboços do produto a partir dos produtos existentes com o objetivo de solucionar o problema das técnicas de arrombamento. Na sequência, sintetiza-se modelagens 3D e verifica-se se esse 3D é viável. Em seguida, imprime-se modelos para realizar a montagem do conjunto e para realizar testes funcionais os quais consistem em verificar se o sistema de travamento está funcionando corretamente, se está sendo possível abrir o conjunto usando a chave e se um chaveiro consegue abrir o produto usando técnicas de arrombamento. Nesta fase existe um contador “n” responsável por limitar a quantidade máxima de impressões 3D no projeto e esse limite tem o valor de 3.

A última etapa da metodologia é representada pelo Projeto Detalhado com as seguintes atividades:

- Apresentar a versão final do modelo 3D
- Comparar o projeto com os produtos semelhantes do mercado
- Elaborar a lista final de peças do projeto

Primeiro ajusta-se o modelo 3D para que ele esteja pronto para ser fabricado em série. Depois, faz-se uma comparação entre o projeto e os produtos existentes no mercado considerando o peso, o tamanho e o preço da matéria-prima. Por último, especifica-se a lista de peças do produto a qual é formada pelas dimensões principais dos componentes, o material de fabricação e os processos de fabricação.

4 RESULTADOS

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

4.1.1 Problema de Segurança nos Cadeados

Os cadeados são dispositivos os quais produzem uma percepção de que algo está protegido, todavia isso só é verdade quando um indivíduo o qual tem a intenção de violá-los está de mãos vazias. Um exemplo é ilustrado por um site de notícias quando um contador teve sua casa furtada. Segundo a vítima, ao chegar em casa notou que o cadeado do portão havia sido arrombado e percebeu que vários itens de alto valor haviam sido roubados. Logo, as experiências do cotidiano provam o quão frágeis os cadeados podem ser quando se deparam com ferramentas e técnicas de arrombamento (G1, 2017).

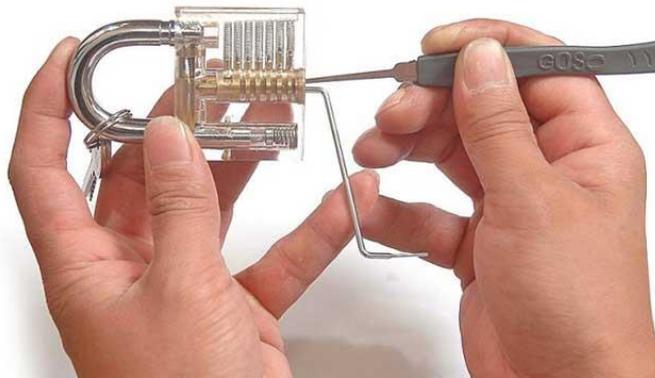
Informações sobre como abrir um cadeado sem utilizar uma chave são facilmente encontradas em textos e vídeos na internet. Geralmente são usadas ferramentas para causar a falha da haste e técnicas de *lockpicking* as quais usam algum objeto para levantar os pinos do cadeado e então abri-lo. Cursos com certificados como o *The Art of Lockpicking: A Complete Guide* também são encontrados. Esse curso conta com chaveiros profissionais com mais de 8 anos de experiência e aborda conteúdos como: ética, funcionamento de fechaduras, métodos de arrombamento. Contudo, o conhecimento dos métodos para abrir cadeados pode ajudar a melhorar a segurança deles. As Figuras 9 e 10 ilustram a violação de um cadeado através do uso de uma ferramenta e do uso de técnicas de arrombamento respectivamente (Udemy, 2015).

Figura 9 – Violação de um cadeado através de uma ferramenta



Fonte: Adaptado de WikiHow, (2023).

Figura 10 – Violação de um cadeado através de técnicas de arrombamento

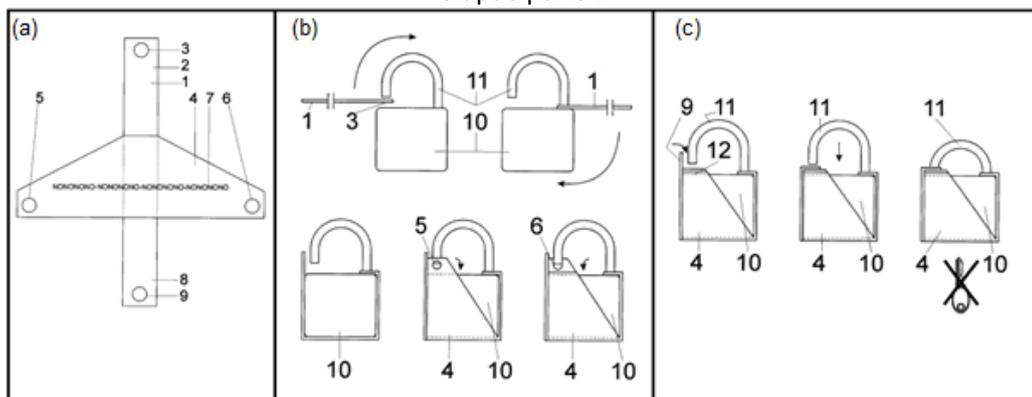


Fonte: Adaptado de Cadeados, (2023).

4.1.2 Pesquisa por Patentes

Outra forma de obter informações para complementar a definição do problema é através das patentes. A Figura 11 ilustra a capa protetora de cadeado e o passo a passo de uso desenvolvida e patenteada por Vieira (2013) (MU 9100351-2 U2).

Figura 11 – a) Capa protetora de cadeado, b) Capa protetora etapas parte 1, c) Capa protetora etapas parte 2

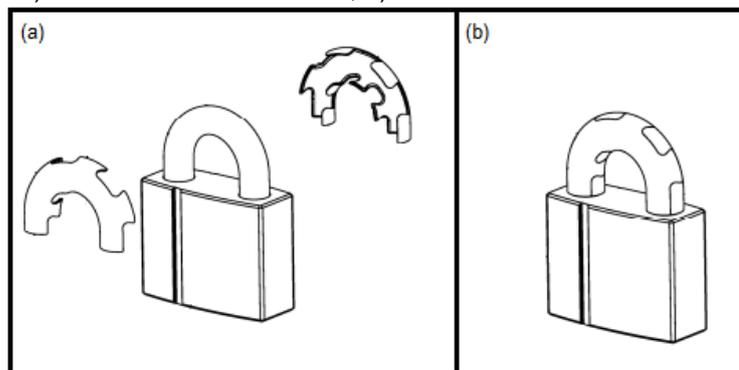


Fonte: Adaptado de Vieira, (2013).

Ela é composta por uma tira planificada de material maleável de formato próximo a um avião, de uma asa transversal na parte mediana e de um código alfa numérico. O furo (3) encaixa-se na parte inferior da haste responsável pelo travamento do cadeado, desliza a capa pelo caminho da haste, dobra as partes (1), (8), (4), (5), (6) e (9), respectivamente, encostando no corpo do cadeado e por fim trava o cadeado empurrando a haste para baixo.

A Figura 12 ilustra protetor de cadeado desenvolvida e patenteada por Kyllönen; Vitanen; Hedman (2017) (BR 112015028924-0 A2).

Figura 12 – a) Protetor de cadeado livre, b) Protetor de cadeado encaixado na haste

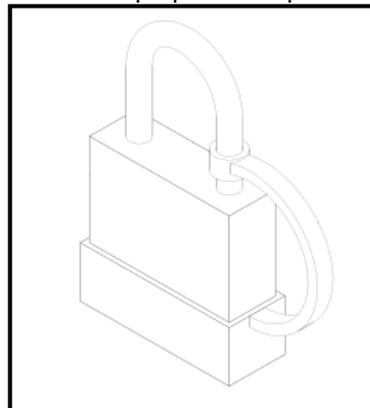


Fonte: Adaptado de Kyllönen; Vitanen; Hedman, (2017).

Ele é composto por duas bordas laterais em forma de dente de serra as quais se encaixam na haste do cadeado.

A Figura 13 ilustra tampa protetora para cadeado desenvolvida e patenteada por Pizzollo; Avila (2015) (BR 202013021306-9 U2).

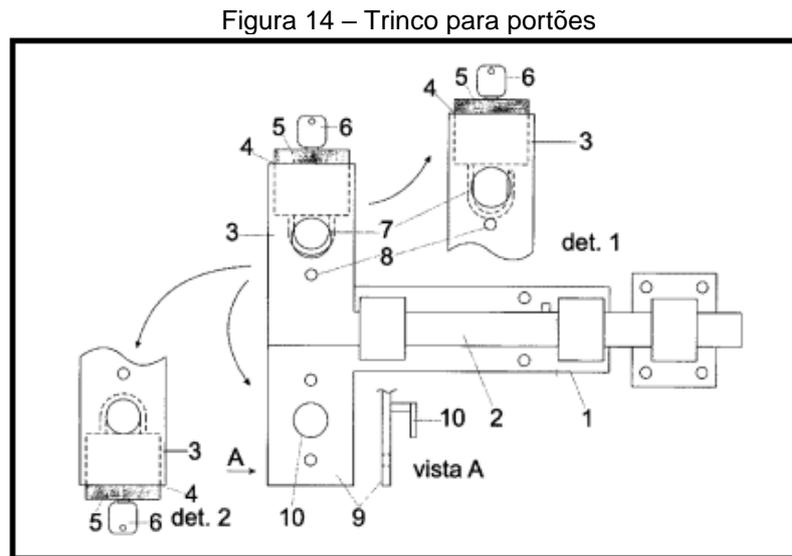
Figura 13 – Tampa protetora para cadeado



Fonte: Adaptado de Pizzollo; Avila, (2015).

Ela é composta por uma caixa retangular ligada por um elemento flexível a um anel superior. Seu funcionamento consiste em encaixar o anel na haste do cadeado e depois o cadeado deve ser fechado e colocado na caixa retangular do produto.

A Figura 14 ilustra o trinco para portões dotado de cadeado embutido desenvolvido e patenteado por Silva (2015) (BR 20 2013 005654-0 U2).

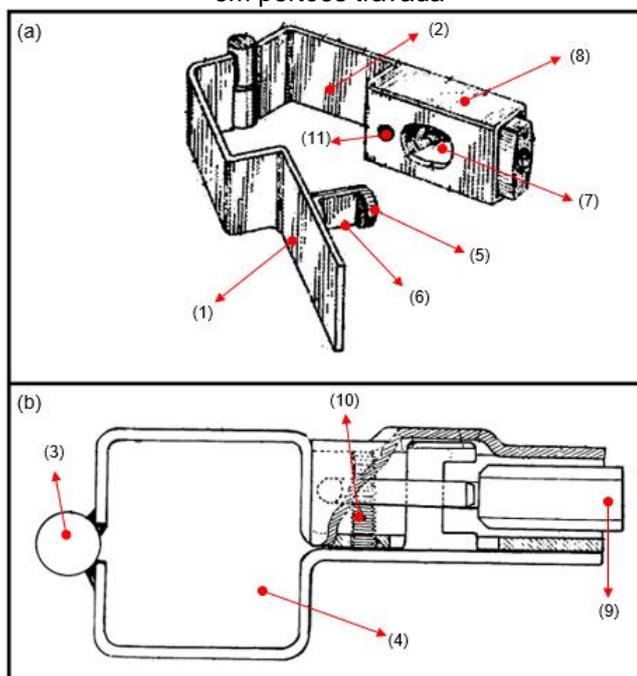


Fonte: Adaptado de Silva, (2015).

É composto por um trinco para portões (1) o qual possui um receptáculo (3) para cadeado na parte anterior a sua alavanca (2), dotado de uma abertura superior (4) onde se encaixa o cadeado (5) com a chave (6) para fora, de uma abertura frontal de encaixe (7) e de um pino transversal (8) para fechar o cadeado. A chapa base (9) possui em sua parte anterior o formato de "L" a qual possui um gancho arredondado (10) em sua parte centro frontal. O trinco funciona da seguinte maneira: após o portão ser trancado da forma usual, deve-se descer o receptáculo sobre a chapa base, encaixando o gancho na abertura frontal. Deve-se fechar o cadeado pressionando-o contra o pino transversal para travar todo o conjunto. Para destravar o conjunto, basta destravar o cadeado com sua chave (6) e levantar o receptáculo.

A Figura 15 ilustra a trava de segurança com cadeado para uso em portões desenvolvida e patenteada por Bernal (2002) (MU 8002509-9 U).

Figura 15 – a) Trava de segurança para uso em portões destravada, b) Trava de segurança para uso em portões travada



Fonte: Adaptado de Bernal, (2002).

A trava de segurança é caracterizada por duas porções (1) e (2) ligadas por um ponto de pivotamento (3), as quais são originadas pela dobra de barras metálicas chatas, formando um espaço (4) para envolver as colunas verticais do portão. No terminal do trecho (1) existe um pino (5) com um largo rebaixo transversal (6) e no terminal do trecho (2) existe uma janela (7). Além disso, uma peça estampada é soldada no terminal do trecho (2) para formar um alojamento (8) para um cadeado convencional (9) o qual é retido por um fuso (10) rosqueado em um furo roscado (11). A trava funciona da seguinte forma: o cadeado deve ser colocado dentro do alojamento de forma que a haste fique apoiada no fuso, passa-se o pino com largo rebaixo transversal através da janela e pressiona-se o cadeado contra o fuso para fechar o cadeado e travar o conjunto.

4.1.3 Análise Benchmarking

Para completar a definição do problema foi feito um *benchmarking* no mercado de travas. Durante a pesquisa notou-se que os produtos existentes são muito semelhantes e por essa razão as informações foram condensadas no mesmo local. A Figura 16 ilustra uma trava para portão típica do mercado a qual pode ser fabricada

em aço-carbono, latão ou ferro fundido, podendo ter revestimento de zinco, normalmente da cor preta ou dourada.

Figura 16 – Trava para portão padrão



Fonte: Papaiz, (2023).

O produto possui as seguintes características:

- Nome: Trava para portão
- Fabricantes: Papaiz, Tecnotrava, Travofix, Dovale, Fixtil
- Materiais: Aço-carbono, ferro fundido, latão
- Revestimentos: Nenhum, zinco
- Comprimento: 90 a 160 mm
- Altura: 44,5 a 70 mm
- Largura: 30 a 60 mm
- Massa: 200 a 560 g
- Cores: Preto, dourado
- Preço: R\$ 15,00 a R\$ 85,00

A Figura 17 ilustra a trava para portão fabricada em zamac pela Pacri, sem revestimento e de cor preta.

Figura 17 – Trava para portão da Pacri



Fonte: Pacri, (2023).

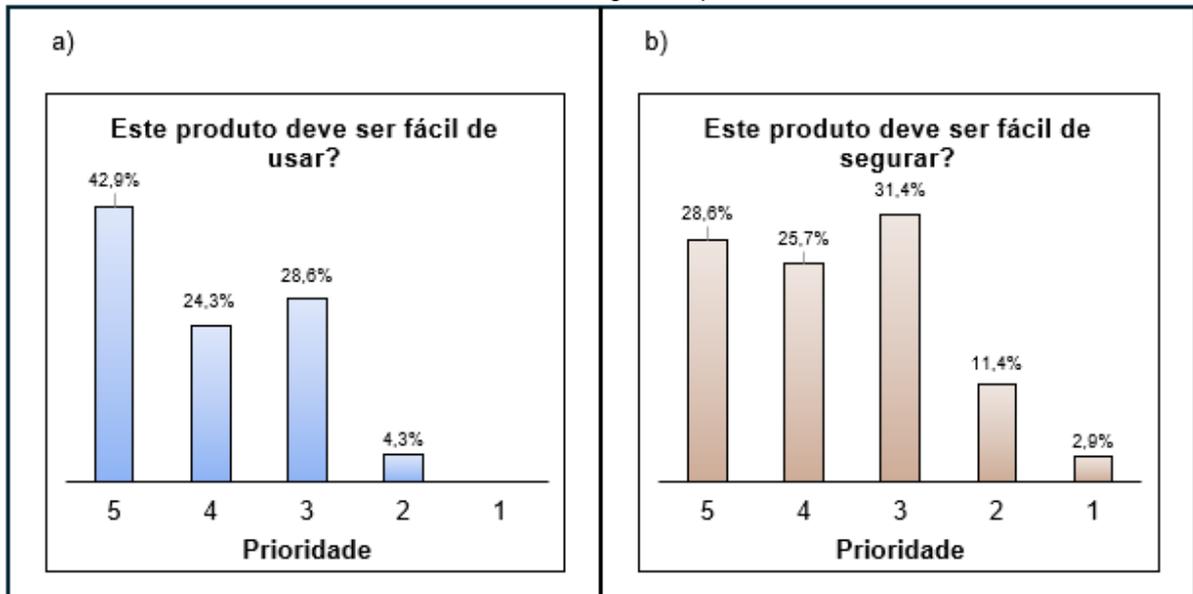
O produto possui as seguintes características:

- Nome: Trava para portão
- Fabricante: Pacri
- Material: ZAMAC (Zinco, Alumínio, Magnésio e Cobre)
- Revestimento: Nenhum
- Comprimento: 80 a 100 mm
- Altura: 40 a 60 mm
- Largura: 30 a 40 mm
- Massa: 250 a 350 g
- Cor: Preto
- Preço: R\$ 110,00

4.1.4 Questionário e Comentários Relevantes

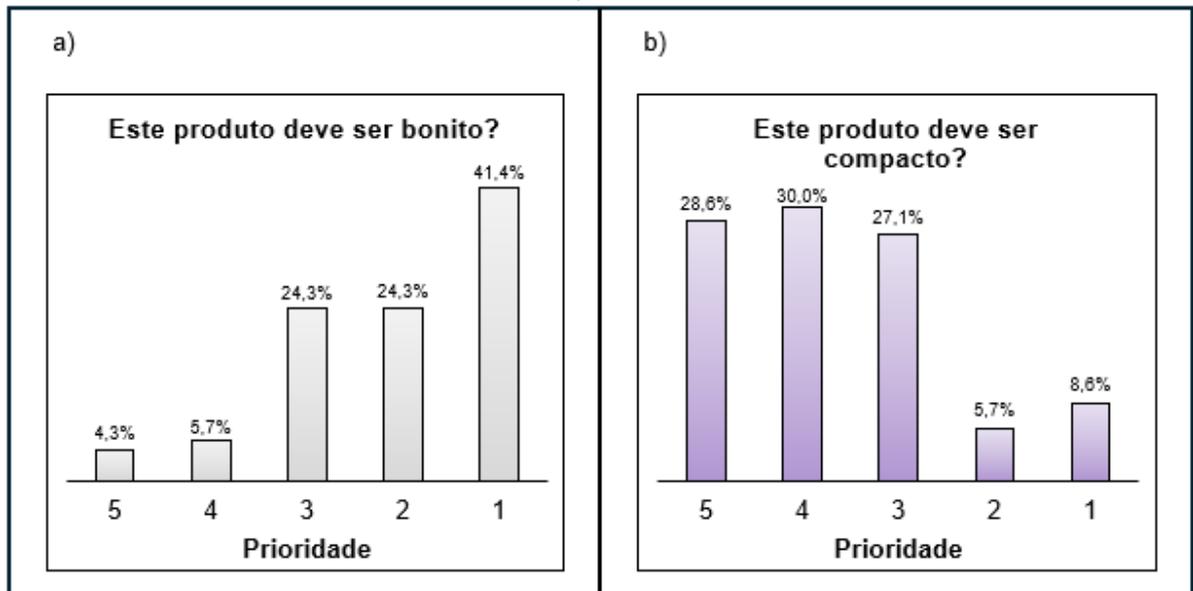
Para obter os requisitos dos clientes foi elaborado um formulário através da ferramenta Google Forms. Foram obtidas 70 respostas de diversas pessoas do Brasil através do formulário o qual ficou disponível durante 16 dias e o resultado da pesquisa é apresentada nas Figuras 18 a 22. Esses resultados estão relacionados com o uso, ergonomia, estética, tamanho, segurança, peso, tecnologia, resistência e preço.

Figura 18 – Questionário: a) Resultado quanto à facilidade de uso do produto, b) Resultado quanto à facilidade em segurar o produto



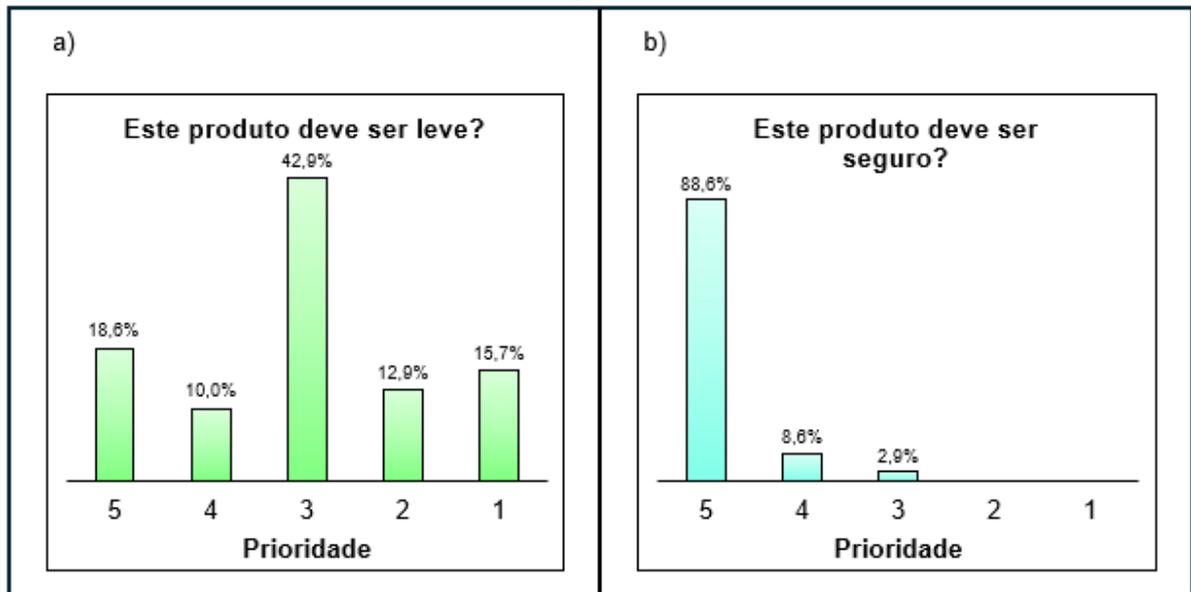
Fonte: Autoria do autor, (2023).

Figura 19 – Questionário: a) Resultado quanto à estética do produto, b) Resultado quanto ao tamanho do produto



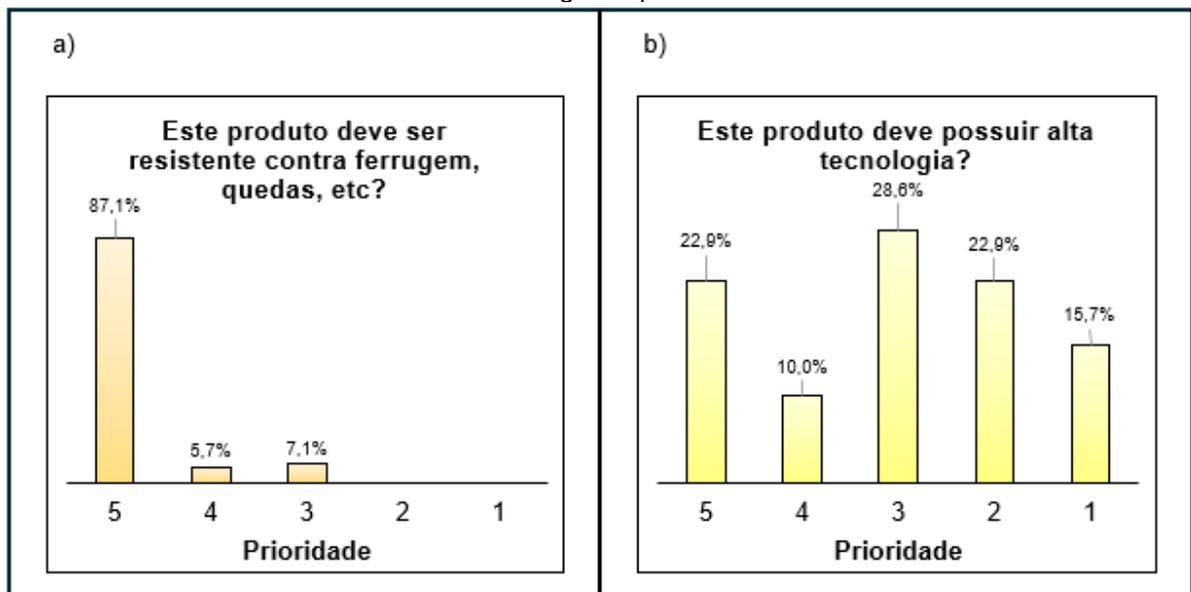
Fonte: Autoria do autor, (2023).

Figura 20 – Questionário: a) Resultado quanto ao peso do produto, b) Resultado quanto à segurança do produto



Fonte: Autoria do autor, (2023).

Figura 21 – Questionário: a) Resultado quanto à resistência do produto, b) Resultado quanto à tecnologia do produto



Fonte: Autoria do autor, (2023).

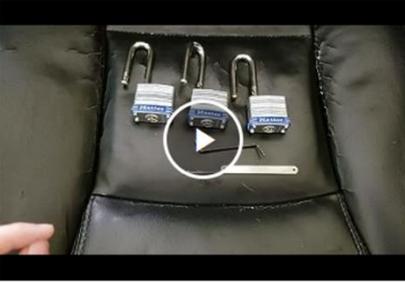
Figura 22 – Resultado quanto ao preço do produto



Fonte: Autoria do autor, (2023).

Além disso, foi feito um levantamento de comentários relevantes no site da Amazon (Figura 23) os quais mostram claramente diversas fraquezas desse produto.

Figura 23 – Comentários relevantes dos clientes

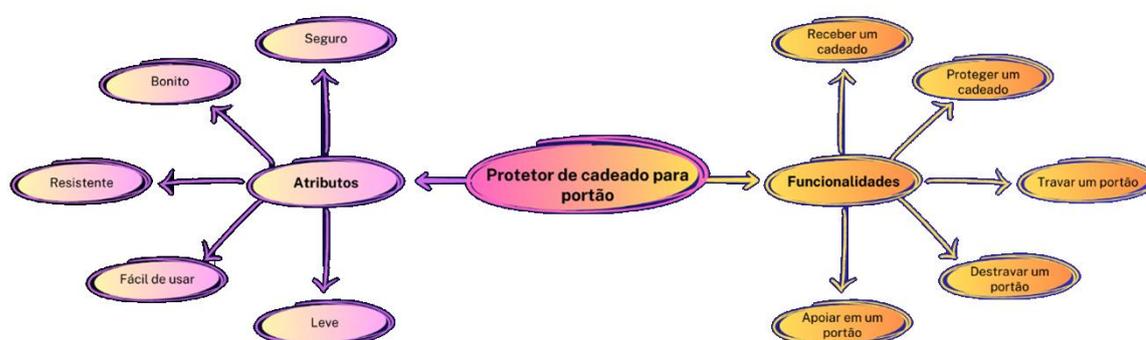
<p> Rose F.</p> <p>★★★★☆ Great for beginner lockpickers, terrible for everybody else</p> <p>Avaliado nos Estados Unidos em 8 de outubro de 2020</p> <p>Tamanho: 1-1/2" shackle Compra verificada</p> 	<p>I ordered these locks so that I could practice my lockpicking hobby (Master brand locks are among the least secure), and for that they worked wonderfully! If you're a beginner, these are for you :)</p> <p>If you are just wanting to buy locks to lock things, do NOT buy these. Here are the two biggest flaws:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. They unlock themselves if you breathe on them. Attached is a video of me unlocking all three with one pick in 30 seconds (just a few minutes after receiving them). An ambitious kid could easily get these open with a hairpin, no special tools required. If you're going to the trouble of buying a lock, you may as well get one that locks things up. I would have made a video of that for dramatic effect if I owned a hairpin :p <p>2. Not enough keys. I saw in many reviews that some people only received one or two keys for their three locks. This is because of the packaging, the keys are easily able to just slide out of it. You may end up with only one or no keys due to this and have to return them. However this isn't an issue if you own a hairpin :p</p>
<p> Beatriz Couto Fortuna</p> <p>★★★★☆ Dá pra quebrar um galho.</p> <p>Avaliado no Brasil em 5 de março de 2023</p> <p>Tamanho: 25 mm Cor: Dourado Compra verificada</p> <p>em pouco tempo está com aspecto de enferrujado e difícil de abrir e fechar.</p>	
<p> Jesse</p> <p>★★★★☆ Picked in less than 20 seconds by a literal beginner</p> <p>Avaliado no Canadá em 23 de março de 2021</p> <p>Compra verificada</p>	<p>I've only ever picked one lock in my life and it was a transparent lock made for practice, so I figured this would take me a couple of hours. Nope. Picked it in less than 20 seconds. I'm astounded at how easy it was to pick.</p>
<p> Jessica</p> <p>★★★★☆ Easy to pick!</p> <p>Avaliado nos Estados Unidos em 13 de maio de 2021</p> <p>Tamanho: 1-1/2" shackle Compra verificada</p> <p>My 10 year old daughter was able to pick these in 5 minutes with a \$10 amazon lock picking kit.</p>	
<p> Robert Teicher</p> <p>★★★★☆ These locks should not be used outdoors in cold weather</p> <p>Avaliado nos Estados Unidos em 8 de janeiro de 2021</p> <p>Tamanho: 1-1/2" shackle Compra verificada</p>	<p>All three of these locks are used on the outside. They are in different places. They ALL freeze up so the key cannot be put in and unlock. They are storage units... and it is a pain to carry hot water there.</p>

Fonte: Pado, (2024); Masterlock, (2024).

4.1.5 Definição do Problema

Para definir o problema é necessário estruturar algumas informações quanto às funcionalidades e aos atributos que o produto pode ter a partir de uma necessidade. Essa necessidade foi encontrada ao obter informações sobre os cadeados e travas como mostrado nos tópicos anteriores. A Figura 24 mostra o mapa mental elaborado para representar essas informações e auxiliar na definição do problema.

Figura 24 – Mapa mental do protetor de cadeado para portão



Fonte: Autoria do autor, (2023).

Após obter informações sobre os cadeados e travas ficaram evidentes os problemas de segurança (facilidade em abrir o cadeado usando técnicas de arrombamento e rompimento da haste usando ferramentas simples) presentes nesses objetos, dessa forma o produto a ser desenvolvido tem como objetivo fornecer a proteção contra técnicas de arrombamento e cisalhamento da haste do objeto em questão.

A esquerda do mapa mental encontram-se os atributos e a direita encontram-se as funcionalidades. Unindo essas informações determinou-se a solução do problema que é um protetor de cadeado para portão.

Logo, um protetor de cadeado portão deve ser capaz de: ter um espaço para receber um cadeado, apoiar em um portão, travar um portão, destravar um portão e,

principalmente, proteger um cadeado. Além disso, deve ser: seguro, bonito, leve, fácil de usar e resistente.

4.1.6 Clientes do Produto

Na pesquisa foi feito um formulário para auxiliar na determinação dos clientes do produto. Esse formulário obteve as seguintes informações: idade, sexo, renda familiar, raça, profissão e estado civil. Portanto, o protetor de cadeado para portão será destinado às pessoas com as seguintes características:

- Faixa Etária: Entre 20 e 70 anos;
- Sexo: Todos;
- Renda Familiar: Até 3 salários mínimos;
- Raça: Todas;
- Profissão: Todas;
- Estado Civil: Todos;
- País: Brasil;

4.1.7 Requisitos dos Clientes e do Produto

Com os dados adquiridos no questionário foram definidos os requisitos dos clientes e estes foram traduzidos em requisitos do produto. A Tabela 5 mostra os requisitos dos clientes, os requisitos do produto e a prioridade de cada um deles.

Tabela 5 – Requisitos dos clientes, requisitos do produto e prioridade

Requisitos dos clientes	Requisitos do produto	Prioridade
Fácil de usar	Usabilidade	5
Fácil de segurar	Ergonomia	3
Bonito	Estética	1
Compacto	Geometria	4
Leve	Peso	3
Seguro	Segurança	5
Resistente	Resistência	5
Alta tecnologia	Tecnologia	3
Barato	Preço	4

Fonte: Autoria do autor, (2023).

4.1.8 Especificações-Meta do Produto

Com os dados adquiridos no *Benchmarking* e com os requisitos do produto foram determinadas as especificações-meta. A Tabela 6 mostra os requisitos do produto, as especificações do produto com base na Pacri, Fixtil, Tecnotrava, Dovale, Papaiz e Travofix e o valor ótimo para cada especificação. Foram priorizados os requisitos do produto com prioridade 5 e 4 e os dados da Tabela 6 são apenas parâmetros de referência, contudo podem ser alterados durante a fase de impressão por camadas e testes de funcionalidade.

Tabela 6 – Especificações-meta do produto

Requisitos dos clientes	Requisitos do produto	Especificações	Unidade	Valores	Valor ótimo
Fácil de usar	Usabilidade	Tempo para travamento	s	3 - 5	5
Compacto	Geometria	Comprimento	mm	80 - 160	90
		Largura	mm	40 - 70	60
		Altura	mm	30 - 60	50
Leve	Peso	Massa	g	200 - 560	300
Seguro	Segurança	Parte do cadeado exposta	Qtd	1	0
Resistente	Resistência	Material	Nome	Zamac, Aço-C, Latão	Aço-C
Barato	Valor de venda	Preço	R\$	20 - 110	60

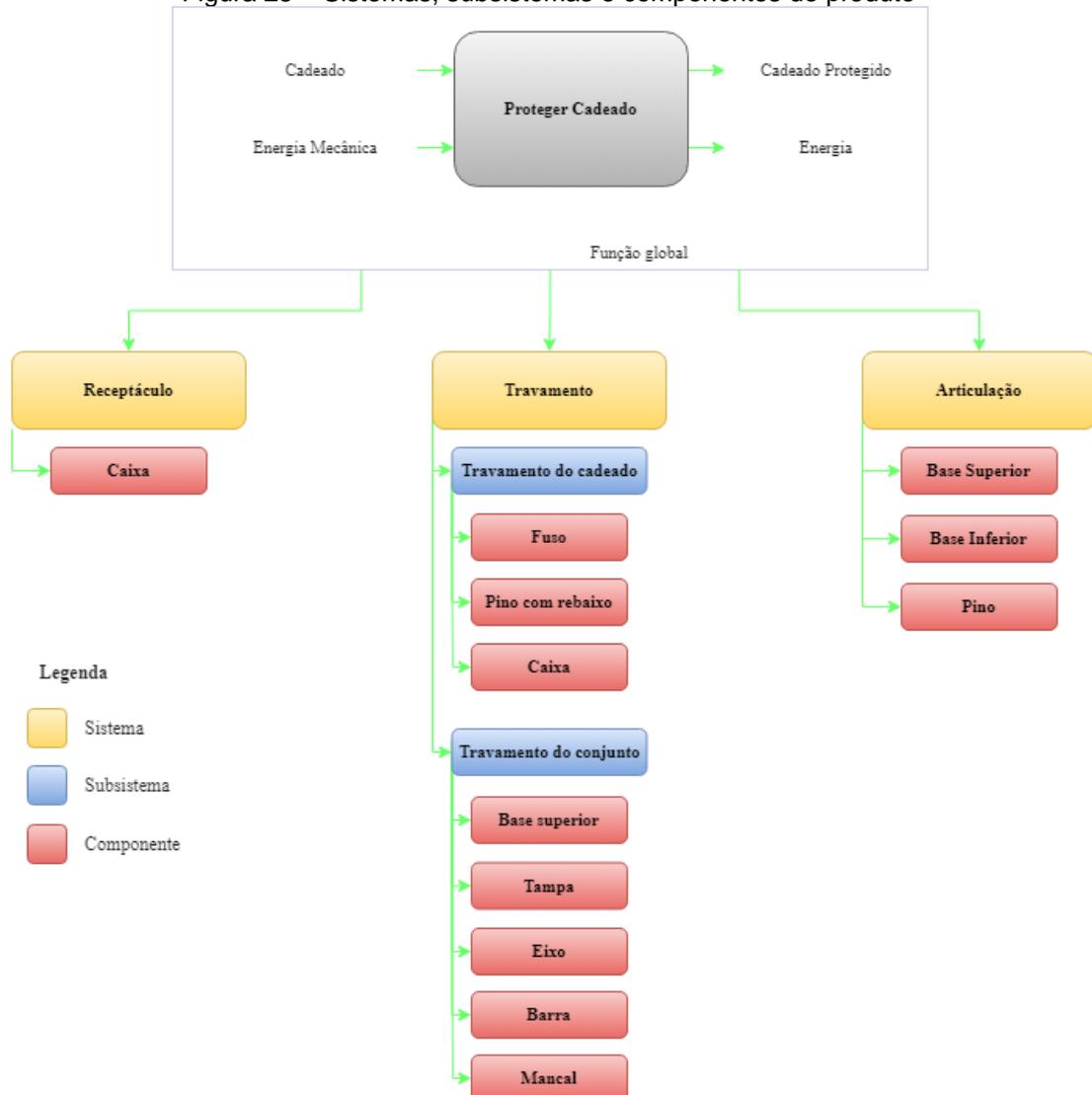
Fonte: Autoria do autor, (2023).

4.2 PROJETO CONCEITUAL

4.2.1 Modelagem Funcional e Sistemas, Subsistemas e Componentes do Produto

Primeiro determinou-se a função global do produto cujo nome é proteger cadeado, tem como entradas um cadeado (material) e algum tipo de energia. Como saídas possui um cadeado protegido (material) e alguma forma de energia. A partir da função global obtém-se a modelagem funcional do produto a qual é composta por funções secundárias. O sistema recebe um cadeado e um tipo de energia na função secundária chamada receber cadeado, em seguida vêm as funções secundárias chamadas apoiar cadeado, fechar protetor e fechar cadeado. A última função secundária é chamada de travar conjunto e a partir dela saem do sistema um cadeado protegido e uma forma de energia. Tomando como referência os produtos existentes no mercado chega-se aos SSCs do produto (Figura 25). O produto pode ser dividido em 3 sistemas: receptáculo, travamento e articulação. O sistema receptáculo é composto pelo componente nomeado de caixa. O sistema travamento é formado pelos subsistemas chamados de travamento do cadeado e travamento do conjunto. O subsistema travamento do cadeado é composto pelos seguintes componentes: fuso, pino com rebaixo e caixa. Já o subsistema travamento do conjunto é formado por: base superior, tampa, eixo, barra e mancal. O sistema articulação é formado pela base inferior, base superior e pino.

Figura 25 – Sistemas, subsistemas e componentes do produto



Fonte: Autoria do autor, (2024).

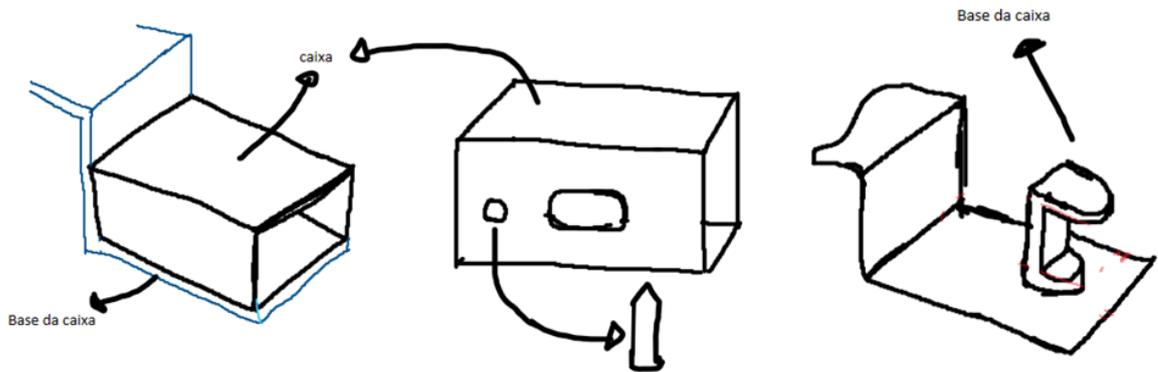
4.3 PROJETO PRELIMINAR

4.3.1 Esboços

O foco do trabalho deve se concentrar na reformulação da caixa afim de resolver o problema proposto decorrente das técnicas de arrombamento. A forma apresentada pelos produtos existentes no mercado é composta por duas partes: base da caixa e caixa. A base da caixa possui um apoio para o cadeado e o mesmo serve para travar o cadeado. A caixa possui um cilindro com rosca para travar o cadeado e possui um furo alongado o qual permite que o apoio presente na base da caixa tenha

uma passagem livre na hora de travar o conjunto. A Figura 26 ilustra um esboço das partes mencionadas.

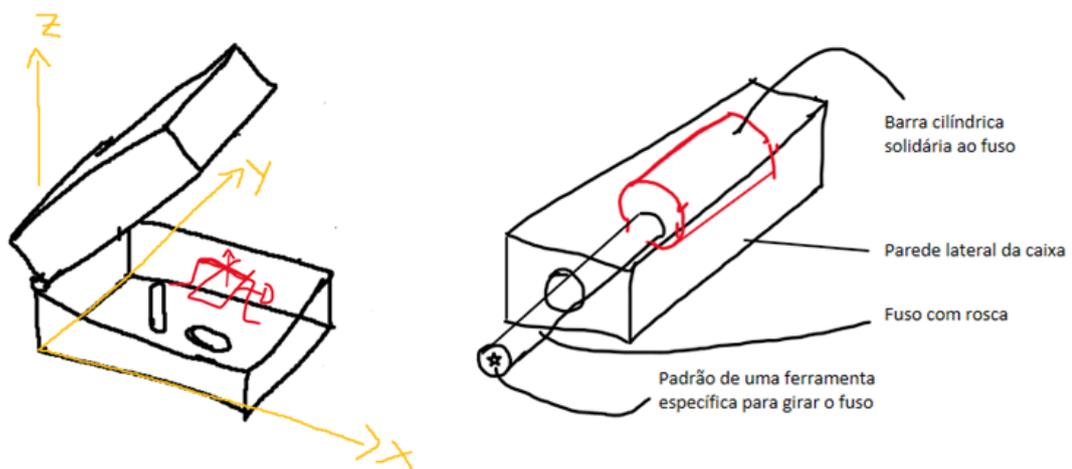
Figura 26 – Esboço da forma dos produtos existentes



Fonte: Autoria do autor, (2024).

A primeira ideia (Figura 27), chamada de modelo A, consiste em uma caixa articulada a qual fosse trancada através de barras e alças com algum mecanismo responsável pelo movimento das barras. O mecanismo poderia ser um fuso com rosca com uma barra cilíndrica solidária ao final da rosca transformando um movimento circular de uma ferramenta com padrão específico em um movimento retilíneo.

Figura 27 – Esboço Modelo A Versão 1

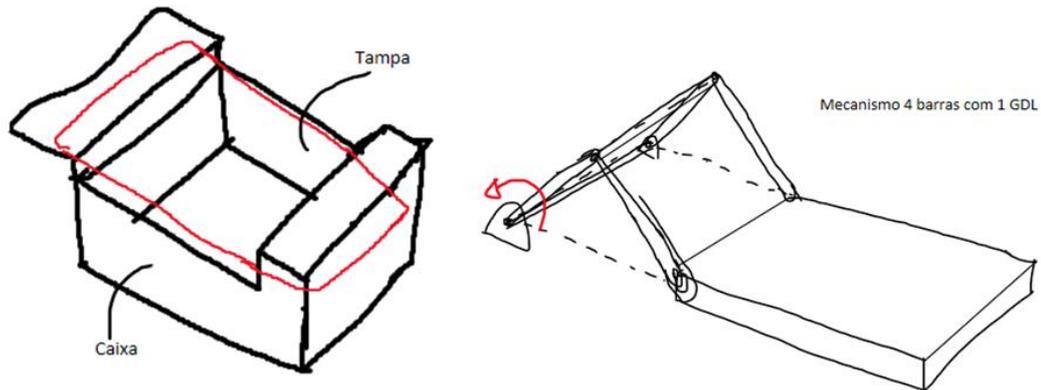


Fonte: Autoria do autor, (2024).

O amadurecimento da ideia (Figura 28) surgiu com o intuito de aumentar a segurança do protetor de cadeado. Ela consiste em uma caixa com cavidades nas

extremidades superiores onde uma tampa desliza-se dentro delas travando o conjunto. A tampa seria acionada por um mecanismo de 4 barras similar a um biela-manivela, porém com a tampa (movimento retilíneo) em uma altura diferente da altura do ponto de rotação da manivela.

Figura 28 – Esboço Modelo A Versão 2.

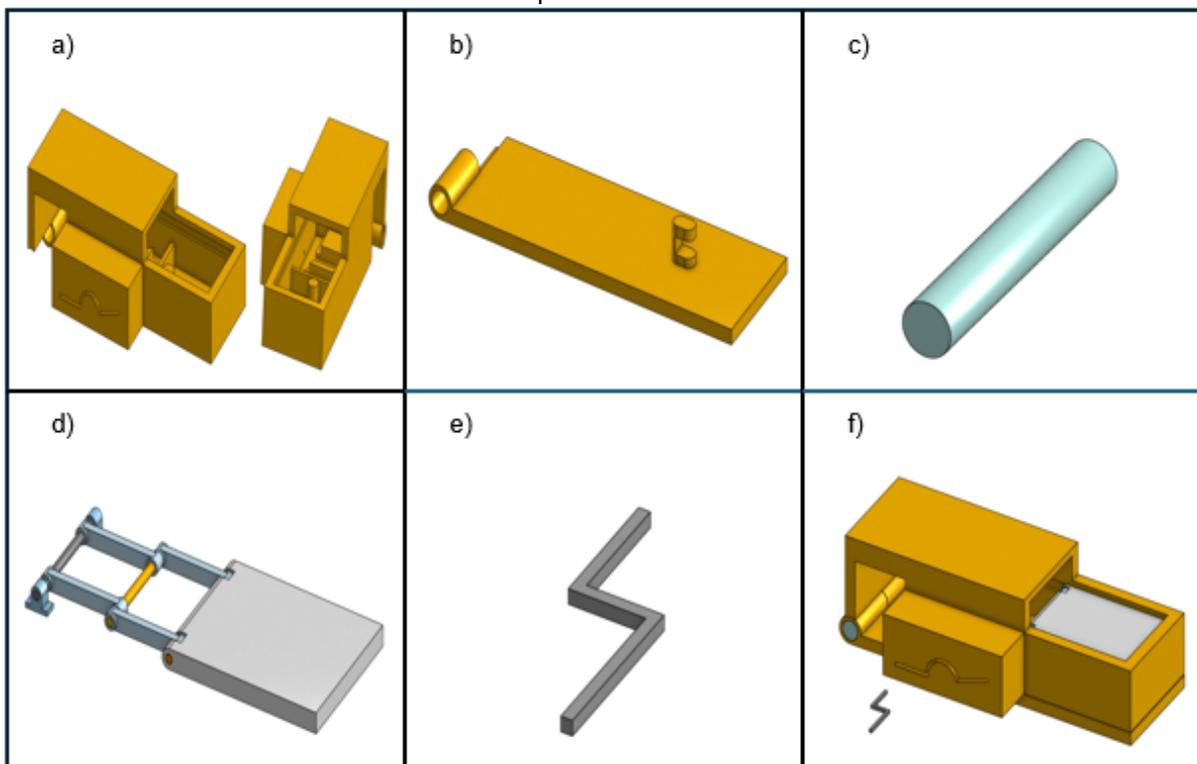


Fonte: Autoria do autor, (2024).

4.3.2 Modelos CAD e Impressão 3D

Utilizando um *software* CAD na nuvem chamado Onshape foi feita a primeira versão do modelo A em 3D como ilustrada na Figura 29. O modelo 3D é composto por uma base inferior, uma base superior, um pino de articulação e um mecanismo de 4 barras com 1 grau de liberdade. Na base superior existem batentes cuja finalidade é restringir o movimento das barras. O funcionamento é bem simples: primeiro coloca-se o cadeado no receptáculo, depois une-se as bases e trava-se o cadeado através de pressão, posteriormente coloca-se a chave na ranhura fazendo com que ela se encaixe no eixo do mecanismo, em seguida gira-se a chave para o mecanismo mover tampa e travar o conjunto.

Figura 29 – a) Base superior do Modelo A, b) Base inferior do Modelo A, c) Pino do Modelo A, d) Mecanismo de 4 barras do Modelo A, e) Chave do mecanismo do Modelo A, f) Conjunto montado incompleto do Modelo A

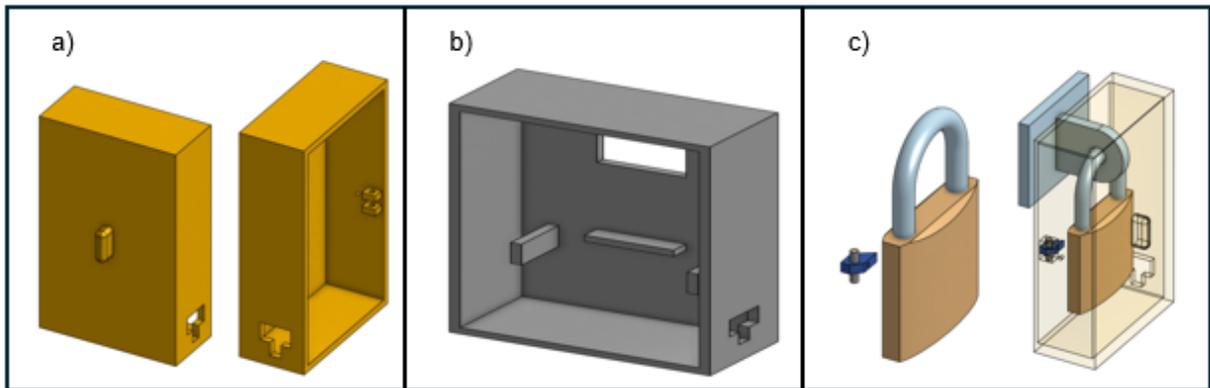


Fonte: Autoria do autor, (2024).

O modelo A possui uma geometria muito complexa a qual impõe muita dificuldade na produção e na manutenção do produto, logo optou-se em desenvolver o Modelo B o qual é mais simples e a primeira versão dele foi pensada pelo meu orientador deste trabalho.

O Modelo B é composto por: tampa (Figura 30a), caixa (Figura 30b) e um mecanismo de travamento (Figura 30c). O funcionamento do Modelo B ocorre da seguinte forma: coloca-se a caixa por cima do ferrolho, trava-se o cadeado no ferrolho, encaixa-se a tampa na caixa fazendo com que a barra seja pressionada pelo cadeado fazendo-a girar e permitindo que a tampa encaixe perfeitamente à caixa, por último a barra gira para a posição original, através de uma mola de tração, travando o conjunto. Para abrir basta colocar a chave no espaço o qual encontra-se na lateral da tampa e da caixa, abre-se o cadeado e puxa-se a tampa.

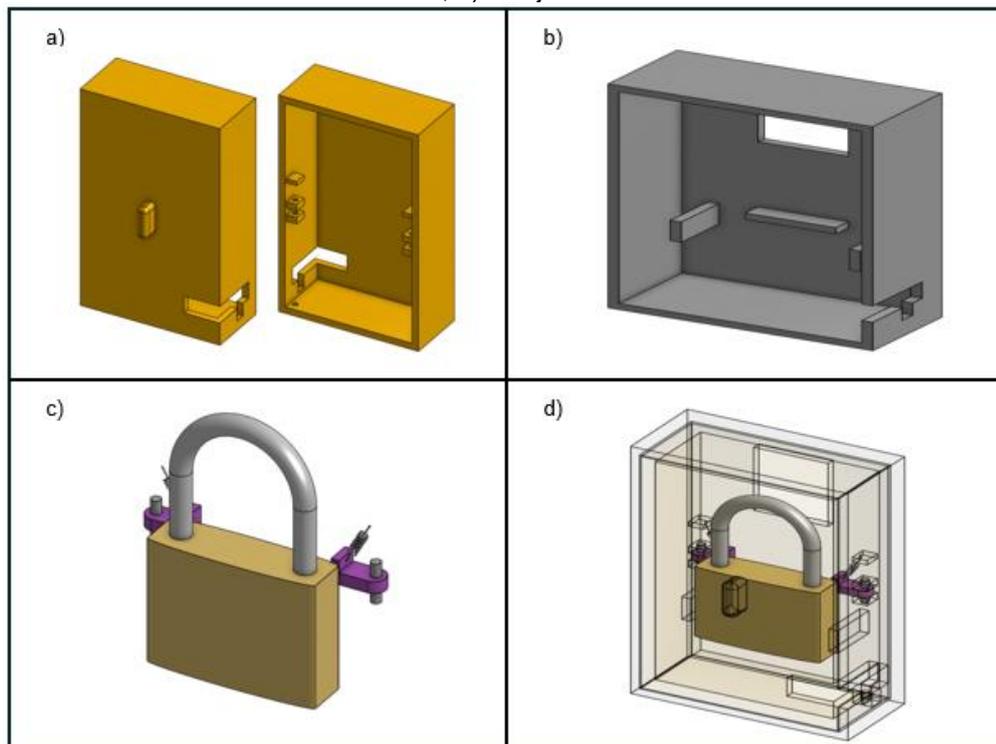
Figura 30 – a) Tapa do Modelo B Versão 1, b) Caixa do Modelo B Versão 1, c) Sistema de travamento do Modelo B Versão 1



Fonte: Autoria do autor, (2024).

Na versão 2 (Figura 31) foram melhorados: a entrada da chave e o dispositivo de travamento.

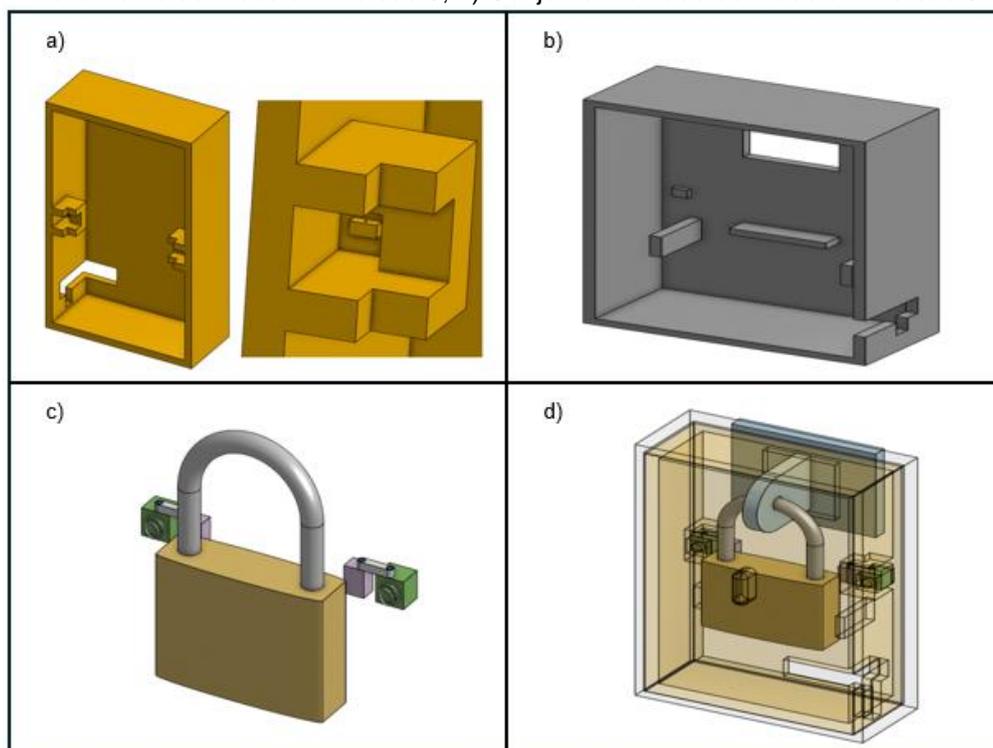
Figura 31 – a) Tapa do Modelo B Versão 2, b) Caixa do Modelo B Versão 2, c) Sistema de travamento do Modelo B Versão 2, d) Conjunto montado do Modelo B Versão 2



Fonte: Autoria do autor, (2024).

Na versão 3 (Figura 32) foi desenvolvido outro o dispositivo de travamento com a finalidade de aumentar a segurança da trava e para receber molas helicoidais de compressão ao invés de tração.

Figura 32 – a) Tampa do Modelo B Versão 3, b) Caixa do Modelo B Versão 3, c) Sistema de travamento do Modelo B Versão 3, d) Conjunto montado do Modelo B Versão 3



Fonte: Autoria do autor, (2024).

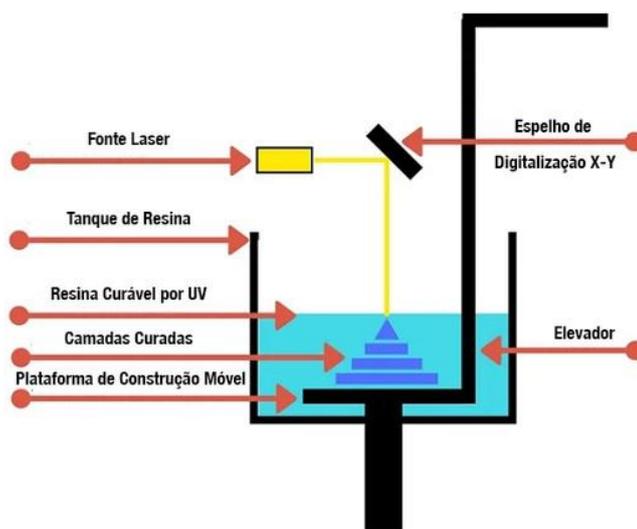
A manufatura aditiva, também chamada de impressão por camadas ou impressão 3D, é um sistema de produção a qual usa tecnologias CAD para gerar um desenho 3D e, a partir dele, produzir o produto real através de impressoras 3D as quais utilizam diversos materiais como metais, plásticos e resina para a impressão (Labone, 2024).

Os passos básicos desse tipo de manufatura são: criar um modelo tridimensional usando alguma ferramenta CAD, gerar um arquivo desse modelo no formato STL (*Standard Triangle Language*), usar uma ferramenta que faz o fatiamento em camadas do modelo e levar o arquivo gerado para a impressora 3D (Saldanha, 2021; Adobe, 2024).

A Estereolitografia (*Stereolithography* - SLA), Figura 33, foi a tecnologia pioneira a qual usa como matéria prima polímeros líquidos sensíveis à luz para construir objetos através da solidificação desse material, camada por camada, quando é exposto a raios laser Ultravioleta (Uv). Inicialmente a plataforma é coberta por uma camada de resina, em seguida o feixe de laser é movido (no plano X-Y) por um sistema óptico construindo a primeira camada do objeto através da solidificação da resina quando ela é exposta a raios Uv, na sequência a plataforma desce (ao longo

do eixo Z) e o processo é repetido até que o objeto esteja finalizado. Após a impressão é feita uma limpeza para retirar os resíduos e os suportes os quais ficaram na peça e o processo é finalizado por uma pós-cura em que o objeto é colocado em um forno de radiação Uv (Macedo, 2010).

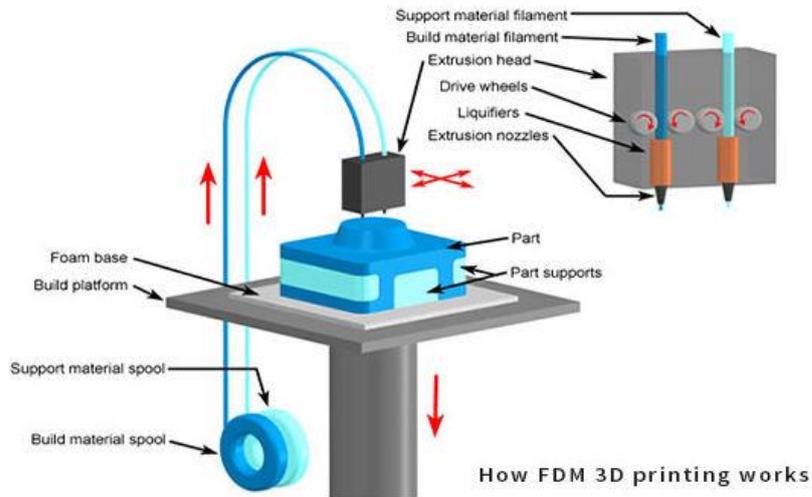
Figura 33 – Esquema da tecnologia SLA



Fonte: EngiPrinters, (2024).

A Modelagem por Deposição de Material Fundido (*Fused Deposition Modeling* - FDM), Figura 34, é uma das tecnologias mais usadas a qual produz as camadas do modelo através da extrusão e deposição de filamentos termoplásticos como o Ácido Polilático (*Polylactic Acid* - PLA) e a Acrilonitrila Butadieno Estireno (*Acrylonitrile Butadiene Styrene* - ABS). Primeiro a mesa é aquecida, em seguida o cabeçote aquece o material na forma de filamento até seu estado pastoso, na sequência o cabeçote faz a extrusão do material (ao longo do plano X-Y) até completar a primeira camada, depois a plataforma desce (ao longo do eixo Z) e o processo se repete até que a impressão seja concluída. O processo termina após uma limpeza do objeto para retirar os suportes e ter sua superfície acabada (Macedo, 2010).

Figura 34 – Esquema da tecnologia FDM



Fonte: DEK, (2024).

A tecnologia usada para fazer as impressões dos modelos nesta fase do projeto foi a FDM e o material utilizado foi o PLA já que na Universidade Federal de Pernambuco detém um laboratório com impressoras 3D as quais imprimem usando material mencionado. O *software* utilizado para fazer o fatiamento do modelo CAD foi o UltiMaker Cura. A altura da camada foi de 0,12 mm, a espessura da parede foi deixada em 1,2 mm, o preenchimento foi deixado em 30% já que o modelo é apenas para teste e a função escolhida foi giroide porque deixa a peça mais resistente, as temperaturas de impressão e da mesa foram setadas em 210 °C e 60 °C respectivamente e a velocidade foi selecionada a padrão.

A impressora usada possui tecnologia FDM (Figura 35) marca Creality modelo Ender 3, opera nos sistemas operacionais Windows, Linux e MacOS, com diâmetro do bocal de 0,4 mm, usa filamentos com diâmetro de 1,75 mm e os principais materiais que ela suporta são PLA, ABS, madeira e fibra de carbono.

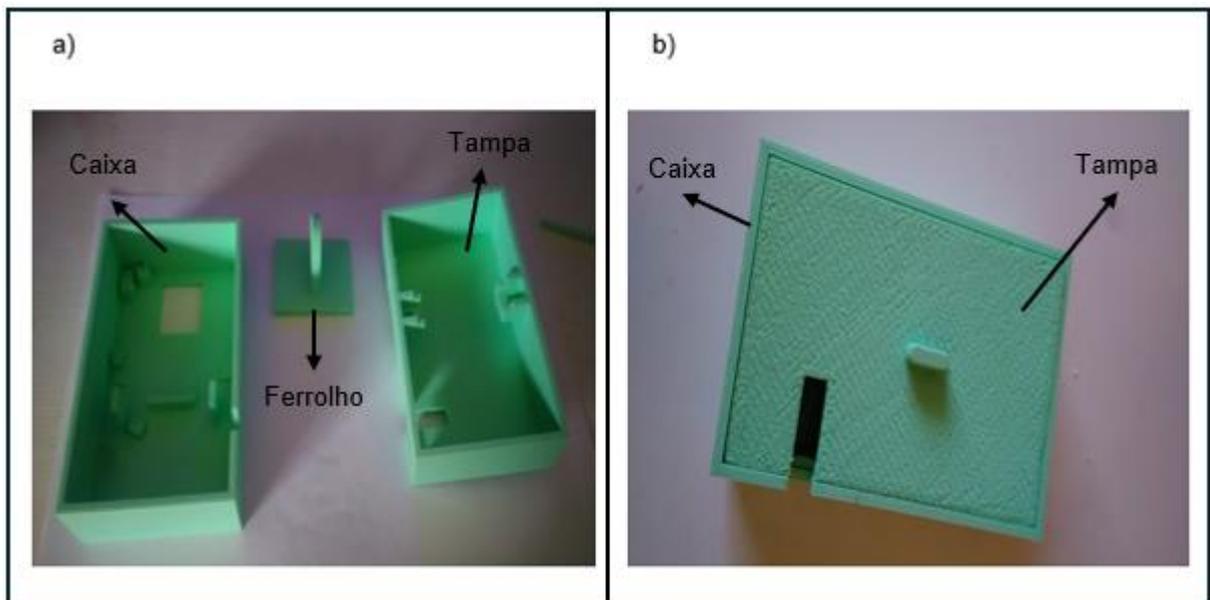
Figura 35 – Impressora 3D Creality Ender 3



Fonte: CrealityStore, (2024).

A primeira impressão (Figura 36) foi feita, mas ocorreram problemas como: a chave do cadeado não entrava na caixa devido ao tamanho da entrada na lateral dos componentes, os furos das peças não foram imprimidos corretamente e o batente o qual é responsável por empurrar o mecanismo para travar o conjunto foi impresso com uma dimensão maior que a presente no CAD e isso fez com que a tampa não acoplasse totalmente à caixa.

Figura 36 – a) Peças de PLA do Modelo B Versão 3, b) Acoplamento entre caixa e tampa do Modelo B Versão 3

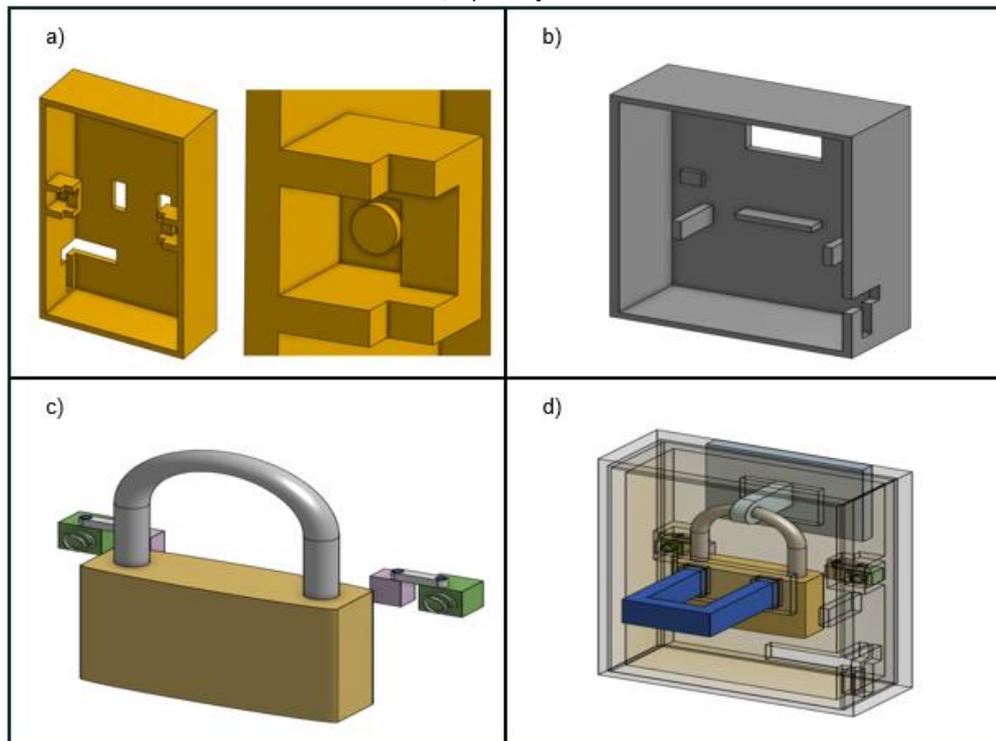


Fonte: Aatoria do autor, (2024).

Na versão 4 (Figura 37) o dispositivo de travamento foi adaptado para fixar melhor as molas helicoidais de compressão, optou-se em trocar o manípulo por uma

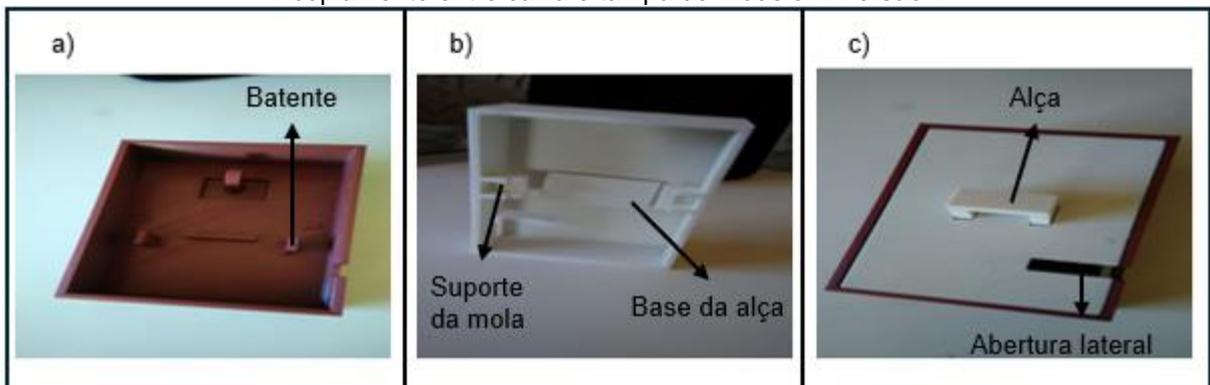
alça para facilitar a impressão na impressora 3D, as entradas laterais foram aumentadas, os furos das peças foram aumentados e os batentes foram reduzidos. Foi realizada uma segunda impressão (Figuras 38) e durante a montagem notou-se que o modelo CAD do cadeado tinha dimensões incoerentes com o cadeado real e apenas 50% dos furos foram imprimidos corretamente.

Figura 37 – a) Tapa do Modelo B Versão 4, b) Caixa do Modelo B Versão 4, c) Sistema de travamento do Modelo B Versão 4, d) Conjunto montado do Modelo B Versão 4



Fonte: Autoria do autor, (2024).

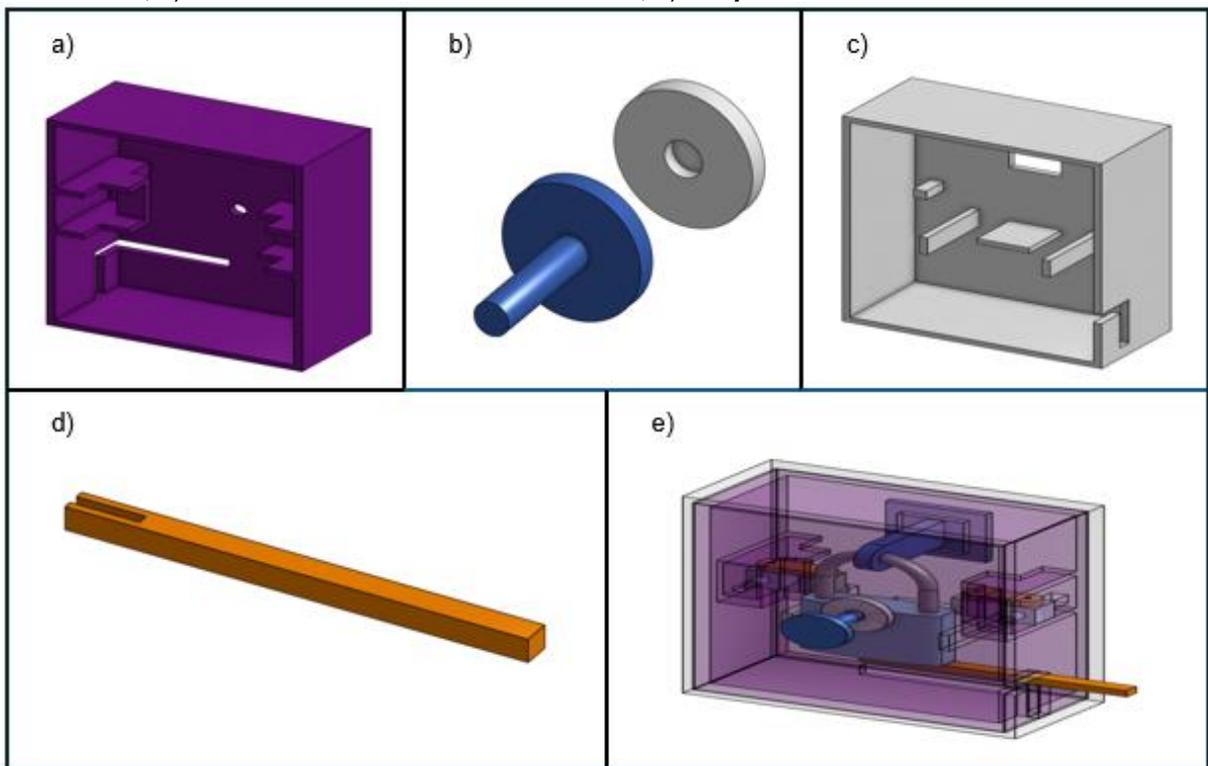
Figura 38 – a) Caixa de PLA do Modelo B Versão 4, b) Tapa de PLA do Modelo B Versão 4, c) Acoplamento entre caixa e tapa do Modelo B Versão 4



Fonte: Autoria do autor, (2024).

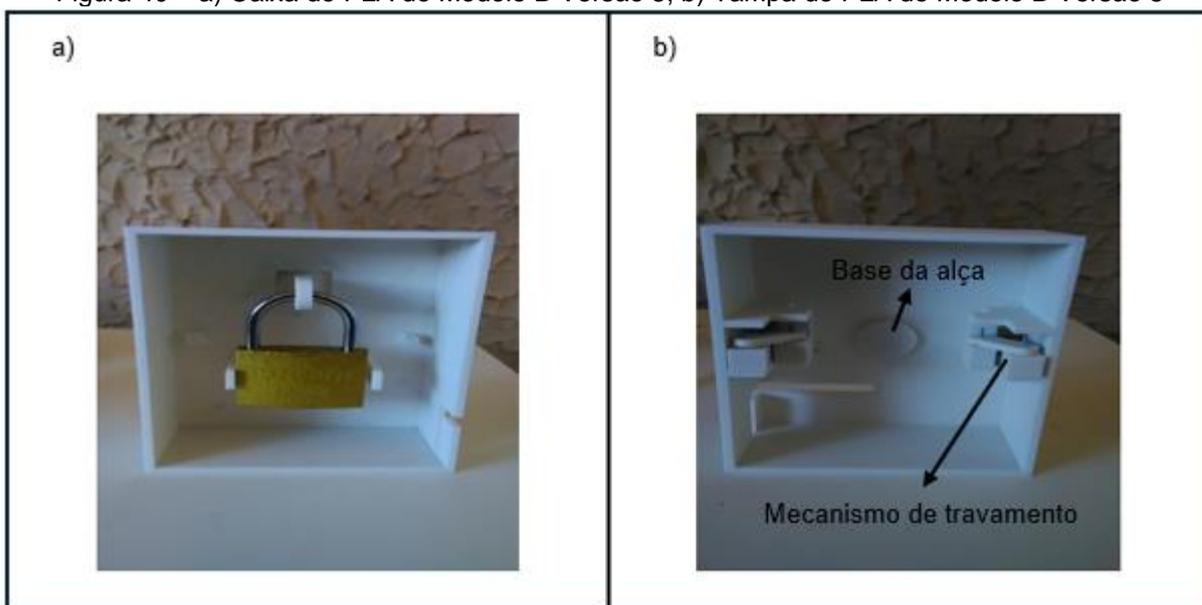
Na versão 5 (Figura 39) o conjunto todo foi refeito tendo como base a versão 4, o modelo CAD do cadeado foi corrigido, os furos foram ajustados e a geometria da alça foi alterada para ocupar menos espaço. Na terceira impressão (Figura 40) novos problemas surgiram: a inexistência de restrição do movimento das barras do mecanismo fazem com que ele tenha mais de um grau de liberdade e isso impede que o conjunto seja travado, notou-se que as camadas inferiores das peças eram maiores que as camadas superiores (isso ocorre devido à contração do material, à qualidade do PLA e ao fato dos furos serem muito pequenos), um dos pinos do mecanismo ficou um pouco inclinado e com um pouco de resto de cola na superfície após a colagem atrapalhando o alinhamento entre as barras.

Figura 39 – a) Tampa do Modelo B Versão 5, b) Alça do Modelo B Versão 5, c) Caixa do Modelo B Versão 5, d) Base da chave do Modelo B Versão 5, e) Conjunto montado do Modelo B Versão 5



Fonte: Autoria do autor, (2024).

Figura 40 – a) Caixa de PLA do Modelo B Versão 5, b) Tampa de PLA do Modelo B Versão 5



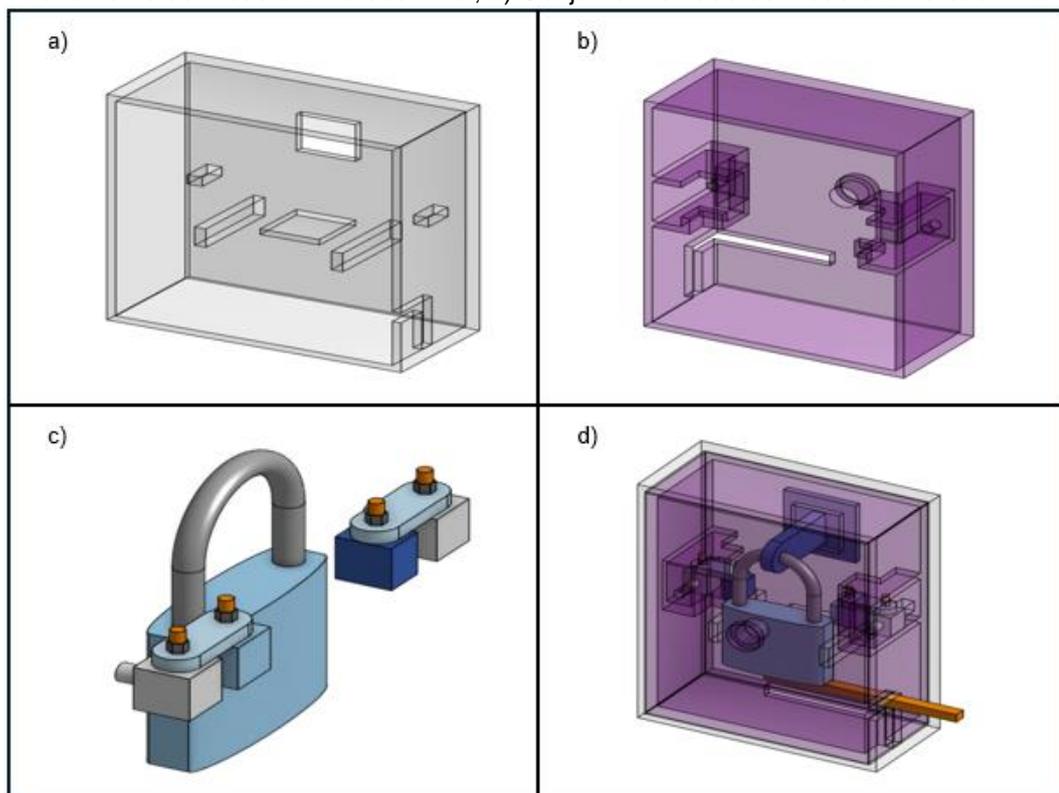
Fonte: Autoria do autor, (2024).

Como última tentativa decidiu-se usar a tecnologia SLA já que ela é muito mais precisa que a FDM e para isso foi necessário adequar o projeto para essa impressão final. Contudo, as peças ficaram deformadas o que comprometeu a montagem e teste do conjunto. Isso ocorreu devido ao posicionamento dos suportes e ao fato da impressora não funcionar como esperado.

4.4 PROJETO DETALHADO

O projeto detalhado é uma etapa muito complexa e longa com diversas atividades envolvidas. Como este trabalho visa ser uma base para futuros produtos essa fase será simplificada indicando apenas a versão final do modelo 3D (Figura 41) pronto para uma fabricação em larga escala, um comparativo entre ligas de alumínio e aço-carbono (Tabela 7) e a lista de peças padronizadas contendo as principais dimensões do produto, os materiais e os processos de fabricação (Tabela 8).

Figura 41 – a) Caixa do Modelo B Versão Final, b) Tampa do Modelo B Versão Final, c) Sistema de travamento do Modelo B Versão Final, d) Conjunto montado do Modelo B Versão Final



Fonte: Autoria do autor, (2024).

Ao calcular o peso do protetor de cadeado notou-se que ele ficou muito pesado (1,524 kg) ao usar como matéria-prima o aço carbono SAE 1020. Portanto, optou-se por averiguar outros materiais para diminuir o peso do objeto e concluiu-se que o material que oferece uma boa redução da massa, contém boas propriedades mecânicas e tem um preço/kg razoável é o alumínio 1200. Foi feita uma pesquisa das travas para portão existentes no mercado as quais tivessem tamanho e massa similares a este projeto para fazer um comparativo entre os produtos, contudo não foi possível realizar essa comparação devido à falta de informações a respeito do material, do tamanho e da massa nas lojas online das empresas pesquisadas neste trabalho.

Tabela 7 – Comparativo entre a massa e preço por quilograma do produto em Alumínio e em Aço-Carbono

Material	Massa [kg]	R\$/kg	Preço Matéria-Prima [R\$]
Aço-C SAE 1020	1,524	9	13,716
Alumínio 2024	0,573	451	258,423
Alumínio 3003	0,564	166	93,624
Alumínio 1200	0,558	55	30,69

Fonte: Autoria do autor, (2024).

Tabela 8 – Lista de peças do produto para o modelo da Figura 41

Lista de peças			
Peça	Tamanho [mm]	Material	Processo de fabricação
Caixa x1	99,4x46x123	Alumínio 1200	Estampagem ou Fundição ou Forjamento, Galvanização, Pintura, Têmpera, Cementação
Tampa x1	92,4x43x116	Alumínio 1200	Estampagem ou Fundição ou Forjamento, Galvanização, Pintura, Têmpera
Parafuso rosca dupla x4	M3x0,5x16	Aço-C	Comprar padronizado
Porca x4	M3x0,5x2,3	Aço-C	Comprar padronizado
Mola x2	5x0,5x11,4	Aço-C	Comprar padronizado
Bloco vertical x2	10x10x10	Aço-C SAE 1020	Fresamento ou corte a laser, Torneamento, Furação, Roscamento, Galvanização, Pintura, Têmpera
Bloco horizontal direito x1	10x10x10	Aço-C SAE 1020	Fresamento ou corte a laser, Furação, Roscamento, Galvanização, Pintura, Têmpera
Bloco horizontal esquerdo x1	8x10x10	Aço-C SAE 1020	Fresamento ou corte a laser, Furação, Roscamento, Galvanização, Pintura, Têmpera
Barra articulada x2	23x8x3	Aço-C SAE 1020	Fresamento ou corte a laser, Furação, Roscamento, Galvanização, Pintura, Têmpera
Base da chave x1	80x5x4	Aço-C SAE 1020	Fresamento ou corte a laser, Têmpera

Fonte: Autoria do autor, (2024).

5 CONCLUSÃO

Por meio da análise dos usuários dos produtos concorrentes que compraram algum cadeado ficaram evidentes os pontos de fragilidade os quais os cadeados possuem e com o auxílio de um mapa mental foi possível definir o problema que consiste em proteger um cadeado contra técnicas de arrombamento e cisalhamento da haste.

Através da pesquisa por patentes foram encontradas diversas soluções, contudo essas resolviam o problema parcialmente e através da análise benchmarking os produtos encontrados eram muito semelhantes. Logo, foi preciso inovar para gerar novas possibilidades para auxiliar na solução do problema presente.

Através da pesquisa dos usuários foram coletadas informações para definir os clientes do produto e as especificações-meta do produto. Portanto, foi possível determinar o público-alvo para o produto. Além disso, os usuários consideram mais importante a segurança, a resistência e a usabilidade ao preço e ao tamanho do produto.

Também foram realizados esboços e modelagens 3D os quais tiveram como ponto de partida os produtos existentes no mercado. Com o auxílio de ferramentas CAD, percebeu-se que a primeira modelagem era inviável por ser muito complexa e difícil de ser fabricada. Nesse sentido, concluiu-se que a modelagem posterior teve um bom funcionamento no ambiente CAD e que era uma boa premissa para os testes funcionais.

Foram feitas impressões 3D de modelos de PLA e resina, porém algumas dificuldades foram encontradas como: imprecisão nas dimensões das peças em PLA, deformação das peças em resina e, conseqüentemente, dificuldades na montagem e no teste funcional. Isso ocorreu devido ao tamanho dos furos, à contração do PLA, à qualidade do PLA, ao posicionamento dos suportes de resina e ao fato da impressora de resina não funcionar de forma esperada. Portanto, apesar das tentativas de montagem e teste dos modelos não terem ocorrido como planejado, pode-se concluir que este caminho é promissor porque foi possível concluir a montagem do conjunto e ter êxito parcial nos testes de funcionalidade.

Foi feita uma pesquisa de travas para portão com dimensões e massa semelhantes ao projeto, todavia não foram encontradas informações suficientes.

Portanto, não foi possível estabelecer as vantagens e desvantagens do produto em comparação ao mercado.

Ao calcular a massa do conjunto, notou-se que o mesmo estava muito pesado e foi necessário avaliar outros materiais com o objetivo de manter a resistência e diminuir o peso. Concluiu-se que as ligas de alumínio, especificamente o alumínio 1200, são bons candidatos como material de fabricação devido ao baixo peso, boa resistência mecânica e valor acessível.

6 TRABALHOS FUTUROS

Minhas recomendações para trabalhos futuros são:

- Fazer um modelo maior para obter êxito na montagem e no teste de funcionalidade;
- Melhorar o sistema de travamento;
- Estudar a possibilidade de usar materiais sustentáveis;
- Otimizar a geometria para reduzir a massa do conjunto;
- Construir um protótipo;
- Realizar orçamentos;

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15271: Requisitos, classificação e métodos de ensaio**, 2013.

ADOBE. **Arquivos STL**, 2024. Disponível em: < <https://www.adobe.com/br/creativecloud/file-types/image/vector/stl-file.html#:~:text=STL%20é%20um%20formato%20de,ou%20Standard%20Tessellati on%20Language> >. Acesso em 17 jun. 2024.

BACK, N. *et al.* **Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem**. 1. ed. Barueri: Manole, 2008.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: guia prático para o *design* de novos produtos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2000. ISBN 978-85-212-0265-5.

BERNAL, B. J. **Disposição construtiva introduzida em trava de segurança com cadeado para uso em portões**, 2002. MU 8002509-9 U.

CADEADOS. **O zen do arrombamento: Um mergulho no esporte de arrombar cadeados**, 2023. Disponível em: < <https://blog.cadeados.com.br/o-zen-do-arrombamento-um-mergulho-no-esporte-de-arrombar-cadeados> >. Acesso em: 17 mai. 2023.

CADEADOS. **Tipos de cadeados: quais os tipos de cadeados mais comuns no mercado hoje**, 2024. Disponível em: < <https://blog.cadeados.com.br/tipos-de-cadeados/> >. Acesso em 10 jan. 2024.

CAROLI, P. **Lean Inception: como alinhar pessoas e construir o produto certo**. 1. ed. São Paulo: Caroli, 2018.

CARPES JÚNIOR, W. P. **Introdução ao Projeto de Produtos**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

CARVALHO, C. **Os 7 melhores cadeados para conferir em 2023: Papaiz, Pado, Samsonite**, 2023. Disponível em: < <https://arkpad.com.br/melhores-cadeados> >. Acesso em: 28 jun. 2023.

CARVALHO, C. **Os 7 melhores cadeados para conferir em 2024: Papaiz, Pado, Samsonite**, 2024. Disponível em: < <https://arkpad.com.br/melhores-cadeados/> >. Acesso em 20 jul. 2023.

CREALITYSTORE, 2024. Disponível em: < <https://www.crealitystore.com.br/impressora-3d-creality-ender-3-1001020161> >. Acesso em 18 jan. 2024.

DEK. **Serviços de impressão 3D FDM: Guia definitivo de perguntas frequentes**, 2024. Disponível em: < <https://www.dekmake.com/pt/serviços-de-impressão-3d-fdm/> >. Acesso em 18 jan. 2024.

DOVALE, 2023. Disponível em: < <https://dovalechaves.commercesuite.com.br/ferragens/porta-cadeado/porta-cadeado-dovale-n-1-34-x-33-preto-73501> >. Acesso em: 28 jun. 2023.

ENGIPRINTERS. **O que é e como funciona a impressão SLA**, 2024. Disponível em: < <https://engiprinters.com.br/o-que-e-e-como-funciona-a-impressao-sla-d90/> >. Acesso em 18 jan. 2024.

EMI, V.; OLIVEIRA, B.; IANNACONE, N. **Top 12 melhores cadeados para 2024**, 2023. Disponível em: < <https://br.my-best.com/18461> >. Acesso em: 20 jul. 2023.

FIXTIL, 2023. Disponível em: < <https://www.fixtil.com.br/produtos/trava-para-portao-sem-cadeado-bicromatizado/> >. Acesso em: 28 jun. 2023.

G1. Ladrões invadem casa em Mogi depois de estourar cadeado e arrombar batente, 2017. Disponível em: < <https://g1.globo.com/sp/mogi-das-cruzes-suzano/noticia/ladros-invadem-casa-em-mogi-depois-de-estourar-cadeado-e-arrombar-batente.ghtml> >. Acesso em: 17 mai. 2023.

KYLLÖNEN, V. P.; VITANEN, V.; HEDMAN, T. **Protetor de cadeado**, 2017. BR 112015028924-0 A2.

LABONE. **O que é a manufatura aditiva? E como funciona?**, 2024. Disponível em: < <https://www.laboneconsultoria.com.br/manufatura-aditiva/> >. Acesso em 10 jan. 2024.

MACEDO, G. M. A. **Comparação de duas diferentes tecnologias de prototipagem rápida na concepção de novos produtos: estereolitografia e modelagem por deposição de material fundido (FDM) – um estudo de caso**, 2010. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

MASTERLOCK, 2024. Disponível em: <

MASTERLOCK, 2024. Disponível em: <

MIXTOOLS, 2023. Disponível em: < <https://mixtools.com.br/produto/trava-porta-cadeado-para-portao-bicromat-3/> >. Acesso em: 28 jun. 2023.

PACRI, 2023. Disponível em: < <https://www.pacri.com.br/produto.aspx?post=5> >. Acesso em: 28 jun. 2023.

PADO, 2022. Disponível em: <<https://pado.com.br/produto/bloqueio-travamento-copia>>. Acesso em: 30 mar. 2022.

PADO, 2024. Disponível em: < https://www.amazon.com.br/CADEADO-LT-25MM-Pado-51000027-Dourado/dp/B076PMLWYM/ref=cm_cr_arp_d_product_top?ie=UTF8&th=1 >. Acesso em 18 jan. 2024.

PADO, 2024. Disponível em: < <https://www.lojapado.com.br/-cadeado-tsa-executive-prata-viagem-internacional-/p> >. Acesso em 10 jan. 2024.

PAPAIZ, 2023. Disponível em: < <https://www.papaiz.com.br/pt/produtos/travas/trava-para-portao> >. Acesso em: 17 mai. 2023.

PAPAIZ, 2024. Disponível em: < <https://www.amazon.com.br/dp/B08Y479CHV?tag=aep0t-20&linkCode=ogi&th=1&psc=1> >. Acesso em 10 jan. 2024.

PAPAIZ, 2024. Disponível em: < <https://www.papaiz.com.br/pt/produtos/linha-de-cadeados/linha-fun/cadeado-biometrico-cf30> >. Acesso em 10 jan. 2024.

PAPAIZ, 2024. Disponível em: < https://www.papaiz.com.br/pt/produtos/linha-de-cadeados/linha-fun/cadeado_bloqueio >. Acesso em 10 jan. 2024.

PAPAIZ. **Marcas de cadeado: Como optar pela melhor?**, 2023. Disponível em: < <https://www.papaiz.com.br/pt/papaiz-assa-abloy/blog/marcas-cadeado-melhor#:~:text=De%20acordo%20com%20a%20norma,%20dos%20especificados%20na%20norma> >. Acesso em: 20 jul. 2023.

PAPAIZ. **Qual é o cadeado mais seguro do Brasil**, 2022. Disponível em: <<https://www.papaiz.com.br/pt-BR/blog/qual-o-cadeado-mais-seguro-do-brasil>>. Acesso em: 30 mar. 2022.

PAPAIZ. **Qual é o melhor cadeado do Brasil?**, 2022. Disponível em: < <https://www.papaiz.com.br/pt/papaiz-assa-abloy/blog/qual-o-melhor-cadeado-do-brasil>>. Acesso em: 2 mai. 2023.

PEDROSA, R. **Gestão da Produção de Produtos: volume 47**. 1. ed. Belo Horizonte: Poisson, 2021. ISBN 978-65-5866-063-7.

PIZZOLLO, C. A. G.; AVILA, R. P. **Tampa protetora para cadeado**, 2015. BR 202013021306-9 U2.

ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2006. ISBN 978-85-02-05446-2.

SALDANHA, L. **Etapas do processo de manufatura aditiva**, 2021. Disponível em: < <https://www.manufaturadigital.com/etapas-do-processo-de-manufatura-aditiva/> >. Acesso em 10 jan. 2024.

SILVA, A. A. **Trinco para portões dotado de cadeado embutido**, 2015. BR 20 2013 005654-0 U2.

SOPRANO. **Cadeados: confira o guia completo sobre o produto**, 2021. Disponível em: <<https://www.soprano.com.br/blog/cadeados-confira-guia-completo-sobre-o-produto>>. Acesso em: 2 mai. 2023.

STAM, 2024. Disponível em: < <https://loja.stam.com.br/produto/10676/90007-cadeado-zamac-e-coat-20mm-encartelado> >. Acesso em 10 jan. 2024.

TECNOTRAVA, 2023. Disponível em: < <https://www.tecnotrava.com.br/Produtos.php> >. Acesso em: 28 jun. 2023.

UDEMY. **The art of lockpicking: A complete guide**, 2015. Disponível em: < <https://www.udemy.com/course/the-ultimate-guide-to-lock-picking> >. Acesso em: 17 mai. 2023.

VIANNA, M. *et al.* **Design Thinking: Inovação em negócios**. 2. ed. Rio de Janeiro: MJV, 2018. ISBN 978-85-65424-03-5.

VIEIRA, J. A. **Capa protetora de cadeado**, 2013. MU 9100351-2 U2.

WIKIHOW. **Como abrir um cadeado sem chave**, 2023. Disponível em: < <https://pt.wikihow.com/Abrir-um-Cadeado-sem-a-Chave> >. Acesso em: 17 mai. 2023.