

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**VITOR MATEUS DE VARGAS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM VEÍCULO MOTORIZADO DE BAIXO CUSTO PARA  
USO INDIVIDUAL EM MOBILIDADE URBANA**

**PATO BRANCO**

**2022**

**VITOR MATEUS DE VARGAS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM VEÍCULO MOTORIZADO DE BAIXO CUSTO PARA  
USO INDIVIDUAL EM MOBILIDADE URBANA**

**DEVELOPMENT OF A LOW-COST MOTOR VEHICLE FOR INDIVIDUAL USE IN  
URBAN MOBILITY**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof. Dr. Fabio de Freitas Lima.

**PATO BRANCO**

**2022**



4.0 Internacional

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**VITOR MATEUS DE VARGAS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM VEÍCULO MOTORIZADO DE BAIXO CUSTO PARA  
USO INDIVIDUAL EM MOBILIDADE URBANA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Mecânica da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 12/abril/2022

---

Fabio de Freitas Lima  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

---

Paulo Cezar Adamczuk  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

---

Gilson Adamczuk Oliveira  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**PATO BRANCO**

**2022**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família,  
a qual me apoiou incondicionalmente  
durante todo meu caminho.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente quero agradecer a Deus por todas as conquistas que eu já tive e venha a ter.

Agradeço a minha família por todo apoio incondicional prestado, estando sempre ao meu lado e que sem este auxílio eu não teria conseguido.

Ao meu professor orientador Dr. Fabio de Freitas Lima que durante toda o meu curso esteve me auxiliando, não somente com meus projetos, mas também com minha vida profissional.

Ao Vitor Baldin e meus companheiros de laboratório, que me abriram as portas para um novo mundo dentro da Engenharia Mecânica, me grandes oportunidades de aprendizado.

A todos meus professores que foram extremamente essenciais para a minha formação moral e profissional no meio.

Aos meus colegas que estiveram presente durante toda a minha graduação.

E por último gostaria de agradecer a UTFPR, onde foi meu lar durante muitos anos, e me proporcionou diversos aprendizados que levarei para a vida.

## EPÍGRAFE

For a successful technology, reality must take precedence over public relations, for nature cannot be fooled. (FEYNMAN, Richard, 1986).

Para uma tecnologia de sucesso, a realidade deve ter prioridade sobre as relações públicas, pois a natureza não pode ser enganada. (FEYNMAN, Richard, 1986).

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo abordar o desenvolvimento do projeto de um patinete elétrico para uso em mobilidade urbana que possa vir a ser fabricado em território nacional e com inserção no mercado. Inicialmente o trabalho aborda a importância da implementação de alternativas aos meios comuns de mobilidade urbana e os impactos econômicos e sustentáveis que essa alteração pode trazer. Através de metodologias como o MVP (produto mínimo viável), PDP (processo de desenvolvimento de produto) e uso de algoritmos para tomada de decisões como o TOPSIS (Técnica para ordenar preferência de escolha através da similaridade para a solução ideal) foi possível realizar a separação de necessidades mínimas para o projeto assim como os critérios a serem considerados para escolha de materiais e caminhos a serem seguidos. Através das necessidades mínimas apontadas foram selecionados e calculados os componentes que se enquadrariam para a proposta de um patinete com bom desempenho e baixo custo de fabricação, que ao final demonstrou possuir uma eficiência energética acima da média comum suportada pelo mercado, mas para isso foi necessário reduzir custos em outros componentes. Utilizando de ferramentas de desenho CAD3D (desenho assistido por computador 3D) e simulações FEA (análise estrutural por elementos finitos) foi possível desenvolver um produto tangível para fabricação e viabilização para comercialização, um produto final que possui muito espaço para refinamentos, mas também está pronto para ser inserido no mercado como um produto fruto do método MVP. Apesar de nem todos os requisitos de operação e fabricação do produto terem sido atingidos, os resultados finais se demonstraram satisfatórios em comparação com produtos similares ao mercado, trazendo um patinete com alta eficiência para uso urbano. Para especificações meta não atingidas, propõe-se modificações para futuras derivações do projeto. A micro mobilidade com uso de energia elétrica está dando seus passos iniciais, e projetos voltados para área possuem grande potencial de crescimento.

Palavras-chave: mobilidade; patinete elétrico; projeto; desenvolvimento de produto; metodologias de decisão

## **ABSTRACT**

This paper aims to address the development of the project of an electric scooter for use in urban mobility that can be manufactured in the national territory and with market insertion. Initially the work addresses the importance of implementing alternatives to the common means of urban mobility and the economic and sustainable impacts that this change can bring. Through methodologies such as MVP (minimum viable product), PDP (product development process) and the use of algorithms for decision making such as TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) it was possible to separate the minimum needs for the project as well as the criteria to be considered for the choice of materials and paths to be followed. Through the minimum needs pointed out were selected and calculated the components that would fit for the proposal of a scooter with good performance and low manufacturing cost, which in the end proved to have an energy efficiency above the average supported by the market, but for this it was necessary to reduce costs on other components. Using CAD3D (3D computer aided design) design tools and FEA (finite element structural analysis) simulations it was possible to develop a tangible product for manufacturing and feasibility for commercialization, a final product that has much room for refinement, but is also ready to be marketed as a product resulting from the MVP method. Although not all the product's operating and manufacturing requirements were met, the final results proved satisfactory in comparison with similar products on the market, bringing a highly efficient scooter for urban use. For target specifications not met, modifications are proposed for future derivations of the project. Micro mobility using electric energy is taking its initial steps, and projects in this area have great potential for growth.

Keywords: mobility; electric scooter; design; product development; decision methodologies



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Funcionamento de um motor síncrono.....	21
Figura 2 - Estrutura motor de indução (assíncrono).....	22
Figura 3 - Estrutura motor CC com escova .....	23
Figura 4 - Funcionamento motor brushless.....	24
Figura 5 - Bateria Ni-Cd recarregável .....	29
Figura 6 - Bateria de NiMH.....	30
Figura 7 - Bateria de chumbo-ácido .....	31
Figura 8 - Bateria de Li-Ion para bicicleta elétrica.....	33
Figura 9 - Engrenagem de dente reto .....	34
Figura 10 - Transmissão corrente e roda dentada .....	35
Figura 11 - Transmissão por correia e polia .....	36
Figura 12 - Funções do PDP.....	38
Figura 13 - Dados básicos das baterias .....	41
Figura 14 - Pack de baterias .....	41
Figura 15 - Motor Brushless acoplado a roda.....	43
Figura 16 - Tubos de aço .....	45
Figura 17 - Exemplificação do MVP.....	46
Figura 18 - Distribuição de recursos .....	47
Figura 19 - Função do Projeto Informacional .....	48
Figura 20 - Funcionamento do Projeto Conceitual.....	49
Figura 21 - Serra de corte manual.....	50
Figura 22 - Dobrador de tubos manual.....	51
Figura 23 - Solda tipo TIG.....	52
Figura 24 - Processo de pintura eletroestática.....	52
Figura 25 - Dimensões de referência.....	53
Figura 26 - Patinete Foston S09 PRO .....	54
Figura 27 - Patinete Essential Xiaomi.....	55
Figura 28 - Funcionamento do sistema.....	63
Figura 29 - Motor patinete elétrico.....	81
Figura 30 - Bateria de lítio íon .....	83

<b>Figura 31 - Carregador da bateria</b> .....	86
<b>Figura 32 - Módulo controlador</b> .....	87
<b>Figura 33 - Nomenclatura dos conectores do modulo</b> .....	88
<b>Figura 34 - Acessórios</b> .....	89
<b>Figura 35 - Conexão dos componentes</b> .....	90
<b>Figura 36 - Desenho estrutural</b> .....	91
<b>Figura 37 - Modelo com malha gerada (FEA)</b> .....	92
<b>Figura 38 - Ensaio de deformação</b> .....	92
<b>Figura 39 - Nível de deformação (mm)</b> .....	93
<b>Figura 40 - Simulação de resistência</b> .....	93
<b>Figura 41 - Ponto de maior tensão</b> .....	94
<b>Figura 42 - Tensão (MPa)</b> .....	94
<b>Figura 43 - Base estrutural</b> .....	95
<b>Figura 44 - Conjunto guidão e motor</b> .....	96
<b>Figura 45 - Roda traseira</b> .....	96
<b>Figura 46 - Altura do projeto</b> .....	97
<b>Figura 47 - Comprimento do projeto</b> .....	97
<b>Figura 48 - Largura do projeto</b> .....	98
<b>Figura 49 - Montagem do projeto</b> .....	99

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 - Diagrama de Mudge .....</b>	<b>59</b>
<b>Quadro 2 - Classificação dos requisitos do produto .....</b>	<b>60</b>
<b>Quadro 3 - Avaliação técnica competitiva .....</b>	<b>61</b>
<b>Quadro 4 - Conclusão das especificações .....</b>	<b>102</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Critérios para escolha da bateria .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabela 2 - Valoração dos critérios .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabela 3 - Baterias a serem analisadas .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabela 4 - Classificação das baterias .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabela 5 - Passo 1 para seleção da bateria através do método TOPSIS .....</b>	<b>67</b>
<b>Tabela 6 - Passo 2 para seleção da bateria através do método TOPSIS .....</b>	<b>67</b>
<b>Tabela 7 - Passo 3 para seleção da bateria através do método TOPSIS .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabela 8 - Passo 4 para seleção da bateria através do método TOPSIS .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabela 9 - Passo 5 para seleção da bateria através do método TOPSIS .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabela 10 - Passo 6 para seleção da bateria através do método TOPSIS .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabela 11 - Ranking da escolha mais próxima da ideal .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabela 12 - Critérios para escolha do motor .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabela 13 - Tipos de motor .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabela 14 - Classificação dos motores .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabela 15 - Passo 1 para seleção do motor através do método TOPSIS .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabela 16 - Passo 2 para seleção do motor através do método TOPSIS .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabela 17 - Passo 3 para seleção do motor através do método TOPSIS .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabela 18 - Passo 4 para seleção do motor através do método TOPSIS .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabela 19 - Passo 5 para seleção do motor através do método TOPSIS .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabela 20 - Passo 6 para seleção do motor através do método TOPSIS .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabela 21 – Ranking dos motores .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabela 22 - Critérios para escolha do material da estrutura .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabela 23 - Tipos de materiais .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabela 24 - Classificação dos materiais .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabela 25 - Passo 1 para seleção do material através do método TOPSIS .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabela 26 - Passo 2 para seleção do material através do método TOPSIS .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabela 27 - Passo 3 para seleção do material através do método TOPSIS .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabela 28 - Passo 4 para seleção do material através do método TOPSIS .....</b>	<b>78</b>
<b>Tabela 29 - Passo 5 para seleção do material através do método TOPSIS .....</b>	<b>78</b>
<b>Tabela 30 - Passo 6 para seleção do material através do método TOPSIS .....</b>	<b>79</b>

<b>Tabela 31 - Ranking dos materiais da estrutura .....</b>	<b>79</b>
<b>Tabela 32 - Propriedades da montagem.....</b>	<b>95</b>
<b>Tabela 33 - Materiais e custos.....</b>	<b>100</b>

## LISTAS DE SIGLAS

CA	Corrente Alternada
CAD	Computer Aided Design (Desenho assistido por computador)
CC	Corrente Contínua
FEA	Finite Element Analysis (Métodos de elementos finitos)
Li-Ion	Lítio Íon
MVP	Minimum Viable Product (Produto Mínimo Viável)
NiCd	Níquel Cádmio
NiMH	Hidreto Metálico de Níquel
PDP	Processo de Desenvolvimento do Produto
QFD	Quality Function Deployment (Implantação da função de qualidade)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>1.1 Justificativa</b> .....	<b>18</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>19</b>
1.2.1 Objetivo Principal .....	19
1.2.2 Objetivos Específicos .....	19
<b>1.4 Estrutura do trabalho</b> .....	<b>19</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>21</b>
<b>2.1 Motores elétricos</b> .....	<b>21</b>
2.1.1 Motor CA síncrono .....	21
2.1.2 Motor CA assíncrono (indução).....	22
2.1.3 Motor CC com escova .....	23
2.1.4 Motor CC sem escova .....	24
<b>2.2 Metais para estrutura</b> .....	<b>25</b>
2.2.1 Aço .....	25
2.2.2 Alumínio .....	27
<b>2.3 Tipos de Bateria</b> .....	<b>28</b>
2.3.1 Baterias de Níquel-Cádmio .....	28
2.3.2 Baterias de hidreto metálico de níquel .....	29
2.3.3 Baterias de chumbo-ácido.....	30
2.3.4 Baterias de Lítio Íon .....	31
<b>2.4 Tipos de transmissões</b> .....	<b>33</b>
2.4.1 Engrenagem.....	33
2.4.2 Corrente .....	34
2.4.3 Correia.....	35

<b>2.5</b>	<b>Processo de desenvolvimento de produto</b>	<b>37</b>
<b>2.6</b>	<b>Legislação para uso de patinetes motorizados</b>	<b>38</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>40</b>
<b>3.1</b>	<b>Materiais</b>	<b>40</b>
3.1.1	Bateria	40
3.1.2	Motor elétrico	42
3.1.3	Transmissão	43
3.1.4	Metal da estrutura	44
<b>3.2</b>	<b>Métodos</b>	<b>45</b>
3.2.1	Método do Produto Mínimo Viável (MVP)	45
3.2.2	Projeto Informacional	47
3.2.3	Projeto Conceitual	48
3.2.4	Desenvolvimento do projeto	49
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b>Aplicação do Projeto Informacional</b>	<b>50</b>
4.1.1	Escopo do produto	50
4.1.2	Tecnologia e método de fabricação disponíveis	50
4.1.3	Padrões, aspectos legais	52
4.1.4	Produtos concorrentes	53
4.1.5	Detalhar ciclo de vida do produto	55
4.1.6	Identificar os requisitos do cliente no produto	56
4.1.7	Converter requisitos dos Clientes em expressões mensuráveis	59
4.1.8	Analisar, classificar e hierarquizar os requisitos do produto	60
4.1.9	Valorar requisitos do produto	61
<b>4.2</b>	<b>Aplicação do Projeto Conceitual</b>	<b>62</b>
4.2.1	Especificações meta revisadas do produto	62



4.2.2 Modelagem funcional .....	63
4.2.3 Desenvolver princípios de solução para as funções .....	64
4.2.4 Escolha da bateria.....	64
4.2.5 Escolha do motor .....	70
4.2.6 Escolha do material da estrutura.....	75
<b>4.3 Desenvolvimento das Especificações do Produto.....</b>	<b>80</b>
4.3.1 Especificações do motor .....	80
4.3.2 Especificações da bateria.....	82
4.3.3 Especificações do carregador .....	85
4.3.4 Controladora e acessórios.....	86
4.3.5 Especificação da estrutura .....	90
4.3.6 Lista de materiais e custos .....	99
4.3.7 Especificações finais atingidas.....	101
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>103</b>
<b>5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>104</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>105</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mundo vem sofrendo grandes alterações de tecnologia nas últimas décadas, e cada vez essa alteração de tecnologia está sendo mais rápida, e isso não seria diferente para os meios de transporte comumente utilizados. A indústria de automóveis elétricos vem tomando grande proporção na mídia, não apenas por ser um meio de transporte bem menos agressivo para o meio ambiente, mas também pela grande evolução apresentada em conforto, potência, diminuição de manutenção e redução de custos para abastecimento.

Apesar que para grande parte do mundo, a obtenção de um carro elétrico é inviável atualmente, por causa de altas taxas de importação, e falta de estrutura para suportar a tecnologia adotada pelos carros, como a falta de postos para abastecimento, uma solução é a adoção de uma micro mobilidade elétrica, que serve como uma porta de entrada desta tecnologia para outros patamares futuramente, a grande crescente de utilização de patinetes, bicicletas e scooters elétricas vem demonstrando isso.

Conforme a empresa LIME (2019), uma pesquisa realizada nos EUA, mostrou que 30% das viagens que eram realizadas por carros acabaram sendo substituídas por trajetos realizados por patinetes logo após a implementação do modelo de patinete de aluguel no país.

Porém com a pandemia atual que é vivenciada, alterando totalmente o modo de vida da população, também trouxe impactos para os modos de locomoção comumente utilizados, tendo que evitar o máximo de contato com outras pessoas e muitas vezes com horários restritos de transporte público para segurança de todos.

O carro elétrico implementado principalmente pela empresa Tesla acabou que por colocar as montadoras mais tradicionais em um estado de alerta. Após uma época de redução de vendas, algumas empresas correm o risco de desaparecerem no mundo pós-covid, a indústria já sofria uma crise de vendas antes mesmo da pandemia acontecer, a indústria automobilística não irá sumir, mas está na hora do novo conceito aparecer, mais limpo, confortável, autônomo (ITURAN BRASIL, 2020).

Esta crise que afeta em escala global, acabou que por agilizar alguns processos que estavam em andamento, como o transporte público que antes era visto

como totalmente essencial, e hoje se mostra como um fator de risco, agora a cada dia aumenta o número de ciclovias e calçadas mais largas (ITURAN BRASIL, 2020).

Diversas pessoas se adequaram para utilizar meios de micro mobilidade sendo elas elétricas ou não, isso demonstra o grande potencial de crescimento que esse mercado apresenta.

Já é vivenciada a implementação na quarta evolução industrial, a indústria 4.0, a tecnologia e a inovação devem estar sempre nas diretrizes de uma empresa, e a tecnologia que envolve a implementação da mobilidade elétrica se enquadra nessa indústria, avaliando a necessidade na empresa, como a inteligência artificial pode atender as necessidades dessa empresa e a alta competitividade que pode apresentar para o mercado.

Uma revolução que alterará totalmente o modelo de vida da população, tanto no modo como as pessoas trabalham e como se relacionam (SCHWAB, 2019).

O Brasil tem muita carência de indústrias de tecnologias inovadoras no seu território, sendo necessária uma empresa ou montadora em território nacional para suprir essas novas necessidades que estão surgindo na área dos transportes. A Grow principal empresa de compartilhamento de patinetes elétricos no Brasil anunciou a retirada da Grin e da Yellow de 14 cidades brasileiras, os usuários do estilo de compartilhamento de patinetes perceberam que ao invés de terem de procurar por um patinete próximo para alugar, poderiam ter o seu próprio, soando mais atrativo para usuários assíduos ter o próprio patinete do que os alugar constantemente (GAZETA DO POVO, 2020).

Dados obtidos pela Netshoes indicam um aumento de 183% na venda de patinetes elétricos do primeiro ao segundo semestre de 2019 em vendas on-line, correspondendo por 21% do total do departamento de “Patins e Patinetes” da loja, esse tipo de mobilidade já faz parte do dia a dia de muitas pessoas, que começaram alugando e após isso fizeram a compra do próprio (GAZETA DO POVO, 2020).

## **1.1 Justificativa**

Um modelo de patinete montado totalmente no Brasil poderia reduzir o custo total do mesmo, colocando um valor de venda menor para todas as categorias e mantendo a qualidade e conforto necessário para ser uma concorrência para produtos importados, gerando tecnologia e empregos na área nacional. A micro mobilidade

elétrica vem apresentando uma crescente exponencial nesta última década, dando justificativa para a criação deste trabalho para a criação de um protótipo viável para venda.

## **1.2 Objetivos**

Abaixo encontra-se os objetivos gerais e específicos que serão abordados no trabalho proposto.

### **1.2.1 Objetivo Principal**

O objetivo principal deste trabalho é projetar um protótipo de patinete elétrico funcional, com boa direção, ergonomia e bom desempenho para uso nas cidades que possuem maior desnível de altitudes, facilitando a locomoção em território urbano, sendo um atrativo para entrar no mercado de micro mobilidades.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Para atingir o objetivo principal os seguintes objetivos específicos devem ser alcançados:

- Obter dados de eficiência, mobilidade, peso, conforto e preço de outros patinetes elétricos para base de comparação.
- Obter dados sobre materiais para redução de custo e manter um alto padrão de competitividade no mercado.
- Definir uma metodologia de PDP (Processo de desenvolvimento do produto).
- Realizar o projeto do protótipo de acordo com os dados obtidos.

## **1.4 Estrutura do trabalho**

Este trabalho está dividido em introdução, revisão bibliográfica, materiais e métodos, conclusão e sugestão de trabalhos futuros. Feito desta maneira para separar adequadamente cada tópico e informações em uma sequência que facilite o entendimento e o processo de desenvolvimento do projeto.

A introdução aborda o conteúdo e a motivação para o desenvolvimento deste tópico, sendo apresentado os objetivos deste projeto.

A revisão bibliográfica tem como objetivo, adquirir conhecimento de todos os materiais e métodos que desejam ser utilizados, através desta pesquisa, facilitar escolhas futuras.

Os materiais e métodos acaba por ser uma aplicação dos estudos feitos através da revisão bibliográfica, separando os materiais estudados e aplicando no desenvolvimento do projeto, trazendo as metodologias abordadas para um âmbito prático no desenvolvimento do projeto.

A conclusão tem como finalidade trazer os resultados finais obtidos no desenvolvimento do projeto do protótipo, onde irá trazer os objetivos apontados inicialmente como meta de construção e realizar um comparativo entre o resultado final obtido e a ideia inicial apontada.

A sugestão de trabalhos futuros tem como objetivo finalizar o projeto, colocando possíveis futuras propostas de alteração de melhorias para o projeto e o quanto este trabalho foi bem desenvolvido.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Motores elétricos

#### 2.1.1 Motor CA síncrono

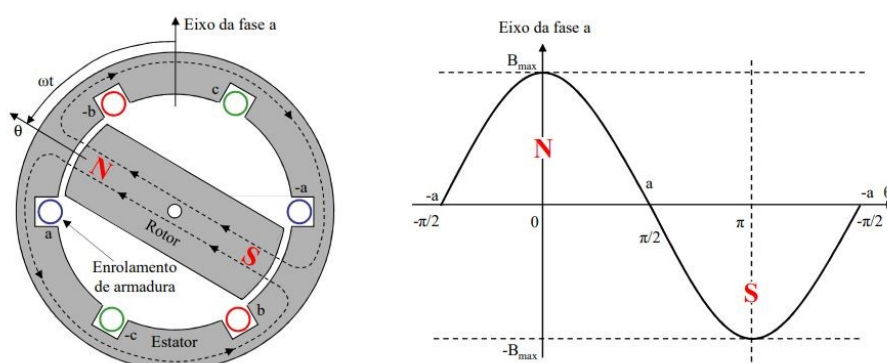
As máquinas síncronas podem ser usadas como motores ou geradores, como um gerador, é necessário aplicar uma força mecânica no rotor para que produza um campo magnético entre o estator, assim gerando a tensão alternada. Sendo utilizado como um motor é necessária uma tensão aplicada no estator e uma tensão contínua aplicada no rotor para que gere um campo magnético, que possa acompanhar o campo girante do estator, um dos problemas do motor síncrono, quando está sob carga, é ficar incapacitado de atingir a velocidade síncrona (CARVALHO, 2011).

Os motores síncronos tem como característica o alto desempenho, geralmente são usados em indústrias, funcionando em sincronia com a rede de alimentação, motores que possuem alto torque, e após atingirem sua velocidade nominal, permanece com a mesma constante, possuindo uma baixa taxa de manutenção, sendo atrativo para as indústrias (MARTINEWSKI, 2017).

Quando se tem a necessidade de: correção de fator de potência, velocidade constante, alta capacidade de torque e alto rendimento, deve-se optar por motores síncronos.

A Figura 1 apresenta o funcionamento de um motor síncrono.

**Figura 1 - Funcionamento de um motor síncrono**



Fonte: LEÃO, Fabio. FEI-UNESP (2016)

### 2.1.2 Motor CA assíncrono (indução)

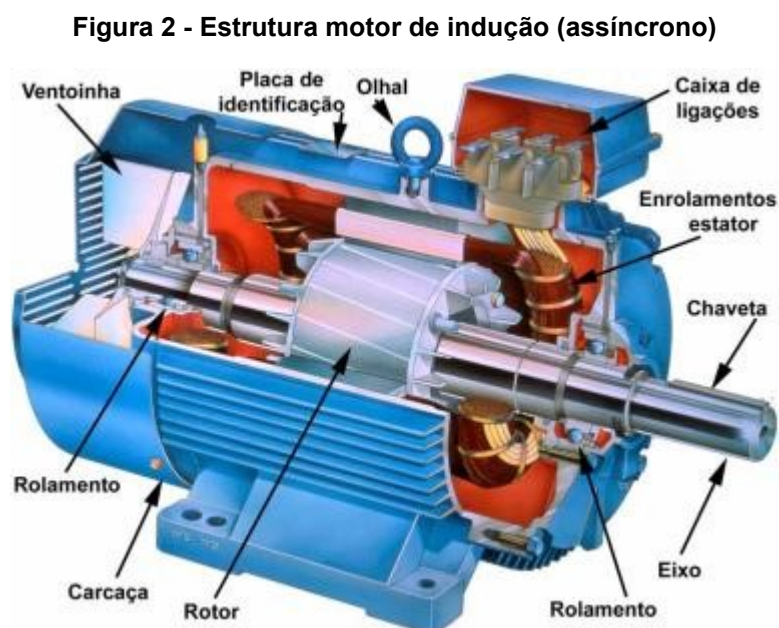
Ao contrário do motor síncrono, o motor de indução não tem o seu rotor ligado diretamente em uma fonte de alimentação, como o próprio nome já diz, são alimentados através de indução magnética.

Os motores de indução são classificados por dois tipos diferentes de rotores, rotor bobinado e rotor gaiola de esquilo, sendo raramente usados os modelos com rotor bobinado, pois exigem muito mais manutenção devido ao desgaste que ocorre devido ao seu modo de funcionamento, que utiliza as escovas do motor apoiadas nos anéis deslizantes, sofrendo grande desgaste com o tempo (CHAPMAN, 2013).

O motor com rotor gaiola de esquilo possui um funcionamento semelhante ao síncrono, porém o rotor sofre indução do campo, com isso a rotação sempre será menor em referência ao campo girante, essa diferença é denominada de escorregamento (CARVALHO, 2011).

A grande maioria dos motores utilizados em indústrias, são do tipo motor de indução, devido a sua facilidade de manuseio, robustez, durabilidade e fácil manutenção.

A Figura 2 apresenta a estrutura de um motor de indução com rotor de gaiola de esquilo.



Fonte: Portal eletrícista (2015)

### 2.1.3 Motor CC com escova

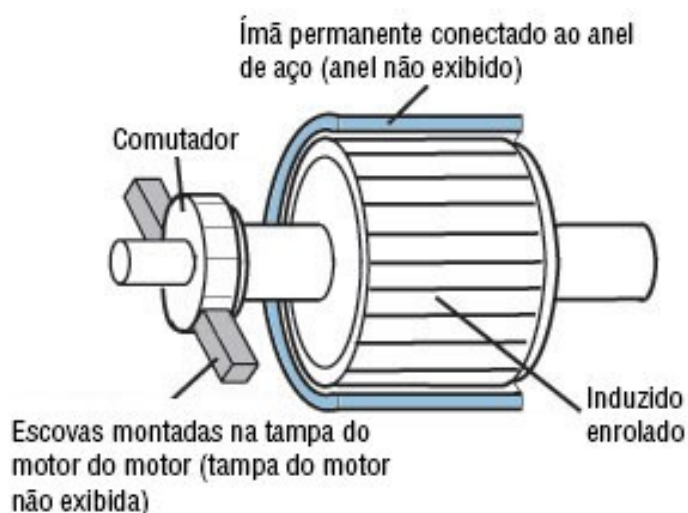
Neste tipo de motor alimentado por corrente contínua, sua principal característica é estar em atrito com o comutador utilizando o sistema de escovas, que tem como finalidade fazer a troca de energia entre o rotor e estator através das escovas.

O grande diferencial do motor CC é o controle de velocidade através da variação da tensão, mantendo o torque necessário para o sistema, enquanto um motor CA se faz necessário a utilização de um inversor para controlar a frequência da rede, e só assim alterar a velocidade do motor. Porém o motor CC acaba possuindo uma manutenção mais complexa e de custo mais elevado em relação ao motor CA (CARVALHO, 2011).

Nos últimos anos, a tecnologia utilizada em acionamento de motores CA vem evoluindo, se tornando capaz de fazer a substituição de motores CC em funções específicas que antes só eram feitas através de motores CC, facilitando e reduzindo custos de manutenção que é um dos grandes problemas do motor CC com escova (UMANS, 2014).

A figura 3 apresenta a estrutura do motor CC com escova.

**Figura 3 - Estrutura motor CC com escova**



Fonte: Oriental Motor (2017)



### 2.1.4 Motor CC sem escova

O motor CC sem escova não possui um contato físico necessário através de escovas para realizar uma troca de energia, sendo também nominados de motores com imã permanente.

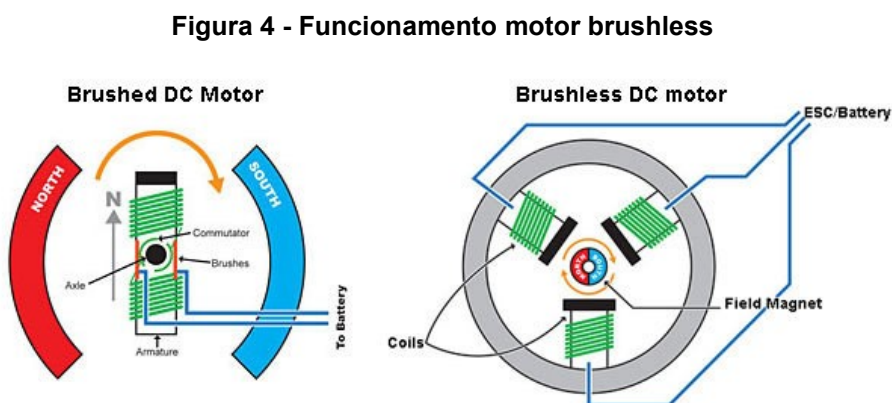
São classificados como motores síncronos, devido ao campo magnético do estator estar em sincronismo com o campo magnético do rotor, conseqüentemente estão girando em mesma velocidade como os motores síncronos citados anteriormente (TEIXEIRA, 2006).

O motor brushless é alimentado normalmente como um motor CC, ao invés de possuir as escovas no seu interior, existem imãs permanentes dispostos. Gerando um campo magnético quando a corrente elétrica passa através das bobinas sobre o rotor no interior, esses imãs tem como função atração ou repulsão do conjunto de bobinas, e para que o motor continue em funcionamento, deve ocorrer a inversão do fluxo, para que esteja em sentido contrário ao dos imãs permanentes, mantendo a repulsão e atração (TEIXEIRA, 2006).

Devido ao fato de não possuir componentes em atrito para funcionamento devido a inexistência do fenômeno de escorregamento gerado pelas escovas, possui pouca manutenção em relação aos outros motores, porém seu custo de aquisição é maior, tendo aplicações específicas.

O motor brushless é indicado para aplicações que necessitam de alta eficiência, pouco ruído e um ótimo controle de velocidade.

A Figura 4 apresenta o funcionamento de um motor CC brushless.



Fonte: STROSKI, Pedro N. (2017)

## 2.2 Metais para estrutura

### 2.2.1 Aço

Existem inúmeras classificações dos aços, mas as mais comuns entre elas são: aços carbono; aços de alta resistência e baixa liga; aços para construção mecânica; aços para ferramenta; e aços inoxidáveis (SANTOS, 2015).

Os aços carbono, na composição de sua estrutura tem como maior influenciado o carbono, que varia de 0,008% a 2,0% e são divididos em três categorias: aços baixo carbono; aços médio carbono; e aços alto carbono.

Se encaixa como aços baixo carbono, estruturas que possuem até 0,25% de C em sua composição, sendo este tipo de aço o mais produzido atualmente. São considerados não temperáveis (STEIN, GEHLEN, ROJAS, 2019).

Aços baixo carbono também são conhecidos como aços doce, devido a sua estrutura resultar em propriedades mecânicas relativamente moles e fracas em relação aos outros tipos de aços, mas como vantagem apresentam alta ductilidade e tenacidade, sendo comumente utilizados em carcaças de automóveis como portas e assoalhos, também sendo usados para construção de eletrodoméstico, rebites, parafusos e perfis de estruturas metálicas (CALLISTER, 2019).

Aços médio carbono possuem em sua estrutura entre 0,25% a 0,6% de C, ao contrário dos aços doce, essas ligas podem ser tratadas através de tempera (STEIN, GEHLEN, ROJAS, 2019).

Comumente se utiliza de adição de outras ligas para melhorar a capacidade de tratamento térmico dos aços médio carbono, cada composição irá apresentar combinações diferentes para alterar a resistência e ductilidade do aço. Esse tipo de aço é utilizado em aplicações que necessitam de razoável resistência mecânica e ao desgaste, como: martelos, engrenagens, virabrequins e equipamentos ferroviários (CALLISTER, 2019).

Aços alto carbono possuem entre 0,6% a 1,7% de C em sua estrutura, e como o carbono influencia diretamente na dureza do material, aços alto carbono possuem a maior dureza, mas como consequência acabam sendo menos dúcteis (STEIN, GEHLEN, ROJAS, 2019).

Assim como os aços médio carbono, possui a possibilidade de incrementação de ligas para realização de tratamentos térmicos, sendo temperáveis em óleo ou em

banho de sais para alterar a sua estrutura e aumentar a resistência ao escorregamento ou ao desgaste, sendo utilizados em chaves de fenda, cossinetes, lâmina de corte e arames (SANTOS, 2015).

Aços de alta resistência e baixa liga, são aços que apresentam por volta de 0,25% de C em sua composição e sua composição de elementos de liga está abaixo de 2,0%, por esse motivo não se encaixam em aços de alta liga ou médio carbono. Geralmente são utilizados nióbio, vanádio e titânio como elementos de liga (SANTOS, 2015).

Tendo como função buscar as melhores propriedades de resistência mecânica, por esse motivo os aços de alta resistência e baixa liga não são classificados de acordo com sua composição química, mas de acordo com a resistência ao escoamento. Devido ao baixo teor de carbono, apresentam uma ótima soldabilidade, sendo aplicados em componentes estruturais, tubulações e aplicações que exija boa soldabilidade (SANTOS, 2015).

Aços para construção mecânica é a utilização de aços carbono ou ligados para a fabricação de componentes mecânicos, seguindo rigorosos tratamentos térmicos, para que o produto final possua as propriedades mecânica e químicas desejadas para a peça em que será aplicada. Aços que possuem propriedades que permita a têmpera e revenimento, são utilizados para construção mecânica (SANTOS, 2015).

Aços para ferramentas exigem grandes cuidados sob o ponto de vista de fabricação, desde a sua fundição, transformação mecânica até o tratamento final que receberá. Por se tratar de um aço feito para ferramentas, deve se encaixar em vários tipos de aplicações, logo deve possuir capacidade de preencher diferentes requisitos para cada serviço (CHIAVERINI, 1988).

Os aços para ferramenta devem possuir as seguintes características: dureza a temperatura ambiente, resistência ao desgaste, temperabilidade, tenacidade, resistência mecânica, dureza a quente e usinabilidade. Para atingir esses requisitos, se faz necessário um tipo de tratamento para cada diferente objetivo da ferramenta. E para atingir esses requisitos, se faz a adição de elementos de liga, sendo os principais utilizados: carbono, silício, manganês, cromo, vanádio, tungstênio, molibdênio e cobalto (CHIAVERINI, 1988).

Aços inoxidáveis contém um mínimo de 12%Cr em sua composição, que permite a formação de uma camada superficial protetora de oxido de cromo quando o

aço é exposto ao oxigênio. Tendo elementos de liga adicionados propositalmente ao ferro, formando vários tipos de propriedades, comumente sendo usados os elementos: alumínio, carbono, cromo, cobalto, manganês, molibdênio, níquel, silício, tungstênio, vanádio, titânio, boro, cobre (SANTOS, 2015).

Os aços inoxidáveis tem como principal característica a alta resistência a oxidação, sendo aplicados em utensílios domésticos, indústrias no ramo alimentício e eletrodomésticos.

### 2.2.2 Alumínio

O alumínio e suas ligas tem como características, uma massa específica baixa, se tornando um metal mais leve do que o aço, o alumínio possui alta condutividade térmica e elétrica, e maior resistência a corrosão em ambientes comuns em relação ao aço. Grande parte das ligas de alumínio possuem uma alta ductilidade, podendo ser laminadas e conformadas, um limitador de utilização do alumínio, é sob altas temperaturas, tendo um ponto de fusão em torno de 660°C (CALLISTER, 2019).

Em seu estado puro o alumínio possui uma baixa resistência se comparado aos aços, mas pode ser alterada através de trabalhos a frio ou a adição de elementos de liga em sua composição, sendo cobre, silício, manganês e zinco os mais comumente utilizados para melhorar as propriedades mecânicas. As ligas de alumínio são divididas em ligas para trabalho mecânico e ligas para fundição (SANTOS, 2015).

Recentemente, algumas ligas de alumínio de baixa massa específica tem chamado a atenção como materiais de engenharia, pois possuem uma alta resistência mecânica, e sendo materiais leves, podendo ser aplicados na área automobilística, causando uma boa redução de gasto de combustível ou bateria, devido à redução de peso (CALLISTER, 2019).

## 2.3 Tipos de Bateria

### 2.3.1 Baterias de Níquel-Cádmio

As baterias de níquel-cádmio (níquel-cádmio) já têm sua tecnologia bem desenvolvida por estar a muito tempo no mercado, sendo o segundo tipo de bateria recarregável desenvolvida.

A sua densidade de energia não é grande, ou seja, possui pouca capacidade de armazenar energia se comparada a baterias mais novas no mercado como as NiMH e Li-Ion. Acaba sendo utilizada quando necessita de uma vida longa para várias recargas, robustez e preço baixo (MICHELINI, 2017).

Esse tipo de bateria vem caindo em desuso devido aos problemas ambientais ocasionados por causa de seus materiais tóxicos, sendo substituídas por baterias novas. As principais aplicações são em filmadores, telefones sem fio e walkie-talkies (MICHELINI, 2017).

As principais vantagens das baterias de NiCd são:

- Carga rápida;
- Longa vida útil, podendo chegar a 1000 ciclos;
- Armazenagem e transporte simples;
- Bom desempenho sobrecarregada e em baixas temperaturas;
- Grande quantidade de opções de tamanho;
- Preço baixo (MICHELINI, 2017).

As principais desvantagens das baterias de NiCd são:

- Baixa capacidade de armazenar energia;
- Quando não se usa a carga completa da bateria antes de fazer uma recarga, a próxima carga diminui a sua capacidade de armazenagem de energia;
- Uso de materiais tóxicos;
- Alta taxa de autodescarga (MICHELINI, 2017).

A Figura 5 mostra um modelo de bateria NiCd.

**Figura 5 - Bateria Ni-Cd recarregável**



**Fonte: STA Eletrônica (2020)**

### 2.3.2 Baterias de hidreto metálico de níquel

Com a alta crescente de tecnologias que necessitam de uma maior disposição de energia, se faz necessários novos tipos de baterias para suprir essa demanda, as baterias de hidreto metálico de níquel derivaram das baterias de níquel-cádmio, possuindo uma maior capacidade de armazenar energia.

As baterias NiMH (níquel hidreto-metálico) começaram a ser estudadas por volta de 1960, sendo introduzidas no mercado por volta de 1989 quando começaram a ser utilizadas em computadores portáteis, em 2008 se tornou 10% das vendas totais das baterias recarregáveis. Estudos mostraram que as baterias NiMH se tornaram uma vantagem ambiental em relação as NiCd (LINDEN, 2010).

As principais vantagens das baterias de hidreto metálico de níquel são:

- Maior capacidade de armazenar energia do que as baterias NiCd;
- Menor perda de capacidade de armazenamento a cada ciclo de recarga;
- Transporte simples;
- Não toxica ao meio ambiente;
- Longo ciclo de vida;
- Boa retenção de carga (MICHELINI, 2017).

As principais desvantagens das baterias de hidreto metálico de níquel são:

- Deterioração a partir de 200 ou 300 ciclos;
- Corrente de descarga limitada;
- Alta taxa de autodescarga;
- Mais caras que baterias de chumbo-ácido e NiCd;
- Menor capacidade de armazenar energia comparada as baterias de Li-Ion (MICHELINI, 2017).

A Figura 6 exibe um modelo de bateria de NiMH.

**Figura 6 - Bateria de NiMH**



**Fonte: STA Eletrônica (2020)**

### 2.3.3 Baterias de chumbo-ácido

As baterias de chumbo-ácido são as mais antigas no mercado, sendo as primeiras baterias em uso comercial, sendo inventada pelo francês Gaston Planté em 1859.

Devido ao baixo preço e a facilidade para fabricação das baterias chumbo-ácido, sendo fabricadas para variados tipos de projetos, diferentes tamanhos, designs e tensões, quase sempre sendo a bateria mais barata para qualquer tipo de aplicação. As baterias de chumbo-ácido estão no topo da lista de mais recicláveis, sendo mais de 97% reciclável (LINDEN, 2010).

Sua produção e uso continua crescendo por causa de novas demandas de aplicação, como bateria de armazenamento, energia de emergência, veículos elétricos e híbridos, empilhadeiras e continua a ser usada para seu uso tradicional, como, luzes de automóveis e partida de motor (LINDEN, 2010).

As principais vantagens das baterias de chumbo-ácido são:

- Simples fabricação, e baixo custo por watt hora;
- Tecnologia bem desenvolvida e de confiança;
- Uma baixa taxa de autodescarga;
- Eletricamente eficiente, tendo bom retorno da carga total;

- Disponível em vários tipos de tamanho e designs;
- Facilmente reciclável;
- Pouca manutenção (MICHELINI, 2017).

As principais desvantagens das baterias de chumbo-ácido são:

- Deve ser armazenada com carga;
- Permite poucos ciclos de descarga;
- Baixa capacidade de armazenar energia;
- Problemas para transporte, caso ocorra algum vazamento, acaba sendo muito hostil para o meio ambiente;
- Risco de inchaço e explosões em caso de carregamento impróprio (MICHELINI, 2017).

A Figura 7 mostra um modelo de bateria de chumbo-ácido

**Figura 7 - Bateria de chumbo-ácido**



**Fonte: STA Eletrônica (2020)**

#### 2.3.4 Baterias de Lítio Íon

As baterias de lítio começaram a ser desenvolvida em 1912, porem, comercialmente começou a ser inserida no mercado por volta de 1970, mas apresentou problemas de segurança, sendo necessário desenvolver uma nova tecnologia baseada nas baterias de lítio.



Foi desenvolvida a tecnologia de baterias de lítio íon, comprovando maior segurança de manuseio, começando a ser comercializada em 1992, com uma tecnologia de armazenagem de energia superior aos outros modelos de bateria, e com uma maior capacidade de desenvolvimento, as baterias Li-Ion conseguiram entrar no mercado com muita facilidade, crescendo rapidamente (LINDEN, 2010).

Aplicações de baterias Li-Ion ganharam muito no mercado além do setor automotivo, ganhando aplicação em vários eletrônicos, como: celulares, notebooks, scooters, bicicletas e patinetes elétricos (LINDEN, 2010).

As principais vantagens das baterias de lítio íon são:

- Grande capacidade de armazenar energia, tendo potencial maiores;
- Uma taxa de autodescarga baixa;
- Pouca manutenção, não possuindo o efeito de perda de capacidade de armazenagem de energia entre uso de cargas;
- As baterias de Li-Ion causam menos danos ao meio do que baterias de chumbo-ácido e NiCd;
- Longo ciclo de vida;
- Capacidade de carga rápida;
- Ampla faixa de temperatura de operação;
- Alta eficiência energética (MICHELINI, 2017).

As principais desvantagens das baterias de lítio íon são:

- Necessidade de circuito de proteção;
- Alto custo de fabricação;
- Não possui uma tecnologia completamente conhecida;
- Inflamável, rupturas podem causar abertura com chama;
- Se degrada a altas temperaturas (MICHELINI, 2017).

A Figura 8 mostra um modelo de bateria Li-Ion para veículos elétricos.

**Figura 8 - Bateria de Li-Ion para bicicleta elétrica**



Fonte: STA Eletrônica (2020)

## **2.4 Tipos de transmissões**

### **2.4.1 Engrenagem**

As engrenagens são frequentemente utilizadas para eixos paralelos, reversos ou concorrentes, sendo agrupadas em retas, cônicas, sem-fim e helicoidais, permitindo a transmissão de potência entre eixos (NIEMANN, 1971).

Ao contrário das transmissões feita por correias e correntes, as engrenagens não são recomendadas para uso em eixos com grande distância entre eles, isso aumentaria muito o custo do conjunto e o peso.

As principais vantagens das engrenagens são:

- Resistência a sobrecarga;
- Transmissão sem deslizamento;
- Pouca manutenção;
- Grande vida útil (NIEMANN, 1971).

As principais desvantagens das engrenagens são:

- Alto custo;
- Transmissões rígidas e com ruídos;
- Limitada a curtas distâncias entre eixos (NIEMANN, 1971).

A Figura 9 mostra um modelo de engrenagem com dentes retos.

**Figura 9 - Engrenagem de dente reto**



**Fonte: Acoplast Brasil (2019)**

#### 2.4.2 Corrente

As correntes possuem uma razão constante, não possuindo nenhum escorregamento, quando é necessário o acionamento de vários eixos por uma única força motora, o sistema de transmissão por corrente é recomendável (SHIGLEY, 2016).

Transmissões por corrente são similares as transmissões por correia, porém são fabricadas através de metais, enquanto as correias são feitas de materiais elásticos como polímeros.

As principais vantagens das correntes são:

- Não possui escorregamento;
- Acionamento de várias rodas dentadas através de uma corrente;
- Transmissão constante;
- Grande distância entre eixos;
- Alto rendimento (ALMEIDA, LIMA, BARBIERI, 2017).

As principais desvantagens das correntes são:

- Ruído;
- Lubrificação adequada;
- Menor vida útil devido ao desgaste nas articulações;

- Possível necessidade de sistemas para esticar correntes (ALMEIDA, LIMA, BARBIERI, 2017).

A Figura 10 demonstra um sistema corrente e roda dentada.

**Figura 10 - Transmissão corrente e roda dentada**



**Fonte: Correntes Reis (2016)**

### 2.4.3 Correia

As correias possuem um funcionamento parecido com as correntes, porém ao invés de usar um elemento metálico para transferir a força, utiliza-se uma correia elástica que interliga dois eixos acoplados com polias.

Utilizada grandemente em casos que possuem grande distância entre eixos, eliminando um arranjo mais complicado como de engrenagens, possuindo uma simples fabricação e baixo custo (COLLINS, BUSBY, STAAB, 2019).

As principais vantagens das correias são:

- Usualmente silenciosas;
- Flexibilidade e capacidade de amortecimento;

- Fabricação e manutenção simples;
- Eficiência acima de 95%
- Baixo custo inicial (COLLINS, BUSBY, STAAB, 2019).

As principais desvantagens das correias são:

- Alongamento de correia;
- Variação de atrito na superfície de contato através de contaminantes;
- Existência de escorregamento na transmissão;
- Necessidade de manutenção periódica (ALMEIDA, LIMA, BARBIERI, 2017).

A Figura 11 mostra um conjunto correia e polia

**Figura 11 - Transmissão por correia e polia**



**Fonte: Galvão & CIA Ltda. (2020)**

## 2.5 Processo de desenvolvimento de produto

Todo produto necessita de um planejamento de desenvolvimento, desde o esboço inicial até o mercado final. Para a criação ou o desenvolvimento de uma tecnologia já existente para ser inserida no mercado, é necessário uma pesquisa que verifique se existe a demanda e necessidade deste produto no mercado.

Este trabalho tem como base a utilização do processo de desenvolvimento de produtos (PDP) para realizar a organização da criação deste protótipo, escolhendo opções viáveis para que sejam produzidas e testadas, e futuramente serem inseridas no mercado.

A fase de desenvolvimento do produto vem sendo considerado cada vez mais crítico para a criação de um produto, gerando maior competitividade entre empresas e produtos de mesma categoria. Com a velocidade que a tecnologia vem se desenvolvendo nos últimos anos, é necessária uma maior velocidade de desenvolvimento destes produtos para se adequar a necessidade e demanda do mercado (ROZENFELD et al., 2006).

O processo de desenvolvimento de produto tem como uma das funções interligar a empresa e o mercado atual, sendo uma importante ferramenta para designar quais tecnologias e produtos serão demandados em futuro próximo, assim, a empresa envolvida nesse tipo de processo pode obter uma maior agilidade para o desenvolvimento destes produtos a um preço competitivo (ROZENFELD et al., 2006).

O desenvolvimento de produtos na área de micro mobilidade elétrica e automóveis elétricos vem se enquadrando no PDP, apesar de ser uma tecnologia relativamente antiga, a área de mobilidade elétrica vem sendo realmente desenvolvida apenas nessas últimas décadas, ainda não estando com a maior demanda no mercado por não ser uma tecnologia totalmente desenvolvida.

O processo de desenvolvimento deste tipo de produto ainda será muito explorado, essa tecnologia vem se adequando as novas tecnologias menos agressivas ao meio ambiente, mais seguras e com menos manutenção. Muitos países possuem projetos de leis em desenvolvimento para que futuramente as frotas de automóveis em circulação, seja de grande maioria de veículos elétricos, ou a sua grande maioria.

Em países em desenvolvimento o papel do PDP vem se enquadrando nas funções de adaptação e melhoria de produtos já existentes, sendo os novos produtos

geralmente projetados em países desenvolvidos, onde estão os grandes centros tecnológicos e multinacionais. Em países como o Brasil, difunde-se essas tecnologias e as adequam para as necessidades do mercado local, utilizando de troca de materiais e mudança de designs para que alguns casos fiquem mais acessíveis ou como uma melhoria (ROZENFELD et al., 2006).

Nas fases iniciais do PDP são definidas as principais características do produto, como os materiais de construção, design e modo de fabricação. Estima-se que as definições iniciais do PDP são responsáveis por volta de 85% do custo total do projeto, outras soluções alternativas e alterações do produto em fase final são responsáveis pelos 15% restante do custo. Por isso a necessidade de um método PDP, para reduzir ao máximo esses custos, para que não ocorra grandes custos surpresa ao final do processo (ROZENFELD et al., 2006).

A Figura 12 mostra as principais funções do PDP.

**Figura 12 - Funções do PDP**



Fonte: ROZENFELD et al. (2006, p. 12)

## 2.6 Legislação para uso de patinetes motorizados

Com o grande crescimento de utilização de bicicletas, scooters e patinetes elétricos sendo utilizados entre pedestres, carros e ciclovias, houve um surgimento e crescimento de riscos envolvendo esses meios de transporte, tornando-se necessária uma regulamentação.

Os patinetes elétricos não são classificados como veículos, assim, não necessita de habilitação para utilização. Assim foi proposta e aceita uma lei que regulamenta a utilização de patinetes elétrico no meio urbano, o texto final aprovado limita a 6 km/h a velocidade em calçadas e 20 km/h em ciclovias (SENADO NOTÍCIAS, 2020).

O texto também prevê infrações para o uso incorreto dos patinetes elétricos, como transitar sem sinalização noturna, transportar mais de um passageiro ou carga que coloque em risco a mobilidade e a segurança, em vias com velocidades máxima acima de 40 km/h, vias providas de ciclovias, ciclofaixas ou acostamento e uma condição feita de forma agressiva (SENADO NOTÍCIAS, 2020).

Para que o patinete elétrico se enquadre na não necessidade de emplacamento, também deve atingir requisitos máximos dimensionais, os quais devem ser iguais ou menores que as dimensões de uma cadeira de rodas estabelecido por lei especificado pela NBR 9050/2004 e os parágrafos que vierem a ser direcionados ao uso de patinetes elétricos. Para se enquadrar a lei o comprimento deve ser menor do que 1,15m, a largura menor do que 0,7m e a altura máxima de 0,93m (TwoDogs, 2021).



## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Materiais

Neste capítulo será realizado as escolhas dos materiais utilizados para a construção do protótipo para a realização dos resultados obtidos e testes finais do modelo.

#### 3.1.1 Bateria

A bateria elétrica é o componente mais subdesenvolvido em questão de tecnologia na estrutura dos veículos elétricos, sendo um equipamento ainda sob estudo e desenvolvimento para melhor adequação no mercado.

Para escolha do tipo de bateria elétrica a ser utilizada no protótipo de patinete elétrico, foi necessário separar por requisitos mínimos e pontos fortes do tipo de bateria, também levando em consideração os pontos fracos para que não defasassem o modelo final em relação aos outros componentes.

Alguns dos requisitos para a bateria foram de uma alta capacidade de armazenar energia, para o funcionamento durante o maior tempo possível do protótipo para aumentar a eficiência, baixa taxa de alta descarga, que durante o tempo em que o protótipo do patinete elétrico não estiver em uso a carga de sua bateria não seja comprometida, uma bateria com pouca ou nenhuma manutenção e que não seja agressiva ao meio ambiente que é uma das propostas de renovação dos meios de transporte.

Analisando as pesquisas realizadas e expostas na revisão bibliográfica do presente trabalho, o modelo de bateria que mais se adequou aos requisitos necessários para utilização no protótipo, foram as baterias de lítio íon, porém esse tipo de bateria ainda possui um custo elevado por não possuir uma tecnologia totalmente conhecida e explorada.

A Figura 13 mostra um comparativo entre as baterias elétricas que foram utilizadas para a seleção.

**Figura 13 - Dados básicos das baterias**

<b>Tipo de Bateria</b>	<b>NiCd</b>	<b>NiMh</b>	<b>Li-Ion</b>	<b>Chumbo</b>
Densidade de Energia (Wh/Kg)	60	80	160	40
Número de Ciclos – Médio	1500	500	700	300
Tempo para Carga Rápida (hs)	1	3	3	12
Autodescarga Mensal (%)	20	30	10	5
Tensão da Célula (Volts)	1,25	1,25	3,6	2
Corrente de Carga Pico (C)	20	5	2	5
Corrente de Carga Padrão (C)	1	0,5	1	0,2
Temperatura Mínima (°C)	-40	-20	-20	-20 a 60
Temperatura Máxima (°C)	60	60	60	60

**Fonte: MICHELINI (2017, p.116)**

Como as baterias de lítio íon possui uma baixa tensão de célula, se fez necessário adquirir um pack de baterias para atingir a tensão necessária exigida pelo motor escolhido, como demonstrado na Figura 14.

**Figura 14 - Pack de baterias**



**Fonte: STA Eletrônica (2020)**

### 3.1.2 Motor elétrico

A escolha do motor elétrico que irá ditar a tensão necessária do pack de baterias, então deve ser feita uma escolha em conjunto para que possa ser feito o melhor agrupamento de componentes para um protótipo bem alinhado, tanto em custo quanto em qualidade.

Como vai se tratar de um protótipo movido a bateria, motores movidos a corrente alternada foram descartados para o projeto, assim sendo, os motores elétricos CC escovado e brushless foram analisados para a escolha.

Os dois tipos de motores possuem um funcionamento muito parecido, tendo como uma característica fundamental o possível controle de velocidade de rotação, que para o presente projeto é de extrema importância, algo que os motores de corrente alternada seriam necessários à utilização de um inversor de frequência.

Em comparativo entre os motores CC, os brushless possuem maior eficiência, sendo assim, converterá mais energia elétrica em mecânica, com menos perdas como ocasionado pelo atrito em motores escovados. Os motores brushless conseguem substituir em qualquer aplicação os motores escovados, podendo ser construídos em modelos mais compactos.

Devido à grande série de vantagens que o motor brushless apresenta, eles vêm sendo grandemente utilizados em veículos elétricos, porém toda a vantagem apresentada possui um maior custo para aquisição, mas se faz necessário para a construção de um protótipo que deseja ser confiável e possuir uma boa durabilidade para atração de um público alvo.

Com o grande crescimento de venda de veículos para mobilidade elétrica, começaram a surgir motores projetados especificamente para uso em patinetes e bicicletas elétricas, este tipo de modelo apresentado na Figura 15 será utilizado como modelo para o protótipo final.

**Figura 15 - Motor Brushless acoplado a roda**



**Fonte: A autoria própria (2020)**

### 3.1.3 Transmissão

Após a realização de pesquisa de mercado sobre motores brushless, foi possível descartar a utilização de uma transmissão mecânica, devido a disponibilidade de motores que abrangem a faixa de velocidade exigida por lei para utilização em vias urbanas, sendo um dos modelos apresentado na figura 15, que poderá ser utilizado como uma via de estudo para o projeto.

Sem o acoplamento de uma transmissão, irá ocorrer uma redução de peso no protótipo, sendo um ponto positivo. Por se tratar de um meio de micro mobilidade que deve prezar por fácil manuseio e uma boa agilidade para locomoção, reduzir a massa final do protótipo, cresce a possibilidade de aumentar a faixa de peso suportado para transporte do mesmo.

Com a redução do custo de implementação da transmissão, será possível adquirir um motor e baterias de maior qualidade, mantendo o protótipo dentro de um custo inicial estipulado.

### 3.1.4 Metal da estrutura

Foi realizado um estudo sobre estruturas, fabricação e custos para a decisão de usar alumínio ou aço para a utilização na estrutura do protótipo. O alumínio tem como características a diminuição de massa final do modelo, tornando o mesmo mais confortável para transporte em rotas que não se tem possibilidade de circulação, escolhendo a liga correta, pode se obter uma resistência mecânica parecida ou igual ao dos aços, porém para obter esse tipo de liga o custo será mais elevado. Os alumínios em geral possuem uma dificuldade maior para a realização de soldagem, dificultando e encarecendo a fabricação e montagem do protótipo.

Os aços possuem um maior peso específico em relação aos alumínios, nesse quesito tornando menos atraente para a fabricação de um protótipo que possui como um requisito aumento de eficiência, porém possui um custo menor e uma maior facilidade para a realização da montagem e soldagem do modelo, possuindo uma maior resistência mecânica final se comparado a grande maioria dos alumínios de ligas mais convencionais.

Por se tratar de um protótipo que possui um valor fixo para a fabricação estipulado, irá ser adotado a utilização de tubos de aço schedule 40, possuindo uma parede com uma menor espessura que irá diminuir um pouco do peso final, tubos quadrados e chapas de aço, foi escolhido a utilização de aços devido a análise geral do projeto. Possuindo uma maior resistência mecânica final, com a utilização de aço o processo de realização de testes do protótipo será mais seguro e confiável no caso de um mal dimensionamento. Após a realização dos testes finais, será possível estimar a redução de peso utilizando alumínio e por consequência o quanto isso afetaria no preço e eficiência final do projeto. Por esses motivos será usado o aço como o metal estrutural do protótipo final.

A Figura 16 mostra o modelo de tubo que será utilizado.

**Figura 16 - Tubos de aço**



**Fonte: BRASTETUBOS (2021)**

## **3.2 Métodos**

Neste capítulo será abordado os métodos utilizados para estudos iniciais do mercado proposto para o protótipo, seleção dos materiais para melhor custo benefício e métodos utilizados para desenvolver o projeto do patinete elétrico.

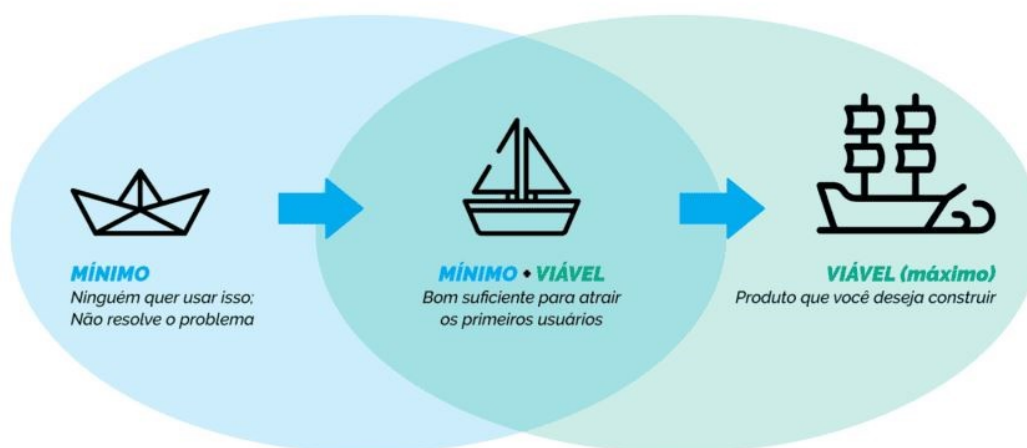
Não se seguiu apenas uma determinada metodologia para realizar as escolhas dos caminhos a serem seguidos no desenvolvimento de projeto, mas sim se adequando ao melhor método para performar um projeto eficiente e com um custo acessível se comparado ao mercado.

### **3.2.1 Método do Produto Mínimo Viável (MVP)**

O método do produto mínimo viável tem como objetivo construir a versão mais simplificada de um produto, assim usa o mínimo de recursos para que possa obter um protótipo viável. É a versão mais simples de um produto que visa solucionar o problema proposto usando um menor esforço em desenvolvimento para ser construído em um curto espaço de tempo, sendo um método para obter informações para o aperfeiçoamento do produto no mercado (VOITTO, 2020).

A Figura 17 mostra um modelo exemplificado do que seria um MVP.

Figura 17 - Exemplificação do MVP



Fonte: PEREIRA, Daniel (2019)

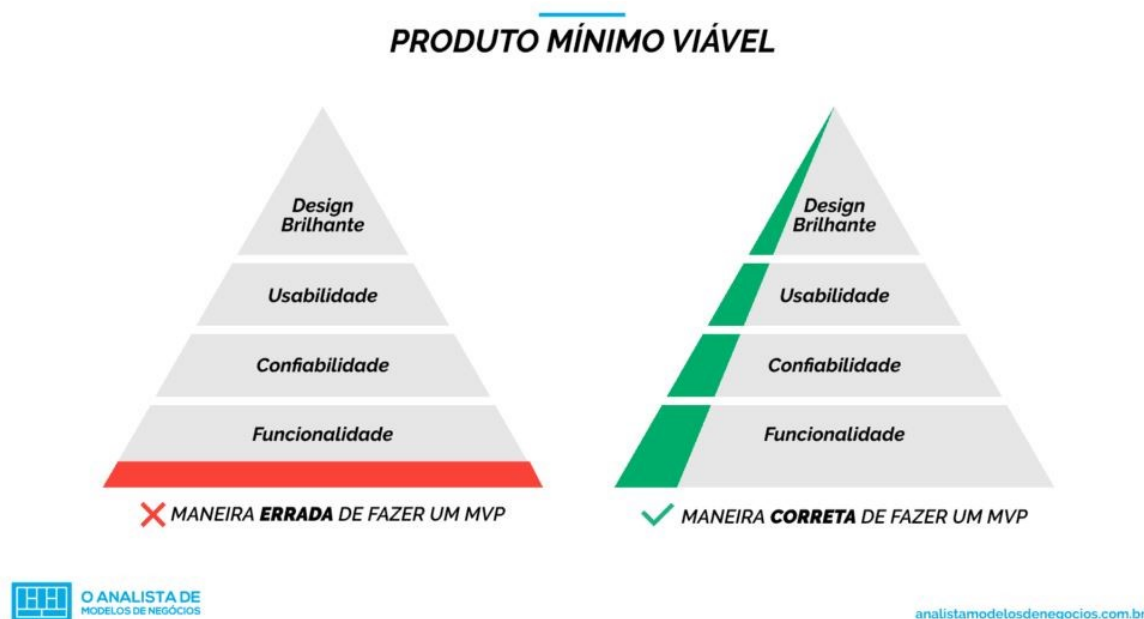
O MVP é um método muito aderido por *Startups*, pois é um método que diminui os fatores de riscos de implementação de um produto no mercado, reduzindo o custo de tempo e recursos caso o produto não venha a ter sucesso, servindo como um detector de falhas do produto para que possa aprimorar e aperfeiçoar para um produto mais otimizado.

Muitas *Startups* acabam por fracassar investindo todos os seus recursos em um modelo final sem testes precedentes, isso é um erro que não pode ser cometido, esse tipo de método visa fazer o mais simples e funcional produto.

Esse método está incorporado no meio da escolha dos materiais visando atender os requisitos mínimos da especificação meta de um produto, distribuindo o investimento entre diversos pontos de custo para que seja possível obter um projeto balanceado.

A Figura 18 demonstra como deve ser feita a distribuição de tempo e recursos em um modelo de tecnologia como o patinete elétrico proposto.

Figura 18 - Distribuição de recursos



Fonte: PEREIRA, Daniel (2019)

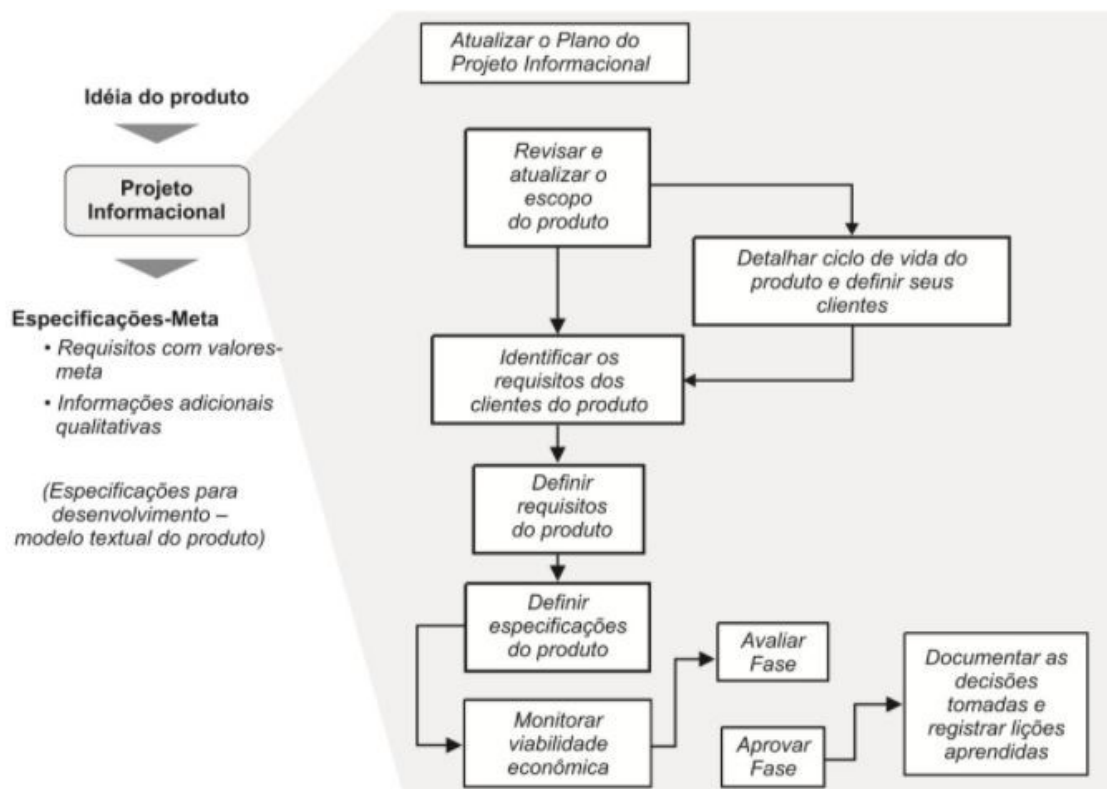
### 3.2.2 Projeto Informacional

Após estabelecer as diretrizes iniciais do projeto, como recursos iniciais disponíveis para utilização e atividades necessárias a serem cumpridas, é iniciado o projeto informacional, que tem como função desenvolver esse conjunto de informações para gerar soluções para possíveis problemas futuros no projeto, também sendo utilizado como uma fonte de avaliação dos critérios pré-estabelecidos. Define-se um ciclo de vida do produto e o tipo de cliente para que ele será direcionado, realizando as especificações do protótipo para monitorar a viabilidade econômica (ROZENFELD et. al., 2006).

A Figura 19 demonstra como o projeto informacional se encaixa no PDP.



Figura 19 - Função do Projeto Informacional



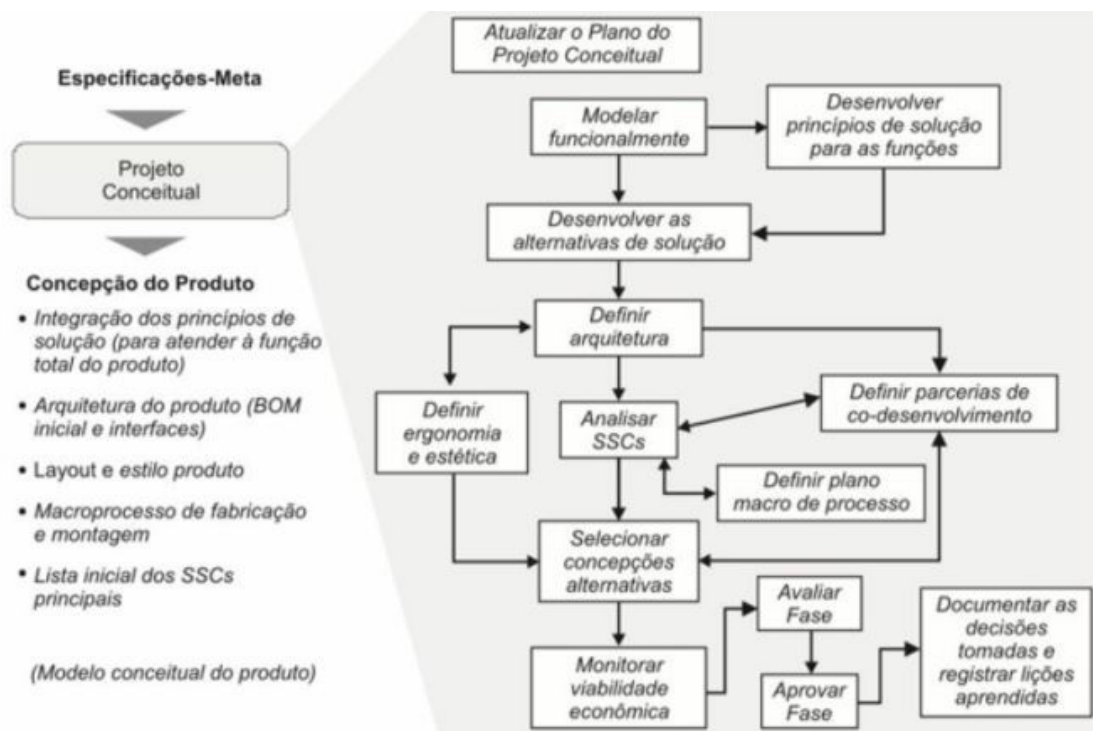
Fonte: ROZENFELD et. al. (2006, p. 212)

### 3.2.3 Projeto Conceitual

Após as especificações obtidas no projeto informacional, entra-se na fase do projeto conceitual, que tem como objetivo a criação e apresentação das soluções para os problemas encontrados anteriormente. Busca-se por soluções já feitas por produtos concorrentes, ou em outras bases de informação como artigos e livros. Criação de soluções direcionados para a necessidade do protótipo. Apresentação das soluções através de modelos 3D de criação do projeto (ROZENFELD, et. al., 2006).

A Figura 20 demonstra o funcionamento dos processos envolvendo o projeto conceitual.

Figura 20 - Funcionamento do Projeto Conceitual



Fonte: ROZENFELD et. al. (2006, p. 236)

### 3.2.4 Desenvolvimento do projeto

O desenvolvimento do projeto tem como objetivo reunir todas as informações e especificações coletadas através do projeto informacional e conceitual, realizando a aplicabilidade para a escolha e especificações de produto reais os quais se enquadram na demanda necessitada para o projeto.

Trata-se do início de um projeto detalhado, que tem como objetivo definir métodos de aquisição ou construção de materiais, otimização de projeto, avaliar possibilidades de materiais alternativos que possuem a mesma finalidade, assim se especifica o fluxo completo de trabalho desde a especificação de um componente até sua montagem final.

O ponto final focal para o tópico de desenvolvimento, é entregar um produto especificado e pronto para uma fabricação final e validação em campo. Assim será possível documentar novas informações e determinar pontos de otimização e reprojeção.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Aplicação do Projeto Informacional

#### 4.1.1 Escopo do produto

Este tópico tem como objetivo abordar um estudo sobre o desenvolvimento de um protótipo de um patinete elétrico, com o menor custo viável.

O produto a ser desenvolvido é para uso em estradas e rodovias, onde tem como foco de distribuição a cidades com estrutura para que seja possível a utilização de patinetes. Se aborda como o diferencial deste patinete elétrico o custo proposto de fabricação, e a possibilidade de entregar um produto como porta de entrada para o mundo de micro mobilidade elétrica.

#### 4.1.2 Tecnologia e método de fabricação disponíveis

O proposto para toda a parte estrutural do protótipo é a construção em ligas ferrosas com tubos schedule 40 e 80, tubos quadrado e chapas que irão proporcionar a resistência necessária para a construção de um protótipo, sendo possível refinar os materiais posteriormente para diminuir a diversidade da necessidade de compra.

Os tubos serão posicionados em um gabarito que possui as medidas especificadas para demarcação dos limites, após será realizado o processo de corte dos tubos com uma serra de corte policorte como na Figura 21.

**Figura 21 - Serra de corte manual**



**Fonte: MAQCENTER (2018)**

Para realizar a dobragem dos tubos, será utilizado uma dobradora de tubos manuais como exposto na Figura 22.

**Figura 22 - Dobrador de tubos manual**



**Fonte: Ferramenta Kennedy (2017)**

Para produções seriadas, a partir de altos níveis de demanda, a utilização de dobradores de tubos manuais não irá suprir a necessidade, então para futuras otimizações recomenda-se a utilização de uma dobradeira CNC.

As chapas devem ser cortadas com o corte a plasma ou com a utilização de um CNC adequado para a operação. Para realizar a dobra das chapas, utiliza-se um dobrador de chapas, podendo ser manual, por não existirem dobras complexas para a fabricação do projeto.

Afim de realizar a furação da estrutura para uniões não soldadas e que se deseja utilizar parafusos para conexão, utiliza-se uma furadeira de bancada a qual possui maior estabilidade que uma furadeira de bancada para a realização de furos mais precisos e demarcados.

Para realizar o processo de união entre os tubos e perfis, deverá ser utilizado a soldagem tipo TIG, o qual oferece um melhor acabamento superficial, assim uma melhor aparência final, porém se faz necessário um profissional qualificado para realizar este trabalho, como optativa, pode-se utilizar a soldagem tipo MIG, se tratando

de uma produção mais acelerada e com menor necessidade de um detalhamento superficial.

Porém trata-se de um processo que não atende todas as ligas ferrosas do mesmo modo que pode ser realizado através da soldagem do tipo TIG. A figura 23 demonstra o tipo de técnica remendada para um protótipo (TIG).

**Figura 23 - Solda tipo TIG**

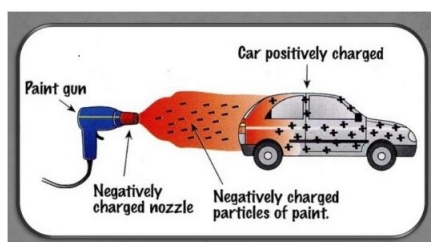


**Fonte: MATHEUS, Portal da Construção (2021)**

Após a completa união dos componentes que formam a estrutura do protótipo, recomenda-se realizar uma pintura eletrostática, sendo um método que tem como característica proteger contra intempéries e oxidação.

Figura 24 ilustra o processo de pintura eletrostática que pode ser uma das alternativas de pintura para o projeto, sendo recomendada para ligas que não possuem alta resistência a oxidação.

**Figura 24 - Processo de pintura eletrostática**



**Fonte: TELLES, Rafael (2013)**

#### 4.1.3 Padrões, aspectos legais

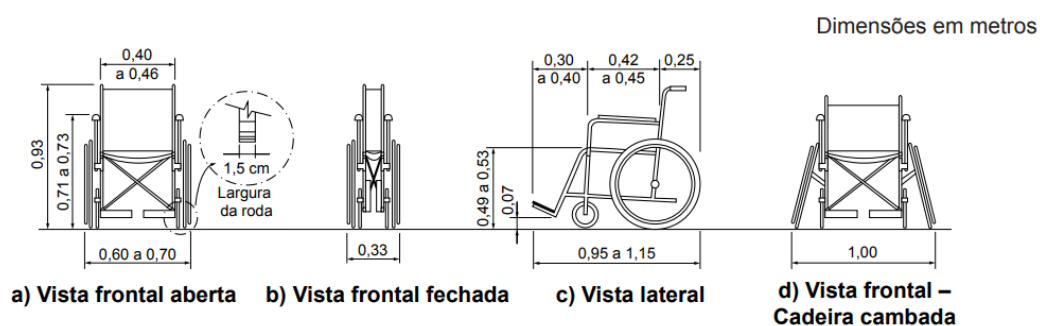
Para os parâmetros do projeto serão considerados como referência as novas resoluções do CONTRAN (315/2009), que limitam as velocidades máximas de 6 km/h em calçadas e um limite de 20 km/h em ciclovias e ciclofaixas.

Também se faz necessário a implementação de um velocímetro, sinalização noturna em todas as posições do patinete e o uso de aviso sonoro (campainha ou buzina).

As dimensões do protótipo devem ser inferiores as de uma cadeira de roda, especificado pela NBR 9050/2015 e suas atualizações, somente assim o patinete não irá se enquadrar na necessidade de emplacamento e habilitação como exige o Código de Trânsito brasileiro.

Como referência para o protótipo, irá se utilizar as dimensões máximas de uma cadeira de rodas, sendo: 70 cm de largura, 115 cm de comprimento e 93 cm de altura, como ilustrado na Figura 25 da NBR 9050/2015.

**Figura 25 - Dimensões de referência**



Fonte: NBR 9050/2015 (2015, p. 8)

#### 4.1.4 Produtos concorrentes

Neste tópico estão levantados os possíveis produtos concorrentes e suas especificações.

O primeiro modelo escolhido será o Patinete Elétrico Foston S09 PRO que tem como principais características as seguintes:

- Potência: 350W;
- Velocidade máxima 25km/h;
- Bateria de 10.4Ah / 36V lítio;
- Autonomia de até 32km com uma carga completa;
- Pneus com câmara de ar de 8.5";
- Peso 12.0kg;

- Peso suportado 100kg;
- Tempo de recarga de 4 a 5 horas.

Figura 26 ilustra o patinete Foston, o qual possui um preço estimado de mercado de R\$3.070,00.

**Figura 26 - Patinete Foston S09 PRO**



**Fonte: Gregório Patinetes (2021)**

O segundo modelo trata-se do Patinete Elétrico Essencial da Xiaomi, o qual tem como principais características as seguintes:

- Capacidade da bateria: 5,1Ah;
- Tempo de carregamento 3,5h;
- Autonomia: até 20Km;
- Potência do motor: 250W;
- Tensão da bateria: 42V;
- Torque máximo: 16N.m;
- Velocidade máxima: 20Km/h;
- Capacidade de peso: até 100Kg;
- Peso do produto: 12Kg.

A Figura 27 é um demonstrativo do modelo citado o qual possui um preço aproximado no mercado de R\$2959,00.

**Figura 27 - Patinete Essencial Xiaomi**



**Fonte: MiBrasil (2020)**

#### 4.1.5 Detalhar ciclo de vida do produto

Mesmo podendo ser utilizado em várias categorias de terreno, o patinete elétrico foi desenvolvido com o enfoque em estradas asfaltadas, visando seu melhor desempenho. O uso atual designado para patinetes é para uso cotidiano para pequenos deslocamentos, evitando o trânsito de grandes cidades para pequenas distâncias, mas em simultâneo, tendo uma locomoção segura e veloz.

A proposta é de um patinete com uma eficiência mínima de 20km que vem a atender o propósito de pequenas locomoções, tendo uma dirigibilidade segura e confortável, para que seja possível realizar trajetos sem percalços por falta de bateria ou possíveis acidentes.

O protótipo traz uma visão de diminuição do número total de carros em circulação e um meio de transporte com menor custo de manutenção e recarga, e para se tornar atraente ao cliente, esta categoria de produto deve ter um tempo de



vida útil que agregue em seu valor final, para que o preço pago seja diluído no maior tempo possível para se utilizar o patinete.

Para isso, a vida útil final será estimada com base em componentes vitais considerados não consumíveis, como o motor brushless, bateria de lítio e a estrutura em aço.

Dentre todos os equipamentos, o qual possui menor vida útil estimada é a bateria. Um dos pontos fracos da evolução tanto de patinetes/scooters elétricas, quanto de carros de grande porte movidos a motores elétricos, é a bateria, além do custo alto para se obter um componente com alta capacidade de armazenagem de energia, um dos problemas é o seu tempo de carregamento, e por último o seu tempo de vida.

Caso o patinete seja utilizado consecutivamente com recargas completas diárias, a bateria terá um ciclo de vida de 18 a 24 meses, assim acabam que por ser o componente com o maior desgaste e perda de capacidade ao longo do tempo.

Logo, estima-se inicialmente uma vida útil de 2 anos para patinetes com uso diário sendo utilizados dentro das normas e com os devidos cuidados.

#### 4.1.6 Identificar os requisitos do cliente no produto

Após realizar a fundamentação do produto proposto, e com o projeto informacional definido com os aspectos iniciais abordados para o projeto, deve-se realizar a identificação dos requisitos que esse produto deve ter para se encaixar como funcional e aceitável para iniciar a comercialização.

Realizando a pesquisa de produtos similares e possíveis concorrentes, é possível definir pontos iniciais que são necessários estarem embutidos e implementados no produto, para isso, também deve ser realizado uma coleta de necessidades dos clientes.

Foi realizado uma pesquisa com sete pessoas que possuem o interesse em comprar um produto de mobilidade elétrica, juntamente com mais três pessoas que já possuem um patinete ou scooter elétrica.

As principais perguntas estavam relacionadas as qualidades e defeitos do produto, pontos a melhorar, dificuldade para pilotar, tempo de recarga, duração da bateria e o que poderia ser modificado ou alterado para atrair mais clientes. Deste

modo foi estabelecido um padrão de aspectos que os clientes e possíveis clientes abordaram como necessários, sendo os principais:

- Alta duração da bateria;
- Tempo de recarga da bateria baixo;
- Baixo peso;
- Pilotagem simples;
- Marcador de velocidade;
- Frenagem segura;
- Partes dobráveis para locomoção;
- Boa iluminação frontal e traseira.

Agrupando as necessidades de acordo com suas categorias para um pleno funcionamento:

Técnica:

- Eficiência;
- Recarga;
- Visual atrativo;
- Peso.

Segurança:

- Freio frontal e traseiro;
- Pilotagem simples;
- Iluminação.

Acessibilidade:

- Partes dobráveis para locomoção;
- Velocímetro.

Tendo como base as necessidades dos clientes abaixo estão descritas como requisitos dos clientes:

Técnica:

- Alta eficiência (mínimo de 20km por carga);
- Baixa massa total (abaixo de 15kg);
- Aparência construtiva;
- Recarga completa em menos de 6 horas.

#### Segurança:

- Freio motor para roda dianteira e freio mecânico para roda traseira;
- Facilidade para giro e bom ângulo de rotação do guidão;
- Sinalizadores noturno e farol;

#### Acessibilidade:

- Flexibilidade no transporte;
- Marcador de velocidade;

Para permitir a comparação entre as necessidades apontadas pelo cliente e definir quais são as mais importantes para o projeto, foi utilizado o diagrama de Mudge. Com base nas entrevistas, pode-se uma classificação geral quanto as necessidades mais importantes para o desenvolvimento do produto.

A legenda para classificação através do diagrama de Mudge está exposto a seguir, com a classificação das letras e a representatividade de cada número nas comparações.

#### Necessidades:

A= Alta eficiência (mínimo de 20km por carga);

B= Recarga completa em menos de 6 horas ;

C= Baixa massa total (abaixo de 15kg);

D= Freio motor para roda dianteira e freio mecânico para roda traseira;

E= Facilidade para giro e bom ângulo de rotação do guidão;

F= Sinalizadores noturno e farol;

G= Flexibilidade no transporte;

H= Marcador de velocidade;

I= Aparência construtiva;

Os graus de importância do diagrama de Mudge:

- 5= Muito mais importante;  
 3= Mais importante;  
 1= Pouco mais importante;  
 0= Igual Importância.

**Quadro 1 - Diagrama de Mudge**

	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>A</b>	A3	A5	A3	A5	A3	A5	A5	A5	34	27%
<b>B</b>		B3	B1	B5	B3	B5	B5	B5	27	22%
<b>C</b>			C0	C5	C0	C0	C3	C5	13	10%
<b>D</b>				D5	D3	D5	D5	D5	23	18%
<b>E</b>					E3	E3	E3	E5	11	9%
<b>F</b>						F5	F3	F5	13	10%
<b>G</b>							G1	G0	1	1%
<b>H</b>								H3	3	2%
<b>I</b>									0	0%
<b>Total</b>									125	100

Fonte: Autoria própria (2022)

Através do diagrama de Mudge é possível definir as prioridades de implementação das maiores necessidades para realizar o produto final, fazendo um comparativo entre o grau de importância entre cada aspecto, o resultado acima demonstra a porcentagem de importância de cada requisito no produto.

#### 4.1.7 Converter requisitos dos Clientes em expressões mensuráveis

Utilizando as informações obtidas através do questionário realizado com clientes de patinetes/scooters elétricas e com possíveis futuros clientes foram levantados os seguintes requisitos do produto:

- Capacidade da bateria;
- Eficiência de recarga;
- Segurança para uso;
- Projeto compacto/otimizado;
- Motor com média/alta potência;

#### 4.1.8 Analisar, classificar e hierarquizar os requisitos do produto

Buscando relacionar os requisitos do cliente, juntamente com os requisitos do produto serão atribuídas notas para suas relações. Nove para forte relação, três para média relação, um para fraca relação e zero para sem relação.

**Quadro 2 - Classificação dos requisitos do produto**

Requisito do cliente/Requisito de qualidade	Peso	Capacidade bateria	Eficiência de recarga da bateria	Segurança para uso e armazenagem	Projeto compacto/otimizado	Motor média/alta potência	Totais
Alta eficiência (mínimo de 20km por carga);	5	9	1	1	3	9	
Recarga completa em menos de 6 horas;	4	9	9	0	3	3	
Baixa massa total (abaixo de 20kg);	3	1	0	1	9	3	
Freio motor para roda dianteira e freio mecânico para roda traseira;	3	0	0	9	3	1	
Facilidade para giro e bom ângulo de rotação do guidão;	2	0	0	3	1	0	
Sinalizadores noturno e lanterna;	3	3	1	3	3	0	
Flexibilidade no transporte;	1	0	0	3	9	0	
Marcador de velocidade;	1	3	1	0	1	3	
Aparência construtiva.	1	0	0	0	9	0	
<b>Importância Técnica</b>	<b>Absoluto</b>	96	45	53	93	72	359
	<b>Relativo</b>	27%	13%	15%	26%	20%	100%

Fonte: Autoria própria (2022)

Utilizando os requisitos do Quadro 2 é feita uma pesquisa de produtos no mercado para adequação do projeto de acordo com as exigências dos clientes, resultando em características finais do produto, trazendo uma noção real do produto e como será produzido.

#### 4.1.9 Valorar requisitos do produto



O método utilizado para valorar os requisitos do produto foi através da utilização dos dados coletados pela matriz QFD, juntamente com a análise de produtos de terceiros. Analisando possíveis produtos concorrentes é um dos métodos para trazer novas concepções de projeto, e pontos mais importantes a ser abordar para otimização.

Para realizar essa análise de mercado, foi escolhido um produto da marca Xiaomi, sendo o patinete elétrico Xiaomi Essencial. A avaliação competitiva está representada no Quadro 3.

**Quadro 3 - Avaliação técnica competitiva**

		Alta eficiência (mínimo de 20km por carga);	Recarga completa em menos de 6 horas ;	Baixa massa total (abaixo de 15kg);	Freio motor para roda dianteira e freio mecânico para roda traseira;	Facilidade para giro e bom ângulo de rotação do guidão;	Sinalizadores noturno e lanterna;	Flexibilidade no transporte;	Marcador de velocidade;	Aparência construtiva;
RUIM	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
EXCELENTE	1									
	2									
	3									
	4									
	5									

Produto do projeto	
Produto concorrente	

Fonte: Autoria própria (2022)

Após realizar análises de produtos concorrentes, coletar necessidades com clientes e levantar normas para construção do produto, as seguintes especificações mínimas foram definidas:

- Motor: >250W;
- Tempo de recarga bateria: <6h;
- Tensão da bateria: 24 a 48 V;
- Capacidade da bateria: >5Ah;
- Massa desejada do projeto: <15kg;
- Velocidade máxima: 25km/h;
- Eficiência: Acima de 20km com uma carga da bateria;
- Altura: <0,93 m;
- Comprimento: <1,15 m;
- Largura: <0,7 m;

## **4.2 Aplicação do Projeto Conceitual**

### 4.2.1 Especificações meta revisadas do produto

Através da análise dos requisitos do produto, as especificações iniciais foram definidas, chegando a especificações meta que o patinete elétrico deve possuir para que seja possível a sua correta funcionalidade e desempenho. As especificações são:

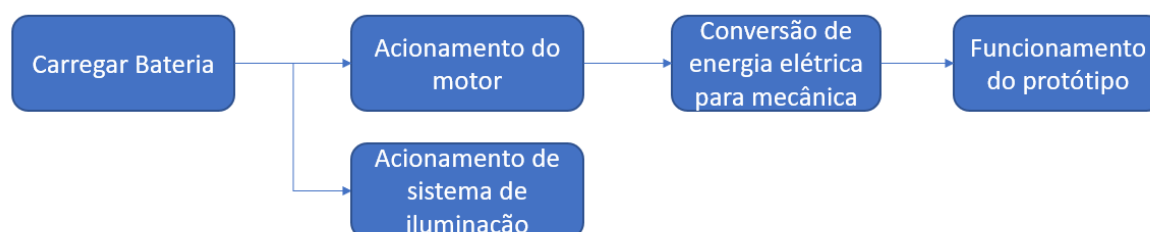
- Motor com potência igual ou acima de 250W para garantir potência suficiente para possibilidade de uso em ruas com pequenas inclinações e atender um público com maior massa corporal;
- Tempo de recarga bateria menor do que 6h, devido o foco da utilização ser durante o tráfego de ida e volta do trabalho, por muitas das vezes não existe a possibilidade de carregamento no turno de trabalho, a carga da bateria será realizada no período da noite, então um tempo desejado deve ser menor do que 6h.
- Tensão da bateria 24 a 48 V, se adequando a grande parcela dos motores do mercado.
- Capacidade da bateria acima de 5Ah, para garantir a funcionalidade do patinete elétrico durante 20km em uma velocidade de 20km/h.

- Velocidade máxima 25km/h, devido que por lei a velocidade máxima em ciclovias com patinetes elétricos é de 20km/h, logo não se faz necessários maiores limites.
- Eficiência acima de 20km com uma carga da bateria, um fator que será consequência da escolha da bateria e do motor a ser utilizado para atender uma necessidade de possíveis clientes, que devem percorrer distancias aproximadas sem a possibilidade de realizar recargas.
- Altura máxima de 0,93m para se enquadrar nas normativas que regem a construção desse tipo de produto (NBR 9050/2015).
- Comprimento máximo de 1,15m para se enquadrar nas normativas que regem a construção desse tipo de produto (NBR 9050/2015).
- Largura máxima de 0,7m para se enquadrar nas normativas que regem a construção desse tipo de produto (NBR 9050/2015).
- Massa máxima da estrutura de 15kg para garantir boa mobilidade da estrutura enquanto o produto não estiver energizado/sendo utilizado.

#### 4.2.2 Modelagem funcional

O protótipo terá um funcionamento idêntico a de outros produtos de mesma categoria, não necessitando de configurações adicionais realizadas pelo cliente. Logo para os passos básicos de funcionamento dos sistemas estão de acordo com a Figura 28.

**Figura 28 - Funcionamento do sistema**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

O protótipo deve realizar seu ciclo de funcionamento durante no mínimo 20km.



#### 4.2.3 Desenvolver princípios de solução para as funções

Nesta etapa, a ideia do projeto deve-se transformar em algo concreto, para que isso seja possível é necessário atribuir soluções para as necessidades e ciclo de funcionamento citados anteriormente, buscando um efeito físico que por meio de comportamentos cumpram com as necessidades do sistema. Abaixo estão citados somente os pontos mais críticos do projeto, demais itens serão consequências das escolhas dos materiais principais.

- Fornecer energia: equipamento destinado a fornecer energia para o sistema funcionar.
- Converter energia: equipamento destinado a converter a energia elétrica em mecânica, para movimentação
- Estrutura de sustentação: material destinado a suportar todas as cargas exercidas sobre o produto.

Para realizar a assimilação entre os pontos mais importantes para cada componente e definição do material a ser utilizado para a solução do problema, será adotado o método TOPSIS, que se trata de um método de decisão de multicritério, que leva em consideração múltiplas alternativas e através de similaridade entre qualidades e defeitos do produto escolhe a melhor alternativa para a aplicação exposta, fazendo com que o material de escolha se aproxime o máximo do ideal para o projeto em questão.

#### 4.2.4 Escolha da bateria

Para realizar a escolha da bateria por um método de multicritérios, primeiramente deve-se definir os critérios iniciais para o produto em questão, para que venha a atender as necessidades do produto.

Os principais pontos a serem considerados para realizar a decisão por multicritérios são: capacidade de carga e descarga da bateria, custo, peso e segurança.

Foram restringidos a poucas características devido à complexidade da análise em relação a informações disponíveis sobre cada tipo de bateria. Para quantificar a

importância de cada característica abordada, foram utilizadas as premissas do projeto, que se tem como um dos maiores objetivos construir um protótipo com alta eficiência energética, logo itens como bateria e motor será necessário ceder em relação a custos maiores, por serem o conjunto que mais irá influenciar na capacidade de locomoção máxima do protótipo do patinete elétrico.

A Tabela 1 traz cada características já quantificada com seu peso dentro do projeto, para que seja possível realizar a análise de multicritérios.

Devido a existência de várias classificações de tipos de bateria, com diferentes características, não é possível quantificar para análise de multicritérios pela capacidade de bateria exata e conseqüentemente o peso e o custo também não serão aqui definidos, logo será utilizado uma escala que classifica a assimilação de cada tipo de bateria com a característica abordada, essa análise de multicritério tem como objetivo a escolha do melhor tipo de bateria para o projeto designado, que posteriormente através de cálculos será definido a especificações necessárias, dito isso para a análise será utilizando o seguinte esquema exposto na Tabela 2.

**Tabela 1 - Critérios para escolha da bateria**

<b>Critério</b>	<b>Peso</b>	<b>Descrição</b>
<b>A1</b>	<b>10%</b>	Massa em relação a capacidade de carga
<b>A2</b>	<b>60%</b>	Capacidade de armazenar e descarregar energia
<b>A3</b>	<b>20%</b>	Segurança no uso
<b>A4</b>	<b>10%</b>	Custo

**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Tabela 2 - Valoração dos critérios**

<b>Descrição</b>	<b>Valor</b>
Muito ruim	1
Ruim	2
Normal	3
Bom	4
Excelente	5

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Na Tabela 3 estão expostos os tipos de baterias abordadas para entrar no processo de análise de multicritérios.

Tabela 3 - Baterias a serem analisadas

Tipos de bateria
T1 - Baterias de Níquel-Cádmio (NiCd)
T2 - Baterias de hidreto metálico de níquel (NiMH)
T3 - Baterias de chumbo-ácido
T4 - Baterias de Lítio Íon (Li-Ion)

Fonte: Autoria própria (2022)

A seguir na Tabela 4, cada tipo de bateria está classificado de acordo com os critérios abordados anteriormente na Tabela 1 e valorada de acordo com a Tabela 2.

Tabela 4 - Classificação das baterias

Tipo	Critérios			
	A1	A2	A3	A4
T1	3	2	2	4
T2	3	3	4	3
T3	2	1	1	5
T4	4	5	3	2

Fonte: Autoria própria (2022)

Para aplicar o método TOPSIS de análise de multicritérios foi utilizado o software MS-Excel, o passo a passo para realizar os cálculos estão dispostos nas tabelas abaixo.

Primeiro realiza-se a soma quadrática de todos os critérios como na Tabela 5, sendo considerado o primeiro passo. Usa-se como base para cálculo a seguinte equação:

$$Soma\ quadrada = \sqrt{\sum_{1}^{n} x_1^2 + x_2^2 \dots x_{n-1}^2 + x_n^2}$$

Tabela 5 - Passo 1 para seleção da bateria através do método TOPSIS

Dados				
Tipos	A1	A2	A3	A4
T1	3	2	2	4
T2	3	3	4	3
T3	2	1	1	5
T4	4	5	3	2
Soma quadrada	6,16	6,24	5,48	7,35

Fonte: Autoria própria (2022)

A Tabela 6 traz o segundo passo do método TOPSIS, o qual normaliza os critérios pelo resultado da soma dos quadrados obtidas na Tabela 8. Usa-se como base para cálculo a seguinte equação, onde  $T_x$  se refere ao critério de cada material e  $T$  como sendo ao critério já normalizado.

$$T = \frac{T_x}{\text{Soma quadrada}}$$

Tabela 6 - Passo 2 para seleção da bateria através do método TOPSIS

Dados				
Tipos	A1	A2	A3	A4
T1	0,49	0,32	0,37	0,54
T2	0,49	0,48	0,73	0,41
T3	0,32	0,16	0,18	0,68
T4	0,65	0,80	0,55	0,27

Fonte: Autoria própria (2022)

Na Tabela 7 é realizada a ponderação dos valores normalizados de acordo com o peso de cada critério definido anteriormente, assim também se estabelece os limites de melhor e pior cenário para cada critério. Calcula-se através da seguinte equação, onde  $A_x$  é o peso atribuído ao critério,  $T_p$  é o valor do critério já ponderado.

$$T_p = T_x \times A_x$$

$$\text{Pior cenário} = \text{MÍN}(A_1, A_2, \dots, A_n), \text{ Melhor cenário} = \text{MÁX}(A_1, A_2, \dots, A_n)$$

Tabela 7 - Passo 3 para seleção da bateria através do método TOPSIS

Dados				
Tipos	A1	A2	A3	A4
T1	0,049	0,192	0,073	0,054
T2	0,049	0,288	0,146	0,041
T3	0,032	0,096	0,037	0,068
T4	0,065	0,480	0,110	0,027
<b>Pior cenário</b>	0,032	0,096	0,037	0,027
<b>Melhor cenário</b>	0,065	0,480	0,146	0,068

Fonte: Autoria própria (2022)

Calcula-se a distância Euclidiana entre cada critérios de todas as baterias com o pior cenário possível, e realizando a soma de todos esses pontos é possível identificar o quão longe do pior cenário cada bateria está. Quanto mais próximo de zero, mais próximo do pior cenário a bateria se encontra. Tabela 8 traz os valores calculados para cara critério usando a distância Euclidiana e a soma total desses pontos. Calcula-se através da seguinte equação, onde  $Total_{Tx}$  trata-se de cada linha da matriz, referente ao total do desvio de cada material ao pior cenário.

$$Total_{Tx} = \sum_1^n (A_1 - Pior\ cenário)^2 + (A_2 - Pior\ cenário)^2 + (A_n - Pior\ cenário)^2$$

Tabela 8 - Passo 4 para seleção da bateria através do método TOPSIS

Distância para o pior cenário					
Tipos	A1	A2	A3	A4	Total
T1	0,016	0,096	0,037	0,027	<b>0,176</b>
T2	0,016	0,192	0,110	0,014	<b>0,332</b>
T3	0,000	0,000	0,000	0,041	<b>0,041</b>
T4	0,032	0,384	0,073	0,000	<b>0,490</b>

Fonte: Autoria própria (2022)

Repete-se o mesmo método da distância Euclidiana para calcular o quão longe do melhor cenário cada bateria está. Sendo assim é adotado o mesmo método que foi utilizado para o passo 3 do método TOPSIS, assim, quanto mais próximo de zero a soma total dos critérios de cada bateria está, mais próximo do melhor cenário

a bateria se encontra. Tabela 9 aborda os valores obtidos através dos cálculos realizados através da seguinte equação:

$$Total_{Tx} = \sum_1^n (A_1 - \text{Melhor cenário})^2 + (A_2 - \text{Melhor cenário})^2 + (A_n - \text{Melhor cenário})^2$$

**Tabela 9 - Passo 5 para seleção da bateria através do método TOPSIS**

<b>Distância para o melhor cenário</b>					
Tipos	A1	A2	A3	A4	Total
T1	0,016	0,288	0,073	0,014	0,391
T2	0,016	0,192	0,000	0,027	0,236
T3	0,032	0,384	0,110	0,000	0,526
T4	0,000	0,000	0,037	0,041	0,077

Fonte: Autoria própria (2022)

Para se encontrar a melhor bateria através do método de multicritérios, adota-se como a solução mais próxima do ideal aquela que estiver o mais longe possível do pior cenário, para isso foi utilizado a seguinte fórmula:

$$TOTAL = \frac{MÍN}{(MÍN + MÁX)}$$

O qual o valor MÍN é o valor encontrado na Tabela 8 nas somas dos critérios de cada bateria e o valor MÁX foi o calculado na Tabela 9 que traz o valor total máximo de proximidade de cada bateria com o valor ideal.

Quanto mais próximo o valor TOTAL demonstrado na Tabela 10 estiver de zero, mais longe da solução ideal a bateria está e o quanto mais próximo de um esse valor estiver, interpreta-se que será a bateria mais adequada para o projeto.

**Tabela 10 - Passo 6 para seleção da bateria através do método TOPSIS**

<b>Tipos</b>	<b>TOTAL</b>
T1	0,310
T2	0,585
T3	0,072
T4	0,864

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Trazendo os valores de um como melhor cenário e zero como o pior cenário, realiza-se o ranqueamento dos valores totais obtidos para cada bateria. A Tabela 11 classifica as baterias através desse ranking.

**Tabela 11 - Ranking da escolha mais próxima da ideal**

<b>Tipos</b>	<b>Ranking</b>
T1	3
T2	2
T3	4
T4	1

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Devido ao resultado através do método TOPSIS, a escolha adequada foi pela bateria de Lítio Íon (Li-Ion), sendo a mais próxima do ideal. Este tipo de bateria ainda está em fase de desenvolvimento da sua tecnologia e em um futuro próximo pode apresentar significativas evoluções. Na parte de desenvolvimento do projeto serão abordadas as especificações para o projeto, isso devido a necessidade da escolha do motor para que seja possível realizar o melhor casamento entre componentes.

#### 4.2.5 Escolha do motor

A escolha do motor seguiu o mesmo método de multicritérios utilizado para a escolha da bateria, e para isso inicialmente deve-se selecionar os critérios de escolha.

Os principais pontos a serem considerados para realizar a decisão da escolha do motor por multicritérios são: eficiência, potência em relação ao custo e capacidade de controlar a velocidade.

Por se tratarem de diversas características que podem influenciar no projeto, somente as mais críticas foram consideradas para a análise de multicritérios. O objetivo principal do projeto é desenhar um protótipo com alta eficiência e baixo custo, partindo dessa premissa é possível quantificar a relevância de cada característica do motor para o projeto.

Como o conjunto de bateria e motor estão completamente interligados, é necessário um motor tão ou mais eficiente do que a bateria para que seja possível uma eficiência completa do sistema, logo os custos maiores deste projeto irão envolver esses dois componentes chaves.

Utiliza-se a classificação da Tabela 2 para quantificar os critérios para cada tipo de motor analisado, isso é necessário pelo fato da existência de diversos motores com características de alimentação, potência, dimensional que são variáveis. As características físicas de projeto serão definidas posteriormente após a escolha de todos os componentes, assim através de cálculos de projeto será possível a determinação de cada item do motor.

A tabela 12 traz cada características já quantificada com seu peso dentro do projeto, para que seja possível realizar a análise de multicritérios.

**Tabela 12 - Critérios para escolha do motor**

<b>Critério</b>	<b>Peso</b>	<b>Descrição</b>
<b>A1</b>	<b>50%</b>	Eficiência
<b>A2</b>	<b>30%</b>	Controle de velocidade
<b>A3</b>	<b>20%</b>	Relação potência/custo

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Os tipos de motores adotados para análise de multicritérios estão conforme a Tabela 13.

**Tabela 13 - Tipos de motor**

<b>Tipos de motor</b>
T1 - Motor CA assíncrono (indução)
T2 - Motor CC com escova
T3 - Motor CC sem escova (brushless)

**Fonte: Autoria própria (2022)**



A seguir na Tabela 14 estão dispostas as pontuações de cada motor para os critérios estabelecidos.

**Tabela 14 - Classificação dos motores**

<b>Critérios</b>			
<b>Tipo</b>	A1	A2	A3
T1	2	1	3
T2	3	5	4
T3	5	5	2

Fonte: Autoria própria (2022)

O passo a passo do cálculo através do método TOPSIS seguirá sendo o mesmo o qual foi realizado entre as Tabelas 5 a 10. O primeiro passo é realizar a soma quadrática dos critérios como exposto na Tabela 15.

**Tabela 15 - Passo 1 para seleção do motor através do método TOPSIS**

<b>Dados</b>			
<b>Tipos</b>	A1	A2	A3
T1	2	1	3
T2	3	5	4
T3	5	5	2
Soma quadrada	6,16	7,14	5,39

Fonte: Autoria própria (2022)

Segundo passo é realizar a normalização dos critérios de cada componente em função da resultante da soma quadrática do critério para todos os motores que se observa na Tabela 16.

**Tabela 16 - Passo 2 para seleção do motor através do método TOPSIS**

<b>Dados</b>			
<b>Tipos</b>	A1	A2	A3
T1	0,32	0,14	0,56
T2	0,49	0,70	0,74
T3	0,81	0,70	0,37

Fonte: Autoria própria (2022)

Terceiro passo é calcular cada critério em função do seu peso estabelecido anteriormente na Tabela 12, assim também se obtém o pior e melhor cenário para cada necessidade.

Tabela 17 mostra os critérios já quantificados de acordo com seu peso no projeto e os valores máximos e mínimos para o melhor e pior cenário respectivamente.

**Tabela 17 - Passo 3 para seleção do motor através do método TOPSIS**

<b>Dados</b>			
<b>Tipos</b>	A1	A2	A3
T1	0,162	0,042	0,111
T2	0,243	0,210	0,149
T3	0,406	0,210	0,074
<b>Pior cenário</b>	0,162	0,042	0,074
<b>Melhor cenário</b>	0,406	0,210	0,149

Fonte: Autoria própria (2022)

No quarto passo (Tabela 18) calcula-se a distância do conjunto de critérios de cada motor referente ao pior cenário, quanto mais próximo de zero o valor Total estiver, mais próximo estará do quadro menos adequado.

**Tabela 18 - Passo 4 para seleção do motor através do método TOPSIS**

<b>Distância para o pior cenário</b>				
<b>Tipos</b>	A1	A2	A3	<b>Total</b>
T1	0,000	0,000	0,037	<b>0,037</b>
T2	0,081	0,168	0,074	<b>0,323</b>
T3	0,243	0,168	0,000	<b>0,411</b>

Fonte: Autoria própria (2022)

Ao quinto passo (Tabela 19) calcula-se a distância do conjunto de critérios de cada motor referente ao melhor cenário, quanto mais próximo de zero o valor Total estiver, mais próximo estará do quadro mais adequado para o projeto.

Tabela 19 - Passo 5 para seleção do motor através do método TOPSIS

Distância para o melhor cenário				
Tipos	A1	A2	A3	Total
T1	0,243	0,168	0,037	0,449
T2	0,162	0,000	0,000	0,162
T3	0,000	0,000	0,074	0,074

Fonte: Autoria própria (2022)

Estabelecidos a distâncias de cada motor para o pior e melhor cenário é possível definir qual dos modelos se aproxima mais da solução ideal para o projeto, adotando como o resultado em zero sendo o pior cenário e um como o melhor cenário, realiza o mesmo passo definido na Tabela 9.

O valor TOTAL demonstrado na Tabela 20 irá referenciar o motor final para o projeto, quanto mais próximo de zero, mais longe da solução ideal o motor está e o quanto mais próximo de um esse valor estiver, considera-se a melhor solução para o produto.

Tabela 20 - Passo 6 para seleção do motor através do método TOPSIS

Tipos	TOTAL
T1	0,076
T2	0,666
T3	0,847

Fonte: Autoria própria (2022)

Para ser mais visual os resultados, classifica-se de acordo com um ranking como mostrado na Tabela 21.

Tabela 21 – Ranking dos motores

Tipos	Ranking
T1	3
T2	2
T3	1

Fonte: Autoria própria (2022)

Assim definiu-se o motor Brushless como sendo o mais propício para o protótipo de patinete elétrico, isso se deu devida a grande eficiência que possui justamente por ser um motor não escovado, não existindo perda de eficiência devido ao atrito, porém um ponto a ser sacrificado por um motor de alta eficiência é o custo que ele traz.

As especificações técnicas do motor serão abordadas nos próximos capítulos, sendo necessário estabelecer condições de contorno iniciais para estimar a potência necessária para o projeto de acordo com as necessidades especificadas anteriormente.

#### 4.2.6 Escolha do material da estrutura

Ao contrário dos critérios adotados para a bateria e o motor que visavam uma maior eficiência no projeto o material da estrutura irá pelo caminho de reduzir custos juntamente com a facilidade em processos de fabricação, porém não se deve ser descartados outras características, sendo assim se faz necessário manter a linha de análise de multicritérios pelo método TOPSIS.

Os principais pontos a serem considerados para realizar a decisão por multicritérios são: massa específica, facilidade para uso em processos de fabricação, baixo custo e resistência mecânica.

Aborda-se um conjunto de aços e alumínio para essa análise, não realizando a especificação de apenas uma liga, mas utilizando do conjunto o qual as ligas pertencem, logo os valores abordados para classificação nos critérios serão conforme a Tabela 2.

O peso de cada critério abordado na Tabela 22 deve-se a tentativa de equilíbrio de custo no projeto, sendo assim como o peso do critério de custo para a bateria e o motor estavam baixos, para realizar o equilíbrio o custo do material da estrutura terá uma importância maior na escolha da liga.

Após a definição pela análise de multicritérios, a liga específica será escolhida para se enquadrar adequadamente ao projeto.

Tabela 22 - Critérios para escolha do material da estrutura

<b>Critério</b>	<b>Peso</b>	<b>Descrição</b>
<b>A1</b>	<b>20%</b>	Massa em relação ao volume
<b>A2</b>	<b>40%</b>	Baixo custo
<b>A3</b>	<b>20%</b>	Resistência mecânica
<b>A4</b>	<b>20%</b>	Facilidade para uso em processos de fabricação

Fonte: Autoria própria (2022)

Para realizar as análises, a generalização de ligas abordadas estão conforme a Tabela 23.

Tabela 23 - Tipos de materiais

<b>Tipos de metais</b>
T1 - Aço baixo/médio carbono
T2 - Aço Inox
T3 - Alumínio naval
T4 - Alumínio aeronáutico

Fonte: Autoria própria (2022)

A Tabela 24 traz a pontuação de cada metal analisado para cada critério estabelecido, através dessa valoração é possível realizar a análise de multicritério.

Tabela 24 - Classificação dos materiais

<b>Tipo</b>	<b>Critérios</b>			
	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>
T1	2	5	4	5
T2	1	1	4	3
T3	5	2	3	2
T4	5	2	3	2

Fonte: Autoria própria (2022)

Os mesmos passos seguidos anteriormente na escolha da bateria e do motor serão executados para a escolha do metal da estrutura, sendo como referência as Tabelas 5 a 10. Relembrando que como primeiro passo é feita a soma dos quadrados de cada necessidade como exposto na Tabela 25.

Tabela 25 - Passo 1 para seleção do material através do método TOPSIS

Dados				
Tipos	A1	A2	A3	A4
T1	2	5	4	5
T2	1	1	4	3
T3	5	2	3	3
T4	5	1	5	2
Soma quadrada	7,42	5,57	8,12	6,86

Fonte: Autoria própria (2022)

Realizando a normalização dos critérios de cada motor em função da soma quadrada de todos os critérios obtêm-se o resultado da Tabela 26.

Tabela 26 - Passo 2 para seleção do material através do método TOPSIS

Dados				
Tipos	A1	A2	A3	A4
T1	0,27	0,90	0,49	0,73
T2	0,13	0,18	0,49	0,44
T3	0,67	0,36	0,37	0,44
T4	0,67	0,18	0,62	0,29

Fonte: Autoria própria (2022)

Calcula-se os critérios já considerando o peso estabelecido anteriormente para cada uma das necessidades. A Tabela 27 além de trazer os critérios já quantificados de acordo com o peso, também traz o pior e melhor cenário para os parâmetros iniciais de análise.

Tabela 27 - Passo 3 para seleção do material através do método TOPSIS

Dados				
Tipos	A1	A2	A3	A4
T1	0,054	0,359	0,098	0,146
T2	0,027	0,072	0,098	0,088
T3	0,135	0,144	0,074	0,088
T4	0,135	0,072	0,123	0,058
<b>Pior cenário</b>	0,027	0,072	0,074	0,058
<b>Melhor cenário</b>	0,135	0,359	0,123	0,146

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a Tabela 28, deve-se considerar os valores totais como a soma das distâncias de cada material em relação ao pior cenário, logo quanto mais próximo de zero a soma estiver, em um pior cenário estará se enquadrando.

**Tabela 28 - Passo 4 para seleção do material através do método TOPSIS**

<b>Distância para o pior cenário</b>					
<b>Tipos</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>Total</b>
T1	0,027	0,287	0,025	0,088	<b>0,426</b>
T2	0,000	0,000	0,025	0,029	<b>0,054</b>
T3	0,108	0,072	0,000	0,029	<b>0,209</b>
T4	0,108	0,000	0,049	0,000	<b>0,157</b>

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Em sequência para que se encontre o cenário mais próximo ao ideal a Tabela 29 demonstra através dos valores totais a distância de que cada componente está do melhor cenário, levando em consideração que o tipo mais próximo de zero se encontra perto do ideal.

**Tabela 29 - Passo 5 para seleção do material através do método TOPSIS**

<b>Distância para o melhor cenário</b>					
<b>Tipos</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>Total</b>
T1	0,081	0,000	0,025	0,000	<b>0,106</b>
T2	0,108	0,287	0,025	0,058	<b>0,478</b>
T3	0,000	0,216	0,049	0,058	<b>0,323</b>
T4	0,000	0,287	0,000	0,088	<b>0,375</b>

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Através dos cálculos realizados anteriormente para a escolha do motor e da bateria, o valor TOTAL demonstrado na Tabela 30 tem como objetivo demonstrar a distância em que cada material está do pior ou do melhor cenário, quanto mais próximo de zero, mais longe da solução ideal o material está e o quanto mais próximo de um esse valor estiver, se enquadra como uma melhor solução para as necessidades propostas.

**Tabela 30 - Passo 6 para seleção do material através do método TOPSIS**

<b>Tipos</b>	<b>TOTAL</b>
T1	0,802
T2	0,101
T3	0,393
T4	0,295

**Fonte: Aatoria própria (2022)**

Tabela 31 aborda através de um ranking classificatório qual seria o material mais próximo a necessidade do projeto.

**Tabela 31 - Ranking dos materiais da estrutura**

<b>Tipos</b>	<b>Ranking</b>
T1	1
T2	4
T3	2
T4	3

**Fonte: Aatoria própria (2022)**

O material escolhido através do método TOPSIS foi o aço baixo/médio carbono, o qual se caracterizou por possui boas propriedades mecânicas, boa compatibilidade com processos de fabricação e possui o menor custo atual para a construção de um protótipo. Devido a escolha da bateria e do motor serem tendenciosas a componentes mais caros para que seja possível obter a maior eficiência no sistema, o material da estrutura acaba por sofrer um sacrifício utilizando-se materiais mais pesados, porém que possuem menor custo.

Tipos de tubos, chapas e maiores especificações dos materiais a serem utilizados serão expostos na parte de desenvolvimento do produto, para que se faça a escolha mais assertiva para cada necessidade.



### 4.3 Desenvolvimento das Especificações do Produto

Este capítulo trata-se do desenvolvimento do projeto, onde define-se as especificações de cada componente para que seja possível suprir todas as necessidades abordadas anteriormente.

Também será exposto o desenho do projeto do patinete juntamente com simulações que comprovem a sua capacidade estrutural.

#### 4.3.1 Especificações do motor

Entre os patinetes estudados como embasamento para realização deste projeto, pode-se identificar um padrão nos pneus/motores utilizados para linhas de entrada para patinetes elétricos. Então para que possa ser possível realizar a intercambialidade entre motores com diferentes tipos de potência em um mesmo quadro, adota-se como medida padrão de escolha do motor tendo diâmetro externo do pneu acoplado de 8 a 9".

Como medida de segurança para operação dos patinetes, e a fim de mitigar o uso em potência máxima dos motores que acabam por gerando picos de uso de bateria, podendo ocasionar risco de queima dos controladores, só será possível acionar o motor após o patinete estar em movimento, ou seja, somente após o protótipo atingir 3km/h a unidade controladora irá comunicar energizando o motor.

Dentre as potências mais comuns entre os patinetes elétricos estão:

- 250W;
- 300W;
- 350W;
- 500W;
- 600W;
- 750W;
- 1000W;

Partindo da premissa que o protótipo se trata de um modelo de entrada, potências acima de 500W acabariam por ser inviáveis, além do maior custo para aquisição do motor, também se faria necessário uma bateria mais robusta e consequentemente com valor mais elevado. Devido a necessidade de o patinete estar

em movimento para acionamento do motor, retira-se a necessidade de um torque elevado para remover o protótipo da inércia, sendo necessário somente para mantê-lo em movimento.

Realizaram-se teste com dois tipos diferentes de patinetes elétricos, um com potência nominal do motor de 250W e o outro com potência de 350W, durante o uso em ruas mais íngremes nota-se a diferença de capacidade de manter a mesma velocidade e até mesmo a funcionalidade correta do patinete.

Para manter a linha de comparação com os patinetes abordados como possíveis concorrentes o modelo escolhido inicialmente para o projeto, trata-se de um motor com potência nominal de 350W e com capacidade de picos de até 700W o qual é utilizado como padrão no mercado.

A Figura 29 traz um exemplo do modelo a ser seguido.

**Figura 29 - Motor patinete elétrico**



**Fonte: MUBBY, Patinetes e motos elétricas (2021)**

Especificações do motor:

- Dimensões: 22,5x22,5x4,8cm;
- Tensão: 36V;
- Potência: 350W;
- Massa aproximada: 3Kg;

- Torque: 35N.m;
- Velocidade máxima configurada: 25km/h;
- Massa suportada: 120Kg.

#### 4.3.2 Especificações da bateria

Após realizar a especificação do motor é possível dimensionar a bateria para o conjunto a qual usará 36V como tensão base.

Para ser possível atingir os 20km de eficiência com uma carga de bateria, é necessário realizar o cálculo de qual será a capacidade da bateria para que cumpra este requisito.

Partindo do princípio que o patinete irá funcionar a velocidade de 20km/h como máxima determinada por lei, considerando essa velocidade como sendo em uso da potência nominal do motor, ou seja, um consumo constante de 350W, é possível realizar os seguintes cálculos.

Onde  $v_{m\acute{a}x}$  é a velocidade máxima permitida,  $d$  é a distância a qual se deseja percorrer antes de acabar a bateria,  $I_m$  é a corrente a qual o motor puxa,  $P_m$  é a potência nominal do motor,  $V_m$  é a tensão de funcionamento do motor.

$$t = \frac{d}{v_{m\acute{a}x}}, \quad t = \frac{20(km)}{20(\frac{km}{h})}, \quad t = 1h.$$

$$I_m = \frac{P_m}{V_m}, \quad I_m = \frac{350(W)}{36(V)}, \quad I_m \cong 9,7A.$$

Logo a capacidade mínima da bateria deve ser de 9,7Ah ou 9700mAh como comumente a nomenclatura é utilizada, para que seja possível utilizar durante 1h em velocidade de 20km/h e potência nominal de 350W.

Devido a bateria de íons lítio serem uma tecnologia em desenvolvimento, através de pesquisas em mercados internos não foi possível encontrar uma bateria adequada para o motor escolhido, sendo a grande maioria de chumbo-ácido que possuem uma relação de capacidade/peso muito menor que as baterias de íon lítio, assim se fez necessário uma pesquisa com mercado externo.

A bateria escolhida foi conforme a Figura 30.

Figura 30 - Bateria de lítio íon



Fonte: TO LO&VE LIFE Store (2022)

Especificações da bateria:

- Dimensões: 280x68x40mm;
- Capacidade: 30Ah;
- Tensão: 36V;
- Massa aproximada: 1,5Kg;
- Ciclos de vida: 800;
- Corrente de descarga nominal: 15A;
- Corrente de descarga máxima instantânea (a): 30A;
- Corrente de descarga contínua máxima (a): 15A;
- Corrente de carregamento padrão: 2A;
- Carga de corrente contínua máxima: 5A;
- Tensão de carregamento: 42V.

A escolha de uma bateria acima da capacidade solicitada se dá pelo fato de existir uma perda de capacidade a cada uso. A bateria de lítio íon possui uma eficiência entre 90 a 95% em relação a energia utilizada para o motor.

Para reduzir o envelhecimento da bateria, que se trata de uma das desvantagens das baterias lítio íon, recomenda-se a utilização de somente 60% da capacidade total.

Considerando os cenários apontados anteriormente, calcula-se o tempo de duração da bateria seguindo as recomendações. Onde  $C_b$  é a capacidade da bateria a ser utilizada e  $I_m$  é a corrente do motor.

$$t = \frac{C_b}{I_m}, t = \frac{30(Ah) \times 0,6 \times 0,9}{9,7(A)}, t \cong 1,67h$$

Assim mesmo com as restrições para estender a vida útil da bateria, tem-se a eficiência necessária estimada.

$$d = t \times v_{m\acute{a}x}, d = 1,67(h) \times 20\left(\frac{Km}{h}\right), d = 33,4 (Km)$$

Tendo como base a vida útil de 800 ciclos, e utilizando como referência valores conservadores anteriormente calculados para estimar o tempo de uso total, é possível calcular a distância máxima que será percorrida com esta bateria. Onde  $D_t$  é a distância total percorrida durante todo ciclo de vida da bateria e  $D_u$  é a vida útil de acordo com as condições de uso diárias estabelecidas.

$$D_t = 800 \times 33,4(Km), D_t = 26.740 Km$$

Em um cenário que se percorre um caminho diário de 20km por dia:

$$D_u = \frac{26.740 (Km)}{20 (Km)} = 1.336 \text{ dias} \cong 3,5 \text{ anos}$$

Logo, a previsão de vida útil que estava limitada pela bateria de 18 a 24 meses foi suprida e pode ser estendida de acordo com novos cálculos.

### 4.3.3 Especificações do carregador

Devido a escolha de uma bateria mais robusta para utilização no projeto, também se faz necessário adequar um carregador com as especificações necessárias para atender à exigência de um carregamento total da bateria dentro de um curto período de tempo.

Assim para atender a tensão de carregamento especificado da bateria deve-se escolher um carregador com tensão de saída de 42V.

Para estimar a necessidade da corrente de trabalho do carregador, deve-se realizar a estimativa de tempo necessário que se deseja o carregamento completo da bateria, e como uma das metas trata-se de obter uma carga completa em menos de 6h, utiliza-se esse valor como base.  $P_n$  se refere a potência necessária total consumida com uma carga da bateria,  $I_b$  a capacidade de armazenar energia (Ah) da bateria e  $V_b$  a tensão da bateria.

$$P_n = I_b \times V_b = 30 \times 36 = 1080Wh$$

Calcula-se a corrente de saída necessária do carregador para atingir o carregamento completo em menos de 6h, porém deve-se lembrar que a corrente máxima de carregamento da bateria é de 5A.  $I_c$  é a corrente mínima necessária que se deseja e  $V_c$  é a tensão do carregador.

$$V_c \times I_c = \frac{1080Wh}{6h} \rightarrow I_c = \frac{1080Wh}{6h \times 42V} = 4,28A$$

Logo a corrente mínima de saída do carregador deve ser de 4,28A, isso considerando a necessidade de carga completa da bateria, o qual não é recomendado o uso completo devido as características da bateria de lítio íon.

Leva-se em conta os custos do conjunto do mercado, e o carregador com capacidade de 5A de saída se demonstraram escassos e com preços elevados, sendo necessário por optar por outro modelo como demonstrado na Figura 31.

Figura 31 - Carregador da bateria

### 42V 4A Scooter Charger



Fonte: BAYADOU Charger Store (2022)

As especificações do carregador são as seguintes:

- Tensão de saída: 42V;
- Tensão de entrada: 100-240V;
- Frequência da rede: 50/60Hz;
- Corrente de saída: 4A;

Calcula-se novamente o tempo de carga total da bateria considerando um aproveitamento de 90% da energia. Sendo  $T_r$  o tempo total de recarga para uma bateria completamente descarregada.

$$T_r = \frac{1080Wh}{4A \times 42V \times 0,9} \cong 7,15h$$

#### 4.3.4 Controladora e acessórios

Devido à complexidade de acionamento do motor brushless, não é possível realizar somente o controle de velocidade com um potenciômetro, se faz necessário

um módulo controlador a qual vai permitir regular a defasagem dos ímãs através dos sensores Hall que são responsáveis pela comunicação do posicionamento do motor.

A escolha da unidade controladora é baseada nas especificações do motor e bateria, para que seja completamente compatível com as tensões, potência e corrente para funcionamento.

A Figura 32 traz o modelo padrão de um módulo controlador para patinetes com potência de 350W.

**Figura 32 - Módulo controlador**



**Fonte: ZAGI, João (2022)**

Especificações do módulo controlador:

- Tensão: 36V/48V
- Potência: 350W
- Corrente: 16-18A
- Tamanho: 10,3x7x3,5cm

Para referência das conexões a serem realizadas futuramente, deve-se seguir a ligação de acordo com os conectores abaixo na Figura 33.



**Figura 33 - Nomenclatura dos conectores do módulo**



Fonte: ZAGI, João (2022)

Os acessórios terão a comunicação realizada com o módulo de controle e devem cumprir as necessidades iniciais impostas, logo, juntamente com o módulo controlador deve-se incluir ao projeto:

- Placa Controladora: Trará a função visual, distribuindo sinais de freio, acionamento do acelerador, medidor de velocidade e bateria.
- Acelerador: Gatilho para acelerar o motor do protótipo.
- Farol: Iluminação frontal.
- Lanterna Traseira: Luz sinalizadora do freio.
- Cabo: Realizar as conexões de todos os componentes.
- Alavanca do Freio: Interrompe o sinal do acelerador e realiza o freio motor.

Para melhor ilustração, os componentes citados acima estão dispostos na Figura 34.

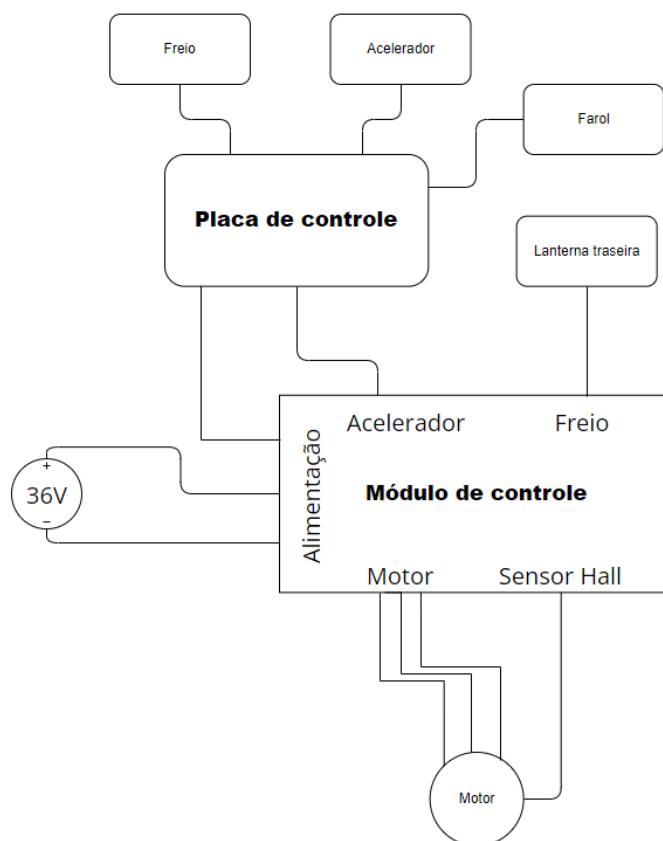
**Figura 34 - Acessórios**

Fonte: TO LO&VE LIFE Store (2022)

Os componentes, motor e o módulo devem ser ligados corretamente para evitar a queima e o mal uso dos aparelhos, a placa controladora servira como uma central para distribuir os sinais dos acessórios para o módulo de controle, assim, esses dois itens se tornam os mais importantes no esquema.

A Figura 35 ilustra o método que deve ser dispostas as ligações dos componentes, não se tratando de um diagrama elétrico, mas sim um esquemático baseado nos componentes abordados, em caso de alteração de algum dos equipamentos deve-se consultar o manual do fabricante para realizar as conexões corretas.

**Figura 35 - Conexão dos componentes**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

#### 4.3.5 Especificação da estrutura

As especificações detalhadas do projeto não serão informadas no presente trabalho devido ao mesmo ser direcionado para futuras possíveis aplicações no mercado, sendo direcionado para a construção e validação de um protótipo para inserção no mercado.

Para realizar o detalhamento da estrutura utiliza-se como base de construção os aços de baixo/médio carbono anteriormente selecionados, tendo como função sustentar toda a carga que será distribuída pelo projeto, assim procura-se inicialmente elaborar um projeto seguro que esteja suscetível a melhorias no futuro.

A massa máxima indicada pelo fabricante do motor como indicação de funcionamento é de 120kg, logo a soma da estrutura e do ocupante não deve ultrapassar este valor, porém como um coeficiente de segurança irá se considerar 115kg como a massa máxima para uso, sendo 100kg do ocupante e 15 kg do projeto.

Utiliza-se ferramentas CAD 3D para desenho do modelo e a validação da estrutura através de simulações do tipo FEA, as quais foram utilizadas licenças acadêmicas fornecidas pela instituição.

O desenho estrutural final do patinete elétrico está representado na Figura 36, onde contém os componentes já montados.

**Figura 36 - Desenho estrutural**



**Fonte: A autoria própria (2022)**

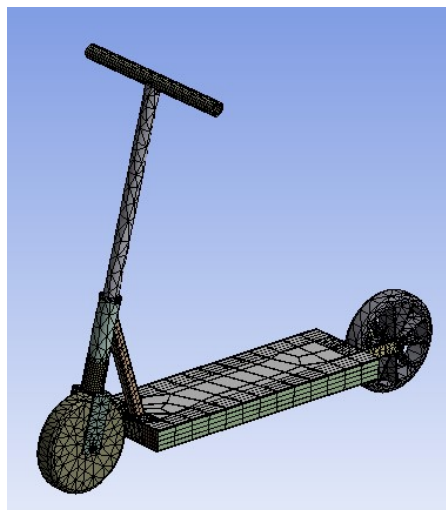
Utilizando-se da montagem estrutural, realizou-se ensaios de carga no projeto do protótipo para que fosse possível identificar os pontos mais suscetíveis a falhas, os quais deveriam ser reprojitados, também foi possível identificar componentes superdimensionados que para fins de redução de peso podem ser refinados.

Devido a não fabricação do modelo, as simulações e cálculos tornam-se a base para comprovação do funcionamento do protótipo, assim deve-se estimar os piores cenários de utilização do produto para que seja possível aproximar-se de um valor mais factível.

As simulações foram realizadas levando como premissa um usuário de 100kg utilizando o patinete elétrico. Onde o desenho realizado através da ferramenta de desenho CAD 3D foi direcionado para o software para simulações FEA para validação

da estrutura do projeto, o qual podemos gerar pontos de condições de uso, o modelo com malha gerada encontra-se na Figura 37.

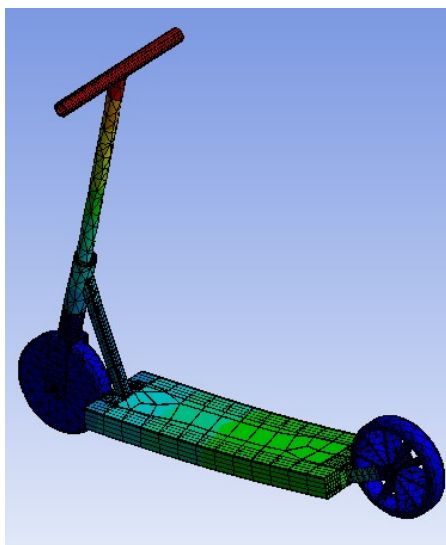
**Figura 37 - Modelo com malha gerada (FEA)**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

A primeira simulação tem como finalidade indicar a máxima deformação do protótipo utilizando a máxima carga indicada de 100kg apoiada sobre a base da estrutura e com apoio no guidão, segue modelo da deformação na Figura 38.

**Figura 38 - Ensaio deformação**

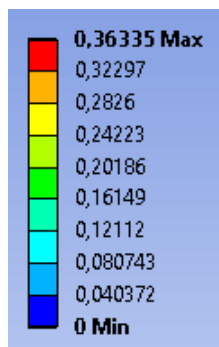


**Fonte: Autoria própria (2022)**

A deformação máxima do projeto está sendo identificada no guidão do patinete elétrico, isso de pela deformação que a base proporciona puxando o conjunto

e a posição de apoio das mãos acima da estrutura do guidão. A figura 39 traz os valores da deformação em milímetros (mm).

**Figura 39 - Nível de deformação (mm)**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Nota-se que a deformação máxima está em apenas 0,36mm, onde é considerado o pior cenário de uso do protótipo, não sendo um valor que traz preocupação ao conjunto.

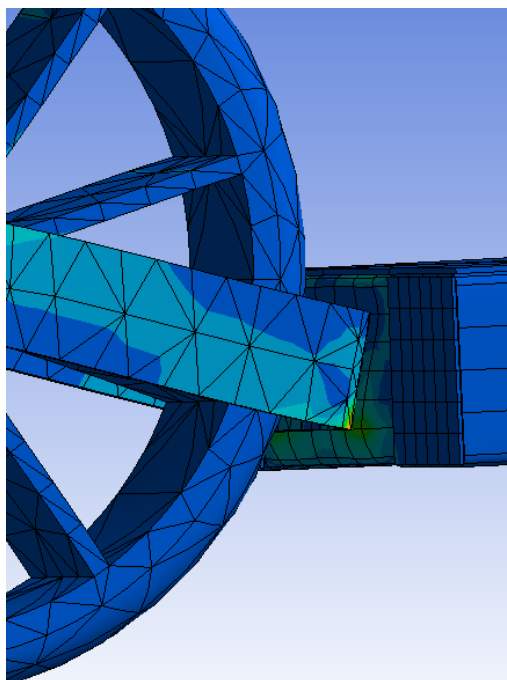
A segunda simulação realizada foi para identificar o *stress* máximo do conjunto, onde o mesmo foi construído com aços estruturais A36 e aço 1020, assim o limite mínimo de resistência a tração do conjunto é de 400MPa. A Figura 40 demonstra a simulação.

**Figura 40 - Simulação de resistência**



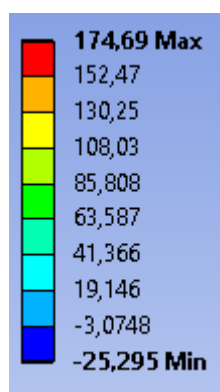
**Fonte: Autoria própria (2022)**

O componente que possui o maior esforço de resistência é o ponto de união entre a chapa de apoio da roda traseira e a estrutura principal de apoio para os pés, como abordado na Figura 41.

**Figura 41 - Ponto de maior tensão**

Fonte: Autoria própria (2022)

A distribuição de tensão pelo corpo do projeto não atingiu pontos aos quais se fez necessário nova análise do projeto, obtendo um coeficiente de segurança de 2, as tensões encontradas podem ser vistas na Figura 42.

**Figura 42 - Tensão (MPa)**

Fonte: Autoria própria (2022)

Considerando apenas a parte estrutural do projeto, sem considerar a montagem dos acessórios e bateria, as propriedades finais do projeto foram as seguintes apresentadas na Tabela 32.

**Tabela 32 - Propriedades da montagem**

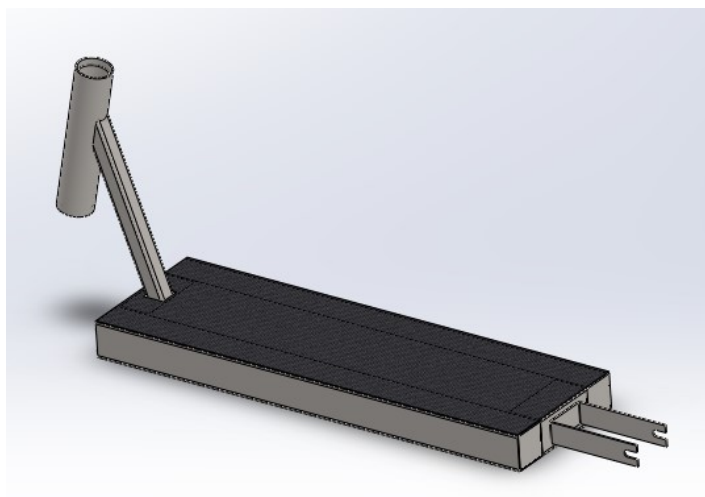
Propriedades estruturais	
Massa estrutural	16431,25g
Volume	2756612,89mm <sup>3</sup>
Área de superfície	1878362,27mm <sup>2</sup>

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Nota-se que a massa final ultrapassou o limite estipulado inicialmente de 15kg, isso se deve a utilização de uma estrutura inteiramente feita de aço, o que apesar de reduzir o custo de materiais, eleva a massa final do projeto.

O desenho da parte estrutural foi dividido em 3 grupos, sendo eles: conjunto guidão e motor, roda traseira e estrutura principal.

A estrutura principal apontada na Figura 43 demonstra onde será feito o apoio principal de carga no projeto, e onde em sua extremidade possui assentamentos de rolamento para acoplamento ao guidão e motor.

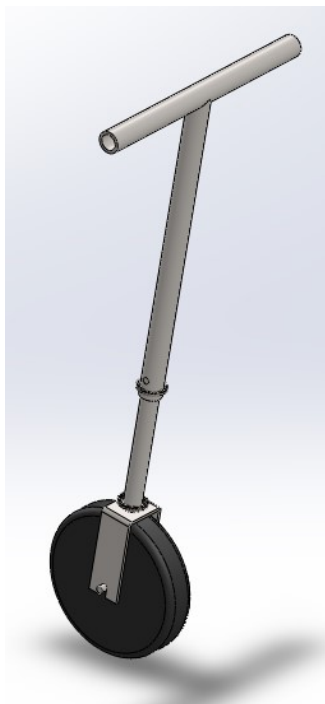
**Figura 43 - Base estrutural**

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A estrutura do guidão e motor estão demonstradas na Figura 44, onde os rolamentos radiais estão posicionados referente ao assentamento juntamente a base.



**Figura 44 - Conjunto guidão e motor**



**Fonte: Aatoria própria (2022)**

E por fim a última parte estrutural do conjunto trata-se da roda traseira mostrada na Figura 45, onde encontra-se grande parte da carga distribuída.

**Figura 45 - Roda traseira**

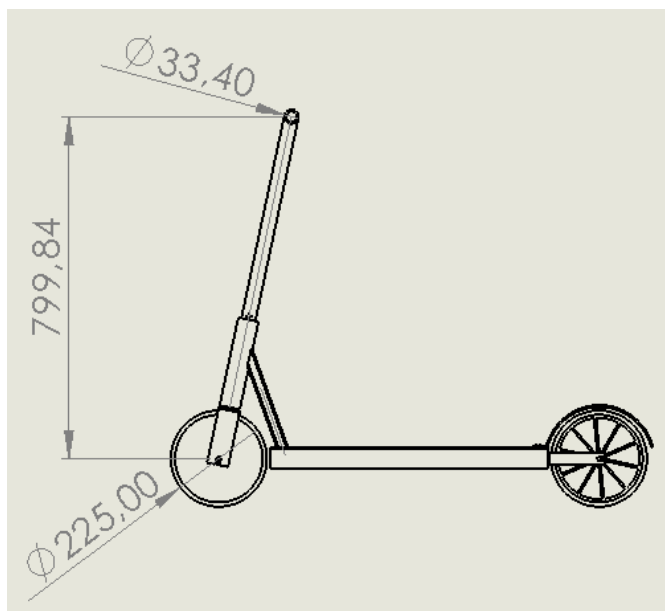


**Fonte: Aatoria própria (2022)**

Os valores dimensionais da estrutura montada possuem as medidas dentro do especificado por lei pelo CONTRAN. A Figura 46 traz a altura total do projeto, onde

deve-se considerar os raios dos diâmetros apontados para fins de cálculo de altura final que é de aproximadamente 929mm.

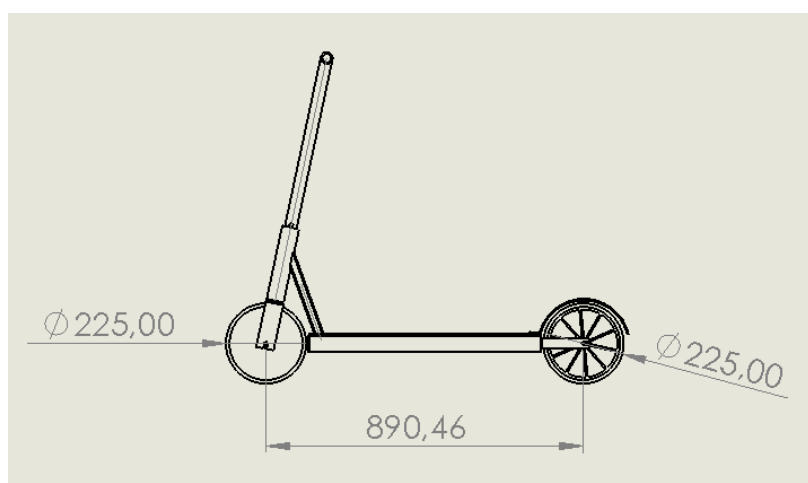
**Figura 46 - Altura do projeto**



Fonte: Autoria própria (2022)

O comprimento final obtido através da montagem do projeto é de aproximadamente 1.115mm, estando dentro das normativas conforme a Figura 47.

**Figura 47 - Comprimento do projeto**

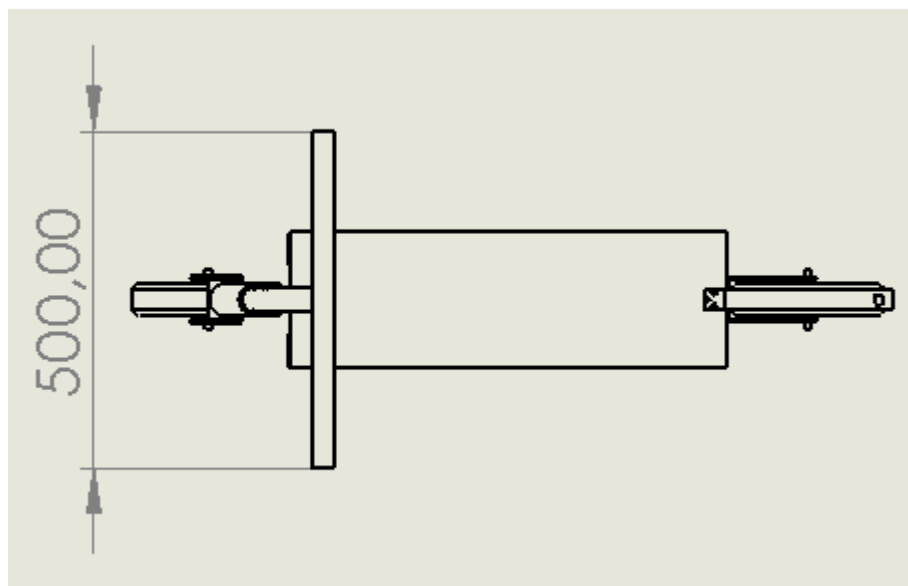


Fonte: Autoria própria (2022)

E por fim a largura estabelecida para o projeto está conforme a Figura 48, onde opta-se por utilizar uma largura de guidão maior que a utilizada comumente em

patinetes de baixo custo do mercado, devido a experiências obtidas na utilização dos patinetes padrões, nota-se maior conforto para posicionamento e pilotagem do patinete.

**Figura 48 - Largura do projeto**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Definido a estrutura final do projeto, se faz necessário a complementação do modelo com os acessórios finais para a possibilidade de uso do mesmo.

A montagem final contempla o velocímetro, freios dianteiro e traseiro, farol, acelerador, luz traseira e pôr fim a montagem da bateria e controladora de todo o sistema eletrônico que estão alojados abaixo do assoalho da estrutura principal do patinete elétrico.

A montagem final do projeto com todos os acessórios já implementados está ilustrada na Figura 49, o qual é proposto ser seguido para a fabricação de um protótipo no futuro.

**Figura 49 - Montagem do projeto**

**Fonte: Autoria própria (2022)**

#### 4.3.6 Lista de materiais e custos

Para realizar a construção do protótipo baseado nas dimensões do desenho exposto anteriormente, juntamente com bateria, controlador e acessórios, se faz necessário ter os seguintes itens de acordo com a Tabela 33, onde encontra a lista de materiais para o projeto, não levando em consideração itens necessários para realizar o processo de fabricação, apenas a matéria prima para o mesmo.

Chapas, tubos, parafusos, roscas e rolamentos foram utilizados fornecedores nacionais para realizar a média de valores, sem a adição de frete.

Demais itens como motor, roda traseira, controlador, bateria e carregador os valores foram cotados com fornecedores internacionais que possuem um menor custo final, ao custo final para produtos importados já foram considerados os fretes.

**Tabela 33 - Materiais e custos**

Descrição	Quantidade	Custo aproximado
Chapa aço 650x200x1,5mm	2	R\$ 35,50
Chapa aço 330x30x2,65mm	1	R\$ 2,40
Chapa aço 330x50x4,75mm	1	R\$ 6,50
Tubo quadrado 250x25x25mm	1	R\$ 4,60
Tubo quadrado 1500x50x50mm	1	R\$ 47,40
Tubo aço 8 1/2x1 1/2"	1	R\$ 11,80
Tubo aço 35 3/4x1"	1	R\$ 29,95
Pneu + roda traseira (8,5")	1	R\$ 108,50
Motor 350W (8,5")	1	R\$ 334,50
Controlador + acessórios	1	R\$ 174,70
Bateria + carregador	1	R\$ 572,10
Rolamento	2	R\$ 140,40
Kit parafuso + porcas	1	R\$ 49,90
<b>Total</b>	-	<b>R\$ 1.518,25</b>

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Não estão inclusos custos de materiais e ferramentas para aplicação no processo de fabricação do projeto. Vale ressaltar que o maior custo se encontra na bateria e motor do protótipo, o qual pode ser reduzido com a aquisição em grandes quantidades e o desenvolvimento de fornecedores que atendam aos requisitos apontados.

O produto que mais se aproxima das especificações de eficiência abordados no presente projeto trata-se do patinete Foston, o qual possui um valor médio de mercado acima de R\$3000,00, assim existe uma boa margem de valor para realizar o passo a passo de fabricação do produto elaborado.

Deve-se atentar que todos os patinetes apontados possuem uma capacidade de bateria extremamente inferior ao protótipo abordado, e todos os cálculos utilizados por fabricantes como Xiaomi e Foston consideram o uso completo da carga de bateria para estimar a eficiência final.

Sabe-se que o uso completo de baterias de lítio-íon tende a encurtar a sua vida útil, sendo assim o presente projeto abordou um consumo mais conservador o qual pode ser revisto.

O ponto a ser trabalho no custo trata-se da bateria que engloba 1/3 do valor total do custo para construção do patinete, existindo uma boa margem para redução

e ainda assim sendo capaz da aquisição de uma bateria de acordo com as comumente utilizadas pelo mercado atual, que dificilmente ultrapassam valores acima de 10Ah, o qual foi decidido não ser utilizado como padrão para não comprometer o projeto.

O foco deste trabalho é trazer um produto confiável e que venha a ter uma alta durabilidade com uma eficiência adequada que venha a atender o consumidor final durante um longo período de tempo, sendo assim deve-se adquirir produtos de maior qualidade quando se trata de componentes críticos para operação do protótipo.

#### 4.3.7 Especificações finais atingidas

Através das necessidades apontadas para construção do protótipo, foram levantadas especificações metas e ao final é necessário realizar as comparações com os resultados finais obtidos. O Quadro 4 mostra o resumo geral das especificações, demonstrando quais foram ou não foram atingidas e observações referentes aos itens abordados.

Quadro 4 - Conclusão das especificações

Especificações meta do projeto	Atingido	Não atingido	Observações
Motor com potência acima de 250W	X		Utilizado motor de 350W para se adequar aos produtos comparados.
Bateria com tensão entre 24 a 48V	X		Bateria de 36V padrão ao motor no mercado.
Tempo de recarga da bateria de no máximo 6h	X		Utilizando o modelo de acordo com as recomendações o carregador irá suprir a necessidade de carga. Caso se utilize a carga completa o tempo de recarga será de aproximadamente 7h.
Capacidade da bateria acima de 5Ah	X		Capacidade extremamente alta de 30Ah, excedendo em até 3 vezes a produtos concorrentes.
Eficiência acima de 20km por carga da bateria	X		Mesmo aderindo a um cenário extremamente conservador, obtém-se uma eficiência acima de 30km devido à alta eficiência da bateria.
Atingir velocidade de 20km/h	X		Motor pode exceder 25km/h, porém é limitado pela controladora.
Massa máxima do projeto de 15kg		X	Massa da estrutura acima de 16kg, sem adição dos acessórios, necessário refinamento de projeto com materiais alternativos.
Facilidade no transporte manual		X	Não foram inclusas especificações de desmontagem e dobragem de componentes para facilitar o transporte manual.
Facilidade para pilotagem	X		Conjunto de mancais posicionados para facilitar a mobilidade do guidão.
Dimensional	X		O projeto atende as normas que regem o dimensional deste tipo de produto.

Fonte: Autoria própria (2022)

## 4 CONCLUSÃO

Foi possível realizar o processo de desenvolvimento de produto do protótipo do patinete elétrico, realizando o levantamento de materiais mais adequados para utilização na construção do produto, assim como os métodos para realização do mesmo.

Adotou-se o MVP para componentes aos quais estão mais suscetíveis a trocas futuras juntamente com o PDP para elaborar as metas a serem atingidas ao final do projeto, os quais foram fundamentais para escolha dos caminhos a serem seguidos e escolhas a serem tomadas.

Utilizando das ferramentas de desenho CAD 3D foi possível estabelecer um projeto tangível de fabricação, o qual foi focado na simplificação da elaboração da estrutura, não trazendo materiais que possuem processos de fabricação e montagem complicados, tornando viável a fabricação do projeto apenas com ferramentas básicas de produção.

Para garantir a segurança estrutural dos componentes escolhidos, foi utilizado o método de simulação FEA (análise de elementos finitos), por onde foi possível identificar os pontos de maior sobrecarga do projeto os quais devem se atentar para casos de fabricação.

Em próximos projetos podem ser revisados os componentes estruturais para redução da massa final e do custo para aquisição dos materiais.

O desenvolvimento deste projeto foi fundamental para aplicação dos conhecimentos técnicos desenvolvidos durante a graduação, tornando possível a elaboração de um produto com potencial de inserção no mercado. Apesar de alguns requisitos não terem sido cumpridos, o passo a passo desse projeto foi essencial para desenvolver uma mente mais criteriosa para tomadas de decisões.

Devido a mobilidade elétrica ainda estar dando seus passos iniciais do mercado, existe uma grande fatia do mercado a qual não foi atingida por essa nova onda, assim abre-se uma janela de oportunidades para a construção de um produto feito em território brasileiro.



## 5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros recomenda-se o estudo da viabilidade e desenvolvimento de projetos no âmbito do desenvolvimento da mobilidade elétrica, sendo ela micro ou não. Expandir a janela de produtos para scooters, bicicletas, monociclos elétricos, ou até mesmo o projeto de um carro de pequeno porte.

A mobilidade urbana está em escassez de novos produtos acessíveis para grande parte da população, e com a alta no valor de carros, motos e combustíveis, cada vez mais busca-se alternativas para viabilizar a mobilidade no meio urbano.

Projetos derivados desse TCC podem ter como objetivo a construção do protótipo, através de um projeto detalhado, realizando o desenvolvimento de fornecedores com menores custos para redução do valor final do projeto e validando o produto final através de outros possíveis métodos de fabricação.

A única parte do projeto que não é totalmente reutilizável para novos protótipos, trata-se da parte estrutural, assim para adequação de massa final do produto, entende-se que uma via para um novo projeto seria a readequação do protótipo para utilização de ligas metálicas com menor massa específica, porém que venham a atender resistências mecânicas mínimas para segurança do produto, demais componentes como motor, bateria, controladora e acessórios são facilmente separados e desacoplados para utilização em demais trabalhos com capacidades semelhantes as limitadas neste projeto.

## REFERÊNCIAS

Acoplast Brasil. **Engrenagem com dentes retos**. Disponível em: <https://blog.acoplastbrasil.com.br/engrenagem/engrenagens-cilindricas-com-dentes-retos-post-acoplast-brasil/>. Acesso em 13 de abril de 2022.

Agência Senado. **Aprovado na CDR projeto que regula uso de patinetes e bicicletas elétricas**. 2020. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2020/02/05/aprovado-na-cdr-projeto-que-regula-uso-de-patinetes-e-bicicletas-eletricas>. Acesso em: 22 ago. 2020.

ALMEIDA, J.; LIMA, K.; BARBIERI, R. **Elementos de máquinas: projeto de sistemas mecânicos**. Rio de Janeiro: Gen Ltc, 2017.

BAYADOU Charger Store. **36v scooter elétrico 42 v carregador**, Disponível em: [https://pt.aliexpress.com/item/1005001425040991.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.6a3f43fdQwmD6z&algo\\_pvid=0f6ddf0f-1146-44c0-b720-256dc1b9cd23&algo\\_exp\\_id=0f6ddf0f-1146-44c0-b720-256dc1b9cd23-46&pdp\\_ext\\_f=%7B%22sku\\_id%22%3A%2212000021394018136%22%7D&pdp\\_pi=-1%3B78.48%3B-1%3B-1%40salePrice%3BBRL%3Bsearch-mainSearch](https://pt.aliexpress.com/item/1005001425040991.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.6a3f43fdQwmD6z&algo_pvid=0f6ddf0f-1146-44c0-b720-256dc1b9cd23&algo_exp_id=0f6ddf0f-1146-44c0-b720-256dc1b9cd23-46&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2212000021394018136%22%7D&pdp_pi=-1%3B78.48%3B-1%3B-1%40salePrice%3BBRL%3Bsearch-mainSearch). Acesso em 29 jan. 2022.

BRASTETUBOS. **Tubo aço carbono**. Disponível em: <http://www.brastetubos.com.br/imagens-y/informacoes/tubo-aco-carbono-costura-01.jpg>. Acesso em 13 de abril de 2022.

BUDYNAS, R.; NISBETT, K. **Elementos de máquinas de Shigley**. 10. ed. Porto Alegre: Amgh, 2016.

CALLISTER, W.; RETHWISCH, D. **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2019.

CARVALHO, G. **Máquinas Elétricas: teorias e ensaios**. 4. ed. São Paulo: Érica, 2011.

CHAPMAN, S. J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. 5. ed. Porto Alegre: Amgh, 2013.

CHIAVERINI, V. **Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos**. 6. ed. São Paulo: Abm, 1988.

COLLINS, J.; BUSBY, H.; STAAB, G. **Projeto mecânico de elementos de máquinas: uma perspectiva de prevenção da falha**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2019.

Correntes Reis. **Roda dentada**. Disponível em: <https://www.correntesreis.com.br/rodas-dentadas-em-sp>. Acesso em 13 de abril de 2022.

Ferramentas Kennedy. **Dobrador de tubo manual**. Disponível em: <https://www.ferramentaskennedy.com.br/30085/dobrador-de-tubo-manual-38-a-114-metal-pem>. Acesso em 13 de abril de 2022.

Galvão & CIA Ltda. **Correia dentada**. Disponível em: <https://www.elgalvao.com.br/polia-correia-dentada-industrial>. Acesso em 13 de abril de 2022.

GONÇALVES, Thiago. **Veja o passo a passo da criação de um MVP (produto mínimo viável) para validar sua ideia no mercado e expandir seu negócio: saiba como desenvolver o MVP, produto mínimo viável, do seu negócio e garantir seus primeiros clientes além de poder mensurar seu desempenho. 2020**. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/mvp-minimum-viable-product>. Acesso em: 29 out. 2020.

Gregório Patinetes. **Patinete Elétrico Foston S09 Pro**. Disponível em: <https://www.gregoriopatinetes.com.br/patinete-eletrico-foston-s09-pro-foston-s09>. Acesso em 10 fev. 2022.

ITURAN BRASIL (São Paulo). **Tecnologia é aliada do futuro dos automóveis pós-pandemia. 2020**. Disponível em: <https://www.ituran.com.br/blog/2020/06/tecnologia-e-aliada-do-futuro-dos-automoveis-pos-pandemia/>. Acesso em: 16 ago. 2020.

LEÃO, Fabio. FEI-UNESP. **Motor síncrono**. Disponível em: [https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/slides-2016-cap5\\_eletrotecnica\\_fabioleao.pdf](https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/slides-2016-cap5_eletrotecnica_fabioleao.pdf). Acesso em 13 de abril de 2022.

MARTINEWSKI, A. **Máquinas Elétricas: motores, geradores e partidas**. São Paulo: Érica, 2017.

MiBrasil. **Patinete Elétrico Essencial**. Disponível em: <https://www.mibrasil.com.br/patinete-eletrico-essencial-preto-p253-p1730>. Acesso em 10 fev. 2022.

MICHELINI, A. **Baterias Recarregáveis: para equipamentos portáteis**. Cotia: S.T.A., 2017.

Mubby. **Motor patinete elétrico**. Disponível em: <https://mubby.com.br/produto/823927/motor-pro-350w-36v---peças-patinete-eletrico>. Acesso em 28 jan. 2022.

NBR 9050/2015. **ABNT NBR 9050**. Disponível em: [http://acessibilidade.unb.br/images/PDF/NORMA\\_NBR-9050.pdf](http://acessibilidade.unb.br/images/PDF/NORMA_NBR-9050.pdf). Acesso em 22 jan. 2022.

NIEMANN, G. **Elementos de máquinas**. São Paulo: Blucher, 1971. 2 v.

Oriental Motor. **Moto cc com e sem escova**. Disponível em: <https://www.orientalmotor.com.br/tecnologia/como-selecionar-entre-motor-ca-motor-sem-escova-cc-ou-motor-cc-com-escova.html>. Acesso em 13 de abril de 2022.

PEREIRA, Daniel. **Produto Mínimo Viável (MVP): O que é e para que serve? 2019**. Disponível em: <https://analistamodelosdenegocios.com.br/produto-minimo-viavel-mvp/>. Acesso em: 10 set. 2020.

Portal da Construção. **Soldagem TIG**. Disponível em: <https://portaldaconstrucao.com/soldagem-tig/>. Acesso em 13 de abril de 2022.

Portal eletricista. **Motor de indução**. Disponível em: <https://www.portaleletricista.com.br/motor-de-inducao-funcionalidade-significado-dicas-passo-a-passo/>. Acesso em 13 de abril de 2022.

REDDY, T.; LINDEN, D. **Linden's Handbook of Batteries**. 4. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2010.

RIBEIRO, Gustavo. **A febre dos patinetes acabou? O que as vendas dizem sobre o futuro desse mercado**. 2020. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/patinetes-eletricos-o-que-as-vendas-dizem-sobre-o-futuro-do-equipamento/#:~:text=De%20acordo%20com%20dados%20da,Patins%20e%20Patinetes%E2%80%9D%20da%20loja>. Acesso em: 19 ago. 2020.

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

SANTOS, G. **Tecnologia dos materiais metálicos: propriedades, estruturas e processos de obtenção**. São Paulo: Erica, 2015.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

STA Eletrônica. **Bateria de chumbo**. Disponível em: <https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/baterias-recarregaveis/baterias-de-chumbo/vantagens-e-limitacoes-das-baterias-seladas-de-chumbo-acido/#:~:text=As%20principais%20vantagens%20das%20baterias,dur%C3%A1vel%20e%20fornece%20servi%C3%A7o%20seguro>. Acesso em 13 de abril de 2022.

STA Eletrônica. **Bateria de Lítio**. Disponível em: <https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/baterias-recarregaveis/baterias-de-litio/vantagens-e-limitacoes-das-baterias-de-litio-ion>. Acesso em 13 de abril de 2022.

STA Eletrônica. **Bateria de NiCd**. Disponível em: <https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/baterias-recarregaveis/baterias-de-nicd/vantagens-e-limitacoes-das-baterias-de-niquel-cadmio-nicd>. Acesso em 13 de abril de 2022.

STA Eletrônica. **Bateria de NiMH**. Disponível em: <https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/baterias-recarregaveis/baterias-de-nimh/vantagens-e>

limitacoes-das-baterias-de-niquel-metal-hidreto-nimh. Acesso em 13 de abril de 2022.

STA Eletrônica. **Pack de baterias**. Disponível em: <https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/baterias-em-geral/packs-de-baterias/packs-de-baterias-conceitos-basicos>. Acesso em 13 de abril de 2022.

STEIN, R.; GEHLEN, R.; ROJAS, F. **Tecnologia dos Materiais**. Porto Alegre: Sagah, 2019.

STROSKI, Pedro N. **Motor brushless**. Disponível em: <https://www.electricalibrary.com/2017/10/10/motor-brushless/>. Acesso em 13 de abril de 2022.

TELLES, Rafael. **Pintura eletrostática**. Disponível em: <https://www.ufff.br/fisicaecidadania/2013/12/16/o-que-e-e-como-funciona-a-pintura-eletrostatica/>. Acesso em 13 de abril de 2022.

TO LO&VE LIFE Store. **Bateria lítio íon**. Disponível em: [https://pt.aliexpress.com/item/1005003629340465.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.4067617dVImxbx&algo\\_pvid=20f83f87-bb4d-46cc-9e3c-c2eac36bfd06&algo\\_exp\\_id=20f83f87-bb4d-46cc-9e3c-c2eac36bfd06-0&pdp\\_ext\\_f=%7B%22sku\\_id%22%3A%2212000026566029487%22%7D&pdp\\_pi=1%3B286.03%3B-1%3B277.03%40salePrice%3BBRL%3Bsearch-mainSearch](https://pt.aliexpress.com/item/1005003629340465.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.4067617dVImxbx&algo_pvid=20f83f87-bb4d-46cc-9e3c-c2eac36bfd06&algo_exp_id=20f83f87-bb4d-46cc-9e3c-c2eac36bfd06-0&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2212000026566029487%22%7D&pdp_pi=1%3B286.03%3B-1%3B277.03%40salePrice%3BBRL%3Bsearch-mainSearch). Acesso em 29 jan. 2022.

TO LO&VE LIFE Store. **Para xiaomi m365 scooter elétrico brushless motor lenzod controlador 36v 350w união mega mega módulo de controle**. Disponível em: [https://pt.aliexpress.com/item/1005003440209886.html?gatewayAdapt=glo2bra&pdp\\_ext\\_f=%7B%22sku\\_id%22%3A%2212000025800055691%22%22ship\\_from%22%3A%22CN%22%7D&gps-id=pcStoreJustForYou&scm=1007.23125.137358.0&scm\\_id=1007.23125.137358.0&scm-url=1007.23125.137358.0&pvid=35bdf90-5d1b-4f3e-9f2b-5aeda7c93e7b&spm=a2g0o.store\\_pc\\_home.smartJustForYou\\_6000857647719.1](https://pt.aliexpress.com/item/1005003440209886.html?gatewayAdapt=glo2bra&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2212000025800055691%22%22ship_from%22%3A%22CN%22%7D&gps-id=pcStoreJustForYou&scm=1007.23125.137358.0&scm_id=1007.23125.137358.0&scm-url=1007.23125.137358.0&pvid=35bdf90-5d1b-4f3e-9f2b-5aeda7c93e7b&spm=a2g0o.store_pc_home.smartJustForYou_6000857647719.1). Acesso em 29 jan. 2022.

TwoDogs. **O que as leis de trânsito dizem sobre o patinete elétrico?** Disponível em: <https://twodogs.com/br/blog/o-que-as-leis-de-transito-dizem-sobre-o-patinete-eletrico/>. Acesso em 20 jan. 2022.

UCHIDA, Gustavo Colheri. **Desenvolvimento de um protótipo de rebocador de aeronaves de pequeno porte controlado remotamente**. 2017. 132 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

UMANS, Stephen D. **Máquinas Elétricas: de fitzgerald e kingsley**. 7. ed. Porto Alegre: Amgh, 2014.

ZAGI, João. **Modulo Controlador Bicicleta Elétrica 350w 36v/48v 18A**. Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2097438805-modulo-controlador-bicicleta-eletrica-350w-36v48v-18a-\\_JM#position=3&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=96249f0d-090d-4c61-859f-c5441abd7c47](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2097438805-modulo-controlador-bicicleta-eletrica-350w-36v48v-18a-_JM#position=3&search_layout=stack&type=item&tracking_id=96249f0d-090d-4c61-859f-c5441abd7c47). Acesso em 29 jan. 2022.