

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SANTO ANDRÉ  
TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**FÁBIO SALATIEL MUSSI  
FELIPE RAMOS PEREIRA DA SILVA**

**MOTORIZAÇÃO DE CADEIRA DE RODAS CONVENCIONAL**

**SANTO ANDRÉ - SP  
2017**

**FÁBIO SALATIEL MUSSI  
FELIPE RAMOS PEREIRA DA SILVA**

**MOTORIZAÇÃO DE CADEIRA DE RODAS CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a FATEC Santo André como requisito parcial para obtenção do título de tecnólogo em Mecatrônica Industrial sob a orientação do professor Me. Luiz Vasco Puglia.

**SANTO ANDRÉ - SP**

**2017**

## FICHA CATALOGRÁFICA

M989t

Mussi, Fábio Salatiel

Motorização de cadeira de rodas convencional / Fábio Salatiel  
Mussi, Felipe Ramos Pereira da Silva. - Santo André, 2017. – 66f:  
il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.  
Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, 2017.

Orientador: Prof. Me. Luiz Vasco Puglia

1. Mecatrônica. 2. Triciclo motorizado. 3. Sistema eletromecânico.  
4. Cadeira de roda. 5. Tecnologia assistiva. 6. Acessibilidade. I.  
Silva, Felipe Ramos Pereira da. II. Motorização de cadeira de rodas  
convencional.

LISTA DE PRESENÇA

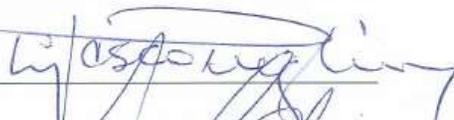
Santo André , 18 de Dezembro de 2017

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA  
"MOTORIZAÇÃO DE CADEIRA DE RODAS CONVENCIONAL". DOS  
ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

**BANCA**

PRESIDENTE:

PROF. LUIZ VASCO PUGLIA

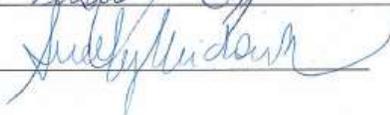


MEMBROS:

PROF. PEDRO ADOLFO GALANI



PROF. SUELY MIDORI AOKI



**ALUNO:**

FABIO SALATIEL MUSSI



FELIPE RAMOS PEREIRA DA SILVA



## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao nosso orientador, Prof. Me. Luiz Vasco Puglia pelo apoio e ajuda no desenvolvimento do nosso projeto e por estar nos encorajando a melhorar. Aos nossos familiares que puderam compreender às ausências e o tempo desempenhado em realizar este trabalho, que é de suma importância em nossa vida.

Em especial gostaríamos de agradecer o apoio dos nossos colegas que participaram nos testes e nos motivaram a terminar o projeto e o curso e dos funcionários da Faculdade de Tecnologia de Santo André, que nos auxiliaram grandemente em desenvolver recursos para o projeto. Ao senhor Maurício José Oliveira, Guilherme Bou, Bruno Possas Ghais, João Evangelista, Vinicius dos Santos Aguiar, Roner Riva Bergonci, Tamires dos Santos, Francisco Ivan, Guilherme Arcas Daniluski, Murilo Rodrigues, Lucca Baratera e Allan Loçano.

Aos docentes Eliel Wellington Marcelino, Pedro Adolfo Galani, Fernando Garup Dalbo, Fábio Delatore, Murilo Zanini de Carvalho, Roberto Bortolussi, Edson Caoru Kitani, Nelson Lavecchia Junior, Priscilla Iastremski, Wellington Batista de Sousa, Celso Tabajara Teixeira, Francisco José de Oliveira Maia, Moacyr da Silva Caminada, Paulo Tetsuo Hoashi, Regiane Corrêa Ramos de Oliveira e Valter Espíndola Thomaz, Suely Midori Aoki e Andrea Volpe.

## RESUMO

A presente monografia visa estudar e documentar a construção de um sistema eletromecânico capaz de tracionar uma cadeira de rodas comum, utilizando equipamentos e dispositivos de fácil acesso, transformando-a num triciclo motorizado. O equipamento tem a função de auxiliar na promoção de acessibilidade de indivíduos cuja locomoção normal é debilitada, entretanto, o protótipo apresentado se direciona a pessoas cujo movimento de ao menos um dos braços tenha sido preservado. A estrutura mecânica do sistema tem como base o acoplamento da parte dianteira de uma bicicleta elétrica, que possa ser inserido e removido em quaisquer circunstâncias. A seleção dos dispositivos foi alinhada com a proposta de produzir um equipamento de baixíssimo custo, para atender a necessidade de uma pessoa cuja única fonte de renda é a aposentadoria por invalidez. O projeto foi encerrado na etapa de prototipagem e pode passar por melhorias em aspectos relacionados ao desempenho, consumo de energia e equipamentos com melhores propriedades mecânicas e elétricas. A avaliação de funcionamento do sistema consistiu em testes práticos de aplicação de carga ao sistema e análise do desempenho mecânico. Os resultados apresentados puderam assegurar que o motor e o conjunto atendem ao propósito de tração em superfícies de diversas propriedades. O projeto em questão poderá transformar-se em um empreendimento para desenvolvimento de produtos de aplicação da tecnologia assistiva em algum momento no futuro.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva; Acessibilidade; Motorização; Triciclo Motorizado; Cadeira de Rodas Motorizada.

## **ABSTRACT**

The present monograph aims to study and document the construction of an electromechanical system capable of applying traction on a common wheelchair making use of equipment and devices of easy access, transforming it into a motorized tricycle. The equipment has the function of assisting in the accessibility promotion of individuals whose normal locomotion is weakened, however, the presented prototype is directed towards people whose movement of at least one arm has been preserved. The mechanical structure of the system is based on the coupling of the front of an electric bicycle, which can be inserted and removed under any circumstances. The selection of the devices was aligned with the proposal to produce equipment of very low cost, to meet the need of a person whose only source of income is the disability retirement. The project was closed in the prototyping stage and can go through improvements in the aspects related to performance, energy consumption and equipment with better mechanical and electrical properties. The functional evaluation of the system consisted of practical tests of load application over the system and the analysis of its mechanical performance. The results presented could ensure that the engine and assembly meet the purpose of load traction on surfaces of various properties. The project in question could become a business enterprise for the development of assistive technology products at some point in the future.

**Keywords:** Assistive Technology; Accessibility; Motorization; Motorized Tricycle; Motorized Wheelchair.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Ilustração da afecção hemiplégica/hemiparética.....	17
Figura 2: Vista trimétrica de cadeira motorizada US PAT. 3,807,520 .....	19
Figura 3: Vista trimétrica da cadeira motorizada US PAT. 3,807,520 (dobrada) .....	20
Figura 4: Vista trimétrica da cadeira de rodas motorizada USD287836 .....	20
Figura 5: Vista trimétrica da cadeira de rodas motorizada USD397645.....	21
Figura 6: <i>Kit WS Liberty</i> .....	22
Figura 7: Dimensões das cadeiras manuais (NBR 9050).....	23
Figura 8: Modelo de motor elétrico convencional .....	24
Figura 9: Motor Trifásico Convencional.....	25
Figura 10: Exemplo de Bateria Chumbo-Ácido para uso Automotivo .....	29
Figura 11: Bateria de íon-lítio para bicicletas elétricas .....	30
Figura 12: Acelerador usado no <i>kit</i> motorizado .....	32
Figura 13: Metodologia de Projeto .....	33
Figura 14: Bateria estacionária UNICOBA 12 v/ 7 Ah, modelo usado no projeto .....	34
Figura 15: Motor de Corrente Contínua 36V/250W .....	36
Figura 16: Esquema de funcionamento com motor trifásico .....	37
Figura 17: Esquema de funcionamento com motor <i>brushless</i> DC .....	38
Figura 18: Desenho esquemático das bobinas do estator do motor <i>brushless</i> .....	39
Figura 19: Controlador usado para o sistema .....	42
Figura 20: <i>Duty cycle</i> .....	42
Figura 21: Forma de onda do sinal de saída do controlador para o motor .....	43
Figura 22: Gráfico de rendimento das baterias utilizadas no sistema .....	46
Figura 23: Estudo de caso para adequação da roda.....	47
Figura 24: Roda original aro 28 com bloco de motor.....	47
Figura 25: Adequação da roda aro 28 para aro 20.....	48
Figura 26: Esquemático para a montagem elétrica do sistema.....	49
Figura 27: Quadros de bicicletas utilizados na construção do projeto.....	50
Figura 28: Planejamento de construção do sistema de acoplamento .....	50
Figura 29: Montagem inicial da parte mecânica do <i>kit</i> .....	51
Figura 30: Montagem final da parte mecânica do <i>kit</i> .....	51

Figura 31: Guidão utilizado no projeto.....	52
Figura 32: Modelo base para a construção do projeto de <i>kit</i> motorizado .....	52
Figura 33: Protótipo do kit motorizado desenvolvido .....	53
Figura 34: Vista ortogonal do projeto em fusion360 .....	53
Figura 35: Esquemático representativo do conjunto motorizado vista frontal .....	54
Figura 36: Esquemático representativo do conjunto motorizado vista lateral.....	54
Figura 37: Esquemático representativo do conjunto motorizado vista superior .....	55
Figura 38: Esquemático representativo do conjunto motorizado projeção ortogonal .....	55
Figura 39: Comparação de custo/preço de venda.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação entre a bateria Chumbo-ácido e Íon Lítio .....	31
Tabela 2: Especificações técnicas do fabricante .....	35
Tabela 3: Especificações do motor <i>brushless</i> .....	36
Tabela 4: Tabela de cálculos de potência do motor .....	41
Tabela 5: Custos estabelecidos no projeto .....	56
Tabela 6: Tabela comparativa entre o <i>kit WS Liberty</i> e o Projeto Desenvolvido .....	57

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Equação básica de Torque .....	27
Equação 2: Equação de potência.....	39
Equação 3: Equação de torque .....	39
Equação 4: Equação de força .....	40
Equação 5: Equação de aceleração.....	40
Equação 6: Equação de rotação .....	40
Equação 7: Equação de velocidade angular .....	40

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Kit	Conjunto de elementos que atendem juntos a um mesmo propósito ou utilidade
Bike	Abreviatura para bicicleta em inglês
U.S PAT	United States Patent and Trademark (Patente e marca registrada dos Estados Unidos da América)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
CID	Código Internacional de Doenças
NiCd	Abreviatura para níquel-Cádmio
NiMH	Abreviatura para níquel-hidreto metálico
V	volt
W	watt
cv	cavalo-vapor
Kg	Quilograma
A	ampère
N	newton
mm	milímetros

## Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	15
1.1 Objetivo.....	15
1.2 Motivação .....	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 Hemiparesia.....	17
2.2 Estado da Arte .....	19
2.2.1 <i>WS Liberty</i> .....	22
2.2.2 Definições do Projeto para Cadeiras de Rodas .....	23
2.3 Motores Elétricos .....	24
2.3.1 Torque.....	26
2.4 Fontes de Alimentação .....	27
2.4.1 Baterias Chumbo-Ácido .....	28
2.4.2 Baterias Íon-Lítio .....	29
2.5 Acelerador .....	32
3 METODOLOGIA E MATERIAIS UTILIZADOS .....	33
3.1 Metodologia .....	33
3.2 Componentes e Equipamentos.....	34
3.2.1 Bateria Estacionária 12V / 7 Ah .....	34
3.2.2 Motor <i>Brushless</i> 36V / 250W.....	36
3.2.3 Controlador para motor <i>brushless</i> DC.....	42
4 RESULTADOS OBTIDOS .....	44
4.1 Testes Realizados e Viabilidade.....	44

4.1.1 Testes Iniciais .....	44
4.1.2 Testes Finais .....	45
4.1.3 Estudo de viabilidade técnica .....	46
4.2 Montagem.....	48
4.3 Desenho Técnico em CAD .....	53
5 CUSTOS .....	56
6 CONCLUSÃO E PROPOSTAS FUTURAS .....	59
6.1 Conclusão.....	59
6.2 Propostas Futuras .....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62

# 1 INTRODUÇÃO

O primeiro protótipo de cadeira de rodas motorizada foi construído no início do século XX, em 1912, quando um motor de 1 3/4 HP foi anexado à um triciclo de inválidos. Algum tempo depois, em 1916, foi lançada a primeira cadeira de rodas motorizada como produto comercial.

O objetivo deste projeto é produzir uma singela melhoria na mobilidade de uma pessoa com paralisção parcial de um lado do corpo, modificando o equipamento de tração da cadeira de rodas. Para atingir os objetivos deste trabalho foram necessárias pesquisas, organização e compilação do material bibliográfico escolhido sobre o conteúdo abordado, visando a construção de um equipamento para motorização de cadeira de rodas através das técnicas vigentes, correspondendo aos projetos disponíveis e selecionando os elementos mais adequados para compor um novo modelo de projeto voltado para a necessidade daquele cliente.

Outro fator importante a ser levado em consideração é a necessidade de o dispositivo possuir baixo custo de aquisição e manutenção, e tenha possibilidade de atender a outras pessoas que se encontrem em condições parecidas.

## 1.1 Objetivo

A proposta deste projeto é a construção de um dispositivo de baixo custo capaz de tracionar uma cadeira de rodas mecânica transformando-a em um triciclo motorizado. O objetivo inicial é a aplicação da tecnologia assistiva<sup>1</sup> para proporcionar mais autonomia ao deficiente físico e atender, inicialmente, às necessidades de

---

<sup>1</sup> Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que dão mais autonomia, independência e qualidade de vida a pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida. Fonte: PORTAL BRASIL. Tecnologia assistiva ajuda a melhorar a qualidade de vida de pessoas com deficiência <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2010/08/tecnologia-assistiva>>. Acesso: 02/11/2017.

locomoção em espaço aberto de uma pessoa com uma condição física específica, facilitando o acesso do cadeirante à direção do equipamento.

Além de uma proposta social, este projeto visa o desenvolvimento de uma tecnologia que promova acessibilidade com a utilização de um motor elétrico, aplicação de controle de velocidade, a utilização de sensores de efeito hall e a construção de uma estrutura de acoplamento mecânico que seja compatível com a cadeira que a pessoa dispõe.

## 1.2 Motivação

O presente projeto destina-se inicialmente a atender uma necessidade específica de uma pessoa com um quadro de deficiência categorizado como hemiparesia, causada por um astrocitoma de baixo grau (código C71. 9, CID 10) que não possui.

A ideia de construção do projeto de motorização partiu da necessidade que uma pessoa que sofre de hemiparesia, paralisia de um dos hemisférios do corpo, e que não possui recursos suficientes para adquirir uma cadeira de rodas motorizada, devido ao custo de aquisição. A partir dessa necessidade foi desenvolvida uma aplicação, com base nos conhecimentos adquiridos no curso de tecnologia em mecatrônica industrial.

O sistema se baseou num produto já existente no mercado, o *WS Liberty*, que utiliza um sistema simples, porém robusto, de engate e desengate do sistema de motorização à cadeira de rodas. Com base nesse modelo, procuramos desenvolver uma solução parecido, mas com um custo mais acessível.

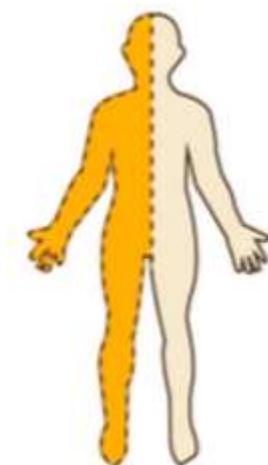
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta secção serão discutidas as partes da pesquisa para aquisição de tecnologias e recursos para a construção do sistema motorizado. O desenvolvimento e a metodologia que serão implementadas na construção do sistema devem necessariamente possuir uma análise prévia da teoria dos dispositivos utilizados e suas respectivas funções.

### 2.1 Hemiparesia

A hemiparesia é categorizada pelo CID 10 com código G81.9, que representa a falta de mobilidade sem perda de sensibilidade de um dos hemisférios corporais, como mostra a figura 1. Também se caracteriza por uma perda de coordenação motora que, através de fisioterapia, pode ser recuperada ao menos de maneira parcial.

Figura 1: Ilustração da afecção hemipléica/hemiparética



Fonte: SHAH, RAJESH. Hemiplegia: Treatment, Causes, Symptoms, Homeopathic Treatment. Disponível em: <[http:// www.thestrokefoundation.com/index.php/natural-remedies-for-stroke-recovery/hemiplegia-treatment-causes-symptoms-homeopathic-treatment](http://www.thestrokefoundation.com/index.php/natural-remedies-for-stroke-recovery/hemiplegia-treatment-causes-symptoms-homeopathic-treatment)> Acesso: 11/05/2017.

Como pessoas que sofrem de doenças que comprometem suas capacidades motoras, salvo casos excepcionais, acabam tendo suas carreiras ou atividades profissionais comprometidas e haja uma aposentadoria compulsória, é comum que

sua fonte de renda passe a ser vinculada a algum benefício governamental e boa parte do dinheiro seja despendido em tratamentos médicos.

O projeto de motorização de cadeira de rodas tem a necessidade intrínseca de ser o mais barato possível para que os custos de aquisição, instalação e manutenção não prejudiquem as já fragilizadas condições financeiras daquele que precisa desse tipo de produto. Futuramente serão estudadas maneiras de tornar o projeto de baixo custo e ao mesmo tempo apresentar um Tempo Médio Antes da Falha (MTBF - *mean time before fail*) relativamente elevado.

Segundo o último censo do IBGE (2010)<sup>2</sup>, cerca de 45,6 milhões de brasileiros possuem deficiências físicas com comprometimento de mobilidade em um dos hemisférios corporais.

De acordo com Ferreira e Sanches (2005) as calçadas da grande maioria das cidades brasileiras se encontram em situação precária e, mesmo que não sejam um grande obstáculo para pessoas sem problemas de locomoção e de frequentemente essa situação passar despercebida, o acesso por esses mesmos locais se torna muito mais complicado no caso de pessoas com algum tipo de deficiência física. As vias de acesso para pedestres nem sempre são também adequadas aos cadeirantes especialmente no caso de pessoas com hemiparesia onde as opções se restringem ainda mais, pois a falta de mobilidade de um hemisfério corporal impede a utilização dos braços para girar as rodas e a pessoa passa a necessitar de um acompanhante sempre disponível para conduzir a cadeira. Essas condições físicas praticamente eliminam a autonomia do deficiente em vias públicas, uma vez que dentro de casa a pessoa com hemiparesia pode se locomover através de uma bengala com tripé.

---

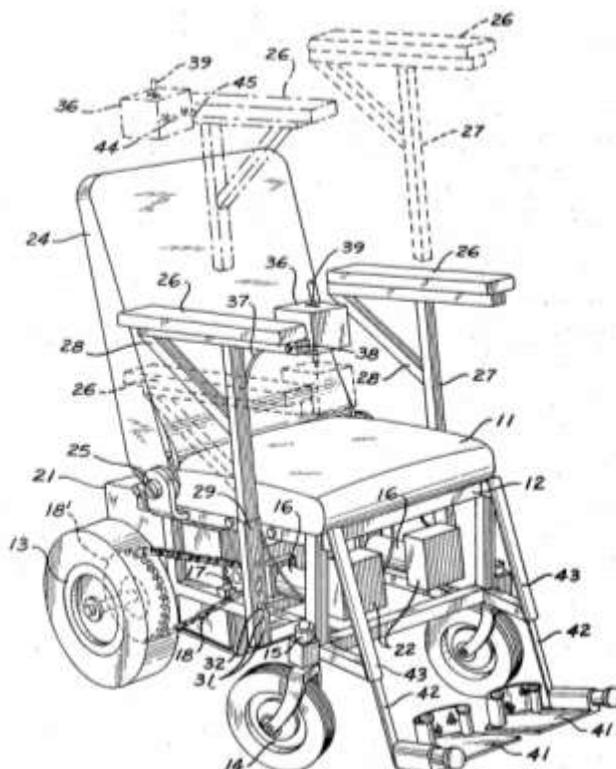
<sup>2</sup> Fonte: ANDRÉS, APARECIDA. Consultoria Legislativa – Pessoas com Deficiência nos Censos Populacionais e Educação Inclusiva. Disponível em: <[http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema11/2014\\_14137.pdf](http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema11/2014_14137.pdf)>. Acesso: 10/05/2017.

## 2.2 Estado da Arte

De acordo com Vidal Filho et al. (2010), a evolução das cadeiras de rodas motorizadas pode ser observada ao traçar um paralelo da evolução das próprias patentes registradas desse tipo de projeto. Alguns exemplos conhecidos de técnicas para motorização de cadeiras de rodas são a motorização das duas rodas, o acoplamento de um eixo de tração do conjunto com um motor ligado a um guidom e cadeiras tipo *scooter*. Os modelos que surgiram ao longo do tempo passaram por três grandes transformações.

Inicialmente foi desenvolvida a US Pat. 3,807,520 – uma cadeira de rodas motorizada e dobrável. Trata-se de um modelo que pretendia facilitar o transporte das cadeiras de rodas motorizadas e melhorar a capacidade de transporte dentro de veículos. A figura 2 enumera as partes do projeto.

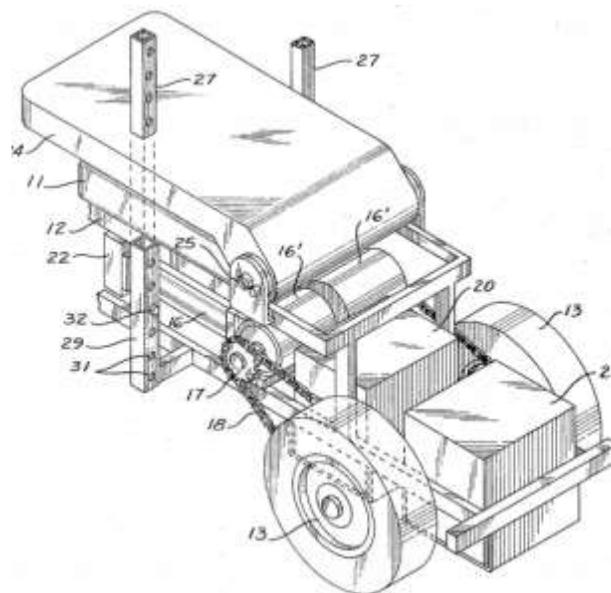
Figura 2: Vista trimétrica de cadeira motorizada US PAT. 3,807,520



Fonte: CHISHOLM, D. Motorized Wheelchair. Disponível em: <<https://www.google.ch/patents/US3807520>>. Acesso: 11/05/2017.

E a figura 3 mostra as partes do projeto e também como ela fica quando dobrada.

Figura 3: Vista trimétrica da cadeira motorizada US PAT. 3,807,520 (dobrada)



Fonte: CHISHOLM, D. Motorized Wheelchair. Disponível em: <<https://www.google.ch/patents/US3807520>>. Acesso: 11/05/2017.

Mais adiante foi desenvolvida a USD287836, como pode ser vista na figura 4, esse já é um modelo bem mais robusto, não desmontável, chassi monobloco com sistema moto-reductor direto nas rodas de tração, com banco e joystick ergonômicos.

Figura 4: Vista trimétrica da cadeira de rodas motorizada USD287836



Fonte: CHAN et al. Motorized Wheelchair. Disponível em: <<https://www.google.ch/patents/USD287836>>. Acesso: 11/05/2017.

E a USD397645, figura 5, que se trata de uma cadeira desenvolvida de forma a valorizar ergonomia, estética e estabilidade, aumentando o número de rodas.

Figura 5: Vista trimétrica da cadeira de rodas motorizada USD397645



Fonte: SCHAFFNER, W. Motorized Wheelchair. Disponível em: <<https://www.google.ch/patents/USD397645>>. Acesso: 11/05/2017.

### 2.2.1 *WS Liberty*

De acordo com o projeto apresentado por Vidal Filho et al. (2010), no VI Congresso Nacional de Engenharia (CONEM 2010), o preço das cadeiras motorizadas varia entre R\$ 5.000,00 e R\$ 8.000,00. Tornando a aquisição inviável para uma grande parcela das pessoas que possuem essas necessidades físicas. Além desse projeto, existe um produto denominado kit *WS Liberty*, ilustrado na figura 6, que é um sistema acoplável à cadeira de rodas capaz de tracioná-la. Durante o estudo de viabilidade foram comparados o *WS Liberty* e o projeto apresentado por Vidal Filho e, considerando a facilidade em construir um sistema com dispositivos de fácil acesso e baixo custo, foi adotado o *kit WS Liberty* como base do projeto.

Figura 6: *Kit WS Liberty*



Fonte: BIKE MOTO. *Kit Elétrico para Cadeira de Rodas*. Disponível em: <[http://www.revistabicicleta.com.br/bicicleta\\_noticia.php?kit\\_eletrico\\_para\\_cadeira\\_de\\_rodas&id=30893](http://www.revistabicicleta.com.br/bicicleta_noticia.php?kit_eletrico_para_cadeira_de_rodas&id=30893)>. Acesso: 11/05/2017.

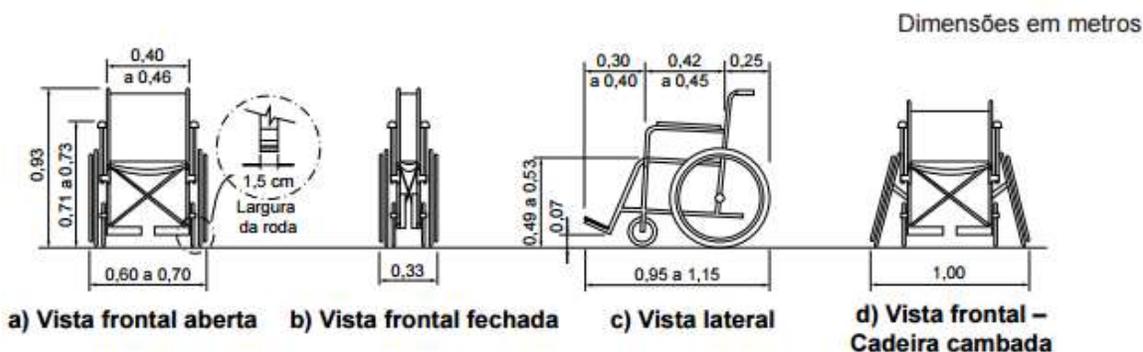
Com base nas informações apresentadas acima, o *kit* de motorização *WS Liberty* possui um sistema semelhante a uma bicicleta elétrica que foi adaptada para ser acoplada a uma cadeira de rodas convencional. O sistema de controle do motor e gerenciamento do mesmo é realizado através de um driver, adequado ao tipo de motor e com suas respectivas informações.

## 2.2.2 Definições do Projeto para Cadeiras de Rodas

De acordo com Vidal Filho (2010), faz-se necessário analisar as necessidades existentes e convertê-las em parâmetros e requisitos de projeto. Para determinar os parâmetros e requisitos começamos pela revisão de literatura, com artigos científicos, normas técnicas, patentes e livros.

De acordo com a norma NBR 9050, as dimensões padrão das cadeiras de rodas manuais, sua variação de peso (12 a 20 kg) e a inclinação máxima das rampas de acesso (8,33%), são dados que influenciam nos cálculos de torque e potência dos motores. A figura 7 demonstra as dimensões de uma cadeira de rodas padrão.

Figura 7: Dimensões das cadeiras manuais (NBR 9050)



Fonte: Vidal Filho et al. (2010, p. 3).

Os critérios de montagem são um motor ou conjunto de motores com torque suficiente para arrastar ou rebocar até 80 kg e, dependendo do caso, pode ser adequado instalar um motor em cada roda ou um *kit* de reboque que possua direção mecânica ou eletromecânica, uma ou mais baterias ligadas em série, um sistema de controle de aceleração, um sistema de direção mecânica ou eletromecânica e uma estrutura de acoplamento designada de acordo com o projeto.

## 2.3 Motores Elétricos

O principal equipamento para a construção do sistema motorizado é sem dúvida o motor, como ilustrado na figura 8, e sua escolha deve ser feita seguindo os critérios estabelecidos para a construção do sistema. O Motor elétrico é uma máquina destinada a transformar energia elétrica em mecânica. Nesses motores, “de acordo com o tipo de fonte de alimentação podem ser divididos em motores de corrente contínua e de corrente alternada” (Franchi, 1997).

Figura 8: Modelo de motor elétrico convencional



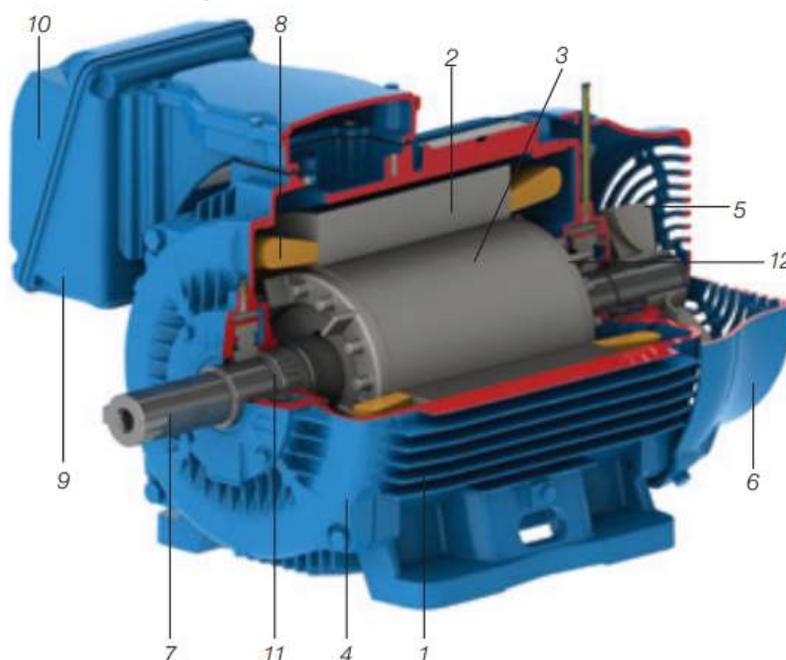
Fonte: DT-6 - Motores elétricos assíncronos e síncronos de média tensão – especificação, características e manutenção (2015 p 21).

Eles se encontram em diversas áreas, como por exemplo: Transportes de cargas e passageiros; máquinas industriais; máquinas de processos mecânicos como furadeiras, prensas, ventiladores, exaustores entre outros. O motor elétrico é a máquina mais utilizada na indústria, no comércio, nas residências ou meio rural. Esse tipo de equipamento tornou-se um dos mais notórios inventos do homem ao longo de seu desenvolvimento tecnológico. São máquinas de construção simples, de baixo custo e não são poluentes. (CHAPMAN J., S. Fundamentos de Máquinas Elétricas 5ª ed.: Observação sobre unidades e notação. São Paulo: Laschuk, 2012. P. 17-18).

Os motores elétricos funcionam por interação eletromagnética e possuem duas partes principais em sua construção. Uma fixa com fios ou ímãs e outra móvel.

A parte fixa do motor é o estator, que é formado por eletroímãs fixos que são ativados por campos magnéticos gerados nos enrolamentos. A parte móvel é o rotor que fica encaixada dentro do estator, que permite sua movimentação. Quando um fluxo de corrente elétrica passa pelas bobinas são formadas linhas de campo magnético variáveis que produzem excitação nos ímãs que se atraem ou repelem de acordo com a posição dos respectivos pólos magnéticos produzindo movimento e, transformando assim, energia elétrica em energia mecânica. A construção de um motor se baseia justamente nos efeitos magnéticos da corrente elétrica (WEG, Guia de Especificação de Motores Elétricos. 13 p.). A figura 9 mostra detalhadamente os componentes de um motor elétrico trifásico convencional<sup>3</sup>:

Figura 9: Motor Trifásico Convencional



Fonte: WEG. Guia de Especificação de Motores Elétricos. <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf>> Acesso: 07/05/2017.

---

<sup>3</sup> Componentes do Estator: (1) Carcaça. (2) Núcleo de Chapas. (8) Enrolamento Trifásico; Componentes do Rotor: (7) Eixo. (3) Núcleo de chapas. (12) Barras e anéis de curto e circuito; Demais Partes: (4) Tampa. (5) Ventilador. (6) Tampa Defletora. (9) Caixa de Ligação. (10) Terminais. (11) Rolamentos.

Os motores de corrente contínua são motores que podem trabalhar como motor ou gerador. (WEG, Guia de Especificação de Motores Elétricos. 6 p.) Os motores de corrente contínua recebem energia elétrica de uma fonte e podem ser controlados pela variação na queda de tensão sobre os enrolamentos variando assim a velocidade de rotação. Nesses motores, o estator por ter imãs, possui peças polares. (WEG Guia de Especificação de Motores Elétricos. 6 p.)

Por outro lado, os motores de corrente alternada são o tipo de motor mais utilizado na indústria. Podem ser em construídos para trabalhar como monofásicos ou trifásicos. (WEG, Guia de Especificação de Motores Elétricos. 33 p.) As velocidades desse tipo de motor geralmente são fixas, mas podem ser equipadas unidades de acionamento para ajuste de velocidade. Os principais tipos são: Motor síncrono e assíncrono, ou de indução.

A principal diferença entre os tipos de motores citados acima é:

- Motores síncronos são movidos à velocidade fixa e com pouca interferência de escorregamento, onde sua principal aplicação é em sistemas de alta potência. (WEG, Guia de Especificação de Motores Elétricos. 6 p.)
- Motores assíncronos são dispositivos cuja velocidade de rotação não é proporcional à frequência da sua fonte de alimentação. (WEG, DT-6 – Motores Elétricos Assíncronos e Síncronos [..]. 19 p.)

### **2.3.1 Torque**

Torque ou momento de uma força é definido a partir do componente perpendicular do eixo de rotação da força aplicada sobre um objeto que é efetivamente utilizado para fazê-lo girar sobre um eixo ou ponto central que é denominado ponto de rotação. (WEG, Guia de Especificação de Motores Elétricos. 7-8 p.)

Como demonstra a fórmula convencional, demonstrada pela equação 1, do cálculo de torque. Sua respectiva medida, no Sistema Internacional (SI) é o *Newton metro*, que pode ser representada pela unidade abreviada Nm.

Equação 1: Equação básica de Torque

$$\tau = rF \operatorname{sen}\theta$$

## 2.4 Fontes de Alimentação

A fonte de alimentação representa uma parte fundamental no projeto a ser construído. Pois o sistema de locomoção idealizado trata-se de um projeto de automação, alimentado eletricamente.

A escolha das baterias deve levar em conta o consumo de cada dispositivo atuador ou sensor, a disponibilidade de energia e a velocidade de descarga oferecida pelas baterias em análise.

Um fator que deve ser levado em conta é se a bateria é primária ou secundária.

As baterias primárias são aquelas que podem ser usadas para uma aplicação simples e posteriormente serão descartadas, ou seja, não possuem capacidade de recarga. Segundo Linden e Reddy (2001, p. 168): “As principais vantagens das baterias primárias são uma boa duração, alta densidade de energia em uma taxa de descarga de baixa para moderada, sem manutenção e facilidade de uso.”

Baterias secundárias são denominadas, segundo Bochi, Ferracin e Biaggio (2000, p. 7), “[...] podem ser reutilizadas muitas vezes pelos usuários (centenas e até milhares de vezes para o caso de baterias especialmente projetadas)”. Segundo o autor, tal classificação se deve à baterias que podem ser reaproveitadas quando sua carga total se exaurir, com possibilidade de recarga.

A seguir alguns dos tipos de baterias comerciais comumente utilizadas e que poderiam se encaixar nas especificações do projeto de construção do *kit* de tecnologia assistiva para motorização de cadeira de rodas.

### **2.4.1 Baterias Chumbo-Ácido**

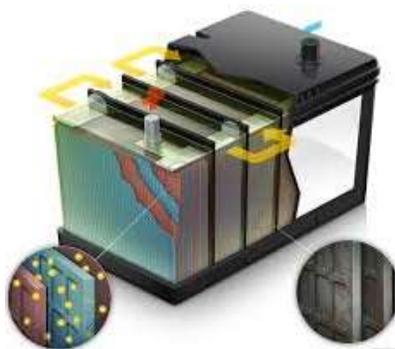
Baterias de chumbo-ácido são mais conhecidas pela sua utilização recorrente em automóveis e veículos em geral, sendo comumente chamada de bateria de automóvel. Conforme Manual Técnico UNIPOWER (UNICOBA, p.3) “[...] Além da aplicação em automóveis, tal dispositivo também pode ser aplicado em situações onde se necessita da aplicação de uma fonte de tensão contínua de 12V como, por exemplo, os dispositivos de sistemas de alarme e incêndio, nobreaks e cadeiras de rodas elétricas [...]”.

A relação custo x desempenho é bastante alta se não for levada em conta a questão do peso do dispositivo, que é relativamente grande. “[...] Por exemplo: uma bateria que é submetida a uma corrente de descarga de 5 A permitir uma autonomia de 20 horas, será uma bateria de 100 Ah Manual Técnico UNIPOWER [...]” (UNICOBA, p.3) Existem variáveis de baterias de chumbo-ácido disponíveis no mercado, onde considerações como a aplicação, tensão e corrente a ser utilizada são o carro chefe no que diz a respeito ao seu dimensionamento. A corrente nominal apresentada por esses dispositivos como é em média de 30 Ah, com 12 v de tensão de alimentação principal, segundo o artigo Aspectos essenciais das Baterias Chumbo-Ácido [...] (CARNEIRO, L., MOLINA, A., ANTONIASSI, B., MAGDALENA, A., PINTO, E.)

As baterias chumbo-ácido são basicamente compostas por seis compartimentos onde cada um, respectivamente, é abastecido por água, e alimentado por dois volts, que se somados produzem 12 v como tensão principal de acordo com Bochi, Ferracin e Biaggio (2000, p. 7), “[...] podem ser reutilizadas muitas

vezes pelos usuários (centenas e até milhares de vezes para o caso de baterias especialmente projetadas)". O autor aponta também que como regra para classificação de uma bateria (sistema eletroquímico) do tipo secundária é necessário que ela seja capaz de suportar "[...] 300 ou mais ciclos completos de carga e descarga com 80% da sua capacidade." A figura 10 demonstra a composição das baterias de chumbo-ácido.

Figura 10: Exemplo de Bateria Chumbo-Ácido para uso Automotivo



Fonte: DIAS, Anderson. Funcionamento e detalhes da Bateria chumbo ácido automotiva. Disponível em: <<http://www.carrosinfoco.com.br/carros/2015/05/funcionamento-e-detalhes-da-bateria-chumbo-acido-automotiva/>> Acesso: 04/05/2017.

Nessas pilhas, há placas de chumbo de polo positivo e negativo que se entrelaçam. O polo positivo da bateria que é de dióxido de chumbo faz os elétrons entrarem nela, e o polo negativo que é de chumbo esponjoso é onde saem os elétrons.

## 2.4.2 Baterias Íon-Lítio

A bateria de íon-lítio utiliza-se de um cátodo, um ânodo e eletrólito como condutor. O cátodo é metal-óxido e o ânodo consiste de carbono poroso. Durante a descarga elétrica, os íons fluem do ânodo para o cátodo pelo eletrólito e separador. Durante a carga a direção é inversa e os íons fluem do cátodo para o ânodo.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Fonte: BU-204: How do Lithium Batteries Work? Disponível em: <[http://batteryuniversity.com/learn/article/lithium\\_based\\_batteries](http://batteryuniversity.com/learn/article/lithium_based_batteries)>. Acesso: 21/01/2017.

A figura 11 mostra uma bateria de íon-lítio na forma que é utilizada para alimentar bicicletas elétricas.

Figura 11: Bateria de íon-lítio para bicicletas elétricas



Fonte: TEC BIKE. Bateria de Lítio 36V – 10Ah. Disponível em:  
<[http://www.tecbike.com.br/bicicletas/bicicletas\\_eletricas/componentes/bateria-de-litio/](http://www.tecbike.com.br/bicicletas/bicicletas_eletricas/componentes/bateria-de-litio/)>.  
Acesso: 21/01/2017.

As vantagens da bateria de íon-lítio sobre as baterias chumbo-ácido são inúmeras<sup>5</sup>, dentre essas se destacam as seguintes:

- Ao contrário das baterias chumbo-ácido, as baterias de íon lítio podem ser usadas regularmente até 85% ou mais de sua capacidade de armazenamento. Considerando uma bateria de 100 Ah que fosse de chumbo-ácido seria prudente utilizar apenas 30 a 50Ah de seu total, mas se a fosse uma bateria de lítio seria possível aprofundar a descarga aos 85Ah ou mais;
- Baterias de íon lítio podem ser rapidamente carregadas até 100% de sua capacidade. Diferente das baterias de chumbo-ácido não há necessidade de uma fase de absorção para ter os 20% finais armazenados e, se o carregador for suficientemente potente as baterias podem ser completamente carregadas em apenas 30 minutos;

---

<sup>5</sup> Fonte: BEAN, ROBERT. Linked in. LEAD ACID vs LITHIUM ION BATTERIES.  
Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/lead-acid-vs-lithium-ion-batteries-robert-bean>>.  
Acesso: 27/11/2017.

- Baterias de chumbo-ácido são menos eficientes em armazenar energia que as baterias de íon lítio, que carregam com aproximadamente 100% de eficiência, comparados aos 85% de eficiência da maioria das baterias chumbo-ácido;
- As baterias de íon lítio pesam entre 40 e 60% menos que as baterias chumbo-ácido.

Embora as baterias de íon lítio possuam diversas vantagens sobre as baterias chumbo-ácido, o custo de aquisição é bastante alto e, para atender às especificações iniciais de projeto, foi necessário adotar baterias estacionárias para o protótipo, mas é recomendável a utilização de baterias íon-lítio. A tabela 1 demonstra as vantagens e desvantagens das baterias chumbo-ácido e íon lítio.

Tabela 1: Comparação entre a bateria Chumbo-ácido e Íon lítio

<b>Vantagens</b>	
<b>Chumbo ácido</b>	<b>Íon lítio</b>
Simple fabricação	Armazenam o dobro de energia se comparado à uma bateria de hidreto metálico ou níquel cádmio
Segurança e confiabilidade em relação à fornecimento de carga	Possuem menor peso se comparado às demais baterias
Auto descarga baixa	Armazenam 150 watts-hora para 1 kg de bateria
Exigências de manutenção baixas	Perdem apenas 5% de sua carga por mês
<b>Desvantagens</b>	
Hostis ao meio ambiente	Sensíveis à alta temperatura, acelerando sua decomposição.
Densidade baixa de energia	Sua vida útil varia de 2 a 3 anos, isso devido ao seu processo de decomposição.
Fuga térmica pode ocorrer com carregamento impróprio	Alto custo de aquisição, pois além da bateria é necessário um carregador automático para o gerenciamento da sua carga.

Fonte: Autor.

## 2.5 Acelerador

Componente fundamental para se obter controle do sinal de referência da tensão desejada sobre os motores, o acelerador é essencial para o controle de velocidade do sistema. Em alguns casos, como o do acelerador para motor brushless, o acelerador possui um sistema de *feedback* do sinal de tensão geral da bateria e uma chave liga/desliga. O acelerador é composto por um potenciômetro que controla a tensão referencial que deve ser exercida sobre o motor, um botão liga/desliga, um conjunto de LEDs para demonstrar a carga das baterias e uma manopla de giro própria para utilização em guidom como mostra a figura 12.

Figura 12: Acelerador usado no *kit* motorizado



Fonte: Autor.

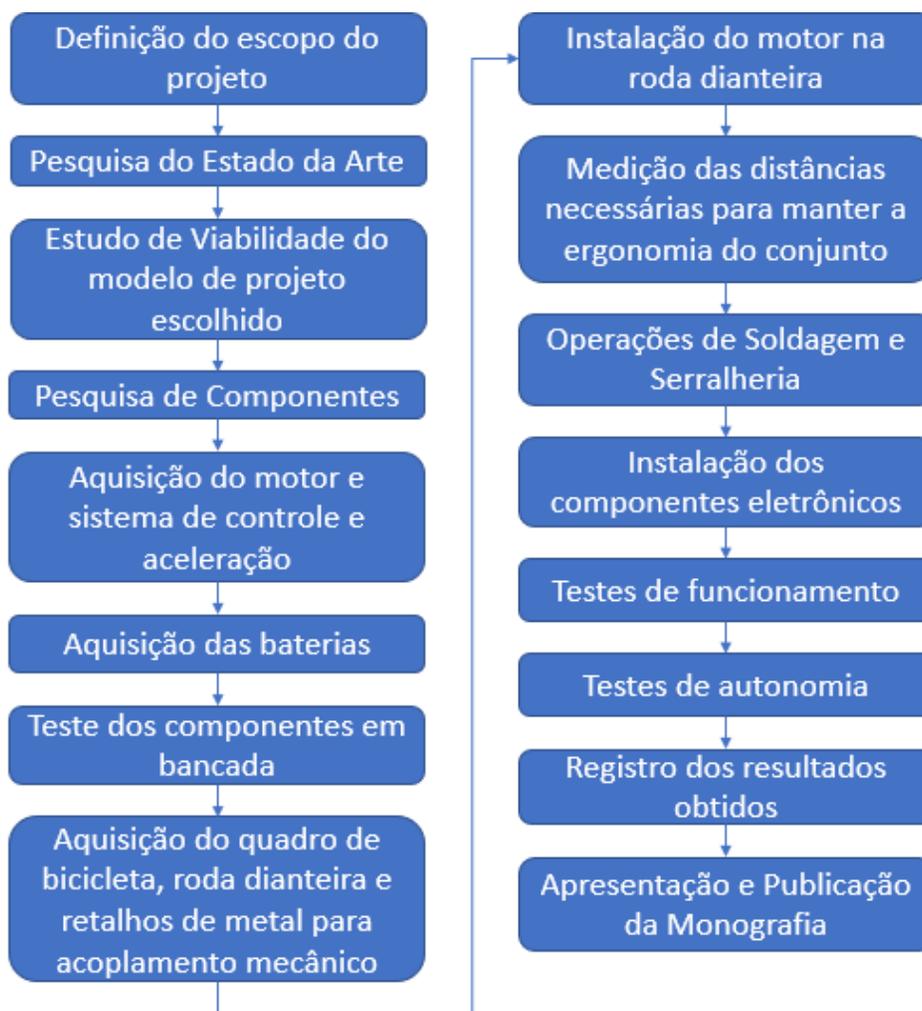
### 3 METODOLOGIA E MATERIAIS UTILIZADOS

Neste capítulo, serão abordados a metodologia de projeto e os materiais utilizados para a realização da aplicação da tecnologia assistiva em cadeira de rodas.

#### 3.1 Metodologia

Após alguns estudos sobre a melhor maneira de implementar o projeto de aplicação de tecnologia assistiva em cadeira de rodas chegamos ao seguinte algoritmo de trabalho, conforme demonstra a figura 13:

Figura 13: Metodologia de Projeto



Fonte: Autor.

## 3.2 Componentes e Equipamentos

A seguir segue a descrição dos dispositivos e equipamentos selecionados para desenvolver o projeto de motorização do sistema de motorização. Os principais equipamentos utilizados foram o motor *brushless* e a fonte de alimentação que deverá ser implementada.

### 3.2.1 Bateria Estacionária 12V / 7 Ah

De acordo com o estudo realizado, tendo por base analisar os tipos de fonte de alimentação, a bateria mais adequada seria a célula de íon-lítio. Tal bateria além de proporcionar a carga necessária, dispõe de uma autonomia superior às demais e tem tamanho e peso adequados ao projeto. O sistema por ser compactado não consegue ter baterias grandes, pesadas e que não conseguiriam ser facilmente inseridas no sistema. A bateria de íon lítio proporciona além de peso e autonomia a vantagem de remoção e inserção rápida. A figura 14 mostra um modelo de bateria estacionária.

Figura 14: Bateria estacionária UNICOBA 12 v/ 7 Ah, modelo usado no projeto



Fonte: UNIPOWER. Bateria Selada VRLA, 12V, 7.0 Ah Mod.UP1270. Disponível: <<http://unipower.com.br/produto/bateria-estacionaria-vrla-12v-7ah-mod-up1270e/>> Acesso em: 01/12/2017.

No entanto, como observado, a bateria de íon-lítio tem um custo maior que as demais oferecidas no mercado. Por isso não foi possível inseri-la no projeto que, entretanto, é altamente compatível com esse tipo de bateria.

No lugar, foram utilizadas três baterias chumbo-ácido de 12V com 7 Ah, totalizando uma carga de 36V com 21 Ah.

A bateria de chumbo ácido possui uma autonomia relativamente baixa e tem peso elevado, o que prejudica um pouco a autonomia do conjunto, entretanto, ela foi utilizada como alternativa à bateria de íon-lítio, que seria ideal para o projeto.

De acordo com a tabela 2, as dimensões técnicas da respectiva bateria adquirida no site da fabricante.

Tabela 2: Especificações técnicas do fabricante

<b>Bateria UNIPOWER 12v/7Ah</b>	
<b>Modelo</b>	<b>UP1270E</b>
Tensão Nominal (V)	12
Capacidade (C10)	6,4
Capacidade (C20)	7
Comprimento (mm)	151
Largura (mm)	65
Altura Total (mm)	100
Peso (kg)	2,1
Tipo de Terminal	Faston 187
Posição de terminal	D
Garantia	12
Certificações	UL

Fonte: UNIPOWER. Bateria Estacionária VRLA 12V 7Ah Mod.UP1270E. Disponível: <<http://unipower.com.br/produto/bateria-estacionaria-vrla-12v-7ah-mod-up1270e/>> Acesso em: 21/11/2017.

### 3.2.2 Motor *Brushless* 36V / 250W

O motor escolhido para a aplicação de motorizar o sistema que será acoplado à uma cadeira de rodas tem, conforme a tabela 3, as seguintes especificações:

Tabela 3: Especificações do motor *brushless*

Tensão do motor	36 V
Corrente nominal do motor	6,945 A
Potência do motor	250 W
Torque	21,875 N.m

Fonte: Autor.

Esse tipo de motor é destinado à aplicação em bicicletas elétricas. Entre os anos de 1993 e 2004 a fabricação desses dispositivos cresceu cerca de 35% e o mercado de motorização de bicicletas tornou-se popular. A alocação do motor em bicicletas elétricas pode ser feita em qualquer uma das rodas, embora seja de costume colocá-lo na roda traseira, gerando assim o torque necessário para tracionar o conjunto. A figura 15 mostra um exemplo de um desses motores.

Figura 15: Motor de Corrente Contínua 36V/250W

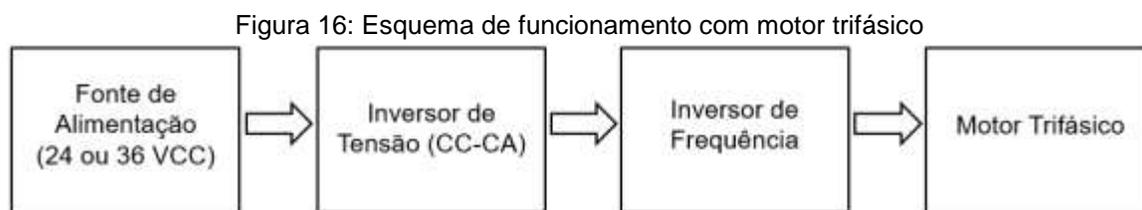


Fonte: MERCADO LIVRE. Motor dianteiro 250W 36V Para Bicicleta Elétrica. Disponível em: <  
[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-699466295-motor-dianteiro-250w-36v-para-bicicleta-eletrica-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-699466295-motor-dianteiro-250w-36v-para-bicicleta-eletrica-_JM)> Acesso em: 25/11/2017.

As vantagens apresentadas por este motor agregam ao *kit* construído uma série de fatores que foram levados em conta no planejamento do sistema, dentre esses fatores, podemos citar os seguintes:

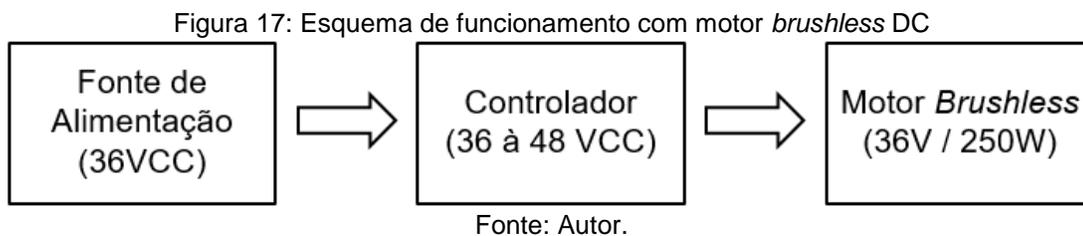
- Peso adequado e compatível à tese principal do projeto: Construção de *kit* motorizado que poderá ser facilmente montado/desmontado, transportado e que não acarretará desconforto ao usuário;
- Equipamento de uso frequente e de fácil acesso: uma das teses do projeto consiste em agrupar os componentes necessários para a construção do sistema facilmente e com custo baixo. O motor pode ser encontrado sob a forma de bloco (Apenas o dispositivo) ou alocado diante de uma roda de aro indeterminado. Para que o motor seja ligado é necessário um conjunto de dispositivos que irão auxiliá-lo neste aspecto;
- Conjunto de Dispositivos auxiliares; imprescindível para que o motor ligue deve estar acompanhando o mesmo. A vantagem neste dispositivo está em habilitar acelerador, sensor hall, freios, condição de carga da bateria e etc.

Seguindo o critério especificado de criar um *kit* motorizado para pessoas com deficiência física, com baixo custo em aquisição de componentes, dispositivos e equipamentos além de ser necessário que tais dispositivos e equipamentos sejam de fácil acesso, o motor de corrente contínua especificado para uso em bicicletas elétricas apresenta a melhor solução se comparado com outros tipos de motores como os de uso industrial. A figura 16 mostra o funcionamento do sistema utilizando motor trifásico.



Fonte: Autor.

Já a figura 17 demonstra o funcionamento com o motor *brushless* DC:



Os motores trifásicos de uso industrial poderiam ser inseridos no projeto, pois possuem características compatíveis com as especificações de torque e consumo para esta aplicação.

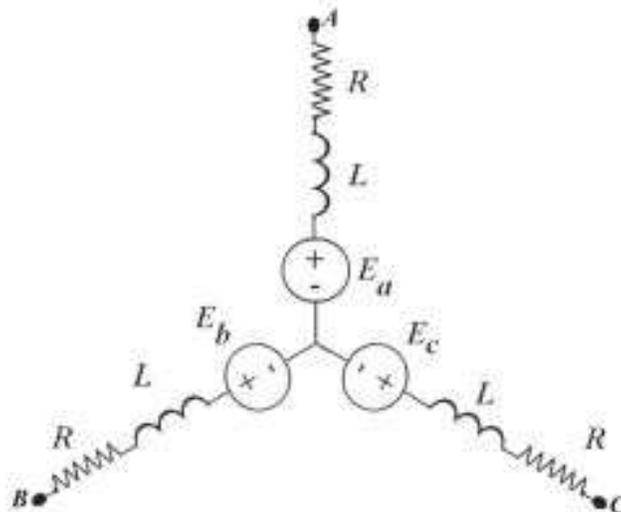
Entretanto, a característica que o se demonstrou inadequada a utilização dos motores trifásicos no projeto foi o peso que poderia acrescentar à estrutura do conjunto, pois a média dos motores pesquisados possuíam aproximadamente 9 kg sem contar a caixa de redução e haveria a necessidade de construção de um sistema de polias ou engrenagens de transmissão. Dessa maneira, o motor trifásico não se encaixa à proposta *plug and play* de montagem e desmontagem fácil e da possibilidade de alocação em ambientes de transporte pequenos como o porta-malas de um carro.

Por essas razões optamos por utilizar um motor *brushless* de corrente contínua destinado a bicicletas elétricas. Contudo, é importante levar em conta que o projeto poderia ser realizado com motor trifásico e os inversores para transformar a alimentação DC para AC em três fases, conquanto que não fosse necessário retirar o equipamento acoplado à cadeira de rodas.

Os motores *brushless* possuem três enrolamentos distintos identificados como linhas A, B e C, que são acionadas por um controlador que sincroniza o sinal de saída para produzir alternadamente em cada uma das bobinas um campo magnético capaz de repelir os ímãs do rotor na direção desejada e fazer o motor girar com a velocidade e a força necessárias.

A figura 18 mostra o esquema de ligação das bobinas do motor com R e L representando a resistência e a indutância de cada fase, e as letras  $E_a$ ,  $E_b$  e  $E_c$  simbolizando as forças contra eletromotrizes induzidas nas fases do motor.

Figura 18: Desenho esquemático das bobinas do estator do motor *brushless*



Fonte: Chai (1998).

Para dimensionar o motor que será utilizado é necessário definir tanto a carga que será tracionada quanto a velocidade que se deseja atingir, pois a escolha do motor é feita à partir de um referencial de potência e para encontrar a potência é necessário descobrir o torque que será aplicado para arrastar a carga. Uma equação se deduz à partir da outra, pois a potência  $P$  pode ser calculada a partir da velocidade angular  $\omega$  multiplicada pelo torque  $\tau$ , como mostra a equação 2.

Equação 2: Equação de potência

$$P = \tau\omega$$

Para calcular o torque  $\tau$  é necessário multiplicar a força  $F$  pelo raio  $r$  da roda de tração, como mostra a equação 3, considerando o ângulo  $\theta = 90^\circ$ .

Equação 3: Equação de torque

$$\tau = rF \text{ sen}\theta$$

Como demonstra a equação 4, para calcular a força  $F$  é preciso multiplicar a massa  $m$  pela aceleração  $a$  desejada.

Equação 4: Equação de força

$$F = ma$$

A equação 5 demonstra que para obter a aceleração é preciso decidir a velocidade que se pretende atingir  $\Delta v$  e o tempo que se deseja levar para chegar a essa velocidade  $\Delta t$  considerando a velocidade inicial como zero e o tempo inicial também como zero resultando apenas no valor da velocidade final desejada sobre o tempo final desejado.

Equação 5: Equação de aceleração

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Depois de decidida a aceleração desejada deve ser obtida a força por meio da equação 4 e o torque por meio da equação 3. Depois, para encontrar a potência é necessário obter a rotação  $f$  do motor dividindo a velocidade  $v$  pelo perímetro da roda, ou seja, o raio  $R$  da roda multiplicado por  $2\pi$ , como demonstra a equação 6.

Equação 6: Equação de rotação

$$f = \frac{v}{2\pi R}$$

Em seguida deve ser encontrada a velocidade angular  $\omega$  multiplicando a frequência mecânica, ou rotação,  $f$  por  $2\pi$ , como mostra a equação 7.

Equação 7: Equação de velocidade angular

$$\omega = 2\pi f$$

Uma vez obtida a velocidade angular podemos calcular o torque  $\tau$  e a potência  $P$  necessários para o motor realizar o transporte da carga escolhida com as equações 2 e 3. A tabela 4 mostra os elementos calculados com base nas equações demonstradas.

Tabela 4: Tabela de cálculos de potência do motor

Motor	
Potência	250 W
Tensão	36 V
Corrente	6,94 A
Roda	
Aro da roda	20 "
Diâmetro	0,508 m
Raio	0,254 m
Perímetro	1,60 m
Variáveis de desempenho	
Massa do conjunto	87 kg
Velocidade máxima	10,28 km/h
DeltaT para Vmáx	3,5 s
Resultantes	
Velocidade m/s	2,856 m/s
Rotação/s	1,8 rps
Rotação/m	107,4 rpm
Velocidade angular	11,2 rad/s
Aceleração m/s <sup>2</sup>	0,82 m/s <sup>2</sup>
Força necessária	71 N
Torque	18,0 Nm
Potência	203 W

Fonte: Autor.

### 3.2.3 Controlador para motor *brushless* DC

O controlador utilizado no sistema, ilustrado pela figura 19, é um modelo chinês de controlador para motor *brushless* DC:

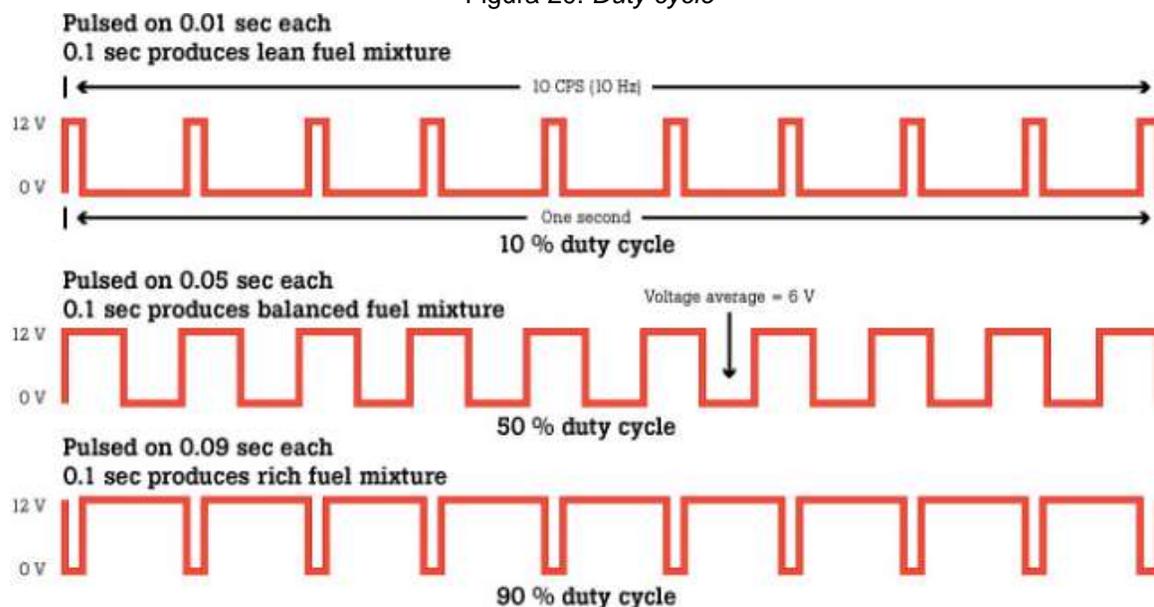
Figura 19: Controlador usado para o sistema



Fonte: Autor.

O controlador varia o *duty cycle* do sinal de acordo com a variação da posição do sinal de referência do acelerador. *Duty cycle* é um termo que designa uma proporção matemática, em porcentagem, entre o estado ligado e o estado desligado do motor em cada ciclo de operação, como demonstrado na figura 20.

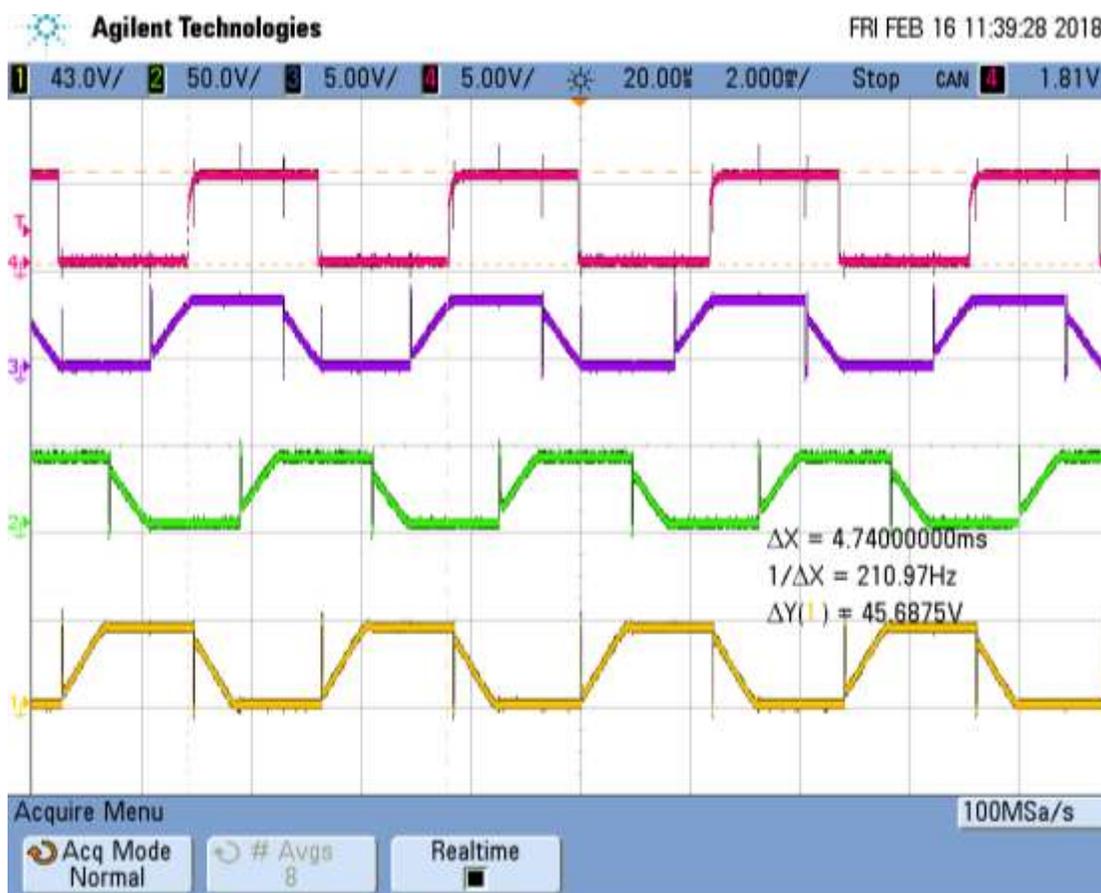
Figura 20: *Duty cycle*



Fonte: FLUKE, What is Duty Cycle? Disponível em: <<http://en-us.fluke.com/training/training-library/measurements/electricity/what-is-duty-cycle.html>>. Acesso: 10/11/2017.

As três bobinas do estator são alimentadas de modo semelhante ao do motor trifásico com 120 graus de defasagem entre as fases de alimentação do motor. O sinal de alimentação das bobinas é acompanhado por sensores de efeito hall que respondem às variações no campo magnético das bobinas com variação de tensão e proporcionam um *feedback* ao controlador que capta a posição do rotor em controle de malha fechada. A figura 21, obtida num osciloscópio de quatro canais com resolução de milissegundos mostra os três sinais das bobinas, em forma de onda trapezoidal, que são ligadas a um sinal de referência comum com os sensores de efeito hall. Um dos sensores, com sinal em forma de onda quadrada, monitora as variações da bobina que está logo abaixo dele<sup>6</sup>:

Figura 21: Forma de onda do sinal de saída do controlador para o motor



Fonte: Autor.

<sup>6</sup> Legenda dos sinais: (1) amarelo, (2) verde, (3) roxo, (4) rosa

## **4 RESULTADOS OBTIDOS**

Neste capítulo serão abordados os resultados obtidos com os testes realizados, o estudo de viabilidade, a fabricação dos acoplamentos e a montagem do conjunto num equipamento de tecnologia assistiva para cadeira de rodas.

### **4.1 Testes Realizados e Viabilidade**

Parte Fundamental do projeto consiste em, após a plena montagem do *kit* motorizado, efetuar os devidos testes para assegurar o funcionamento e os parâmetros a serem seguidos e estipulados para o sistema.

#### **4.1.1 Testes Iniciais**

Os testes iniciais foram realizados no dia 29/11/2017, onde o principal intuito foi assegurar o funcionamento do sistema, testar a integridade do motor (Partida, funcionamento e consumo) e a condição das baterias. Nos testes iniciais foram constatadas algumas limitações quanto ao fornecimento de corrente para o motor, devido à corrente inicial máxima das baterias utilizadas que deram a impressão de que o equipamento não era capaz de tracionar o conjunto com carga de 50kg em superfícies com inclinação maior que 30 graus. Entretanto, em testes subsequentes, utilizando bateria de lítio, foram obtidos resultados positivos em relação ao torque fornecido pelo motor, pois o equipamento é capaz de tracionar o conjunto vários tipos de superfícies mesmo com cargas acima de 70 kg.

### 4.1.2 Testes Finais

Foram realizados os testes finais do sistema no dia 06/12/2017, onde o objetivo foi testar a autonomia das baterias e a velocidade máxima que o sistema pode atingir com uma carga média de 70 kg. Para a realização do teste as baterias foram carregadas até seu limite máximo de tensão no valor de 13,8V. Somadas a carga das três baterias, adquiriu-se um valor total de alimentação no valor de 41,4V.

Um fator que foi constatado durante os testes iniciais é a vida útil das baterias. Segundo o que foi constatado as baterias foram fabricadas em março/2014 e geralmente a vida útil das mesmas giram em torno de 5 anos. Com isso as mesmas estão com aproximadamente 4 anos de vida útil. Consequentemente não está sendo possível carregá-las totalmente além das mesmas não suportarem um consumo por um tempo satisfatório. Segundo o que foi comprovado, alimentando o motor *brushless* de 36V 1A, a fonte de alimentação suporta no máximo um tempo aproximado de 11 minutos, com uso constante.

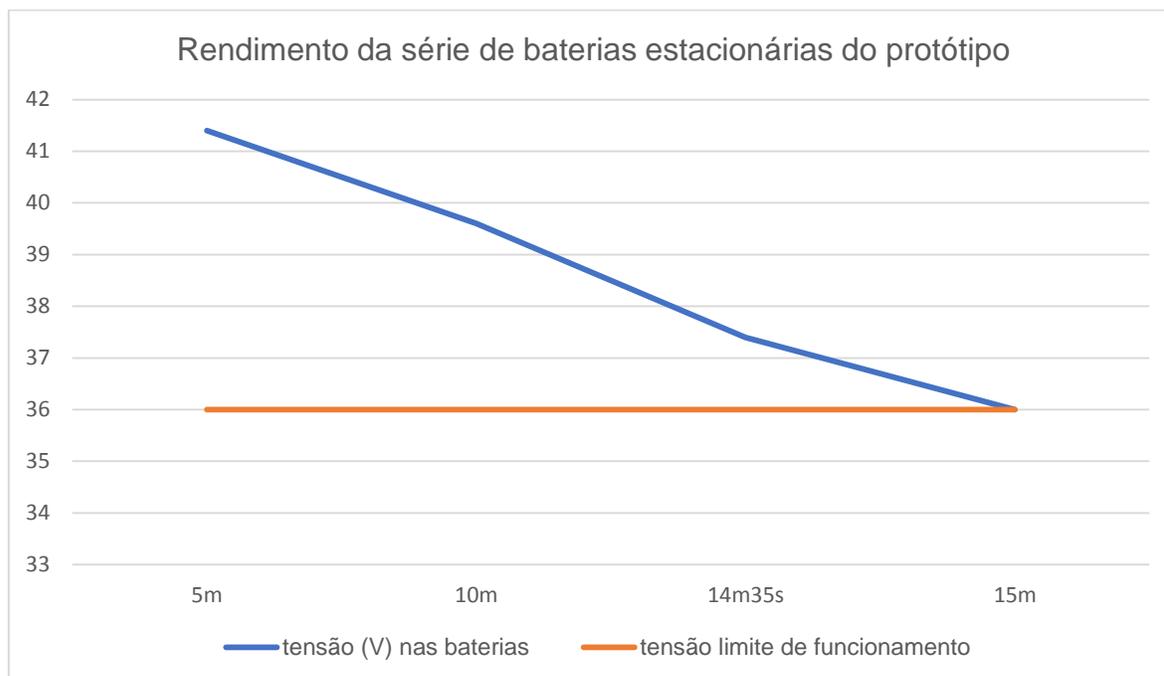
Além dos testes realizados em relação ao rendimento das baterias, foi feito um teste de velocidade máxima que o sistema consegue atingir. Para isso foi estipulado uma distância de 10 metros. O sistema, com baterias completamente carregadas conseguiu completar 10 metros em 3,5 segundos. Dessa forma é possível estabelecer que o sistema pode atuar em uma velocidade máxima de 10,28km/h.

Após a descarga total, o sistema completa 10 metros em aproximadamente 15 segundos, estabelecendo uma velocidade máxima, com carga mínima, de 2,4km/h.

Foram realizados no dia 15/12/2017 testes com a bateria de ion-lítio e obtidos os seguintes resultados: corrente de pico 16A ou mais; corrente com carga constante 12,83A.

Através dos testes práticos com o sistema, foi possível obter os seguintes resultados, conforme mostra a figura 22.

Figura 22: Gráfico de rendimento das baterias utilizadas no sistema



Fonte: Autor.

### 4.1.3 Estudo de viabilidade técnica

Relacionando a proposta de construir um sistema motorizado simples e acessível à um baixo custo de aquisição, foi elaborado um estudo de viabilidade, que demonstra as etapas pertencentes à aquisição de componentes e equipamentos necessários para a solução do projeto.

Foi registrado por meio de fotografias o andamento da montagem do projeto do *kit* motorizado, demonstrando superficialmente os pontos mais importantes para a construção do respectivo sistema. Foi verificada a possibilidade de uso de uma roda aro 26 na parte dianteira do sistema. Após realizadas as medições da cadeira de rodas e da armação metálica que iria sustentar o *kit*, concluiu-se que não é possível

utilizar uma roda com tamanho superior ao tamanho da roda pertencente a cadeira de rodas. Como demonstrado na figura 23, a roda de aro 26 teria de ser adaptada para se adequar ao conjunto harmonicamente.

Figura 23: Estudo de caso para adequação da roda



Fonte: Autor.

O tamanho do aro da roda que acompanhava o motor era 26, conforme demonstrado na figura 24.

Figura 24: Roda original aro 28 com bloco de motor



Fonte: Autor.

De acordo com as definições de projeto, foram necessários ajustes para que a proporção da roda de tração ficasse em tamanho de aro 20, pois a estrutura do garfo disponível, para rodas de aro 26, necessitava ser cortado e receber soldaduras para se adequar à distância de encaixe do eixo do motor elétrico, conforme mostra a figura 25. Além disso, as rodas da própria cadeira são de aro 24, logo, manter uma roda de tração à frente do conjunto que seja maior que as rodas traseiras resultariam numa fuga ao escopo do projeto, que pretende ser transportado com facilidade.

Figura 25: Adequação da roda aro 28 para aro 20



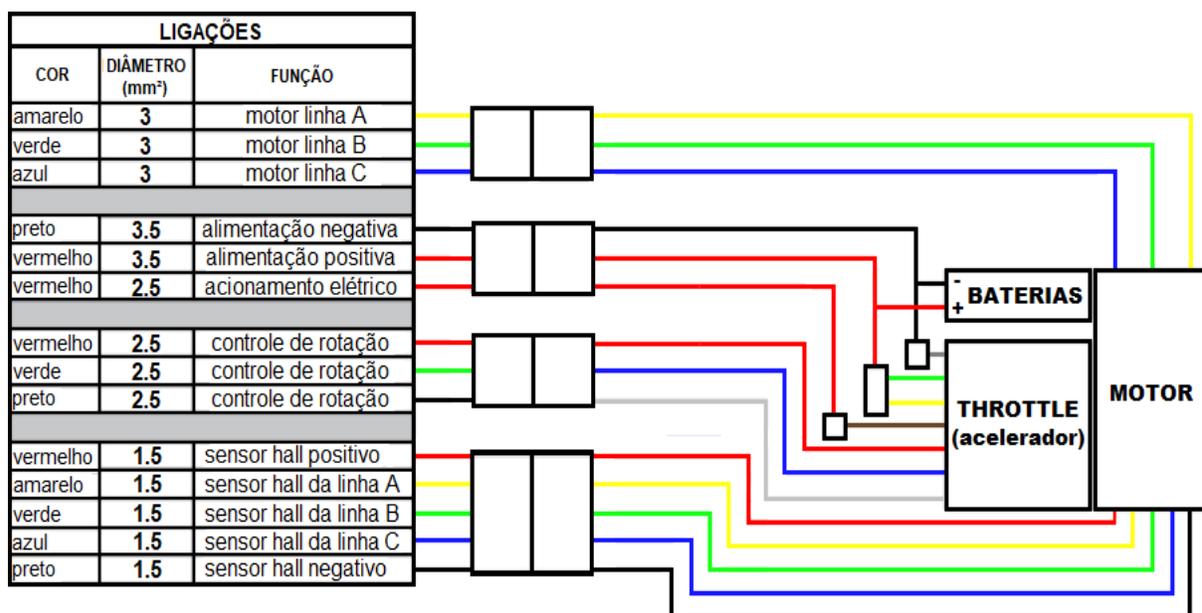
Fonte: Autor.

## 4.2 Montagem

Após o estudo de viabilidade e a adequação da roda aro 28 para aro 20, a etapa de desenvolvimento do projeto foi sucedida pelo estudo do controlador do sistema. O controlador é um dos componentes essenciais para o funcionamento do sistema, pois ele é responsável pelo gerenciamento da carga das baterias, chaveamento da fonte de alimentação para o motor elétrico e o acionamento do mesmo. O controlador, o motor e o acelerador foram adquiridos em conjunto. É imprescindível que os usuários, caso utilizem outro tipo de motor com potências

superiores à de 250W, busquem um controlador que seja compatível com essas potências, pois cada dispositivo é apropriado à uma tensão de alimentação e a corrente e tensão fornecidas ao motor. Conforme a figura 26 é possível visualizar a sequência correta de montagem do sistema eletrônico, conforme indicação do fabricante.

Figura 26: Esquemático para a montagem elétrica do sistema



Fonte: Autor.

O controlador possui linhas de alimentação das bobinas A, B e C que são ligadas no motor juntamente com os sensores de efeito hall que possuem o circuito de alimentação com polos positivo e negativo e as linhas de obtenção de sinal das bobinas A, B e C. Além disso, o controlador possui canais de alimentação do throttle, ou acelerador, que é um potenciômetro com sinal positivo, negativo e o sinal de referência, bem como canais que permitem a obtenção da quantidade de carga da bateria que alimentam três LEDs de cores verde, amarelo e vermelho para definir o nível de carga da bateria. E, por último, os canais da fonte de alimentação preto e vermelho da bateria.

Após a definição das especificações relacionadas à parte eletroeletrônica do sistema, foi realizado o planejamento de construção do acoplamento mecânico. A

fabricação do sistema mecânico deu-se através de medições, cortes, dobramentos e soldadura num quadro de bicicleta de tamanho médio ao meio para encaixar o sistema à cadeira de rodas.

O quadro a ser utilizado não precisa ser necessariamente novo, mas deve estar em bom estado de conservação, garantindo que suportará o peso e os esforços que irá sofrer durante o funcionamento do sistema. Foi comprovado por meio de consulta a algumas oficinas especializadas em bicicletas que o estado aparente do quadro não interfere no estado final do sistema, contanto que não haja oxidação do ferro ou alguma deformação que possa gerar trincas durante a movimentação e assim comprometer a segurança do cadeirante. A figura 27 demonstra os quadros de bicicletas que foram adquiridos para a construção do sistema de acoplamento.

Figura 27: Quadros de bicicletas utilizados na construção do projeto



Fonte: Autor.

A figura 28 demonstra o planejamento para a construção do sistema de acoplamento à cadeira:

Figura 28: Planejamento de construção do sistema de acoplamento



Fonte: Autor.

Após os processos de soldagem e usinagem, o resultado inicial do processo de adequação mecânica foi a seguinte, conforme a figura 29.

Figura 29: Montagem inicial da parte mecânica do *kit*



Fonte: Autor.

Após a finalização dos processos de adequação mecânica, foi possível chegar ao seguinte resultado, conforme a figura 30.

Figura 30: Montagem final da parte mecânica do *kit*



Fonte: Autor.

O guidão alocado ao quadro já vem com os comandos de aceleração, frenagem, status de bateria, como mostra a figura 31, e sua principal função é direcionar os movimentos da cadeira.

Figura 31: Guidão utilizado no projeto



Fonte: Autor.

Após os ajustes de corte, montagem e adequação do sistema mecânico, as respectivas medidas serão dadas para consulta e montagem do sistema. A figura 32 mostra o modelo de inspiração para o sistema mecânico deste projeto.

Figura 32: Modelo base para a construção do projeto de *kit* motorizado



Fonte: BIKE MOTO .*Kit WS Liberty*. Disponível: <<http://www.bikemoto.net/KIT-ELETRICO-WSLIBERTY-PARA-CADEIRA-DE-RODAS-600W/prod-2924713/>> Acesso: 04/09/2017.

Com base no *Kit WS Liberty*, foram realizados trabalhos referentes à parte mecânica, visando construir uma estrutura metálica, semelhante, utilizando como meio principal um quadro de bicicleta médio.

Após os cortes, usinagem e soldagem do mesmo, pode se obter o seguinte, conforme a figura 33.

Figura 33: Protótipo do kit motorizado desenvolvido



Fonte: Autor.

### 4.3 Desenho Técnico em CAD

O desenho técnico do projeto é capaz de detalhar elementos importantes da estrutura mecânica. As medidas foram extraídas após a montagem final da parte mecânica do *kit* motorizado. Os dados podem variar dependendo da cadeira de rodas que receberá o equipamento. O desenho do projeto foi realizado através do *software* fusion360. Como mostra a figura 34.

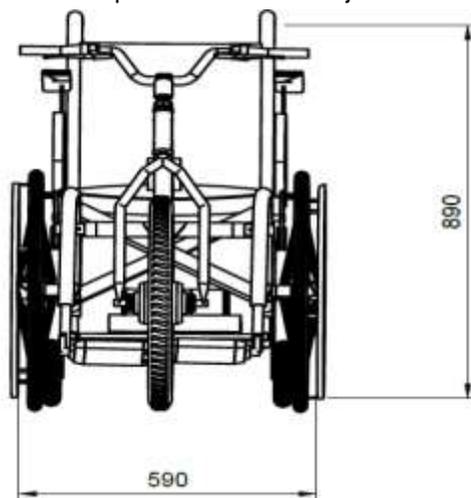
Figura 34: Vista ortogonal do projeto em fusion360



Fonte: Autor.

A figura 35 demonstra a vista frontal do conjunto já montado com a cadeira de rodas.

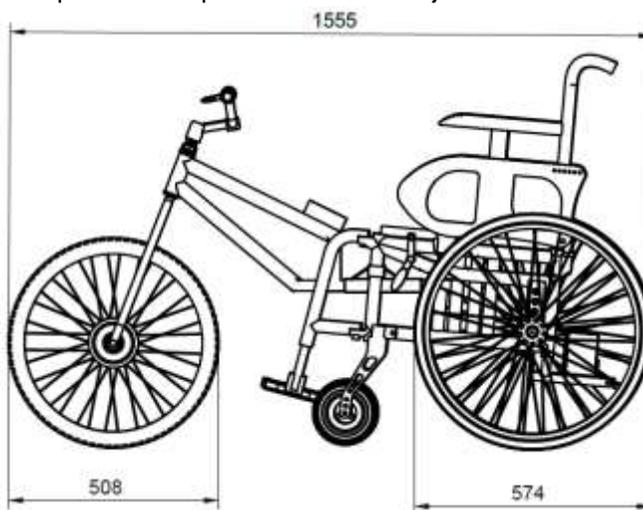
Figura 35: Esquemático representativo do conjunto motorizado vista frontal



Fonte: Autor.

A figura 36 expõe a vista lateral do desenho técnico do projeto.

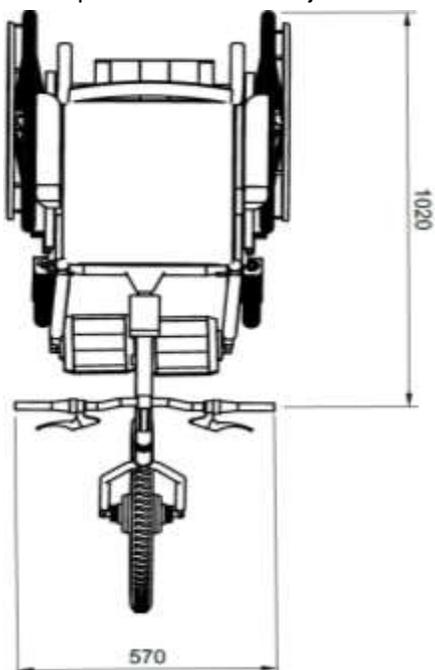
Figura 36: Esquemático representativo do conjunto motorizado vista lateral



Fonte: Autor.

A figura 37 mostra a vista superior do desenho técnico do conjunto completo.

Figura 37: Esquemático representativo do conjunto motorizado vista superior



Fonte: Autor.

Por fim, a figura 38 mostra a vista ortogonal do desenho.

Figura 38: Esquemático representativo do conjunto motorizado projeção ortogonal



Fonte: Autor.

## 5 CUSTOS

Foi produzida uma tabela de custos, embasando os custos primários do projeto a ser desenvolvido e construído. A tabela 4 mostra os custos diretos envolvidos na realização do projeto, como transporte, ferramentas, dispositivos e custos com serviços de montagem que um indivíduo teria para construir o sistema motorizado por si mesmo.

Tabela 5: Custos estabelecidos no projeto

<b>Custos do Projeto</b>			
<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço</b>	<b>Total</b>
<b>Dispositivos e Equipamentos</b>			
<i>Kit</i> motorizado (motor, controlador, guidão e manetes)	1	R\$ 550,00	R\$ 550,00
Quadro de bicicleta	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Freio para a roda tracionadora	1	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Bateria chumbo-ácido 12V/ 7Ah <sup>7</sup>	3	R\$ 60,00	R\$ 180,00
Demais custos (ferramentas e componentes)			R\$ 50,00
<b>Total em dispositivos e equipamentos</b>			<b>R\$ 870,00</b>
<b>Serviços</b>			
Adequação de roda aro 28 para aro 20			R\$ 30,00
Construção do sistema mecânico			R\$ 150,00
Montagem do sistema elétrico			R\$ 50,00
Demais custos (transporte e pesquisa de fornecedores)			R\$ 100,00
<b>Total em serviços</b>			<b>R\$ 330,00</b>
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 1.200,00</b>

Fonte: Autor.

<sup>7</sup> Na próxima tabela, a tabela 4, optamos por substituir as baterias de chumbo-ácido, de R\$ 180,00, pela de íon-lítio, de R\$ 1.000,00, na composição de custos do protótipo desenvolvido, para fins de comparação com o *kit WS Liberty*, mantendo uma relação de autonomia compatível, porém alterando o custo final do protótipo para R\$ 2.020,00.

O custo final do protótipo foi de R\$ 1.200,00, sem levar em conta o custo de mão de obra de um técnico para a montar do sistema sob encomenda. O *kit WS Liberty* vendido pela empresa BIKEMOTO BICICLETAS MOTORIZADAS E ELÉTRICAS<sup>8</sup> que serviu de modelo e base para construção do sistema é vendido atualmente pelo preço de R\$ 7.500,00, no qual já estão inclusos os custos de mão de obra e montagem, impostos, além do lucro, sobre os quais não temos informações específicas. A tabela 5 demonstra as características do projeto desenvolvido e do *kit WS Liberty*, explicitando algumas diferenças entre eles.

Tabela 6: Tabela comparativa entre o *kit WS Liberty* e o Projeto Desenvolvido

<b>Ficha técnica de comparação</b>		
<b>Características</b>	<b>WS Liberty</b>	<b>Projeto Desenvolvido</b>
Potência do motor	600W	250W
Bateria	1 de lítio com 36V/10Ah	1 de lítio com 36V/10Ah
Tamanho da roda (pol)	Aro 20	Aro 20
Carga suportada	150 kg	100 kg
Controlador eletrônico	Sim	Sim
Acelerômetro	Sim	Sim
Quadro	Aço carbono	Aço carbono
Autonomia	30 km por carga	30 km por carga <sup>9</sup>
Engate <i>one-click</i>	Sim	Sim
Preço x custo direto	R\$ 7.500,00	R\$ 2.020,00
Peso	13 kg	17 kg

Fonte: Autor.

Um dos objetivos do projeto é a redução de custos, desconsiderando os custos de mão de obra com a montagem e a construção do sistema. O preço de custo do protótipo com as baterias de chumbo-ácido foi de aproximadamente R\$

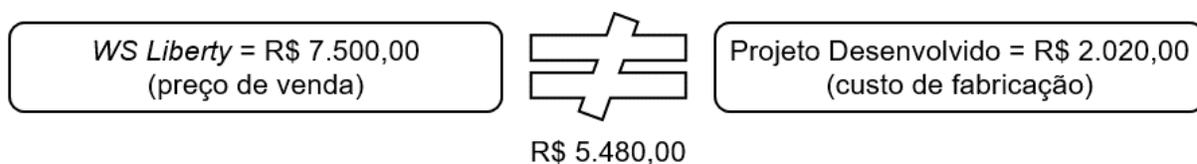
<sup>8</sup> Fonte: <<http://www.bikemoto.net>>. Acesso em: 11/04/2017.

<sup>9</sup> As baterias chumbo-ácido, utilizadas no protótipo, podem proporcionar aproximadamente 10 km por carga.

1.200,00. Entretanto, para comparar os dois equipamentos as baterias chumbo-ácido foram substituídas por baterias de íon-lítio elevando o custo total estimado do protótipo para o valor de R\$ 2.020,00 e resultando numa diferença de valores de comparação entre preço de venda do *kit* e custo de fabricação do protótipo de cerca de R\$ 5.480,00.

A figura 39 mostra a diferença entre o preço do produto e o projeto desenvolvido.

Figura 39: Comparação de custo/preço de venda



Fonte: Autor.

Atendendo a uma das propostas do projeto que é construir um sistema motorizado usando recursos de fácil acesso e com custo relativamente menor do que o preço médio apresentado no mercado em produtos comerciais. Vale a pena ressaltar que os dispositivos de motorização devem atender as respectivas necessidades de cada indivíduo. Outros fatores como a portabilidade e a disponibilidade de manutenção são importantes para assegurar o conforto e a comodidade do usuário, é desejável que o sistema possa ser montado e desmontado com facilidade e transportado em locais pequenos como porta-malas de carro e seja adequado para utilização em transportes públicos.

## 6 CONCLUSÃO E PROPOSTAS FUTURAS

Neste capítulo serão expostas as conclusões e propostas futuras para o projeto de tecnologia assistiva em cadeiras de rodas.

### 6.1 Conclusão

O sistema viabilizado anteriormente tem por intuito a construção de um *kit* motorizado para adequação à uma cadeira de rodas convencional, que atenda aos requisitos de qualidade do mercado além de suprir à necessidade que o usuário possui que é um sistema eficiente, que possua portabilidade e acima de tudo com um custo acessível.

O sistema proposto parte de um princípio simples, comumente implantado em equipamentos, que é a automação de dispositivos mecanizados. Segundo os estudos em relação aos equipamentos adotados, as técnicas implantadas e o custo adotado.

Foi adotado, como base e ponto de partida, o projeto do *kit WS Liberty* que é um *kit* motorizado adequado à 99% dos modelos de cadeira de rodas existentes no mercado. O *kit* conta com um sistema mecânico construído especialmente para a inserção de um motor apropriado para bicicletas elétricas, controlador e bateria de lítio onde esta última proporciona uma autonomia maior ao sistema se comparado às demais baterias existentes no mercado. O sistema *WS Liberty* serviu de base pois possui um sistema de acoplamento (engate) rápido e simples e a facilidade de desmontagem e inserção em locais com dimensões reduzidas. O problema que o sistema *WS* apresenta, consiste em seu custo, que é elevado devido ao fornecedor apresentar o sistema todo montado, pronto para uso. A missão do projeto consistiu em reproduzir um sistema parecido com o sistema *WS Liberty*, com o menor custo de produção possível.

O principal objetivo do projeto foi adequar o sistema a um indivíduo com hemiplegia (indivíduos que possuem o movimento apenas de um lado do corpo), a fim de tornar sua movimentação, relativamente mais simplificada e confortável. O sistema foi projetado a atender uma pessoa com hemiplegia, que possui o lado esquerdo do corpo funcional, com peso de aproximadamente 70kg. O motor elétrico, grande responsável pelo funcionamento do sistema, possui a potência necessária para tracionar o sistema a fim de levar um indivíduo com o peso especificado.

Após os testes realizados, concluiu-se que o sistema proposto funciona e poderá ser implementado às demais cadeiras de rodas existentes no mercado. Em relação às especificações técnicas, o principal ponto onde foi percebida uma necessidade de melhoria cabe às fontes de alimentação. Após o uso de um conjunto de 3 baterias chumbo-ácido, usadas, de 12V / 7Ah foi constatada a ausência de corrente necessária para que o motor possua torque suficiente para tração de um indivíduo com peso superior à 50 kg em superfícies íngremes.

Testes posteriores foram feitos onde foi somada mais uma bateria de 12V / 7Ah, adquirindo uma carga de 48V / 28Ah. Após o teste com esse conjunto de baterias, sendo previamente carregadas de forma plena, foi obtido o resultado esperado relacionado à força de tração do motor. Portanto, foi possível construir o sistema atendendo aos objetivos propostos e inseri-lo em uma categoria de *kit* motorizado que pode ser construído com menor custo, mas com desempenho que atende aos requisitos do mercado e as necessidades de quem irá adquiri-lo.

## **6.2 Propostas Futuras**

O foco inicial do projeto foi idealizar e construir um protótipo de um sistema motorizado, cuja motivação era a demonstração do funcionamento do sistema através da aquisição de materiais, equipamentos e dispositivos utilizando poucos recursos para a realização do projeto. E com base nos dados apresentados

anteriormente e nos testes realizados, foi possível atingir o objetivo principal, construir um sistema motorizado com uma redução significativa nos custos a ponto de produzir uma prototipagem. Contudo, o sistema ainda pode receber melhorias e ferramentas para outros tipos de deficiência física.

Após a construção do *kit* motorizado, foram idealizadas melhorias futuras que visam tornar o projeto construído num item comercial que possa ser adquirido por demais pessoas. Com base nisso foram estabelecidos alguns conceitos que são dignos de melhoria e aperfeiçoamento para o sistema projetado. Algumas das propostas foram idealizadas a seguir.

- Adequar o sistema a receber uma bateria de lítio, como fonte de alimentação para o sistema, o que proporcionará um aumento considerável na questão de estabilidade, rendimento e aproveitamento de energia para o sistema;
- Inserção de motor 24V / 600W;
- Construção de um sistema de Inter travamento, onde o usuário não pode em hipótese alguma utilizar o acelerador enquanto o freio estiver pressionado;
- Inserção de controle em malha-fechada, que auxiliará no controle e estabilidade do sistema;
- Inserção de sistema capaz de reaproveitar a energia dissipada, proporcionando eficiência energética ao sistema;
- Adequação do sistema a outros meios de controle, de modo a permitir que pessoas que não possuem movimento dos braços possam movimentar o sistema.

As sugestões de melhoria apresentadas são passíveis de estudo de viabilidade a fim de compreender a motivação e se as mudanças não ferem os objetivos diretos do projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 9050:2015, Acessibilidade e edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, 2015.

ANDRADE, Douglas. Partes e Características de um Motor de Indução Trifásico. Disponível em: <<http://zondatec.blogspot.com.br/2014/04/caracteristicas-do-motor-de-inducao.html>>. Acesso: 07/12/2017.

ANDRÉS, Aparecida. Consultoria Legislativa – Pessoas com Deficiência nos Censos Populacionais e Educação Inclusiva. Disponível em: <[http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema11/2014\\_14137.pdf](http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema11/2014_14137.pdf)>. Acesso: 10/05/2017

BIKE MOTO. *Kit* elétrico *WSLiberty* para cadeira de rodas 600w. <<http://www.bikemoto.net/KIT-ELETRICO-WSLIBERTY-PARA-CADEIRA-DE-RODAS-600W/prod-2924713/>>. Acesso: 20/08/2017.

BIKE MOTO. *Kit* Elétrico para Cadeira de Rodas. Disponível em: <[http://www.revistabicicleta.com.br/bicicleta\\_noticia.php?kit\\_eletrico\\_para\\_cadeira\\_de\\_rodas&id=30893](http://www.revistabicicleta.com.br/bicicleta_noticia.php?kit_eletrico_para_cadeira_de_rodas&id=30893)>. Acesso: 11/05/2017.

BATTERY UNIVERSITY. BU-204: How do Lithium Batteries Work? Disponível em:  
<[http://batteryuniversity.com/learn/article/lithium\\_based\\_batteries](http://batteryuniversity.com/learn/article/lithium_based_batteries)>.

Acesso: 27/11/2017.

BEAN, Robert. Linked in. LEAD ACID vs LITHIUM ION BATTERIES. Disponível em:  
<<https://www.linkedin.com/pulse/lead-acid-vs-lithium-ion-batteries-robert-bean>>.

Acesso: 27/11/2017.

CARNEIRO, R.L.; MOLINA, J.H.A.; ANTONIASSI, B.; MAGDALENA, A.G.; PINTO, E.  
Aspectos Essenciais das baterias Chumbo – Ácido e Princípios Físico – Químicos e  
termodinâmicos do seu funcionamento. Revista Virtual de Química. Disponível em:  
<<http://rvp.sbq.org.br>>. Acesso: 12/11/2017.

CHAI, H. Electromechanical motion devices. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998.

CHAPMAN, J. Stephen. Fundamentos de Máquinas Elétricas. 5ª edição. Porto Alegre. AMGH Editora Ltda, 2013.

CHAN et al. Motorized Wheelchair. Disponível em:  
<<https://www.google.ch/patents/USD287836>>. Acesso: 11/05/2017.

CHISHOLM, D. Motorized Wheelchair. Disponível em: <<https://www.google.ch/patents/US3807520>>. Acesso: 11/05/2017.

DIAS, Anderson. Funcionamento e detalhes da Bateria chumbo ácido automotiva. Disponível em: <<http://www.carrosinfoco.com.br/carros/2015/05/funcionamento-e-detalhes-da-bateria-chumbo-acido-automotiva/>> Acesso: 04/05/2017.

FERREIRA, Marcos Antonio Garcia; SANCHES, S. P. Rotas acessíveis: Formulação de um índice de acessibilidade das calçadas. In: Proc. XV Congresso Nacional de Transportes Públicos, CD-ROM, Goiânia, GO. 2005.

FILHO, Vidal, Desenvolvimento de *kit* para automação de cadeiras de rodas convencional, 2010.

FITZGERALD, Kingsley, C.; UMANS, S.D. Máquinas Elétricas: Bookman, 6ª edição.

FLUKE. What is Duty Cycle? Disponível em: <<http://en-us.fluke.com/training/training-library/measurements/electricity/what-is-duty-cycle.html>>. Acesso: 10/11/2017.

MASSOCO, Daniela Zanatto da Silva, Hemiplegia: Uma Revisão bibliográfica. Fatec Jaú, 2013.

MICROMO. DC Motor Calculations.<<https://www.micromo.com/technical-library/dc-motor-tutorials/motor-calculations#mechanicalpower>>. Acesso: 04/12/2017.

NEOPLASIA MALIGNA SECUNDÁRIA DE OUTRAS LOCALIZAÇÕES. <<http://www.cid-10.org/categorias/c79-neoplasia-maligna-secundaria-de-outras-localizacoes>>. Acesso: 10/04/2017.

PARALISIA CEREBRAL E OUTRAS SÍNDROMES PARALÍTICAS. <<http://www.cid-10.org/grupos/paralisia-cerebral-e-outras-sindromes-paraliticas>>. Acesso: 10/04/2017.

PORTAL BRASIL. Tecnologia assistiva ajuda a melhorar a qualidade de vida de pessoas com deficiência <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2010/08/tecnologia-assistiva>>. Acesso: 02/11/2017.

SHAH, Rajesh. Hemiplegia: Treatment, Causes, Symptoms, Homeopathic Treatment. Disponível em: <[http:// www.thestrokefoundation.com/index.php/natural-remedies-for-stroke-recovery/hemiplegia-treatment-causes-symptoms-homeopathic-treatment](http://www.thestrokefoundation.com/index.php/natural-remedies-for-stroke-recovery/hemiplegia-treatment-causes-symptoms-homeopathic-treatment)>. Acesso: 11/05/2017.

SCHAFFNER, W. Motorized Wheelchair. Disponível em: <<https://www.google.ch/patents/USD397645>>. Acesso: 11/05/2017.

TEC BIKE. Bateria de Lítio 36V – 10Ah. Disponível em: <[http://www.tecbike.com.br/bicicletas/bicicletas\\_eletricas/componentes/bateria-de-litio/](http://www.tecbike.com.br/bicicletas/bicicletas_eletricas/componentes/bateria-de-litio/)>. Acesso: 21/01/2017.

UNIPOWER. Bateria Estacionária VRLA 12 v 7 Ah Mod.UP1270E. <<http://unipower.com.br/produto/bateria-estacionaria-vrla-12v-7ah-mod-up1270e/>>. Acesso: 21/11/2017.

WEG. DT-6: Motores elétricos assíncronos e síncronos de média tensão – especificação, características e manutenção. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-curso-dt-6-motores-eletricos-assincrono-de-alta-tensao-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>>. Acesso: 04/12/2017.

WEG - Guia de especificação de motores elétricos. 2016. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso: 11/05/2017.