

## ACESSIBILIDADE PARA TODOS - DESENVOLVIMENTO DE KIT DE PROPULSÃO PARA CADEIRAS MECÂNICAS

Alice do Amaral Rodrigues e-mail: [alice.rodrigues@aluno.riogrande.ifrs.edu.br](mailto:alice.rodrigues@aluno.riogrande.ifrs.edu.br)  
Josiel Duarte Borges Junior e-mail: [josiel.junior@aluno.riogrande.ifrs.edu.br](mailto:josiel.junior@aluno.riogrande.ifrs.edu.br)  
Douglas Senna Costa Rodrigues e-mail: [douglas.rodrigues@aluno.riogrande.ifrs.edu.br](mailto:douglas.rodrigues@aluno.riogrande.ifrs.edu.br)  
Karine de Castro da Costa e-mail: [karine.costa@aluno.riogrande.ifrs.edu.br](mailto:karine.costa@aluno.riogrande.ifrs.edu.br)  
Eduarda Fagundes de Andrade e-mail: [eduarda.andrade@aluno.riogrande.ifrs.edu.br](mailto:eduarda.andrade@aluno.riogrande.ifrs.edu.br)  
Serguei Nogueira da Silva e-mail: [serguei.silva@riogrande.ifrs.edu.br](mailto:serguei.silva@riogrande.ifrs.edu.br)

Instituto Federal Rio Grande do Sul Campus Rio Grande, R. Eng. Alfredo Huck, 475, Centro, Rio Grande, RS.

**Resumo.** O projeto *Acessibilidade Para Todos* tem como objetivo a fabricação de um “kit de conversão” para a motorização de cadeiras de rodas mecânicas. As premissas do projeto são as mesmas utilizadas pela equipe IFECO no projeto de veículos para provas de eficiência energética, onde tem-se como meta o aumento da eficiência na propulsão, a redução de peso e custos de aquisição e de manutenção compatíveis em relação aos modelos de cadeira de rodas comerciais. Os componentes utilizados são comerciais, empregados comumente em diversas áreas da engenharia, alcançando também uma manutenção mais acessível. Atualmente o projeto está na fase de construção do protótipo mecânico e testes do sistema controle. Assim, com a finalização do “kit de conversão” serão realizados testes com usuários para comprovar a funcionalidade do protótipo, validando a solução proposta. O projeto final será compartilhado e poderá ser replicado em outros lugares do mundo, contribuindo para aumentar a acessibilidade e a qualidade de vida das pessoas com necessidades especiais.

**Palavras chave:** *Acessibilidade. Automatização. Cadeiras de rodas*

**Abstract.** The *Accessibility for All* project aims to manufacture a “conversion kit” for the motorization of mechanical wheelchairs. The project premises are the same used by the IFECO team in the design of vehicles for energy efficiency tests, where the goal is to increase propulsion efficiency, reduce weight and compatible acquisition and maintenance costs in relation to the models commercial wheelchair. The components used are commercial, commonly used in several areas of engineering, also achieving a more accessible maintenance. Currently the project is in the phase of construction of the mechanical prototype and tests of the control system. Thus, with the completion of the “conversion kit”, tests will be carried out with users to prove the functionality of the prototype, validating the proposed solution. The final project will be shared and can be replicated in other parts of the world, helping to increase accessibility and quality of life for people with special needs.

**Keywords:** *Accessibility, Automation, Wheelchair*

### 1. INTRODUÇÃO

A Organização Mundial de Saúde (OMS) informou que 65 milhões de pessoas precisam de cadeira de rodas em todo o mundo. Porém, apenas 5% a 15% das pessoas com necessidades especiais têm acesso ao meio de locomoção (OMS, 2008). No Brasil, cerca de 2 milhões de pessoas precisam de uma cadeira de rodas para se locomover, mas apenas 10% consegue ter acesso ao equipamento fornecido pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Porém, a fila de espera por uma cadeira de rodas é um dos maiores problemas enfrentados hoje pelo brasileiro com deficiência. A média de espera dessa população é de cerca de 2 anos, mas em alguns estados pode chegar a cinco. Na cidade de Rio Grande - RS, o acesso é realizado através da Secretaria Municipal de Saúde (SMS), que faz o encaminhamento das solicitações e fornece suporte para os equipamentos. A SMS também possui cadeiras de rodas motorizadas disponíveis para a população, porém algumas cadeiras estão paradas por falta de manutenção especializada.

Nesse contexto, a Secretaria Municipal de Saúde de Rio Grande gerou uma solicitação ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) da cidade para manutenção destas cadeiras. Os principais problemas observados eram

relacionados aos sistemas de controle, onde as placas eram dedicadas e de manutenção exclusiva aos fabricantes das cadeiras de rodas. Como consequência, tem-se o custo elevado e grandes períodos com a cadeira indisponível, resultando em perda de autonomia e na exclusão social do cadeirante.

Nesse panorama, a Equipe IFECO do IFRS Campus Rio Grande propôs o projeto Acessibilidade Para Todos, cujo objetivo é o desenvolvimento de um “kit de propulsão” para ser instalado em cadeiras de rodas mecânicas, sem a necessidade de alterações em sua estrutura. Ainda assim, a equipe buscou adotar o máximo de componentes comerciais com custo de aquisição e de manutenção menores que os utilizados nas cadeiras motorizadas comerciais. Além disso, a documentação do projeto será aberta, podendo ser reproduzida e otimizada, de forma a possibilitar a manutenção por empresas que trabalham com equipamentos elétricos convencionais.

Para isso, foram utilizadas algumas tecnologias já desenvolvidas pela Equipe IFECO, onde os integrantes projetam e fabricam protótipos veiculares de alta eficiência para competições de super milhagem. Neste, são realizados projetos estruturais, eletrônicos, de dinâmica veicular, testes e ensaios de materiais, simulações e projetos auxiliados por computador, além da gestão de projetos realizada pela equipe.

Com isso, pressupõe-se que aplicando os mesmos conceitos de eficiência energética utilizados no protótipo de super milhagem, é possível garantir o aumento da eficiência energética do sistema de propulsão da cadeira de rodas, mantendo a autonomia semelhante às cadeiras comerciais com custo compatível, além de otimizar o tempo de espera pela manutenção das cadeiras.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia para o desenvolvimento do projeto foi dividida em 6 fases, conforme o método instituído por Ulrich e Eppinger (2012), que define o processo como uma sequência que transforma um conjunto de entradas em um conjunto de saídas. Essas fases são o planejamento, desenvolvimento do conceito, projeto em nível de sistema, projeto detalhado, testes e refinamento, e produção teste. A seguir, na Tabela 1, são definidos objetivos, metas, ações, e indicadores de cada fase.

Tabela 1. Descrição das fases da metodologia empregada no projeto

	<b>Objetivos</b>	<b>Metas</b>	<b>Ações</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Fase 01</b>	Conhecer o mercado brasileiro de cadeiras motorizadas	- Identificar as características operacionais e construtivas; - Identificar o custo.	- Pesquisa de mercado nas lojas comerciais e fabricantes.	- Potência; - Velocidade máxima; - Estrutura; - Autonomia; - Preço.
	Conhecer os kits de conversão elétricos	- Identificar sistemas comerciais que possam servir de referência para o posicionamento do motor, controlador e baterias no protótipo desenvolvido.	- Pesquisa de mercado e artigos científicos buscando modelos que servissem de referência para o desenvolvimento do protótipo.	- Fabricação simples; - Custo dos componentes; - Complexidade do mecanismo; - Necessidade de alteração da estrutura cadeira mecânica; - Facilidade de instalação do kit de conversão.
<b>Fase 02</b>	Desenvolvimento do modelo conceitual do protótipo	- Desenvolver o modelo conceitual do protótipo mecânico.	- Especificação dos componentes a serem adquiridos; - Protótipo virtual.	- Peso total do sistema; - Facilidade de fabricação; - Facilidade de conversão; - Atendimento às características operacionais; - Manutenção.
		- Desenvolver o modelo conceitual do protótipo eletrônico.	- Especificação dos componentes a serem adquiridos;	- Compatibilidade dos componentes;

	Objetivos	Metas	Ações	Indicadores
			- Protótipo virtual.	- Possibilidade de adaptação de diferentes modelos de componentes.
Fase 03	Projeto e fabricação do protótipo	- Projetar e fabricar protótipo mecânico.	- Desenho da cadeira de rodas a ser utilizada e componentes adquiridos; - Montagem do conjunto; - Fabricação dos componentes.	- Modificações necessárias na fabricação; - Montagem mecânica adequada; - Facilidade de instalação.
		- Projeto e fabricação do protótipo eletrônico.	- Projeto dos esquemas elétricos; - Montagem e testes.	- Operação do sistema de propulsão; - Modificações no projeto.
Fase 04	Testes operacionais	- Comprovar a funcionalidade do protótipo.	- Realização de testes de campo em diferentes regimes; - Operação da cadeira de rodas manualmente com o kit instalado.	- Velocidade máxima; - Autonomia; - Capacidade de superar obstáculos.
Fase 05	Realização de testes em condições reais de operação	- Verificar com o usuário a funcionalidade no dia a dia.	- Acompanhar a utilização; - Avaliação da percepção dos usuários.	- Número de falhas; - Autonomia; - Número de manutenções realizadas; - Aceitação dos usuários.
Fase 06	Compartilhamento do projeto e implementação de melhorias	- Reprodução do protótipo; - Colaboração para aperfeiçoamento do protótipo; - Desenvolvimento de aplicativos para a comunicação com o controlador.	- Criação de um site na internet para o compartilhamento detalhado do projeto.	- Número de acessos; - Número de iterações; - Número de downloads; - Número de colaborações.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Cadeiras Motorizadas no Brasil

As cadeiras de rodas motorizadas surgiram para revolucionar e trazer mais conforto aos cadeirantes. Elas possibilitam que o usuário percorra terrenos planos e também vença rampas adaptadas e até mesmo desníveis com segurança. A autonomia, dependendo do usuário, também permite o uso do transporte público coletivo de maneira segura.

Na Fase 01, visando conhecer as características operacionais das cadeiras comerciais motorizadas, realizou-se uma análise do mercado com 8 diferentes modelos, todas com fabricantes nacionais e assistência técnica no Brasil. Destaca-se, também, que as cadeiras de rodas no Brasil devem atender aos critérios estabelecidos pela série de normas ABNT NBR ISO 7176, tais como estabilidade estática e dinâmica, autonomia, dimensões e capacidade de manobra, dentre outros. Após esta pesquisa, chegou-se nas seguintes características:

Tabela 2. Características dos modelos de cadeiras comerciais

Potência do motor	320 - 600 W
Tipo de transmissão	Engrenagens helicoidais - Motoredutor - correias
Capacidade da bateria	Bateria de Chumbo Ácido ciclo profundo, capacidade 34 Ah à 90 Ah
Autonomia	15 - 30 km
Velocidade máxima	6 - 7 km/h
Custo	R\$ 8.000,00 a 15.000,00

Tendo como referência o salário mínimo nacional de R\$ 1.212,00 (Medida Provisória nº 1.091, 2021), o custo de uma cadeira de rodas motorizadas equivale a cerca de 6,5 a 14 vezes um salário mínimo, o que as torna inacessíveis a grande parcela da população. Quanto às características operacionais, verificou-se diferentes autonomies em função da variação da capacidade das baterias utilizadas. Em todos os casos analisados, as baterias são do tipo chumbo-ácida, de ciclo profundo. Em relação à transmissão, o sistema utilizado para levar a energia produzida pelo motor até as rodas é dado por correias e/ou motoredutores.

Um ponto importante a ser destacado é que a manutenção dos modelos é restrita aos próprios fabricantes, necessitando, em grande parte das vezes, do envio dos equipamentos para reparos na fábrica de origem.

### 3.2. Kits de Conversão Elétricos

Durante a Fase 01, também foram avaliados diferentes sistemas de propulsão capazes de converter cadeiras de rodas e bicicletas em veículos elétricos. Para isso, foram analisados os sistemas de transmissão, arranjo de componentes, como bateria, motor e controlador, e também, o tipo de acionamento empregado. Na Tab. 3, são apresentados os 4 modelos comerciais de “kits de conversão” selecionados para este estudo.

Tabela 3. Comparação das alternativas

Modelos				
	1	2	3	4
Motor	Específico	Diversos modelos de motor de bicicleta elétrica	Diversos modelos de motor de bicicleta elétrica	Diversos modelos de motor de bicicleta elétrica
Bateria	Formato Especial	Diferentes formatos	Diferentes formatos	Diferentes formatos
Complexidade do mecanismo	Baixa	Média	Alta	Baixa
Fabricação	Sofisticada	Simple	Simple	Simple
Custos do modelo comercial	R\$ 31.530,00	R\$ 3.652,27	Modelo ainda não disponível	R\$ 2.602,78
Custo de fabricação e instalação	Alto	Intermediário	Alto	Baixo

O primeiro modelo é uma opção comercializada na Europa, onde é necessário somente a substituição da roda mecânica pela elétrica, sendo facilmente adaptável em vários tipos de cadeiras, além de possuir bons resultados estruturais, robustez de projeto e viabilidade para a implementação em tempo real, como é constatado na análise em software ANSYS, publicada na Revista Internacional de Manufatura, Materiais e Engenharia Mecânica em 2019, pelo Departamento de Engenharia Biomédica da Índia. Além disso, destaca-se que a bateria, placa de potência, controlador e motores são compactos, e desenhados especificamente para a aplicação, com acionamento por rede sem fio.

No segundo modelo, tem-se um projeto mecânico que estrutura a roda em um aro com três pontos de apoio internos fixos, sendo que o contato é realizado através de duas polias e um motor. Neste modelo, haveria também uma proteção contra a chuva para os componentes da roda.

O terceiro modelo é composto por uma roda estruturada em um aro com três apoios externos fixos à roda, duas polias e um motor elétrico. A transmissão do movimento é por atrito entre o motor e o aro, semelhante ao modelo 2, mas com suporte diferente do conjunto de polias e motor.

No modelo 4, tem-se um sistema externo com todos os componentes fixos na estrutura. A transmissão é realizada por contato entre o motor e o pneu e não é necessária nenhuma alteração na bicicleta, podendo ser facilmente retirado.

### 3.3. Desenvolvimento do modelo conceitual do protótipo

#### 3.3.1. Modelo conceitual mecânico

A Fase 02 é caracterizada pela comparação das alternativas levantadas pelas pesquisas. Nesse contexto, tem-se no conceito 01 uma solução pronta, no entanto, um projeto nesse formato necessitaria de baterias, controladores e motores específicos para serem adaptados aos diferentes tipos de cadeiras. Com isso, a manutenção se tornaria restrita e demorada, fugindo do objetivo do projeto.

O modelo 3, devido às características de operação das cadeiras de rodas, foi descartado por apresentar uma estrutura divergente da necessária para dar sustentação ao protótipo. Além disso, demandaria a construção de um suporte na cadeira de rodas para a fixação da bateria como é apresentado na figura disponível na Tab. 3.

Pensando na manufatura, os modelos 2 e 4 apresentam-se como soluções viáveis às necessidades do projeto, devido à simplicidade de seus componentes mecânicos. O modelo 4, em formato de clipe, mesmo sendo mais acessível em relação ao custo que os demais, necessita de componentes específicos. Já o modelo 2, tem custo intermediário e não necessita de componentes específicos.

Com base nas comparações acima, foram propostas duas configurações para o “kit de conversão”, a primeira envolve um sistema móvel à estrutura da cadeira, possibilitando reverter ao sistema original facilmente, e a segunda, necessitaria a substituição da roda.

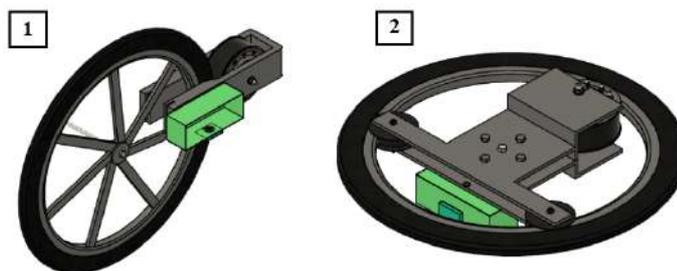


Figura 1. Configuração móvel (01) e Configuração fixa (02)

Assim, optamos em desenvolver um modelo que obtivesse o conceito semelhante ao modelo 4 e a integração dos componentes eletrônicos do modelo 2, ambos apresentados na Tab. 3. Então, a partir da análise geométrica e da disponibilidade de espaço das cadeiras de rodas, foi proposto um kit compacto e funcional que possa ser implementado em qualquer cadeira, sem grandes alterações em sua estrutura e com o menor número de componentes, o que garantirá o menor custo de fabricação e manutenção.

O motor especificado é do tipo brushless, com eixo fixo, utilizado em bicicletas elétricas. Em ambos conceitos, a transmissão de força para a roda é realizada pelo contato entre a superfície externa do motor com o pneu (configuração 01) ou com o aro (configuração 02). Sendo que a velocidade máxima típica, conforme resultado da pesquisa apresentado na Tab. 2, é entre 6 e 7 km/h, onde a velocidade tangencial no contato motor é de 1,67 m/s e 1,82 m/s para as configurações 1 e 2, respectivamente. O motor especificado para aquisição é o MXUS XLS 5R, com

rotação nominal de 210 RPM, diâmetro externo de 135 mm e sensores hall para comutação. Este possui uma alimentação de 36 V e uma potência nominal de 350 W.

A transmissão de potência do protótipo se dará por atrito, o que possibilitará uma boa centralização das peças ligadas, entretanto, este tipo de transmissão não permite grandes esforços nos componentes de forma. Em relação a resistência mecânica, será realizado o cálculo e simulação dos esforços mecânicos, de forma a alterar o menos possível o centro de massa da cadeira de rodas.

Ainda como parte do projeto foi desenvolvido uma simulação matemática no software Matlab, a fim de simular o funcionamento da cadeira em um mundo real, além de definir alguns parâmetros, como por exemplo, a velocidade máxima da cadeira.

### 3.3.2. Modelo conceitual elétrico

Para o controle e gerenciamento do sistema de propulsão da cadeira motorizada, foi proposta uma arquitetura modularizada dos componentes de controle, sendo dividido em Bateria, Circuito de Potência, Controlador e Joystick, conforme a Fig 2.

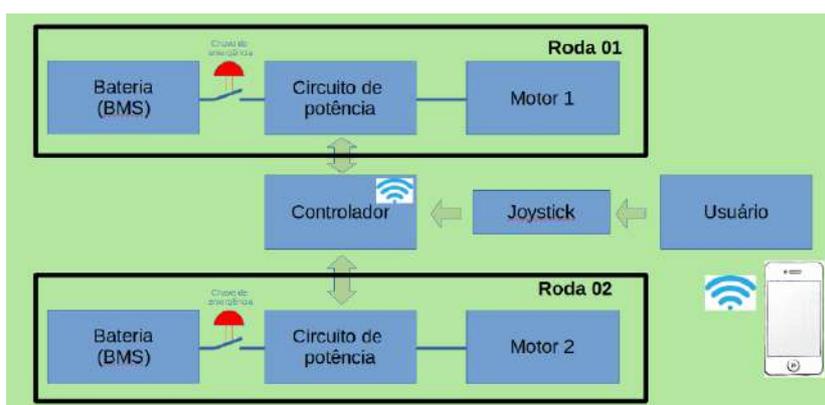


Figura 2. Diagrama do sistema de controle de propulsão

A partir da especificação do motor realizada anteriormente, o controlador brushless deve ter capacidade superior à 350 W e comutação das fases com sensor hall. Foram analisados dois tipos de controladores: Controladores de e-bikes e para motores brushless de uso geral. Devido às restrições orçamentárias e disponibilidade no mercado nacional, o controlador especificado é o ZS-X11D1. Este é um controlador de uso geral, com controle realizado através de potenciômetro ou por uma porta de controle digital, através da Modulação por Largura de Pulso (PWM). A placa ainda possui limitador de corrente de 15 A, evitando sobrecarga do motor e do controlador.

As baterias a serem especificadas são de lítio, com tensão nominal de 36 V, e capacidade de corrente acima de 8 Ah para ter capacidade de fornecimento de corrente ao motor à plena carga. Ainda deve ter incorporado um circuito para gerenciamento da bateria (BMS). Após uma pesquisa no mercado o modelo foi adquirido uma bateria com capacidade de lítio com capacidade de 10,5 Ah, tensão de 36 V e peso de 2,8 kg.

O controlador tem por função realizar a interpretação dos sensores e interface homem-máquina (IHM) e enviar sinais elétricos adequados ao acionamento da placa de controle dos motores de modo a realizar o movimento requerido pelo usuário. Na fase de desenvolvimento do protótipo optou-se pela utilização do controlador ESP32 por ter maior capacidade de processamento que outras soluções como arduino, custo reduzido comparado com placas de desenvolvimento como raspberry pi e ainda comunicação wireless e bluetooth incorporados. Para acionamento dos motores optou-se pela utilização de joystick com sensores potenciométricos para determinação da posição em duas direções. Para compatibilizar o sinal de saída do microcontrolador com a placa controladora do motor optou-se pela utilização de optoacopladores.

### 3.4. Projeto e fabricação do protótipo

Com a aquisição dos componentes comerciais e o empréstimo de uma cadeira de rodas mecânica, deu-se início a Fase 03. Foram realizados os desenhos tridimensionais dos elementos do protótipo, através do Software Fusion 360, desenvolvido pela Autocad, uma plataforma CAD (*Computer Aided Design*), tendo como guia as medidas reais da cadeira.

Ao analisar a proposta com as medidas reais dos componentes, verificou-se que tanto o modelo 2, quanto o modelo 4, necessitavam de ajustes para manter as funcionalidades do projeto. No modelo 2, a roda abrangeria uma dimensão maior, limitando a mobilidade da cadeira. Já no modelo 4, verificou-se que o aro de propulsão mecânica teria de ser removido para que a cadeira pudesse ser convertida, alterando as características originais da cadeira. Então, neste momento optou-se por desenvolver um novo conceito, baseado na transmissão mecânica utilizada no modelo 4, porém com os componentes fixados na parte traseira da cadeira, de forma a alterar o mínimo possível sua estrutura, ou seja, com um menor número de pontos de ancoragem e que trouxesse praticidade durante os ajustes, de modo a diminuir os transtornos para o usuário quando a bateria acabar, fazendo com que ele consiga utilizar a cadeira de forma mecânica normalmente.



Figura 3. Protótipo final do conjunto mecânico em 3D

Referente ao sistema de propulsão, realizou-se testes de bancada, Fig. 4, os quais resultaram na variação da rotação em função da variação do potenciômetro, como esperado. Entretanto, ainda resta desenvolver a comunicação entre o microcontrolador e a placa de potência dos motores, que fará a parte principal de controle designando a velocidade e a direção que cada motor deve girar. A seguir, uma imagem do teste sendo realizado.

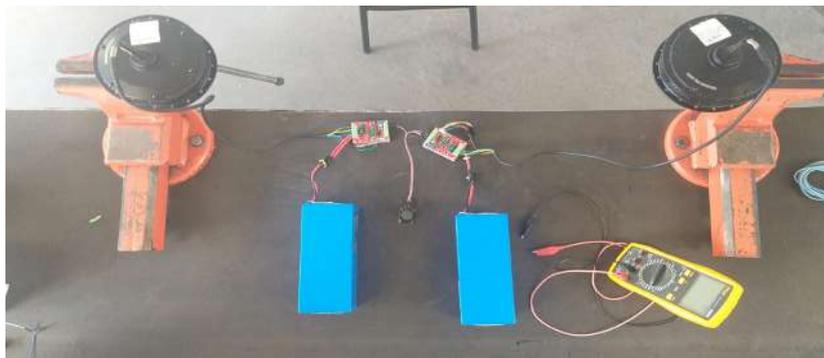


Figura 4. Teste de funcionamento do controlador e motores

#### 4. CONCLUSÕES

Até o momento, conclui-se que é possível o desenvolvimento de um sistema de propulsão mais acessível e de fácil fabricação.

Para atingir o objetivo deste trabalho, utilizou-se algumas tecnologias desenvolvidas pela equipe IFECO, como uso de baterias com maior densidade de energia, motores brushless, resultando em um sistema de propulsão mais leve e mais eficiente, diferencial do protótipo desenvolvido em relação as demais cadeiras motorizadas comercializadas no Brasil.

Entretanto, devido ao atual cenário de crise sanitária – Covid 19, houve o postergamento do cronograma de fabricação do “kit de conversão” e dos testes de campo sob condições reais de operação. Porém, espera-se que a execução do primeiro protótipo comece até o fim de março/2022.

Após a comprovação da funcionalidade do protótipo descrito, serão aplicadas ferramentas de engenharia como análise estrutural e desenvolvimento de um algoritmo de controle, a fim de diminuir o consumo de energia e custo de fabricação. Além disso, serão realizados testes com usuários, para entender as possibilidades de melhoria do conjunto.

Devido a comunicação *wireless* nativa do controlador ESP 32, um diferencial será a comunicação com o celular, que possibilita a confecção de um aplicativo que realiza o registro de dados em uma nuvem, garantindo funcionalidades como a instalação de um botão de emergência na cadeira que, quando acionado, envia uma mensagem e a localização à uma pessoa cadastrada, assim como registro da operação e chamadas de manutenção. Outras funcionalidades também podem ser implementadas facilmente devido ao processamento do microcontrolador, como controle por movimento. Segundo publicações recentes de Dahamed, *et al.*, (2020), o microcontrolador do joystick utilizado neste projeto, permite a incorporação de diferentes tecnologias assistivas, como o controle através dos olhos do usuário, onde a cadeira se move de acordo com a direção do olhar.

Além do mais, este projeto terá plataforma aberta, *open source*, o que garante o acesso livre para a reprodução do protótipo e o aperfeiçoamento por toda comunidade, tendo um grande alcance e compartilhamento de tecnologias. Por fim, este trabalho é um dos passos iniciais para que mais pessoas com necessidades especiais tenham acesso à cadeira de rodas, ou seja, possam ser mais independentes e ocupar o seu espaço na sociedade.

## 5. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 7176: Cadeiras de Rodas. Rio de Janeiro: Abnt, 2009.
- AVUTU, et al. "Design and Feasibility Test of an Indigenous Motorized Wheel for Manual Wheelchair." *IJMMME* vol.9, no.3 2019: pp.42-55. <http://doi.org/10.4018/IJMMME.2019070104>.
- BERSCH, Rita. Introdução à tecnologia assistiva. Porto Alegre: Centro Especializado em Desenvolvimento Infantil (CEDI), 2008.
- BRASIL. Medida provisória nº 1.091, de 11 de dezembro de 2021. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 dez.
- CARVALHO, Leila Regina de. Ergonomia e trabalho do portador de necessidade motor específico: o caso do cadeirante. 2001. 109 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- DAHMANI, M.; CHOWDHURY, M.E.H.; KHANDAKAR, A.; RAHMAN, T.; AL-JAYYOUSI, K.; HEFNY, A.; KIRANYAZ, S. An Intelligent and Low-Cost Eye-Tracking System for Motorized Wheelchair Control. *Sensors* 2020, 20, 3936. <https://doi.org/10.3390/s20143936>.
- DIANA CALDEIRA GUERRA. NULLA BIKE-NOVO CONCEITO DE BICICLETA. Disponível em: <[http://obviousmag.org/archives/2010/03/nulla\\_bike\\_-\\_novo\\_conceito\\_de\\_bicicleta.html](http://obviousmag.org/archives/2010/03/nulla_bike_-_novo_conceito_de_bicicleta.html)>. Acesso em: 08 ago. 2021.
- IBGE. Conheça o Brasil - População PESSOAS COM DEFICIÊNCIA. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html>>. Acesso em: 05 jan. 2022.
- MARIELO CANCELIER. GeoOrbital é o gadget que transforma sua bicicleta em veículo elétrico; projeto está no Kickstarter. Disponível em: <<https://adrenaline.com.br/noticias/v/42782/geoorbital-e-o-gadget-que-transforma-sua-bicicleta-em-veiculo-eletrico-projeto-esta-no-kickstarter>>. Acesso em: 12 dez. 2021.
- MARCELLO OLIVEIRA. Dispositivo Portátil. Disponível em: <<https://ekkogreen.com.br/dispositivo-bicicletas-convencionais-eletricas/>>. Acesso em: 7 maio 2021.
- SOUZA, Filipe Augusto de. ADAPTAÇÃO DE ALAVANCA DE BOMBEAMENTO À CADEIRA DE RODA. 2018. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2018.
- ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. Product design and development. 5. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2012.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines on the provision of manual wheelchairs in less resourced settings. Genebra, 2008. <<http://www.who.int/disabilities/publications/technology/wheelchairguidelines/en/index.html>>. Acesso em: 8 dez. 2021.

## 6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.