

DESENVOLVIMENTO DE UMA CADEIRA SENSORIZADA (SENSOCHAIR)

Júlia Beatriz Moura Junqueira, Stéfani Chaves Rodrigues, Thayná Lima dos Santos, Marcelo Caetano Oliveira Alves

julia.junqueira@fatec.sp.gov.br,
stefani.rodrigues@fatec.sp.gov.br,
thayna.santos9@fatec.sp.gov.br,
marcelo.alves22@fatec.sp.gov.br

Faculdade de Tecnologia de Ribeirão Preto, Curso de Sistemas Biomédicos

Resumo. Este trabalho abordará a trajetória histórica das cadeiras de rodas, as inovações tecnológicas que aumentam sua funcionalidade e segurança seguida pela norma ISO 7176-1:2014. O objetivo deste trabalho é desenvolver um protótipo portátil para cadeiras de rodas, equipado com um sensor que detecta inclinações perigosas e alerta o usuário por meio de sinais sonoros. A construção envolveu a placa ESP32 e o módulo MPU6050, que garantiram funcionalidade e portabilidade. Testes iniciais mostraram bons resultados, em que o protótipo melhora a segurança das cadeiras de rodas ao fornecer alertas em tempo real. Futuras pesquisas devem avaliá-lo em cenários reais para confirmar sua eficácia técnica e prática, promovendo maior autonomia e segurança, explorando novas inovações, e visando uma sociedade mais inclusiva.

Palavras-chave: Protótipo. Mobilidade. Sensor. Cadeira de rodas.

Abstract. This paper will address the historical trajectory of wheelchairs, the technological innovations that increase their functionality and safety, as per the ISO 7176-1:2014 standard. The objective of this paper is to develop a portable prototype for wheelchairs, equipped with a sensor that detects dangerous inclinations and alerts the user through audible signals. The construction involved the ESP32 board and the MPU6050 module, which ensured functionality and portability. Initial tests showed good results, in which the prototype improves the safety of wheelchairs by providing real-time alerts. Future research should evaluate it in real scenarios to confirm its technical and practical effectiveness, promoting greater autonomy and safety, exploring new innovations, and aiming for a more inclusive society.

1. Introdução

A cadeira de rodas se tornou um objeto significativamente importante na vida de milhares de pessoas que sofrem com a perda motora das pernas, assim foi analisado a evolução histórica da cadeira de rodas, desde a pré-história até o século XX. A cadeira de rodas utilizada desde aproximadamente 4000 a.C., foi um dos primeiros métodos de

transporte para pessoas com dificuldades de locomoção. Durante o Renascimento, as cadeiras de rodas ganharam características como encostos reclináveis e apoios, destacando-se a cadeira de Filipe II da Espanha, projetada em 1595, que possuía várias características avançadas para a época. No século XVII, surgiram modelos manuais e triciclos, incluindo uma cadeira adaptada por Stephan Farfler, um relojoeiro paraplégico, em 1655. No final do século XIX, as cadeiras de rodas passaram a usar rodas de bicicleta com pneus de borracha, melhorando a leveza e o conforto. Esta inovação influenciou o design moderno das cadeiras de rodas. No século XX, os EUA tornaram-se líderes na produção desses dispositivos, contribuindo para a integração social dos usuários e a melhoria contínua da mobilidade (Kamenetz, 1969 *apud* Souza, 2011).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2023 o Brasil possuía mais de 18,6 bilhões de pessoas com deficiência, e mesmo com os avanços na área da saúde aumentando drasticamente ao longo dos anos, a população com algum tipo de deficiência cresce a cada dia (Gomes, 2024).

Indivíduos com deficiência motora dos membros inferiores sempre sofreram com a falta de acessibilidade e a necessidade de auxílio para se locomover, com a criação e evolução das cadeiras de rodas as atividades cotidianas se tornaram cada vez mais fáceis com o passar dos anos. Após séculos desde que a cadeira de rodas começou a criar forma, sua praticidade evoluiu, havendo cadeiras capazes de se locomover através de motores, com elevação automática e reclináveis, porém a cadeira convencional ou também conhecida como cadeira de rodas mecanomotorizada dobrável parou sua evolução e com o passar do tempo, se tornou ineficiente (Soares, 2000 *apud* Bertoncello, 2002).

A falta de infraestrutura nas cidades apresenta diversos desafios ligados à segurança para os cadeirantes, e desempenha um papel crucial na garantia a proteção e estabilidade das cadeiras de rodas, tanto manuais quanto motorizadas. É imprescindível estabelecer métodos padronizados para testar a estabilidade estática das cadeiras de rodas, assegurando que elas possam ser usadas com confiança em diversos ambientes, sejam internos ou externos seguidas pela norma ISO 7176-1:2014. Sua importância se dá a métodos para medir os ângulos de tombamento, ajudando a prevenir acidentes que podem ocorrer devido à instabilidade da cadeira de rodas. Seus testes podem incluir a avaliação da cadeira de rodas em superfícies inclinadas para verificar se ela permanece estável ou se há risco de tombamento. A adoção da norma é crucial para assegurar a máxima usabilidade e confiabilidade dos indivíduos que dependem da cadeira de rodas em sua mobilidade diária (ABNT, 2014).

Quanto a adaptações para melhora da funcionalidade de cadeiras de roda, Silva (2013) desenvolveu um sistema base para aumentar a segurança de cadeiras de rodas, que opera de forma autônoma e em tempo real. O sistema calcula distâncias, detecta obstáculos e desniveis, e sinaliza essas informações, permitindo que decisões sejam tomadas com base nas indicações fornecidas.

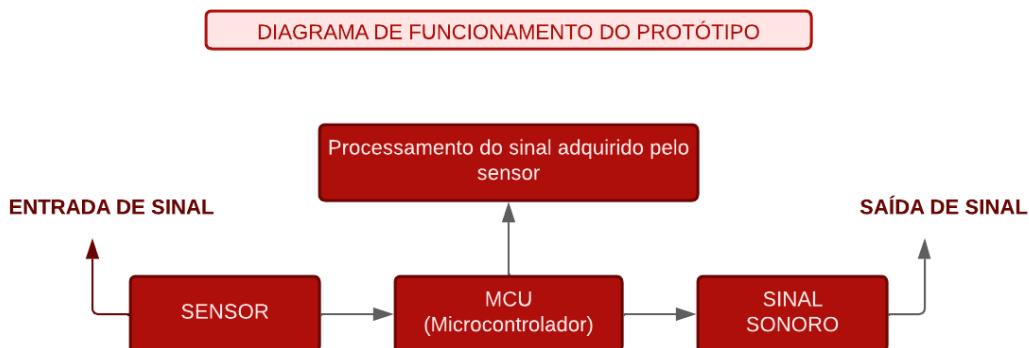
Neste sentido, o objetivo deste trabalho é aprimorar a mobilidade de cadeirantes ao usar sinais sonoros para prevenir inclinações perigosas, com base na detecção realizada por sensores.

2. Materiais e Métodos

2.1.Princípio de funcionamento

O protótipo desenvolvido consiste em um dispositivo portátil, projetado para ser instalado em cadeiras de rodas, que utiliza um sensor para identificar condições de inclinação perigosas. Este sensor alerta o usuário por meio de sinais sonoros, cuja frequência aumenta conforme a inclinação detectada pelo equipamento. Inclinações de baixo risco emitem sons mais suaves, enquanto inclinações de alto risco geram alertas sonoros mais intensos. O sensor monitora a inclinação da cadeira e transmite essa informação ao microcontrolador, que processa o sinal recebido. O microcontrolador então avalia se a inclinação é segura. Caso contrário, um sinal sonoro é emitido para alertar o usuário. O diagrama de blocos ilustra o funcionamento do protótipo de forma visual (Figura 1).

Figura 1- Diagrama de Funcionamento do protótipo

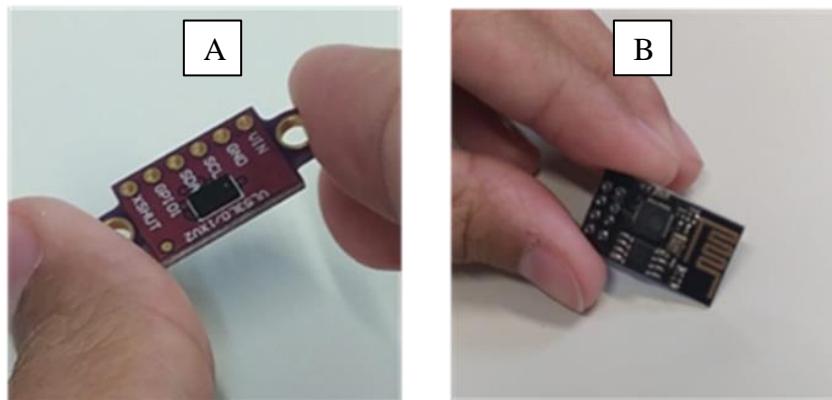


Fonte: Autores

2.2.Escolha dos componentes

A busca por peças eletrônicas adequadas para o protótipo iniciou-se com a compreensão de seu princípio de funcionamento. Na primeira fase do processo de pesquisa, foram selecionados os seguintes componentes: o Módulo WiFi ESP8266 ESP-01 e o Sensor de Distância Laser VL53L0X - Sensor de Proximidade GY530 (Figura 2). O módulo WiFi seria responsável por processar as leituras dos sensores e ativar o componente sonoro conforme as instruções programadas. Já o sensor de distância laser teria a função de identificar a variação de angulação entre o chão e a cadeira de rodas.

Figura 2- A Figura A é apresentado o Sensor de Distância Laser VL53L0X - Sensor de Proximidade GY530 e a Figura B o Módulo WiFi ESP8266 ESP-01

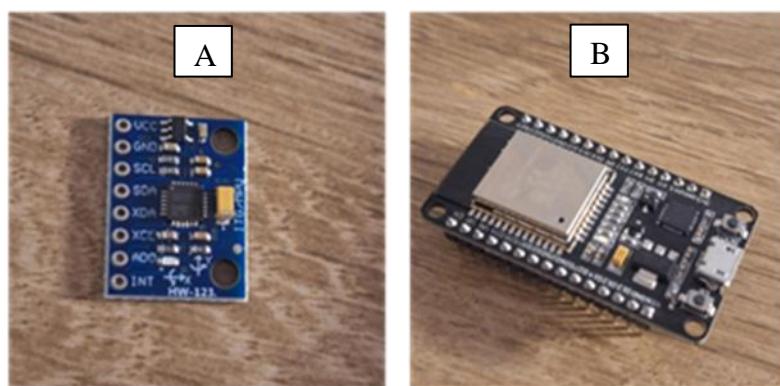


Fonte: Autores

Durante o processo de pesquisa, os componentes inicialmente considerados foram descartados devido às suas limitações, que comprometeriam a versatilidade do dispositivo. O protótipo foi concebido para ser o mais portátil possível. No entanto, o uso do sensor de distância a laser exigiria a instalação de quatro sensores, um em cada extremidade da cadeira, para identificar a inclinação nos eixos X, Y e Z. Isso comprometeria a portabilidade do dispositivo. Por esse motivo, optou-se por componentes mais adequados que garantissem a funcionalidade desejada sem sacrificar a portabilidade.

Os componentes mencionados anteriormente foram substituídos por uma placa ESP32, que facilita o processo de implementação e montagem (Figura 3). Além disso, foi utilizado o módulo acelerômetro e giroscópio MPU6050, que é compacto e capaz de fornecer informações precisas sobre os eixos (Figura 3). Essa substituição resultou em uma redução significativa no tamanho do protótipo, melhorando sua portabilidade.

Figura 3- A figura A é apresentado a placa ESP32 0 e a Figura B o Módulo acelerômetro e giroscópio MPU605



Fonte: Autores

2.3. Fase de testes do protótipo

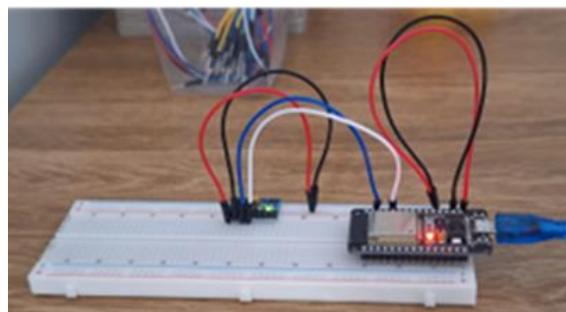
Com as principais peças do dispositivo selecionadas, iniciou-se a fase de testes dos componentes. Utilizou-se o ambiente de programação Arduino IDE e a linguagem C++. Foi montado um setup de testes utilizando uma protoboard de 860 furos, jumpers para realizar as conexões temporárias e reversíveis entre os componentes, e um cabo

micro USB conectado à placa ESP32 para a alimentação dos componentes e a compilação dos códigos de teste.

O primeiro teste consistiu em enviar a frase “Hello World” para a porta serial, com o objetivo de verificar se a placa estava funcionando adequadamente a partir de um sinal enviado para sua porta serial.

Após a verificação do funcionamento do microcontrolador, foi realizado um segundo teste para avaliar o funcionamento do módulo giroscópio conectado à placa ESP32. O módulo de giroscópio, especificamente o MPU6050, é um sensor que combina um acelerômetro e um giroscópio em um único dispositivo, permitindo a medição de aceleração e rotação em três eixos (x, y e z) (Figura 4). Utilizando um código específico, as informações desses três eixos são adquiridas e processadas pela placa ESP32, permitindo uma análise precisa dos movimentos e inclinações da cadeira.

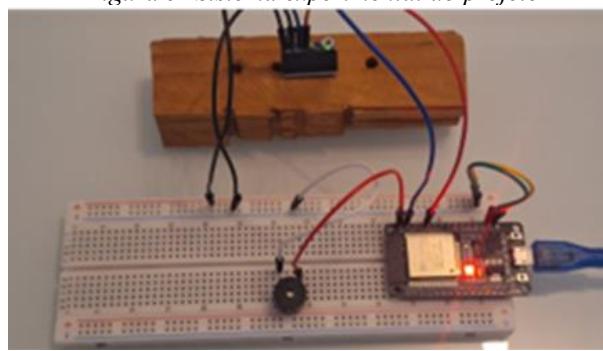
Figura 4- Sistema experimental para os testes do módulo



Fonte: Autores

Concluídos os testes dos principais componentes, iniciou-se a implementação do dispositivo “buzzer” no circuito, responsável por emitir o sinal sonoro do protótipo (Figura 5). Foi desenvolvido um algoritmo que ativa o sinal sonoro com base nas informações fornecidas pelo módulo MPU6050. Para fins de teste, foram definidos limites de inclinação arbitrários, com o objetivo de avaliar a eficácia da programação. Os resultados dos testes foram satisfatórios.

Figura 5- Sistema experimental do projeto



Fonte: Autores

3. Resultados e discussão

Os testes foram conduzidos utilizando o monitor serial da IDE Arduino para

avaliar os resultados obtidos pelo sensor MPU6050. O objetivo era verificar a ativação do alarme após a detecção de movimentos e a leitura dos ângulos indicados pelo algoritmo, que correspondem a 60° nos eixos X e Y.

Tabela 1 – Resultados obtidos pelo sensor MPU6050 no eixo X lado esquerdo

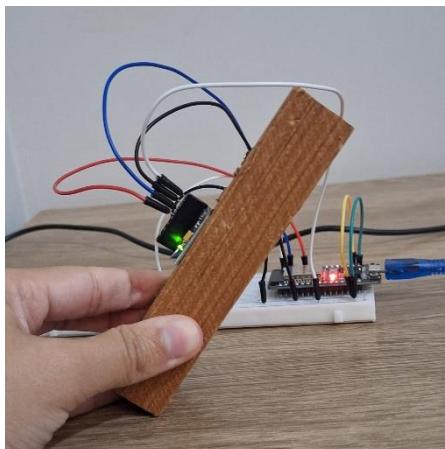
Ângulo de Inclinação (Eixo X)	
Módulo e Ação	Dados do Sensor MPU6050
	20:30:49.552 -> Eixo X 20:30:49.552 -> 63.47 20:30:49.552 -> Alarme sonoro ativado
	20:30:49.681 -> Eixo X 20:30:49.681 -> 66.80 20:30:49.681 -> Alarme sonoro ativado
	20:30:49.777 -> Eixo X 20:30:49.777 -> 68.41 20:30:49.777 -> Alarme sonoro ativado
Imagen do sensor inclinado para esquerda no eixo X ativando o sinal sonoro.	20:30:49.906 -> Eixo X 20:30:49.906 -> 68.61 20:30:49.906 -> Alarme sonoro ativado
if ((anguloX >= 60) (anguloX <= -60)){ Serial.println("Eixo X"); Serial.println(anguloX); apitar = 1; }	20:30:50.002 -> Eixo X 20:30:50.002 -> 68.91 20:30:50.002 -> Alarme sonoro ativado
	20:30:50.130 -> Eixo X 20:30:50.130 -> 70.29 20:30:50.130 -> Alarme sonoro ativado

Tabela 2 – Resultados obtidos pelo sensor MPU6050 no eixo X lado direito

Ângulo de Inclinação (Eixo X)	
Módulo e Ação	Dados do Sensor MPU6050
	20:37:23.999 -> Eixo X 20:37:23.999 -> -67.08 20:37:24.999 -> Alarme sonoro ativado
	20:37:24.127 -> Eixo X 20:37:24.127 -> -72.83 20:37:24.127 -> Alarme sonoro ativado

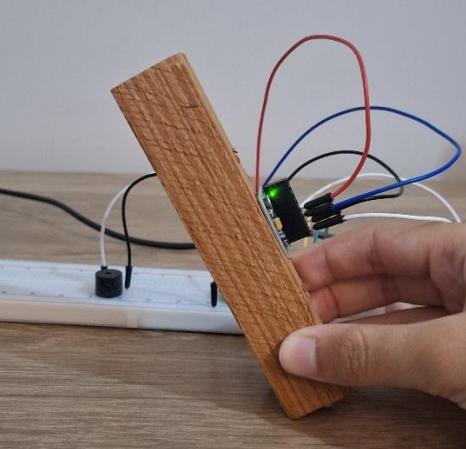
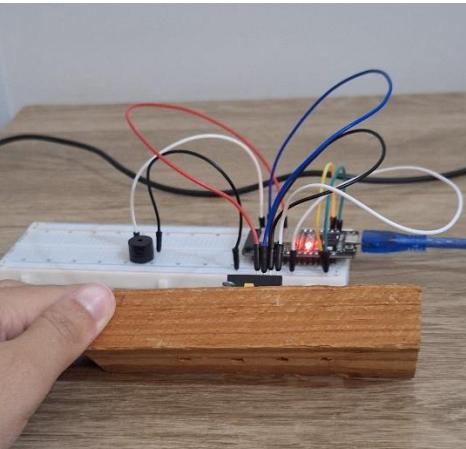
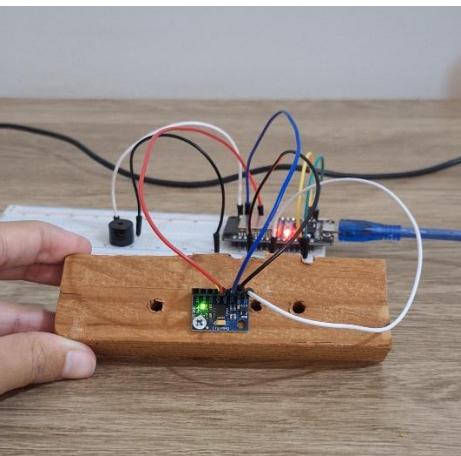
	20:37:24.255 -> Eixo X 20:37:24.255 -> -68.69 20:37:24.255 -> Alarme sonoro ativado
Imagen do sensor inclinado para direita no eixo X ativando o sinal sonoro.	20:37:24.351 -> Eixo X 20:37:24.351 -> -63.72 20:37:24.351 -> Alarme sonoro ativado
if ((anguloX >= 60) (anguloX <= -60)){ Serial.println("Eixo X"); Serial.println(anguloX); apitar = 1; }	20:37:24.479 -> Eixo X 20:37:24.479 -> -63.52 20:37:24.479 -> Alarme sonoro ativado 20:37:24.705 -> Eixo X 20:37:24.705 -> -64.11 20:37:24.705 -> Alarme sonoro ativado

Tabela 3 – Resultados obtidos pelo sensor MPU6050 no eixo Y para trás

Ângulo de Inclinação (Eixo Y)	
Módulo e Ação	Dados do Sensor MPU6050
	20:41:56.741 -> Eixo Y 20:41:56.741 -> -60.33 20:41:56.741 -> Alarme sonoro ativado
	20:41:57.678 -> Eixo Y 20:41:57.678 -> -65.00 20:41:57.678 -> Alarme sonoro ativado
	20:41:57.779 -> Eixo Y 20:41:57.779 -> -70.67 20:41:57.779 -> Alarme sonoro ativado
Imagen do sensor inclinado para trás no eixo Y ativando o sinal sonoro.	20:41:55.415 -> Eixo Y 20:41:55.415 -> -61.14 20:41:55.415 -> Alarme sonoro ativado

<pre> if ((anguloY >= 60) (anguloY <= -60)){ Serial.println("Eixo Y"); Serial.println(anguloY); apitar = 1; } </pre>	20:41:54.222 -> Eixo Y 20:41:54.222 -> -60.77 20:41:54.222 -> Alarme sonoro ativado 20:41:54.090 -> Eixo Y 20:41:54.090 -> -60.87 20:41:54.090 -> Alarme sonoro ativado
---	--

Tabela 4 – Resultados obtidos pelo sensor MPU6050 no eixo Y para frente

Módulo e Ação	Ângulo de Inclinação (Eixo Y)
	20:41:58.781 -> Eixo Y 20:41:58.781 -> 67.97 20:41:58.781 -> Alarme sonoro ativado 20:47:04.575 -> Eixo Y 20:47:04.575 -> 66.78 20:47:04.575 -> Alarme sonoro ativado 20:47:04.772 -> Eixo Y 20:47:04.772 -> 66.68 20:47:04.772 -> Alarme sonoro ativado
Imagen do sensor inclinado para frente no eixo Y ativando o sinal sonoro.	20:47:04.874 -> Eixo Y 20:47:04.874 -> 72.75 20:47:04.874 -> Alarme sonoro ativado
if ((anguloY >= 60) (anguloY <= -60)){ Serial.println("Eixo Y"); Serial.println(anguloY); apitar = 1; }	20:47:04.009 -> Eixo Y 20:47:05.009 -> 81.34 20:47:05.009 -> Alarme sonoro ativado 20:47:06.128 -> Eixo Y 20:47:06.128 -> 65.24 20:47:06.128 -> Alarme sonoro ativado

A pesquisa e desenvolvimento do protótipo de sistema de alerta sonoro para cadeiras de rodas demonstraram resultados positivos, contribuindo significativamente para a segurança e a mobilidade dos usuários. A análise histórica evidenciou que, embora a cadeira de rodas tenha evoluído ao longo dos séculos, muitos modelos ainda carecem de melhorias em ergonomia e funcionalidade. Nesse contexto, o protótipo se apresenta como uma solução inovadora.

Os testes realizados mostraram que o sensor MPU6050, que combina acelerômetro e giroscópio, foi eficaz na detecção de inclinações. O sistema de alerta sonoro, que varia em frequência de acordo com o nível de risco da inclinação, provou ser uma abordagem eficiente para notificar o usuário sobre condições perigosas. A implementação do módulo ESP32 garantiu a portabilidade e facilidade de montagem, o que é crucial para a aceitação do dispositivo.

A utilização de sinais sonoros que diferenciam a gravidade das inclinações é um recurso valioso, pois permite ao usuário ter uma percepção imediata da situação, aumentando a confiança durante a locomoção. Os testes demonstraram que o sistema funcionou adequadamente em diferentes simulações de inclinação, e o feedback dos testes iniciais foi positivo, indicando que o protótipo é funcional e confiável. Durante os testes, o sensor de inclinação foi capaz de detectar com precisão as mudanças de ângulo e, conforme esperado, o sinal sonoro aumentava em frequência à medida que a inclinação se tornava mais perigosa. Isso permitiu que os usuários fossem alertados em tempo hábil, garantindo maior segurança ao utilizar a cadeira de rodas.

A substituição dos componentes iniciais pelos selecionados posteriormente, como a placa ESP32 e o módulo acelerômetro e giroscópio MPU6050, mostrou-se crucial para a portabilidade e precisão do dispositivo. O uso do Arduino IDE e da linguagem C++ proporcionou um ambiente de programação eficiente, e a comunicação do microcontrolador com os sensores foi satisfatória, resultando em respostas rápidas e precisas.

Entretanto, é importante destacar que os testes foram realizados em um ambiente controlado. Futuras pesquisas devem focar na avaliação do protótipo em cenários reais, considerando diferentes superfícies e condições de uso, para validar ainda mais a sua eficácia e segurança.

Conclusões

Este trabalho evidencia a importância da inovação na área de acessibilidade e mobilidade, especialmente para pessoas com deficiência motora. A evolução histórica das cadeiras de rodas nos mostra que, apesar dos avanços, ainda há espaço para melhorias significativas. O protótipo desenvolvido, que utiliza um sistema de alerta sonoro baseado na detecção de inclinações perigosas, é uma contribuição relevante para a segurança dos usuários.

Os resultados dos testes confirmaram a eficácia do sistema, destacando a viabilidade técnica e a utilidade prática do dispositivo. A implementação do sensor MPU6050 e do módulo ESP32 resultou em um protótipo portátil e funcional, que pode ser facilmente adaptado a diferentes modelos de cadeiras de rodas.

Conclui-se que este projeto não apenas melhora a segurança dos usuários, mas também promove uma maior autonomia e confiança em suas atividades diárias. Recomenda-se a continuidade dos testes em ambientes reais e a exploração de outras inovações que possam potencializar ainda mais a funcionalidade das cadeiras de rodas, contribuindo assim para uma sociedade mais inclusiva e acessível.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 7176-1:** Cadeiras de rodas Parte 1: Determinação da estabilidade estática. LOCAL: ABNT, ANO. Num p. Indique a URL, se a norma foi acessada online. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/28302/abnt-nbris07176-1-cadeiras-de-rodas-parte-1-determinacao-da-estabilidade-estatica>

BERTONCELLO, I., & Gomes, L. N.. **Análise diacrônica e sincrônica da cadeira de rodas mecanomanual.** 2002. Production, 12(1), 72-82. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132002000100007>

GOMES, Irene. **Pessoas com deficiência têm menor acesso à educação, ao trabalho e à renda.** Agência IBGE Notícia. 16 de ago. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37317-pessoas-com-deficiencia-tem-menor-acesso-a-educacao-ao-trabalho-e-a-renda>.

SILVA, Joaquim Guilherme Vasconcelos Gonçalves. **Sistema de aumento de segurança para cadeira de rodas baseada num sensor Kinect.** 2013. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Tecnologia e de Gestão. Disponível em: https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/9257/1/Silva_Joaquim.pdf

SOUZA, Juarez Benicius Braga. **Concepção da estrutura do sistema tecnológico de uma cadeira de rodas inteligente adaptada ao utilizador.** 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto (Portugal). Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/63384/1/000149858.pdf>