

**IFSP – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São
Paulo Campus Sertãozinho**

R. Américo Ambrósio, 269 - Jardim Canaa, Sertãozinho - SP, 14169-263

CIBELE PEREIRA MAGRINI DOS SANTOS
FELIPE SANCHEZ MACHADO

SERTÃOZINHO
2025

CIBELE PEREIRA MAGRINI DOS SANTOS
FELIPE SANCHEZ MACHADO

PressureCare: desenvolvimento de protótipo para aquisição de dados relativos à Pressão exercida pelo cadeirante no assento

Relatório de desenvolvimento de
pesquisa para apresentação na 15ª
BRAGANTEC – Feira de Ciência e
Tecnologia.

Orientadora: Helena Martins Barbosa Machado

Início: 01/09/2024

Fim: 31/08/2025

SERTÃOZINHO
2025

Resumo

O projeto visa a criação de um dispositivo que seja capaz de mapear os valores de pressão exercida pelo paciente no assento de uma cadeira de rodas, a fim de reduzir lesões. Ao realizar este monitoramento, o protótipo é capaz de comprovar a efetividade do trabalho exercido pela equipe do Laboratório de Re(h)abilitação e do Desempenho Ocupacional (LABILITA) juntamente da oficina de adaptação de cadeira de rodas para pacientes com deficiência física do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto – SP. Com a aplicação da metodologia da engenharia, que possui uma abordagem sistemática e estruturada de resolver problemas por meio de protótipos, foi possível obter dados quantitativos referentes às pressões sob o assento, com isso, realizou-se a associação destes dados com níveis de pressões que podem ser causadores de lesões.

Palavras chaves: mapa de pressão, cadeira de rodas, protótipo, úlceras por pressão.

Abstract

The project aims to create a device that can map the pressure values exerted by a patient on a wheelchair seat to reduce pressure injuries. By performing this monitoring, the prototype can prove the effectiveness of the work carried out by the Laboratory of Rehabilitation and Occupational Performance (LABILITA) team, in conjunction with the wheelchair adaptation workshop for physically disabled patients at the Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto – SP. Using an engineering methodology, which has a systematic and structured approach to problem-solving through prototypes, it was possible to obtain quantitative data regarding the pressures on the seat. This data was then associated with pressure levels that can cause injuries.

Keywords: pressure mapping, wheelchair, prototype, pressure injuries.

Sumário

1. Introdução	5
2. Objetivos e relevância	6
3. Metodologia e Materiais.....	6
3.1 Sensor FSR 406.....	7
3.1.1 Testes de sensibilidade	8
3.2 Amplificador operacional.....	9
3.3 Multiplexador.....	10
3.4 Arduino UNO.....	10
3.5 Tela e alimentação.....	11
3.5.1 Excel	11
3.6 Construção do dispositivo	11
4. Resultados	12
4.1 Resultados dos testes de sensibilidade.....	12
4.2 Dados do dispositivo	13
5. Próximos Passos.....	16
6. Conclusões	16
Referências.....	17

1. Introdução

É visível a existência de problemas na área da saúde, com isso em mente, este projeto toma como objeto de estudo um problema em específico que são as lesões por pressão (LPPs). As LPPs vêm afetando cada dia mais pacientes, causando assim um aumento no custo dos tratamentos e no tempo de ocupação dos leitos dos hospitais (ZAMBONI et al., 2018). O estudo surgiu através da necessidade da criação de um dispositivo que fosse capaz de monitorar as pressões exercidas pelos usuários sobre o assento de uma cadeira de rodas. Essa necessidade foi apresentada pelo Laboratório de Re(H)abilitação e do Desempenho Ocupacional (LABILITA) juntamente da oficina de adaptação de cadeira de rodas do Hospital das Clínicas na cidade de Ribeirão Preto-SP que fica localizado dentro da Universidade de São Paulo (USP), sendo sua finalidade permitir a avaliação e desenvolvimento estratégias para amenizar ou anular pontos de pressão, um dos fatores de surgimento das LPPs.

O objeto de estudo da pesquisa é considerado como uma tecnologia assistiva (TA). As TAs são formalmente definidas como uma área de conhecimento com características interdisciplinares, englobando vários produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços para a prestação de assistência para pessoas necessitadas (CORDE, 2009).

Conforme discutido anteriormente, as lesões por pressão (LPPs) constituem um desafio proeminente na área da saúde, não apenas pelo elevado custo associado ao seu tratamento e pela ocupação prolongada de leitos hospitalares, mas também por suas severas repercussões psicossociais. A existência de uma LPP impõe ao paciente uma condição de vulnerabilidade e dependência de cuidados diários, que frequentemente culmina em uma percepção de incapacidade e perda de autonomia. Este cenário é um terreno fértil para o surgimento de distúrbios psicológicos significativos, incluindo depressão, transtornos de ansiedade e alterações da autoimagem. Fatores como a dor crônica, a dificuldade de mobilidade, o isolamento social e a preocupação com a aparência da ferida podem minar a saúde mental do indivíduo, resultando em um ciclo vicioso onde o sofrimento psicológico compromete a adesão ao tratamento e, consequentemente, retarda o processo de recuperação física (FERRO, 2022).

A seguir nas figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6 é possível observar os possíveis estágios em que as LPPs podem chegar caso não sejam tratadas,

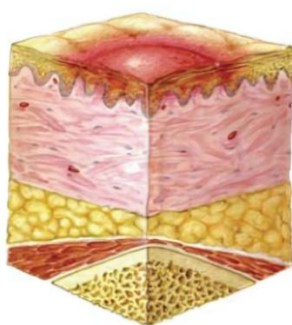


Figura 1. Estágio I: epiderme comprometida. Fonte: MultiSaúde.

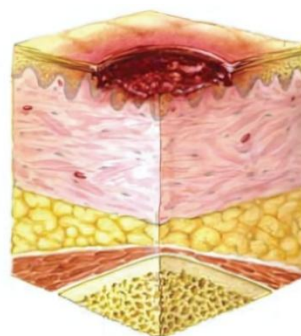


Figura 2. Estágio II: derme comprometida. Fonte: MultiSaúde.

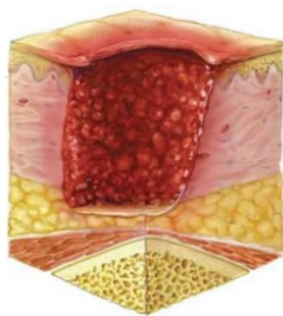


Figura 3. Estágio III: subcutâneo comprometido. Fonte: MultiSaúde.

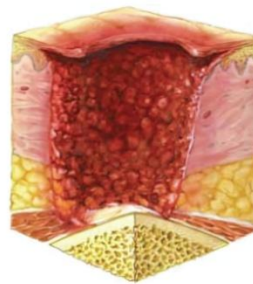


Figura 4. Estágio IV: músculo e tecido adjacente comprometidos. Fonte: MultiSaúde.

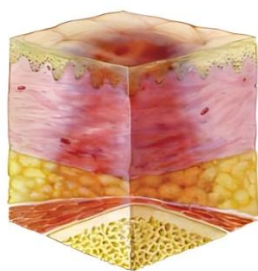


Figura 5. Vermelhidão profunda. Fonte: MultiSaúde.



Figura 6. Úlcera por pressão inclassificável. Fonte: MultiSaúde.

2. Objetivos e relevância

O objetivo geral deste projeto, como dito anteriormente, é o desenvolvimento de um dispositivo capaz de medir a pressão exercida pelo paciente sobre o assento de uma cadeira de rodas. Assim será possível o monitoramento da distribuição da pressão, permitindo que a equipe do LABILITA desenvolva adaptações mais eficientes para o alívio de pontos de pressão bem como verifique a eficácia das mesmas.

Além disso, este projeto alinha-se diretamente com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 3 da ONU no Brasil, que foca na saúde e no bem-estar da população. A nossa pesquisa e o desenvolvimento do dispositivo têm como finalidade auxiliar na prevenção de úlceras, o que contribui para a melhoria da qualidade de vida e a redução dos problemas de saúde pública relacionados a essa condição.

O objetivo geral deste projeto será alcançado por meio de etapas específicas, detalhadas a seguir:

- Pesquisa sobre tecnologias já existentes no mercado;
- Desenvolver a montagem do protótipo, incluindo a programação;
- Realizar testes e implementar melhorias a partir das falhas detectadas.

3. Metodologia e Materiais

Para a concepção do dispositivo, foi desenvolvido um diagrama de blocos que elucida a topologia das conexões e a interação entre os módulos constituintes. Este diagrama é ilustrado na figura 7.

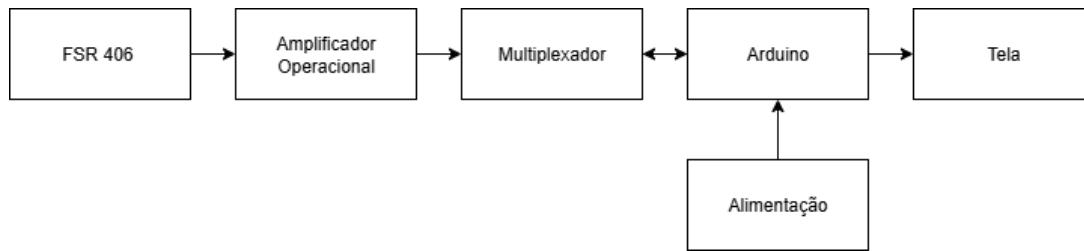


Figura 7. Diagrama em blocos do dispositivo. Fonte: Do autor (2025).

O fluxo de dados do sistema se inicia com a aquisição de sinais dos sensores, os quais são primeiramente condicionados por amplificadores operacionais. Em seguida, os sinais analógicos são direcionados a um multiplexador, que realiza o chaveamento sequencial dos dados antes de transmiti-los à placa Arduino Uno. Por fim, o Arduino processa os dados e os disponibiliza para visualização na interface de saída.

3.1 Sensor FSR 406

O *Force Sensing Resistor* (FSR), ou sensor de força resistivo, é um transdutor cujo princípio de funcionamento se baseia na variação de sua resistência elétrica em resposta a uma força aplicada sobre sua superfície ativa. Especificamente, a resistência do componente e a força aplicada são grandezas inversamente correlacionadas: um aumento na força resulta em uma diminuição na resistência elétrica. O Quadro 1 sintetiza as características operacionais deste sensor.

Quadro 1. Condições de funcionamento do FSR 406.	
Condição 1	Condição 2
Força ↑	Força ↓
Resistencia ↓	Resistencia ↑

Fonte: Do autor (2025).

A construção do sensor baseia-se na tecnologia de película espessa de polímero (do inglês, *polymer thick film*). Sua arquitetura fundamental, composta por apenas dois condutores elétricos, pode ser observada na figura 8.



Figura 8. Sensor FSR 406. Fonte: Interlink Eletronics (2025).

Para a obtenção do valor de tensão de saída (V_{out}) que é comparada a um valor de pressão, é necessário a resolução de uma equação com o valor da resistência que é obtido através

do sensor. Esta equação é fornecida pelo fabricante do sensor, é possível observar na Equação (1) a seguir:

$$V_{out} = \frac{V+}{\left(1 + \frac{R_m}{R_{fsr}}\right)}. \quad (1)$$

Em que,

- R_m - valor da resistência fixa;
- $V+$ - tensão de alimentação;
- R_{fsr} - valor da resistência do sensor.

A sensibilidade do sensor está diretamente relacionada à resistência fixa, que é disposta em série para atuar como um divisor de tensão para o amplificador operacional. A configuração desse circuito de divisor de tensão pode ser observada na figura 9

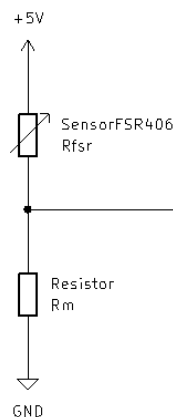


Figura 9. Divisor de tensão. Fonte: Do autor (2025).

3.1.1 Testes de sensibilidade

No circuito de divisão de tensão, a resistência fixa é o componente-chave na definição da sensibilidade do sensor. O valor da resistência modula o range de medição, ampliando-a ou diminuindo-a conforme a necessidade do projeto.

O foco do projeto é o monitoramento da pressão sob o assento de cadeiras de rodas. Dessa forma, a sensibilidade do sensor é um fator crítico, visto que ele deve ser capaz de detectar até a menor força exercida sobre o tapete de medição.

Para a determinação da faixa de sensibilidade dos sensores para o projeto, foram realizados testes com diferentes resistências para testar qual teria a melhor eficácia na aplicação desejada em. O circuito divisor de tensão fora testados com as resistências listadas a seguir: 56Ω, 100Ω, 470Ω, 1kΩ e 3.3kΩ.

A coleta de dados do sensor foi feita por meio de dois métodos distintos. No primeiro, pesos padronizados, fornecidos por Raquel G. Vassalo (ex-monitora dos

laboratórios de Engenharia Mecânica do IFSP – Campus Sertãozinho), foram posicionados sobre a área de medição por 20 segundos. Os valores foram registrados em intervalos de 5 segundos. O segundo método consistia em colocar e remover os pesos de forma intermitente, registrando os valores após a estabilização de cada leitura.

3.2 Amplificador operacional

O amplificador operacional (Amp-op) é um componente eletrônico fundamental, projetado para amplificar sinais e executar operações matemáticas essenciais, como subtração, adição e multiplicação. Tipicamente encapsulado em um circuito integrado, este componente está disponível em uma variedade de modelos, incluindo o LM741, LM324 e LM393 (ALVES, 2023).

Na figura 10 é possível visualizar como é a construção do *amp-op*.

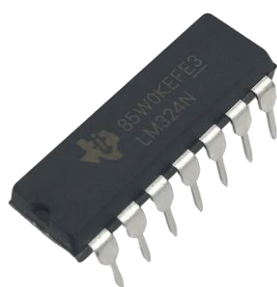


Figura 10. Amplificador operacional LM324N. Fonte: EVATRON.

Para a aplicação em desenvolvimento, o modelo LM324 foi selecionado especificamente para ser utilizado na configuração de seguidor de tensão, isto significa que o sinal de saída será igual ao sinal de entrada. Na figura 11 a seguir é possível ver como é o *footprint* do amp op LM324.

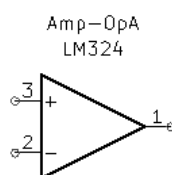


Figura 11. Amplificador operacional LM324N no KiCad. Fonte: Do autor (2025).

A seguir, na figura 13 é possível observar quando alocado no circuito.

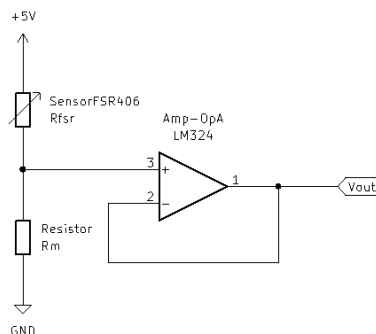


Figura 12. Circuito de divisão de tensão com o amp op no KiCad. Fonte: Do autor (2025).

3.3 Multiplexador

Os dados provenientes do amplificador operacional são processados por um multiplexador (MUX). Este componente é um circuito lógico combinacional sendo fundamental para o chaveamento de dados digitais. Sua operação consiste em selecionar um dentre seus diversos sinais de entrada e destiná-lo a uma única linha de saída. A seleção é controlada por entradas de endereço, garantindo que o sinal de saída seja uma função direta e instantânea do estado das entradas no momento da observação (ZUIM, 2006 a 2023). Quando inserido no contexto, tem como tarefa aumentar a quantidade de dados analógicos que podem ser lidos pelo Arduino. A seguir, na figura 13 observa-se o MUX.

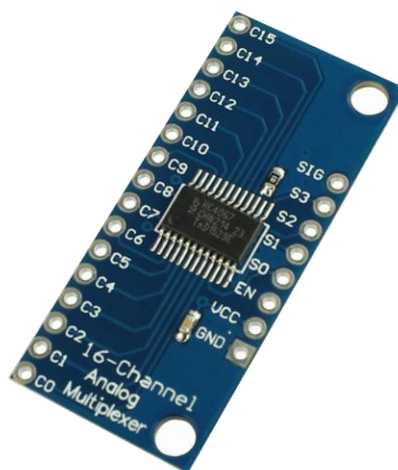


Figura 13. Multiplexador. Fonte: Usina Info.

3.4 Arduino UNO

A plataforma de prototipagem de hardware de código aberto Arduino Uno possui um microcontrolador ATmega328P e é amplamente utilizada para o desenvolvimento de projetos interativos. Devido à sua arquitetura acessível e vasta comunidade de suporte, ela é frequentemente selecionada para a concepção de sistemas eletrônicos (HERMINIA, 2024). No contexto do presente trabalho, o Arduino Uno atuará como a unidade central de controle,

responsável por executar a lógica operacional e coordenar as ações necessárias para o funcionamento adequado do sistema. Na figura 14 a seguir é possível visualizar o Arduino Uno.



Figura 14. Arduino Uno. Fonte: KAMRAM.

3.5 Tela e alimentação

Na atual etapa de desenvolvimento do projeto, os dados são coletados através da porta serial e exibidos na tela do computador através de um gráfico de barras, permitindo a visualização dos valores absolutos obtidos em cada sensor, bem como em um mapa de calor que proporciona uma visualização intuitiva dos pontos de maior pressão. Estes dados são todos mostrados por meio do Excel.

3.5.1 Excel

O Excel é uma ferramenta de *software* criada para trabalhar de forma simplificada com planilhas de dados e cálculos associados, sendo amplamente utilizada para a visualização gráfica, interpretação e análise das informações numéricas. O *software* conta com uma vasta gama de gráficos implementados, bem como um suplemento denominado *data streamer* que permite a comunicação serial com dispositivos, incluindo o Arduino (ELETROGATE, 2023). Tendo em vista essas características optou-se em uma primeira etapa por utilizá-lo na criação da interface gráfica para o usuário dotada de um mapa de calor e dois gráficos de barras, um com a escala de valores medidos em porcentagem e outro com a escala característica de uma entrada analógica do Arduino, isto é 0 a 1023 níveis associados à um dado de 10 bits.

3.6 Construção do dispositivo

O dispositivo de mapeamento de pressão possui uma área de 50×50 cm, que integra 24 sensores de força resistiva (FSR) do modelo 406. A base é construída com múltiplas camadas de EVA, material escolhido por proporcionar conforto sem interferir nas medições. Esta estrutura em multicamadas tem como objetivo principal mitigar o desconforto causado pelos conectores dos sensores e, simultaneamente, aprimorar a precisão do mapeamento de pressão, resultando em um sistema de medição mais robusto e confortável para o usuário. O protótipo pode ser visualizado na Figura 15.

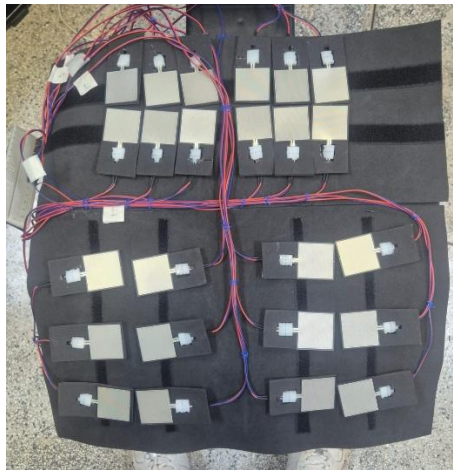


Figura 15. Dispositivo construído. Fonte: Do autor (2025).

4. Resultados

4.1 Resultados dos testes de sensibilidade

Conforme o procedimento detalhado no item 3.1.1, os testes para a definição da resistência fixa foram executados e seus resultados são apresentados a seguir nas figuras Figura , Figura, Figura, Figura, Figura, Figura, 23, 24 e 25

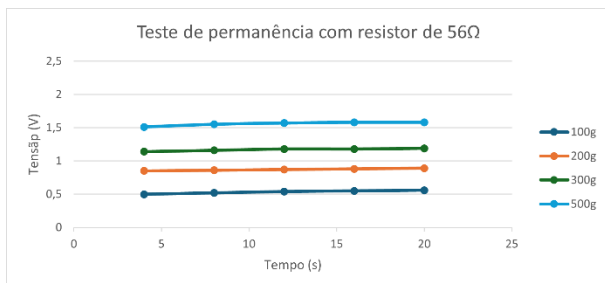


Figura 16. Teste de permanência com resistor de 56Ω. Fonte: Do autor (2025).

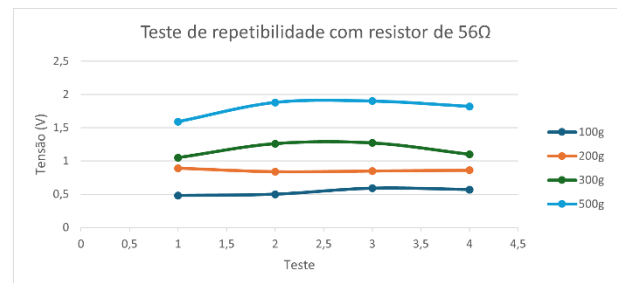


Figura 17. Teste de repetibilidade com resistor de 56Ω. Fonte: Do autor (2025).

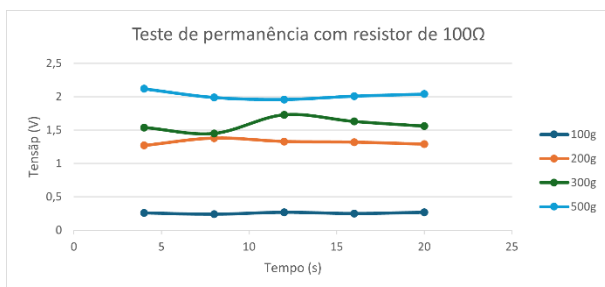


Figura 18. Teste de permanência com resistor de 100Ω. Fonte: Do autor (2025).

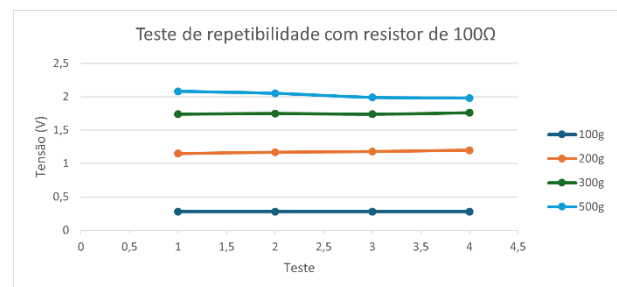


Figura 19. Teste de repetibilidade com resistor de 100Ω. Fonte: Do autor (2025).

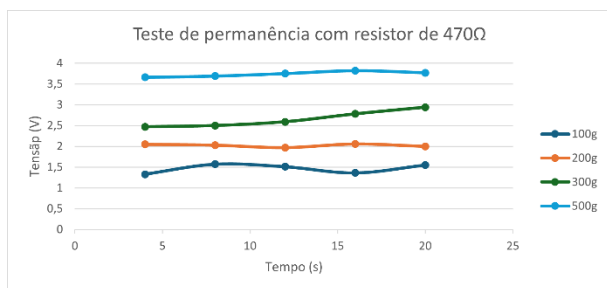


Figura 20. Teste de permanência com resistor de 470Ω. Fonte: Do autor (2025).

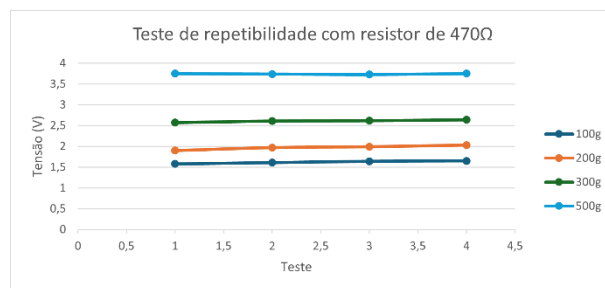


Figura 21. Teste de repetibilidade com resistor de 470Ω. Fonte: Do autor (2025).

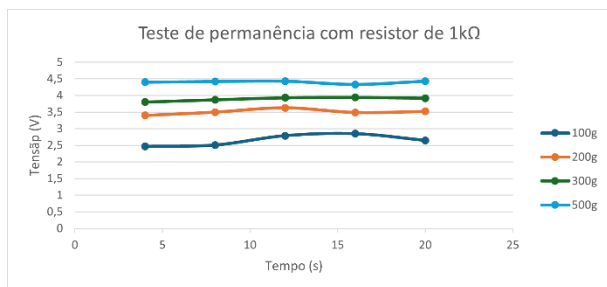


Figura 22. Teste de permanência com resistor de 1kΩ. Fonte: Do autor (2025).

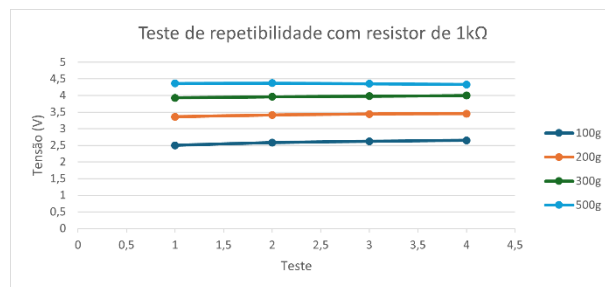


Figura 23. Teste de repetibilidade com resistor de 1kΩ. Fonte: Do autor (2025).

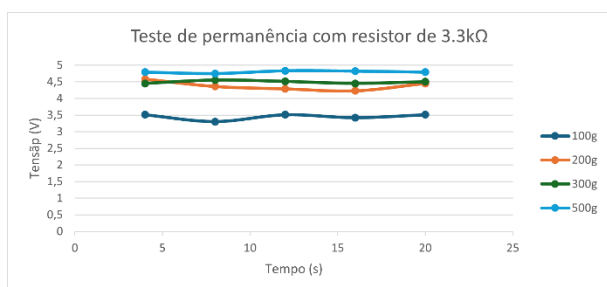


Figura 24. Teste de permanência com resistor de 3.3kΩ. Fonte: Do autor (2025).

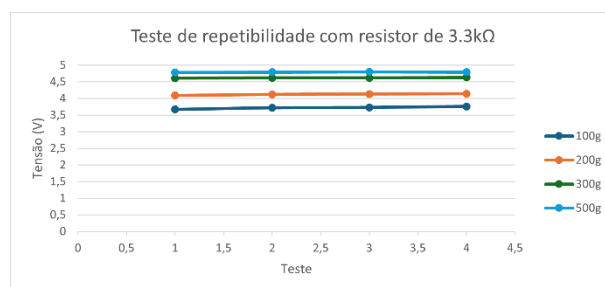


Figura 25. Teste de repetibilidade com resistor de 3.3kΩ. Fonte: Do autor (2025).

Os testes realizados evidenciaram que a sensibilidade do sensor é inversamente proporcional ao valor da resistência escolhida. Neste caso, a tensão de saturação do sensor será de 5V devido a alimentação do circuito, devido a esta característica foi escolhido uma resistência de 56Ω que atenderá as necessidades deste projeto;

4.2 Dados do dispositivo

Nos testes de funcionalidade realizados, o dispositivo desenvolvido cumpriu com sucesso seu objetivo principal, demonstrando a viabilidade técnica de um sistema de aquisição de dados para monitoramento de pressão em assentos de cadeiras de rodas.

Os dados de pressão foram coletados e, por comunicação serial, são transferidos para uma planilha do Excel. Essa ferramenta permite a criação do gráfico de barras e do mapa de calor em quase tempo real, apenas com o atraso da análise de dados, fornecendo uma representação visual clara da distribuição de pressão, o que é fundamental para a avaliação e prevenção de lesões.

Nas figuras 26 e 27 é possível observar os dados coletados em duas escalas diferentes, uma com o range em porcentagem (0% a 100%) do nível de pressão, enquanto o outro range varia do valor captado pelo sensor (0 a 1023), quando são transferidos para o mapa de calor, obtém-se a figura 28. Tais dados são referentes de quando não há nenhum usuário sentado sob a superfície de medição do dispositivo.

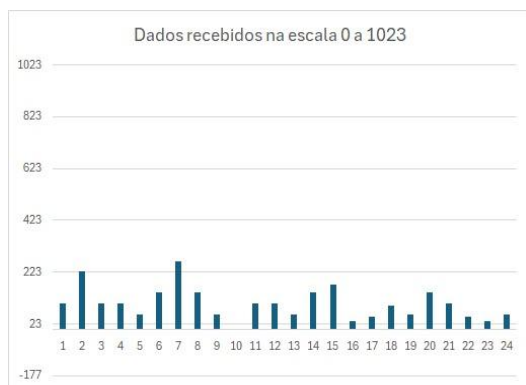


Figura 26. Gráfico dos dados sem usuário na escala 0 a 1023.
Fonte: Do autor (2025).



Figura 27. Gráfico dos dados sem usuário na escala de 0% a 100%.
Fonte: Do autor (2025).



Figura 28. Mapa de calor dos dados quando não há usuário. Fonte: Do autor (2025).

Nas figuras 29, 30 e 31 a seguir é possível observar os gráficos e o mapa de calor quando há um usuário sob o assento.

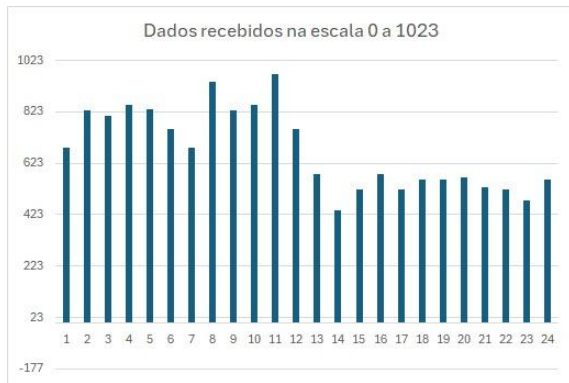


Figura 29. Gráfico dos dados com usuário na escala 0 a 1023.
Fonte: Do autor (2025).

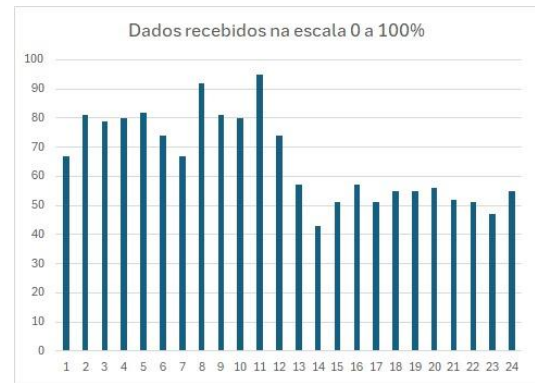


Figura 30. Gráfico dos dados com usuário na escala 0% a 100%.
Fonte: Do autor (2025).



Figura 31. Mapa de calor dos dados quando há usuário. Fonte: Do autor (2025).

Agora nas figuras 32, 33 e 34 é possível observar os gráficos de dados e o mapa de calor quando há um usuário sentado com uma postura que faça que haja uma maior pressão isquico esquerdo.



Figura 32. Gráfico de dados com postura prejudicial na escala 0 a 1023. Fonte: Do autor (2025).



Figura 33. Gráfico de dados com postura prejudicial na escala 0% a 100%. Fonte: Do autor (2025).

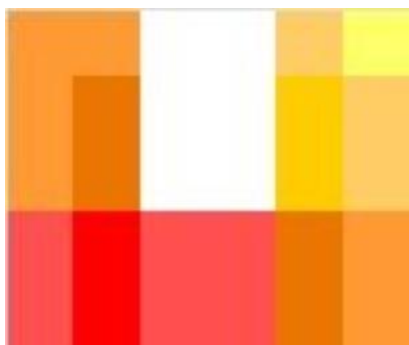


Figura 34. Mapa de calor referente à usuário em postura prejudicial. Fonte: Do autor (2025).

5. Próximos Passos

Com a realização bem sucedida do projeto, tem se em vista possíveis melhorias para o mesmo, para que haja uma melhor eficácia. Dentre essas melhorias é possível listar:

- **Interface:** O próximo passo do projeto consiste no desenvolvimento de uma interface digital, seja como aplicação móvel ou plataforma web, para a monitorização contínua dos dados de pressão. Esta interface será essencial para permitir que tanto o usuário realize o acompanhamento de suas condições, quanto a equipe de adaptação e do LABILITA possa acessar os dados para análise e tomada de decisões clínicas, otimizando o processo de cuidado.
- **Segurança:** A transmissão de dados via Wi-Fi exige a implementação de rigorosos protocolos de cibersegurança. Para garantir a privacidade e a integridade das informações do usuário, será desenvolvido um sistema de criptografia e autenticação que assegure que o acesso aos dados transmitidos seja restrito apenas aos indivíduos devidamente autorizados, protegendo a confidencialidade das informações de saúde.
- **Arquitetura do dispositivo:** A arquitetura atual do dispositivo apresenta oportunidades claras de aprimoramento. As melhorias planejadas incluem o fortalecimento da conexão entre os sensores e a interface de coleta de dados, visando garantir uma transmissão mais estável e confiável. Essas otimizações são fundamentais para assegurar a precisão dos dados, o que, por sua vez, eleva a confiabilidade do sistema como um todo, além de melhorias focadas no conforto do dispositivo, para que ele se torne algo quase imperceptível quando utilizado.

6. Conclusões

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que o projeto cumpriu seu objetivo com êxito. Embora tenha apresentado pontos fortes, também identificamos aspectos que podem ser aprimorados e otimizados em futuras etapas, visando uma maior eficácia no funcionamento do dispositivo.

Referências

Brasil. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. Tecnologia Assistiva . – Brasília: CORDE, 2009. 138 p.. Acesso em: 11 ago. 2025.

ELETROGATE. **Arduino & Excel**. Blog Eletrogate, 13 abr. 2023. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/arduino-excel/>. Acesso em: 21 ago. 2025.

EVATRON Componentes Eletrônicos. **Circuito Integrado LM324N DIP**. Disponível em: <https://www.evatron.com.br/LM324NDIP/prod-8788072/>. Acesso em: 21 ago. 2025.

FERRO, Bruna Henkel; ZWIRTES, Tcheice Laís; RENNEN, Jacinta Sidegum; BIRK, Magna Roberta. Limitação e dependência: as lesões por pressão sob a perspectiva dos usuários de cadeira de rodas. Multitemas, Campo Grande, MS, v. 27, n. 67, p. 149-165, set./dez. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/mult.v27i67.3715>.

KAMRAN, Muhammad. **Introduction to Arduino UNO**. Microcontrollers Lab, 17 jan. 2021. Disponível em: <https://microcontrollerslab.com/introduction-arduino-uno/>. Acesso em: 21 ago. 2025.

Usina Info. **Módulo Multiplexador 74HC4067**. Disponível em: https://www.usinainfo.com.br/outros-modulos-arduino/modulo-multiplexador-74hc4067-hp4067-cmos-analogico-digital-16-canais-4759.html?srsltid=AfmBOophK7_6L2_ulwQ9CBs-XsHbY-FLYfbujOAoa5OTfHpLVIR-FpCP. Acesso em: 21 ago. 2025.

ZAMBONI, Yndaiá; FLÁVIA, Ana; NIEWNSK, Gloriana Frizon; SILVA, Olvani Martins da. **Custo direto para prevenção e tratamento de lesões de pele em uma unidade de terapia intensiva**. Revista Enfermagem Atual, Niterói, 2018. Acesso em: 11 ago. 2025.