

# Revista e-Tec de Ciência e Tecnologia



Faculdade da Indústria SENAI Londrina

Edição V1 - ano 2022 - Londrina Paraná

# e-TEC

Revista de  
Tecnologia e  
Ciência

## Corpo Editorial

Editor Chefe - Edição V1-2022

Prof. (a) Adriana G. Carvalho

## Comitê Executivo

Prof.<sup>a</sup> Adriana G. Carvalho

Prof.<sup>a</sup> Dra. Camila F. de Oliveira

Prof. Fábio R. Milanez

Prof. MSc. Renato Kazuo Myiamoto

Prof. Dr. Rodolfo A. Hildebrandt

Prof. Dr. Vicente de Lima Gongora

Prof. Wesley Candido da Silva

Editora: Faculdade de Tecnologia Senai Londrina

ISSN: 2358-5528

Direitos reservados

Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina

Rua Belém, 844 - Londrina PR.

43 -3294-5100 - [faculdade.londrina@sistemafiep.org.br](mailto:faculdade.londrina@sistemafiep.org.br)

Partes desta publicação, ou todo, pode ser utilizada para fins didáticos somente, desde que, citadas suas fontes.

Este periódico publica nomes individuais, comerciais, marcas registradas e produtos pertencentes a diversas companhias. O Editor utiliza-se destes nomes somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários

dos nomes e marcas, sem intenção de atingir seus direitos.

Observa-se ainda que os dados contidos nos artigos são de responsabilidade dos próprios autores dos artigos.

## Prefácio

Que o mercado está em busca de novos líderes e que esta é uma das competências mais procuradas nesta nova era digital! Não é mais uma grande novidade para os estudantes acadêmicos da Faculdade da Indústria SENAI Londrina, onde as competências técnicas de excelência são equilibradas com as competências comportamentais; de forma, que elas se intercomunicam na execução do nosso projeto pedagógico.

Desta forma, as necessidades demandadas pela indústria 4.0; se verifica de forma continuada, através dos desafios propostos na dinâmica da aula. Com certeza, é mais difícil de se ensinar e de se quantificar; mas com certeza é um enorme prazer a verificação do êxito profissional de nossos acadêmicos, nas áreas compreendidas dos cursos ofertados pela Faculdade da Indústria SENAI Londrina.

Eles possuem, também, nesta publicação formas de inspiração, observando e verificando a produção científica de colegas e de outros professores; e, utilizando-se desta experiência para a produção e publicação de seus próprios trabalhos. Isto ocorre tanto nos projetos aplicados de iniciação científica, passando pelo desenvolvimento de projetos aplicados em disciplinas e outros multidisciplinares; como nos trabalhos de conclusão do curso de graduação e em projetos de pós-graduação.

No tempo de Falar, nossa comunidade acadêmica, mostra as evidências de como aprendeu a trabalhar, organizar, gerenciar equipes no desenvolvimento de soluções de problemas. Por fim, culminando na apresentação pública do trabalho pesquisado ou implementado. Trazendo de forma unida as competências técnicas e emocionais, o que comprova a prática exitosa da metodologia ativa – Jornadas de Aprendizagem no “Tempo de Falar”.

Forte abraço e boa leitura, prof. Dr. Vicente Gongora

# Sumário

.....	3
Capítulo I – Desenvolvimento de um Triciclo Elétrico Adaptado para Cadeirantes como estratégia para a melhoria da acessibilidade integrando recursos de Inteligência Artificial .....	4
Capítulo II – Otimização de Máquina Perfiladeira .....	19
Capítulo III – Investigação inicial sobre sensores de força para uso em antebraço.....	40
Capítulo IV - Meio Ambiente e Sustentabilidade como Tema Transversal na Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina.....	74

## Capítulo I – Desenvolvimento de um Triciclo Elétrico Adaptado para Cadeirantes como estratégia para a melhoria da acessibilidade integrando recursos de Inteligência Artificial

Prof. MS.c. Renato Kazuo Miyamoto<sup>1</sup>

Prof. Esp. Fabio Rodrigo Milanez<sup>2</sup>

Prof. Dr. Rodolfo A. Hildebrandt<sup>3</sup>

Prof. Vicente de Lima Gongora<sup>4</sup>

Prof. Esp. Wesley Candido da Silva<sup>5</sup>

### RESUMO

Segundo dados publicados no Censo 2020, apurados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para o ano base de 2019 um percentual de aproximadamente 25% da população brasileira têm algum tipo de deficiência. Desse montante, os que apresentam deficiência física nos membros inferiores se aproximam de 3,8%, que reflete em quase 7,8 milhões de pessoas. Nesse sentido, a proposta deste trabalho direciona-se ao desenvolvimento de um triciclo elétrico adaptado para cadeirantes, como uma estratégia que possa contribuir para a melhoria da acessibilidade de pessoas deficientes físicas de membros inferiores. Para isso, um triciclo elétrico sustentável que utiliza fonte renovável de energia foi construído. Posteriormente, algumas adaptações mecânicas estão previstas para que seja possível que um cadeirante possa transitar entre locais e realizar atividades rotineiras, tal qual faria com o auxílio de um veículo automotivo. Para que um cadeirante utilize um veículo automotivo para se locomover, geralmente são necessárias adaptações no veículo e ainda a ação de montar/desmontar a cadeira de rodas. O protótipo dispensa essas necessidades, e pode promover a melhoria da qualidade de vida dessas pessoas. Adicionalmente, recursos de Inteligência Artificial podem auxiliar em uma solução digital como tecnologia assistiva.

---

<sup>1</sup> Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina.. E-mail: renato.miyamoto@sistemafiep.org.br

<sup>2</sup> Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina.. E-mail: fabio.milanez@sistemafiep.org.br

<sup>3</sup> Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina.. E-mail: Rodolfo.hildebrandt@sistemafiep.org.br

<sup>4</sup> Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina.. E-mail: vicente.gongora@sistemafiep.org.br

<sup>5</sup> Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: wesley.candido@sistemafiep.org.br

**Palavras-chave:** Tecnologia Assitiva, Acessibilidade, Triciclo elétrico, Inteligência Artificial.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Estatuto da Pessoa com Deficiência sancionada através da Lei n.13.146/2015, no art.º.53 fica previsto a acessibilidade, ou seja, o direito que favorece a pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida de viver de modo independente e exercer os plenos direitos de cidadão. Para garantir esses direitos, pode-se empregar alguns recursos de tecnologia assistiva, por meio de adoções de soluções digitais, ou da utilização de produtos e serviços (LEITE; RIBEIRO; FILHO, 2019).

Nesse cenário, as pessoas que têm deficiência física nos membros inferiores representam aproximadamente 3,8% da população brasileira (IBGE, 2021). Em contrapartida, em vias de comparação, nas cidades brasileiras, apenas 4,8% das calçadas são adaptadas para pessoas com deficiência física (FILHO, 2021). Esse fato pode contribuir com a redução da mobilidade urbana dessas pessoas.

Assim, diante dessa problemática, destaca-se a importância de uma análise de metodologias para a melhoria da mobilidade urbana destinada a essas pessoas. O transporte público pelo ônibus é utilizado por cerca de 96% das pessoas com deficiência física nos membros inferiores para se locomover dentro das cidades. Os demais 4% são representados pela mobilidade empregando outros tipos de transportes, tais quais metrô, táxi e veículos próprios (PHILIPPI, BRUNA, 2019). Para realizar uma adaptação em um veículo automotivo, os custos podem se aproximar de R\$20 mil, e em alguns casos, há a necessidade de montar e desmontar a cadeira de rodas durante o processo de locomoção (BRANCO; SZWARC; BRANCO, 2012).

Alguns fabricantes de bicicletas elétricas incluíram em seus catálogos de venda, modelos de triciclos elétricos adaptados para cadeirantes. O valor de venda parte de R\$ 11,2mil, e ainda há a necessidade da movimentação da pessoa entre a cadeira de rodas convencional até o assento do triciclo elétrico, e em alguns casos, há a necessidade do auxílio de uma segunda pessoa nesse processo (SUPERFISIO, 2022).

Assim, a proposta desse trabalho destina-se a desenvolver um triciclo elétrico adaptado para cadeirantes, em que não haja a necessidade da troca entre os

assentos. Deste modo, uma cadeira de rodas convencional pode ser acoplada na estrutura. Este fato pode contribuir para uma maior independência do cadeirante. Adicionalmente, há a preocupação relacionada ao desenvolvimento sustentável, através de estratégias de geração de energia elétrica a partir da fonte renovável solar operando em conjunto com o armazenamento de energia elétrica em baterias.

Outro diferencial deste protótipo, está relacionado a aplicação de recursos de Inteligência Artificial (IA) destinada a visão computacional, como solução digital para a melhoria da segurança do triciclo. Para isso, um microcontrolador opera em conjunto com um módulo de uma câmera de alta resolução posicionada no triciclo. Através de recursos computacionais de aprendizagem, é possível identificar se a cadeira de rodas está posicionada de modo seguro que garanta a segurança do usuário (ROBERTS, 2010). Ainda, esse recurso pode ser utilizado na identificação facial, contribuindo com uma segurança adicional ao usuário. Todo esse recurso opera em conjunto com sensores e atuadores, que estabelecem as condições ideais para que o usuário possa locomover-se com o triciclo (FACELI et al., 2021).

Ainda, sistemas de freio eletrônico são previstos para o protótipo, garantindo segurança durante a locomoção e em posição de repouso. Por fim, a proposta possui um viés financeiro através de estratégias de sensoriamento eletrônico e adaptações mecânicas visando uma redução de custos, se tornando competitivo aos triciclos elétricos comerciais existentes no mercado. Vale ressaltar, que em primeiro momento, não há viés comercial, a depender da validação dos critérios e normas estabelecidos pelo INMETRO.

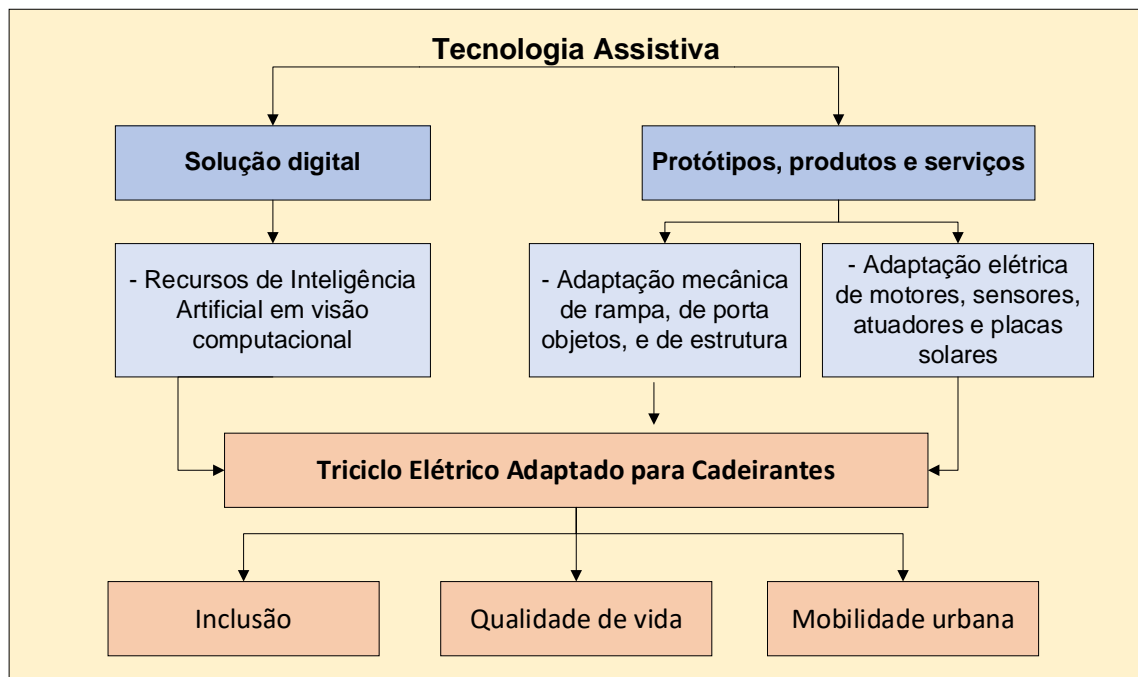
## **2. JUSTIFICATIVA**

Para garantir a acessibilidade de pessoas que apresentam deficiência física nos membros inferiores são necessários um conjunto de ações, recursos e de tecnologias que promovam uma ampliação das habilidades funcionais dessas pessoas e conseqüentemente a melhoria da qualidade de vida. Esses recursos, também são conhecidos como tecnologias assistivas, e podem ser: i) de caráter físico, através do desenvolvimento de protótipos ou produtos; e ii) de caráter digital, através

da aplicação de inovação em tecnologias digitais, como por exemplo a inteligência artificial e internet das coisas.

Do ponto do desenvolvimento de protótipos, esse trabalho utiliza de adaptações mecânicas e elétricas em um triciclo, através da inserção de motores elétricos, de uma placa solar, de sensores e atuadores, e de uma rampa para o cadeirante entrar no triciclo. Do ponto de vista das tecnologias digitais, esse trabalho utiliza recursos de inteligência artificial para a identificação de objetos contribuindo com a segurança do usuário. Ainda, recursos de internet das coisas podem ser utilizados, para envio de informações sobre a autonomia do triciclo, e dos sinais dos sensores e atuadores, diretamente a nuvem. A Figura 1 ilustra a aplicação dessas tecnologias.

Figura 1 – Aplicação da tecnologia assistiva



Fonte: elaborado pelo autor.

Nesse sentido, pensando em proporcionar uma maior independência na mobilidade urbana dessas pessoas, esse trabalho pode contribuir para a melhoria da problemática da acessibilidade de pessoas com deficiência física nos membros inferiores e promover uma maior inclusão, qualidade de vida e mobilidade urbana.

### 3. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um triciclo elétrico adaptado para cadeirantes, de modo a contribuir com a mobilidade urbana através de recursos de tecnologia assistiva. Os objetivos específicos desse trabalho são apresentados a seguir:

1. Construir um triciclo elétrico adaptado a cadeirantes, que possua um sistema de instrumentação e de segurança;
2. Implementar recursos de Inteligência Artificial de identificação de objetos como estratégia para a melhoria da segurança do usuário;
3. Utilizar a fonte alternativa renovável solar para promover uma eficiência energética e maior autonomia do triciclo;
4. Garantir a segurança do usuário a partir de recursos eletrônicos de freio, sensores de posição e de velocidade.

### 4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse trabalho está fundamentada em uma interdisciplinaridade das áreas de engenharia elétrica, engenharia mecânica e engenharia de software. Assim, para o desenvolvimento do protótipo, utiliza-se da sinergia entre as referidas áreas de pesquisa.

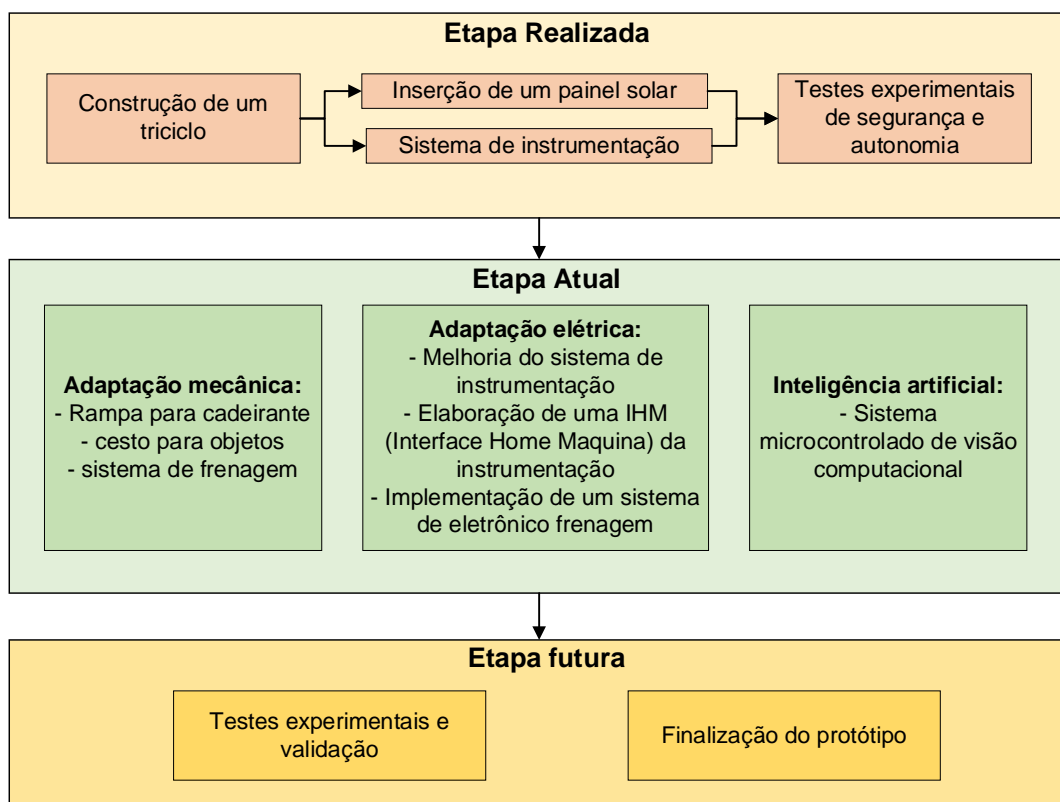
A primeira etapa, já concluída, aconteceu em duas frentes: i) construção de um triciclo utilizando materiais que seriam descartados em empresas da região, como por exemplo ferragem, rodas e guidão, e ii) adaptações elétricas no triciclo. Ambas as frentes não necessitaram de recursos de mão de obra, pois foram realizados por alunos da instituição de ensino, sob orientação de um professor responsável a uma jornada de aprendizagem.

Após o término da construção mecânica do triciclo, as adaptações elétricas para a inserção de motores, do sistema de carregamento de bateria a partir de um painel solar e de um sistema de instrumentação, foi realizado. A ideia de inserir um painel solar destacou-se devido ao cenário atual de sustentabilidade e da aplicação de fontes alternativas renováveis de energia. Assim, embora empregue-se um banco

de baterias, que possui alguns impactos ambientais em seu descarte, a estratégia pode contribuir com uma economia de energia elétrica e uma maior autonomia do triciclo.

Ainda, um sistema de instrumentação, para o monitoramento da velocidade e autonomia do triciclo foi implementado. Ao término das duas primeiras etapas, uma validação experimental foi realizada a partir de uma coleta de informações sobre a segurança e a autonomia do triciclo elétrico. A Figura 2 ilustra as etapas do projeto.

Figura 2 – Etapas do projeto



Fonte: elaborado pelo autor.

Após a validação da primeira etapa, o projeto encontra-se atualmente em três frentes de pesquisa: adaptação mecânica, adaptação elétrica e inteligência artificial. Do ponto de vista mecânico, o objetivo principal é definir uma estratégia de adaptação do triciclo já existente, tornando apto para a acessibilidade aos cadeirantes. Assim, um sistema com uma rampa hidráulica está sendo desenvolvida. Ainda, algumas melhorias no sistema de frenagem estão sendo testadas, bem como a inserção de um cesto para transporte de pequenos objetos.

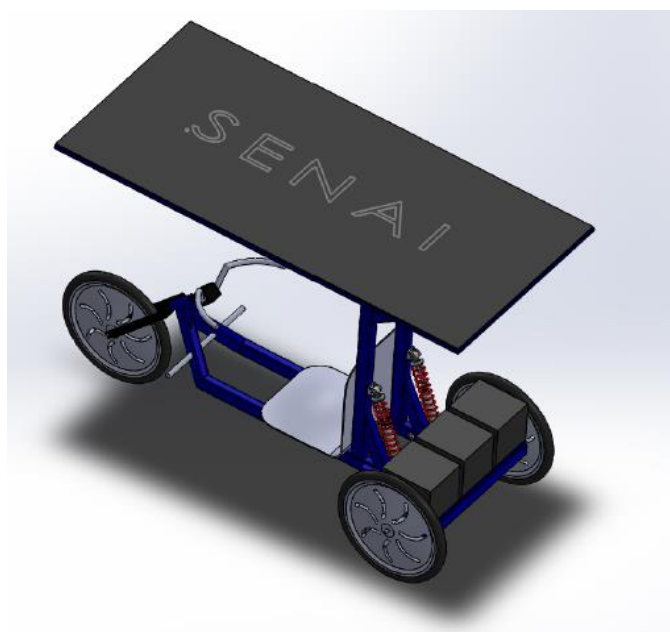
Do ponto de vista elétrico, em conjunto com a melhoria do sistema de frenagem, a comunicação e o controle eletrônico dos freios está sendo desenvolvido. Adicionalmente, uma melhoria do sistema de instrumentação será realizada, de modo a propiciar uma personalização do sistema instrumentado através de uma Interface Homem Máquina. Do ponto de vista da Inteligência Artificial, um sistema microcontrolado de visão computacional encontra-se em etapa de testes, para operar em conjunto com o sistema de instrumentação e de segurança do triciclo.

Como etapa futura, estão previstos a realização de novos ensaios experimentais, para a validação e a finalização do protótipo. A seguir, são apresentados os resultados parciais do trabalho.

## 5. RESULTADOS PARCIAIS

Nessa seção, são analisados os resultados parciais obtidos nesse trabalho. Assim, inicia-se apresentando as características da etapa que já foi realizada. O primeiro passo está relacionado com o processo de fabricação do triciclo. A Figura 3 ilustra o desenvolvimento do projeto mecânico a partir de uma ferramenta computacional.

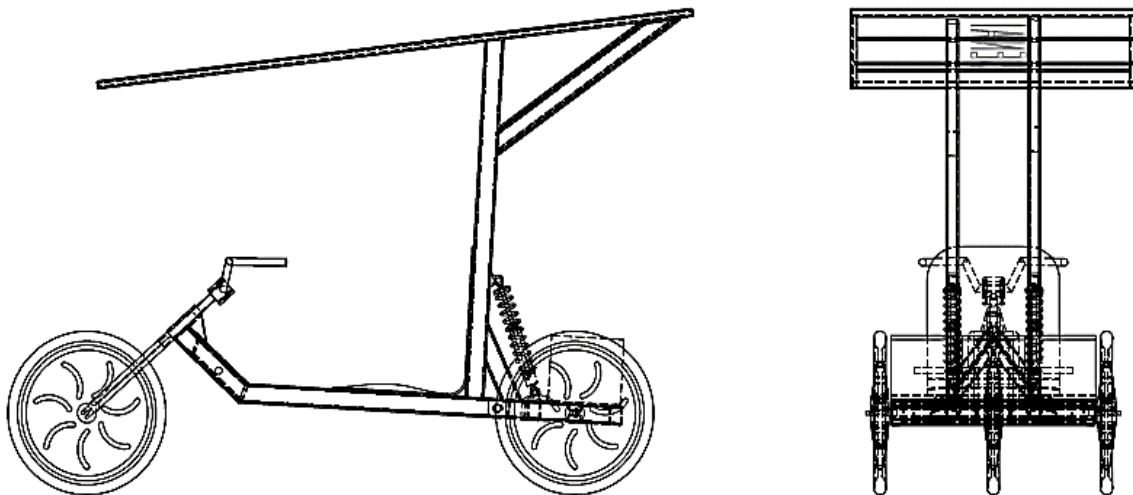
Figura 3 – Projeto do protótipo inicial do triciclo



Fonte: elaborado pelo autor.

Para os testes iniciais, foi previsto a construção de um triciclo a partir de recursos materiais doados por empresas parceiras. Por esse motivo, todo o processo mecânico de construção obteve crescente avanço de acordo com o aumento dos materiais adquiridos. A Figura 4, ilustra as vistas laterais do protótipo inicial. Assim, destaca-se a projeção para a inserção de uma placa solar em cima do triciclo e de um banco de baterias na parte traseira.

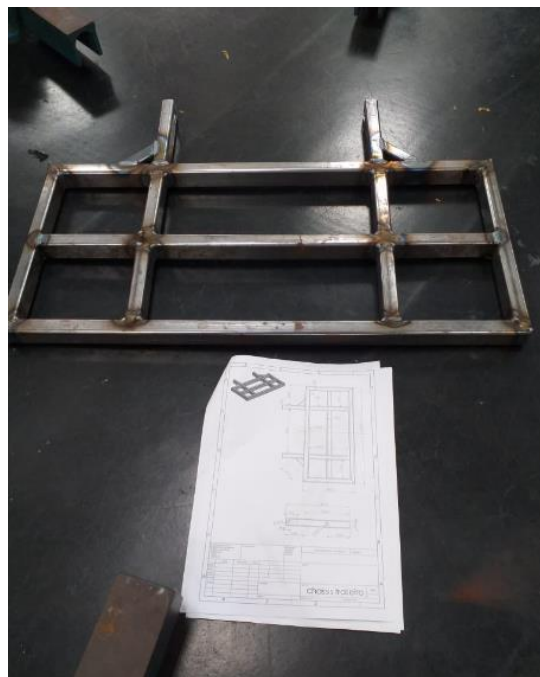
Figura 4 – Projeto do protótipo: vistas laterais



Fonte: elaborado pelo autor.

Posteriormente, iniciou-se a construção do protótipo conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5 – Desenvolvimento do protótipo



Fonte: acervo do autor.

Após o término da etapa mecânica, iniciou-se a primeira etapa de adaptações elétricas, por meio da inserção do sistema de instrumentação e da implementação do sistema de baterias, motores e placa solar. A Figura 6, ilustra a estrutura do protótipo, após o término da primeira etapa.

Figura 6 – Estrutura do protótipo, ao término da primeira etapa



Fonte: acervo do autor.

Após testes experimentais, foi identificada uma autonomia de 20km para uma velocidade máxima de 14km/h. A autonomia da bateria pode ser justificada pelo fato de sua vida útil reduzida, haja vista que a bateria foi reutilizada a partir da doação de uma empresa parceira.

Para a continuidade do projeto, observou-se a necessidade de melhoria em instrumentação e em segurança, além da adaptação requerida aos cadeirantes. Desse modo, uma rampa hidráulica deve ser projetada. A Figura 7 ilustra um exemplo de rampa adaptada a cadeirantes. Para adaptá-la ao triciclo elétrico, alguns reforços mecânicos devem ser previstos, e ainda, travas e sensores de segurança para o posicionamento da cadeira pelo usuário.

Figura 7 – Adaptação do triciclo



Fonte: Soluções Industriais. Disponível em:  
<<https://acessibilidade.solucoesindustriais.com.br/>>.

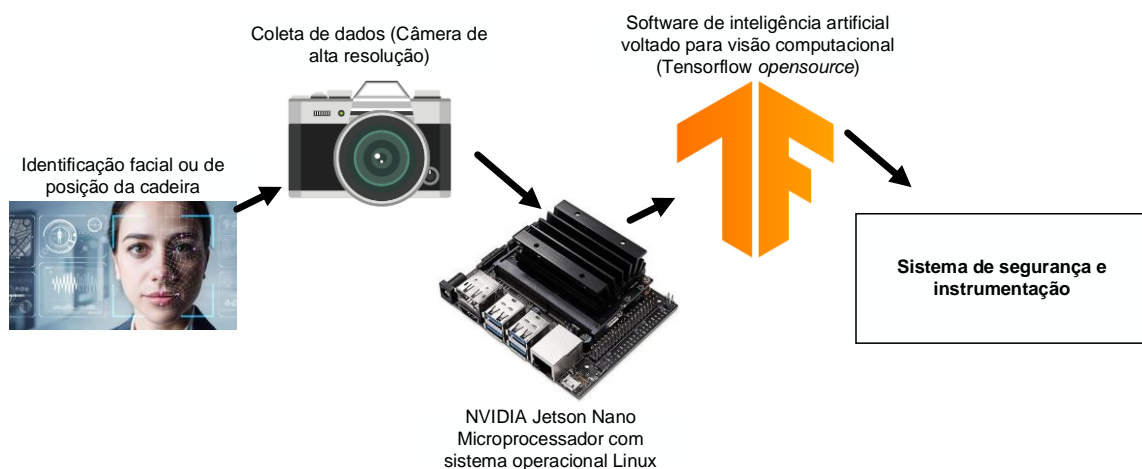
Acesso em 4 fev. 2022.

Com o objetivo da melhoria da segurança ao usuário, um sistema de intertravamento utilizando sensores na base da rampa são previstos. Adicionalmente, um sistema de reconhecimento de imagem através de recursos de inteligência artificial, foi desenvolvida para esse projeto. A ferramenta utiliza eletrônica embarcada e um sistema de visão computacional utilizando algoritmos de inteligência artificial que pode ser utilizado para a classificação e detecção de objetos (NORVIG, 2013).

Para isso, é utilizada uma plataforma de desenvolvimento *opensource* Jetson Nano, que dispõe de um *chip* de alto processamento desenvolvido pela NVIDIA, e possibilita a aplicação de algoritmos de Inteligência Artificial, voltada para visão computacional aplicando a metodologia *Deep Learning* através de redes neurais convolucionais. Assim, pode-se aplicar essa ferramenta para a detecção do correto posicionamento da cadeira na rampa, instruído em conjunto com os sensores. Ainda, há a possibilidade de aplicação de identificação facial para a liberação do usuário. A Figura 8, ilustra a referida ferramenta desenvolvida.

O campo de processamento digital de imagens se refere ao processamento de imagens digitais por auxílio computacional. Assim, uma imagem digital é composta de um número finito de elementos, cada um com uma localização e valores específicos. Esses elementos são chamados de pixel, termo utilizado para a representação de uma imagem digital ou binária (GONZALEZ; WOODS, 2009).

Figura 8 – Sistema de reconhecimento de imagem

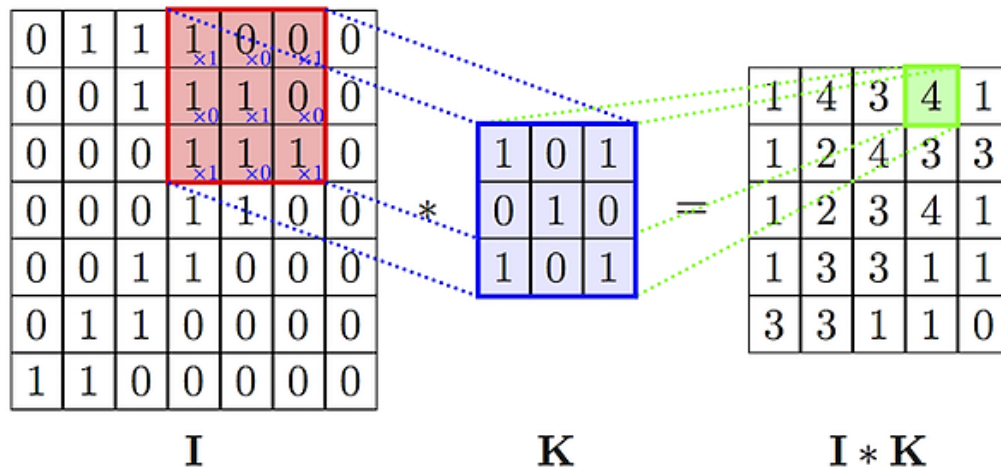


Fonte: elaborado pelo autor.

A classificação de imagem pode ser definida como um modelo binário, no qual o retorno do algoritmo informa se há uma imagem do objeto inserido no treinamento do modelo. Uma das formas de realizar uma classificação de objetos utilizando visão computacional, aplica as Redes Neurais Convolucionais (RNC), que utiliza recursos de filtros de convolução para extrair as características de um objeto a partir de uma

filtragem, resultando em uma menor matriz de pixel, conforme ilustra a Figura 9 (BRANDIZZI, 2020).

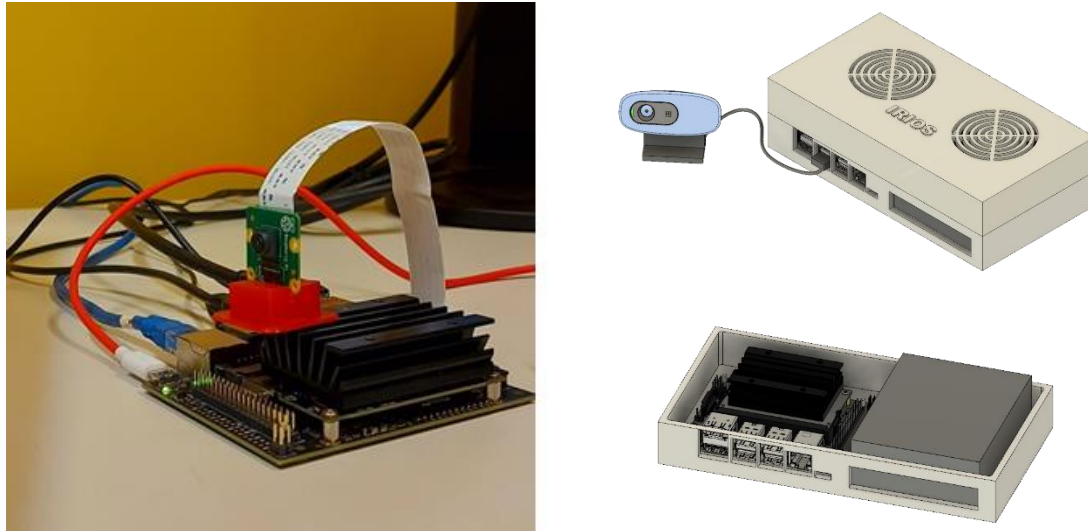
Figura 9 – Filtro de convolução



Fonte: Adaptado de Brandizzi (2020).

Após o treinamento da RNC realizado a partir de um banco de dados, a validação ocorreu com dados nunca treinados anteriormente. O sistema de reconhecimento de imagem apresentou uma taxa de acerto de aproximadamente 74,5%, em ambiente laboratorial controlado. Assim, novos ensaios devem ser realizados para diferentes condições luminosas e de nitidez, garantindo um ambiente com variáveis suficientes para uma melhor precisão durante o treinamento da rede neural aplicada no sistema de visão computacional. O protótipo embarcado está ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Protótipo do sistema de identificação de objetos



Fonte: elaborado pelo autor.

O Quadro 1 apresenta a estimativa de custos majoritário para o protótipo. A coluna “valor real” informa o custo efetivo gasto para cada situação, considerando que alguns recursos e equipamentos foram doados. A coluna “valor orçamento” apresenta um orçamento do tipo balcão, realizado em empresas especializadas com referência 01/2022.

Quadro 1 – Estimativa de custos

Descrição	Valor Real	Valor orçamento
<b>Estrutura mecânica</b>		
Ferro	-	R\$ 200,00
Conjunto de rodas 20” com pneu	-	R\$ 344,00
<b>Elétrica</b>		
Painel solar 450W	-	R\$ 1.300,00
Bateria Estacionária Solar 12v 50ah	-	R\$ 399,00
Controlador universal de triciclos elétricos	R\$839,00	R\$839,00
Sistema farol, seta e freio	R\$ 301,00	R\$ 301,00
<b>Inteligência artificial</b>		
Camera alta resolução	-	R\$ 900,00

NVIDIA Jetson Nano	-	R\$ 2.100,00
Total	R\$ 1.140,00	R\$ 6.382,00

Fonte: elaborado pelo autor.

Do total obtido no quadro de custos, destaca-se a ausência de valores de mão de obra, bem como ferramentarias e peças já existentes na oficina de montagem. Ainda, vale notar o baixo custo relacionado a esse projeto, se comparado aos triciclos elétricos comerciais no mercado. Dessa gama comercial existente, esse projeto pode contribuir com a inovação relacionada a aplicação de painel solar e de sistema de inteligência artificial, promovendo uma elevação da qualidade de vida do usuário e o avanço em pesquisas na área de acessibilidade e inovação.

O quadro 2 apresenta o cronograma previsto para a finalização desse projeto. Nota-se que algumas atividades devem ocorrer paralelamente, de modo a otimizar o tempo do desenvolvimento do protótipo em sua versão final.

Quadro 2 – Cronograma: ano 2022

Atividade	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Adaptação da rampa de acesso ao cadeirante	X	X	X	X	X	X	X					
Sistema de segurança para o posicionamento da cadeira			X	X	X	X	X					
Testes nos recursos de reconhecimento de imagem	X	X	X									
Implementação de sistema de freio eletrônico			X	X	X	X	X					
Unificação do recurso de reconhecimento de imagem ao protótipo								X	X	X	X	
Testes e validação											X	X

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir do cronograma apresentado, estima-se que o protótipo em sua versão final esteja concluído em dezembro de 2022. Nesse sentido, espera-se que o desenvolvimento do protótipo possa auxiliar na melhoria da acessibilidade ao cadeirante, integrando recursos de inteligência artificial contribuindo para uma personalização para cada perfil de usuário.

## **6. CONCLUSÕES PARCIAIS**

Uma proposta de desenvolvimento de um triciclo elétrico adaptado para cadeirantes foi apresentado nesse trabalho. A ideia de promover uma maior independência aos deficientes físicos de membros inferiores para desempenhar tarefas que envolvem a mobilidade urbana pode contribuir com aspectos relacionados a qualidade de vida e mobilidade urbana.

Para isso, a primeira etapa consiste na fabricação de um triciclo elétrico que utiliza energia renovável para a melhoria da autonomia do conjunto. Posteriormente, estratégias de adaptações mecânicas e elétricas são estudadas visando garantir a segurança, mobilidade e a satisfação do usuário.

Em paralelo, estudos envolvendo inteligência artificial para o reconhecimento de objetos obtiveram uma taxa de acerto de aproximadamente 74,5%. Assim, é previsto uma melhoria do software de análise, para uma taxa superior a 90%. Após essas adequações, o sistema deve ser direcionado a identificação correta da cadeira de rodas no triciclo.

Por fim, observa-se a contribuição em tecnologia assistiva, como solução digital e no desenvolvimento de protótipos e/ou produtos. Ainda, a proposta desse trabalho possui alguns diferenciais, tais quais: a utilização de energia solar para a melhoria da autonomia, tecnologia de reconhecimento de objetos, sistema eletrônico de freio e instrumentação, e um relativo baixo custo se comparado a modelos comerciais.

## REFERÊNCIAS

- BRANCO, G. M.; SZWARC, A.; BRANCO, F. C. **Programa ambiental de inspeção e manutenção veicular**: princípios, fundamentos e procedimentos de teste. São Paulo: Blucher, 2012.
- BRANDIZZI, L. E. N. Visão computacional: O que é? Como funciona?, 2020. Disponível em: <https://www.serpro.gov.br/menu/noticias/noticias-2020/o-que-eh-visao-computacional>. Acesso em: 02 de janeiro 2022.
- FACELI, K.; LORENA, A. C.; GAMA, J.; ALMEIDA, T. A.; CARVALHO, A. C. P. L. **Inteligência artificial**: uma abordagem de aprendizado de máquina. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021
- FILHO, E. T. **Os direitos civis da pessoa com deficiência**. São Paulo: Almedina, 2021.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento Digital de Imagens**. [S.l.: s.n.], 2009.
- NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**. 3a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- IBGE, Censo. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 11 fev. 2022.
- LEITE, F. P. A.; RIBEIRO, L. L. G.; FILHO, W. M. C. **Comentários ao estatuto da pessoa com deficiência**. 2a ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2019.
- PHILIPPI, A. J.; BRUNA, G. C. **Gestão urbana e sustentabilidade**. São Paulo: Manole, 2019.
- ROBERTS, M. J. **Fundamentos em sinais e sistemas**. Porto Alegre: AMGH, 2010.
- SUPERFISIO, 2022. Disponível em: < <https://superfisio.com.br/product/scooter-eletrica-triciclo-freedom-mirage-sx-vinho/>>. Acesso em: 11 fev. 2022.

## Capítulo II – Otimização de Máquina Perfiladeira

Mario Alessandro Romagnolli Junior<sup>6</sup>

Prof. MS.c. Renato Kazuo Miyamoto<sup>7</sup>

Prof. Vicente de Lima Gongora<sup>8</sup>

Prof. Esp. Wesley Candido da Silva<sup>9</sup>

### RESUMO

A otimização da produtividade faz-se necessária quando o aumento da demanda, as exigências por qualidade e reduções de erros operacionais surgem. Tem-se por objetivo apresentar as melhorias aplicadas numa máquina perfiladeira através do retrofit, novos equipamentos e da otimização da automação, resolvendo o problema de baixa produtividade. Trata-se de um estudo de caso de caráter qualitativo e quantitativo. Os resultados obtidos apresentaram melhorias tanto no produto final quanto no processo produtivo, sendo a produtividade aumentada em três vezes.

**Palavras-chave:** Automação. Otimização. Perfiladeira.

### PROFILING MACHINE OPTIMIZATION

### ABSTRACT

Productivity optimization becomes necessary when increased demand, quality requirements and operational error reductions arise. The objective is to present the improvements applied to a roll forming machine through retrofit, new equipment and automation optimization, solving the problem of low productivity. This is a qualitative and quantitative case study. The results obtained showed improvements both in the final product and in the production process, with productivity increased by three times.

**Key-words:** Automation. Optimization. Profile forming machine.

---

<sup>6</sup> Pós-graduando em Engenharia de Automação Industrial da Faculdade da Indústria SENAI Londrina.

<sup>7</sup> Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: renato.miyamoto@sistemafiep.org.br

<sup>8</sup> Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: vicente.gongora@sistemafiep.org.br

<sup>9</sup> Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: wesley.candido@sistemafiep.org.br

## 1. INTRODUÇÃO

Em busca do aumento de produtividade, “o investimento em retrofit em máquinas industriais é benéfico para empresas de todos os segmentos de mercado, pois, apesar do valor inicial ele oferece muitas vantagens a curto e longo prazo” (GLOBALTECH, 2022).

Numa fábrica localizada em Londrina-PR, o estudo de caso é baseado na otimização de uma máquina perfiladeira. A mesma foi adquirida pelo proprietário e sua automação era limitada em termos de recursos, restando muitas atividades, atenção e procedimentos por parte dos operadores responsáveis.

O produto é chamado de perfil galvanizado estrutural. “Possui como grande característica a resistência ao tempo, mudanças de temperatura, umidade, maresia e consequentemente à corrosão” (FAVIER, 2022). Sua utilização é extensa, “indicadas para o emprego em estruturas metálicas e fundações do setor da construção civil como edificações residenciais, comerciais e industriais, máquinas e equipamentos, além de construções de obras de mobilidade urbana” (FAVIER, 2022).

Projetos estruturais são feitos em softwares específicos, onde são geradas listas de materiais e, estes, por sua vez, com espessura, comprimento, furação, posição de instalação e identificação distintas. O sistema de controle e automação tem como desafio gerar o maior aumento possível de produtividade atendendo aos requisitos de qualidade, tornando automática a maior quantidade possível de etapas e procedimentos antes manuais.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Sistemas de Produção

Segundo Leão (2021), os tipos de sistema de produção são: Sistema de Produção Contínua, Sistema de produção intermitente e Produção para grandes projetos.

Um Sistema de produção contínua “[...] busca produzir o maior número de produtos no menor tempo possível, sem interrupções ou falhas. Seu uso é indicado

para empresas que possuem um fluxo de produtos padronizado e constante” (LEÃO, 2022).

O Sistema de produção intermitente apresenta diferenças. “No sistema intermitente a fábrica produz por lotes, seguindo a demanda da previsão de vendas ou por encomendas realizadas por seus clientes.” (LEÃO, 2022). No caso de Sistema de produção para grandes projetos, “Normalmente esse modelo de produção possui preços mais altos, já que quase nada é padronizado e o trabalho é feito de forma totalmente personalizada.” (LEÃO, 2022).

## **2.2 Projetos em softwares CAD**

O desenvolvimento de projetos é facilitado através de recursos de software CAD. “Um software CAD nada mais é do que um recurso computacional voltado para a elaboração e controle de desenhos de estruturas durante a fase de projeto.” (TOTALCAD, 2017).

As variadas peças desenhadas no software CAD podem ser automaticamente listadas.

Ao trabalhar com CAD 3D associativo, é assegurada uma lista de materiais (BOM, Bill of Materials) precisa e atualizada. Essa “BOM” fornece informações precisas, pois é atualizada automaticamente a partir das atualizações feitas nas peças e na montagem (IDE, 2021).

## **2.3 Redes e Protocolos de Comunicação**

A integração entre equipamentos de automação depende diretamente da forma com que ocorre a troca de dados entre os eles. Segundo Raphael Calegari (2018), os protocolos são os padrões pelos quais é estabelecida a troca de dados. São códigos criados para que diferentes computadores ou quaisquer outros equipamentos possam “conversar”.

No cenário industrial, diferentes tipos de equipamentos utilizam diferentes tipos de rede e protocolos. “As redes industriais são divididas em três grandes grupos: sensorbus, devicebus e fieldbus” (CESAR, 2018). Sensores, transmissores, controladores e interfaces gráficas são equipamentos distintos que permitem a comunicação através de redes também distintas.

Segundo CÉSAR (2018), as redes Sensorbus abrangem aplicações de sensores digitais e atuadores conectados até os controladores, caracterizada por pequenas distâncias e pouca quantidade de dados. Já as redes Devicebus e Fieldbus são voltadas para malhas de instrumentos, com maiores distâncias, maior densidade de dados e maior velocidade.

As redes Ethernet surgiram com o passar dos anos e como uma evolução das redes Fieldbus. “[...] essa tecnologia desenvolveu-se e tornou-se o padrão mais aceito no mundo para intercomunicação de dados em rede” (CÉSAR, 2018). Ainda segundo César (2018), essa tecnologia deu origem a diversas outras redes e protocolos como o TCP/IP, Modbus TCP, Profinet e outras.

## **2.4 Equipamentos de Automação**

### **2.4.1 Controlador Lógico Programável (CLP)**

O Controlador Lógico Programável é um dos principais produtos utilizados em aplicações industriais que envolvem controle. “A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define o CLP como “um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com as aplicações industriais” (SIEMBRA, 2021).

Em relação ao o que o compõe, segundo Siembra (2021) “O CLP conta com uma estrutura parecida com um computador comum: um processador ou CPU (Central Processing Unit), memória para leitura e gravação (memória RAM), memória de leitura (ROM) e portas de comunicação (COMs).”

A estrutura física do CLP, segundo Siembra (2021), é composta de entradas digitais, para leitura de sinais externos nos estados ligado e desligado (1 e 0) e saídas físicas, para acionamentos de atuadores. Também podem ser analógicas para conexões com instrumentos de medição de temperatura, umidade, pressão e controle de velocidade, entre outras.

Segundo Siembra (2021) sobre o CLP, “Sua função é receber as informações das entradas, executar o programa e indicar para as saídas o que deve ser realizado. Para isso, conta com processador (que executa o programa) e memória”. Seu processamento também permite executar funções como temporização, contagem, cálculos aritméticos, processamento de strings e troca de dados.

#### 2.4.2 Interface Homem Máquina (IHM)

A interface Homem Máquina, também chamada de IHM, segundo a Altus (2020) é um dispositivo que atua como mediador da interação entre um operador e um sistema de automação. Sua função é facilitar a operação do sistema, uma vez que se comunica com o CLP, indicando status, valores de variáveis e também permitindo sua modificação.

Dentre os seus recursos, “elas são equipadas com receitas, registros de eventos, sistema de vídeo, alarmes, entre outras informações que demandam acesso imediato pelo operador.” (ALTUS, 2020). A personalização de telas, implementação de gráficos, visualização de alarmes, tabelas e processamento de números, valores e palavras (*strings*) torna-se possível.

#### 2.4.3 Inversor de Frequência

O Inversor de Frequência “é um equipamento eletrônico capaz de controlar a velocidade e o torque de um motor elétrico, usando para isso um ajuste na frequência e tensão da alimentação de energia” (BEDENDI, 2016). Dentre seus métodos de controle, “há três abordagens que podem ser feitas no controle do motor de indução trifásico: o método escalar, método vetorial e o controle direto de torque” (DEQUIGIOVANI, PADILHA, 2015).

No Controle Escalar, “O motor de indução é alimentado por uma forma de onda de amplitude e frequência variáveis, onde a relação  $V/f$  é mantida constante para manter o torque constante na faixa de operação” (DEQUIGIOVANI, PADILHA, 2015). Para este método de controle, a tensão e a frequência são diretamente proporcionais e não há o controle de torque, apenas de velocidade através da tensão.

Já o Controle Vetorial, ainda segundo Dequigiovani e Padilha (2015), utiliza métodos por quadratura ou por escorregamento para controlar a velocidade ou torque do motor, podendo ainda utilizar sensores e equipamentos externos como realimentação. É utilizado quando a aplicação exige um bom comportamento dinâmico, haja visto a característica não-linear do motor de indução trifásico.

#### 2.4.4 Impressora Inkjet

Também chamada de impressora jato de tinta, a *Inkjet* “é uma máquina que coloca marcações em produtos e embalagens projetando gotas de um jato de tinta na superfície do alvo, formando letras, números e outros códigos” (VIDEOJET, 2020). Este tipo de impressão possui vasta aplicação em indústrias e fábricas de produtos acabados.

Por tratar-se de um produto para aplicações industriais, dentre seus recursos temos também a comunicação por rede. “Em alguns casos, o software também permite que o fabricante do sistema de jato de tinta acesse os controles da unidade para fazer ajustes e correções remotamente, reduzindo o risco de tempo de inatividade da produção” (VIDEOJET, 2020).

### 3. METODOLOGIA CIENTÍFICA

A otimização e as melhorias propostas para a máquina perfiladeira foram diversas, envolvendo modificações mecânicas, elétricas e de automação.

#### 3.1 Produção Antes da Otimização

A fábrica de perfis atua na venda de projetos especiais, fornecendo não somente o produto, mas também no projeto estrutural e de montagem. Tem-se por consequência a necessidade de produção de peças específicas conforme cada projeto, tendo assim uma variedade de peças diferente em cada produção. A Figura 1 demonstra o perfil de aço galvanizado instalado, com tamanhos variados.

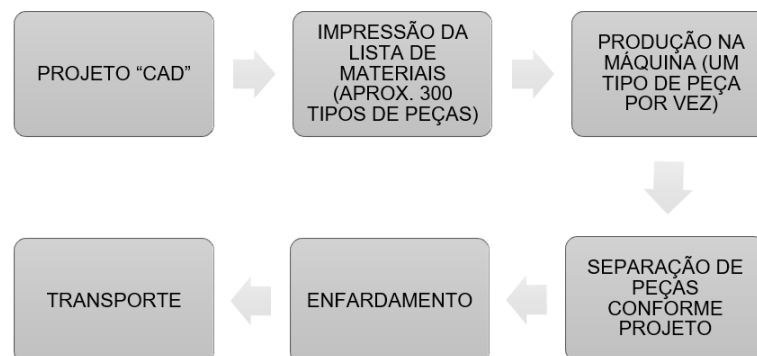
Figura 1: Estrutura de aço galvanizado



Fonte: Decorando Casas, 2021

As etapas de produção a partir do início de um projeto são apresentadas conforme o Diagrama 1. O projeto CAD é elaborado considerando todas as peças, suas quantidades e tamanhos e a partir deste é gerada uma lista de impressão de materiais, sendo essa a base para início da produção.

Diagrama 1: Etapas do processo de produção.



Fonte: Autor (2022).

O projeto identificava as peças conforme sua posição. Tomando como exemplo, uma residência de formato retangular era identificada por paredes, colunas, vigas de sustentação entre outras. Essas peças eram etiquetadas após a produção com uma nomenclatura, composta de dois caracteres, para que a equipe de montagem pudesse se orientar conforme o projeto.

A máquina original possuía uma IHM do tipo texto, onde as peças poderiam ser produzidas uma a uma – era possível inserir quantidade e comprimento para produção. A Figura 2 mostra a parte frontal do painel de controle original da máquina.

Figura 2: Vista frontal do painel elétrico original.



Fonte: Autor (2021).

A medida em que as peças iam sendo produzidas, os operadores alocavam as mesmas no pátio. Por boas práticas, os operadores produziam as peças comuns de uma única vez para que as alterações na IHM não fossem tão repetitivas. Tomando como exemplo um projeto de dez casas iguais, dez peças de uma mesma posição eram produzidas em sequência.

A identificação era feita através de etiquetas coladas às peças pelos operadores, uma a uma, à medida em que saíam da máquina. Na conclusão da produção das peças, os conjuntos precisavam ser separados por fardos, pois assim eram entregues à equipe de montagem. Pegava-se então uma quantidade de cada peça em cada conjunto, enfardava-as e disponibilizava para transporte.

### 3.2 Automação original da máquina

A automação da máquina perfiladeira era composta pelos produtos conforme demonstra o Quadro 1, sendo alguns destes instalados no painel elétrico e outros na estrutura da máquina.

Quadro 1 – Componentes elétricos e de automação da perfiladeira.

Equipamento	Função	Especificações e comentários
Controlador Lógico Programável (CLP)	Controle de todo o processo automático da máquina	Comunicação em rede serial com inversor de frequência e com a IHM
Interface Homem-Máquina (IHM)	Entrada de quantidade e tamanho de peças; diagnósticos de encoder e sensores.	Tipo texto de 4 linhas
Inversor de Frequência	Movimentação da esteira de tração do material	Parametrizado com Controle escalar; motor trifásico de 4kW em 380Vac
Encoder	Medição do deslocamento de material	Tipo incremental de 360 pulsos por revolução
Botoeiras	Acionamentos de emergência, corte manual, furo manual, movimentação da esteira manual e bomba hidráulica	-
Controle remoto	Acionamentos de emergência e movimentação da esteira	Utilizado na etapa de troca de bobina de material
Bomba hidráulica	Alimentação hidráulica para as facas de furo e corte	Motor trifásico de 3,7kW em 380Vac
Faca de furo	Efetua furos no perfil conforme medidas setadas	Atuador hidráulico de dupla ação
Faca de corte	Efetua o corte do perfil conforme atinge o tamanho setado	Atuador hidráulico de dupla ação

Fonte: Autor (2022).

A matéria prima, uma bobina de liga metálica composta de alumínio e zinco, cuja largura varia conforme o produto a ser produzido, era posicionada sobre um

suporte com rotação livre. O metal passa por um sistema de roletes posicionados sobre uma base metálica reforçada. Os roletes são rotacionados pelo motor trifásico de 4kW que traciona o material, passando por aproximados dez roletes, cada qual com uma função de dobra e deformação específicas.

Após o material passar por estes roletes, passa também por uma base com atuador hidráulico responsável pelo furo e, posteriormente, por outra base com atuador hidráulico responsável pelo corte no material. A existência ou não de furos dependia da necessidade do projeto e, uma vez que os furos eram necessários, a cada comprimento de material produzido, uma pausa na esteira era feita para a furação.

Peças que não exigiam furo eram desbobinadas de maneira contínua até atingirem o comprimento de corte. O controle de posição era feito de maneira indireta, onde controlava-se a velocidade da esteira. Através da lógica do CLP, três velocidades eram parametrizadas, sendo aplicadas à esteira a medida em que a peça se aproximava do tamanho ideal.

As dimensões das peças variam entre 150mm e 6.000mm. Supondo que uma peça estivesse em produção e seu tamanho ideal fosse de 1.000mm, a esteira permanecia na velocidade mais alta até atingir 80% de seu tamanho, ou seja, 800mm. Então a esteira assumia a velocidade intermediária até atingir 95% de seu tamanho e, por fim, após este comprimento, a esteira assumia a menor velocidade parametrizada.

A redução de velocidade, por maior que fosse em sua magnitude, não garantia a precisão final de peça, pois o inversor de frequência utilizado encontrava-se operando em modo de controle escalar, além de seu tempo de desaceleração ser maior do que zero. Um parâmetro disponível na IHM chama-se *offset*, onde um valor fixo em milímetros era inserido para compensar a distância, buscando maior precisão.

Reduzir o tempo de desaceleração para zero, além de praticamente impossível na prática, ainda não seria suficiente para garantir o corte na posição ideal devido a possível incidência de alarmes de sobrecarga, reflexo da energia regenerativa gerada pelo motor. Além da regeneração, o modo de controle escalar não geraria torque suficiente no motor em velocidades muito baixas, fazendo-o parar.

### **3.3 Otimização da máquina**

A ideia de otimização da máquina contemplou necessidades de melhorias das funções existentes e também de aplicar novos recursos e equipamentos. Investimentos na máquina atual para otimizar seus recursos tornou-se mais atrativo do que investir em outras máquinas ou processos adicionais externos.

### 3.3.1 Painel de controle

O ponto de partida para as melhorias foi a substituição dos principais componentes de automação e controle, principalmente o CLP, a IHM e o inversor de frequência que influenciam diretamente a performance da máquina. A Figura 2 mostra a placa de montagem do painel de controle.

Figura 2: Painel de controle novo.



Fonte: Autor (2021).

O inversor de frequência localizado na parte direita da imagem possui instalado em seu barramento DC um resistor de frenagem, além de possuir tecnologia de

controle vetorial *sensorless*. O resistor possui a função de dissipação da energia regenerativa gerada pelo motor trifásico no ato da desaceleração.

A nova automação permitiu, com o controle vetorial, um alto torque de rotação para o motor mesmo em velocidades baixas – cerca de 3 Hz. Apesar da máquina possuir encoder, o mesmo não foi utilizado no inversor de frequência em malha fechada, pois traria a necessidade de um novo encoder a ser instalado na máquina, aumentando assim o custo do investimento.

Com o resistor de frangem embutido, tornou-se possível aplicar um tempo de desaceleração zero, tornando desnecessário o parâmetro *offset* e as variações causadas no ato de frenagem da esteira. O inversor também passou a se comunicar com o novo CLP através da porta *Ethernet* pelo protocolo CC-Link IE Field Basic, protocolo este aberto disponível nos produtos Mitsubishi Electric.

O encoder incremental anterior de 300 pulsos por revolução foi substituído por um novo de 1.024 pulsos por revolução. Também passou a ser acoplado ao rolete superior da máquina, este por sua vez não tracionado de maneira direta pela esteira, mas sim pela chapa.

A interface homem máquina também foi substituída. O modelo anterior de texto de 4 linhas foi substituído por uma interface gráfica, *touch-screen* com display de 7". Graças a este recuso, os diagnósticos e ajustes da máquina tornaram-se mais rápidos e intuitivos. A Figura 4 mostra a porta do painel elétrico com a nova interface.

Figura 4: Nova Interface Homem-Máquina.



Fonte: Autor (2021).

Dentre as melhorias desejadas, a maior necessidade e expectativa estava na identificação da peça de maneira automática e a produção de peças variadas de maneira sequencial, sem a necessidade de ir até a IHM a cada nova alteração.

### 3.3.2 Operação e Calibração

A fim de melhorar a interação do operador com a máquina, a tela inicial da IHM apresentada na Figura 5 ilustra, na parte superior, dados de diagnóstico, informando o status de operação da máquina, qual o item e sua posição estão em produção, qual seu comprimento atual e a quantidade já produzida.

O comprimento desejado e a quantidade desejada localizam-se logo abaixo dos dados de diagnóstico. Os botões na parte esquerda da tela permitem a inicialização da máquina, mudança de automático único para automático por receitas, permitir ou não os furos e resetar os valores de produção. Quando operador por receitas, repetições da mesma também são permitidas.

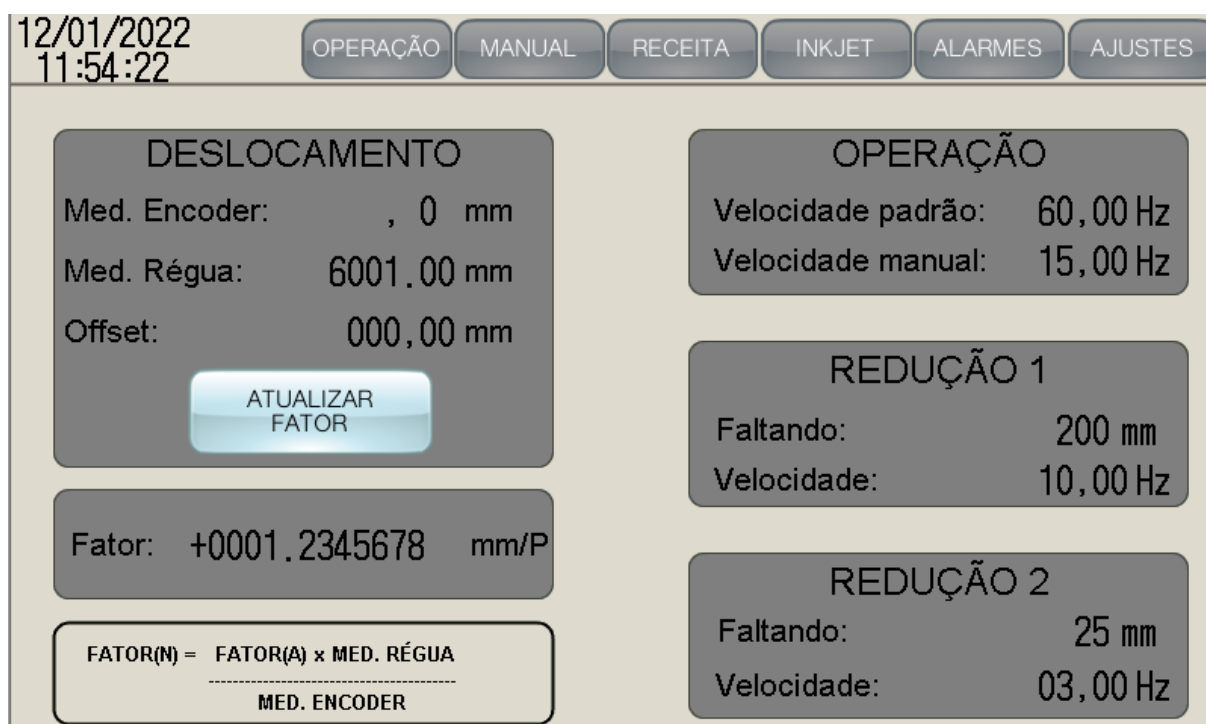
Figura 5: Tela de Operação da IHM.



Fonte: Autor (2022).

A calibração fator multiplicados do encoder da máquina é um ajuste necessário a cada troca de bobina de material. Para que a operação fosse otimizada, interpretou-se a equação que rege o determinado fator e a mesma foi inserida na tela de ajustes da IHM, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6: Tela de ajustes da IHM.



Fonte: Autor (2022).

As reduções de velocidade conforme o tamanho da peça se aproxima do tamanho solicitado são demonstrados na parte direita da Figura 6. São inseridos nos campos os comprimentos restantes e as velocidades respectivas a cada etapa. Também pode ser inserida a velocidade da máquina no modo manual, utilizada quando a mesma não está no modo automático, muito útil na etapa de inserção do metal na esteira na troca de bobina.

### 3.3.3 Receitas

A IHM instalada possui, dentre seus recursos, algumas tabelas de dados cujos valores podem ser alterados, separados em grupos e identificados por nome. Trata-

se do recurso de receitas, onde os tipos de dados são sempre os mesmos e seus valores são alterados conforme a necessidade de produção.

Os projetos são compostos por informações como a identificação do cliente, obra e projeto, além das peças. A cada peça a ser produzida, algumas variáveis devem ser modificadas. Além da quantidade e comprimento, outras informações também passaram a fazer parte de cada peça, sendo elas a posição e o furo.

Os softwares de desenvolvimento da lógica do CLP e da IHM permitem a simulação online no computador. Através dela é que a Figura 7, tela chamada de Receita, a simulação real da tela da interface criada, nos traz os dados da receita implementada.

Figura 7: Tela inicial de receitas da IHM.

The screenshot shows the initial receipt screen of the IHM. At the top left, the date and time are displayed as 12/01/2022 and 11:10:02. A row of buttons includes OPERAÇÃO, MANUAL, RECEITA (highlighted), INKJET, ALARMES, and AJUSTES. Below this, there are fields for OBRA (SENAI), PROJETO (ARTIGO), CLIENTE (FULANO), SALTAR (0), and COMP. MÍN.: (0000 mm). There are also buttons for ESCREVER and LER, and a right arrow button. The main part of the screen is a table with 10 columns: ITEM, POSIÇÃO, COMP., QTD, and FURO (repeated twice). The first row (Item 1) has a green indicator for FURO, while all other rows have red indicators.

ITEM	POSIÇÃO	COMP.	QTD	FURO	ITEM	POSIÇÃO	COMP.	QTD	FURO
1	P1	1000	20	█	11		0	0	█
2	P2	2000	10	█	12		0	0	█
3		0	0	█	13		0	0	█
4		0	0	█	14		0	0	█
5		0	0	█	15		0	0	█
6		0	0	█	16		0	0	█
7		0	0	█	17		0	0	█
8		0	0	█	18		0	0	█
9		0	0	█	19		0	0	█
10		0	0	█	20		0	0	█

Fonte: Autor (2022).

A nova estrutura de automação traz a possibilidade de operação por receita ou por quantidades individuais. No modo receita, os itens são produzidos um a um, a partir do Item 1 até chegar no item em que a quantidade seja igual a zero. Além da operação ininterrupta da máquina, a estrutura de receitas traz maior confiabilidade por evitar a digitação incorreta de algum dos dados por parte do operador, por exemplo.

Estes dados de receitas podem ser armazenados na memória interna da IHM ou dispositivos externos, no caso em cartões de memória do tipo SD. Quando armazenado em cartões, os dados são interpretados pela IHM a partir de um arquivo de extensão “.txt” ou “.csv”. Uma vez que o projeto é feito em software CAD, verificou-se que era possível de exportar a lista de materiais.

A partir deste ponto, a automação tornou-se ainda mais otimizada, haja visto que a lista de materiais é exportada automaticamente para um arquivo de extensão compatível com a IHM. Conforme a Figura 4 ilustra, uma porta USB foi instalada no painel elétrico onde é encaixado o *pendrive* com o arquivo de receita.

### 3.3.4 Impressora *Inkjet*

A identificação das peças é uma das maiores necessidades do usuário da máquina e um desafio para a aplicação. O procedimento anterior considerava a colagem de etiquetas impressas nas peças conforme as mesmas saíam da máquina, após o corte. A colagem por parte do operador também era sujeita a erros por se tratar de um procedimento manual.

Dentre as impressoras pesquisadas, encontrou-se um modelo com portas de comunicação serial (RS-485) e Ethernet. O CLP e a IHM utilizados na otimização apresentam também portas Ethernet de comunicação. Porém, o protocolo utilizado pela impressora é o *Zipher Protocol*, desenvolvido com intuito de comunicação com PCs.

Através da análise do protocolo da impressora, notou-se que as estruturas de mensagem no referido manual de comunicação permitiam a modificação dinâmica dos conteúdos de cada campo a ser impresso.

O conteúdo a ser impresso varia em função do tamanho da peça, considerando o comprimento total da mensagem. Quatro campos foram definidos para impressão, conforme apresenta a Figura 7, sendo eles: “Obra”, “Projeto”, “Cliente” e “Posição”. O tamanho mínimo para impressão das quatro mensagens é configurado no campo “Comp. Mín” conforme pode-se notar na Figura 7.

Para peças abaixo do comprimento mínimo, imprime-se apenas a informação da “Posição”. Os quatro campos mencionados devem ter quantidade de caracteres

pré-definida para que o código seja corretamente enviado à impressora através dos comandos via rede Ethernet.

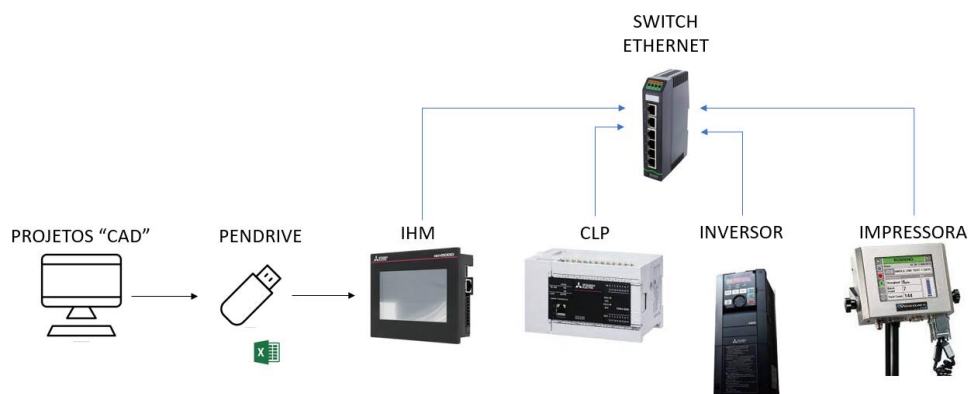
Figura 8: Tela de impressão da IHM.



Fonte: Autor (2022).

Conforme ilustra a Figura 8, os quatro campos de impressão são apresentados na parte superior para diagnóstico do operador. Os três primeiros apresentam a informação a ser impressa, enquanto o último – campo “Peça” – indica qual a posição da referida peça será enviada para a impressora, variando de 1 a 300. O comando de início de produção de uma nova peça dispara o pacote de dados para a impressora, enviando assim o conteúdo de cada uma das quatro mensagens.

Figura 9: Comunicações entre os equipamentos da automação.



Fonte: Autor (2022).

Em síntese, a Figura 9 representa os principais equipamentos envolvidos na otimização e suas conexões. Apesar do meio físico Ethernet estar presente nos principais equipamentos, protocolos distintos foram usados para a correta comunicação e troca de dados, aproveitando-se da melhor maneira os recursos da tecnologia aplicada.

#### **4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

A pesquisa possui como finalidade a demonstração do aumento de produtividade da máquina perfiladeira através dos produtos aplicados, estes por sua vez previamente estudados pela empresa fornecedora a fim de atingir as melhorias desejadas pelo usuário. A comercialização dos produtos e também de serviços de integração ocorreram por meio de empresas, o último desenvolvido em totalidade pelo autor, colaborador da empresa fornecedora.

Trata-se de uma indústria de fabricação de perfis, localizada em Londrina-PR. As coletas de dados foram feitas através de observação, visitas à indústria e entrevistas feitas com o proprietário. O período foi de aproximadamente 60 dias, considerando o mês de dezembro de 2021 e janeiro de 2022. A pesquisa possui caráter qualitativo, relacionando as características e identificação e automação de processos manuais, bem como quantitativo em relação aos dados de produtividade.

Através da otimização da máquina, principalmente em relação três fatores, que são a implementação da estrutura de receitas que importa a lista de materiais, a aplicação da impressora indústria que efetua a identificação automática das peças e a produção em sequência que permite o enfardamento sem a separação, apurou-se um aumento de produtividade de 300% segundo o proprietário.

Este ganho por sua vez está diretamente relacionado ao tempo de produção de cada projeto, do início ao fim da produção do mesmo. A análise em outras unidades de medida, como em número de peças produzidas ou em metros de material, por exemplo, não se faz possível devido a diversidade dos projetos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo inicial por parte do proprietário de aumentar a produtividade da máquina pôde ser alcançado. O setup da máquina sendo feito mediante a cada peça a ser produzida, a inserção de etiquetas de identificação, a separação das mesmas no pátio para posteriormente enfardá-las eram procedimentos manuais muito suscetíveis a erros.

Com a automação, o grande aumento de produtividade - que foi triplicada – traz também à indústria maior competitividade no mercado, passando a ter capacidade produtiva para atender uma maior quantidade de projetos num menor espaço de tempo. Ainda assim, a identificação por gravação nas peças também traz benefícios para a equipe de campo no momento da instalação.

Dentre os equipamentos de automação, o inversor de frequência anterior foi substituído por um novo com melhor estratégia de controle e recursos. Uma melhoria a ser aplicada também seria a substituição do motor de indução e o inversor por um servo acionamento, garantindo ainda maior velocidade de produção e precisão nas peças, apesar do maior valor de investimento.

Outra possibilidade de melhoria para o processo como um todo é a continuidade da linha de produção automatizada, como um sistema de esteiras em série, sistema de empilhamento ou unificação de cargas e também um sistema de enfardamento automatizado. Tais processos diminuiriam ainda mais os procedimentos manuais, chances de falha e trariam aumento de produção.

## REFERÊNCIAS

ALTUS. “O que é e porquê você deve utilizar uma IHM em sua aplicação”. Disponível em: <<https://www.altus.com.br/post/360/o-que-e-e-porque-voce-deve-utilizar-uma-ihm-na-sua-aplicacao>>. Acesso em 12 de Jan. de 2022.

CALEGARI, Raphael. O que são protocolos de rede na automação industrial. Disponível em: <<http://blog.murrelektronik.com.br/o-que-sao-protocolos-de-rede-na-automacao-industrial>>. Acesso em 7 de Jan. de 2022.

CESAR, Aldo. Redes industriais: o que são e para que servem na indústria 4.0. Disponível em: <<https://transformacaodigital.com/mercado/redes-industriais-o-que-sao-e-para-que-servem-na-industria-4-0>>. Acesso em 8 de Jan. de 2022.

DECORANDO CASAS. “Estrutura galvanizada para telhado residencial”. Acesso em: <<https://decorandocasas.com.br/2019/02/22/estrutura-galvanizada-para-telhado-residencial/>>. Acesso em 8 de Jan. de 2022.

FAVIVER. Perfil de aço galvanizado. Disponível em: <<http://www.favifer.com.br/perfil-de-aco-galvanizado>>. Acesso em 19 de Fev. de 2022.

GLOBALTECH. Retrofit em máquinas industriais. Disponível em: <<https://www.automacaoglobaltech.com.br/retrofit-maquinas-industriais>>. Acesso em 19 de Fev. de 2022.

IDE, Isabella. 5 Benefícios de elaborar um protótipo em CAD. Disponível em: <<https://polijunior.com.br/blog/5-beneficios-de-elaborar-um-prototipo-em-cad>>. Acesso em 7 de Jan. de 2022.

LEÃO, Thiago. Processos Produtivos. Disponível em: <<https://www.nomus.com.br/blog-industrial/sistema-de-producao/>>. Acesso em 11 de Jan. de 2022.

MITSUBISHI ELECTRIC AUTOMAÇÃO. “5 Benefícios do inversor de frequência na indústria” Disponível em: <[http://br.mitsubishielectric.com/fa/pt/news/20181023\\_5Beneficios-Inversor.html](http://br.mitsubishielectric.com/fa/pt/news/20181023_5Beneficios-Inversor.html)>. Acesso em 11 de Jan. de 2022.

PADILHA, Marina; DEQUIGUIOVANI, Tiago. Estudo sobre controle de motores de indução trifásicos. Instituto Federal Catarinense. Santa Catarina, 2015. Disponível em: <<https://eventos.ifc.edu.br/micti/wp-content/uploads/sites/5/2015/10/ESTUDO-SOBRE-CONTROLE-DE-MOTORES-DE-INDU%C3%87%C3%83O-TRIF%C3%81SICOS.pdf>> Acessado em 12 de Jan. de 2022.

ROIG, Marcos. 7 Benefícios da Automação de Processos. Disponível em: <<https://administradores.com.br/noticias/7-beneficios-da-automacao-de-processos>>. Acesso em 6 de Jan. de 2022.

SIEMBRA AUTOMAÇÃO. “Controlador Lógico Programável. Você sabe o que é?” Disponível em: <<https://www.siembra.com.br/noticias/clp-controlador-logico-programavel-voce-sabe-o-que-e/>>. Acesso em 13 de Jan. de 2022.

TOTALCAD. O que envolve um software CAD. Disponível em: <<https://blog.totalcad.com.br/o-que-envolve-um-software-cad/>>. Acesso em 8 de Jan. de 2022.

VIDEOJET. “Sistema de impressão a jato de tinta contínuo”. Disponível em: <<https://www.videojet.pt/pt/homepage/resources/glossary/product-coding/inkjet-printing-systems.html>>. Acesso em 8 de Jan. de 2022.

## Capítulo III – Investigação inicial sobre sensores de força para uso em antebraço

Mário Ayres Diniz de Oliveira<sup>10</sup>

Prof. Fábio R. Milanez<sup>11</sup>

Prof. Renato Kazuo Miyamoto<sup>12</sup>

Prof. Wesley Candido da Silva<sup>13</sup>

Prof. Vicente de Lima Gongora<sup>14</sup>

### RESUMO

O desenvolvimento de dispositivos biônicos é parte da área da neurociência. Envolve a utilização de atuadores eletromecânicos, sensores além de uma grande variedade de outros componentes eletrônicos com as mais diversas funções. A maioria desses dispositivos também utilizam sistemas inteligentes programados em diversas linguagens para seu controle. Esses dispositivos também chamados de biônicos, por operarem em conjunto com o corpo humano, exigem alta confiabilidade e disponibilidade, o que por si só já encarece a aplicação. A escolha dos sensores e sua correta utilização no universo da eletrônica de controle, conseqüentemente demandam um planejamento mais apurado, o que também aumentam os custos de desenvolvimento. O presente trabalho, faz uma investigação inicial sobre sensores para utilização específica no campo da biônica, visando seu uso na detecção da pressão gerada pelos músculos do antebraço, utilizando sensores e componentes de baixo custo. Foram pesquisados um tipo e sensor piezoelétrico, além de dois sensores fabricados pelo próprio autor utilizando tecnologia de impressão 3D e resinas foto polimerizáveis. Esses sensores foram testados com três tipos de circuitos eletrônicos diferentes, sempre utilizando pontes de wheatstone, amplificadores operacionais e de instrumentação. Foi possível verificar que o sensor piezoelétrico apesar de demonstrar linearidade na resposta a força aplicada, possui um gatilho inicial alto o que impede seu uso no antebraço que gera forças menores a serem detetadas. Já os sensores desenvolvidos com fio de cobre e com a utilização de flexômetro comercial, geraram instabilidade de sinal. Essa instabilidade fez com que o Arduíno AT168 e Mega2560 realizasse leituras instáveis, dificultando um possível tratamento das mesmas. O estudo determinou com essa experiência inicial, que para utilizar sinais

<sup>10</sup> Pós-graduando no programa de Engenharia de Automação industrial da Faculdade da Indústria SENAI Londrina. E-mail: mario.diniz@gmail.com

<sup>11</sup> Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. E-mail: fabio.milanez@sistemafiep.org.br

<sup>12</sup> Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: renato.kazuo@sistemafiep.org.br

<sup>13</sup> Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. E-mail: Wesley.candido@sistemafiep.org.br

<sup>14</sup> Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: vicente.gongora@sistemafiep.org.br

tão pequenos, se torna necessário a implementação de filtros de frequência passa faixas que consigam excluir as frequências que estão gerando todo o distúrbio. Também demonstrou a prototipagem rápida sendo utilizada na produção de encapsulamentos.

**Palavras-chave:** Sensor de força, Amplificadores operacionais, Prototipagem rápida.

## ABSTRACT

The development of bionic devices is part of the field of neuroscience. It involves the use of electromechanical actuators, sensors, and a wide variety of other electronic components with the most diverse functions. Most of these devices also use intelligent systems programmed in several languages for their control. These devices are also called bionic devices, and because they operate together with the human body, require high reliability and availability, which in itself makes the application more expensive. The choice of sensors and their correct use in the universe of control electronics, consequently, also demand a more accurate planning, which also increases development costs. The present work makes an initial investigation on sensors for specific use in the field of bionics, aiming at their use in the detection of the pressure generated by the forearm muscles, using sensors and low-cost components. A piezoelectric sensor as well as two sensors manufactured by the author using 3D printing technology and photopolymerizable resins, were researched. These sensors were tested with three different types of electronic circuits, always using wheatstone bridges, operational and or instrumentation amplifiers. It was possible to verify that the piezoelectric sensor, despite demonstrating linearity in the response to applied force, has a high initial trigger, which prevents its use on the forearm, which generates smaller forces by the muscles to be detected. The sensors developed with copper wire and using a commercial extensometer generated a lot of signal instability. This instability caused the Arduino AT168 and Mega2560 to also perform very unstable on its readings, preventing a possible treatment use them. Based on this initial experience, the study determined that, to use such small signals, it is necessary to implement bandpass frequency filters that are able to exclude the frequencies that are generating all the disturbance. It also demonstrated rapid prototyping being used in the production of encapsulations in product development.

**Key-words:** Force Sensors, Operational Amplifiers, Rapid Prototyping.

## 1. INTRODUÇÃO

O fato que gerou motivação ao estudo foi a necessidade de detecção de movimentos na região do antebraço através de um sistema eletrônico. O desafio inicial seria a ampliação do sinal de saída de um sensor piezoelétrico específico, mas conforme os testes demonstraram, não foi possível captar sinais elétricos a partir de cargas menores do que 100g, o que é um limite muito alto para a aplicação solicitada.

Portanto foi decidido por desenvolver um sensor que não exigisse limites mínimos de carga e gerasse sinais a partir de zero pressão, ou seja, sem limite mínimo de acionamento. O trabalho focou no desenvolvimento de um sensor de baixo custo e na verificação e testes com o objetivo final da sua aplicação no universo da biônica.

Depois de testado o sensor piezoelétrico, foi desenvolvido um encapsulamento impresso em impressora 3D para embarcar fio de cobre, depois de alguns testes, se buscou outro dispositivo para ser testado, o flexômetro BF350 que é produzido em escala comercial. O trabalho demonstra os procedimentos realizados, os testes e os resultados dessa investigação inicial utilizando alguns circuitos eletrônicos para o tratamento do sinal.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Sensor piezoelétrico

Para efetuar a detecção do movimento muscular, busca-se um tipo de sensor de força. “Sensores de força piezoelétricos consistem em camadas de cristais piezoelétricos que produzem carga elétrica quando sujeitos a forças de compressão. Em geral, duas camadas de cristais são utilizadas, com um eletrodo inserido entre elas. O eletrodo absorve as cargas resultantes. O material do próprio sensor também serve como um eletrodo.” (HBM, 2021)

Figura 1: Sensor de força FP9-40.

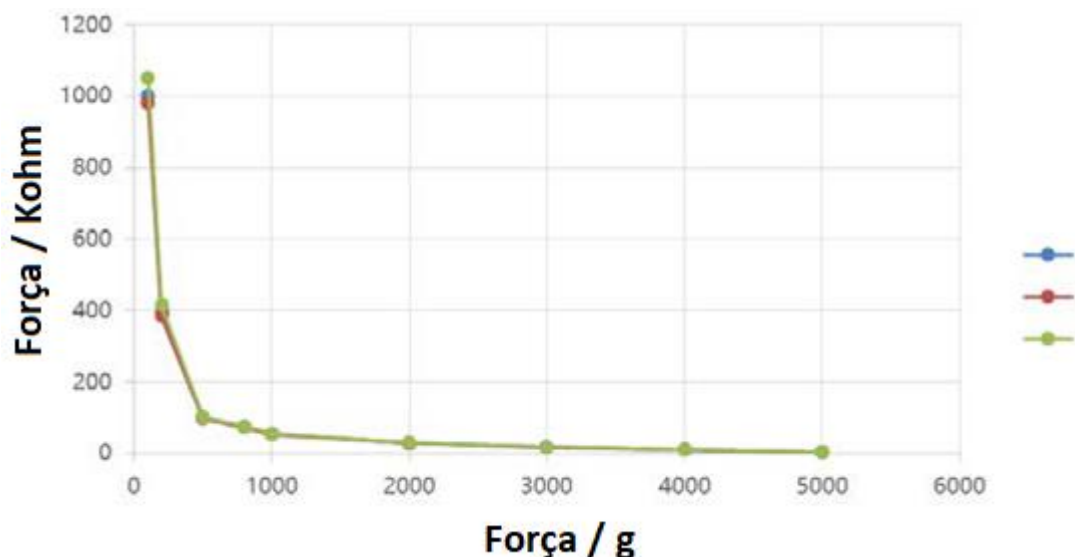


Fonte: (Deal Extreme, 2021)

Uma vez selecionado o sensor e visualizando suas dimensões e formatos, visualiza-se que o acoplamento dele ao antebraço não deve apresentar dificuldades a nível de experimentação. Faz-se necessário, portanto, a aplicação num dado circuito eletrônico capaz de detectar suas variações de sinal.

O sensor a ser utilizado é nomeado como “FSR Sensor” (*Force Sensing Resistor*), cuja eletrônica apresenta uma resistência elétrica variando conforme a força aplicada.

Figura 2 – Curva característica do sensor FP9-40.



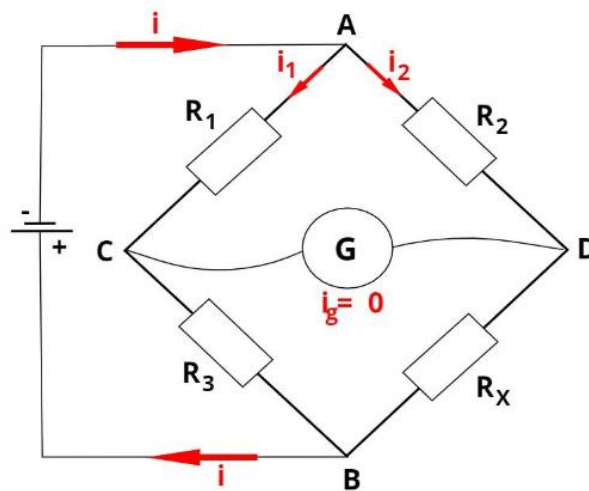
Fonte: (LEANSTAR, 2021)

## 2.2 Ponte de Wheatstone

A Ponte de Wheatstone é um circuito eletrônico capaz de detectar as variações de resistência elétrica e convertê-la em tensão. “Ponte de Wheatstone é um circuito elétrico muito útil para a realização de medidas precisas de resistência elétrica. Esse

circuito é formado por quatro resistores e um galvanômetro, sendo dois desses resistores conhecidos ou predeterminados, um deles de resistência variável e, por último, um de resistência desconhecida” (Rafael Helerbrock, 2021).

Figura 3 - Ponte de Wheatstone com um resistor variável ( $R_x$ ).



Fonte: (Helerbrock, 2021)

A resistência variável deve ser o sensor de força FSR. Uma vez que a força aplicada ao mesmo for superior ao limite inferior de 100g, sua resistência elétrica apresentará uma variação e conseqüentemente um sinal de tensão de saída será gerado.

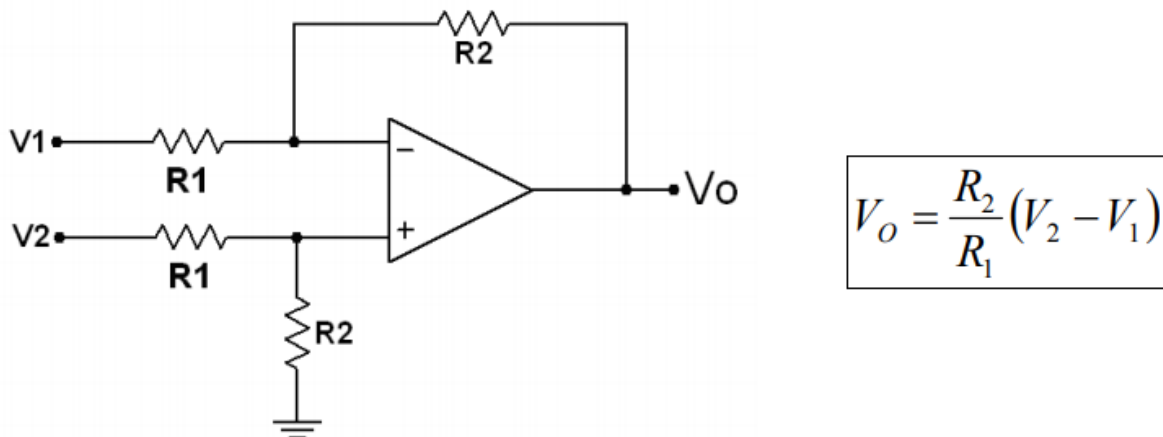
A Figura 3 apresenta a associação dos componentes para a criação da ponte. A resistência  $R_x$  apresenta-se como a única variável entre as quatro do circuito. A medição de tensão entre os terminais B e C apresentam a saída de tensão desconsiderando a variação de  $R_x$ , já a medição entre os terminais C e D apresentam a saída de tensão considerando a variação de  $R_x$ .

#### 2.4 Amplificadores Operacionais

A diferença entre as medições deverá apresentar o sinal elétrico de saída. Sendo desconhecido o sinal de sua saída e a magnitude de suas variações, opta-se pela comparação dos sinais através de amplificadores operacionais, ou comumente conhecidos “amp-ops”.

A associação do amplificador como diferenciador apresenta uma alternativa para a medição do sinal. “Este circuito permite que se obtenha na saída uma tensão igual à diferença entre os sinais aplicados, multiplicados por um ganho” (Marcelo Wendling, 2010).

Figura 4 - Amplificador operacional na configuração de Amplificador Diferencial.



Fonte: (Wendling, 2010)

Tal circuito fará com que o sinal original da saída amplificada, proveniente da resistência variável da Ponte de Wheatstone, ou seja, o sensor FSR, seja subtraído do sinal das resistências não variáveis. De tal maneira, obtemos apenas o sinal de tensão com magnitude proporcional à força mecânica aplicada. Com isso, a amplificação deste sinal pode ser considerada para melhorar a visualização.

São muitos os modelos de amplificadores operacionais, sendo que o mais conhecido o circuito integrado LM741. Além deste modelo, também podemos citar os circuitos integrados LM393 e LM324 como possíveis de serem aplicados na etapa de amplificação.

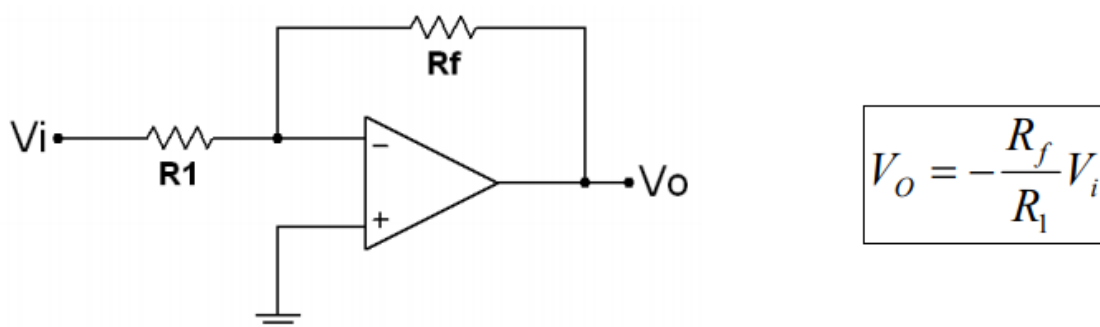
O amplificador operacional possui uma estrutura relativamente simples: um componente eletrônico compacto que internamente é composto por resistores, capacitores e transistores. Basicamente possui duas entradas: “inversora”, identificada pelo sinal negativo (-) e a “não inversora”, identificada por um sinal positivo (+). Além disso, o amplificador operacional tem uma saída ( $V_o$ ), uma alimentação positiva (+Vcc) e a alimentação negativa (-Vcc).

Dentre as principais características de um amplificador operacional, em condições ideais ele apresenta: resposta a altas frequências, alto ganho em malha aberta, alta impedância de entrada, baixa impedância de saída e baixa sensibilidade à temperatura.

O sinal na saída do amplificador operacional depende da diferença de potencial entre os sinais aplicados nas entradas inversora e não inversora, além do ganho deste amplificador, que depende da sua configuração. É importante lembrar que se o ganho for muito alto, o amplificador operacional satura e a máxima tensão de saída será de acordo com a sua alimentação.

A configuração do amplificador como Amplificador Inversor apresenta uma relação simples de ganho e satisfatória para a aplicação. “A saída é obtida pela multiplicação da entrada por um ganho (fator A) constante, fixado pelo resistor de entrada R1 e o resistor de realimentação Rf. A saída também é invertida em relação à entrada” (Wendling, 2010)

Figura 5: Amplificador operacional na configuração de Amplificador Inversor.



Fonte: (Wendling, 2010)

Uma vez que o ganho pode ser calculado com a associação dos resistores R1 e Rf, conforme apresenta Figura 5, podemos obter um sinal de saída de magnitude negativa. A aplicação de um novo circuito de amplificação em cascata com, com ganho unitário, poderá inverter novamente a polaridade da saída, tornando-se finalmente positiva.

### 3. METODOLOGIA

Os testes foram realizados no laboratório da Faculdade SENAI de Londrina, nas bancadas didáticas e na própria residência do autor. Os materiais foram utilizados conforme apresenta a Tabela 1.

Tabela 1 – Lista de Materiais.

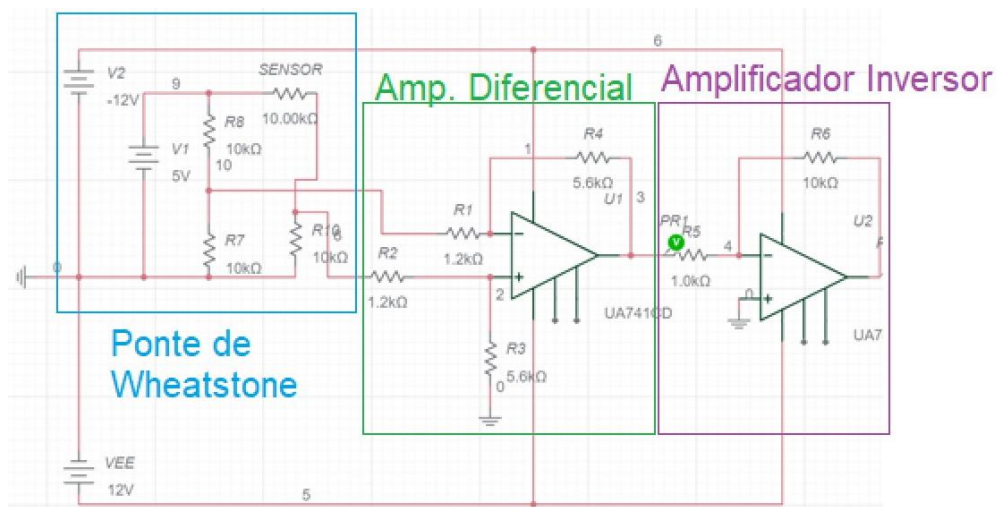
<i>Quantidade</i>	<i>Descrição</i>
1	Resina Flexível 3D Lab, não biocompatível
1	Resina Cinza Standard 3D Lab
1	Impressora 3D – KLD-1260S
1	Aplicativo de impressão 3D Chitubox
1	Agulha de costura genérica número 5
1	Balança com resolução de 1g até 5kg, marca GP Inox.
3	Eletrodos de pele reutilizáveis de longo prazo de 50mm
2	Extensômetro BF350
4	Eletrodos de pele 3m descartáveis de 50mm
1	Osciloscópio Tektronix TDS 2021C
1	Pendrive USB 4GB
1	Bancada com trafo +/-12V. +/-5V
1	Protoboard didático
1	Sensor de Força "FSR" FP9-40
4	Resistor 10kΩ 1/4"W
4	Resistor 330Ω 1/4"W
4	Resistor 22Ω 1/4"W
8	Resistor 10Ω 1/4"W
4	Resistor 2,2K kΩ 1/4"W
2	Resistor 1,2kΩ 1/4"W
2	Resistor 5,6kΩ 1/4"W
1	Resistor 1,0kΩ 1/4"W
30	Resistores com tolerância de 1% de diversos valores
1	Abraçadeira plástica
1	Conjunto de cabos para protoboard
1	Alicate de bico
1	Adesivo em rolo tipo Micropore de 12mm
1	Fita Isolante Líquida
1	Adesivo de contato "Super Bonder"
10	Extensômetro BF 350 AA
1	Módulo de amplificação XFW-HX711
1	Cola TekBond T-6000
2	Amplificador Operacional AD620
1	Amplificador Operacional AD705

2	Amplificador operacional UA741CD
1	Arduino Pró Mini AT168, 5.5V
1	Arduino MEGA2560
1	Fonte ATX

Fonte: Autor.

Os circuitos foram primeiramente montados em software. Para isso foi utilizado o “Multisim” de modo online. A Figura 6 apresenta a simulação através do software, sendo também um reflexo da aplicação prática montada no protoboard.

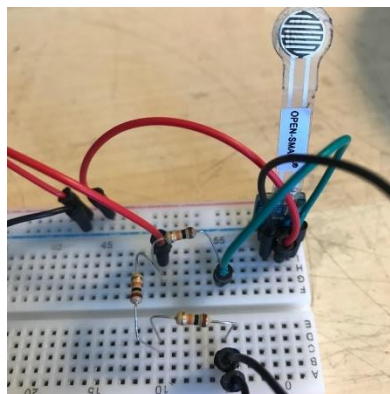
Figura 6 - Circuito eletrônico inicial completo no Multisim.



Fonte: Autor

Analisando o circuito em partes, temos na Figura 7 a aplicação da Ponte de Wheatstone. Dentre os quatro resistores, temos três (R6, R7 e R8) de valor 10KΩ e o quarto sendo o sensor FSR.

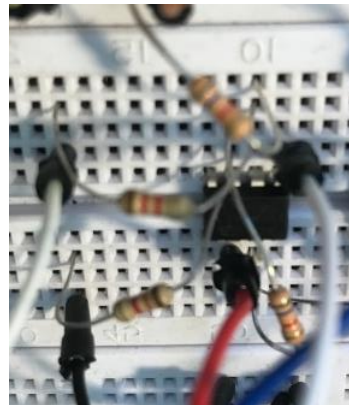
Figura 7 - Ponte de Wheatstone montada com o sensor.



Fonte: Autor.

Deste modo, quando aplicada a força mecânica no sensor FSR, seu sinal de saída apresentará uma variação. A saída do circuito que não apresenta a variação está conectada ao resistor R1. Já a saída do sensor, com variação, está conectada ao resistor R2. Ambos são associados ao circuito diferenciador, conforme a Figura 8 apresenta, uma vez que os ganhos das entradas inversora e não-inversora são iguais.

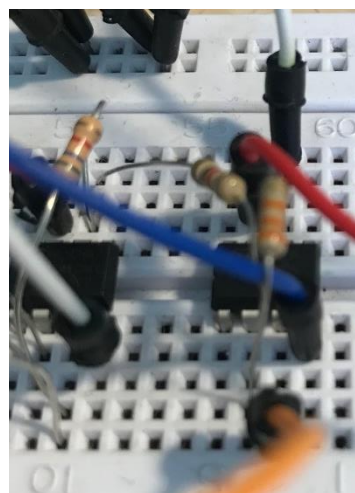
Figura 8: Circuito Diferenciador.



Fonte: Autor.

Finalmente, a saída do circuito diferenciador é conectada ao resistor R5, sendo ele uma entrada do último circuito, cuja função é amplificar o sinal em dez vezes. A Figura 9 apresenta os resistores R5 e R6. Uma vez que R6 possui valor dez vezes superior a R5, conseguimos atingir o ganho desejado do sinal.

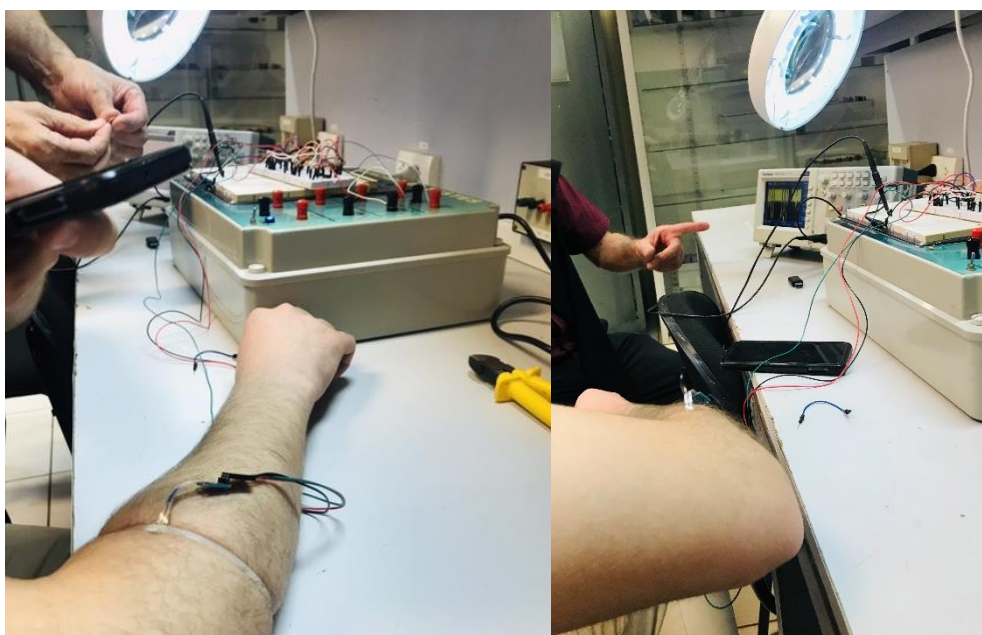
Figura 9 - Circuito de Ganho.



Fonte: Autor.

O sensor foi fixado mecanicamente através de uma abraçadeira plástica ao braço de um voluntário. Com isso, os movimentos mecânicos foram comparados com a variação gráfica apresentada no osciloscópio, a fim de validar a variação do sinal elétrico em tempo real. Foi possível acionar o sensor, porém, a força utilizada para prender o sensor com a braçadeira no antebraço gerar uma pressão muito alta a ponto de inviabilizar a sua utilização, conforme figura 10.

Figura 10 - Fixação do sensor no braço do voluntário.



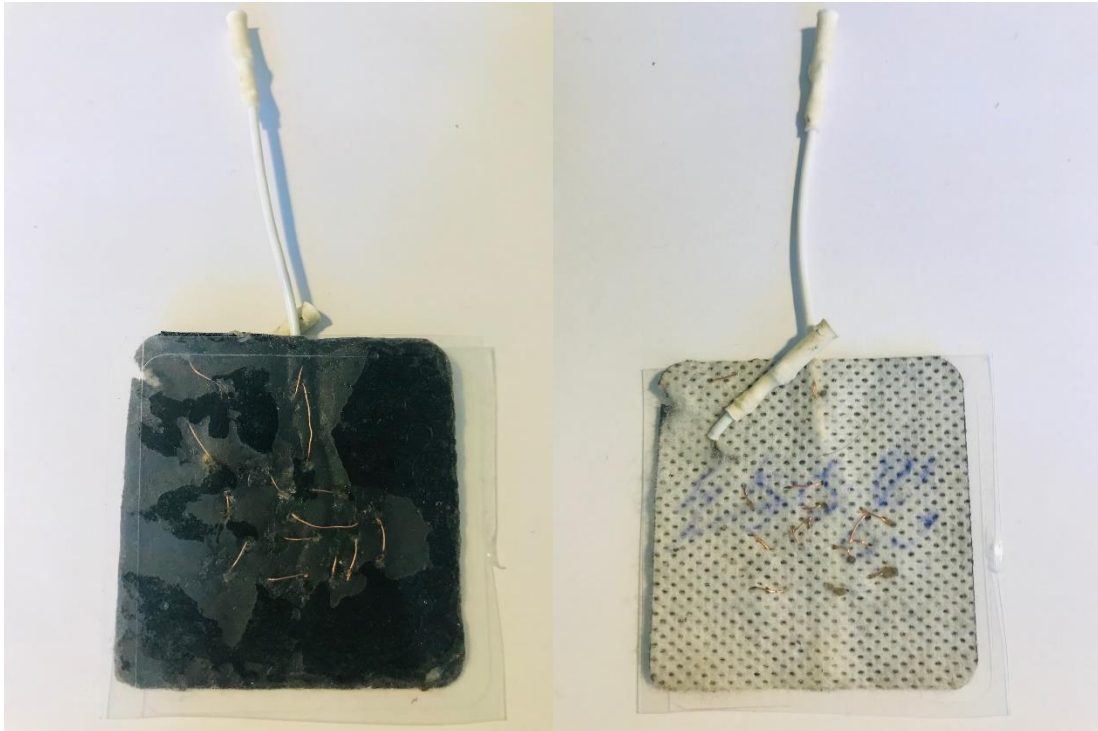
Fonte: Autor.

Por conta da não possibilidade de uso do sensor piezoelétrico, foi necessário partir para outra estratégia e desenvolver o sensor com as características necessárias.

### 3.1 Desenvolvimento do sensor A

Conforme figura 11, foi costurado perto de 15cm de fio de cobre de 0.3mm com agulha número 5, passando de um lado a outro de um eletrodo reutilizável de 50m e de forma randômica, ou seja a costura não seguiu nenhum padrão, foi ainda inserida uma saída adicional fazendo com que o eletrodo se transformasse em um flexômetro resistivo com dois polos, um de entrada e outro de saída e sem nenhum resistor adicional acoplado.

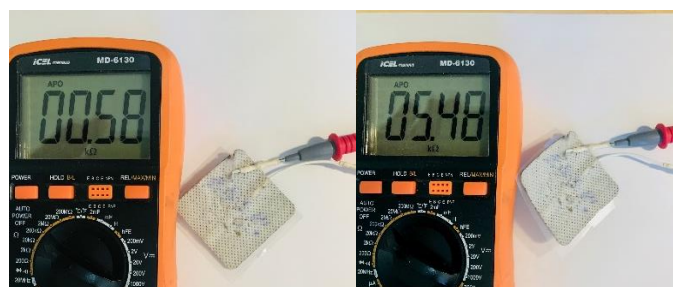
Figura 11 – Eletrodo costurado com fio de cobre passando de um lado a outro.



Fonte: Autor.

Primeiro teste com este sensor, apresentou variação de resistência aproximada entre 0,58KOhms quando em repouso e 5,48kohms com uma leve flexão, conforme figura 12.

Figura 12 – Teste de resistência elétrica do sensor. Repouso/Acionado.



Fonte: Autor.

O sensor apresentou uma resposta bastante animadora pois é justamente esse tipo de mudança de sinal que é importante para a aplicação. Porém apesar ao se flexionar randomicamente o sinal oscilava de forma muito instável atingindo resistências entre 0,3KOhms até 10kOhms, provavelmente causada pelo fato da

costura de cobre ter sido realizada sem qualquer preocupação e apresentar falhas, dobras e contatos indesejados entre elas, outro problema que também poderia estar causando esses picos indesejados, é a ponta do eletrodo, até o momento o eletrodo poderia estar gerando artefatos, mas também poderia estar auxiliando na geração de sinal.

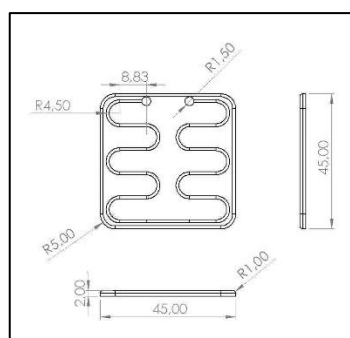
Avançando no desenvolvimento, foi planejado um novo sensor, com um desenho específico na distribuição do fio de cobre sobre o eletrodo, e ao invés de costurar o fio de cobre entre os lados, no novo sensor seria colado em cima da camada de tecido e não terá nenhum contato com a ponta do eletrodo que é parte do dispositivo utilizado, ou seja, a ideia é apenas utilizar o eletrodo por conta da sua capacidade elástica e de contato com a pele.

Foi desenhado em CAD e impresso em impressora 3d com resina flexível, uma chapa quadrada com 48mm de lado e 2mm de espessura, que ao mesmo tempo em que serve de guia para o fio de cobre, será aderida a parte superior do eletrodo que possui uma malha de tecido, deixando a parte inferior do eletrodo, que é constituída de um gel adesivo biocompatível intacta, esta parte é a parte do eletrodo que deverá entrar contato com a pele.

A seguir tem-se as instruções construtivas do sensor A para testes.

3.11 Figura 12 apresenta modelo desenvolvido em CAD com todas suas medidas construtivas.

Figura 12 – Modelo de parte do sensor A



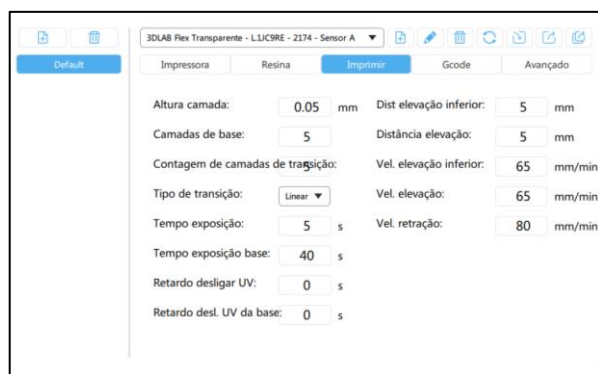
Fonte: Autor.

### 3.12 Impressão do modelo de parte do sensor A.

O arquivo em CAD foi exportado para um arquivo em formato STL, esse arquivo foi manipulado utilizando o aplicativo Chitubox numa impressora de resina UV, a resina utilizada foi a resina flexível da 3D Lab. A figura 14 apresenta o modelo depois de impresso, curado e lavado.

A configuração utilizada no aplicativo Chitubox para a impressão da peça é descrita na figura 13.

Figura 13 – Configuração de impressão do Sensor A.



Fonte: Autor.

Figura 14 – Parte impressa em resina flexível do Sensor A.



Fonte: Autor.

### 3.13 Preparação das pontas do fio de cobre.

Os fios de saída foram cortados de dois eletrodos de dois eletrodos, e cada ponta do fio de cobre foi inserido dentro deles, essa parte da saída do sensor é importante ser reforçada e fixada no sensor, para que o fio de cobre não se rompa por conta da manipulação na utilização, isso acontece muito fácil devido a características

do cobre e sua capacidade de suportar fadiga. A figura 15 demonstra as pontas dos eletrodos e respectivos lados do fio de cobre a ser inserido, o fio utilizado possui aproximadamente 27,5 cm e 0,3mm de diâmetro.

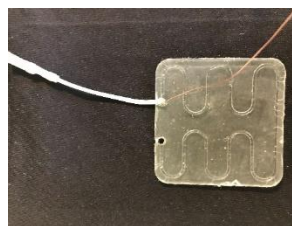
Figura 15 - Pontas dos eletrodos a serem reaproveitados e pontas do fio de cobre.



Fonte: Autor.

Primeiro, apenas um lado do fio de cobre foi inserido na ponta do eletrodo, e essa conexão entre o eletrodo e o fio de cobre foi inserida em um dos furos do modelo impresso, conforme demonstra a figura 16.

Figura 16 – Posicionamento da saída do eletrodo e fio de cobre.

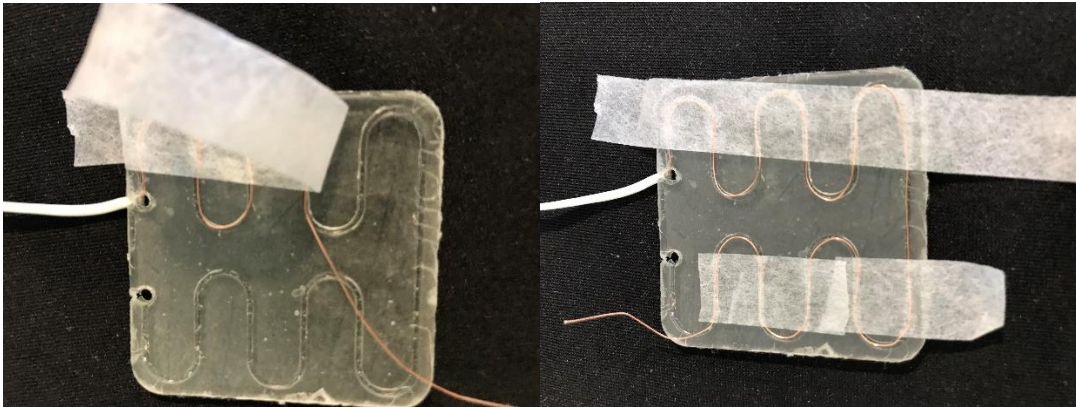


Fonte: Autor.

### 3.14 Encaixe do fio de cobre nos sulcos.

Manualmente e utilizando fita adesiva micropore, o fio deve ser inserido e colado, o uso da fita é necessário para que o fio não saia do sulco conforme vai sendo adicionado até o final como pode ser visto na figura 17.

Figura 17 – Posicionamento do fio de cobre dentro da capa do novo sensor.

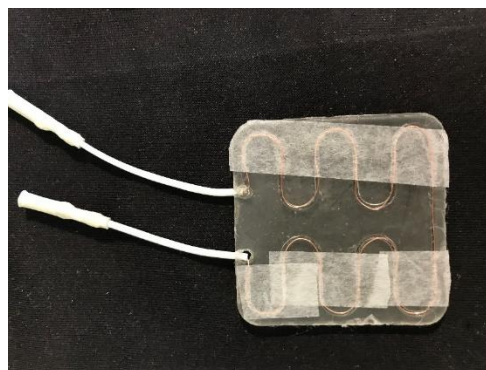


Fonte: Autor.

### 3.15 Colocação da segunda saída do eletrodo

Medir a partir da saída do fio de cobre que sobrar na outra ponta, e cortar o fio de cobre deixando aproximadamente 10mm e inserir o fio de cobre dentro da outra ponta reutilizada do eletrodo médico comercial. Encaixando-o no segundo furo do modelo. Recorte as sobreas de micropore, e ele está pronto para ser colado no eletrodo médico comercial.

Figura 18 – Fio de cobre e pontas inseridos no modelo impresso.



Fonte: Autor.

### 3.16 Colagem final

Coloca-se as duas partes a serem coladas para cima uma ao lado da outra como visto na figura 19. Utilizando um pincel, passa-se quantidade suficiente de resina flex o suficiente para recobrir as duas áreas, utilizar o mínimo possível.

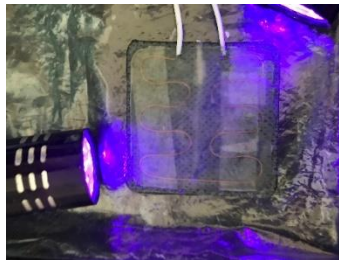
Figura 19 – Partes a serem unidas com resina flexível.



Fonte: Autor

Após a aplicação da resina nas superfícies, as partes foram unidas e levadas a serem curadas, onde ficaram 9 minutos expostas a luz UV artificial de 405nm conforme figura 20 e mais 30 minutos expostas a luz natural do sol.

Figura 20 – Sensor unido com resina flexível sendo curado por luz UV.



Fonte: Autor.

A figura 21, apresenta o sensor A pronto para ser utilizado.

Figura 21 – Sensor A, finalizado.



Fonte: Autor.

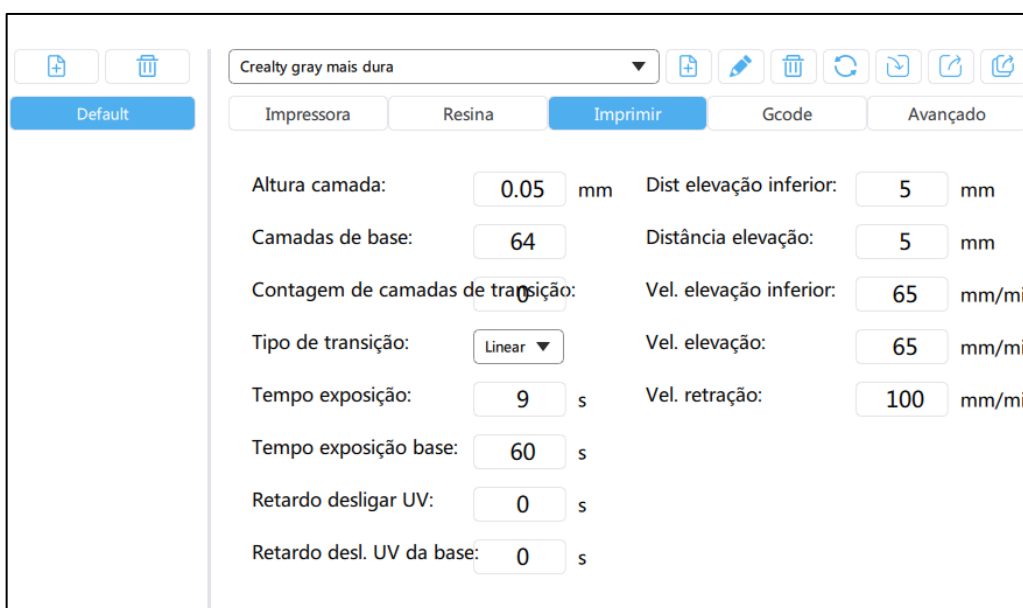
### 3.2 Desenvolvimento do Sensor B

Por conta das variações e artefatos gerados pelos testes com fios de cobre, foi decidido utilizar sensores de extensão ou também chamados de extensômetros ou flexômetros. Estes são bastante sensíveis, feitos com materiais específicos e têm baixo custo.

O desenvolvimento do Sensor B focou descobrir qual material deveria ser colado e qual formato desse material aplicado sobre a pele do indivíduo geraria os sinais de melhor qualidade, sobre o tipo de material, a única propriedade a ser comparada é se o material deveria ser rígido ou flexível e qual forma construtiva gera o sinal mais adequado.

O modelo foi configurado no aplicativo Chitubox para imprimir com a resina Standard 3D Lab rígida. Com as configurações apresentadas na figura 22.

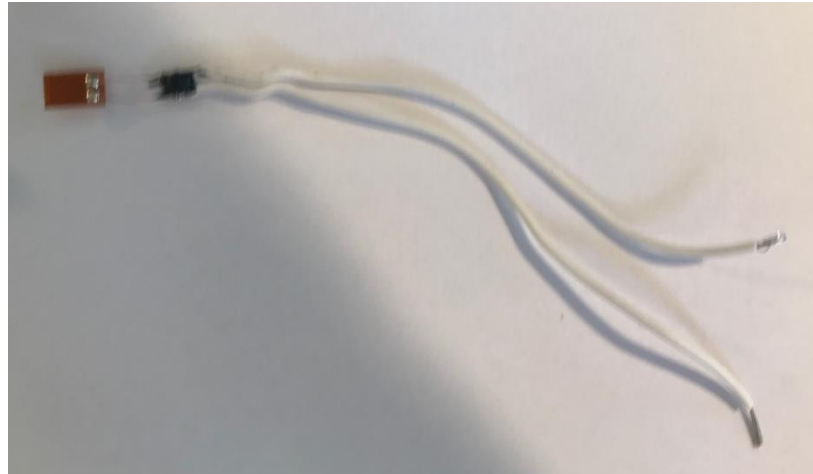
Figura 22 – Configurações de impressão do Sensor B com resina rígida.



Fonte: Autor.

Depois de impresso, o extensômetro foi soldado com fios de 1.1mm de alumínio como mostrado na figura 23. Utilizando “fita isolante” líquida para isolar os polos de entrada.

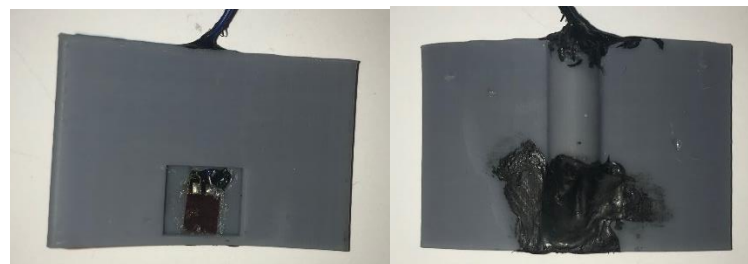
Figura 23 – Flexômetro BF350 preparado para colagem no Sensor impresso.



Fonte: Autor.

E na etapa final, foi colado o flexômetro no rebaixo do modelo com cola de cianoacrilato de metila, tomando o cuidado de vedar e travar o fio com “fita isolante” líquida como apresentado na figura 24.

Figura 24 – Sensor B pronto para testes

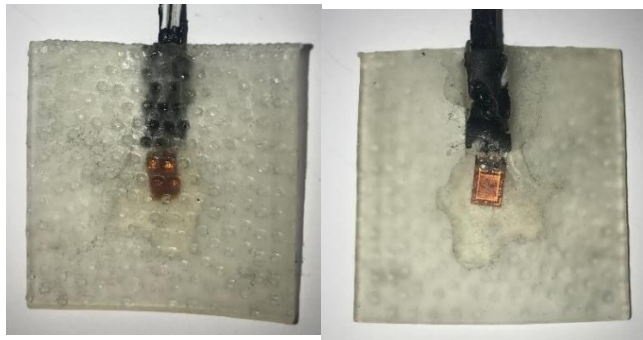


Fonte: Autor.

### 3.3 Desenvolvimento do Sensor B com resina flexível.

Utilizando o mesmo modelo desenvolvido em CAD, foi impresso em resina flexível e colado um flexômetro BF350 seguindo o mesmo procedimento utilizado no Sensor B rígido. O sensor B flexível é apresentado na figura 25.

Figura 25 – Sensor B flex

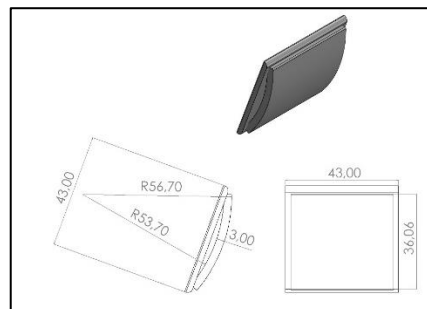


Fonte: Autor.

### 3.4 Desenvolvimento do sistema testador

Para a realização de testes de esforço com intenção de descobrir melhor formato do encapsulamento do flexômetro, foi necessário criar um dispositivo que simulasse a pressão gerada pelos músculos do antebraço. Para essa tarefa foi desenvolvido um modelo em CAD e impresso em resina rígida e colada embaixo de um peso de 246g, esse peso é superior a força que o sensor deverá ‘perceber’, mas para esta fase de testes, será adequado. A figura 26 apresenta o simulador de esforço.

Figura 26 – Desenho com medidas gerais do suporte de sensor para o simulador de esforço.



Fonte: Autor.

Figura 27 – Suporte de sensor impresso.



Fonte: Autor.

Modelo impresso em resina rígida Crealty 3D Labs Standard com a mesma configuração no aplicativo Chitubox que o modelo de Sensor B foi impresso.

Como modelo de apoio do sensor, foi utilizado o modelo desenvolvido e impresso para a aplicação no antebraço em conjunto com o sensor. Para os testes de força foram criados lastros de 1g, 5g, 10g e 15g e um maior de 264g na intenção de simular diversos cenários. Conforme demonstrado na figura 28.

Figura 28 – Dispositivo para teste de força.



Fonte: Autor.

### 3.4 Desenvolvimento de novos circuitos eletrônicos para aquisição de sinal

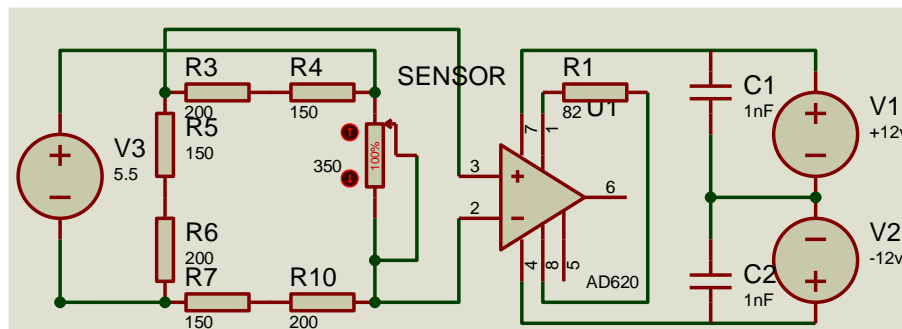
O circuito anteriormente desenvolvido para os testes com o sensor piezoelétrico, não puderam captar fielmente os sinais do sensor BF350. Por conta disso foram desenvolvidos mais 3 circuitos diferentes para a captação de sinal.

Também para reduzir ruídos, esses circuitos foram soldados em placa de fenolite, ao invés de montados na protoboard.

### 3.4.1 Circuito elétrico usando um amplificador de instrumentação AD620

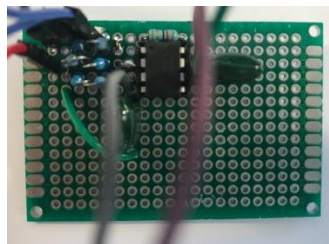
O Amplificador de instrumentação possui três amplificadores operacionais dentro dele e apresenta precisão maior no tratamento do sinal. Neste circuito optou-se por usar também dois capacitores na alimentação para filtragem de ruído, e uma ponte de wheatstone utilizando resistores de 1% de tolerância. O esquema do circuito com os valores dos componentes pode ser visto na figura. E o circuito montado pode ser visto na figura 29.

Figura 29 – Esquema do circuito usando Amplificador de Instrumentação.



Fonte: Autor.

Figura 30 – Circuito montado e soldado na placa de fenolite

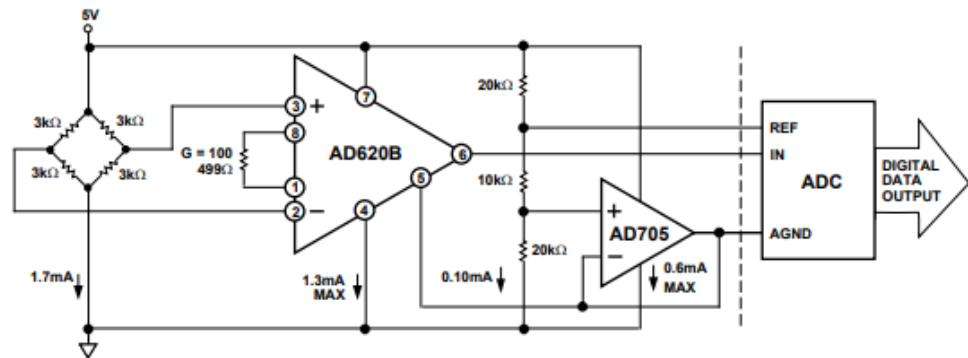


Fonte: Autor.

### 3.4.2 Circuito elétrico usando AD620 e AD705.

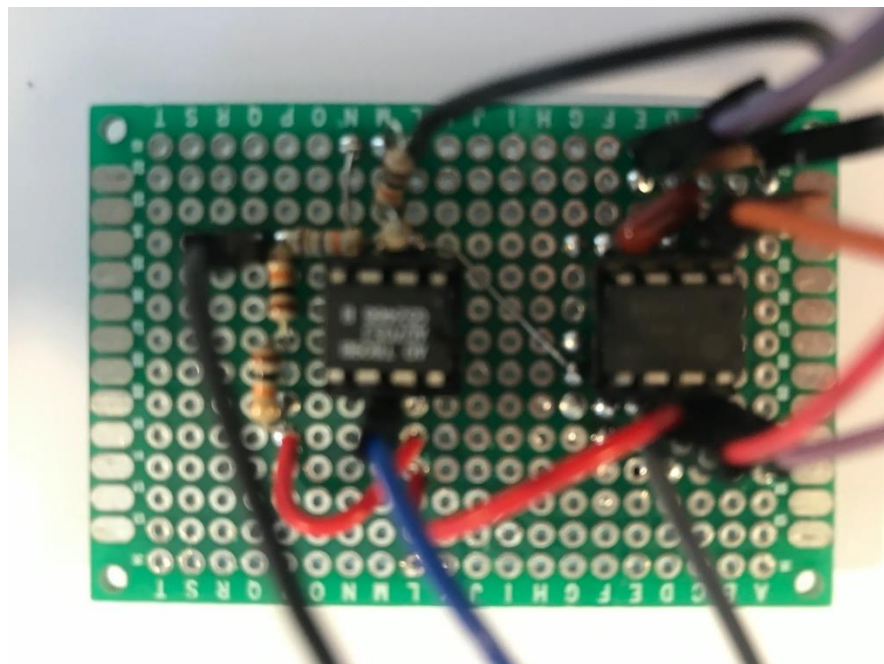
Esse circuito é o circuito sugerido pelo fabricante para ser utilizado com strain gauges, e consta no datasheet do amplificador de instrumentação AD620 conforme Figura 31.

Figura 31 – Circuito sugerido pelo fabricante.



Fonte: Datasheet AD620 (Texas Instruments, 2022).

Figura 32 – Circuito sugerido pelo fabricante soldado em placa de fenolite.

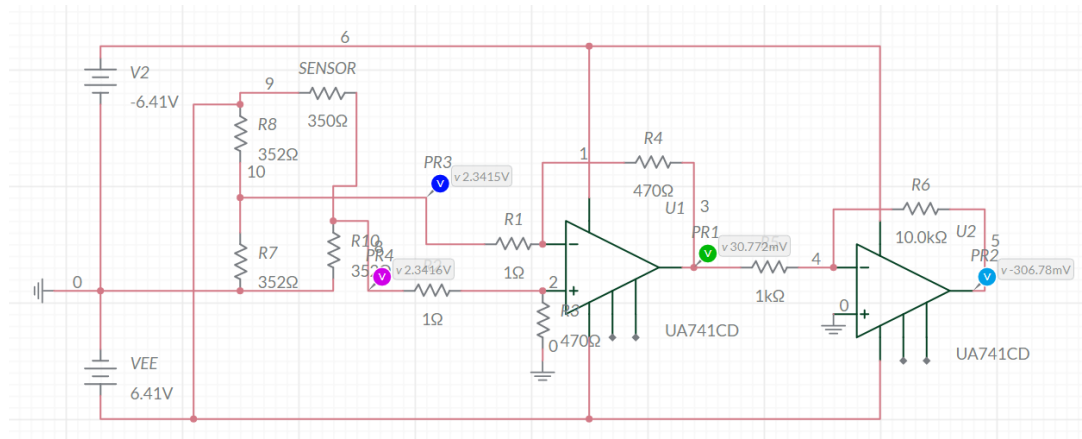


Fonte: Autor.

### 3.4.3 Circuito utilizando Amplificador Operacional 741

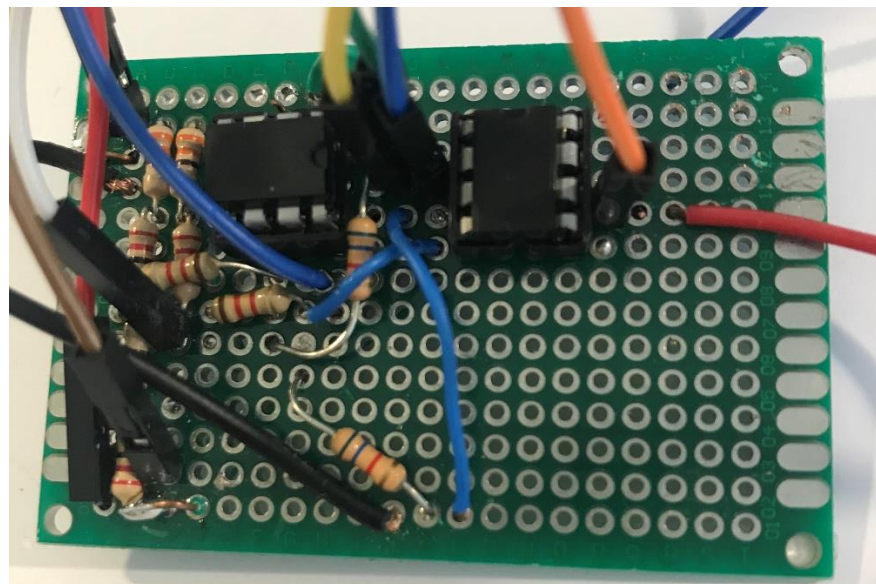
Este é mesmo circuito utilizado com o sensor piezoelétrico conforme figura 33, a diferença é que na nova montagem, eles utilizam jumpers no lugar dos resistores 5 e 6 para facilitar a troca dos resistores nos testes de amplificação. Esse novo circuito também foi soldado em placa de fenolite conforme figura 34.

Figura 33 – Esquema do circuito elétrico usando AmpOp 741



Fonte: Autor

Figura 34 – Circuito eletrônico usando AmpOp 741



Fonte: Autor.

### 3.5 Captação e tratamento de sinal

O circuito elétrico deve gerar um sinal de saída entre zero e cinco volts, proporcional a carga aplicada ao sensor, para isso foi utilizado um Arduino mini pró, com processador ATMEGA168 de 5.5V. A rotina utilizada é muito simples e apenas lê o pino analógico zero, e converte a leitura para a escala em volts. A rotina pode ser vista na figura 35.

Figura 35 – Rotina em linguagem C para Arduino

```

Leitor_de_vontagerns $
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int sensorValue0 = analogRead(A0);
  float voltage0 = sensorValue0 * (5.0 / 1023.0);
  Serial.println(voltage0, 6);
  delay(1000);
}

```

Fonte: Autor.

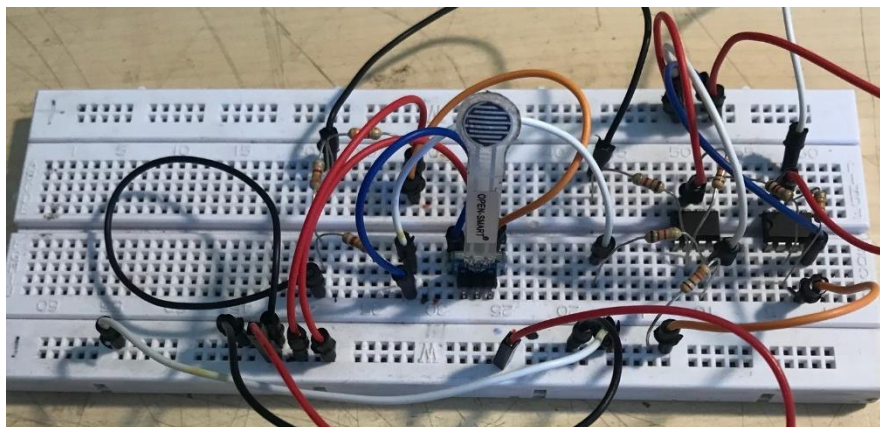
Essa rotina apenas lê a voltagem e apresenta no monitor serial do Arduino, obviamente essa informação deverá ser tratada com uma rotina mais complexa a ser desenvolvida em outra etapa. Mas para testar como o Arduino recebe o sinal já é suficiente nessa etapa da pesquisa.

## 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Sensor Piezoelétrico

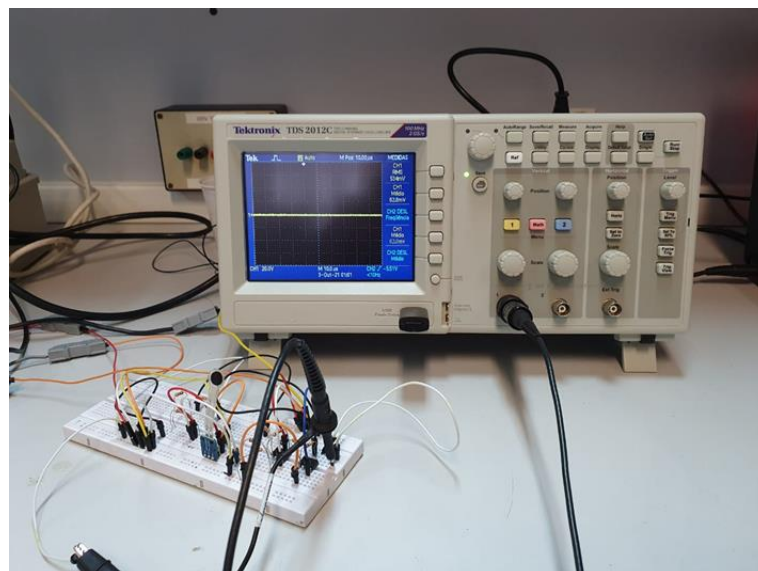
O circuito planejado foi montado na protoboard conforme figura 36.

Figura 36 – Circuito para aquisição e tratamento de sinal do sensor de força piezoelétrico.



Fonte: Autor.

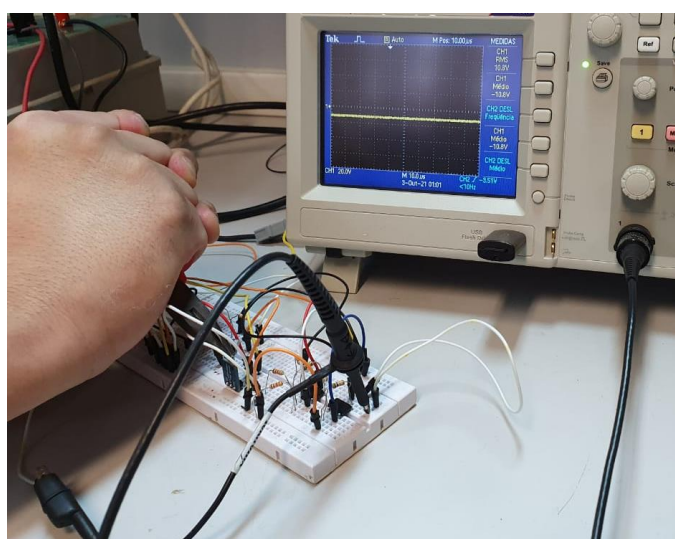
Figura 37 – Circuito montado conforme projetado no Multisim e já conectado ao osciloscópio.



Fonte: Autor.

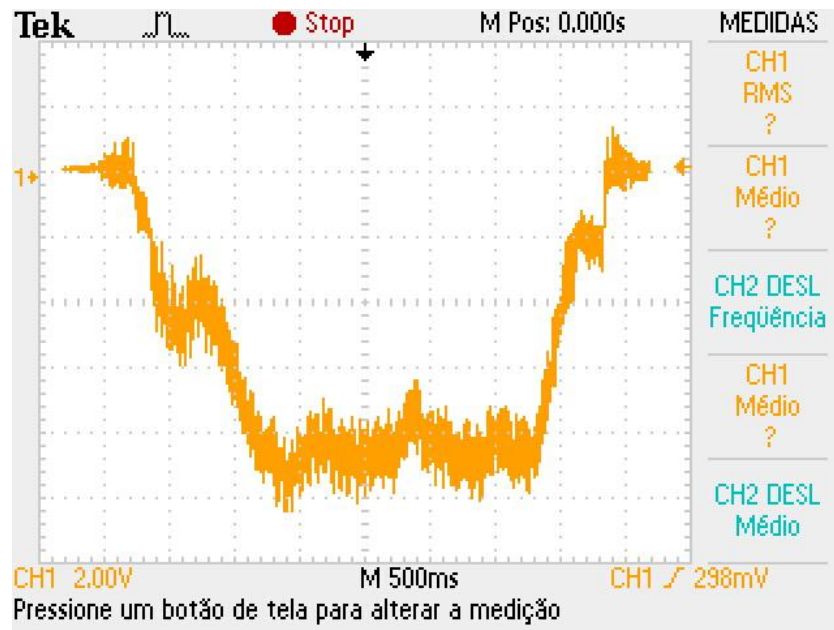
O teste foi realizado adicionando-se manualmente e continuamente, pressão no sensor através de um alicate, conforme figura 38, que demonstrou a seguinte evolução de voltagem medido pelo osciloscópio na figura 39.

Figura 38 – Utilizando alicate para gerar pressão no sensor.



Fonte: Autor.

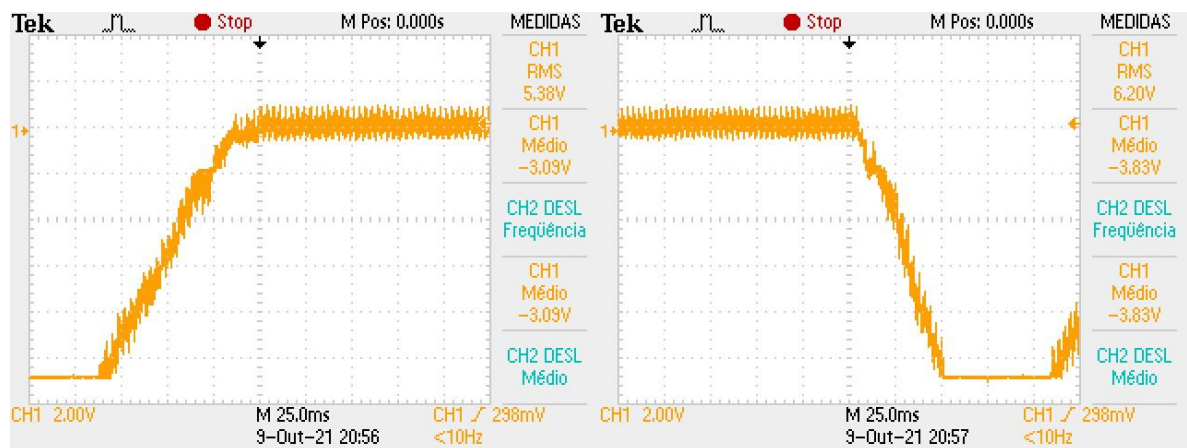
Figura 39 – Teste de força com o Sensor F9-40 e evolução do sinal no osciloscópio.



Fonte: Autor.

A figura 40 apresenta outro teste, que inicia em zero Volts, sobe até a carga máxima de 5Kg aceita pelo sensor e retorna a zero Volts, formando rampas crescentes e decrescentes.

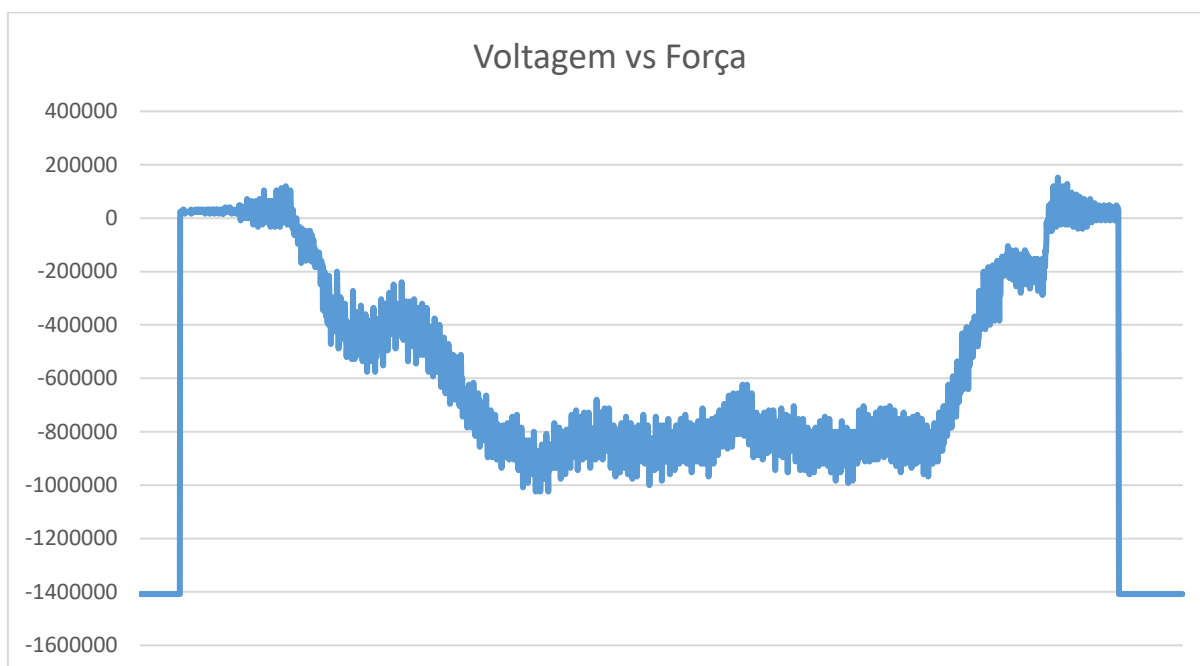
Figura 40 – Teste de força com o Sensor FP9-40, rampas de carga.



Fonte: Autor.

Apesar de ter sido possível amplificar o sinal, este modelo de sensor apresenta uma característica específica onde o acionamento exige uma carga mínima de pressão, algo em torno de 100g. A figura 41 demonstra os valores de voltagem na saída do circuito eletrônico que opera entre zero e dez volts.

Figura 41 – Range de operação do sensor FP9-40.



Fonte: Autor.

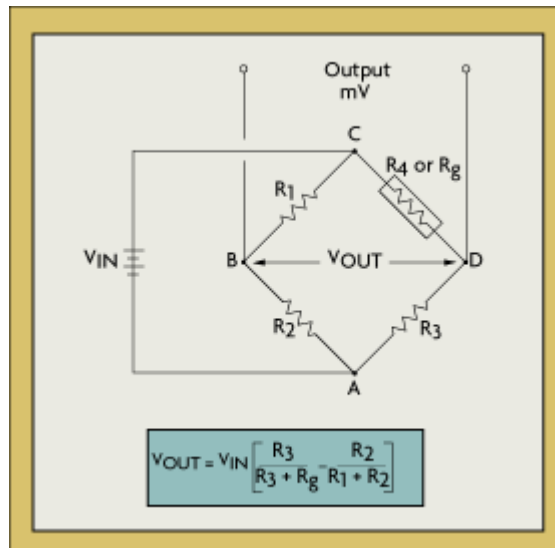
#### 4.2 Sensor desenvolvido A

Para os testes do sensor A, foi necessário encontrar a resistência do Sensor utilizando a ponte de wheatstone. “A equação da ponte de Wheatstone afirma que, se  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  e  $R_4$  forem iguais, e uma tensão,  $V_{IN}$ , for aplicada entre os pontos A e C, a saída entre os pontos B e D não mostrará nenhuma diferença de potencial. No entanto, se  $R_4$  for alterado para algum valor que não seja igual a  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , a ponte ficará desequilibrada e existirá uma tensão nos terminais de saída. Em uma configuração conhecida como ponte G, o sensor de deformação variável tem resistência  $R_g$ , enquanto os outros braços são resistores de valor fixo.

O sensor, no entanto, pode ocupar um, dois ou quatro braços da ponte de Wheatstone, dependendo da aplicação. A tensão total, ou tensão de saída do circuito

(VOUT), é equivalente à diferença entre a queda de tensão em R1 entre R4, ou Rg.”  
(OMEGA, 2021) Como demonstra a figura 42.

Figura 42 – Fórmula para calcular valor de resistência de um resistor.



Fonte: (OMEGA, 2021)

Utilizando-se da fórmula apresentada na figura 42.

$$V_B = V_{in} \left[ \frac{R_x}{R_3 + R_x} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right]$$

Tem-se:

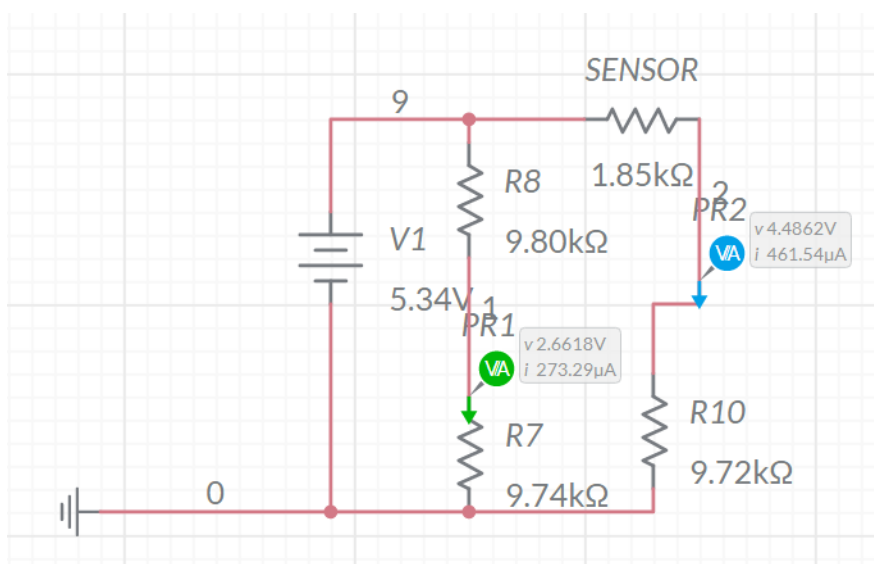
$$3.42 = 5.41 \left( \frac{G}{2.16 \times 100 + G} - \frac{2.16 \times 100}{2.16 \times 100 + 2.16 \times 100} \right)$$

$$(5.41 G) / (G + 216) = 6.125$$

Onde tem-se que a resistência do Sensor é igual a 18,503Kohms.

Foi montada a ponte configuração G no aplicativo on-line multisim, utilizando os valores reais lidos através do multímetro. Como pode-se observar destaque a figura 43.

Figura 43 – Ponte de wheatstone configurada conforme leitura real de componentes com multímetro.

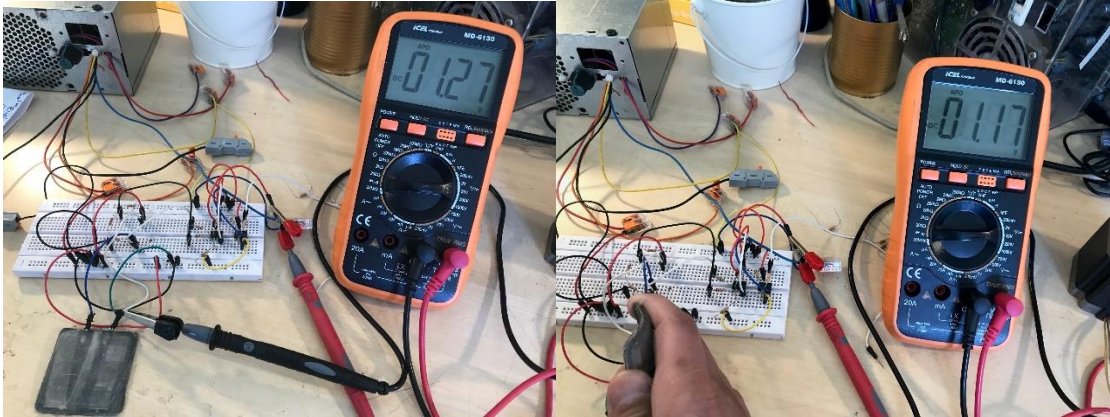


Fonte: Autor.

Como demonstrado na figura 43, os voltmímetro rosa e azul apresentam a diferença entre as duas saídas da ponte.

O primeiro teste mecânico do sensor utilizando apenas a ponte de wheatstone, apresentou uma oscilação entre 1.27V com o sensor em repouso e 1.17V com o sensor em acionamento, como pode ser visto na figura ., O dispositivo na bancada apresentou 1.27V, ou seja, diferente do esperado que era 1.82V, essa diferença se deve a indutâncias da protoboard e jumpers utilizados, bem como variações de voltagem da fonte utilizada. Apesar disso, pôde-se prosseguir com o ensaio mecânico do sensor que oscilou 0.1V entre repouso e flexionado. Esse valor seria suficiente para sua utilização na aplicação desejada, porém essas leituras permaneceram apenas por poucos acionamentos, entre 5 e 10 acionamentos mecânicos entre repouso e acionado. Pouco depois os valores passaram a oscilar de forma randômica, até que simplesmente cessaram de apresentar diferença. A causa mais provável é a fadiga do fio de cobre de 0.3mm.

Figura 44 – Teste do sensor A com a ponte de wheatstone, em repouso e acionado.



Fonte: Autor.

Por conta dos resultados acima obtidos, outra estratégia foi pensada e decidiu-se por utilizar flexômetros comerciais disponíveis no mercado. Então iniciou-se o desenvolvimento do Sensor B.

#### 4.3 Sensor desenvolvido B

Utilizando apenas o multímetro ligado entre a saída do amplificador e o terra, observou-se as seguintes leituras conforme o circuito eletrônico utilizado para os dois tipo de Sensor tipo B desenvolvidos, tanto o sólido quanto o flexível, apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Resposta dos sensores tipo B em volts

	Circuito 741		Circuito AD620		Circuito AD620 com AD705	
	Com peso	Sem peso	Com peso	Sem peso	Com peso	Sem peso
Sensor B Rígido	2,04	2,03	1,64	1,64	4,24	4,25
Sensor B Flexível	2,07	2,03	1,64	1,63	4,25	4,26

Fonte: Autor.

O peso utilizado para os testes foi de 264 gramas, a resolução do voltímetro utilizada foi a de unidade em Volts mais duas casas decimais.

O sistema apresentou um efeito inesperado, todos os circuitos mesmo os que possuíam algum tipo de capacitor para filtrar o sinal, oscilavam de maneira muito ampla simplesmente por conta da distância que se tomava do sensor.

Isso fez com que tornasse impossível a correta leitura do peso em aferimento, mesmo quando se fazia a leitura de longe, o sensor não captava a variação suficiente para apresentar a diferença em duas casas decimais.

Quando se amplificava o sinal para conseguir as variações necessárias para leitura no Arduino, as leituras passavam a ficar randômicas e totalmente independente do peso que se aplicava ao sensor.

Ao que parece, existem ruídos muito grandes que atrapalham e sujam o sinal. Uma estratégia para resolver isso, é calcular e preparar filtros passa faixa de acordo com cada circuito.

#### **4.4 Leitura do sinal pelo Arduino**

Ao se aterrar o Arduino com os circuitos e conectar a saída dos amplificadores no pino A0 do Arduino, o Arduino não foi capaz de realizar leituras estáveis de níveis de tensão, oscilando entre zero e cinco volts, intermitentemente, quando testados os três tipos de sensores desenvolvidos.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como estudo inicial, tanto o Sensor desenvolvido A quanto o sensor B, não apresentaram resultado satisfatórios para serem usados como células de carga. Dois motivos impediram que isso pudesse ser feito. No caso do Sensor A, a fadiga do encapsulamento fez com que o fio de cobre não flexionasse de forma proporcional, gerando leituras muito inconsistentes com o peso aplicado.

No caso do Sensor desenvolvido B, o flexômetro BF350 gera diferenças de resistência muito pequenas, e apesar de ter sido testados com três circuitos eletrônicos amplificadores diferentes, todos eles geraram muita interferência quando o sinal era amplificado, essas interferências devem ser dimensionadas e tratadas para que se possa isolar e capturar o sinal de forma efetiva. Mais experiências devem ser

realizadas, e mais pesquisa deve ser feita em cima de amplificação e tratamento de sinais, para que se consiga isolar o sinal em frequência de forma satisfatória.

Do ponto de vista do desenvolvimento mecânico de encapsulamento do sensor, o uso de impressora 3D de resina foi muito satisfatório, é um processo rápido e as peças impressas obtêm uma precisão excelente. A dureza ou flexibilidade das resinas utilizadas também foram muito satisfatórias, possibilitando a execução dos testes.

A aquisição de sinal pelo Arduino foi totalmente comprometida pela oscilação de sinal dos circuitos eletrônicos utilizados, a ponto de variarem 100% na amplitude. O que reforça a hipótese de um ruído muito grande desses circuitos amplificadores, conseqüentemente reforçando a necessidade de focar próximos estudos na questão do tratamento de sinal e escolha mais acertada de amplificadores operacionais e amplificadores de instrumentação. Apesar de o Arduino poder ser utilizado como um conversor A/D, seria interessante mais estudos para avaliar a possibilidade de se utilizar um conversor A/D específico para a aplicação, que contenham na sua estrutura componentes como capacitores para a filtragem do sinal gerado pelo sensor.

## REFERÊNCIAS

AVIA. (15 de 11 de 2021). Fonte:

<https://www.digikey.com/htmldatasheets/production/1836471/0/0/1/hx711.html>

Deal Extreme. (20 de 09 de 2021). *Electronic components*. Fonte: DEAL EXTREME:

<https://m.dx.com/p/open-smart-50n-5kg-fsr-sensor-module-for-arduino-2008190>

HBM. (20 de 09 de 2021). *HBM Company*. Acesso em 20 de 09 de 2021, disponível em Sensores piezoelétricos: qual é o ideal para minha aplicação?:

<https://www.hbm.com/pt/6810/sensores-piezoelétricos-qual-o-ideal-para-minha-aplicacao/>

Helerbrock, R. (19 de 10 de 2021). *Ponte de Wheatstone*. Fonte: Mundo Educação:

<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/ponte-wheatstone.htm>

LEANSTAR. (20 de 09 de 2021).

OMEGA. (10 de 11 de 2021). *OMEGA Circuitos de Medição*. Fonte:

<https://br.omega.com/prodinfo/ponte-wheatstone.html>

SPARKFUN. (12 de 12 de 2021). *Capacitors*. Fonte: SparkFun Spark Something:  
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/capacitors/all>

Texas Instruments. (05 de 2013). *Datasheet LM79XX*. Fonte: <https://sharvielectronics.com/wp-content/uploads/2020/02/LM79XX-Datasheet.pdf>

Texas Instruments. (17 de Janeiro de 2022). *Datasheet AD620*. Fonte:  
<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD620.pdf>

Wendling, M. (2010). *Amplificadores Operacionais*. Fonte: Universidade Estadual Paulista:  
<https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/3---amplificadores-operacionais-v2.0.pdf>

## Capítulo IV - Meio Ambiente e Sustentabilidade como Tema Transversal na Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina

Adriana Giseli Leite Carvalho<sup>15</sup>

Antônio Carlos Rodrigues<sup>16</sup>

Camila Fogaça de Oliveira<sup>17</sup>

Vicente de Lima Gongora<sup>18</sup>

### RESUMO

Este estudo visa ressaltar práticas educativas que a Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina desenvolve em sala de aula, nas disciplinas do curso, bem como em atividades extra sala. Os eventos que são realizados tais como, as campanhas de responsabilidade social, monitorias, mentorias, visitas técnicas, fóruns de discussão, semanas da Faculdade entre outras atividades que contribuem com o desenvolvimento intelectual da comunidade acadêmica; formando, desta forma, o perfil profissional estabelecido nos projetos pedagógicos dos cursos. Esse processo fortalece a construção de valores sociais e técnicos, possuindo como base, a formação de cidadãos e profissionais críticos e humanizados, comprometidos com a ética para o desenvolvimento sustentável, além de, solidificar as competências e habilidades, considerando o meio ambiente, essencial para a melhoria da qualidade de vida e da sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Meio Ambiente. Sustentabilidade. Ensino Superior.

### ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY AS A CROSS-CUTTING THEME AT THE FACULTY OF TECHNOLOGY SENAI LONDRINA

This study aims to highlight educational practices that the Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina develops in the classroom, in the course subjects, as well as in extra-room activities. The events that are carried out such as social responsibility campaigns,

---

<sup>15</sup> Especialização em Gestão da Produção. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: [adriana.carvalho@sistemafiep.org.br](mailto:adriana.carvalho@sistemafiep.org.br)

<sup>16</sup> Especialização em Engenharia de Manutenção Industrial. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: [antonio.rodrigues1@sistemafiep.org.br](mailto:antonio.rodrigues1@sistemafiep.org.br)

<sup>17</sup> Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: [camila.oliveira@sistemafiep.org.br](mailto:camila.oliveira@sistemafiep.org.br)

<sup>18</sup> Doutorado em Engenharia Elétrica. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: [vicente.gongora@sistemafiep.org.br](mailto:vicente.gongora@sistemafiep.org.br)

monitoring, mentoring, technical visits, discussion forums, Faculty weeks, among others activities that contribute to the intellectual development of the academic community; thus forming the professional profile established in the pedagogical projects of the courses. This process strengthens the construction of social and technical values, based on the formation of critical and humanized citizens and professionals, committed to ethics for sustainable development, in addition to solidifying skills and abilities, considering the environment, essential for improving quality of life and sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

Referenciado nos documentos institucionais, a Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina, com limite territorial de atuação circunscrito ao município de Londrina – Estado do Paraná e Região, é Instituição de Ensino Superior mantida pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI, Departamento Regional do Paraná, doravante denominado SENAI-PR. Oferece cursos de graduação em Tecnologia e Engenharias, e cursos de pós-graduação.

Os cursos ofertados pela IES visam formar profissionais qualificados para o exercício de atividades produtivas, oferecendo um ensino em que se combinem competências e habilidades mediante programas que estejam constantemente adaptados às necessidades presentes e futuras da sociedade. Entre os diversos objetivos dos cursos ofertados, destaca-se dois tópicos que justificam a importância das temáticas do meio ambiente e da sustentabilidade, como tema transversal nas disciplinas ofertadas nos cursos:

- ✓ Despertar a comunidade para a dimensão social e para o exercício comprometido e responsável da cidadania, assim como para a produção de bens que estejam à disposição de todos os cidadãos.
- ✓ Desenvolver um processo educacional voltado à transformação do homem e da natureza, em benefício coletivo e em prol da preservação da vida na terra em todas as formas de sua manifestação.

As práticas socialmente responsáveis geradas por iniciativa própria e em parceria com diversos atores sociais são referências que podem estimular políticas públicas e beneficiar outros cidadãos. As atividades de Responsabilidade Social buscam maximizar e otimizar os esforços, a fim de alinhar as diretrizes institucionais

e contribuir cada vez mais para ampliar os ganhos sociais focando na sua missão de promover a educação e estimular a contínua aprendizagem, de forma criativa, exitosa e inovadora, que transforme as pessoas em agentes da sociedade sustentável, priorizando:

I. Ações que promovem o desenvolvimento econômico e social: Há o acordo entre UNITAR, CIFAL e Faculdades da Indústria que promove a realização de seminários internacionais sobre desenvolvimento global e o papel da indústria.

II. Defesa do meio ambiente, especialmente no âmbito institucional: Na vanguarda da Educação Superior, a instituição, atenta as novas demandas, desenvolve permanentemente cursos inéditos. A faculdade oferece aos alunos ciclos de palestras e atividades que visam trabalhar questões socioambientais como parte importante do perfil profissional a ser desenvolvido na IES.

III. O compromisso com as ações de inclusão social e respeito à diversidade: a Instituição tem várias iniciativas tais como:

a) O programa ODS com a Educação, desde 2004 o Sistema FIEP atua para o alcance das agendas mundiais de desenvolvimento propostas pela ONU, conquistando o reconhecimento nacional e internacional pelas ações realizadas. Durante 10 anos, até fevereiro de 2017, articulamos e mobilizamos os três setores da sociedade para o alcance dos objetivos, reforçando a relevância do setor industrial nesse processo. Com o início da agenda 2030, reafirmamos nosso compromisso com a realização de iniciativas e investimentos específicos em ações para a promoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Cujos objetivos são:

- Disseminar os Objetivos de Desenvolvimento sustentável (ODS), suas metas e indicadores em todas as modalidades de Educação do Sistema FIEP e refletir sobre a Agenda 2030 considerando as diferentes realidades e prioridades locais.

- Sensibilizar os professores para abordar a sustentabilidade e os ODS de maneira transversal nas disciplinas e/ou cursos.

- Formar alunos e/ou profissionais responsáveis e preparados para atuar no novo paradigma da sustentabilidade.

- Desenvolver competências que estimulem os alunos a refletir sobre suas próprias ações, tendo em vista seus impactos sociais, econômicos e ambientais atuais e futuros.
- Inspirar e engajar os alunos para ações de desenvolvimento na localidade e Divulgar o Portal ODS19.

Figura 1. Objetivos de desenvolvimento sustentável.



Fonte: ODS

Perante esta questão a Faculdade da Indústria SENAI Londrina, incentiva e apoia ações de trabalhos desenvolvidos sobre a ótica das ODS, como é o caso do trabalho The Practical Case Of Sdgs Context Applied To Research For Bio-Sensor Development, caso desenvolvido com intuito de promover a inserção dos ODS no contexto acadêmico dos cursos, com palestras que visam conscientizar a academia.

b) Adesão ao programa de “Pró-Equidade de Gênero e Raça” do Senai PR: Desde 2013 a instituição é portadora do selo de Selo Pró-Equidade de Gênero e Raça, que objetiva valorizar a diversidade, a igualdade entre mulheres e homens no ambiente de trabalho, tornando-os livres de discriminação, com qualidade de vida e clima organizacional saudável, pautado na equidade de gênero e raça.

Salienta-se que Faculdade da Indústria SENAI Londrina, realiza em seu cotidiano acadêmico palestras relacionadas as estas questões. Além destas ações, a Faculdade em conjunto com a mantenedora executa programas de capacitação EaD

<sup>19</sup> Disponível em: <<http://portalods.com.br/>>.

que visam efetuar a tratativa de questões relativas a áudio descrição, inclusão e diversidade, maturidade, nome social e outros programas de ações inclusivas.

Partindo desses pressupostos de valores da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina e da necessidade de conscientização fortalecendo o posicionamento para a responsabilidade ambiental na formação dos discentes nos cursos de Tecnologias, Engenharias e Pós-Graduação, o presente estudo visa caracterizar a gestão ambiental na construção de valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a valorização do meio ambiente, essencial à qualidade de vida e à sustentabilidade.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A questão ambiental se faz necessária na educação superior, visto que a atuação do profissional pode causar impactos ambientais por meio da geração de resíduos, entre outros. No quadro 1 observa-se um pequeno histórico da inclusão da Educação Ambiental no sistema normativo brasileiro.

*Tabela 1. Objetivos de desenvolvimento sustentável.*

<b>Lei</b>	<b>Breve relato</b>
Lei 6.938/81	Política Nacional do Meio Ambiente.
Constituição Federal Artigo 225, § 1, VI	Incumbindo o poder público da promoção da educação ambiental em todos os níveis de ensino.
Lei 9.795, de 1999	Política Nacional de Educação Ambiental", seguida pelo Decreto 4.281 de 2002.

*Fonte: Adaptado autor*

Faz-se necessário manter um processo formal e informal de educação, devendo estar presente em todos os níveis e modalidades educativas, a importância do papel das instituições de ensino na disseminação de práticas atreladas à sustentabilidade, as quais, segundo o autor, devem ser inseridas nas grades curriculares dos cursos de nível superior, para que os profissionais recém formados já ingressem no mercado de trabalho com um nível de conhecimento suficiente para atuarem em consonância com a preservação do meio ambiente (CORTESE, 2003).

A partir do ano letivo de 2015, foi criada uma Comissão do Meio Ambiente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. Com o objetivo de disseminar informações e estimular ações que evidenciem a importância das questões ambientais dentro da sociedade, e em especial no setor industrial. Busca contribuir para uma formação mais abrangente dos futuros profissionais formados pela instituição. Os professores do colegiado da IES receberam materiais informativos sobre o tema meio ambiente e sustentabilidade, com o objetivo de orientá-los a respeito da inclusão transversal dessa temática em suas disciplinas.

Foram disponibilizados os seguintes arquivos de materiais informacionais:

- Slides a respeito de Sustentabilidade elaborados pela Profa. Msc. Maria Emanuella Panchoni, Desenhista Industrial, Geógrafa e Mestre em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Estadual de Londrina (UEL- 2007).
- Sugestões de temas transversais para incluir nas aulas, histórico sobre a defesa do meio-ambiente e indicações de livros sobre o assunto, entre outros aspectos.

### **3. METODOLOGIA**

A metodologia utilizada pautou-se de uma pesquisa documental em assuntos correlacionados com a sustentabilidade, meio ambiente e educação superior. Baseado no autor Silveira (2009), a pesquisa recorre a fontes diversificadas, sem tratamento analítico.

#### **a) Simpósio do Meio Ambiente**

O Simpósio do Meio Ambiente da Faculdade de Tecnologia SENAI, promove a integração entre professores, pesquisadores, industriais e estudantes para a discussão de temas relacionados com o meio ambiente, educação e tecnologia industrial. A programação do evento inclui a apresentação de trabalhos desenvolvidos por membros da comunidade interna e externa da instituição, dentro da temática meio ambiente. A comissão organizadora realiza a seleção dos trabalhos inscritos para a apresentação pública, durante a realização do evento realizado no auditório da instituição.

- A primeira edição ocorreu em 2014 com a temática de Saúde e Segurança no Trabalho realizado pela Faculdade de Tecnologia Senai Londrina e contou com as palestras com os Engenheiros especialistas Hélio Kayamori e Roberto Botto, sobre as Normas Técnicas Nr10 e Nr12;
- A segunda edição ocorreu em 2015 com a temática de Gestão Industrial e Meio Ambiente e contou com uma mesa redonda composta pelos participantes Sr. Camillo Kemmer Vianna (Kurica Ambiental), Sr. Cleuber Moraes Brito (CMB Consultoria Ambiental) e Sr. Marcelo Arasaki (ONG MAE da Área Ambiental);
- A terceira edição ocorreu em 22/03/2016, dia mundial da água; com a temática de Gestão dos Recursos Hídricos na Indústria e contou com programação especial e uma mesa redonda composta pelos participantes Sr. Antonio Gil Fernandes Gameiro (Sanepar), Sr. Henrique Luvison G. da Silva (Klabin Papel e Celulose S/A), Sr. Fernando de Barros (Master Ambiental) e Sra. Maria Josefa Santos Yabe (UEL);

**Tema:** A Gestão dos Recursos Hídricos na Indústria

**Programação:**

- **18:30:** Apresentação Musical

Profa. Ms Katielly Tavares dos Santos e Prof. Ms. Maurício Moreira.

- **19:00** – Abertura Oficial do Evento
- Divulgação do 1º. Concurso do Meio Ambiente e Indústria

**Cerimonial:** Profa. Ms. Talita Ravagna Piga

- **19:10** – Apresentação de Antonio Gil Fernandes Gameiro – Sanepar
- **19:30** – Apresentação de Henrique Luvison G. da Silva – Klabin S/A – Engenheiro Ambiental
- **19:50** – Apresentação do Fernando de Barros – Master Ambiental Consultoria – Engenheiro Ambiental
- **20:10** – Apresentação da Dr. Maria Josefa Santos Yabe – Depto. Química – UEL – Pesquisadora e Docente
- **20:30** – Coffee-Break – Salão Branco
- **21:00** – Mesa Redonda com os palestrantes convidados – Mediador: Prof. Ms. Marcos Bernardo de Lima

- A quarta edição ocorreu em 2017 com a temática de Redução da Pegada Ecológica: Desafios para a Indústria

- Regional e contou com uma mesa redonda composta pelos participantes Sr. Joel Lagos (Representante da Tamarana Tecnologia) e Sr. Eduardo Panachão (representante do poder público/ONG da área ambiental).

- A quinta edição, (Figura 1), ocorreu em 2018 com a temática de Papel Estratégico da Questão Ambiental no Processo de Inovação Empresarial; junto com o 1º FaSeTech – desafio de projetos acadêmicos inovadores; além de, participação em mesa redonda composta pelos empresários convidados especiais, Sr. Lucas Bertazzo (DMT Design), Sra. Daniele Domuci (DMT Jóias) e Sr. Rodrigo Martins (Oniria Simuladores e Gameficação).

Figura 2. Premiação quinta edição do Simpósio do Meio ambiente



Fonte: Autor (2022)

- A sexta edição ocorreu em 2019 com a temática de Poluição do Ar e contou com uma mesa redonda composta pelos participantes Luciana de Paiva Luquez (Gestora IPULL), Leila D. Martins (UTFPR) e José Carlos (Secretário do Meio Ambiente de Tamarana -PR).

Ressalta-se que o estudo voltado para o meio ambiente é presente de forma consolidada na formação dos discentes, alguns dos trabalhos tiveram as seguintes temáticas:

- ✓ *Desenvolvimento de um filtro biológico a partir de resíduos de coco e de poda de árvore, como uma etapa do tratamento de chorume*
- ✓ *Proposta de caçamba para resíduos urbanos com material de sobras industriais*
- ✓ *Fluidos de corte: uso seguro e descarte consciente abordando tendências ambientais*
- ✓ *Descarte de óleo automotivo na empresa Motorlub*

- ✓ *Estação de tratamento de efluentes (ETE) implantado na sede da Viação Garcia*
- ✓ *Análise do tratamento e controle ambiental de resíduos gerados no processo de fiação da seda Bratac*
- ✓ *Logística reversa: crescimento do setor de construção civil*
- ✓ *Estação de tratamento e efluentes – Avebon: andamento das obras de melhoria*

Em 2021, a fim de ampliar o engajamento da comunidade acadêmica com essa agenda global, as Faculdades da Indústria se unem ao Congresso Sesi ODS, realizado anualmente, a fim de fortalecer o debate sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no âmbito acadêmico. Alunos, professores e pesquisadores foram convidados a participar e submeter trabalhos técnicos no que ficou denominado como sendo o 1º Simpósio Faculdades da Indústria: Pesquisa, Educação e Sustentabilidade. O evento contou com a presença do Sr. Peter Wollaert, diretor executivo do Cifal Flanders (Bélgica), (Centro internacional de Formação de Autoridades e Líderes); sendo transmitido em todo o estado pelas Faculdades da Indústria, (Figura 3); além da participação de acadêmicos, professores debatendo sobre a agenda 2030, incentivando a inclusão dos ODS no desenvolvimento das pesquisas, projetos e de soluções para novos desafios em instituições de ensino superior.

Figura 3. | Simpósio das Faculdades da Indústria: Pesquisa, Educação e Sustentabilidade



Fonte: Autor (2022).

Nesta primeira edição o evento contou com a inscrição e apresentação de trabalhos acadêmicos desenvolvidos nas “jornadas de aprendizagem” das Faculdades da Indústria de Todo Estado; divididas em quatro sessões temáticas, a saber “Pessoas”, “Planeta”, “Prosperidade” e “Paz e parcerias”. Cada sessão teve como objetivo dar visibilidade aos projetos acadêmicos, que contribuem para a solução de desafios relacionados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável do no eixo Pessoas estão vinculados os (ODS 1, ODS 2, ODS 3, ODS 4, ODS 5 e ODS 10). No eixo Planeta os (ODS 6, ODS 7, ODS 13, ODS 14 e ODS 15). No eixo Prosperidade os (ODS 8, ODS 9, ODS 11 e ODS 12). E por fim, nos eixos Paz & Parcerias (ODS 16 e ODS 17). A Faculdade de Tecnologia Senai Londrina, inscreveu e três trabalhos, a saber:

- ✓ *No Eixo Planeta Construção de um kit didático simulando, no período noturno, além da irradiação solar em painéis fotovoltaicos, a carga de baterias, o controle de cargas e a injeção de potência na Rede Elétrica Comercial, chamado de “Kit didático Solar Noturno”.*
- ✓ *No Eixo Planeta a Construção do Robô Agroschock, com o objetivo de eliminar, através da Eletrocussão as ervas daninhas indesejadas no campo, eliminando desta forma a utilização de defensivos agrícolas.*
- ✓ *No eixo Prosperidade foi inscrito o trabalho “Automação de estufa hidropônica” que envolve desde o projeto até os indicadores de performance da uma estufa.*

Esses trabalhos fazem parte da metodologia "Jornada de Aprendizagem" das Faculdades da Indústria, em que os estudantes são desafiados a solucionar os problemas reais da Indústria.

Os Trabalhos da Faculdade da Indústria SENAI Londrina que receberam menção honrosa no evento foram:

No eixo Prosperidade o trabalho da “Automação de estufa hidropônica” e no Eixo Planeta o trabalho do “kit didático solar noturno”

Na vanguarda da Educação Superior, a instituição, atenta as novas demandas, identificou, por exemplo, necessidades da indústria com ações voltadas à construção de ambientes sustentáveis e inteligentes a partir da nova revolução industrial 4.0.

Assim sendo, a Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina, oferece aos alunos ciclos de palestras e atividades que visam trabalhar questões socioambientais como parte importante do perfil profissional desenvolvido na IES; sendo parceira desde a sua fundação, através do Sistema Fiep, do CIFAL Curitiba, que é responsável por

desenvolver programas de capacitação e promover cooperações técnicas que contribuam para o desenvolvimento sustentável e o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS).

b) Atividades Acadêmicas

Até 2020, a temática meio ambiente era enfatizada na disciplina de Segurança do Trabalho e Meio Ambiente. Em 2021, a temática passou a ser desenvolvida na disciplina de Ciência, Tecnologia e Sustentabilidade. Porém, em função da sua amplitude o assunto é abordado de maneira transversal, tornando-se recorrente em todas as disciplinas do curso.

Ressalta-se que o estudo voltado para o meio ambiente está presente de forma consolidada na formação dos discentes em sala de aula, também a temática foi discutida durante as edições da Semana Científica da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina (Tabela 2).

*Tabela 2. Atividades Acadêmicas*

<b>Apresentações em sala de aula</b>	<b>Apresentações durante a Semana Científica da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina</b>
Procedimentos para descarte de cavaco e óleo	Impacto dos fluídos de corte no meio ambiente
Descarte do óleo automotivo na empresa Fiat	Tratamento de efluentes
Marajó	Reciclagem do aço
Poluição ao meio ambiente	Resíduos da construção civil
Aplicação, gerenciamento e correto descarte de espuma rígida de poliuretano	Sobras de resíduos de usinagem e sua reciclagem
Seminário sobre meio ambiente: empresa Pado	Impactos ambientais gerados pelo chumbo no descarte de baterias
O que acontece dentro ou fora da Dori?	Análise comparativa do desempenho energético de painéis fotovoltaicos convencionais e orgânicos
Tratamento dos resíduos sólidos produzidos na empresa fiação de seda Bratac	Consumo de energia elétrica e suas respectivas bandeiras tarifárias
Tratamento de efluentes líquidos de galvanoplastia na empresa Pado	Cogeração de energia no processo de fabricação de papel e celulose
Resíduo Industrial e sua destinação	Desenvolvimento de um tapete piezoelétrico de titanato de bário para geração e armazenamento de energia elétrica
Gerenciamento de resíduos sólidos	
Sistema de recuperação de energia cinética	
Análise Comparativa do desempenho energético de painéis fotovoltaicos convencionais e orgânicos	

<p>Desenvolvimento de sistema móvel para produção de água com compartimentos de refrigeração e aquecimento provindo de condicionadores de ar</p>	<p>Fluídos de corte aplicações e implicações para área ambiental</p> <p>Reciclagem do aço processo de fabricação, reutilização e sua importância.</p> <p>Energia fotovoltaica como alimentação primária em no-breaks</p> <p>Estudos dos aspectos tecnológicos das principais ligas de alumínio na fabricação de fuselagem</p> <p>Caracterização do compósito de matriz polimérica com reforço de fibra de vidro: análise do processo de furação de placas isolantes</p>
--	---

Fonte: Autor (2022).

#### c) Arrecadação de lixo eletrônico – Pilhas/ Baterias compactas

As pilhas passaram a ser coletadas desde 2014, através de uma ação envolvendo alunos da faculdade e ficaram armazenadas na instituição, enquanto se pesquisava a melhor alternativa de logística reversa. Foram levantados os custos de cada alternativa, considerando-se a confiabilidade da destinação correta do sistema de coleta. Em 2015, no final do mês de maio, em uma ação conjunta com a Ong E-Lixo, Prefeitura Municipal de Londrina e a Serviços de Comunicações Telefônicas de Londrina (SERCOMTEL), arrecadou-se baterias de celular que foram direcionadas para a Sercomtel, com garantia de destinação correta. A arrecadação de pilhas de diferentes marcas e modelos, em trabalho conjunto com a Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura de Londrina, foram encaminhadas para postos de coleta credenciados junto ao município, destacando-se o Supermercado Carrefour do Catuaí Shopping Londrina, que mantém um sistema de coleta confiável e gratuito de pilhas usadas.

A campanha de coleta de lixo eletrônico mobilizou calouros e veteranos da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. A 4ª. Gincana da Cidadania (Trote Solidário) incentivou a coleta de lixo eletrônico durante o mês de setembro de 2015. Foram coletados computadores, notebooks, aparelhos de DVD, telefones, chapinhas, televisores e outros aparelhos eletrônicos, conforme mostrado na Fig.

Figura 4. Campanha de Coleta de Lixo Eletrônico em 2014

**Lixo Eletrônico** é todo resíduo material produzido pelo descarte de equipamentos eletrônicos. Com o elevado uso de equipamentos eletrônicos no mundo moderno, este tipo de lixo tem se tornado um grande problema ambiental quando não descartado em locais adequados. Os resíduos computacionais, resíduos eletrônicos ou lixo eletrônico são os termos mais comuns utilizados para denominar todo e qualquer material eletro eletrônico descartado ou obsoleto. Assim, o termo engloba diversos produtos, tais como computadores, aparelhos de televisão, rádios, geladeiras, celulares, dentre diversos outros dispositivos com os quais temos contato diariamente.

**EQUIPAMENTOS QUE SERÃO ACEITOS:**

- Aparelhos de DVD
- Aparelhos de Fax
- Aparelhos de Som
- Aparelhos e Controles de Video Game
- Aquecedores
- Ar Condicionado
- Bateria de Celular
- Cabos
- Caixas de Som
- Carregadores de Celulares
- Fontes
- CD ROM
- Celular
- Centrais Telefônicas
- Chapinhas
- Computadores
- Conectores
- Copiadoras
- CPU's
- Disco Rígido/HD
- Estabilizadores
- Fios
- Impressoras
- Máquina Fotográfica
- Memórias
- Modem
- Monitor CRT
- Monitor LCD
- Mouse
- No Breaks
- Notebooks
- Pen Drive
- Placa Mãe
- Placas de Computadores e Similares

**LOCAL:**

**PARTICIPE VOCÊ TAMBÉM!**

**CAMPANHA DE COLETA DE LIXO ELETRÔNICO**

**LIXOS ELETRÔNICOS:**  
Monitores de Computadores  
Telefones Celulares e baterias  
Computadores  
Televisores  
Câmeras Fotográficas  
Impressoras  
Entre outros...

**VOCÊ SABIA?**  
Cerca de 49 milhões de toneladas de lixo eletrônico são gerados por ano no mundo! Entre os países emergentes, o Brasil é o país que mais gera lixo eletrônico!  
A cada ano o Brasil descarta: cerca de 97 mil toneladas métricas de computadores; 2,2 mil toneladas de câmeras; 17,2 mil toneladas de impressoras!

**LEMBRE-SE!**  
O primeiro passo para evitar a poluição do meio ambiente é fazer a coleta seletiva em casas, escolas e empresas.  
O lixo eletrônico deve sempre ser separado dos resíduos orgânicos e dos materiais recicláveis (papel, plástico, metal).

REALIZAÇÃO:  
SENAI  
FACULDADES DA INDÚSTRIA  
FIEP SENAI IEL  
E-LIX

Fonte: Autor (2022).

Durante o período da arrecadação, a comunidade acadêmica do Senai Londrina e o público em geral se solidarizou com a campanha. A organização do evento realizou o acompanhamento e pesagem de todas as arrecadações, totalizando 8,5 toneladas de lixo eletrônico. A parceria com a ONG E- Lixo proporcionou a contrapartida da doação de um computador Dell completo, recebido pela Faculdade Senai Londrina e doado para a Associação Projeto Pão da Vida, em 19/06/2015.

Em 2021, houve nova campanha de Coleta de Lixo Eletrônico: Pilhas e Baterias, Equipamentos Eletrônicos, Eletrodomésticos e Chapas de Raio X (Figura 4) em parceria com o Rotary Coleta.

Figura 5. Campanha de Coleta de Lixo Eletrônico em 2021



Fonte: Autor (2022).

Nesta campanha foram arrecadados 620 kg de lixo eletrônico pelos alunos da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. A parceria com a ONG também proporcionou doação de dois computadores desktop e um microondas para uma escola filantrópica de Londrina-PR, fruto de arrecadação de campanha anterior.

#### d) Campanha de Tampinhas e Lacres de Alumínio

A primeira campanha ocorreu em 2019, sendo arrecadados 18,07 kg de lacres por funcionários Senai Londrina, alunos Sesi Londrina e alunos dos cursos da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina, doados ao Hospital do Câncer de Londrina. A segunda campanha ocorreu em 2022 (Figura 5) sendo arrecadados 28 kg de lacres e 54 Kg de tampinhas, que foram revertidos em 120 caixas de leite, doadas ao Projeto Ide localizado no Jardim União da Vitória II em Londrina/PR.

Figura 6. Campanha de Tampinhas e Lacs de Alumínio em 2022



Fonte: Autor (2022).

A Campanha de Tampinhas e Lacs de Alumínio da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina é permanente, com arrecadação semestral.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, infere-se que a percepção dos dados apresentados, permitem-nos observar que as atividades da IES que relacionam a gestão ambiental estão evidenciadas em eventos e atividades nas disciplinas como temática transversal.

Em nossos projetos pedagógicos salienta-se o foco em resultados a partir da utilização da metodologia ativa das Jornadas de aprendizagem, deste projetos passando por processos e chegando aos serviços e produtos que podem ser ofertados pela comunidade acadêmica. Contudo cabe ressaltar que o mesmo projeto resalta que a tomada de decisão profissional deve considerar as questões socioambientais com forte posicionamento ético em relação aos cuidados com o próximo e com o planeta.

Neste sentido, cabe a faculdade oportunizar eventos e incentivar de forma continuada os discentes a atuarem de forma inovadora, competitiva e cooperativa, na solução dos problemas da sociedade contemporânea; respeitando os valores humanos, ambientais e a ética profissional, visando a melhoria da qualidade de vida e conseqüentemente do bem estar social.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, 1988.

BRASIL. **Decreto nº 4.281, de 25 de junho de 2002**. Regulamenta a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.

CORTESE, A. D. The critical role of higher education in creating a sustainable future. **Planning for higher education**, v. 31, n. 3, p. 15-22, 2003

CIFAL Curitiba. <https://cifalcuritiba.org.br/eventos/i-simposio-faculdades-da-industria-pesquisa-inovacao-e-sustentabilidade/> acesso em 22/02/2022.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. Pesquisa Científica. In: GERHARDT, E.; SILVEIRA, D.T. (orgs). **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009.

