



XXVIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS
SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2024

ESTIMAÇÃO DO ÂNGULO DE UMA JUNTA ANTROPOMÓRFICA A TEMPO REAL MEDIANTE A UM SENSOR RESISTIVO FLEXÍVEL

Laiza Araujo Gordiano Oliveira¹; Armando S. Sanca²

1. Bolsista –FAPESB, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana,
e-mail: lgordiano@ecomp.ufes.br

2. Armando S. Sanca, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:
armando@ecomp.ufes.br

PALAVRAS-CHAVE: Estimação; RFS; STM32; Histerese; Modelo de Preisach.

INTRODUÇÃO

De acordo com a PNAD Contínua de 2022, a população com deficiência no Brasil foi estimada em 18,6 milhões de pessoas com 2 anos ou mais, representando 8,9% da população. Essa diversidade de deficiências pode ser refletida na complexidade da condição humana. Entre as pessoas com deficiência no Brasil, 3,4% enfrentam dificuldades para caminhar ou subir degraus, destacando uma das principais limitações físicas dentro desse grupo populacional (IBGE, 2023).

Neste sentido, observa-se que as estatísticas apresentadas revelam a necessidade de avanços tecnológicos que aprimorem a qualidade de vida das pessoas com deficiência, incluindo a reabilitação e a acessibilidade.

Com isso, os sensores de flexão são apresentados como recursos fundamentais, pois possibilitam a aquisição de dados apropriados para a aplicação proposta neste trabalho. Na literatura, encontramos três tipos principais desses sensores: sensor óptico (Zimmerman, 1985); sensor capacitivo (Neely & Restle, 1997); e sensor resistivo flexível (Saggio et al., 2015).

METODOLOGIA

A metodologia do estudo envolveu a implementação de um sistema de estimativa angular utilizando um **sensor resistivo flexível (RFS)**, com foco na compensação da histerese, fenômeno que afeta a precisão das medições. A figura 1, ilustra o protótipo implementado, com os módulos interconectados.

Para a implementação do sistema de aquisição de dados e controle, foi utilizado o microcontrolador STM32. A família de microcontroladores STM32 é amplamente reconhecida por sua flexibilidade e desempenho, possibilitando a implementação de uma variedade de sistemas embarcados.

O sensor flexômetro utilizado, também conhecido como sensor de flexão, é o dispositivo sensível que muda a resistência característica em resposta à flexão no corpo do sensor. Esse sensor é fundamentado no princípio do efeito piezoresistivo, onde a resistência elétrica em materiais semicondutores ou metálicos varia sob a aplicação de uma carga (Sanca et al., 2018).

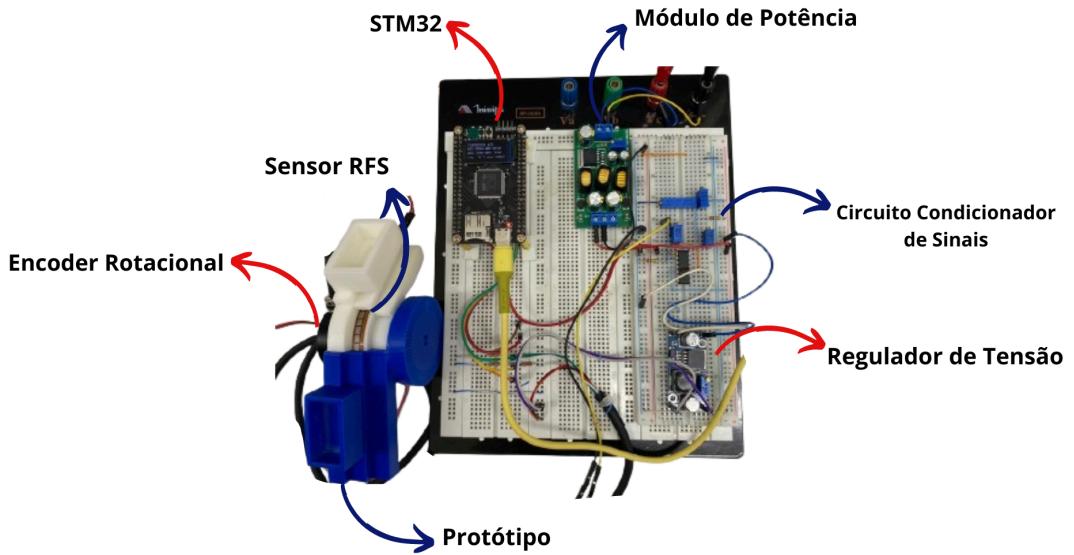


Figura 1: Protótipo implementado para a coleta de dados usando o RFS, encoder, condicionador do sinal e fonte de tensão e microcontrolador.

A montagem do circuito na protoboard, mostrado na figura 1, foi a primeira etapa do projeto, com toda a instrumentação eletrônica para fazê-lo funcionar. No entanto, o Conversor Analógico-Digital (ADC) do STM32, de LVTTL (3,3V), as variações das tensões do RFS, precisam de uma etapa de condicionamento de sinal. Com isso, foi projetado um condicionador usando um Amplificador de Instrumentação (AmpIn). As principais características a serem ajustadas são o ganho e o offset do amplificador. Assim, o sinal de saída do AmpIn projetado gerou os níveis de tensão compatíveis com o ADC do STM32, para o melhor aproveitamento da resolução do conversor.

Para a implementação do sistema de aquisição de dados e controle, foi utilizado o microcontrolador STM32. A família de microcontroladores STM32 é amplamente reconhecida por sua flexibilidade e desempenho, possibilitando a implementação de uma variedade de sistemas embarcados. O software do projeto foi programado na plataforma STM32CubeIDE devido à sua compatibilidade avançada com microcontroladores STM32, além das facilidades que a ferramenta integrada oferece, como configuração dos periféricos e facilidade de inicialização da programação. O código foi organizado em módulos distintos e com funções específicas que operam juntas para permitir o funcionamento do sistema.

A histerese é um fenômeno intrínseco a sistemas físicos e tecnológicos, onde a mudança atual é influenciada por mudanças passadas. Ao abordar o conceito de histerese, frequentemente nos deparamos com uma relação entre duas quantidades escalares dependentes do tempo, que não podem ser descritas por uma única função (Brokate & Sprekels, 2012). O estudo desses laços de histerese é crucial para compreendermos os comportamentos não lineares e históricos de sistemas, onde a resposta do sistema não é apenas uma função das condições presentes, mas também de seu histórico (Brokate & Sprekels, 2012).

Existem diversos modelos matemáticos que são usados para compensar os efeitos de histerese. O modelo estudado foi de Preisach. O modelo escalar clássico de Preisach

é fundamentado na representação do efeito de histerese através de uma coleção infinita de elementos discontinuos, chamados histerons básicos, que se comportam como relés (Zsurzsán et al., 2015).

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO

Durante o desenvolvimento do projeto, foram obtidos resultados significativos, especialmente no que diz respeito à integração do sensor de flexão com o sistema. Os valores coletados pelo RFS e encoder foram processados para se transformar em ângulos. Para calcular o ângulo do encoder, considerou-se que o valor mínimo do encoder é 0, representando 0° , e o valor máximo é aproximadamente 586, representando 90° . Da mesma forma, para determinar o ângulo do sensor RFS, usou-se um valor mínimo de 47 e um valor máximo de aproximadamente 2539,67. Com esses dados foram obtidos os gráficos que mostram as trajetórias angulares, vindos do RFS (vermelho pontilhado) e do encoder (linha azul) na figura 2 (a). Nos testes realizados, indicam a existência de uma histerese significativa, também, corroborado na figura 2(b), quando executados transições aleatórias de flexão/extensão.

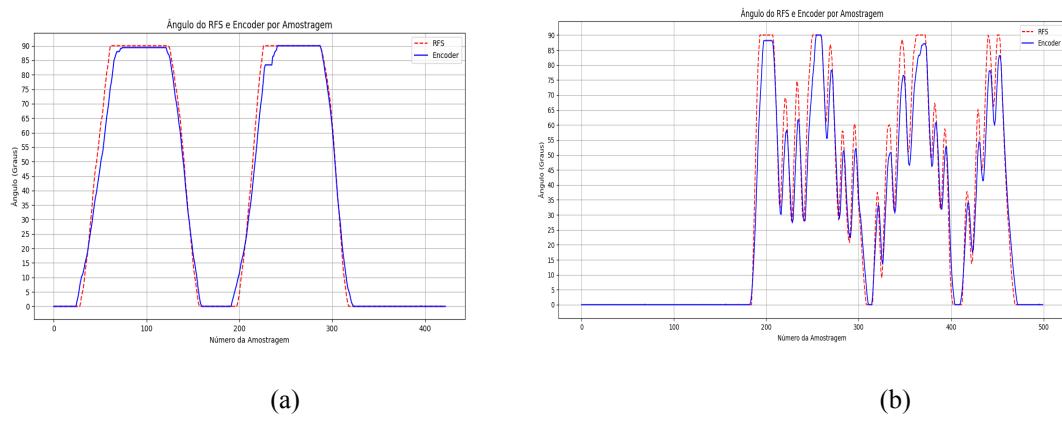


Figura 2: Gráficos do ângulo de curvatura do Encoder e do RFS coletados
 (a) Percurso angular periódico. (b) Transições de flexão/extensão aleatórios.

As figuras 3(a) e (b) descrevem a histerese gerada pelo RFS, comparado com o encoder, respectivamente. O encoder foi usado como padrão para mostrar precisão na coleta do ângulo e ao realizar a comparação é perceptível a histerese presente no sensor RFS, trazendo a não linearidade no valor coletado.

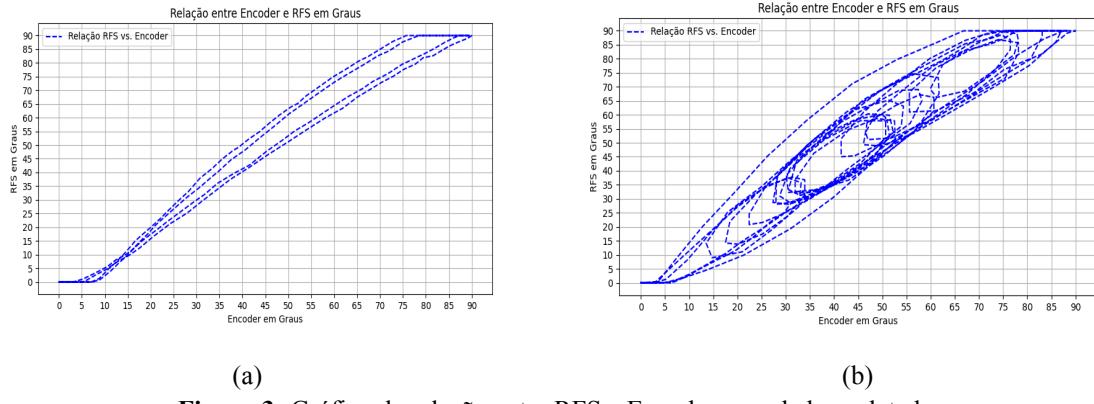


Figura 3: Gráfico da relação entre RFS e Encoder com dados coletados.
 (a) Percurso angular periódico. (b) Transições de flexão/extensão aleatórios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste projeto, foi abordado a utilização do Sensor Resistivo Flexível para a estimativa de deslocamentos angulares, com o intuito de esclarecer o fenômeno da histerese e sua contribuição na imprecisão das medições. Foi proposto o uso do modelo de Preisach para compensação no plano de trabalho, mas não foram finalizadas as implementações, apenas a representação das curvas de histerese. O uso de um microcontrolador STM32H750 usando a plataforma do STM32CubeIDE, junto com as implementações eletrônicas e a programação foi possível disponibilizar uma plataforma para dar sequência ao processo computacional do compensador a tempo real.

O estudo detalhado do fenômeno da histerese e do modelo de Preisach permite uma aplicação prática na implementação de compensadores para sistemas que usam dispositivos RFS e novas possíveis abordagens para a compensação. No entanto, é preciso salientar que desafios consideráveis estão na implementação prática do modelo de Preisach, e o estudo mais aprofundado e implementação de algoritmos computacionais mais robustos, necessários para a integração efetiva do modelo ao sistema e melhora da precisão e estabilidade de medição.

Em resumo, o projeto contribuiu para o avanço do conhecimento e aplicação acerca da histerese em RFS, e criou uma base sólida para futuros trabalhos e projetos de pesquisa nesta área de sistemas de medição e controle. O trabalho apresentado até aqui, apesar de representar um avanço pequeno, será a base para a busca de soluções mais robustas para a compensação da histerese, os quais tornarão possível a utilização destes dispositivos em sistemas vestíveis.

REFERÊNCIAS

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - Pessoas com Deficiência, 2022.** Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: [liv102013_informativo.pdf\(ibge.gov.br\)](http://liv102013_informativo.pdf(ibge.gov.br)). Acesso em: 10 set. 2024.
- SANCA, Armando S. et al. Characterization of Resistive Flex Sensor Applied to Joint Angular Displacement Estimation. In: **2018 Latin American Robotic Symposium, 2018 Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and 2018 Workshop on Robotics in Education (WRE)**. IEEE, 2018. p. 33-38.
- ZIMMERMAN, Thomas G. **Optical flex sensor**. U.S. Patent n. 4,542,291, 17 set. 1985.
- NEELY, James S.; RESTLE, Phillip J. **Capacitive bend sensor**. U.S. Patent n. 5,610,528, 11 mar. 1997.
- SAGGIO, Giovanni et al. Resistive flex sensors: a survey. **Smart Materials and Structures**, v. 25, n. 1, p. 013001, 2015.
- BROKATE, Martin; SPREKELS, Jürgen. **Hysteresis and phase transitions**. Springer Science & Business Media, 2012.
- ZSURZSAN, Tiberiu-Gabriel et al. Preisach model of hysteresis for the Piezoelectric Actuator Drive. In: **IECON 2015-41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society**. IEEE, 2015. p. 002788-002793.