



PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO ROBÓTICO PARA ALIMENTAÇÃO ASSISTIDA CONTROLADO POR COMANDOS DE VOZ

Davyd Rocha dos Reis¹, Ingrid Sousa da Silva², João Victor Figueira dos Santos¹, Marcelo Pita de Souza², Gilson Fernandes Braga Junior¹, Paula Renatha Nunes da Silva^{1,2}

¹Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências, Laboratório de Máquinas Elétricas e Acionamentos

²Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências, Laboratório de Sinais e Sistemas

Resumo: Muitas são as razões pelas quais alguém pode perder um membro, o que modifica drasticamente a forma como tarefas simples são realizadas, como, por exemplo, o ato de se alimentar. Neste trabalho, é apresentado um protótipo de um braço robótico controlado por voz para agarrar objetos em curtas distâncias. O braço utiliza a plataforma Arduino e sensores de reconhecimento de voz para comandar os servomotores que executarão movimentos de forma precisa e controlada, mimetizando o braço humano.

Palavras-chave: Arduino; Braço robótico; Protótipo; Reconhecimento de Voz; Servomotores.

INTRODUÇÃO

Pessoas com deficiência muitas vezes dependem de cuidadores ou familiares para auxiliá-las em suas atividades cotidianas. Dentre as diversas atividades, carregar objetos e alimentar-se afetam negativamente a vida de pessoas que têm limitações de movimento total ou parcial de membros superiores. Portanto, braços ou assistentes robóticos podem fornecer uma solução alternativa, se as interfaces de usuário intuitivas forem projetadas para operações simples.

Nesse contexto, Tecnologia Assistiva (TA) é a expressão usada para ferramentas e recursos que beneficiam pessoas com deficiência, trazendo maior independência, bem-estar e inclusão social. Essas tecnologias trabalham de forma a ampliar a acessibilidade, mobilidade, comunicação e educação, direitos de todo cidadão, mas que às vezes ficam restritos por causa das limitações físicas. A área de TA é interdisciplinar, ou seja, engloba vários ramos da ciência, sendo um campo vasto para pesquisa e desenvolvimento de projetos. Dentre os inúmeros projetos, braços robóticos assistivos (*Arm Robotics Assistive* - ARA) têm despertado grande interesse na reabilitação de pacientes (FORNAROLO et al., 2020).

Segundo Cio et al. (2019), diversos fabricantes já comprovaram a eficiência de dispositivos ARA na reabilitação de pacientes. Contudo, um dos principais desafios dos ARA é que devem ser versáteis o suficiente para suportar o maior número de pessoas

com diversas deficiências nos membros superiores, incluindo distrofias musculares, paralisia cerebral e tetraplegia, ajudando-as a recuperar a maior parte de sua autonomia e melhorar sua qualidade de vida.

Para trazer maior autonomia aos usuários, a área de processamento de sinais tem recorrido frequentemente ao reconhecimento de voz, em particular o reconhecimento de voz automático (*Automatic Speech Recognition* - ASR), que é a capacidade de converter fala em texto (FORNAROLO et al., 2020). Os sistemas de reconhecimento de voz usam algoritmos para analisar ondas sonoras e identificar palavras faladas. Essa tecnologia é amplamente usada em assistentes virtuais, como a Siri da Apple, a Alexa da Amazon e o Google Assistant (ALHARBI et al., 2021), os quais são resultados dos recentes avanços na comunicação humano-máquina.

De acordo com Yu e Deng (2015), os estudos de ASR são afetados pelos seguintes fatores: i) número de falantes para treinar o sistema, ou seja, é necessário um grande número de usuários; ii) natureza do discurso, onde a voz do usuário é mais facilmente reconhecida em um sistema de reconhecimento isolado, com a fala pronunciada palavra por palavra com pausas entre elas; iii) tamanho do vocabulário, que varia de acordo com o número de palavras que o sistema pode reconhecer; e iv) largura de banda espectral, onde a diminuição da largura de banda piora o desempenho do sistema ASR treinado e vice-versa.

A arquitetura típica de um sistema ASR é ilustrada na Figura 1. Conforme indicado na figura, o sistema ASR possui quatro componentes principais: processamento de sinal e extração de características, modelo acústico (AM), modelo de linguagem (LM) e busca de hipóteses.

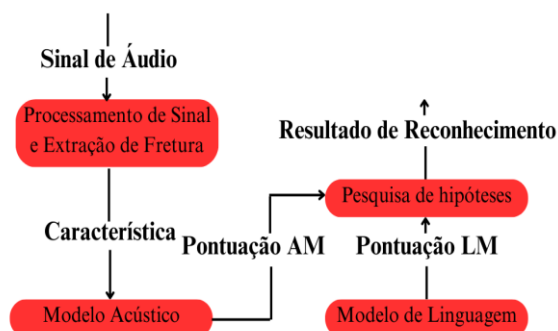


Figura 1. Arquitetura do ASR (YU e DENG, 2015).

A maioria dos sensores utilizados para o reconhecimento de voz emprega a arquitetura mostrada na Figura 1. O bloco de processamento de sinal e extração de características toma como entrada o sinal de áudio, aprimora a fala removendo ruídos e distorções de canal, converte o sinal do domínio do tempo para o domínio da frequência e extrai vetores com características dominantes que são adequados para os seguintes modelos acústicos.

O modelo acústico integra conhecimentos sobre acústica e fonética, tomando como entrada os traços gerados a partir do componente de extração de características e gerando uma pontuação AM para a sequência de características de comprimento variável. O modelo de linguagem estima a probabilidade de uma sequência de palavras hipotéticas, ou pontuação LM, aprendendo a correlação entre palavras de uma base de dados de treinamento (normalmente de texto). A pontuação LM muitas vezes pode ser estimada com mais precisão se o conhecimento prévio sobre o domínio ou tarefa for conhecido. O componente de busca de hipóteses combina as pontuações AM e LM, dada a sequência do vetor de características e a sequência de palavras hipotética, gerando a sequência de palavras com a pontuação mais alta como resultado do reconhecimento.

O presente artigo consiste na prototipagem de um braço robótico em MDF controlado por voz para pegar objetos em curtas distâncias. O sistema é embarcado na plataforma Arduino e utiliza o reconhecimento de voz com microfone para comandar os servomotores que executarão movimentos de forma precisa e controlada, mimetizando o braço humano. Ou seja, o objetivo é executar uma ampla gama de movimentos, incluindo flexão, extensão, rotação, agarre e

manipulação de objetos de diferentes tamanhos e formas, adequando-se ao uso prolongado e às atividades diárias do usuário, com possibilidade de personalização adaptada às necessidades do usuário. Além disso, é ergonomicamente otimizado para minimizar o estresse físico no usuário e facilitar a integração com o corpo humano.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia aplicada é de caráter qualitativo. Com esse método, é possível avaliar o funcionamento do protótipo proposto e comparar a execução de movimentos com os de um braço humano. A pesquisa qualitativa apresenta resultados simbólicos, uma vez que está em andamento, podendo ou não ser considerados no estudo final. Além disso, a pesquisa é de natureza aplicada, pois o conhecimento gerado aponta para soluções de problemas específicos, direcionado a uma situação específica, ou seja, a alimentação assistida.

Na Figura 2 é apresentado o diagrama de blocos da prova de conceito do sistema proposto.

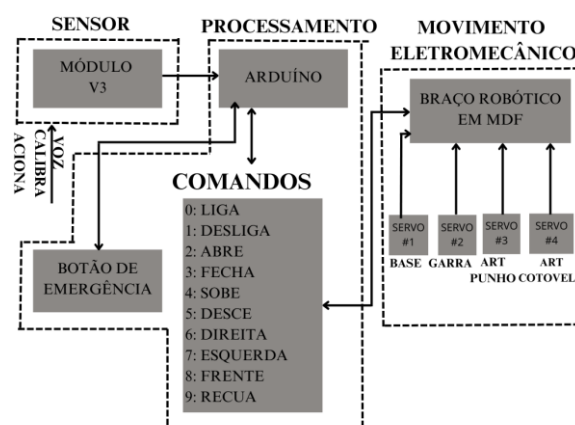


Figura 2. Prova de conceito do braço robótico comandado por voz.

O módulo SENSOR recebe os dados de voz para treinamento (calibração) pelo usuário. Após o treinamento vocal, o braço está apto a executar os comandos armazenados. No módulo PROCESSAMENTO, os comandos básicos são armazenados e processados, baseando-se no grau de liberdade do braço. Por razões de segurança, também foi previsto um botão de emergência, que desligará o braço em caso de perda de controle. No bloco MOVIMENTO ELETROMECCÂNICO, são integrados o braço robótico e os servomotores, responsáveis por movimentar cada articulação do braço após receber o devido comando.

A plataforma Arduino foi escolhida para realizar o processamento por ser um microcontrolador de baixo custo e bastante popular entre estudantes e

profissionais para implementação de modelos conceituais, interagindo de forma rápida com sensores e atuadores (AZHIIMAH et al., 2020; KAVYA et al., 2021). O Arduino é baseado no ATmega 328, possui 14 pinos de entrada/saída digital (dos quais 6 podem ser usados como saída PWM) e 6 entradas analógicas. O Arduino funciona a 5VCC e tem uma velocidade de clock de 16 MHz, como mostrado na Figura 3.

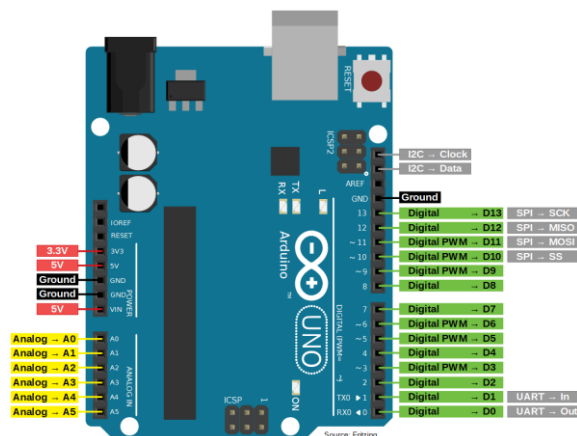


Figura 3. Microcontrolador selecionado.

O protótipo foi desenvolvido em etapas conforme apresentado na Tabela 1 e foi devidamente simulado (ver Figura 4) antes da implementação, para evitar possíveis erros e garantir a integridade dos componentes utilizados.

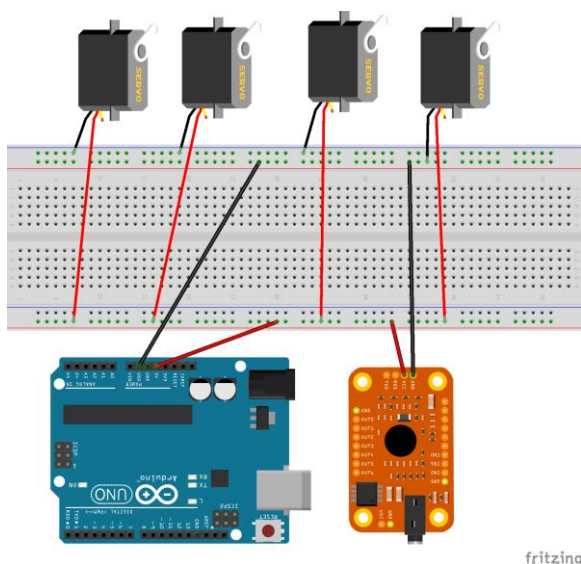


Figura 4. Diagrama de simulação.

A descrição dos componentes é fornecida a seguir:

- Módulo de Reconhecimento de Voz V3 com microfone: Executa comandos específicos, com precisão de reconhecimento de voz de 99% em ambiente adequado. A interface de saída de áudio Easyvr 3.0 pode ser conectada diretamente a um alto-

falante de 8 ohms ou a um amplificador de áudio externo para som de baixa impedância. Além disso, também pode ser conectado a cargas de alta impedância, como fones de ouvido, desde que a potência de saída esteja de acordo com a saída obtida.

- Braço Robótico em MDF: Possui comprimento de aproximadamente 28 cm, largura de cerca de 10 cm e altura de cerca de 20 cm, construído em MDF de 3mm.

Micro Servo 9g SG90: Trabalha com tensões de até 6V, tendo um torque específico para cada faixa de tensão, com uma rotação de 180° e velocidade de movimento de 0,11/60 graus.

Tabela 1. Algoritmo de desenvolvimento do protótipo.

Etapas	Finalidade
1. Montagem do braço robótico	Avaliação da parte mecânica e verificação da instalação das engrenagens e dos servomotores. Conexão dos sensores ao Arduino, garantindo fiações e conexões corretas e, se necessário, inicializando as bibliotecas necessárias para cada sensor.
2. Conexões e cabeamento	Declaração das variáveis para armazenamento da leitura do módulo de reconhecimento de voz e outros dados pertinentes. Essa etapa é essencial no processo.
3. Definição de variáveis	Antes do uso efetivo, é necessário o treinamento do módulo, para que os comandos fiquem armazenados.
4. Treinamento de comandos	O processamento de dados pode envolver tarefas essenciais, incluindo a conversão da voz (onda sonora) em variáveis digitais.
5. Processamento de dados	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação do projeto é apresentada na Figura 5. O módulo de reconhecimento de voz foi treinado para receber dez comandos, que estão listados na Tabela 2.

Durante o processo de gravação, observou-se que alguns fonemas eram interpretados de forma errônea pelo módulo, evidenciando que os comandos devem ser escolhidos cuidadosamente. Por exemplo, o comando "mover o braço para trás" não era reconhecido corretamente, sendo substituído pelo comando "RECUA".

Tabela 2. Comandos correspondentes a cada controle de voz.

Nr.	Comando de Voz
0	LIGA
1	DESLIGA
2	ABRE
3	FECHA
4	SOBE
5	DESCE
6	DIREITA
7	ESQUERDA
8	FRENTE
9	RECUA

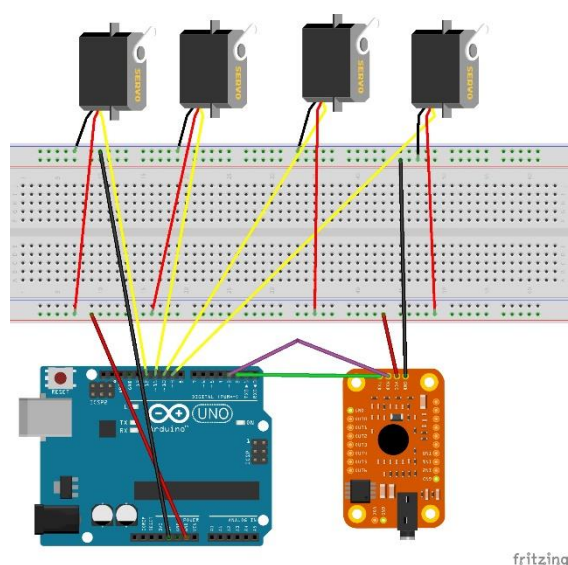


Figura 5. Implementação do projeto.

Para contornar esse problema, foi realizada uma nova escolha de comandos, que demonstraram maior eficiência durante os testes. Estes comandos estão listados na Tabela 3.

Tabela 3. Comandos correspondentes a cada controle de voz para o segundo teste.

Nr.	Comando de Voz
0	LIGAR
1	DESLIGAR
2	ABRIR
3	FECHAR
4	SUBIR
5	DESCER
6	DIREITA
7	ESQUERDA
8	FRENTE
9	RECUAR

Portanto, entre os fatores que podem afetar o sistema controlado por voz incluem pronúncia clara, tom do som, distância do microfone, fonte sonora, entonação e nível de ruído. Esses fatores indicam que o sistema

necessita de mais treinamento para alcançar maior exatidão.

CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo desenvolver uma prova de conceito de um braço robótico utilizando reconhecimento de voz. Para isso, foi adaptado um braço robótico comercial com um sensor V3, o qual foi treinado para se adaptar às necessidades dos usuários com deficiência em diferentes níveis nos membros superiores. O sistema atualmente continua em testes, visando o aprimoramento para superar alguns desafios, tais como: diminuir o tempo de resposta ao usuário, permitir a incorporação de tecnologias Bluetooth (fones de ouvido) para minimizar o efeito do ruído, além de melhorias no desenho do braço, como a adaptação de uma colher.

AGRADECIMENTOS

A Pró-reitoria da Cultura, Comunidade e Extensão da Universidade Federal do Oeste do Pará, por meio do projeto de extensão PRJ033-2023: Robô-Limpo: Robótica educacional e conscientização ambiental na comunidade.

REFERÊNCIAS

- CIO, Yann-Seing Law-Kam et al. Proof of concept of an assistive robotic arm control using artificial stereovision and eye-tracking. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, v. 27, n. 12, p. 2344-2352, 2019.
- ALHARBI, Sadeen et al. Automatic speech recognition: Systematic literature review. *IEEE Access*, v. 9, p. 131858-131876, 2021.
- YU, D., & DENG, L. Automatic Speech Recognition. *Signals and Communication Technology*, 2015.
- KHALID, Sumayya et al. Robotic assistive and rehabilitation devices leading to motor recovery in upper limb: a systematic review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, v. 18, n. 5, p. 658-672, 2023.
- FORNAROLO, Gabriel Cavichioli; BACARIN, Victor Felipe. Garra Robótica Controlada por Comando de Voz. 2020. Tese de Doutorado. [sn].
- AZHIIMAH, Alfiantin Noor et al. Automatic Control Based on Voice Commands and Arduino. In: *International Joint Conference on Science and Engineering (IJCE 2020)*. Atlantis Press, 2020. p. 29-34.
- KAVYA, M. et al. An arduino-based robotic arm with speech recognition. In: *2021 Second International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)*. IEEE, 2021. p. 742-746.