

Diretrizes para a construção de um alimentador robótico para pessoas com deficiência motora em membros superiores

Petrikic, Djovana^{*1}; Hembecker, Paula Karina²; Sipoli, Gabriela V.³; Santos, Ketlin M. M.⁴; Nunes Nogueira, Guilherme⁵ Nohama, Percy⁶

1 – Graduação em Engenharia Biomédica, PUCPR, djovanapetrikic@gmail.com.br

2 – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, pkhembecker@gmail.com

3 – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, gabivsipoli@hotmail.com

4 – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, ketlin.medeiros@hotmail.com

5 – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, nogueira.g@pucpr.br

6 – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde, PUCPR, percy.nohama@pucpr.br

* - Correspondência: Rua Frei Rogério, 20, Jardim das Américas, Curitiba, Paraná, Brasil, 81530-080.

DOI 10.52050/9788579177156-34

RESUMO

O aumento da população idosa e a prevalência de deficiências nos membros superiores evidenciam a necessidade de tecnologias assistivas para alimentação. Este trabalho tem como objetivo propor diretrizes técnicas para o desenvolvimento de um braço robótico de auxílio à alimentação. A partir de uma revisão sistemática da literatura em bases científicas internacionais, foram analisados 107 artigos que embasaram a elaboração de parâmetros práticos nas dimensões de funcionalidade, estrutura física, interface, hardware e treinamento. Como resultado, são propostos parâmetros e elementos para auxiliar engenheiros e desenvolvedores no desenvolvimento de tecnologias que promovam autonomia, qualidade de vida e inclusão para pessoas com deficiência e idosos durante a alimentação.

Palavras-chave: Robô de assistência a refeições, Tecnologia assistiva, Diretrizes.

ABSTRACT

The increase in the elderly population and the prevalence of upper limb disabilities highlight the need for assistive technologies for feeding. This study aims to propose technical guidelines for the development of a robotic arm to assist with feeding. Based on a systematic review of the literature in international scientific databases,

107 articles were analyzed to support the formulation of practical parameters about dimensions of functionality, physical structure, interface, hardware, and training. As a result, parameters and elements are proposed to assist engineers and developers in creating technologies that promote autonomy, quality of life, and inclusion for people with disabilities and the elderly during feeding.

Keywords: Meal Assistance Robot, Assistive Technology, Guidelines.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS, 2019), 2,7% da população brasileira possui alguma deficiência motora nos membros superiores. Diante disso, surgem as tecnologias assistivas, que têm como objetivo auxiliar na alimentação, promover autonomia, independência e melhoria da qualidade de vida dessas pessoas.

O envelhecimento populacional é um fator demográfico relevante. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2024), até 2030, uma em cada seis pessoas no mundo terá 60 anos ou mais, e até 2050 a população nesta faixa etária quase dobrará, passando de 12% para 22%. Embora a idade em si não seja a causa, o aumento da expectativa de vida está associado a uma maior incidência de condições que afetam a autonomia motora, como esclerose múltipla, paralisia cerebral, doença de Parkinson e sequelas de acidentes vasculares cerebrais (AVC). Tais afecções podem levar à necessidade de dispositivos de assistência, exigindo soluções tecnológicas que promovam a autonomia, segurança e qualidade de vida, garantindo que os usuários possam realizar atividades básicas, como se alimentar de forma independente.

Neste estudo, propõe diretrizes técnicas e práticas para o desenvolvimento de braços robóticos para alimentação, abordando aspectos como funcionalidade, estrutura física, interface, hardware e treinamento. As diretrizes foram estruturadas para orientar equipes de engenharia, pesquisadores e desenvolvedores, garantindo que o dispositivo tenha eficiência, usabilidade e segurança.

2. DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÕES

Este estudo foi conduzido por meio de uma revisão sistemática da literatura, sem restrição temporal. Foram consultadas as bases de dados: PUBMED, EMBASE, WEB OF SCIENCE, SCOPUS e IEEE XPLORE.

A estratégia de busca utilizou uma combinação de palavras-chave em inglês relacionadas à temática, incluindo: *assistive technology*, *robotic arm*, *assistive device*, *service robot*, *assisted feeding*, *feeding assistance*, *meal assistance*, *robot*

assisted self-feeding, robotic feeder, self-feeding, robotic gripper, feedbot, feeder, feeding, food, eating, meal, upper limb, upper extremity. A busca inicial retornou 5.682 artigos, os quais foram triados com o auxílio da plataforma Rayyan, resultando na seleção de 107 estudos relevantes. Os critérios de inclusão consideraram artigos que abordassem tecnologias assistivas aplicadas à alimentação de pessoas com deficiência motora em membros superiores.

A análise dos artigos permitiu identificar os principais elementos técnicos necessários à construção de um braço robótico para alimentação assistida. Com base nessas evidências, elaborou-se um mapa mental (Figura 1) que sintetiza as diretrizes organizadas em cinco categorias principais: funcionalidade, estrutura física, interface, hardware e treinamento.

Figura 01 - Mapa mental com diretrizes para o desenvolvimento de um braço robótico de auxílio à alimentação



2.1 Funcionalidade

Os braços robóticos de assistência à alimentação podem ser classificados de acordo com o nível de autonomia e a forma como interagem com o usuário. Alguns sistemas atuam de maneira colaborativa, oferecendo suporte mecânico para levantar o braço ou realizar a preensão. Essa abordagem é especialmente útil para pessoas com fraqueza muscular ou mobilidade reduzida, permitindo que mantenham certo grau de controle ativo durante a alimentação.

Já outros dispositivos operam de forma autônoma, realizando todo o processo de alimentação de maneira independente, desde pegar o alimento no prato até levá-lo à boca do usuário, sem demandar ações motoras voluntárias. A escolha entre um sistema colaborativo ou autônomo depende do grau de limitação motora do usuário, do ambiente de uso e da necessidade da assistência.

2.2 Estrutura Física

A estrutura física de um braço robótico envolve *design* mecânico, a configuração espacial e os materiais utilizados em sua construção. Uma característica importante do *design* mecânico são os graus de liberdade (DOFs), que representam o número de movimentos independentes que o dispositivo pode realizar no espaço. Essa quantidade pode variar entre três e nove graus. Dispositivos com 3 DOFs, como HAL-UL (KAWAMOTO et al., 2011) oferecem suporte funcional, mas com mobilidade limitada. Por outro lado, soluções como a ferramenta Franka Panda (SHAIKEWITZ et al., 2023), possui 7 DOFs em seu braço e sua garra foi complementada com mais 2, completando 9 graus. A redução da complexidade do dispositivo pode ser alcançada diminuindo este número sem que sua funcionalidade seja prejudicada. Essa alteração contribui para a redução do custo do *hardware*, e facilita o controle e a interação homem-máquina (IHM), dessa forma sua utilização fica mais fácil e menos confusa (Comitê Iugoslávia para Eletrônica e Automação, 1978 *apud* (SEMPLE, 1981).

A configuração espacial refere-se ao posicionamento do braço em relação ao usuário e ao ambiente. Alguns modelos de dispositivos possuem grandes dimensões e integram o próprio ambiente, como o desenvolvido por Park et al. (2020). Outros podem ser utilizados sobre mesas, como o proposto por Song et al. (2013), sendo esta a configuração mais utilizada, e há, ainda, aqueles que são fixados em cadeiras de rodas, como o modelo apresentado por Bhattacharjee et al. (2020).

Quanto aos materiais, metais são os mais utilizados, mas propostas com impressão 3D estão se destacando, como a apresentada por Parikh, Trivedi e Joshi (2022). Esse método apresenta diversos benefícios, como a redução de custos, a possibilidade de personalização e a fabricação de estruturas mais leves, sendo estas características vantajosas para dispositivos assistivos.

2.3 Interface

A interface representa o canal de interação do usuário com o dispositivo assistivo, permitindo o controle das funções do braço robótico de forma direta ou indireta. A escolha da interface ideal depende do perfil do usuário e do grau de comprometimento motor. Alguns utilizam interfaces físicas como *joysticks*, botões ou pedais. O projeto do Gai e Zeng (2016), por exemplo, utilizou uma interface com pedal, adequada para idosos com tremores nas mãos. Interfaces baseadas em visão computacional, eliminam a necessidade de contato físico ao interpretar gestos ou movimentos captados por câmeras, como no sistema desenvolvido por Perera, Lalitharatne e Kiguchi (2017). Outra alternativa são

as interfaces por comando de voz, como no trabalho de Liu et al. (2020), que permitem o controle do dispositivo a partir de instruções verbais, facilitando o uso por pessoas com severa limitação motora.

Também se destacam as interfaces neurais e musculares, que empregam sensores de eletromiografia (EMG) e eletroencefalografia (EEG). Esses sistemas captam sinais elétricos dos músculos ou do cérebro para acionar os comandos do braço robótico, proporcionando uma interação altamente personalizada.

2.4 Hardware

O *hardware* compreende os componentes físicos do braço robótico, incluindo atuadores, sensores e os sistemas de controle, que juntos garantem o funcionamento eficiente e seguro do dispositivo. Os atuadores podem ser servo motores - os mais utilizados - motores de passo e motores de corrente contínua (CC) com engrenagens, como apresentado por Kruthika, Kumar e Lakshminarayanan (2016).

Em relação aos sensores, há uma diversidade considerável, variando desde sensores de força e torque, que detectam a força aplicada na garra, até sensores de posição como potenciômetros, ambos também implementados por Kruthika, Kumar e Lakshminarayanan (2016). Ademais, existem também os sensores de sinais biológicos como eletroencefalograma (EEG), utilizado por Perera, Lalitharatne e Kiguchi (2017), e eletromiografia (EMG), utilizado por Zhang et al. (2009), e os sensores táteis, como os empregados por Park et al. (2020). Além disso, câmeras também podem ser utilizadas como sensores, designadas para visão computacional, conforme empregado por Choi et al. (2023).

O controle, por sua vez, pode ser feito por microcontroladores, como o trabalho de Abou et al. (2019) - o Arduino Uno - no qual utilizou também um microcomputador de placa única (SBC) o Raspberry Pi 3. Quando se emprega *softwares* mais complexos, são utilizados minicomputadores como SBC e o Latte Panda Alpha, a exemplo de Choi et al. (2023).

2.5 Treinamento

O treinamento é uma etapa essencial para garantir que o braço robótico seja utilizado de forma segura, eficiente e confortável, tanto do ponto de vista do dispositivo quanto do usuário. Para o dispositivo, o treinamento envolve planejamento de trajetória, garantindo movimentos suaves e seguros entre o prato e a boca, utilizando métodos como LSPB e polinômios de alta ordem descritos por Parikh et al. (2022). Quando o robô incorpora visão computacional ou inteligência artificial, são necessários modelos treinados com dados

específicos, capazes de reconhecer a boca, alimentos e obstáculos conforme mostrado por Choi et al. (2023).

O usuário também passa por um processo de adaptação e aprendizado da interface, o que é especialmente importante em dispositivos com múltiplas funcionalidades ou interfaces complexas. Esse treinamento pode variar desde o uso de controles físicos (como botões ou pedais), até o domínio de interfaces baseadas em sensores biomédicos ou comando visual.

A eficácia da interação homem-máquina está diretamente ligada à clareza da interface e à capacidade do sistema se adaptar às habilidades motoras e cognitivas do usuário.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo propôs diretrizes técnicas para o desenvolvimento de um braço robótico voltado à alimentação assistida, com base em uma revisão sistemática da literatura científica. Foram analisados 107 artigos que permitiram identificar os principais elementos envolvidos no projeto de dispositivos assistivos, agrupados nas seguintes dimensões: funcionalidade, estrutura física, interface, hardware e treinamento.

As diretrizes elaboradas visam orientar engenheiros, pesquisadores e desenvolvedores na construção de soluções que atendam às necessidades específicas de pessoas com deficiência motora em membros superiores. A adoção dessas diretrizes pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de tecnologias mais eficazes, seguras, acessíveis e centradas no usuário, promovendo autonomia, inclusão e qualidade de vida.

Por fim, destaca-se a importância de validar essas diretrizes em contextos práticos, por meio de estudos com usuários reais, a fim de garantir que os dispositivos projetados atendam de forma plena às demandas funcionais e sociais dos públicos-alvo.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao NAPI-TA - Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) pelo importante financiamento, apoio e bolsas de estudo.

REFERÊNCIAS

ABOU HAIDAR, G.; MOUSSAWI, H.; ABOU SAAD, G.; CHALHOUB, A., 2019, *Robotic Feeder for Disabled People (RFDP)*. IEEE. 1-4.

BHATTACHARJEE, T.; GORDON, E. K.; SCALISE, R.; CABRERA, M. E. *et al.*, 2020, *Is more autonomy always better? exploring preferences of users with mobility impairments in robot-assisted feeding*. 181-190.

CHOI, I.; KO, K.; SONG, H.; JUNG, B.-J. *et al.* A Meal-Assistance Robot System for Asian Food and Its Food Acquisition Point Estimation and User Interface Based on Face Recognition. *Applied Sciences*, 13, n. 5, p. 3216, 2023.

GAI, F.; ZENG, J., 2016, *Design on a Desktop Meal-assistance Robot*. Atlantis Press. 885-888.

KRUTHIKA, K.; KUMAR, B. K.; LAKSHMINARAYANAN, S., 2016, *Design and development of a robotic arm*. IEEE. 1-4.

PARIKH, P.; TRIVEDI, R.; JOSHI, K., 2022, *Continuous trajectory planning of a 6 DoF feeding robotic arm using a novel multi-point LSPB algorithm*. IEEE. 1-6.

PARK, D.; HOSHI, Y.; MAHAJAN, H. P.; KIM, H. K. *et al.* Active robot-assisted feeding with a general-purpose mobile manipulator: Design, evaluation, and lessons learned. *Robotics and Autonomous Systems*, 124, p. 103344, 2020.

PERERA, C. J.; LALITHARATNE, T. D.; KIGUCHI, K., 2017, *EEG-controlled meal assistance robot with camera-based automatic mouth position tracking and mouth open detection*. IEEE. 1760-1765.

Pesquisa Nacional de Saúde (PNS). Disponível em: <https://nippis.icict.fiocruz.br/painel/pns/> . Acesso em: 09 mai. 2025.

SEMPLE, E. C. A Robotic Arm and Worktable System for the Assistance of the Physically Handicapped. *Engineering in Medicine*, 10, n. 3, p. 143-147, 1981.

WORLD. *Ageing and health*. Who.int. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>>. Acesso em: 13 maio 2025.

ZHANG, X.; WANG, X.; WANG, B.; SUGI, T. *et al.* Automatic adaptive onset detection using an electromyogram with individual difference for control of a meal assistance robot. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 33, n. 4, p. 322-327, 2009.