

Tecnologia Assistiva: O Papel da Inteligência Artificial em Sistemas Embarcados para Acessibilidade

Francisnilto S. N.¹, Larissa S. N.¹, Luis Guilherme S. F.¹,
Maria Isabelly B. R.¹, Ricardo M. S. Budaruiche¹, Vanessa P. Cunha¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFPI)
Av. Rio dos Matos, s/n – Germano, 64260-000 – Piripiri – PI – Brasil

{fran.ifpi, larysou66, lsfont.ifpi, isabrt77, vane.ifpi}@gmail.com,

ricardo.sekeff@ifpi.edu.br

Abstract. *This study explores the application of artificial intelligence (AI) in embedded systems to develop affordable assistive technologies for visually impaired individuals. We analyze models such as YOLOv3 and quantization techniques, demonstrating their efficiency in low-cost devices like the Raspberry Pi. The Blind Assistance project, based on computer vision and auditory feedback, illustrates the feasibility of these solutions. While challenges such as accuracy in dynamic environments and costs remain, the results highlight the potential of embedded AI to enhance autonomy and inclusion. Advances in algorithms and energy optimization are crucial to expanding access to these technologies.*

Resumo. *Este estudo investiga a aplicação de inteligência artificial (IA) em sistemas embarcados para desenvolver tecnologias assistivas acessíveis a pessoas com deficiência visual. Analisamos modelos como YOLOv3 e técnicas de quantização, demonstrando sua eficiência em dispositivos de baixo custo, como o Raspberry Pi. O projeto Blind Assistance, baseado em visão computacional e feedback auditivo, ilustra a viabilidade dessas soluções. Embora desafios como precisão em ambientes dinâmicos e custos persistam, os resultados destacam o potencial da IA embarcada para promover autonomia e inclusão. Conclui-se que avanços em algoritmos e otimização energética são essenciais para ampliar o acesso a essas tecnologias.*

1. Introdução

Atualmente, pelo menos 2,2 bilhões de pessoas em todo o mundo convivem com algum grau de deficiência visual ou cegueira [World Health Organization 2019]. Esse grupo enfrenta desafios cotidianos que abrangem desde a locomoção segura até a interação com ambientes físicos e digitais, impactando significativamente sua autonomia e qualidade de vida. A ausência de acessibilidade em espaços públicos e privados, aliada à escassez de tecnologias assistivas de baixo custo, agrava tais dificuldades. Embora existam dispositivos voltados ao suporte dessas pessoas, o elevado custo, somado às limitações financeiras enfrentadas por grande parte dessa população, dificulta sua adoção ampla, evidenciando a necessidade de soluções inovadoras, eficazes e economicamente viáveis para promover maior inclusão e independência.

Nos últimos anos, os avanços tecnológicos têm permitido o desenvolvimento de dispositivos assistivos mais eficientes e acessíveis. A integração da Inteligência Artificial (IA) a sistemas embarcados surge como uma abordagem promissora para aprimorar a mobilidade e a comunicação de pessoas com deficiência visual. Tecnologias baseadas em visão computacional, por exemplo, permitem o reconhecimento de objetos em tempo real, contribuindo para uma interação mais segura e autônoma com o ambiente [Wang and Wong 2019].

Adicionalmente, a otimização de redes neurais profundas para plataformas embarcadas permite a implementação de modelos com menor consumo energético, mantendo equilíbrio entre precisão e desempenho. Essa característica torna essas soluções especialmente adequadas para dispositivos portáteis e de baixo custo [Han et al. 2016].

Diante desse contexto, este trabalho investiga a viabilidade da aplicação da Inteligência Artificial (IA) em sistemas embarcados voltados para soluções assistivas, explorando seus desafios, benefícios e potenciais. Além disso, apresenta o projeto Blind Assistance, um sistema em desenvolvimento que utiliza visão computacional e aprendizado de máquina para auxiliar pessoas com deficiência visual na locomoção e na interação com o ambiente.

2. Referencial Teórico

2.1. IA em Sistemas Embarcados

Neste tópico, são discutidas pesquisas relevantes que analisam a integração entre Inteligência Artificial (IA) e Sistemas Embarcados (SE), com ênfase em aspectos como custo, eficiência e acessibilidade. Os estudos abordados demonstram que essa combinação oferece vantagens significativas, desde a redução de despesas operacionais até o aumento da autonomia dos usuários. Ademais, observa-se que técnicas e estratégias emergentes influenciam diretamente o desempenho operacional e a sustentabilidade dessas tecnologias.

A integração entre IA e sistemas embarcados viabiliza soluções assistivas acessíveis, destacando-se o uso do Raspberry Pi Zero 2W com TensorFlow Lite e técnicas de quantização, que permitem inferência local eficiente em dispositivos de baixo custo. Nesse contexto, destaca-se a abordagem TinyML, que permite a execução de modelos de aprendizado de máquina em dispositivos com recursos computacionais restritos. Segundo a literatura, a integração por meio do uso do Raspberry Pi Zero 2W, aliado ao TensorFlow Lite, demonstra a viabilidade de realizar inferência local, eliminando a necessidade de processamento em nuvem. Ademais, técnicas de quantização contribuem para a redução do tamanho dos modelos, promovendo maior eficiência computacional e tornando essa abordagem especialmente adequada para aplicações assistivas com baixo consumo energético [Almeida 2022].

Soluções baseadas em IA embarcada possibilitam o desenvolvimento de dispositivos inteligentes capazes de se adaptar às necessidades dos usuários, ampliando de forma significativa sua autonomia e qualidade de vida. Um exemplo representativo dessa aplicação é o uso do Raspberry Pi como uma plataforma versátil e de baixo custo para o desenvolvimento de sistemas de comando por voz que, por sua vez demonstrada a viabilidade de dispositivos capazes de interpretar comandos de voz emitidos pelo usuário, reforçando como a integração entre IA e hardware embarcado pode resultar em soluções assistivas práticas, eficientes e economicamente acessíveis [Singh et al. 2019].

2.2. Tecnologia Assistiva, Autonomia e Qualidade de Vida: Perspectivas Futuras

A integração da IA em dispositivos embarcados tem promovido avanços significativos no campo da tecnologia assistiva, viabilizando o desenvolvimento de soluções mais acessíveis para pessoas com deficiência. Isso impacta diretamente a autonomia dos usuários, permitindo maior independência em atividades cotidianas. Um exemplo é o OrCam MyEye 2.0¹, dispositivo portátil que utiliza visão computacional para auxiliar na leitura de textos, reconhecimento facial e identificação de objetos por meio de feedback auditivo. Estudos demonstram que tais recursos contribuem de forma efetiva para a realização autônoma de tarefas diárias [Nguyen et al. 2022].

Além do suporte individual, os dispositivos com IA embarcada oferecem recursos adaptáveis às necessidades específicas de cada usuário. Tecnologias como assistentes de voz, sensores e algoritmos de aprendizado de máquina possibilitam interações mais eficientes, reduzindo barreiras na comunicação e no acesso à informação. Conforme a literatura, essas inovações têm ampliado oportunidades nos contextos educacional e profissional, favorecendo a inclusão social de indivíduos com deficiência [Freitas et al. 2023].

No horizonte dos próximos anos, projeta-se que a IA embarcada continue a evoluir, impulsionada principalmente pelo aprimoramento dos algoritmos de aprendizado profundo. Tal avanço permitirá que dispositivos assistivos se tornem mais responsivos e adequados às demandas individuais dos usuários. Paralelamente, o desenvolvimento de componentes de hardware mais eficientes e o aumento da eficiência energética devem contribuir para a criação de soluções mais compactas e economicamente viáveis, o que poderá facilitar sua adoção em larga escala.

Apesar desses avanços, persistem desafios relevantes a serem enfrentados. A precisão na interpretação de comandos por sistemas de IA embarcada permanece como uma limitação, sobretudo em ambientes dinâmicos e sujeitos a múltiplas variáveis. Além disso, questões relacionadas à privacidade dos usuários e à proteção de dados exigem regulamentações robustas, como as estabelecidas pela Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e pelo General Data Protection Regulation (GDPR), para garantir o uso seguro dessas tecnologias. Ainda, o custo de produção e distribuição deve ser considerado, uma vez que pode representar uma barreira ao acesso de parte da população a essas soluções [Jambo and da Costa 2024].

Diante desse cenário, a IA embarcada tem se consolidado como um elemento central no desenvolvimento de tecnologias assistivas, promovendo ganhos significativos em termos de autonomia e qualidade de vida para os usuários. Seu impacto reflete-se na ampliação das possibilidades de interação, acessibilidade e inclusão, beneficiando diferentes esferas sociais, como educação, mercado de trabalho e atividades de lazer.

Entretanto, para que essas inovações sejam amplamente disponibilizadas, é imprescindível superar obstáculos de ordem técnica e econômica. O aprimoramento da precisão dos sistemas, a redução de custos e a conformidade com as regulamentações de privacidade configuram-se como fatores determinantes para que tais tecnologias possam, de fato, atender de forma eficiente às necessidades das pessoas com deficiência.

¹Disponível em: <https://maisautonomia.com.br/produto/orcam-myeye-2-0/>

3. Metodologia

Esta seção descreve os procedimentos metodológicos adotados no projeto Blind Assistance, voltado ao desenvolvimento de tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual. O sistema é composto por bengala, braceletes e óculos inteligentes, os quais integram sensores e técnicas de processamento de imagem baseadas em Inteligência Artificial, fornecendo retorno auditivo ao usuário e, assim, auxiliando na percepção ambiental.

Na etapa inicial, foi realizado um levantamento bibliográfico com o objetivo de compreender as necessidades e as possíveis soluções tecnológicas para o contexto socioambiental das pessoas com deficiência visual ou baixa visão. Para esse levantamento, utilizou-se Publish or Perish, que realiza buscas e análises de citações acadêmicas em diversas bases de dados — como Google Acadêmico, OpenAlex, Web of Science e Scopus — integradas em uma única plataforma [Harzing 2007].

Além disso, utilizou-se também a base de dados IEEE Xplore para a busca e análise de referenciais teóricos. Para ambas as bases, foram empregadas palavras-chave em português e em inglês, tais como: “Smart Technologies”, “Computational Vision”, “Assistive Technologies”, “Learning Machine”, “Blind Impaired”, “CNN”, “Visão Computacional”, “Aprendizado de Máquina”, “Deficiência Visual”, “Tecnologias Assistivas” e “Tecnologias Inteligentes”.

A seleção dos artigos concentrou-se em publicações no intervalo de 2020 a 2024, priorizando trabalhos com maior relevância para o aprofundamento das possibilidades de integração da IA na minimização de barreiras locomotoras enfrentadas por pessoas com deficiência visual. A ênfase recaiu sobre tecnologias inteligentes construídas a partir de conjuntos de hardwares de baixo custo. O projeto teve início com um estudo aprofundado do contexto social vivenciado por pessoas cegas, visando o desenvolvimento de acessórios inteligentes capazes de mitigar suas dificuldades de locomoção independente. A literatura aponta que a dependência de terceiros limita significativamente sua participação plena na vida cotidiana e social.

As soluções convencionais disponíveis no mercado incluem o uso de bengalas, cães-guia treinados e sistemas de medição hipotética de distância entre o usuário e obstáculos. No entanto, tais abordagens apresentam limitações: as bengalas possuem uma área de detecção restrita; os cães-guia envolvem custos elevados — tornando-os inacessíveis para pessoas de baixa renda —; e os sistemas de medição muitas vezes não oferecem precisão consistente [Karthik and Satish 2021].

3.1. Soluções propostas

Os trabalhos levantados apresentam soluções bastante efetivas para a minimização dos impasses de locomoção independente e detecção de objetos. Uma dessas soluções está relacionada ao desenvolvimento de um algoritmo, que faz o uso do módulo YOLOv3. O YOLOv3 é um modelo de detecção de objetos em tempo real, que se destaca pela eficiência grande em processamento de imagens rápido e preciso, pois utiliza detecção multi-escala e a função de perda BCE - Binary Cross Entropy. Essas características evidenciam a robustez do YOLOv3 para a identificação de objetos em diferentes cenários [Sam et al. 2023].

Os modelos de treinamento OpenCV e TensorFlow são ferramentas promissoras para o processamento de dados através de IA, alcançando uma precisão de 99% para a

detecção de cédulas, 93% para moedas e 97% na detecção de notas falsas, ainda possibilita a soma de valores monetários e valida a autenticidade de cédulas com base em características capturadas sob Luz Ultravioleta - UV [Abhishek et al. 2023]. A execução de modelos de aprendizado de máquina em hardwares embarcados, utilizando quantização em 8 bits, reduz a complexidade computacional e mantém equilíbrio entre precisão e velocidade. Experimentos com YOLO, SSD-MobileNet e suas versões quantizadas em dispositivos como o Raspberry Pi 4 indicam ganhos de até 2,86 vezes na velocidade de inferência, com perdas de precisão entre 3,9 e 7,1 porcentos [Jouini et al. 2021].

4. Resultados e Discussões

Nesta seção, analisam-se os potenciais impactos da IA em sistemas embarcados voltados para pessoas com deficiência visual. Com base na revisão da literatura, identificaram-se abordagens viáveis para o desenvolvimento de sistemas embarcados capazes de realizar a detecção de objetos em tempo real, por meio do emprego de redes neurais convolucionais (CNNs) e bibliotecas especializadas, mesmo em contextos de hardware com recursos limitados. Destaca-se, adicionalmente, o baixo custo dessas soluções em comparação com outras tecnologias assistivas já disponíveis no mercado. Os resultados observados possibilitam a discussão dos desafios e vantagens dessas abordagens, assim como de suas aplicações em dispositivos assistivos.

Embora existam desafios relacionados à implementação de modelos de IA em sistemas embarcados – especialmente quanto à manutenção da acurácia –, estudos demonstram a viabilidade de utilizar detectores de objetos em dispositivos com capacidade computacional restrita, sem que isso acarrete perdas significativas de desempenho [Jouini et al. 2021]. Embora modelos leves apresentem acurácia inferior em comparação com redes profundas executadas em servidores, a seleção criteriosa da arquitetura, associada a técnicas de otimização, permite a construção de sistemas assistivos eficazes sem a necessidade de infraestrutura computacional robusta.

5. Conclusão

Este estudo investigou a viabilidade da integração de IA em sistemas embarcados para o desenvolvimento de tecnologias assistivas voltadas a pessoas com deficiência visual. Nesse contexto, a análise demonstrou que a combinação entre IA - Inteligência Artificial e sistemas embarcados, como a placa Raspberry Pi agrega valor significativo para a criação de propostas solucionadores acessíveis de modo financeiro e com potencial alto em melhorar a autonomia locomotiva e a qualidade de vida desses indivíduos.

Os resultados obtidos pela revisão sistematizada de literatura evidenciaram que modelos de aprendizado de máquina, como o YOLO e seus versionamentos quantizados, podem ser implementados em dispositivos com recursos limitados sem comprometer drasticamente a precisão ou velocidade de inferência. Além disso, o projeto Blind Assistance, apresentado neste trabalho, ilustrou a aplicação prática dessas tecnologias por meio de um sistema composta por bengalas, braceletes e óculos inteligentes, que utilizam técnicas de visão computacional e feedback audível para auxiliar na locomoção e interação com o ambiente.

Conclui-se que a integração de IA e sistemas embarcados, como o Raspberry Pi, possibilita a criação de soluções assistivas acessíveis, com impactos positivos na autono-

mia de pessoas com deficiência visual. A superação de barreiras técnicas e econômicas é essencial para ampliar o acesso a essas tecnologias.

Referências

- Abhishek, Y., Nadeem, N., Delankawala, S., Jayakody, S., and Sumanathilaka, T. (2023). Deep learning based framework for reliable sri lankan currency authentication and counterfeit prevention. In *2023 IEEE 13th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)*, pages 84–89.
- Almeida, W. d. N. (2022). Inteligência artificial em sistemas embarcados utilizando abordagem tinymml. B.S. thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Freitas, A. W., dos Santos, E. A. B., Pereira, L. S. M., Tortelli, S. d. P., Freitas, M. P., Teive, R. C. G., and Fernandes, A. M. R. (2023). Soluções de tecnologia assistiva baseadas em aiot - um mapeamento sistemático de literatura. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, 15(2):60–72.
- Han, S., Liu, X., Mao, H., Pu, J., Pedram, A., Horowitz, M. A., and Dally, W. J. (2016). Eie: Efficient inference engine on compressed deep neural network. *ACM SIGARCH Computer Architecture News*, 44(3):243–254.
- Harzing, A.-W. (2007). Publish or perish. Available from <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>. Accessed: 30 March 2025.
- Jambo, C. H. M. and da Costa, R. M. E. M. (2024). Integração de tecnologias embarcadas controladas por inteligência artificial: uma aplicação para apoiar o tratamento de fobias. In *Anais Estendidos do Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde (SBCAS)*, pages 49–54.
- Jouini, K., Maaloul, M. H., and Korbaa, O. (2021). Real-time, cnn-based assistive device for visually impaired people. In *2021 14th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*, pages 1–6.
- Karthik, S. and Satish, N. (2021). Smart gloves used for blind visually impaired using wearable technology. *Engineering and Scientific International Journal*, 8(4):143–146.
- Nguyen, X.-T.-A., Koopman, J., van Genderen, M. M., Stam, H. L., and Boon, C. J. (2022). Artificial vision: the effectiveness of the orcam in patients with advanced inherited retinal dystrophies. *Acta Ophthalmologica*, 100(4):e986 – e993.
- Sam, M. V., Sharma, R., Chinchur, R., and Bhingardive, M. (2023). Object detection for blind people using cnn. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 5(4):[páginas].
- Singh, P., Nayak, P., Datta, A., Sani, D., Raghav, G., and Tejpal, R. (2019). Voice control device using raspberry pi. In *2019 Amity International Conference on Artificial Intelligence (AICAI)*, pages 723–728.
- Wang, L. and Wong, A. (2019). Enabling computer vision driven assistive devices for the visually impaired via micro-architecture design exploration. *arXiv preprint arXiv:1905.07836*.
- World Health Organization (2019). World report on vision. Acesso em: 03 abr. 2025.