

## 15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

### Monitoramento de EPI com Detecção de Objetos para Ambientes de Trabalho

CAROLINA.BARUSSO DE OLIVEIRA<sup>1</sup>, WALTER. ALGUSTO VARELLA<sup>2</sup>,  
ARNALDO.DE CARVALHO JUNIOR<sup>3</sup>, DANIELE DE MACEDO HENRIQUE<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Graduada em Engenharia de Controle e Automação, IFSP, Campus Cubatão, c.barusso@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Professor Dr Titular EBTT, IFSP campus Cubatão, varella@ifsp.edu.br.

<sup>3</sup> Professor Dr Titular EBTT, IFSP campus Cubatão, adecarvalhojr@ifsp.edu.br

<sup>4</sup> Professora Dra, IFRN campus Central, daniele.henrique@ifrn.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.03.04-9 Sistemas de Informação

#### RESUMO:

O uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) é uma medida essencial para garantir a segurança dos trabalhadores em ambientes industriais. Entretanto, a fiscalização desse uso ainda enfrenta desafios significativos, como a falta de controle contínuo e a dependência de supervisão humana. Este artigo propõe a utilização de uma aplicação de detecção de objetos em imagens utilizando a plataforma Edge Impulse, baseada em Inteligência Artificial (IA) e dispositivos TinyML, para automatizar e aprimorar o monitoramento do uso de EPIs, como protetores auriculares, em ambientes industriais. Com uma acurácia de 97,85%, o sistema demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a prevenção de acidentes e a promoção de um ambiente de trabalho mais seguro.

**PALAVRAS-CHAVE:** inteligência artificial; tinyml; monitoramento automatizado; prevenção de acidentes; ambientes industriais; segurança ocupacional.

#### Monitoring of PPE with Object Detection for Work Environments

#### ABSTRACT:

The use of Personal Protective Equipment (PPE) is an essential measure to ensure worker safety in industrial environments. However, monitoring this usage still faces significant challenges, such as the lack of continuous control and reliance on human supervision. This article proposes the use of an object detection on images application utilizing the Edge Impulse platform, based on Artificial Intelligence (AI) and TinyML devices, to automate and enhance the monitoring of PPE usage, such as hearing protectors, in industrial settings. With an accuracy of 97.85%, the system has proven to be an effective tool for accident prevention and the promotion of a safer work environment.

**KEYWORDS:** artificial intelligence; tinyml; automated monitoring; accident prevention; industrial environments; occupational safety

## INTRODUÇÃO

A segurança no ambiente de trabalho é uma prioridade em muitas indústrias, especialmente onde os riscos de acidentes são elevados. O uso adequado de EPIs é fundamental para reduzir esses riscos. No entanto, a supervisão do uso desses equipamentos geralmente recai sobre o funcionário de segurança, que não consegue monitorar todos os pontos de acesso ao mesmo tempo, tornando o processo suscetível a falhas e ineficiências (Nascimento, 2021).

A crescente miniaturização dos dispositivos eletrônicos e o desenvolvimento de soluções de IA de baixo consumo energético abriram novas possibilidades para a automação dessa fiscalização. A integração da Inteligência Artificial com dispositivos TinyML, por meio de plataformas como o Edge Impulse, permite a criação de aplicações que podem ser facilmente embarcadas em microcontroladores, possibilitando o monitoramento contínuo e automatizado do uso de EPIs (Banbury; Reddi, 2023).

Pesquisas anteriores também exploram a aplicação da visão computacional na fiscalização de EPIs. O estudo de (Santos, 2023) apresenta um sistema de monitoramento em tempo real do uso de EPIs, utilizando a rede neural YOLO, demonstrando a eficácia da detecção automática de itens como capacetes, luvas e óculos, com alta precisão. Essa abordagem oferece uma aplicação de machine learning eficiente e de baixo custo para o monitoramento de segurança em ambientes industriais.

A perda auditiva induzida por ruído (PAIR) é uma condição irreversível que acarreta uma diminuição significativa na qualidade de vida dos trabalhadores (Santos, 2024). Por isso, este trabalho visa desenvolver uma solução para monitoramento de EPIs em ambientes industriais, utilizando tecnologias de Inteligência Artificial e dispositivos de borda (TinyML) integrados com a plataforma Edge Impulse. O objetivo é reduzir a dependência de supervisão humana e aumentar a conformidade com o uso de EPIs, especificamente protetores auriculares.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho, foi desenvolvido um sistema de detecção de objetos em imagens utilizando a arquitetura MobileNetV2 em dispositivos TinyML. A MobileNetV2, otimizada para dispositivos móveis, é ideal para detecção em tempo real devido ao seu baixo consumo de recursos (Nunes, 2022). Para facilitar o desenvolvimento e implementação, foi utilizada a plataforma Edge Impulse, que permite criar e treinar modelos de machine learning em dispositivos de baixa potência, integrando coleta de dados, rotulagem e implantação em um ambiente acessível (Edge Impulse, 2023).

Além disso, o modelo foi implementado em dispositivos TinyML, uma tecnologia que possibilita a execução de modelos de aprendizado de máquina em dispositivos com recursos limitados. TinyML permite o processamento local dos dados, minimizando a necessidade de conectividade com a nuvem e oferecendo benefícios como menor latência, maior privacidade e eficiência energética. Isso torna o TinyML especialmente útil em aplicações de IoT e monitoramento industrial, onde o consumo de energia e os custos de comunicação precisam ser reduzidos ao máximo (Banerjee; Kumar; Soni, 2020).

A instalação ideal do sistema foi projetada para posicionar a câmera em uma parede lateral, próxima às portas de acesso à fábrica, a uma altura média. Essa configuração foi concebida com o objetivo de capturar com precisão a região dos ouvidos dos trabalhadores, assegurando a detecção eficiente do uso de protetores auriculares. Embora o sistema de IA tenha sido desenvolvido, não foi implementado em uma empresa. No entanto, essa abordagem teórica maximiza a cobertura de monitoramento em áreas industriais onde o uso de EPIs é obrigatório, além de possibilitar a futura integração do sistema em infraestruturas já existentes, como ilustrado na Figura 1.



FIGURA 1. Ilustração gerada por inteligência artificial representando um trabalhador sem protetor auricular (ChatGPT/DALL-E, 2024).

Para o treinamento do modelo, utilizou-se uma base de dados composta por 503 imagens sem pré-processamento, capturadas pelos autores em um ambiente controlado utilizando uma câmera de celular, sendo as imagens distribuídas de forma equilibrada entre as duas classes: "com protetor auricular" e "sem protetor auricular". Foi adotado o método de caixas delimitadoras fornecido pelo recurso de detecção automática do Edge Impulse, que identifica padrões nas imagens e gera caixas ao redor dos objetos detectados. As imagens de entrada foram configuradas no tamanho de 320x320 pixels e em formato RGB, como visto na Figura 2.

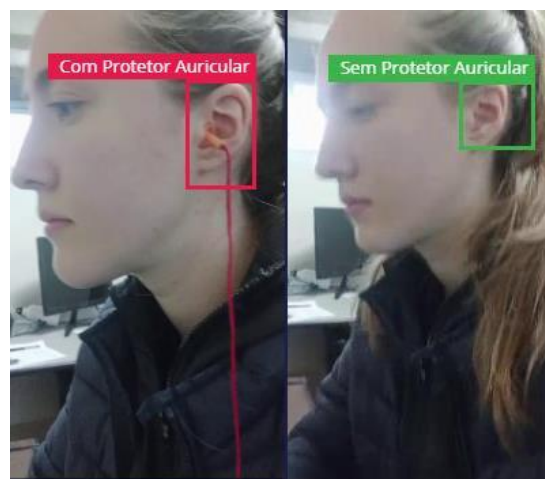


FIGURA 2. Exemplo de imagens utilizadas para treinamento da rede neural.

Das 503 imagens, 82% foram alocadas para o treinamento do modelo, enquanto os 18% restantes foram destinados à fase de testes. Cada imagem foi selecionada para garantir que os ouvidos dos trabalhadores estivessem claramente visíveis. Além disso, em conformidade com as normas da fábrica, todos os trabalhadores com cabelo comprido foram instruídos a mantê-lo preso, o que evitou a ocorrência de cabelo cobrindo os ouvidos nas imagens, assegurando uma coleta de dados uniforme e sem obstáculos.

O treinamento do modelo foi configurado para 60 ciclos, permitindo várias iterações para otimizar os pesos da rede neural. A taxa de aprendizagem de 0,001 foi escolhida para que o modelo ajuste seus parâmetros de maneira gradual, evitando grandes oscilações nos resultados. O processador CPU foi utilizado para realizar o treinamento, garantindo acessibilidade e eficiência.

Para uma validação adequada, 20% dos dados foram alocados para o conjunto de validação, permitindo avaliar o desempenho do modelo em dados não vistos durante o treinamento. O tamanho do lote foi definido em 32, equilibrando a estabilidade e a eficiência do processo. Além disso, o modelo foi configurado no perfil int8, que realiza uma quantização dos dados, reduzindo o consumo de memória e otimizando o desempenho em dispositivos embarcados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o treinamento da rede neural utilizando a arquitetura MobileNetV2, o modelo alcançou uma acurácia de 97,85% em um total de 103 imagens como visto na Figura 3 onde em a) é o Gráfico de Dispersão e em b) a Matriz de Confusão. As métricas de desempenho incluem precisão, revocação e pontuação F1, todas registrando valores de 0,99. Esses resultados indicam que o modelo foi eficaz na detecção de objetos em imagens, especificamente na identificação do uso de EPIs, com uma baixa taxa de erros. O gráfico do explorador de recursos visualiza a distribuição dos acertos e erros do modelo, mostrando uma predominância de detecções corretas (representadas pelos pontos verdes) e alguns erros (representados pelos pontos vermelhos). Esses dados sugerem que o sistema possui uma boa capacidade de generalização para a tarefa proposta, sendo consistente em diferentes condições de teste.

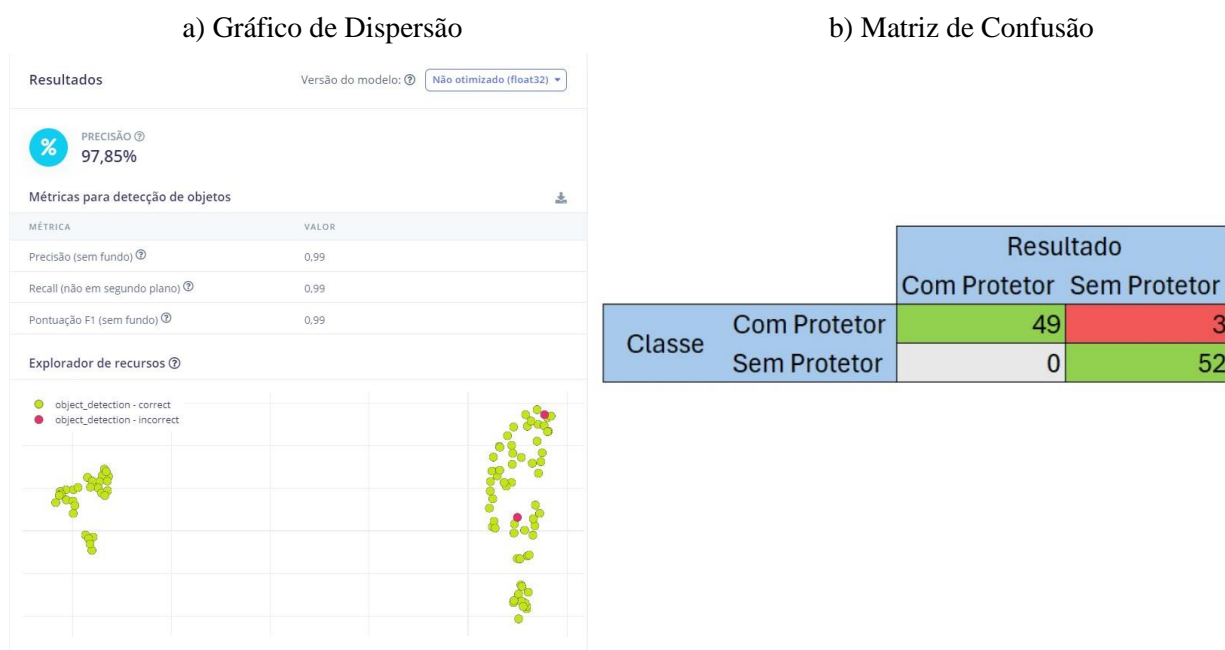


FIGURA 3. Desempenho do modelo de detecção de objetos treinado.

A rede neural treinada foi embarcada no celular por meio de um QR code disponibilizado pelo Edge Impulse. Utilizando a câmera do celular, apontada para duas pessoas usando o EPI que não faziam parte da base de dados original, a rede neural demonstrou sua eficácia ao identificar corretamente o uso do protetor auricular, como mostrado na Figura 4.

É importante destacar que a indicação de 100% na detecção do objeto não significa que a rede tenha 100% de precisão geral. Esse valor indica que, neste caso específico, a rede está totalmente confiante de que o objeto detectado corresponde à classe "com protetor auricular".



FIGURA 4. Teste do Modelo.

## **CONCLUSÕES**

Os resultados deste estudo demonstram que a aplicação desenvolvida, utilizando a arquitetura MobileNetV2, atingiu com sucesso os objetivos de monitoramento automatizado do uso EPIs em ambientes industriais, com uma precisão de 97,85%. O sistema mostrou-se eficaz na identificação correta do uso de protetores auriculares, reduzindo a necessidade de supervisão manual.

Embora o sistema de IA tenha sido desenvolvido e testado com sucesso em ambientes simulados, ele ainda não foi implementado em uma empresa. Para trabalhos futuros, irá explorar a implementação prática e a integração do sistema com as infraestruturas industriais existentes, garantindo a entrega de notificações automatizadas aos supervisores. Essas notificações podem ser enviadas de forma imediata, caso algum funcionário seja detectado sem o protetor auricular, permitindo uma ação corretiva rápida.

Além disso, a inclusão de funcionalidades como a geração automática de relatórios diários, informando o número de funcionários que não utilizaram os EPIs corretamente, poderá aprimorar o monitoramento e reforçar a cultura de segurança no ambiente de trabalho. A expansão para a detecção de outros tipos de EPIs, como coletes de segurança e capacetes, aumentará ainda mais a utilidade do sistema em diferentes contextos industriais, promovendo uma solução mais completa e automatizada para o controle de segurança.

Para trabalhos futuros, será realizada uma coleta ainda mais abrangente de imagens de funcionários, usando até mesmo câmeras instaladas no ambiente fabril. Essa abordagem trará mais veracidade para o que de fato acontece, tornando a rede cada vez mais robusta e eficaz.

## **CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES**

C.B.O. contribuiu com a programação do sistema, correção de erros, experimentações e redação do trabalho.

A.C.J. contribuiu com as orientações sobre revisão da literatura e normas ABNT.

W.A.V. contribuiu com as orientações gerais sobre Edge Impulse e Microcontroladores.

D.M. H. contribuiu com análise do tema, aplicação e revisão.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIFSP) 2024 e apoio dos professores do IFSP e IFRN para a realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BANBURY, C; REDDI, V J; autores anônimos. Edge Impulse: An MLOps Platform for Tiny Machine Learning. 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2212.03332>. Acesso em: 28 out. 2024.

BANERJEE, U.; KUMAR, R.; SONI, R. TinyML: The next big wave in machine learning. *Journal of Intelligent Systems*, v. 29, n. 5, p. 1295-1305, 2020.

CHATGPT/DALL-E. Ilustração de trabalhador sem protetor auricular com câmera Tiny ML. 2024. Imagem gerada por IA. Disponível em: <https://chatgpt.com/g/g-pmuQfob8d-image-generator/c/ea1649b6-86b2-4d5f-9f9b-587f5dc97bed>. Acesso em: 25 ago. 2024.

DOS SANTOS, R. A. Importância da utilização dos equipamentos de proteção individual e coletiva para a prevenção de acidentes, 2024. DOI: 10.56238/rcsv14n3-006. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/RCS/article/view/4949>. Acesso em: 28 out. 2024.

EDGE IMPULSE. Introducing Edge Impulse: Machine learning for embedded devices. Disponível em: <https://www.edgeimpulse.com>. Acesso em: 27 out. 2024.

NASCIMENTO, G. D. A Importância da Segurança no Trabalho, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/20606/1/TCC%20GUILHERME%20A%20IMPORTANCIA%20DA%20SEGURAN%C3%87A%20NO%20TRABALHO.pdf> Acesso em: 20 ago. 2024.

NUNES, A. Sistemas automatizados de fiscalização de EPIs. Engenharia e Tecnologia, 2022.

Disponível em:

[https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/32782/Castro\\_Eduardo\\_Martins\\_2024\\_TCC.pdf?sequencia=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/32782/Castro_Eduardo_Martins_2024_TCC.pdf?sequencia=1&isAllowed=y) Acesso em: 12 ago. 2024.

SANTOS, G G F. Desenvolvimento de um sistema de monitoramento em tempo real de utilização de EPI a partir de aprendizado de máquina. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/4526> Acesso em: 20 ago. 2024.