

FIAP – CENTRO UNIVERSITÁRIO  
CONSELHO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - CEPE  
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

AI BEHOLDER

ARTHUR COUTINHO SANTOS  
THAIS FRANÇA DA ROCHA  
LUIS GUSTAVO DIAS DA SILVA  
NICOLAS FELIPPE GONÇALVES

ORIENTADOR: JOSÉ MAIA

SÃO PAULO

2024

ARTHUR COUTINHO SANTOS – RM97804

THAIS FRANÇA DA ROCHA – RM558070

LUIS GUSTAVO DIAS DA SILVA - RM99589

NICOLAS FELIPPE GONÇALVES - RM98244

AI BEHOLDER

Este documento tem como objetivo apresentar a pesquisa e o desenvolvimento do entregável referente ao Projeto de Iniciação Científica, realizado sob a orientação do Professor José Maia, e submetido ao Conselho de Ensino Pesquisa e Extensão – CEPE do FIAP - Centro Universitário.

SÃO PAULO

2024

## RESUMO

O AI Beholder visa aumentar a segurança no setor de construção civil através do monitoramento em tempo real do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) pelos colaboradores. O objetivo é prevenir acidentes que possam ocorrer devido à não utilização adequada dos EPIs. Para isso, utiliza-se tecnologias avançadas de visão computacional, especificamente YOLOv5 e Torch, para analisar imagens capturadas por câmeras IP conectadas via rtsp. O sistema identifica automaticamente a ausência dos EPIs essenciais e dispara alertas imediatos. Os alertas são enviados via Telegram e também através de um sistema de iluminação controlado por Arduino Mega WiFi, que notifica diretamente no local de trabalho. A experiência prática do projeto permite aos alunos testar e avaliar a eficácia do sistema, inclusive tentando burlar o reconhecimento de visão computacional usando capacetes e coletes, o que contribui para a melhoria contínua da tecnologia e maior segurança no ambiente de construção.

**Palavras-chave:** segurança na construção civil, monitoramento de EPIs, visão computacional, YOLOv5, Arduino Mega WiFi, alertas automatizados, tecnologia de reconhecimento.

## **ABSTRACT**

The Desenhar Frontend - BaseAI Beholder project aims to enhance safety in the construction sector by monitoring the real-time use of Personal Protective Equipment (PPE) by workers. The goal is to prevent accidents that may occur due to improper use of PPE. The project leverages advanced computer vision technologies, specifically YOLOv5 and Torch, to analyze images captured from IP cameras connected via rtsp. The system automatically identifies the absence of essential PPE and triggers immediate alerts. Alerts are sent via Telegram and also through a lighting system controlled by Arduino Mega WiFi, notifying directly at the workplace. The practical experience of the project allows students to test and assess the system's efficacy, including attempting to circumvent the computer vision recognition using helmets and vests, contributing to the continuous improvement of the technology and enhanced safety in the construction environment.

**Keywords:** construction safety, PPE monitoring, computer vision, YOLOv5, Arduino Mega WiFi, automated alerts, recognition technology.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	OBJETIVOS.....	2
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	2
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
3.	ESTADO DA ARTE .....	5
4.	JUSTIFICATIVAS .....	8
5.	CRONOGRAMA .....	10
6.	RELATO DO DESENVOLVIMENTO TÉCNICO .....	11
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	16
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18

## 1. INTRODUÇÃO

O projeto é uma iniciativa inovadora desenvolvida para enfrentar um dos desafios mais críticos na indústria da construção civil: a segurança no local de trabalho. Este projeto integra tecnologias de ponta em visão computacional e sistemas embarcados para monitorar o uso correto de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) pelos trabalhadores, um elemento vital para prevenir acidentes e garantir a segurança.

O sistema utiliza o modelo YOLOv5, um dos mais avançados algoritmos de detecção de objetos, juntamente com a biblioteca Torch para processamento de imagens. As imagens são capturadas em tempo real através de câmeras IP, que são instaladas em pontos estratégicos nos canteiros de obras. Estas câmeras estão conectadas via rtsp, permitindo a transmissão contínua e a análise imediata das imagens capturadas.

Um dos aspectos inovadores do projeto é a capacidade de alertar automaticamente os supervisores e os próprios trabalhadores sobre a não conformidade no uso dos EPIs. Os alertas são gerados em duas frentes: através de mensagens instantâneas enviadas pelo Telegram para os supervisores e por meio de um sistema de iluminação controlado por Arduino Mega WiFi, que ativa luzes de advertência no local imediato onde ocorre a infração.

A aplicação deste sistema não se limita apenas a melhorar a segurança, mas também serve como uma ferramenta educativa e de treinamento para os trabalhadores, aumentando a conscientização sobre a importância do uso adequado dos EPIs. Além disso, o projeto proporciona uma oportunidade valiosa para os estudantes envolvidos desenvolverem habilidades práticas em programação, sistemas embarcados e visão computacional, ao mesmo tempo que contribuem para a solução de um problema real da indústria.

O AI Beholder é um exemplo prático de como a tecnologia pode ser aplicada para melhorar a segurança e eficiência nos ambientes de trabalho mais exigentes, marcando um avanço significativo no campo da segurança ocupacional na construção civil.

## 2. OBJETIVOS

O projeto tem como principal objetivo utilizar tecnologias avançadas de visão computacional para aumentar a segurança no setor de construção civil, monitorando o uso correto de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) pelos trabalhadores. Através deste projeto, busca-se atingir metas específicas que contribuam diretamente para o aprimoramento da segurança e inovação tecnológica no ambiente de trabalho. Os objetivos incluem:

- **Melhorar a Segurança dos Trabalhadores:** Assegurar uma maior aderência às normas de segurança por meio do monitoramento contínuo e automatizado do uso de EPIs nos canteiros de obra, reduzindo assim a incidência de acidentes e lesões relacionadas ao trabalho.
- **Inovar em Tecnologia de Monitoramento:** Implementar e validar o uso de algoritmos de visão computacional, como o YOLOv5, em um ambiente real de construção civil, demonstrando a viabilidade e eficácia dessas tecnologias para garantir a conformidade com as normas de segurança.
- **Desenvolver um Sistema de Alerta Eficaz:** Criar um sistema robusto que não apenas identifique infrações no uso de EPIs, mas também comunique efetivamente essas violações aos supervisores e aos próprios trabalhadores através de alertas instantâneos e intervenções diretas no local de trabalho.
- **Contribuir para a Cultura de Segurança:** Promover uma mudança cultural nos canteiros de obras onde a tecnologia e a conscientização elevam a importância do uso correto de EPIs, fomentando um ambiente de trabalho mais seguro e consciente.

### 2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do projeto é desenvolver e implementar um sistema automatizado de monitoramento que utilize tecnologias de visão computacional para garantir o uso adequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) por trabalhadores em canteiros de obras. O projeto foca na pesquisa e aplicação de algoritmos avançados, como o YOLOv5, para detectar em tempo real a presença ou ausência de EPIs essenciais, e integrar esses dados com sistemas

de alerta automáticos que notifiquem tanto os supervisores quanto os trabalhadores sobre qualquer descumprimento das normas de segurança.

### **Produtos Esperados**

- **Sistema de Detecção de EPIs:** Um modelo de visão computacional treinado e otimizado capaz de identificar com precisão vários tipos de EPIs, como capacetes e coletes de segurança, sob diversas condições de iluminação e ângulos de câmera. Este sistema será capaz de processar imagens em tempo real, garantindo uma detecção eficaz e rápida.
- **Módulo de Alerta Automático:** Um sistema integrado que utiliza tanto mensagens instantâneas quanto sinais visuais (luzes controladas via Arduino) para fornecer alertas imediatos. Esse módulo notificará os supervisores e os trabalhadores diretamente no local de trabalho assim que uma violação nas normas de uso de EPIs for detectada.
- **Plataforma de Acesso:** Uma interface de usuário amigável e acessível, que permite aos supervisores visualizarem as imagens capturadas, revisar os alertas e acessar registros históricos de conformidade e não conformidade. Esta plataforma também servirá como um ponto de acesso para a configuração e o gerenciamento do sistema de monitoramento.
- **Galeria de Evidências:** Uma funcionalidade integrada à plataforma de acesso que armazena automaticamente as fotos capturadas no momento de cada detecção de não conformidade. Isso facilita a revisão e a verificação de incidentes, além de servir como evidência em treinamentos e auditorias de segurança.
- **Envio de Mensagens para Celular:** Implementação de uma solução de comunicação que envia alertas diretamente para os dispositivos móveis dos supervisores e dos responsáveis pela segurança no trabalho. Este sistema de mensagens garantirá que as notificações de violações sejam recebidas instantaneamente, independentemente da localização do supervisor.
- **Relatório de Avaliação de Eficiência:** Uma documentação detalhada sobre a eficácia do sistema, incluindo taxas de precisão na detecção, tempo de resposta do sistema de alertas e feedback dos usuários. Este relatório ajudará a identificar áreas para melhoria contínua do sistema.



## 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral do projeto, é necessário cumprir uma série de objetivos específicos que são fundamentais para o desenvolvimento e a eficácia do sistema de monitoramento de uso de EPIs em canteiros de obras. Esses objetivos específicos incluem:

- **Desenvolver um Modelo de Detecção de EPIs Eficiente:** Refinar o modelo de visão computacional para detectar EPIs e capturar imagens de alta qualidade de violações, que serão armazenadas em uma galeria de evidências.
- **Implementar Captura e Armazenamento de Imagens:** Integrar funcionalidades no sistema para automaticamente tirar fotos quando uma infração de EPI é detectada e armazená-las em uma galeria acessível para supervisores e equipes de segurança revisarem e usarem como prova de conformidade ou violação.
- **Garantir a Funcionalidade em Tempo Real:** Assegurar que o sistema possa operar em tempo real, com capacidade de processamento rápido o suficiente para detectar infrações e capturar imagens sem atrasos significativos.
- **Desenvolver e Testar o Sistema de Alerta Aperfeiçoado:** Além de enviar alertas, o sistema deve ser capaz de associar cada alerta com uma imagem específica da galeria de evidências, facilitando a verificação rápida e efetiva das infrações detectadas.
- **Avaliar e Otimizar o Desempenho do Sistema em Campo:** Realizar testes em campo para validar a precisão do sistema de detecção e a eficiência do armazenamento de imagens, ajustando os parâmetros conforme necessário para maximizar a eficácia operacional.
- **Promover a Adoção e o Uso Consciente de EPIs:** Utilizar as imagens capturadas como ferramentas educacionais em treinamentos de segurança, demonstrando situações reais de uso incorreto de EPIs e reforçando a importância da conformidade.

### **3. ESTADO DA ARTE**

Este trabalho une a importância da proteção na engenharia civil com a aplicação de técnicas de visão computacional, ressaltando o papel dessas áreas na prevenção de acidentes. A engenharia civil, historicamente marcada por altos índices de acidentes de trabalho, depende de estratégias de prevenção para garantir a segurança dos trabalhadores. Quando abordamos os acidentes de trabalho nesse campo, eles podem ser analisados sob duas perspectivas: a legal e a prevencionista (COSTA, 2009).

A abordagem legal está diretamente relacionada ao cumprimento das normas regulamentadoras, que exigem o uso obrigatório de dispositivos de segurança, como capacetes, coletes e outros equipamentos de proteção individual (EPI). O papel do empregador é garantir que todas as normas sejam rigorosamente seguidas, minimizando o risco de acidentes por meio da conformidade legal.

Por outro lado, a abordagem prevencionista adota uma postura mais proativa, buscando eliminar ou reduzir os riscos antes que os acidentes ocorram. Essa perspectiva foca na antecipação dos perigos, criando um ambiente de trabalho mais seguro. A linha prevencionista concentra-se em orientar, prevenir, treinar e fiscalizar os trabalhadores, para que estejam preparados para lidar com condições perigosas e evitar exposições desnecessárias. Esse conjunto de ações preventivas é essencial para minimizar incidentes, promovendo a segurança por meio da educação e do preparo adequado das equipes.

Desde 2012, o INSS (Instituto Nacional do Seguro Social) já gastou mais de 98 bilhões de reais com afastamentos decorrentes de acidentes de trabalho, o que representa uma média anual de 11 bilhões de reais. Entre os diversos setores analisados, a Construção Civil se destaca como um dos mais afetados, sendo responsável por 5,13% dos acidentes registrados, ocupando o sexto lugar no ranking de setores com mais ocorrências, de acordo com dados do AEAT 2018 (Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho).

Assim, ao combinar visão computacional com medidas de segurança no ambiente da construção civil, este trabalho busca desenvolver soluções que

reforcem tanto o cumprimento das normas legais quanto às ações preventivas, criando um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente para todos os envolvidos. O nosso projeto, ao possibilitar a prevenção e a minimização de acidentes, reduz a necessidade de intervenção legal, fortalecendo o cumprimento das normas de segurança por meio de práticas preventivas.

Nos últimos dez anos, o uso de redes neurais profundas possibilitou avanços significativos na visão computacional, especialmente em tarefas como a classificação de imagens, elevando a área ao estado da arte (LECUN, 2015). Essa evolução tecnológica permitiu o desenvolvimento deste projeto, que se baseia na aplicação da tecnologia YOLO para detecção de imagens.

Na literatura, destaca-se o trabalho de Jing (2022), que desenvolveu uma ferramenta eficiente de detecção para a indústria têxtil. Esse estudo utilizou duas bases de dados: uma com 106 imagens de 6 tipos de defeitos e outra com 1340 imagens de 4 tipos de defeitos, todas anotadas manualmente e com resolução de 256 x 256 pixels.

Neste projeto, utilizamos 6 vídeos e um conjunto de 6704 imagens com resolução de 600 x 420 pixels, distribuídas entre as etapas de treino, teste e validação. As imagens abrangeram cenários de construção civil e trabalhadores em atividades cotidianas, com o objetivo de identificar ruídos e variações nos dados. Importante ressaltar que essas imagens foram criadas pelos desenvolvedores deste projeto, não sendo extraídas de bases de dados existentes.

Uma das etapas fundamentais no reconhecimento de objetos é o mapeamento das áreas de interesse, permitindo que o algoritmo identifique as características de cada item. No caso dos algoritmos YOLO, cada imagem que contenha objetos, como capacetes, coletes e botas de EPI, deve ser acompanhada de um arquivo \*.txt com o mesmo nome da imagem. Se a imagem não contiver objetos, esse arquivo de especificações não é necessário (SEIDEL, 2023).

O YOLOv5 oferece modelos pré-treinados, mas também permite o uso de outros métodos de treinamento com características personalizadas. Para

bases de dados pequenas e médias, a abordagem padrão recomendada é utilizar Transfer Learning, aproveitando os pesos dos modelos pré-treinados. Quanto maior a área de sobreposição da imagem, melhor será a precisão da predição do modelo (SEIDEL, 2023).

Segundo Seidel (2023), o YOLOv5 tem uma estrutura flexível que permite sua personalização, com uma documentação ampla e um código organizado, facilitando a criação de um modelo como serviço. A família de modelos YOLO continua sendo objeto de estudo por diversos pesquisadores, gerando novas publicações com métodos e abordagens aprimoradas.

Além disso, o Arduino foi utilizado neste projeto para proporcionar uma visualização física dos resultados. Quando o modelo YOLO detecta a ausência de EPI em uma imagem, além de enviar uma mensagem via Telegram, o sistema aciona uma lâmpada que pisca como alerta visual.

O Arduino se diferencia de outras plataformas por ser multiplataforma, funcionando em Windows, Macintosh e Linux. Seu IDE, baseado no Processing, facilita o uso por artistas e designers (BANZI, 2012). Ele pode ser programado via USB, sem necessidade de portas seriais, e é de hardware e software abertos, permitindo que qualquer pessoa crie seu próprio Arduino. Além disso, o Arduino é acessível, com placas USB baratas e componentes facilmente substituíveis. A plataforma também conta com uma comunidade ativa de suporte, sendo ideal para iniciantes.

## 4. JUSTIFICATIVAS

O projeto justifica-se pela necessidade crítica de aumentar a segurança nos canteiros de obras, um setor marcado por altos índices de acidentes de trabalho e violações de normas de segurança. O uso inadequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) é uma das causas frequentes de acidentes, muitas vezes resultando em lesões graves ou fatais. Neste contexto, o desenvolvimento de um sistema automatizado de monitoramento que emprega tecnologias avançadas de visão computacional para detectar e alertar sobre o uso incorreto de EPIs apresenta-se como uma solução inovadora que pode transformar as práticas de segurança na indústria da construção civil.

### Relevância e Potencialidades

- **Aumento da Segurança:** O sistema proposto visa diretamente a redução de acidentes por meio do monitoramento contínuo e da intervenção imediata em casos de não conformidade com as normas de uso de EPIs, potencialmente salvando vidas e reduzindo lesões.
- **Inovação Tecnológica:** A aplicação de visão computacional para o monitoramento de EPIs representa uma inovação significativa que pode ser expandida para outras áreas onde a segurança do pessoal é crítica, como em instalações industriais, laboratórios químicos, e até em ambientes de saúde.

### Problemas Resolvidos

- **Supervisão Eficiente:** O projeto aborda a lacuna na supervisão humana que pode falhar devido a distrações ou simplesmente à vastidão de um canteiro de obras. Com um sistema automatizado, a vigilância torna-se constante e infalível.
- **Resposta Imediata:** Ao detectar uma violação das normas de segurança, o sistema pode emitir alertas imediatos, permitindo uma correção rápida antes que acidentes ocorram.

### Contribuições do Projeto

- **Educação e Treinamento:** Além de ser uma ferramenta de monitoramento, o sistema pode servir como uma plataforma educacional, aumentando a conscientização sobre a importância do uso correto de EPIs e

promovendo uma cultura de segurança.

- **Desenvolvimento de Novas Tecnologias:** O projeto incentiva a pesquisa e o desenvolvimento em áreas de inteligência artificial e visão computacional, com potenciais aplicações que se estendem além da segurança no trabalho.
- **Contribuição para o Mercado:** A implementação bem-sucedida do sistema pode levar a uma oferta comercial de soluções similares, beneficiando a indústria da construção civil e outros setores com necessidades semelhantes.

### **Impacto Positivo**

- **Redução de Custos:** Acidentes no trabalho resultam em custos significativos devido a tratamento médico, compensações, interrupção da produção, entre outros. A redução na incidência de acidentes pode resultar em economias substanciais para as empresas.
- **Melhoria na Conformidade Regulatória:** O sistema ajuda as empresas a cumprir rigorosamente as normas de segurança estabelecidas por órgãos regulatórios, evitando multas e outras penalidades legais.

### **Produção de Conhecimento**

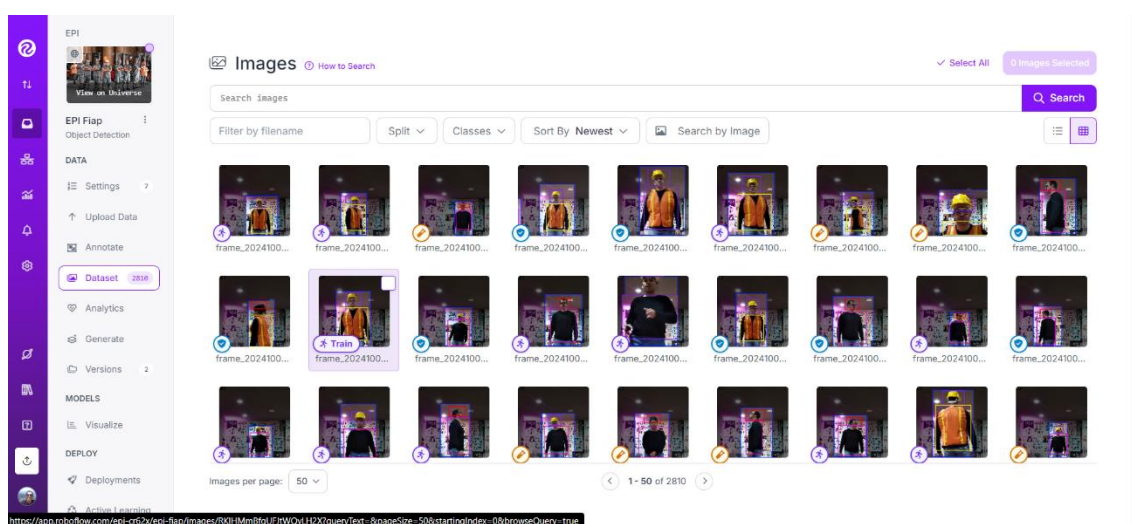
- **Publicações e Conferências:** O desenvolvimento e os resultados do projeto podem ser documentados em artigos científicos e apresentados em conferências, contribuindo para o corpo de conhecimento em tecnologias aplicadas à segurança no trabalho e engenharia de segurança.

## 5. CRONOGRAMA

Etapa	Mês											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1. Desenhar Frontend - Base				X								
2. Desenhar Frontend - Identificar EPI - VC					X							
3. Gerar Dataset						X	X					
4. Construir Script Python - Identificar EPI - VC							X	X				
5. Construir Frontend - Identificar EPI - VC								X	X			
6. Criar projeto com Arduino para sinalizacao										X		

## 6. RELATO DO DESENVOLVIMENTO TÉCNICO

Inicialmente, foi necessário obter um dataset contendo imagens previamente classificadas. Esse dataset seria utilizado para o treinamento do nosso modelo YOLOv5, focado na detecção de Equipamentos de Proteção Individual (EPI). Identificamos uma oportunidade de geração de dados por meio da plataforma Roboflow. Nessa plataforma, pudemos realizar o upload de nossas imagens, definir as respectivas labels e, ao final, gerar um arquivo compactado (ZIP) com os dados organizados em conjuntos de treino, teste e validação, já com os labels devidamente configurados.



Em seguida, criamos um repositório para armazenar os códigos desenvolvidos em Python e Arduino, disponível no seguinte endereço: [Beholder-Identificar-EPI](#). Além disso, estruturamos o projeto de frontend no repositório [Beholder-Front](#).

Desenhamos e construímos a interface do frontend com o objetivo de idealizar a forma como gostaríamos de apresentar as informações ao usuário. Optamos por criar uma plataforma no formato de marketplace, permitindo a adição de serviços relacionados à segurança no trabalho.

A escolha da tecnologia Angular12 foi fundamentada na familiaridade da equipe com a linguagem e sua ampla difusão no mercado. Para a construção da interface, utilizamos o Angular Material, que nos forneceu componentes visuais

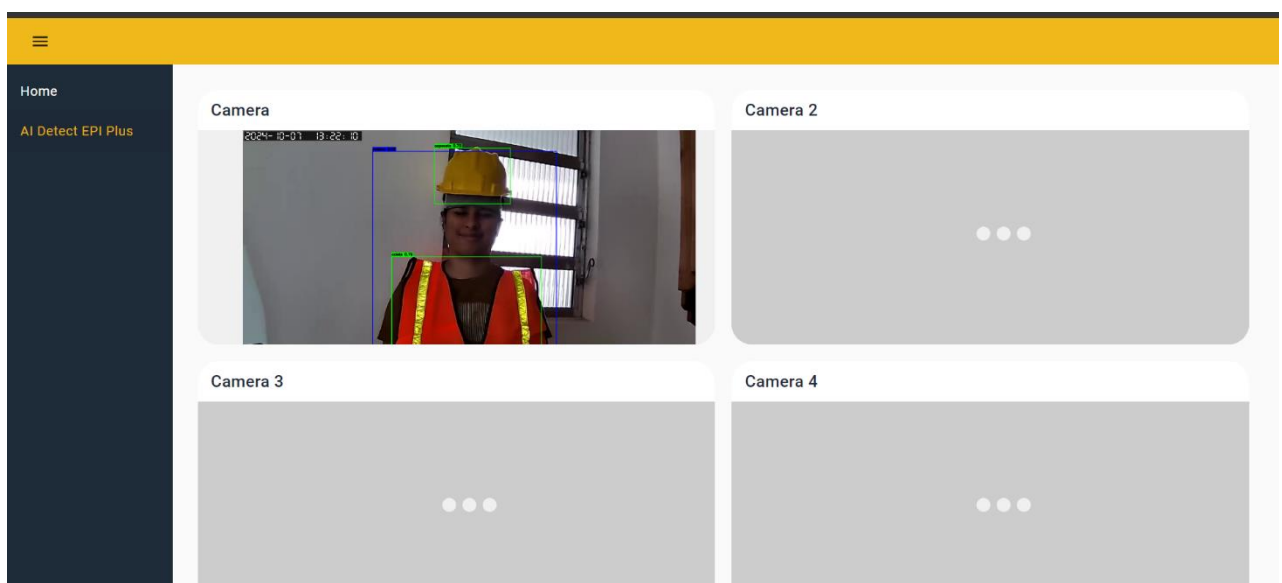


de alta qualidade. A seguir, apresentamos os resultados das telas desenvolvidas, explicando a funcionalidade de cada uma:

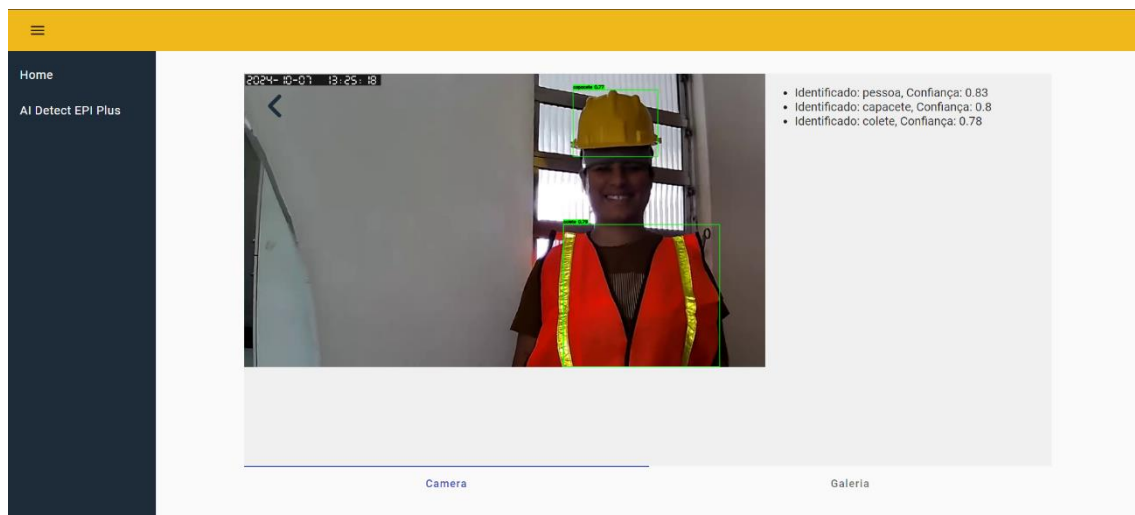
- **Tela Inicial (Home):** A primeira tela apresenta informações sobre a equipe e imagens estáticas que servem como protótipo. Também contém um menu lateral (sidemenu), que funcionará como painel de opções para os usuários.



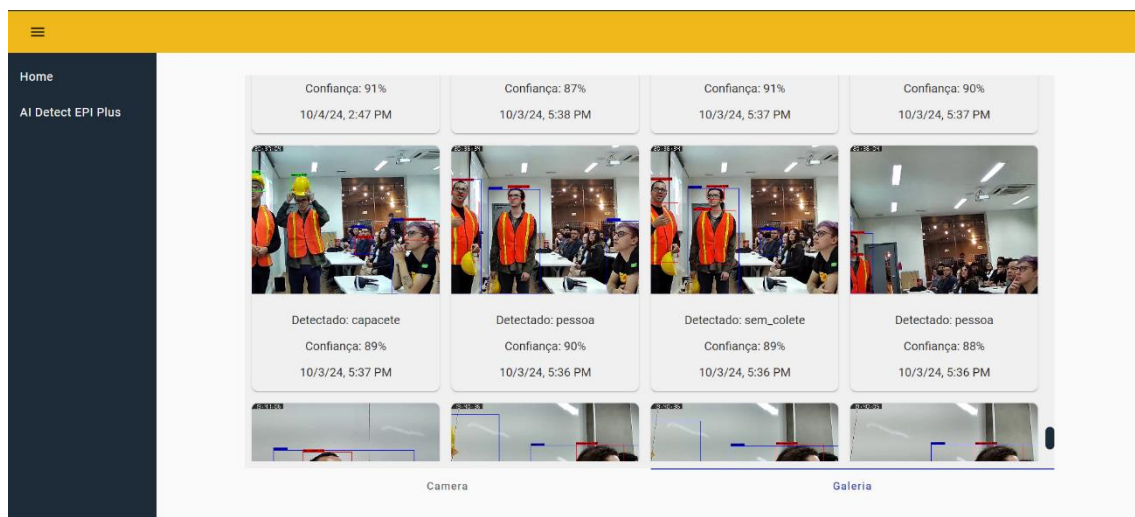
- **Tela de Monitoramento:** Esta tela será utilizada pelos técnicos de segurança do trabalho para monitorar as câmeras instaladas. Ela oferece uma pré-visualização do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) pelos funcionários.



- **Detalhamento de Câmeras:** Ao clicar em uma das câmeras, o usuário poderá visualizar mais detalhes, como as acurácias dos modelos de detecção e a qualidade aprimorada das imagens.



- **Registro de Infrações:** Por fim, há uma aba que permite ao usuário visualizar as imagens capturadas e salvas, contendo registros de possíveis infrações cometidas pelos colaboradores em relação ao uso de EPIs.



No backend desta aplicação, optamos por dividir a lógica em dois scripts distintos para otimizar a integração entre o Windows e o WSL (Windows Subsystem for Linux). Essa divisão foi necessária para facilitar a captura de frames da câmera RTSP no ambiente Windows, enquanto o processamento de detecção de objetos seria realizado no WSL, que possui maior compatibilidade

com o modelo YOLOv5.

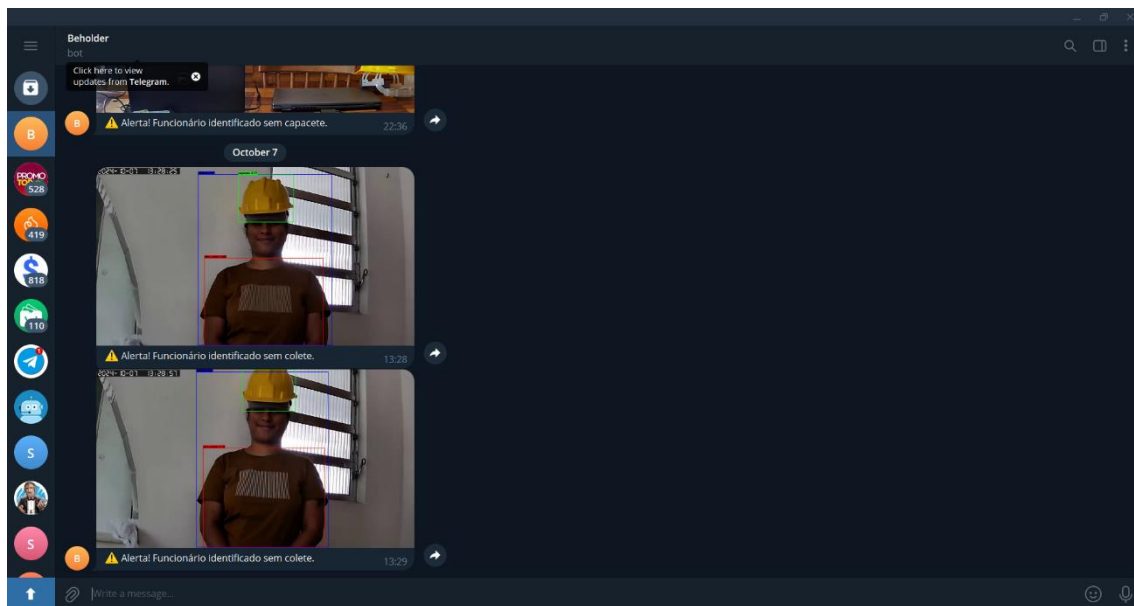
O primeiro script, executado no ambiente Windows, é responsável pela captura dos frames das câmeras de segurança, que são disponibilizados em um endpoint. Esse processo permite uma comunicação fluida com a câmera RTSP, garantindo que os frames sejam capturados em tempo real e enviados para o segundo script.

*Link do primeiro script: <https://github.com/ArtCouSan/Beholder-Identificar-EPI/blob/main/main-frames.py>*

Esse segundo script, rodando no WSL, é responsável pela execução do modelo YOLOv5, que detecta o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) nas imagens, como capacetes e coletes.

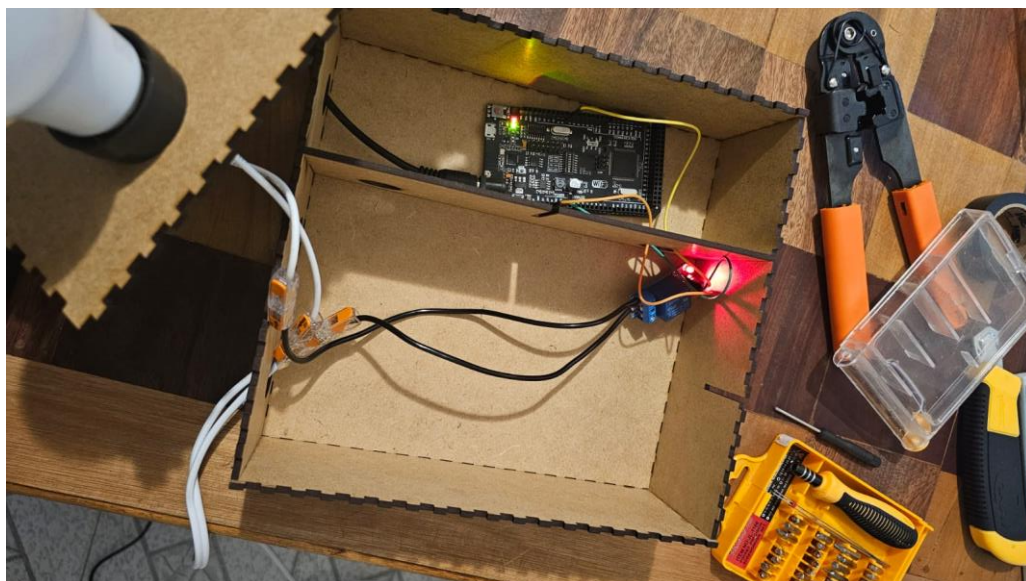
Utilizamos o YOLOv5 por sua eficiência e precisão na detecção de objetos, tornando-o ideal para monitoramento de segurança no trabalho. O modelo foi previamente treinado utilizando um dataset gerado na plataforma Roboflow, onde as imagens foram classificadas e divididas em conjuntos de treino, teste e validação. A inferência realizada pelo YOLOv5 identifica tanto os EPIs corretos quanto possíveis infrações, desenhando caixas delimitadoras em torno dos objetos detectados. As detecções, com informações detalhadas sobre os objetos e suas respectivas confiabilidades, são então armazenadas no MongoDB.

A integração com o MongoDB permite que cada imagem capturada, juntamente com suas detecções, seja salva para fins de auditoria e consulta posterior na tela de **Registro de Infrações**. As imagens são armazenadas em formato base64, acompanhadas de informações detalhadas sobre as detecções, como a presença ou ausência de capacetes e coletes. Além disso, para garantir uma resposta imediata a possíveis infrações, integramos o sistema ao **Telegram**, utilizando a API da plataforma para enviar alertas em tempo real. Sempre que uma infração é detectada, uma mensagem com a imagem e uma descrição do problema é enviada ao responsável, permitindo a tomada de ações corretivas de forma rápida e eficiente.



O sistema também conta com a integração de dispositivos IoT, como uma lâmpada controlada via protocolo REST. Essa lâmpada funciona como um indicador visual no ambiente de trabalho, sendo acionada em caso de infração. Se o sistema detecta a ausência de EPI, a lâmpada é acesa, servindo como alerta visual. Caso todas as condições de segurança sejam atendidas, a lâmpada é apagada automaticamente, garantindo que o ambiente de trabalho esteja sempre monitorado de maneira eficaz.

Um circuito utilizando o Arduino Mega em conjunto com o módulo ESP8266. Este circuito foi desenvolvido para controlar a sinalização de uma lâmpada através de um relé. A divisão do código foi feita para otimizar as funções de controle: o Arduino é responsável por receber os comandos para acender ou apagar a luz, enquanto o ESP8266 disponibiliza esses comandos via protocolo REST, permitindo o controle remoto do sistema, abaixo, uma imagem do circuito:



Resultado final da caixa com Arduino para sinalização:



Link dos codigos do Arduino: <https://github.com/ArtCouSan/Beholder-Identificar-EPI/tree/main/arduino>

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto destacou-se por unir tecnologia avançada de visão computacional com práticas de segurança na construção civil, proporcionando uma solução inovadora para o monitoramento em tempo real do uso correto de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). Através da integração de YOLOv5, Arduino Mega WiFi e sistemas de alerta automatizados, o projeto não apenas facilita a identificação de irregularidades no uso de EPIs, como também gera intervenções imediatas que contribuem para a segurança dos trabalhadores.

Com o uso de tecnologias modernas, como câmeras IP conectadas via RTSP, o sistema detecta em tempo real a ausência de EPIs e envia alertas automáticos via Telegram e um sistema de iluminação controlado no local. Esta combinação garante que tanto os supervisores quanto os trabalhadores sejam notificados imediatamente, permitindo correções rápidas e prevenindo potenciais acidentes. Além disso, a implementação prática do projeto oferece aos envolvidos uma valiosa oportunidade de aprendizado em áreas como inteligência artificial, visão computacional e sistemas embarcados.

Em suma, o projeto demonstra como a aplicação de novas tecnologias pode revolucionar a segurança no trabalho, especificamente na construção civil, onde o índice de acidentes ainda é alto. O uso de sistemas como este pode não apenas prevenir acidentes, mas também reduzir os custos associados a afastamentos e intervenções legais. As contribuições deste trabalho, portanto, abrangem tanto a inovação tecnológica quanto o impacto social, promovendo uma cultura de segurança e aprimorando as condições de trabalho no setor da construção civil.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LECUN, Yann; BENGIO, Yoshua; HINTON, Geoffrey. Deep Learning. *Nature*, v. 521, p. 436–44, 2015.

JING, Junfeng et al. Mobile-unet: An efficient convolutional neural network for fabric defect detection. *Textile Research Journal*, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 92, n. 1-2, p. 30–42, 2022.

SEIDEL, Rodolfo. Detecção de defeitos na fabricação têxtil utilizando YOLO V5. 2023. Dissertação (Mestrado) — Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, Serra, 2023.

BANZI, Massimo. Primeiros passos com o Arduino. Tradução da 2ª ed. em inglês *Getting Started with Arduino*. São Paulo: Novatec, 2012.

COSTA, Analice Trindade. Indicadores de acidentes de trabalho em obras da construção civil no Brasil e na Bahia. 2009. 51f. Monografia (Curso de Engenharia Civil) — Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia.

INSTITUTO NACIONAL DO SEGURO SOCIAL (INSS). Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho – AEAT 2018. Brasília: INSS, 2018.

MEIRELES, Natália Martins; PINTO, Fernanda do Oliveira. A conscientização do trabalhador quanto à importância do uso do EPI na Aerosoldas em Macaé. *LSP – Revista Científica Interdisciplinar*, n. 1, v. 3, p. 46-62, jan./mar. 2016.

ROCHA, Rosely. No Brasil, a cada 48 segundos um trabalhador sofre acidente e um morre a cada 4h. Disponível em: <https://www.cnttl.org.br/noticia/1999/no-brasil-a-cada-48-segundos-um-trabalhador-sofre-acidente-e-um-morre-a-cada-4-horas>. Acesso em: 14 out. 2021.