

INTRODUÇÃO

A gestão inadequada dos resíduos sólidos é um dos maiores desafios ambientais do Brasil. Em 2023, o país produziu 80,96 milhões de toneladas de resíduos, mas apenas 8% foi reciclado (ABREMA, 2024, apud O GLOBO, 2024). Mesmo com avanços em programas de coleta seletiva, grande parte ainda depende da segregação manual, que muitas vezes falha devido à falta de informação ou descuido no descarte, comprometendo a qualidade do resíduo reciclável e dificultando seu reaproveitamento. Para enfrentar essa limitação, propõe-se no IFSP – Bragança Paulista uma lixeira inteligente com inteligência artificial (IA) baseada em rede neural convolucional (CNN) capaz de identificar e separar resíduos automaticamente, aumentando a eficiência da reciclagem e reduzindo erros na segregação manual.

METODOLOGIA

A presente pesquisa se baseia no Método da Engenharia, que se concentra no projeto, desenvolvimento e avaliação de soluções tecnológicas para problemas práticos. É de natureza aplicada e experimental, visando à criação e teste de um protótipo funcional. Foi e será utilizada majoritariamente a análise quantitativa para trabalhar com os dados obtidos, como por exemplo as estatísticas de desempenho da IA.

A metodologia envolveu o uso do ESP32-CAM para captura e classificação de imagens e servomotores para a separação dos resíduos. O *dataset* foi formado com imagens coletadas no campus, ampliadas por data augmentation e rotuladas manualmente. A IA, baseada em rede neural convolucional (CNN), foi treinada no Edge Impulse e otimizada para rodar embarcada. O mecanismo de separação combina plataforma basculante, peça de articulação em 3D e motores, enquanto a estrutura da lixeira foi construída com materiais simples, priorizando estabilidade e praticidade.

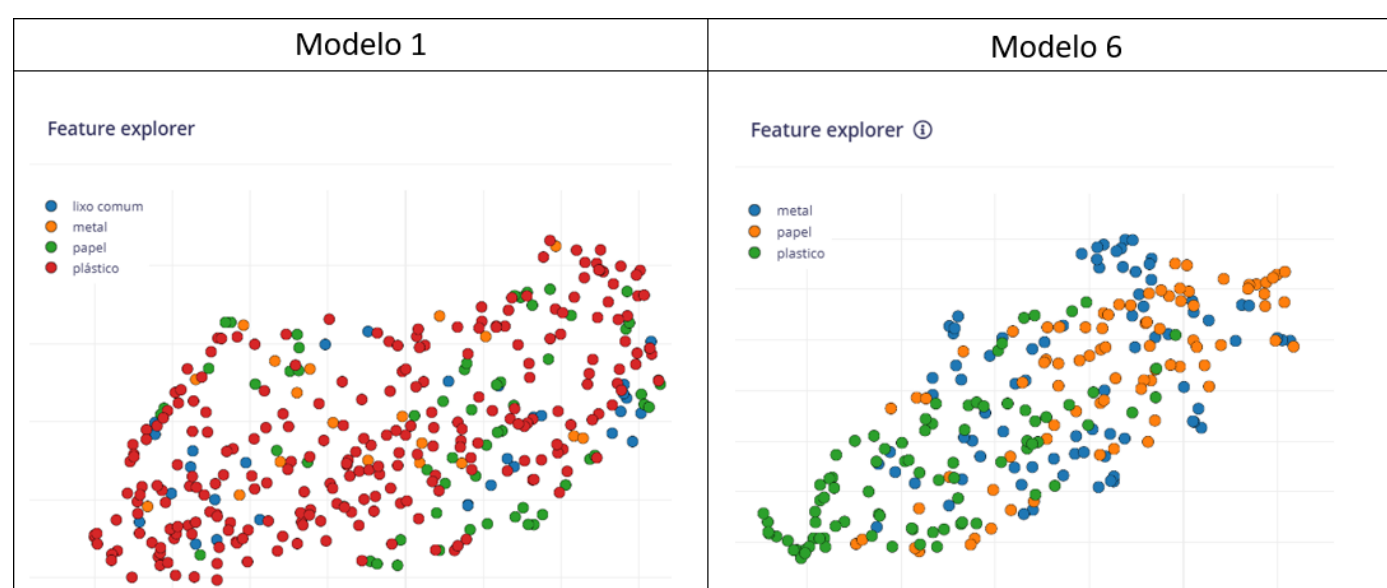
RESULTADOS

Foram realizados testes com seis modelos de inteligência artificial, com foco no desenvolvimento do sistema embarcado. A captura das imagens para o treinamento dos modelos foi feita utilizando a câmera do celular de um dos membros da equipe, mas a classificação foi posteriormente testada com uma webcam de resolução 1080p, utilizando *Live Classification*, e com a câmera do ESP32-CAM.

O primeiro modelo apresentou grande viés devido à desproporção entre classes e alta diversidade de resíduos, prejudicando o reconhecimento de materiais menos representados. Progressivamente, os modelos seguintes reduziram a diversidade, equilibraram as quantidades de imagens por classe e aplicaram data augmentation, resultando em melhoria significativa na precisão.

O último modelo utilizou imagens de 240x240 pixels, com classes equilibradas de plástico, papel e metal. Testes com *Live Classification* e análise do *Feature Explorer* confirmaram a separação clara das classes e maior consistência na identificação dos resíduos. Comparado ao primeiro modelo, houve redução de erros, diminuição de viés e maior confiabilidade, evidenciando o progresso no desenvolvimento da IA para a lixeira inteligente, conforme imagem 1.

IMAGEM 1: QUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS DO *FEATURE EXPLORER*



Fonte: Autoria própria.

CONCLUSÃO

O projeto mostrou que é viável usar inteligência artificial baseada em CNN para classificar resíduos no IFSP - BRA, aumentando a precisão em relação à segregação manual. Os testes com seis modelos demonstraram que ajustes no *dataset*, como maior resolução das imagens e equilíbrio entre classes, melhoram significativamente a capacidade de reconhecimento. A abordagem tem potencial para reduzir erros humanos e aumentar a eficiência da reciclagem, além de servir como ferramenta educativa em práticas sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

O GLOBO. **Relatório aponta crescimento da reciclagem de resíduos no Brasil, mas persistência de lixões preocupa.** O Globo. [S.l.], 10 dez. 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/2024/12/10/relatorio-aponta-crescimento-da-reciclagem-de-residuos-no-brasil-mas-persistencia-de-lixoes-preocupa/>. Acesso em: 15 jun. 2025.