

16º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2025

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA USANDO OPTICAL CHARACTER RECOGNITION

CAYNNAN S. LEAL¹, EDUARDO A. MOSSIN²

¹ Caynnan Soares Leal, Bolsista PIBIC, IFSP, Campus Sertãozinho, soares.caynnan@aluno.ifsp.edu.br

² Eduardo André Mossin, Docente e orientador do Projeto PIBIC, IFSP, Campus Sertãozinho, emossin@ifsp.edu.br

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

RESUMO: O excesso no consumo de energia representa um desafio significativo, afetando a sustentabilidade financeira e ambiental de instituições. Assim, este projeto visa desenvolver um sistema para o monitoramento do consumo de energia do Campus Sertãozinho do Instituto Federal de São Paulo mediante a leitura do medidor de consumo elétrico. Esse sistema captura imagens periódicas do visor do medidor usando um ESP32-CAM. A partir dessas capturas, um algoritmo de *Optical Character Recognition* converte as imagens em valores numéricos digitais, que são armazenados em banco de dados e exibidos em *dashboard* para acompanhamento em tempo real. Resultados preliminares mostram que o pipeline *OpenCV + EasyOCR* oferece leituras confiáveis mesmo em fotos borradas ou inclinadas, graças à binarização adaptativa e às operações morfológicas que isolam a região de interesse; futuras melhorias incluem controlar a intensidade do flash e empregar um suporte para estabilizar o ESP32-CAM e reduzir ruídos. Conclui-se então que esta ferramenta não só permite o acompanhamento contínuo do consumo, como também fornece subsídios aos gestores para planejar ações de economia e promover maior conscientização entre alunos e funcionários.

PALAVRAS-CHAVE: *Optical Character Recognition*; ESP32-CAM; *dashboard*; monitoramento.

AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION USING OPTICAL CHARACTER RECOGNITION

ABSTRACT: Excessive energy consumption poses a significant challenge, affecting both the financial and environmental sustainability of institutions. This project therefore aims to develop a system that monitors the energy use of the IFSP Sertãozinho campus by reading its electricity meter. The system periodically captures images of the meter's display with an ESP32-CAM; a subsequent Optical Character Recognition algorithm converts these images into digital numerical values, which are stored in a database and displayed on a dashboard for real-time tracking. Preliminary results show that the OpenCV + EasyOCR pipeline delivers reliable readings even from blurred or tilted photos, thanks to adaptive thresholding and morphological operations that cleanly isolate the region of interest. Future improvements include controlling flash intensity and adopting a support to stabilize the ESP32-CAM and reduce noise. Consequently, the tool not only enables continuous monitoring of consumption but also provides managers with data to plan conservation actions and raise awareness among students and staff about energy use.

KEYWORDS: *Optical Character Recognition*; ESP32-CAM; dashboard; monitoring.

INTRODUÇÃO

O desafio global da sustentabilidade levou à criação dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU e, no Brasil, ao Decreto 7.746/2012, que exige Planos de Logística Sustentável na

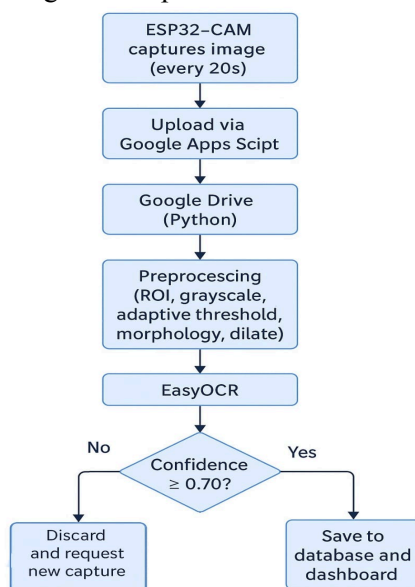
administração pública. No IFSP, o Ofício-Circular 1/2021 orienta a formação de comissões locais para integrar critérios ambientais, sociais e econômicos às rotinas institucionais. O consumo de energia desponta como ponto crítico, pois leituras manuais dos medidores dificultam o controle em tempo hábil. Neste contexto, este trabalho apresenta um sistema de baixo custo que captura imagens do visor do medidor eletrônico do Campus Sertãozinho com um módulo ESP32-CAM e converte os dígitos por meio do *EasyOCR* (JAIDEDAI, 2022), armazenando as leituras em banco de dados. Um *dashboard* web exibe os dados em tempo real, permitindo que gestores acompanhem o consumo, identifiquem desperdícios e planejem ações de eficiência energética. A solução, concebida para o campus piloto, pode ser replicada nos demais *campi* do IFSP, apoiando decisões que reduzem custos e emissões e fomentando a conscientização de alunos e servidores.

MATERIAL E MÉTODOS

Antes de apresentar os detalhes da metodologia de desenvolvimento da pesquisa, é importante destacar o uso de inteligência artificial generativa na elaboração deste texto, em conformidade com a Portaria Normativa nº 136/2025 do IFSP. Especificamente, utilizou-se o ChatGPT como ferramenta auxiliar para a revisão e o aprimoramento linguístico de trechos pontuais, sem prejuízo à autoria intelectual nem aos princípios de integridade acadêmica que orientam este trabalho.

Para oferecer uma visão geral do sistema, a Figura 1 apresenta o fluxograma completo do projeto, já indicando todos os recursos empregados. O hardware central é um ESP32-CAM acoplado a uma câmera OV2640; o firmware, escrito em C na IDE Arduino(ARDUINO.CC, 2024), é carregado via cabo micro-USB, pelo qual o ESP32 também é alimentado. A transmissão das imagens ocorre via Wi-Fi até um endpoint em Google Apps Script (GOOGLE APP SCRIPT, 2022), responsável por gravá-las no Google Drive. Na camada de processamento, utiliza-se o Google Colab, que permite integrar Python, facilitar o acesso direto aos arquivos na nuvem e hospedar os algoritmos de visão computacional e *Optical Character Recognition* envolvidos. É importante destacar que o Google Colab está sendo utilizado nesta etapa preliminar de desenvolvimento experimental. Embora apresente diversas vantagens, não é uma ferramenta adequada para a compilação do programa em nuvem na versão final do projeto, uma vez que não permite operação autônoma em segundo plano, exige que o computador permaneça ligado e limita o tempo de execução contínua a cerca de uma hora.

Figura 1. Fluxograma do processo de reconhecimento



FONTE: autoria própria

Conforme ilustrado na Figura 1, o ciclo operacional inicia com a captura automática de uma foto do visor do medidor de energia a cada 20 s; em seguida, o arquivo JPEG é enviado ao Google Drive por meio da requisição HTTP atendida pelo Apps Script. Um notebook em Python, executado

no Colab, dispara então o pipeline de visão computacional: recorta a Região de Interesse (ROI), aplica filtros e realces que favorecem a legibilidade dos dígitos e, por fim, realiza o Optical Character Recognition para extrair a leitura do medidor. Esses algoritmos de visão computacional (implementados com a biblioteca OpenCV, que fornece operações morfológicas (por exemplo, erosão e dilatação, responsáveis por remover ruídos pontuais e fechar lacunas nos contornos, e binarização) são cruciais porque isolam e destacam os dígitos mesmo sob variações de iluminação, ruído ou ângulo de captura, garantindo que o Optical Character Recognition receba uma imagem limpa e confiável (seus detalhes serão explicados adiante). No Google Colab, um notebook em Python automatiza o pipeline de visão computacional da seguinte maneira:

- 1) O script localiza a Região de Interesse: coordenadas pré-definidas que isolam apenas os dígitos, evitando influências de LEDs, lacres e rótulos do medidor. A figura 2 demonstra como a ROI é cortada da foto capturada, como o retângulo verde.

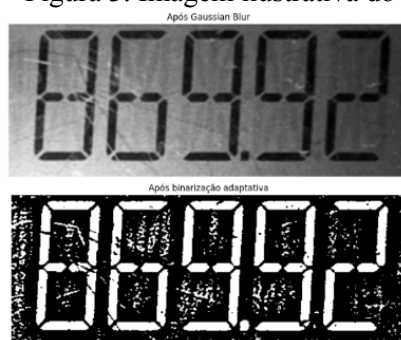
Figura 2. Imagem ilustrativa do processo



FONTE: autoria própria

- 2) A ROI é convertida para tons de cinza, etapa que reduz de três canais (RGB - *Red, Green and Blue*) para um canal de luminância, simplificando o cálculo sem perder informação relevante para leitura de dígitos. Aplica-se então a binarização adaptativa gaussiana, que calcula um limiar para cada vizinhança (tamanho do bloco 21–31, deslocamento $C = 2-5$). Esse método compensa variações de iluminação local (ALMEIDA, 2015), produzindo um mapa binário onde dígitos (brancos) contrastam com o fundo (preto). A figura 3 demonstra que ambos processos são aplicados a ROI, extraída na figura 2.

Figura 3. Imagem ilustrativa do processo



FONTE: autoria própria

- 3) Na sequência, são executadas operações morfológicas:
 - *Opening* (erosão seguida de dilatação, kernel 3×3) elimina pontos brancos isolados que escaparam da binarização.
 - *Closing* (dilatação seguida de erosão, kernel 5×5) preenche falhas nos traços brancos.
 - Uma dilatação leve reforça a espessura dos segmentos (CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2002) para facilitar o reconhecimento.

Figura 4. Imagem ilustrativa do processo



FONTE: autoria própria

A imagem resultante vai para o *EasyOCR*, disponível no *PyTorch* e configurado para os números 0–9. O modelo retorna o valor em kWh e uma confiança entre 0 e 1, uma grandeza designada para tentar medir o quanto o valor encontrado pode ser confiável. Ela é feita com base na razão entre pixels brancos dispersos (ruídos) remanescentes após a operação de *Opening*, e os pixels totais da imagem. Desta maneira, é possível saber se a imagem contém muito ruído, que é o principal limitador da leitura. Valores para essa razão maiores que 0,3 já indicam que a imagem pode estar muito ruidosa. O valor encontrado é subtraído de 1, como mostra as fórmulas I e II, e esta é a “confiança” da leitura.

$$(I) \text{ Confiança} = 1 - \text{Razão de Pixels}$$

$$(II) \text{ Razão de Pixels} = N^{\circ} \text{ pixels brancos} / N^{\circ} \text{ Total de pixels}$$

Se a confiança é maior ou igual a 0,70, como demonstrado na figura 1, a leitura é considerada válida; caso contrário, os parâmetros do script são recalculados para tentar melhorar a leitura. Nesta etapa de desenvolvimento e validação da solução proposta neste projeto, os valores obtidos, após serem validados, são comparados aos valores reais já conhecidos.

Quanto ao medidor, ele é um modelo SL7000 da fabricante francesa Itron (ITRON FRANCE S.A.S., 2010). Pouco foi falado dele, pois até o momento os testes se dedicaram a aperfeiçoar as filtragens e leituras. Contudo, este projeto se propõe a extrair os dados de consumo de energia elétrica do IFSP campus Sertãozinho, e quanto a isto, o medidor não exhibe apenas o desejado. O fabricante relata que o medidor exhibe dados como fator de potência, potência ativa, reativa, aparente e o consumo energético, sendo atrelados a um código OBIS (*Object Identification System*). Ainda sobre o medidor, outra questão percebida foi o período de amostragem do medidor. Foi extraído de maneira experimental que seu período de amostragem (tempo que demora para exibir o mesmo código OBIS outra vez) é de 3:52 minutos. Desta maneira, para sincronizar a tirada de fotos do ESP32-CAM com o código OBIS desejado, o microcontrolador deverá contar este período de 3:52 minutos (232 segundos) entre uma foto e outra, desde que esteja em fase com o OBIS desejado.

Outro ponto importante de ser citado eram as confusões entre certos números na leitura. Uma vez que os dígitos do medidor não seguem o display de 7 segmentos convencional, o “0” possui uma haste diagonal que o aproxima da forma do “8”. O *Optical Character Recognition* básico confundia ambos. Implementou-se então um pós-processamento em OpenCV:

1. **Detecção de dígitos fechados.** Busca-se contornos cujos polígonos não exibem furos internos; apenas “0” e “8” atendem a esse critério.
2. **Cálculo de densidade.** Para cada contorno fechado, computa-se a fórmula III:
(III) $\text{densidade} = N^{\circ} \text{ pixels brancos} / \text{Área contorno}$
3. **Classificação.**

se densidade < 0.35 => rotula como 0

caso contrário => rotula como 8

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante do processo apresentado, foi perceptível o sucesso nos reconhecimentos realizados. Até mesmo com imagens borradas ou levemente inclinadas, o *Optical Character Recognition* se mostrou efetivo em retornar leituras condizentes. Isso se deve a eficiência do processo de filtragem, que mesmo em situações adversas, com fotos em má qualidade, consegue fazer uma imagem binarizada com pouco ruído, e esta é a que importa para a leitura. Abaixo, segue um exemplo de reconhecimento bem sucedido, mesmo com a má qualidade da foto, representado pelas figuras 5 e 6 (note que os resultados printados seguirão o seguinte padrão: “Resultados EasyOCR: [[([“matriz dos números detectados”], ‘(número lido)’, ‘(confiança)’)]”):

Figura 5. Foto retirada do medidor com o ESP32-CAM



FONTE: autoria própria

Figura 6. Leitura feita pelo EasyOCR



FONTE: autoria própria

Figura 7. Leitura feita pelo EasyOCR (ampliada)

```
WARNING:easyocr.easyocr:Using CPU. Note: This module is much faster with a GPU.
Resultados EasyOCR: [[([["matriz dos números detectados"], '0042', np.float64(0.7188955545425415)])]]
```

FONTE: autoria própria

Como mostrado, o *Optical Character Recognition*, mesmo com uma foto borrada, tremida e afetada pelo flash, consegue ler o valor exibido. Formas futuras para a melhora da foto incluem controlar a intensidade do flash, e a eventual inclusão do suporte para o ESP32-CAM impresso em 3D corrigirá os problemas de ângulo de captura e frenesi. Um fator importante que foi percebido foi o “tamanho” do corte da ROI. Se houver muito espaço o *Optical Character Recognition* tem problemas para centralizar a leitura, e se estiver muito fechada o *Optical Character Recognition* não consegue fechar os contornos dos números corretamente.

Mesmo em fotos borradas ou saturadas pelo flash, o pipeline ajustado manteve leituras válidas. Contudo, identificou-se um erro sistemático: a biblioteca confundia o 0 estilizado do medidor, com haste diagonal, com o 8. Após inserir a heurística de densidade descrita em Materiais e Métodos, a taxa de erro entre esses dígitos foi eliminada. Restam aperfeiçoamentos nas capturas (controle do flash e fixação do suporte) para eliminar ruídos residuais e estabilizar a ROI, mas o algoritmo agora distingue corretamente os dígitos mesmo em condições adversas.

CONCLUSÕES

Em síntese, mesmo com desafios apresentados, os resultados confirmam a viabilidade de integrar visão computacional e *Optical Character Recognition* ao medidor SL7000 para o monitoramento automatizado do consumo de energia no Campus Sertãozinho. O processo de leitura já apresentou resultados satisfatórios, garantindo leituras confiáveis mesmo diante de variações de iluminação e posicionamento.

Além de validar a abordagem, o estudo demonstrou que o uso da biblioteca *EasyOCR* reduz o esforço de desenvolvimento e facilita a escalabilidade para outros medidores, aspecto essencial para adoção em todos os campi do IFSP. Assim, a solução proposta mostra potencial para eliminar coletas manuais, apoiar decisões de eficiência energética e avançar nas metas institucionais de sustentabilidade.

Como perspectiva futura, pretende-se ter todo o sistema totalmente automatizado na nuvem, integrado a um suporte que estabiliza o ESP32-CAM e aprimora a qualidade das fotos. Com a captura e o processamento já consolidados, o passo seguinte é finalizar o *dashboard*: ele só será preenchido quando o sistema operar em regime permanente, garantindo dados consistentes para visualização e análise. Esse conjunto deverá eliminar dependências temporais rígidas, simplificar a coleta de informações e aumentar a confiabilidade de todo o monitoramento energético.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

EAM contribuiu com a concepção e definição do escopo do estudo, além de avaliar sua viabilidade. CSL realizou a curadoria e análise dos dados, bem como desenvolveu a metodologia e conduziu os experimentos.

EAM e CSL atuaram na redação do trabalho, colaboraram na revisão crítica do conteúdo e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao **PIBIC IFSP** que está financiando e apoiando o projeto. Os autores agradecem também ao Instituto Federal de São Paulo pela infraestrutura disponibilizada e incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Leandro Henrique Espindola V. de. **Binarização de imagens de documentos utilizando estimativa local de largura de traço**. 2015. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

ARDUINO.CC. **Arduino Software**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/software/>. Acesso em: 25 set. 2024.

CARVALHO JÚNIOR, O. A. *et al.* Classificação e eliminação dos ruídos em imagens hiperespectrais pela análise sequencial da transformação por fração de ruído mínimo. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 31-40, 2002.

GOOGLE APP SCRIPT. **Google Apps Script**. 2022. Disponível em: <https://developers.google.com/apps-script>. Acesso em: 12 nov. 2024.

ITRON FRANCE S.A.S. **Manual de instalación, operación y mantenimiento – Medidor SL7000**. Chasseneuil-du-Poitou: Itron, 2010. 104 p. Disponível em: <https://www.itron.com>. Acesso em: 27 abr. 2025.

JAIDEDAI. **EasyOCR Documentation**. 2022. Disponível em: <https://github.com/JaidedAI/EasyOCR>. Acesso em: 17 jul. 2025.

BRASIL. Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012. Dispõe sobre critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela administração pública federal, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 6 jun. 2012.