



DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO INTELIGENTE PARA ÁREAS EXTERNAS DE INSTITUIÇÕES EDUCACIONAIS COM VISÃO COMPUTACIONAL

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT MONITORING SYSTEM FOR EXTERNAL AREAS OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS WITH COMPUTER VISION

DOI: 10.5281/zenodo.17554432



Thiago dos Santos Araújo¹
Arlindo Garcia de Sa Barreto Neto²
Pedro Henrique Alexandre da Rocha³
Vinicius Cavalcante Pequeno⁴

Resumo

A segurança em instituições educacionais tem se tornado uma preocupação crescente, exigindo soluções inovadoras para garantir um ambiente mais protegido. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de estacionamento baseado em visão computacional, utilizando a biblioteca OpenCV em Python. O sistema permite a delimitação manual das vagas em imagens estáticas, armazenadas de forma persistente, e realiza a detecção qualitativa de vagas ocupadas e livres por meio da análise de variação de cor e densidade de pixels. Os testes foram conduzidos inicialmente com webcam e, posteriormente, com a câmera Ípega KP-CA 127 instalada em campo, que proporcionou maior qualidade de imagem e estabilidade. Os resultados demonstraram que o sistema é capaz de identificar corretamente a ocupação das vagas, embora a instabilidade da transmissão em tempo real ainda represente uma limitação. Conclui-se que a solução proposta é viável, de baixo custo e com potencial para contribuir com a gestão e segurança em estacionamentos de ambientes escolares.

- 1 Discente do curso Análise e Desenvolvimento de Sistemas (ADS), IFPB, Brasil.
- 2 Docente Titular do curso Análise e Desenvolvimento de Sistemas (ADS), IFPB, Brasil.
- 3 Discente do curso Análise e Desenvolvimento de Sistemas (ADS), IFPB, Brasil.
- 4 Discente do curso Análise e Desenvolvimento de Sistemas (ADS), IFPB, Brasil.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.3.n.5. out/nov/dez. 2025 - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





Palavras-chave: estacionamento; monitoramento; segurança

Abstract

Security in educational institutions has become a growing concern, requiring innovative solutions to ensure a more protected environment. This work presents the development of a parking monitoring system based on computer vision, using the OpenCV library in Python. The system allows the manual delimitation of vacancies in static images, stored persistently, and performs the qualitative detection of occupied and free vacancies through the analysis of color variation and pixel density. The tests were initially conducted with a webcam and, later, with the Ípega KP-CA 127 camera installed in the field, which provided greater image quality and stability. The results demonstrated that the system is capable of correctly identifying vacancy occupancy, although the instability of real-time transmission still represents a limitation. It is concluded that the proposed solution is viable, low-cost and has the potential to contribute to management and safety in school parking lots.

Keywords: parking; monitoring; security

1 Introdução

A segurança em ambientes educacionais é uma preocupação crescente devido ao aumento de incidentes de violência, vandalismo e outras ameaças. Uma gestão eficiente da segurança é essencial para o bem-estar de discentes, funcionários e da comunidade escolar, contribuindo para um ambiente adequado ao ensino e à aprendizagem (Newman et al., 2004). Nesse contexto, os sistemas de monitoramento por meio de Circuito Fechado de Televisão (CFTV) desempenham papel relevante, embora ainda apresentem limitações, uma vez que dependem de supervisão manual constante e oferecem apenas vigilância passiva.

A visão computacional surge como uma alternativa inovadora, capaz de complementar e aprimorar os sistemas tradicionais de CFTV. Essa tecnologia adiciona uma camada de inteligência, permitindo a análise automatizada de imagens e vídeos em tempo real. Dessa forma, o monitoramento deixa de ser apenas um registro visual e passa a constituir uma ferramenta ativa de apoio à tomada de decisão.

A visão computacional é uma subárea da inteligência artificial que possibilita que sistemas interpretem e compreendam informações visuais. Segundo Barelli (2018), pode ser





considerada um complemento à visão biológica: enquanto a biologia investiga a percepção visual em organismos vivos, a visão computacional dedica-se à implementação de sistemas artificiais que simulam essa capacidade por meio de hardware e software. Tecnologias de visão computacional já são aplicadas com sucesso em áreas como astronomia, medicina, sensoriamento remoto, reconhecimento de assinaturas, manufatura e robótica (Rudek; Coelho; Canciglieri, 2001).

No contexto da mobilidade urbana, a aplicação dessa tecnologia em estacionamentos tem ganhado destaque. Com o uso de câmeras de alta resolução e técnicas de processamento de imagem, é possível monitorar continuamente a ocupação de vagas, identificar padrões de uso e até detectar infrações, como o uso irregular de vagas destinadas a pessoas com deficiência.

Assim, o presente estudo parte da seguinte questão norteadora: é possível desenvolver um sistema de monitoramento de vagas de estacionamento, baseado em visão computacional, que seja viável para aplicação em instituições educacionais, com baixo custo e operação em tempo quase real?

A relevância desta pesquisa está em propor uma solução tecnológica acessível, capaz de contribuir para a segurança e organização de estacionamentos escolares, além de servir como base para aplicações futuras em ambientes urbanos.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é desenvolver e validar um sistema de monitoramento de estacionamento baseado em visão computacional, utilizando a biblioteca OpenCV em Python, capaz de identificar a ocupação de vagas em tempo real e diferenciar categorias de vagas, incluindo as destinadas a pessoas com deficiência (PCD).

Após esta Introdução, a seção 2 apresenta a fundamentação teórica necessária para o estudo. A seção 3 descreve os procedimentos metodológicos utilizados. Já, a seção 4 discute os principais resultados obtidos e por fim, a seção 5 traz as conclusões e considerações finais, destacando as implicações do trabalho e sugestões para pesquisas futuras





2 Fundamentação Teórica

O desenvolvimento de sistemas de monitoramento de estacionamento baseia-se fortemente em avanços na área de Visão Computacional e Inteligência Artificial. Nesse contexto, bibliotecas e frameworks especializados fornecem a infraestrutura necessária para o processamento de imagens e a implementação de algoritmos de reconhecimento de padrões.

As bibliotecas OpenCV, TensorFlow e PyTorch são amplamente utilizadas em pesquisas e aplicações práticas. O OpenCV, conforme Barelli (2018), constitui uma ferramenta essencial para a manipulação de imagens, estruturas de dados e operações matemáticas aplicadas ao pré-processamento visual. Já TensorFlow e PyTorch destacam-se pelo suporte ao desenvolvimento e treinamento de modelos de *deep learning*, possibilitando a construção de redes neurais profundas capazes de identificar veículos e analisar a ocupação de vagas em cenários complexos.

No âmbito da detecção em tempo real, o modelo YOLO (You Only Look Once) é amplamente reconhecido pela eficiência em tarefas de localização e classificação de objetos. Sua integração com frameworks como OpenCV, TensorFlow ou PyTorch permite não apenas a identificação de veículos em imagens, mas também o monitoramento contínuo da cena, fornecendo dados atualizados sobre a disponibilidade de vagas (Redmon et al., 2016).

As Redes Neurais Convolucionais (CNNs), segundo Vargas et al. (2016), representam uma arquitetura inspirada no processamento biológico da visão, e têm se mostrado particularmente eficazes em tarefas de classificação e reconhecimento de padrões visuais. No contexto desta pesquisa, CNNs podem ser aplicadas para distinguir entre vagas livres e ocupadas com alto grau de precisão.

De forma complementar, técnicas de Background Subtraction são empregadas para detectar mudanças na cena, como a chegada ou saída de veículos, contribuindo para uma análise temporal mais refinada. A combinação dessas tecnologias fornece uma base robusta para o desenvolvimento de sistemas inteligentes de monitoramento, otimizando a gestão de estacionamentos e ampliando a eficiência no uso de espaços urbanos.





3 Metodologia

A pesquisa possui natureza aplicada, de caráter experimental, e teve como objetivo validar o funcionamento de um sistema inteligente de monitoramento de estacionamento. A abordagem metodológica adotada foi predominantemente qualitativa, baseada na análise observacional dos resultados obtidos durante os testes, embora tenham sido incorporados elementos quantitativos na fase inicial, referentes à taxa de acerto na identificação das vagas ocupadas.

O sistema foi desenvolvido na linguagem Python, utilizando a biblioteca OpenCV para o processamento de imagens. A execução ocorreu localmente em um computador conectado via Wi-Fi à câmera de monitoramento, instalada em um poste. A câmera transmite as imagens em tempo real por meio de um link RTSP/HTTP, permitindo o processamento contínuo e a atualização dinâmica das informações sobre as vagas.

A delimitação das vagas foi realizada manualmente a partir de uma imagem estática capturada pela câmera, utilizando uma interface gráfica simplificada. As coordenadas das áreas de interesse (ROIs – Regions of Interest) foram salvas em um arquivo com o auxílio do módulo *Pickle*, de modo a serem carregadas automaticamente em execuções futuras. Durante a operação, o sistema analisa sucessivamente os frames do vídeo, calculando variações na intensidade de cor e na densidade de pixels de cada região delimitada. Com base nesses parâmetros, o algoritmo classifica as vagas como livres ou ocupadas, exibindo o resultado em tempo real em uma interface gráfica interativa com códigos de cores: verde (vaga livre) e vermelho (ocupada). Para as vagas reservadas a pessoas com deficiência (PCD), foram adotadas as cores azul claro (livre) e azul escuro (ocupada), assegurando melhor distinção visual e acessibilidade da interface.





Os testes foram conduzidos em duas etapas:

1. Fase preliminar: Nesta fase, utilizou-se uma webcam acoplada a um protótipo em escala reduzida do estacionamento, o que permitiu ajustar os parâmetros do algoritmo, como o limiar de detecção de ocupação e a calibração da variação de cor por pixel.
2. Fase de campo: Em seguida, a câmera Ípega KP-CA127 foi instalada em um poste com aproximadamente 8 metros de altura, permitindo uma visão ampla da área de estacionamento. A câmera foi escolhida por suas características técnicas, incluindo resolução Full HD (1080p), taxa de captura de 30 fps, ângulo de visão de 75°, visão noturna e compatibilidade com os protocolos RTSP/HTTP, que garantiram maior qualidade e estabilidade das imagens. Por não possuir proteção contra intempéries, foi adicionada uma cobertura protetora improvisada, confeccionada a partir de uma garrafa plástica, para evitar danos causados por chuva ou respingos d'água durante os testes em ambiente externo.

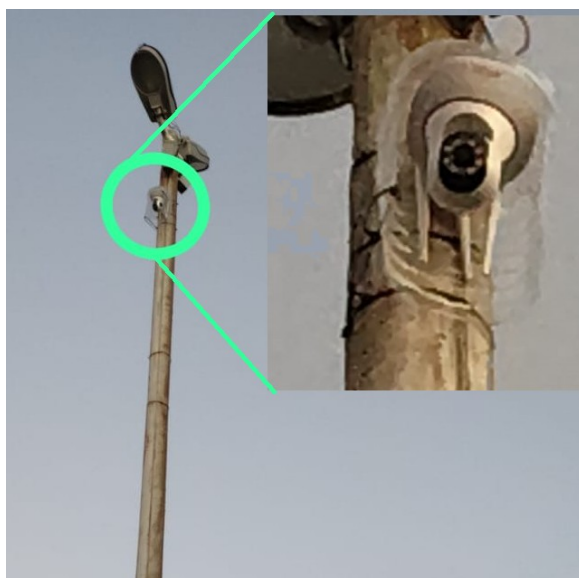
A câmera Ípega KP-CA 127 foi instalada em um poste com aproximadamente 8 metros de altura, possibilitando uma visão ampla da área de estacionamento. A seleção deste modelo, foi devido à sua resolução Full HD (1080p), taxa de captura de 30 fps, taxa de visão de 75 graus, visão noturna e suporte à transmissão via protocolo RTSP/HTTP, características que garantem maior qualidade e estabilidade nas imagens coletadas, além do baixo custo. Entretanto, o dispositivo não possui proteção nativa contra chuva, foi necessária a instalação de uma cobertura improvisada utilizando uma garrafa plástica, a fim de resguardar o equipamento contra chuva e respingos de água durante os testes em campo.

Na Figura 1 é apresentada a câmera instalada no poste de 8 metros, que ilustra a proteção com garrafa plástica cortada, empregada no dispositivo para protegê-lo da chuva.





Figura 1 – Vista geral do poste de 8 metros de altura com a câmera Ípega KP-CA 127 instalada para monitoramento do estacionamento (a câmera está destacada em círculo); Detalhe da câmera Ípega KP-CA 127 instalada.



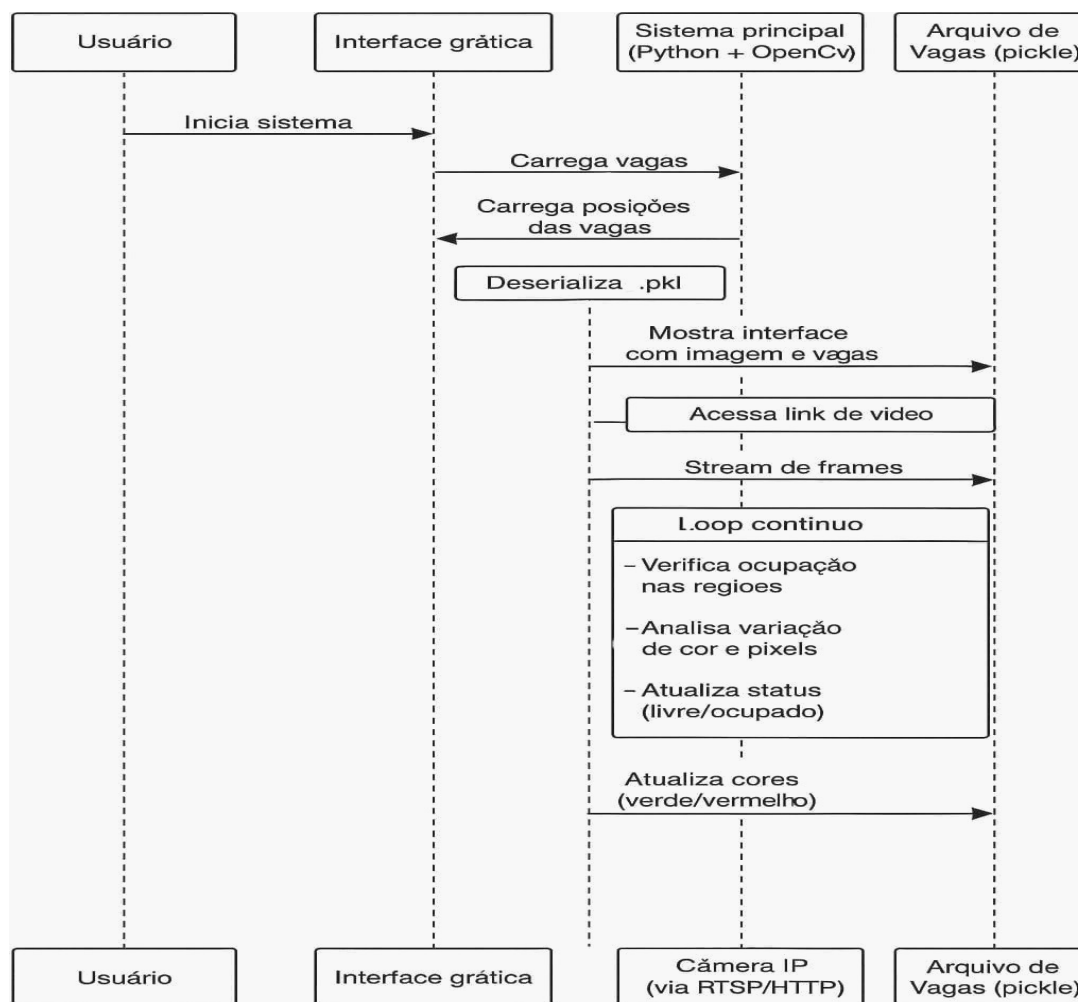
Fonte: Própria (2025)

As análises metodológicas foram baseadas em observação sistemática dos resultados, avaliando a capacidade do sistema em identificar corretamente a ocupação das vagas sob diferentes condições de iluminação e clima. Ressalta-se que, devido à limitação de tempo e disponibilidade de dados, a validação concentrou-se em registros de um único dia com clima nublado. Embora não tenham sido aplicadas métricas quantitativas de acurácia nesta etapa, os resultados observados oferecem indícios de consistência do modelo e servem como base para estudos futuros com séries de dados mais extensas.

A Figura 2 apresenta o diagrama de sequência elaborado para ilustrar o funcionamento do sistema, detalhando a interação entre os módulos de captura, processamento e exibição de resultados.



Figura 2 – Diagrama de Sequência



Fonte: Própria (2025)

O Diagrama de Sequência da Figura 2 ilustra o fluxo de comunicação entre os principais componentes do sistema inteligente de monitoramento de estacionamento, destacando as interações entre o usuário, a interface gráfica, o sistema principal (Python + OpenCV) e o arquivo de vagas (*Pickle*). O diagrama representa o comportamento dinâmico do sistema, desde a inicialização até o monitoramento contínuo das vagas, sendo sua execução detalhada de forma sequencial:



I. Inicialização do Sistema

O processo inicia-se quando o usuário executa o sistema por meio da interface gráfica. Nesse momento, a aplicação carrega os arquivos necessários ao funcionamento, incluindo o arquivo de vagas previamente criado, que contém as posições delimitadas de cada área de estacionamento.

II. Carregamento das Vagas

A interface gráfica solicita ao sistema principal a leitura das posições armazenadas, que são desserializadas do arquivo .pkl por meio do módulo Pickle. Essa etapa permite restaurar as regiões de interesse (ROIs) definidas anteriormente durante a calibração inicial do sistema.

III. Configuração da Interface

Com as vagas carregadas, o sistema exibe uma interface visual contendo a imagem do estacionamento e as áreas correspondentes a cada vaga, sendo uma etapa de visualização essencial para o monitoramento, funcionando como base para a sobreposição das informações dinâmicas de ocupação.

IV. Acesso à Transmissão de Vídeo

Após a configuração inicial, o sistema acessa o link de vídeo proveniente da câmera IP, utilizando o protocolo RTSP/HTTP para estabelecer a comunicação em tempo real. Essa transmissão contínua fornece os frames (quadros) que serão processados para análise de ocupação.





V. Processamento Contínuo (*Loop* de Análise)

O sistema entra em um loop contínuo de processamento, responsável por analisar os frames capturados e atualizar o status das vagas em tempo real. Esse ciclo inclui as seguintes operações:

1. Verificação da ocupação nas regiões: O sistema aplica máscaras sobre as áreas delimitadas e extrai os valores de cor e intensidade dos pixels em cada região
2. Análise da variação de cor e densidade: Utilizando técnicas de processamento digital de imagens com OpenCV, o sistema calcula a média de intensidade e a variação de cor entre frames consecutivos. Mudanças significativas nesses valores indicam a presença ou ausência de veículos.
3. Atualização do status das vagas: Com base nos valores calculados, cada vaga é classificada como livre ou ocupada.
4. Atualização visual das cores: A interface gráfica altera automaticamente a cor das vagas — verde para vagas livres e vermelho para ocupadas. No caso de vagas reservadas a pessoas com deficiência (PCD), utilizam-se as cores azul claro (livre) e azul escuro (ocupada).

VI. Feedback em Tempo Real

Todo o processo ocorre de forma contínua e síncrona, permitindo ao usuário visualizar em tempo real as mudanças de estado das vagas. A atualização imediata da interface garante uma resposta dinâmica e intuitiva, fundamental para aplicações de monitoramento inteligente.



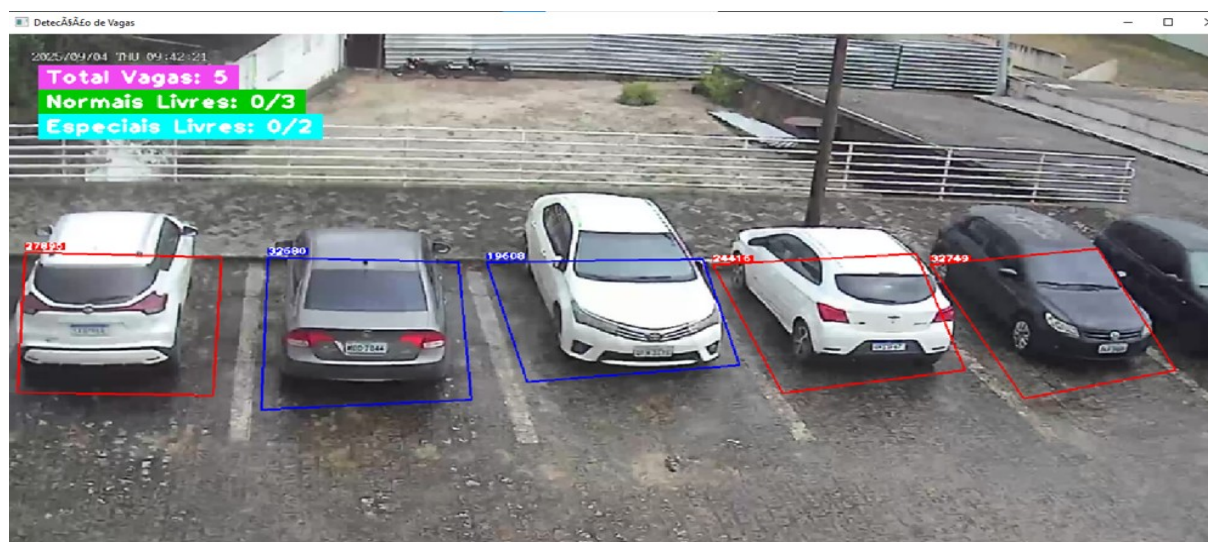


4 Resultados e discussões

O projeto resultou na implementação de um sistema funcional de monitoramento de vagas de estacionamento, utilizando visão computacional para identificar e diferenciar vagas ocupadas e desocupadas. A interface interativa desenvolvida em Python com a biblioteca OpenCV permite a definição manual das áreas correspondentes às vagas, armazenando suas posições de forma persistente. As vagas são exibidas com marcações coloridas, facilitando a visualização do estado de ocupação, incluindo diferenciação para vagas destinadas a pessoas com deficiência (PCD).

Após os testes preliminares em pequena escala com webcam, foi realizada a instalação da câmera Ípega KP-CA 127 em campo, possibilitando a validação do sistema em condições reais. A câmera apresentou boa qualidade de imagem e estabilidade local, e o sistema foi capaz de identificar corretamente a ocupação das vagas, conforme ilustrado nas Figuras 4 e 5, que mostram o sistema em operação.

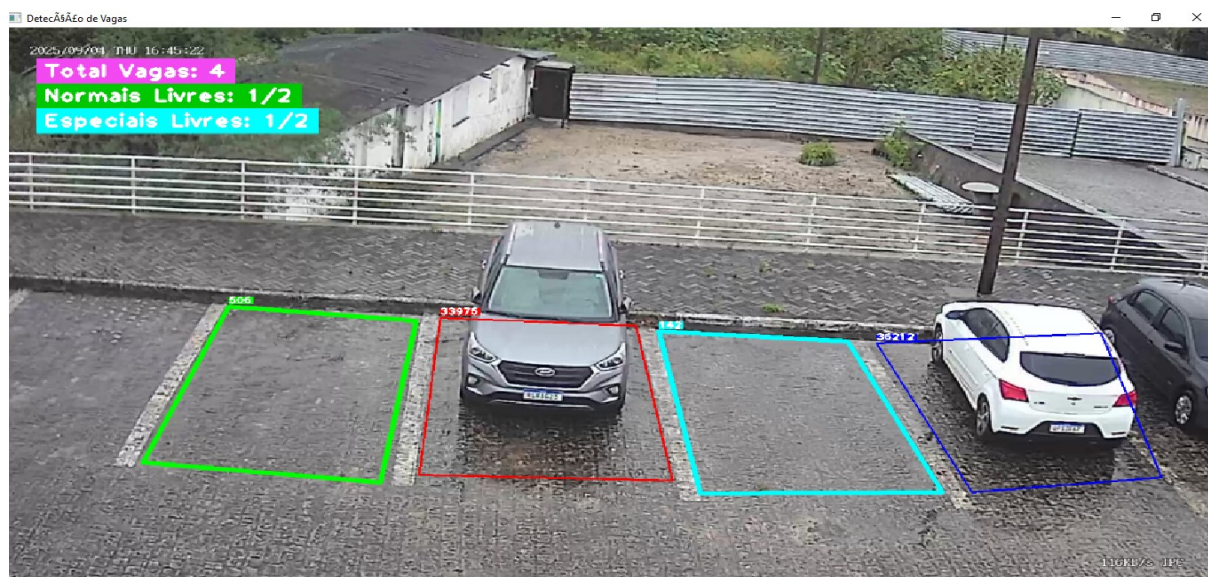
Figura 4 – Sistema em operação durante teste em condições nubladas



Fonte: Própria (2025)



Figura 5 – Sistema em operação com vagas livres



Fonte: Própria (2025)

Entretanto, foi identificada uma limitação importante: a transmissão do vídeo em tempo real apresentou instabilidade, devido à qualidade do sinal Wi-Fi no local da instalação. É possível que a cobertura improvisada utilizada para proteger a câmera tenha contribuído para essa instabilidade, embora outros fatores do ambiente externo também possam influenciar o sinal. Por essa razão, os resultados foram analisados a partir de gravações e imagens capturadas, em vez de processamento contínuo em tempo real. Apesar disso, os testes demonstraram a viabilidade do sistema e confirmaram seu potencial para monitoramento automático de vagas, estabelecendo uma base sólida para futuras melhorias de infraestrutura de rede e expansão do projeto em escala maior.

Os resultados indicam que o sistema desenvolvido em Python, utilizando a biblioteca OpenCV, foi capaz de realizar a detecção qualitativa de vagas ocupadas e livres por meio da análise de variação de cor e densidade de pixels. Os testes iniciais com webcam permitiram o ajuste do algoritmo, enquanto a instalação da câmera Ípega KP-CA 127 em campo



possibilitou a validação do sistema em ambiente real, apresentando maior qualidade de imagem e estabilidade local. A interface implementada demonstrou eficácia na visualização das vagas, com diferenciação clara para vagas comuns e destinadas a pessoas com deficiência (PCD).

Mesmo em condições distintas de iluminação e clima (ensolarado e nublado), o algoritmo apresentou consistência qualitativa na detecção, ainda que sujeito a variações ambientais. Esse comportamento está em consonância com estudos como o de Zhang et al. (2022), que destacam a influência crítica da iluminação e das condições climáticas na acurácia de sistemas de estacionamento inteligentes.

O estudo contribui para o campo das soluções de monitoramento de estacionamento baseadas em visão computacional, oferecendo um protótipo funcional adaptado ao contexto educacional. Bases de dados públicas como a PKLot (Almeida et al., 2015) e a CNRPark-EXT (Amato et al., 2017) são amplamente utilizadas para avaliar algoritmos sob diferentes cenários de iluminação e clima, semelhantes aos explorados nos testes deste projeto. Nesse sentido, a implementação prática com a câmera instalada reforça o potencial de aplicação real, desde que acompanhada de melhorias em infraestrutura de rede para viabilizar operação contínua em tempo real.

A principal limitação encontrada foi a instabilidade na transmissão em tempo real, ocasionada pela baixa qualidade do sinal Wi-Fi no local da instalação da câmera, o que restringiu o processamento contínuo dos vídeos. As análises foram realizadas a partir de fotos e registros gravados, e não em fluxo ao vivo. Além disso, não foram aplicadas métricas quantitativas de acurácia, limitando a avaliação a resultados qualitativos. Por fim, a necessidade de delimitação manual das vagas constitui uma restrição prática, visto que alterações no cenário físico demandam nova configuração das regiões de interesse.





5 Conclusão

O desenvolvimento do sistema de monitoramento inteligente baseado em visão computacional representa um avanço relevante para a gestão eficiente e a segurança de estacionamentos em instituições educacionais. O sistema, desenvolvido em Python com a biblioteca OpenCV e validado por meio da instalação da câmera Ípega KP-CA 127, demonstrou capacidade para identificar qualitativamente a ocupação de vagas, incluindo a diferenciação entre vagas comuns e destinadas a pessoas com deficiência (PCD).

A instalação da câmera em campo consolidou a transição do protótipo para uma aplicação prática, evidenciando a viabilidade da abordagem proposta. Apesar das limitações observadas, como a instabilidade da transmissão em tempo real devido ao sinal de rede, os resultados obtidos comprovam o potencial do sistema como ferramenta de monitoramento, fornecendo informações consistentes sobre a ocupação das vagas.

Como perspectivas futuras, destacam-se a necessidade de aprimoramento da infraestrutura de rede para viabilizar o funcionamento contínuo em tempo real, a aplicação de métricas quantitativas para avaliação da acurácia, especialmente em dias ensolarados, ajustes nos algoritmos de detecção para maior robustez em condições ambientais adversas, além da realização de estudos de custo-benefício voltados à adoção em escala. Com esses avanços, o sistema poderá consolidar-se como uma solução prática, econômica e escalável, capaz de contribuir de forma efetiva para a melhoria da gestão e da segurança de estacionamentos em ambientes escolares e similares.

Financiamento

Este trabalho foi desenvolvido com apoio do Instituto Federal da Paraíba (IFPB) por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI), com bolsa concedida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.3.n.5. out/nov/dez. 2025 - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Disponibilidade dos Dados

Os dados e arquivos utilizados neste estudo estão disponíveis como material suplementar, em conformidade com os princípios de Ciência Aberta, FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) e DEIA (Diversidade, Equidade, Inclusão e Acessibilidade) adotados pela *Revista Principia*. O material inclui o código-fonte do sistema desenvolvido e as imagens coletadas durante os testes de campo, além do repositório no GitHub.

Referências

ALMEIDA, P.; OLIVEIRA, L. S.; SILVA Jr, E.; BRITTO Jr, A.; KOERICH, A. PKLot – A robust dataset for parking lot classification, **Expert Systems with Applications**, 2015. DOI (<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.02.009>).

AMATO, Giuseppe; CARRARA, Fabio; FALCHI, Fabrizio; GENNARO, Claudio; MEGHINI, Carlo; VAIRO, Claudio. Deep learning for decentralized parking lot occupancy detection. **Expert systems with applications**, 2017. DOI (<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.10.055>).

BARELLI, Felipe. **Introdução à visão computacional: Uma abordagem prática com Python e OpenCV**. Editora Casa do Código, 2018.

NEWMAN, S. A.; FOX, J. A.; FLYNN, E. A.; CHRISTESON, W. America's after-school choice: The prime time for juvenile crime, or youth enrichment and achievement. **Fight Crime: Invest in Kids**, 2004. Disponível em (<https://eric.ed.gov/?id=ED445823>).





RUDEK, Marcelo; COELHO, Leandro dos Santos; CANGIOLIERI JR, O. Visão computacional aplicada a sistemas produtivos: fundamentos e estudo de caso. **XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção-2001**, Salvador, 2001.

VARGAS, Ana Caroline Gomes; PAES, Aline; VASCONCELOS, Cristina Nader. Um estudo sobre redes neurais convolucionais e sua aplicação em detecção de pedestres. In: **Proceedings of the xxix conference on graphics, patterns and images. sn**, 2016. Disponível em (<http://sibgrapi.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sibgrapi/2016/09.12.15.44/doc/um-estudo-sobre.pdf>).

ZHANG, Wuxia; Calautit, Jonh; TIEN, P. W; WU, Yupeng; WEI, Shuangyu. Deep learning models for vision-based occupancy detection in high occupancy buildings. **Journal of building engineering**, 2024. DOI (<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.111355>).

Recebido em: 12/09/2025

Aprovado em: 10/10/2025

Publicado em: 07/11/2025

