

Uma Solução IoT de segurança Utilizando Visão Computacional para Potencializar a Proteção Escolar

Guilherme Cadete Matias¹, Maria Rita da Silva Gomes², Rodrigo Siqueira Martins³, Valério Gutemberg de Medeiros Junior⁴, Fábio Procópio Augusto de Paiva⁵

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN),
Campus Parnamirim, R. Antônia de Lima Paiva, 155, Nova Esperança, Parnamirim/RN,
59143-455

g.cadete@escolar.ifrn.edu.br, silva.rita@escolar.ifrn.edu.br,
rodrigo.siqueira@escolar.ifrn.edu.br, valerio.medeiros@escolar.ifrn.edu.br,
f, fabio.procopio@escolar.ifrn.edu.br

Abstract. *In response to the need for increased security in restricted environments, we have developed a system aimed at providing efficiency and convenience for controlling vehicle access in private spaces. This system leverages advanced technologies, including IoT and Computer Vision on internet-accessible mobile devices, significantly enhancing surveillance and strengthening existing security measures within these structures. The developed system showcased a 95.6% effectiveness in recognizing vehicles captured by cameras, standing out for its low-cost nature and easy implementation.*

Resumo. *Diante da necessidade de garantir mais segurança em ambientes restritos, foi desenvolvido um sistema que pudesse apresentar eficiência e praticidade para realizar o controle de acesso de veículos em ambientes privados. Esse sistema utiliza tecnologias promissoras, como IoT e Visão Computacional em dispositivos móveis com acesso à internet, aprimorando significativamente a vigilância e fortalecendo as medidas de segurança existentes nessas estruturas. O sistema desenvolvido demonstrou uma eficácia de 95,6% no reconhecimento de veículos registrados pelas câmeras, destacando-se ainda por sua natureza de baixo custo e fácil implantação.*

1. Introdução

O gerenciamento de acesso em ambientes restritos ou privados é fundamental para assegurar maior segurança nesses locais. Diante dessa demanda, diversas soluções tecnológicas são desenvolvidas para efetuar o controle de acesso a esses ambientes. Com base nessa motivação, professores e pesquisadores especializados em tecnologia, os professores autores do trabalho propuseram o desenvolvimento de uma ferramenta para identificar os veículos autorizados a ingressar no ambiente acadêmico, proporcionando mais segurança e praticidade no monitoramento de entrada de veículos.

A exploração de tecnologias como Internet das Coisas (IoT) e Visão Computacional já é amplamente utilizada no desenvolvimento de soluções de segurança. A eficiência dessas soluções está relacionada à capacidade de realizar o processamento de imagens, transferir e identificar os dados obtidos no sistema. De acordo com o estudo

de [Santos 2018], o processamento de imagens tem como objetivo facilitar a visualização de imagens e prepará-las para análises quantitativas por meio de correções de defeitos ou realces de áreas de interesse na imagem, além da extração e tratamento de dados quantitativos realizado pelo computador. Neste projeto, o processamento de imagens é uma etapa vital para extrair as informações contidas nos QR Codes e placas de veículos, proporcionando uma eficiente identificação dos veículos autorizados.

O software desenvolvido tem como finalidade realizar o reconhecimento dos veículos autorizados por meio de etiquetas QR Codes de identificação única, permitindo o controle de circulação no ambiente de forma eficiente e prática. O software em questão inclui um sistema de reconhecimento de imagens integrado a uma interface de controle que possibilita o registro de veículos e o monitoramento de quais automóveis ingressaram no ambiente.

Neste trabalho, buscou-se demonstrar os resultados alcançados ao implementar um sistema de controle de acesso de baixo custo e fácil implantação, capaz de atender às necessidades de segurança em organizações com grande circulação de veículos.

Este trabalho está organizado em quatro seções: a primeira busca abordar o material que fundamentou e orientou este projeto, a segunda apresenta a metodologia utilizada para o seu desenvolvimento, a terceira objetiva apresentar os resultados obtidos de forma quantitativa com sua aplicação, e a quarta apresenta de forma concreta a conclusão dos resultados deste trabalho.

2. Fundamentação Teórica

As tecnologias de processamento de imagens digitais têm sido amplamente utilizadas para impulsionar o desenvolvimento de soluções que aprimoram diversas atividades humanas. O estudo conduzido por [Gonzalez e Woods 2017] revela que o processamento de imagens abrange processos nos quais tanto a entrada quanto a saída são imagens. Além disso, inclui processos que extraem informações dessas imagens e até realizam o reconhecimento de objetos individuais. Os autores enfatizam também que a interpretação das informações extraídas, conforme sua complexidade, pode ser atribuída ao domínio da visão computacional ou ao da análise de imagens. Evidentemente o uso de Visão computacional e de técnicas de processamento de imagens digitais já são amplamente utilizadas em sistemas que maximizam atividades humanas como no monitoramento e controle de acesso a ambientes restritos ou que exigem uma maior camada de segurança.

Segundo [Gonzalez e Woods 2017], não há limites definidos e claros no continuum entre processamento de imagens e visão computacional. No entanto, é possível considerar três processos informatizados neste continuum: processos de baixo nível, que envolvem operações básicas como redução de ruído e melhoria de contraste em imagens; processo de nível médio, que trata da segmentação de imagens em regiões, descrição de objetos e classificação; e processos de alto nível, que buscam atribuir significado aos objetos reconhecidos, indo até funções cognitivas associadas à visão

humana. A eficiência na capacidade do sistema de conseguir extrair informações de um registro fotográfico, por meio de uma série de etapas de processamento de imagem, é crucial para permitir que o sistema faça inferências sobre os dados obtidos e os compare, por meio de visão computacional, com as informações registradas na base de dados.

Estes conhecimentos foram aplicados a este projeto visando substituir a utilização de etiquetas RFID por etiquetas QR Codes e pelo reconhecimento de placas de veículos, favorecendo o sistema na redução de custos, manutenção e implantação. Assim o sistema utiliza duas etapas de reconhecimento, uma delas pode ser feita manualmente por meio de um dispositivo móvel com câmera e acesso a browser, assim aparelhos como smartphones podem realizar a leitura de QR Codes de identificação única por veículo. A segunda etapa de reconhecimento ocorre de maneira automática realizando um registro da entrada do veículo, sendo capaz de capturar e identificar a placa. A comunicação entre o sistema e os dispositivos que realizam a aquisição da imagem é viabilizada através de tecnologias de Internet das Coisas, uma tecnologia também amplamente utilizada no desenvolvimento de soluções de segurança, de acordo com [Coelho 2018], a IoT pode ser empregada com êxito em diversos setores, tais como segurança, logística, domótica, cidades inteligentes, saúde e etc. A nova utilização da internet para a interconectar coisas/objetos/aparelhos permitiu a automação do nosso dia-a-dia por meio do uso de aparelhos celulares [LEITE, MARTINS e URSINI 2017]. A veiculação de informações por meio de dispositivos que implementam IoT nesse sistema exige menos interação do usuário com o ambiente externo e viabiliza a maior automatização de suas atividades, assim sendo capaz de proporcionar maior segurança tanto para os profissionais responsáveis por estas atividades, quanto para o organização.

3. Metodologia

No decorrer do projeto, a adoção de metodologias de pesquisa se mostrou necessária para adquirir conhecimentos pertinentes à proposição de soluções viáveis, considerando o cenário de aplicação do sistema, assim como na avaliação de seu funcionamento. Adotamos uma abordagem quantitativa na avaliação da eficiência do sistema no reconhecimento de veículos a partir da identificação dos caracteres e informações contidas nas placas, com o objetivo de realizar uma análise estatística dos resultados obtidos. A finalidade do método de pesquisa é exploratória, visando o desenvolvimento de um sistema de baixo custo e fácil implementação que atenda aos requisitos de segurança necessários para um ambiente escolar com grande circulação de pessoas, realizando a revisão de soluções já utilizadas na abordagem de problemas semelhantes.

Inicialmente, foi conduzido um estudo teórico abrangendo diversos elementos que variam de acordo com as diferentes etapas do processo. Na primeira etapa, focada no desenvolvimento de uma aplicação de reconhecimento de placas, foram abordadas ferramentas de transmissão por radiofrequência e o protocolo de mensagens (MQTT - Message Queuing Telemetry Transport) para comunicação entre dispositivos. Além disso, explorou-se o conceito de Internet das Coisas para melhor aproveitamento das

câmeras, sensores e luzes na aplicação prática do projeto. Tendo em vista que esses dispositivos, podem ser conectados, realizando a troca de dados, como estados, comandos, imagens e informações de veículos cadastrados, com o sistema.

Na segunda etapa, foi desenvolvido um software de cadastro que se comunica com a aplicação de reconhecimento de placas. Esse software desempenha o papel de controle de entrada de veículos e inclui o estudo da criação de uma API (Interface de Programação de Aplicação), serviços web e a utilização de códigos QR para identificar e autenticar os condutores antes de autorizá-los.

Este método foi adotado para identificar as necessidades do sistema e buscar possíveis soluções. Os procedimentos empregados no desenvolvimento do projeto foram experimentais, visando a análise de variáveis que poderiam influenciá-lo, com definição de formas de controle. O método de pesquisa adotado neste sistema possibilitou a análise de uma solução mais viável e acessível, substituindo as etiquetas de RFID por etiquetas de QR Codes. Essa substituição não apenas facilita a manutenção e implantação, mas também abre espaço para a ampliação do uso de visão computacional e processamento de dados no projeto. Tendo em vista que o uso destes conhecimentos seria aplicado somente no reconhecimento de placas, foi estendido para realizar a leitura de etiquetas de identificação, diminuindo assim a necessidade de adquirir novos dispositivos. A principal vantagem nessa substituição está na redução dos custos de implantação e manutenção do sistema, pois o sistema inteligente possibilita a identificação através da câmera com imagem diretamente da placa do carro, evitando a aquisição e a instalação de etiquetas individuais em centenas de veículos, por exemplo.

A aplicação é composta de três serviços básicos: um serviço de backup, um serviço de gerenciamento de registros de veículos e o serviço de processamento em tempo real. O serviço de gerenciamento de veículos basicamente mantém os registros dos dados dos automóveis que serão consultados. O sistema de processamento em tempo real processa as imagens oriundas da câmera. Esse sistema usa três modelos de inteligência artificial, um primeiro detecta os veículos em tempo real [DIWAN 2023], um segundo detecta as placas e um terceiro faz a classificação dos caracteres das placas. Esses primeiros serviços são protegidos por um Firewall. Os serviços podem ser acessados somente na rede interna ou acessível externamente via VPN. Um *raspberrypi* fica na portaria para fornecer o acesso aos serviços ao porteiro. Atualmente, estamos desenvolvendo a comunicação com a cancela para possibilitar o funcionamento automático. A arquitetura adotada pelo sistema é simples e muito econômica, pois todos os recursos (câmera, servidor e computadores) já estavam disponíveis, inclusive esses equipamentos já são usados em vários campi dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, das Universidades Federais e outras instituições, por padrão, facilitando a difusão da tecnologia sem custos de infraestrutura adicional.

A figura 1 ilustra a arquitetura adotada para o sistema. Os dispositivos que compõem esta infraestrutura se dividem entre dispositivos para acessar a interface de controle, como computadores, smartphones e Raspberry Pi, e dispositivos para aquisição de imagens como smartphones e câmeras de estacionamento. O Raspberry Pi apresenta uma solução de baixo custo que ainda permite que o sistema seja integrado a uma cancela automatizada, como já foi citado anteriormente, permitindo que o sistema

se torne ainda mais funcional, levando em consideração a integração entre sistemas que funcionavam de forma independente. No que diz respeito à implementação é possível observar na figura 1 que optou-se pela utilização da abordagem de nuvem privada, devido a necessidade de fornecer um serviço exclusivo para uma organização, com políticas de acesso restritas para garantir que o serviço seja operado unicamente pela organização.

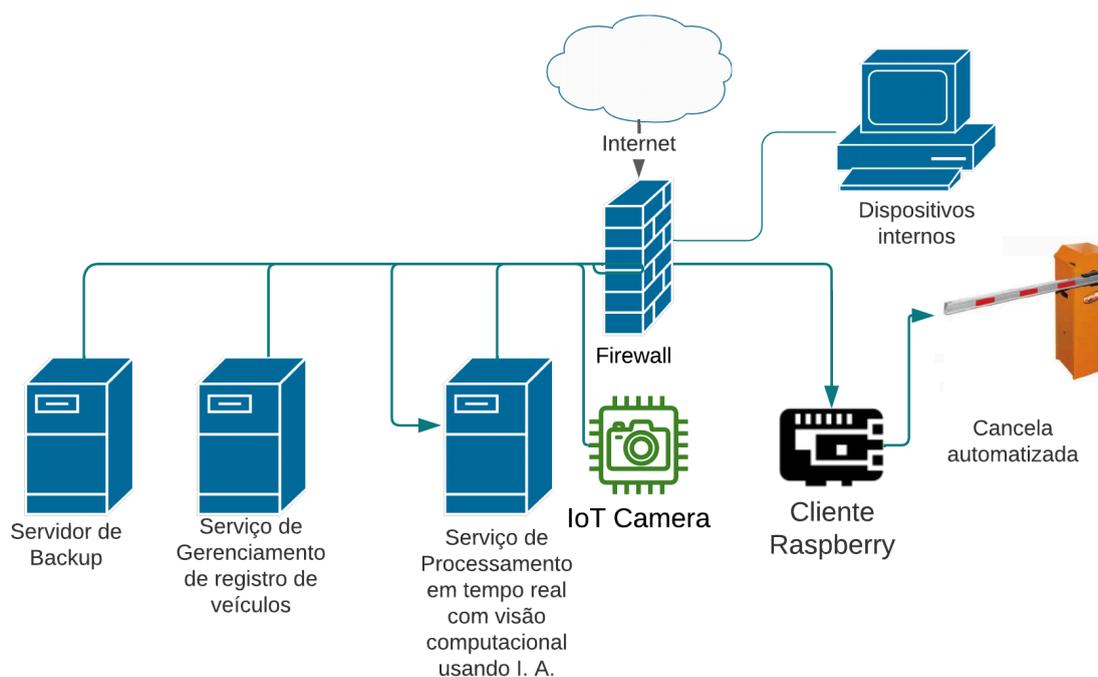


Figura 1: Arquitetura do sistema de controle e monitoramento de veículos.

Em resumo, foi implementado um projeto piloto com funcionalidades básicas para análise, seguido por ajustes e melhorias que conduziram o serviço ao seu estado final, permitindo seu uso e teste em situações reais.

4. Resultados Obtidos

Neste estudo, foi realizada uma coleta de dados extensiva ao longo de cinco dias, do início da madrugada de 22 de fevereiro de 2024 até o final da tarde de 26 de fevereiro de 2024. Durante este período, um total de 2.032 imagens foram capturadas para análise. Nesta análise, os resultados não abrangem registros de placas traseiras, pois não contribuem para o reconhecimento dos veículos autorizados a entrar no ambiente. Da mesma forma não inclui imagens duplicadas, pois estas são cópias ilegíveis resultantes de limitações do equipamento, não relacionadas ao desempenho do software. A duplicidade das imagens foi ocasionada devido ao sistema capturar múltiplas fotos do veículo, dependendo de sua movimentação e tempo de exposição diante da câmera.

Ao examinar as imagens coletadas, identificou-se que 110 delas eram duplicatas, resultando em um conjunto de 1.922 fotos únicas para análise detalhada (conforme ilustrado na Figura 2). Entre estas fotos únicas, 793 imagens apresentaram nitidez

suficiente para que as placas fossem legíveis. A distribuição temporal das imagens coletadas revelou que, desconsiderando as duplicadas, 626 fotos foram capturadas durante o dia, enquanto 1.296 foram obtidas durante a noite (veja a Figura 3). Esta distribuição é crucial para entender a qualidade das imagens, pois a câmera utilizada demonstrou limitações em capturar imagens nítidas durante a noite. Isso contribuiu significativamente para o número de fotos não-legíveis. Para mitigar este problema em futuras coletas, está sendo considerada a utilização de uma câmera equipada com infravermelho.

Dentre as imagens nítidas, foi possível identificar as placas em 636 casos. Levando em conta que 793 imagens foram consideradas legíveis por avaliação humana, conclui-se que 157 não foram identificadas pelo sistema onde 128 são fotos traseiras em que o carro está distante, em movimento e se afastando da câmera. Considerando assim uma eficiência das placas legíveis frontais, 95,6% (636 de 665) das placas foram lidas. Este resultado sublinha a eficácia do processo de identificação adotado, embora também destaque a necessidade de aprimoramentos na captura de imagens sob condições de iluminação adversas.

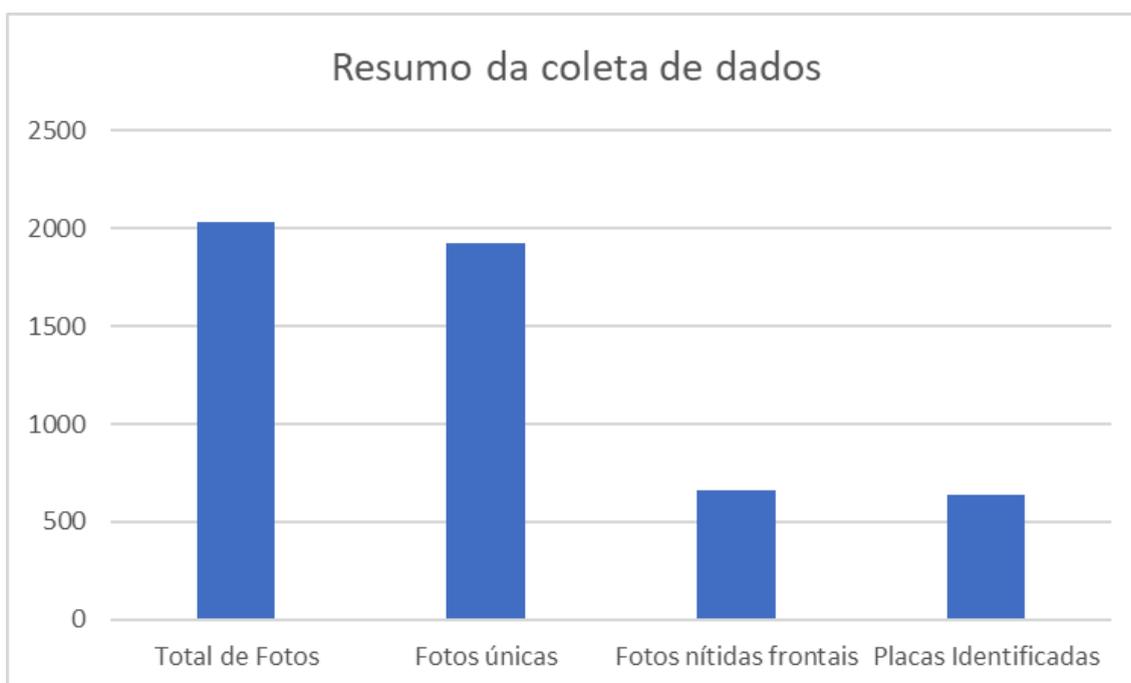


Figura 2: Gráfico da coleta de dados das fotos.



Figura 3: Gráfico do período de captura.

Os gráficos oferecem uma visualização clara e direta dos resultados obtidos durante o estudo. No primeiro gráfico, "Resumo da Coleta de Dados", podemos observar a progressão desde o total de fotos coletadas (2032) até as placas efetivamente identificadas (636). Isso ressalta o processo de filtragem das imagens, desde a eliminação de duplicatas, passando pela seleção de fotos nítidas, até a identificação das placas.

No segundo gráfico, "Fotos por Período do Dia", a distinção entre as fotos tiradas durante o dia (626) e a noite (1296) é apresentada. Este gráfico evidencia a predominância de coletas realizadas no período noturno, o que, conforme discutido, impactou a qualidade das imagens devido à limitação da câmera em capturar fotos nítidas nesse horário. A discrepância no número de fotos legíveis entre os períodos reforça a consideração para o uso de uma câmera com infravermelho em futuras coletas, visando melhorar a qualidade das imagens obtidas durante a noite.

Esses resultados foram com equipamentos existentes sem nenhuma intervenção considerando a estrutura. Complementarmente com o objetivo de realizar uma verificação dupla foi adotado o uso de etiquetas única e adesiva com chave em Qr-Code que complementam o escopo de segurança.

5. Conclusão

O empenho dedicado a este trabalho culminou na concepção de uma aplicação que comporta uma dupla camada de reconhecimento. Dotada da capacidade singular de reconhecer placas de veículos e, subsequentemente, consultar um banco de dados que proporciona informações detalhadas sobre o condutor associado àquela placa. Em adição ao robusto sistema de reconhecimento de imagens, desenvolvemos uma

plataforma web, desenhada para exibir, cadastrar, editar e excluir dados pertinentes aos condutores e seus respectivos veículos. Além disso, o sistema de cadastro implementado também incorpora uma camada adicional de segurança ao interpretar um QR code exclusivo vinculado a cada veículo registrado, elevando, assim, o nível de confiança.

Cada veículo identificado ao transitar pelo portão pode ser consultado no sistema de segurança nacional, permitindo a verificação de possíveis irregularidades, como roubo ou ilegalidade. A capacidade de realizar tais consultas é crucial para assegurar a conformidade do projeto e possibilitar uma resposta eficaz às autoridades em situações de emergência ou investigação.

Um aspecto destacado do sucesso deste trabalho é sua viabilidade econômica. A infraestrutura necessária para o correto funcionamento do sistema é não apenas acessível, mas também economicamente vantajosa. Os dispositivos comumente utilizados em campi, empresas, condomínios e outros ambientes propícios já se mostram suficientes para garantir a disponibilidade das funcionalidades básicas e primordiais. Requer apenas um dispositivo com acesso a um navegador (para interação com as interfaces gráficas dos sistemas), uma câmera, um sensor e um servidor capaz de operar o sistema.

Para melhorar ainda mais os resultados e trabalhar com um sistema mais próximo do ideal, é pretendido realocar a câmera para um local mais próximo, já que atualmente se encontra a cinco metros da entrada principal, e instalar uma câmera com sensor infravermelho para superar as dificuldades de leitura em horário noturno.

Diante dos resultados alcançados, é seguro afirmar que o projeto demonstra sucesso e tem o potencial de prosperar ainda mais com a implementação das melhorias identificadas. Durante o período de teste, a eficácia e a usabilidade do sistema revelaram-se satisfatórias, e a expectativa é que sua expansão seja ainda mais significativa no futuro.

6. Referências

- SANTOS, Camila Nascimento dos. Sistema de processamento de imagens para o auxílio na obtenção de funções de transferências. 2018. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.
- DIWAN, T., Anirudh, G., & Tembhurne, J. V. (2023). Object detection using YOLO: Challenges, architectural successors, datasets and applications. *multimedia Tools and Applications*, 82(6), 9243-9275.
- COELHO, Pedro. *Internet das Coisas: introdução à prática*. Lisboa: Fca – Editora de Informática, 2017. 304 p.
- Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, fourth edition, Pearson, 2017;
- LEITE, JR Emiliano; MARTINS, Paulo S.; URSINI, E. A Internet das Coisas (IoT): Tecnologias e Aplicações. In: *Brazilian Technology Symposium*. 2017.