SISTEMA DE AUTOMATIZAÇÃO DE ACESSO DE FUNCIONÁRIOS COM USO DE RECONHECIMENTO FACIAL

André Santos Moreira, Gabriel Alves Ribeiro, Hélio Lourenço Esperidião Ferreira

Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, andretecnicomaximus@gmail.com, Gabriel.live.online@gmail.com, helioesperidiao@gmail.com

Resumo

O projeto de desenvolvimento de um sistema de automatização, para o acesso de funcionários, baseado na validação do reconhecimento facial tem como objetivos, mesclar implementações computacionais e dispositivos físicos, provendo uma arquitetura adequada e eficiente para o fluxo de dados, utilizando de protocolos de comunicação e bancos de dados para auxiliar no fluxo, além de implementar uma interface intuitiva. A utilização de dispositivos físicos teve grande importância do uso e escolhas das metologias do projeto. Para um refinamento do resultado, foram também discutidos resultados parciais ao longo do desenvolvimento.

Palavras-chave: Reconhecimento facial. Automação. Inteligência Artificial.

Área do Conhecimento: Engenharia de Computação.

Introdução

O uso das automatizações tem se propagado pelas mais diversas áreas da sociedade, demonstrando cada vez mais sua versatilidade em facilitar processos e, em muitos dos casos, removendo a atuação humana. A automação industrial, que se caracteriza pela substituição de tarefas manuais por sistemas automáticos e informatizados, está intrinsecamente ligada à eficiência operacional, ao aumento da produtividade e à redução de custos (SIMÕES, 2021). Em decorrencia disso, o controle de fluxo em empresas pode ser um ramo a ser explorado quando falamos de automatização, sendo feito a partir da identificação de padrões faciais (reconhecimento facial). [...] reconhecimento facial, que, por sua vez, pode ser empregado na verificação de identidade em diversas circunstâncias, como em controles de fronteira, de ambientes, de frequência escolar, de estádios de futebol, entre outros (CEBRIAN et al., 2024).

Muito é fomentado para que sejam desenvolvidos projetos que tornem a integração entre tecnologia e outras áreas cada vez maior. Para isso, é necessário que as tecnologias sejam cada vez mais facilitadas para o público leigo, isto é, usuários de outras áreas. Em médio prazo, o grau crescente de automação atinge os clientes do negócio, podendo ser demandados a exercerem um papel mais ativo, realizando serviços de autoatendimento e não mais dependendo de equipes de atendimento. Se alguns cidadãos brasileiros não acompanharem esta evolução adquirindo um conhecimento mínimo para utilizar tais serviços, poder-se-á, muito em breve, observar algum tipo de impedimento (BERRÍO-ZAPATA et al., 2018).

Uma vez que essas tecnologias têm sido inseridas em diversos setores da sociedade, deve-se considerar, como alternativa de automatização, sistemas que controlem consideráveis fluxos físicos de entrada e saída de usuários. Nesse contexto, pode-se citar os controles de acesso. Controles de acesso permitem a entrada de usuários, mediante a um grau de acesso estipulado, a determinados espaços físicos. Ainda assim, sistemas desse tipo exigem certo grau de atuação do usuário, como inserção de códigos e números de documentos. Com a implantação de sistemas eletrônicos de controle de acesso, torna-se possível gerenciar o acesso de pessoas previamente cadastradas e identificadas por cartão de proximidade, características biométricas ou senhas às áreas sob supervisão onde seja necessário controle seletivo de entrada ou controle estatístico de movimentação (GALHARDO, 2011).

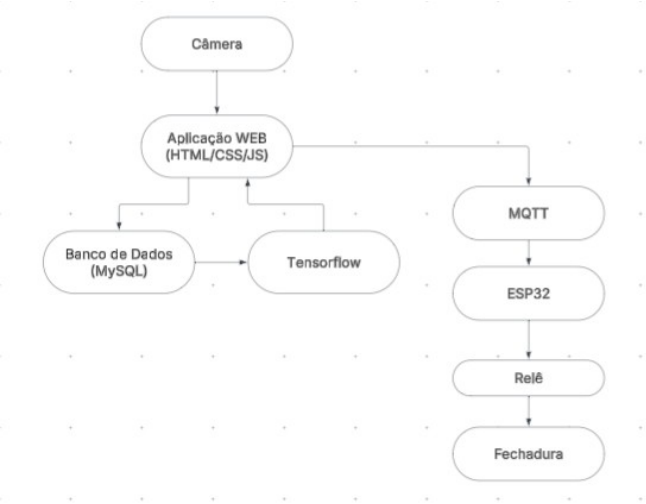
O principal objetivo do projeto é o desenvolvimento de um sistema que faça o controle de acesso de pessoas a um determinado local/setor. Esse controle será feito a partir do reconhecimento facial, que permite ou não o acesso de um usuário, desenvolvido de forma a apresentar uma interface

intuitiva. Outro objetivo do projeto é a integração hardware/software, feita a partir de protocolos de rede e microcontroladores, para representar a barreira móvel (cancela), que se vai se conectar ao software de reconhecimento facial.

Metodologia

O presente projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de controle de acesso físico baseado em reconhecimento de imagem com uso de inteligência artificial. Para isso, a metodologia adotada no projeto se baseou na organização do trabalho em fases sequenciais, que abrangem desde o levantamento de requisitos até a implementação do sistema. A Figura 1 representa o fluxo final de dados/ sinais ao longo do sistema, integrando seções de *software* e *hardware*. A setas presentes na figura, indicam o fluxo direcional dos dados processados.

Figura 1 - Diagrama geral do sistema



Fonte: Os autores

A primeira etapa consiste no levantamento e análise de requisitos. Nessa fase, são parametrizados e identificados todos os requisitos funcionais, que vão desde a captura da imagem pela câmera até a atuação física do microcontrolador. Cada requisito é documentado com seus respectivos atores, prioridades e fluxos de entradas e saídas de dados, garantindo que todos os envolvidos no projeto compartilhem uma visão comum do que deve ser desenvolvido. A Tabela 1 contém cada um dos requisitos funcionais, assim como suas respectivas prioridades e resumo das entradas e saídas de dados.

Tabela 1 – Requisitos funcionais do sistema.

Requisito Funcional	Prioridade	Entrada de dados	Saída de dados
Entrada da imagem do usuário	Essencial	Posicionamento da face	Imagem da face do usuário
Acesso a base de dados	Essencial	Imagem capturada	Dados do usuário correspondente
Reconhecimento da imagem com IA	Essencial	Dados do usuário	Resultado da validação e grau de acesso referente ao usuário
Troca de dados a partir de protocolos	Essencial	Validação e grau de acesso do usuário	Envio ao microcontrolador
Ação do microcontrolador	Essencial	Resultado da validação	Atuação do microcontrolador

	sobre o componente eletrônico

Fonte: elaborado pelos autores.

Com os requisitos definidos, parte-se para a fase de arquitetura e estruturação do sistema. Nesse momento, é projetado o fluxo completo de funcionamento, que se inicia com a captura da imagem pela câmera, passa pelo armazenamento e consulta no banco de dados, pelo processamento realizado pela inteligência artificial, pela transmissão do resultado via protocolo de comunicação, e culmina na atuação do microcontrolador sobre o dispositivo físico de acesso. Também são definidos nessa fase todos os componentes físicos, o modelo de banco de dados com a estrutura de usuários e níveis de acesso, o protocolo de comunicação entre *software* e *hardware*, e a biblioteca de inteligência artificial a ser utilizada. A etapa seguinte é o desenvolvimento de *software*, que se deu de forma a implementar a captura de imagens para a validação. A escrita do software foi feita na plataforma VSCode, onde foi desenvolvida e estruturada toda a codificação do software da estação e do sistema embarcado. A primeira etapa de desenvolvimento trata da captura de imagem, responsável por receber o arquivo enviado pela câmera, para o processamento. Em seguida, desenvolve-se a etapa de integração com o banco de dados, que insere os metadados da imagem e a relaciona ao usuário correspondente e ao seu nível de acesso. O desenvolvimento da primeira e segunda etapa acontece em função de três tecnologias para a aplicação Web, onde o usuário administrador terá acesso as configurações: HTML (*HyperText Markup Language*), CSS(*Cascading Style Sheets*) e *JavaScript*. Enquanto o HTML é utilizado para estruturar o conteúdo e a semântica de uma página Web, o CSS é o recurso utilizado para formatar e estruturar as páginas e o JavaScript é a principal linguagem de programação utilizada para atribuir interatividade e permitir a comunicação com servidores Web (CUNHA, 2024). Além das três tecnologias citadas, o banco de dados escolhido para armazenar os metadados faciais foi o *MySQL*. Além disso, sistemas de gerenciamento de banco de dados, como o MySQL, oferecem mecanismos de armazenamento estruturado para dados históricos, possibilitando a análise de tendências, a detecção de anomalias e a avaliação ambiental de longo prazo (ZIDNI et al., 2024). A arquitetura escolhida para a aplicação Web foi a descrita na Figura 2.

Figura 2 - Arquitetura da aplicação WEB



Fonte: Elaborado pelos autores

O terceiro módulo corresponde ao motor de inteligência artificial, responsável pelo processamento da imagem e pela validação do usuário. Para o desenvolvimento desse módulo, foi utilizada a biblioteca TensorFlow, uma plataforma destinada ao desenvolvimento e execução de algoritmos de aprendizado de máquina, incluindo modelos de redes neurais profundas (ABADI et al., 2016). Por fim, implementa-se o módulo de comunicação, responsável por preparar e transmitir o resultado da validação ao microcontrolador. A programação no microcontrolador foi feita utilizando a linguagem C. A linguagem C permanece como uma das principais escolhas para sistemas embarcados e microcontroladores devido à sua eficiência, baixo consumo de recursos e capacidade de interação direta com o hardware (KEIM, 2019). por meio do protocolo definido. Cada módulo é testado individualmente antes de ser integrado ao restante do sistema.

Em paralelo ao desenvolvimento de *software*, ocorreu o desenvolvimento da montagem do *hardware*. Nessa fase, o microcontrolador é selecionado, configurado e programado para receber os dados transmitidos via protocolo escolhido (MQTT). Criado em 1999 pela IBM, MQTT (*MQ Telemetry Transport*), é um protocolo aberto de mensagens projetado para comunicação M2M, na qual deve lidar com alta latência, instabilidade na comunicação e baixa largura de banda e atuar sobre o dispositivo físico (TORRES et al., 2016). Como microcontrolador, foi estabelecido o uso do modelo ESP32, amplamente utilizado em projetos de automação. Uma das escolhas populares tornou-se o microcontrolador ESP32, que atrai desenvolvedores devido às suas características técnicas e ao bom suporte de software, bem como à possibilidade de utilizar diversas linguagens de programação

(PLAUSKA et al., 2023). São também realizados testes de atuação física para garantir que o *hardware* responde corretamente aos comandos recebidos.

Após o desenvolvimento dos componentes de *software* e *hardware*, realiza-se a fase de integração e testes do sistema. Nessa etapa, todos os módulos são conectados e testados em conjunto, simulando cenários reais de acesso permitido e negado. São verificadas a comunicação entre os componentes, a assertividade do modelo de IA e o desempenho geral do sistema sob diferentes condições de uso.

A montagem do sistema físico, sendo também relacionada a parte final do projeto, incluiu uma estrutura física simples, utilizando de MDF. A intenção é que duas placas fossem unidas de forma perpendicular: A placa estabelicida na vertical possuiria duas aberturas, onde seriam preenchidas por dois pedaços de MDF, igualmente na vertical, que representariam as portas. Ambas partes soltas do MDF fariam frente as fechaduras eletrônicas, conectadas ao relê. O relê eletrônico tem o objetivo de controlar as entradas de tensão, permitindo o chaveamento a partir do processamento feito no microcontrolador. A placa estabelcida na horizontal tem a função de abrigar todos os componentes eletrônicos, sendo eles: Relê, microcontrolador e o transformador.

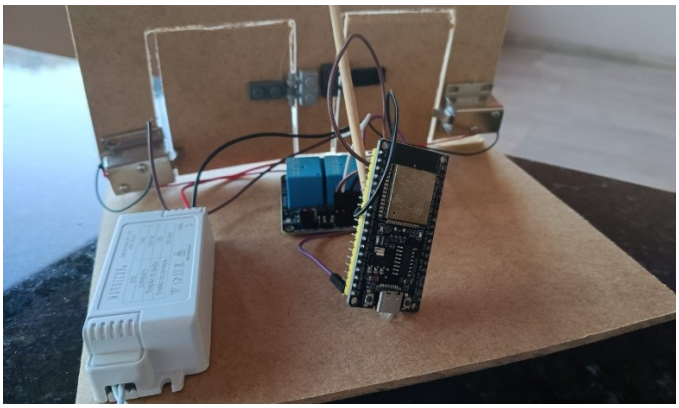
Resultados

Os resultados referentes a esse projeto podem ser vistos, em sua maioria, como satisfatórios. O primeiro ponto a ser considerado é que muitas das tecnologias e materiais considerados para o projeto, nos momentos iniciais, foram de grande utilidade para o decorrer do projeto. Os resultados indicam um funcionamento esperado e coerente com a proposta geral. Dessa forma, os dados enviados do reconhecimento são interceptados e enviados, via protocolo MQTT, até o microcontrolador. Todo esse fluxo mostrou um desempenho e eficácia satisfatório. A Figura 3 demonstra um registro fotográfico do protótipo físico.

Muito do que foi concluído com os resultados pode ser comparado aos testes, que indicaram outras vias pelas quais o projeto pudesse seguir. O que os testes indicavam, em sua maioria é que havia grande dificuldade em identificar o protocolo de comunicação utilizado entre o microcontrolador. Dessa forma, muito se tentou estabelecer uma comunicação. Após algumas tentativas, foi decidido pela troca do dispositivo com conectividade para um módulo relê que recebesse comandos seriais da placa de desenvolvimento.

Ainda assim, resultados e testes ao longo do desenvolvimento do projeto indicaram um desconhecimento sobre o funcionamento de um dispositivo eletrônico específico, o que gerou um pequeno atraso no desenvolvimento. Dessa forma, é explicito que o modo de elencar os componentes, tal como a exposição das especificações técnicas por parte dos fabricantes se tornou um ponto de discernimento e melhora, visando desenvolvimentos posteriores.

Figura 3 – Protótipo do sistema físico



Fonte: Os autores

Discussão

Os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento indicam que a arquitetura proposta foi capaz de atender aos objetivos estabelecidos inicialmente. A integração entre os módulos de reconhecimento facial, banco de dados, protocolo MQTT e microcontrolador apresentou funcionamento satisfatório, demonstrando a viabilidade da comunicação entre software e hardware em aplicações de controle de acesso.

Entretanto, durante a implementação foram identificadas limitações relacionadas ao acionamento do módulo relé, decorrentes de características específicas do equipamento utilizado. Tal fator ocasionou atrasos no cronograma de desenvolvimento, evidenciando a importância da análise prévia de compatibilidade entre os componentes eletrônicos empregados no sistema. Apesar dessa dificuldade, foi possível contornar os problemas encontrados, permitindo a continuidade do projeto sem prejuízos significativos para os resultados.

Apesar das vantagens relacionadas à praticidade e à automação, soluções baseadas em reconhecimento facial demandam atenção quanto à proteção dos dados dos usuários. De acordo com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), dados biométricos vinculados a uma pessoa natural são classificados como dados pessoais sensíveis (BRASIL, 2018). A Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD) também destaca que o uso de tecnologias de biometria e reconhecimento facial envolve riscos relacionados à privacidade, à segurança das informações, à acurácia dos sistemas e a possíveis efeitos discriminatórios (ANPD, 2024). Dessa forma, embora a utilização de um aplicativo instalado no dispositivo pessoal do funcionário seja uma alternativa válida para o registro de ponto, essa abordagem pode ampliar as questões relacionadas ao tratamento de dados pessoais no dispositivo do usuário e à dependência de sua infraestrutura. No sistema proposto, a identificação ocorre por meio de equipamentos dedicados ao ambiente de acesso, reduzindo a dependência de dispositivos pessoais; entretanto, isso não elimina as responsabilidades relacionadas ao tratamento dos dados biométricos, sendo necessária a adoção de medidas adequadas de segurança, transparência, controle de acesso e armazenamento das informações.

As escolhas de implementação, no que dizem respeito a interface gráfica do projeto, se mostrou intuitiva, baseada em testes com usuários. Mesmo assim, é recomendado que haja uma operação administrativa, isto é, um usuário com certa familiaridade com *softwares*. Quanto ao uso, sendo este definido pela apresentação da face frente a câmera, é simples e não necessita nenhum conhecimento prévio de tais tipos de sistemas.

Conclusão

Conclui-se que o sistema desenvolvido apresentou desempenho compatível com os objetivos propostos, possibilitando a realização do controle de acesso por meio do reconhecimento facial e da integração entre componentes de software e hardware. A utilização do protocolo MQTT mostrou-se adequada para a comunicação entre os módulos do sistema, garantindo o envio das informações necessárias para o acionamento do dispositivo físico. Todo desenvolvimento demonstrou a facilidade de implementação em ambientes empresariais, e ainda mais facilidade no uso, pelos mais diversos tipos de usuário.

Como trabalhos futuros, sugere-se a ampliação do sistema por meio da implementação de diferentes níveis de acesso, do aprimoramento do modelo de reconhecimento facial e da integração com novos dispositivos de segurança.

Referências

AUTORIDADE NACIONAL DE PROTEÇÃO DE DADOS (ANPD). Nota Técnica nº 5/2025/FIS/CGF. Brasília, DF: ANPD, 2025.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Brasília, DF: Presidência da República, 2018.

ABADI, Martín et al. TensorFlow: A system for large-scale machine learning. In: USENIX SYMPOSIUM ON OPERATING SYSTEMS DESIGN AND IMPLEMENTATION, 12., 2016, Savannah. Proceedings [...]. Berkeley: USENIX Association, 2016. p. 265-283.

BERRÍO-ZAPATA, Cristian; SANT'ANA, Ricardo Cesar Gonçalves. Exclusão digital: discurso e poder sobre a tecnologia da informação. SciELO-Editora UNESP, 2018.

CEBRIAN, Fabiana Faraco S. P.; PRUDENTE, Gustavo do Amaral; GUEDES, Marcelo Santiago; DI FERREIRA, Maria Carolina; DUARTE, Maria Luiza; MORAES, Thiago Guimarães. Radar Tecnológico – Biometria e reconhecimento facial: estudos preliminares. Brasília, DF: Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD), jun. 2024. Publicação digital.

CUNHA, Bruna Carolina Rodrigues da. Desenvolvimento full-stack com Javascript: uma visão geral e prática. Minicursos, 2024.

GALHARDO, Antonio Tadeu. Sistemas eletrônicos de controle de acesso. Universidade São Francisco, 2011.

KEIM, Robert. Introduction to the C Programming Language for Embedded Applications. All About Circuits, 2019. Disponível em: https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/introduction-to-the-c-programming-language-for-embedded-applications/. Acesso em: 30 maio 2026.

PLAUSKA, I.; LIUTKEVIČIUS, A.; JANAVIČIŪTĖ, A. Performance Evaluation of C/C++, MicroPython, Rust and TinyGo Programming Languages on ESP32 Microcontroller. *Electronics* 2023, *12*, 143. https://doi.org/10.3390/electronics12010143

SIMÕES, Lucas Henrique. Automação Industrial e a Indústria 4.0: a importância da tecnologia e da robótica na Indústria. 2021. 42 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica – Anhanguera Educacional, Taubaté, 2021.

TORRES, Andrei B. B.; ROCHA, Atslands R.; DE SOUZA, José Neuman. Análise de Desempenho de Brokers MQTT em Sistema de Baixo Custo. In: WORKSHOP EM DESEMPENHO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS E DE COMUNICAÇÃO (WPERFORMANCE), 15, 2016, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2016. p. 2804-2815. ISSN 2595-6167. DOI: https://doi.org/10.5753/wperformance.2016.9727.

H. ZIDNI, M. A. PRATAMA, A. NUGRAHA, and R. SETIAWAN, “Developing a Scalable IoT-Based Platform for Enhancing Air Quality Monitoring Using Node-RED,” Journal of Engineering and Technological Sciences, vol. 56, no. 2, pp. 145–158,2024.