

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA  
CAMPUS MONTEIRO  
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO E ENSINO  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM  
ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

---

NATALY LUCENA MOREIRA DA ROCHA  
TIAGO FERREIRA DA ROCHA

CHECKINCLASSROOM: SISTEMA DE CONTROLE DE PRESENÇA  
COM RECONHECIMENTO FACIAL

MONTEIRO  
2024

**NATALY LUCENA MOREIRA DA ROCHA  
TIAGO FERREIRA DA ROCHA**

**CHECKINCLASSROOM: SISTEMA DE CONTROLE DE PRESENÇA  
COM RECONHECIMENTO FACIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Monteiro, pré-requisito para obtenção do Título de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

**Orientador:** Prof. Dr. Cleyton Caetano de Souza

**MONTEIRO  
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP  
Bibliotecária responsável Porcina Formiga dos Santos Salgado CRB15/204  
IFPB Campus Monteiro.

R672c Rocha, Nataly Moreira da. Rocha, Tiago Ferreira da.  
Checkinclassroom: sistema de controle de presença com  
reconhecimento facial / Nataly Moreira da Rocha; Tiago Ferreira da  
Rocha – Monteiro-PB. 2024.  
49fls. : il.

TCC ( Curso Superior de Tecnologia em Análise e  
Desenvolvimento de Sistemas ) - Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB campus, Monteiro.

Orientador: Prof. Dr. Cleyton Caetano de Souza.

1. Inteligência artificial 2. Processamento imagens 3. Registro  
escolar I. Título .

CDU 004.89:004.932

NATALY LUCENA MOREIRA DA ROCHA  
TIAGO FERREIRA DA ROCHA

CHECKINCLASSROOM: SISTEMA DE CONTROLE DE PRESENÇA  
COM RECONHECIMENTO FACIAL

A banca examinadora, abaixo listada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “CHECKINCLASSROOM: SISTEMA DE CONTROLE DE PRESENÇA COM RECONHECIMENTO FACIAL” elaborado por “Nataly Lucena Moreira da Rocha e Tiago Ferreira da Rocha” como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba.

Monteiro, 14 de Outubro de 2024

Comissão Examinadora



Documento assinado digitalmente  
**CLEYTON CAETANO DE SOUZA**  
Data: 27/03/2025 13:52:37-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Cleyton Caetano de Souza -**  
IFPB  
(Orientador)



Documento assinado digitalmente  
**GILVONALDO ALVES DA SILVA CAVALCANTI**  
Data: 28/03/2025 19:04:57-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Esp. Gilvonaldo Alves da Silva**  
Cavalcanti - IFPB



Documento assinado digitalmente  
**PAULO ROBERTO PEREIRA DA SILVA**  
Data: 28/03/2025 19:58:59-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira da**  
Silva - IFPB

Dedicamos este trabalho a todos que ousam  
questionar o óbvio,  
pois é na curiosidade que se encontra a ver-  
dadeira genialidade.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, somos profundamente gratos a Deus, que nos deu força e coragem quando mais precisamos, guiando-nos até este momento.

Agradecemos a nossos pais e mães, que com amor, sacrifício e dedicação inabalável, nos apoiaram em cada etapa desta caminhada. Foram eles que nos ensinaram o valor do esforço, da perseverança e da honestidade, oferecendo sempre palavras de incentivo e suporte nos momentos mais difíceis. Sem o amparo, os conselhos e a paciência de cada um, essa conquista não teria sido possível.

Agradecemos a todos os professores e servidores do IFPB do Campus Monteiro pelo apoio, pela dedicação e por cada ensinamento que contribuíram para a construção da nossa jornada acadêmica. Agradecemos, também, a nossos familiares e a todos que nos ofereceram suporte nos momentos mais desafiadores, sem os quais este caminho teria sido muito mais difícil de percorrer.

*“Não podemos resolver problemas usando o mesmo tipo de pensamento que usamos quando os criamos.  
– Albert Einstein”*

## RESUMO

Atualmente, o processo de chamada em sala de aula apresenta desafios significativos para os docentes, uma vez que o método manual consome tempo e está sujeito a falhas, como a marcação indevida de presença – frequentemente ocasionada pela possibilidade de alunos responderem a chamada por terceiros. Diante dessa problemática, o presente trabalho propõe a implementação de um sistema de registro de presença por meio do reconhecimento facial, com o intuito de automatizar e otimizar o processo de chamada. A solução apresentada visa reduzir o tempo despendido na verificação da presença e aumentar a precisão dos registros, assegurando que apenas os alunos efetivamente presentes sejam computados. Para tanto, foi desenvolvido um protótipo que integra algoritmos avançados de reconhecimento facial com os sistemas de gestão de frequência escolar, proporcionando uma abordagem inovadora e prática para os desafios enfrentados no cotidiano educacional. O protótipo foi construído com base em uma arquitetura modular, composta por cinco módulos principais: captura de imagens, detecção de faces, melhoria de imagens, reconhecimento facial e registro de presença. Utilizando bibliotecas como Flask, MongoDB e React, o protótipo permite a captura e processamento de imagens em tempo real.

**Palavras-chave:** reconhecimento facial; registro de frequência; automação escolar; inteligência artificial; processamento de imagens; arquitetura modular; prova de conceito.

## ABSTRACT

Currently, the classroom attendance process presents significant challenges for teachers, as the manual method is time-consuming and prone to errors—such as the incorrect marking of attendance, often due to students responding on behalf of others. In light of this problem, the present work proposes the implementation of an attendance registration system using facial recognition, aiming to automate and optimize the roll call process. The proposed solution seeks to reduce the time spent verifying attendance and to increase the accuracy of the records, ensuring that only the students who are actually present are counted. To this end, a prototype was developed that integrates advanced facial recognition algorithms with school attendance management systems, providing an innovative and practical approach to the challenges faced in the educational environment. The prototype was built based on a modular architecture composed of five main modules: image capture, face detection, image enhancement, facial recognition, and attendance registration. Utilizing libraries such as Flask, MongoDB, and React, the prototype enables real-time image capture and processing.

**Keywords:** facial recognition; attendance registration; school automation; artificial intelligence; image processing; modular architecture; proof of concept.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema DeepFace Facebook. . . . .	15
Figura 2 – Representação visual de Eigenfaces. . . . .	18
Figura 3 – Ilustração da geração da face média. . . . .	19
Figura 4 – Operações referentes ao LBP. . . . .	20
Figura 5 – (a) Divisão da imagem facial em células. (b) Histogramas para cada célula na imagem. . . . .	22
Figura 6 – Funcionamento do método Viola-Jones. . . . .	22
Figura 7 – Protótipo desenvolvido em Projeto 1 e implementação realizada em Projeto 2 . . . . .	32
Figura 8 – Protótipo desenvolvido em Projeto 1 e implementação realizada em Projeto 2 . . . . .	32
Figura 9 – Modelo descentralizado . . . . .	35
Figura 10 – Rotas do backend . . . . .	37
Figura 11 – Processamento de uma imagem e geração de encodings no backend. . .	39
Figura 12 – código que gerar os encodings faciais usando HOG . . . . .	40
Figura 13 – Reconhecimento em tempo real, sem registro de presença . . . . .	41
Figura 14 – Reconhecimento em tempo real, com registro de presença ativado . . .	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação dos Trabalhos Relacionados . . . . .	29
--	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	Contexto e Problematização (Domínio do Problema)	11
1.2	Justificativa ou Contribuição	12
1.3	Objetivo Geral	12
1.4	Objetivos Específicos	12
1.5	Estrutura do Documento	13
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>14</b>
2.1	Conceitos Fundamentais para a Compreensão do Trabalho	14
2.2	História do Reconhecimento Facial	15
2.3	Desafios no Reconhecimento Facial	16
2.4	Algoritmos Populares em Reconhecimento Facial e Seus Desafios	17
2.5	Abordagens Híbridas no Reconhecimento Facial	24
2.6	Trabalhos Relacionados	27
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>30</b>
3.1	Planejamento e Etapas	30
3.2	Atividades	30
3.3	Validade	30
<b>4</b>	<b>CHECKINCLASSROOM</b>	<b>31</b>
4.1	Projeto I e Projeto II	31
4.2	Mudança (porque mudamos a poc)	33
4.3	Arquitetura da solução	34
4.4	Prova de Conceito	37
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>43</b>
5.1	Revisão dos Objetivos e Hipóteses	43
5.2	Trabalhos Futuros	43
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução das tecnologias de reconhecimento facial oferece novas possibilidades para o aprimoramento de processos administrativos em diversas instituições. No contexto educacional, essa tecnologia pode ser aplicada para resolver problemas recorrentes no registro de frequência dos alunos, trazendo benefícios como eficiência, precisão e segurança.

### 1.1 Contexto e Problematização (Domínio do Problema)

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) destaca-se por sua excelência em oferecer um ambiente educacional robusto e inclusivo. Neste cenário, uma equipe multidisciplinar de profissionais desempenha um papel crucial na assistência aos estudantes. Entre esses profissionais, destacam-se o assistente de alunos e o assistente social, cujas funções são essenciais para promover um ambiente acadêmico acolhedor e produtivo.

Esses profissionais estão comprometidos com o bem-estar e o desenvolvimento dos estudantes, enfatizando a importância da pontualidade e da segurança dentro do campus. No entanto, um dos desafios enfrentados pelo IFPB é a falta de um sistema eficaz que forneça, em tempo real, informações sobre a presença e a ausência dos alunos nas dependências escolares durante o período de aulas. Atualmente, a instituição utiliza o Sistema Unificado de Administração Pública (SUAP) para registrar a frequência escolar, mas este processo depende da iniciativa individual dos docentes e muitas vezes consome tempo valioso de aula.

A obtenção de dados precisos sobre a frequência dos alunos não é apenas uma questão administrativa; é fundamental para várias operações e programas institucionais. Por exemplo, os assistentes sociais necessitam desses dados para monitorar a adesão dos estudantes a programas sociais, que frequentemente exigem um percentual mínimo de presença. Além disso, a instituição organiza diversos eventos acadêmicos e culturais, onde a presença dos alunos é necessária para a certificação de participação. A frequência é de suma importância em todas as etapas do ensino – fundamental, médio e superior – pois garante a efetividade dos processos educacionais e a integridade dos registros acadêmicos. Um sistema eficiente poderia alertar os estudantes quando estiverem próximos a atingir esse limite.

Paralelamente, os Sistemas de Reconhecimento Facial (SRF) estão se tornando cada vez mais prevalentes em diversos setores da sociedade, incluindo o ambiente educacional, onde podem ser usados para registrar a presença dos alunos. Embora os SRF

apresentem um potencial significativo para otimizar tarefas administrativas, como o registro de frequência, eles também levantam preocupações sobre privacidade e segurança dos dados. É necessário equilibrar a eficiência proporcionada por esses sistemas com a proteção da privacidade dos indivíduos.

Dada a necessidade do IFPB de um sistema de registro de presença mais eficiente e a crescente adoção de SRFs, a implementação de um Sistema de Registro de Presença Através de Reconhecimento Facial (SRPARF) poderia ser uma solução promissora. Este sistema poderia automatizar o registro de frequência, economizando tempo e recursos, enquanto garante a segurança dos dados e a privacidade dos estudantes. Este desenvolvimento representaria um avanço significativo tanto na eficiência administrativa quanto na experiência educacional no IFPB.

## 1.2 Justificativa ou Contribuição

Para isto, o trabalho tem por foco identificar as melhores práticas e tecnologias através de uma revisão bibliográfica, com a finalidade de propor uma arquitetura inicial que servirá de base para o desenvolvimento de um protótipo de sistema de registro de presença através do reconhecimento facial, operando de maneira semi autônoma. Este sistema não só otimizará o processo de acompanhamento da frequência dos alunos, mas também apoiará os esforços dos profissionais em garantir uma experiência educacional de alta qualidade e um ambiente seguro e produtivo para todos os envolvidos.

## 1.3 Objetivo Geral

Propor uma solução tecnológica baseada em reconhecimento facial para aprimorar o processo de registro de frequência escolar no IFPB. Esta proposta visa aumentar a eficiência e a precisão na marcação da presença dos alunos, apoiando também a segurança e as iniciativas pedagógicas da instituição. A pesquisa focará na criação de um protótipo para inovar e otimizar a gestão de frequência estudantil.

## 1.4 Objetivos Específicos

- Explorar Conceitos Fundamentais: O primeiro objetivo específico desta pesquisa é apresentar um estudo detalhado sobre os conceitos fundamentais relacionados às técnicas de reconhecimento facial. Isso inclui uma revisão da literatura sobre os métodos mais recentes e eficientes no campo do reconhecimento facial, abordando aspectos como algoritmos de aprendizado de máquina, processamento de imagens e análise de padrões;

- **Analisar Tecnologias Relevantes:** Posteriormente, a pesquisa se concentrará na análise das tecnologias atualmente disponíveis para o reconhecimento facial. Este objetivo envolve explorar as bibliotecas usadas na implementação desses sistemas, avaliando suas capacidades, limitações e aplicabilidade;
- **Desenvolver uma Solução Arquitetural:** O terceiro objetivo é propor uma solução arquitetural para o sistema de reconhecimento facial. Isso incluirá o design de uma arquitetura de sistema que seja adequada para integrar a tecnologia de reconhecimento facial no ambiente escolar do IFPB, considerando aspectos como escalabilidade, segurança de dados e interoperabilidade com sistemas administrativos existentes;
- **Apresentar um Protótipo:** Por fim, a pesquisa visa à apresentação de um protótipo funcional. Este protótipo foi desenvolvido com base nos conceitos, tecnologias e solução arquitetural estudados.

## 1.5 Estrutura do Documento

- **Introdução:** Esta seção apresenta o contexto e a problematização do tema escolhido, estabelecendo a relevância do estudo. Aqui, também são definidos os objetivos gerais e específicos, além da metodologia aplicada na pesquisa.
- **Fundamentação Teórica e Trabalhos Relacionados:** Oferece uma visão detalhada dos conceitos fundamentais para a compreensão do trabalho, incluindo uma revisão da literatura sobre técnicas de reconhecimento facial e uma análise de estudos e projetos anteriores relacionados ao tema.
- **Desenvolvimento do Protótipo:** Descreve os procedimentos, técnicas e ferramentas utilizadas no desenvolvimento do projeto. Apresenta os achados do estudo, incluindo os resultados do desenvolvimento do protótipo e a análise de sua eficácia e funcionalidade no contexto proposto.
- **Considerações Finais:** Fornece uma revisão dos objetivos e hipóteses estabelecidos no início do estudo, discute as implicações dos resultados encontrados e sugere direções para futuras pesquisas no campo.
- **Referências:** Lista todas as fontes bibliográficas e materiais consultados para a realização do estudo, seguindo as normas acadêmicas pertinentes.
- Cada uma dessas seções é detalhada nos capítulos subsequentes do documento, visando oferecer uma visão clara e estruturada do projeto de pesquisa realizado.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo abordará a evolução histórica e os conceitos fundamentais do reconhecimento facial, destacando os marcos significativos e as transformações que a tecnologia sofreu ao longo do tempo. Analisará as metodologias e descobertas de pesquisas anteriores, destacando como elas contribuíram para o estado atual da tecnologia. Além disso, discutirá os desafios enfrentados na área, como questões de variabilidade, viés demográfico, ética e privacidade. Este panorama teórico e analítico fornece uma base sólida para entender o contexto no qual o trabalho se insere, além de identificar lacunas a serem abordadas.

### 2.1 Conceitos Fundamentais para a Compreensão do Trabalho

O campo do reconhecimento facial, situado na interseção da ciência da computação, inteligência artificial e processamento de imagens, é vasto e complexo. Para compreender plenamente este trabalho, é essencial ter conhecimento de alguns conceitos fundamentais que formam a base da tecnologia de reconhecimento facial.

O reconhecimento facial é um sistema de identificação ou verificação da identidade de um indivíduo através de sua face. Utilizando algoritmos complexos, esses sistemas analisam características do rosto, como a distância entre os olhos, a forma do nariz e os contornos dos lábios, para identificar ou verificar a identidade de uma pessoa.

O processamento de imagens e a visão computacional são campos cruciais da ciência da computação e engenharia que lidam com como os computadores podem obter uma compreensão avançada a partir de imagens digitais ou vídeos. No contexto do reconhecimento facial, essas tecnologias são usadas para processar e analisar imagens faciais.

O reconhecimento facial moderno depende fortemente do aprendizado de máquina, uma área da inteligência artificial que fornece aos sistemas a capacidade de aprender e melhorar a partir da experiência sem ser explicitamente programado. Redes neurais, são uma parte fundamental desta abordagem. Para treinar e testar sistemas de reconhecimento facial, grandes conjuntos de dados de imagens faciais são necessários.

Esses conjuntos de dados podem variar desde fotos de celebridades até imagens capturadas em ambientes controlados. Questões de privacidade e ética são intrínsecas ao reconhecimento facial, especialmente no que diz respeito ao uso de dados biométricos e à possibilidade de vigilância massiva. A discussão dessas questões é vital para entender as implicações sociais da tecnologia de reconhecimento facial.

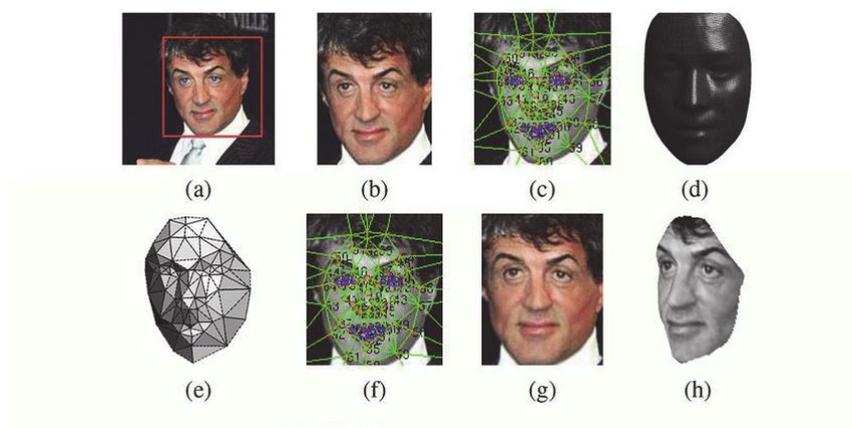
## 2.2 História do Reconhecimento Facial

Os estudos sobre reconhecimento facial têm suas raízes nas primeiras décadas da era da computação. Em 1964, Woodrow Wilson Bledsoe, um pioneiro americano neste campo, desenvolveu uma metodologia para reconhecer rostos humanos. Bledsoe, trabalhando no Panoramic Research Inc., em Palo Alto, Califórnia, criou um sistema onde as características faciais eram extraídas manualmente de fotografias e inseridas em um computador. O sistema poderia então comparar as características, como o tamanho da boca e a distância entre os olhos, com um banco de dados para encontrar correspondências. Este trabalho pioneiro, embora primitivo, estabeleceu as bases para futuras pesquisas na área (Bledsoe, 1964).

Na década de 1980, o campo do reconhecimento facial começou a integrar princípios de inteligência artificial e álgebra linear. Em 1988, Sirovich e Kirby publicaram um estudo pioneiro que aplicava técnicas de álgebra linear à problemática do reconhecimento facial, demonstrando a eficiência do método para a representação e compressão de imagens faciais (Sirovich; Kirby, 1987)

O marco significativo seguinte ocorreu em 1991, quando Alex Pentland e Matthew Turk, do Massachusetts Institute of Technology (MIT), introduziram o algoritmo Eigenfaces. Este algoritmo utilizava a análise de componentes principais (PCA) para reduzir a dimensionalidade do espaço de imagens faciais, facilitando assim a identificação e comparação de rostos. O trabalho de Pentland e Turk foi fundamental, pois mostrou como características faciais podiam ser quantificadas e reconhecidas de forma eficiente por computadores (Turk; Pentland, 1991).

Figura 1 – Sistema DeepFace Facebook.



Fonte: Adaptado de (López-Cleries; Porrás Soriano, 2018)

O avanço das técnicas de reconhecimento facial, que começou com algoritmos como

o Eigenfaces, mencionado anteriormente, evoluiu substancialmente ao longo das décadas, culminando na era do deep learning. No entanto, o desenvolvimento dessas tecnologias não ocorreu de forma isolada, mas em um contexto social e tecnológico que levantou questões importantes sobre privacidade e vigilância. Conforme destacado no trabalho de (López-Cleries; Porras Soriano, 2018), a adoção de sistemas de reconhecimento facial como o DeepFace, desenvolvido pelo Facebook, não só representa um marco tecnológico, mas também um novo paradigma de vigilância digital, onde os dados biométricos e metadados são usados para o controle e a vigilância em larga escala. A Figura 1 representa esse complexo sistema, destacando a arquitetura biométrica do DeepFace que permite a reconstrução tridimensional dos rostos analisados.

O reconhecimento facial teve um salto tecnológico com o advento do deep learning em 2011. Redes neurais, especificamente as redes neurais convolucionais (CNNs), começaram a ser amplamente utilizadas para o reconhecimento facial. Estas redes são capazes de aprender automaticamente as características faciais relevantes para a identificação.

Ao longo dos anos, o campo do reconhecimento facial continuou a evoluir, com melhorias tanto em termos de precisão quanto de aplicações práticas. Com a crescente disponibilidade de grandes conjuntos de dados e o avanço das capacidades de processamento, os sistemas de reconhecimento facial tornaram-se mais sofisticados e difundidos. Hoje, eles são aplicados em uma variedade de campos, desde segurança até interações homem-computador.

### 2.3 Desafios no Reconhecimento Facial

Apesar dos avanços significativos no campo do reconhecimento facial, a tecnologia ainda enfrenta diversos desafios que limitam sua eficácia e aplicabilidade. De acordo com (Kaur et al., 2020), embora tenha havido progressos consideráveis, a busca por uma solução de reconhecimento facial totalmente robusta e precisa permanece um desafio em aberto.

Um dos principais desafios é a questão da variabilidade nas condições de iluminação e posição do rosto. Mudanças na iluminação e ângulos de face diferentes podem afetar significativamente a eficácia dos algoritmos de reconhecimento facial. A habilidade de um sistema para reconhecer com precisão um rosto em condições variadas de iluminação ou em diferentes poses continua a ser um problema crítico. Outro desafio notável é a precisão do reconhecimento facial em diferentes grupos demográficos, muitos sistemas de reconhecimento facial atuais têm um viés significativo quando se trata de gênero e etnia, frequentemente apresentando menor precisão para mulheres e pessoas de cor.

Além disso, as preocupações com a privacidade e a ética também são desafios crescentes. A capacidade de identificar indivíduos sem o seu consentimento levanta questões

sérias sobre privacidade e vigilância. Como relatado em (Garvie; Bedoya; Frankle, 2016), o uso de tecnologia de reconhecimento facial por entidades governamentais e corporações pode levar a uma erosão da privacidade pessoal se não for adequadamente regulamentada.

A adaptação a mudanças fisiológicas ao longo do tempo também representa um desafio. O envelhecimento natural, mudanças de peso e outros fatores podem alterar significativamente a aparência de uma pessoa, afetando a precisão dos sistemas de reconhecimento facial. Outro aspecto crítico é a escalabilidade dos sistemas de reconhecimento facial. À medida que o número de indivíduos em uma base de dados aumenta, a eficiência e a velocidade dos algoritmos de reconhecimento podem ser comprometidas.

A segurança dos sistemas de reconhecimento facial também é uma preocupação significativa. Algoritmos de reconhecimento facial podem ser vulneráveis a ataques adversariais, onde pequenas perturbações em uma imagem podem enganar o sistema e levar a identificações incorretas. Desenvolver algoritmos resistentes a tais ataques é essencial para garantir a segurança e a confiabilidade dos sistemas de reconhecimento facial.

Por fim, a resistência a oclusões e expressões faciais é outro desafio técnico. Como apontado por (Jain; Li, 2016), a presença de óculos, chapéus, maquiagem ou expressões faciais extremas pode prejudicar a eficácia dos sistemas de reconhecimento facial. Melhorar a robustez dos algoritmos em face dessas variações permanece um campo de pesquisa ativo.

## 2.4 Algoritmos Populares em Reconhecimento Facial e Seus Desafios

O campo do reconhecimento facial tem visto o desenvolvimento de diversos algoritmos ao longo dos anos, cada um com suas características e desafios específicos. Esse progresso contínuo é impulsionado pela necessidade de melhorar a precisão e a robustez dos sistemas de reconhecimento facial em diversas condições.

Figura 2 – Representação visual de Eigenfaces.



Fonte: Adaptado de (Zhang; Yan; Lades, 1997).

Eigenface, que utiliza a Análise de Componentes Principais (PCA), é uma técnica pioneira em reconhecimento facial e foi desenvolvida para lidar com o desafio de identificar rostos humanos em imagens digitais. Ela decompõe imagens em grupos de subimagens chamadas eigenfaces, que representam as variações mais significativas entre as faces, como a posição dos olhos, nariz e boca. A Figura 2 ilustra visualmente o conceito das eigenfaces e como elas capturam as principais características faciais, transformando os rostos em padrões matemáticos que podem ser manipulados e comparados por computadores.

Por focar nas informações mais relevantes, a PCA consegue reduzir eficazmente as dimensões das imagens originais, o que facilita o reconhecimento facial ao diminuir a quantidade de dados que precisa ser processada. Em vez de comparar diretamente pixels de imagens, o algoritmo compara as características extraídas, resultando em um processo computacionalmente mais eficiente. Essa redução de dimensionalidade também ajuda a eliminar redundâncias, permitindo que o sistema foque nas diferenças mais significativas entre os rostos.

No entanto, esse método apresenta algumas limitações. Em condições ideais, com iluminação e poses consistentes, a técnica Eigenface pode ser altamente eficaz. Porém, em ambientes onde a iluminação varia significativamente ou quando os rostos estão em ângulos não frontais, o desempenho do algoritmo pode sofrer. A PCA não é intrinsecamente robusta a essas variações, o que pode resultar em uma redução na taxa de acerto. Diversos estudos, incluindo o de Zhang, Yan e Lades (Zhang; Yan; Lades, 1997), demonstraram que a técnica tende a falhar quando a iluminação ou a pose não correspondem àquelas utilizadas durante o treinamento, pois essas variações introduzem distorções nos padrões

extraídos, dificultando a correspondência precisa entre as imagens.

Apesar dessas limitações, o método Eigenface foi uma das primeiras abordagens práticas a demonstrar que o reconhecimento facial automatizado era viável. Ele inspirou o desenvolvimento de algoritmos mais avançados, que incorporam técnicas adicionais, como o uso de redes neurais e elastic matching, para superar suas fraquezas em cenários do mundo real. A Eigenface é frequentemente usada como uma base de comparação para novas técnicas de reconhecimento facial devido à sua simplicidade e eficiência em condições controladas. Portanto, apesar de suas limitações, continua sendo uma contribuição importante na história do reconhecimento facial automatizado (Resende; Pereira, 2015).

Fisherface, baseado na Análise Discriminante Linear (LDA), utiliza informações de classe (rótulos) para melhorar a separação entre diferentes faces. Enquanto o método Eigenface se concentra em maximizar a variância global das imagens faciais, o Fisherface busca maximizar a separação entre classes, ou seja, entre diferentes identidades, minimizando simultaneamente a variabilidade dentro da mesma classe. Este método se destaca na capacidade de discriminar melhor entre faces em condições variáveis de iluminação e pose.

A Figura 3 ilustra o processo de geração da face média, um passo fundamental tanto para o Fisherface quanto para outras técnicas de reconhecimento facial. A face média é calculada ao gerar uma média de todas as imagens faciais da base de dados, o que ajuda a normalizar os rostos e remover detalhes específicos, mantendo apenas as características mais comuns entre as faces. Esse processo de normalização facilita a separação entre as classes, permitindo que o Fisherface agrupe as faces de forma mais coesa e eficiente.

Figura 3 – Ilustração da geração da face média.



Fonte: Adaptado de (Costa, 2019).

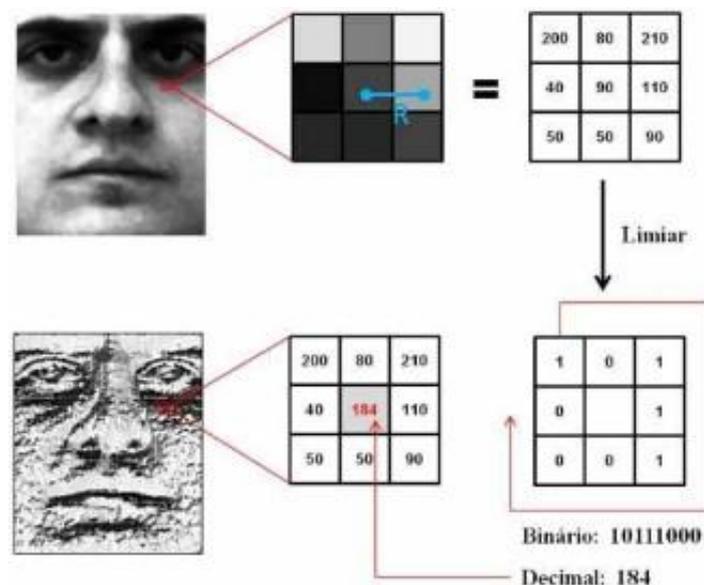
Além de melhorar a classificação, a geração da face média contribui para a redução da dimensionalidade do problema, focando nas características discriminantes que realmente diferenciam uma identidade de outra. Esse enfoque faz com que o Fisherface

seja amplamente utilizado em sistemas práticos de reconhecimento facial, especialmente em ambientes menos controlados, onde a iluminação e a pose das pessoas podem variar significativamente. Embora Fisherface seja mais eficaz que Eigenface em lidar com essas variações, ele também tem limitações, especialmente quando os dados de treinamento são limitados ou quando as faces estão oclusas.

Diversos experimentos realizados, incluindo os apresentados por Costa (Costa, 2019), comprovam que o Fisherface apresenta resultados superiores em termos de taxa de acerto quando comparado a técnicas como Eigenface, principalmente em bases de dados com variações complexas. Sua aplicação prática inclui sistemas de segurança e monitoramento, onde a identificação precisa de indivíduos em condições adversas é essencial.

Local Binary Patterns (LBP) aborda as estruturas locais das imagens, comparando cada pixel com seus vizinhos e convertendo sua vizinhança em um padrão numérico binário. Esse método é especialmente eficiente na análise de texturas, utilizando a diferença de intensidade entre os pixels centrais e seus vizinhos para gerar um código binário que representa a textura local. A Figura 4 ilustra as operações básicas do LBP, mostrando como a comparação entre os valores dos pixels gera uma matriz binária.

Figura 4 – Operações referentes ao LBP.



Fonte: Adaptado de (Ferreira; Pagliari, 2018).

Uma das grandes vantagens do LBP é sua robustez contra variações de iluminação, escala e pose, o que o torna uma escolha popular para sistemas de reconhecimento facial em condições não controladas. Sua resistência às variações de iluminação e sua menor complexidade computacional são características que tornam o LBP mais eficiente que outros métodos, como o PCA, especialmente em situações com artefatos de compressão,

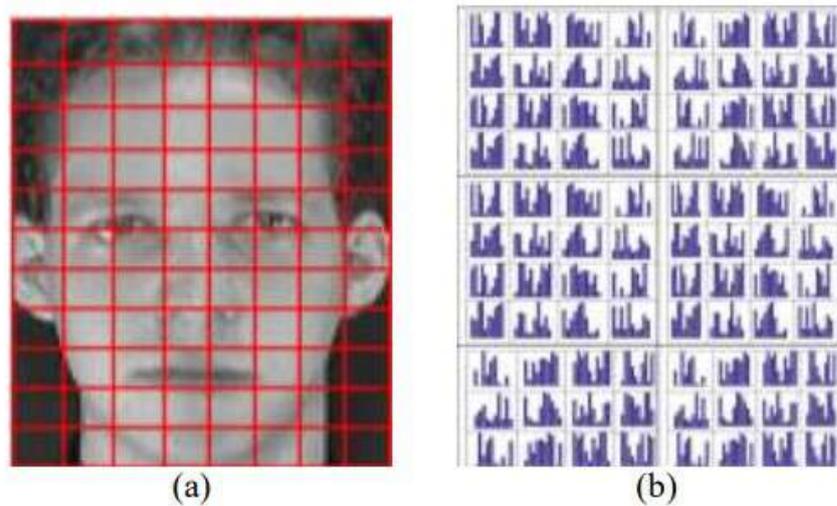
conforme observado por Ferreira e Pagliari ([Ferreira; Pagliari, 2018](#)). Além disso, o LBP pode ser facilmente implementado e calculado, o que o torna atrativo para aplicações em tempo real e sistemas embarcados.

Contudo, apesar de suas vantagens, o LBP enfrenta desafios em condições de oclusão ou quando há expressões faciais extremas, já que essas variações podem interferir nos padrões binários gerados. Além disso, como o método opera em vizinhanças locais, sua capacidade de capturar padrões globais de face pode ser limitada, o que justifica a combinação com outros algoritmos em sistemas de reconhecimento mais avançados.

O Histogram of Oriented Gradients (HOG) é uma técnica de extração de características amplamente reconhecida em aplicações de reconhecimento facial e visão computacional. Seu principal objetivo é realçar as bordas e texturas de uma imagem ao calcular os gradientes de intensidade, o que proporciona uma representação mais robusta da imagem. Esses gradientes são então organizados em histogramas de orientações dentro de regiões locais da imagem, oferecendo uma maior robustez contra variações de iluminação e pequenas deformações geométricas, que são comuns em imagens faciais. Uma das principais vantagens do HOG é sua capacidade de capturar com precisão as bordas e contornos faciais, preservando informações cruciais para a classificação. Em experimentos com classificadores SVM (Support Vector Machines), o HOG mostrou uma melhora significativa nas taxas de reconhecimento facial quando comparado a métodos mais tradicionais, como o uso de Análise de Componentes Principais (PCA) ([Dadi; Pillutla, 2016](#)).

A Figura 5 demonstra o processo de binning de orientações utilizado na extração de características pelo HOG. Na parte (a), a imagem do rosto é subdividida em diversas células menores, com cada célula capturando os gradientes de intensidade de seus pixels. Esses gradientes são então organizados em binários de orientação específicos, que destacam a direção predominante das bordas. Na parte (b), são exibidos os histogramas correspondentes a cada célula, representando a distribuição dos gradientes em diferentes direções. Este processo de binning é essencial para capturar as informações de bordas e contornos, fundamentais para o reconhecimento facial preciso utilizando a técnica HOG.

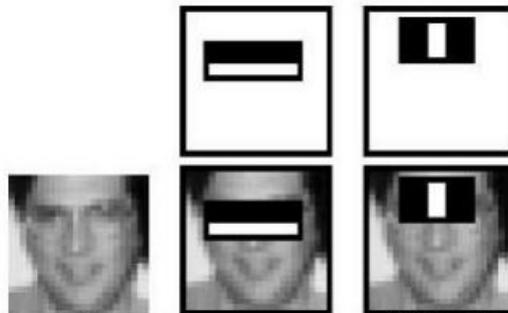
Figura 5 – (a) Divisão da imagem facial em células. (b) Histogramas para cada célula na imagem.



Fonte: Adaptado de (Dadi; Pillutla, 2016)

O método Viola-Jones é amplamente utilizado para a detecção de faces em imagens. Este algoritmo se destaca por sua capacidade de rastreamento em tempo real, sendo eficiente e flexível para detecção facial em várias condições. Composto por quatro estágios principais, o método envolve a criação de uma imagem integral, seleção de características Haar, treinamento com Adaboost e um classificador em cascata. A Figura 6 ilustra o funcionamento do método, onde os recursos Haar são extraídos e processados por meio de uma cascata de classificadores, resultando em uma detecção rápida e eficaz de rostos.

Figura 6 – Funcionamento do método Viola-Jones.



Fonte: Adaptado de (Elias et al., 2019).

A divisão da imagem facial em células e a geração de histogramas de orientações permite ao HOG capturar com precisão as características locais da face, o que é crucial para diferenciar identidades em um sistema de reconhecimento facial. Ao preservar as informações das bordas e contornos em diferentes direções, essa técnica proporciona uma representação robusta contra variações externas, como mudanças de iluminação e pequenos ajustes geométricos. Dessa forma, o HOG, continua sendo uma das abordagens mais eficazes para o reconhecimento facial, especialmente quando comparado a métodos tradicionais como o PCA.

A grande vantagem do Viola-Jones é sua capacidade de detectar faces de forma robusta em tempo real, o que o torna especialmente adequado para aplicações que exigem processamento rápido, como sistemas de vigilância e câmeras embarcadas. Além disso, o método utiliza uma janela de varredura de múltiplas escalas para garantir que rostos de diferentes tamanhos e distâncias possam ser detectados. Com o uso do classificador em cascata, o algoritmo elimina rapidamente regiões que não contêm faces, concentrando-se apenas nas áreas que possuem alta probabilidade de conter uma face, o que aumenta ainda mais a eficiência.

No entanto, o Viola-Jones pode enfrentar desafios em situações com variações extremas de iluminação ou quando os rostos estão parcialmente ocultos. Apesar dessas limitações, o método continua sendo uma das abordagens mais populares para detecção facial em tempo real, especialmente em cenários controlados ([Elias et al., 2019](#)).

([Chaudhry; Elgazzar, 2019](#)) realizaram uma análise comparativa dos algoritmos Eigenface, Fisherface e LBP, além de um classificador híbrido que combinava esses três métodos, denominado classificador EFL. Os resultados demonstraram que, embora a abordagem híbrida tenha alcançado maior precisão, houve um aumento no tempo de processamento. Isso reforça a ideia de que a precisão e a eficiência de sistemas de reconhecimento facial muitas vezes envolvem uma troca entre desempenho e tempo computacional. Ademais, ([Zhang et al., 2019](#)) ressaltaram que o pré-processamento de imagens pode melhorar significativamente a eficiência desses algoritmos, principalmente quando se trata de reduzir o impacto de variações no ambiente de captura.

Além disso, questões como variações de iluminação, posição, oclusão, expressões faciais e envelhecimento continuam sendo desafios significativos no reconhecimento facial ([Abuzar; Ahmad; Ahmad, 2020](#)).

Por exemplo, ([Di Martino et al., 2020](#)) propuseram uma solução inovadora utilizando câmeras de alta definição presentes em smartphones modernos para aprimorar as técnicas de reconhecimento facial. Eles demonstraram que a integração de sensores de profundidade, comumente encontrados em dispositivos móveis contemporâneos, proporciona um aumento substancial na precisão do reconhecimento. Esses sensores permitem a criação de mapas de profundidade detalhados do rosto, que, quando combinados com

técnicas 2D, resultam em uma abordagem híbrida altamente eficaz.

Além disso, a utilização de dados 3D ajuda a mitigar os problemas causados por mudanças de iluminação e ângulos variados, fornecendo uma robustez adicional contra fatores que tradicionalmente afetam negativamente os sistemas 2D. A técnica de (Di Martino et al., 2020) também mostrou ser eficaz na identificação de rostos em condições adversas, como oclusão parcial e diferentes expressões faciais. Este avanço é particularmente relevante em aplicações de segurança e autenticação, onde a precisão e a confiabilidade são cruciais.

Além disso, o uso de dados 3D é particularmente eficiente para mitigar os efeitos negativos causados por mudanças de iluminação e ângulos de captura variados, fatores que tradicionalmente comprometem o desempenho dos sistemas de reconhecimento facial 2D. A técnica desenvolvida por Dimartino et al. também se mostrou eficiente em situações adversas, como oclusão parcial do rosto e variações nas expressões faciais. Isso faz com que essas abordagens sejam especialmente valiosas em aplicações críticas, como sistemas de segurança e autenticação, onde a precisão e a confiabilidade são fundamentais.

A popularização de dispositivos móveis equipados com câmeras de alta definição e sensores de profundidade está tornando as técnicas de reconhecimento facial 3D cada vez mais viáveis. Essa evolução tecnológica abre novas possibilidades para o desenvolvimento de sistemas de reconhecimento facial mais precisos e confiáveis, aplicáveis em uma ampla gama de contextos, desde controle de acesso em ambientes corporativos até aplicações de segurança pública.

O processo de reconhecimento facial geralmente segue quatro etapas principais: captura da imagem, detecção da face, extração de características e identificação do indivíduo. Em alguns casos, tecnologias adicionais, como RFID, têm sido integradas para fornecer um segundo fator de autenticação, oferecendo maior segurança e confiabilidade, conforme demonstrado por (Bezerra et al., 2020). Isso garante que os sistemas modernos não dependam exclusivamente da biometria facial, mas incorporem múltiplas camadas de verificação para aumentar a robustez.

## 2.5 Abordagens Híbridas no Reconhecimento Facial

O campo do reconhecimento facial tem experimentado uma evolução contínua em suas abordagens e metodologias. Um estudo significativo nesse sentido é o de (Ali et al., 2020), que realizou uma comparação abrangente entre diferentes técnicas de reconhecimento facial, incluindo métodos clássicos, holísticos, de extração de características e abordagens híbridas. Este estudo trouxe insights valiosos sobre a eficácia relativa dessas metodologias em diferentes cenários e condições.

Nos métodos clássicos, como Eigenfaces e Fisherfaces, o reconhecimento facial baseia-se na análise do rosto como uma entidade única, considerando a imagem facial como um todo. Embora eficazes em muitas situações, esses métodos podem ser vulneráveis a variações de iluminação e pose (Turk; Pentland, 1991). Essa limitação é um dos principais pontos fracos das abordagens clássicas em ambientes não controlados, onde essas variáveis podem afetar drasticamente a precisão do reconhecimento.

Por outro lado, os métodos holísticos também tratam o rosto como um todo, mas com um enfoque mais amplo em características globais da imagem facial. Essa abordagem, embora mais resistente a variações em expressões faciais e iluminação, pode ter dificuldades na presença de oclusões ou deformações faciais (Ahonen; Hadid; Pietikäinen, 2006). O desempenho desses métodos tende a degradar significativamente em condições de captura adversas, onde partes importantes do rosto podem estar ocultas ou distorcidas.

A abordagem de extração de características, por sua vez, concentra-se na identificação de partes específicas do rosto, como olhos, nariz e boca, e sua análise detalhada. Métodos como o Local Binary Patterns (LBP) demonstraram grande eficácia, especialmente em situações onde há variações de iluminação e pose (Ojala; Pietikäinen; Mäenpää, 2002). Essa técnica, ao analisar padrões locais de textura, é menos suscetível a mudanças globais na imagem, proporcionando maior robustez em determinados cenários.

O estudo de (Ali et al., 2020) destacou que os métodos híbridos, que combinam abordagens holísticas e de extração de características, podem oferecer melhores resultados. Esses métodos aproveitam tanto a análise global do rosto quanto a identificação de características específicas, o que permite um equilíbrio entre precisão e flexibilidade. Esse tipo de abordagem híbrida pode aumentar a robustez do sistema em diversas condições de captura de imagem, tornando-os mais adequados para aplicações práticas, onde a variação das condições ambientais é uma constante.

Em suma, a pesquisa de (Ali et al., 2020) sugere que uma combinação de diferentes técnicas pode ser a chave para superar as limitações individuais de cada método. A adoção de abordagens híbridas poderia levar a sistemas de reconhecimento facial mais eficientes e confiáveis, especialmente em ambientes com iluminação, pose e oclusões variáveis.

Um estudo complementar foi realizado por (Chaudhry; Elgazzar, 2019), que comparou a performance individual de três dos algoritmos mais populares de reconhecimento facial (Eigenface, Fisherface e LBP) e sua combinação em um classificador híbrido, denominado EFL. A pesquisa demonstrou que a utilização do classificador híbrido resultou em um aumento significativo na precisão em comparação ao desempenho de cada algoritmo isoladamente. No entanto, a técnica híbrida também apresentou um maior tempo de processamento, uma questão crítica em sistemas que requerem respostas em tempo real. Chaudhry sugere que otimizações específicas podem ser aplicadas para melhorar o desempenho desses classificadores híbridos.

Outra descoberta relevante foi feita por (Zhang et al., 2019), que constatou que o pré-processamento de imagens, como a remoção de variações de iluminação, pode proporcionar um aumento significativo na eficiência dos algoritmos de reconhecimento facial. Essa etapa preliminar é essencial para garantir que as sombras, reflexos ou áreas mal iluminadas não prejudiquem a análise dos algoritmos. Além disso, outros fatores, como a qualidade das imagens capturadas, também afetam diretamente o desempenho dos sistemas de reconhecimento facial.

Os principais desafios relatados por diversos autores incluem: variações de iluminação, que afetam significativamente a qualidade da imagem facial; a posição da face, com diferentes ângulos que prejudicam a precisão do reconhecimento; oclusões, que ocultam partes do rosto devido a obstáculos nas imagens; expressões faciais, que alteram a geometria do rosto; e o envelhecimento, onde as características faciais mudam ao longo do tempo, representando um dos maiores desafios no reconhecimento facial (Ali et al., 2020), (Abuzar; Ahmad; Ahmad, 2020), (Kaur et al., 2020).

Para enfrentar esses desafios, técnicas de reconhecimento facial em 3D têm sido exploradas, com o objetivo de aumentar a precisão e a robustez dos sistemas. Em (Di Martino et al., 2020), foi proposta uma alternativa inovadora utilizando câmeras de alta definição em smartphones modernos para aprimorar as técnicas de reconhecimento facial. Esses dispositivos, equipados com sensores de profundidade, permitem a criação de mapas tridimensionais do rosto, que, quando combinados com técnicas 2D, resultam em uma abordagem híbrida altamente eficaz.

Além de melhorar a precisão, o uso de dados 3D oferece uma solução eficaz contra as variações de iluminação e pose, além de ser capaz de lidar com oclusões e expressões faciais. A abordagem proposta por (Di Martino et al., 2020) mostrou-se particularmente útil em condições adversas e oferece uma solução robusta para ambientes onde a precisão é essencial, como em sistemas de segurança e autenticação.

As quatro etapas básicas de um sistema de reconhecimento facial incluem: captura da imagem (via smartphone, câmera, webcam, etc.); detecção da face; extração de características (globais, específicas ou modelagem 3D); e identificação do indivíduo. Essas etapas configuram a base para qualquer sistema de reconhecimento facial (Abuzar; Ahmad; Ahmad, 2020), (Kaur et al., 2020). Em algumas implementações, tecnologias adicionais como RFID (Identificação por Radiofrequência) são integradas para fornecer um segundo fator de autenticação, aumentando a segurança dos sistemas (Bezerra et al., 2020).

Ao longo dos últimos anos, o campo do reconhecimento facial evoluiu rapidamente, beneficiando-se dos avanços em aprendizado de máquina, redes neurais convolucionais e técnicas avançadas de processamento de imagens. Apesar disso, desafios significativos ainda permanecem, incluindo questões de privacidade, variabilidade de condições e esca-

tabilidade. A revisão da literatura indica que abordagens híbridas, combinando métodos clássicos e modernos, oferecem soluções promissoras para muitos desses problemas. Este trabalho visa contribuir para o avanço do campo, propondo uma nova arquitetura otimizada para o controle de frequência em ambientes educacionais, com foco em superar as limitações identificadas em estudos anteriores.

## 2.6 Trabalhos Relacionados

Nesta seção, exploramos uma variedade de trabalhos acadêmicos e projetos práticos que se alinham com o tema do nosso estudo: o uso do reconhecimento facial para o registro de frequência escolar. A análise desses trabalhos relacionados nos permite compreender o estado da arte na pesquisa sobre reconhecimento facial em ambientes educacionais, além de identificar desafios, lacunas e oportunidades para inovação. Nossa revisão abrange desde os fundamentos técnicos até as implicações éticas e práticas associadas ao uso desta tecnologia. Este levantamento crítico serve como um alicerce essencial para nossa pesquisa, contribuindo para o desenvolvimento de uma solução robusta e eficiente, adaptada às necessidades específicas do contexto escolar.

O trabalho de ([Ribeiro, 2022](#)) discute o desenvolvimento de um sistema de controle de presença baseado em reconhecimento facial, implementado com a biblioteca Facial Recognition em Python e a `dlib`. Este sistema visa otimizar o registro de frequência escolar, proporcionando uma alternativa automatizada e eficiente às tradicionais chamadas manuais realizadas por professores. O projeto se destaca pela arquitetura cliente-servidor, que oferece flexibilidade e escalabilidade para a integração em diferentes ambientes educacionais. Embora tenha alcançado uma acurácia significativa, o sistema enfrentou desafios relacionados ao processamento de frames em tempo real, sugerindo a necessidade de otimizações no pipeline de captura e reconhecimento facial. Esse estudo sublinha a importância de equilibrar a precisão do sistema com a sua eficiência em termos de tempo de resposta, um fator crucial em aplicações práticas de larga escala.

O trabalho de ([Audibert, 2023](#)) aborda uma aplicação de reconhecimento facial para dispositivos móveis, com foco no controle de acesso a eventos. Embora o contexto seja diferente do ambiente escolar, as lições aprendidas com este projeto podem ser aplicadas diretamente ao registro de frequência. A solução desenvolvida utilizou a biblioteca `face_recognition` em Python e o framework React Native para a parte móvel, com o objetivo de combater problemas como filas e falsificação de documentos em eventos. A abordagem mobile é um diferencial importante, considerando que dispositivos móveis estão cada vez mais presentes em ambientes educacionais, o que pode facilitar a implementação de soluções baseadas em reconhecimento facial. A aplicação alcançou uma precisão de reconhecimento de aproximadamente 90% e um tempo de resposta de cerca de cinco

segundos, demonstrando um equilíbrio entre precisão e usabilidade que pode ser replicado em projetos focados no controle de frequência escolar.

O TCC de (Cardoso; Amorim, 2018) oferece uma contribuição valiosa ao explorar diferentes algoritmos de reconhecimento facial aplicados ao controle de frequência acadêmica. O estudo inclui uma análise comparativa entre métodos clássicos, como Eigenfaces e Fisherfaces, e métodos mais modernos, como o Local Binary Patterns (LBP), fornecendo insights sobre o desempenho de cada abordagem em termos de precisão e tempo de processamento. O projeto propõe a implementação de um sistema automatizado em ambientes educacionais, com o objetivo de melhorar a eficiência e reduzir o tempo necessário para o registro de presença. A combinação de precisão e eficiência operacional é o foco deste trabalho, que visa facilitar a adoção da tecnologia pelas instituições de ensino, especialmente em cenários com grandes volumes de alunos.

O TCC de (Sales, 2022) aprofunda-se no desenvolvimento de um software para automatizar a frequência de alunos por meio de reconhecimento facial. Um dos principais objetivos deste projeto foi reduzir o tempo gasto pelos professores em chamadas manuais, além de evitar fraudes e erros comuns nesse processo. Utilizando técnicas de visão computacional, o sistema desenvolvido é capaz de identificar alunos com base na detecção facial e atualizar automaticamente a lista de presença. O backend do sistema foi implementado em Python, e a acurácia obtida durante os testes foi de 86%. Embora essa precisão seja promissora, o estudo reconhece a necessidade de ajustes no algoritmo de detecção e na qualidade das imagens capturadas para melhorar o desempenho geral do sistema. Este projeto destaca a importância da integração de soluções de software eficientes e escaláveis, capazes de atender às demandas específicas do ambiente educacional.

O trabalho de (Lima, 2022) apresenta uma proposta arquitetônica para um sistema de controle de atividades utilizando reconhecimento facial em dispositivos móveis. O projeto desenvolveu um produto mínimo viável (MVP) para validação de usuários, empregando algoritmos de reconhecimento facial em um contexto de mobilidade. A padronização das imagens faciais e o uso de arquivos de treinamento individuais para cada usuário foram aspectos cruciais desta abordagem, que foi testada em um ambiente controlado, devido às restrições impostas pela pandemia. A abordagem por ablação utilizada no estudo permitiu a análise detalhada de cada componente da arquitetura, evidenciando a modularidade e a capacidade de adaptação da solução proposta. Apesar dos testes limitados, o projeto demonstrou o potencial da tecnologia de reconhecimento facial em dispositivos móveis para otimizar o controle de frequência em atividades educacionais.

Ao analisarmos esses cinco trabalhos acadêmicos distintos, podemos observar a diversidade de abordagens e soluções propostas para o uso de reconhecimento facial no controle de frequência. Esses estudos variam desde aplicações práticas em ambientes educacionais até soluções voltadas para o controle de acesso a eventos, evidenciando a ver-

satilidade e os desafios da tecnologia. Cada um dos projetos enfatiza diferentes aspectos, como a precisão, a eficiência operacional e a integração tecnológica, contribuindo para um panorama abrangente do estado atual da pesquisa e das aplicações práticas de reconhecimento facial. A análise dessas abordagens também revela uma tendência crescente em buscar inovações que superem as limitações técnicas, como o tempo de processamento e as variações de iluminação, e garantam a eficácia dos sistemas em condições reais de uso.

A Tabela 1 resume as principais características dos trabalhos analisados, destacando suas metodologias, aplicações e resultados. Ela oferece uma visão clara e comparativa de como cada estudo aborda o uso do reconhecimento facial em diferentes contextos, como controle de acesso, automação de registro de frequência e autenticação de usuários. Além disso, essa tabela permite identificar tendências nas abordagens adotadas e os desafios enfrentados por cada pesquisa, como a precisão em condições adversas, o tempo de processamento e a escalabilidade dos sistemas. Ao fornecer insights valiosos sobre o estado da arte, a tabela também nos ajuda a mapear as lacunas existentes, possibilitando o desenvolvimento de soluções mais eficientes e adequadas para o contexto educacional. Esses insights guiam a formulação de nossa própria pesquisa, permitindo que adaptemos as melhores práticas identificadas e proponhamos inovações que superem as limitações encontradas nos estudos anteriores.

Tabela 1 – Comparação dos Trabalhos Relacionados

Autor(es)	Bibliotecas utilizadas	Aplicação	Resultados
(Ribeiro, 2022)	Biblioteca Facial Recognition (Python) e dlib	Registro de presença escolar	Acurácia notável, mas desafios com o processamento de frames em tempo real
(Audibert, 2023)	Biblioteca face_recognition (Python) e React Native	Controle de acesso a eventos via dispositivos móveis	Precisão de 90%, tempo de resposta de 5 segundos
(Cardoso; Amorim, 2018)	Algoritmos Eigenface, Fisherface e LBP	Controle de frequência acadêmica	Proposta para automação e otimização do controle de presença
(Sales, 2022)	Técnicas de visão computacional e backend em Python	Automação da frequência de alunos	Acurácia de 86%, tempo de processamento e precisão necessitam de ajustes
(Lima, 2022)	Algoritmos de reconhecimento facial em dispositivos móveis	Validação de usuários em sistemas de controle de atividades	MVP desenvolvido com testes limitados devido à pandemia, uso de ablação para validação dos componentes
<b>Nosso Trabalho</b>	Flask, MongoDB, React, face_recognition e HOG	Registro de presença escolar	Protótipo com arquitetura modular e integração em tempo real

Esses trabalhos fornecem um pano de fundo informativo e relevante para nossa própria pesquisa, que se propõe a construir uma solução para ajudar no controle de frequência escolar. Ao nos basearmos nas lições aprendidas e nas lacunas identificadas nos estudos revisados, pretendemos desenvolver um protótipo capaz de lidar com as particularidades e desafios do ambiente educacional. Nosso foco será na melhoria do tempo de processamento e na adaptação da tecnologia a diferentes condições de iluminação e oclusão, visando proporcionar uma solução de fácil implementação e uso pelas instituições de ensino.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo, detalhamos a abordagem metodológica adotada para o desenvolvimento do sistema de registro de frequência escolar baseado em reconhecimento facial. A metodologia foi estruturada em etapas cuidadosamente planejadas para garantir um entendimento profundo das tecnologias envolvidas, o desenvolvimento de uma arquitetura robusta e a validação prática da solução proposta. As etapas incluem o planejamento inicial, a execução de atividades de desenvolvimento e a validação da eficácia do sistema através de testes práticos.

#### 3.1 Planejamento e Etapas

A pesquisa iniciou com um estudo abrangente sobre as tecnologias de reconhecimento facial, desde seus princípios básicos até o estado atual da arte. Esta fase envolveu a revisão de literatura acadêmica, análise de tecnologias existentes e identificação de tendências emergentes no campo. O objetivo era compreender profundamente tanto os aspectos teóricos quanto práticos do reconhecimento facial, proporcionando uma base sólida para o desenvolvimento subsequente.

#### 3.2 Atividades

Com base no conhecimento adquirido, foi proposta uma arquitetura para o sistema de registro de frequência escolar usando reconhecimento facial. Essa arquitetura foi cuidadosamente projetada para atender às necessidades específicas do contexto escolar, considerando fatores como precisão, velocidade, privacidade dos dados e facilidade de uso. Após a definição da arquitetura, desenvolveu-se uma prova de conceito. Este protótipo funcional foi implementado para demonstrar a viabilidade técnica e operacional da solução proposta.

#### 3.3 Validade

Para validar a eficácia da solução proposta, realizou-se um teste prático com a aplicação desenvolvida. Este teste envolveu a aplicação do sistema em um ambiente controlado, simulando um cenário real de frequência escolar. Foram avaliados critérios como precisão do reconhecimento, tempo de resposta do sistema e facilidade de integração com os sistemas escolares existentes. A análise dos resultados deste teste foi fundamental para confirmar a validade da solução proposta e para identificar áreas para melhorias futuras.

## 4 CHECKINCLASSROOM

Neste capítulo, apresentamos os resultados obtidos a partir do desenvolvimento de um aplicativo destinado a facilitar o registro de presença em salas de aula por meio de reconhecimento facial. Este projeto teve seu desenvolvimento iniciado no âmbito das disciplinas de Projeto I e Projeto II, disciplinas do final do curso que visam integrar os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos durante a graduação, com foco na aplicação de tecnologia avançada para solucionar desafios reais na área educacional. A seguir, detalhamos as etapas do desenvolvimento, as mudanças realizadas para aprimorar o projeto e a arquitetura final da solução proposta.

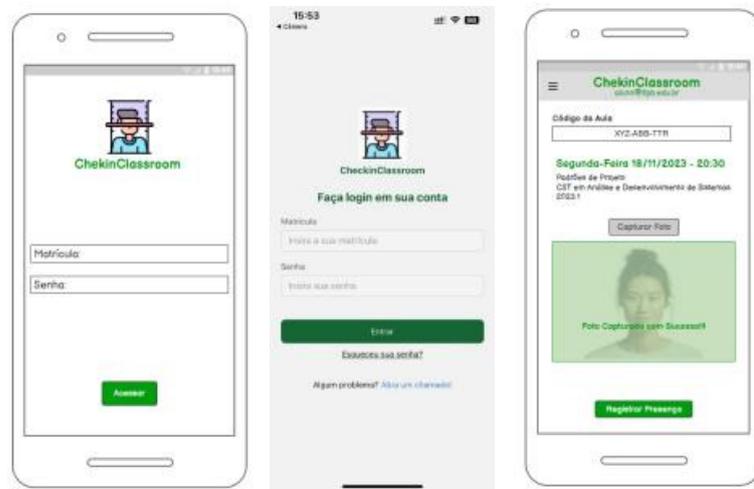
### 4.1 Projeto I e Projeto II

As disciplinas de Projeto I e Projeto II, oferecidas no final do curso, têm como objetivo proporcionar aos alunos a oportunidade de aplicar os conhecimentos teóricos em um projeto prático. No contexto deste trabalho, o objetivo central foi criar um aplicativo inovador que otimizasse o processo de registro de presença em sala de aula por meio do reconhecimento facial. A proposta buscava integrar tecnologias avançadas com praticidade, oferecendo uma solução eficiente para a gestão de presenças em ambientes educacionais, tornando o processo mais rápido, seguro e automatizado.

O objetivo central dos projetos desenvolvidos nas disciplinas de Projeto 1 e Projeto 2 foi criar um aplicativo inovador que otimizasse o processo de registro de presença em sala de aula por meio do reconhecimento facial. A proposta buscava integrar tecnologias avançadas com praticidade, oferecendo uma solução eficiente para a gestão de presenças em ambientes educacionais, tornando o processo mais rápido, seguro e automatizado.

O protótipo inicial, desenvolvido em Projeto 1, está ilustrado na Figura 7. Essa versão focou no design da interface do usuário e na integração básica do reconhecimento facial com a funcionalidade de login para os alunos. A partir desse protótipo, o desenvolvimento avançou para Projeto 2, onde o sistema foi implementado com maior complexidade, incluindo funcionalidades para professores e integração de códigos de aula.

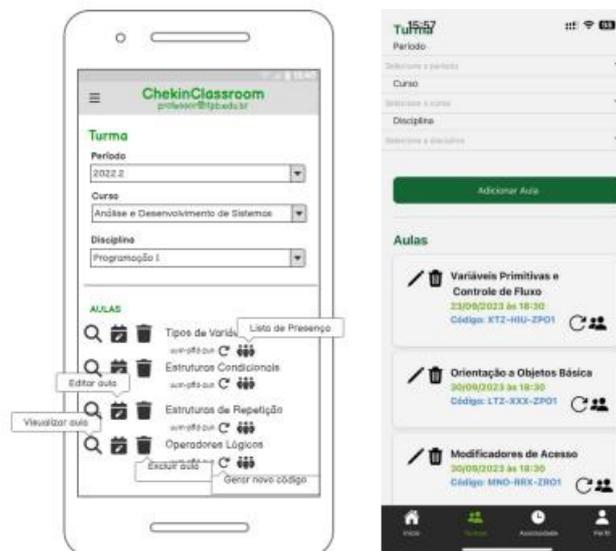
Figura 7 – Protótipo desenvolvido em Projeto 1 e implementação realizada em Projeto 2



Fonte: Autoria própria (2024)

No aplicativo, os alunos faziam login utilizando suas credenciais do SUAP (Sistema Unificado de Administração Pública). Uma vez autenticados, eles inseriam um código de aula gerado aleatoriamente para cada aula (Figura 8) e acessavam a interface de reconhecimento facial para registrar sua presença de maneira automatizada. Isso não só reduzia o tempo gasto em chamadas manuais como também evitava fraudes relacionadas ao registro de presença.

Figura 8 – Protótipo desenvolvido em Projeto 1 e implementação realizada em Projeto 2



Fonte: Autoria própria (2024)

Para os alunos, além de facilitar o processo de registro, o aplicativo permitia consultar o histórico de presença por disciplina, acompanhar seu progresso em termos de frequência e receber notificações quando estavam próximos do limite de faltas permitido. Já para os professores, o sistema oferecia funcionalidades como o cadastro de novas aulas, onde os códigos de aula eram gerados e disponibilizados automaticamente para os alunos, conforme mostrado na Figura 8. Isso não só eliminava a necessidade de controle manual das presenças, como também oferecia uma interface simples para gerenciar as turmas e os registros.

Um dos principais desafios encontrados durante o desenvolvimento do aplicativo foi a integração com o SUAP. A intenção inicial era automatizar a importação de dados dos diários de classe diretamente para o aplicativo, facilitando a criação de turmas e a gestão de presenças por parte dos professores. No entanto, até o momento do desenvolvimento, a API do SUAP não disponibilizava uma rota específica que permitisse essa funcionalidade de maneira adequada, o que limitou parcialmente o potencial do sistema. Ainda assim, o aplicativo demonstrou ser uma solução robusta e promissora para o controle de frequência em ambientes acadêmicos, com espaço para futuras melhorias e integrações.

#### 4.2 Mudança (porque mudamos a poc)

Durante o desenvolvimento na disciplina de Projeto II, percebemos que o projeto original começou a adquirir uma natureza burocrática inesperada, principalmente devido à introdução do código de aula para o registro de presença. A necessidade de gerar e inserir um código para cada sessão de aula adicionou uma camada de complexidade ao processo, que deveria ser simplificado. Além disso, o fato de o aplicativo depender do uso de smartphones trouxe novas limitações, uma vez que nem todos os alunos possuem ou têm acesso contínuo a dispositivos móveis compatíveis. Isso gerou uma barreira de acessibilidade que se opôs ao objetivo inicial do projeto, que era justamente facilitar e simplificar o processo de registro de presença.

A exigência de que os alunos tivessem acesso a um dispositivo móvel também levantou preocupações quanto à inclusão digital, um fator crítico em ambientes educacionais. Ao contrário do que pretendíamos, estávamos impondo uma dependência tecnológica que, em alguns casos, poderia ser inviável. Percebemos que essa solução não atendia plenamente às necessidades dos estudantes e professores em termos de acessibilidade e usabilidade, o que exigia uma reavaliação de nossa abordagem.

Outro fator que contribuiu para a mudança foi o desvio do foco principal da pesquisa. Durante o desenvolvimento do projeto, estávamos simultaneamente envolvidos em uma pesquisa vinculada ao edital Interconecta, na qual fomos premiados pelo melhor resumo na temática de tecnologia da informação. Essa pesquisa demandava uma solução

mais ágil e direta para o problema do registro de presença, sem as complicações e entraves que surgiram com o projeto original. O projeto começou a se afastar do conceito central de eficiência e simplificação, exigido tanto pela pesquisa quanto pelo contexto acadêmico.

Com base nesses aprendizados e reflexões, decidimos reformular nossa Prova de Conceito (POC) para focar em uma solução mais eficiente e menos burocrática. A nova abordagem visava eliminar a necessidade de códigos de aula e dispositivos móveis, simplificando o processo para que pudesse ser utilizado de maneira mais ampla e acessível por todos os alunos, independentemente de sua condição tecnológica. O objetivo era construir um sistema semiautônomo de registro de presença, no qual a tecnologia se integrasse de forma natural ao ambiente de sala de aula, sem exigir esforços adicionais dos usuários.

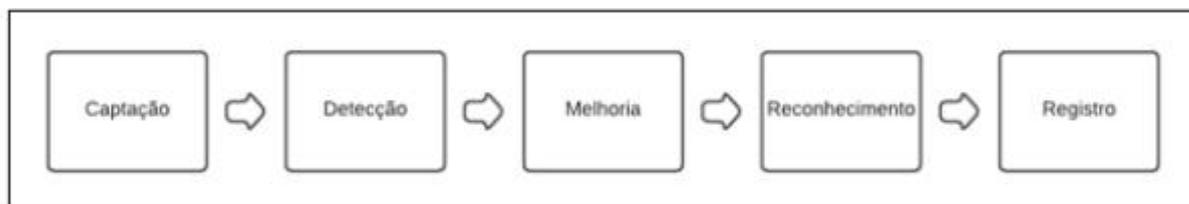
Essa mudança de abordagem também reflete um esforço para garantir que o sistema proposto maximize a acessibilidade e a eficácia do processo de controle de presença. A eliminação de etapas desnecessárias e a redução da dependência de tecnologias específicas nos permitiram criar uma solução mais alinhada com os princípios de inclusão e eficiência que motivaram o projeto desde o início. Além disso, o novo sistema foi projetado para ser flexível e escalável, com o potencial de se adaptar a diferentes contextos educacionais, mantendo sempre a simplicidade e a eficácia como pilares fundamentais.

Em resumo, a decisão de modificar a POC foi motivada pela necessidade de realinhar o projeto aos seus objetivos originais, mantendo o foco em uma solução prática, acessível e funcional, que pudesse realmente atender às demandas do ambiente educacional moderno, sem criar obstáculos adicionais. O novo sistema proposto representa uma evolução significativa em relação à versão anterior, com a promessa de proporcionar uma experiência mais simples, inclusiva e eficaz para todos os envolvidos.

### 4.3 Arquitetura da solução

Com base nos principais pontos identificados nos trabalhos estudados e nas necessidades específicas do ambiente educacional, este trabalho propõe um modelo de software descentralizado para o desenvolvimento de um sistema de registro de frequência baseado em reconhecimento facial. Esse modelo visa otimizar a eficiência do processo e aumentar a escalabilidade, mantendo a flexibilidade necessária para atender a diferentes cenários e demandas institucionais. A estrutura descentralizada do sistema é representada na Figura 9, que ilustra como os diferentes módulos interagem de forma distribuída, proporcionando robustez e adaptabilidade ao sistema.

Figura 9 – Modelo descentralizado



Fonte: Autoria própria(2024)

A arquitetura proposta é modular, composta por cinco módulos principais, cada um projetado para desempenhar uma função específica dentro do sistema. A execução distribuída desses módulos em diferentes hospedeiros permite que o sistema se adapte de forma eficiente a diversos volumes de dados, garantindo desempenho, segurança e escalabilidade. A seguir, detalhamos cada módulo:

- **Módulo de Captação:** Responsável pela coleta das imagens necessárias para o sistema, este módulo interage com várias fontes de entrada, como webcams, smartphones e câmeras de segurança. Essa diversidade de dispositivos de captura garante a abrangência e qualidade das imagens recebidas, essencial para o sucesso do reconhecimento facial em diferentes condições. Além disso, a flexibilidade na captação permite que o sistema seja utilizado em diferentes tipos de ambientes, sejam eles controlados ou mais dinâmicos.
- **Módulo de Detecção:** Após a captação das imagens, este módulo realiza a detecção de faces nos dados visuais recebidos. Ele identifica e isola as faces dentro das imagens captadas, preparando-as para a próxima etapa do processamento. A eficiência desse módulo é fundamental, pois ele determina se as imagens possuem as características necessárias para prosseguir no fluxo de reconhecimento.
- **Módulo de Melhoria:** Este módulo realiza o pré-processamento das imagens, otimizando-as para os algoritmos de reconhecimento facial. Ele aplica técnicas de ajuste de iluminação, contraste e remoção de ruído, o que é crucial para garantir que o reconhecimento facial ocorra de forma precisa, independentemente das condições originais da imagem. Ao melhorar a qualidade das imagens, este módulo garante que os algoritmos de reconhecimento operem de maneira mais eficaz, reduzindo falhas e falsos positivos.
- **Módulo de Reconhecimento:** O núcleo do sistema, este módulo processa as imagens aprimoradas utilizando uma abordagem híbrida de algoritmos de reconhecimento

facial, combinando pelo menos duas metodologias diferentes para aumentar a precisão. A escolha por uma abordagem híbrida permite que o sistema aproveite as vantagens de cada algoritmo, compensando as limitações individuais e aumentando a confiabilidade do reconhecimento, mesmo em situações mais desafiadoras, como variações de iluminação, ângulos de captura e expressões faciais.

- **Módulo de Registro:** Este módulo finaliza o processo, integrando os resultados do reconhecimento facial ao sistema de gerenciamento de frequência escolar. Ele registra as presenças de forma automatizada na base de dados, garantindo a integridade e segurança dos dados. Além disso, este módulo inclui mecanismos de auditoria, permitindo que os administradores verifiquem as presenças registradas e solucionem possíveis discrepâncias.

Cada módulo do sistema foi cuidadosamente projetado para operar de forma independente, mas sempre em sincronia com os demais, garantindo um funcionamento fluido e eficiente. Essa abordagem modular permite que cada componente execute sua função específica sem depender diretamente dos outros para realizar suas tarefas principais. No entanto, apesar dessa independência operacional, os módulos interagem de maneira coordenada, formando um ecossistema integrado que otimiza o desempenho do sistema como um todo.

A adoção de uma arquitetura modular e descentralizada traz diversos benefícios para o sistema de registro de frequência escolar baseado em reconhecimento facial. Primeiramente, essa estrutura melhora significativamente a performance, pois cada módulo pode ser executado em paralelo ou distribuído em diferentes servidores, garantindo que a carga de processamento seja distribuída de maneira equilibrada. Dessa forma, o sistema pode lidar com um grande volume de dados e consultas simultâneas sem comprometer sua velocidade ou estabilidade.

Além da performance, a descentralização também acrescenta uma camada extra de segurança ao processo. Em arquiteturas centralizadas, todos os dados são armazenados e processados em um único local, tornando esse ponto um alvo crítico para falhas ou ataques cibernéticos. Já em uma abordagem distribuída, os dados são processados de forma segmentada, reduzindo os riscos de exposição de informações sensíveis e tornando o sistema mais resiliente contra falhas e tentativas de invasão. Por exemplo, se um módulo específico apresentar algum problema, os demais podem continuar operando normalmente, garantindo a alta disponibilidade do sistema.

Outro aspecto essencial dessa abordagem é a escalabilidade, ou seja, a capacidade de expandir o sistema conforme a demanda cresce. Como cada módulo é independente, novas funcionalidades podem ser adicionadas sem comprometer o funcionamento dos módulos já existentes. Isso significa que, à medida que o número de alunos, turmas ou ins-

tituições que utilizam o sistema aumenta, a infraestrutura pode ser facilmente ajustada para absorver esse crescimento sem comprometer o desempenho.

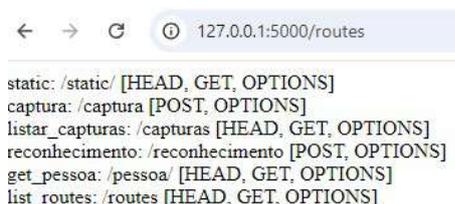
A integração harmoniosa entre os módulos representa a espinha dorsal desse sistema de registro de presença escolar. Sem essa integração eficiente, cada módulo operaria de forma isolada, tornando inviável o funcionamento completo da solução. No entanto, graças à estrutura bem planejada, os módulos conseguem compartilhar informações de maneira rápida e segura, garantindo que todo o processo – desde a captura da imagem até o registro final da presença – aconteça de forma automática, confiável e precisa.

Portanto, essa abordagem modular e distribuída não apenas proporciona eficiência e segurança, mas também estabelece uma base sólida para futuras expansões e aprimoramentos, garantindo que o sistema continue evoluindo para atender às necessidades educacionais de forma cada vez mais eficaz.

#### 4.4 Prova de Conceito

Este projeto implementa um sistema de registro de presença automatizado baseado em reconhecimento facial, com o objetivo de modernizar o controle de frequência dos alunos em sala de aula. O sistema é composto por um frontend desenvolvido em React, integrado a um backend em Python utilizando o micro-framework Flask, que se comunica via HTTP com um banco de dados MongoDB. O principal propósito é capturar imagens em tempo real através da webcam, processá-las para detectar rostos e reconhecer a identidade dos alunos presentes na aula. A figura 10 apresenta a estrutura básica do backend, as rotas que são configuradas para gerenciar as capturas de imagem e processá-las.

Figura 10 – Rotas do backend



```

static: /static/ [HEAD, GET, OPTIONS]
captura: /captura [POST, OPTIONS]
listar_capturas: /capturas [HEAD, GET, OPTIONS]
reconhecimento: /reconhecimento [POST, OPTIONS]
get_pessoa: /pessoa/ [HEAD, GET, OPTIONS]
list_routes: /routes [HEAD, GET, OPTIONS]

```

Fonte: Autoria própria(2024)

A prova de conceito faz uso da técnica Histogram of Oriented Gradients (HOG) para a detecção facial, uma escolha fundamentada na revisão teórica, que indicou essa técnica como a mais eficiente em termos de precisão e desempenho para o contexto da

aplicação. O HOG é responsável por localizar os rostos nas imagens capturadas, enquanto a geração dos encodings faciais (vetores de 128 dimensões que representam as características únicas de cada rosto) é realizada por uma rede neural profunda, disponibilizada pela biblioteca `face_recognition`. Esses encodings são então comparados com os armazenados no MongoDB. Quando uma correspondência é encontrada, a presença do aluno é automaticamente registrada.

Na Figura 12, é exibido o trecho de código que utiliza a biblioteca `face_recognition` para detectar os rostos e gerar os encodings faciais. A função `gerar_encoding()` é responsável por realizar a detecção de rostos e a geração dos encodings faciais no sistema. Ela decodifica a imagem recebida em formato `base64`, carrega essa imagem utilizando a função `face_recognition.load_image_file()`, e, em seguida, aplica o método `face_recognition.face_encodings()` para detectar rostos e gerar encodings. O método de detecção de rostos utilizado por padrão é o Histogram of Oriented Gradients (HOG), que localiza os rostos na imagem. Uma vez que o rosto é detectado, o sistema gera um vetor de 128 dimensões, conhecido como encoding facial, representando as características únicas do rosto. A função retorna o encoding do primeiro rosto detectado, ou `None` caso nenhum rosto seja encontrado. Essa etapa é crucial para permitir a comparação dos encodings com aqueles armazenados no banco de dados, possibilitando o reconhecimento facial no sistema.

Figura 11 – Processamento de uma imagem e geração de encodings no backend.

```
28
29 def gerar_encoding(image_base64):
30     try:
31         if "base64," in image_base64:
32             image_base64 = image_base64.split("base64,")[1]
33
34             image_data = base64.b64decode(image_base64)
35             face_image = face_recognition.load_image_file(BytesIO(image_data))
36             face_encodings = face_recognition.face_encodings(face_image)
37
38             return face_encodings[0] if face_encodings else None
39     except Exception as e:
40         logging.error(f"Erro ao gerar encoding: {e}")
41     return None
42
```

Fonte: Autoria própria(2024)

O backend gerencia as imagens capturadas, realiza o processamento dos encodings e interage com o banco de dados MongoDB, que armazena os dados dos alunos e suas respectivas capturas. O sistema utiliza a biblioteca `face_recognition`, que, aliada ao HOG, processa as imagens para gerar encodings robustos. Caso uma correspondência seja detectada, a presença do aluno é registrada. Se o aluno ainda não estiver cadastrado, um novo encoding é gerado e armazenado, criando um registro para futuras comparações. A Figura 12 mostra o código que processa uma imagem capturada e gera o encoding a partir dela, preparando-o para comparação com os dados armazenados no banco de dados.

Figura 12 – código que gerar os encodings faciais usando HOG

```
71 @app.route('/captura', methods=['POST'])
72 def captura():
73     try:
74         data = request.json
75         image_base64 = data.get('image')
76         professor = data.get('professor')
77         turma = data.get('turma')
78         tituloAula = data.get('aula')
79
80         # Buscar ou criar aula
81         aula = aula_collection.find_one({'titulo': tituloAula})
82         if not aula:
83             aula = {
84                 'titulo': tituloAula,
85                 'turma': turma,
86                 'professor': professor,
87                 'capturas': []
88             }
89             aula_id = aula_collection.insert_one(aula).inserted_id
90         else:
91             aula_id = aula['_id']
92
93
94
95         # Identificar pessoa na imagem
96         #pessoa_id = reconhecer_pessoa(image_base64)
97
98         # Gerar encoding e identificar pessoa
99         encoding = gerar_encoding(image_base64)
100         if encoding is None:
101             return jsonify({'error': 'Nenhum rosto detectado na imagem.'}), 400
102
103         pessoa_id = reconhecer_pessoa_encoding(encoding)
104
105
106         # Criar objeto de captura com referência para a aula
107         captura = {
108             'foto': image_base64,
109             'datahora': datetime.now(),
110             'tags': [],
111             'aula_id': aula_id # Referência para a aula
112         }
113
```

Fonte: Autoria própria(2024)

A aplicação Flask gerencia quatro coleções principais no MongoDB: Captacoes,

EncodingPessoas, Pessoas, e Aulas. Quando um rosto é detectado, o sistema compara o encoding da imagem com os encodings existentes. Caso o aluno seja identificado, sua presença é registrada. Caso contrário, o sistema armazena um novo encoding e cria um registro de aluno.

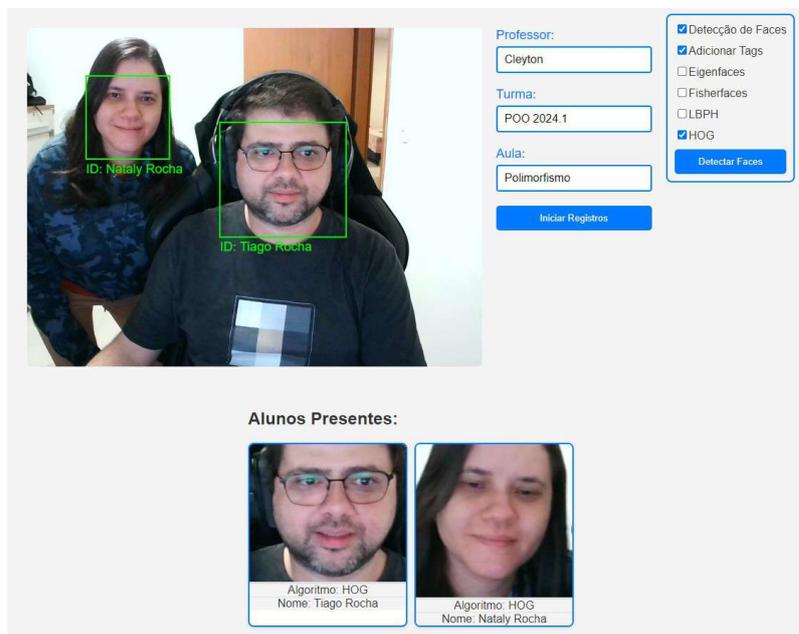
O frontend, desenvolvido em React, captura vídeo em tempo real utilizando a biblioteca react-webcam e realiza a detecção de rostos com face-api.js. As imagens capturadas são periodicamente enviadas ao backend para processamento. A interface exibe os rostos detectados com retângulos ao redor das faces, permitindo ao usuário acompanhar o processo em tempo real. Quando um aluno é identificado, o nome correspondente é exibido na tela, e sua presença é registrada no sistema. A Figura 13 mostra o reconhecimento facial em tempo real, sem o registro de presença ativado, enquanto a Figura 14 apresenta o sistema com o registro de presença ativado. O sistema também permite consultar as capturas realizadas por meio de uma API que retorna uma lista de todas as imagens capturadas, juntamente com seus metadados, permitindo a visualização dos registros de presença.

Figura 13 – Reconhecimento em tempo real, sem registro de presença



Fonte: Autoria própria(2024)

Figura 14 – Reconhecimento em tempo real, com registro de presença ativado



Fonte: Autoria própria(2024)

Os principais recursos do sistema incluem:

- **Captura de vídeo em tempo real:** O sistema utiliza a webcam para capturar vídeos ao vivo e detectar rostos em tempo real.
- **Registro automático de presença:** O sistema registra a presença automaticamente quando um aluno é identificado, eliminando a necessidade de controle manual.
- **Feedback visual:** A interface exibe retângulos ao redor dos rostos detectados e mostra o nome dos alunos identificados.
- **Gerenciamento de Aulas:** O usuário pode configurar informações da aula, como professor, turma e título da aula, diretamente na interface.

A prova de conceito demonstra a aplicabilidade e a eficiência do uso de reconhecimento facial em ambientes educacionais, mais especificamente no controle de presença. A escolha pela técnica HOG, aliada à integração entre frontend e backend, resulta em uma solução robusta e escalável, apta a modernizar o controle de presença no IFPB Campus Monteiro.

## 5 CONCLUSÃO

Embora o protótipo desenvolvido demonstre a viabilidade do uso do reconhecimento facial para o registro de presença escolar, é importante destacar algumas limitações do trabalho, que podem orientar pesquisas futuras:

- **Distinção entre Gêmeos:** O sistema atual pode enfrentar dificuldades para diferenciar gêmeos ou indivíduos com características faciais muito semelhantes, o que pode comprometer a precisão do registro em turmas com tais ocorrências.
- **Alterações Fisionômicas:** Em contextos como o ensino médio, onde os alunos sofrem mudanças significativas em sua aparência ao longo dos anos, o desempenho do sistema pode ser impactado, exigindo ajustes ou treinamentos periódicos para manter a eficácia do reconhecimento.
- **Outras Limitações:** Foram identificadas questões relacionadas à variação das condições de iluminação, ângulos de captura e outros fatores ambientais, que devem ser considerados para futuras otimizações do protótipo.

Essas limitações apontam para a necessidade de pesquisas contínuas que possam aprimorar a robustez dos algoritmos de reconhecimento facial, sobretudo em contextos dinâmicos e com diversidade de perfis.

### 5.1 Revisão dos Objetivos e Hipóteses

A pesquisa abordou as diversas nuances envolvidas no processo de reconhecimento, desde aspectos técnicos até questões éticas e de privacidade. Com base nesse entendimento aprofundado, propusemos um modelo inovador e desenvolvemos um protótipo funcional. Este protótipo foi uma peça fundamental para testar a viabilidade e eficácia do modelo proposto, demonstrando a aplicabilidade prática do nosso estudo e confirmando as hipóteses iniciais. A revisão destes objetivos e hipóteses no contexto dos resultados obtidos permite-nos avaliar a contribuição do projeto para o avanço tecnológico e científico na área de reconhecimento facial.

### 5.2 Trabalhos Futuros

Em trabalhos futuros pretendemos refinar ainda mais o processo de reconhecimento facial, focando especialmente na otimização do tempo de processamento. Este aprimoramento é crucial para melhorar a eficiência e a usabilidade do sistema em ambientes reais.

Além disso, pretendemos explorar soluções inovadoras para as diversas problemáticas inerentes ao reconhecimento facial, incluindo questões de privacidade, precisão em diferentes condições de iluminação e ambientes, e a identificação eficaz em uma base de dados diversificada. Essas melhorias visam não apenas aprimorar a tecnologia atual, mas também contribuir para o campo de estudo do reconhecimento facial, trazendo novas perspectivas e abordagens para superar os desafios existentes.

## REFERÊNCIAS

- ABUZAR, M.; AHMAD, A. B.; AHMAD, A. A. B. A Survey on Student Attendance System Using Face Recognition. In: 2020 8th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO). 2020. P. 1252–1257. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9197815>. Acesso em: 07 fev. 2023.
- AHONEN, T.; HADID, A.; PIETIKÄINEN, M. Face Description with Local Binary Patterns: Application to Face Recognition. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 28, n. 12, p. 2037–2041, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/tpami.2006.244>. Acesso em: 02 jul. 2024.
- ALI, W. et al. Classical and modern face recognition approaches: a complete review. **Multimedia Tools and Applications**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09850-1>. Acesso em: 02 jul. 2024.
- AUDIBERT, João Pedro Basso. **Controle de acesso a eventos utilizando reconhecimento facial**. 2023. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/7c32fd89-0a76-4ba0-ab9b-55f3fb118015/content>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- BEZERRA, J. L. et al. Desenvolvimento de um protótipo para controle de acesso integrando tecnologia RFID e reconhecimento facial. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE AUTOMÁTICA (SBA), 1. ANAIS do XXII Congresso Brasileiro de Automática (CBA). 2020. v. 1. Disponível em: [https://www.sba.org.br/open\\_journal\\_systems/index.php/sba/article/view/477](https://www.sba.org.br/open_journal_systems/index.php/sba/article/view/477). Acesso em: 02 jul. 2024.
- BLEDSON, Woodrow Wilson. **Method for facial recognition**. Palo Alto, Califórnia, 1964.
- CARDOSO, Marcelo de Castro; AMORIM, Thais Tavares de. **Comparação de Técnicas de Reconhecimento Facial no Controle de Frequência Acadêmica**. 2018. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/1100>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- CHAUDHRY, A.; ELGAZZAR, H. Design and Implementation of a Hybrid Face Recognition Technique. In: 2019 IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC). 2019. P. 0384–0391. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8666587>. Acesso em: 02 jul. 2024.

- COSTA, V. J. da. **Reconhecimento de padrões faciais: uma síntese**. 2019. F. 97. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11953>. Acesso em: 12 fev. 2022.
- DADI, Harihara Santosh; PILLUTLA, Gopala Krishna Mohan. Improved Face Recognition Rate Using HOG Features and SVM Classifier. **IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)**, v. 11, n. 4, p. 34–44, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.9790/2834-1104013444>. Acesso em: 12 ago. 2023. DOI: [10.9790/2834-1104013444](https://doi.org/10.9790/2834-1104013444). Acesso em: 12 ago. 2023.
- DI MARTINO, J. M. et al. Differential 3D Facial Recognition: Adding 3D to Your State-of-the-Art 2D Method. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 42, n. 7, p. 1582–1593, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/tpami.2020.2986951>. Acesso em: 03 jul. 2023.
- ELIAS, S. J. et al. Face recognition attendance system using local binary pattern (LBP). **Bulletin of Electrical Engineering and Informatics**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.11591/eei.v8i1.1439>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- FERREIRA, F. R. T.; PAGLIARI, C. L. Detecção e reconhecimento de faces distorcidas por artefatos de compressão. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, v. 35, n. 2, p. 31–37, 2018. Disponível em: <http://ebrevistas.eb.mil.br/CT/article/view/1957>. Acesso em: 12 jul. 2023.
- GARVIE, Clare; BEDOYA, Alvaro; FRANKLE, Jonathan. **The Perpetual Line-Up: Unregulated Police Face Recognition in America**. 2016. Disponível em: <https://www.perpetuallineup.org/>. Acesso em: 23 jul. 2022.
- JAIN, Anil K.; LI, Stan Z. **Handbook of Face Recognition**. Springer, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-0-85729-932-1>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- KAUR, Prabhjot et al. Facial-recognition algorithms: A literature review. **Medicine, Science and the Law**, SAGE Publications Ltd, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0025802419893168>. Acesso em: 23 jul. 2021.
- LIMA, Kelvin William Moreira. **Proposta de arquitetura para um sistema de controle de atividades utilizando reconhecimento facial por dispositivos móveis**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade de Brasília. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/29878>. Acesso em: 22 jun. 2023.

LÓPEZ-CLERIES, Gloria; PORRAS SORIANO, Álvaro. EL TAG COMO CELDA DE VIGILANCIA: Una visión crítica de los metadatos y sistemas de reconocimiento facial a través de las prácticas artísticas. **Año**, v. 2018, n. 2, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4995/aniav.2018.9123>. Acesso em: 12 fev. 2021.

OJALA, T.; PIETIKÄINEN, M.; MÄENPÄÄ, T. Multiresolution Gray-Scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 24, n. 7, p. 971–987, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2002.1017623>. Acesso em: 02 jul. 2024.

RESENDE, C. A. de P.; PEREIRA, M. H. R. Visão computacional aplicada em reconhecimento facial na busca por pessoas desaparecidas. **Revista E-xacta**, Editora UniBH, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 95–107, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v8i2.1661>. Acesso em: 12 fev. 2022.

RIBEIRO, Luiz Guilherme T. **Sistema de presença por reconhecimento facial**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/16302>. Acesso em: 22 jun. 2023.

SALES, Eduardo Arce de. **Desenvolvimento de um software para automatizar o sistema de frequência de alunos por meio de reconhecimento facial**. 2022. Disponível em: <http://repositorioinstitucional.uea.edu.br//handle/riuea/4525>. Acesso em: 22 jun. 2023.

SIROVICH, L.; KIRBY, M. Low-dimensional procedure for the characterization of human faces. **Journal of the Optical Society of America A**, v. 4, n. 3, p. 519–524, 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.1364/JOSAA.4.000519>. Acesso em: 12 fev. 2022.

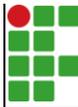
TURK, Matthew; PENTLAND, Alex. Eigenfaces for Recognition. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 3, n. 1, p. 71–86, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1162/jocn.1991.3.1.71>. Acesso em: 12 fev. 2022.

ZHANG, Jun; YAN, Yong; LADES, Martin. Face Recognition: Eigenface, Elastic Matching, and Neural Nets. **Proceedings of the IEEE**, v. 85, n. 9, p. 1423–1435, 1997. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee.org.ez291.periodicos.capes.gov.br/abstract/document/628712>. Acesso em: 12 ago. 2023. Acesso em: 12 ago. 2023.

ZHANG, W. et al. Improving Shadow Suppression for Illumination Robust Face Recognition. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**,

v. 41, n. 3, p. 611–624, mar. 2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.1109/TPAMI.2018.2803179>. Acesso em: 12 fev. 2022.

	<b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA</b>
	Campus Monteiro - Código INEP: 25284940
	Pb-264, S/N, Serrote, CEP 58500-000, Monteiro (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0008-41 - Telefone: (83) 3351-3700

## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### TCC

<b>Assunto:</b>	TCC
<b>Assinado por:</b>	Tiago Rocha
<b>Tipo do Documento:</b>	Anexo
<b>Situação:</b>	Finalizado
<b>Nível de Acesso:</b>	Ostensivo (Público)
<b>Tipo do Conferência:</b>	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Tiago Ferreira da Rocha, ALUNO (202025020003) DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS - MONTEIRO**, em 07/04/2025 18:24:19.

Este documento foi armazenado no SUAP em 07/04/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1450918  
Código de Autenticação: 0f0a45947b

