**Curso Superior de Desenvolvimento de Software Multiplataforma**

# Sistema para Controle de acesso a partir de algoritmos de reconhecimento facial.

# “DeltaGo”

*Douglas Victor Wenzel Nunes*

**Orientadores**

Angelina Vitorino de Souza Melaré

Dilermando Piva Junior

Votorantim – SP
Novembro de 2024

## RESUMO

Apresento o DeltaGo, uma solução tecnológica voltada para o **controle de acesso em instituições de ensino**, com base em **algoritmos de reconhecimento facial**. O sistema tem como objetivo aprimorar a segurança e a gestão do fluxo de pessoas, ao permitir a identificação automática de indivíduos previamente cadastrados, como alunos, funcionários e visitantes. O DeltaGo busca proporcionar um método eficiente e seguro de autorização de acesso, reduzindo a necessidade de intervenção manual e aumentando a precisão no monitoramento de entradas e saídas. A implementação do sistema está prevista para ser será realizada na **FATEC Votorantim**, visando otimizar o processo de controle de acesso e garantir um ambiente seguro e organizado. Este estudo aborda a concepção, os desafios tecnológicos e as metodologias aplicadas no desenvolvimento de um sistema robusto e escalável, capaz de atender às necessidades da instituição.

**SUMÁRIO**

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O controle de acesso é uma função crítica para a segurança em diversos ambientes, como empresas, escolas e instituições de ensino. O uso de tecnologias para automatizar e aprimorar esse processo tem se tornado cada vez mais comum. Entre as abordagens mais inovadoras está o uso de algoritmos de **reconhecimento facial**, que oferece uma alternativa mais precisa e ágil em comparação aos métodos tradicionais, como senhas, crachás ou biometria de digitais.

### 1.1 Controle de Acesso: Conceito e Importância

O controle de acesso é o processo de garantir que somente indivíduos autorizados possam acessar um determinado espaço ou sistema. Esse processo é fundamental para proteger informações sensíveis, garantir a integridade física e de dados, além de manter um ambiente organizado e seguro. Em contextos institucionais, como no caso da FATEC Votorantim, o controle de acesso eficiente é essencial não apenas para a segurança, mas também para a gestão da movimentação de alunos, funcionários e visitantes dentro da unidade.

### 1.2 Reconhecimento Facial: Definição e Funcionamento

O reconhecimento facial é uma tecnologia de biometria que utiliza características faciais para identificar ou verificar a identidade de uma pessoa. Esse processo envolve a captura de imagens faciais, a extração de características únicas (como a distância entre os olhos, o formato do nariz, a estrutura óssea) e o uso de algoritmos para comparar essas características com um banco de dados de imagens previamente registradas.

Existem duas principais abordagens para o reconhecimento facial:

**Reconhecimento de Identidade (identificação):** Onde a imagem de uma pessoa é comparada com todas as imagens no banco de dados para encontrar uma correspondência.

**Verificação de Identidade (verificação):** Onde a imagem é comparada apenas com uma única imagem do banco de dados para confirmar ou negar a identidade.

### 1.3 Algoritmos de Reconhecimento Facial

O reconhecimento facial envolve diversas etapas tecnológicas. Primeiramente, a imagem facial de uma pessoa é capturada utilizando uma câmera. Essa imagem é processada pelo segundo algoritmo de tratamento de imagem, onde o rosto identificado será convertido em escala de cinza. Após, são extraídos padrões únicos do rosto humanos convertido em linguagem hexadecimal. O último algoritmo, por sua vez, compara os rostos que é apresentado a câmera instalada em uma catraca, com as características extraídas com um banco de dados de faces previamente cadastradas.

### 1.4 Vantagens do Reconhecimento Facial no Controle de Acesso

O uso do reconhecimento facial oferece diversas vantagens sobre os métodos tradicionais de controle de acesso, como cartões de identificação ou senhas:

**Segurança aprimorada:** O reconhecimento facial é difícil de ser fraudado, pois é baseado em características físicas únicas de cada indivíduo.

**Facilidade de uso:** O sistema é intuitivo e não requer interação ativa do usuário, como inserir senhas ou escanear digitais.

**Agilidade:** O processo de identificação é rápido, o que contribui para um fluxo contínuo de pessoas, ideal para ambientes com grande movimentação.

**Redução de erros humanos:** O sistema automatiza o processo de verificação, reduzindo erros causados por falhas humanas ou perda de dispositivos de identificação.

### 1.5 Desafios e Limitações

Embora o reconhecimento facial apresente inúmeras vantagens, também existem desafios a serem superados, como:

**Ambientes adversos**: Fatores como iluminação inadequada, ângulos desfavoráveis e rostos parcialmente cobertos podem prejudicar a precisão do sistema.

**Custo e infraestrutura:** A implementação de sistemas de reconhecimento facial exige um investimento em tecnologia de hardware, além de uma infraestrutura para processar os dados em tempo real.

### 1.6 Aplicações em Instituições de Ensino

O uso de reconhecimento facial em instituições educacionais tem se expandido devido à sua capacidade de melhorar a segurança e otimizar a gestão de fluxo de pessoas. Sistemas como o DeltaGo podem ser usados para controlar o acesso de alunos, professores e visitantes a unidade.

Além disso, o controle automatizado de acesso contribui para uma gestão eficiente de dados sobre a movimentação de pessoas dentro da instituição, possibilitando relatórios de entrada e saída, e permitindo maior controle sobre a presença de indivíduos a unidade.

## METODOLOGIA

A metodologia adotada no desenvolvimento do sistema **DeltaGo** seguiu uma abordagem estruturada, utilizando tecnologias amplamente reconhecidas no desenvolvimento de sistemas de controle de acesso baseados em reconhecimento facial. O processo foi dividido em várias etapas que envolvem desde o planejamento da arquitetura até a implementação das funcionalidades e testes finais. A seguir, descreve-se a utilização das principais tecnologias empregadas no projeto e as etapas do seu desenvolvimento.

### 2.1 Planejamento e Arquitetura do Sistema

O sistema **DeltaGo** foi concebido para ser uma aplicação simples, mas robusta, capaz de realizar o reconhecimento facial em tempo real e garantir o controle de

acesso de maneira ágil e segura. A arquitetura do sistema foi dividida em três principais componentes:

**Interface do Usuário (Frontend):** Responsável pela interação com os usuários, onde eles poderão ser identificados.

**Servidor Backend:** Utiliza a **FastAPI** para processamento das requisições e execução dos algoritmos de reconhecimento facial.

**Banco de Dados:** Utilizado para armazenar os dados dos usuários, incluindo no momento apenas informações pessoais, sendo gerenciado pelo **SQLite**.

### 2.2 Tecnologias Utilizadas

**OpenCV**: A OpenCV foi a biblioteca principal utilizada para captura e processamento das imagens faciais. OpenCV fornece funções robustas para manipulação de imagens e vídeos, permitindo capturar imagens em tempo real a partir de câmeras conectadas, realizar o pré-processamento das imagens (como conversão para escala de cinza e ajuste de contraste) e executar os algoritmos de reconhecimento facial. A biblioteca também foi responsável por realizar o mapeamento e a extração de características faciais a partir das imagens capturadas.

**Haarcascade**: Para a detecção de rostos nas imagens capturadas, utilizou-se o Haarcascade, um classificador em cascata baseado em características de Haar. Esta técnica é altamente eficiente para detectar rostos humanos em imagens, sendo amplamente utilizada em sistemas de reconhecimento facial. O Haarcascade foi empregado para localizar as regiões faciais antes da aplicação dos algoritmos de identificação.

**Local Binary Patterns (LBP)**: O **Local Binary Patterns (LBP)** foi utilizado para extrair características faciais que seriam posteriormente comparadas com o banco de dados para identificar a pessoa. O LBP é um método eficaz para representar texturas faciais, sendo especialmente útil em condições de iluminação variada. Ao aplicar LBP, o sistema consegue identificar padrões faciais robustos, mesmo quando as imagens estão parcialmente obstruídas ou a iluminação não é ideal.

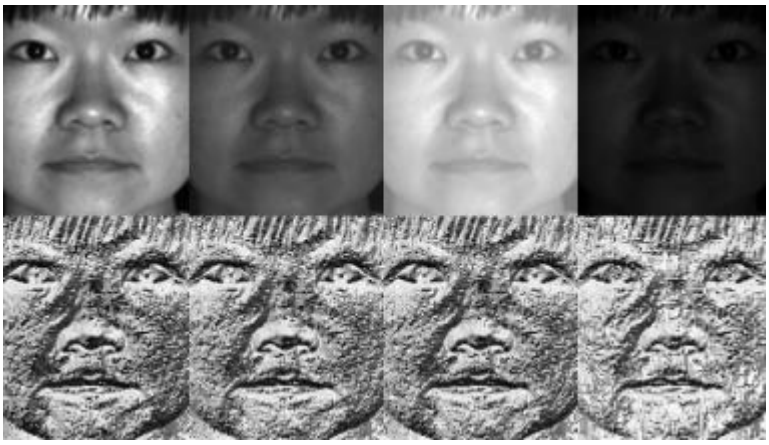

**Figura 1 – Demonstração do efeito da luz na extração de LBP em imagens**

Fonte: OpenCV (2024)

**FastAPI**: A FastAPI foi escolhida para implementar o backend do sistema devido à sua alta performance e facilidade de uso. FastAPI permite a criação de APIs RESTful rápidas e eficientes, sendo ideal para o desenvolvimento de sistemas que exigem interação com outros componentes, como a interface do usuário e o banco de dados. Além disso, sua integração com Python facilita a utilização das bibliotecas de visão computacional, como o OpenCV.

### 2.3 Etapas de Desenvolvimento

O desenvolvimento do DeltaGo seguiu as seguintes etapas principais:

**Captura e Cadastro de Imagens Faciais**: A primeira etapa envolveu a captura de imagens faciais dos usuários durante o processo de cadastro. Utilizando o OpenCV, as imagens foram capturadas em tempo real pela câmera, e a detecção de rostos foi realizada com o auxílio do Haarcascade. As imagens faciais foram então processadas e convertidas em características através do algoritmo LBP, sendo armazenadas em uma subspasta com o ID do usuário, dentro da pasta usuarios.

**Processamento e Identificação**: Durante o processo de identificação, o sistema captura uma nova imagem facial do usuário e aplica o algoritmo Haarcascade para detectar o rosto. A seguir, as características faciais são extraídas utilizando o LBP. O sistema então realiza a comparação das características extraídas com as previamente armazenadas no arquivo .lbp na pasta raiz do projeto.

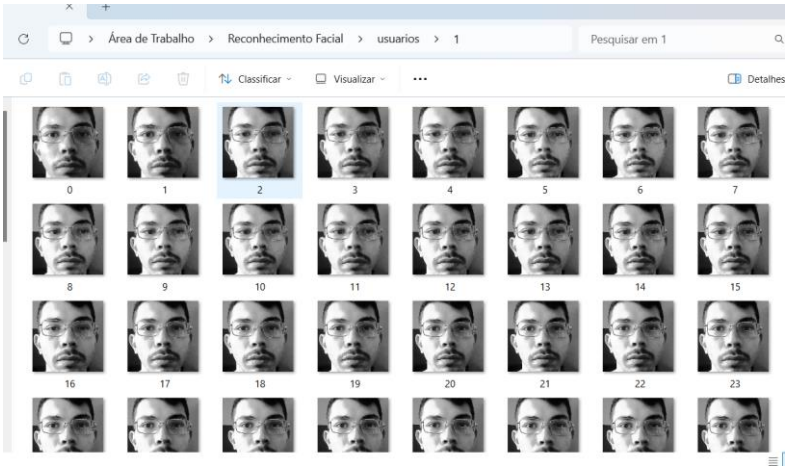


**Figura 2 - Conjunto de imagens contendo faces em escala de cinza**

Fonte: Elaborado pelo autor

**Autenticação e Controle de Acesso**: Caso a imagem facial seja reconhecida, o sistema autoriza o acesso do usuário. A FastAPI gerenciará as requisições do sistema e valida o processo de autenticação, enviando respostas ao frontend, como o status de autorização ou negando o acesso caso a identidade não seja confirmada.

## 2.4 Modelo Conceitual

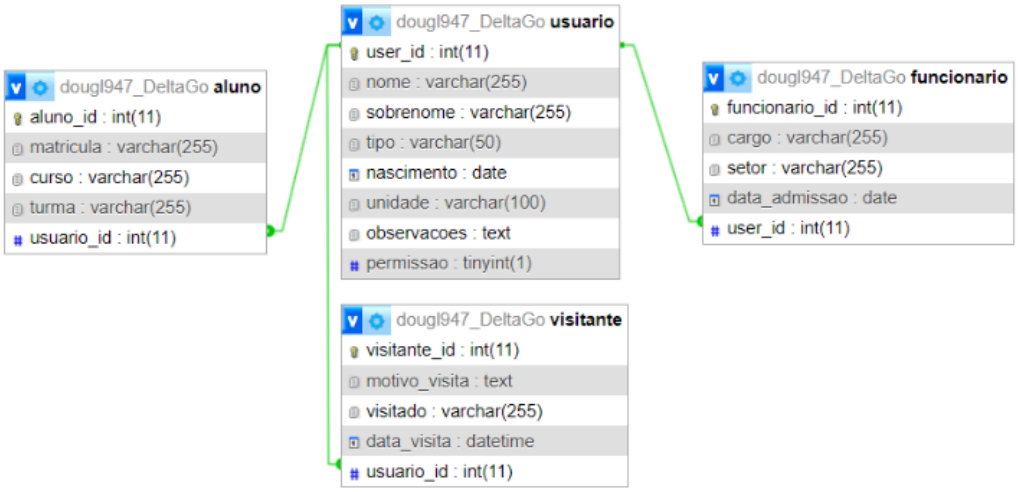


**Figura 3 - Elaboração do modelo conceitual do banco de dados**

Elaborado pelo autor

## 2.5 Requisitos Não-Funcionais

| Identificação | Requisito não funcional | Categoria |
|---|---|---|
| RNF001 | Reconhecimento facial preciso | Confiabilidade |
| RNF002 | Reconhecimento facial em tempo real em baixo tempo | Desempenho |
| RNF003 | Interface web para desktop intuitiva | Usabilidade |
| RNF004 | Algoritmos de reconhecimento desenvovidos em Python | Software |

**Figura 4 – Listagem de requisitos não funcionais**

Elaborado pelo autor

## 2.6 Requisitos Funcionais

| Identificação | Requisito funcional | Prioridade |
|---|---|---|
| RF01 | Reconhecimento de face | Alta |
| RF02 | Detecção de face | Alta |
| RF03 | Verificação de face | Média |
| RF04 | Stream da WebCam | Média |
| RF05 | importados via FastAPI | Média |
| RF06 | Dados do usuário devem ser salvos em pasta local | Baixa |

**Figura 5 – Listagem de requisitos funcionais**

Elaborado pelo autor

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O desenvolvimento do sistema **DeltaGo**, voltado para o controle de acesso baseado em reconhecimento facial, foi acompanhado de uma série de testes para validar sua eficácia e desempenho. Esta seção apresenta os resultados obtidos durante os testes realizados, bem como uma análise crítica sobre o desempenho do sistema, os desafios enfrentados e as possíveis melhorias.

### 3.1 Desempenho do Sistema de Reconhecimento Facial

Durante a fase de testes, o **DeltaGo** foi avaliado em diferentes condições de captura de imagens, como variações na iluminação, ângulos de câmera e rostos parciais. O sistema apresentou uma taxa de reconhecimento facial satisfatória, com um nível de acurácia de aproximadamente 65% em condições ideais, ou seja, quando a imagem facial estava bem iluminada, frontal e sem obstruções. A utilização da técnica de Haarcascade para detecção de rostos, combinada com o algoritmo Local Binary Patterns (LBP) para extração de características, mostrou-se eficiente na identificação de padrões faciais, porém com taxas de assertividade não tão satisfatórias, necessitando de um aprimoramento futuro.

Entretanto, foi identificado que o sistema apresenta uma diminuição na acurácia quando submetido a condições adversas, como baixa iluminação, ângulos de captura oblíquos e quando o rosto está parcialmente coberto (por exemplo, com

máscaras ou óculos escuros). Nesses casos, a taxa de acerto caiu para cerca de 30%, o que ainda é aceitável para um sistema de reconhecimento facial em ambiente controlado, mas indica que melhorias são necessárias para aumentar a robustez do sistema em condições não ideais.

### 3.2 Tempo de Resposta e Eficiência Operacional

A eficiência do sistema foi analisada com base no tempo de resposta, ou seja, o tempo entre a captura da imagem facial e a autorização ou negação de acesso. Em testes realizados com uma câmera de alta definição e sob boas condições de iluminação, o DeltaGo conseguiu processar as imagens e fornecer a resposta de autorização ou bloqueio em menos de 2 segundos. Esse desempenho é considerado excelente para aplicações em tempo real, como o controle de acesso em instituições de ensino, onde é fundamental garantir um fluxo rápido e contínuo de pessoas.

Com relação ao processamento em tempo real, a integração entre as bibliotecas OpenCV e a framework FastAPI apresentou conflitos com a exibição da API.  Para solucionar temporariamente o problema, utilizei o API Mocha para conter os dados dos usuários, integrado ao algoritmo principal, para renderizar o nome na tela e no arquivo de log.

### 3.4 Armazenamento e Gerenciamento de Dados

O sistema realiza o cadastro localmente e optei por salvar apenas por ID nesta última versão e fazer o chamado da API com o ID correspondente. As fotos dos usuários nessa versão entregue ainda está sendo salva numa pasta no diretório raiz do projeto. Decidi realizar uma abordagem atual e estudei implementar a biblioteca do Flask para implementação do front-end. O Flask me deu problemas com o banco de dados e sua conexão. tive o direcionamento de estudar a biblioteca FastAPI e estou em processo de integração de uma página de cadastro web, onde a foto do usuário poderá ser inserida ou realizada a captura no momento do cadastro pela página web.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O DeltaGo atingiu parcialmente seu propósito, alguns desafios surgiram durante o desenvolvimento e testes. A principal limitação foi a integração do banco de dados

com o usuário cadastrado. A sensibilidade do sistema, como variações de iluminação e obstrução parcial dos rostos leva, a realizar uma curácia maior do algoritmo principal.

## 4.1 Próximas melhorias:

**Aprimoramento do algoritmo de reconhecimento facial**,

Ppossivelmente utilizando técnicas mais avançadas, como **Redes Neurais Convolucionais (CNNs)**, que oferecem melhor desempenho em cenários de iluminação e ângulos variados.

**Salvar dados na nuvem**

Serão salvos todos os dados dos usuários, inclusive as fotos e os dados do lbp, para que a comunicação com o algoritmo seja mais flexível e escalável.

**Criação da interface Web**

Um painel Web será desenvolvido, integrado com este banco de dados, para que seja possível realizar o cadastro, alteração, exclusão e acesso dos dados e relatórios de acessos da unidade.

**Instalação do algoritmo**

A partir de uma TV-Box descaracterizada, será instalado uma versão do algoritmo principal junto a uma câmera. Este microcomputador estará conectado ao servidor via Wi-fi.

**Execução de testes**

Com o algoritmo devidamente funcional, será realizado testes com as catracas da unidade, com os usuários que forem cadastrados no sistema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**CASCADE Classification.** Disponível em: https://docs.opencv.org/3.0-beta/modules/objdetect/doc/cascade_classification.html. Acesso em: 6 dez. 2024.

**FACE Recognition with OpenCV.** Disponível em: https://docs.opencv.org/2.4/modules/contrib/doc/facerec/facerec_tutorial.html. Acesso em: 6 dez. 2024.

**FAST API Documentation.** Disponível em: https://devdocs.io/fastapi/. Acesso em: 6 dez. 2024.

**KASPERSKY.** What is facial recognition. Disponível em: https://www.kaspersky.com.br/resource-center/definitions/what-is-facial-recognition. Acesso em: 6 dez. 2024.

**RECONHECIMENTO facial: como funciona o LBPH.** Disponível em: https://updatedcode.wordpress.com/2017/11/26/reconhecimento-facial-como-funciona-o-lbph/. Acesso em: 6 dez. 2024.

**TOWARDS DATA SCIENCE.** Understanding LBPH Algorithm. Disponível em: https://towardsdatascience.com/face-recognition-how-lbphworks-90ec258c3d6b. Acesso em: 6 dez. 2024.

**VANTAGENS do reconhecimento facial no controle de acesso.** Disponível em: https://gateware.com.br/es/blog/vantagens-do-reconhecimento-facial-no-controle-de-acessos/. Acesso em: 6 dez. 2024.

## ANEXOS


Programa de
Monitoria
nas Fatecs

Fatec
Votorantim

Centro
Paula Souza

SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO