

CONTROLE DE PRESENÇA EM SALA DE AULA POR RECONHECIMENTO FACIAL

Vinicius Leal do Nascimento ¹, Dilermando Piva Junior ^{1,2}

Resumo: O controle por biometria está cada vez mais presente em nossas vidas. O Reconhecimento Facial, um tipo de controle biométrico, é cada vez mais utilizado e seus algoritmos e técnicas são aperfeiçoados e utilizados em diversas aplicações e áreas. Uma dessas aplicações é o controle de presença em sala de aula. Este projeto de iniciação científica teve como foco o estudo e a implementação de algoritmos de reconhecimento facial no desenvolvimento de uma aplicação que controlasse automaticamente a presença dos estudantes em sala de aula, por meio da utilização dos próprios smartphones dos estudantes. A aplicação foi desenvolvida, implantada e testada junto aos estudantes do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas da Faculdade de Tecnologia de Itu. Os resultados foram satisfatórios e o sistema está disponível para utilização das instituições de ensino.

Palavras-Chave: Biometria; Reconhecimento Facial; Registro de Presença em Sala de Aula.

Abstract: (*Control of Attendance in Classroom by Facial Recognition*) Biometric control is increasingly present in our lives. Facial Recognition, a type of biometric control, is increasingly used and its algorithms and techniques are improved and used in various applications and areas. One such application is classroom attendance control. This scientific initiation project focused on the study and implementation of facial recognition algorithms in the development of an application that automatically controls the presence of students in the classroom, through the use of students' own smartphones. The application was developed, implemented and tested with students of the Systems Analysis and Development course at Faculdade de Tecnologia de Itu. The results were satisfactory and the system is available for use by educational institutions.

Keywords: *Biometry; Classroom Presence Registration; Facial recognition.*

1. INTRODUÇÃO

Reconhecimento de faces tem se tornado uma área de pesquisa bastante ativa nos últimos anos, devido à vasta gama de aplicações relacionadas à vigilância, interação humano-computador e biometria. As duas tarefas principais relacionadas ao reconhecimento de faces são a verificação e a identificação. Enquanto na primeira o objetivo está em aceitar ou rejeitar um par de amostras como pertencentes a uma mesma pessoa, a tarefa de identificação objetiva o casamento de uma face desconhecida a uma galeria contendo pessoas previamente identificadas. (PHILLIPS et al, 2000)

Pesquisas anteriores mostram que reconhecimento de faces sob condições controladas de aquisição está relativamente maduro e provê taxas de reconhecimento altas mesmo em casos em que

¹ Faculdade de Tecnologia de Itu (Fatec-Itu). Av. Tiradentes, 1211, Itu, SP.

² Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (Fatec-So). Av. Eng. Carlos Reinaldo Mendes, 2015, Sorocaba, SP.

a galeria é composta por um grande número de pessoas distintas. (ZHAO et al, 2003; TOLBA et al, 2006).

No entanto, quando as condições de aquisição não são controladas como, por exemplo, presença de ruído devido à qualidade do equipamento de aquisição, variações na pose, alterações bruscas nas condições de iluminação e mudanças na expressão facial, as taxas de reconhecimento são reduzidas drasticamente o que leva à necessidade de serem utilizados métodos mais robustos para o reconhecimento de faces.

Uma maneira de aumentar a robustez de métodos de reconhecimento está na utilização simultânea de múltiplos descritores de características (SCHAWARTZ et al, 2009; TAN e TRIGGS, 2007; WU e NEVATIA, 2008). De modo a reduzir os problemas associados à aquisição de dados em condições não controladas, a combinação de descritores também foi considerada no trabalho de Schwartz et al. (2010), com a combinação de descritores de características baseados em *histogram of oriented gradients* (HOG) (DALAL e TRIGGS, 2005), *local binary patterns* (LBP) (AHONEN et al, 2004). Mais recentemente, uma série de trabalhos focando a utilização de redes neurais e redes neurais profundas (Deep Learning) vem consolidando as pesquisas nessa área (SOARES, 2018). Múltiplos modelos, ferramentas e serviços, baseados em Redes Neurais e Redes Neurais Profundas, podem ser encontrados facilmente online e utilizados gratuitamente, tais como: FaceNet (SCHROFF et al, 2015), DeepFace(<https://github.com/serengil/deepface>), OpenFace (<https://cmusatyalab.github.io/openface/>), DeepID (SUN et al, 2014).

Com base nesse cenário, este artigo descreve o desenvolvimento de projeto no qual ocorreu o desenvolvimento, implementação e testes de uma aplicação computacional que realiza a identificação facial de estudantes em uma sala de aula de maneira automática, utilizando os próprios celulares dos estudantes, com a possibilidade futura de ligação com outros sistemas institucionais, como por exemplo o SIGA (Sistema Integrado de Gestão Acadêmica) utilizado pela Instituição onde o projeto se desenvolveu.

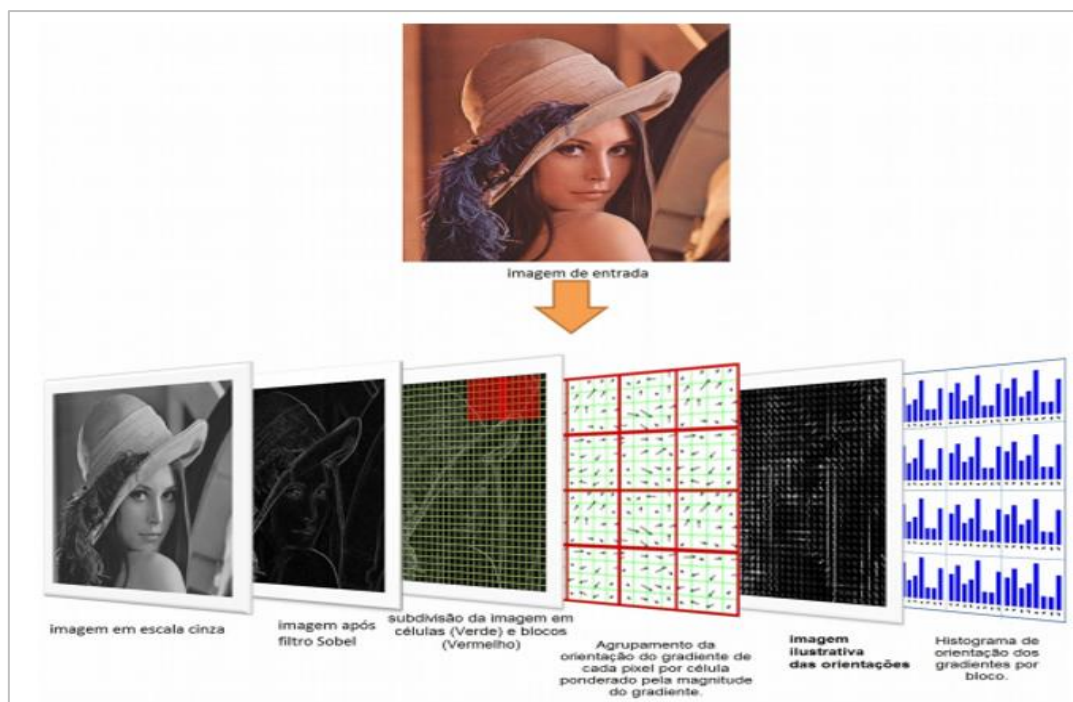
2. O RECONHECIMENTO FACIAL

O reconhecimento facial consiste de 3 fases: a primeira é a detecção da face, a segunda trata da extração das características principais que diferem uma face da outra e a terceira trata do reconhecimento da face. A seguir, essas fases são detalhadas.

2.1. Detecção facial

Detecção facial consiste em identificar e isolar a área referente à face em uma imagem digital e pode ser realizada com base em vários atributos: formato do rosto ou cabeça, aparência da face, ou a combinação destes. Existem diversas técnicas para se identificar a face e uma das mais eficientes para essa detecção é o HOG (*Histogram of Oriented Gradients*), que é, de forma resumida, um descritor de características. O algoritmo HOG, leva em consideração as informações principais como formas e textura, e é visto como um dos melhores descritores para identificar pessoas, pois se pensarmos pelo olho humano, quando vemos uma imagem com apenas silhuetas, se nessa imagem houver uma pessoa e um cachorro conseguimos distinguir pela forma da silhueta demonstrada na imagem qual deles é a pessoa e qual é o cachorro. É isso que o HOG busca trazer ao analisar uma imagem (GRANATYR, 2019), conforme representado na Figura 1.

Figura 1 Representação gráfica do processo de extração de características HOG



Fonte: IFESCIÊNCIA (2015)

2.2. Extração das Características

Nessa etapa o objetivo é localizar regiões da imagem que contenham características significativas, podendo essas ser distinguidas por suas texturas, formas, intensidade, entre outros (SCHMIDT, 2019).

2.3. Reconhecimento facial

A terceira e última etapa consiste em encontrar, em meio a um conjunto pré-definido de faces, aquela que mais se aproxima da face que está sendo identificada, por meio da análise e comparação das características extraídas na etapa anterior (SCHMIDT, 2019).

3. REVISÃO DA LITERATURA E TRABALHOS RELACIONADOS

Pesquisas na área de reconhecimento de faces têm progredido significativamente nos últimos anos, conforme reportado em algumas revisões bibliográficas, como aquelas escritas por Zhao et al. (2003) e Tolba et al. (2006).

Mais recentemente, foram analisados os trabalhos publicados em 2018 e 2019 e, destes, podemos destacar alguns trabalhos sobre o tema que estão resumidamente descritos a seguir.

Amorim (2018) desenvolveu um sistema para registro da presença de estudantes em sala de aula utilizando os métodos Eigenfaces, Fisherfaces e LBPH, com a implementação em Python. No estudo, a conclusão foi a de que o método LBPH é o mais robusto na identificação, com resultados mais precisos.

Akbar et al. (2018) apresentam um sistema automatizado de registro de frequência em sala de aula que valida a presença dos estudantes pelo reconhecimento facial e identificação por radiofrequência (RFID). A combinação de métodos reduziu a quantidade de fraudes e também a qualidade do registro fidedigno dos estudantes presentes. Foi utilizada a linguagem Python e a biblioteca OpenCV (método *haar-cascade*).

Negrão, Santos e Soares (2018), após discutir uma série de métodos e serviços de empresas disponíveis, utilizaram um serviço de reconhecimento facial da Amazon Web Service (AWS) conhecido como Rekognition. O resultado do estudo obteve uma taxa de 58% de reconhecimento facial completo.

Os autores Cao, Wang e Wang (2018) apresentam em seu trabalho um sistema de reconhecimento facial baseado no Baidu LBS (*Local Based Services*), no qual os alunos usam a função de reconhecimento facial do terminal móvel para concluir a presença na sala de aula de forma independente, e os dados do terminal móvel e o reconhecimento facial são comparados aos dados do servidor para gerar a presença. Utilizaram o Android Studio para desenvolvimento da aplicação móvel e a linguagem PHP e o framework Laravel para construir a aplicação no servidor.

Waghela et al. (2018) propuseram um sistema de registro de presença em sala de aula baseado em um aplicativo para telefone celular que capturava a foto dos estudantes, detectava o rosto na imagem e constatava aparências distintas (utilizando Histograma LBP) e com essas informações consultava uma base de dados para identificá-lo e em seguida ocorria o registro da presença. O resultado do trabalho foi positivo segundo os autores.

Schneider e Hoppe (2018), apresentaram em seu trabalho um protótipo conhecido como Yourface, desenvolvido para registro de presença em ambientes “indoor” sem obstáculos. Os autores utilizaram os métodos Eigenfaces, fisherfaces e LBPH. Utilizaram também a linguagem Python para fazer a implementação. A conclusão, após vários testes com vídeos diversos, foi que o método LBPH foi aquele que obteve os melhores resultados.

No trabalho de Sanli e Ilgen (2018) foi apresentado o sistema de presença com reconhecimento facial que identificou automaticamente a presença dos estudantes em sala de aula. Para tanto, os autores utilizaram uma câmera à frente da sala de aula que captava continuamente as imagens dos estudantes, identificando suas faces e comparando-as a uma base de dados, determinando assim a sua presença no local. O trabalho utilizou o método AdaBoost filtrado por Haar, com algoritmos PCA e LBPH. Os autores fizeram os experimentos com 10 estudantes em sala de aula, e obtiveram índices de 75% a 95% de acurácia e discutem algumas modificações para melhorar esses valores.

Mothwa, Tapamo e Mpati (2018) propuseram um modelo conceitual para um sistema inteligente de monitoramento de presença que usava o reconhecimento de rosto para monitorar a presença dos alunos durante as aulas. Foram apresentadas as arquiteturas do sistema *front-end* e de *back-end*, bem como uma estrutura de várias câmeras (em média foram utilizadas três frontais) com visão total, que visavam capturar e detectar efetivamente os rostos. Foram investigadas diferentes técnicas de extração de características - PCA, LDA, LBP e uma combinação de PCA e LDA. Segundo os autores, o modelo alcançou uma precisão de reconhecimento de 90%.

Peramo, Macedo e Moraes (2019) apresentaram em seu trabalho um protótipo desenvolvido para registro de presença, utilizando o método HOG, a linguagem Python e as bibliotecas OpenCV e Dlib. Usando um limite de 0,6m de distância de captura da imagem e boa iluminação, o protótipo obteve um índice de precisão de 99,38% no reconhecimento facial.

Hansen, Vidal e Ralha (2019), desenvolveram um módulo de reconhecimento facial utilizando ferramentas e bibliotecas abertas, tais como OpenCV, a plataforma de desenvolvimento QT Creator e o ambiente de desenvolvimento web Wamp-Server. Utilizaram o algoritmo SURF para

identificação de características das imagens de entrada, utilizando para tanto a linguagem de programação C. O protótipo não foi testado em ambientes reais. Os testes realizados em ambiente controlado obtiveram excelentes resultados.

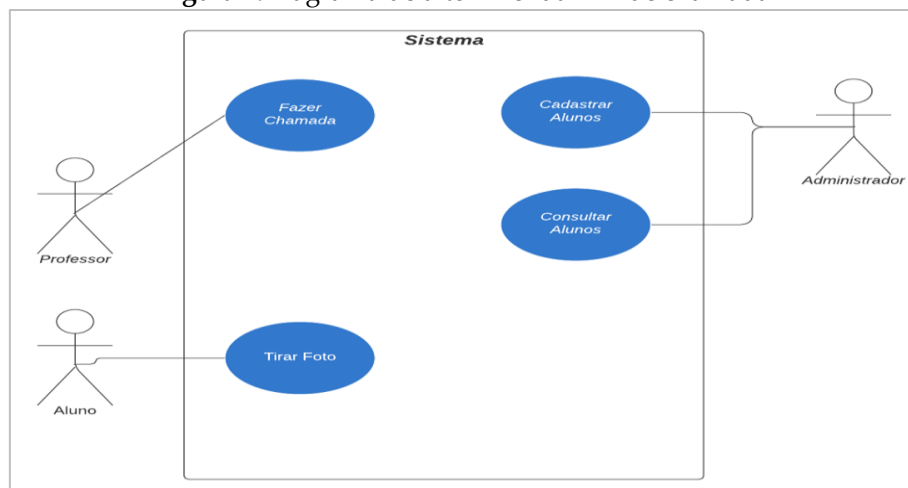
Nogueira e Santos (2019) desenvolveram um protótipo de fechadura eletrônica com reconhecimento facial, utilizando um computador de baixo custo, Raspberry Pi, e os métodos de reconhecimento Eigenface, Fisherfaces e LBPH. Após testes, concluíram que a implementação utilizando o método LBPH apresentou os melhores resultados.

4. ETAPAS E RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Modelagem do sistema de reconhecimento Facial

A modelagem do sistema se baseia num primeiro *artefato (aplicativo)* que é responsável pelo treinamento das imagens; o segundo tem como função a captura da foto; e o terceiro se encarrega por usar o arquivo gerado do primeiro *artefato* e fazer o reconhecimento da face propriamente dito. Finalmente, o quarto *artefato* é uma API³, responsável por fazer a ponte da integração do aplicativo de reconhecimento facial com outros sistemas (Figura 2), cujas funcionalidades são detalhadas a seguir.

Figura 2: Diagrama de alto nível da API de chamada



Fonte: Próprios Autores

- **Fazer chamada:** Com base na definição de data que o professor indica, o sistema irá realizar o *download* de todas as imagens referentes àquele dia, fazendo o reconhecimento

³ API é um conjunto de rotinas e padrões estabelecidos por um software para a utilização das suas funcionalidades por aplicativos

de cada uma das imagens baixadas e, depois disso, reenvia as informações do aluno para o banco de dados do Mongo⁴, juntamente com o número do registro acadêmico (RA) e nome do aluno analisado;

- **Cadastro do aluno:** No cadastro são inseridas todas as fotos necessárias para que o respectivo estudante seja reconhecido pelo sistema, além, é claro, do RA, e do nome do aluno;
- **Tirar foto:** Essa funcionalidade permite que o aluno consiga tirar uma foto dele e enviar para o banco de dados do *Firebase*⁵, para ser analisada e reconhecida no sistema de chamada, a posteriori;
- **Consultar Alunos:** nesta opção, é enviada uma requisição com a data e o horário inicial e final que a API deve buscar. E ela retorna o RA, *coordenadas* e o nome de todos os alunos que estavam presentes (fizeram o *checkin*) naquele intervalo de horário, em um formato de JSON.

4.2 Desenvolvimento e implementação do sistema de Reconhecimento Facial de estudantes.

Num primeiro momento foram testados algoritmos de detecção facial a fim de que fosse possível escolher o que possui o melhor resultado e menor taxa de tempo a ser utilizado na implementação do sistema, evitando gargalos e demais problemas, como latência ou mal funcionamento do sistema.

Foram analisadas cinco imagens em diferentes ambientes, tamanhos e qualidade, aplicando três diferentes algoritmos frequentemente utilizados para reconhecimento facial na atualidade, *Haar Cascade*(*openCV*), *HOG*(*Dlib*) e *CNN*⁶(*Dlib*). Os resultados dessa análise podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados dos testes com algoritmos

Algoritmos	Existentes	Reconhecidas	Falsos positivos	Percentual de erro (F+(E-R))/E*100	Tempo
HAAR	6,8	4,6	1,2	68,198%	0,58775
HOG	6,8	5,4	0	16,248%	1,68294
CNN	6,8	5,2	0	19,164%	1,15154

Fonte: Próprios autores

⁴ **Mongo** é o nome de um banco de dados específico, que servirá, posteriormente como repositório a ser consultado, para identificação da presença por outros sistemas externos, como por exemplo o SIGA.

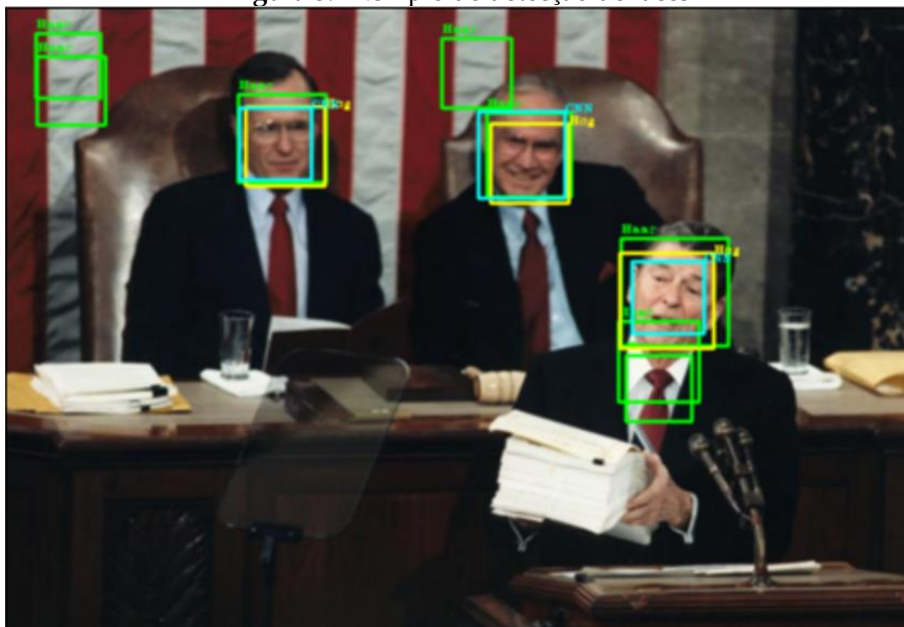
⁵ **Firebase** é um serviço de repositório (banco de dados) + serviços disponibilizado pela Google.

⁶ **CNN** = Convolutional Neural Network - Redes Neurais Convolucionais

Ao analisar os resultados acima, pode-se observar que o *Haar* durante os testes apresentou falhas relacionadas a detecção de falsos positivos (faces não existentes) que os demais conseguiram contornar, no entanto, outro fator determinante para a escolha do algoritmo é analisar o que tem maior taxa de acerto de faces e menor taxa de processamento, e o *HOG* foi o que sobressaiu.

Na Figura 3 pode-se observar a execução dos 3 algoritmos. Os verdes representam a detecção pelo *Haar*, os azuis as redes neurais convolucionais (*CNN*), e as amarelas pelo algoritmo *HOG*. Observa-se nessa mesma Figura, que a maior eficiência na detecção das 3 faces existentes na figura foi dos algoritmos *CNN* e *HOG*. O *Haar* detectou outras ocorrências de não face, prejudicando assim seus resultados.

Figura 3: Exemplo de detecção de faces

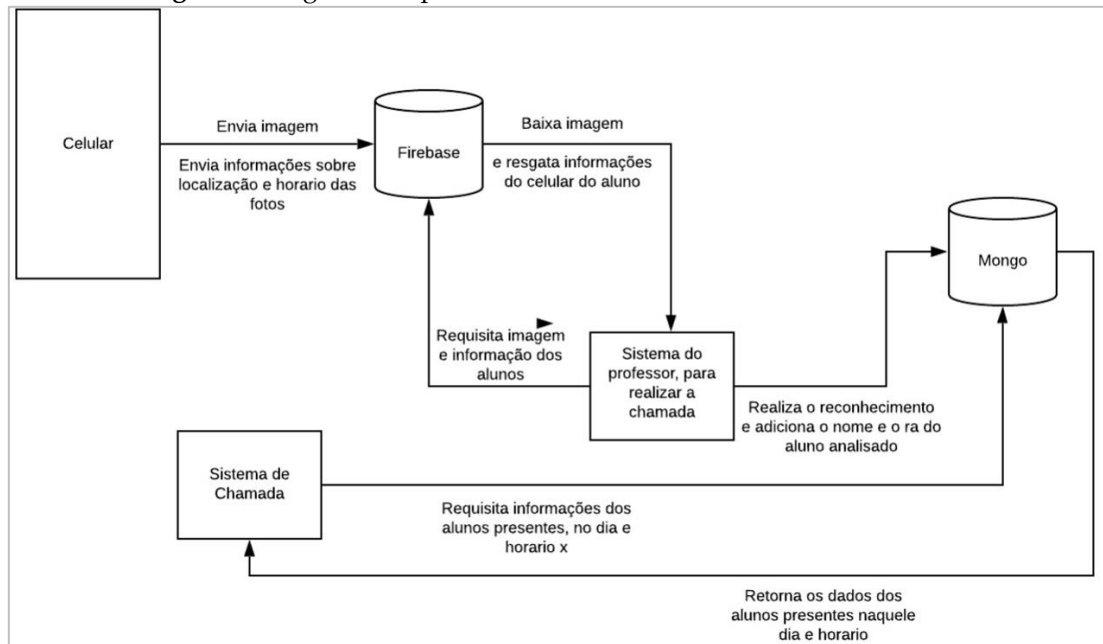


Fonte: *Próprios Autores*

Após ter sido analisado o algoritmo que melhor realizou as detecções, foram desenvolvidas quatro pequenas aplicações/programas, ou módulos: A primeira, para poder capturar as imagens dos alunos; a segunda, para poder treinar o algoritmo para a detecção das imagens; a terceira, para realizar a detecção propriamente das imagens; e a quarta, que possibilita com que outros sistemas consigam buscar informações relacionadas aos alunos no banco de dados.

Esses módulos podem ser observados no processo completo de reconhecimento facial esquematizado na Figura 4, a partir do uso de celular para a formação da imagem a ser utilizada pelo sistema.

Figura 4: Diagrama de processos do Sistema de reconhecimento facial



Fonte: Próprios Autores

4.3 Testes do sistema de Reconhecimento Facial de estudantes.

O processo de testes foi realizado com uma turma de estudantes do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas e seus familiares, para que fosse possível analisar a taxa de reconhecimento que o sistema possui, a partir da inserção de um RA e de nomes fictícios, para preservar a privacidade das pessoas que participaram dos testes. Ao final, o sistema atingiu todos os objetivos inicialmente propostos. De uma forma resumida, o processo consiste nas seguintes etapas:

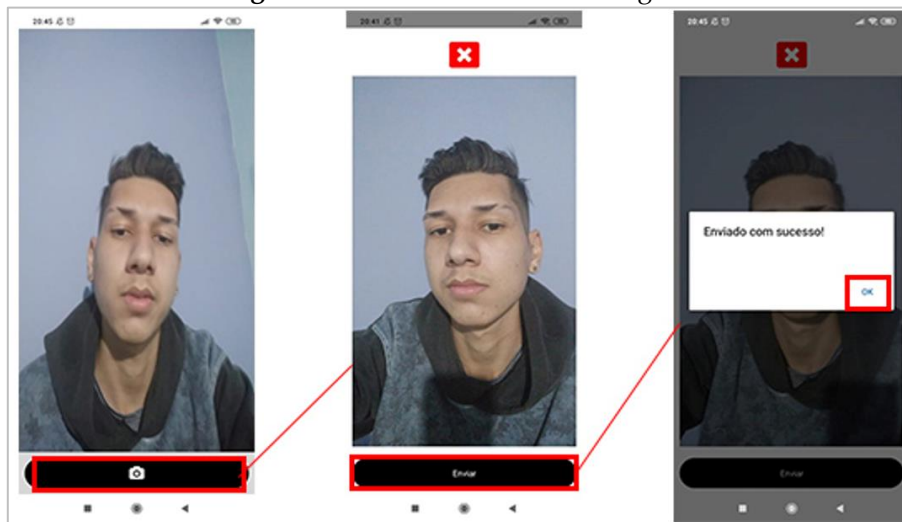
- a) Na primeira, deve ser executado o software de treinamento e geração dos identificadores dos alunos (pessoas): Nesse processo é necessário que cada aluno disponibilize de 5 a 10 fotos em ambientes e ângulos diferentes. Essas imagens devem ser salvas da seguinte maneira: ‘ra.nome.numFoto.jpg’, exemplo: “171592922520.Renato.0.jpg”

Em seguida, o módulo específico cria dois arquivos para serem usados na hora do reconhecimento facial. O “descritores.npy”, que representa a matriz da face de cada imagem de treinamento; e o “índice.pickle”, que representa a identificação de cada uma das imagens de treinamento.

- b) A segunda etapa consiste no processo de envio da imagem, onde o aluno abre o aplicativo, tira a foto, analisa se está clara (legível) e se é possível ver o seu rosto nitidamente, caso não seja, o aluno pode clicar no “X”, e tirar uma nova foto. Caso a imagem siga os requisitos

anteriores, o aluno clica no botão enviar, e em seguida é notificado que a imagem foi enviada. Vale ressaltar que o Aluno deve possuir internet, e ter ativado as funções de câmera e localização no dispositivo durante esse processo, pois o *firebase* é uma plataforma *online*. Este processo pode ser visualizado na Figura 5, com as fotos de um dos autores.

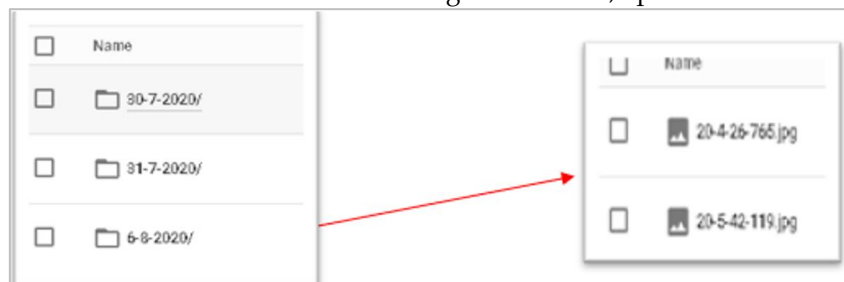
Figura 5: Processo de envio da imagem.



Fonte: Próprios Autores

- c) Na terceira etapa, as imagens são salvas no *Firebase*, criando uma pasta com a data do envio, juntamente com as informações relacionadas com o dispositivo do usuário (Figura 6).

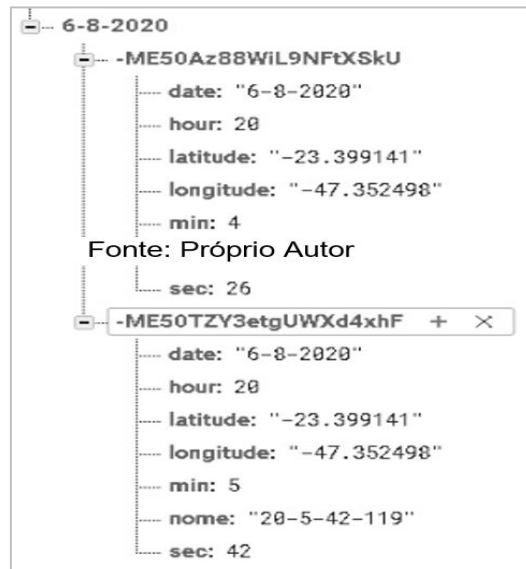
Figura 6: Estrutura criada dentro do storage do firebase, após o envio da imagem



Fonte: Próprios Autores

É possível observar o detalhamento das informações guardadas no banco de dados do *Firebase*, referentes ao estudante, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7: Informações dos alunos no database do firebase



Fonte: Próprios Autores

- d) Após todas as imagens dos estudantes serem enviadas ao banco de dados do *firebase*, o professor pode realizar a chamada durante a aula ou em casa, passando como parâmetro apenas a data que deseja executar, o descritor e índice, que foram realizados na primeira etapa. Após inserir essas informações, o professor deve clicar em iniciar (Figura 8).

Figura 8: Interface do professor para realização da chamada.



Fonte: Próprios Autores

O sistema então, baixa todas as imagens referentes ao dia em questão e executa o reconhecimento de cada uma delas. Logo após, apresenta ao professor para uma nova tela onde ele pode checar se todos os alunos foram analisados corretamente. Após essa conferência, o professor clica em “Enviar” (Figura 9), para que todas as informações referentes aos estudantes, sejam alocadas

no banco de Dados (Mongo). Uma vez guardadas essas informações neste banco de dados, outras aplicações podem consultá-lo (como por exemplo o SIGA).

Figura 9: Interface de análise de checagem de alunos reconhecidos.

Ra	Nome	Data	Horario	Presença
1893592928142	João	30-08-2020	11:30	<input type="checkbox"/>
1891502922149	Fillipe	30-08-2020	11:30	<input checked="" type="checkbox"/>
1891592922240	Renan	30-08-2020	11:30	<input type="checkbox"/>
171592922520	Renato	30-08-2020	11:30	<input checked="" type="checkbox"/>
1891592922140	Vitor	30-08-2020	11:30	<input checked="" type="checkbox"/>

Enviar

Fonte: Próprios Autores

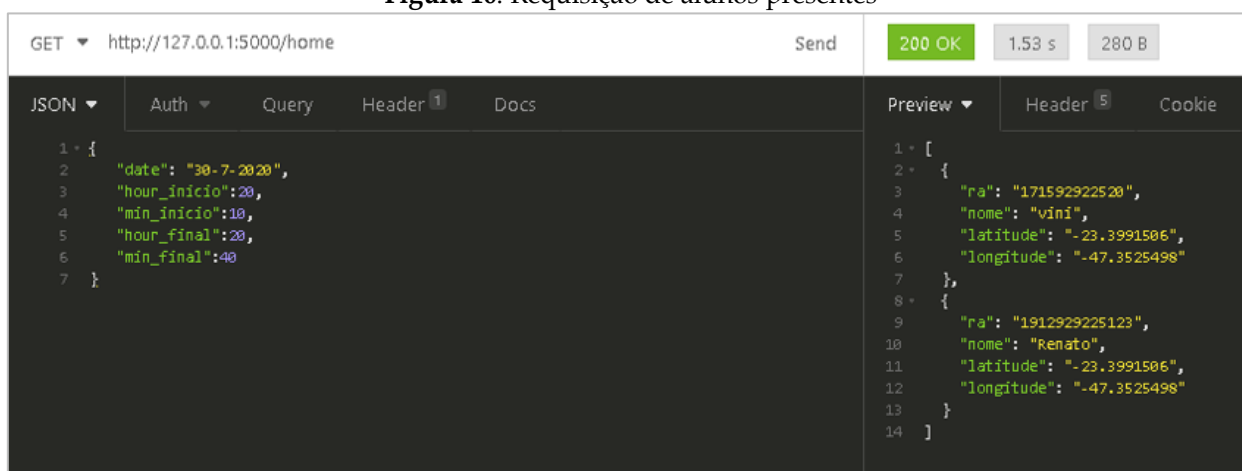
4.4 Implementação e testes das interfaces do Sistema de Reconhecimento Facial dos estudantes (webservice⁷)

Nesse processo foi realizada uma simulação de uma requisição para o *webservice* buscando dados relacionados aos alunos presentes na data e horário em questão. Os parâmetros que o *webservice* precisa são:

- Date (Data que deseja buscar os alunos presentes)
- hour_inicio, min_inicio (São referentes ao horário em que a aula se inicia)
- hour_final, min_final (São referentes ao horário ao término da aula)

Podemos observar um exemplo de requisição na Figura 10.

Figura 10: Requisição de alunos presentes



Fonte: Próprios Autores

⁷ Webservice é uma solução utilizada na integração de sistemas e na comunicação entre aplicações diferentes.

Percebe-se na Figura que foram buscados os alunos que estavam presentes na sala entre 20h10 e 20h40.

Como resultados dessa requisição da Figura 10 (informações à esquerda), foram identificados dois estudantes presentes nesse intervalo (informações à direita). Como pode ser observado, o resultado dessa requisição compõe-se de “RA do estudante”, “nome do estudante”, latitude e a longitude, identificando o local em que a foto foi tirada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho analisou o desempenho dos principais métodos/algoritmos de detecção e reconhecimento facial: Haar Cascade, HOG e CNN. Destes, o que mais se destacou na análise realizada foi o método HOG.

Foi então desenvolvida uma aplicação, baseada em HOG, que guarda imagens dos estudantes (com data e geolocalização), as quais são utilizadas posteriormente para a validação automática de presença, seguindo parâmetros específicos passados pelo professor.

Tais validações ficam então registradas em base de dados (em nuvem) e podem ser “consumidas” por outras aplicações (como por exemplo, o SIGA) para realizar validações automáticas de presença.

Pelos testes realizados, o sistema cumpriu os objetivos inicialmente propostos. A aplicação e seus códigos fonte estão disponíveis para quaisquer instituições de ensino utilizarem.

Para trabalhos futuros, novos algoritmos/métodos podem ser utilizados no processo de reconhecimento facial, assim como, a automatização da interligação entre sistemas.

Além disso, pode ser constatado o potencial que o aplicativo representa para a validação de atividades individuais ou em grupo realizadas no ambiente escolar ou fora dele, para que professores possam ter um controle mais efetivo da participação dos estudantes nas mesmas. Com essa prática, pode-se supor que ocorrerá uma diminuição da resistência de alguns docentes quanto a possibilidade de realização de diferentes atividades de forma síncrona ou assíncrona em ambientes diferentes pela mesma turma, sem que haja perda do controle da frequência pelos mesmos.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Paula Souza, em especial à Faculdade de Tecnologia de Itu (Fatec Itu) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa, parte do projeto de Iniciação Científica de V.L. Nascimento.

7. REFERÊNCIAS

AHONEN, T.; HADID, A.; PIETIKAINEN, M. *Face Recognition with Local Binary Patterns*. In **European Conference on Computer Vision**, 35, pages 469–481, 2004.

AKBAR, M. S.; SARKER, P.; MANSOOR, A. T.; AL ASHRAY, A. M.; UDDIN, J. *Face Recognition and RFID Verified Attendance System*. **2018 International Conference on Computing, Electronics & Communications Engineering (iCCECE)**. doi:10.1109/iccecome.2018.8658705

AMORIM, T.T. *Comparação de técnicas de reconhecimento facial no controle de frequência acadêmica. Trabalho de Conclusão de Curso*. UniEvangélica, curso de Engenharia da Computação, 2018.

CAO, F.; WANG, M.; WANG, K. *The Classroom Attendance Management System of Face Recognition Based on LBS*. **Proceedings of the 2018 5th International Conference on Education, Management, Arts, Economics and Social Science (ICEMAESS 2018)**. Doi: 10.2991/icemaess-18.2018.188.

DALAL, N.; TRIGGS, B. *Histograms of Oriented Gradients for Human Detection*. In **IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**, pages 886–893, 2005.

GRANATYR, J. **Introdução redes neurais recorrentes**. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=ZvBJxh5O3H0>> Acessado em 11 nov. 2019

HANSEN, L.A.; VIDAL, F.B.; RALHA, C.G. *Desenvolvimento de módulo de reconhecimento facial para sistema de informação acadêmica*. **Brazilian Journals of Business**, Curitiba, v. 1, n. 3, p.1155-1165, jul/set, 2019.

IFESCIÊNCIA.. **Reconhecimento facial baseado em hog e pca: uma comparação quanto à invariância à iluminação**. Disponível em <<http://marvinproject.sourceforge.net/download/303-852-1-PB.pdf>> Acessado em 20 jan.2020

MOTHWA, L.; TAPAMO, J.-R.; MAPATI, T. *Conceptual Model of the Smart Attendance Monitoring System Using Computer Vision*. **2018 14th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS)**, 2018. doi:10.1109/sitis.2018.00042

NEGRÃO, F.S.; SANTOS, L.R.; SOARES, H.R. *Reconhecimento de Face Aplicada ao controle de chamada de classe*. **Revista Eletrônica E-RAC**, v. 8, n.1, 2018.

- NOGUEIRA, G.R.G.; SANTOS, F.G. *Desenvolvimento de protótipo de fechadura eletrônica com reconhecimento facial. VII Escola Regional de Informática de Goiás, Goiânia, 22 a 23 de novembro, 2019.*
- PERAMO, L.F.; MACEDO, P.C.; MORAES, M.R. *Desenvolvimento de um protótipo de software de reconhecimento facial: um estudo do sistema presente!!!. Revista Universitas, ano 13, n. 24, jan/jun, 2019.*
- PHILLIPS, P.J.; MOON, H.; RIZVI, S.A.; RAUSS, P.J. *The FERET Evaluation Methodology for Face-Recognition Algorithms. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22:1090–1104, 2000.*
- SANLI, O.; ILGEN, B. *Face Detection and Recognition for Automatic Attendance System. Intelligent Systems and Applications, 237–245. 2018. doi:10.1007/978-3-030-01054-6_17*
- SCHMIDT, E. C. **Estudo sobre métodos de reconhecimento facial em fotografias digitais.** Disponível em <<http://eventos.ifc.edu.br/micti/wp-content/uploads/sites/5/2014/08/ESTUDO-SOBRE-METODOS-DE-RECONHECIMENTO-FACIAL-EM-FOTOGRAFIAS-DIGITAIS.pdf>>. Acessado em 27 nov. 2019
- SCHNEIDER, E.; HOPPE, A.F. *Yourface: um protótipo de reconhecimento facial em ambientes indoor sem obstáculo. Trabalho de Conclusão de Curso.* Universidade Regional de Blumenau, Curso de Ciência da Computação, 2018
- SCHROFF, F.; KALENICHENKO, D.; PHILBIN, J. "FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering". **Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)**, pp. 815-823, 2015. DOI: 10.1109/CVPR.2015.7298682
- SCHWARTZ, W.R.; GUO, H.M.; DAVIS, L.S. *A Robust and Scalable Approach to Face Identification.* In **European Conference on Computer Vision**, volume 5, pages 476–489, 2010.
- SCHWARTZ, W.R.; KEMBHAVI, A.; HARWOOD, D.; DAVIS, L.S. *Human Detection Using Partial Least Squares Analysis.* In **International Conference on Computer Vision**, 2009.
- SOARES, A. D. S. *Algoritmo da retropropagação de erros (Backpropagation) para redes multi-layer perceptron. Videoaula - Deep Learning Brasil*, 22 jul. 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=DGNbd2FGw2s&t=4007s>>. Acesso em: 29 set. 2019.
- SUN Y, CHEN Y, WANG X, TANG X (2014) Deep learning face representation by joint identification-verification. In: GHAMRANI Z, WELLING M, CORTES C, LAWRENCE ND, WEINBERGER KQ (eds) **Advances in neural information processing systems 27**. Curran Associates, Inc., Red Hook, pp 1988–1996
- TAN, X.; TRIGGS, B. *Fusing Gabor and LBP Feature Sets for Kernel-Based Face Recognition.* In **IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition**, pages 235–249, 2007.
- TOLBA, A.S.; EL-BAZ, A.H.; EL-HARBY, A.A. *Face Recognition: A Literature Review. International Journal of Signal Processing*, 2:88–103, 2006.

WAGHELA, T.; DHANUKA, H.; BARNWAL, A.; LABDE, S. *Attendance Management system (using face recognition)*. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**. Vol. 5, issue 4, p. 3177-3180, Apr., 2018.

WU, B.; NEVATIA, R. *Optimizing Discrimination-Efficiency Tradeoff in Integrating Heterogeneous Local Features for Object Detection*. In **IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**, 2008.

ZHAO, W.; CHELLAPPA, R.; PHILLIPS, P.J.; ROSENFELD, A. *Face Recognition: A Literature Survey*. **ACM Computing Surveys**, 35(4):399-458, 2003.