

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO
CÂMPUS SÃO PAULO PIRITUBA
CURSO DE ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

Alexandre Pereira Junior

Ipkiss: Inteligência Artificial para monitoramento do uso de máscaras de proteção

São Paulo
2020

Alexandre Pereira Junior

Ipkiss: Inteligência Artificial para monitoramento do uso de máscaras de proteção

Trabalho conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de São Paulo, Câmpus São Paulo Pirituba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em Análise de Desenvolvimento de Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Teixeira

Coorientador: Prof. Dr. Thiago P. D. Homem

São Paulo

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo campus São Paulo Pirituba

Pereira Júnior, Alexandre

P436i Ipkiss: inteligência artificial para monitoramento do uso de máscaras de proteção. /Alexandre Pereira Júnior. -- São Paulo Pirituba, 2021.
24 p. : il. color.; 29,8 cm.
Bibliografia: p. 23-24.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia)--Curso Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus São Paulo Pirituba, 2021.
Orientador: Prof. Ms. Thiago P. D. Homem

1. Inteligência artificial. 2. Monitoramento digital. 3. Pandemia. 4. Covid 19. I. Homem, Thiago P. D. II. Título.

CDD – 006.3

ATA 7/2021 - ADS-PTB/DAE-PTB/DRG/PTB/IFSP

Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação

Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas - ADS

Aos vinte e um dias do mês de janeiro de dois mil e vinte e um, às dezenove horas e trinta minutos na sala virtual <https://conferenciaweb.mp.br/webconf/fabio-oliveira-teixeira>, realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Inteligência Artificial para monitoramento do uso de máscaras de proteção** apresentado pelo aluno Alexandre Pereira Junior (PT3004104) do curso SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS (Campus Pirituba). Os foram iniciados às 19h30 pelo professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros: Fabio Oliveira Teixeira (Presidente/Orientador), Adriano José Ferruzzi (Examinadora 1) e Reginaldo Rideaki (Examinador 2).

Itens avaliados	Orientador(a)	Examinador 1	Examinador 2
Solução tecnológica (0 a 4)	4	4	4
Trabalho escrito (0 a 4)	4	4	3.8
Apresentação oral (0 a 2)	1.5	2	2
Nota final (NF) (0 a 10)	NF1: 9.5	NF2: 10.0	NF3: 9.8

No item **SOLUÇÃO TECNOLÓGICA**, foram avaliados itens como: tecnologias inovadoras, nível de dificuldade, impacto da solução, contribuição da solução para a sociedade, coerência da solução com a proposta, arquitetura da solução.

No item **TRABALHO ESCRITO**, foram avaliados itens como: organização sequencial, argumentação, profundidade do tema, relevância e contribuição acadêmica da pesquisa, correção gramatical, clareza, apresentação estética, adequação aos aspectos formais às normas da ABNT e template do ADS/IFSP-PTB.

No item **APRESENTAÇÃO ORAL**, foram avaliados itens como: domínio do conteúdo, organização da apresentação, habilidades de comunicação e expressão, capacidade de argumentação, uso dos recursos audiovisuais, correção gramatical e apresentação estética do trabalho.

MÉDIA FINAL: A média final foi calculada pela soma das três notas finais (NF1, NF2 e N3) dividida por três.

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da monografia, passou à arguição dos candidatos. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelos alunos, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado(a) Reprovado(a) **Média final: 9.8**

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Câmpus Pirituba, 21 de janeiro de 2021

Avaliador externo: Sim Não

Assinatura:

Prof. Reginaldo Rideaki (Avaliador externo - IFBaiano)



Documento assinado eletronicamente por:

- Adriano Jose Ferruzzi, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/01/2021 09:43:37.
- Fabio Oliveira Teixeira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/01/2021 19:04:05.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/01/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 139298
Código de Autenticação: 46e34a2a4b



RESUMO

Devido ao crescimento de casos de COVID-19 no ano de 2020, a Organização Mundial de Saúde (OMS) orientou a utilização de máscaras com o intuito de diminuir o contágio da doença. O Município de São Paulo tornou obrigatório o uso de máscaras em estabelecimentos públicos, conforme o artigo 7 do decreto 59396 deste ano. **Objetivo:** O projeto proposto tem como objetivo implementar uma solução computacional que permita monitorar a utilização de máscaras de proteção em ambientes públicos. **Método:** O sistema computacional utiliza a linguagem Python e suas bibliotecas, com destaque ao OpenCV para o tratamento de imagens e a incorporação do classificador Haar Cascade no projeto; o framework de desenvolvimento web Flask foi utilizado para criar um painel de controle auxiliando a visualização dos dados obtidos na detecção. **Resultados:** Foi desenvolvida uma aplicação web permitindo a detecção e armazenamento de imagens das pessoas que não estão utilizando máscaras, com baixo custo de implantação. O Classificador apresentou uma precisão, revocação e f1-score 63%, 93% e 75%, respectivamente. **Conclusão:** O sistema foi capaz de detectar faces que estavam sem máscara de proteção por meio da implementação do algoritmo Haar Cascade. A utilização do framework de desenvolvimento web Flask permitiu a criação do protótipo e integração dos componentes da aplicação. Os dados gerados pelo sistema foram armazenados em um banco de dados não relacional na nuvem, possibilitando a análise dos dados. **Discussão:** A precisão alcançada pelo algoritmo Haar Cascade utilizado neste projeto foi satisfatória, no entanto, novos experimentos serão conduzidos para explorar novas técnicas de visão computacional, como a utilização de aprendizado profundo.

Palavras-chave: Detecção Facial, Haar Cascade, Máscaras de Proteção, Aprendizado de Máquina, Aplicação Web.

ABSTRACT

Due to the growth of cases of COVID-19 in the year 2020, the World Health Organization (WHO) directed the use of masks in order to reduce the spread of the disease. The Municipality of São Paulo made the use of masks in public establishments mandatory, according to article 7 of Decree 59396 this year. **Objective:** The proposed project aims to implement a computational solution that allows monitoring the use of protective masks in public environments. **Method:** The computer system uses the Python language and its libraries, with emphasis on OpenCV for the treatment of images and the incorporation of the Haar Cascade classifier in the project; the web development framework Flask was used to create a control panel helping to visualize the data obtained in the detection. **Results:** A web application was developed allowing the detection and storage of images of people who are not wearing masks, with low cost of implantation. The Classifier presented an accuracy, recall and f1-score 63%, 93% and 75%, respectively. **Conclusion:** The system was able to detect faces that were without protection masks through the implementation of the Haar Cascade algorithm. The use of the web development framework Flask allowed the creation of the prototype and integration of the application components. The data generated by the system were stored in a non-relational database in the cloud, enabling data analysis. **Discussion:** The precision achieved by the Haar Cascade algorithm used in this project was satisfactory, however, new experiments will be conducted to explore new techniques of computer vision, such as the use of deep learning.

Keywords: Facial Detection, Haar Cascade, Protection Masks, Machine Learning, Web Application.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	18
OBJETIVOS	18
Objetivo Geral	18
Objetivos Específicos	18
ESTUDO DE VIABILIDADE	19
SOLUÇÕES DE MERCADO	19
JUSTIFICATIVA	20
ARQUITETURA DA SOLUÇÃO	20
DIAGRAMA DE COMPONENTES	20
TECNOLOGIAS UTILIZADAS	24
RESULTADOS OBTIDOS	25
PROTÓTIPO	27
CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

No final do ano de 2019, na cidade de Wuhan, foram registrados casos de uma doença ainda não conhecida mundialmente. Os indivíduos acometidos pela doença apresentavam tosse, espirros, febre e, nos piores casos, pneumonia grave, causando assim uma insuficiência respiratória aguda (VIEIRA et al., 2020). O quadro clínico dos indivíduos evoluiu rapidamente e unidades de terapia intensiva foram necessárias para reverter o estado de saúde dos pacientes. Em poucos dias Wuhan se tornou o primeiro epicentro de um novo vírus e o mundo acompanhou os seus esforços para conter o surto, como, por exemplo, a construção de hospitais em tempo recorde e medidas de distanciamento social que foram severamente implementadas. Um exemplo de medida é a quarentena, que tem como objetivo fazer a reclusão de indivíduos sadios, para que não haja um contato com contaminados, o que é necessário no caso de uma doença infecto-contagiosa que não tem vacina ou cura. A cidade de Wuhan foi isolada, com a finalidade de conter a proliferação do vírus.

O novo vírus, que recebeu a denominação de COVID-19, foi identificado como parte da família coronavírus e sua disseminação no mundo provocou um estado de Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional e foi caracterizada pela OMS como uma pandemia.

As medidas de isolamento foram necessárias, pois a transmissão do vírus acontece de uma pessoa doente para outra por meio do toque, gotículas de saliva, espirro, tosse, catarro, objetos ou superfícies contaminadas. Segundo a OMS, cuidados básicos de higiene pessoal podem reduzir a taxa de transmissão do vírus, como a higienização das mãos com álcool em gel, além do uso de equipamentos de proteção individual, como máscaras cirúrgicas (N95) ou máscaras confeccionadas artesanalmente. Estudos mostram que as máscaras têm a capacidade de bloquear os aerossóis entre 95,15% a 99,98% (REIS, 2020).

A taxa de mortalidade do COVID-19 é de aproximadamente 3,4%, menor se comparada a outros coronavírus, como SARS e MERS, que possuem um percentual de casos fatais de 9,6% e 34,3%, respectivamente (HEWINGS-MARTIN, 2020). Em alguns casos, a evolução clínica do novo vírus demanda a utilização de Unidades de Terapia Intensiva (UTI) com suporte ventilatório. Devido à velocidade de transmissão da doença, alguns países enfrentam dificuldades para suprir a demanda por esses equipamentos e inflam o número de óbitos que poderiam ser evitados. Portanto, as medidas de isolamento social e proteção

individual são indispensáveis, a fim de reduzir o número de infectados e não sobrecarregar os sistemas de saúde. Países que postergaram tais medidas, como a Itália e a Espanha, enfrentaram a superlotação dos hospitais, culminando em milhares de casos e mortes em decorrência da falta de leitos preparados para o atendimento, culminando na difícil decisão da escolha do indivíduo que receberia o atendimento adequado.

No Brasil, as primeiras ações realizadas para conter o avanço da doença foram realizadas nos aeroportos, impedindo a entrada de indivíduos que apresentavam os sintomas característicos da doença, como tosse, febre, coriza, dor de garganta, dificuldade para respirar, perda de olfato (anosmia), alteração do paladar (ageusia), distúrbios gastrintestinais (náuseas/vômitos/diarreia), cansaço (astenia), diminuição do apetite (hiporexia) e dispnéia (falta de ar). No entanto, a entrada do vírus foi inevitável, pois em determinado estágio da doença o indivíduo infectado é assintomático.

O Estado de São Paulo tornou-se o epicentro da doença no país, devido a densidade populacional e o trânsito de pessoas. A cidade possui os aeroportos mais movimentados da América do Sul, que servem de ponte aérea para vários voos. Após a confirmação dos primeiros casos de COVID-19, o estado declarou quarentena. As instituições de ensino e atividades não essenciais foram impedidas de manter o funcionamento, sem previsão de reabertura.

A maior cidade do estado de São Paulo, por meio de um decreto (DIÁRIO OFICIAL DE SÃO PAULO, 2020), obrigou a todos os indivíduos o uso de máscaras em lugares públicos, comércio e transportes coletivos, sob pena de multa para o descumprimento. As máscaras tornaram-se item essencial para os paulistanos que precisam se locomover pela cidade durante a quarentena.

Mesmo com os esforços do governo paulista, a taxa de isolamento da população é baixa. No período de abril e maio deste ano oscilou entre 46% a 59% (PORTAL DO GOVERNO, 2020b), sendo que o ideal é de 70%. Os dados para medir a adesão a quarentena estão sendo coletados por meio de um sistema que mapeia o índice de deslocamento populacional, chamado SIMI-SP (Sistema de Monitoramento Inteligente de São Paulo). Esse sistema foi construído por meio de uma iniciativa público-privada e envolveu as operadoras de telefonia móvel do estado.

Embora o SIMI-SP seja eficaz para identificar aglomerações e medir os percentuais de isolamento, ele não monitora o comportamento da população em trânsito nos locais públicos, como a utilização de máscaras de proteção.

Para complementar as ações do SIMI-SP, é necessário o desenvolvimento de um sistema de monitoramento capaz de identificar se um indivíduo utiliza os equipamentos de proteção individual em locais públicos onde há circulação de pessoas. Ações desta natureza serão necessárias enquanto um remédio eficaz ou vacina não for encontrado para a COVID-19.

O comportamento das pessoas em trânsito durante a pandemia pode ser monitorado por meio da utilização de Inteligência Artificial (IA). Segundo Pontes (PONTES, 2011), a Inteligência Artificial é a área da Computação que busca simular a capacidade de resolver problemas e tomar decisões. Sua subárea, “Visão Computacional” é, de acordo com Barkers e Junior (BACKES; JUNIOR, 2016), “a área de estudo que tenta repassar para as máquinas a incrível capacidade da visão”, como o computador interpreta dados de forma diferente do ser humano a visão computacional tem como foco “[...] captar imagens, melhorá-las (por exemplo, com a retirada de ruídos, aumento de contraste e etc.), separar as regiões ou objetos de interesse de uma cena, extrair várias informações dependendo da imagem analisada, como, por exemplo, forma, cor, textura, e, finalmente, relacionar as imagens com outras vistas previamente”.

Um tipo de monitoramento potencializado pela IA é o reconhecimento facial. Ele é utilizado em diversas áreas, desde as mais estéticas, por exemplo, para melhorar as fotos utilizando o rosto como elemento principal em aplicativos como Instagram, como em outras áreas, por exemplo agropecuária e na perícia policial (ALMANZA, 2018). O reconhecimento facial pode ser utilizado para monitorar um grande número de pessoas ao mesmo tempo, destacando o rosto delas, utilizando algoritmos para transformar estas imagens em dados compreensíveis para um sistema computacional.

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

O alto nível de contaminação da Sars-Cov-2 tornou a utilização de máscaras de proteção obrigatória em vários países. É uma alternativa eficaz e de baixo custo para conter a disseminação do vírus, pois protege tanto o indivíduo que a utiliza quanto todos que o cercam.

De acordo com estudos, mesmo com a diminuição de casos, o uso de máscaras e outras medidas como o distanciamento social podem se estender até 2022 (KISSLER et al., 2020). Assim, faz-se necessário, soluções autônomas de monitoramento social, facilitando a retomada das atividades econômicas e sociais, garantindo com que as medidas sejam seguidas durante e após o período mais crucial da pandemia.

1.2 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos os objetivos deste trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma solução computacional utilizando técnicas de inteligência artificial e visão computacional para monitorar o uso de máscaras de proteção em ambientes públicos e privados a partir de imagens capturadas por câmeras.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Construir um sistema de detecção facial com algoritmos de visão computacional e inteligência artificial.
- b) Desenvolver um banco de dados para armazenar os dados obtidos.
- c) Criar um painel para monitorar os dados do sistema.

2 ESTUDO DE VIABILIDADE

Esta seção apresentará iniciativas e estudos correlacionados ao projeto proposto. Serão apresentadas soluções computacionais desenvolvidas para minimizar o impacto da pandemia do COVID-19.

2.1 SOLUÇÕES DE MERCADO

Mesmo não utilizando tecnologias de detecção facial, vale citar o SIMI-SP (PORTAL DO GOVERNO, 2020a), um sistema de monitoramento utilizado atualmente pelo governo de São Paulo. O sistema cria um mapa de aglomerações e permite o monitoramento da taxa de isolamento social nos centros urbanos e mais propícios à proliferação de novos casos. Foi criado a partir de uma parceria público-privada envolvendo operadores de telefonia móvel. A solução não é capaz de identificar se um indivíduo está utilizando os equipamentos de proteção individual, como máscaras de proteção, recomendados pela OMS e obrigatórios em algumas cidades.

Uma pesquisa realizada em setembro de 2020 na biblioteca virtual de artigos científicos Web of Science utilizando o descritor “face recognition” retornou 10.325 ocorrências nos últimos cinco anos. Desse resultado, 5.737 artigos foram publicados em revistas científicas, 4.371 em conferências científicas e 217 em outras modalidades. Apenas 116 artigos, aproximadamente 1,1%, foram criados por autores brasileiros.

Embora represente uma pequena parcela dos estudos, algumas instituições brasileiras abordam o uso de reconhecimento facial nos seus projetos. Uma dessas publicações aborda a categorização do gênero das pessoas que estão na imagem, identificando por meio de traços físicos se a pessoa é um homem ou mulher, tudo isso em tempo real e em um ambiente não controlado, com fatores que podem prejudicar a precisão na imagem, por exemplo a luminosidade do local. Para contornar esse problema, os autores simularam a compreensão humana em reconhecer gêneros, criando uma rede neural que identifica esses padrões (ARAUJO ZENI; ROSITO JUNG, 2018).

Outra publicação de cientistas brasileiros é o estudo que aborda o Deepfake (BOTELHO DE SOUZA; PAPA; MARANA, 2018). Essa tecnologia utiliza IA para criar vídeos falsos e pode ocasionar a ocorrência de falsos positivos em sistemas de

reconhecimento facial. Por meio da utilização de Redes Neurais Convolucionais (do inglês Convolutional Neural Networks, CNN), os autores criaram um sistema capaz de identificar se uma imagem foi criada artificialmente. Sistemas de segurança podem se beneficiar da solução apresentada no artigo.

Dentre os artigos selecionados, um estudo brasileiro também compara métodos convencionais de aprendizado de máquina e aprendizado profundo (Deep Learning) (FINIZOLA et al., 2019). Segundo a publicação, o aprendizado profundo apresentou melhor desempenho em tarefas de reconhecimento facial para modelos construídos a partir de bases de dados de treinamento com poucos indivíduos.

2.2 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista o cenário de pandemia com alto risco de transmissão do vírus pelas vias respiratórias, faz-se necessária a supervisão do uso de máscaras da população em ambientes públicos, a fim de garantir a eficácia das medidas de prevenção de transmissão da COVID-19. Este artigo apresenta as tecnologias utilizadas para a construção de uma solução para o monitoramento autônomo da utilização de máscaras de proteção individual pela população em ambientes não controlados.

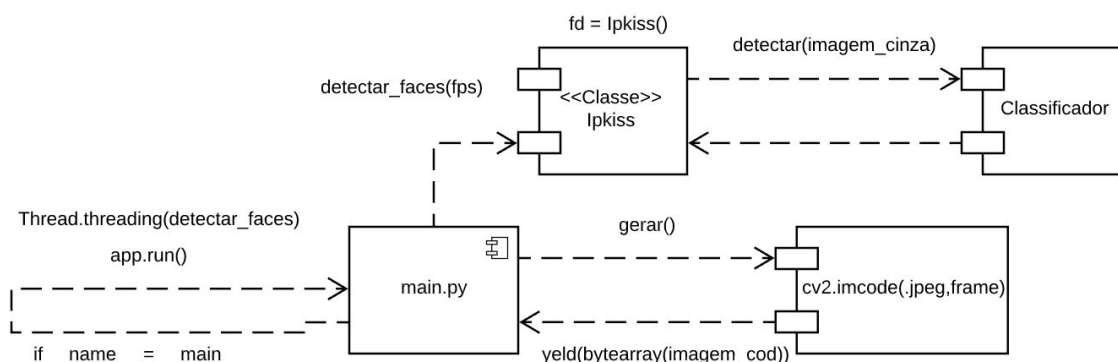
3 ARQUITETURA DA SOLUÇÃO

Nas seções seguintes será descrita a arquitetura da solução proposta neste projeto, bem como o relacionamento entre os componentes computacionais utilizados.

3.1 DIAGRAMA DE COMPONENTES

A Figura 1 mostra a relação entre a aplicação e o Framework OpenCV (OPENCV TEAM, 2020). O OpenCV é responsável pelo tratamento e codificação das imagens. O classificador Haar Cascade foi utilizado para detectar padrões nas imagens. Dentre os benefícios oferecidos pelo Haar Cascade, destaca-se sua fácil implementação e baixo consumo de recursos computacionais para o treinamento e teste do modelo.

Figura 1 – Componentes responsáveis pela captação e transformação das imagens.



Fonte: do Autor (2020).

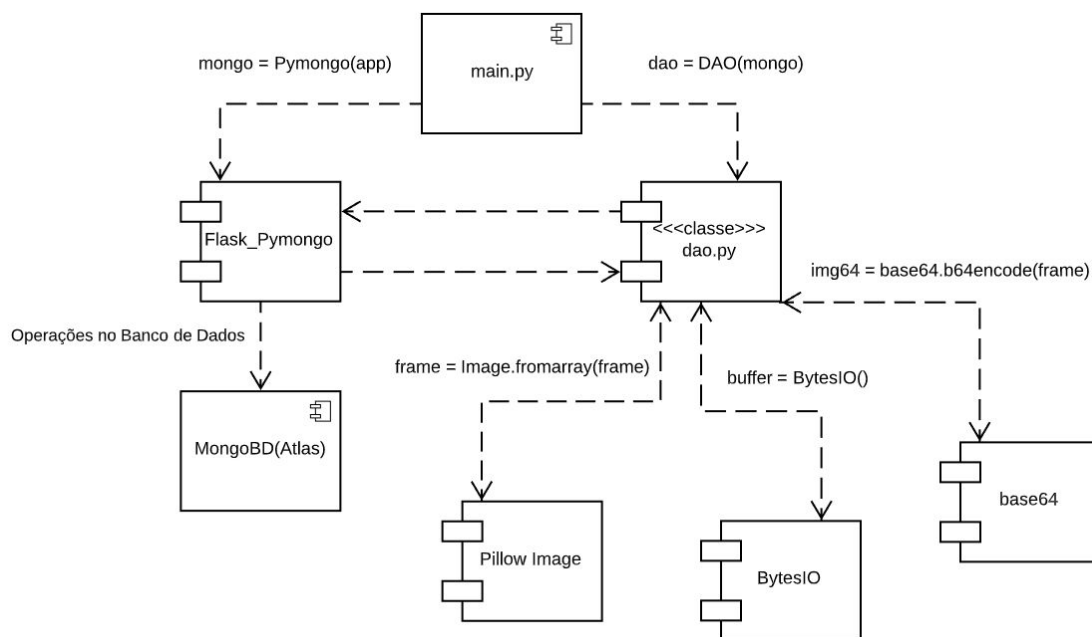
A Figura 2 ilustra a conexão do aplicativo com o banco de dados MongoDB Atlas (MONGODB, 2020). Trata-se de um banco de dados não relacional, também conhecido pelo termo NoSQL. Esse tipo de banco de dados potencializa a velocidade das transações e não prioriza propriedades relacionadas à Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade (ACID), presentes em bancos de dados relacionais. O MongoDB é um banco de dados orientado a documentos e compartilha características similares a outros tipos de bancos, como chave-valor, orientados a grafos e orientado a colunas.

O MongoDB Atlas é um banco de dados que utiliza recursos da computação em nuvem (do inglês *Cloud Computing*). É um modelo de serviço caracterizado como DaaS (*DataBase as a Service*) e permite a qualquer computador conectado a internet acessar o seu sistema gerenciador de banco de dados e realizar operações como inserção, eliminação, alteração e consulta de registros. O modelo de implementação permite a adequação dos recursos computacionais utilizados às necessidades da solução, como a velocidade de transações e flexibilidade de esquemas que hospedam os dados armazenados.

A biblioteca PyMongo (DIROLF, 2020) foi criada para facilitar a interação entre a linguagem de programação python e o banco de dados MongoDB. Ela contém um conjunto de ferramentas que permitem estabelecer a conexão entre as camadas de visualização e dados de uma aplicação web. Este projeto utilizou a biblioteca PyMongo para construir os métodos de conexão, consulta, alteração, inserção e eliminação de registros no banco de dados.

As imagens captadas pela câmera foram transformadas e, posteriormente, inseridas no banco de dados MongoDB. As bibliotecas Pillow (CLARK, 2020), IO (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2020a) e Base64 (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2020b) foram responsáveis pela tarefa de transformação.

Figura 2 - Componentes para transações no banco de dados.



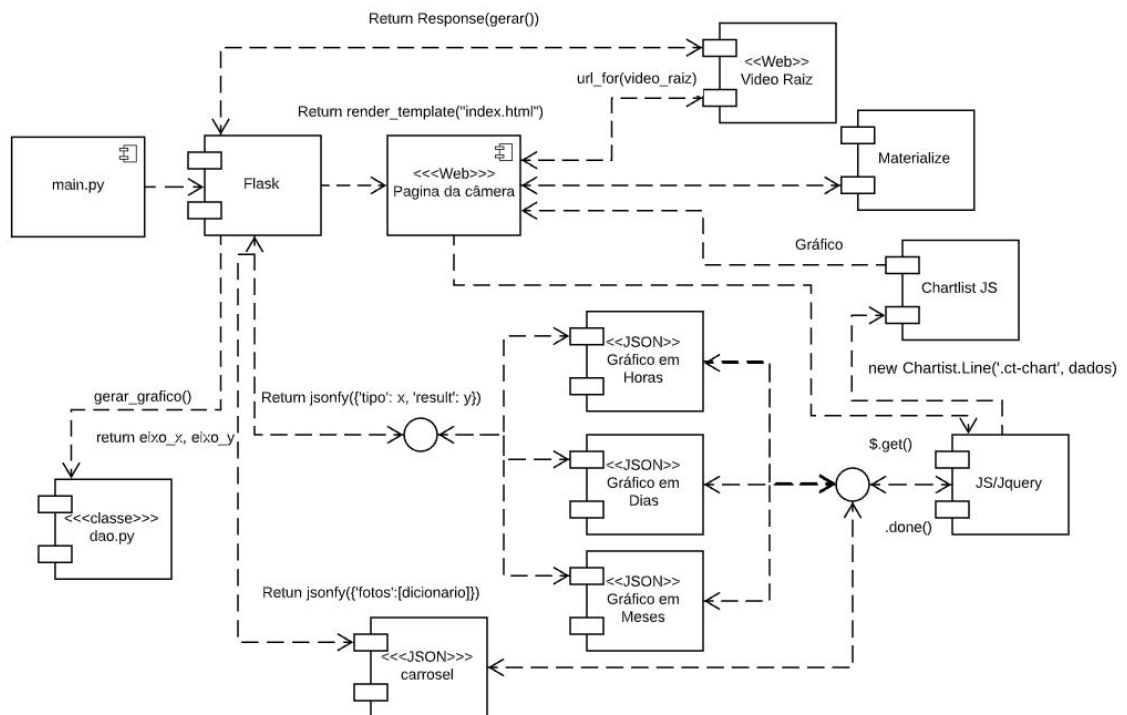
Fonte: do Autor (2020).

A Figura 3 mostra o relacionamento entre os componentes da camada *front-end* da aplicação desenvolvida neste projeto. O *micro-framework* Flask (PALLETTS, 2010) foi utilizado para orquestrar as requisições processadas pela aplicação. O *framework* foi escolhido por possuir uma estrutura otimizada e recursos adequados à necessidade deste projeto, além da sua aderência à linguagem python. Outra vantagem do framework é a sua modularidade e flexibilidade, que atendem a diferentes tipos de aplicações web, das mais simples às mais complexas.

A usabilidade da aplicação foi aprimorada por meio da utilização de bibliotecas Javascript. A biblioteca jQuery (JS.FOUNDATION, 2020) foi utilizada para a construção de requisições assíncronas, impedindo que o carregamento da página fosse realizado diversas vezes durante a interação do usuário. A biblioteca ChartistJS (KUNZ, 2019) contribuiu para a construção de gráficos responsivos e dinâmicos, enquanto a biblioteca Materialize (CHANG,

2020), criada por um grupo de estudantes da Universidade Carnegie Mellon utilizando os princípios do Material Design da Google, foi responsável pelas folhas de estilo da aplicação.

Figura 3 - Componentes responsáveis pela visualização web



Fonte: do Autor (2020).

O Algoritmo 1 apresenta a função responsável pela captura, detecção e armazenamento da face. O algoritmo fica em execução até que o usuário encerre o programa (linhas 2 a 14). Uma imagem da câmera é capturada (linha 3), redimensionada visando acelerar o processo de classificação (linha 4) e convertida em escala de cinza (linha 5) criando regiões escuras e claras que facilitam a identificação de bordas ou alterações de texturas. A linha 6 armazena a data e hora do sistema para registro em Banco de Dados. Na linha 7 é realizada a detecção de faces utilizando as características de Haar. Se for identificada uma ou mais faces (linha 8) então, para cada face detectada na imagem (linha 9 a 12), um recorte da

face na imagem original é realizada (linha 10) e a face recortada é armazenada em Banco de Dados (linha 11).

Algoritmo 1 Função Detecta e Armazena.

```

1: Função Detectacao
2:   Enquanto (usuário não encerrar o programa): faça
3:     capture uma nova imagem img
4:     redimensione img
5:     converta img para escala de cinza imgg
6:     armazene data e hora local datetime
7:     identifique as faces faces em imgg utilizando classificador Haar Cascade
8:     Se a quantidade de faces > 0 então
9:       Para cada faces ∈ img faça
10:        recorte a face de img e armazene em face
11:        armazene em banco de dados face e datetime
12:       Fim Para
13:     Fim Se
14:   Fim Enquanto
15: Fim

```

3.2 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

A Tabela 1 mostra o resumo das tecnologias utilizadas neste projeto. A primeira coluna da tabela identifica a tecnologia utilizada, a segunda coluna corresponde às camadas da aplicação web onde a tecnologia foi necessária. As camadas foram subdivididas em Cliente, quando a execução das funcionalidades ocorreu na máquina do usuário e Servidor, quando ocorreu no servidor responsável por receber as requisições. A última coluna possui uma justificativa para a utilização da tecnologia.

Quadro 1 - Resumo das tecnologias utilizadas

Tecnologia	Camada	Justificativa
Git	Servidor	Versionamento de código, salvando implementações em repositórios. Necessário para armazenamento do projeto.
Python	Servidor	Necessidade para integração com as bibliotecas de visão computacional e inteligência artificial.
OpenCV	Servidor	Principal biblioteca para Visão Computacional, dentre todas as funções exercidas ela é responsável por comunicar com o classificador.

Haar Cascade	Servidor	Classificador responsável por detectar em um frame do vídeo a presença de uma face.
Pillow	Servidor	Necessário para gravar dados no armazenamento temporário.
BytesIO	Servidor	Necessário para criar um armazenamento temporário.
Base64	Servidor	Necessário para transformar conjunto de bytes em um texto compreensível em qualquer tanto no servidor quanto na aplicação web.
ImUtils	Servidor	Necessário pela captação da imagem da câmera e redimensionamento do frame
Flask	Servidor	Micro-Framework para desenvolvimento web.
HTML	Cliente	Padrão de páginas web.
Javascript	Cliente	Necessário para fazer requisições da aplicação web ao servidor.
jQuery	Cliente	Necessário para simplificar funções de Javascript.
Chartist JS	Cliente	Necessário para criação de gráficos simples e responsivos.
Materialize	Cliente	Responsável pelo design responsivo gerado pelas folhas de estilo.
PyMongo	Servidor	Necessário para interação da aplicação com o MongoDB
MongoDB Atlas	Servidor	SGBD Não Relacional, orientado a documentos, de licença gratuita.

Fonte: Do autor (2020).

4 RESULTADOS OBTIDOS

Foi utilizado um modelo previamente treinado do algoritmo *Haar Cascade* e disponível na biblioteca *OpenCV*. A etapa de validação do algoritmo implementado neste projeto utilizou uma base com 194 imagens disponível em <<https://data-flair.training/blogs/download-face-mask-data/>>. As imagens utilizadas foram distribuídas igualmente em duas classes, uma das classes possuía imagens da face de indivíduos utilizando máscaras de proteção individual e a outra continha imagens da face de indivíduos sem máscara.

O desempenho do algoritmo *Haar Cascade*, utilizado neste projeto para a detecção de faces que utilizavam ou não máscaras de proteção, foi realizado por meio das medidas de precisão, revocação e f_{β} -score (GEHANNO et al., 2009).

A precisão, revocação e f_{β} -score basearam-se nos valores obtidos pelo classificador a partir das ocorrências nas medidas de verdadeiro-positivo (TP ou, do inglês, true positive), falso-positivo (FP ou, em inglês, false positive), verdadeiro-negativo (TN ou, do inglês, true negative) e falso-negativo (FN ou, em inglês, false negative). As ocorrências atribuídas à categoria verdadeiro-positivo (TP ou, do inglês, true positive) referem-se ao número de classificações corretas de imagens com faces sem máscara, o valor de falso-positivo (FP ou, em inglês, false positive) refere-se às ocorrências de classificação incorreta de imagens com faces sem máscaras, o valor de verdadeiro-negativo (TN ou, do inglês, true negative) refere-se às ocorrências da classificação correta de imagens com faces e máscara e, finalmente, o valor de falso-negativo (FN ou, em inglês, false negative) refere-se às ocorrências da classificação incorreta de imagens com faces e máscara. A Tabela 2 mostra a matriz de confusão e distribuição dos valores de VP, FP, FN e VN.

Tabela 1 - Matriz de confusão

		Valor verdadeiro	
		Classe Positiva	Classe Negativa
Predição	Classe Positiva	90 (TP)	54 (FP)
	Classe Negativa	7 (FN)	43 (TN)

Fonte: Do autor (2020).

A precisão é definida pelo cálculo exemplificado na Equação 1, onde TP é dividido pela soma entre TP e FP.

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

Equação 1. Cálculo da Precisão

A revocação é definida pelo cálculo entre as avaliações corretas TP e sua divisão pela soma de TP e FN como demonstrado na Equação 2.

$$R = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

Equação 2. Cálculo da Precisão

Por sua vez, o f_{β} score (MAGDY; JONES, 2010), representado na Equação 3, é a média harmônica entre Precisão e Revocação, sendo que os parâmetros P e R são representados respectivamente pelos valores de Precisão e Revocação. O parâmetro β pode

ser utilizado para atribuir pesos diferentes às medidas utilizadas na equação. Na avaliação de desempenho utilizada neste projeto o β recebeu valor igual a 1, dessa forma, Precisão e Revocação possuem a mesma importância.

$$f_{\beta}score = \frac{(1+\beta^2)*(P*R)}{\beta^2*P+R} \quad (3)$$

Equação 3. Cálculo de $f_{\beta}score$

Por meio das equações 1, 2 e 3, foi possível obter os valores de precisão, revocação e f-score apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados obtidos de Precisão, Revocação e F1-score

Precisão	Revocação	F1-score
0,63	0,93	0,75

Fonte: Do autor (2020).

4.1 PROTÓTIPO

A figura 5 mostra a tela inicial do protótipo desenvolvido. A região da figura tracejada em azul mostra o vídeo em tempo real, captado pela câmera e submetido ao algoritmo de visão computacional. A segunda região, tracejada em verde claro, mostra um carrossel de fotos com a face dos indivíduos, extraídas do vídeo, que não utilizavam máscaras de proteção. A terceira região, tracejada em laranja, mostra o gráfico quantitativo da ocorrência de indivíduos que não utilizavam máscaras em determinado período (mensal, semanal ou diário). A demonstração em vídeo do MVP está disponível no endereço https://youtu.be/QmCs_piHZkw. O repositório da solução pode ser acessado no endereço <https://github.com/Eskandar1/Ipkiss>.

Figura 4 - Protótipo do Sistema Web desenvolvido.



5 CONCLUSÃO

Considerando a atual pandemia da COVID-19 e a necessidade de cuidados quanto à proliferação do vírus, este trabalho apresenta uma aplicação do uso de técnicas de visão computacional para o monitoramento do uso de máscaras faciais. Foi desenvolvida uma aplicação web que permite a detecção e o registro de imagens de faces de pessoas que não estão utilizando máscaras, podendo ser facilmente implantada em dispositivos de baixo custo.

O sistema foi capaz de detectar faces que estavam sem máscara de proteção com uma precisão de 63% e registrar as ocorrências em banco de dados. Isto permite, desta forma, que os gestores de determinado ambiente, onde a aplicação esteja monitorando, possam acompanhar a necessidade de implantação de medidas efetivas de combate e prevenção da contaminação.

Partes deste trabalho foi publicado no Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP (CONICT) 2020 e um trabalho estendido, comparando com um método de Aprendizado Profundo foi aceito para publicação na Revista Científica General José María Córdova (RCGJMC) da Colômbia. Como proposta de trabalho futuro, pretende-se

implementar novas técnicas de Aprendizado Profundo, visando aumentar a precisão da solução.

REFERÊNCIAS

- ALMANZA, J. C. M. Visão Computacional e Aprendizagem Automática para Aplicações em agropecuária e Ciências Forenses. p. 24, jun. 2018.
- ARAUJO ZENI, L. F. D.; ROSITO JUNG, C. **Real-Time Gender Detection in the Wild Using Deep Neural Networks**. . In: 2018 31ST SIBGRAPI CONFERENCE ON GRAPHICS, PATTERNS AND IMAGES (SIBGRAPI). Porto Alegre, Brazil: IEEE, 2018Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1109/SIBGRAPI.2018.00022>>
- BACKES, A. R.; JUNIOR, J. J. DE M. S. **Introdução à Visão Computacional Usando MATLAB**. Rio de Janeiro, Brazil: Alta Books Editora, 2016.
- BOTELHO DE SOUZA, G.; PAPA, J. P.; MARANA, A. N. **On the Learning of Deep Local Features for Robust Face Spoofing Detection**. . In: 2018 31ST SIBGRAPI CONFERENCE ON GRAPHICS, PATTERNS AND IMAGES (SIBGRAPI). IEEE, 2018Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1109/sibgrapi.2018.00040>>
- CHANG, A. **Documentation - Materialize**. Disponível em: <<https://materializecss.com/>>. Acesso em: 14 ago. 2020.
- CLARK, A. **Pillow: Python Imaging Library**. [s.l: s.n.].
- DIÁRIO OFICIAL DE SÃO PAULO. **Decreto 59396 2020 de São Paulo SP**. Disponível em: <<https://bit.ly/3hbJGbb>>. Acesso em: 24 maio. 2020.
- DIROLF, M. **pymongo: Python driver for MongoDB**. [s.l: s.n.].
- FINIZOLA, J. S. et al. **Comparative study between Deep Face, Autoencoder and Traditional Machine Learning Techniques aiming at Biometric Facial Recognition**. 2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). **Anais...** In: 2019 INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON NEURAL NETWORKS (IJCNN). Budapest, Hungary: jul. 2019Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8852273>>
- GEHANNO, J.-F. et al. Precision and recall of search strategies for identifying studies on return-to-work in Medline. **Journal of occupational rehabilitation**, v. 19, n. 3, p. 223–230, set. 2009.
- HEWINGS-MARTIN, Y. **How do SARS and MERS compare with COVID-19?** Disponível em: <<https://www.medicalnewstoday.com/articles/how-do-sars-and-mers-compare-with-covid-19>>. Acesso em: 3 jun. 2020.
- JS.FOUNDATION, J. F.-. **jQuery**, 2020. Disponível em: <<https://jquery.com/>>. Acesso em: 14 ago. 2020
- KISSLER, S. M. et al. Projecting the transmission dynamics of SARS-CoV-2 through the postpandemic period. **Science**, v. 368, n. 6493, p. 860–868, 22 maio 2020.
- KUNZ, G. **Chartist - Simple responsive charts**. Disponível em: <<https://gionkunz.github.io/chartist-js/>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

MAGDY, W.; JONES, G. J. F. **PRES: a score metric for evaluating recall-oriented information retrieval applications**. Proceedings of the 33rd international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval. **Anais...: SIGIR '10**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 19 jul. 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/1835449.1835551>>. Acesso em: 29 ago. 2020

MONGODB, INC. **Managed MongoDB Hosting | Database-as-a-Service**. Disponível em: <<https://www.mongodb.com/cloud/atlas>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

OPENCV TEAM. **OpenCV**. Disponível em: <<https://opencv.org/>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

PALLETS. **Welcome to Flask — Flask Documentation (1.1.x)**. Disponível em: <<https://flask.palletsprojects.com/en/1.1.x/>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

PONTES, R. **Inteligência Artificial Nos Investimentos**. Rio de Janeiro, Brazil: Clube de Autores (managed), 2011.

PORTAL DO GOVERNO. **Governo de SP apresenta Sistema de Monitoramento Inteligente contra coronavírus**. Disponível em: <<https://bit.ly/3bI4FBe>>. Acesso em: 3 jun. 2020a.

PORTAL DO GOVERNO. **Isolamento social em SP é de 49%, aponta Sistema de Monitoramento Inteligente**. Disponível em: <<https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/isolamento-social-em-sp-e-de-49-aponta-sistema-de-monitoramento-inteligente/>>. Acesso em: 3 jun. 2020b.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **io — Core tools for working with streams — Python 3.8.5 documentation**. Disponível em: <<https://docs.python.org/3/library/io.html>>. Acesso em: 14 ago. 2020a.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **base64 — Base16, Base32, Base64, Base85 Data Encodings — Python 3.8.5 documentation**. Disponível em: <<https://docs.python.org/3/library/base64.html>>. Acesso em: 14 ago. 2020b.

REIS, F. **Estudo avalia eficácia das máscaras de proteção no combate ao coronavírus**. Disponível em: <<https://pfarma.com.br/coronavirus/5399-eficacia-mascaras.html>>. Acesso em: 17 jun. 2020.

VIEIRA, J. M. et al. What do we know about COVID-19? A review article. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 66, n. 4, p. 534–540, abr. 2020.