

**MARCOS AGENOR LAZARINI**

Uma revisão sistemática da literatura referente à acurácia dos algoritmos de reconhecimento facial em tempo real aplicáveis em controle de acesso que utiliza IoT

São Paulo

2022

MARCOS AGENOR LAZARINI

Uma revisão sistemática da literatura referente à acurácia dos algoritmos de reconhecimento facial em tempo real aplicáveis em controle de acesso que utiliza IoT

Monografia apresentada ao PECE- Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a conclusão do curso de MBA em *Internet of Things*.

Área de Concentração: *Internet of Things*

Orientador: Prof. Dr. Rogério Rossi

São Paulo

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Catálogo-na-publicação

Lazarini, Marcos Agenor

Uma revisão sistemática da literatura referente à acurácia dos algoritmos de reconhecimento facial em tempo real aplicáveis em controle de acesso que utiliza IoT / M. A. Lazarini -- São Paulo, 2022.

80 p.

Monografia (MBA em Internet of Things) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.IoT, reconhecimento facial, controle de acesso, acurácia  
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

LAZARINI, Marcos Agenor

TÍTULO: Uma revisão sistemática da literatura referente à acurácia dos algoritmos de reconhecimento facial em tempo real aplicáveis em controle de acesso que utiliza IoT

Monografia apresentada ao PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a conclusão do curso de MBA em *Internet of Things*.

Aprovado em: **09/02/2022**

**Banca Examinadora**

Prof(a). Dr(a). **Rogério Rossi**  \_\_\_\_\_

Instituição: USP-PECE

Julgamento: Aprovado

Prof(a). Dr(a). **Carlos Eduardo Cugnasca**  \_\_\_\_\_

Instituição: Escola Politécnica - USP

Julgamento: Aprovado

Prof(a). Dr(a). **Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho**  \_\_\_\_\_

Instituição: Escola Politécnica - USP

Julgamento: Aprovado

## DEDICATÓRIA

A Deus e a minha amada família, esposa e filhos, motivos da minha alegria de vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por iluminar minha vida oferecendo oportunidades que desejo aproveitá-las.

À minha amada família, esposa e filhos, sempre presentes, motivadores e companheiros para toda a vida.

Ao professor orientador Rogerio Rossi, dotado de incomparável paciência e singular habilidade em transferir seus conhecimentos.

Ao professor coordenador Kechi Hirama, sendo o responsável pelo MBA em IoT que soube disponibilizar um curso em alto nível mesmo na adversidade dos anos de 2020 e 2021.

À Universidade de São Paulo – USP que proporcionou ambiente acadêmico que incentiva a investigação e a inovação.

À Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP que através do PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia e dos seus professores doutores, proporcionou um ambiente acadêmico de excelente nível para a atualização e disseminação do conhecimento para nós engenheiros.

## RESUMO

**LAZARINI, M.A. Uma revisão sistemática da literatura referente à acurácia dos algoritmos de reconhecimento facial em tempo real aplicáveis em controle de acesso que utiliza IoT.** 2022. 80. Monografia (MBA em *Internet of Things*).

Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2020.

A técnica de reconhecimento facial em tempo real tem recebido constantemente novas aplicações, e a importância de estudar a acurácia destes sistemas está associada à credibilidade e confiança de suas respostas. Por esta razão, o objetivo deste trabalho é reconhecer a acurácia dos algoritmos que são usados atualmente por sistemas de controle de acesso que utilizam Internet das Coisas. Para isso, o trabalho desenvolveu uma Revisão Sistemática da Literatura que pesquisou os mais recentes artigos científicos, publicados entre 2018 a 2021, obtendo noventa e oito artigos, dos quais um total de quatorze foram selecionados. O resultado da pesquisa respondeu que a melhor taxa de acurácia é de 98% e está presente em três artigos com diferentes casos de aplicação, onde as Redes Neurais Artificiais correspondem a 21% dos casos de uso - tendo como destaque a Rede Neural Convolucional - e o algoritmo Viola-Jones que está presente em 19% dos casos de uso. Além disso, a pesquisa encontrou dois casos de uso de reconhecimento facial associado ao controle de acesso que utilizam Internet das Coisas, sendo um aplicado em controle de acesso a ambientes e outro para cidades inteligentes.

Palavras-chave: Internet das Coisas; reconhecimento facial; controle de acesso; acurácia.

## ABSTRACT

LAZARINI, M.A. **A systematic review of the literature regarding the accuracy of real time face recognition algorithms applicable in access control using IoT.** 2022. 80. Monografia (MBA em *Internet of Things*). Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2020.

The Face Recognition techniques in real time has constant received new applications, and the importance of studying the accuracy of these systems is associated with the credibility and reliability of their responses. For this reason, the objective of this work is to acknowledge the accuracy of the algorithms that are currently using by Internet of Things access control systems. In attention on it, this work developed a Systematic Literature Review that searched the most recent scientific articles, published between 2018 to 2021, and obtained ninety-eight articles, of which a total of fourteen articles were selected. The research result answered that the best accuracy rate is 98% and it's present in three articles with different application cases, where Artificial Neural Network correspond to 21% of use cases with the Convolutional Neural Network as the show up, and the Viola- Jones algorithm is present in 19% of the use cases. Furthermore, the search found two use cases of face recognition associated with access control that use Internet of Things where the first is applied in access control to environments and the second for smart cities.

Keywords: Internet of Things; face recognition; access control; accuracy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução das tecnologias de controle de acesso .....	14
Figura 2 – Representação dos blocos de construção do IoT .....	20
Figura 3 – Processo de reconhecimento facial .....	23
Figura 4 – Processo de reconhecimento facial ampliada .....	24
Figura 5 – Acurácia e Precisão .....	27
Figura 6 – Infográfico raciocínio pesquisa .....	31
Figura 7 – Algoritmos mais utilizados .....	48
Figura 8 – Arquitetura de rede neural convolucional para reconhecer dígitos .....	51
Figura 9 – Exemplo de convolução .....	51
Figura 10 – Exemplo de pooling .....	52
Figura 11 – Arquitetura rede neural convolucional destacando camada totalmente conectada .....	52
Figura 12 – Relação da acurácia apontado pelos artigos .....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela correspondência para capítulos presentes na RSL .....	30
Tabela 2 – Fontes de dados selecionados .....	32
Tabela 3 – Critérios de inclusão .....	33
Tabela 4 – Critérios de exclusão .....	33
Tabela 5 – <i>Strings</i> para pesquisa e busca .....	34
Tabela 6 – Resumo de resultado das pesquisas .....	37
Tabela 7 – Trabalhos analisados após aplicados os critérios de inclusão e exclusão .....	38
Tabela 8 – Características sumarizadas dos artigos selecionados .....	46
Tabela 9: Algoritmos aplicados nas etapas do reconhecimento facial .....	49

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 MOTIVAÇÃO.....	12
1.2 OBJETIVO.....	16
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 MÉTODO DE PESQUISA.....	17
1.5 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA.....	18
2. FUNDAMENTAÇÃO CONCEITUAL.....	19
2.1 INTERNET DAS COISAS – IOT.....	19
2.2 RECONHECIMENTO FACIAL.....	22
2.3 CONTROLE DE ACESSO.....	25
2.4 ACURÁCIA.....	26
2.5 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO.....	28
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	29
3.1 FASE PLANEJAMENTO.....	31
3.1.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	31
3.1.2 DEFINIÇÃO DE FONTES DE DADOS.....	32
3.1.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.....	32
3.2 FASE CONDUÇÃO.....	34
3.2.1 SELEÇÃO DOS ARTIGOS.....	34
3.3 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO.....	35
4. EXTRAÇÃO DE DADOS.....	36
4.1 INTRODUÇÃO.....	36
4.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	36
4.3 SÍNTESE DOS ARTIGOS SELECIONADOS.....	37
4.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO.....	43
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	45
5.1 CARACTERÍSTICAS COMUNS AOS ARTIGOS SELECIONADOS.....	45
5.2 QUESTÃO DE PESQUISA PRIMÁRIA.....	47

5.2.1 ALGORÍTMOS DE RECONHECIMENTO FACIAL EM TEMPO REAL.....	50
5.2.1.1 REDES NEURAS ARTIFICIAIS.....	50
5.2.1.2 VIOLA-JONES .....	53
5.2.1.3 EIGENFACES .....	53
5.2.1.4 FISHERFACES .....	54
5.2.1.4 LBPH.....	55
5.2.1.5 OPENCV.....	55
5.3 QUESTÕES DE PESQUISA SECUNDÁRIAS.....	56
5.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO.....	58
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	59
6.1 CONCLUSÃO .....	59
6.2 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO .....	61
6.3 TRABALHOS FUTUROS .....	61
REFERÊNCIAS .....	62
APÊNDICE A .....	73

## 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, serão apresentadas as motivações para o desenvolvimento deste trabalho, contemplando a proposição inicial de pesquisa, o seu objetivo de interesse, a justificativa e o método de pesquisa aplicado. Ao final será apresentada a estrutura desta monografia.

### 1.1 MOTIVAÇÃO

A *Internet of Things* (IoT) (Internet das Coisas) inovou a forma de comunicação *Machine to Machine* (M2M) (Máquina para Máquina), o que significa que na prática há diferentes equipamentos coletando e trocando dados sem a necessidade de interferência humana e, ainda, funcionam em conjunto, o que agrega eficiência e agilidade às operações (VIVOMEUNEGOCIO, 2021). A IoT é realidade no cotidiano das pessoas, oferecendo, por exemplo, melhor qualidade de vida. Outra responsabilidade atribuída é que a IoT auxiliou a introduzir inteligência nos componentes e atualizou a automação, o controle e o gerenciamento de processos, habilitando as “coisas” e os homens a se comunicarem diretamente, tanto local como remoto, eliminando o provedor de serviços, (BAE; LEE e KIM, 2017).

A globalização e a redução no custo de produção de dispositivos eletrônicos têm colaborado para facilitar a expansão da IoT (CERQUEIRA *et al.*, 2019), promovendo a criação de novas aplicações e contribuindo com o aperfeiçoamento das aplicações existentes. O uso da IoT é amplo e ilimitado, podendo ser aplicada em todos os setores da economia, nos quais o gerenciamento de pessoas através do controle de acesso a ambientes restritos tem destaque importante (MAIA *et al.*, 2019), que são necessários e fundamentais para diferentes casos de uso, em destaque as cidades inteligentes, os serviços bancários, cadastros a serviços públicos e outros. Dada a sua importância, o controle de acesso é associado a segurança, no qual há muito investimento em tecnologia para melhorar os processos, diminuir as falhas e ampliar as funcionalidades a fim de garantir a confiança.

No entanto, os sistemas de controle de acesso são passíveis de falhas, fato que compromete a eficiência e a confiabilidade de todo este sistema. Para mitigar os hiatos na segurança do sistema de controle de acesso - como falhas na identificação do usuário – realiza-se muitos investimentos para melhorar as técnicas de

identificação que resultará em sistemas de controle de acesso mais assertivos, por serem mais exatos no processo de identificação de usuários. Para atender a todas essas demandas, o emprego de técnicas de biometria se mostrou eficiente em sistemas de controle de acesso, nos quais a Inteligência Artificial (IA) também possui destaque para o sucesso do sistema.

Segundo Vetter (2010), sistemas biométricos são compostos de dispositivos desenvolvidos para capturar sinais e/ou informações biométricas do indivíduo - face, íris, impressão digital - para posteriormente serem comparadas com um banco de dados. O importante, conforme Candelu (2020), é entender que a biometria é uma chave única para cada pessoa, sendo o reconhecimento biométrico da face o estado da arte entre todas as tecnologias.

A biometria é uma palavra que se origina do grego, composta por “bio” - que significa vida - e por “métron” - que significa medida (LOURENÇO, 2009). Em síntese, são os conceitos da aplicação e das técnicas que estudam as características físicas e comportamentos dos seres humanos (GUGLINSKI, 2013). É com este propósito que no ano de 1883, Alphonse Bertillon, Chefe do Departamento de Polícia de Paris, criou o antropométrico: o primeiro sistema preciso, baseado nas medidas corporais humanas, utilizado para identificar criminosos (MARCONDES, 2020). Com isso ele abriu o caminho para futuras abordagens semiautomáticas e automáticas que foram apresentadas em 1964 (CANDELU, 2020).

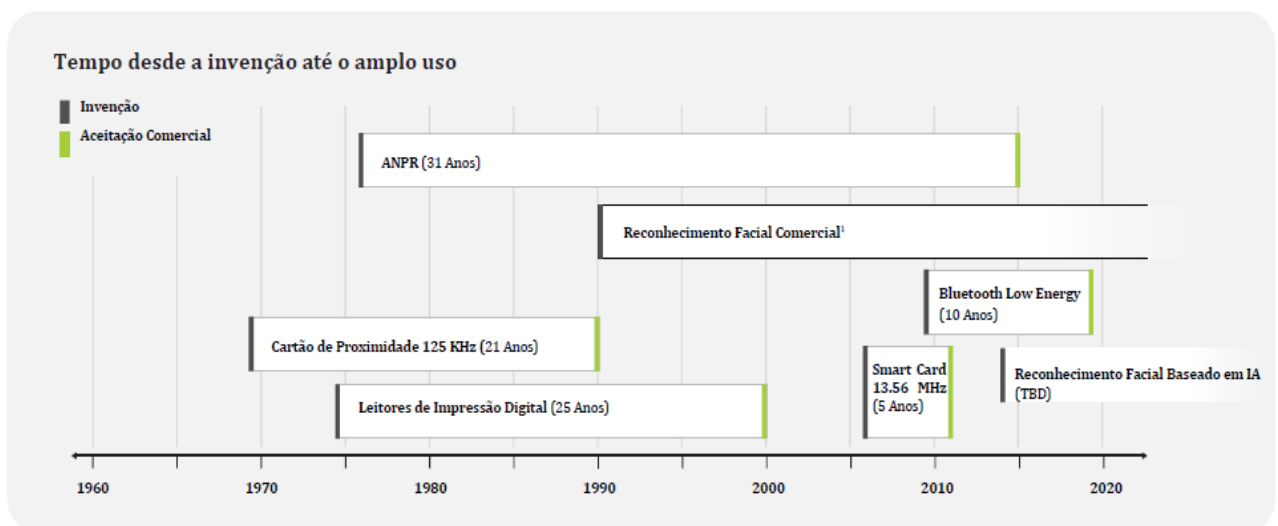
O reconhecimento facial utiliza um atributo exclusivo a cada indivíduo, que é o seu rosto. Possui as vantagens de não ser intrusivo, pois ocorre sem o contato físico com o indivíduo, muito seguro e com alta taxa de exatidão ou acurácia, com rapidez e pode ser aplicado na infraestrutura existente - como exemplo nas câmeras de segurança dos ambientes internos e externos -, além disso, os sistemas são auditáveis (CANDELU, 2020).

Em síntese, o reconhecimento facial funciona comparando as características faciais pré-selecionadas de uma pessoa com as que estão armazenadas em um banco de dados (ORVALHO, 2019). Esses sistemas utilizam algoritmos para rastrear e mapear padrões de uma face humana em formatos geométricos e logarítmicos, para então identificar as suas características únicas, sendo possível reconhecer e destacar as características do indivíduo, tais como o formato do rosto, suas marcas e/ou

cicatrizes, distância e profundidade de olhos, entre outros detalhes (MENEZES, 2020).

O estado da arte para o controle de acesso está no reconhecimento facial associado à IA, conforme estudo realizado e publicado pela empresa REALNetworks e que está apresentado na figura 1.

Figura 1. Evolução das tecnologias de controle de acesso



Fonte: extraído de (CANDELU, 2020)

Outrossim, se faz crescente a aplicação da IoT no cotidiano das pessoas e das corporações, transformando a interação da máquina com o homem que resultam em maior segurança para os indivíduos e corporações, conforto, eficiência, praticidade e economia. A expansão da IoT é intensa e constante, sendo que o Gartner (2018) prevê, em seu relatório, que para 2021 o número de dispositivos de IoT conectados esteja entre os 25 bilhões.

A IoT e o reconhecimento facial são tópicos importantes nas pesquisas acadêmicas e também na indústria, que resultou em soluções inovadoras que já estão em uso – como as câmeras de vigilância inteligentes, presentes e úteis para a gestão de cidades, edifícios e residências inteligentes, além de compor os sistemas de controle de acesso massivo de pessoas - tais como estações de transporte público,

plantas industriais, aeroportos, *shopping centers* e estádios de futebol -, contemplando vários objetivos sociais ou mesmo de segurança: reconhecimento de pessoas perdidas, criminosos, contagem de população e outros exemplos semelhantes (CALDAS *et al.*, 2019)

A utilização do reconhecimento facial em controle de acesso, por ser pouco intrusivo, é traduzida em vantagens para a operação, além de possuir maior agilidade na coleta de dados e precisão em sua interpretação, podendo ser realizada com as próprias câmeras de segurança existentes no local. Adicionalmente, os atuais sistemas de controle de acesso disponibilizam outras funções úteis, tais como a medição de temperatura e a confirmação de presença da máscara - que é uma medida sanitária necessária durante os períodos de pandemia - e, além disso, possuem facilidade de implantação. Como exemplo, Amin, Ahmad e Ali (2016) apresentam, em seu trabalho, um esquema de reconhecimento de rosto descentralizado, usando câmeras de vigilância distribuídas, utilizando tecnologia IoT e tudo em conjunto com uma arquitetura em nuvem. O destaque nesse estudo é o uso do algoritmo de detecção Viola-Jones (Viola; Jones, 2001) que trouxe avanço nas técnicas de detecção de faces, a qual pode ser aplicada em câmeras para o reconhecimento facial em tempo real com baixa porcentagem de falsos positivos, isto é, boa acurácia.

A acurácia é relevante para garantir o sucesso dos sistemas baseados na tecnologia de reconhecimento facial e muito utilizado na indústria para prestigiar seus produtos, pois quanto mais próximo do 100% melhor é o seu sistema. Outrossim, estes sistemas estão sujeitos às mesmas dependências dos olhos humanos, assim como o ângulo de visão, distanciamento do alvo, iluminação e ainda são dependentes da condição operacional do banco de imagens (UCCIFERRI, 2019), pois a sua qualidade ofende diretamente no desempenho de todo o sistema de controle de acesso.

O dinamismo das sociedades contemporâneas mostra sua rápida adaptação na adoção de sistemas digitais no seu cotidiano. Esses fatos geraram argumentos suficientes para motivar a evolução de casos de uso com tecnologias disruptivas que estão cada vez mais complexas e que exigem mecanismos de controle de acesso mais robustos, confiáveis, seguros e que sejam de fácil uso. Tudo isso reforça que o atual cenário é muito favorável para a tecnologia, a qual está em grande momento

evolutivo, com custos em declínio, indústria e academia motivados a ampliarem seus estudos para fazerem uso de outras funcionalidades, integrando com outros sistemas complementares tornando cada vez mais ubíqua.

A técnica de reconhecimento facial, aplicada no controle de acesso, está cada vez mais recebendo novas aplicações que, motivadas pelo setor privado, buscam expandir seus mercados, se tornando uma ferramenta muito útil para os sistemas IoT (COSTA; NEGRI; OLIVEIRA, 2020) - uma vez que colaboram e auxiliam na capacidade do cérebro humano em processar, memorizar e se lembrar de milhares de faces com as quais se deparam diariamente (VU, 2018).

O reconhecimento facial é a fase inicial dentro de um sistema de controle de acesso que utiliza IoT e, por isso, é pressuposto que esteja operando corretamente, dada a importância de garantir a eficiência de todo o sistema de controle de acesso que é traduzida em alto nível de acurácia - o que impacta diretamente na confiabilidade no sistema.

O importante a ser entendido é que um sistema de controle com reconhecimento facial é um software programado para reconhecer e identificar faces em um banco de dados selecionado (COSTA; NEGRI; OLIVEIRA, 2020), utilizando biometria para mapear as características faciais de uma pessoa; variando as técnicas, mas sempre partindo de etapas comuns, como descrito por Wechsler (2009).

## 1.2 OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para investigar e identificar quais são os algoritmos que apresentam as melhores taxas de acurácia no reconhecimento facial em tempo real aplicáveis em controle de acesso que utilizam IoT. Para isso, a pesquisa realizada considera artigos publicados no período de 2018 a 2021.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Devido à importância e o valor que a acurácia do reconhecimento facial em tempo real tem para os sistemas de controle de acesso que utilizam IoT, é que se torna necessário aprender quais são os atuais algoritmos empregados para se obter a melhor performance desses sistemas, incluindo seus resultados oferecidos.

A literatura contempla vários argumentos considerados relevantes e motivadores para a utilização da tecnologia, tornando-se possível destacar a sua facilidade de implantação, alto grau de precisão e viável integração com IA e com dispositivos IoT. Adicional, a tecnologia de reconhecimento facial em tempo real proporciona diversas e diferentes utilizações, gerando novas aplicações para agilizar a vida das pessoas, aumentar a segurança nos negócios e até mesmo explorar novas possibilidades de marketing (FRAGOSO; ROBERTO; SIMÃO, 2020).

No entanto, o destaque do reconhecimento está em não ser invasivo, facilmente coletar dados - sem que as pessoas tenham a ciência -, e pode ser aproveitada a infraestrutura de câmeras de segurança instaladas em edifícios e nas cidades, como é o caso da segurança pública do governo brasileiro que colocou em operação o reconhecimento facial em cidades brasileiras para atender a vários objetivos - incluído o controle de acesso em fronteiras, (AGENCIA BRASIL, 2019). O reconhecimento facial em tempo real integrado com inteligência artificial está facilitando que os agentes de segurança se antecipem às ações maliciosas de suspeitos e naturalmente melhorando a qualidade de vida dessas cidades (LIMA *et al.*, 2020).

A RSL traz vantagens de ser uma tarefa sistemática e investigativa capaz de evidenciar através de estudos de dados coletados de trabalhos secundários e responder à questão de pesquisa. Desta forma, justifica-se a utilização da RSL para o presente trabalho, por ser útil em “identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidencias” (GALVÃO; PEREIRA, 2014) e nos trabalhos similares apresentados por Vicari (2021), Matos (2021) e Vieira (2021) que fazem uso do IoT em conjunto com o reconhecimento facial.

#### 1.4 MÉTODO DE PESQUISA

Para este trabalho, a metodologia de desenvolvimento de pesquisa e estudos é uma RSL que, segundo a proposta de Galvão e Pereira (2014), pelo menos uma pergunta de pesquisa deve ser formulada como base para a busca na literatura e seleção dos artigos, extração dos dados com a avaliação da qualidade metodológica, síntese das informações, análise da qualidade das evidencias e, por fim, publicação da redação dos resultados.

Os procedimentos e análises realizadas - bem como os resultados da pesquisa -, estão orientados a esclarecer o objetivo deste trabalho, e são apresentadas as conclusões baseadas no resultado da pesquisa e apresentadas sugestões de trabalhos futuros.

## 1.5 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

Para atender ao objetivo apresentado, este trabalho está estruturado conforme:

O capítulo 1 INTRODUÇÃO, apresenta as motivações, justificativas e objetivos e por fim o método que será utilizado para estudar a questão de pesquisa.

O capítulo 2 FUNDAMENTAÇÃO CONCEITUAL, apresenta fundamentos teóricos a respeito dos quatro campos de estudos que são pertinentes à pesquisa iniciando com a IoT, por ordem de sequência será o reconhecimento facial e controle de acesso para concluir com acurácia relacionada ao reconhecimento facial.

Capítulo 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS, detalha o processo do desenvolvimento da RSL contemplando importantes etapas que são a questão de pesquisa e os critérios para inclusão ou exclusão.

Capítulo 4. EXTRAÇÃO DOS DADOS, detalha o resultante do trabalho de pesquisa de maneira lógica e segmentada.

Capítulo 5 ANÁLISE DE RESULTADOS, apresenta as análises e os resultados da pesquisa.

Capítulo 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS, apresenta a conclusão do trabalho, tomando como base os resultados do capítulo 5, as contribuições provenientes deste trabalho e finalizando com as sugestões para trabalhos futuros.

As REFERÊNCIAS contemplam as referências bibliográficas citadas neste trabalho e o trabalho é finalizado com o Apêndice A que contempla todos os artigos encontradas pela RSL que foram excluídos conforme critério de inclusão e exclusão.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO CONCEITUAL

Este capítulo tem por propósito apresentar fundamentos conceituais e teóricos a respeito dos quatro campos de estudos pertinentes à pesquisa, considerando que são vinculados e dependentes para a construção do tema de pesquisa deste trabalho e que serão utilizados no desenvolvimento do documento.

O assunto central desse trabalho é composto e integrados; necessários para responder à questão de pesquisa que é a acurácia de algoritmos de reconhecimento facial em tempo real.

Se apresenta inicialmente o conceito de IoT e em sequência são abordados o reconhecimento facial, o sistema de controle de acesso e finalizado com a acurácia relacionada ao reconhecimento facial.

### 2.1 INTERNET DAS COISAS – IOT

A IoT ainda não possui uma definição universal, visto que assume diferentes perspectivas dependendo da abordagem dos autores, das agências ou dos institutos normativos (IBARRA-ESQUER *et al.*, 2017). No entanto, é mais fácil esclarecer que IoT tem como padrão a integração de diversos processos como: identificação, detecção, rede, computação; incluindo um vasto campo para a inovação tecnológica, capaz de facilitar, em larga escala, a interação de usuários com as “coisas” (ČOLAKOVIĆ; HADŽIALIĆ, 2018). As aplicações IoT são dinâmicas, cada vez mais ubíquas e presentes no dia-a-dia das pessoas e das sociedades, e com inúmeros casos de uso. A IoT é um conjunto de tecnologias que são complementares e integram os objetos físicos com os do mundo virtual e, segundo Santos *et al.* (2016), pode ocorrer através da internet ou de alguma rede, para que remotamente sejam acessados por um outro dispositivo para serem controlados.

A origem do termo IoT, que é apresentado na literatura, está comentado pelo próprio Ashton (2009) em seu trabalho intitulado “*I made at Procter & Gamble*” de 1999. Inicialmente, estava associado ao uso da tecnologia *Radio Frequency Identification* (RFID) (Identificação por Radio Frequência). A partir de 2005, a sua procura se tornou mais evidente nas pesquisas realizadas pela indústria e pela academia, motivados pela evolução das relações de IoT com Rede de Sensores Sem Fio (RSSF). Desde então, a tecnologia tem evoluído constantemente, sendo

considerada uma tecnologia emergente já em 2012 - segundo relatório do Gartner (2015).

A IoT também pode ser entendida como a associação de diversas tecnologias - tais como sistemas embarcados e de comunicação de dados, a microeletrônica e os sensores (SANTOS *et al.*, 2016) -, onde a integração entre os objetos, físicos e virtuais, deve ser viável e confiável. Na literatura é encontrado a representação dos blocos básicos de construção da IoT, conforme a figura 2: (SANTOS *et al.*, 2016).

Figura 2. Representação dos blocos básicos de construção da IoT



Fonte: extraído de (SANTOS *et al.*, 2016)

- Identificação: bloco que se destaca porque é responsável pela importante tarefa de reconhecimento e identificação de cada um dos objetos para depois conectá-los à Internet (SANTOS *et al.*, 2016).

- Sensores/Atuadores: são os responsáveis por coletar informações do ambiente onde os objetos se encontram e, também, armazenar e encaminhar para os

centros de armazenamento que pode estar localmente, na *clouds* ou em um *data-warehouse* (SANTOS *et al.*, 2016).

- Comunicação: trata de diferentes técnicas utilizadas para prover a comunicação entre os objetos inteligentes. Atualmente, as tecnologias disponíveis e mais utilizadas são WiFi, Bluetooth, Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) 802.15.4 e RFID. Também diz respeito ao consumo de energia das “coisas”, fator crítico que influencia a performance (SANTOS *et al.*, 2016).

- Computação: é a unidade de processamento, por exemplo, microcontroladores, processadores e *Field-programmable Gate Array* (FPGA) (Matriz de Portas Programáveis em Campo), que são responsáveis por executarem algoritmos locais nos objetos inteligentes (SANTOS *et al.*, 2016).

- Serviços: a IoT fornece diversas classes de serviço, e o de identificação é um típico exemplo que tem a atribuição de mapear todas as entidades físicas presentes no serviço. Outros exemplos são: a) Serviços de Agregação de Dados: coletam e resumizam dados homogêneos/heterogêneos; b) Serviços de Colaboração e Inteligência: agregam dados fundamentais para tomada de decisões; c) Serviços de Ubiquidade: prover serviços de colaboração e inteligência em qualquer lugar e momento (SANTOS *et al.*, 2016).

- Semântica: é a capacidade de extrair conhecimento dos objetos para a IoT. Está associada ao uso eficiente da IoT e em como prover um serviço. Exemplos de técnicas possíveis para uso: *Resource Description Framework* (RDF) (Estrutura de descrição de recursos), *Ontology Web Language* (OWL) (Linguagem de Ontologia da Web), *Efficient xml Interchange* (EXI) (Intercambio XML Eficiente, tradução nossa) (SANTOS *et al.*, 2016).

O crescente desenvolvimento das tecnologias para IoT está possibilitando que ela esteja cada vez mais global, inteligente, interativa e pervasiva (SANTAELLA *et al.*, 2013), revelando novas aplicações e motivando o desenvolvimento de soluções criativas que quebram paradigmas presentes, por exemplo, na logística de transporte de cargas e pessoas, na indústria, em centros urbano e rural, no agronegócio e nas tecnologias que identificam o acesso de pessoas e usuários através do reconhecimento facial e dos seus comportamentos - tarefa de importante destaque em setores de negócio como o comércio ou sistema financeiro e também no setor de

segurança pública ou privada (SANTAELLA *et al.*, 2013; PICHETJAMROEN.; POLPRASERT; VORAKULPIPAT, 2021).

Com este cenário, o desafio para IoT é possuir aplicações e algoritmos capazes de lidarem com a diversidade dos dados obtidos, a fim de não comprometer a confiabilidade do sistema, principalmente dos utilizados para controle de acesso, uma vez que as informações coletadas, pelos objetos, podem apresentar imperfeições – caracterizadas como dados oriundos de sensores mal calibrados, dados fora de ordem - que geram inconsistências - ou até mesmo a fusão de dados gerados por diferentes tipos pessoas e sensores físicos (SANTOS *et al.*, 2016).

## 2.2 RECONHECIMENTO FACIAL

O reconhecimento facial é muito estudado e caracterizado pela multidisciplinidade de pesquisa, porque utiliza o reconhecimento de padrões, processamento de imagens, visão computacional e redes neurais. Além disso, é presente em aplicações, tais como biometria, controle de acesso, aplicação de leis, sistema de segurança pública e vigilância (PRASANNA; REDDY, 2017). Como explicado por Prado (2018), o reconhecimento facial deve realizar a identificação de padrões como o formato da face, nariz, boca, distância dos olhos entre outros. A coleta dessas informações é categorizada em métodos não intrusivos, pois é realizada sem a necessidade da interação direta do indivíduo, bastando apenas uma câmera focada e apta a capturar imagem da pessoa e um sistema que esteja apto a dar seguimento ao reconhecimento facial e posterior identificação (FAGERTUN, 2005).

Outro detalhe de destaque é que a técnica tem um custo baixo, quando considerado o aproveitamento da infraestrutura de câmeras de segurança existente, que podem ser utilizadas para compor este sistema sofisticado capaz de reconhecer pessoas através de padrões de face (SOUZA, 2020).

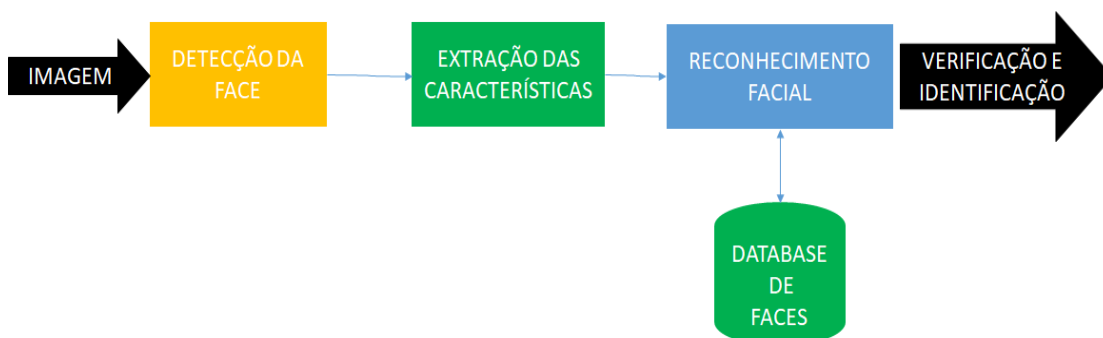
Nesse ponto, é interessante entender que a primeira parte do sistema é a identificação do indivíduo através de sua face, e esta ação pode ser colaborativa ou não colaborativa. Entende-se que o processo de reconhecimento facial colaborativo é aquele onde o indivíduo realiza de maneira espontânea, atende aos pré-requisitos do sistema que geralmente contemplam a distância do alvo à câmera, iluminação e pose, concluindo, o indivíduo permite que a câmera faça a leitura da sua face. São exemplos

de controle de acesso, na qual a face é a chave para logar, como os atuais sistemas de destravamento de tela, dos *smartphones*, que utilizam reconhecimento facial. Já os processos não colaborativos são os casos onde o indivíduo não tem a intenção de ter o seu rosto identificado. O indivíduo pratica o disfarce usando máscaras, óculos, barbas, caminha de cabeça abaixada, dentre outros vários métodos para dificultar a coleta de dados do seu rosto (PLACCA; VIEIRA, 2019).

Sendo um exemplo de aplicação de IA, o reconhecimento facial trata do aprendizado de máquina, pois podem ser treinados para reconhecerem atributos físicos diversos de uma imagem de um rosto humano e estimar a porcentagem de semelhança entre esta imagem e a que está em um banco de dados de referência. Tal aplicação pode ser exemplificada com o sistema de transporte público gratuito: há um banco de imagens com fotos de estudantes com direito a este transporte, quando um desses estudantes for utilizá-lo, sua imagem será capturada e comparada ao banco de dados, permitindo, ou não, sua passagem (BRADÃO; OLIVEIRA, 2021).

O processo de reconhecimento facial de um indivíduo típico pode ser realizado em três tarefas específicas: 1) detecção da face: responsável por identificar e localizar a imagem como a de rosto humano; 2) extração das características: fará a vetorização da face humana da etapa anterior, extraíndo e convertendo em dados os padrões do rosto do indivíduo; 3) reconhecimento facial: é a etapa final, quando se dará o reconhecimento facial - a comparação desses dados com o banco de dados e a tomada de decisão da identidade daquele rosto humano (KORTLI *et al.*, 2020). De forma resumida, o processo de reconhecimento baseia-se em identificar, verificar e reconhecer (COSTA, 2019). Como exemplificado na figura 3:

Figura 3. Processo de reconhecimento facial



Fonte: Adaptado de (KORTI *et al.*, 2020)

Entretanto, Fragoso, Roberto e Simão (2020) propõem que este processo seja mais detalhado e contemple seis etapas para o funcionamento de uma ferramenta de reconhecimento facial, que são: 1) captura da imagem, 2) detecção facial, 3) normalização, 4) extração de atributos, 5) registro e 6) análise. A figura 4 descreve o fluxo das atividades que integram o processo de reconhecimento facial.

O modelo mais detalhado, que está apresentado na figura 4, possui pormenor as funções do modelo da figura 3, porém mais subdivididas, esclarecendo que a detecção facial, que é descrita na figura 3, está decomposta pelas funções de captura de imagem e detecção facial. O processo de extração de características (segundo processo da figura 3) corresponde aos processos de normalização e extração de atributos (quarto processo da figura 4); e o de reconhecimento facial (terceiro da figura 3) possui similaridade com a análise e o descarte daquelas informações que não mais serão necessárias para o processo (último processo da figura 4).

Figura 4. Processo de reconhecimento facial ampliada



Fonte: extraído de (FRAGOSO, ROBERTO e SIMÃO, 2020)

A aplicação do reconhecimento facial é muito ampla. Hoje, está presente no cotidiano e com tendência de crescimento para novas e desafiadoras aplicações.

Entretanto, dentre os tantos objetivos válidos para o uso de um sistema de reconhecimento, aquele que a tecnologia tem como principal compromisso é o processo de identificação de uma pessoa determinada, e garantir que essa pessoa está, ou não, contemplada naquela base de dados utilizada para a verificação.

Os autores subdividem a identificação em três classificações: 1) classificação 1:1: para este caso a imagem é comparada com uma única identidade conhecida, sendo, basicamente, uma verificação; 2) classificação 1:N: este caso é uma identificação de face, pois a imagem será comparada com uma serie de imagens, conhecidas ou não, presentes em base de dados, a fim que seja determinada a sua identidade; 3) classificação N:N: para este caso o interesse é identificar várias faces em uma base de dados conhecida ou não conhecida, (MENEZES, 2020).

### 2.3 CONTROLE DE ACESSO

O controle de acesso é um conjunto de tecnologias, hardware e software, que dependem e coexistem com outros mecanismos de segurança, sendo que a autenticação tem grande destaque para a garantia operacional desse sistema. Seu objetivo é assegurar o acesso, unicamente, às entidades autenticadas quando na posse de uma autorização, uma vez que é característica do controle de acesso a função de autenticar e controlar as atividades de usuários legítimos (SAMARATI; SANDHU, 1994).

A crescente complexidade dos sistemas para os usuários *versus* a sua falta de experiência e habilidade com a tecnologia, se tornou desafio para o controle de acesso gerenciar a utilização de tais sistemas. No entanto, a IoT poderá auxiliar, facilitando e simplificando a autenticação de usuário - sem ofender os processos de controle de como os seus serviços serão acessados - e, ainda, estabelecendo uma experiência agradável e intuitiva (BREZOLIN, 2017).

Sendo assim, é considerado que a autenticação deva ser simples, exata e capaz de verificar a autenticidade da identidade de um usuário. Em resumo, autenticar está baseada em três pilares que são: 1) Conhecimento na informação que somente a entidade possui como são o *Login* e a Senha; 2) Propriedade de algo que a entidade possui que são as chaves físicas ou digitais como os *token*; 3) Características que são

únicas e intransferíveis e que somente o indivíduo possui, tais como impressão digital, a face e o comportamento. (ABADI; BURROWS; NEEDHAM, 1989)

Dentre os métodos de autenticação conhecidos - como senhas e *tokens* - o interesse deste trabalho está na autenticação biométrica do tipo reconhecimento facial. Como destacado por Cerqueira *et al.* (2019), os sistemas biométricos são úteis, por exemplo, para os casos quando for necessário que haja acesso físico direto, podendo oferecer uma solução escalável com a IoT, protegendo-a de acesso sem autorização, de troca de identidades ou evitando a checagem manual de credenciais.

A aplicação do controle de acesso e seu método de autenticação devem estar particularizados para cada um dos diferentes domínios de aplicação que, segundo Ouaddah *et al.* (2017), estão associadas a um dos domínios que podem ser assim divididos: 1) Pessoal e Doméstico: em escala individual, domiciliar e saúde; 2) Governo e Serviços Públicos: em escala de nação e/ou região da comunidade; 3) Empresa e Indústria: em escala de indústrias e grandes empresas. Para tanto, será importante analisar as vulnerabilidades para cada caso e projetar as políticas de controle de acesso. Essas políticas podem ser agrupadas em, pelo menos, três classes, sendo: *Discretionary Access Control* (DAC) (Controle de Acesso Discricionário, tradução nossa), *Mandatory Access Control* (MAC) (Controle de Acesso Mandatório) e *Role-Based Access Control* (RBAC) (Controle de Acesso Baseado em Função) (SAMARATI; VIMERCATI, 2000).

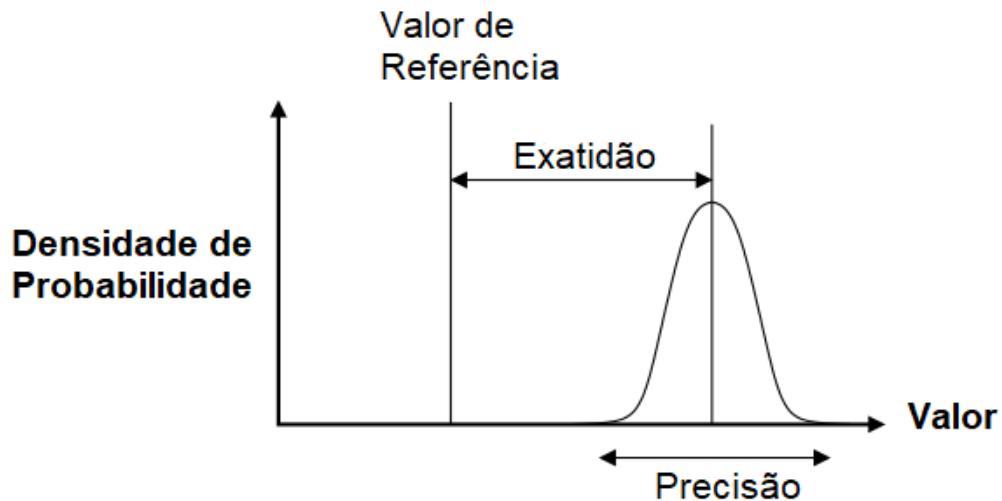
## 2.4 ACURÁCIA

Para entender “acurácia”, é fundamental saber que existem duas definições típicas: a primeira está associada às propriedades matemáticas, porque está relacionada a exatidão ou rigor de uma operação, e a segunda definição tem relação de uma medida de grandeza física que foi obtida por processos ou por instrumentos isentos de erro (ACURÁCIA, 2021). Por conta da sua essência, a importância da acurácia é grande e está presente nos estudos científicos e no mundo empresarial, pois através do índice de acurácia é possível interpretar o quanto bom ou ruim é o processo, o sistema, a solução etc.

A acurácia é um neologismo na língua portuguesa provindo do termo inglês *accuracy*, já constando nas edições dos dicionários modernos. Contudo, e de acordo

com a norma ABNT NBR ISO 5725-1:2018 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018), a acurácia pode ser tratada como a combinação entre a exatidão e precisão (PORTALFÍSICA, 2018).

Figura 5. Acurácia e Precisão



Fonte: extraído de (PORTALFISICA, 2018)

Desta maneira, a acurácia é, verdadeiramente, exatidão mais precisão. Sendo que a variável “precisão” está diretamente ligada com a dispersão da distribuição das observações, enquanto a variável “exatidão” informa sobre o quão próximo o valor medido está em relação ao valor verdadeiro (FOCUSMETROLOGIA, 2020).

Tomando como base as definições apresentadas neste subcapítulo 2.4 e, conjuntamente, o gráfico da figura 5, observa-se que a acurácia é tomada como sendo o distanciamento entre o valor de referência e o valor estimado, e a precisão é a dispersão do valor estimado.

A acurácia, para este trabalho, é a medida em porcentagem da chance das faces cadastradas serem reconhecidas automaticamente pelo sistema no momento da identificação da pessoa. Assim sendo, quanto mais próxima dos 100%, a acurácia é melhor, promovendo a confiabilidade dos dados, uma vez que a acurácia mede e avalia os resultados esperados, bastante usados e aceitos pelos usuários de sistemas de reconhecimento facial. Há outros índices significativos também utilizados e muito

aceitos pela academia e pela indústria, que são: 1) *False Acceptance Rate* (FAR) (Taxa de Aceitação Falsa), taxa de falsos negativos e 2) *False Rejection Rate* (FRR) (Taxa de Rejeição Falsa), taxa de falso positivo, os quais estão tipicamente associados aos erros de autenticação da entidade nos controles de acesso, causando a inclusão ou exclusão de usuários por conta de identidade falsa (SILVA, 2018), e os danos podem ser de dimensões imensuráveis.

## 2.5 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

O sistema controle de acesso é responsável por garantir que apenas os indivíduos autorizados possam utilizar os recursos protegidos (MELO, 2017), e para realizar esta importante tarefa, utiliza-se de sistemas auxiliares nos quais a autenticação é fator essencial e o reconhecimento facial é o seu estado da arte, podendo-se dizer que possui o melhor desempenho em garantir a verificação dos usuários. A implantação de sistema de controle de acesso não é simples e a sua operação se torna cada vez mais complexa para atender aos requisitos dos atuais processos. No entanto, a IoT pode contribuir para facilitar e melhorar a integração e, além disso, acrescentar uma experiência agradável e intuitiva para os usuários (BREZOLIN, 2017).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, são apresentadas atividades realizadas a respeito da proposição de pesquisa e das etapas solicitadas por uma RSL.

A RSL é um método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento de uma pesquisa investigativa, focada em questões bem definidas que objetivam identificar, selecionar, avaliar e sintetizar evidências disponíveis (GALVÃO; PEREIRA, 2014). Ademais, possui o dever de ser abrangente e não tendenciosa na preparação, e a pesquisa percorrerá todos os artigos relevantes sobre o tema central que podem estar em livros, artigos periódicos, artigos de jornais, registros históricos, relatórios governamentais, teses, dissertações, dentre outros (UNESP, 2015).

Outrossim, é considerável ter a ciência de que a razão de uma RSL se resume a condensar os conhecimentos a respeito de um tema específico, iniciando-se com a identificação do estado da arte, passando pela compreensão das lacunas existentes e concluindo na criação de argumentos úteis para propor futuras pesquisas (CHARTES; KITCHENHAM, 2007). Em complemento, a Universidade Estadual Paulista (UNESP, 2015, p.2) destaca que a RSL “é um tipo de investigação científica. Essas revisões são consideradas estudos observacionais retrospectivos ou estudos experimentais de recuperação e análise crítica” dos artigos pré-selecionados, que serão a base para responder, através da utilização de métodos sistemáticos e declarados, a uma pergunta de pesquisa que é formulada de maneira objetiva e clara (UNESP, 2015).

Também é importante saber que a RSL se trata de um estudo secundário, pois a sua fonte de pesquisa está nos estudos que já estão publicados (GALVÃO; PEREIRA, 2014), e para ser considerada uma RSL, segundo Chartes e Kitchenham (2007), propõe-se o protocolo de três fases: 1) planejamento, 2) condução e 3) documentação. Entretanto, outros autores expandem o conceito, detalhando as etapas considerando que uma RSL deva prever a elaboração da pergunta de pesquisa, pesquisa na literatura, seleção dos artigos, coleta dos dados, avaliação da qualidade metodológica, metanálise contemplando a avaliação das evidências encontradas e finalizando com a redação e publicação dos resultados (GALVÃO; PEREIRA, 2014)

Considerando as duas propostas, a presente RSL acata ambas. Contudo, esta RSL consolida as etapas como apresentado na tabela 1, na qual está a relação correspondente entre os autores.

Tabela 1: Tabela correspondência para os capítulos presentes na RSL

Chartes e Kitchenham	Galvão e Pereira	RSL presente
Planejamento	Elaboração da pergunta de pesquisa	3.1 Fase planejamento 3.1.1 Questão de pesquisa
	Busca na literatura	3.1.2 Definição de fontes de dados 3.1.3 Critérios de Inclusão e Exclusão
Condução	Seleção dos artigos	3.2 Fase Condução 3.2.1 Seleção dos Artigos
	Extração dos dados	4. Extração dos Dados
	Avaliação da qualidade metodológica	
	Síntese dos dados (metanálise)	4.1 Síntese dos resultados
Documentação	Avaliação da qualidade das evidências	5. Análise dos Resultados
	Redação e publicação dos resultados	

Fonte: o autor

Para a fase de planejamento, é tomado como base o objetivo do trabalho para desenvolver a questão principal de pesquisa e as suas questões associadas, também se deve determinar quais são as fontes de dados de onde serão extraídos todos os artigos e, por fim, determinar todos os critérios de inclusão e exclusão.

Para a fase de condução, foi colocada em prática a estratégia de busca de artigos, a sua leitura, extração dos dados com o interesse em identificar quais são os aptos a responder à questão principal de pesquisa.

Para a fase de documentação - a última fase -, os resultados macros estão apresentados conforme parametrização determinada nas duas fases anteriores.

### 3.1 FASE PLANEJAMENTO

#### 3.1.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A presente RSL possui por objetivo mapear estudos acadêmicos que tratam da acurácia dos algoritmos de reconhecimento facial em tempo real, aplicáveis em controle de acesso, que utilizam IoT, e identificar respostas para a questão central de pesquisa.

A figura 6 apresenta o infográfico que orienta a linha de raciocínio de pesquisa para a RSL deste trabalho.

Figura 6: Infográfico raciocínio pesquisa



Fonte: o autor

Ademais, é possível concluir que o alvo de estudo pode ser considerado plural, uma vez que estudar a acurácia, o reconhecimento facial e o controle de acesso que utiliza IoT. No entanto, o que permeia e realiza a união de tais alvos são os algoritmos, tornando-os fundamentais para o sucesso de todo o sistema. Dada a sua importância, cabe dizer como será feito seu estudo: inicialmente haverá uma investigação a quais são os atuais algoritmos que estão em uso para o reconhecimento facial em tempo real; sequenciando o estudo, será analisada a sua acurácia e, por fim, investigar-se-á o reconhecimento facial aplicável em controle de acesso que utiliza IoT.

Sendo assim, para atingir o objetivo desta RSL, está definida a seguinte questão – caracterizando-se como uma principal e outras secundárias originadas a partir dela:

Q1. Quais são os algoritmos mais utilizados para o reconhecimento facial em tempo real?

Q1.1. Quais as taxas de acurácia do reconhecimento facial em tempo real que podem ser aplicados em sistemas de controle de acesso?

Q1.2. Quanto a sua aplicação na Internet das Coisas?

### 3.1.2 DEFINIÇÃO DE FONTES DE DADOS

A definição da fonte de dados para a busca dos artigos está fundamentada no Google Scholar, porque facilita o acesso a diversas fontes de dados, incluindo as selecionadas e que estão apresentadas na tabela 2. Em adicional, o serviço do Google Scholar proporciona configurações importantes tais como: determinar período de pesquisa e montar *strings* de pesquisas específicas.

Tabela 2: Fontes de dados selecionadas

Grupo 1: Base Dados	SIM
Elsevier	✓
Springer Link	✓
Research Gate	✓
World Scientific	✓
IEEE EXplore Digital Library	✓

Fonte: o autor

### 3.1.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Os critérios para a inclusão de artigos para a presente RSL estão definidos e apresentados na tabela 3. Há de se ressaltar que os critérios contemplam artigos provindos de fontes de dados relevantes, que estão dentro do período de 2018 a 2021, e também se enquadram no objetivo da RSL, além de possuírem argumentos capazes de responder à questão de pesquisa.

Tabela 3: Critérios de Inclusão

Grupo 2: Critérios de Inclusão	SIM
Artigos selecionados no Grupo 1	✓
Publicado no período de 2018 a 2021	✓
Apresentar o uso do algoritmo de reconhecimento facial	✓
Apresentar o estudo da acurácia de algoritmo específicos para o reconhecimento facial.	✓
Estudo aborda o contexto de interesse da pesquisa: IoT ou reconhecimento facial em tempo real ou acurácia ou controle de acesso	✓

Fonte: o autor

Concluindo o protocolo proposto por Chartes e Kitchenham (2007), o qual a RSL está obedecendo, estão apresentados, na tabela 4, os critérios de exclusão contemplando índice de critério que será necessário para a interpretação da tabela de trabalhos excluídos e que está presente no Apêndice A deste trabalho.

Tabela 4: Critérios de Exclusão

Grupo 3: Critérios de Exclusão	Índice Critério
Estudo não aborda o contexto do interesse da pesquisa	1
Estudo não introduz ou não objetiva apresentar resultados ou comparativos de algoritmo ou framework para reconhecimento facial	2
Estudos pagos ou de acesso restrito	3
Estudos não presentes no Grupo 1 ou fora do período de 2018 a 2021	4

Fonte: o autor

## 3.2 FASE CONDUÇÃO

### 3.2.1 SELEÇÃO DOS ARTIGOS

O reconhecimento facial em tempo real também é útil para o controle de acesso massivo de pessoas, pois realiza a coleta de dados de cada indivíduo de maneira rápida e não intrusiva, processa e faz a conferência com a base de dados e, na sequência, realiza a separação daqueles indivíduos que não tem permissão de acesso - tudo ocorrendo muito rápido e de maneira automática. Os típicos casos de uso são em locais com alto fluxo de pessoas, tais como as estações de transporte público, aeroportos, portos, shopping centers, estádios de futebol dentre outros exemplos semelhantes.

Nesses casos, a acurácia é relevante para garantir o sucesso dos sistemas baseados na tecnologia de reconhecimento facial em tempo real, pois precisam ser exatos para não comprometerem a operação e, também, garantir que as normas e regras legais sejam obedecidas. Outrossim, é importante destacar que tais sistemas estão sujeitos às mesmas dependências dos olhos humanos - ângulo de visão, distanciamento do alvo, sensibilidade à iluminação -, além de dependerem de uma base de dados, da mesma forma que a memória humana – a qual confere uma imagem com a igual semelhante armazenada internamente.

A fim de não limitar a pesquisa e obter a maior amplitude possível, optou-se por utilizar *string* ampla nos idiomas português e inglês, apresentado na tabela 5. A tabela detalhada com todos os artigos encontrados está apresentada no Apêndice A.

Tabela 5: *Strings* para a pesquisa e busca

Caso	<i>STRING</i>
1º	"face recognition in real time" AND "accuracy"
2º	"reconhecimento facial em tempo real" AND "acurácia"

Fonte: Feito pelo próprio autor

Para validar o pré-requisito desta RSL, que é a utilização dos artigos atuais, a pesquisa ajustou-se dentro do período temporal de janeiro de 2018 a agosto de 2021. Estratégia empregada em cada uma das *strings* detalhadas no subcapítulo 3.2.1 deste trabalho.

A plataforma de pesquisa acadêmica - *Google Scholar* - retornou um total geral de 98 artigos. A tabela 6, que está presente no capítulo 4, detalha este resultado. A partir de então, executou-se os critérios de análise definidos neste capítulo para a inclusão e exclusão dos trabalhos, tal procedimento resultará na quantidade final de trabalhos selecionados - os quais serão alvo de análise, discussão e orientação à conclusão do trabalho.

Os critérios de inclusão e exclusão, já definidos neste capítulo, serão aplicados no momento da leitura para o entendimento de cada trabalho encontrado. Os resultados serão apresentados no capítulo 4.

### 3.3 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

A RSL é uma modalidade de pesquisa acadêmica que segue protocolos específicos essenciais para a busca e seleção de documentos, com os quais se é capaz de se responder a pelo menos uma questão de pesquisa claramente elaborada. Esta é uma metodologia sistematizada que ajuda a condensar conhecimentos acerca de um tema, e que se tornará muito útil ante ao crescimento acelerado da informação científica. Com esse viés que o presente trabalho se faz valer de uma RSL.

## 4. EXTRAÇÃO DE DADOS

O presente capítulo identifica todos os artigos que atendem ao critério de inclusão e exclusão, tabela resumo dos detalhes de cada um desses artigos e sua síntese contemplando detalhes para cada um desses.

### 4.1 INTRODUÇÃO

A RSL é um método de pesquisa investigativa que se utiliza de uma estratégia de intervenção específica e sistematiza de busca, avaliação e síntese dos artigos selecionados, úteis para a integração de informações e do pensamento de diferentes autores publicados separadamente em vários artigos (MANCINI; SAMPAIO, 2007). Ademais, Caiado *et al.* (2016) destaca a importância que a RSL possui em facilitar, esclarecer e auxiliar na decisão dos pesquisadores ao buscar artigos mais relevantes e aderentes ao tema de sua pesquisa.

Em respeito ao presente trabalho, este apresenta certa complexidade particular, uma vez que o reconhecimento facial em tempo real possui aplicação para vários e diferentes casos de uso, os quais ainda estão em variados estudos, e muitos deles não estão relacionados com o tema desta RSL.

### 4.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS

A etapa de síntese dos resultados resume cada um dos artigos selecionados, destacando e evidenciando seus métodos e resultados. A fim de reforçar a importância desta etapa, corroboram Mancini e Sampaio (2007) ao afirmarem que uma RSL é um tipo de investigação que aplica métodos sistematizados de busca, apreciação crítica e que conclui sintetizando as informações. Desta maneira, esta etapa é importante para que sejam mais eficazes o acesso e o entendimento das informações dos artigos selecionados.

Da estratégia adotada, também é importante destacar que a maioria dos artigos selecionados são internacionais. A tabela 6 apresenta os resultados encontrados conforme os critérios por inclusão de trabalhos por base de dados. A análise dos resultados é apresentada no capítulo 5 deste trabalho.

Em suma, foram encontrados noventa e oito artigos, e para confirmar a inclusão de algum deles, está aplicado o procedimento de inclusão definido e apresentado na tabela 6.

Tabela 6: Resumo de resultado das pesquisas

<i>String</i> aplicada no Google Scholar	Base de Dados	Qtd
"face recognition in real time" AND "accuracy"	IEEE Explore Digital Library	26
	Springlink	12
	World Scientific	1
	Research Gate	5
	Elsevier	2
	Other academics source	47
Segunda <i>String</i> aplicada no Google Scholar	Base de Dados	Qtd
"reconhecimento facial em tempo real" AND "acurácia"	Other academics source	5
Total Geral		98

Fonte: o autor

O resultado final é dado após a execução do procedimento de inclusão: foram obtidos quatorze artigos aderentes às questões da pesquisa. Os documentos excluídos estão no Apêndice A.

#### 4.3 SÍNTESE DOS ARTIGOS SELECIONADOS

Os artigos selecionados estão apresentados na tabela 7 e, na sequência, é realizada uma síntese para cada um destes artigos, buscando destacar e relatar os seus pontos relevantes.

Tabela 7: Trabalhos analisados após aplicados os critérios de inclusão e exclusão

Autores	Títulos	Publicação	Ano
AGRAWAL, P.; ARUN, C.; KARTHICK, S., SELVAKUMARASAMY,S.	Automatic attendance monitoring system using facial recognition through feature-based methods (PCA, LDA)	Elsevier	2021
HAPANI,S.; PAGHDAL, M.; PARAKHIYA,N.; PRABHU, N.	Automated attendance system using image processing	IEEE	2018
KARTHIKEYAN, C; KUMAR, V; KUMAR,R; SARANYA, R.	Computer vision on identifying persons under real time surveillance using IOT.	IEEE	2020
RABIHA, S.G; WAHUYDI, D.I.; KURNIAWAN, A.; MONIAGA, J; SASMOKO; WILSON, E.;SASMOKO	Face detection and recognition based e-learning for students authentication : study literature review	IEEE	2018
DAMALE, R.C; PATHAK, B.V.	Face recognition based attendance system using machine learning algorithms	IEEE	2018
HAN, X.; JIN, K.; SHI, G.; XIE, X.; WANG, X.	Human identification recognition in surveillance vídeos	IEEE	2019
MACHBUB, C.; MAHARANI, D.A.; RUSMIN, P.H.; YULIANTI,L.	Improving the capability of real-time face masked recognition using cosine distance	IEEE	2020
AHMED, A.; ALI, F.; DEEBA, F.; GUO,J.	LBPH based improved face recognition at low resolution	IEEE	2018
GUPTA, Y.; JAISWAL, V.; NARANJE, V.; PRASAD, A.; SACHDEV, K.; TOUTI, S.	Real-time face recognition: A survey	IEEE	2021
FAHMI,A.; LATTIFIA, T.; MAHAR, B.J.K.; SUPADMA, I.K.; TARADHITA, D.A.N.; WIRDIANI,N.K.A.	Real-Time Face Recognition with Eigenface Method	Research Gate	2019
HORNG, S.J.; JIANG, B; LIN, C.T.; SUPARDI, J; WANLEI, Z.	Recognizing Very Small Face Images Using Convolution Neural Networks	IEEE	2020
KARPA, I; KATERYNCHUK, I; KUNYO, I; SVELEBA, S; UGRYN, S. UGRYN, V.	The Real Time Face Recognition	IEEE	2019

DHARRAO, D.S.; UKE, N.J.	Fractional Krill–Lion algorithm based actor critic neural network for facer recognition in real time surveillance vídeos.	WORLD SCIENTIFIC	2019
BEZUKLADNIKOV, I; KAMENSKIH, A; KOKOULIN, A; TUR, A; YUZHAKOV, A	Technology: Person Identification	SPRINGER link	2020

---

Fonte: o autor

Agrawal *et al.*, (2021) utilizaram *HAAR cascade* para o reconhecimento da face, e os classificadores de dados estatísticos *Principal Component Analysis* (PCA) (Análise do Componente Principal) e *Linear Discriminant Analysis* (LDA) (Análise Discriminante Linear) para construir métodos de reconhecimento facial. Através do experimento, realizaram testes comparativos, e ao final concluíram que ambos têm o mesmo nível de acurácia de 98%, que é o melhor resultado apresentado para a classificação e reconhecimento das faces.

Hapani *et al.*, (2018) desenvolveram um sistema cujo objetivo é controlar e automatizar o processo de conferência de alunos em salas de aula. O banco de imagens para o sistema é criado em separado e no ato da matrícula. Utilizaram o algoritmo *HAAR Cascade*, também conhecido por Viola-Jones, para treinar a detecção de rostos em tempo real, utilizando vídeos das salas de aula onde os alunos estavam presentes. O melhor resultado dos testes foi de 50% de acurácia.

Karthikeyan *et al.*, (2020) propuseram o uso de visão computacional aplicada a sistemas IoT de vigilância para o reconhecimento facial em tempo real. O experimento foi implementado em hardware Raspiberry Pi 2 ou 3, utilizando o algoritmo Viola-Jones para o treinamento com o recurso Histograma Orientado a Gradiente (HOG), tendo por objetivo a extração de recurso faciais por aprendizado profundo, *deep learning*. O resultado do experimento, que está baseado em aprendizado profundo, apresentou melhor acurácia na identificação facial e posterior reconhecimento de pessoas através de *stream* de vídeo.

Rabiha *et al.*, (2018) realizaram estudos e desenvolvimento de experimentos a fim de atender à interessante questão para o momento pandêmico ocorrido entre os anos de 2020 e 2021: controlar o acesso de alunos às salas de aula virtuais, típicas

de sistemas de Ensino a Distância (EAD). Os autores utilizaram técnicas de detecção e reconhecimento para controlar e autenticar a presença desses alunos de *e-learning*. Para isto, fora proposto usar algoritmos *ADboost* e *Face Counter* adicionado a Rede Neural Convolutacional (RNC) para a detecção da face. O método empregado foi *Three-Level Wavelet Decomposition Principal Component Analysis with Mahalanobis Distance* (3WPCA-MD) (Análise de componentes principais de decomposição *wavelet* de três níveis com distância de Mahalanobis, tradução nossa), que demonstrou melhor tempo de resposta comparado com o PCA. A acurácia do experimento para encontrar as imagens fac-símile no banco de dados resultou em 98%.

Damale e Pathak, (2018) propõe um sistema de reconhecimento facial utilizando tanto visão computacional quanto o aprendizado de máquina. Para a detecção de rosto, é utilizado um detector de face *Deep Neural Network* (DNN) (Rede Neural Profunda) com acurácia superior aos padrões atuais. Foram aplicados três classificadores, sendo que para as *Support Vector Machine* (SVM) (Máquina de Vetor de Suporte) e Redes Multilayer Perceptron (MLP) foram associados os algoritmos de classificação PCA e LDA; e no caso do terceiro classificador, RNC, as imagens foram alimentadas diretamente. Os resultados dos testes alcançaram a acurácia de 87%, 86,5% e 98% em bancos de dados respectivamente autogerados. Importante destaque é que o artigo informa que fatores externos - tais como iluminação e qualidade da câmera - interferem na acurácia do resultado final. Porém, o classificador RNC segue apresentando melhores resultados de acurácia, sendo de 89% frente a 56% para ambos os outros classificadores.

Han *et al.*, (2019) inovam com a proposta de adicionar o reconhecimento de movimento de pedestre a todo o processo de reconhecimento facial, a fim de melhorar o desempenho e, naturalmente, a acurácia do sistema. Com aplicação da dupla abordagem para identificação do indivíduo, conclui-se que houve redução na classificação dos falsos positivos, e a acurácia do projeto chegou a 77,4% frente a 67,7% em sistemas que utilizam somente uma abordagem.

Machbub *et al.*, (2020), motivados pela pandemia ocorrida nos anos de 2020 e 2021, propuseram método capazes de melhorar a acurácia no processo de reconhecimento da identidade da pessoa e a detecção do uso de máscara facial em humanos. Esta é uma solução útil para conferir o uso de máscara em locais públicos

- uma das mais importantes medidas sanitárias -, aplicável e necessária em escolas, hospitais e empresas. O estudo usou, para a detecção de face, *HAAR cascade* e *MobileNet*, adicionando-se o método de distância cosseno. Posteriormente, no processo de reconhecimento facial, foram comparados os métodos de transferência de aprendizagem *Visual Geometry Group 16 layers* (VGG16) (Grupo de Geometria Visual 16 camadas) e os algoritmos Triplet loss FaceNet com *multithreading*, apresentando-se como as mais adequadas para implementação em tempo real. Os resultados das taxas de acurácia obtidas são distintos para os casos, sendo que para o VGG16 pode chegar em até 100%, em condição especial, e para o Triplet Loss Facenet foi de 82,20%.

Ahmed *et al.*, (2018) apresentam proposta de uso do algoritmo *Local Binary Pattern Histogram* (LBPH) (Histograma de Padrão Binário Local) para o reconhecimento facial em tempo real, em condições onde a resolução da imagem, que está sendo capturada pela câmera, é de baixa resolução - conforme o estudo, a taxa de 35px é considerada baixa. Os autores criaram sua própria base de dados, nomeada de LR500 para a função de treinar e classificar as faces em diferentes posição e situações. Os resultados obtidos dos ensaios foram de 94% para resolução de 45px e de 90% para resolução de 35px.

Gupta *et al.*, (2021) destacam que o objetivo de pesquisa é estudar a importância do tempo de resposta para o sucesso operacional de todo o sistema, também considera este fator, como sendo o grande desafio para um sistema de reconhecimento facial em tempo real. Assim, a pesquisa deste artigo está pautada no mais simples processo para codificar o reconhecimento facial, sequenciados em 3 passos: a) detecção do rosto, b) seleção dos recursos e c) reconhecimento facial. Os resultados e conclusões obtidas são que há várias metodologias para cada uma das etapas do processo, onde RNC é o estado da arte para a detecção do rosto. Para a seleção de recursos, o desafio está em separar e retirar os recursos redundantes, sendo que as ferramentas que se mostram úteis, atualmente, são *Redundancy-constrained Features Selection* (RCFS) (Seleção de Recursos com Restrição de Redundância, tradução nossa), *minimum Redundancy - Maximum Relevance* (mRMR) (mínima Redundância-Máxima Relevância) e *Global Redundancy Minimization* (AGRM) (Minimização de Redundância Global, tradução nossa). Para concluir as etapas, no caso do reconhecimento facial, o método LBPH se mostrou melhor

adaptado respondendo melhor às variáveis ofensoras ao sistema - como iluminação, distância do objeto, idade do indivíduo. O estudo também encontrou o uso de *Deep Learning* para *DeepFace* e *Deep Net*. Conforme o *Google Arts&Culture* (2021), *DeepFace* é um sistema de reconhecimento facial e identificação de rostos humanos em imagens digitais, criado e desenvolvido por cientistas do *Facebook* (livre tradução); e *DeepNet* é considerada uma versão otimizada de DNN, útil para a classificação e regressão de dados derivados da aprendizagem de textos e imagens, e que se caracterizam como numéricos ou categóricos (DZONE, 2021).

Fahmi *et al.*, (2019) propõem um sistema de reconhecimento facial em tempo real usando o método Eigenface: um método baseado na PCA. O método apresenta muitos pontos positivos como a necessidade de poucas imagens para criação de uma base de treinamento e que, em outros estudos, apresentou resultados de acurácia em reconhecimento facial de até 94,4%. O experimento, conforme relatado no artigo, foi realizado para diferentes posições da face, distancia facial e distintos níveis de iluminação. A conclusão que chegaram é que o método Eigenface nestas condições é capaz de reconhecer até quatro faces diferentes em uma câmera ao vivo.

Hornig *et al.*, (2020) desenvolveram uma arquitetura capaz de melhorar a acurácia na identificação do reconhecimento facial de imagens muito pequenas, típicas de sistemas de controle inteligente de segurança. Para tanto, os pesquisadores utilizaram uma RNC como base e ampliaram o conceito para uma arquitetura nova, que passa a ser conhecida por modelo de *Deep Convolutional Neural Network (deep-CNN)* (Rede Neural Convolutacional Profunda, tradução nossa). Este novo modelo tem como principal característica possuir mais de 30 camadas de convolução. Os resultados obtidos são considerados pelos pesquisadores como satisfatório, pois superam qualquer outro método existente que possuem, como base, a acurácia de identificação.

Karpa *et al.*, (2019) estudaram o reconhecimento de faces em *streams* de vídeo típicas de sistema de segurança e de controle de acesso. Para tanto, fora desenvolvido um sistema baseado no método Viola-Jones - utilizado para detectar pessoas na sequência de imagens de vídeo -, *templates* binários locais na linguagem de programação Python - para a classificação das pessoas detectadas - e uma biblioteca *Open Source Computer Vision (OpenCV)* (Visão Computacional de Código

Aberto). O teste do sistema desenvolvido mostrou resultados em aproximadamente 93% das pessoas reconhecíveis verificáveis ao processar *streams* de vídeo de uma *webcam* em tempo real.

Dharrao e Uke, (2019) descrevem recurso e esquema de classificação para reconhecer o rosto em vídeos de baixa qualidade. A técnica consiste em utilizar o algoritmo Viola-Jones para detectar as faces nos frames dos vídeos. Uma vez que a parte do rosto é detectada - a partir do quadro de entrada – inicia-se a segunda fase: a resolução da parte do rosto detectada é melhorada usando o método de super resolução de rosto baseado na interpolação. Na terceira fase, é feito o reconhecimento do rosto. As feições que representam as partes faciais são extraídas usando o padrão *Local Directional Pattern* (LDP) (Padrão direcional local) também denominado por *Wavelet-based Local Directional Pattern* (SW-LDP) (Padrão Direcional Local Baseado em Wavelet, tradução nossa) através do uso do espalhamento e da transformada *wavelet* - uma vez que o LDP não considera a força direcional dos pixels da borda. Por fim, o algoritmo proposto *Fractional Krill-Lion* (*Fractional-KL*), baseada em *Actor Critic Neural Network* (ACNN) (Ator Crítico Rede Neural, tradução nossa) ou *Krill-Lion Actor Critic Neural Network* (KL-ACNN) (Krill-Lion Ator Crítico Rede Neural, tradução nossa), é aplicado e experimentado em uma base de dados padrão FAMED. Os resultados obtidos foram satisfatórios, sendo de 95% o melhor resultado de acurácia.

Bezukladnikov *et al.*, (2020) destacam que as tecnologias utilizadas em uma cidade inteligente melhoram a qualidade de vida, mas apontam que ocorrerá aumento nos riscos de segurança da informação - resultante da grande demanda provocada, por exemplo, por sistemas de controle de acesso utilizados por diferentes serviços que a cidade oferece. Também consideram que sistemas IoT são a base, ou o núcleo, para o sucesso dos casos de cidades inteligentes, orientando especial atenção ao sistema de autenticação, além de sugerirem o uso do padrão *National Institute of Standard and Technology* (NIST) 800-63 – o qual pode ser usado nas câmeras de vigilância tanto para a detecção como para o reconhecimento facial em tempo real.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

Do total de 98 artigos encontrados nas bases de dados, é possível selecionar quatorze - que são considerados aptos para esclarecer a questão de pesquisa. Há de se saber que todos os 14 artigos selecionados são de autores internacionais, em que

se predomina as publicações do IEEE. Outrossim, a síntese realizada em cada artigo evidencia que há similaridade do emprego de Redes Neurais Artificiais (RNA) pelos atuais autores, sendo encontrada em suas mais diferentes configurações - como é o caso da RNC, apresentada por muitos artigos - ou estão associadas com IA - como são os casos de RNA com *Deep Learning*.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os artigos selecionados e apresentados na tabela 7 foram identificados por meio de uma leitura realizada com o objetivo de reconhecer os requisitos mínimos para compor a sua inclusão. O próximo passo da RSL considera uma leitura seletiva para encontrar e destacar informações de interesse e que estão evidenciados nos resumos presentes no capítulo 4.

Concluídas as etapas de busca, seleção e síntese dos artigos selecionados, o presente capítulo evolui para a etapa seguinte que consiste em destacar os dados resultantes dos artigos selecionados para depois apresentá-los, a fim de serem compreendidos e analisados. Não obstante, todo esse entendimento deve favorecer a argumentação e proposição de considerações futuras.

### 5.1 CARACTERÍSTICAS COMUNS AOS ARTIGOS SELECIONADOS.

Analisando todos os artigos selecionados, nota-se que existem semelhanças entre as propostas de soluções para o reconhecimento facial em tempo real e que resultam em distintos níveis de acurácia. Desta maneira, realizou-se um resumo sobre as características relevantes das soluções – características estas que estão apresentadas na tabela 8. Essas características estão assim categorizadas:

- C1: apresenta resultado da acurácia;
- C2: utiliza redes neurais na construção do (s) algoritmo (s);
- C3: associado diretamente a IoT.

Entre todas as características e particularidades de cada solução, uma relevante evidência é que os autores fizeram o uso de composição de tecnologia. O emprego desta técnica tem múltiplas finalidades, porém, a mais destacada, é a busca por uma solução com a melhor acurácia. Desta maneira - e para que esteja o mais próximo possível do real entendimento - as características foram classificadas e apresentadas na tabela 8 - conforme a sua relevância encontrada em cada artigo - seguindo as denominações:

- BR -> baixa relevância para o artigo,
- MR -> media relevância para o artigo,
- AR -> alta relevância para o artigo.

Tabela 8: Características sumarizadas dos artigos selecionados

Autores	Título	c1	c2	c3
AGRAWAL, P.; ARUN, C.; KARTHICK, S., SELVAKUMARASAMY,S.	Automatic attendance monitoring system using facial recognition through feature-based methods (PCA, LDA), 2021.	AR	BR	BR
HAPANI,S.; PAGHDAL, M.; PARAKHIYA,N.; PRABHU, N. KARTHIKEYAN, C; KUMAR, V; KUMAR,R; SARANYA, R.	Automated attendance system using image processing, 2018. Computer vision on identifying persons under real time surveillance using IOT, 2020.	AR	BR	BR
RABIHA, S.G; IQRAMWAHYUDI, D.; KURNIAWAN, A.; MOGIANA, J; SASMOKO; WILSON, E.; SASMOKO DAMALE, R.C; PATHAK, B.V.	Face detection and recognition based e-learning for students authentication : study literature review, 2018.	AR	AR	BR
HAN, X.; KAI, J.; SHI, G.; XIE, X.; WANG, F.	Face recognition based attendance system using machine learning algorithms, 2018.	AR	AR	BR
MACHBUB, C.; MAHARANI, D.A.; RUSMIN, P.H.; YULIANTI,L.	Human identification recognition in surveillance videos, 2019.	AR	AR	BR
AHMED, A.; ALI, F.; DEEBA, F.; GUO,J.	Improving the capability of real-time face masked recognition using cosine distance, 2020.	AR	AR	BR
GUPTA, Y.; JAISWAL, V.; NARANJE, V.; PRASAD, A.; SACHDEV, K.; TOUTI, S.	LBPH based improved face recognition at low resolution, 2018.	AR	BR	BR
FAHMI,A.; LATTIFIA, T.; WIRDIANI,N.K.A.;MAHAR, J.K.;SUPADMA, I.K.;; TARADHITA, D.A.N.	Real-time face recognition: A survey, 2021.	AR	AR	BR
HORNG, S.J.; JIANG, B; LIN, C.T.; SUPARDI, J; WANLEI, Z.	Real-Time Face Recognition with Eigenface Method, 2019.	AR	MR	BR
KARPA, I; KATERYNCHUK, I; KUNYO, I; SVELEBA, S; UGRYN, S. UGRYN, V.	Recognizing Very Small Face Images Using Convolution Neural Networks, 2020.	AR	AR	BR
DHARRAO, D.S.; UKE, N.J.	The Real Time Face Recognition, 2019.	AR	BR	MR
BEZUKLADNIKOV, I; KAMENSKIH, A; KOKOULIN, A; TUR, A; YUZHAKOV, A	Fractional Krill–Lion algorithm based actor critic neural network for facer recognition in real time surveillance videos, 2019.	AR	AR	BR
	Technology: Person Identification, 2020	MR	MR	AR

Fonte: o autor

## 5.2 QUESTÃO DE PESQUISA PRIMÁRIA

Q1. Quais são os algoritmos mais utilizados para o reconhecimento facial em tempo real?

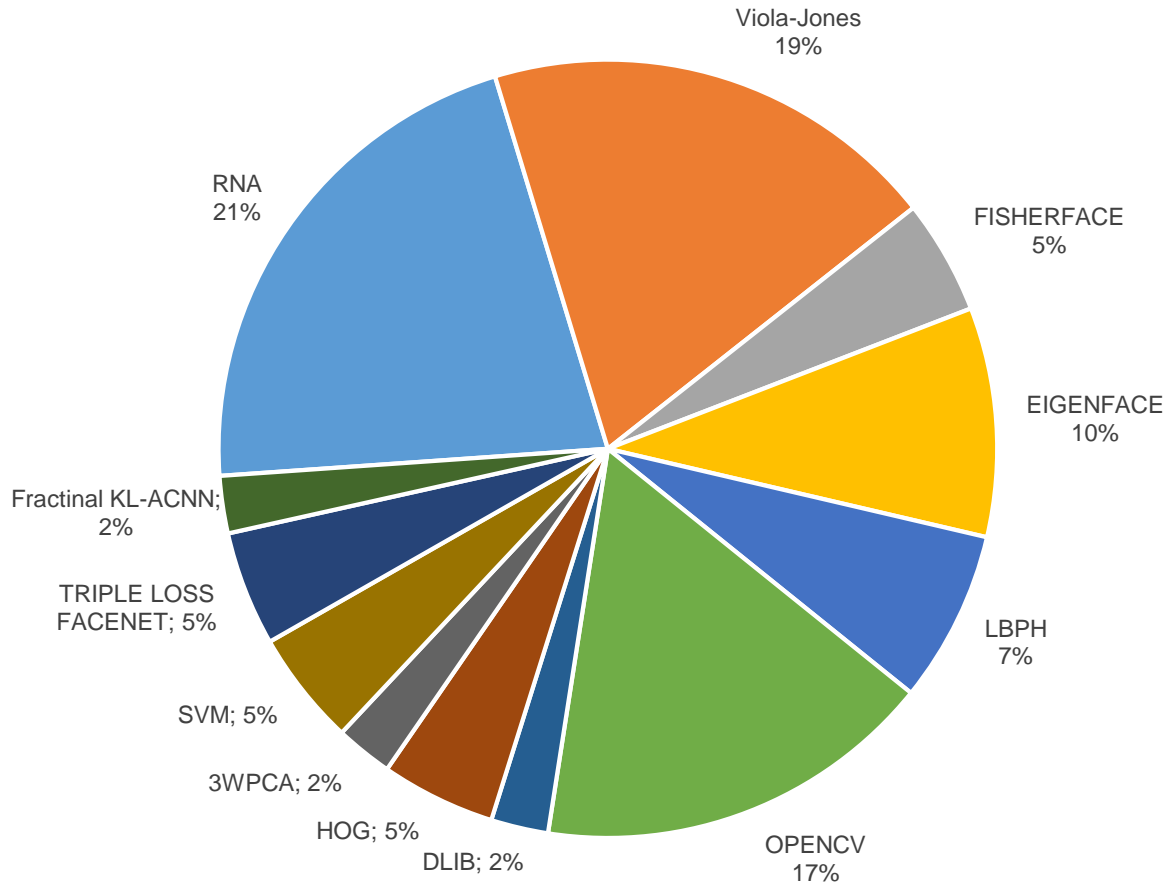
É importante, para iniciar a resposta para a questão de pesquisa, lembrar que o processo de reconhecimento facial de um indivíduo está baseado em três etapas específicas: detecção da Face, extração das características, e reconhecimento facial (KORTLI, 2020). Outrossim, esta afirmação oferece dois importantes possíveis caminhos de análises: o primeiro é que pode ser possível existir mais de um algoritmo que atenda e responda a necessidade da questão de pesquisa, já o segundo caminho é que exista uma composição de tecnologias para único sistema que resulta em melhor acurácia.

Dos 14 artigos selecionados, aproximadamente 21% aborda o uso de RNA e com uma maior presença de RNC. Fato que é reforçado por Coşkun *et al.* (2017).

Analisando-se esses artigos em questão (os que abordam a utilização do algoritmo de RNA), há duas possíveis análises. A primeira análise é que há uma preocupação dos autores em realizar separação quanto às tecnologias aplicadas para cada uma das etapas do processo de reconhecimento facial. Isto reforça que as etapas necessárias para o reconhecimento facial são: detecção da face, extração das características e o reconhecimento facial. A segunda é que há uma ampla variedade de soluções que estão compostas de maneira heterogênea. Com isso, os autores precisaram realizar testes e descobrir onde - dentre as diferentes etapas do processo do reconhecimento facial - o algoritmo melhor se adapta, para depois analisar e atingir melhores níveis de acurácia para todo o sistema.

O segundo algoritmo mais utilizado é o Viola-Jones. Este é recomendado por vários autores como algoritmo de confiável desempenho para o reconhecimento facial em tempo real. Também foi aplicado em composição com os algoritmos de RNA para realizar a etapa de detecção facial (KHAN *et al.*, 2019). A figura 7 apresenta os algoritmos aplicados:

Figura 7: Algoritmos mais utilizados



Fonte: o autor

A tabela 9 apresenta o posicionamento dos algoritmos que foram usados pelos autores dos artigos selecionados em cada uma das três etapas do processo de reconhecimento facial:

Tabela 9: Algoritmos aplicados nas etapas do reconhecimento facial

Autores	Título	Etapas do Reconhecimento Facial		
		Deteção	Extração Características	Reconhecimento Facial
AGRAWAL, P.; ARUN, C.; Karthick, S., SELVAKUMARASAMY, S.	Automatic attendance monitoring system using facial recognition through feature-based methods (PCA, LDA), 2021.	Haar Cascade Viola-Jones	Eigenface Fisherface	Eigenfaces Fisherface
HAPANI, S.; PAGHDAL, M.; PARAKHIYA, N.; PRABHU, N.	Automated attendance system using image processing, 2018.	Haar Cascade Viola-Jones	Eigenface Fisherface	Eigenfaces Fisherface
KARTHIKEYAN, C.; KUMAR, V; KUMAR, R; SARANYA, R.	Computer vision on identifying persons under real time surveillance using IOT, 2020.	Dlib	HOG +Dlib	RNA
RABIHA, S.G; IQRAMWAHYUDI, D.; KURNIAWAN, A.; MOGIANA, J; SASMOKO; WILSON, E.; SASMOKO	Face detection and recognition based e-learning for students authentication : study literature review, 2018.	Haar Cascade Viola-Jones	3WPCA	RNA (RNC)
DAMALE, R.C; PATHAK, B.V.	Face recognition based attendance system using machine learning algorithms, 2018.	SVM	Eigenface	RNA (RNC)
HAN, X.; KAI, J.; SHI, G.; XIE, X.; WANG, F.	Human identification recognition in surveillance videos, 2019.	Viola-Jones	LBPH	RNA (RNC)
MACHBUB, C.; MAHARANI, D.A.; RUSMIN, P.H.; YULIANTI, L.	Improving the capability of real-time face masked recognition using cosine distance, 2020.	Haar Cascade Viola-Jones	RNA	RNA
AHMED, A.; ALI, F.; DEEBA, F.; GUO, J.	LBPH based improved face recognition at low resolution, 2018.	Haar Cascade Viola-Jones	LBPH	LBPH
GUPTA, Y.; JAISWAL, V.; NARANJE, V.; PRASAD, A.; SACHDEV, K.; TOUTI, S.	Real-time face recognition: A survey, 2021.	Haar Cascade Viola-Jones	LBPH	RNA (RNC)
FAHMI, A.; LATTIFIA, T.; WIRDIANI, N.K.A.; MAHAR, J.K.; SUPADMA, I.K.; TARADHITA, D.A.N.	Real-Time Face Recognition with Eigenface Method, 2019.	-	Eigenface	Eigenface
HORNG, S.J.; JIANG, B; LIN, C.T.; SUPARDI, J; WANLEI, Z.	Recognizing Very Small Face Images Using Convolution Neural Networks, 2020.	RNA (RNC)	RNA (RNC)	RNA (RNC)
KARPA, I; KATERYNCHUK, I; KUNYO, I; SVELEBA, S; UGRYN, S. UGRYN, V.	The Real Time Face Recognition, 2019.	Haar like Viola-Jones	viola-jones	viola-jones
DHARRAO, D.S.; UKE, N.J.	Fractional Krill-Lion algorithm based actor critic neural network for facer recognition in real time surveillance videos, 2019.	Viola-Jones	LBP	RNA
BEZUKLADNIKOV, I; KAMENSKIH, A; KOKOULIN, A; TUR, A; YUZHAKOV, A	Technology: Person Identification, 2020	Haar Cascade Viola-Jones	HOG +Dlib	RNA (RNC)

Fonte: o autor

### 5.2.1 ALGORÍTMOS DE RECONHECIMENTO FACIAL EM TEMPO REAL

Esta RSL identificou nos artigos selecionados que, para o reconhecimento facial em tempo real, há um total de doze algoritmos diferentes e que estão empregados em diferentes configurações. Na figura 7 estão relacionados todos os doze diferentes algoritmos e na tabela 9 estão os detalhes das configurações.

Também está evidenciado que há maior presença dos algoritmos RNC e Viola-Jones, pois representam aproximadamente 40% do total - vide a figura 7. Ademais, a base de dados mais utilizada pelos autores é a biblioteca *opensource* OpenCV, que possui características úteis para a realização dos experimentos, além de contemplar alguns destes algoritmos - RNC, Viola-Jones, Eigenfaces, Fisherfaces e LBPH - o que facilita e agiliza o desenvolvimento da grande maioria das soluções.

#### 5.2.1.1 REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS

As RNAs são técnicas computacionais que apresentam modelo matemática inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes” (ALTRAN; LOPES; MINUSSI, 2005 p.2), comparáveis ao cérebro humano porque têm a capacidade de aprender através de treinamento, armazenar conhecimento e posteriormente reproduzir e replicar tais conhecimentos (HAYKIN, 1999).

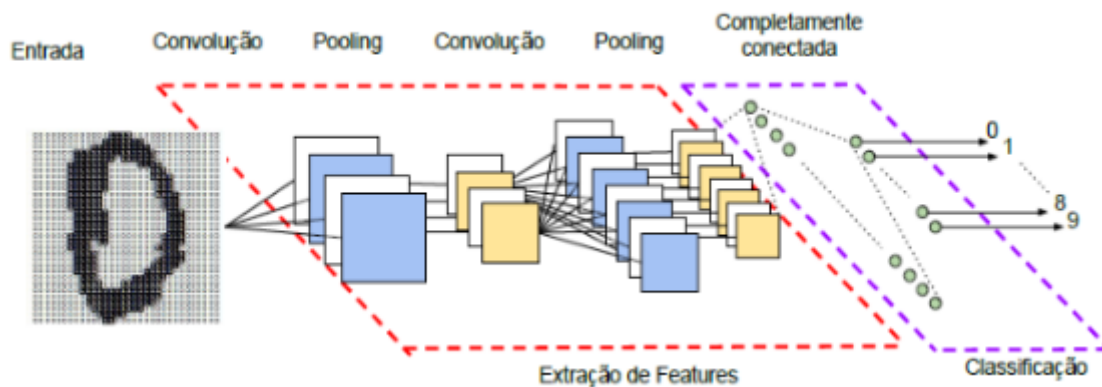
O primeiro artigo sobre redes neurais artificiais foi realizado em 1943, por McCulloch e Pitts (DOBBINS; EBERHART, 1990), e desde então foram desenvolvidos vários modelos a fim de atender a diferentes propósitos. Existem várias arquiteturas de RNAs onde se destacam as RNC, MLP e as Rede Neural Recorrente (RNR) (BENGIO; COURVILLE; GOODFELLOW, 2016).

A respeito das RNC, são reconhecidas por serem redes neurais artificiais que possuem excelente desempenho para classificar imagens, agrupá-las por similaridade e realizar reconhecimento de objetos dentro de cenas. São algoritmos que podem identificar rostos, indivíduos, e muitos outros aspectos dos dados visuais tais como sinais de rua, frutas e animais (DEEPLARNINGBOOK, 2021). Em suma, a RNC é uma abordagem de aprendizado profundo, onde há muitas camadas hierárquicas

treinadas, que tentam representar a estrutura em relação ao reconhecimento de uma imagem (AREL; KARNOWSKI; ROSE, 2010).

Desta maneira, uma RNC consiste em um conjunto de características extraídas da imagem de entrada - que estão postas em camadas utilizando convoluções e subamostragens -, e que no final, a rede neural inferirá em qual classe a imagem de entrada pertencerá. A figura 8 exemplifica modelo de arquitetura de uma RNC:

Figura 8: Arquitetura de rede neural convolucional para reconhecer dígitos



Fonte: extraído de (PAES; VARGAS e VASCONCELOS, 2016)

Segundo Lima e Peres (2021), uma RNC possui no mínimo três camadas sendo:

1) **Camada Convolutiva:** responsável por filtrar e extrair características partindo de pequenas porções dos dados de entrada, e depois os repassa para a próxima camada na forma de mapas de recursos. Como está exemplificado na figura 9.

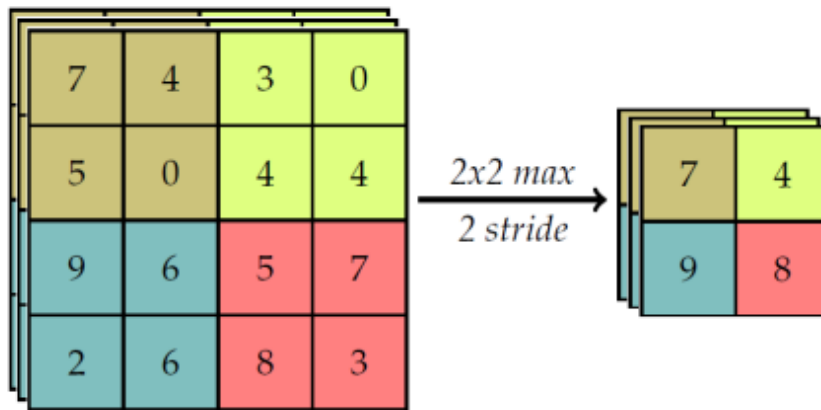
Figura 9: exemplo de convolução. A primeira é matriz de entrada, a segunda é a matriz *kernel* e terceira é a convolução resultado da operação.

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 22 & 15 & 1 & 3 & 60 \\ \hline 42 & 5 & 38 & 39 & 7 \\ \hline 28 & 9 & 4 & 66 & 79 \\ \hline 0 & 82 & 45 & 12 & 17 \\ \hline 99 & 14 & 72 & 51 & 3 \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline & & & & \\ \hline & 1 & 3 & 60 & \\ \hline & 38 & 39 & 7 & \\ \hline & 4 & 66 & 79 & \\ \hline & & & & \\ \hline \end{array}$$

Fonte: extraído de (WANG e RAJ, 2015)

2) Camada de Pooling: Esta camada se dedica a reduzir as dimensões dos dados recebido da camada Convolutiva, aplicando camadas de agrupamento (Pooling). Como mostra a figura 10.

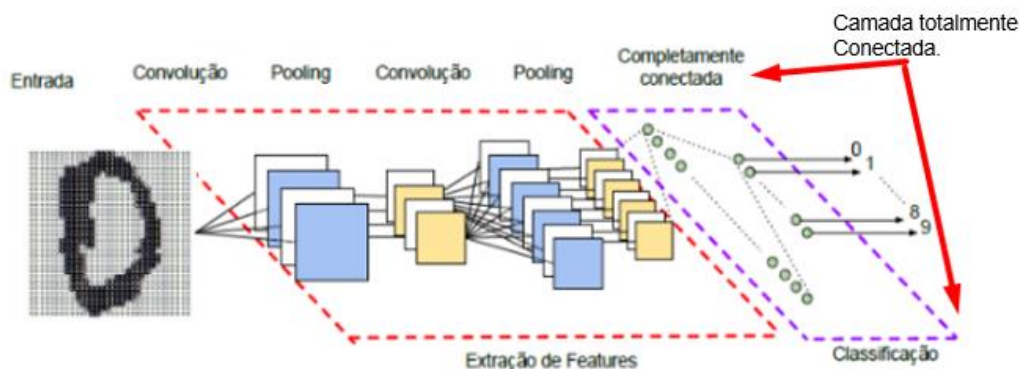
Figura 10: Exemplo de pooling. No exemplo está considerado uma matriz  $4 \times 4 \times 3$  e após o filtro do pooling resulta em uma matriz  $2 \times 2$  por canal com stride igual a 2. A função  $\max(X)$ , é a agregação que escolhe o maior valor da região.



Fonte: extraído de (PACHECO, 2016)

3) Camada Totalmente Conectada: presente no final da rede, realizando sua classificação. Utiliza as características extraídas de convoluções realizadas anteriormente para realizar a saída de classificação da rede. A figura 11 reapresenta a arquitetura de uma RNC destacando a camada totalmente conectada.

Figura 11: Arquitetura de rede neural convolucional destacando camada totalmente conectada



Fonte: adaptado de (PAES; VARGAS e VASCONCELOS, 2016)

### 5.2.1.2 VIOLA-JONES

O algoritmo Viola-Jones foi desenvolvido pelos pesquisadores Paul Viola e Michael Jones, em 2001, (JONES; VIOLA, 2001) e se caracteriza pelo ótimo desempenho em reconhecimento facial. O seu funcionamento é baseado nos denominados filtros de *HAAR*, que representam a imagem em um espaço de características chamado de *HAAR features*, para realizar a extração de recursos representativos da face ou de uma variedade de objetos (FLORES; DRUMOND; SILVA, 2020). Também conhecido como *HAAR Cascade*, o algoritmo Viola-Jones está implementado na biblioteca OpenCV (BRADSKI; PISAREVSKY, 2000) e no OpenBR (BURGE *et al.*, 2013).

O reconhecimento facial realizado com o uso do algoritmo proposto por Paul Viola e Michael Jones é dividido em três etapas. Na primeira etapa há a utilização dos filtros de Haar para a criação de uma imagem espacial que resultará na imagem integral. A segunda etapa é o treinamento do algoritmo utilizando o método de classificação Boosting - que no caso do algoritmo Viola-Jones é utilizado o AdaBoost: um classificador de treinamento de alta precisão -, para posteriormente se obter as características mais relevantes da imagem integral. Por fim, a terceira etapa é a criação do HaarCascade, que é uma estrutura em árvore também conhecida como classificadores em cascata (FERREIRA; PAGLIARI, 2018).

Em adicional, Alves *et al.* (2021) destaca que realizar o treinamento utilizando o algoritmo *Adaptive Boosting*, o algoritmo Viola-Jones passa a responder com alta precisão na detecção de FRR e FAR que estão presentes nos dados.

### 5.2.1.3 EIGENFACES

Eigenfaces é o conjunto de autovetores de uma matriz de covariância de um conjunto de faces. Conforme Baviskar, Gaikwad e Kshirsagar (2011), é um método que busca delimitar um conjunto de características independentes das formas geométricas da face tais como os olhos, a boca, o nariz e a orelha e, para isso, utiliza-se da informação de representação da face.

O Eigenface utiliza o algoritmo PCA para redução de dimensionalidade, que é muito conveniente para reduzir a grandeza dos dados e, conseqüentemente, otimizar

a quantidade de imagens no *dataset*. Também conhecida como métodos Karghunen-Loeve, a PCA, quando aplicada em reconhecimento facial, é chamada de Eigenfaces (FUJIKAWA, 2016).

A PCA, através de análise estatística baseada na redundância e na variância existentes nos dados, reduz a dimensionalidade dos dados sem alterar a informação ou o suficiente para não alterar o resultado. Entretanto - e conforme Ahuja, Kriegman e Yang (2002) - Eigenface é um método baseado na aparência, pois é um algoritmo que não necessita de conhecimento prévio a respeito do que será reconhecido, e, além disso, há o detalhe de que o Eigenface busca os principais componentes no momento do reconhecimento: os autovetores que descrevem a face de uma pessoa.

No entanto, é importante destacar que o algoritmo Eigenface é sensível às condições de iluminação e também a alguns tipos de ruídos, o que compromete a sua eficiência e piora a acurácia do sistema (FRERE; KINOSHITA; MARQUES, 2000).

#### 5.2.1.4 FISHERFACES

O algoritmo FisherFaces utiliza o algoritmo LDA (FRIAS et al., 2015) que é uma alternativa ao uso do PCA. O algoritmo LDA é também conhecido como *Fisher Linear Discriminant Analysis* (FLDA) (Análise Discriminante Linear Fisher) (BELHUMEUR; HESPANHA; KRIEGMAN, 1997), que é fundamentado em combinações lineares de variáveis baseadas em fatores de peso que determinam em qual grupo o objeto pertence (FIGUEREDO; SOUZA, 2013). Frias *et al.* (2015) também destacam que o algoritmo Fisherface é um método estatístico útil em reduzir a dimensionalidade, preservando ao máximo as informações.

O algoritmo Fisherfaces é considerado uma evolução do algoritmo Eigenface (BELHUMEUR; HESPANHA; KRIEGMAN, 1997). Em testes comprovatórios, provou ter melhor performance no reconhecimento facial frente ao Eigenface, porque é menos suscetível a falhas quando há variação da iluminação - como descreve Sala (2014) em seu relatório de testes de comparação entre ambos os algoritmos.

#### 5.2.1.4 LBPH

O LBP é um descritor local de textura, reconhecidamente eficiente, robusto na classificação e segmentação de textura, sendo utilizado em aplicações de reconhecimento facial ou qualquer aplicação que necessite de uma análise de textura (LÓPEZ, 2010). Em resumo, o processo consiste em dividir uma imagem facial em várias regiões onde o LBP extrairá as características para posteriormente concatená-las em um vetor que será usado como facial descritor (LÓPEZ, 2010). Quando ao LBP é adicionado ao classificador HOG, passa a ser denominado LBPH, porque é a composição do algoritmo LBP com a estatística de histograma.

O LBPH se baseia no operador binário local, em que o operador aloca um rótulo para cada valor de pixel que uma imagem possui, realizando a comparação e verificação se o valor do pixel vizinho é maior do que o pixel central, retornando um valor de “1” neste caso – mas, se o pixel vizinho for menor, o valor “0” é retornado. No final de todas as comparações, tem-se um número binário, que convertido para decimal formará um histograma (HEUVEL; STEKAS, 2016).

#### 5.2.1.5 OPENCV

O OpenCV é uma biblioteca de programação, *opensource*, criada e desenvolvida pela *Intel Corporation* para aplicações de visão computacional. O destaque para esta biblioteca da *Intel Corporation* é a eficiência em aplicativos de visão computacional em tempo real. Esta biblioteca é compatível com os sistemas operacionais Windows, Mac Os e Linux. Também está disponível para as plataformas IOS e Android, e possui interfaces para as linguagens Python, C ++ e Java (MARENGONI; STRINGHINI, 2009). Marengoni e Stringhini (2009) esclarecem que as mais de 500 funções desta biblioteca estão divididas em cinco grupos, sendo: “processamento de imagens, análise estrutural, análise de movimento e rastreamento de objetos, reconhecimento de padrões, calibração de câmeras e reconstrução 3D”.

A biblioteca OpenCV se destaca em interfacear e trabalhar com os algoritmos de reconhecimento facial: Eingefaces, Fisherfaces e LBPH (SAFFI, 2018), presentes em grande número de aplicativos.

### 5.3 QUESTÕES DE PESQUISA SECUNDÁRIAS

Q1.1. Quais as taxas de acurácia do reconhecimento facial em tempo real que podem ser aplicados em sistemas de controle de acesso?

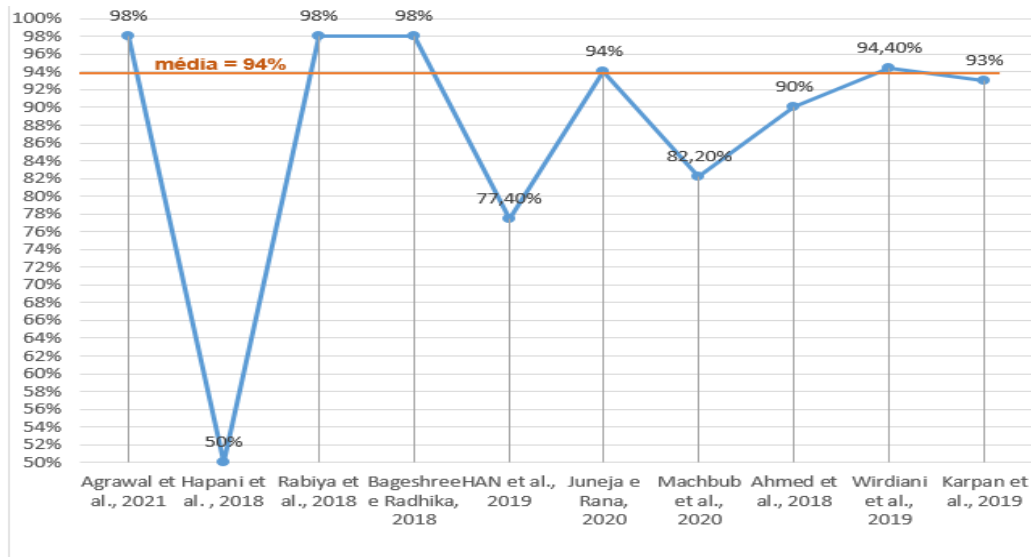
A acurácia é um fator em porcentagem, e representa o quanto o sistema consegue responder de maneira correta às amostras de faces que são apresentadas para ele. Em suma, quanto mais próxima do valor de 100%, a acurácia é considerada melhor – uma vez que reconhece a totalidade de amostra com o banco de dados.

A melhor acurácia encontrada foi de 98% em três artigos, a exemplo do artigo apresentado por Agrawal *et al.* (2018), com uma solução utilizando *Haar Cascade* para classificar e detectar faces, aplicando, na sequência, os algoritmos Eigenfaces e Fisherfaces em uma aplicação de controle de acesso e presença de alunos em salas de aula. A menor acurácia encontrada é de 50%, resultado da experiência de Hapani *et al.* (2018), que também utiliza os mesmos algoritmos (*Haar Cascade*) para classificação/detecção, extração e reconhecimento facial na identificação de alunos em sala de aula para confirmação de presença na matéria.

Importante destaque é que a acurácia de 98% também é apresentada por Rabiha *et al.* (2018) e Damale e Pathak (2018), que montaram suas soluções utilizando Haar Cascade para detecção, e RNA para realização das etapas complementares. Com isso, concluíram que o processo é mais ágil.

Por fim, a média dentre os valores foi de 94%. O gráfico da figura 12 apresenta esta relação:

Figura 12: Gráfico Relação da Acurácia apontado pelos artigos selecionados e a Média



Fonte: o autor

A RSL está realizada em uma base de dados genérica, que significa que não ocorreu parametrização de condições ambientais, pose ou posição da face, quantidade máxima e mínima apresentadas simultaneamente para a amostra, iluminação, cor de pele entre outros fatores. Sendo do interesse apenas conhecer as diferentes acurácias obtidas de diferentes estudos de casos realizados e apresentados em artigos científicos.

#### Q1.2. Quanto a sua aplicação na Internet das Coisas?

A análise realizada nos artigos selecionados permitiu verificar que as técnicas de reconhecimento facial possuem ampla aplicação, além de ser o principal método biométrico - pois está presente em vários casos de uso, tendo como exemplo o controle de acesso, sistemas de segurança e vigilância.

O uso do reconhecimento facial em tempo real, associado à Internet das coisas, é o estudo de caso realizado por Karthikeyan *et al.* (2020) – uma vez que o seu controle de acesso IoT utiliza o reconhecimento facial em tempo real como biometria para o controle de acesso. O segundo caso é o artigo de Bezukladnikov *et al.* (2020) que também está associado à biometria para controle de acesso, porém, aplicado em cidades inteligentes.

#### 5.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

O reconhecimento facial em tempo real é uma técnica de biometria sofisticada, rápida e exata. Em adicional, conta com métodos de coleta de dados não intrusivos e, geralmente, são de baixo custo, pois podem reaproveitar a infraestrutura de câmeras instaladas. O processo do reconhecimento se baseia nas medidas das coordenadas de distancias de pontos estratégicos da face - como a boca, olhos e nariz - que são convertidas em números os quais serão conferidos na base de dados.

A acurácia, que é pesquisada e tratada nesta RSL, é, em suma, a resposta da exatidão de como o processo de reconhecimento facial opera. Encontra-se, em vários artigos, que a acurácia possui valor de até 98%, com tendência a ser ainda melhor se impulsionado por agencias como a *NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS and TECHNOLOGY* (NIST) (INSTITUTO NACIONAL DE PADRÕES e TECNOLOGIA).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reconhecimento facial em tempo real possui amplo campo de aplicação, por se tratar de uma tecnologia de grande precisão biometria, fácil implantação e pouca - ou nenhuma - necessidade de interação com o indivíduo para que ocorra a sua identificação (CRISTIANO *et al.*, 2017). Esta argumentação esclarece a sua importância para os sistemas de controle de acesso, importância esta também esclarecida pelo extenso campo de aplicação do reconhecimento facial - sendo este ponto um dos principais pilares para o interesse em seu desenvolvimento. A exatidão na interpretação da face em controle de acesso é conhecida por acurácia, e surge da associação entre as variáveis precisão e exatidão - conforme figura 5. Cabe lembrar que, quanto mais próximo a 100%, melhor será a resposta ao reconhecimento facial, isto é, a acurácia.

Além disso, o reconhecimento facial automatizado - aquele que é realizado por agentes não humanos - também está sujeito a condições semelhantes aos olhos humanos - como iluminação, pose ou distanciamento, textura da pele e outros. Ademais, há outras variáveis que influenciam na qualidade da imagem, incluindo possíveis distorções, que contribuirão no resultado da resposta - que é a confirmação ou não do reconhecimento.

Assim, este trabalho partiu da necessidade que é estudar a acurácia nos atuais sistemas de reconhecimento facial em tempo real - em suas mais distintas aplicações - e possibilitar abstrair conclusões e interpretações que sejam úteis para o desenvolvimento da IoT.

### 6.1 CONCLUSÃO

Em busca de identificar quais algoritmos são os mais utilizados atualmente, e que apresentam a melhor acurácia para o reconhecimento facial em tempo real aplicado em controle de acesso que utilizam a IoT, foi utilizado o método RSL, que é sistemático e capaz de investigar na literatura disponível e viabilizar o esclarecimento da questão de pesquisa definida.

Desta maneira, este trabalho é resultado de uma RSL acerca dos artigos publicados pelos centros acadêmicos de maior relevância, limitada ao período de janeiro de 2018 a agosto de 2021 e que estão centrados em estudar quais os

algoritmos que estão em uso para o reconhecimento facial em tempo real e qual é a sua acurácia.

A operação de busca e coleta desses artigos foi realizada através do serviço do Google Acadêmico (Scholar), onde foram aplicadas *strings* específicas para as buscas. Após obtidos os resultados, utilizou-se critérios de inclusão e exclusão, resultando em quatorze artigos selecionados para realizar a pesquisa.

O reconhecimento facial, conforme descrito neste trabalho, está bem dividido em três etapas, iniciando com a detecção, passando pela extração de características e finalizando com o próprio reconhecimento facial. A primeira conclusão é que há presença maior de redes neurais para a etapa do reconhecimento facial – em que a rede neural Convolucional é a que mais se destaca. Entretanto, as outras etapas estão marcadas por algoritmos bem definidos, sendo que, para a fase de detecção, o HAAR Cascade - ou Viola-Jones - é o mais utilizado. Para a fase de extração de características, estão muito presentes os algoritmos Eigenface e FisherFace - que são baseados no PCA. A tabela 9 contempla essas evidências. A próxima conclusão é que uso de soluções compostas possuem por objetivo melhorar o tempo de resposta de todo o sistema, alcançar a simplificação operacional e melhorar a resposta a fim de eliminar os FRR e FAR.

A RSL apresentou dois artigos que relacionam o controle de acesso utilizando IoT e reconhecimento facial. Em ambos os casos, estão associados com a biometria. No caso do artigo de Karthikeyan *et al.* (2020), utiliza-se da biometria para o controle de acesso a ambientes; já no segundo caso, no artigo de Bezukladnikov *et al.* (2020), a biometria é aplicada em cidades inteligentes.

A acurácia encontrada nos artigos selecionados, resultado da pesquisa, teve valor expressivo, sendo o máximo de 98%, em três diferentes casos, e 50% como menor valor. Esses resultados estão apresentados no gráfico da figura 12, onde a média dos resultados encontrados é de 94%. No entanto, não é possível determinar qual é a melhor solução, uma vez que essas acurácias foram obtidas em modelos experimentais distintos, ou seja, sem uma padronização, o que dificulta determinar uma relação entre eles.

## 6.2 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho procura esclarecer quais são os algoritmos mais recentes em uso, e a sua acurácia em sistemas de reconhecimento facial em tempo real utilizados por sistemas de controle de acesso que se utilizam da IoT.

No entanto, o resultado do trabalho permite concluir que há forte tendência para o uso de soluções compostas para se atingir o objetivo, como também para responder outras importantes questões que são o desempenho e a performance do reconhecimento facial.

Desta maneira, este trabalho contribui apresentando quais são as tendências de algoritmos aplicados em cada uma das fases do processo do reconhecimento facial em tempo real.

## 6.3 TRABALHOS FUTUROS

A RSL encontrou três artigos que contemplam diferentes soluções e diferentes situações, mas que apresentam o mesmo nível de acurácia: 98%. A proposta de trabalho futuro é reproduzir estas três soluções em ambiente único, controlado e padronizado a fim de possibilitar a coleta de dados suficientes para analisar possíveis similaridades e os seus diferenciais.

A expectativa é que, respeitando os requisitos mínimos necessários exigidos por um controle de acesso que utiliza IoT, seja possível integrar todas as três soluções em uma única, visando a comprovar que esta é capaz de aprimorar e superar ao atual índice de acurácia apresentada por esta RSL, buscando a excelência no reconhecimento facial em tempo real.

## REFERÊNCIAS

ABADI, M.; BURROWS, M.; NEEDHAM, R. M. A logic of authentication. In: The Royal Society. Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical, Physical and Engineering Sciences, v. 426, n. 1871, p.233-271.1989.

ACURÁCIA. In: **MICHAELIS, Online Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. Michaelis**, 2021. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/accur%C3%A1cia>. Acesso em: setembro 2021.

AGENCIABRASIL, **Tecnologias de reconhecimento facial são usadas em 37 cidades do país**. Agência Brasil, 19/09/2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-09/tecnologias-de-reconhecimento-facial-sao-usadas-em-37-cidades-no-pais>. Acesso em: outubro 2021.

AGRAWAL, P.; ARUN, C.; KARTHICK, S.; SELVAKUMARASAMY, S. Automatic attendance monitoring system using facial recognition through feature-based methods (PCA, LDA). **Materials Today: proceedings**. ScienceDirect. 2021

AHMED, A.; ALI, F.; DEEBA, F.; GUO, J. LBPH based improved face recognition at low resolution, In: **2018 International Conference on Artificial Intelligence and Big Data (ICAIBD)**. IEEE, 2018 p. 144-147.

ALTRAN, A. B.; LOPEZ, M.L.M; MINUSSI, C.R. Um estudo das funções de base radial aplicadas à previsão de cargas elétricas via redes neurais artificiais. In: **Congresso Nacional De Matemática Aplicada E Computacional-Xxviii Cnmac**. 2005.

ALVES, M.A.R.; BISPO, B.C.; RODRIGUES, P.M.; SILVA, G.A.R. Desenvolvimento preliminar de um algoritmo de detecção em tempo real de estados emocionais através de redes neurais convolucionais. **XXXIX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais**, p. 1-2, 2021.

AMIN, A. H. M.; AHMAD, N. M.; ALI, A. M. M. Decentralized face recognition scheme for distributed video surveillance in IoT-cloud infrastructure. In: **2016 IEEE region 10 symposium (TENSYP)**. IEEE, 2016. p. 119-124.

AREL, I.; KARNOWSKI, T. P.; ROSE, D.C. Deep machine learning-a new frontier in artificial intelligence research [research frontier]. **IEEE computational intelligence magazine**, v. 5, n. 4, p. 13-18, 2010.

ASHTON, K. That 'internet of things' thing. **RFID journal**, v. 22, n. 7, p. 97-114, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 5725-1: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BAE, M.; LEE, S; KIM, H. Future of IoT networks: A survey. **Applied Sciences**, v. 7, n. 10, p. 1072, 2017.

BAVISKAR, M. R.; GAIKWAD, M. E.; KSHIRSAGAR, V. P. Face recognition using Eigenfaces. In: **2011 3rd International Conference on Computer Research and Development**. IEEE, 2011. p. 302-306.

BELHUMEUR, P.; HESPANHA, J.P.; KRIEGMAN, D.J. Eigenfaces vs. fisherfaces: Recognition using class specific linear projection. In: **European conference on computer vision**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1996. p. 43-58

BENGIO, Y.; COURVILLE, A.; GOODFELLOW, I. **Deep learning**. MIT Press, 2016.

BEZUKLADNIKOV, I., KAMENSKIH, A; KOKOULIN, A.; TUR, A; YUZHAKO, A, Technology: Person Identification. In: **Augusto J. (eds) Handbook of Smart Cities**. Springer, Cham.2020. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-030-15145-4\\_37-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15145-4_37-1)

BRANDÃO, R.; OLIVEIRA, J. L. Reconhecimento facial e viés algorítmico em grandes municípios brasileiros. In: **Anais do II Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade**. SBC, 2021. p. 122-127.

BRADSKI, G. R.; PISAREVSKY, V. Intel's Computer Vision Library: applications in calibration, stereo segmentation, tracking, gesture, face and object recognition. In: **Proceedings IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2000 (Cat. No. PR00662)**. IEEE, 2000. p. 796-797. doi: 10.1109/CVPR.2000.854964.

BREZOLIN, F.L. *et al.* Proposição de um sistema de autenticação simplificado e interativo com dispositivo IOT. In: **II Workshop Regional de Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais. In Anais da 15a Escola Regional de Redes de Computadores.** 2017.

BURGE, M.J; JAIN, A.K., KLARE, B.F.; KLONTZ, J.C.; KLUM, S. Open source biometric recognition. In: **2013 IEEE Sixth international conference on biometrics: theory, applications and systems (BTAS).** IEEE, 2013. p. 1-8. doi: 10.1109/BTAS.2013.6712754

CAIADO, R. *et al.* Metodologia de revisão sistemática da literatura com aplicação do método de apoio multicritério à decisão SMARTER. In: **Congresso Nacional de Excelência em Gestão e III Inovarse–Responsabilidade Social e Aplicada.** 2016. p. 1-20.

CALDAS, F.L. *et al.* Segurança do Ambiente Usando Dispositivo IoT com Processamento Distribuído. In: **Atas das Conferências Ibero-Americanas WWW/Internet 2019 e Computação Aplicada 2019.** 2019. p. 163-170.

CANDELU, W. **White paper:** Autenticação facial para acesso seguro. SAFR from realnetworks, 2020. Disponível em : <https://safrbrasil.com/whitepaper-acesso-seguro/>. Acesso em: agosto 2021.

CERQUEIRA, E. *et al.* Autenticação usando Sinais Biométricos: Fundamentos, Aplicações e Desafios. **Sociedade Brasileira de Computação**, 2019.

ČOLAKOVIĆ, A.; HADŽIALIĆ, M. Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues. **Computer Networks**, v. 144, p. 17-39, 2018.

M. COŞKUN, M.; UÇAR, A.; YILDIRIM, Ö.; DEMIR, Y. Face recognition based on convolutional neural network. In: **2017 International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES).** IEEE, 2017. p. 376-379.

COSTA, V.J. **Reconhecimento de padrões faciais: uma síntese.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

COSTA, R.S.; NEGRI, S.M.C.A; OLIVEIRA, S.R. O uso de tecnologias de reconhecimento facial baseadas em inteligência artificial e o direito à proteção de

dados. **Direito Público**, v. 17, n. 93, 2020. Disponível em: <https://www.portaldeperiodicos.idp.edu.br/direitopublico/article/view/3740>. Acesso em: agosto 2021

CRISTIANO, M.A.S.; NICOLETE, P.C.; NUNES, F.T.; PEREIRA, J.; SILVA, J.B. **Um estudo sobre técnicas de biometria baseados em padrões faciais e sua utilização na segurança**. Tecnologias da informação e comunicação na segurança pública e direitos humanos, Vol 2, cap 8, p 113-129. Blucher. SP. 2016.

DAMALE, R.C.; PATHAK, B.V. Face Recognition Based Attendance System Using Machine Learning Algorithms. In: **2018 Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)**, pp.414-419, 2018. doi: 10.1109/ICCONS.2018.8662938.

DHARRAO, D.S.; UKE, N.J. Fractional Krill–Lion algorithm based actor critic neural network for face recognition in real time surveillance videos. **International Journal of Computational Intelligence and Applications**, v. 18, n. 02, p. 1950011, 2019.

DEEPFACE. In: **Google Arts&Culture**. Disponível em: <https://artsandculture.google.com/entity/deepface/m0138jsb5?hl=en>. Acesso em: novembro 2021.

DEEP LEARNING BOOK. **As 10 Principais Arquiteturas de Redes Neurais**. Capítulo 10, livro digital. Disponível em: <https://www.deeplearningbook.com.br/as-10-principais-arquiteturas-de-redes-neurais/>. Acesso em: outubro 2021.

Deepnet. **Introduction to Deepnets**. Dzone. Disponível em: [HTTPS://DZONE.COM/ARTICLES/INTRODUCTION-TO-DEEPNETS](https://dzone.com/articles/introduction-to-deepnets). Acesso em: novembro 2021.

DOBBINS, R.; EBERHART, R. C. **Neural network PC tools: a practical guide**. Academic Press. San Diego, CA. 2014.

FAGERTUN, J. **Face Recognition**. Dissertação de Mestrado. Technical University of Denmark, DTU, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark. 2005.

FRIAS, D.; GUIMARÃES, D.; JESUS, L; PIMENTEL, F.; SAPUCAIA, F.; SOUZA, J.R. **Análise de métodos de processamento de imagens para reconhecimento facial utilizando Fisherfaces em imagens sob condições**

**desfavoráveis.** Núcleo de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais (ACSO), UNEB, 2015.

FAHMI, A.; LATTIFIA, T.; MAHAR, B.J.K.; SUPADMA, I.K.; TARADHITA, D.A.N.; WIRDIANI, N.K.A. Real-Time Face Recognition with Eigenface Method. **International Journal of Image, Graphics and Signal Processing (IJIGSP)**, Vol.11, No.11, pp. 1-9, 2019.DOI: 10.5815/ijigsp.2019.11.01

FERREIRA, F.R. T.; PAGLIARI, C. Detecção e reconhecimento de faces distorcidas por artefatos de compressão. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, v. 35, n. 2, p. 31-37, 2018.

FIGUEREDO, M. B.; DE SOUZA, J. R. Face recognition model applied to the missing people problem. In: **2013 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)**. IEEE, 2013. p. 1-3.

FLORES, E.G.J.F.; DRUMOND, M.G.; SILVA, C.K. **Inteligência artificial e tecnologias aplicadas ao direito-I**. Skema Business School. 2020.

FOCUS METROLOGIA. **Entenda a diferença entre exatidão e precisão de medição.** Disponível em: <https://focusmetrologia.com/2020/06/25/exatidao-vs-precisao-de-medicao/>. Acesso em: setembro 2021.

FRAGOSO, N.; ROBERTO, E; SIMÃO, B. **Reconhecimento Facial e o Setor Privado**: Guia para a adoção de boas práticas. InternetLab/IDEC, São Paulo, 2020.

FRERE, A. F.; KINOSHITA, S. K.; MARQUES, P. M. A. Utilização da Análise de Componentes Principais e Redes Neurais Artificiais para a Classificação de Nódulos em Mamogramas Digitalizados. In: **Anais do CBEB**, p. 1214-1216, 2000.

FUJIKAWA, C. S. **Reconhecimento Facial utilizando Descritores de Textura e Aprendizado Não Supervisionado**. Monografia (Bacharel em Ciências da Computação), UNESP (Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"), Rio Claro, Brazil, 2016.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. **Revisões sistemáticas da literatura**: passos para sua elaboração. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, V.23, p. 183 – 184, Brasília. 2014.

GARTNER, Gartner's. **Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies the Computing Innovations That Organizations Should Monitor, 2014.** 2015. Disponível em: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2015-08-18-gartners-2015-hype-cycle-for-emerging-technologies-identifies-the-computing-innovations-that-organizations-should-monitor>. Acesso em: setembro 2021.

GARTNER. **Gartner Identifies Top 10 Strategic IoT Technologies and Trends.** 2018. Disponível em: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-11-07-gartner-identifies-top-10-strategic-iot-technologies-and-trends>. Acesso em: agosto 2021.

GUGLINSKI, V. Leitura sequencial de impressões digitais: uma proposta para a diminuição de fraudes em sistemas biométricos. **Revista Jus Navigandi, ISSN 1518-4862**, Teresina, ano 18, n.3640, 19/06/2013. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/24730>. Acesso em: outubro 2021.

GUPTA, Y.; JAISWAL, V.; NARANJE, V.; PRASAD, A.; SACHDEV, K.; TOUTI, S. Real-time face recognition: A survey. In: **2021 International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy (ICCIKE)**. pp. 430-434, 2021. doi: 10.1109/ICCIKE51210.2021.9410792.

HAN, X.; JIN, K.; SHI, G.; XIE, X.; WANG, X. Human Identification Recognition in Surveillance Videos. In: **2019 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW)**, pp. 162-167. 2019. doi: 10.1109/ICMEW.2019.00-93.

HAPANI, S.; PAGHDAL, M.; PARAKHIYA, N.; PRAHU, N. Automated Attendance System Using Image Processing. In: **2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA)**. IEEE, p. 1-5. 2018

HAYKIN, S. Redes neurais: princípios e prática. **Bookman Editora**. Porto Alegre, RS. 2007.

HEUVEL, D.; STEKAS, N. Face recognition using local binary patterns histograms (LBPH) on an FPGA-based system on chip (SoC). In: **2016 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops (IPDPSW)**. IEEE, 2016. p. 300-304.

HORNG, S.J.; JIANG, B; LIN, C.T.; SUPARDI, J; WANLEI, Z. Recognizing Very Small Face Images Using Convolution Neural Networks, in: **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, 2020. doi: 10.1109/TITS.2020.3032396, 2020

IBARRA-ESQUER, J. E. *et al.* **Tracking the evolution of the internet of things concept across different application domains**. *Sensors*, v. 17, n. 6, p. 1379, 2017.

JONES, Michael; VIOLA, Paul. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. In: **Proceedings of the 2001 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition, CVPR**. 2001. IEEE, 2001. p. I-I.

KHAN, M. Z.; HAROUS, S.; HASSAN, S. U.; KHAN, M. U. G.; IQBAL, R.; MUMTAZ, S. Deep unified model for face recognition based on convolution neural network and edge computing. **IEEE Access**, IEEE, v. 7, p. 72622–72633, 2019.

KARPA, I; KATERYNCHUK, I; KUNYO, I; SVELEBA, S; UGRYN, S. UGRYN, V. The Real Time Face Recognition. In: **2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT)**, pp. 294-297, 2019. doi: 10.1109/AIACT.2019.8847753.

KARTHIKEYAN, C.; KUMAR, R.H; KUMAR, V.S.N; SARANYA, R. Computer Vision on Identifying Persons under Real Time Surveillance using IOT. In: **International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN)**, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICSCAN49426.2020.9262407.

CHARTERS, S.; KITCHENHAM, B. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. In: **Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report EBSE**. [S.l.]: Epidemiol. Serv. Saúde, 2007

KORTLI, Y.; JRIDI, M.; FALOU, A.A.; ATRI, M. Face recognition systems: A survey. **Sensors**, v. 20, n. 2, p. 342, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/2/342>. Acesso em: setembro 2021.

LIMA, M.; PERES, L. **Aprenda a Criar e Treinar Uma Rede Neural Convolutacional (CNN)**. Insight Data Science Lab. 2021. Disponível em : <https://insightlab.ufc.br/aprenda-a-criar-e-treinar-uma-rede-neural-convolutacional-cnn/>. Acesso em: outubro 2021.

LIMA, E. P. *et al.* Tecnologias na Segurança Pública: prospecção sobre o uso de inteligências artificiais e outros dispositivos. **Cadernos de Prospecção**, v. 13, n. 5, p. 1367, 2020.

LÓPEZ, L.S. **Local Binary Patterns applied to Face Detection and Recognition**. Universidade Politécnica da Catalunha, 2010.

LOURENÇO, G. F. F. **Reforço da segurança das biométricas utilizando codificação de fonte distribuída**. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa. 2009.

MACHBUB, C.; MAHARANI, D.A.; RUSMIN, P.H.; YULIANTI, L. Improving the Capability of Real-Time Face Masked Recognition using Cosine Distance. In: **2020 6th International Conference on Interactive Digital Media (ICIDM)**, pp. 1-6, 2020. Doi: 10.1109/ICIDM51048.2020.9339677.

MAIA, M.C *et al.*; Sistema Eletrônico de IoT para a Automação do Controle e Registro de acesso nos Grupos de Pesquisa da Unipampa. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 11, n. 2, 2019. Disponível em: [https://eventos.unipampa.edu.br/sciprot/files/2019/09/sciprot\\_2019\\_paper\\_112.pdf](https://eventos.unipampa.edu.br/sciprot/files/2019/09/sciprot_2019_paper_112.pdf)  
Acesso em: setembro, 2021.

MANCINI, M.C.; SAMPAIO, R.F. Estudo de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 11, p. 83-89, 2007.

MARCONDES, S.J. **Biometria, sistema biométrico: o que é, como funciona?** Blog Gestão de Segurança Privada. 09/2020. Disponível em: <https://gestaodesegurancaprivada.com.br/biometria-sistema-biometrico-o-que-e-como-funciona/>. Acesso em: agosto 2021.

MARENGONI, M.; STRINGHINI, S. Tutorial: Introdução a visão computacional usando opencv. **Revista de Informatica Teórica e Aplicada**, v. 16, n. 1, p. 125–160, 2009.

MATOS, M.L. **Relatório Técnico de proposta de reestruturação da infraestrutura da Universidade de Brasília baseada no conceito de smart campus**. Universidade de Brasília. 2021.

MELO, P.H.A.D. **Mecanismos de autenticação e controle de acesso para uma arquitetura de Internet do Futuro**. Universidade Federal de Uberlândia. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/18381>. Acesso em: setembro, 2021

MENEZES, K. O que é reconhecimento facial? **IDWALL**, 2020. Disponível em: <https://blog.idwall.co/o-que-e-reconhecimento-facial/>. Acesso em: setembro, 2021.

ORVALHO, V. Reconhecimento facial. **Revista de Ciência Elementar**, v. 7, n. 4, 2019.

OUADDAH, A.; ELKALAM, A.A.; MOUSANNIF, H.; OUADDAH, A.A. Access control in the Internet of Things: Big challenges and new opportunities. **Computer Networks**, v. 112, p. 237-262, 2017.

PACHECO, A.G.C. **Classificação de espécies de peixe utilizando redes neurais convolucional**. ArXiv preprint arXiv:1905.03642, 2019.

PAES, A.; VARGAS, A. C. G.; VASCONCELOS, C.N. Um estudo sobre redes neurais convolucionais e sua aplicação em detecção de pedestres. In: **Proceedings of the xxix conference on graphics, patterns and images**. sn, 2016.

PICHETJAMROEN, S.; POLPRASERT, C.; VORAKULPIPAT, C. Interacting Face Detection-based Access Control with Various Authentication Factors. In: **2021 The 5th International Conference on Machine Learning and Soft Computing**. p. 65-69. 2021

PLACCA, J.A.; VIEIRA, R.T. Sistema de reconhecimento de faces não colaborativo aplicado ao controle de frequência escolar. **Revista Academus**, v. 7, n. 1, 2019.

PORTAL FÍSICA. Acurácia, Precisão e Exatidão. **Portal da Física**. Disponível em: <https://portalfisica.com/2018/08/24/acuracia-precisao-e-exatidao/>. Acesso em: setembro 2021.

PRADO, K. S. **Comparação de técnicas de reconhecimento facial para identificação de presença em um ambiente real e semicontrolado**. Tese Doutorado - Curso de Sistemas de Informação, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100131/tde-07012018-222531/pt-br.php>. Acesso em: setembro 2021.

PRASANNA, D.M.; REDDY, C.G. Development of Real Time face recognition system using OpenCV. **Development**, v. 4, n. 12, p. 791, 2017.

RABIHA, S.G.; KURNIAWAN, A.; WAHHYUDI, I.; WILSON, E.; SASMOKO. Face Detection and Recognition Based E-Learning for Students Authentication: Study Literature Review. In: **2018 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)**, pp. 472-476. 2018. doi: 10.1109/ICIMTech.2018.8528088.

SAFFI, J.C.C. **Aprendizagem e reconhecimento de faces através de computer visin e machine learning, aplicado a ambientes de acesso restrito**. 2018. Disponível em: <https://www.imed.edu.br/Uploads/JEAN%20CARLOS%20MAFFI.pdf> Acesso em: outubro 2021.

SALA, D. A. **Reconhecimento facial em vídeo: uma comparação entre os métodos eigenfaces e fisherfaces**. Universidade do Rio Grande do Sul- UERGS. 2014.

SAMARATI, P.; SANDHU, R. S. Access control: principle and practice. **IEEE communications magazine**, v. 32, n. 9, p. 40-48, 1994.

SAMARATI, P.; VIMERCATI, S. C. d. Access Control: Policies, Models, and Mechanisms. In: **International School on Foundations of Security Analysis and Design**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 137-196. 2000

SANTAELLA, L; GALA, A.; POLICARPO, C. GAZONI, R. Desvelando a internet das coisas. **Revista Geminis**, ano 4, n2, v.1, p19-32. 2013.

SANTOS, B. P. *et al.* **Internet das coisas: da teoria à prática**. 2016. Disponível em: <http://35.238.111.86:8080/jspui/handle/123456789/329>. Acesso em: setembro 2021.

SILVA, E.M. **Padrões mapeados localmente em multiescala aplicados ao reconhecimento de faces**. UNESP, São José do Rio Preto, SP. 2018. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/154142/silva\\_em\\_me\\_sjrp.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/154142/silva_em_me_sjrp.pdf?sequence=3&isAllowed=y). Acesso em: outubro 2021.

SOUZA, M. A. A Biometria e suas Aplicações. **Revista Brasileira de Ciências Policiais**, v. 11, n. 2, p. 79-102, 2020.

UCCIFERRI, L. **ConMiCaraNo**: Reconocimiento facial en la ciudad de Buenos Aires. Asociación por los Derechos Civiles, c.23,2019. Disponível em: <https://url.gratis/Kd0un>. Acessado em: setembro 2021.

UNESP. **BIBLIOTECA PROF. PAULO DE CARVALHO MATTOS**. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus Botucatu. 2015. Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Biblioteca/tipos-de-evisao-de-literatura.pdf>. Acesso em: agosto 2021.

VETTER, R. Authentication by biometric verification. **IEEE Computer Architecture Letters**, v. 43, n. 02, p. 28-29, 2010.

VICARI, R.M. **Influências das Tecnologias da Inteligência Artificial no ensino**<sup>1</sup>. Estudos Avançados, v. 35, p. 73-84, 2021.

VIEIRA, M.M. **A revolução tecnológica: mudanças no mercado de trabalho educacional do nível superior no Brasil**. 2021. Tese de Doutorado.

VIVOMEUNEGOCIO. **IoT**: entenda o que é, tendências e como implementar. 07/2021. Disponível: <https://vivomeunegocio.com.br/conteudos-gerais/innovar/guia-iot-internet-das-coisas/>. Acesso em: setembro 2021.

VU, B. **A technological and ethical analysis of facial recognition in the modern era**. Academia. 2018. Disponível em: [https://www.academia.edu/38066258/A\\_Technological\\_and\\_Ethical\\_Analysis\\_of\\_Facial\\_Recognition\\_in\\_the\\_Modern\\_Era](https://www.academia.edu/38066258/A_Technological_and_Ethical_Analysis_of_Facial_Recognition_in_the_Modern_Era). Acesso em agosto 2021.

AHUJA, N.; KRIEGMAN, D. J.; YANG, M.H. Detecting faces in images: A survey. **IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence**, IEEE, v. 24, n. 1, p. 34-58, 2002.

WANG, H.; RAJ, B. **A survey: Time travel in deep learning space: An introduction to deep learning models and how deep learning models evolved from the initial ideas**. ArXiv preprint arXiv:1510.04781, 2015.

WECHSLER, H. Reliable face recognition methods: system design, implementation and evaluation. **Springer Science & Business Media**, 2009.

## APÊNDICE A – Trabalhos excluídos na revisão de literatura

Crit	Autores	Título	Publicação	Ano
3	ARORA, A; COCHADO, J.M.; SANCHEZ, S.M; SATI, V; SHOEIBI, N.	Face Detection and Recognition, Face Emotion Recognition Through NVIDIA Jetson Nano	International Symposium on Ambient Intelligence- Software and Applications pg 177-185, SPRINGER link	2020
3,4	NARMADA,N.; RATHNA,G.N.	Real Time Face Recognition on GPU using OPENCL	Fourth International conference on Computer Science & Information Technology, RESEARCHGATE	2014
3	DAO, C.T; NGUYEN, T.N.C; NGUYEN, T.H; PHAN, N.M.T; PHAM, H.N	Automatic Attendance System Based on Face Recognition Using HOG Features and Cosine Distance	Future Data and Security Engineering. Big Data, Security and Privacy, Smart City and Industry 4.0 Applications pg 130-148, SPRINGER link	2020
3	KISHORE, G.D.K; BABUREDDY, M.	Analysis and Prototype Sequences of Face Recognition Techniques in Real-Time Picture Processing	Intelligent Engineering Informatics, pg.323-335, SPRINGER Professional	2018
3	GARAIN, J; MAITY, S.; KUMAR, D.	An Approach to Cohort Selection in Cloud for Face Recognition	Intelligent and Cloud Computing,pg.97-104), SPRINGER Professional	2021
3	OUANAN, H.; OUANAN, M.; AKSASSE, B.	Deep Learning Technology for Identifying a Person of Interest in Real World	Advanced Intelligent Systems for Sustainable Development (AI2SD'2018), pg 220-227, SPRINGER link	2019
3	BARTOLI, F.; BIMBO,A. DEL; BRUNI, M.; PERNICI, F.	Incremental Learning of People Identities	Progress in Pattern Recognition, Image Analysis, Computer Vision, and Applications, pg 3-15, SPRINGER link	2019
3	HU, Z.; TEREYKOVSKIY, I.; TEREYKOVSKA, L.; ALIBIYEVA, A.Z.; ZORIN, Y.	Optimization of Convolutional Neural Network Structure for Biometric Authentication by Face Geometry	Advances in Computer Science for Engineering and Education, pg 567-577, SPRINGER link	2018
3	YENUMALADODDI,J.; REDDY,R.V.S.	A robust face emotion recognition approach through optimized SIFT features and adaptive deep belief neural network	IOS PRESS CONTENT LIBRARY	2019
3	HAKA, M.D.A.	Classification of ABO human blood group using radial basis function & backpropagation	SRIWIJAYA UNIVERSITY	2019
1,3	KWOK,H.S.; SRIVASTAVA,A.K.; SUN, Z.B.; YUAN,Z.N.	Fast LiDAR systems based on ferroelectric liquid crystal Dammann grating	Taylor & Francis Online	2021
3	ASTUTI, M.S.	Algoritma radial basis function DAN backpropagation UNTUK PENGENALAN AKSARA ULU KAGANGA	SRIWIJAYA UNIVERSITY	2019
3	KREUTZER, R.T.; SIRRENBORG, M.	Fields of Application of Artificial Intelligence—Health Care, Education and Human Resource Management	Understanding Artificial Intelligence, pg 167-193, SPRINGER link	2019

1	ELMOGY, M.; MOHAMMED, K; TOLBA, A.S.	Multimodal student attendance management system (MSAMS)	Ain Shams Engineering Journal Volume 9, Issue 4, December 2018, pg 2917-2929, ELSIVIER	2018
4	ANJUM, S.; NAWAZ, M.S.; SUMRA, I.A.	IFMP – Intrinsic Face Motion Pipeline	ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL, VOL.3, NO.4	2019
4	FLORESTIYANTO, M.Y.; HIMAWAN, H.; SILITONGA, P.	Improved Viola-Jones Face Recognition Using Tracking	Test Engineering & Management	2020
1,4	AL-HEMIRAY, E.; JASSIM, E.K.	Cognitive Internet of Things using MQTT protocol for smart diagnosis system	Iraqi Journal of Information and Communications Technology - IJICT, volume 2, ed.3	2019
4	MANJULA, DR. B.; VENKATESHWARLU, P.	Face recognition technique in unconstrained environment using CNN	Journal of Critical Reviews, volume 7, ed. 19	2020
1,4	MANJULA, DR. B.; VENKATESHWARLU, P.	Event Curation and Classification Technique based on Object Detection	International Journal of Multidisciplinary and Current Educational Research (IJM CER), volume 3, ed. 1, pgs 209-217	2021
4	FLORESTIYANTO, M.Y.; PRATOMO, A.H.; SARI, N.I.	Strengthening the Accuracy of Viola-Jones Face Recognition with tracking	Teknika, vol 9, no.1, pg 31-37	2020
4	KAK, S.F.; MUSTAFA, F.M.; VALENTE, P.R.	Discrete Wavelet Transform with Eigenface to Enhance Face Recognition Rate	Academic Journal of Nawroz University (AJNU) Volume 7, No 4	2018
1,4	KARUNAKAR, MR.G.; KUMAR,K.A.; SAI,CH.A.; SREE, K.V.S.M.C.	Smart Attendance Monitoring System (SAMS): A Face Recognition Based Attendance System for Classroom Environment	International Journal for recent developments in Science & technology, volume 04, ed.05	2020
1	BHATTACHARYA,S.; DAS,P.; NAINALA,G.S.; ROU TRAY,A.	Smart Attendance Monitoring System (SAMS): A Face Recognition Based Attendance System for Classroom Environment	International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), IEEE	2018
1,4	MOULI,K.V.B.N.S.C.; RAJYALAKSHMI,B.; REDDY, B.G.K.; SIVASANKARI,S.A.	Voice Controlled Personal Assistive Bot with Object Detection	Turkish Journal of Computer and Mathematics Education Vol.12 No. 4	2021
1,4	ZHUMAKHAN N.	Real-time Face Recognition using a Deep Learning Model	The scientific heritage No 65, Cyberleninka	2021
4	SINGH, A.K.	On effective human-robot interaction based on recognition and association	Indian Institute of Information Technology, Cornell University	2016
1,4	SHARMA, K.K.	Quantum Adiabatic Feature Selection	Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research, Cornell University	2019

1,4	BHANDARY, A.; SUDEEPA,K.B.; CHOKKADI,S.; SANNIDHAN,MS.	A Study on various state of the art of the Art Face Recognition System using Deep Learning Techniques	International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, volume 8, no. 4, Cornell University	2019
1,4	AKBAR, S.A.;NUGROHO,A.S.;YUDHANA,A.	Citra Kawasan Konservasi Penyu Pesisir Pantai Yogyakarta Menggunakan Foto Udara Berbasis EmguCV	Jurnal Ilmu Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI) Vol. 4, No.2	2018
2,4	NGUYEN,N.V.;NGUYEN,T.H.;VU,H.	An Efficient Deep Face Matching method for ID and Selfie photos: SIRFace	Twelfth International Conference on Digital Image Processing - ICDIP	2020
4	FIDAS, C.; GEORGAKOPOULOS, T.; KOUTROUMANI, M.; MOULIAS,T.	On the Effectiveness of Low-Cost Face Recognition with Deep Learning	24th Pan-Hellenic Conference on Informatics (PCI)	2020
1,4	BISPO, B.C.;MELO, M.; PEREIRA,J.; ROCHA,D.; RODRIGUES,P.M.	Desenvolvimento Preliminar de um Algoritmo de Reconhecimento Facial em Tempo Real através de Redes Neurais Convolucionais	XXXVIII Simpósio Brasileiro de telecomunicações e processamento de sinais	2020
1,4	SAI,K.C.; VAMSI,T.K.; VIJAYALAKSHMI,M.	Face recognition based door unlocking system using Raspberry Pi	International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology - IJARIT, volume 5 , ed. 2	2019
1,4	SINGH, R.; GEHLOT,A.	Intelligent Circuits and Systems	Proceedings of the 3 <sup>a</sup> International Conference on Intelligent Circuits and Systems (ICICS), Taylor & Francis Online	2020
2,4	GUPTA,T.;KUMAR,R.; SHARMA,S.	Face Recognition in Real Time for Attendance Marking System	IJSRST, volume 4, ed. 5	2018
4	VORONOV V.I., ZHAROV I.A., BYKOV A.D., TRUNOV A.S., VORONOVA L.I.	Designing a neural network identification subsystem in the hardware-software complex of face recognition.	T-Comm, vol. 14, no.5, pg. 69-76, Cyberleninka	2020
1,4	RAWAL,S.	Attandance Systema with Face Recognition	Galgotias Unversity	2019
4	ABDULLAH,A.G.; SULTONI,S.	Real Time Facial Recognition Using Principal Component Analysis (PCA) And EmguCV	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 384, conference 1, IOP Publishing	2017
1	LIN,J.W.; LIN,Y.H.; LU,M.H.	A Contactless Healthcare System with Face Recognition	International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid - IEEE	2021
4	THAIR A.S.; MOHAMMAD, B.GH.	A novel Face Recognition System based on Jetson Nano developer kit	2nd International Scientific Conference of AI-Ayen University (ISCAU), IOP Publishing	2020
4	HINTIKKA, T.	Real-Time Single-Shot Face Recognition using Machine Learning	Faculty of Information Technology and Communication Sciences, Tampere University	2019

1,4	ALMOURISH, M.H.; ALBAN, S.F.; ALAWI,A.E.B.; MOAMMED,H.A.; RADMAN,B.M.; SAEED,A.Y	Integration of object detection and face recognition in real time	Alandalus University for Science & Technology	2021
4	MUKHUMOVA, M.	Face Recognition based on the application of the method od Viola-Jones	International Electronic Periodical Edition, Kazakhstan Science Journal	2019
1	MAHARANA, U.; PANDEY,DR.R.; SHAH,D.; YADAV,V.; WADHWA,D.	Human Sketch Recognition using Generative Adversarial Networks and One-Shot Learning	Twelfth International Conference on Contemporary Computing, IEEE	2019
1,4	LI, Y.; LU, .X; XIE, Y.	Multi-face recognition and dynamic tracking based on reinforcement learning algorithm	2nd International Conference on Computer Science Communication and Network Security, MATEC Web of Conference	2020
1,4	CHEN, X.; LUO,Y.; FAN,Y	Research on Face Recognition Technology Based on Improved YOLO Deep Convolution Neural Network	Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing.	2021
1,4	BELOVA, N.S.; SAVCHENKO,A.V.; SAVCHENKO,L.V.	Fuzzy Analysis and Deep Convolution Neural Networks in Still-to-video Recognition	ISSN 1060-992X, Optical Memory and Neural Networks, 2018, Vol. 27, No. 1, pg. 23–31, SpringerLink	2018
4	GRECO, A.	Real-time face analysis for gender recognition on video sequences	Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione ed Elettrica e Matematica Applicata e Dipartimento di Informatica- Università degli Studi di Salerno	2017
1	KOUL, R.; SUNEJA,K.; YADAV,M.	FPGA Based Hardware Design of PCA for Face Recognition	7th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN) – IEEE	2020
1,4	MAGDIN, M.; PRIKLER,F.	Real Time Facial Expression Recognition Using Webcam and SDK Affectiva	International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence, Vol. 5, N° 1,pg 7-15.	2017
4	HORNG,S.J.; SUPARDI,J.	Very Small Image Face Recognition Using Deep Using Convolution Neural Networks	IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1196, IOP Publishing	2019
1, 4	ADZKIYA,D.; HIDAYAT,N.; NISA, A.K.; SHAHAB,M.L.; TJAHYANTO,A.	Individual Recognition System Through Face Identification Using Hidden Markov Model	International Conference on Information Technology, Engineering, Science, and its Applications	2018
1,4	BIST, A.S.; FEBRIANI,W.; LUKITA, C.; KOSASI,S.; RAHARDJA, U.	Design of Face Recognition AttendX for Recording Student Attendance Data Based on Artificial Intelligence Techno...	Solid State Technology, volume 63, ed. 2s	2020
4	SAXENA, N.; SHUKLA, S.	A Review on LBPH (Local Binary Patterns Histograms) based Enhanced Technique For Multiple Face Detection	International Conference on Intelligent Technologies & Science	2021

1,4	AHMED, S.U.;AFFAN, M.; AHMAD, M.; KHALID,H.; KHAN, T.A.	Smart Surveillance and Tracking System	23rd International Multitopic Conference (INMIC), 2020, pp. 1-5, IEEE	2020
1,4	SHEN, Y.	Assisting Federated Learning with Vehicular Clouds	Senior Thesis, Department of Computer Science, Boston College	2021
1,4	MAKSIMENKO, V.N.; VOLOSHINA, T.S.	Analysis of the person recognition system by the neural network algorithm	Cyberleninka. Disponível em: <a href="https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sistemy-raspoznavaniya-lits-po-algoritmu-neyronnoy-seti">https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sistemy-raspoznavaniya-lits-po-algoritmu-neyronnoy-seti</a> . Acesso em: setembro 2021	2018
1	DIRGANTORO, K.P.; KIM,D.S.; LEE, J.M	Generative Adversarial Networks Based on Edge Computing With Blockchain Architecture for Security System	International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIC), 2020, pg. 039-042, IEEE	2020
1,4	ANUSHKA, ARYA,C.;DIWAKAR,M.; PANDEY, H.; SHARMA,K.; SINGH,P.; TRIPATHI,A.	Object Detection using Deep Learning: A Review	Journal of Physics: Conference Series 1854 (2021) 012012, IOP Publishing	2021
1,4	JANG,J.H.; LEE,B.C.; PARK,K.C.; YOON, A.K.Y.	A Study on Overcoming Disturbance Light using Polarization Filter in Edge Computing System	International Journal of Information Systems, volume 07, no.4, KoreaScience	2020
1	SETIANINGSIH,C.; SUMARYO,S.; WASKITO,T.B.	Wheeled Robot Control with Hand Gesture based on Image Processing	International Conference on Industry 4.0, Artificial Intelligence, and Communications Technology (IAICT), 2020, pg. 48-54, IEEE	2020
1	DU,A.; SHEN,Y.; TSENG, L.	Enabling Pervasive Federated Learning using Vehicular Virtual Edge Servers	International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops and other Affiliated Events (PerCom Workshops), 2021, pg. 324-327, IEEE	2021
1	ASRINY, D.M.; KUNAKORNVONG,P.	Apple image classification using Convolutional Neural Network	Rajamangala University of Technology , RESEARCHGATE	2019
1	DAI,X.; GU,J.; YANG,K.; YE,P.; ZHAO, Y.	FPGA Realization of Hardware-Flexible Parallel Structure FIR Filters Using Combined Systolic Arrays	International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2020, pg. 1-5, IEEE	2020
1	SRIVASTAVA, A.K.; YUAN,Z.	Ferroelectric Liquid Crystal Damman Grating: for LiDAR Applications	The Hong Kong University of Science and Technology, RESEARCHGATE	2019
1,4	BUKHARI, N.	Face and Gaze Controlled Onscreen Presentations (FAGCOP)	Tese de Doutorado Master of Science – Universidade Koblenz- Landau	2020
1,4	FITRIANINGSIH, E.; SETYATI,E.; ZAMAN, L.	Extraction of Eye and Mouth Features for Drowsiness Face Detection Using Neural Network	KINETIK, Vol. 3, No. 2, May 2018, pg. 103-112, RESEARCHGATE	2018
1	DIAS, K.H.; FERNANDEZ, F.A.; TKAUC,N.; TRAN,T.	Cloud-Based Face and Speech Recognition for Access Control Applications	Conference on Communications and Network Security (CNS), 2020, pg. 1-8, IEEE	2020

1	LIU, H.	A Fast and Accurate Face Alignment Method Based on Deep Learning on Mobile Device	5th International Conference on Cloud Computing and Big Data Analytics (ICCCBDA), 2020, pg. 354-357, IEEE	2020
1	ALOQAILY,M.; DU,A.; SHEN,Y.; TSENG,L.; ZHANG,Q.	CRACAU: Byzantine Machine Learning meets Industrial Edge Computing in Industry 5.0	Transactions on Industrial Informatics, IEEE	2021
1	BERNANDUS; LAMI,H.F.J.; LOUK,A.C.; RANTELOBO,,K.; SASTRA,N.P.	The Object Detection on Video Transmission over Wireless Visual Sensor Network	3rd International Conference on Mechanical, Electronics, Computer, and Industrial Technology (MECnIT), 2020, pg. 54-57, IEEE	2020
4	PATEL,D.	Single Shot Detector for Object Detection using an Ensemble of Deep Learning and Statistical Modelling for Robot Learning Applications	MASTER OF SCIENCE in Computational Sciences, Laurentian University	2020
1,4	SCOTECE,D.	Edge Computing for Extreme Reliability and Scalability	TESE DOUTORADO – Universidade de Bologna	2020
4	CIARELLI,P.M; LIMA,G.R.	Sistema de Videomonitoramento com Identificação de Suspeitos Utilizando Biometria Facial	14º Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente	2019
4	CHAVES,R.R.	Redes Neurais Deep Learning aplicadas ao Reconhecimento Facial	Universidade de Caxias do Sul	2018
4	GRANDO,A.	Análise Facial de Emoções utilizando redes neurais no contexto de uma sala de aula inteligente	Universidade de Caxias do Sul	2020
1,4	SOUZA,M.A.A.	Disposição de materiais metálicos em pó a laser baseado em controle por visão computacional e aprendizagem de máquina	Universidade de São Paulo	2019
1	NEBABA,S.G.; ZAKHAROVA,A.A.	Application of the background subtraction method and Viola-Jones algorithm for increasing the speed of face tracking in the personality recognition system	Computational Mathematics and Information Technologies, volume 2, no1, CyberLeninka	2018
2	AHAMED, H.; ALAM,I; ISLAM,M	HOG-CNNBasedRealTimeFaceRecognition	Department of Mechatronics Engineering, Rajshahi University of Engineering & Technology Rajshahi, Bangladesh. IEEE	2018
2	JAYASWAL, R.; DIXIT,M.	Comparative Analysis of Human Face Recognition by Traditional Methods and Deep Learning in Real-Time Environment	Deptt of CSE and IT, Madhav Institute of Technology and Science, Gwalior (MP), India.IEEE	2020
2	ALSMIRAT, M.;AL-AYYOUB,M.; SHATNAWI, Y.	Face Recognition using Eigen-faces and Extension Neural Network	Jordan University of Science and Technology Irbid, Jordan.IEEE	2019
2,3	EVEEV, R.; NEMKOV, R.	Classification and description of hacker attacks: impact and theri consequences	The scientific heritage No 65	2020
1	JUNEJA,K.; RANA, C.	Center Settled Multiple-Coil Spring Model to Improve Facial Recognition Under Various Complexities	Springer Link	2020

1	ADNAN, M.; ALI, S.F.; ASHMED, J.; ASHMED, S.B.; FRAZ, M.M	On the frontiers of pose invariant face recognition: a review, 2020.	Springer Link	2020
---	---	--	---------------	------