

**NIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI CAMPUS
SENADOR HELVÍDIO NUNES DE BARROS
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE FACES PELO USO DO SURF E LBP

ISRAEL CARDOSO ARAÚJO

PICOS – PIAUÍ

2016

ISRAEL CARDOSO ARAÚJO

RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE FACES PELO USO DO SURF E LBP

Monografia submetida ao Curso de Bacharelado de Sistemas de Informação como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Me. Flávio Henrique Duarte de Araújo

PICOS – PIAUÍ

2016

FICHA CATALOGRÁFICA
Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí
Biblioteca José Albano de Macêdo

A663r Araújo, Israel Cardoso.

Reconhecimento automático de faces pelo uso do SURF e LBP / Israel Cardoso Araújo.– 2016.

CD-ROM : il.; 4 ¾ pol. (33 f.)

Monografia (Curso Bacharelado em Sistemas de Informação) – Universidade Federal do Piauí, Picos, 2016.

Orientador(A): Prof. Me. Flávio Henrique Duarte de Araújo

1. Reconhecimento Facial. 2. SURF. 3. Sistemas de Informação. I. Título.

CDD 005.4

RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE FACES PELO USO DO SURF E LBP

ISRAEL CARDOSO ARAUJO

Monografia APROVADO como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Data de Aprovação

Picos – Pl. 19 de Fevereiro de 2016



Prof. Me. Flávio Henrique Duarte de Araújo
Orientador



Prof. Esp. Ismael de Holanda Leal
Membro



Prof. Esp. Allan Jheyson Ramos Gonçalves
Membro

Aos meus pais e aos verdadeiros amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pelo o dom da vida, pela saúde, pelas oportunidades lançadas no meu caminho e pela força para superar os desafios.

Ao meu orientador Flávio Henrique Duarte de Araújo pela ajuda constante no amadurecimento do projeto, pelo qual não mediu esforços em compartilhar seus conhecimentos e suas experiências indispensáveis para a conclusão desse projeto.

Regracio também todo o corpo docente do curso de Sistemas de Informação que contribuíram direta e indiretamente nas diversas etapas da minha jornada acadêmica.

Aos meus pais, Samuel e Lúcia, exemplos de minha vida, por todo amor, carinho, educação, paciência e confiança. E que, apesar de todas as dificuldades me apoiando em todos os momentos.

Aos meus irmãos, Samuel Filho, Johnlemou, Magnum e Kennedy pela amizade, atenção e pelas grandes alegrias que tivemos juntos. Os laços que nos unem são muito mais que familiares, são de convivência, respeito, companheirismo e lealdade.

A todos os meus sobrinhos pelos sorrisos, abraços e brincadeiras que recarregavam meus ânimos e me davam força para seguir em frente.

Aos meus colegas e amigos que caminharam ao meu lado nessa luta e me ajudaram a crescer como pessoa e profissional, especialmente a Rai, Micael, Leandro, Jonisson, Lusivan, Nonato e Núbia.

A todos, o meu muito obrigado!

“Saber todo mundo sabe, querer todo mundo quer, mais fácil falar do que fazer”.

Humberto Gessinger.

RESUMO

A detecção automática de pessoas pela análise de imagens da face pode ser utilizada em diversas aplicações. Em uma empresa, a autorização e autenticação das pessoas que precisam entrar ou sair do local de trabalho, pode ser melhorada com a detecção facial para identificação no momento do acesso. O controle de acesso de entrada e saída de escolas, hospitais e condomínios também é um exemplo de tarefa que pode ser automatizada pela detecção automática de faces. Diante disso, esse trabalho consiste no estudo, implementação e avaliação de um algoritmo de reconhecimento automático de pessoas pela análise de imagens da face. Durante o processo de desenvolvimento é utilizado o algoritmo de segmentação Viola-Jones, os descritores SURF (*Speed Up Robust Features*) e LBP (*Local Binary Patterns*), o classificador KNN (*K-Nearest Neighbor*) e a base de dados *FEI Face DataBase*. Os resultados obtidos no reconhecimento da face foram satisfatórios, principalmente quando os descritores utilizados foram combinados.

Palavras-chave: Reconhecimento Facial, Viola-Jones, SURF, LBP, KNN.

ABSTRACT

Automatic detection of people by face image analysis can be used in various applications. In one company, the authorization and authentication of people who need to get in or out of the workplace, can be improved with facial detection for identification at access. The entrance access and exit control schools, hospitals and condominiums is also a task of example that can be automated by automatically detecting faces. Therefore, this work is the study, implementation and evaluation of an automatic recognition algorithm of people by face images analysis. During the development process is used segmentation algorithm Viola-Jones, the SURF descriptors (Speed Up Robust Features) and LBP (Local Binary Patterns), the KNN classifier (K-Nearest Neighbor) and database FEI DataBase face. The results of face recognition have been satisfactory, particularly when combined descriptors were used.

Keywords: Face Recognition, Viola-Jones, SURF, LBP, KNN.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura1: Diagrama de um típico Sistema de Reconhecimento facial	15
Figura2: Imagens da base FEI, contendo variações de expressão, pose e iluminação	19
Figura 3: Exemplo de delimitação da face.....	20
Figura 4: Etapa de segmentação da face.....	21
Figura 5: O operador LBP básico	23
Figura 6: Classificação pelo método <i>KNN</i>	25
Figura 7: Diagrama da realização dos testes para a classificação das faces.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultado dos descritores com 10 indivíduos.....	28
Tabela 2: Resultado dos descritores com 20 indivíduos.....	28
Tabela 3: Resultado dos descritores com 30 indivíduos.....	28
Tabela 4: Resultado dos descritores com 40 indivíduos.....	29
Tabela 5: Resultado dos descritores com 50 indivíduos.....	29
Tabela 6: Resultado dos descritores com 60 indivíduos.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

KNN	<i>K-Nearest Neighbor</i>
LBP	<i>Local Binary Patterns</i>
PCs	Pontos Característicos
RS	Super Resolução
SURF	<i>Speed Up Robust Feature</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO	14
1.2	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	PROCESSAMENTO DE IMAGENS.	16
2.2	BIOMETRIA	17
2.3	DESCRITORES	18
2.4	BASE DE DADOS	19
3	METODOLOGIA DO SISTEMA.....	20
3.1	DETECÇÃO DE FACE	20
3.1.1	<i>VIOLA JONES</i>	21
3.2	EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS	22
3.2.1	<i>SPEED UP ROBUST FEATURES – SURF</i>	22
3.2.2	<i>LOCAL BINARY PATTERNS – LBP.</i>	23
3.3	CLASSIFICAÇÃO	24
3.3.1	<i>K-NEAREST NEIGHBOR – KNN</i>	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve um expressivo crescimento sobre reconhecimento facial, uma área que é alvo de muitas pesquisas e estudos. Segundo Maia (2014), esta tecnologia pretende fazer o papel natural de uma pessoa, que é reconhecer as características de uma face em diferentes ambientes e agregar estas informações que estão armazenadas na memória.

Os primeiros estudos na área de reconhecimento de face foram realizados no campo da Psicologia, por volta de 1950 e 1960, no campo da Engenharia. Mas, as primeiras pesquisas envolvendo o reconhecimento automático de faces através de máquinas se deram na década de 1970. Desde então, essa área de pesquisa tem sido conduzida por psicofísicos, neurocientistas, engenheiros e cientistas da computação (ZHAO, 2003 *apud* MAIA, 2014).

São diversos os campos da ciência que trabalham com reconhecimento facial, entre eles estão: o acesso restrito a uma sala, onde somente pessoas autorizadas poderão obter acesso se sua face for reconhecida, dispositivos móveis especificamente *smartphones*, no caso de perda, roubo, a tela só poderá ser desbloqueada pelo reconhecimento facial; segurança da informação, como segurança na *internet* e em aeroportos; e a área de vigilância, como na análise de vídeos de câmeras de segurança.

Conforme Braga (2013), mesmo com tantas pesquisas, mais de 50 anos depois, ainda existem várias barreiras científicas para um reconhecimento facial. Por exemplo, a iluminação do ambiente, onde dependendo do tipo de sistema que se é utilizado a taxa de erro pode ser aumentada consideravelmente, ou quando a face da pessoa a ser reconhecida não é captada frontalmente, é captada de perfil, dificultando assim o reconhecimento da pessoa, ou ainda, quando as expressões faciais não são neutras, isso quer dizer que em certo momento uma pessoa pode estar de barba, sem barba, com a sobrancelha tirada. Esses são fatores que contribuem para um bom reconhecimento facial.

1.1 OBJETIVO

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é utilizar técnicas clássicas de processamento de imagens e reconhecimento de padrões para o desenvolvimento de um algoritmo de reconhecimento automático de faces.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em 5 capítulos da seguinte forma: O capítulo 2 fornece a fundamentação teórica para o entendimento do trabalho. A Metodologia do Sistema é descrita no capítulo 3, apresentando todos os passos necessários para implementar um sistema de reconhecimento facial totalmente automatizado, que vai desde a detecção até o reconhecimento facial. O capítulo 4 mostra os resultados e discussões do sistema implementado. Por fim, as considerações finais estão escritas no capítulo 5, com indicações de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente o reconhecimento facial vem ganhando muito prestígio. Várias aplicações utilizam-se desse artifício para manipular ferramentas que possam empregar a biometria em sistemas de identificação de face. A Inteligência Artificial vem sendo empregada de forma a garantir uma maior confiabilidade nesses sistemas.

Para Braga (2013), um sistema de reconhecimento facial automatizado é capaz de receber como entrada uma imagem, identificar a face presente na imagem, extrair suas principais características e fazer sua identificação comparando com as imagens salvas no banco de dados. A Figura 1 mostra o funcionamento de um típico sistema de reconhecimento facial.

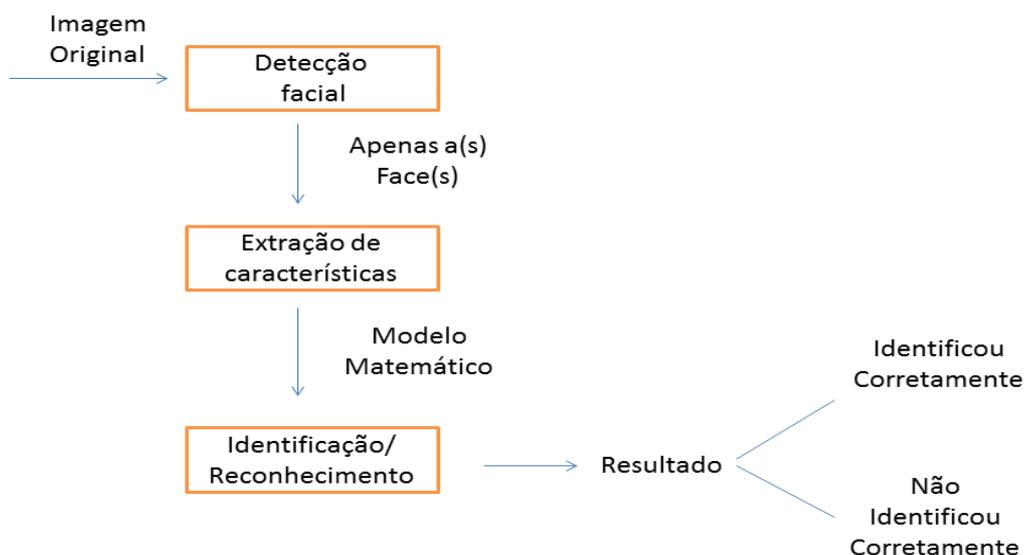


Figura 1: Diagrama de um típico Sistema de Reconhecimento Facial.

Fonte: BRAGA (2013).

2.1 PROCESSAMENTO DE IMAGENS

O Processamento de Imagens é uma técnica para a análise de dados multidimensionais, que permite manipular e tratar imagens com o objetivo de obter informações e melhorar as características visuais da imagem (ALVES, 2013).

Para descrever o conceito de processamento de imagens, Gonzales e Woods (2002), consideraram uma escala com três níveis de processamento (baixo, médio e alto). Os processos de baixo nível são caracterizados pelo fato de que suas entradas e as saídas são imagens, como as operações de redução de ruído, onde ocorre o pré-processamento da imagem. O nível médio inclui operações que têm como resultado atributos extraídos das entradas, como a segmentação de imagens. Por sua vez, os processos de alto nível incluem a análise de imagens, que extrai a semântica da entrada para executar funções cognitivas, como, por exemplo, a detecção de faces e objetos em imagens digitais.

Utiliza-se o pré-processamento para diminuir diversas imperfeições que uma imagem possa ter, isso pode ocorrer pela presença de pixels ruidosos, contraste e/ou brilho inadequado, caracteres (especialmente os dígitos do CEP) interrompidos ou indevidamente conectados e etc. A função da etapa de pré-processamento é aprimorar a qualidade da imagem para as etapas subsequentes (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999).

A segmentação de uma imagem é um procedimento que a partir de uma imagem observada, obtém-se uma nova imagem, onde a cada posição é atribuído um único rótulo, entre K possíveis. Pode-se pensar nesses K rótulos como diferentes cores. A segmentação deve tentar identificar (ou rotular) regiões da imagem onde os pixels tenham características similares. Apesar do ponto de partida da segmentação ser as características similares do pixel, o que se quer é identificar regiões ou áreas da imagem que caracterizam um determinado objeto, ou terra (LIBERMAN, 1997).

Na extração de características, o objetivo é localizar em uma imagem pontos que contenham características relevantes. Segundo Braga (2013), essas regiões podem ser globais ou locais e podem ser distinguidas por texturas, formas, intensidades, propriedades estatísticas e outros. De um modo geral, tenta-se extrair

um conjunto compacto de características geométricas interpessoais ou características fotométricas da face.

2.2 BIOMETRIA

Para um bom reconhecimento facial é necessário entendermos sobre biometria, que "pode ser definida como o modo de identificar pessoas baseadas em suas características físicas ou comportamentais. Tais características devem ser únicas de modo que possam ser usadas para determinar a identidade de uma pessoa" (FARINA, 2012).

O processo de identificação ocorre via uma credencial que pode ser definida como uma evidência fornecida por alguém, ao requisitar algum tipo de acesso. As credenciais são classificadas em três tipos (MILLER, 1994 *apud* FARINA, 2012):

- Posse: o requisito para acesso é deter a posse de um objeto. Por exemplo, a posse da chave de um veículo identifica o usuário autorizado;
- Conhecimento: o requisito para acesso é deter certo conhecimento. Trata-se do método mais comum de controle de acesso atualmente, no qual a autenticação do usuário é baseada em uma informação secreta, uma senha, compartilhada entre o usuário e a aplicação;
- Biometria: o requisito para acesso é apresentar características físicas ou comportamentais computadas na forma de um identificador biométrico único.

Dentre as três credenciais apresentadas, a biometria se destaca por ser a mais confiável em relação à segurança na identificação de pessoas, proporcionando assim, uma menor probabilidade de que haja fraudes no sistema. Tudo isso é possível por ela ser mais difícil de ser compartilhada, que ocorra alguma alteração no sistema e que seja roubada.

Como vantagens, a biometria apresenta as seguintes características (JAIN, 2009 *apud* FARINA, 2012):

- Não pode ser facilmente esquecida, transferida, perdida, copiada ou utilizada por outra pessoa, visto que é algo pessoal e intransferível;
- Desencoraja a prática de fraudes e aumenta a segurança, uma vez que aumenta significativamente a dificuldade de fraudar uma identidade;

- Propicia grande conveniência, pois não exige a memorização de senhas e, tampouco, o porte de algum dispositivo para autenticação;
- Elimina as falsas repudiações, pois não há argumentos para o repúdio quando o processo de autenticação está baseado em características biométricas.

Um sistema biométrico é um sistema de reconhecimento de padrões que coleta os dados biométricos do usuário, extrai um conjunto de características discriminativas destes dados e efetua a comparação com uma referência biométrica previamente gravada no banco de dados. (PEREIRA; ANGELONI, 2012).

2.3 DESCRITORES

Descritores são usados para representar características no conteúdo da imagem. Descrevem elementos como forma, cor, textura, orientação, entre outros. Geralmente, os descritores de imagens fornecem uma descrição compacta sobre a imagem, tornando mais prática a sua análise do que trabalhar diretamente sobre os pixels (SILVA, 2014).

O cálculo de descritores é um método muito importante que é utilizado na base de dados, porque é a partir dele que se tem uma boa base para o reconhecimento da face. Primeiro, para termos uma boa noção de descritores é preciso entender sobre resolução digital. A resolução digital de uma imagem está relacionada à sua qualidade, onde quanto maior for seu nível de detalhamento, maior será sua resolução.

As imagens são utilizadas em diversos domínios de conhecimento, como na medicina, biologia, segurança, vigilância, sensoriamento remoto, automação industrial e etc. Algumas imagens possuem baixa resolução, focalização incorreta, onde dificultam a segmentação de regiões presentes na imagem. Uma alternativa para este problema é aumentar a resolução e melhorar a qualidade das imagens utilizando técnicas de super-resolução (RS). Os cálculos de descritores são técnicas de RS. De acordo com Rézio (2011),

Características são propriedades relevantes que podem ser mensuradas em imagens ou objetos presentes nas imagens, como cor, forma e textura. Tais características normalmente são extraídas por meio de descritores (de características) e organizadas como elementos de um vetor, denominado vetor de características. O conjunto de todos os possíveis vetores de

características forma um espaço de características. Descritores de características devem idealmente ser invariantes a transformações afins, tal que objetos em imagens possam ser reconhecidos independentemente de escala, translação ou rotação.

2.4 BASE DE DADOS

Para realizar os testes de um reconhecimento facial é fundamental que se tenha uma base de dados contendo imagens de alta qualidade de várias pessoas, com diferentes tipos de poses e iluminação (BRAGA, 2013). É aconselhável que cada pessoa possua pelo menos duas imagens, cada imagem com uma fisionomia diferente, para que possa dificultar e ao mesmo tempo melhorar o reconhecimento da face, na fase de testes.

Seguindo este pensamento, a base de dados utilizada neste trabalho foi a *FEI Face DataBase*. Criada e mantida pelo Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Universitário da FEI, esta base é composta por 14 imagens de cada um dos 200 indivíduos, sendo 100 homens e 100 mulheres, com variações de pose e iluminação, totalizando 2800 imagens, capturadas de acordo com o procedimento descrito por (AMARAL, 2011).



Figura 2: Imagens da base FEI, contendo variações de expressão, pose e iluminação.

Fonte: <http://fei.edu.br/~cet/facedatabase.html>.

3 METODOLOGIA DO SISTEMA

Esse capítulo detalha o funcionamento dos algoritmos utilizados para o reconhecimento facial automático.

3.1 DETECÇÃO DE FACE

O primeiro passo para um sistema de reconhecimento facial é a segmentação da face, ou seja, eliminação do fundo da imagem. Essa etapa recebe como entrada uma imagem normal de uma pessoa, e como saída retorna a imagem contendo apenas sua face. Essa etapa é fundamental porque é nela que informações desnecessárias são eliminadas da imagem. A Figura 3 exemplifica a delimitação da face.

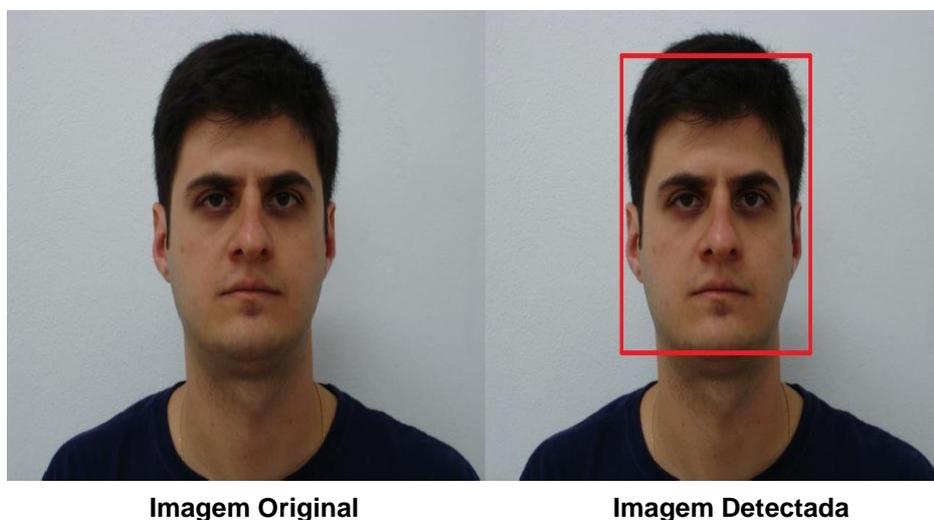


Figura 3: Exemplo de delimitação da face.

Fonte: <http://fei.edu.br/~cet/facedatabase.html>.

O algoritmo de segmentação de faces utilizado nesse trabalho foi o de Viola-Jones (VIOLA; JONES, 2004), o maior motivo da escolha é por ser um algoritmo com um alto nível de eficiência e uma baixa taxa de erros. Esse algoritmo é capaz de processar imagens rapidamente, mantendo uma alta taxa de detecção.

3.1.1 VIOLA JONES

O princípio do algoritmo Viola-Jones é digitalizar uma sub-janela capaz de detectar as faces através de uma dada imagem de entrada. A abordagem do processamento de imagem serve para redimensionar a imagem de entrada para diferentes tamanhos e, em seguida, executar o detector de tamanho fixo por meio dessas imagens (JENSEN, 2008).

Com este propósito, Jones e Viola (VIOLA; JONES, 2004) propuseram uma solução para detectar faces que consiste em uma arquitetura em cascata de classificadores fortes, assim aumentando a velocidade de detecção. Cada classificador implementa *AdaBoost*, um algoritmo de aprendizagem por reforço, que utiliza como entrada valores com o cálculo da integral, que é uma representação da imagem que não trabalha diretamente com intensidades, mas sim com um conjunto de funcionalidades remissivas das funções Base de *Haar*. A Figura 4 mostra o resultado após sua utilização.



Figura 4: Etapa de segmentação da face.

Fonte: <http://fei.edu.br/~cet/facedatabase.html>.

Note que na Figura 4, ocorreu à retirada apenas da região de interesse da imagem, que é a face de uma pessoa. Esse procedimento é necessário para que sejam feitas as etapas seguintes.

3.2 EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS

A partir do momento que se tem a imagem segmentada o segundo passo é a extração das características. Para Braga (2013), o objetivo é localizar regiões da imagem que contenham características significativas. Essas regiões podem ser globais ou locais e podem ser distinguidas por texturas, formas, intensidades, propriedades estatísticas e outros. De um modo geral, tenta-se extrair um conjunto compacto de características geométricas interpessoais ou características fotométricas da face.

Esta etapa procura extrair características das imagens a partir de uma região de interesse resultantes da segmentação feita através de descritores que permitam caracterizar com precisão cada pixel da imagem. Estes descritores devem ser representados por uma estrutura de dados adequada ao algoritmo de reconhecimento. É importante observar que nesta etapa a entrada ainda é uma imagem, mas a saída é um conjunto de dados correspondentes àquela imagem (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999).

Nesse trabalho, os descritores utilizados para a extração de características foram o SURF e LBP, que serão detalhados nos sub-tópicos a seguir.

3.2.1 *SPEED UP ROBUST FEATURES* – SURF

O SURF é um tipo de descritor bastante utilizado no campo da visão computacional e busca características como a invariância, a rotação e escala. Pode ser descrito em três etapas (CARVALHO, 2010):

- *detecção dos PCs (Pontos Característicos)*: os pontos são detectados baseados numa aproximação do detector de *Hessian*, a qual utiliza filtros caixa. Aliado ao uso de imagens integrais, tal aproximação reduz muito o custo computacional;
- *representação do espaço escala*: o espaço de escala é construído através da aplicação de filtros caixa aumentados iterativamente e aplicados sobre a imagem original. Isso ocorre sem que a velocidade de aplicação do filtro seja influenciada por seu tamanho, graças ao uso das imagens integrais;

- *localização dos PCs*: para localizar os pontos característicos em uma imagem cobrindo todas as possíveis escalas, uma supressão não máxima é aplicada ao redor de uma vizinhança dos pixels. A máxima do determinante da matriz *Hessiana* é então interpolada no espaço escala da imagem.

De acordo Lindeberg (1998), o SURF os pontos chaves são localizados utilizando um *detector Hessiano*. Para determinada orientação é utilizada a transformada de *Haar* (*Haar wavelets*) e os descritores são formados a partir dos pulsos dos pontos ao redor do ponto chave. O vetor descritor tem 64 elementos, podendo ser dobrado se necessário.

3.2.2 LOCAL BINARY PATTERNS – LBP.

O descritor LBP possui um dos melhores desempenhos entre os descritores de textura e tem sido amplamente utilizado em várias aplicações. Ele provê um alto poder discriminativo e entre suas principais vantagens estão, sua invariância a luminosidade e eficiência computacional (SILVA, 2014).

Neste método, cada pixel de uma imagem é substituído por um valor binário. Este valor é determinado pela comparação de uma matriz quadrada contendo os pixels vizinhos, onde cada vizinho é comparado com o valor central (AMARAL, 2011).

Ahonen, Hadid e Pietikäinen (2004), introduzem o LBP para ser usado no reconhecimento facial. A imagem da face é dividida em pequenos pedaços e histogramas LBP são extraídos de cada sub-região. O processo do descritor LBP é ilustrado na Figura 5. Após a extração do descritor LBP de cada pedaço, todos os histogramas são concatenados, formando um único histograma.

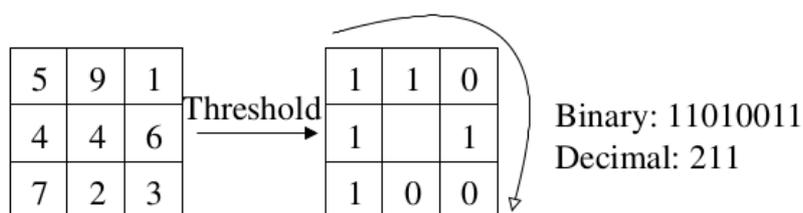


Figura 5: O operador LBP básico (AHONEN; HADID; PIETIKÄINEN, 2004).

3.3 CLASSIFICAÇÃO

A última parte do sistema consiste em avaliar se as características extraídas das imagens são eficientes para a classificação correta das faces. Para realizar essa classificação, as características extraídas são utilizadas como vetor de entrada, e através do uso de técnicas de reconhecimento de padrões, pode-se determinar a qual classe determinado objeto pertence.

Conforme Liberman (1997), a classificação é considerada a parte mais "inteligente" dos processos necessários para o sistema de reconhecimento facial. Ela representa o "alto nível" e permite obter a compreensão e a descrição final das etapas do processamento de imagens, que deram início no pré-processamento. Ela faz uso do conhecimento anterior do caso estudado e o conhecimento adquirido durante as fases precedentes. Dado um conjunto de classes e um padrão apresentado como entrada para o sistema, o problema consiste em decidir a que classe o padrão pertence.

Para obter bons resultados nesse processo, é imprescindível que as etapas anteriores tenham sido realizadas com eficiência, pois ela depende fortemente desses resultados. O classificador empregado neste sistema foi o K-vizinhos mais próximos (*K-Nearest Neighbor* – KNN).

3.3.1 K-NEAREST NEIGHBOR – KNN

O KNN é um classificador onde o aprendizado é feito de forma supervisionada e baseado na analogia. O conjunto de treinamento é formado por vetores n-dimensionais e cada elemento deste conjunto representa um ponto no espaço n-dimensional.

Para determinar a classe de um elemento que não pertença ao conjunto de treinamento, o classificador KNN procura K elementos do conjunto de treinamento que estejam mais próximos deste desconhecido elemento, ou seja, que tenham a menor distância. Estes K elementos são chamados de K-vizinhos mais próximos. Verifica-se quais são as classes desses K vizinhos e a classe mais frequente será atribuída à classe do elemento desconhecido (SILVA; SOUZA; MACHADO, 2005).

O KNN consiste em utilizar as características obtidas na fase de seleção para diferenciar as amostras em classes e geralmente é utilizado para auxiliar tarefas de Reconhecimento de Padrões. Para obter a relação de uma amostra com seus

vizinhos é utilizada a distância euclidiana que calcula a proximidade entre eles (ROCHA, 2010). A Figura 6 mostra um exemplo de classificação do KNN.

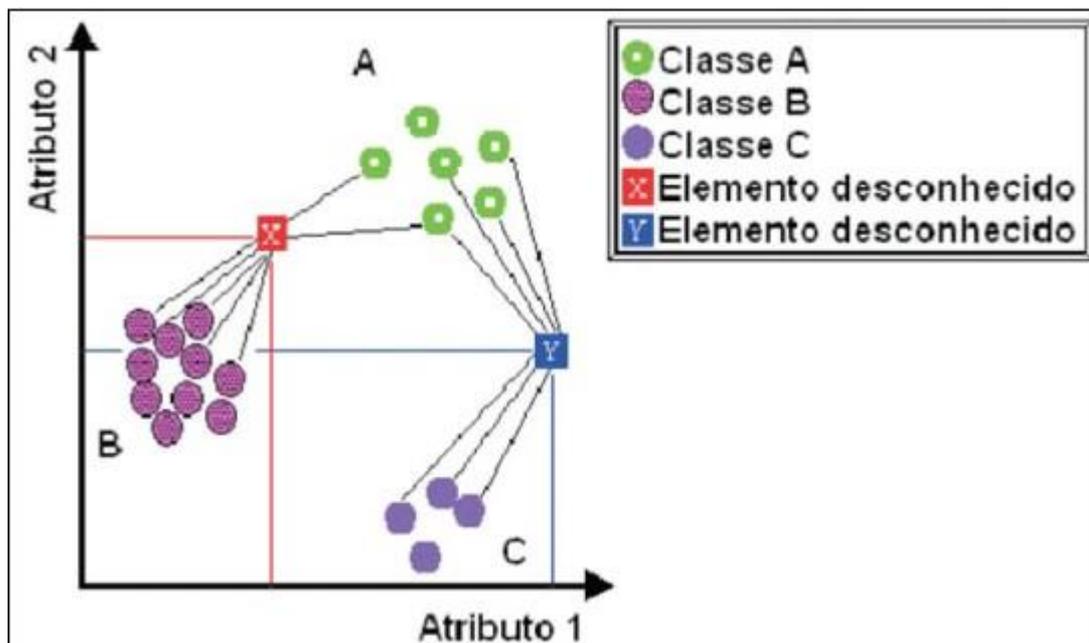


Figura 6: Classificação pelo método KNN.

Fonte: <http://www.rb.org.br/imagens/v38n627217f4.gif>.

Na Figura 6, tem-se um exemplo de classificação KNN com dois atributos, três classes e dois elementos desconhecidos X e Y. Deseja-se classificar estes dois pontos através dos 07 (sete) vizinhos mais próximos.

Analisando a classe predominante dos 07 vizinhos mais próximos, o ponto desconhecido X será classificado como um ponto pertencente à classe B e o ponto desconhecido Y como um ponto pertencente à classe A.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos durante a análise do sistema automático de reconhecimento de faces, com o propósito de verificar o desempenho dos descritores SURF e LBP utilizando o classificador KNN. A medida de avaliação utilizada será a taxa de acerto (acurácia), que é a quantidade de imagens corretamente identificadas pela quantidade total. Todos os testes realizados utilizaram o ambiente interativo *Matlab* (MATrix LABoratory) R2015a *Student Version* e a base de imagens *FEI Face DataBase*.

Os experimentos foram analisados seguindo etapas. Inicialmente começando com 10 (dez) indivíduos, depois 20 (vinte), sempre com o acréscimo de 10 indivíduos até chegar ao total de 60 (sessenta) indivíduos. Empregando esta metodologia, foi possível detalhar ao máximo a eficiência de cada descritor considerando o aumento da quantidade de faces no sistema.

Quando se fala em 10 indivíduos, significa dizer que dispomos de uma base de dados contendo duas imagens da face de cada indivíduo, totalizando 20 imagens. A primeira imagem a pessoa está com o semblante sério, e a segunda imagem com o semblante sorrindo. Vamos imaginar que A passa a indicar todas as 10 imagens sérias, e B todas as 10 imagens sorrindo. Após isso, utiliza-se o classificador KNN para classificar as imagens e verificar se o descritor reconhece corretamente a face que está em A, com as outras faces que estão em B, este mesmo processo acontece com as demais faces. A Figura 7 apresenta um diagrama de fluxo da realização dos testes para a classificação das faces.

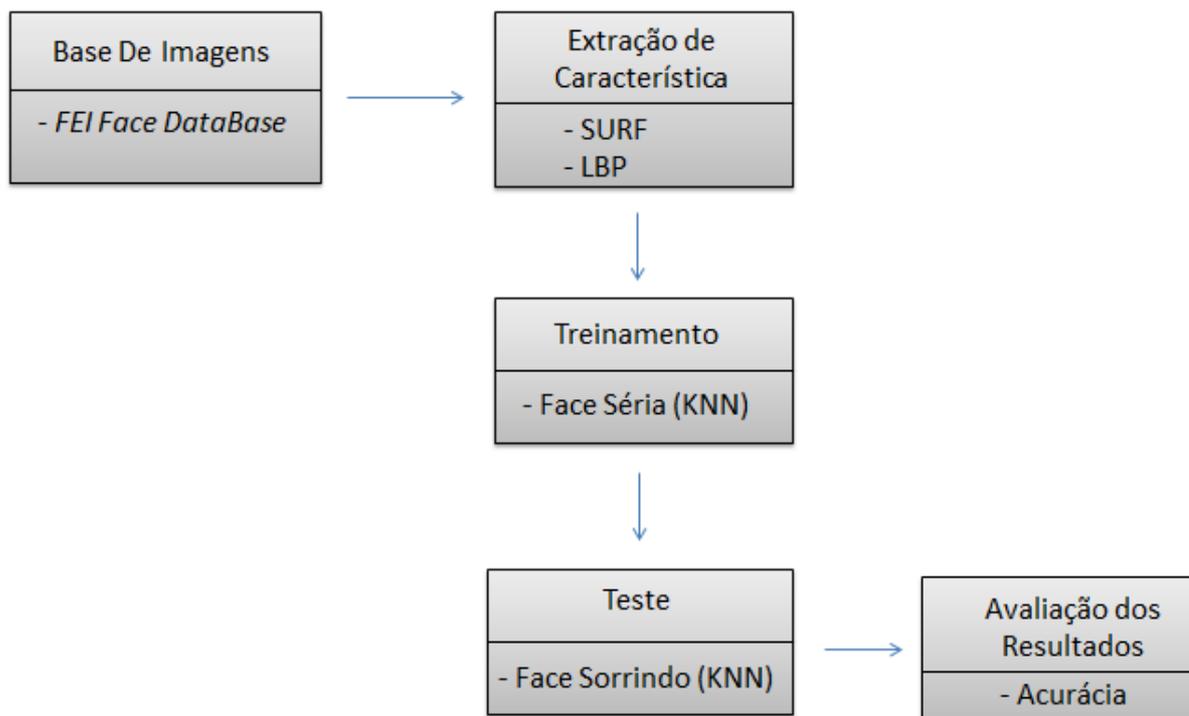


Figura 7: Diagrama de fluxo da realização dos testes para a classificação das faces.

Fonte: O autor (2016).

Para avaliar o desempenho dos descritores, cada descritor foi analisado isoladamente. Por fim, como forma de obter um melhor resultado no reconhecimento das faces, houve a concatenação dos mesmos, onde os dois começam a trabalhar em conjunto.

As Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 apresentam os resultados adquiridos após a análise dos descritores para 10, 20, 30, 40, 50 e 60 imagens respectivamente.

Tabela 1: Resultado dos descritores com 10 indivíduos.

Descritores	Resultados corretos (%)	Resultados incorretos (%)
SURF	70	30
LBP	90	10
SURF/LBP	100	0

Tabela 2: Resultado dos descritores com 20 indivíduos.

Descritores	Resultados corretos (%)	Resultados incorretos (%)
SURF	65	35
LBP	85	25
SURF/LBP	95	5

Tabela 3: Resultado dos descritores com 30 indivíduos.

Descritores	Resultados corretos (%)	Resultados incorretos (%)
SURF	56,666	43,334
LBP	77,5	22,5
SURF/LBP	93,333	6,667

Tabela 4: Resultado dos descritores com 40 indivíduos.

Descritores	Resultados corretos (%)	Resultados incorretos (%)
SURF	57,499	42,501
LBP	73,333	26,667
SURF/LBP	87,5	12,5

Tabela 5: Resultado dos descritores com 50 indivíduos.

Descritores	Resultados corretos (%)	Resultados incorretos (%)
SURF	54	46
LBP	66	44
SURF/LBP	82	18

Tabela 6: Resultado dos descritores com 60 indivíduos.

Descritores	Resultados corretos (%)	Resultados incorretos (%)
SURF	51,666	48,334
LBP	63,333	36,667
SURF/LBP	78,333	21,667

Observando as tabelas a cima, é possível perceber que conforme for aumentando a quantidade de indivíduos, torna-se mais difícil fazer o reconhecimento da face, especialmente quando se faz a análise dos descritores separadamente. Isso fica evidente no descritor SURF, onde a porcentagem de faces identificadas incorretamente é bem elevada. Mesmo assim, fazendo a comparação entre o descritor LBP com o SURF, o LBP obteve resultados melhores no reconhecimento da face, onde a porcentagem de faces identificadas corretamente é regular. Por outro lado, é notório observar que quando é feita análise dos descritores concatenados, o resultado das faces identificadas corretamente são superiores.

Contudo, ficou evidente que concatenando os dois descritores, obteve-se um desempenho superior a 90% com até 30 faces diferentes. Conclui também, que à medida que o número de imagens vai aumentando, vai ficando mais difícil o reconhecimento de faces corretamente dentro de um sistema.

Vale lembrar, que esse desempenho foi obtido utilizando as imagens de rosto sério para o treinamento e as imagens de rosto sorrindo para o reconhecimento. Se a base de dados tivesse duas imagens da mesma pessoa sorrindo ou séria para realizar o treinamento e o reconhecimento, provavelmente os resultados seriam melhores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reconhecimento automático pela análise da face está sendo cada vez mais utilizado em diversos campos de estudos. Em ambientes que necessitam de autorização ou autenticação para ter acesso, por exemplo, com a implantação de um sistema de reconhecimento de face, a segurança aumentará consideravelmente.

Esse trabalho apresentou o desenvolvimento de um algoritmo de reconhecimento automático de faces. Para isso, foi utilizado o algoritmo de Viola-Jones para a segmentação, os descritores SURF e LBP para a extração de características e o classificador KNN para a classificação e reconhecimento da face. Para a avaliação dos resultados foi utilizada a medida de acurácia.

Os resultados apontam que com a combinação dos descritores, a porcentagem de acertos no reconhecimento da face foram superiores do que quando foram avaliados separadamente. E que conforme cresce o número de indivíduos, diminui a taxa de acertos no reconhecimento da face.

Como trabalhos futuros, pretende-se avaliar o algoritmo desenvolvido com outra base de dados com mais imagens de perfis de pessoas sérias e sorrindo. Também pretende-se analisar outros descritores para a extração de características das faces, como por exemplo, o descritor de *Fourier*. Por fim, serão testados outros classificadores e seus resultados serão comparados com outros algoritmos clássicos de reconhecimento de faces presentes na literatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHONEN, T.; HADID, A.; PIETIKÄINEN. **Face recognition with local binary patterns**, Proceedings of European Conference on Computer Vision pp. 469–481, 2004.
- ALVES, N. M. E. **A Equação do Calor Aplicada ao Processamento de Imagens**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.
- AMARAL, V. **Extração e Comparação de Características Locais e Globais para Reconhecimento Automático de Imagens de Face**. Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, 2011.
- BRAGA, L. F. Z. **Sistemas de Reconhecimento Facial**. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.
- CARVALHO, T. J. **Aplicação de Técnicas de Visão Computacional e Aprendizado de Máquina para a Detecção de Exsudatos Duros em Imagens de Fundo de Olho**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- CHIMIESKI, B. F.; FAGUNDES, R. D. R. **Association and classification data mining algorithms comparicion over medical datasets**. Journal of health informatics (JHI), 2013.
- FARINA, A. M. **BioMobile: Sistema de Identificação de Usuários em Dispositivos Móveis na Plataforma Android Utilizando Reconhecimento de Faces a Partir de Vídeo**. Universidade Estadual Paulista – UNESP: São José do Rio Preto/SP, 2012.
- GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. **Digital Image Processing**. 2ª edição. Upper Saddle River: Prentice Hall. 2002.
- GOMES, A. K. **Análise do conhecimento extraído de classificadores simbólicos utilizando medidas de avaliação e de interessabilidade**. Dissertação de mestrado, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC/USP, 2002.
- JENSEN, O. H. **Implementing the Viola-Jones Face Detection Algorithm**, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, 2008.
- LINDEBERG, T. (1998). **Feature detection with automatic scale selection**. International Journal of Computer Vision, 30:79–116. 10.1023/A:1008045108935.
- LIBERMAN, F. **Classificação de Imagens Digitais por Textura usando Redes Neurais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- MAIA, D. S. **Detecção e Reconhecimento de Face utilizando o MATLAB**. Universidade Estadual do Sudeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2014.
- MARQUES FILHO, Ogê.; VIEIRA NETO, Hugo. **Processamento Digital de Imagens**, Rio de Janeiro: Brasport, 1999. ISBN 8574520098.

PEREIRA, T. F.; ANGELONI, M. A. **Verificação Facial em Vídeos Capturados por Dispositivos Móveis**. ISBN 978-85-64619-09, 2012.

RÉZIO, A. C. C. **Super-Resolução de Imagens Baseada em Aprendizado Utilizando Descritores de Características**. Instituto de Computação Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2011.

ROCHA, H. P. **Seleção clonal de características rankeadas por filtros univariados para classificação de tipos de leucemia aguda**. p. 7, Julho 2010.

SILVA, L. M. O.; SOUZA, R. C; MACHADO, M. A. **Uma Aplicação de Sistemas de Classificação KNN para a Identificação Automática de Modelos Arma Sazonais e não Sazonais**, Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – SBPO, Gramado/RS, 847-851.

SILVA, M. A. A. **Extração e Comparação de Características Locais para o Reconhecimento Facial por Meio de Retratos Falados**. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

VIOLA, P.; JONES, M. J. Robust Real-Time Face Detection. **International Journal of Computer Vision**, Netherlands, v. 2, n. 57, p. 137–154, 2004.



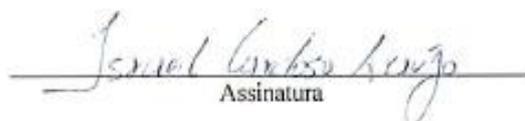
**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DIGITAL NA BIBLIOTECA
"JOSÉ ALBANO DE MACEDO"**

Identificação do Tipo de Documento

- () Tese
- () Dissertação
- (X) Monografia
- () Artigo

Eu, **Israel Cardoso Araújo** autorizo com base na Lei Federal nº 9.610 de 19 de Fevereiro de 1998 e na Lei nº 10.973 de 02 de dezembro de 2004, a biblioteca da Universidade Federal do Piauí a divulgar, gratuitamente, sem ressarcimento de direitos autorais, o texto integral da publicação **Reconhecimento Automático de Faces pelo uso do SURF e LBP** de minha autoria, em formato PDF, para fins de leitura e/ou impressão, pela internet a título de divulgação da produção científica gerada pela Universidade.

Picos-PI 11 de Março de 2016.


Assinatura