

### **1.1 Considerações Iniciais**

A face humana é uma imagem fascinante, serve de infinita inspiração a artistas há milhares de anos. Uma das primeiras e mais importantes habilidades humanas é a capacidade de reconhecer faces.

A face de uma pessoa é o principal elemento que faz com que os outros indivíduos a reconheça, ou seja, ao visualizar a face de alguém é desencadeado um processo de identificação natural.

Com as mais diversas tecnologias da vida moderna, tais como câmeras de vigilância, terminais de auto-atendimento bancário, comércio eletrônico entre outras, torna-se cada vez mais necessária a construção de métodos seguros para se comprovar a identidade de alguém. Meios de identificação, tais como, carteira de identidade (uma das formas mais tradicionais de identificação), cartões magnéticos e senhas têm demonstrado o quanto são vulneráveis a roubos e clonagens.

A Biometria trabalha para que máquinas sejam capazes de capturar características individuais de uma pessoa, de forma a identificá-la, sem confundí-la com seus semelhantes, uma vez que não existem pessoas idênticas, ainda que gêmeas univitelinas. Um dos objetivos da Biometria é a construção de sistemas que reconheçam padrões biológicos e estabeleçam a autenticidade a partir de características fisiológicas ou comportamentais de um indivíduo [PAKANTI, S. et al. (2000)].

Dentre as técnicas de reconhecimento biométrico utilizadas atualmente, as mais precisas são as baseadas em imagem da íris [PAKANTI, S. et al. (2000)]. A desvantagem está em seu caráter invasivo, pois é necessário que o usuário permaneça parado em uma posição definida e com os olhos abertos enquanto o *scanner* de íris ou uma câmera captura a imagem. Por isso o interesse pelo reconhecimento de face permaneceu, devido à sua natureza não invasiva e por ser um método natural de identificação de pessoas [PENTLAND, A. (2000)].

Para auxiliar a Biometria, a área de reconhecimento de padrões estuda como máquinas podem observar o ambiente, aprender e distinguir padrões de interesse do que está sendo visto, para a partir disso verificar e justificar decisões baseadas nas categorias dos padrões observados [JAIN, A. K. et al. (2000b)] . Segundo [PENTLAND, A. (2000)], muito do sucesso de sistemas de reconhecimento de face vem da combinação bem estabelecida de técnicas de reconhecimento de padrões com um sofisticado entendimento do processo de geração de imagem, que produz métodos capazes de capturar regularidades que são peculiares às pessoas, tais como cor de pele, geometria facial, entre outras.

O reconhecimento automático de faces a partir de imagens estáticas e imagens de vídeo vem emergindo como uma área ativa de pesquisa do domínio de reconhecimento de padrões. A tecnologia de reconhecimento de faces tem numerosas aplicações comerciais e legais. Essas aplicações vão desde a comparação estática de imagens, de formato compatível com passaportes, cartões de crédito, foto da carteira de identidade, carteira de habilitação e foto de arquivo policial, à comparação em tempo-real de imagens de vigilância de vídeo. Tais situações apresentam diferentes dificuldades em termos de requerimentos de processamento.

A área de segurança é a que mais tem se favorecido com o desenvolvimento de sistemas de controle de acesso a locais restritos, estações de trabalho, monitoramento, sistemas de pagamento e autenticação biométrica baseadas em reconhecimento de faces [BEYMER, D. J. (1996); LAWRENCE, S. et al. (1997); SUNG, K. K. & POGGIO, T. (1998)].

Com este tipo de pesquisa na área de segurança acredita-se que será dado um passo na direção de evitar tragédias como as dos atentados terroristas, bem como facilitar o acesso seguro a lugares públicos como bancos e aeroportos, auxiliar as buscas de traficantes, dentre outros.

## 1.2 A redução de dimensionalidade, extração e seleção de características

O termo dimensionalidade é atribuído ao número de características de uma representação de padrões, ou seja, a dimensão do espaço de características ( $N$ ). As duas principais razões para que a dimensionalidade seja a menor possível são: custo de medição e precisão do classificador. Quando o espaço de características contém somente as características mais salientes, o classificador será mais rápido e necessitará de menos memória. Além disso, quando o conjunto de exemplos de treinamento não é muito grande, o problema da dimensionalidade pode ser evitado usando-se um espaço de características pequeno. Isto também propicia a obtenção de menores taxas de erro de classificação.

Em visão computacional, a necessidade de redução de dimensionalidade é acentuada, pois a dimensionalidade de imagens é muito grande. O espaço de imagens possui características que podem ser eliminadas para efetuar o reconhecimento de objetos. Uma imagem de largura  $w$  e altura  $h$  (em *pixels*) pode ser vista como um padrão no espaço de imagens, o qual possui dimensionalidade  $N = h \times w$ . Esse pode ser um valor muito elevado em imagens obtidas, por exemplo, por câmeras. Além disso, qualquer alteração em translação, rotação e escala dos objetos contidos nessas imagens fará com que ocorram grandes erros de classificação. Por isso, é necessário a utilização de algoritmos de redução de dimensionalidade que propiciem a obtenção de representações dos padrões de forma robusta a essas alterações.

Para efetuar a redução de dimensionalidade, existem basicamente duas abordagens: extração de características e seleção de características. Em linhas gerais, os algoritmos de extração criam novas características a partir de transformações ou combinações do conjunto original de características. Já os algoritmos de seleção, como o próprio nome diz, selecionam, segundo determinado critério, o melhor subconjunto do conjunto original de características.

Frequentemente a extração de características precede a seleção, de forma que, inicialmente, é feita a extração de características a partir dos dados de entrada, seguido por um algoritmo de seleção de características, que elimina os atributos mais irrelevantes segundo um determinado critério, reduzindo a dimensionalidade.

A escolha entre seleção e extração de características depende do domínio de aplicação e do conjunto específico de dados de treinamento disponíveis. Em geral, a seleção de características reduz o custo de medição de dados, e as características

selecionadas mantém a sua interpretação física original, mantendo as propriedades que possuíam quando foram criadas. Já as características transformadas geradas por extração podem prover uma habilidade de discriminação melhor do que o melhor subconjunto das características originais. Entretanto, as novas características podem não possuir um significado físico.

É importante lembrar que, se a redução de dimensionalidade for excessiva, o classificador pode ter seu poder de discriminação reduzido. Por isso, é importante analisar a variação do comportamento do classificador com o número de características de forma que seja possível estimar a dimensionalidade ideal para determinado classificador e conjunto de dados.

Neste trabalho de mestrado o intuito foi estudar extratores de características através das técnicas *Wavelets* [DAUBECHIES, I. (1990)], *PCA* [TURK, M.A. & PENTLAND, A.P. (1991)] e *IMPCA* [YANG, J. & YANG, Y. J. (2001)], sendo que não foi utilizado nenhum tipo de técnica de seleção de características e como método classificador foi escolhido a distância Euclidiana para a realização dos testes.

A extração de características (que reflete a semântica inerente da imagem) é a base de um sistema que utiliza vetores de assinaturas para o reconhecimento de imagens. Em um sentido mais amplo, as características podem estar baseadas no conteúdo textual (chaves, anotações, etc) ou visual (cor, textura, forma, relacionamento entre os objetos, etc).

Dentro do escopo das características visuais, estas podem ser classificadas como características gerais ou características específicas de domínio. As primeiras incluem características de cor, textura e forma, enquanto as últimas são dependentes da aplicação, incluindo características específicas, como por exemplo, faces humanas em sistemas de reconhecimento de criminosos. As características de domínio específico são encontradas em artigos de reconhecimento de padrões e podem incluir temas referentes ao domínio do conhecimento. Neste trabalho, a extração de características refere-se ao reconhecimento de imagens de faces humanas.

Uma alternativa para a extração de características das imagens de faces humanas é realizá-la pelo domínio de transformada. A principal vantagem esperada de uma transformação é a efetiva caracterização das propriedades locais da imagem. Além disso, as transformações podem ser utilizadas para a compressão das imagens.

A transformada *wavelet* é uma técnica de processamento de sinais que decompõe um sinal em diferentes sub-bandas de frequências. Esse modelo pode ser

generalizado para sinais  $d$ -dimensionais no qual uma transformada 1-dimensional pode ser aplicada múltiplas vezes. Para cada objeto, as características extraídas formam um vetor de características, que pode ser representado mediante um ponto no espaço de características  $d$ -dimensional. Uma base de dados espacial será a coleção de pontos, a transformada *wavelet* pode ser aplicada sobre as faces para gerar os vetores de características (Espaço de Características) [SHEIKHOLESLAMI, G. et al. (1998)]. Na Figura 1.1 o vetor de características é representado como a assinatura da imagem [JACOBS, C. E. et al. (1995)],

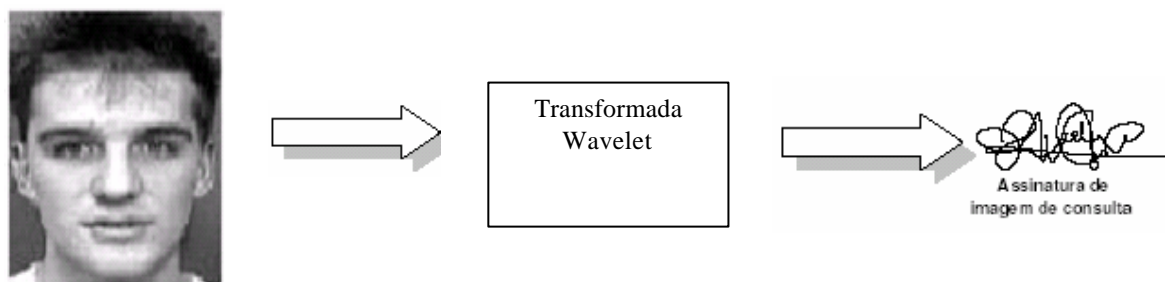


Figura 1.1 : Processo de geração de assinatura aplicando transformada *wavelet*.

### 1.3 Motivação

Através do estudo dos métodos de extração de características focalizando na aplicação em reconhecimento de imagens de faces humanas, percebemos a importância do tema nessa área de pesquisa. Mais precisamente, concentramos nosso trabalho no estudo de técnicas de redução de dimensionalidade para a criação de um sistema que utiliza a transformada *Wavelet* e as técnicas *PCA* e *IMPCA*.

As técnicas de detecção de faces humanas em imagens não fazem parte do escopo deste projeto. Este trabalho visa à realização de testes com o emprego de imagens de faces humanas, normalizadas com relação à escala, orientação e deslocamento.

### 1.4 Objetivos

O objetivo deste trabalho é desenvolver um conjunto de técnicas para a extração de características de imagens com aplicação em reconhecimento de imagens de

faces humanas. Essas características são extraídas das imagens pelos coeficientes das transformadas *wavelets* [DAUBECHIES, I. (1990)] e são utilizadas em conjunto as técnicas *PCA* [DUNTEMAN, H. G. (1989)] e *IMPCA* [YANG, J. & YANG, Y.S. (2001)]. Esse conjunto de técnicas implica em desenvolver um extrator de características e determinar uma métrica que possibilite a comparação mais precisa entre as imagens de faces humanas. Através dessas características, determinar qual seria a melhor transformada *wavelet* e sua respectiva configuração. Também é objetivo deste trabalho investigar qual das técnicas, *PCA* [DUNTEMAN, H. G. (1989)] e *IMPCA* [YANG, J. & YANG, Y.S. (2001)], é melhor para a extração de características em conjunto com a técnica *wavelets* [DAUBECHIES, I. (1990)].

### 1.5 Contribuições

Além da revisão bibliográfica sobre métodos de caracterização de imagens na busca por novos métodos eficientes de recuperação de imagens por conteúdo, foram estudados vários algoritmos e como resultado foram geradas as seguintes contribuições:

- Estudo comparativo entre as diversas transformadas *wavelets* no processo de caracterização de imagens de faces humanas.
- Implementação e comparação entre as técnicas *PCA* [DUNTEMAN, H. G. (1989)] e *IMPCA* [YANG, J. & YANG, Y.S. (2001)].
- Desenvolvimento de um sistema protótipo em MATLAB para extração de características de imagens de faces humanas por *wavelets* e redução da dimensionalidade através das técnicas *PCA* [DUNTEMAN, H. G. (1989)] e *IMPCA* [YANG, J. & YANG, Y.S. (2001)].
- Desenvolvimento de um software extrator de características de imagens de faces humanas, Face Match. Detalhes desse software encontram-se no Apêndice F desta dissertação.

## 1.6 Organização do Trabalho

Este primeiro capítulo apresentou as considerações iniciais e o contexto no qual se insere este trabalho, a motivação para o seu desenvolvimento e os seus objetivos.

O Capítulo 2 mostra uma visão geral da área de reconhecimento de padrões, com suas principais técnicas.

O Capítulo 3 mostra uma visão geral do reconhecimento de faces expondo as principais técnicas que são usadas atualmente.

O Capítulo 4 introduz conceitos relacionados à teoria de *wavelets* e suas aplicações na caracterização de imagens. São apresentadas algumas considerações no desenvolvimento de reconhecimento de faces, descrevendo o estado da arte referente a extração de características de imagens de faces humanas aplicando *wavelets*.

O Capítulo 5 refere-se à *PCA (Principal Component Analysis)* e à *IMPCA (Image Principal Component Analysis)*, as principais características envolvidas.

O Capítulo 6 apresenta os resultados do trabalho visando avaliar métodos para a extração de características de imagens de faces humanas.

O Capítulo 7 apresenta as conclusões do trabalho e as propostas de trabalhos futuros.