1. Introdução

No mundo computadorizado em que vive-se hoje, existe uma crescente demanda por sistemas de reconhecimento automático de pessoas. Nos últimos anos, inúmeros métodos sofisticados de verificação e identificação de um indivíduo têm sido propostos. Estes métodos se diferenciam bastante dos modelos de senhas de autenticação comumente empregados nos sistemas atuais de caixa automático de bancos, de chamadas telefônicas e de acesso a áreas restritas de uma determinada instituição.

A grande maioria dos sistemas automáticos de reconhecimento está baseada na identificação de uma pessoa a partir de suas características físiológicas, tais como: o formato da mão, a impressão digital, a íris do olho, a voz e a face. Estas características são usualmente chamadas na literatura de Ciências Biológicas como características *biométricas* que identificam de forma única os seres humanos.

A identificação de um indivíduo a partir de sua imagem de face, por ser um processo natural de reconhecimento e, consequentemente, passivo e não intrusivo, possui importantes vantagens quando comparada com as demais abordagens biométricas citadas, particularmente em aplicações onde a pessoa não deseja ser reconhecida como, por exemplo, em sistemas de segurança de acesso a bancos ou lojas, em sistemas criminais de identificação de suspeitos, e outros. No entanto, identificar uma pessoa a partir de uma imagem de face é uma tarefa simples para seres humanos e extremamente difícil para a Visão Computational. Este problema tem motivado diversos grupos de pesquisa em todo o mundo, especialmente a partir de 1993.

Uma das grandes questões inerente à maioria dos problemas de reconhecimento de padrões, e ao reconhecimento de faces em particular, está relacionada à dimensionalidade dos

dados a serem analisados. Inúmeros trabalhos realizados até o momento encaram uma imagem digital de n pixels como um vetor num espaço n-dimensional, onde n é em geral muito grande. Imagens de rostos humanos possuem, contudo, grande redundância: todas contém dois olhos, um nariz, uma boca, e etc. É possível, portanto, encontrar uma base para este espaço em que faces possam ser adequadamente caracterizadas a partir de um conjunto de p componentes, onde p é muito menor que n. No reconhecimento de faces pode-se, assim, trabalhar num sub-espaço de dimensão reduzida.

Imagens do rosto de um mesmo indivíduo podem, ainda, variar dependendo da direção da iluminação, do ângulo de visão, da expressão facial, entre outros aspectos. Ao eleger um sub-espaço para o reconhecimento de faces, deseja-se que diferentes imagens do rosto de um mesmo indivíduo possam ser facilmente associadas a uma mesma classe, a despeito de variações deste tipo.

É com este enfoque que o presente trabalho considera o espaço formado pelas componentes principais (*Principal Component Analysis* – PCA) como o sub-espaço de estudo e comparação de 4 tipos de classificadores: os classificadores de distância; o classificador de Redes Neurais de Funções Base Radiais (*Radial Basis Function Network* – RBF); o classificador de Análise Multivariada de Discriminantes (*Multivariate Discriminant Analyses* – MDA); e o classificador Gaussiano de Máxima Probabilidade para Matrizes de Covariância "Misturadas" (MPM).

Para os classificadores de distância, são examinadas as abordagens mais frequentemente utilizadas em problemas de reconhecimento de padrões: a distância Euclideana e a distância de Mahalanobis. A distância Euclideana não leva em consideração a forma particular como as observações de cada classe se distribuem no espaço em torno do correspondente ponto

médio (centróide), enquanto que a distância de Mahalanobis considera que as observações de todas as classes se distribuem igualmente em torno dos respectivos centróides.

A rede neural de Funções Base Radiais é aqui chamada de classificador RBF. Este classificador é treinado utilizando-se dois algoritmos de aprendizado, a saber: o Método Ortogonal dos Mínimos Quadrados (*Forward Selection* – FS) e o Método de Mistura de Gaussianas (*Mixture Model* - MM). O primeiro algoritmo de aprendizado otimiza a rede RBF variando o número de neurônios contidos na camada escondida. No segundo algoritmo, este número de neurônios é utilizado como parâmetro de entrada do modelo, e estima-se a densidade de probabilidade do conjunto de dados de entrada através da otimização da média e do desvio padrão de funções de ativação gaussianas. O classificador RBF tem a possibilidade de utilizar mais de uma função base radial para representar observações disjuntas de uma mesma classe.

O classificador MDA ou classificador de Fisher é implementado como redutor de dimensionalidade, variando-se o número de componentes discriminantes utilizadas como base para uma nova projeção das características das imagens de face. Em termos lineares, as projeção definidas pelas componentes discriminantes representam a solução ótima de separação entre grupos definidos por um conjunto de observações utilizadas para o treinamento do modelo.

O classificador MPM descreve um novo modelo de classificação proposto neste trabalho. Este modelo propõe um estimador para as matrizes de covariância de cada grupo de faces de um mesmo indivíduo, levando em consideração a variabilidade comum a todos os grupos e a variabilidade particular de cada um deles, ponderando-os através de um fator a de regressão linear. Esta nova abordagem considera a classificação de padrões através de matrizes de covariância “misturadas”.

Todos esses classificadores são avaliados utilizando-se como entrada imagens do banco de faces ORL (*Olivetti Research Laboratory*) que contém 10 fotos de face para cada um dos 40 indivídutos - totalizando 400 imagens. Diferentes conjuntos de treinamento e de teste são gerados, e o número de reconhecimentos corretos e o número de reconhecimentos falsos, para cada um dos classificadores, é armazenado para o cálculo da taxa de reconhecimento de cada modelo em questão.

Entre todas as metodologias implementadas neste trabalho, os experimentos indicam que o novo classificador MPM é superior aos demais classificadores examinados. Os experimentos revelam, ainda, que este novo classificador é menos sensível à escolha do conjunto de imagens de treinamento que os demais modelos considerados.

O restante deste trabalho está organizado do seguinte modo. No próximo capítulo, o capítulo 2, apresenta-se brevemente as principais abordagens desenvolvidas por diversas áreas de pesquisa para o problema de reconhecimento automático de faces até o momento. A seguir, no capítulo 3, duas técnicas de redução de dimensionalidade são examinadas: a Análise de Componentes Principais (PCA), utilizada para a formação do sub-espaço de características mais expressivas das imagens de face; e a Análise Multivariada de Discriminantes, utilizada como o classificador MDA. A teoria dos classificadores de distância, do classificador RBF e do novo classificador MPM de matrizes de covariância "misturadas" são mostradas no capítulo 4. No capítulo 5, o banco de faces ORL utilizado neste trabalho, juntamente com os experimentos realizados, são apresentados. A análise de resultados é feita no capítulo 6 e no último capítulo, o capítulo 7, as conclusões do trabalho são abordadas em conjunto com uma lista de sugestões de trabalhos futuros.