

I Introdução.

O reconhecimento e a detecção automática de faces estão ligados a aplicações diversas. Podem ser utilizados em sistemas automáticos de reconhecimento de cartões de crédito, de banco, carta de habilitação de motorista, dentre outros. Nestes casos duas imagens são comparadas. Uma imagem alvo obtida no ato do reconhecimento é comparada à imagem contida no cartão, ou a um banco de imagens, onde esta imagem alvo deve possuir uma imagem equivalente. O reconhecimento de faces pode também ser utilizado em imagens criminalísticas, onde se compara uma imagem extraída de uma câmera de segurança com um banco de dados estabelecido pela polícia, onde se encontram imagens (ou fotos) de criminosos. No entanto num futuro próximo as aplicações que exigirem interação entre computadores e seres humanos deverão levar em conta mudanças de gesto e análise da face humana, o que será feito utilizando as técnicas de detecção e reconhecimento de faces.

Duas principais linhas de pesquisa são encontradas atualmente. A primeira delas tem como objetivo desenvolver métodos que localizem e segmentem uma face dentro de uma imagem. A segunda envolve reconhecer regiões faciais de modo a fazer as comparações citadas acima. A partir de uma imagem contendo diversas faces (uma foto retirada de um local público, um espetáculo musical, um evento esportivo, etc.) identifica-se ou reconhece-se um indivíduo específico nesta multidão. [BARRET 1998] apresenta uma breve explanação sobre estas aplicações, enquanto que [CHELLAPPA 1995] pormenoriza o assunto, em uma discussão mais detalhada e completa. Obviamente, para o reconhecimento de faces são necessários procedimentos prévios de detecção e reconhecimento de faces, como apontam [BARRET 1998] e [GARCIA 2000].

Em [CHELLAPPA 1995] os autores fazem um resumo detalhado da história e técnicas envolvidas no reconhecimento e detecção de faces. No mesmo artigo os autores descrevem dois tipos de procedimentos. Comparação estática e dinâmica. O primeiro envolve comparar duas imagens extraídas e digitalizadas durante um instante, sem haver movimento. No segundo tipo as imagens alvo são extraídas de uma câmera de vídeo que grava uma seqüência de imagens.

Quando se trata de comparar duas imagens estáticas, vários fatores estão envolvidos como observam [GARCIA 2000], como pequenas variações de iluminação, mudança de expressão facial e pose. Inúmeros métodos são utilizados para o reconhecimento de faces, dentre eles: *eigenfaces*, redes neurais, características geométricas e *Wavelets*. No mesmo artigo os autores propõem um método para reconhecimento de faces que utiliza a decomposição de uma imagem em coeficientes *Wavelet*. Esta decomposição introduzida por [MALLAT 1989] e refinada pelo mesmo autor em [MALLAT 1999] utiliza a transformada *Wavelet* para extrair detalhes da imagem conforme três direções além de resultar numa nova aproximação da imagem.

II Revisão bibliográfica.

Um guia completo sobre reconhecimento e detecção de faces é apresentado em [CHELLAPPA 1995]. O artigo traça um perfil histórico sobre o assunto e em seguida explica as técnicas e métodos envolvidos neste tipo de processamento. Antes de iniciar o relato devemos citar brevemente, que os autores citam a importância de conhecer os detalhes da pesquisa realizada em reconhecimento facial nas áreas de psicofísica e neurofisiologia, pois é possível extrair detalhes práticos para implementação de algoritmos. Eles distinguem a pesquisa em 3 partes. Segmentação de faces de uma dada imagem, extração de características estatísticas e o reconhecimento e identificação de faces.

1. Segmentação

[BARRET 1998] define segmentação como o ato de localizar uma face numa foto e considera a segmentação como um pré-processamento. O autor faz uma ressalva de que não se trata de um procedimento simples, pois em imagens, muitos objetos têm forma semelhante a faces.

[CRAW 1987] descreve um método para segmentar a região da cabeça a partir de uma imagem utilizando uma escala de imagem hierárquica e uma escala de *template*. Em [CRAW 1992] um sistema automático de reconhecimento e medida de características faciais é apresentado. [BURT 1989] apresenta um sistema que utiliza um critério de comparação utilizando *templates* para localizar a cabeça. [SIROHEY 1993] segmenta uma face de uma imagem utilizando a intensidade da imagem da face e a imagem limite encontrada utilizando técnicas descritas em [CANNY 1986]. [BARRET 1998] também cita a segmentação utilizando câmeras fixas que detectam objetos que se movem com um fundo estático. [BICHSEL 1994] sugere que as *eigenfaces* seriam eficientes para a segmentação.

As *eigenfaces* foram primeiramente introduzidas por [SIROVICH 1987]. Uma imagem pré-processada representada por uma matriz $N \times N$ de valores de intensidade quantizados é considerada como um vetor de dimensão N^2 , ou ainda a imagem representa um ponto no espaço de dimensão N^2 . Um conjunto de imagens então é mapeado para um conjunto de pontos neste espaço de dimensão N^2 . A idéia básica é encontrar pequenos

conjuntos de faces (as *eigenfaces*) que podem representar qualquer ponto neste espaço como uma combinação linear. Cada uma dessas *eigenfaces* é uma imagem $N \times N$. Uma combinação linear de um número reduzido de *eigenfaces* permite uma boa aproximação para as faces no banco de dados. Reduz-se uma imagem a uma autovetor, ou o conjunto dos melhores coeficientes de uma expansão em *eigenfaces*.

2. Extração de características.

PCA (*Principal Component Analysis*), ou Análise dos principais componentes. É uma das técnicas utilizadas. Fundamentalmente trata-se de representar imagens como vetores. Um conjunto de faces é analisado para encontrar a melhor base ordenada. [CRAW 1999] descreve em detalhes todo o método. [PENEV, XXXX??] comenta o uso da técnica PCA para gerar as *eigenfaces* e também descreve o método em detalhes.

Alguns autores utilizam a extração de características geométricas. Extraem-se medidas geométricas dos olhos, lábios, boca, nariz e demais constituintes da face e delimitam-se áreas dentro da face. Trabalhos referenciais no tópico podem ser encontrados em [BRUNELLI, XXXX??], [TIAN 2001].

A extração de características pode ser feita utilizando *Wavelets*. [GABOR 1946], [GROSSMAN 1984], e [MEYER 1986], descreveram a teoria relacionada a estas funções, enquanto que [DAUBECHIES 1988] introduziu as *Wavelets* discretas e [MALLAT 1989] descreveu a expansão para *Wavelets* bidimensionais e algoritmos para serem utilizados em processamentos de imagem e visão computacional. [GARCIA 2000] e [ETEMAD 1998] sugerem métodos inovadores para extração de características faciais utilizando as *Wavelets*. Podemos descrever uma imagem utilizando a decomposição desta em coeficientes *Wavelet*, como mostrado em [MALLAT 1999]. Obtemos três imagens, cada uma delas representando os detalhes verticais, horizontais e dos cantos da imagem. Uma abordagem diferente pode ser encontrada em [LADES 1993], onde as *Wavelets Gabor* são utilizadas para decompor a imagem. Divide-se a imagem em *grids*, sem sobreposição. Em cada um destes *grids* utiliza-se a transformada para descrever cada um destes *grids* como conjuntos de coeficientes *Wavelet* chamados de *jets*. Outros trabalhos que utilizam a técnica de

decomposição utilizando as *Wavelets Gabor* são encontrados em [SMERALDI 2000] e [LYONS 1999]. Em sua tese de doutorado [HUANG 1998] sugere um método de reconhecimento de olhos utilizando *Wavelets* de *Daubechies* de segunda ordem. O autor transforma uma imagem num vetor unidimensional e utiliza a entropia de *Shannon* aplicada aos coeficientes *Wavelet* para reconstruir uma imagem e ressaltar detalhes dos olhos eliminando ruído no processo.

3. Técnicas de Reconhecimento de Faces.

Uma vez que as imagens tenham passado por etapas de pré-processamento, segmentação e as características das imagens tenham sido extraídas, inicia-se o processo de estabelecer relação entre duas faces. Normalmente o processo de extração de características está intrinsecamente ligado ao processo de reconhecimento.

Segundo [BARRET 1998] uma rede neural pode ser treinada para reconhecer faces. Uma imagem típica requer $N = m \times n$ neurônios como entrada, um para cada *pixel* em uma imagem $m \times n$. Eles são tipicamente mapeados para um número p de neurônios de camadas escondidas. Uma camada escondida é um vetor de características, ou seja, expressa as características faciais de uma forma condensada. Os neurônios resultantes são mapeados em n neurônios de saída, onde se espera que exista a compatibilidade. O autor faz uma ressalva de que “na melhor das hipóteses” utilizar redes neurais para o reconhecimento não é melhor do que utilizar as *eigenfaces*.

Em [SIROVICH 1987] compara-se um autovetor resultante da expansão em *eigenfaces* com autovetores existentes no banco de dados através de um critério de reconhecimento ligado a distâncias, por exemplo, uma distância cartesiana. Estas distâncias encontradas permitem tanto uma ordenação de ordem e de medida de proximidade linear. [TURK 1991] refinou este método adicionando uma etapa de pré-processamento e expandindo os dados estatísticos da base de dados.

O processo, como aponta [BARRET 1998], exige que dado uma imagem alvo, o objetivo é encontrar seu autovetor característico. Então o passo final é encontrar uma imagem compatível com esta imagem alvo no banco de dados, calculando as distâncias

entre as duas imagens em questão. Outros trabalhos utilizando *eigenfaces* , podem ser vistos em [CRAW 1999], [PENEV] e [BICHSEL 1994].

[GARCIA 2000] utiliza primeiramente a decomposição de uma imagem em coeficientes *Wavelet* para extrair imagens-detelhe e em seguida delimitam regiões na face utilizando esta decomposição. A partir daí, extraem vetores através de medidas estatísticas. A partir destes vetores eles propõem um método que utiliza a distância de *Bhattacharrya* para classificar as características faciais em classes de pessoas. Os autores sugerem utilizar as características estatísticas das imagens-detelhe provenientes da decomposição *Wavelet*, pois elas apresentam informações sobre a textura da face e são mais eficientes para capturar diferenças salientes entre as faces.

Uma abordagem diferente [BARRET 1998] é comparar dois *jets*, um pertencendo à imagem alvo e outra à imagem no banco de dados. O autor, porém, faz uma ressalva de que para isso a imagem deve ser pré-processada e a face não deve possuir mudanças de expressão facial. [LADES 1993] sugere utilizar distorções elásticas para superar este problema fazendo com que cada *grid* sofra uma distorção elástica. [BARRET 1998] afirma que esta distorção supera esta dificuldade.

III Justificativa.

A incidência de trabalhos utilizando *Wavelets* em reconhecimento de faces é sensivelmente menor do que a de redes neurais e *eigenfaces*. Portanto seria de certo modo redundante desenvolver uma pesquisa que utilize estas técnicas. As *Wavelets* são uma teoria moderna em processamento de sinais. Aplicações diversas estão sendo desenvolvidas no assunto [GARCIA 2000] como, por exemplo, na compactação do formato de imagens JPEG2000.

Alguns trabalhos, e podemos dizer que um número relativamente grande utiliza a transformada *Wavelet* de *Gabor*, mas como aponta [BARRET 1998] estas não são ortogonais, o que implica em dificuldades de implementação de algoritmos. No entanto, a decomposição utilizada por [GARCIA 2000], que foi proposta por [MALLAT 1989] e refinada em [MALLAT 1999] requer menores dificuldades de implementação. O procedimento resume-se basicamente em encontrar dois pares de filtros. Esta facilidade por si só justifica seu uso. Atualmente *softwares* como *Matlab* possuem *Toolbox* de *Wavelets* que permitem realizar esta decomposição facilmente.

IV Objetivos

O objetivo deste projeto de mestrado é desenvolver uma técnica baseada na decomposição proposta por Mallat (aproximações multiresolução) [MALLAT 1999] e nos resultados positivos de [GARCIA 2000], utilizando, porém, outros procedimentos, mantendo apenas a decomposição das imagens em coeficientes *Wavelets*, além de investigar outras possibilidades desta transformada dentro da pesquisa em reconhecimento de faces.

Ao invés de utilizar *Wavelets de Gabor*, para gerar os *jets* como apresentado por [BARRET 1998] e [LADES 1993], a proposta deste trabalho é decompor os *grids* utilizando a decomposição multiescala proposta por Mallat [MALLAT 1989] e assim gerar os *jets* para em seguida comparar duas imagens. O mestrando deve inspecionar se a utilização desta decomposição pode superar o problema da mudança de pose, posição, expressão e iluminação. Deve também verificar se é necessário distorcer os *grids* como no trabalho de [LADES 1993].

[GARCIA 2000] propõe uma técnica que segmenta as regiões faciais, que difere do procedimento de [LADES 1993], pois as regiões faciais a serem comparadas não têm tamanho definido previamente. [GARCIA 2000] utiliza mediana e desvio padrão para gerar estes vetores. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma técnica que extraia vetores das imagens detalhe e utilize estes vetores para comparar as duas imagens. Deve também gerar vetores a partir das novas aproximações da imagem original (ver item V-1) e utilizar estes vetores para comparação. Como uma imagem pode ter J decomposições, a técnica deverá levar em conta, se uma nova iteração será necessária para estabelecer a comparação.

Em ambas as abordagens citadas, as técnicas poderão levar em conta rotação das imagens detalhe e das aproximações multiresolução da imagem.

V Plano de Trabalho

1. Introdução.

Uma facilidade prática da decomposição *Wavelet* esta relacionada ao algoritmo proposto por *Stephane G. Mallat*. Embora exista uma teoria matemática detalhada e imprescindível para o entendimento da transformada *Wavelet*, quando a utilizamos para uma aplicação em processamento de imagens, basta que escolhamos um par de filtros espelho de quadratura. Esta escolha possui certas restrições[GARCIA 2000], mas é normalmente ligada a resultados experimentais. A escolha de filtros e o projeto de *Wavelets* são bastante detalhados na literatura. O livro escrito por *Stephane G. Mallat* é uma referência fundamental para qualquer interessado no tópico pois aborda e pormenoriza toda a teoria. Além disso, é referência para o *toolbox Wavelets* do software *Matlab* da *Math Works*.

Consideremos:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \quad (1)$$

Uma wavelet é uma função $\psi(t)$ que satisfaz (1). Para obtermos uma família de Wavelets a função $\psi(t)$ é dilatada e transladada.

Assim:

$$\psi_{u,s} = \frac{1}{\sqrt{s}} \Psi\left(\frac{t-u}{s}\right) \quad (2)$$

A transformada Wavelet é definida como:

$$Wf(u, s) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{s}} \psi^* \left(\frac{t-u}{s} \right) dt \quad (3)$$

Uma equação como a mostrada em (3) por si só não apresenta uma explicação qualitativa. As *wavelets* permitem que analisemos o sinal em diferentes escalas. Ao contrário da transformada de Fourier, que nos permite inspecionar quantas componentes de frequência constituem o sinal, a transformada *Wavelet* permite que analisemos detalhes no sinal inclusive sua localização exata. O sinal analisado é a função $f(t)$, s é um fator de escala e u um fator de translação.

Podemos discretizar a escala s como 2^j e assim obtemos as chamadas *Wavelets Dyadic*, cuja transformada é:

$$Wf(u, 2^j) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{2^j}} \psi^* \left(\frac{t-u}{2^j} \right) dt \quad (4)$$

A transformada *Wavelet* (4) pode ser estendida para duas dimensões como mostrado em [MALLAT 89] e [MALLAT 2000]. No primeiro artigo *Mallat* introduz um algoritmo para ser utilizado para decompor uma imagem $f(x,y)$ em coeficientes *Wavelet*. O segundo é o livro “A Wavelet Tour Of Signal Processing” cuja segunda edição utilizamos como referência teórica. Em [MALLAT 1999], o autor descreve o algoritmo para decompor uma imagem em coeficientes *Wavelet* como abaixo:

$$\begin{aligned} a_{j+1}[n, m] &= a_j * \bar{h}\bar{h}[2n, 2m] & \text{(i)} \\ d_{j+1}^1[n, m] &= a_j * \bar{h}\bar{g}[2n, 2m] & \text{(ii)} \\ d_{j+1}^2[n, m] &= a_j * \bar{g}\bar{h}[2n, 2m] & \text{(iii)} \\ d_{j+1}^3[n, m] &= a_j * \bar{g}\bar{g}[2n, 2m] & \text{(iv)} \end{aligned} \quad (5)$$

Onde:

$$\begin{aligned}\bar{h}[n] &= h[-n] \\ hg[n,n] &= h[n]g[n]\end{aligned}\tag{6}$$

[MALLAT 1999] chama (5) de aproximação multiresolução da imagem original .

Os filtros $h[n]$ e $g[n]$ são dois filtros respectivamente passa altas e passa baixas. O operador $*$ denota convolução discreta. A equação (i) apresenta uma aproximação da imagem original $f(x,y)$, cuja amostra original é $a_o[n,m]$. (ii), (iii) e (iv) apresentam os coeficientes discretos da transformada *Wavelet* bidimensional. $h[n]$ e $g[n]$ são dois filtros como os descritos anteriormente. Segundo [MALLAT 1999], (ii) nos dá as bordas horizontais, (iii) as bordas verticais e (iv) os cantos da imagem. Como se observa inspecionando (5) a decomposição se processa através de convoluções da imagem original com os filtros desenvolvidos Para desenvolver estes filtros serão utilizados os estudos apresentados por [MALLAT 1999] e [VETTERLI 1995]. Durante o projeto de mestrado, deverão ser buscados novos artigos pertinentes ao assunto de modo a se desenvolver os melhores filtros para as aplicações referentes a imagens de faces humanas.

2 Metodologia.

Através do algoritmo descrito por (5), deverão ser realizadas decomposições de imagens de faces em coeficientes *Wavelet* utilizando tanto o *toolbox* do *software Matlab* para implementações dos algoritmos necessários.

Embora seja um trabalho voltado a reconhecimento de faces, o estudante deverá inspecionar a segmentação facial, de modo a interpretar o quanto o resultado final depende desta segmentação.

Após realizar a decomposição, o mestrando irá desenvolver técnicas de extração de características faciais a partir das imagens-detelhe provenientes da decomposição.

- Ao invés de utilizar *Wavelets de Gabor*, para gerar os *jets* como apresentado por [BARRET 1998] e [LADES 1993], a proposta deste trabalho é decompor os *grids* utilizando o algoritmo mostrado em (5).

- Baseando-se no trabalho de [GARCIA 2000], desenvolver um método de extração das características faciais utilizando as imagens decompostas conforme descrito no item IV.

Assim, o modelo de reconhecimento de faces desenvolvido deverá ser testado, utilizando para isso os bancos de face. O aluno de mestrado deverá também empregar técnicas de processamento de imagens [GONZALES 1999].

3. Materiais.

O material a ser utilizado consiste de um microcomputador do tipo PC, do *software Matlab* Versão 6.0 da *Mathworks* que incluem *toolboxes* de processamento de imagens, *Wavelets* e processamento de sinais. Todo *software* desenvolvido será elaborado para *Matlab* pela facilidade que este dispõe. Para os testes, validação dos resultados e aplicações práticas serão utilizados bancos de imagem disponíveis para *download* na Internet, tais como os da Carnegie Mellon University, MIT, Purdue University entre outros. A vantagem de se utilizar tais bancos é poder comparar os resultados com vários obtidos por outros autores e publicados na literatura especializada.

VI Cronograma.

O período do desenvolvimento da tese levará dois anos.

1º. Semestre e 2.o Semestre: O candidato à bolsa deverá cumprir os créditos necessários para obtenção do grau de mestre em Engenharia Elétrica no Departamento de Engenharia Elétrica da USP de São Carlos. A regulamentação do departamento exige um mínimo de 72 créditos para obtenção do grau de mestre em Engenharia Elétrica. O candidato à bolsa cursará disciplinas na área de Processamento de Imagens, Processamento de Sinais, Visão Computacional e conforme a disponibilidade disciplinas nas áreas de Métodos Numéricos, Análise Funcional e Arquitetura de computadores. Parte destas disciplinas serão cursadas no primeiro semestre do processo de mestrado. A segunda metade será cumprida no semestre seguinte. Paralelamente a cursar os créditos necessários, o candidato a bolsa deverá realizar uma pesquisa bibliográfica detalhada nas áreas de Reconhecimento de Faces e *Wavelets*. Deverá também aprofundar seus conhecimentos sobre a transformada *Wavelet* através da leitura dos livros aqui relacionados. Deverá também fazer implementações de algoritmos no *Matlab*, além de familiarizar-se com os *toolboxes*.

3.o Semestre e 4.o Semestre: O candidato a bolsa, já tendo cumprido todos os créditos necessários para obter o grau de mestre em Engenharia Elétrica, passará a se dedicar a desenvolver os procedimentos descritos. Deverá também buscar publicar sua pesquisa sobre *Wavelets* e reconhecimento de faces em Congressos e ou Revistas científicas. Caso haja flexibilidade de tempo, o candidato a bolsa deverá inspecionar a possibilidade de implementar os algoritmos desenvolvidos para *Matlab* em linguagem C++.

VII Forma de análise dos resultados.

As imagens dos bancos de faces citados, deverão ser utilizadas para que os resultados dos algoritmos possam ser comparados e validados.

Normalmente, um banco de faces possui imagens em diversas condições de iluminação e em diversas posições. Alguns são formados por imagens coloridas e outros com imagens em nível de cinza. O interessante é poder utilizar não apenas um, mas diversos bancos, tais como os citados anteriormente, para que o modo de aquisição não seja preponderante na segmentação ou na obtenção dos resultados. Com isso, a robustez dos algoritmos pode ser testada e os resultados serem mais conclusivos, devido a essa diversidade de imagens.

No intuito de facilitar a aplicação do algoritmo, em uma primeira instância, deverá-se trabalhar com imagens de faces frontais, e em uma etapa posterior realizar-se testes com imagens de faces de perfil. As imagens frontais podem fornecer mais subsídios para o reconhecimento pois as características importantes para tal, estão nela presentes, enquanto que nas de perfil diversas características são ocultas pelo posicionamento da face. Se como continuidade do projeto o algoritmo puder ser aplicado em sistemas de reconhecimento em tempo real e *on-line*, as faces frontais serão mais importantes que os perfis, visto que os mecanismos de aquisição priorizam este posicionamento.

Referências Bibliográficas.

[BARRET 1998]

Barret, William A. "A Survey In Face Recognition and Testing Results". IEEE 1998

[BICHSEL 1994]

Bichsel, M.; Pentland, A.P. "Human Face Recognition And The Face Image Set's Topology", em CVGIP: Image Understanding, vol. 59, NO 2. March, páginas 254-261. Academic Press 1994.

[BRUNELLI]

Brunelli, R.; Poggio T.; "Face Recognition Through Geometrical Features".

[BURT 1989]

Burt, P.J; "Multiresolution Techniques For Image Representation, and Analysis, and 'Smart' Transmission" em SPIE Proc.: Visual Commun. And Image Process. IV, vol 1199 páginas 2-15, 1989.

[CANNY 1986]

Canny, J. "A Computational Approach Toe Edge Detection". IEEE Trans. Patt. Anal. And Mach Intell. Vol 8. páginas 679-689. 1986

[CHELLAPPA 1995]

Chellapa, Rama; Wilson, Charles L.; Sirohey, Saad. "Human And Machine Recognition of Faces: A Survey" Proceedings of The IEEE, NO 5, Maio 1995.

[CRAW 1987]

Craw, I; Ellis, H; Lishman, J. "Automatic Extraction of Face Features". Patt. Recog. Lett, vol 5, páginas 183-187, 1987.

[CRAW 1992]

Craw, I; Tock, D; Bennet, A. "Finding Face Features". Proc. 2nd Europe Conf. On Compu. Vision, 1992 páginas 92-96, 1992.

[CRAW 1999]

Craw, Ian; Costen, Nicholas; Kato, Takashi; Akamatsu, Shigeru. "How Should We Represent Faces for Automatic Recognition?". IEEE Transactions In Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. 21, NO 8. August 1999.

[DAUBECHIES 1988]

Daubechies, Ingrid. "Orthonormal Basis Of Compactly Supported Wavelets". Commun Pure Appl. Math, vol 41 páginas 909-996, November 1988

[ETEMAD 1998]

Etemad, K; Chellapa R. "Separability-based Multiscale Basis Selection And feature Extraction For Signal And Image Classification. IEEE Transactions on Image Processing 7 (10) 1998, Páginas 1453-1465 1998.

[GABOR 1946]

Gabor, Denis. "Theory Of Communication". Journal Of Electrical Engineering, London. Vol. 93 , páginas 429- 457, 1946.

[GARCIA 2000]

Garcia, C.; Zikos G.; Tziritas G. " Wavelet Packet Analysis For Face Recognition". Image and Vision Computing 18 (2000) páginas 289- 297.

[GROSSMAN 1984]

Grossman, A; Morlet, J. "Decomposition Of Hardy Function s Into Square Integrable Wavelets of Constant Shape". SIAM J. Math Vol 15 páginas 723-736, 1984.

[GONZALES 1999]

Gonzales, Rafael C.; Woods, Richard E. "Processamento de Imagens Digitais". Editora Edgard Blücher LTDA, 2000

[HUANG 1998]

Huang, Ren-Jey (Jeffrey). "Detection Strategies For Face Recognition Using Learning And Evolution". Dissertation For the Degree of PhD of Information Technology At George Mason University. Chapter 5 , pages 35-37 . May 1998.

[HUBBARD 1996]

Hubbard, Barbara Burke. "The World According Wavelets: The Story of A Mathematical Tecnnique in The Making". A. K Peters Wellesley Massachusetts. 1996.

[LADES 1993]

Lades, M.; Vorbruggen J.; Buhman J.; Malsburg C.V.D; Wurtz R.; "IEEE Transactions Compt, vol 42, NO 3, páginas 300-311. 1993

[LYONS 1999]

Lyons, Michael J; Budynek, Julien; Akamatsu, Shigeru. "Automatic Classification Of Single Facial Images". IEEE Transactions on Pattern Analysis And Machine Intelligence, vol 21, NO 12. December 1999.

[MALLAT 1989]

Mallat, Stephane G. "Multifrequency Channel Decompositions Of Images and Wavelet Models". IEEE Transactions on Acoustics and Signal Processing. Vol 37. NO 12 Dezembro de 1989.

[MALLAT 1999]

Mallat, Stephane G."A Wavelet Tour of Signal Processing". Academic Press. 1999 Segunda Edição.

[MEYER 1986]

Meyer, Yves. "Ondelettes et Fonctions Splines" Apresentado em "Semenarie Equations aux Derivces Partielles , Ecole Polytechnique", Paris França , Dezembro 1986

[PENEV]

Penev, Penio S; Sirovich Lawrence. "The Global Dimensionality Of Face Space".

[SIROHEY 1993]

Sirohey S. A "Human Face Segmentation and Identification". Tech Rep CAR-TR-695, Center For Autom. Res., Univ. Maryland, College Park, MD, 1993.

[SIROVICH 1987]

Sirovich, L.; Kirby, M. "Low Dimensional Procedure For Characeterization Of Human Faces". Journal Of Optical Society Am. A, Vol 4, NO 3, March 1987, páginas 519-524. 1987.

[SMERALDI 2000]

Smeraldi, F; Carmona, O; Bigün, J. "Saccadic Search With Gabor feautres Applied To Eye detection and real-time head tracking". Image And Vision Computing 18, páginas 323-329. 2000.

[TIAN 2001]

Tian, Ying-li; Kanade, K; Cohn, Jeffrey F. "Recognizing Action Units For Facial Expression Analysis". IEEE Transactions On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 23, NO 2, February 2001.

[TURK 1991]

Turk, Matthew; Pentland, Alex. "Eigenfaces For Recognition". Journal Of Cognitive Neurosciences. Vol. 3, NO 1, 1991, páginas 71-86. 1991.

[VETTERLI 1995]

Vetterli, Martin; Kovacevic, J."Wavelets And Subband Coding". Prentice Hall, 1995.