



Análise de Discriminantes Lineares para Modelagem e Reconstrução de Imagens de Face

Edson C. Kitani (FEI-SP)
Carlos E. Thomaz (FEI-SP)



SUMÁRIO

- Motivação
- Captura da variabilidade das amostras
- O problema
- Nossa abordagem
- Experimentos
- Conclusão



Conjunto de imagens de faces femininas
não sorrindo e sorrindo



Conjunto de imagens de faces masculinas
não sorrindo e femininas sorrindo



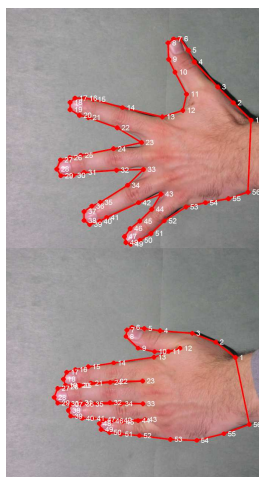


Como capturar e caracterizar a informação discriminante contida nas imagens de faces?

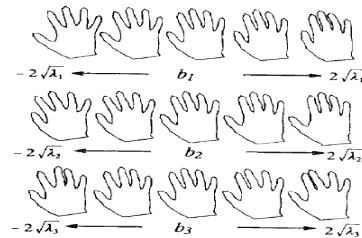
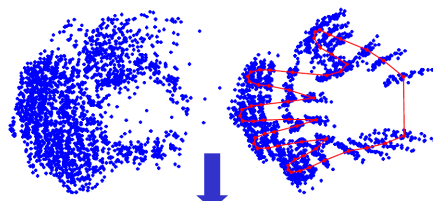


ACTIVE SHAPE MODEL (TIM COOTES et al., 1995)

Adaptado de STEGMANN et al. 2002

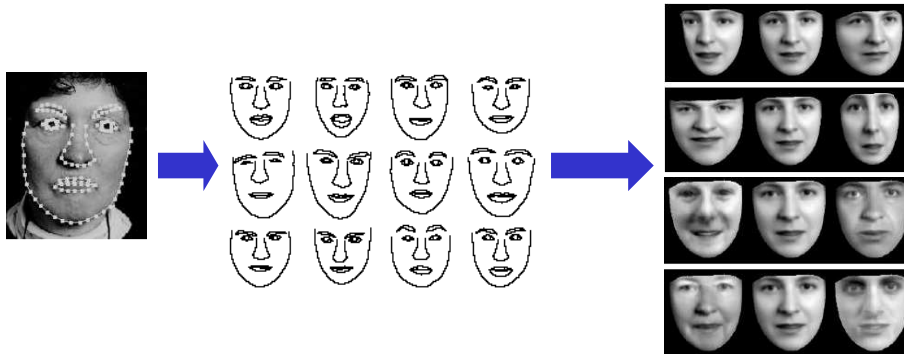


Adaptado de STEGMANN et al. 2002



Adaptado de COOTES et al. 1995

ACTIVE APPEARANCE MODEL (TIM COOTES et al., 1998)

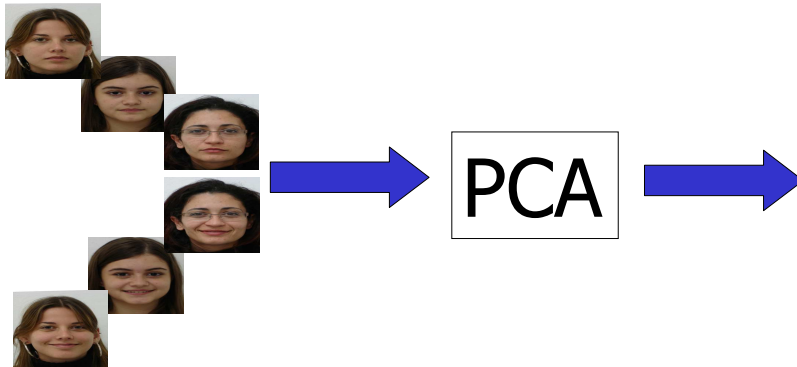


Adaptado de COOTES et al. 1998

Desejamos capturar a
variabilidade das formas
existentes em imagens de
faces estáticas, mas sem o
uso de landmarks.



Se aplicarmos o PCA de (Turk & Pentland, 1991) no conjunto de treinamento



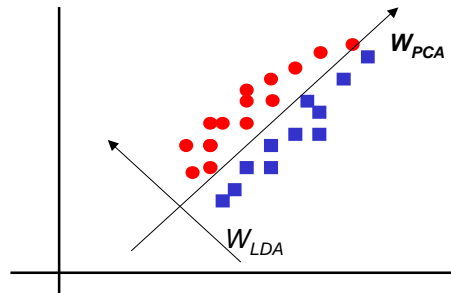
Obteremos:

- Eigenfaces
- Uma base vetorial que melhor representa as maiores variâncias das amostras
- Redução da dimensionalidade e uma representação econômica

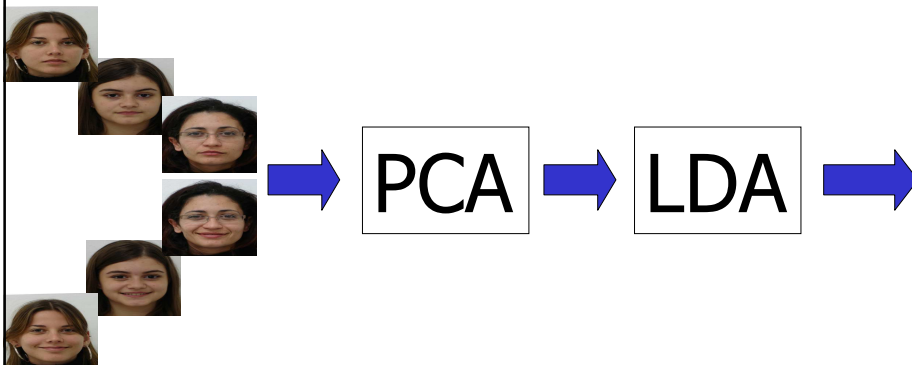
$$\mathbf{x}_i \approx \bar{\mathbf{x}} + y_1\phi_1 + y_2\phi_2 + y_3\phi_3 + \dots$$



Entretanto, o PCA pode não encontrar a melhor orientação para fins de classificação.



Utilizando-se uma abordagem combinada PCA+LDA.





O LDA determina uma base que melhor classifica as amostras, entretanto, o LDA sofre com a instabilidade na inversão da matriz S_w

$$W_{opt} = \arg \max_W \left| \frac{W^T S_b W}{W^T S_w W} \right|$$

$$S_b = \sum_{i=1}^c N_i (\bar{x}_i - \bar{x})(\bar{x}_i - \bar{x})^T$$

$$(S_w^{-1} S_b) \Phi = \Phi \Lambda$$

Φ são os autovetores

$$S_w = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^{N_i} (x_{i,j} - \bar{x}_i)(x_{i,j} - \bar{x}_i)^T$$

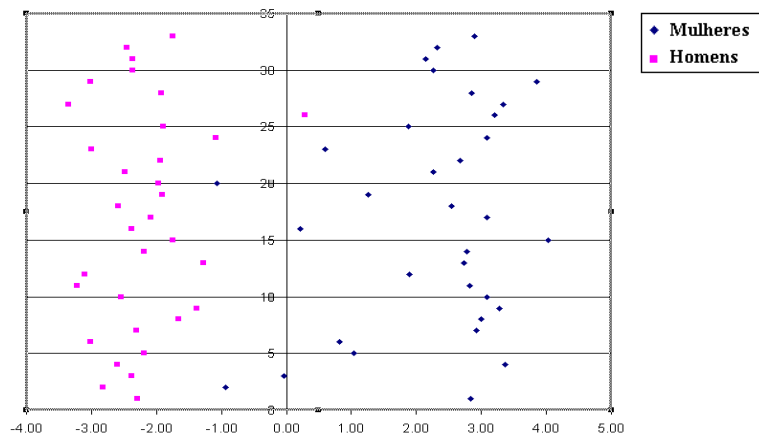
Λ são os autovalores



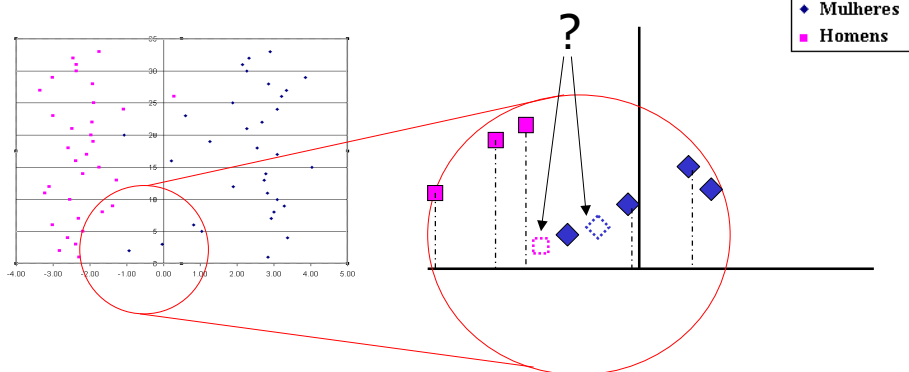
Entre as diversas abordagens que propõem um método de regularização da matriz de intra-classe S_w , este trabalho utiliza a abordagem proposta por THOMAZ et al. 2005 denominado MLDA



O MLDA é um classificador linear que supera o problema do pequeno número de amostras (*Small Sample Size Problem*)



Todavia, existem infinitas outras projeções que não possuem relação com o conjunto de treinamento





Navegando-se nas 3 primeiras Eigenfaces, assim é proposto na abordagem AAM (Active Shape Model) de Tim Cootes et al.



Reconstrução visual das 3 primeiras Eigenfaces para o conjunto de faces masculinas e femininas com expressão neutra

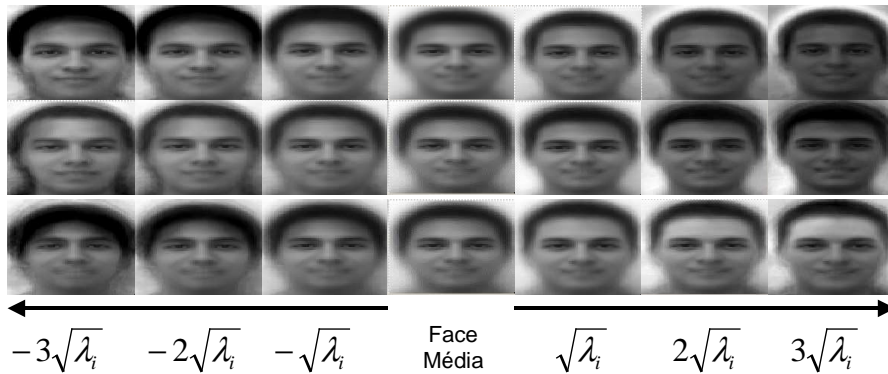
$$\mathbf{x}_i = \bar{\mathbf{x}} + \Phi_i b_i$$



← $-3\sqrt{\lambda_i}$ $-2\sqrt{\lambda_i}$ $-\sqrt{\lambda_i}$ Média $\sqrt{\lambda_i}$ $2\sqrt{\lambda_i}$ $3\sqrt{\lambda_i}$ →



Reconstrução visual das 3 primeiras Eigenfaces para o conjunto de faces masculinas sorrindo em não sorrindo

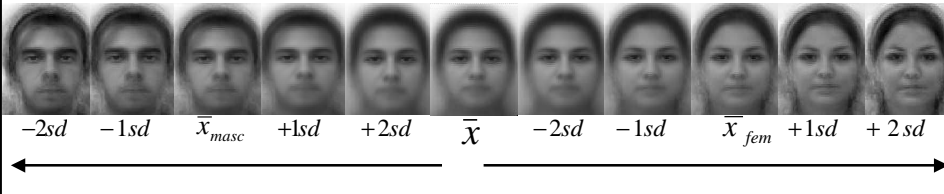


Contudo, ainda não ficou muito claro o que cada Eigenface captura



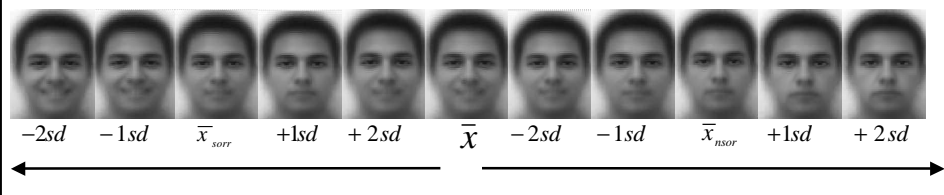
RECONSTRUINDO-SE AGORA AS IMAGENS PRODUZIDAS PELA NAVEGAÇÃO NO HIPERPLANO DISCRIMINANTE

$$x_i = \bar{x} + \Phi_{PCA}^T \Phi_{MLDA}^T y_i^{MLDA} .$$



RECONSTRUÇÃO PARA O GRUPO DE FACES MASCULINAS SORRINDO E NÃO SORRINDO

$$x_i = \bar{x} + \Phi_{PCA}^T \Phi_{MLDA}^T y_i^{MLDA} .$$

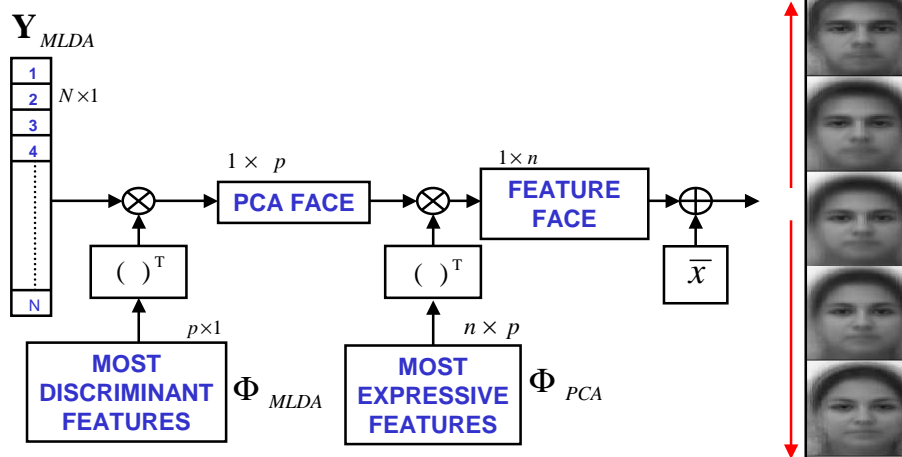




Caracterizando as informações que são mais discriminantes

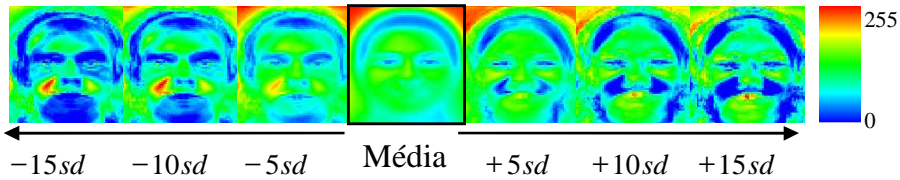


FASE DE RECONSTRUÇÃO

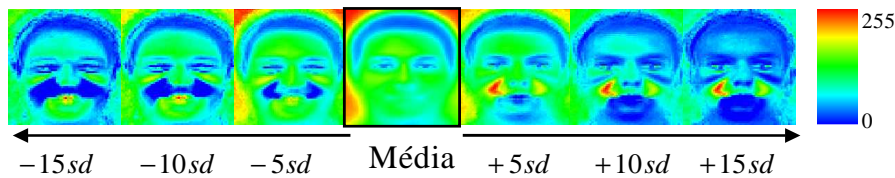




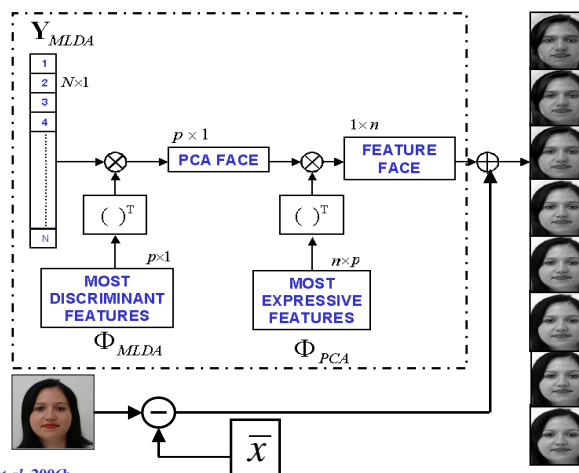
PARA O GRUPO FACES MASCULINAS NÃO SORRINDO E FACES FEMININAS SORRINDO



PARA O GRUPO FACES MASCULINAS NÃO SORRINDO E FACES FEMININAS SORRINDO



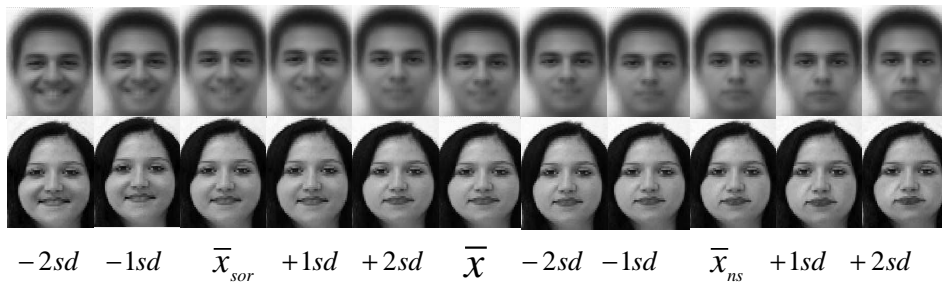
FASE DA TRANSFERÊNCIA DA INFORMAÇÃO DISCRIMINANTE



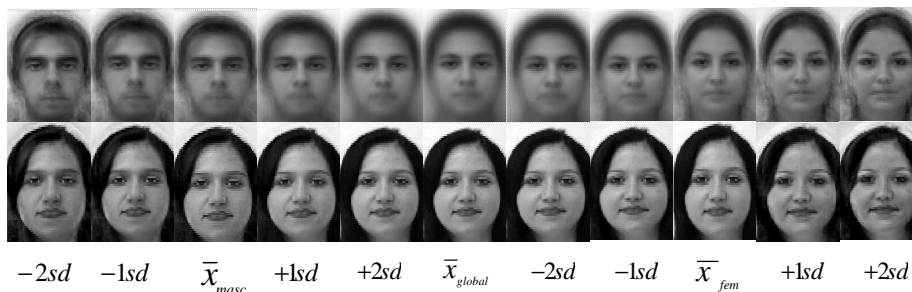
Adaptado de KITANI et al. 2006b



TRANSFERINDO A INFORMAÇÃO MAIS DISCRIMINANTE PARA UMA IMAGEM QUE NÃO PERTENCE AO CONJUNTO DE TREINAMENTO



TRANSFERINDO A INFORMAÇÃO MAIS DISCRIMINANTE PARA UMA IMAGEM DO MESMO CONJUNTO DE TREINAMENTO





CONCLUSÃO

Um classificador linear pode ser utilizado para extrair a variabilidade existente em um conjunto de treinamento.

Um classificador linear pode ser utilizado para prever e sintetizar novas informações.

Investigou-se como uma informação discriminante é caracterizada por um classificador linear bem como o seu poder de generalização.

Avaliou-se que as transformações provocadas no modelo de representação podem ser transferidas para outras imagens.



OS AUTORES AGRADECEM AO PÚBLICO PRESENTE PELA ATENÇÃO

À  **FAPESP** pelo apoio através do projeto 2005/02899-4.

Ao Leo Leonel pela aquisição e alinhamento das imagens do banco de faces da FEI sob a bolsa FEI-PBIC 32-05.



REFERÊNCIAS

- BARTLETT, M. S.; SEJNOWSKI, T. J. Independent component of face images: Representations for face recognition. In ANNUAL JOINT SYMPOSIUM ON NEURAL COMPUTATION, 4., 1997 Pasadena, California, Anais. Pasadena 1997.
- BARTLETT, M. S.; MOVELLAN, J. R.; SEJNOWSKI, T. J. Face recognition by independent component analysis. **IEEE Transaction on Neural Networks**, USA, v. 13, n. 6, p. 1450-1464, November 2002.
- BELHUMEUR, P.; HESPANHA, J. P. N.; KRIEGMAN, D. J. Eigenfaces vs. Fisherfaces: recognition using class specific linear projection. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, USA v. 19, n. 7, p. 711-720, July 1997.
- CHELLAPPA, R.; WILSON, C. L.; SIROHEY, S.; Human and machine recognition of faces: A Survey. **Proceedings of IEEE**, v.83, n. 5, May 1995.
- COOTES, T.F.; TAYLOR, C. J. COOPER, D. H. GRAHAM, J.; Active Shape Models- Their training and application. **Computer Vision and Image Understanding**, v. 61, n.1, p. 38-59, 1995.
- COOTES, T. F.; EDWARDS, G. J.; TAYLOR, C. J. Active Appearance Models. H. BURKHARDT and B. NEWMANN, EUROPEAN CONFERENCE ON COMPUTER VISION, 5., 1998, Berlin, v. 2, Anais. Berlin, Springer, 1998. p. 484-498.
- COOTES, T. F.; WALKER, K. N.; TAYLOR, C. J. View-Based Active Appearance Models, In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON AUTOMATIC FACE AND GESTURE RECOGNITION, 4, 2000, Grenoble, Anais. France, 2000. p. 227-232.
- COOTES, T.F.; LANITIS, A.; Statistical Models of Appearance for Computer Vision, Technical report on Imaging Science and Biomedical Engineering Dept., University of Manchester, 125 f. 2004.
- DUDA, R. O.; HART, P. E.; STORK, D. G. **Pattern recognition**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2001.



- FUKUNAGA, K. **Introduction to statistical pattern recognition**. 2nd ed. Boston: Academic Press, 1990.
- KITANI, E. C.; THOMAZ, C. E.; Um tutorial sobre análise de componentes principais para o reconhecimento automático de faces; Relatório Técnico 01/2006, Departamento de Engenharia Elétrica da FEI, São Bernardo do Campo, SP; 23 f. 2006, disponível em www.fei.edu.br/~cet.
- KITANI, E. C.; THOMAZ, C. E.; GILLIES, D. F. A statistical discriminant model for face interpretation and reconstruction. In: proceedings of SIBGRAP 06, **IEEE CS Press**, Manaus, Amazonas, Brazil, October 2006 (to appear).
- MARR, DAVID, Vision, San Francisco, W. H. Freeman, 1982.
- MOGHADDAM, B.; PENTLAND, A. Probabilistic visual learning for object representation. In: **Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision**, p. 786-793, Cambridge, USA, June 1995.
- MOGHADDAM, B.; WAHID, W.; PENTLAND, A. Beyond eigenfaces: Probabilistic matching for face recognition. **IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition**, Nara, Japan, April 1998.
- MOGHADDAM, B.; JEBARA, T.; PENTLAND, A. Bayesian face recognition. **PATTERN RECOGNITION**, v. 33, p. 1771-1782, November 2000.
- OLIVEIRA JR, L. L.; THOMAZ, C. E.; Captura e alinhamento de imagens: Um banco de faces brasileiro. Relatório de iniciação científico, Departamento de Engenharia Elétrica da FEI, São Bernardo do Campo, SP, 10 f., 2006, disponível em www.fei.edu.br/~cet.



OSUMA, R. G. Principal components analysis. Lecture Notes 9. Texas A&M University, Texas, 2004a, disponível em www.couses-cs.tamu.edu/rgutier/cs790-w02, acessado em 20/12/2005.

OSUMA, R. G., Linear discriminant analysis. Lecture Notes 10. Texas A&M University, Texas, 2004b, disponível em www.couses-cs.tamu.edu/rgutier/cs790-w02, acessado em 20/12/2005.

SIROVICJH, L.; KIRBY, M. Low-dimensional procedure for the characterization of human faces. **Journal of Optical Society of America**, v. 4 p. 519-524, March 1987.

STEGMANN, M. B., GOMEZ, D. D., A brief introduction to statistical shape analysis. Informatics and Mathematical Modeling Department, Technical University of Denmark, Denmark, 6 Mach 2002.

SWETS, D.; WENG, J. Using discriminat eigenfeatures for Image retrieval. **IEEE PAMI** v. 18 n. 8, p. 831-836, August 1996.

THOMAZ, C. E. **Estudo de classificadores para o reconhecimento automático de faces**. 1999. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 19 de Janeiro de 1999.

THOMAZ, C. E. **Maximum entropy covariance estimate for statistical pattern recognition**. 2004. 152 f. Tese (Doctor of Philosophy Ph.D.) – Department of Computing, Imperial College London, University of London, London.

THOMAZ, C. E. Linear discriminant analysis, Notas de aulas, Visão Computacional, Mestrado da FEI, 2005.

THOMAZ, C. E.; GILLIES, D. F.; A Maximum uncertainty LDA-based approach for limited sample size problems with application to face recognition. In **Proceedings of SIBGRAP' 05, IEEE CS Press**, p. 89-96, 2005.



THOMAZ, C. E.; KITANI, E. C.; GILLIES, D. F. A Maximum uncertainty LDA-based approach for limited sample size problems with application to face recognition. In **Proceedings of SIBGRAP' 05, Journal of Brazilian Computer Society (JBCS) IEEE CS Press**, v. 12 n. 2, p. 89-96, June 2005 (in press).

THOMAZ, C. E.; AGUIAR, N. O.; OLIVEIRA, S. H. A.; DURAM, F. L. S.; BUSATTO, G. S.; DUNCAN, F. G.; RUECKERT D. Extraction discriminant information from medical images: A multivariate linear approach. In: **Proceedings of SIBGRAP' 06, IEEE CS Press**, to appear, 2006.

YANG, M. H.; KRIEGMAN, D. J.; AHUJA, N. Detecting faces in images: A survey; **IEEE-PAMI**, v. 24 n. 1, p. 34-58, January, 2002.

WEN-YI, Z., Face recognition: A tutorial, European Conference on Computer Vision, 2004.