

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG  
Centro de Engenharia Elétrica e Informática - CEEI  
Coordenação de Pós-Graduação em Ciência da Computação - COPIN

# Detecção de Olhos em Imagens com Faces Humanas

Bruno de Brito Leite  
Mestrando

# Sumário

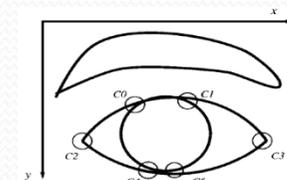
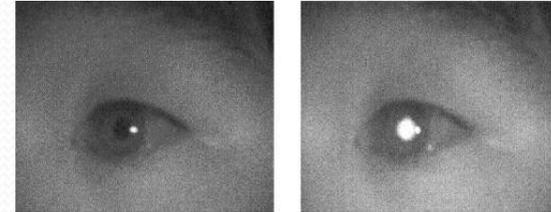
- Detecção de olhos
- Objetivos
- Relevância
- Métodos
- Abordagem proposta
- Bases de faces
- Experimentos
- Considerações finais
- Trabalhos futuros

# Detecção de olhos

- Desempenha papel importante em várias tarefas
  - Interação humano-computador
  - Detecção de características faciais
  - Monitoramento de condutores de veículos
  - Identificação de faces ou íris
  - Compressão em vídeo conferência
  - Análise expressões faciais
    - Grande motivador
    - Projeto Iphotobot – Parceria UFCG – HP Brasil P&D

# Métodos

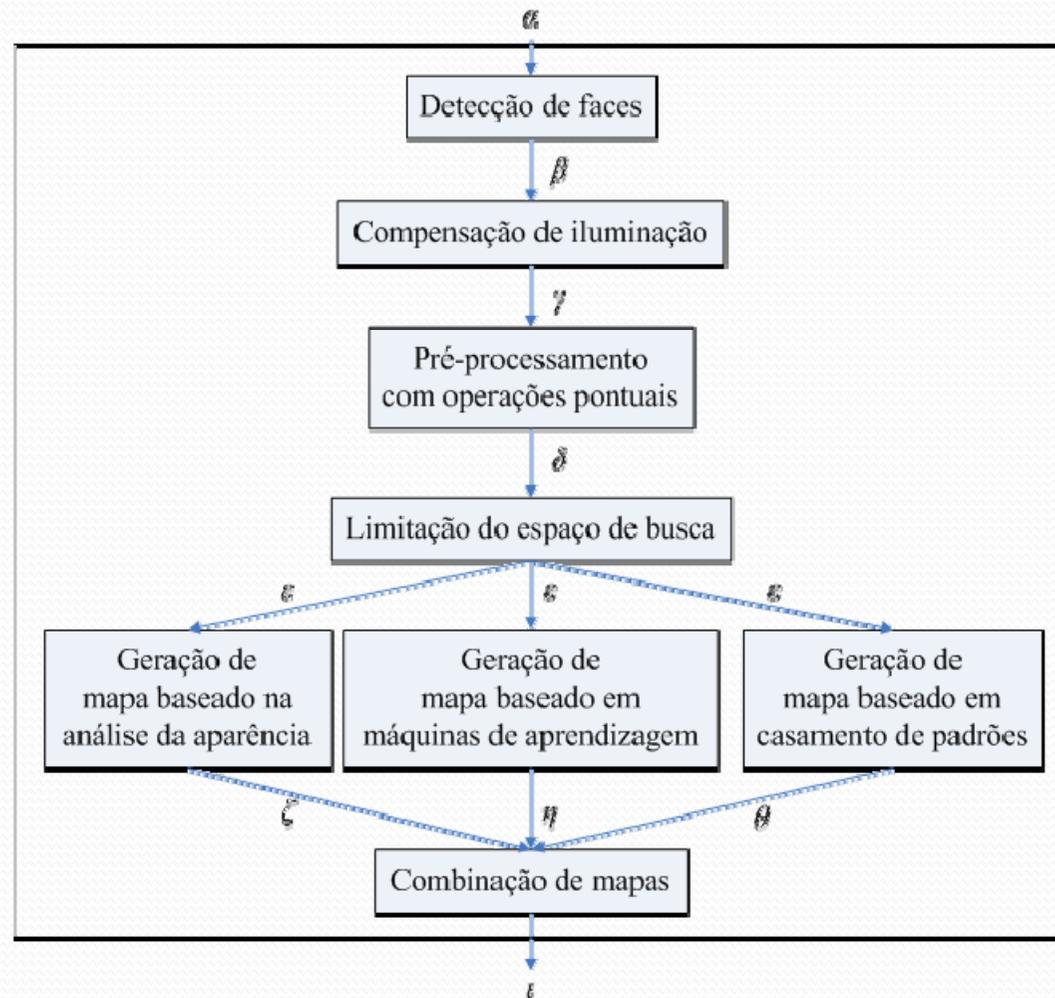
- Ativos
  - Requer vídeo ou seqüência de imagens
- Passivos
  - Análise da aparência
  - Aprendizagem
  - Modelos



# Objetivos

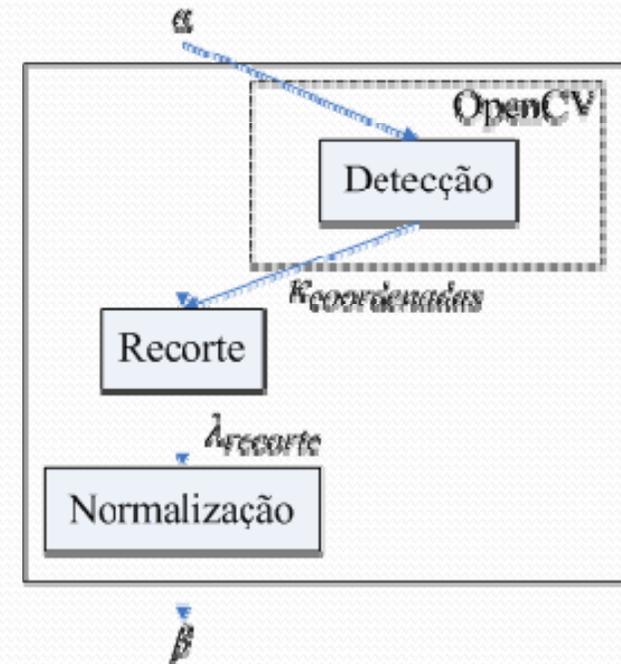
- Geral
  - Detecção de olhos
    - Passiva e não intrusiva
    - Taxa de detecção superior a de sistemas existentes
- Específicos
  - Uso de técnicas de pré-processamento
  - Sistema híbrido com três estratégias distintas
  - Combinação de resultados

# Abordagem proposta



# Detecção de faces

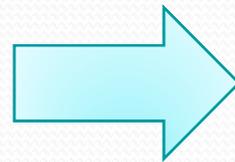
- Biblioteca *OpenCV*
  - Características simples de Haar
- Tamanho
  - 150 x 150 *pixels*



# Detecção de faces



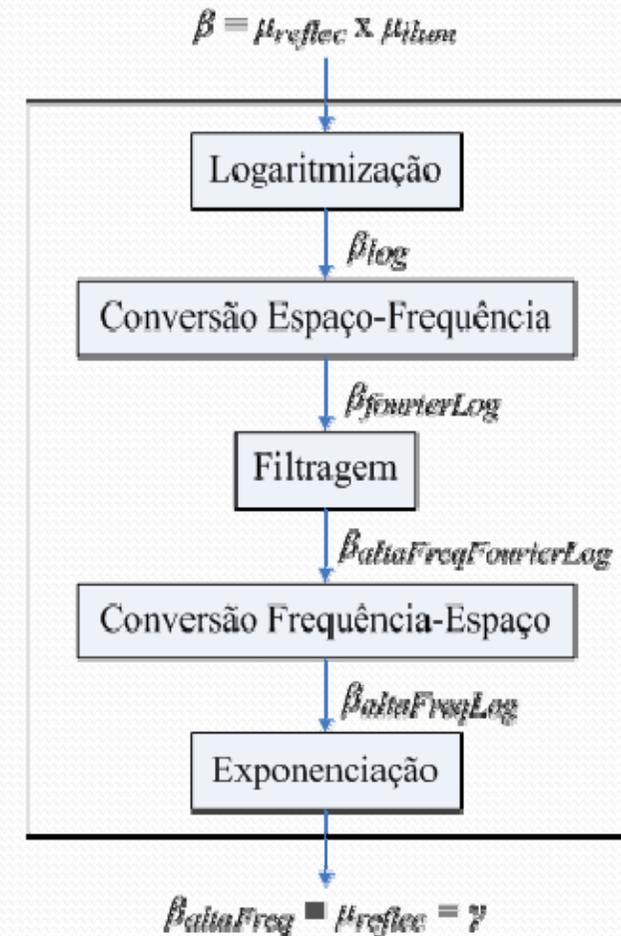
Imagem original



Face detectada

# Compensação de iluminação

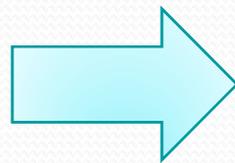
- Adota modelo simplificado
  - $\beta = \mu_{reflec} \times \mu_{ilum}$
- Filtragem homórfica
  - $Log(\beta) = Log(\mu_{reflec} \times \mu_{ilum})$
  - $Log(\beta) = Log(\mu_{reflec}) + Log(\mu_{ilum})$
  - $PassaAlta(Log(\beta)) \equiv \mu_{reflec} = \gamma$
- Adaptado de Parker [Par97]



# Compensação de iluminação



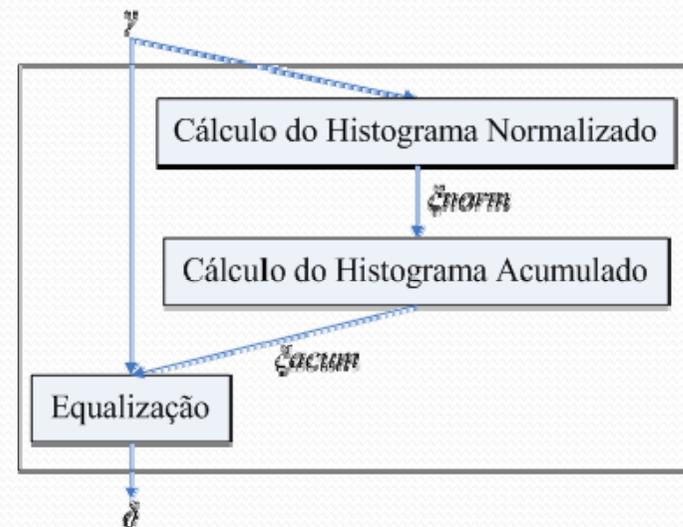
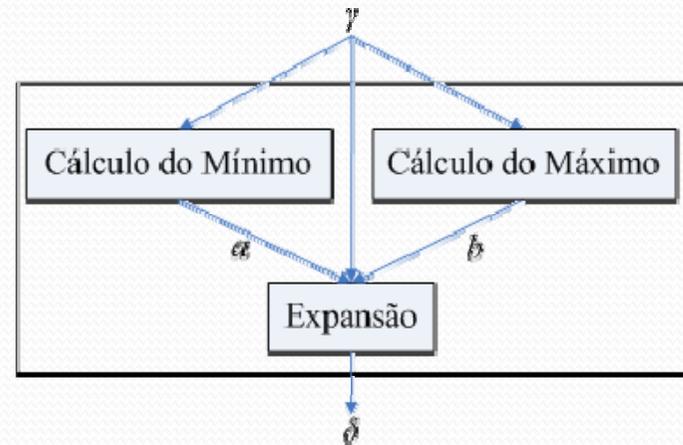
Sem compensação



Com compensação

# Pré-processamento com operações pontuais

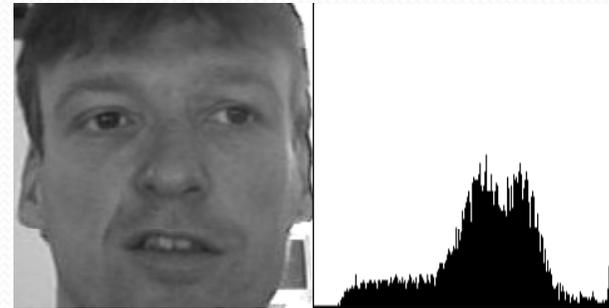
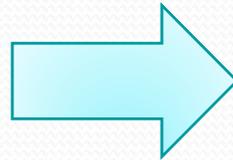
- Expansão
  - Utilização de toda faixa de representação
  - $\delta(i, j) = (k - 1) / (b - a) (\gamma(i, j) - a)$
- Equalização
  - Distribuição uniforme
  - $\xi_{norm}(i) = \sum v(i) / n$
  - $\xi_{acum}(i) = \xi_{acum}(i) + \xi_{acum}(i+1)$
  - $\delta(i, j) = \xi_{acum}(\gamma(i, j))$



# Pré-processamento com operações pontuais



Original



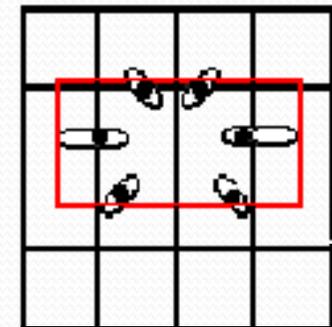
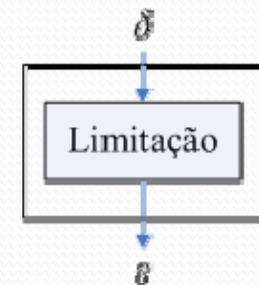
Expansão



Equalização

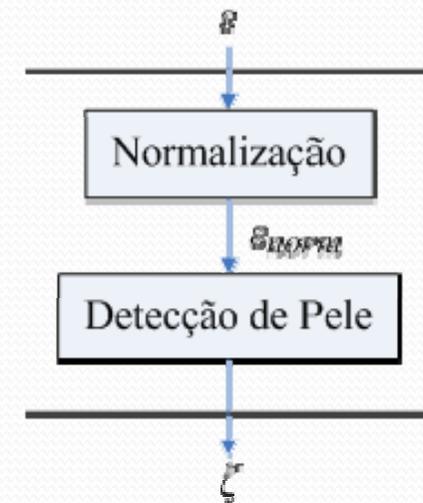
# Limitação do espaço de busca

- Base de imagens de faces
  - BioID
  - $Olho_{dir} = (0,30;0,38)$  e  $Olho_{esq} = (0,68;0,38)$
- Inclinação de  $+45^\circ$  e  $-45^\circ$ 
  - $Olho_{dir+45} = (0,28;0,56)$  e  $Olho_{esq+45} = (0,54;0,30)$
  - $Olho_{dir-45} = (0,44;0,28)$  e  $Olho_{esq-45} = (0,70;0,54)$
- Região retangular
  - $\varphi_{hor} = (0,28 - 0,13; 0,70 + 0,13 + 2) = (0,15; 0,85)$
  - $\varphi_{ver} = (0,28; 0,56)$

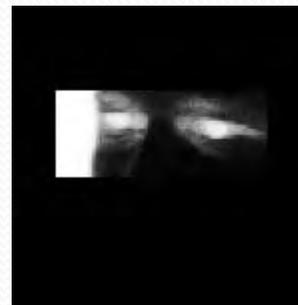
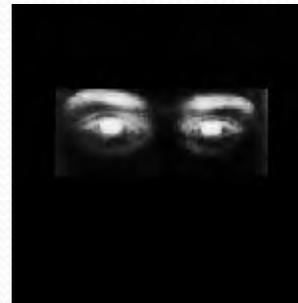


# Análise da aparência

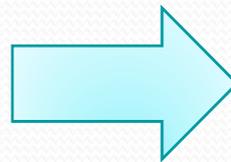
- Cor da pele
- Rede neural
  - $3 \times 9 \times 1$
- Adaptada de Cardoso e Gomes [CG07]
- Saída produzida indica pele
  - $[0, 1]$
- Complemento da detecção de pele
  - $\zeta = 1 - \text{saída da rede}$



# Análise da aparência



Faces originais

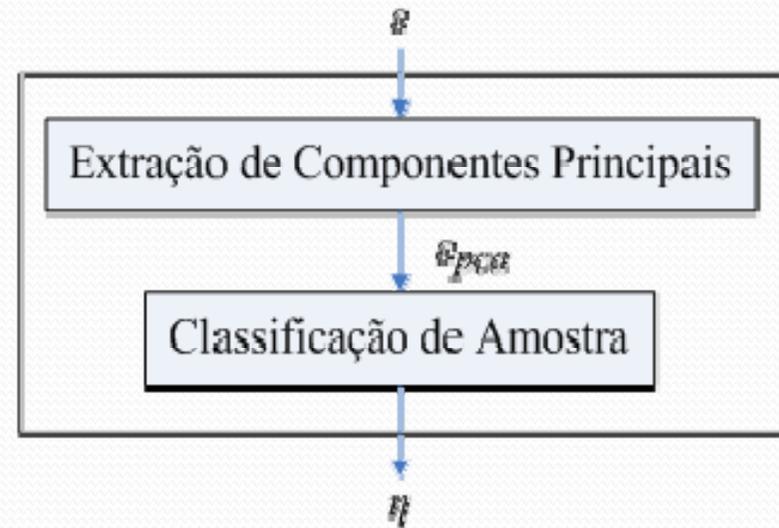


Mapas baseados na análise de aparência

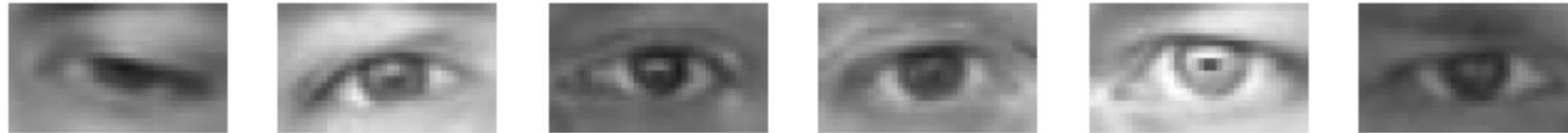
Preto: baixa resposta  
Branco: alta resposta

# Aprendizagem

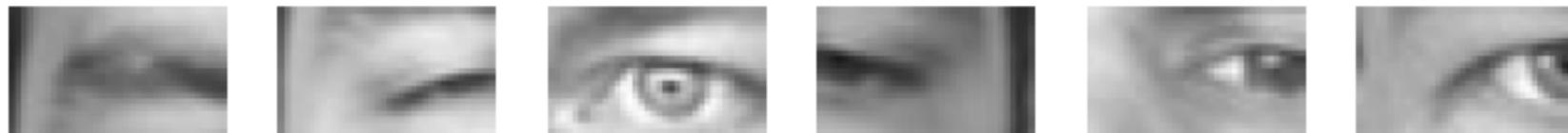
- *Principal Component Analysis – PCA*
  - Redução de 756 para 66
  - 95% de representatividade
- Rede neural triangular
  - 66 x 33 x 1
- Resposta apresenta pelo neurônio de saída



# Aprendizagem



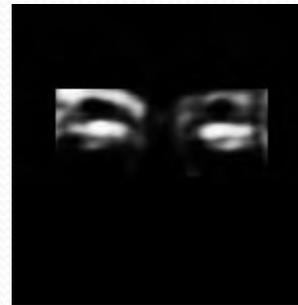
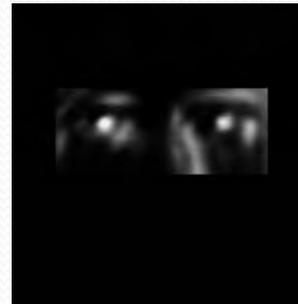
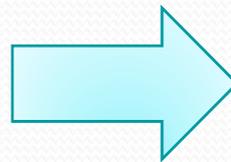
Exemplos de olhos



Exemplos de não-olhos

# Aprendizagem

Faces originais

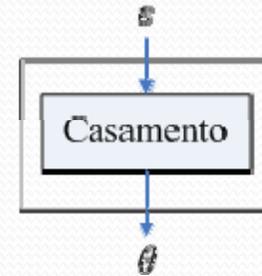


Mapas baseados  
em aprendizagem

Preto: baixa resposta  
Branco: alta resposta

# Modelos

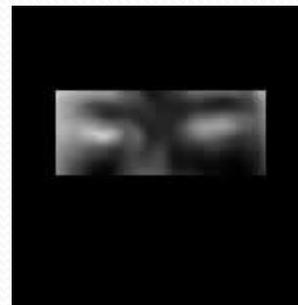
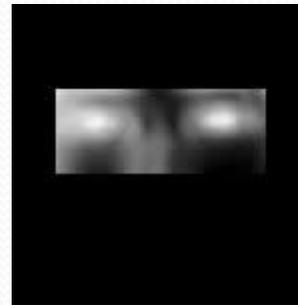
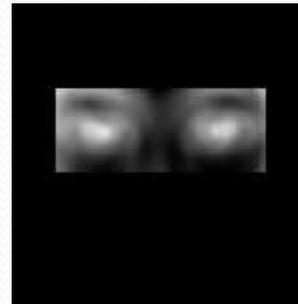
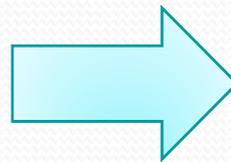
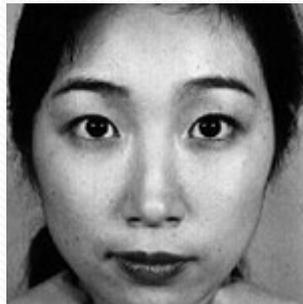
- Inspirado no modelo proposto por Akashi [AWT06]
- Correlação entre o modelo e a imagem
  - Não normalizada
- Coeficiente de correlação, Gonzalez [GW92]
  - Intervalo [0, 1]



$$\theta(t,s) = \frac{1}{2} + \frac{\sum_x \sum_y (\varepsilon(x,y) - \bar{\varepsilon}(x,y))(v(x-s, y-t) - \bar{v})}{2\sqrt{\sum_x \sum_y (\varepsilon(x,y) - \bar{\varepsilon}(x,y))^2 \sum_x \sum_y (v(x-s, y-t) - \bar{v})^2}}$$

# Modelos

Faces originais

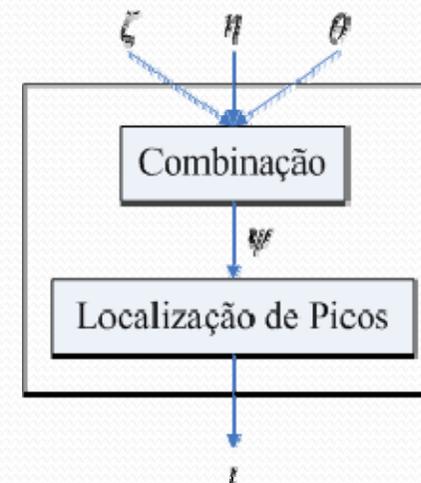


Mapas baseados em modelos

Preto: baixa resposta  
Branco: alta resposta

# Combinação de mapas

- Regra da soma
  - $Soma(i,j) = \zeta(i,j) + \eta(i,j) + \theta(i,j)$
- Regra do produto
  - $Produto(i,j) = \zeta(i,j) \times \eta(i,j) \times \theta(i,j)$
- Regra da média
  - $Media(i,j) = (\zeta(i,j) + \eta(i,j) + \theta(i,j)) / 3$
- Regra do *ranking*
  - $Ranking(i,j) = \max(\zeta(i,j), \eta(i,j), \theta(i,j))$
- Ponto de maior resposta
  - Coordenadas dos olhos



# Bases de faces

- Desempenho depende da base
- Dificuldades na comparação de resultados do método proposto com resultados de métodos existentes
  - Base utilizada não é divulgada
  - Não apresenta referência para a base utilizada
  - Referência desatualizada
  - Necessidade de acordo de cooperação

# Bases de faces

Base	Quantidade de imagens	Quantidade de sujeitos	Imagens coloridas
IMM	240	40	Sim
Caltech	450	27	Sim
JAFFE	213	10	Não

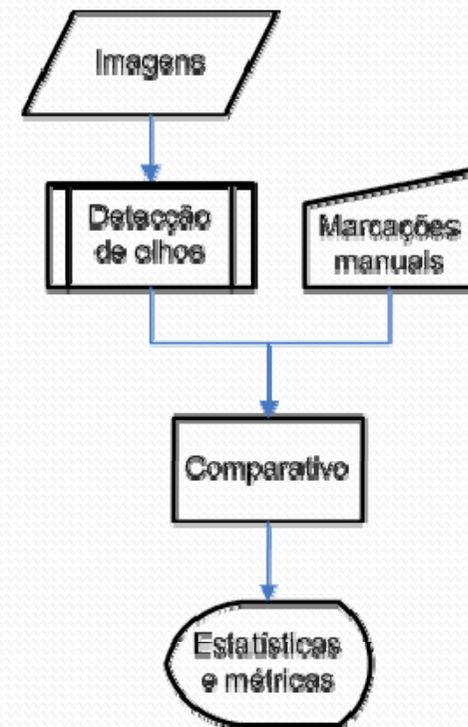
Base	Variação de expressão	Rotação de faces	Variações na iluminação	Variações de cenário
IMM	Sim	Sim	Sim	Não
Caltech	Sim	Não	Sim	Sim
JAFFE	Sim	Não	Não	Não

# Tolerância a erro

- Normalização do erro
  - Permite comparações em bases diferentes
  - Invariância a escala
  - Proposta por Jesorsky et al [JKR01]
- Equações
  - $d_{dir} = ((X_{dir} - x_{dir})^2 + (Y_{dir} - y_{dir})^2) / ((X_{esq} - X_{dir})^2 + (Y_{esq} - Y_{dir})^2)^{1/2}$
  - $d_{esq} = ((X_{esq} - x_{esq})^2 + (Y_{esq} - y_{esq})^2) / ((X_{esq} - X_{dir})^2 + (Y_{esq} - Y_{dir})^2)^{1/2}$

# Tolerância a erro

- Tolerância considerada
  - $d \leq 0,25$
  - Considerada por Maia [MGSo7]
- Cálculo automático
  - Imune a erros de cálculo
  - Rápido
  - Preciso



# Experimentos

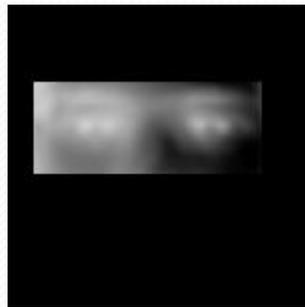
- Compensação de iluminação lateral
  - Base IMM
- Melhoria de brilho e contraste
  - Base IMM
- Comparativo entre a abordagem proposta versus sistemas existentes
  - Caltech
  - JAFFE



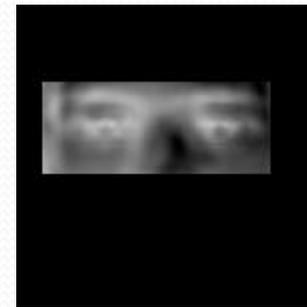
# Uso da compensação de iluminação

- Objetivo principal
  - Verificar o impacto da compensação de iluminação
  - Comparação da mesma regra
    - Com compensação
    - Sem compensação
- Objetivo secundário
  - Qual a melhor regra

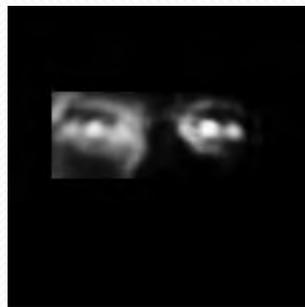
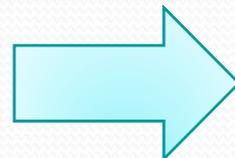
# Uso da compensação de iluminação



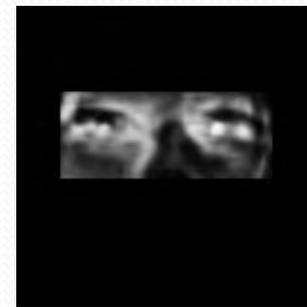
Sem compensação



Com compensação



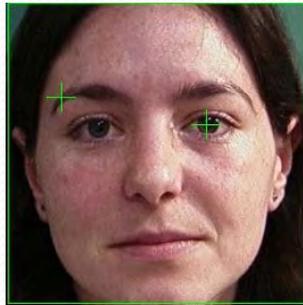
Sem compensação



Com compensação

Preto: baixa resposta  
Branco: alta resposta

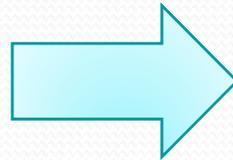
# Uso da compensação de iluminação



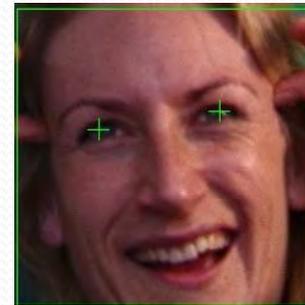
Sem compensação



Com compensação



Sem compensação



Com compensação

# Uso da compensação de iluminação

Regra	Compensação	Acerto
Produto	Sim	97,041 %
	Não	88,690%
Média	Sim	93,976%
	Não	89,222%
Soma	Sim	93,529%
	Não	92,814%
<i>Ranking</i>	Sim	92,857%
	Não	87,193%
Aprendizagem	Sim	90,617%
Casamento	Sim	84,615%
Aparência	Não	82,738%

# Melhoria de brilho e contraste

- Objetivo principal
  - Diferença em relação aos resultados sem melhoria de brilho e contraste
- Objetivo secundário
  - Qual a operação pontual mais adequada para o problema da detecção de olhos

# Melhoria de brilho e contraste



Equalização



Expansão e equalização



Expansão



Equalização



Expansão e equalização



Expansão

# Uso da compensação de iluminação

Regra	Operação	Acerto
Produto	Expansão	97,605 %
	Expansão e equalização	96,471%
	Equalização	96,471%
Média	Expansão	97,024%
	Expansão e equalização	97,006%
	Equalização	96,951%
Soma	Expansão	97,006%
	Expansão e equalização	90,533%
	Equalização	90,419%
Ranking	Expansão	96,471%
	Expansão e equalização	91,617%
	Equalização	92,899%

# Abordagem proposta versus sistemas existentes

- Objetivo principal
  - Comparar desempenho (taxa de detecção) da abordagem proposta com sistemas existentes
- Objetivo secundário
  - Definir fatores que provocam erro na detecção
- Han et al [HKNo2]
  - Morfologia matemática e intensidade de brilho
- Wang e Yin [WY05]
  - Mapa topográfico e modelo gaussiano

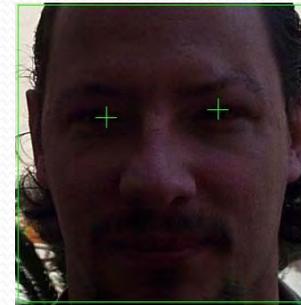
# Abordagem proposta versus sistemas existentes



Caltech



Caltech



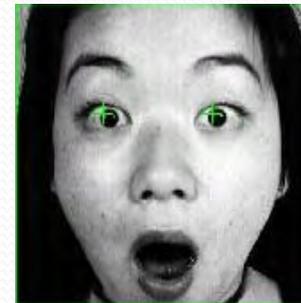
Caltech



JAFFE



JAFFE



JAFFE

# Abordagem proposta versus sistemas existentes

Base	Sistema		Acerto
Caltech	Proposto	Produto	99,361%
		Média	97,833%
		Soma	97,799%
		<i>Ranking</i>	97,468%
	Han et al [HKNo2]		98,80%

Base	Sistema		Acerto
JAFFE	Proposto	Produto	98,122%
		Média	98,020%
		Soma	98,122%
		<i>Ranking</i>	96,061%
	Wang e Yin [WY05]		95,800%

# Abordagem proposta e sistemas existentes

- Causas de erros
  - Sombra do nariz
  - Pouca iluminação
  - Uso de óculos
  - Oclusão parcial dos olhos pelo cabelo
  - Sobrancelhas/cílios muito escuros
  - Rotação da face



# Considerações finais

- Objetivo atingido
  - Detector passivo e não intrusivo com taxa de detecção superior a de sistemas existentes
- Comprovação de benefícios
  - Compensação de iluminação
  - Melhoria de brilho e contraste
  - Combinação de classificadores

# Trabalhos futuros

- Combinação de pesos
- Custo computacional
  - Inviável para sistemas em tempo real
  - Necessidade de compensação de iluminação

Base	Dimensões (px)	Memória (MB)	Detecção de olhos (s)	Tempo total (s)
IMM	640 x 480	15	54	64
Caltech	896 x 592	26	100	130
JAFFE	256 x 256	9	32	37

# Trabalhos futuros

- Mapas de evidência
  - Detecção de pele em outros espaços
  - Extratores de características
  - Máquinas de aprendizagem
- Experimento comparativo
  - Publicação no SIBGRAPI 2007
  - Implementações disponíveis publicamente
    - Rowley et al [RBK99] e Fasel et al [FFM05]

# Referências

- [AWTo6] T. Akashi, Y. Wakasa, and K. Tanaka. Performance of eye detection by genetic algorithms. In *Proceedings of International Conference of Computational Intelligence*, pages 94–99, 2006.
- [CGo7] C. S. C. Cunha and H. M. Gomes. People detection in still images based on a skin filter and body part evidence. In *Proceedings of Brazillian Symposium on Computer Graphics and Image Processing*, pages 1–2, 2005.
- [Par97] J. R. Parker. *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*. John Wiley & Sons, 1997.
- [JKRo1] O. Jesorsky, K. J. Kirchberg, and R.W. Robust face detection using the hausdorff distance. *Lectures Notes in Computer Science*, 2091:212–227, 2001.

# Referências

- [MGS07] J. G. R. Maia, F. C. Gomes, and O. Souza. Automatic eye localization in color images. In *Proceedings of Brazillian Symposium on Computer Graphics and Image Processing - SIBGRAPI*, pages 195–202, 2007.
- [HKNo2] H. Han, T. Kawaguchi, and R. Nagata. Eye detection based on grayscale morphology. In *Proceedings of IEEE Region 10 Conference on Computers, Communications, Control and Power Engineering*, volume 1, pages 498–502, 2002.
- [WY05] J. Wang and L. Yin. Eye detection under unconstrained background by the terrain feature. In *Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pages 1528–1531, 2005.

# Referências

- [GW92] R. C. Gonzalez and R. E. Woods. *Digital Image Processing*. Addison-Wesley, 1992.
- [RBK99] H. A. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade. *Neural Network-Based Face Detection*. PhD thesis, Carnegie Mellon University, 1999.
- [FFM05] I. Fasel, B. Fortenberry, and J. R. Movellan. A generative framework for realtime object detection and classification. *Computer Vision and Image Understanding*, 2005.