

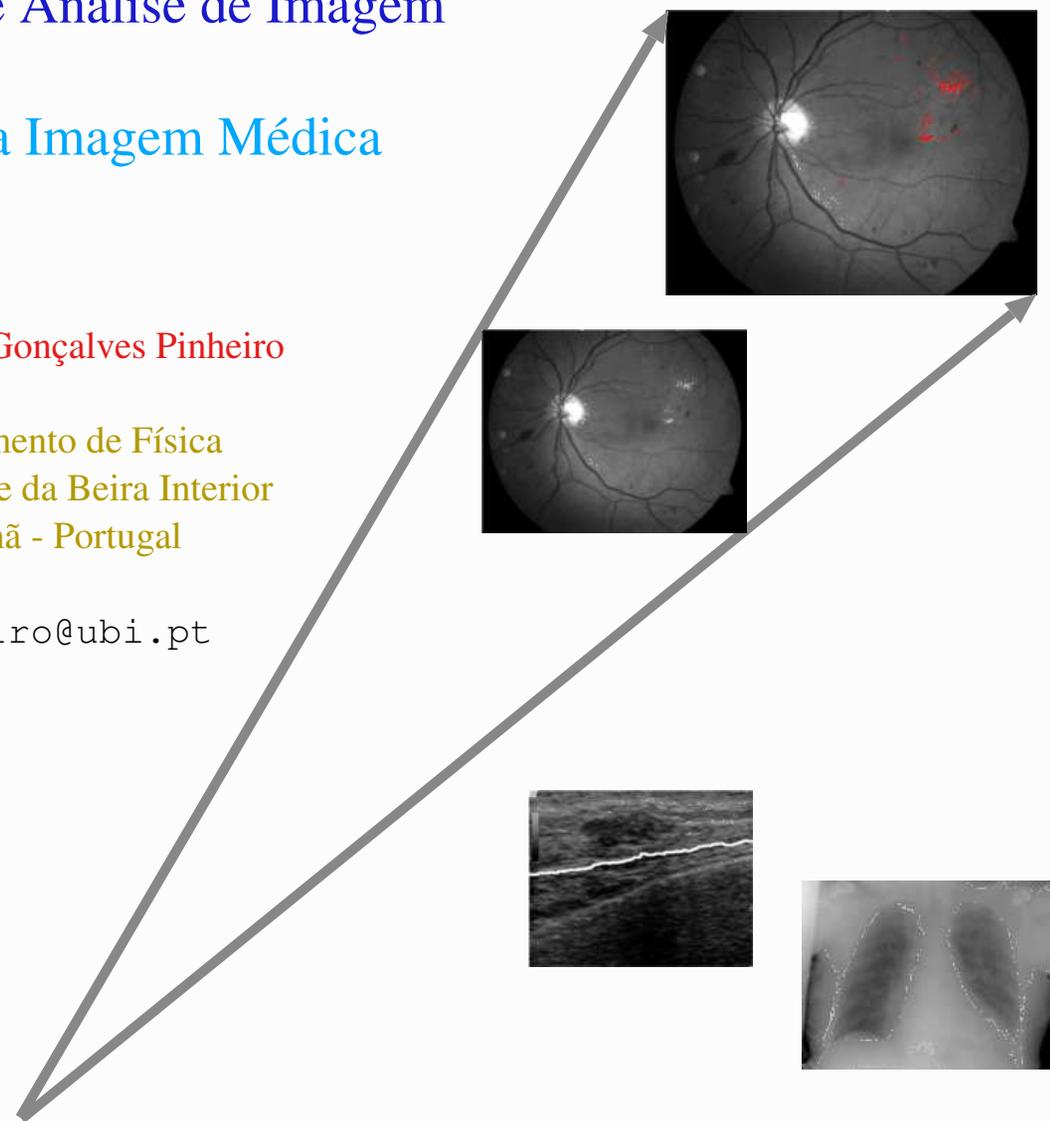
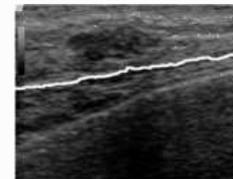
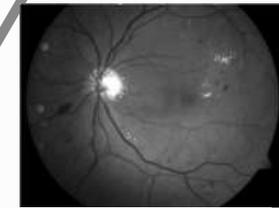
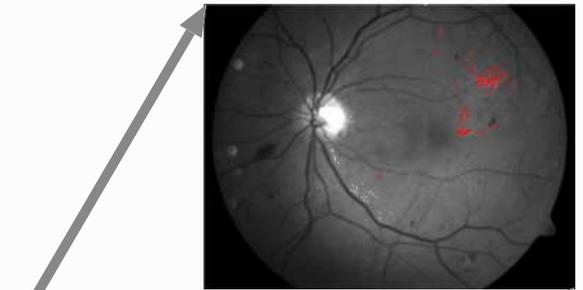
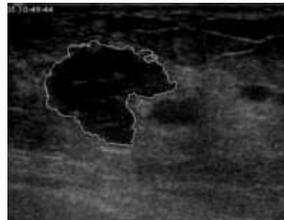
Processamento e Análise de Imagem

Aplicações na Imagem Médica

António M. Gonçalves Pinheiro

Departamento de Física
Universidade da Beira Interior
Covilhã - Portugal

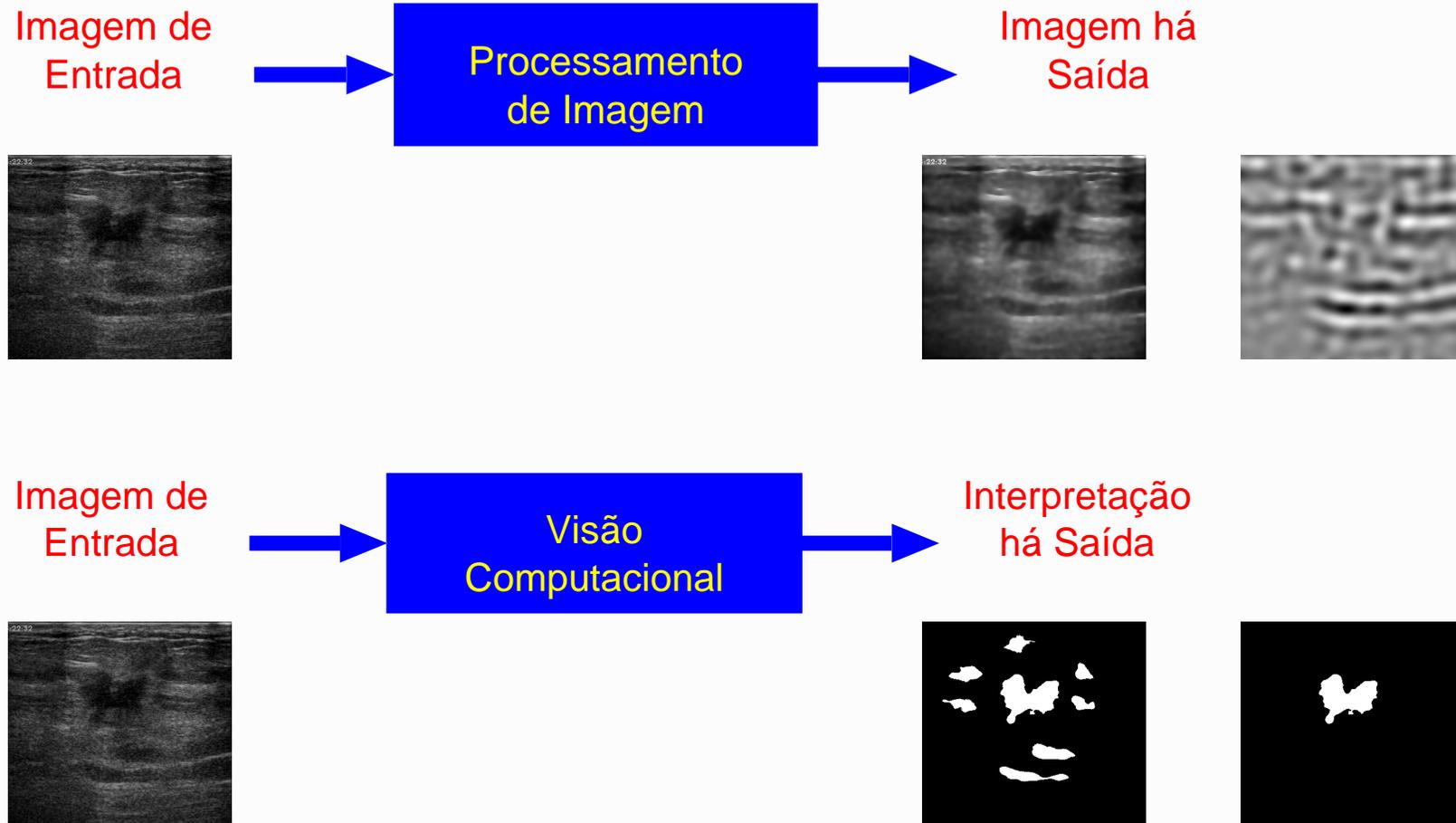
pinheiro@ubi.pt



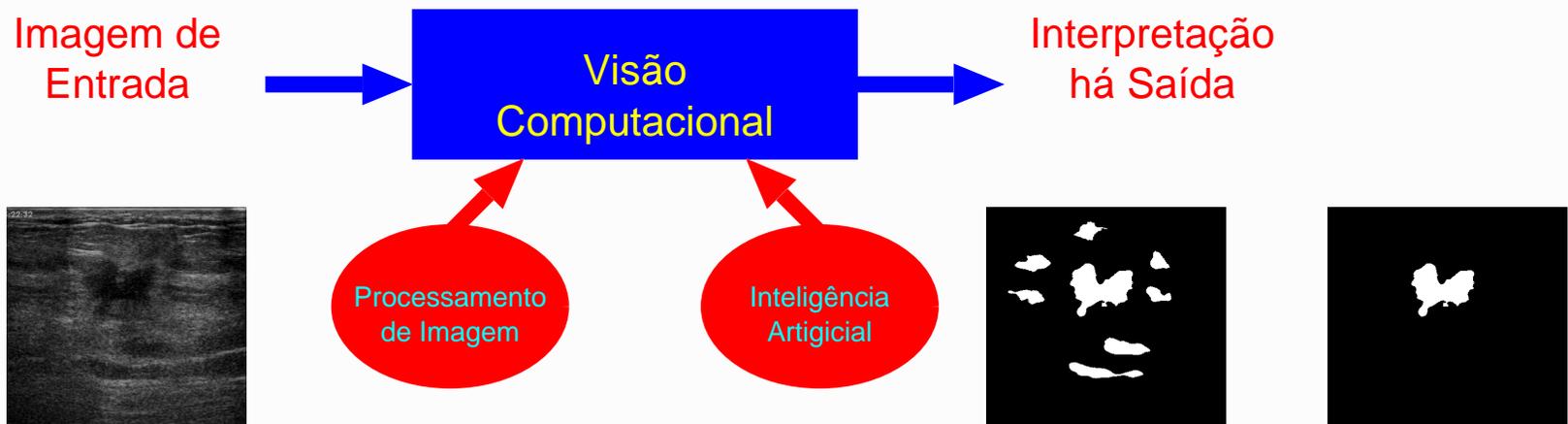
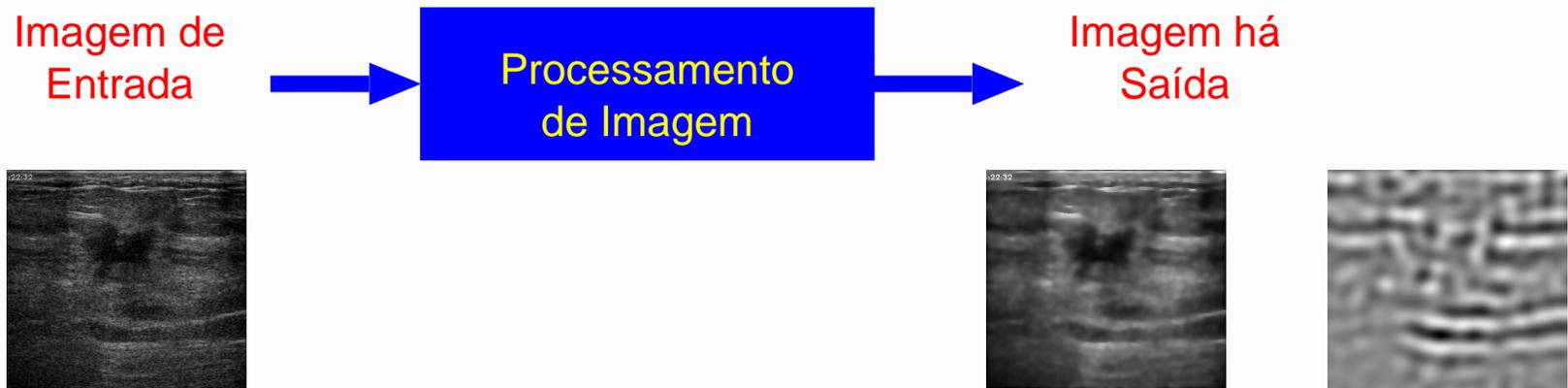
Tecnologia de Imagem



Tecnologia de Imagem



Tecnologia de Imagem



Tecnologia de Imagem

Processamento de Imagem

Obtenção de uma Imagem baseada numa inicial, em que um conjunto de características são realçadas.

Análise de Imagem

Extracção de Informação Conceptual de Imagens.
Tipicamente são usadas técnicas de [Processamento de Imagem](#).

Visão Computacional

Compreensão de Imagem.
Tipicamente faz uso de sistemas de [Análise de Imagem](#)
e de modelos de [Inteligência Artificial](#).
Este últimos definem decisões com base na informação fornecida pelos primeiros.

Tecnologia de Imagem

Sumário

Filtragem

- Linear
- Morfologia

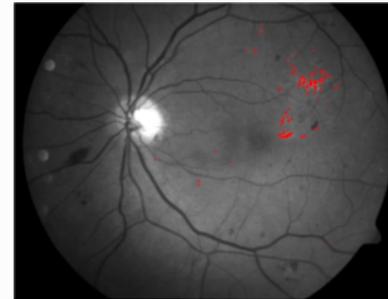
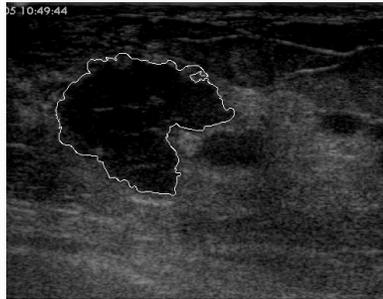
Detecção de Arestas e Segmentação de Regiões

Reconhecimento de Padrões

Tecnologia de Imagem

Aplicações a Nível da Imagem Médica

Segmentação de Regiões de Interesse



Detecção de Padrões

Por exemplo detectar sintomas de uma determinada patologia.

Registo

Forma de colocar imagens diferentes numa mesma referência espacial, permitindo uma comparação ou integração.

Filtragem de Imagem

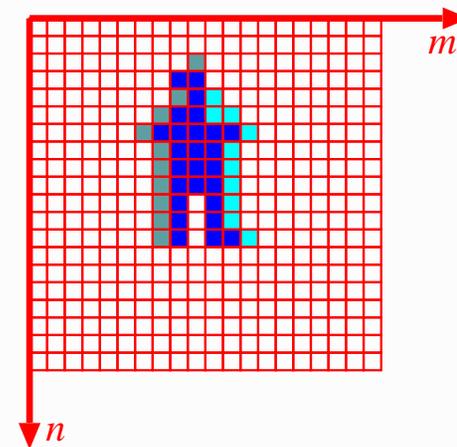
Representação de Imagem Digital

Imagem Representada por Matriz

$$\text{Img} = \begin{bmatrix} \text{Img}[0, 0] & \text{Img}[0, 1] & \dots & \dots & \text{Img}[0, M - 1] \\ \text{Img}[1, 0] & \text{Img}[1, 1] & \dots & \dots & \text{Img}[1, M - 1] \\ \text{Img}[2, 0] & \text{Img}[2, 1] & \dots & \dots & \text{Img}[2, M - 1] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \text{Img}[N - 1, 0] & \text{Img}[N - 1, 1] & \dots & \dots & \text{Img}[N - 1, M - 1] \end{bmatrix}$$

em que:

- M é o número de colunas da imagem (número de pixels de cada linha da imagem)
- N é o número de linhas da imagem
- $\text{Img}[n, m]$ representa a cor do pixel:



Filtragem de Imagem

Filtragem Linear

Nos sinais surge a operação de **Convolução**.

Essa operação pode ser alargada a **Duas Dimensões**:

$$I_r[n, m] = I[n, m] \oplus h[n, m] = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sum_{i=-\infty}^{\infty} I[j, i] \cdot h[n - j, m - i]$$

com $h[n, m]$ função impulsiva do Sistema Linear e Invariante



$h[n, m]$ - pode seleccionar uma determinada propriedade da imagem, definindo um filtro de imagem

Filtragem de Imagem

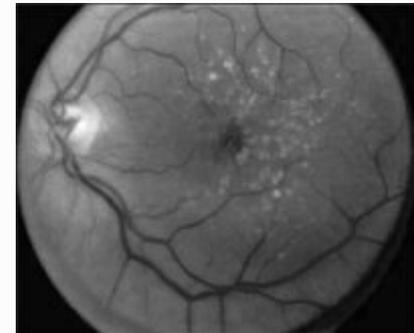
Filtragem Linear em Frequência

Tal como nos sinais temporais, as imagens podem ser descritas em frequência. A transformada de Fourier bidimensional discreta é dada por:

$$F_I(V, U) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} I[n, m] e^{-j(Vn+Um)}$$

Interpretação de frequência em imagens:

- Zonas da Imagem sem grandes variações de cor:
 \implies *zonas de baixa frequência*
- Zonas da Imagem com texturas muito densas:
 \implies *zonas de alta frequência*



$$I_r[n, m] = I[n, m] \oplus h[n, m] \xleftrightarrow{\text{TF}} F_{I_r}(V, U) = F_I(V, U) \times H(V, U)$$

$H(V, U)$ - Função de transferência do Filtro:

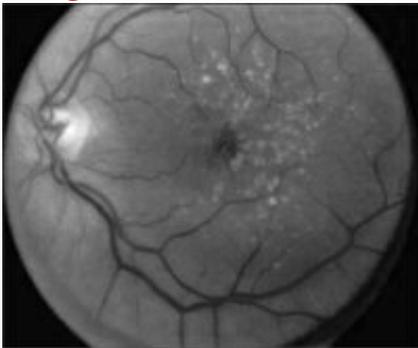
$H(V, U) = 1$ nas frequências (V, U) seleccionadas; $H(V, U) = 0$, caso contrário.

Filtragem de Imagem

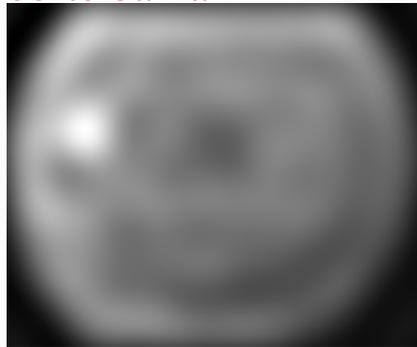
Filtragem Linear em Frequência

Exemplo de Filtros Passa Baixo:

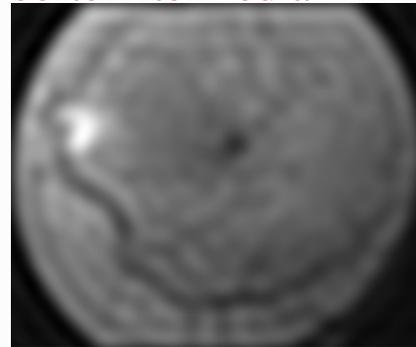
Imagem Original



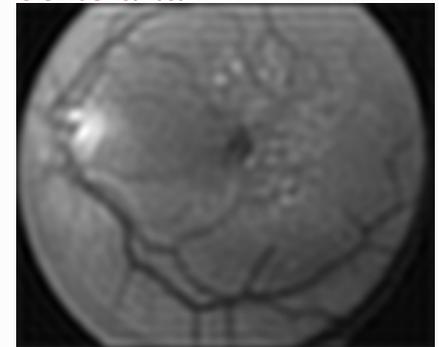
Frequência de corte baixa



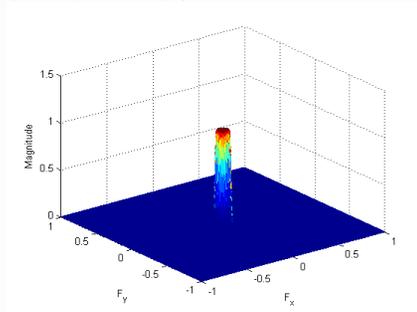
Frequência de corte Intermédia



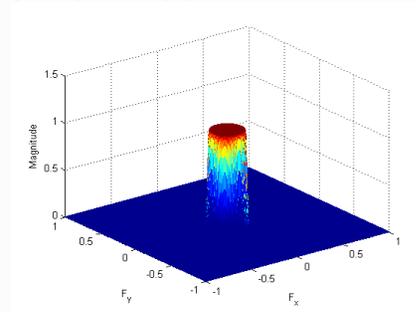
Frequência de corte alta



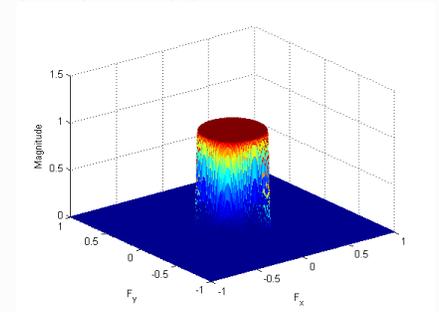
$|H(V, U)|$



$|H(V, U)|$



$|H(V, U)|$



Filtragem de Imagem

Filtragem Linear em Frequência

Exemplo:

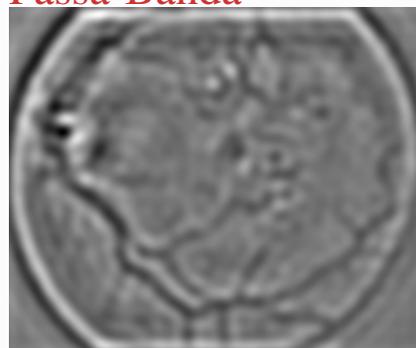
Imagem Original



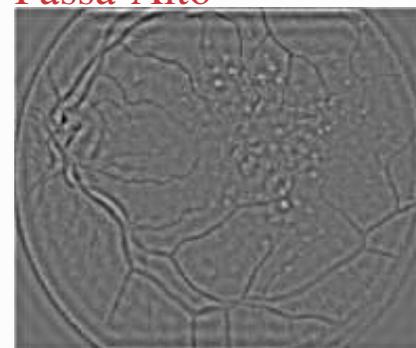
Filtragem Passa-Baixo



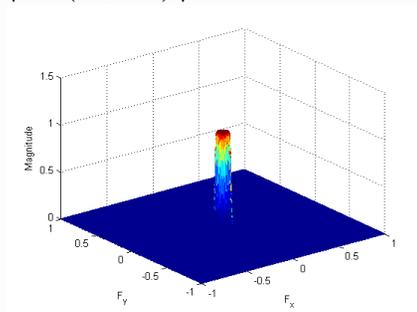
Filtragem Passa-Banda



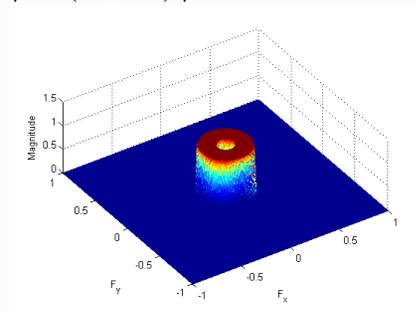
Filtragem Passa-Alto



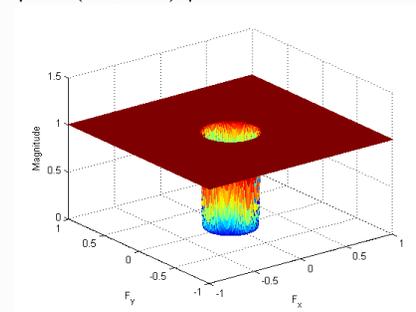
$|H(V, U)|$



$|H(V, U)|$



$|H(V, U)|$



Filtragem Não Linear de Imagem

Morfologia de Imagem Multinível

As Operações Morfológicas sob Imagens Multinível mais importantes são:

- Operações de Base: *Dilatação*, *Erosão*
- Operações Compostas: *Fecho* ("Closing") e *Abertura* ("Opening")
- *Gradiente Morfológico* → *Realça os limites das Regiões*

Elementos Estruturantes

São imagens Multinível com uma forma arbitrária.

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

	0	
0	5	0
	0	

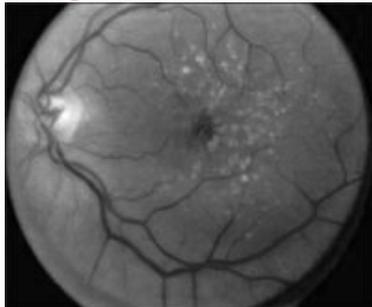
Filtragem Não Linear de Imagem

Morfologia de Imagem Multinível

Dilatação

$$D(Img, S) = \max_{[j, i] \in S} \{Img[n - j, m - i] + S[j, i]\}$$

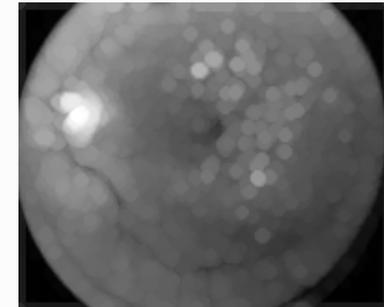
Imagem Original



Elemento Estruturante

		1	1	1		
	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	
		1	1	1		

Dilatação



Alarga as partes mais claras da Imagem

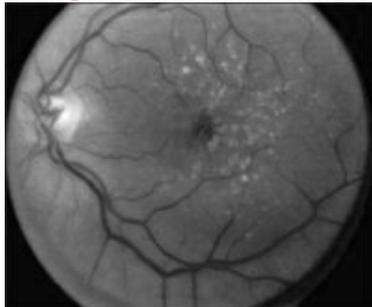
Filtragem Não Linear de Imagem

Morfologia de Imagem Multinível

Erosão

$$E(Img, S) = \min_{[j, i] \in S} \{Img[n + j, m + i] + S[j, i]\}$$

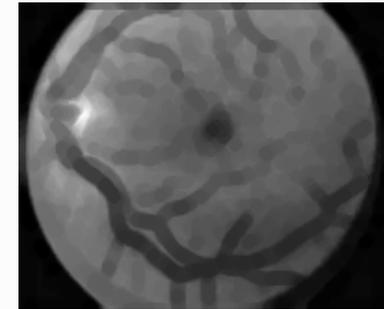
Imagem
Original



Elemento
Estruturante

		1	1	1		
	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	
		1	1	1		

Erosão



Alarga as partes mais escuras da Imagem

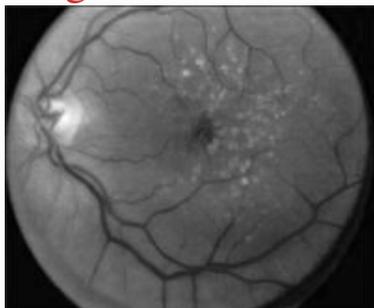
Filtragem Não Linear de Imagem

Morfologia de Imagem Multinível

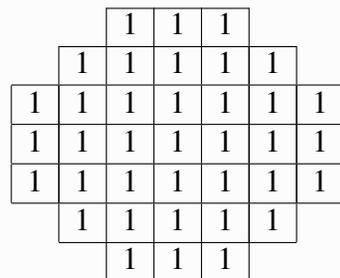
Fecho

$$F(Img, S) = E(D(Img, S), S)$$

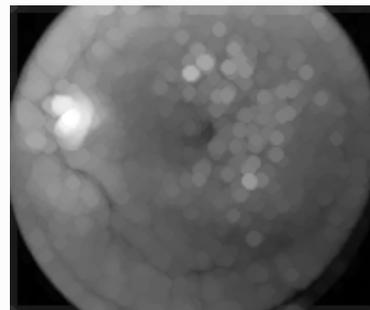
Imagem
Original



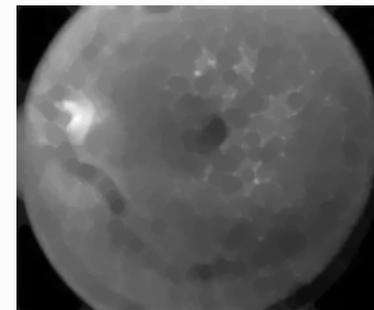
Elemento
Estruturante



Dilatação



Fecho



Origina o Fecho de Buracos e a Eliminação de Baías nos limites das Regiões

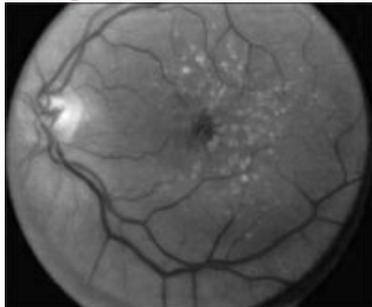
Filtragem Não Linear de Imagem

Morfologia de Imagem Multinível

Abertura

$$A(Img, S) = D(E(Img, S), S)$$

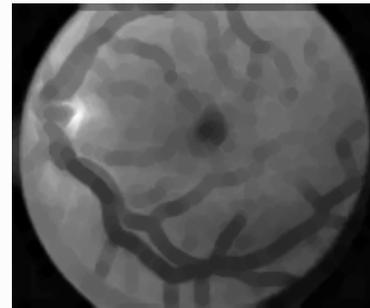
Imagem Original



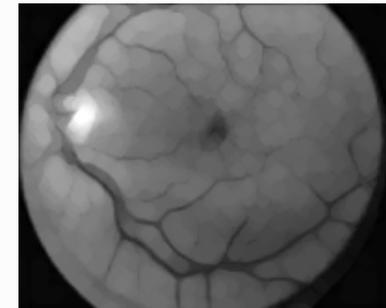
Elemento Estruturante

		1	1	1		
	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1		
		1	1	1		

Erosão



Abertura



Retira pequenas porções ou regiões que saem dos limites

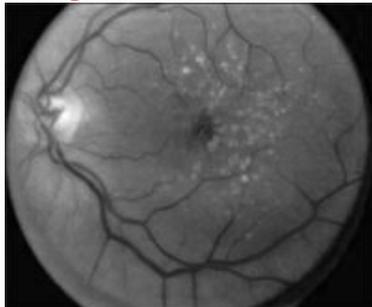
Filtragem Não Linear de Imagem

Morfologia de Imagem Multinível

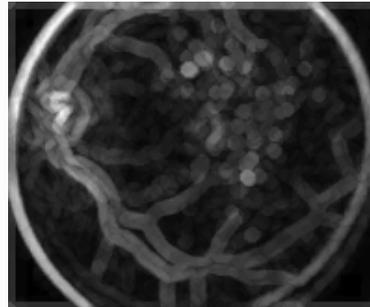
Gradiente

$$G(Img, S) = D(Img, S) - E(Img, S)$$

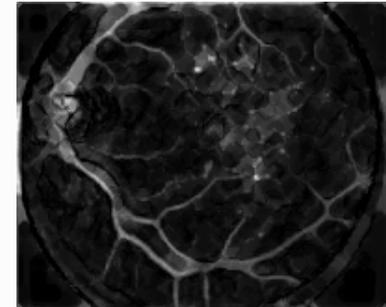
Imagem
Original



Gradiente



$F(Img, S) - A(Img, S)$



Realça os limites das regiões.

Detecção de Arestas

A detecção de arestas permite separar as diferentes zonas de uma imagem.

Usa os diferenciais locais nas zonas onde há alterações de cor.

- Operador Diferenciais

Calculo de $\frac{\partial f}{\partial y}$, $\frac{\partial f}{\partial x}$

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

Mx

Operador de Prewitt

1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

My

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Mx

Operador de Sobel

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

My

0	1
-1	0

Mx

Operador de Roberts

1	0
0	-1

My

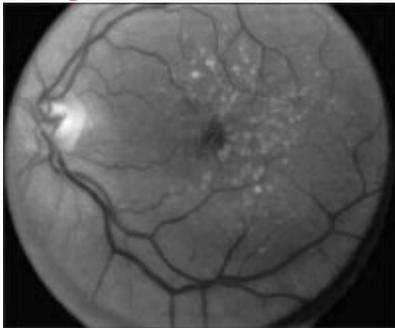
Detecção de máximos de $|\nabla f| = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2}$ na direcção $\theta = \arctg\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right) / \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)$

- O Detector de Canny

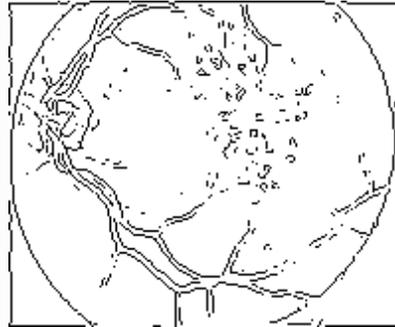
Filtragem Gaussiana → Detecção de máximos → Selecção por Histerese

Detecção de Arestas

Imagem
Original



Sobel



Canny
Exemplo 1



Canny
Exemplo 2



Segmentação de Regiões

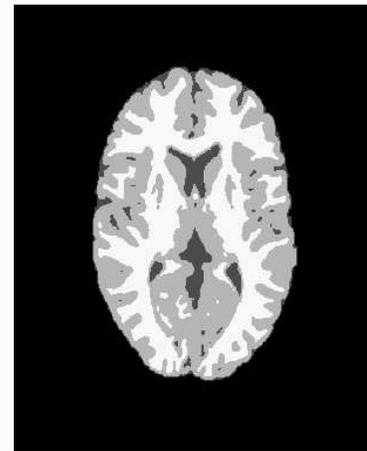
A segmentação de regiões baseia-se tipicamente em agrupar regiões baseadas na cor. Pode representar outras propriedades como por exemplo a textura.

Algoritmos

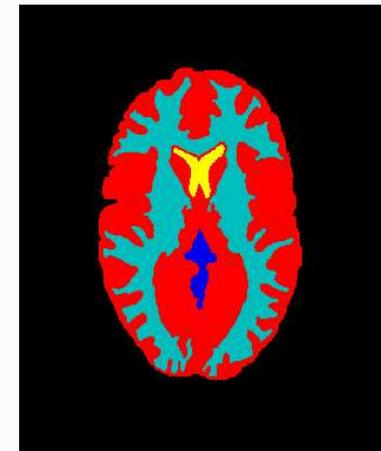
- Fazer histogramas de cor seguido de agrupamentos de cores



original



4 níveis



5 regiões

- Difusão não-linear
- Contornos activos ("Snakes")
- "Watershed"

Segmentação de Regiões

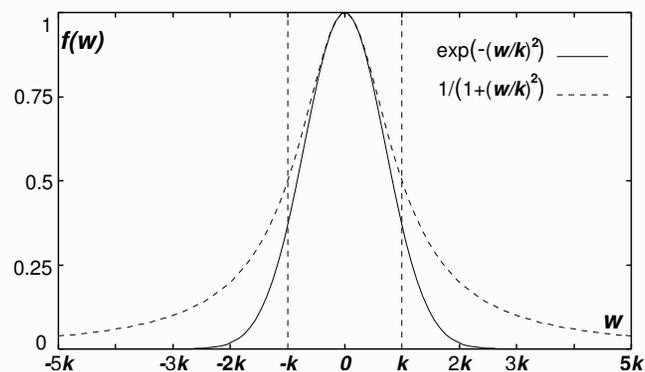
Difusão não linear

- (P. Perona and J. Malik): Solução da eq. $I_t(y, x) = \nabla \cdot (f(\|\nabla I(y, x)\|) \nabla I(y, x))$,
- Se $f(w) = K$ (constante) resulta num filtro gaussiano (passa baixo)!
- Funções de difusão:

$$f(w) = e^{-\left(\frac{w}{K}\right)^2}$$

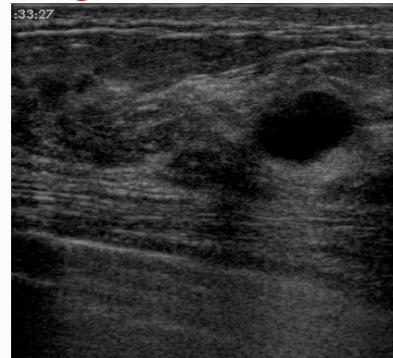
ou

$$f(w) = \frac{1}{1 + \left(\frac{w}{K}\right)^2}$$



Funções de Difusão.

Image
Original



Difusão
Não-Linear



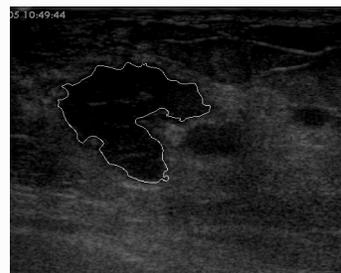
Segmentação de Regiões

Contornos activos ("Snakes")

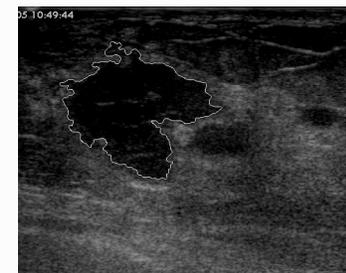
Parte de uma aproximação inicial

Processo Iterativo

Aproximação
Inicial



Aproximação
Final

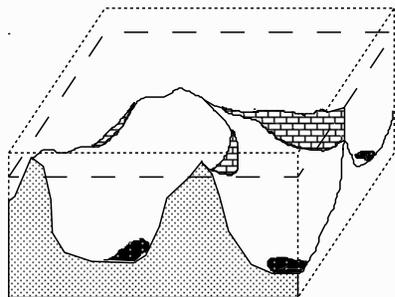


Watershed

Tira-se a imagem gradiente (normalmente morfológico)

Processo iterativo que corresponde a encher a imagem com água

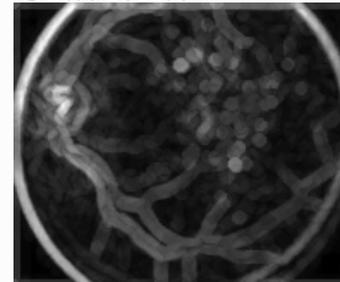
Quando duas regiões diferentes se tocam, cria-se uma barragem que mantém a separação



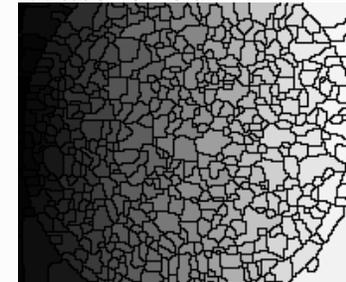
Original



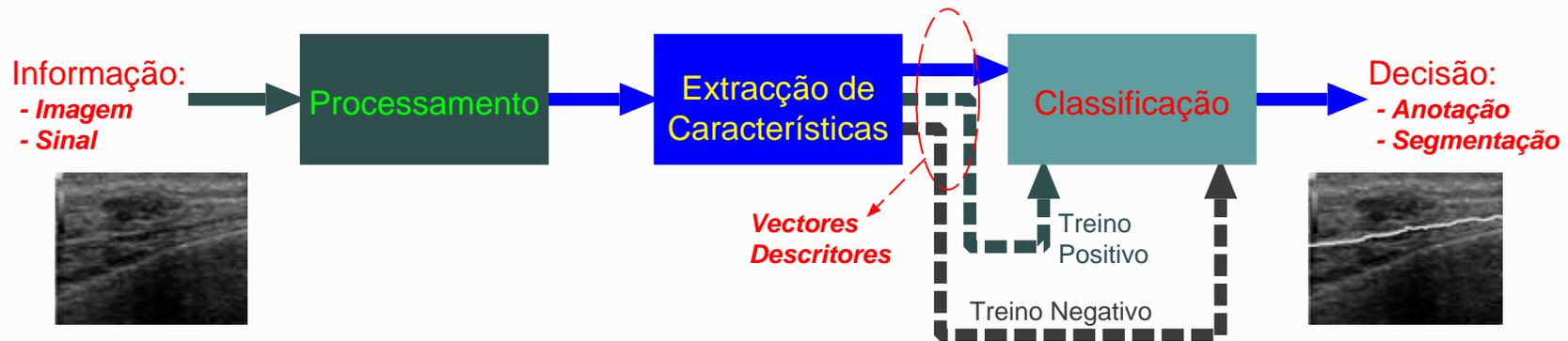
Gradiente



Watershed



Reconhecimento de Padrões



- **Processamento:**
Extrai/Salienta a informação relevante
- **Extração de Características:**
Resulta numa representação da Informação Relevante
(normalmente *vectores descritores*)
- **Classificação:**
Decide qual o tipo de informação presente:
 - *Se determinado conceito semântico está na informação*
(Ex: Uma patologia numa imagem)
 - *Categoriza um determinado elemento da informação*
(Ex: Define se um pixel pertence a uma região de interesse)

Reconhecimento de Padrões

Técnicas de classificação

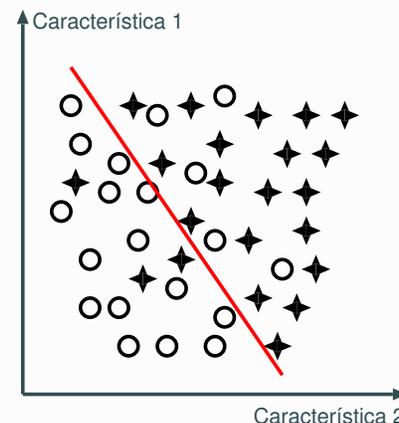
Baseadas no tratamento estatístico da Informação

Exemplos:

- KNN - K Vizinhos mais próximos
- Análise Discriminante
- Adaboost (muito usada em segmentação)
- SVM - "Support Vector Machines"
- SVD ("Singular Value Decomposition") ou PCA ("Principal Component Analysis")
- KMeans (técnica de agrupamento não supervisionada)

Descritores mais conhecidos

- Haar Features
- SIFT - Scale-Invariant Feature Transform
- SURF - Speeded Up Robust Features
- HOG - Histogram of Oriented Gradients
- AOP - Angular Orientation Partition (desconhecido, desenvolvido por mim!)



Decisões certas/erradas:

TP - True Positives

FN - False Negatives

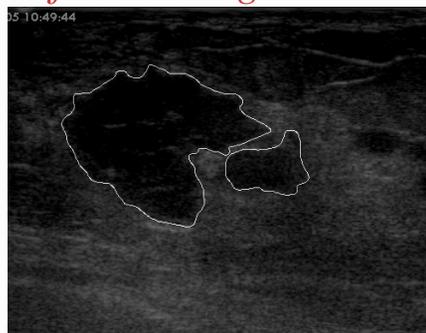
FP - False Positives

TN - True Negatives

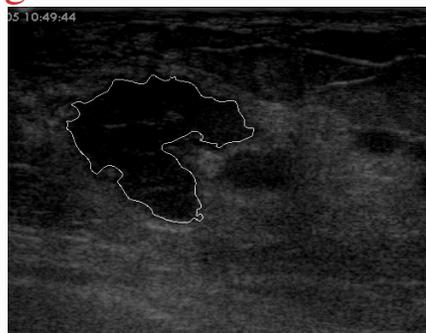
Projectos Desenvolvido na UBI (com a minha participação)

Análise de Imagens de Ultra-sons peitorais (Projecto QREN)

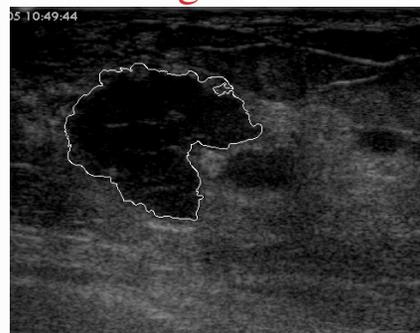
Rafael Rodrigues - Mass Segmentation of Breast Ultrasound Images



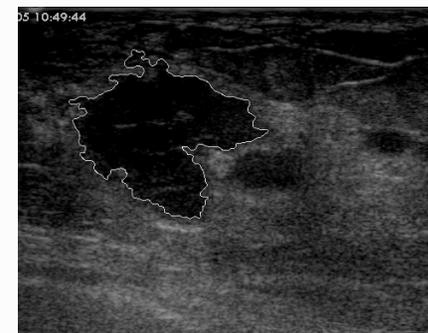
Manual



Inicial

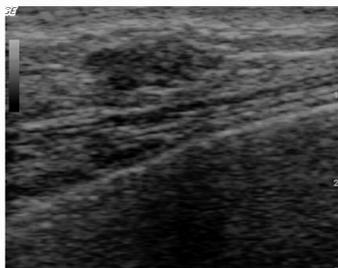


Refinamento



Contorno Activo

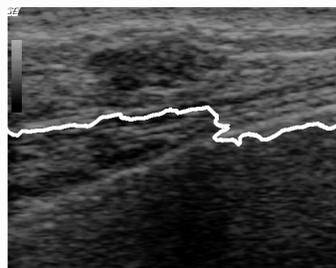
Rui Braz - Gland segmentation of Breast Ultrasound Exams



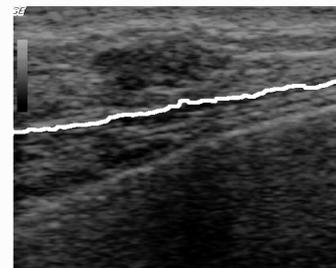
Inicial



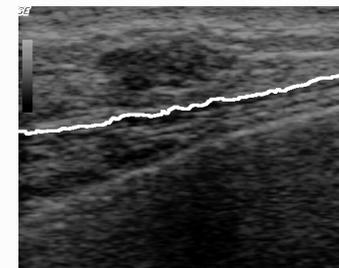
Manual



K-Means



SVM



Adaboost

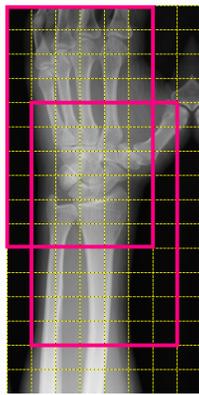
Projectos Desenvolvido na UBI (com a minha participação)

Anotação de Imagem Médica

Jelena Kovacic - Feature Subspaces Algorithm for Medical Image Automatic Annotation



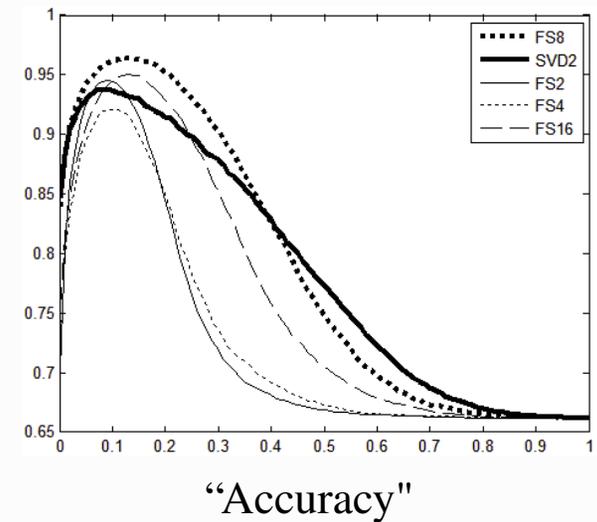
Inicial



Janelas
HOG



Ex. de Teste

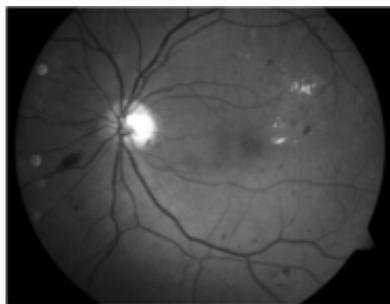


Anna Wojnar - Annotation of Medical Images using the SURF Descriptor

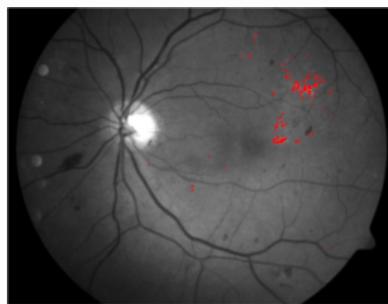
Projectos Desenvolvido na UBI (com a minha participação)

Ciências da Visão

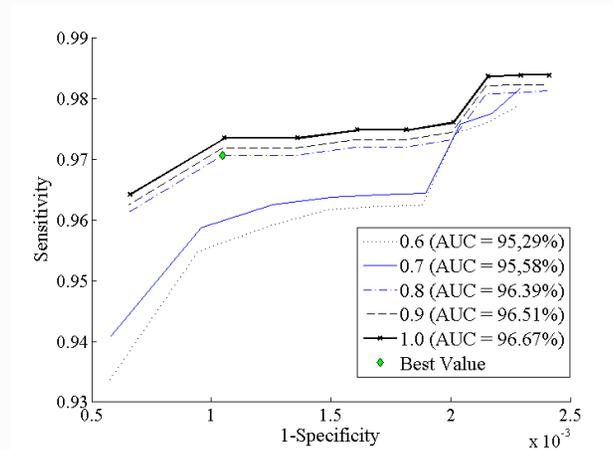
Ivo Soares - Curvature Detection and Segmentation of Retinal Exudates



Inicial



Segmentada



ROC

Joana Santos -Computacional Measurement of the EFRON Grading Scale for the Conjunctival Hyperemia

Anita da Costa - Visual Consequences of 3D-video stimulus exposure



Obrigado pela Atenção

Questões

pinheiro@ubi.pt

<http://webx.ubi.pt/~pinheiro>