

Processamento de Imagens

Prof. Marcelo Portes de Albuquerque
Prof. Márcio Portes de Albuquerque

Monitores: Fernanda Dutra Moraes (CBPF)
Pedro de Souza Asad (CBPF)

IX Escola do CBPF – 2012

Organização do Curso

Aulas – 23 a 27 de Julho

Seg. – Introdução a Análise de Imagens

Ter . – Segmentação e Morfologia Matemática

Qua. – Classificação e Reconhecimento

Qui. – Laboratório (ImageJ e OpenCV)

Sex. – Laboratório (ImageJ e OpenCV) – Apresentação GPU/Cuda

Site Web:

Notas de Aula: <http://mesonpi.cat.cbpf.br/e2012>

Organização do Curso

The screenshot shows the website for the IX Escola do CBPF, held in Rio de Janeiro from July 16 to 27, 2012. The main navigation menu includes: Principal, Natureza/Estrutura, Informações/Datas, Localização, and Contato. The left sidebar contains several categories: Programação Principal (Graduação, Pós-Graduação, Palestras, Horários), Eventos Satélites (PROFCEM, ENAF), Inscrições, Geral (Organizadores, Palestrantes), and Novidades (FAQ, Últimas, Novidades). The 'Administrativo' section has fields for 'Usuário:' and 'Senha:' with a 'Login' button. The main content area displays the course 'G06. Processamento de Imagens' with professors Márcio Portes de Albuquerque and Marcelo Portes de Albuquerque, and monitors Fernanda Dutra Moraes and Pedro de Souza Asad. The course syllabus (Ementa) includes: Introduction and basic concepts, Image segmentation and mathematical morphology, Pattern recognition, Image processing software (ImageJ and OpenCV), and GPU techniques in image processing. A 'Material do Curso' section lists: 'Lista de Exercício - Aula 1', 'Lista de Exercício - Aula 2', and a PDF 'Apostila sobre "Análise de Imagens e Visão Computacional"'. The footer of the website reads: 'IX Escola do CBPF - Copyright © CAT/CBPF/MCTI - versão PHP - 13 de junho de 2012'. A Facebook logo for CBPF is also visible in the bottom left corner of the website screenshot.

Site Web:

Notas de Aula: <http://mesonpi.cat.cbpf.br/e2012>

Informações IX Escola CBPF

- A Escola fornecerá certificado de **frequência** aos alunos inscritos que tiverem assistido **no mínimo 8 horas** de aula de um determinado curso de graduação, e no mínimo 12 horas, no caso dos cursos de pós-graduação.
- Além disto, a Escola **exige freqüência** integral dos estudantes que **beneficiam de auxílio financeiro** (hospedagem e alimentação), em 2 cursos no caso dos estudantes de graduação e em 3 cursos, dos estudantes de pós-graduação.
- Pelas duas razões acima, é necessário que os alunos **assinem** as listas de presença a cada aula.

Aula – Introdução a Análise de Imagens

- **Imagem - Definições Básicas**
- **Processar uma Imagem**
- **Considerações sobre o SVH - "Subjetividade e Interpretação"**
- **Análise de Imagens**
- **Visão Computacional**
- **Aquisição de Imagens (Cameras)**
- **Melhoria da qualidade da imagem ("enhancement")**
- **Transformadas de Imagens**
- **Segmentação**
- **Operações Morfológicas**
- **Extração de Atributos**
- **Classificação e Reconhecimento**

VISÃO

O que significa ver ?

“A visão é o processo de descobrir, a partir de imagens, o que está presente no mundo ao nosso redor”.

É um processo de descobrimnto da informação.

Se somos capazes de conhecer o que está ao nosso redor isto significa que de alguma forma o nosso cérebro foi capaz de representar esta **informação** visual.

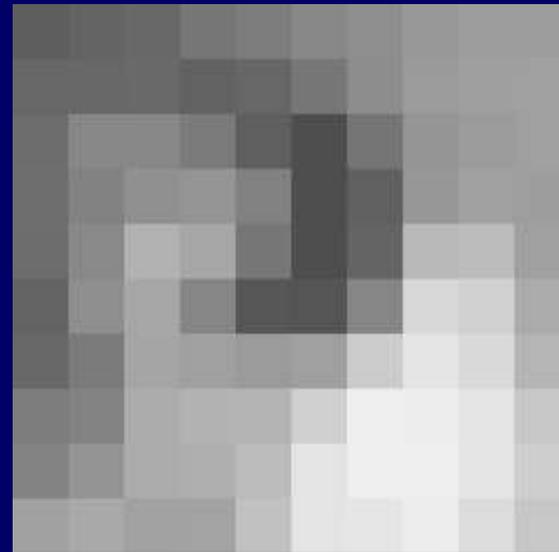
David Marr - MIT
“Vision”

Sobre Imagem Digital

- Neste curso abordaremos a **imagem digital** e as **operações** que podem ser feitas nas imagens.
- Uma imagem digital é simplesmente uma imagem que pode ser **armazenada no computador**, i.e., uma função discreta de posição (espaço 2D ou 3D, tempo e banda espectral) e níveis de cinza.
- Por exemplo, no caso 2D **cada coordenada** da imagem contem uma informação de **luminância** (ou crominância).



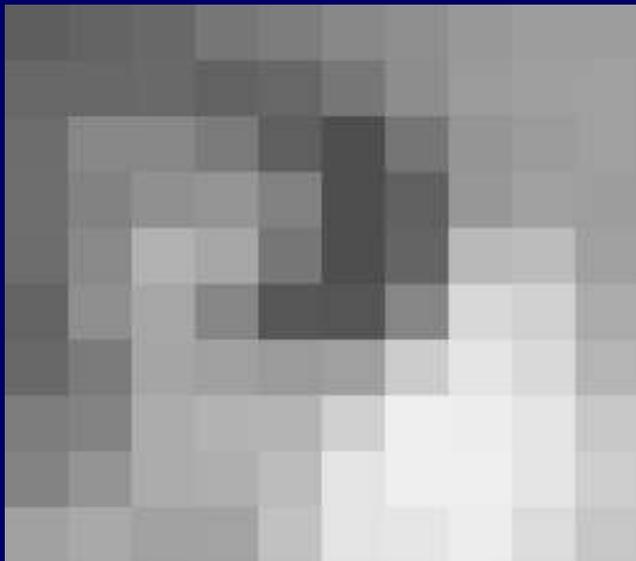
Imagem digital da Lena



Ampliação

A Imagem Digital

Uma imagem digital pode ser vista como uma **matriz** de **níveis de cinza**, ou valores de intensidade luminosa.



Ampliação do zoom (Lena).



94	100	104	119	125	136	143	153	157	158
103	104	106	98	103	119	141	155	159	160
109	136	136	123	95	78	117	149	155	160
110	130	144	149	129	78	97	151	161	158
109	137	178	167	119	78	101	185	188	161
100	143	167	134	87	85	134	216	209	172
104	123	166	161	155	160	205	229	218	181
125	131	172	179	180	208	238	237	228	200
131	148	172	175	188	228	239	238	228	206
161	169	162	163	193	228	230	237	220	199

Valores de intensidade da região do nariz da Lena.

Por que **tratar** imagens no computador?

Computadores x Pessoas ?

Homem

- + identificação de objetos
- + descrição de relacionamentos
- + interpretação de imagens usando experiência
- Dificuldades com normalização de intensidades
- Subjetividade

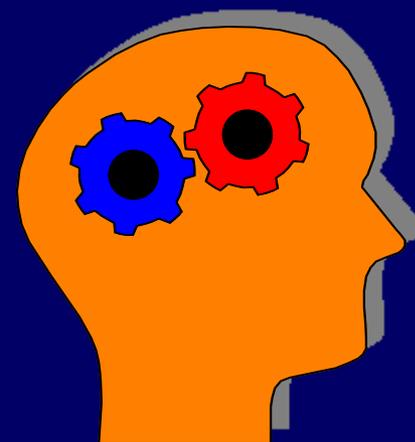
Computador

- + Medida de valores absolutos
- + Execução de cálculos complicados
- + Não fica cansado / mais barato
- + Rápido
- + Objetivo

Sistema de Visão Humana (SVH)

- extremamente desenvolvido.
- "iconoteca" - 60 a 100 mil imagens
- limite de níveis de cinza: 64
- em 150 milisegundos o cérebro humano trata uma quantidade imensa de informações para efetuar um reconhecimento (a informação chega pré tratada).
- cérebro -> "máquina de reconhecimento" [Guyon - 91]
- representação da informação em diferentes níveis.

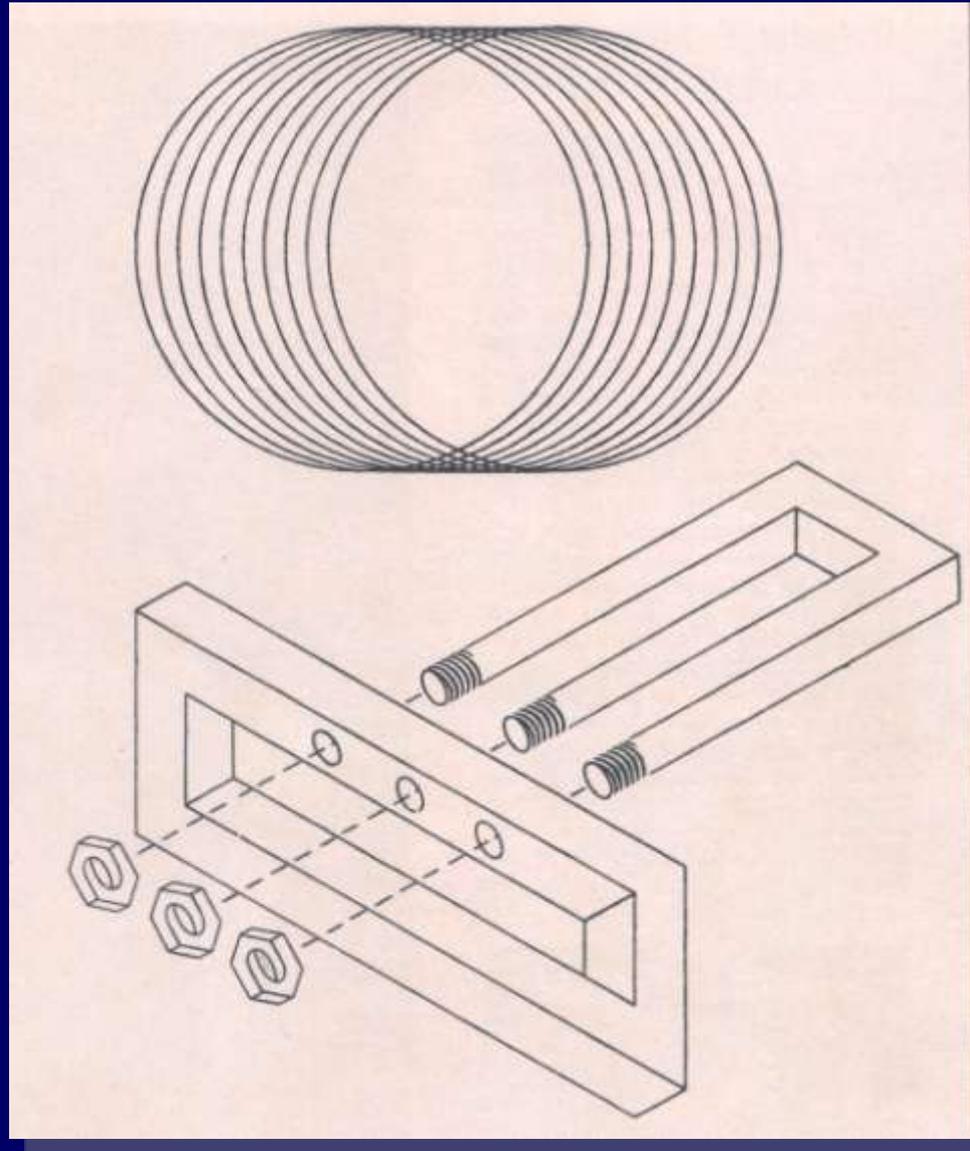
-
- ✓ base de dados depende do nível de conhecimento humano.
 - ✓ estudos no sentido de criar a *máquina capaz de reconhecer*.



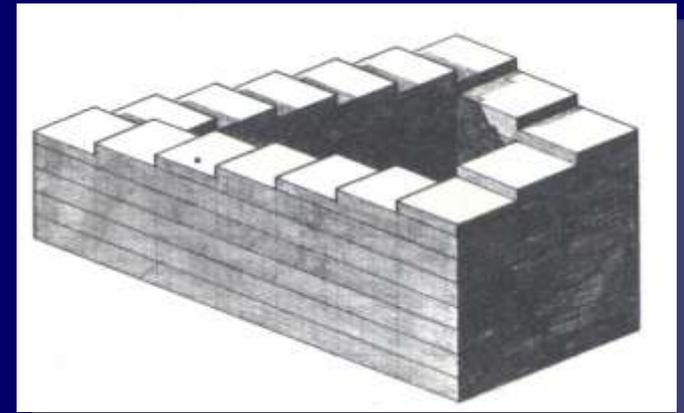
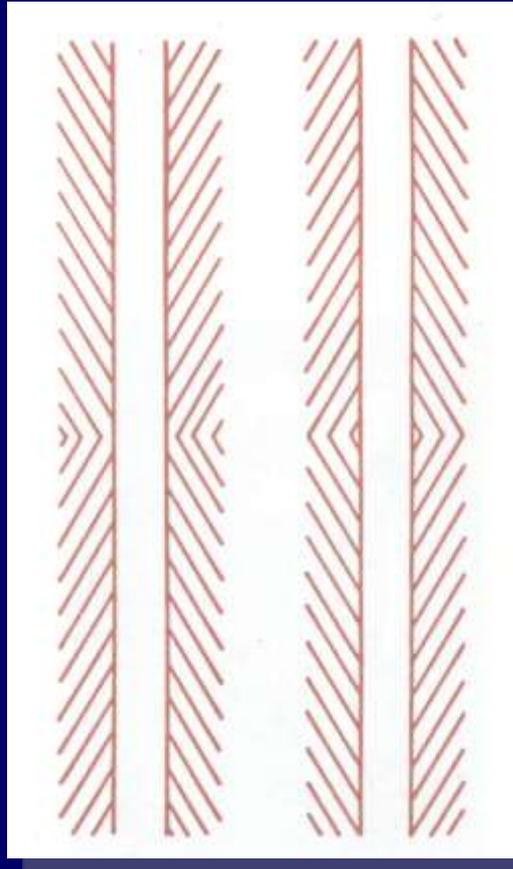
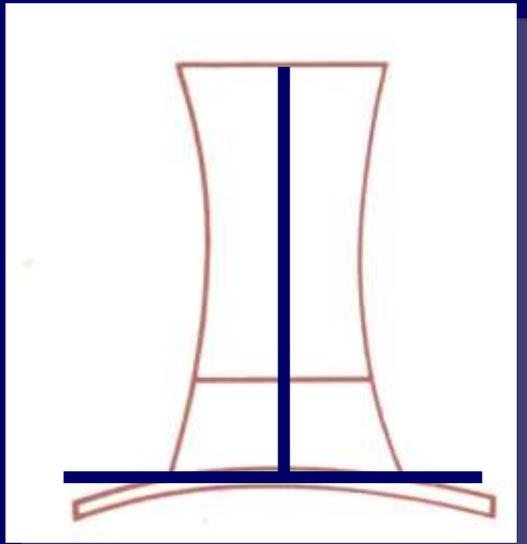
Interpretação de Imagens

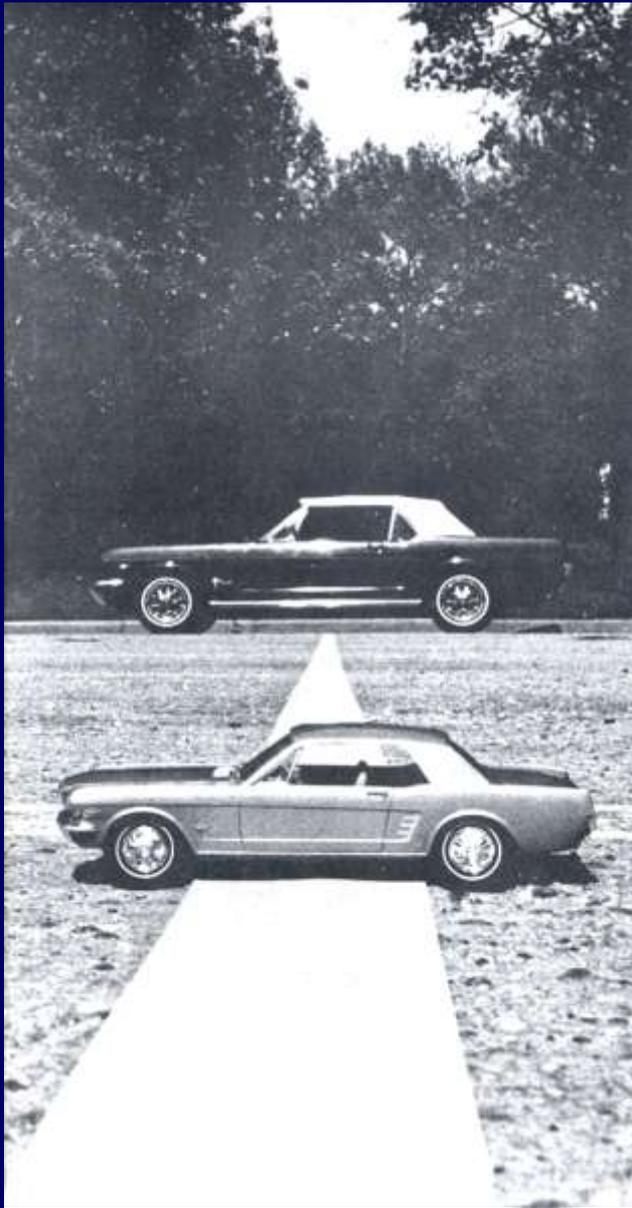


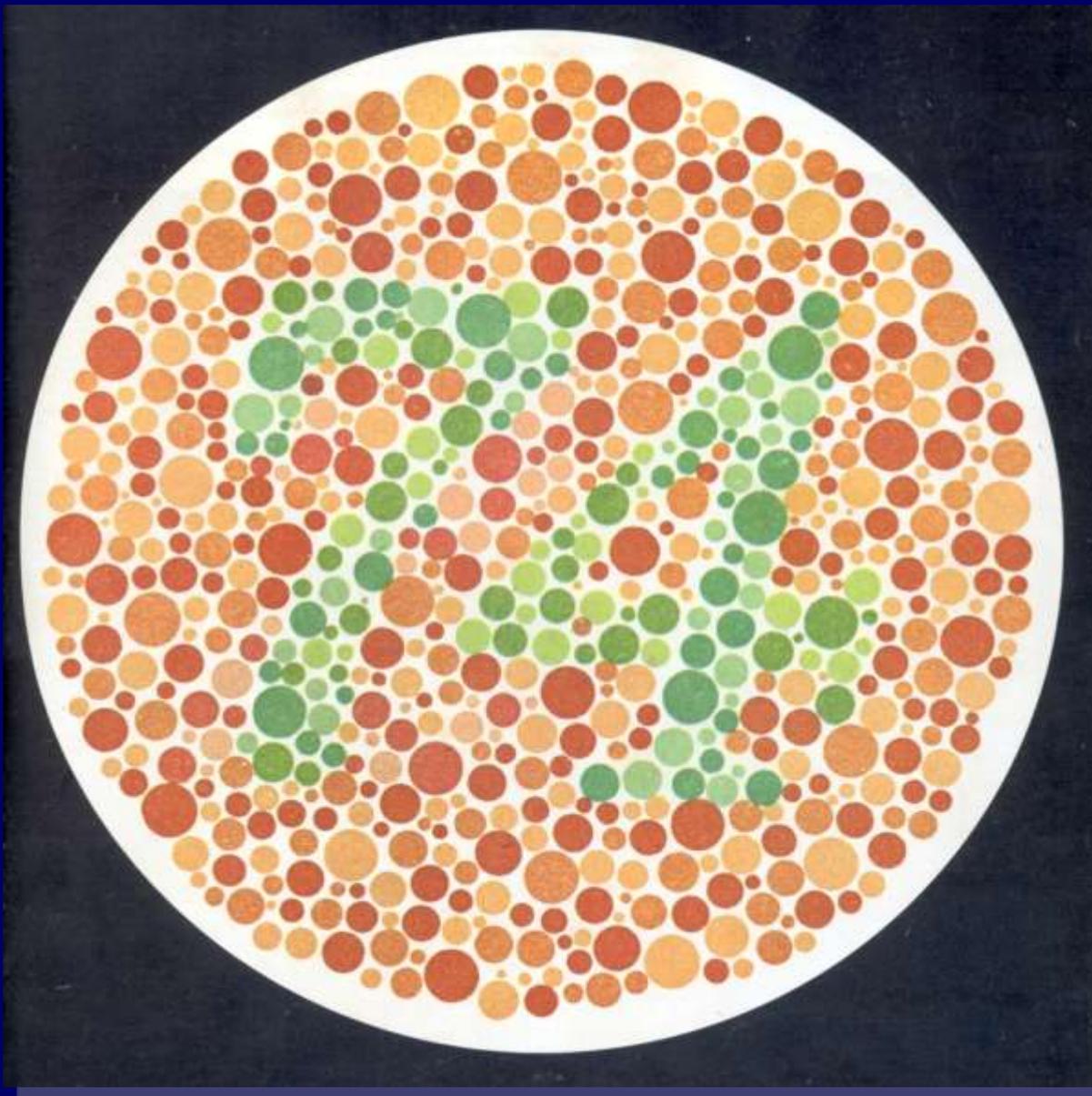
Interpretação de Imagens



Interpretação de Imagens







Qual das duas bolas vermelhas é menor ?

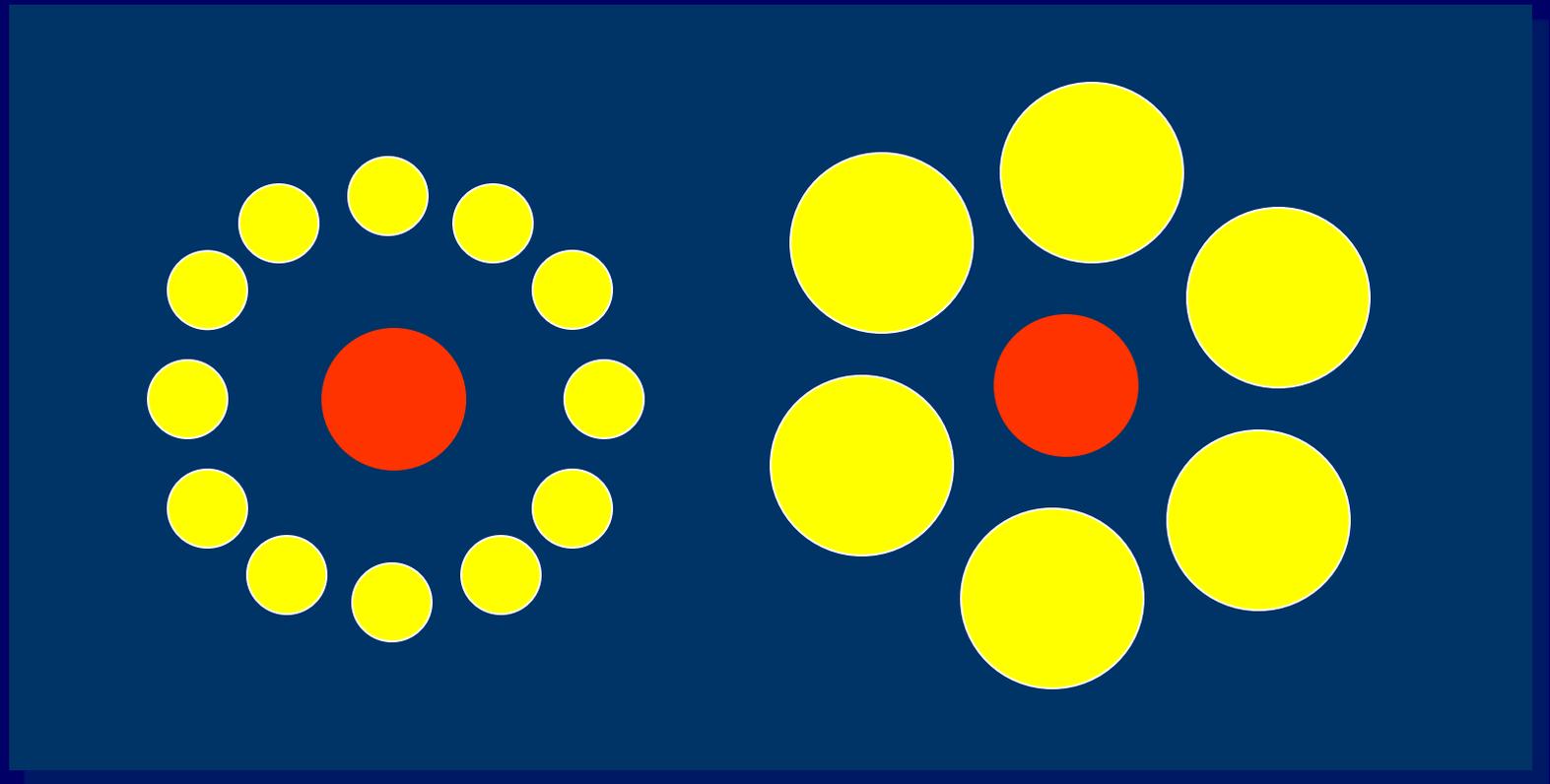
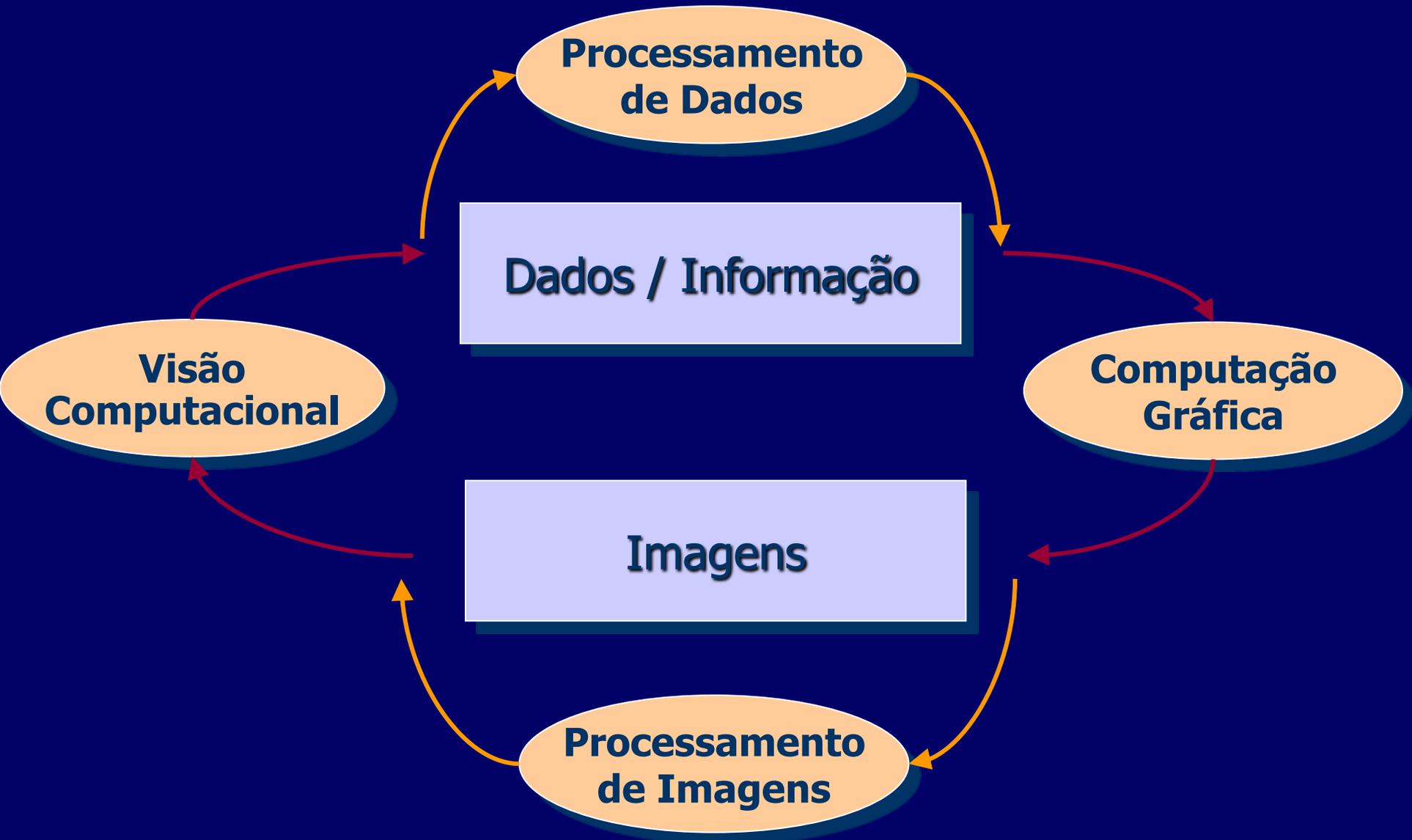


Imagem - Áreas correlatas

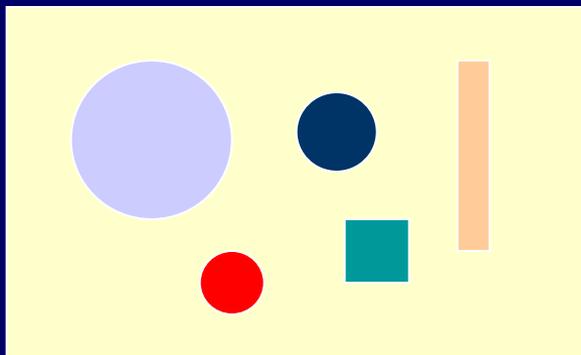


Processar uma Imagem

- Usar operações matemáticas para **alterar** os valores dos **pixels** de uma ou mais imagens
- Melhorar a **qualidade** da imagem :
 - Para que o observador “**veja**” melhor
 - Para preparar a imagem para ser **analisada** pelo próprio computador (análise de imagens)

Visão por Computador aplicado

- imagens de **diversas** origens:
radar, satélite, biomédicas, sísmicas, magnéticas, etc
-> potencialidades de aplicação.
- transformar a análise da imagem em uma análise **quantitativa**.
- **adaptações** no sistema real estudado.
Colorantes, químicos, contrastes, ...



resultado
análise

- 3 círculos
- 1 quadrado
- 1 retângulo

Exemplos de Processamento

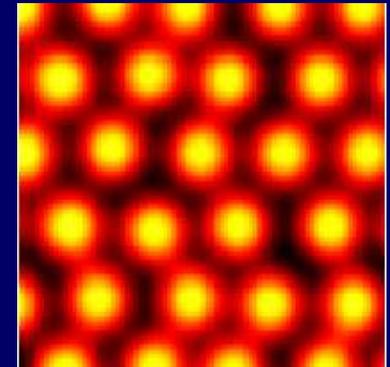
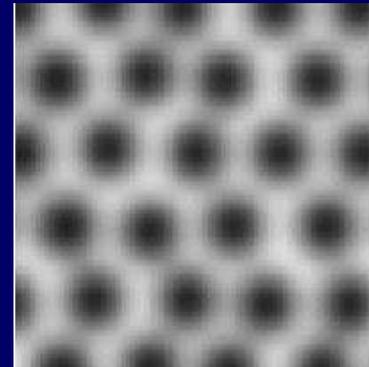


Imagem de
Baixo
Contraste

Resultado da
Expansão



Realce de contraste



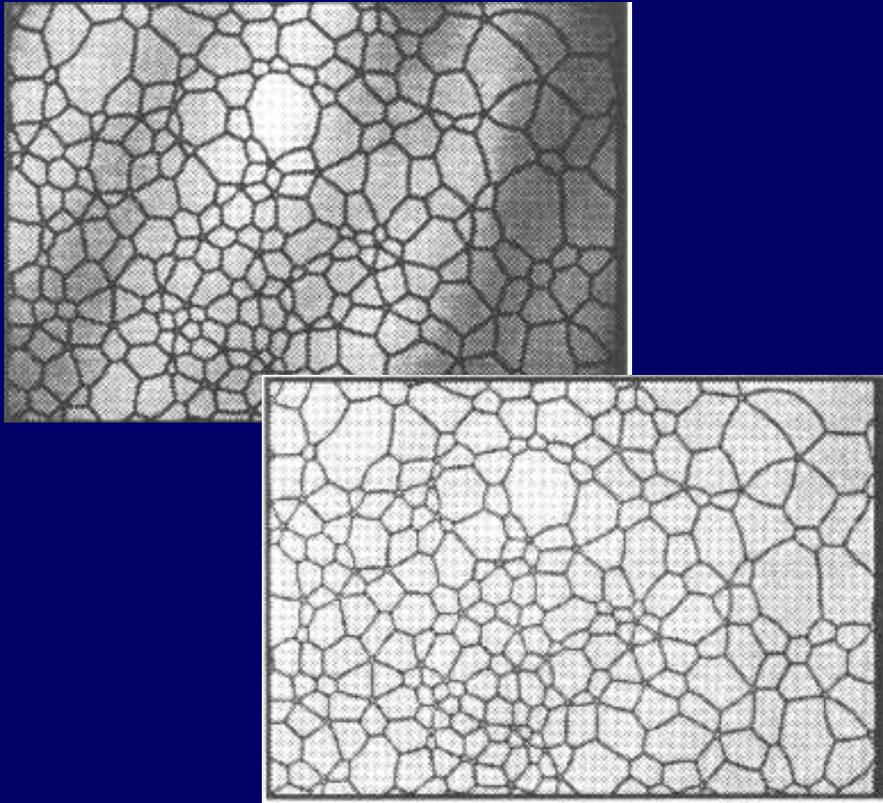
Cada ponto desta imagem corresponde a uma medida de absorção da luz.

Na imagem em níveis de cinza é praticamente impossível identificar as diferentes intensidades de absorção.

Com as falsas cores torna-se mais fácil identificar as diferentes intensidades luminosas.

Aplicação de pseudo-cores

Exemplos de Processamento



Correção de iluminação irregular



Correção de imagem desfocada

Exemplos de Processamento



Redução de "borrado" por movimento



Redução de ruído "desorganizado"

Analisar uma imagem

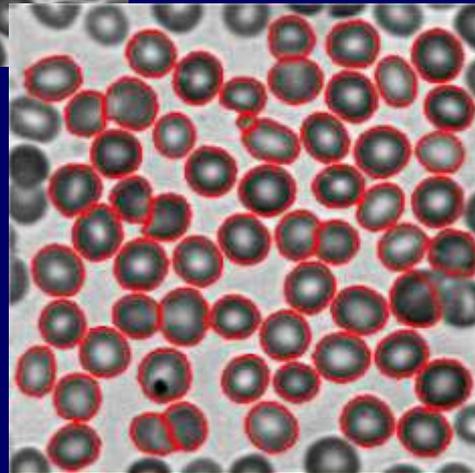
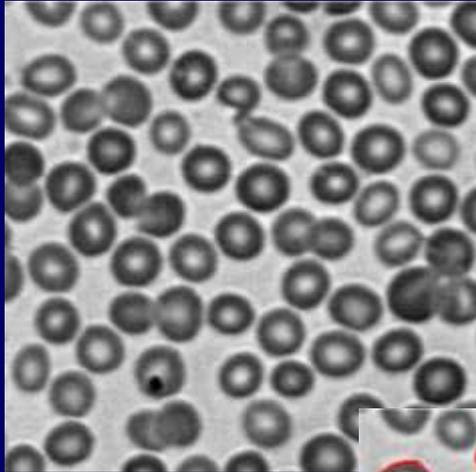
- Extrair informação quantitativa
- Fazer medidas **semi-automáticas** ou **automáticas**
- Vantagens da Análise Digital de Imagens
 - Realiza medidas impossíveis de se obter manualmente
 - Realiza medidas milhares de vezes e mais rápido
 - Realiza medidas acuradas

Exemplos de Análise

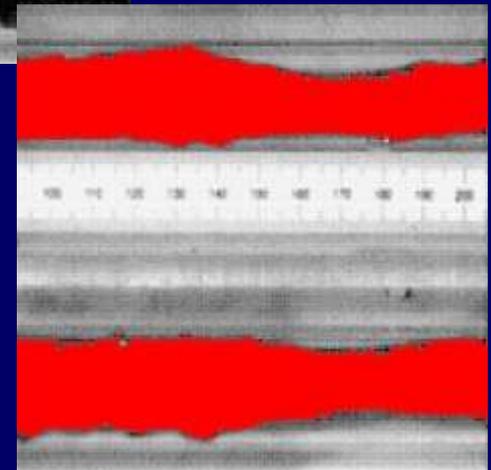
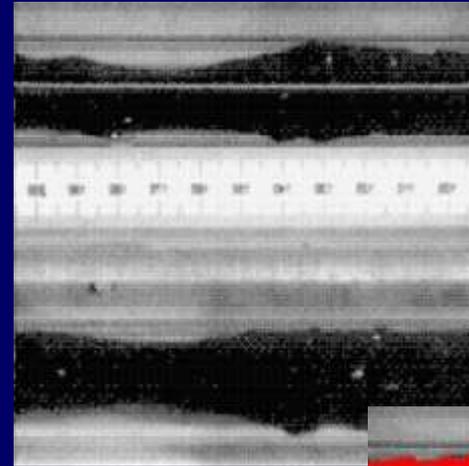
- Cálculo da área de uma pista de pouso em uma foto de satélite



Exemplos de Análise



Segmentação de células



Detecção de água em um
fluxo de água e óleo

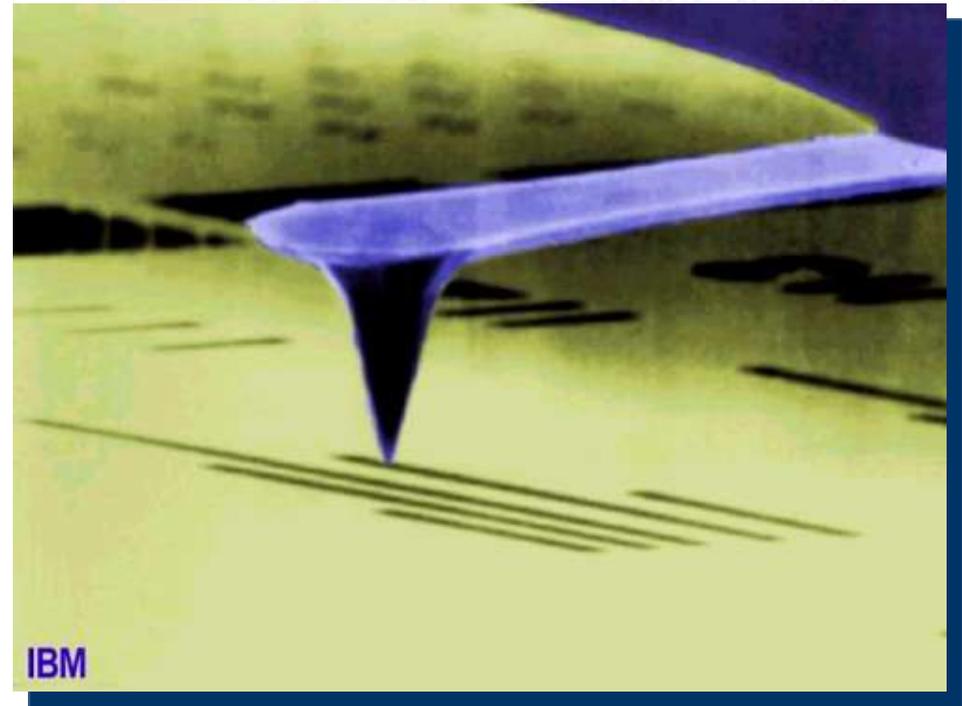
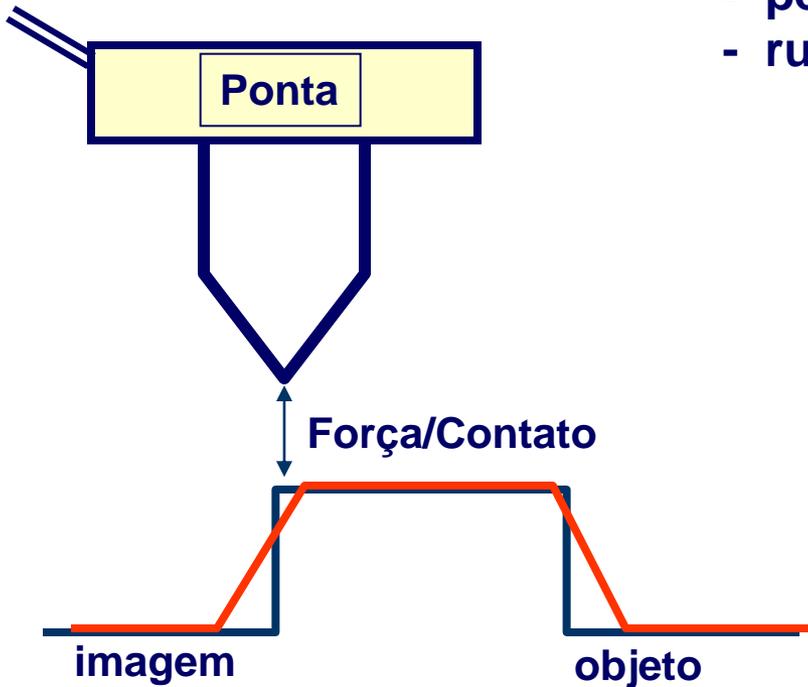
Visão Computacional

- Tentar dar ao **computador** um pouco da *extraordinária* capacidade do conjunto **olho-cérebro humano**
- “Ensinar” o computador a **reconhecer** objetos em imagens e **tomar decisões** sem interferência do ser humano

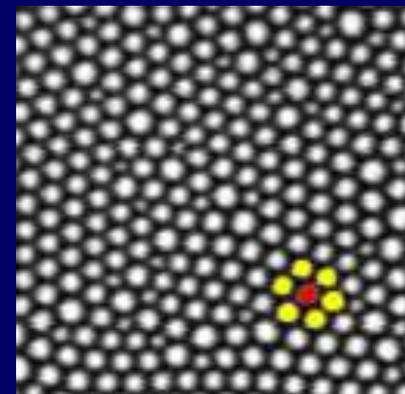
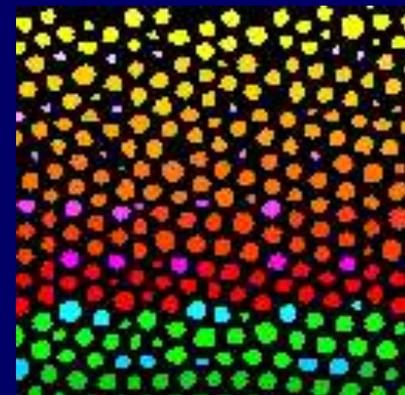
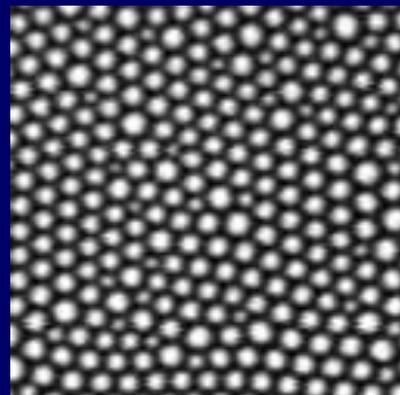
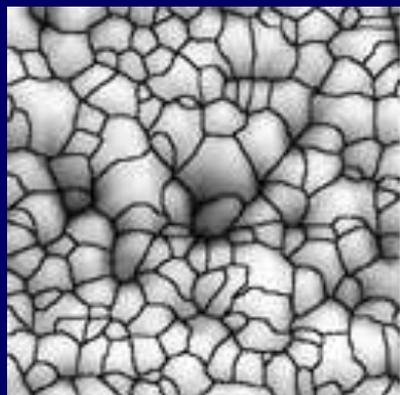
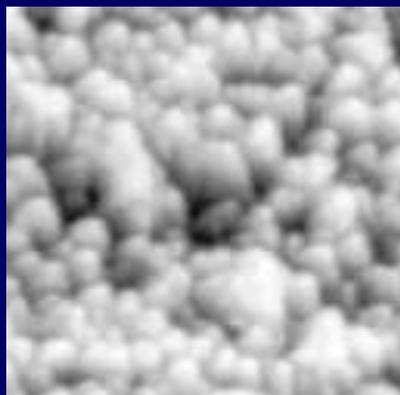
Análise Quantitativa de Imagens (AFM/STM)

Contribuição na caracterização do material

- distribuição de áreas, anisotropia
- perímetros, fatores de forma,
- rugosidade, distribuição de vizinhança, etc



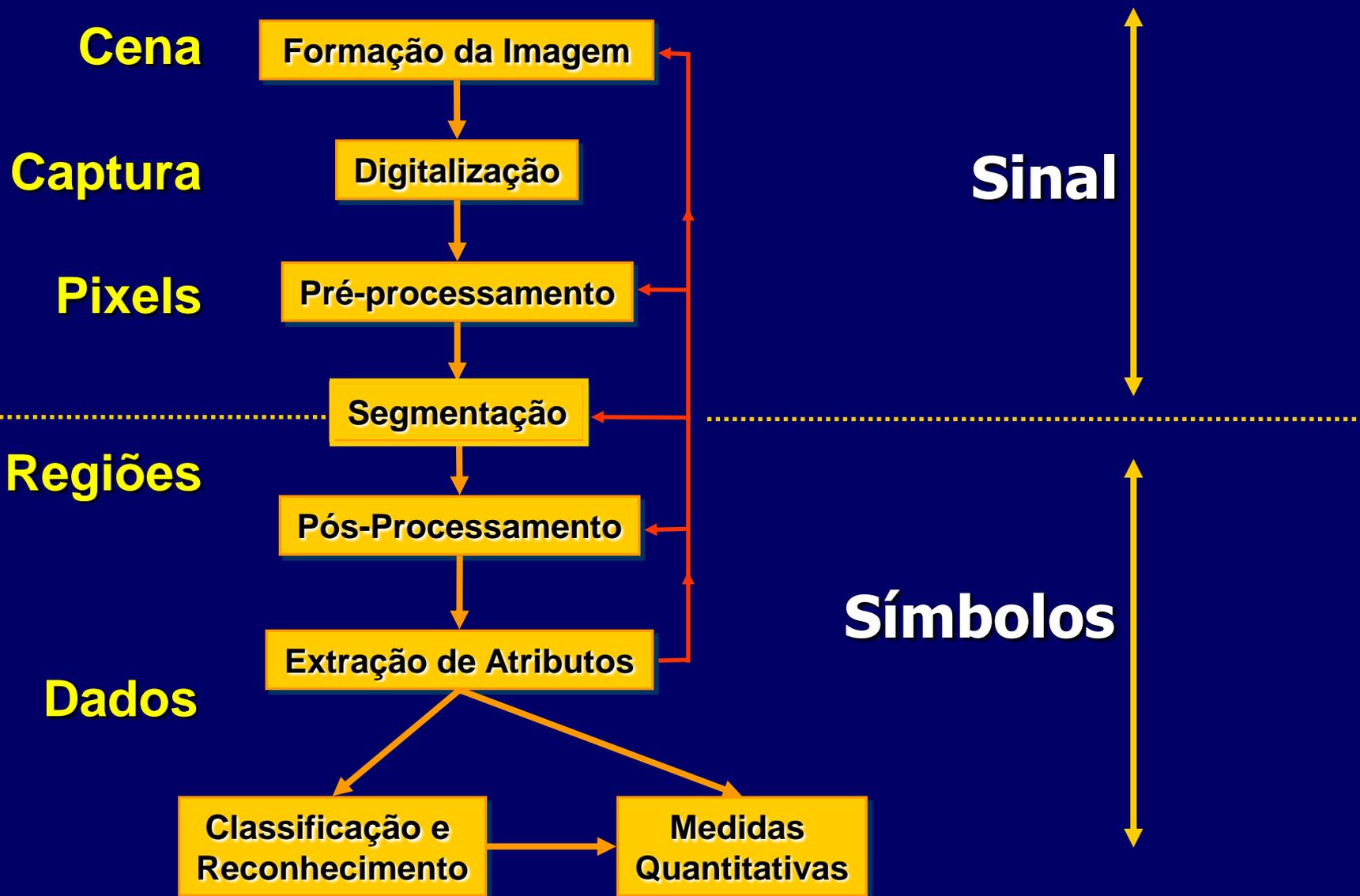
Exemplos de Visão por Computador



Determinação do limite dos grãos

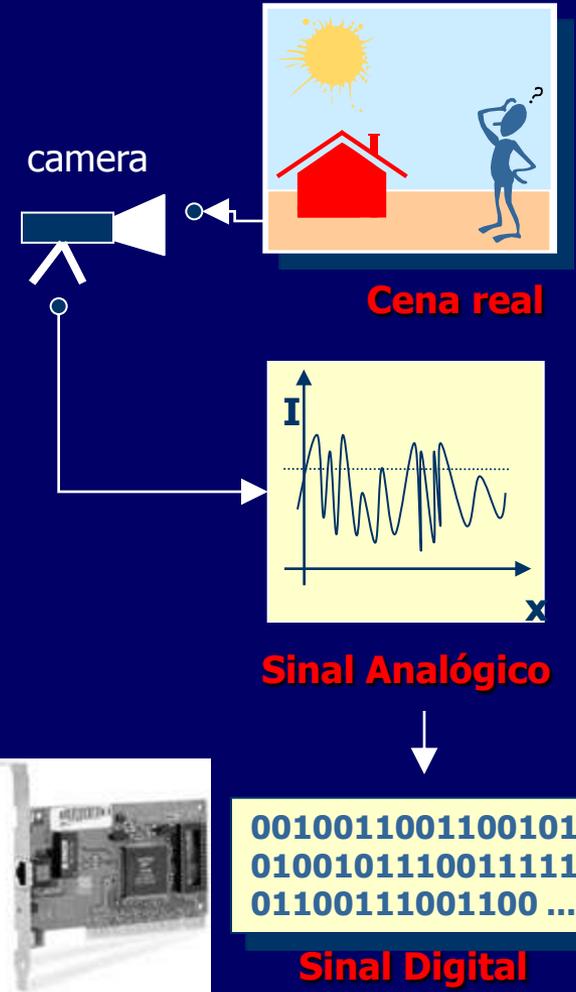
Reconhecimento e contagem de vizinhos
Análise estatística

Etapas no Processamento de Imagens



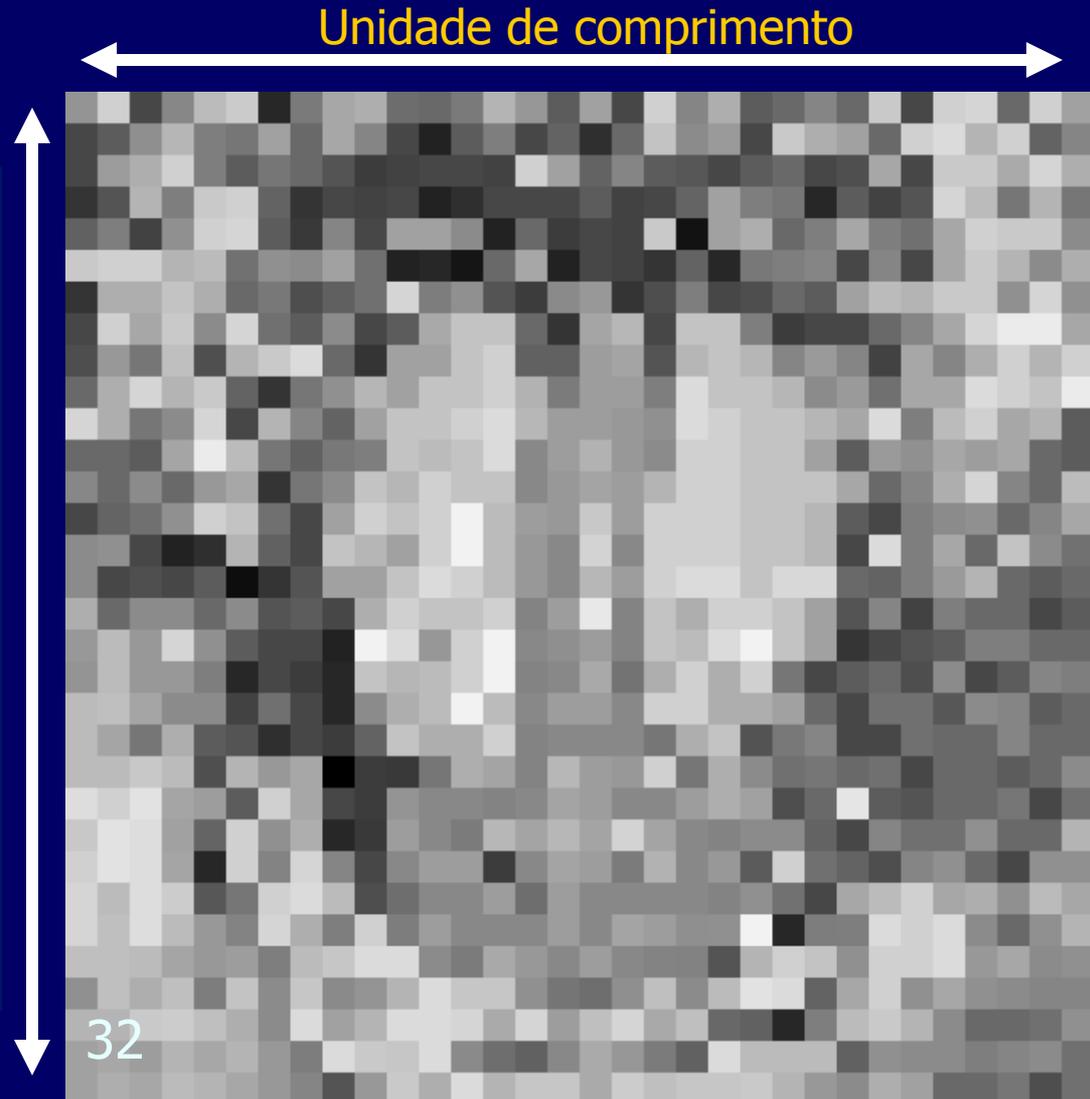
Digitalização e Amostragem

- O que é?
 - **Conversão** da informação contida em um sinal da forma analógica para a forma digital
 - É um **problema de amostragem**
 - Amostra-se a intensidade de um sinal que varia no tempo ou no espaço.
 - **Resolução**
 - **Quantização da luminância**
 - Efeitos de **Aliasing**
 - Freq. (sinal) x Freq. (amostragem)
 - Teorema de Nyquist
 - A freqüência de amostragem ideal é duas vezes a freqüência máxima do sinal amostrado.



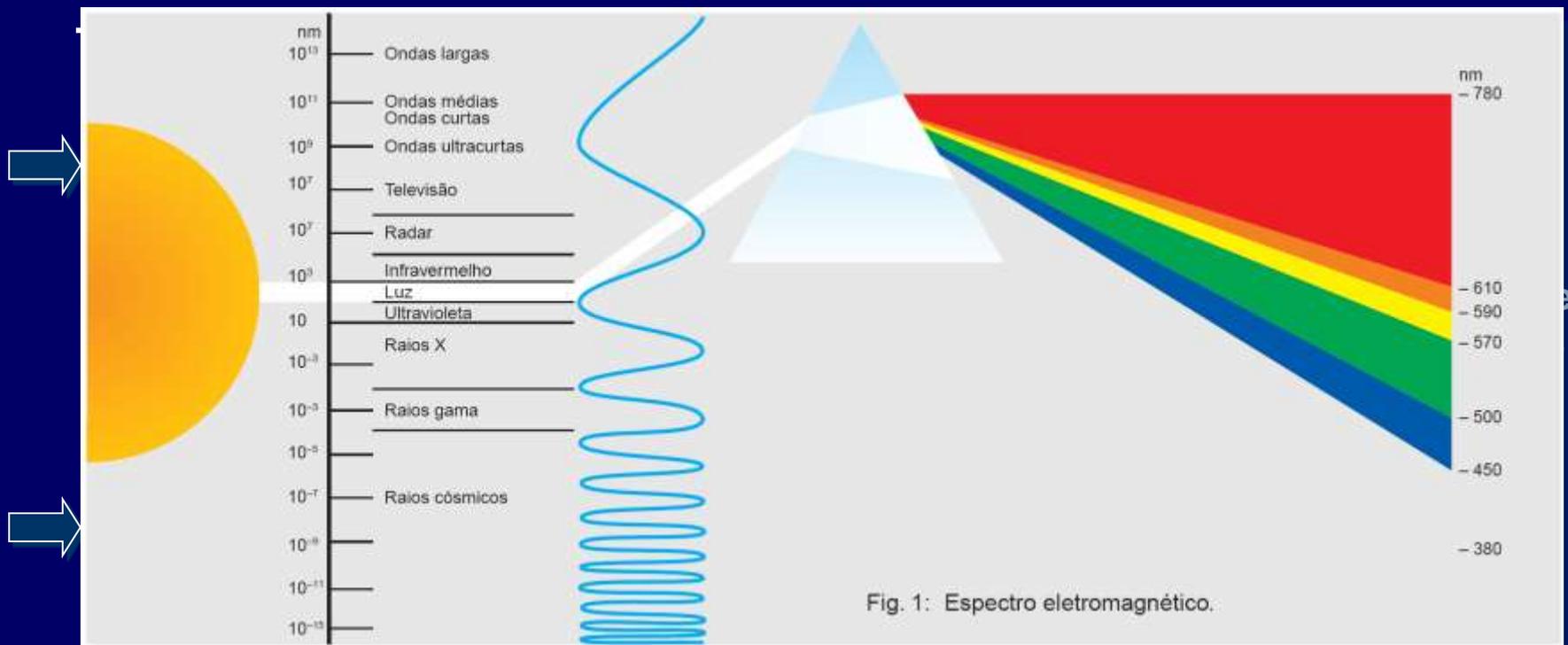
Resolução

- **DPI – dots per inch**
 - Scanners (variável)
- **Número de pixels**
 - Vídeo (fixo)
- **Exemplo simples**
 - Foto de 5x5 cm – 2x2 in.
 - Resolução: 300 dpi
 - Tamanho: 600x600 pixels
 - Filme Fotográfico:
5000x5000 dpi



CORES

A cor é definida como uma **sensação** na percepção humana. Mais especificamente, do ponto de vista da Física, a cor é o resultado da **incidência de uma onda eletromagnética na retina**. Esta tem um comprimento de onda entre **400 a 700nm**.



dispositivos fotográficos. Estes sistemas incluem normalmente uma 4a. cor (preto), para reduzir os custos para se representar todas as cores.

Escala de 0 a 255



R = 234

G = 212

B = 20



Amarelo

Escala em %



C = 10%

M = 11%

Y = 94%

K=1%

R = 83

G = 12

B = 64



ROXO

C = 57%

M = 98%

Y = 22%

K=32%

R = 20

G = 202

B = 114



Verde Aqua

C = 77%

M = 0%

Y = 71%

K=0%

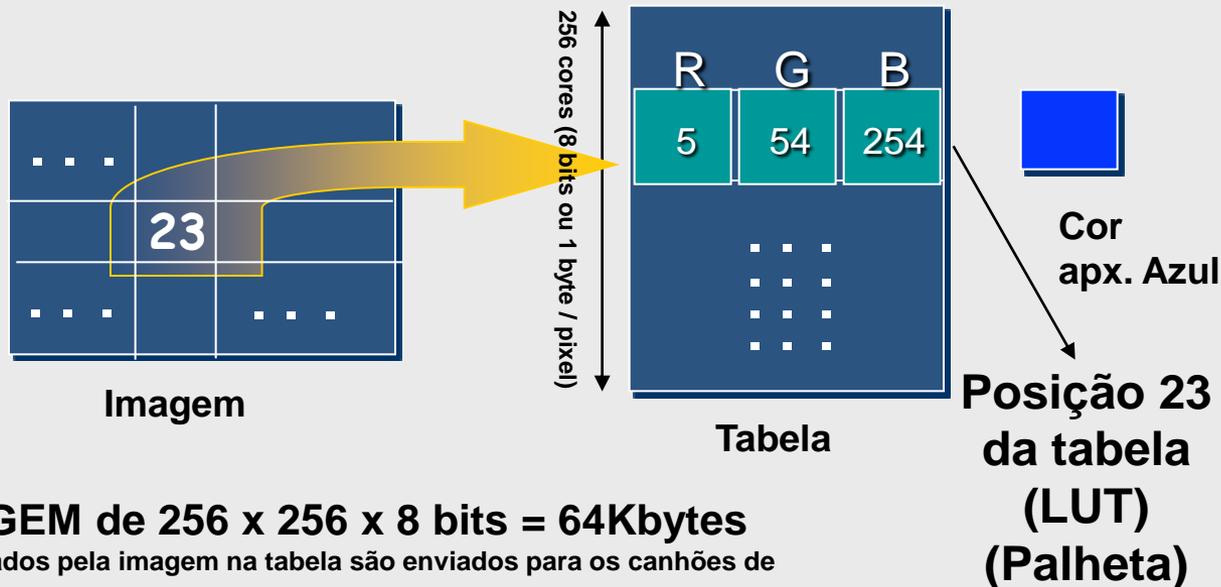
HSL → OUTRO MODELO: Matiz (HUE), Saturação, Luminosidade

IMAGEM INDEXADA - Cada pixel na imagem *indexa* uma tabela de cores

16 cores

256 cores (8bits)

256 níveis de cinza



TAMANHO DE UMA IMAGEM de 256 x 256 x 8 bits = 64Kbytes

Obs.: Os três valores de R,G e B indexados pela imagem na tabela são enviados para os canhões de cores do monitor de vídeo para gerar cor na tela do monitor.

IMAGEM EM CORES REAIS (TRUE COLOR) - Existem 3 imagens, 1 para cada cor primária (R,G,B)

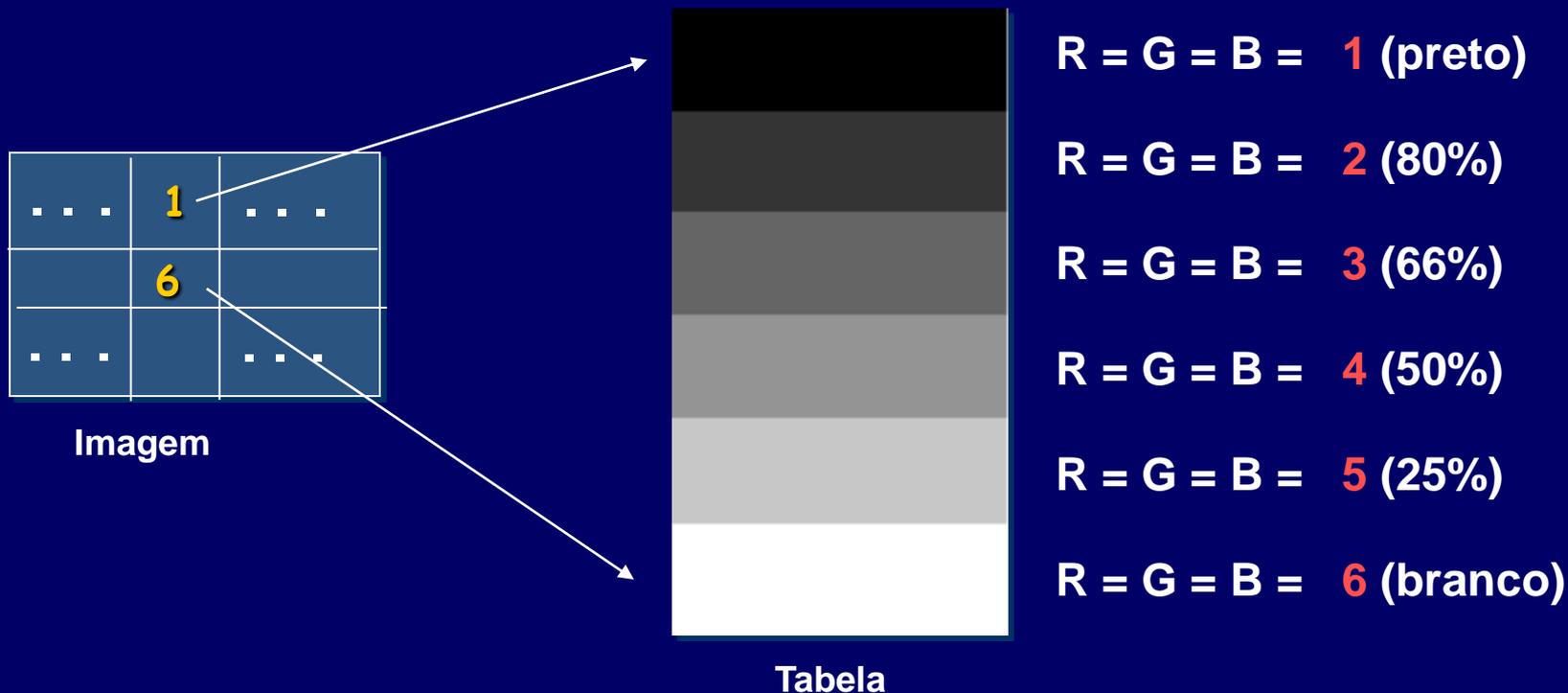
24 bits



TAMANHO DE UMA IMAGEM de 256 x 256 x 24 bits = 192Kbytes

Obs.: Os três valores de R,G e B que definem um pixel colorido estão armazenados em três imagens primárias (R,G,B). Cada pixel poderá ter uma cor dentre 16milhões de cores (256 x 256 x 256).

IMAGEM EM NÍVEL DE CINZA - Cada pixel na imagem indexa uma tabela de cores onde $R=G=B = \text{valor do pixel}$.



**TAMANHO DE UMA IMAGEM de 256 x 256 x 8 bits = 64Kbytes
É UMA IMAGEM INDEXADA!**

Obs.: A obtenção da cor PRETA ou BRANCA depende exclusivamente da tabela de cores. No exemplo a cor 0 equivale ao PRETO e a cor número 6 equivale ao BRANCO

Se a tabela for invertida, i.e., o valor do pixel 0 apontar para a cor Branca, obteremos uma imagem "negativo".

CONCEITOS BÁSICO EM COMPRESSÃO DE IMAGENS

As técnicas de compressão trabalham com o fato da imagem apresentar redundância de informação, i.e., um pixel na imagem e seus vizinhos tem intensidade luminosas muito próximas. Estes algoritmos trabalham em duas etapas uma para a codificação e outra para a decodificação.



TÉCNICA - RUN-LENGTH

...

10	10	10	11	11	12
10	11	11	11	11	11
9	11	11	11	11	11
9	9	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9
7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7

...

Resultado

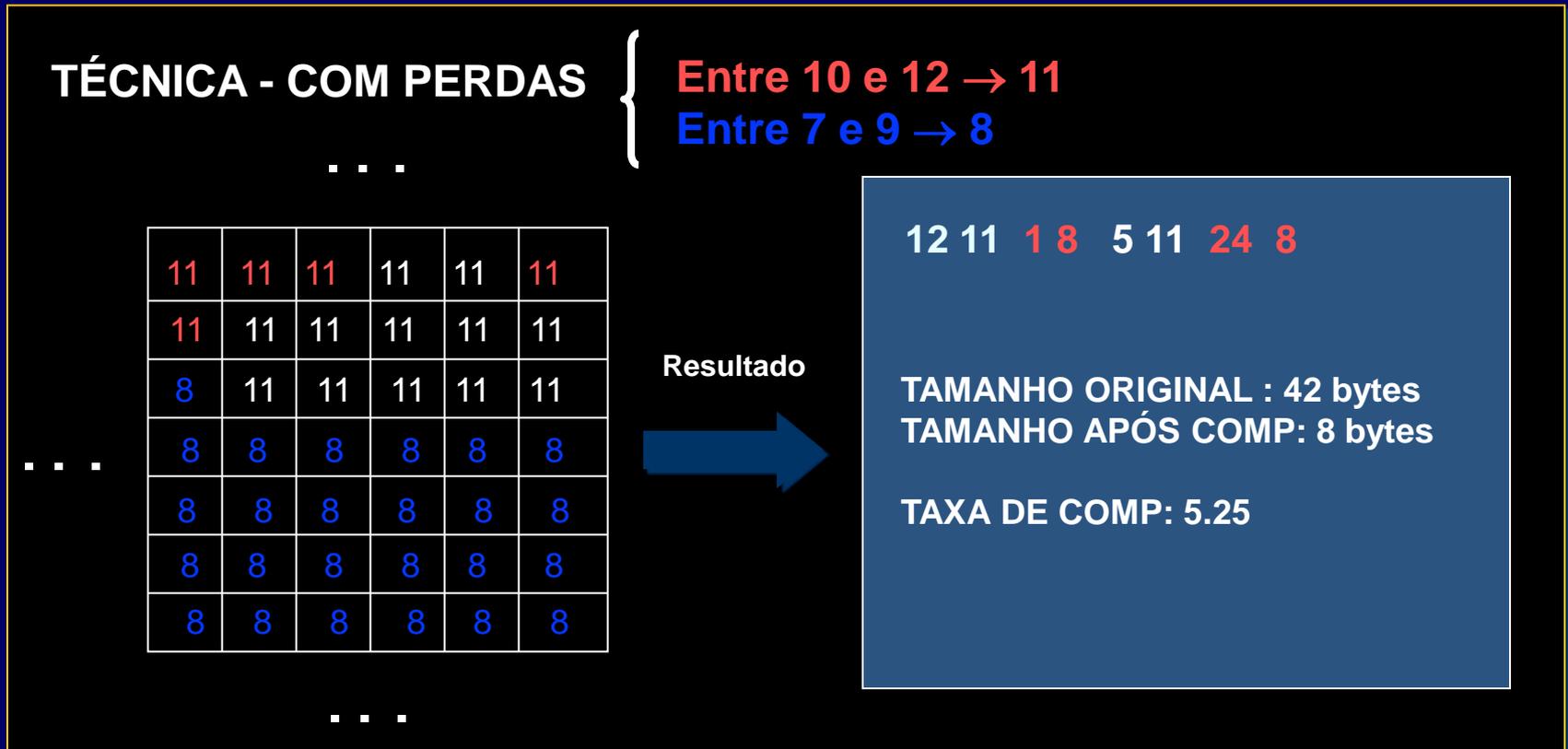
3 10 2 11 1 12 1 10 5 11 1 9
5 11 2 9 4 8 6 9 12 7

TAMANHO ORIGINAL : 42 bytes
TAMANHO APÓS COMP: 22 bytes

TAXA DE COMP: 1.90

Esta técnica busca sequencias de pixels com o mesmo valor e os codifica em pares. Quanto maior for esta sequencia melhor será a eficiência do algoritmo e menor será o arquivo final. Este algoritmo não apresenta perda da informação presente na imagem.

Podemos imaginar por exemplo um algoritmo que antes de trabalhar na codificação da imagem efetue algum tipo de **transformação** (perda) e aumente ainda mais a redundância entre os pixels na imagem.



Alguns **FORMATOS DE IMAGENS** (GIF, PCX, TIF e JPG) usam algoritmos de compressão que exploram a características de redundância de intensidade luminosas na imagem.

ARQUIVOS DE ARMAZENAMENTO DE IMAGENS

GIF - Graphic Interchange Format - *Formato de Intercâmbio Gráfico*

BMP - Bitmap Image - *Formato de Imagem em Mapeamento de Bits*

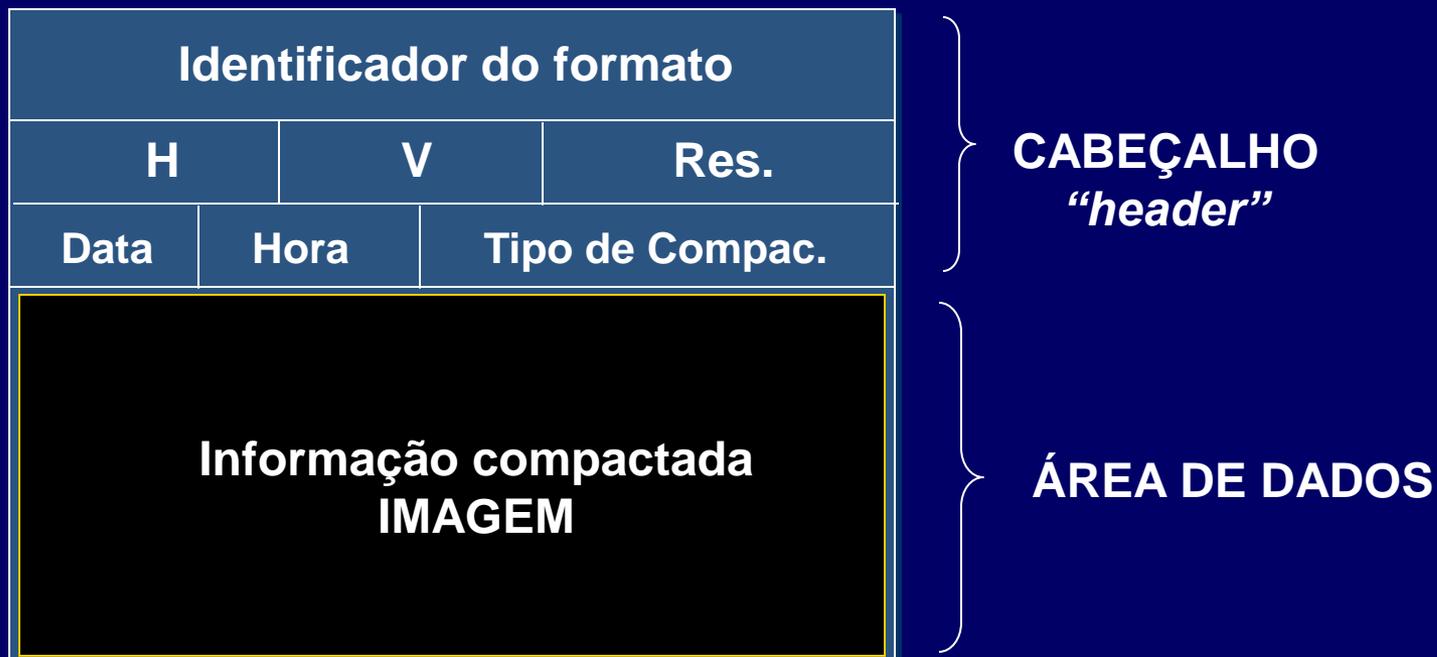
TIF - Tagged Image File Format -

Formato de Imagem com Marcadores

JPG - Joint Photograph Group

Formato definido pelo Grupo de Especialistas em Fotografia

etc....



Arquivos de Imagem

■ Tamanho dos arquivos

■ Bits e Bytes

- Em um bit pode-se armazenar 2 valores diferentes -> 0 e 1
- Em dois bits pode-se armazenar 4 valores diferentes -> 00, 01, 10 e 11
- Em oito bits (1 byte) pode-se armazenar 256 valores diferentes

■ Uma imagem com 512x512 pixels (256k pixels)

- 256 tons de cinza
 - x 1 byte/pixel -> 256 kBytes
- Tons de cinza de alta qualidade (exemplo: densitometria)
 - x 2 byte/pixel -> 512 kBytes
- Fotografia ou "True Color"
 - x 3 byte/pixel -> 750 kBytes
- Pixels Reais (processamento/simulação)
 - x 4 (8) byte/pixel -> 1 (2) Mbytes
- Pixels Complexos (transformadas de Fourier)
 - x 8 (16) byte/pixel -> 2 (4) MBytes

Formatos de Arquivo

- **TIFF** (*Tagged Image File Format*)
 - Robusto, flexível, genérico, multi-plataforma
- **PCX**
 - Padrão para PC : antigo e “problemático”
- **BMP** (bitmap)
 - Formato mais comum dentro do windows
- **GIF**
 - Transmissão em rede / imagens animadas. (Limitado em 256 cores).
- **Outros**: Raw, TGA, Sun Raster, formatos próprios (ex. Photoshop)
- **Formatos com compressão**
 - Com perdas (*lossy*): **JPEG** - *não utilizar em análise quantitativa*
 - Sem perdas (*lossless*): RLE (**PCX, BMP, TGA**), LZW (**TIFF, GIF**), Huffman

GIF x JPEG

Save For Web

Original Optimized 2-Up 4-Up

Original
Original: "Untitled-1.tif"
172K

GIF 128
GIF
33.3K
13 sec @ 28.8Kbps
88% dither.
Selective palette
128 colors

GIF 64
GIF
23.1K
9 sec @ 28.8Kbps
0% dither.
Selective palette
64 colors

GIF 8
GIF
11.57K
5 sec @ 28.8Kbps
0% dither.
Selective palette
16 colors

Settings: GIF 64 No Dither

GIF Selective No Dither Transparency No Transparen... Interlaced

Lossy: 0 Colors: 64 Dither: 0% Matte: Amount: 100% Web Snap: 0%

Color Table Image Size

64

100% R: 118 G: 8 B: 3 Alpha: 255 Hex: 760803 Index: 8

GIF x JPEG

Save For Web

Original Optimized 2-Up 4-Up

Image	File Size	Quality	Progressive	ICC Profile
Original	172K	-	-	-
JPEG High	17.6K	60	-	-
JPEG Med	10.68K	30	-	-
JPEG Low	6.68K	10	-	-

Settings: JPEG Low

JPEG Low Optimized

Quality: 10

Blur: 0

Matte: []

Color Table Image Size

100% R: -- G: -- B: -- Alpha: -- Hex: -- Index: --

GIF x JPEG

The screenshot displays the 'Save For Web' dialog box with the following information for each format:

Format	File Size	Quality / Settings
Original	109K	Original: "Curso Imagens.psd" 109K
JPG Low	2.93K	0 quality
GIF 16	2.46K	0% dither, Selective palette, 16 colors
GIF 4	1.30K	0% dither, Selective palette, 4 colors

Technical details for GIF 16 and GIF 4: 2 sec @ 28.8Kbps.

At the bottom, the status bar shows: 100% | R: -- G: -- B: -- Alpha: -- Hex: -- Index: --

Operações Pontuais com Imagens

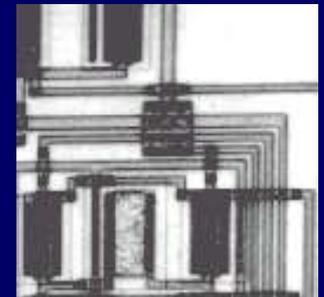
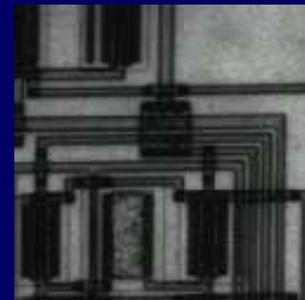
- Definição

- $I_{\text{saída}}(x,y) = f\{I_{\text{entrada}}(x,y)\}$

- A intensidade do pixel I , na posição (x,y) da imagem de saída é uma **função** apenas da **intensidade do pixel** correspondente na imagem de entrada.

- Exemplos típicos:

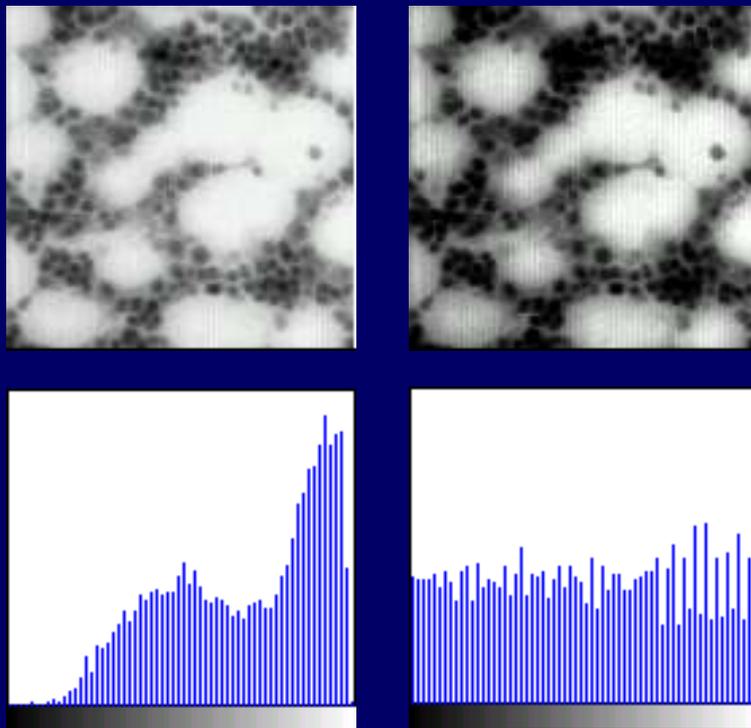
- Mudança de brilho,
 - Mudança de contraste,
 - Mudança de escala de cores,
 - Expansão de contraste



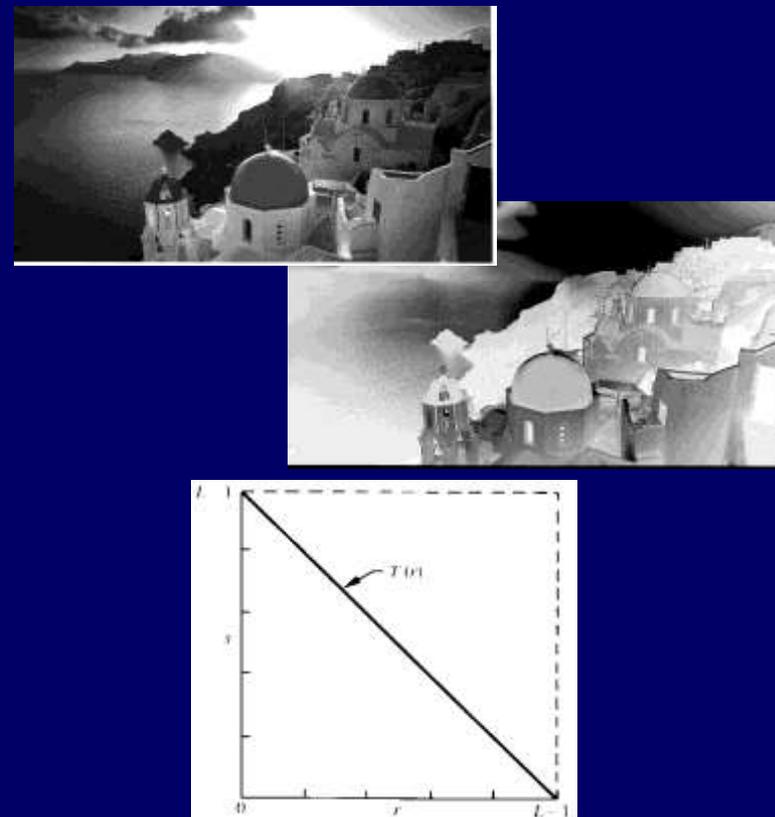
Pré-processamento / Realce

O **Histograma** representa a **frequência de ocorrência** dos **Níveis de Cinza** em uma Imagem

Equalização de Histograma



Inversão de Histograma



Operações Algébricas

■ Adição

- Utilizada na redução do ruído aleatório

■ Subtração

- Correção de iluminação de fundo irregular

■ Multiplicação

- Aplicação em filtragens no domínio da frequência

■ Divisão

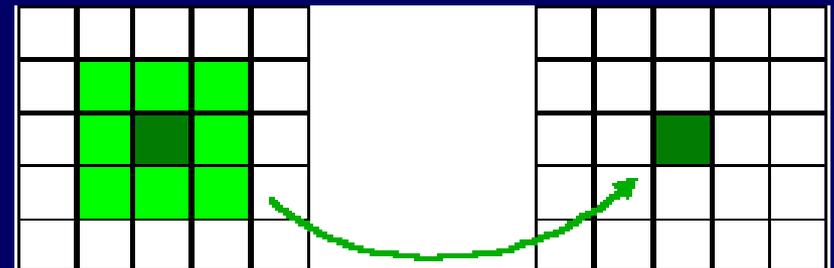
- Utilizada em técnicas de densitometria

■ Operadores lógicos (**and, or, not, xor, ...**)

- Operações pontuais que envolvem mais do que uma imagem **binária** de entrada, para gerar uma outra de saída.

Operações Locais

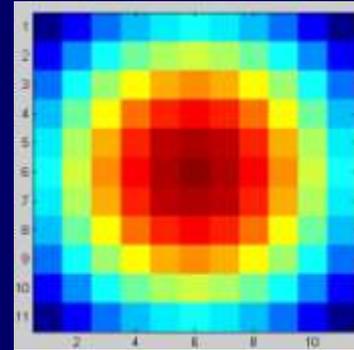
- **Operações locais ou de vizinhança (neighborhood)**
 - $I_{saída}(x,y)$ é uma função não só de $I_{entrada}(x,y)$ mas também da intensidade de pixels vizinhos.
 - A operação equivale a uma média ponderada dos pixels da vizinhança.
 - Cada vizinho tem um peso associado, que multiplica sua intensidade.
 - Os pesos são definidos por uma matriz denominada **"kernel"**
 - Tipos de **"kernel"**
 - passa baixa -> reduz detalhes
 - pesos positivos
 - passa alta -> realça detalhes
 - pesos positivos e negativos



Exemplo: Filtro Gaussiano

$1/16 \times$

1	2	1
2	4	2
1	2	1



original



Gauss 5x5



Gauss 11x11

Exemplo: Filtro Sobel

Detecção das bordas verticais

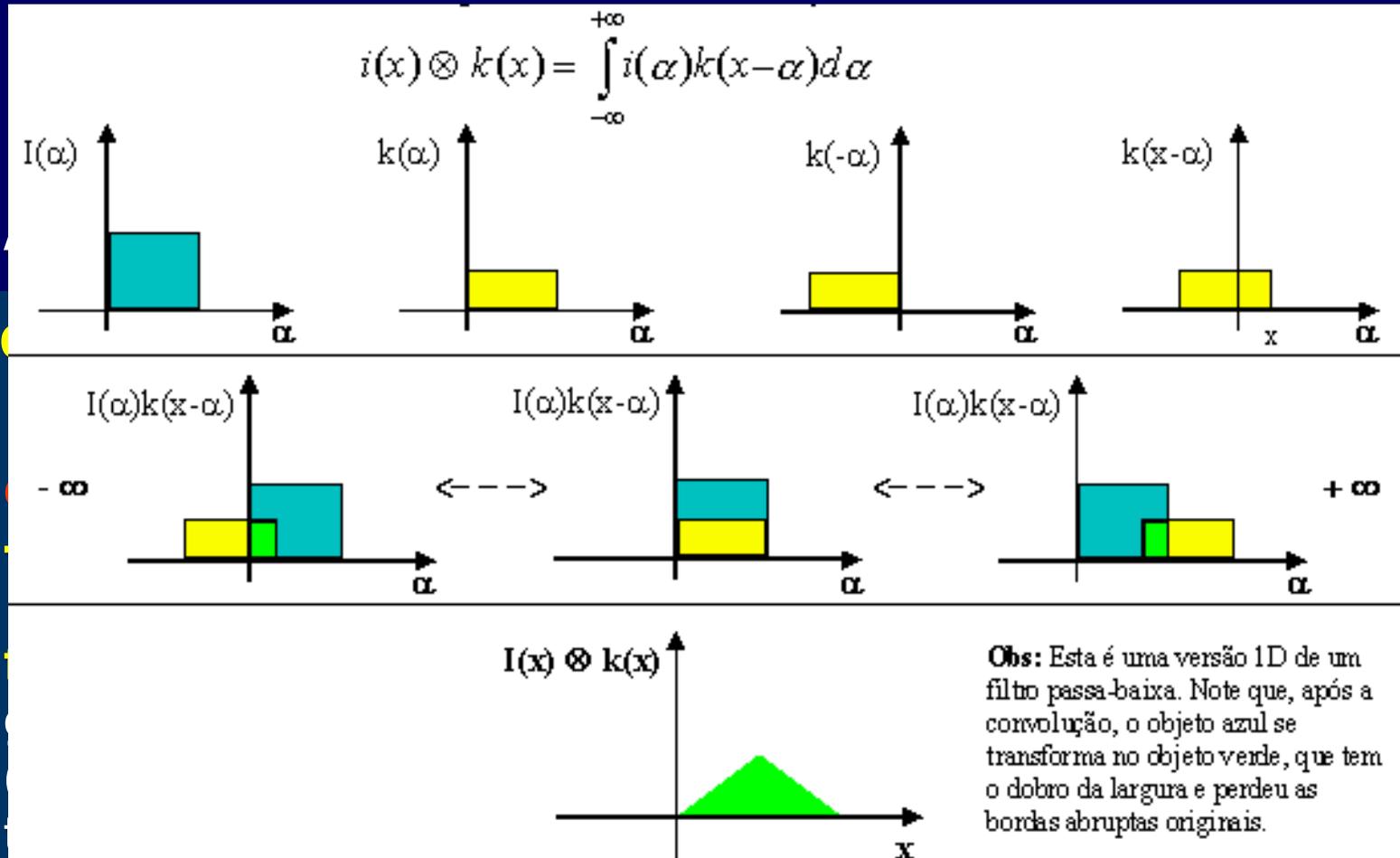
$1/16 \times$

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



A noção de convolução

- A matemática das operações tipo **kernel**



?

1/pels
ia

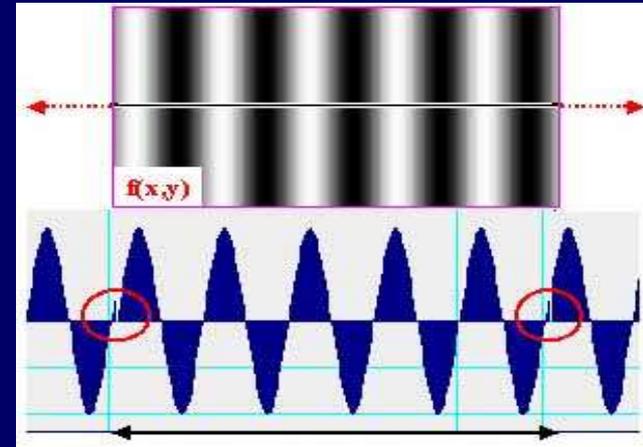
luminosidade em uma direção na imagem.

Freqüências em Imagens

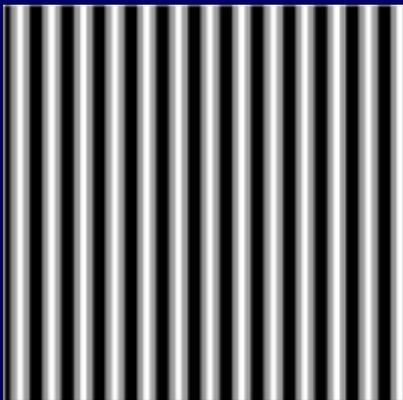
Freqüência espacial da imagem

Maior frequência da imagem

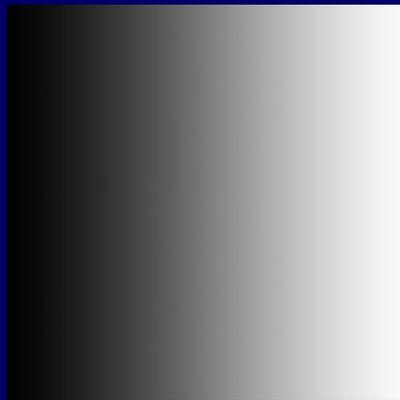
$$\frac{1}{2} \text{pix}^{-1}$$



Alta freqüência



Baixa freqüência



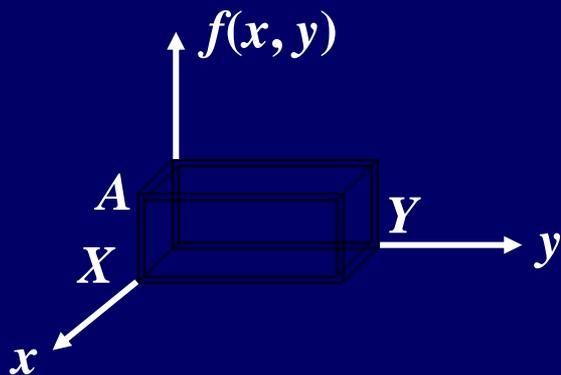
Freqüência nula



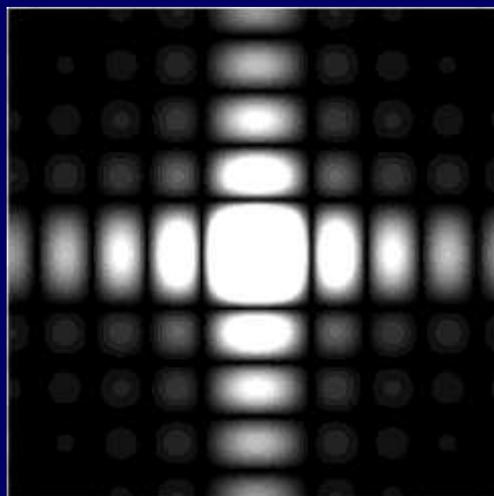
Transformada de Fourier

- Expressa a imagem como uma **soma ponderada** de funções base, que são produto de **exponenciais complexas** que variam na frequência (u,v) .

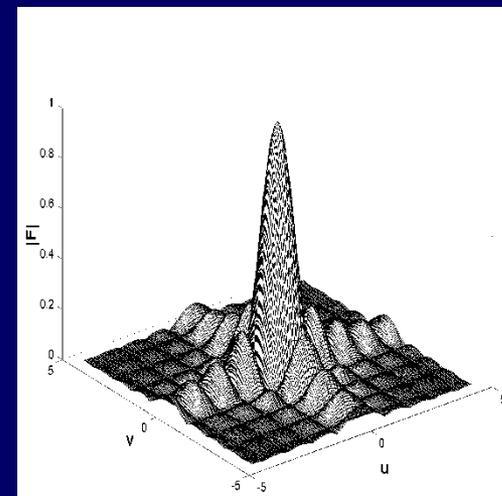
$$F(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-j2\pi(ux+vy)} dx dy$$



$$f(x, y) = \begin{cases} A, & 0 \leq x \leq X, 0 \leq y \leq Y \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$



Espectro de amplitude



Exemplos de Transformada de Fourier

$$f(x, y) = \cos(2\pi u_0 x), u_0 = 0.1 \text{ cycles / pixel}$$

Imagem original

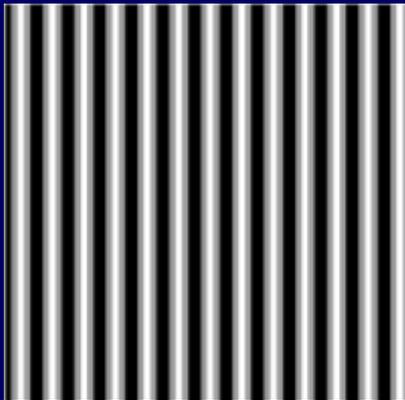


Imagem TF



$$f(x, y) = \cos(2\pi v_0 y), v_0 = 0.1 \text{ cycles / pixel}$$

Imagem original

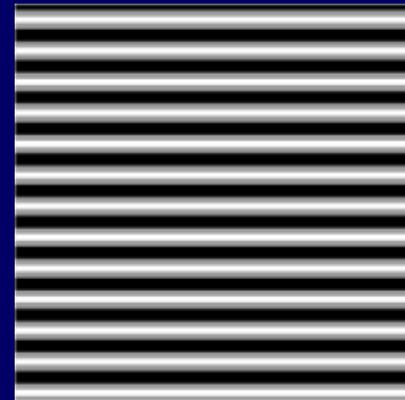
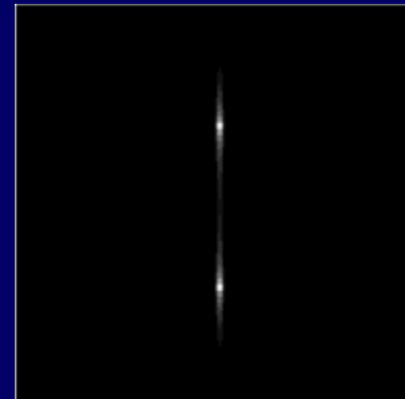


Imagem TF



Filtragem de Fourier



c = Passa Baixa

1	1	1
1	1	1
1	1	1

d = DFT(c)

a

b = DFT(a)

e = d . b

f = IFT(e)

g = Passa Alta

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

h = DFT(g)

i = h . b

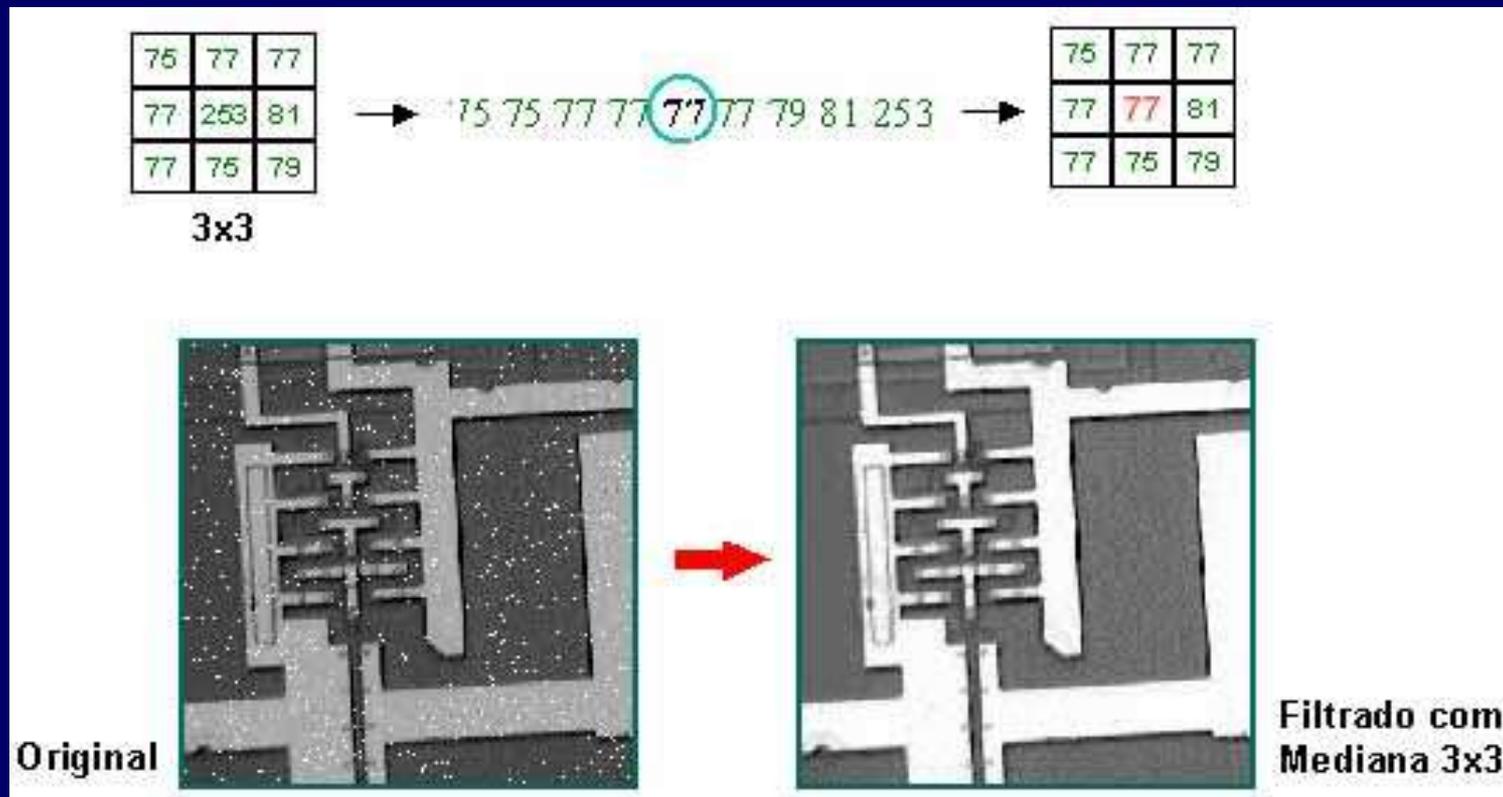
j = IFT(i)



Operações com imagens

- Para cada vizinhança, **ordena-se** os pixels em ordem crescente de intensidade e aquele do centro da seqüência é escolhido como valor mediano – Filtro sem *kernel*

- Ex. Filtro da Mediana

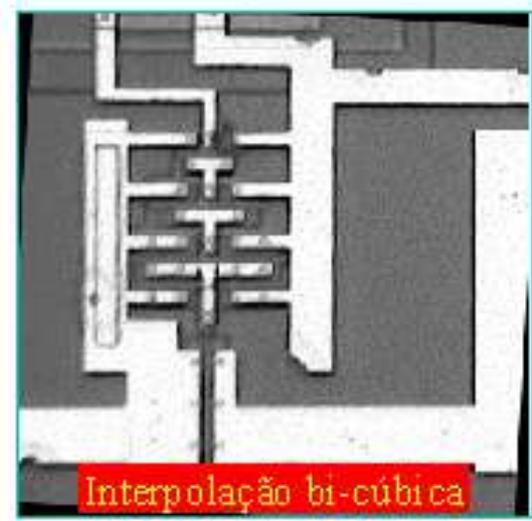
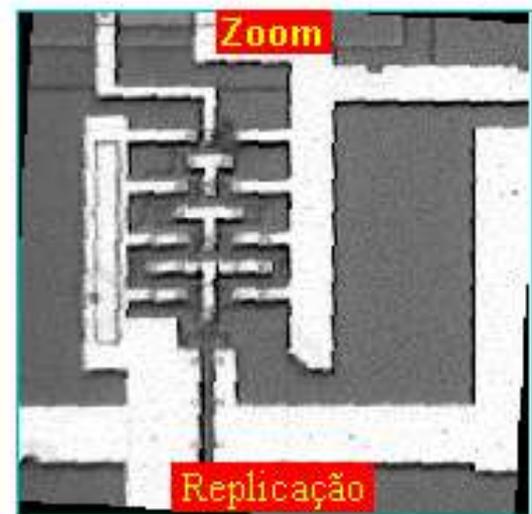
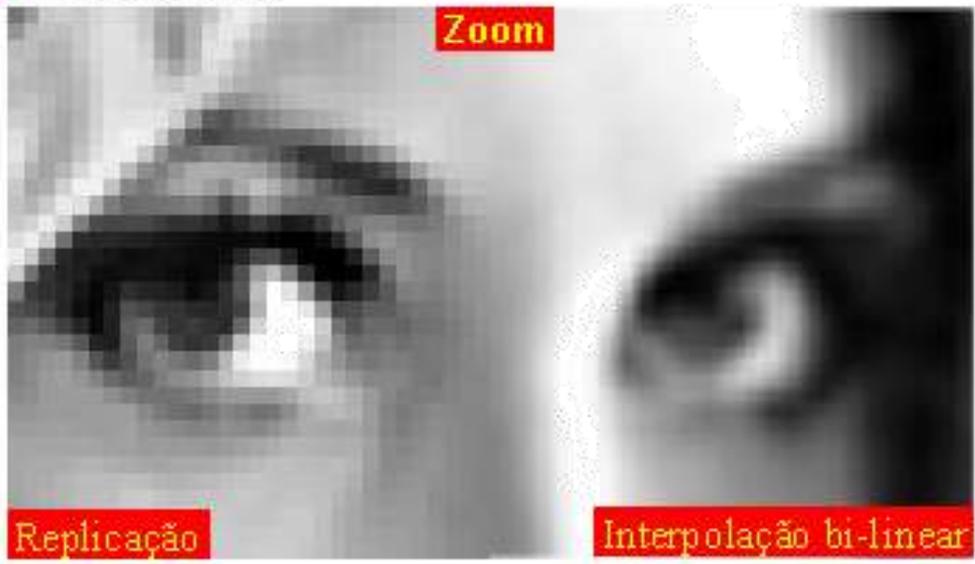


Excelente **eliminador de ruído** localizado com **intensidade** muito

Replicação e Interpolação



Exemplos



Obs: A replicação é extremamente veloz de calcular. Esta é a técnica usada pela maioria dos programas quando a ferramenta de zoom é ativada, para visualizar a imagem ampliada ou reduzida, ou para apresentar um “preview” de outra operação geométrica qualquer. A interpolação bi-linear, ou de mais alta ordem, será utilizada quando se deseja alterar o tamanho físico da imagem ou calcular rotações, mudanças de perspectiva, etc..

Exercício

LISTA DE EXERCÍCIOS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

RESOLUCAO

1 - Qual o tamanho do pixel, em milímetros (mm), na tela de um monitor de vídeo de 14", nas dimensões X e Y, na resolução de 1024x768 ? Quanto de memória de vídeo é necessário para se armazenar uma imagem nesta resolução, sabendo que cada pixel ocupa 3 bytes ?



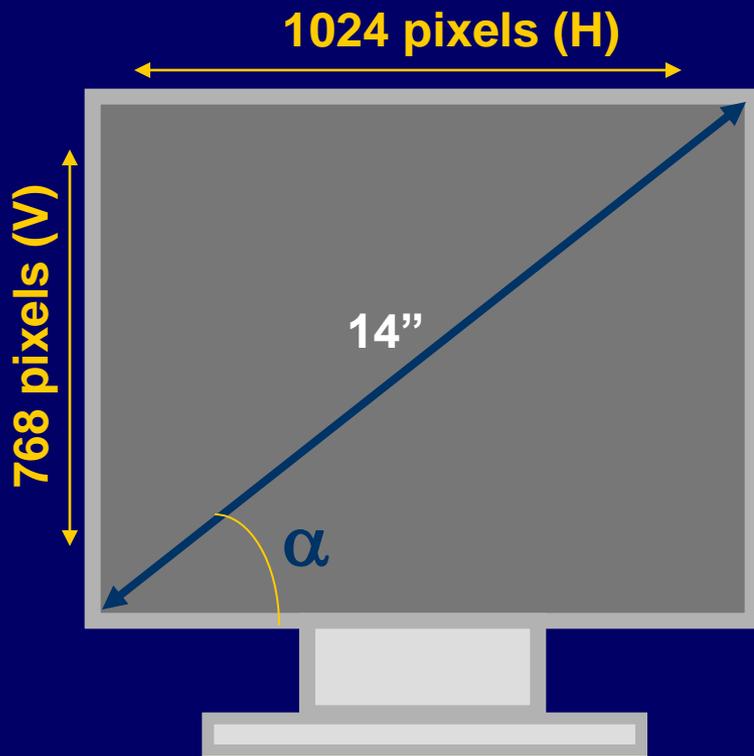
BASICO EM COMPRESSAO DE IMAGENS

2 - Os pixels de uma imagem são representados na matriz ao lado. As pequenas flutuações de intensidade caracterizam a presença de um ruído na imagem. Cada pixel desta imagem está representado em 1 byte, responda:

- Qual o tamanho desta imagem em bytes? Porque devemos utilizar algoritmos de compressão de imagens? O que é um pixel em uma imagem digital?
- Qual a resolução em DPI sabendo que a imagem tem 1,27cm nas direções horizontais e verticais?
- Qual a taxa de compressão utilizando o algoritmo RUN-LENGTH, sem perdas? Comente o resultado.
- Qual a taxa de compressão sabendo da seguinte transformação: (Comente o

4	5	7	7	7	8	6
7	6	7	5	7	7	7
6	5	4	10	12	12	11
10	9	8	7	5	5	6
11	8	8	8	7	6	6
5	6	7	6	6	6	6
4	5	10	9	9	8	8

BASICO EM RESOLUÇÃO DE IMAGENS



Qual a **resolução** horizontal e vertical, sendo cada pixel representado por 1 byte ?

$$\alpha = \text{arctg} (V / H)$$

$$\alpha = \text{arctg} (768 / 1024)$$

$$\alpha = 36.86^\circ$$

$$\text{sen} (\alpha) = V'' / 14''$$

$$V'' = 14'' * 0.6 = 8.39'' (213.1\text{mm})$$

$$\text{cos} (\alpha) = H'' / 14''$$

$$H'' = 14'' * 0.8 = 11.2'' (284.5 \text{ mm})$$

$$TV = 213.1/768 = 0.277 \text{ mm}$$

$$TH = 284.5/1024 = 0.277 \text{ mm}$$

$$T_{\text{Mem}} = 1024 \times 768 \times 3 = 2304 \text{ Kbytes}$$

$$H_{\text{dpi}} = 1024 / 11.2 = 91.4 \text{ dpi}$$

$$V_{\text{dpi}} = 768 / 8.4 = 91.4 \text{ dpi}$$

Monitor de 14'' apx. **92dpi's** de Res.

BASICO EM COMPRESSÃO DE IMAGENS

a) 7 x 6 pixels (bytes) = 42 bytes

Pixel: unidade elementar de representação de uma imagem digital.

b) 14 dpi em H e 12 dpi em V.

c) 4:1, 5:1, 7:3, 8:1, 6:1, 7:1, 6:1, 7:1, 5:1,
7:3, 6:1, 5:1, 7:3, 6:1 5:1, 4:1, 10:1, 12:2,
11:1, 10:1, 9:1, 8:1, 7:1, 5:2, 6:1, 11:1, 8:3,
7:1, 6:2, 5:1, 6:1, 7:1, 6:4, 4:1, 5:1, 10:1,
9:2,8:2.

Total : 76 bytes.

Taxa de Compressão: $42/76 = 0.552$

d) 8:17, 10:1, 11:3, 10:2, 8:5, 11:1, 8:15, 10:3, 8:2.

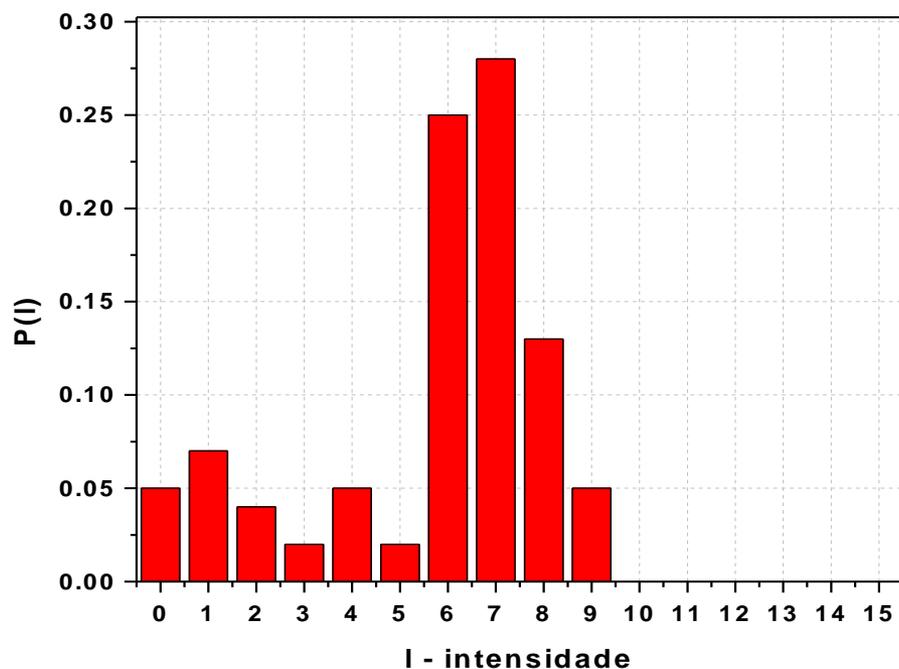
Total: 18 bytes .

Taxa de Compressão: $42/18 = 2.333$

4	5	7	7	7	8	6
7	6	7	5	7	7	7
6	5	4	10	12	12	11
10	9	8	7	5	5	6
11	8	8	8	7	6	6
5	6	7	6	6	6	6
4	5	10	9	9	8	8

Entropia

$$E(\ell) = - \sum_0^N P(\ell) \cdot \log(P(\ell))$$



a) Entropia da Imagem

$$E = -1.89$$

b) E = 0 (zero)

c) E = Mínimo

$$E(\ell) = - \sum_0^{15} P\left(\frac{1}{15}\right) \cdot \log\left(\frac{1}{15}\right)$$

Análise de Imagens e Visão Computacional

Prof. Marcelo Portes de Albuquerque
Prof. Márcio Portes de Albuquerque

IX Escola do CBPF – 2012