

## Fundamentos de Processamento Imagens

### Aula 04

Amostragem e quantificação  
Relações básicas entre pixels

Horacio E. Fortunato

Instituto de Informática  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre - RS  
hefortunato@inf.ufrgs.br

27 de agosto de 2009



## Processamento Digital de Imagens Nesta disciplina



- Sensors and acquisition of images
- Human visual system
- Modality of images
- Digital cameras



- Processing for human interpretation
- Edge detection
- Histogram processing
- Edge detection
- Frequency domain filtering
- Restoration of images
- Removal of noise
- Removal of blurring
- Color spaces
- Dynamic range images



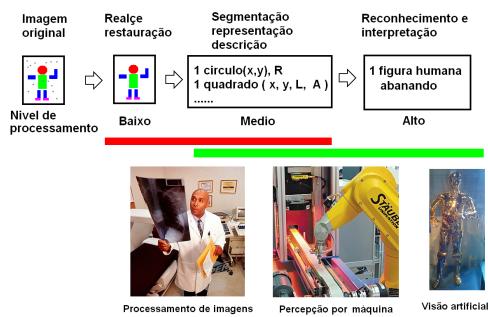
- Machine perception
- Line detection
- Edge detection
- Segmentation



- Image storage and communication
- Compression of images



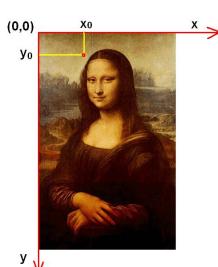
## Processamento Digital de Imagens - Visão artificial



## Imagen e Imagen Digital



## Imagen

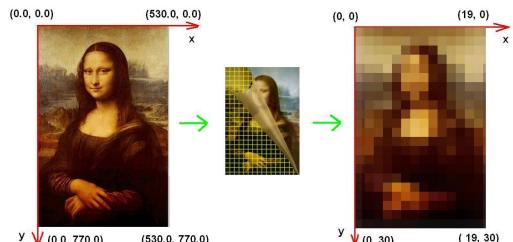


- Imagem em  $(X_0, Y_0) \rightarrow (R, G, B)$
- Por exemplo:  
 $X_0 = 300.1412384712384mm$   
 $Y_0 = 214.4564634646123mm$   
 $R = 135.1234124$   
 $G = 134.3456346$   
 $B = 62.12341443$
- $(X_0, Y_0)$  são as coordenadas do ponto
- $(R, G, B)$  especificam a cor da imagem nesse ponto
- Podemos especificar e medir  $(X_0, Y_0)$  e  $(R, G, B)$  com precisão arbitrária

- Vamos definir uma imagem como uma função:  $f(x, y): U \rightarrow C$   
onde  $U \subset \mathbb{R}^2$  e  $C \subset \mathbb{R}^n$



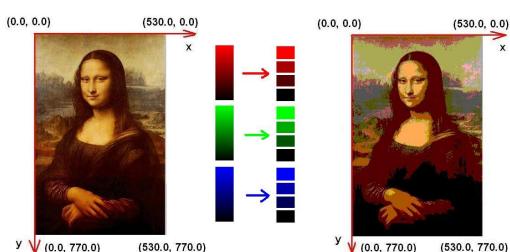
## Imagen Digital - Amostragem



- Imagem discreta
- $f(x, y)$  definida sobre valores discretos de  $U$

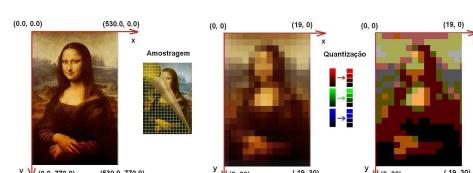


## Imagen Digital - Quantização



- Imagem quantizada
- $f(x, y)$  assume um conjunto finito e discreto de valores (quantização)

## Imagen Digital



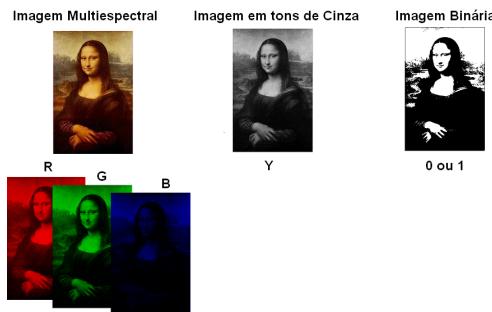
- Imagem discreta e quantizada
- $f(x, y)$  definida sobre valores discretos de  $U$
- $f(x, y)$  assume um conjunto finito e discreto de valores (quantização)

Elementos essenciais: coordenadas e cor de cada pixel



## Processamento Digital de Imagens

### Tipos de Imagens



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009

9 / 26



## amostragem e quantificação

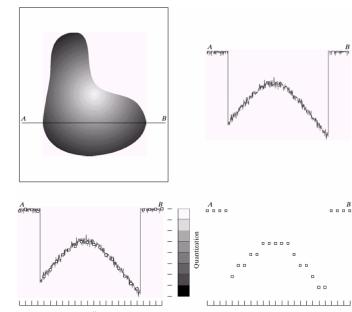


Imagen extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales & woods.

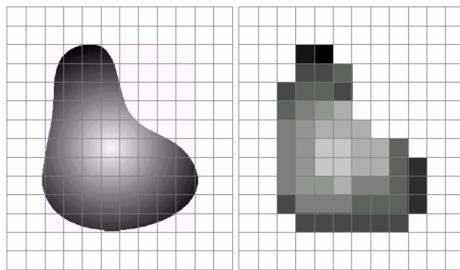
Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009



## amostragem e quantificação



**FIGURE 2.17** (a) Continuos image projected onto a sensor array. (b) Result of image sampling and quantization.

Imagen extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales & woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009

11 / 26

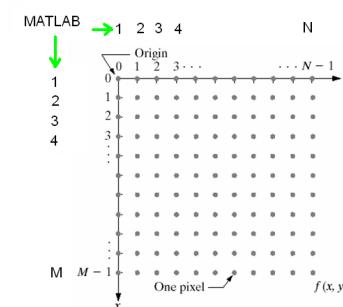


Imagen extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales & woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009



## Tamanho das imagens ( em bits)

**TABLE 2.1**

Number of storage bits for various values of  $N$  and  $k$ .

$N/k$	1 ( $L = 2$ )	2 ( $L = 4$ )	3 ( $L = 8$ )	4 ( $L = 16$ )	5 ( $L = 32$ )	6 ( $L = 64$ )	7 ( $L = 128$ )	8 ( $L = 256$ )
32	1.024	2.048	3.072	4.096	5.120	6.144	7.168	8.192
64	4.096	8.192	12.288	16.384	20.480	24.576	28.672	32.768
128	16.384	32.768	49.152	65.536	81.920	98.304	114.688	131.072
256	65.536	131.072	196.608	262.144	327.680	393.216	458.752	524.288
512	262.144	524.288	786.432	1.048.576	1.310.720	1.572.864	1.835.008	2.097.152
1024	1.048.576	2.097.152	3.145.728	4.194.304	5.242.880	6.291.456	7.340.032	8.388.608
2048	4.194.304	8.388.608	12.582.912	16.777.216	20.971.520	25.165.824	29.369.128	33.553.432
4096	16.777.216	33.554.432	50.331.648	67.108.864	83.886.080	100.663.296	117.440.512	134.217.728
8192	67.108.864	134.217.728	201.326.592	268.435.456	335.544.320	402.653.184	469.762.048	536.870.912

Imagen extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales & woods.

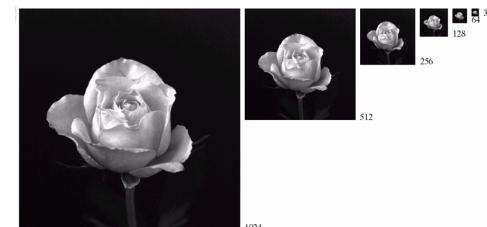
Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009

13 / 26

## Número de amostras



**FIGURE 2.19** A  $1024 \times 1024$ , 8-bit image subsampled down to size  $32 \times 32$  pixels. The number of allowable gray levels was kept at 256.

Imagen extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales & woods.

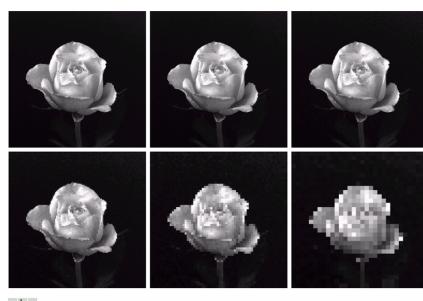
Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009



## Número de amostras



**FIGURE 2.20** (a)  $1024 \times 1024$ , 8-bit image. (b)  $512 \times 512$  image resampled into  $1024 \times 1024$  pixels by row and column duplication. (c) through (f)  $256 \times 256$ ,  $128 \times 128$ ,  $64 \times 64$ , and  $32 \times 32$  images resampled into  $1024 \times 1024$  pixels.

Imagen extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales & woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009

15 / 26

## Níveis de cinza

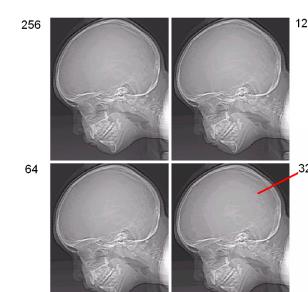


Imagen extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales & woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009



## Níveis de cinza

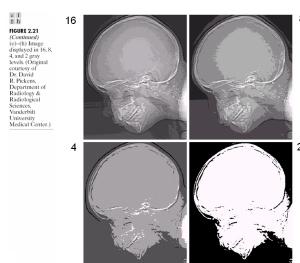


Imagen extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales & woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009



17 / 26

## Detalhes



FIGURE 2.22 (a) Image with a low level of detail. (b) Image with a medium level of detail. (c) Image with a relatively large amount of detail. (Image (b) courtesy of the Massachusetts Institute of Technology.)

Imagen extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales & woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

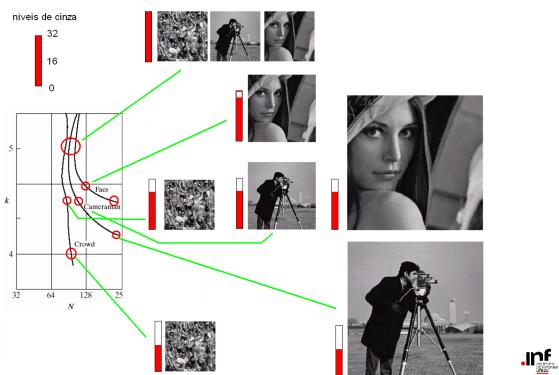
Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009



18 / 26

## Curvas de iso preferencia



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009



19 / 26

Imagen extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales & woods.

## Zoom

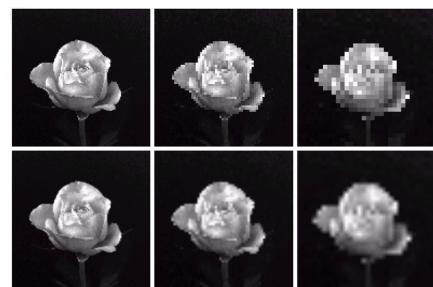


FIGURE 2.25 Top row: images zoomed from  $128 \times 128$ ,  $64 \times 64$ , and  $32 \times 32$  pixels to  $1024 \times 1024$  pixels, using nearest neighbor gray-level interpolation. Bottom row: same sequence, but using bilinear interpolation.

Imagen extraída do livro: Digital image processing 2ed, Gonzales & woods.

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009



20 / 26

## 4-Vizinhança

Pixel p, coord. (x, y)

4-vizinhança :  $N_4(p) \rightarrow (x, y-1), (x, y+1), (x-1, y), (x+1, y)$



## 8-Vizinhança

Pixel p, coord. (x, y)

8-vizinhança :  $N_8(p) = N_4(p) \cup N_d(p)$

8-vizinhança :  $N_8(p) \rightarrow (x, y-1), (x, y+1), (x-1, y), (x+1, y), (x-1, y-1), (x+1, y-1), (x-1, y+1), (x+1, y+1)$



Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009



21 / 26

## D-Vizinhança

Pixel p, coord. (x, y)

D-vizinhança :  $N_d(p) \rightarrow (x-1, y-1), (x+1, y-1), (x-1, y+1), (x+1, y+1)$



## Conectividade

p e q: pixels de uma imagem

$V = \{L_1, L_2, \dots, L_n\}$  um conjunto de níveis de cinza

$L(p)$  : Nível de cinza de p

$R = \{p \in \text{Imagem} / L(p) \in V\}$

p e q estão 4-conectados se  $p, q \in R$  e  $q \in N_4(p) \rightarrow$

p e q estão 8-conectados se  $p, q \in R$  e  $q \in N_8(p) \rightarrow$

p e q estão m-conectados se  $p, q \in R$  e

$q \in N_4(p)$  ou

$q \in N_d(p)$  e  $(N_4(p) \cap N_4(q)) \cap R = \emptyset$

Ex.  $V = \{1\}$ :

$0 \quad 0 \quad 0$   
 $0 \quad 1 \quad 0$   
 $0 \quad 0 \quad 1$

Horacio E. Fortunato (UFRGS)

Fundamentos de Processamento Imagens

27 de agosto de 2009



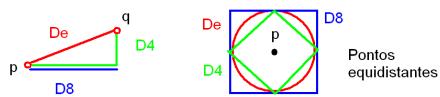
24 / 26

ponto p de coordenadas (x, y)  
 ponto q de coordenadas (s, t)

Distância Euclidiana:  $D_E(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{1/2}$

4 Distância (city block):  $D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|$

8 Distância (xadres) :  $D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|)$



a, b : Escalares

Im1, Im2 : Imagens

H : Operador que aplicado a uma imagem da outra imagem

H é um operador linear se:

$$H(a \times Im1 + b \times Im2) = a \times H(Im1) + b \times H(Im2)$$