

PDI - PI

Profa. Flávia Magalhães

PUC Minas

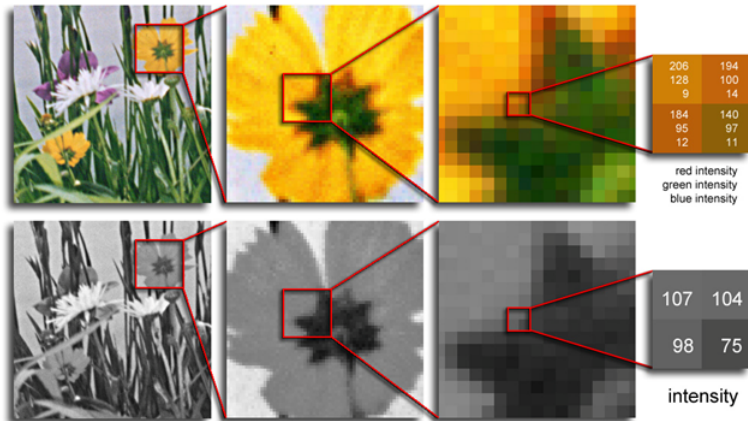
Unidade II - Parte 1 - Digitalização de Imagens

Agenda

- 1 Aquisição de uma imagem digital
- 2 Imagem Digital
- 3 Digitalização
- 4 Resolução Espacial
- 5 Profundidade da Imagem
- 6 Tamanho da imagem
- 7 Imagem multibanda, multidimensional ou multiespectral

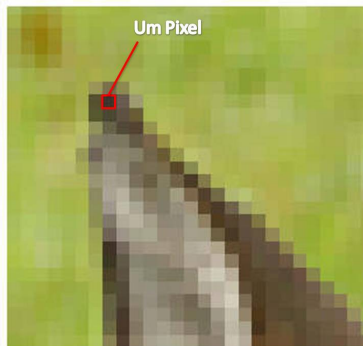
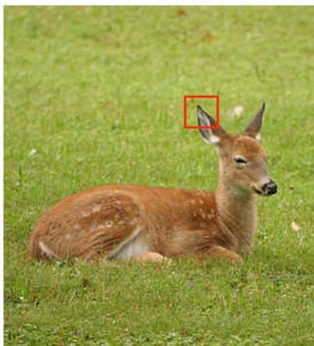


Imagem Digital



- A maioria das técnicas de análise de imagens é realizada por meio de processamento computacional, então a função $f(x, y)$ deve ser convertida para a forma discreta.
- Uma imagem digital pode ser obtida por um processo denominado digitalização, o qual envolve dois passos, a amostragem e a quantização:
 - A **amostragem** consiste em discretizar o domínio de definição da imagem nas direções x e y , gerando uma matriz de $M \times N$ amostras, respectivamente.
 - A **quantização** consiste em escolher o número inteiro L de níveis de cinza (em uma imagem monocromática) permitidos para cada ponto da imagem.

- Cada elemento $f(x, y)$ dessa matriz de amostras é chamado **pixel** (acrônimo do inglês *picture element*), com $0 \leq x \leq M - 1$ e $0 \leq y \leq N - 1$
- A imagem contínua $f(x, y)$ é aproximada, portanto, por uma matriz de dimensão $M \times N$, ou seja, M pixels na horizontal e N pixels na vertical



- O primeiro cuidado para a boa digitalização é a escolha correta do espaçamento entre as amostras a serem tomadas na imagem contínua. Esse passo da digitalização é chamado de amostragem.
- Uma questão é saber quantas amostras $N \times M$ e níveis de cinza L são necessários para gerar uma boa imagem digital. Isso depende, fundamentalmente, da **quantidade de informação** contida na imagem e do **grau de detalhes** dessa informação que é perceptível ao olho humano.
- A quantidade de amostras (pixels) por unidade de área está relacionada ao conceito de **RESOLUÇÃO ESPACIAL** da imagem.

- Em seguida, a intensidade (ou nível de cinza) de cada pixel da imagem original deverá ser mapeada para um valor inteiro contido no intervalo $[Lmin, Lmax]$. Esse passo da digitalização é chamado de **QUANTIZAÇÃO**.
- O intervalo $[Lmin, Lmax]$ é denominado **escala de cinza**. Por convenção, atribui-se à cor preta o valor $Lmin$ (que normalmente é igual a zero) e à cor branca, o valor $Lmax$.
- No caso em que o número de níveis de cinza é igual a 2, a imagem é chamada binária.
- A quantização está relacionada à **profundidade** da imagem, que corresponde à **QUANTIDADE DE BITS POR PIXEL**.

- A **resolução espacial** está associada à densidade de pixels da imagem. Quanto menor o intervalo de amostragem entre os pixels da imagem, ou seja, quanto maior a densidade de pixels em uma imagem, maior será a sua resolução.
- É importante notar que uma imagem contendo um grande número de pixels não necessariamente possui resolução maior do que outra contendo menor número de pixels.
- A resolução de uma imagem deve ser escolhida de modo a atender ao grau de detalhes que devem ser discerníveis na imagem.

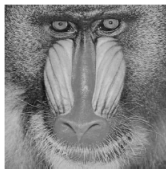
Exemplo

Seja, por exemplo, uma imagem $f(x, y)$ representando uma região de 400 cm^2 , consistindo em 20 amostras uniformemente espaçadas na direção x e 20 amostras uniformemente espaçadas na direção y .

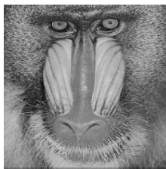
- Cada pixel da imagem possui dimensão de $1\text{cm} \times 1\text{cm}$.
- Uma resolução maior para a mesma região poderia consistir em 40 amostras na direção x e 40 amostras na direção y , cada pixel agora correspondendo a $0,5\text{cm} \times 0,5\text{cm}$.
- Uma imagem de resolução menor poderia ter 10 amostras na direção x e 10 amostras na direção y , em que cada pixel corresponderia a $2\text{cm} \times 2\text{cm}$.

Efeitos da amostragem

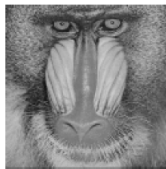
Todas as imagens abaixo estão apresentadas com as **mesmas dimensões**, ampliando-se o tamanho do pixel, de forma a tornar mais evidente a **perda de detalhes** nas imagens de baixa resolução.



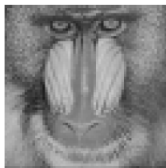
(a) 512×512



(b) 256×256



(c) 128×128



(d) 64×64



(e) 32×32



(f) 16×16

Efeitos da amostragem

original



- manteve-se a quantização original
- reduziu-se a amostragem por 2, 4, 8, 16, 32, 64 e 128.

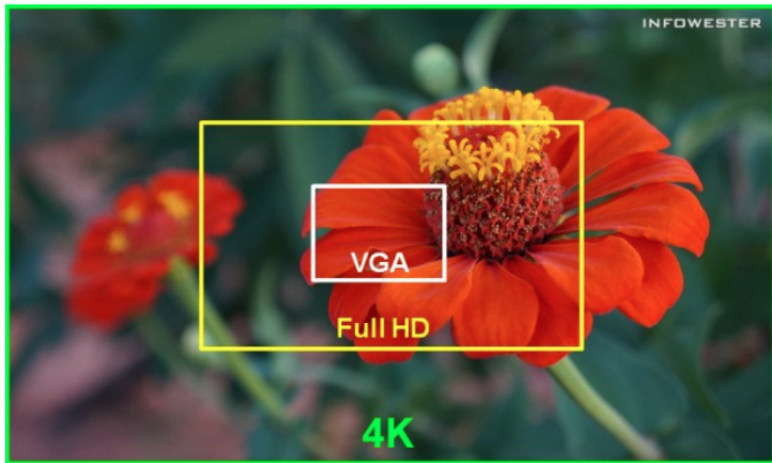
Exemplos: Resoluções VGA, HD, Full HD, 4K e 8K

- VGA: 640 x 480 pixels
- HD: 1280 x 720 pixels
- Full HD: 1920 x 1080 pixels
- 4K (UHDTV ou QFHD): 3840 x 2160 pixels, ou
- 4K (Ultra Wide HDTV): 5120 x 2160 pixels;
- Full Ultra HD: 8K UHD (7680 x 4320 pixels)



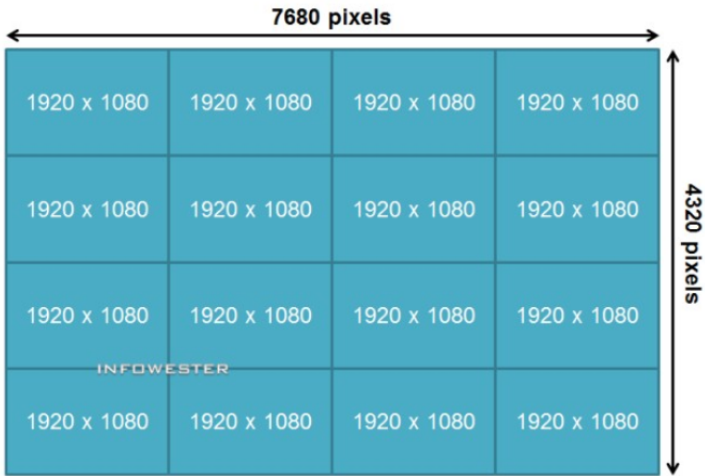
Resolução: pixels na horizontal e na vertical (imagem original por Samsung)

VGA x Full HD x 4K



VGA versus Full HD x 4K

Full HD x 8K



Resolução 8K: 16 vezes maior que o Full HD

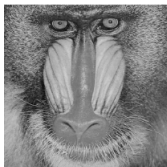
- Como mencionado anteriormente, o número de níveis de quantização da imagem $f(x, y)$ é normalmente uma potência de 2, ou seja, $L = 2^b$, em que L é o número de níveis de cinza da imagem e b é chamado de **profundidade da imagem**. Assim, a profundidade de uma imagem corresponde ao número de bits necessários para armazenar a imagem digitalizada.

Exercício

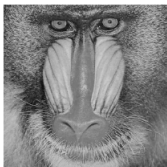
Seja $L = 256$. Isso significa que cada pixel pode ter associado um valor de cinza entre 0 e 255. Qual é a profundidade da imagem, neste caso?

Efeitos da quantização

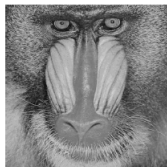
As imagens foram obtidas reduzindo-se o número de bits, de $b = 6$ (64 níveis de cinza) até $b = 1$ (dois níveis de cinza), mantendo as dimensões das imagens em 512x512 pixels.



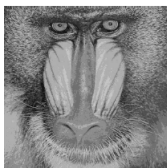
(a) 64



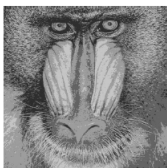
(b) 32



(c) 16



(d) 8



(e) 4



(f) 2

Efeitos da quantização

original



- manteve-se a amostragem original
- reduziu-se NC para 128, 64, 32, 16, 8, 4 e 2

Exercício

Considere, na figura abaixo, que os valores mencionados sejam a intensidade de pixels u em uma imagem que pode apresentar 255 níveis de cinza. Supondo que a imagem seja quantizada para apresentar apenas 4 níveis de intensidade, quantos bits serão necessários por pixel? Preencha os valores de intensidade (entre 0 e 255) com que os pixels serão reconstruídos, descartando-se os bits menos significativos do código de 8 bits.

10	25	25	25	80
10	10	10	25	230
10	10	25	80	140

Tamanho da imagem

Se:

- M é o número de linhas
- N é o número de colunas
- L é a quantidade de níveis de cinza

Então:

- $\text{Tamanho} = M \times N \times \log_2 L / 8 \text{ bytes}$

Exercício

Uma imagem com 256×512 pixels e 256 tons de cinza ocupa quantos bytes? Resposta: 128 Kbytes

Representação de imagens digitais

- Há várias vantagens associadas ao uso de matrizes para representar imagens.
- Matrizes são estruturas simples para armazenar, manipular e visualizar dados.

Imagem multidimensional

- Uma imagem multispectral pode ser representada como uma sequência de n imagens monocromáticas, sendo cada imagem conhecida como banda.
- Imagens multispectrais são muito utilizadas em sensoriamento remoto, no qual sensores operam em diferentes faixas do espectro eletromagnético, denominadas bandas espectrais.
- Dependendo do alvo, tal como vegetação, água ou solo, a interação da radiação eletromagnética produz menor ou maior resposta espectral em determinada banda.

Imagem colorida

- Uma imagem colorida é uma imagem multibanda ou multispectral, em que a cor em cada ponto (x, y) é definida por meio de três grandezas.
- Uma representação comum para uma imagem colorida utiliza três bandas das cores primárias **vermelha** (R), **verde** (G) e **azul** (B), com profundidade de 1 byte por pixel para cada banda, ou seja, profundidade de 24 bits por pixel.
- Uma imagem colorida também pode ser armazenada por meio de uma imagem monocromática e um mapa de cores. Nesse caso, o valor de cinza de cada pixel na imagem torna-se um índice para uma entrada do mapa de cores, enquanto a entrada do mapa de cores contém o valor das componentes R, G e B referentes à cor do pixel.

- Há situações em que é necessária uma extensão dos conceitos de amostragem e quantização para uma terceira dimensão, a qual representa, em geral, o espaço.
- Assim, uma imagem digital 3D pode ser representada como uma sequência de imagens monocromáticas ou multibandas ao longo do eixo espacial z , conhecida como imagem multidimensional.
- Equipamentos tomográficos geram imagens monocromáticas de cortes (ou fatias) normalmente paralelas e uniformemente espaçadas em uma dada região 3D.
- Considerando as dimensões $p \times p$ de um pixel nessas imagens e o espaçamento d entre os cortes, a extensão do pixel em 3D forma um pequeno paralelepípedo de dimensões $p \times p \times d$, que é chamado voxel (acrônimo do inglês *volume element*)

Imagem multibanda, multidimensional ou multispectral

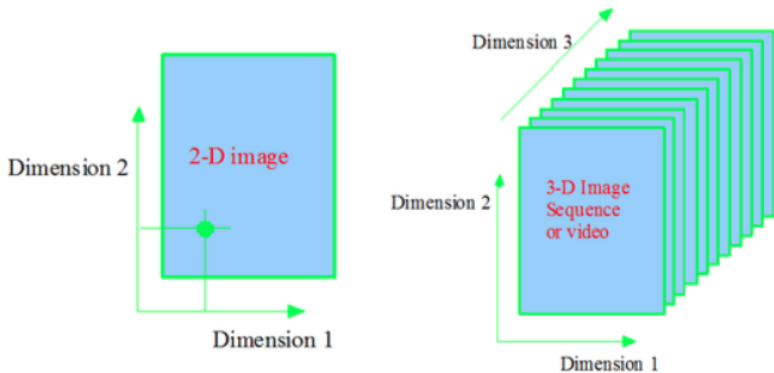
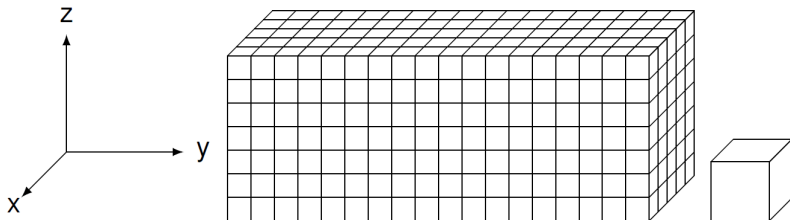


Imagem multibanda, multidimensional ou multispectral

- Os voxels representam pontos de amostragem e são usados para reconstruir no computador a forma ou a função de estruturas tridimensionais.
- Imagens tomográficas possuem tipicamente 512×512 ou 256×256 pixels e profundidade de 1 ou 2 bytes por pixel.



Exercício

Um volume de ressonância magnética contendo 128 planos (cortes) de 256×256 pixels, assumindo 64K tons de cinza, ocupa quantos bytes? Resposta: 16 Mbytes