



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO
TEC2/TEC4: REDES MULTIMÍDIA (RMM)

Unidade 1

Introdução aos Sistemas e Redes Multimídia

Propriedades de áudio, imagem e vídeo

Prof. Guilherme Corrêa
gcorrea@inf.ufpel.edu.br

Sumário

- ❖ O que é Mídia e Multimídia?
- ❖ Tecnologias e Aplicações Multimídia
- ❖ Por que Multimídia?
- ❖ Desafios da Área de Multimídia
- ❖ Propriedades de Áudio
- ❖ Propriedades de Imagem
- ❖ Propriedades de Vídeo
- ❖ Tipos de Aplicações de Rede Multimídia

O que é Mídia?

- ❖ **Mídia**, do latim *medium*
 - Meio, Centro
 - Meio de representar/distribuir info
 - Muitos significados para uma palavra
- ❖ Mídia de Percepção
 - visão, olfato, paladar, tato
- ❖ Mídia de Representação
 - texto, imagem, áudio, vídeo
- ❖ Mídia de Apresentação
 - monitor, caixa de som, teclado
- ❖ Mídia de Armazenamento
 - discos, fitas, papel
- ❖ Mídia de Transmissão
 - cabos, fibra ótica, ondas de rádio

O que é Mídia?

- ❖ **Mídia**, do latim *medium*
 - Meio, Centro
 - Meio de representar/distribuir info
 - Muitos significados para uma palavra
- ❖ Mídia de Percepção
 - visão, olfato, paladar, tato
- ❖ Mídia de Representação
 - texto, imagem, áudio, vídeo
- ❖ Mídia de Apresentação
 - monitor, caixa de som, teclado
- ❖ Mídia de Armazenamento
 - discos, fitas, papel
- ❖ Mídia de Transmissão
 - cabos, fibra ótica, ondas de rádio

O que é Multimídia?

❖ Multi + Mídia

- *Muitos meios*

❖ **Definição (1):**

“Área interessada na integração controlada por computador de textos, gráficos, imagens, vídeos, animações, sons e qualquer outro meio onde todo tipo de informação pode ser representado, armazenado, transmitido e processado digitalmente”.

❖ **Definição (2):**

“Desenvolvimento, integração e entrega de qualquer combinação de texto, gráfico, animação, som ou vídeo através de um computador”.

O que é Multimídia?

❖ Aplicação Multimídia

- função/programa que suporta um serviço multimídia ao usuário final (ex.: videoconferência)

❖ Tecnologia Multimídia

- campos tecnológicos específicos que habilitam aplicações multimídia (ex.: compressão de áudio/vídeo)

❖ Plataforma Multimídia

- computador com hardware multimídia, que dá suporte e habilita o uso de aplicações multimídia (ex.: PC com placa de áudio/vídeo)

❖ Adaptador/Placa Multimídia

- hardware conectado ao computador que executa uma função multimídia (ex.: placa de captura de vídeo)

❖ Dispositivo de Armazenamento Multimídia

- dispositivo que pode armazenar vários tipos de mídia (ex.: DVD, CD-ROM)

❖ Rede Multimídia

- rede de comunicação de dados (e protocolos) que permite o transporte de múltiplos tipos de mídia

O que é Multimídia?

❖ Aplicação Multimídia

- função/programa que suporta um serviço multimídia ao usuário final (ex.: videoconferência)

❖ Tecnologia Multimídia

- campos tecnológicos específicos que habilitam aplicações multimídia (ex.: compressão de áudio/vídeo)

❖ Plataforma Multimídia

- computador com hardware multimídia, que dá suporte e habilita o uso de aplicações multimídia (ex.: PC com placa de áudio/vídeo)

❖ Adaptador/Placa Multimídia

- hardware conectado ao computador que executa uma função multimídia (ex.: placa de captura de vídeo)

❖ Dispositivo de Armazenamento Multimídia

- dispositivo que pode armazenar vários tipos de mídia (ex.: DVD, CD-ROM)

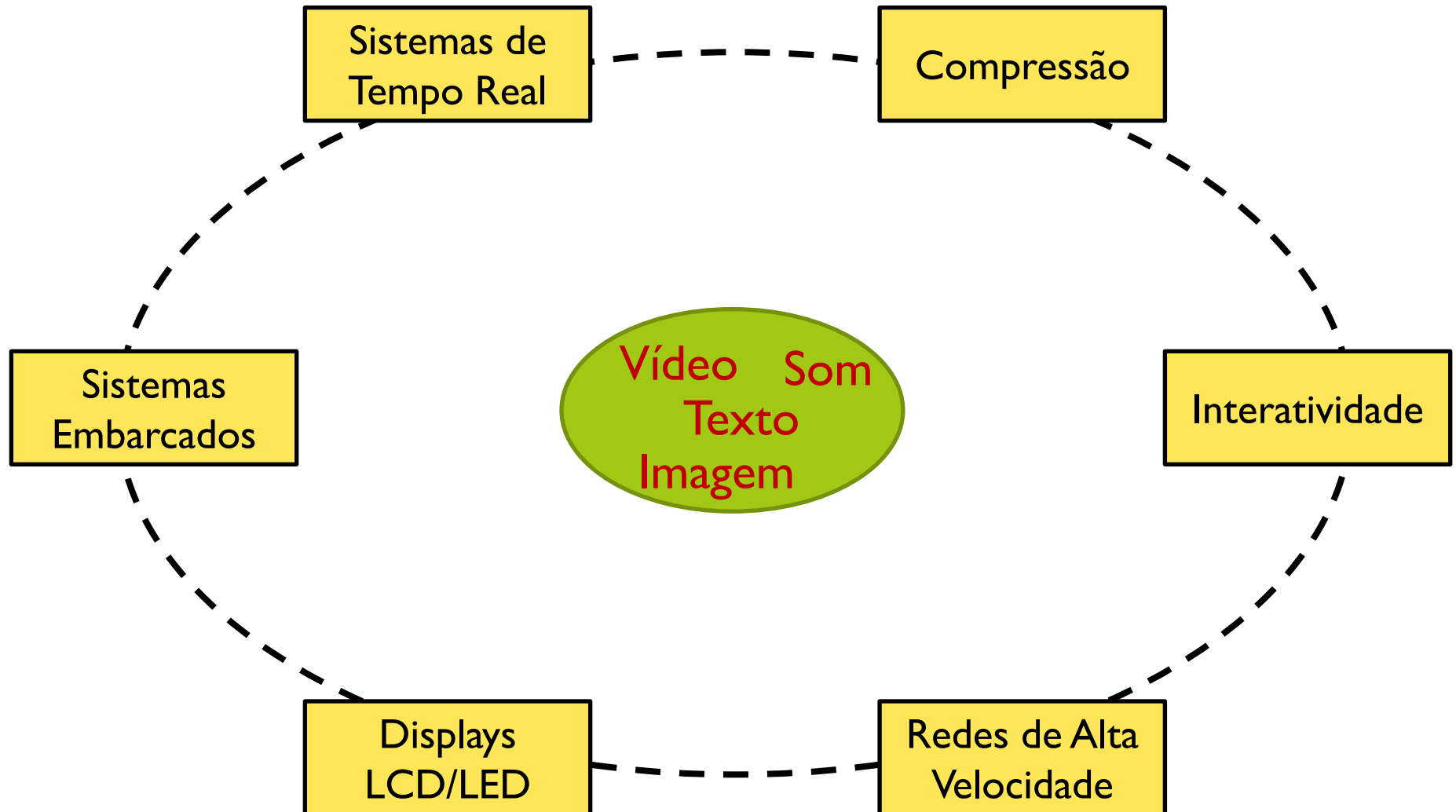
❖ Rede Multimídia

- rede de comunicação de dados (e protocolos) que permite o transporte de múltiplos tipos de mídia

Tecnologias e Aplicações MM



Tecnologias e Aplicações MM



Tecnologias e Aplicações MM



Por que Multimídia?

- ❖ A informação é melhor percebida pelo usuário se apresentada sob forma de áudio, vídeo, animação, etc. **em conjunto** ao invés de apenas texto e imagem separadamente
- ❖ Potencial para **melhorar as nossas vidas**
 - aprendizado
 - entretenimento
 - trabalho
 - medicina
 - ciência
- ❖ **Grande demanda de mercado!**

Por que Multimídia?

- ❖ Avanços tecnológicos permitiram a popularização de multimídia
 - aumento na **capacidade computacional**
 - CPUs mais poderosos
 - ferramentas dedicadas para compressão de áudio, vídeo, etc.
 - aumento na **capacidade de armazenamento**
 - discos de alta capacidade
 - armazenamento com alta largura de banda
 - aumento na **largura de banda das redes**
 - redes de fibra ótica de alta velocidade (redes gigabit)
 - tecnologias de comutação rápida de pacotes

Desafios da Área de Multimídia

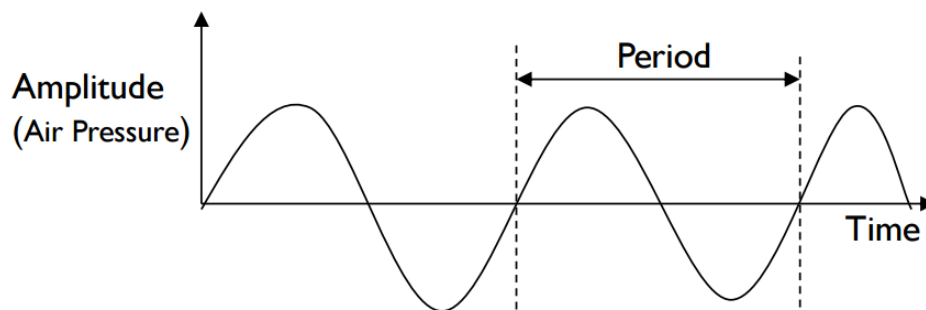
- ❖ Manipular **grandes volumes de dados** de forma eficiente, tem tempo aceitável
- ❖ Processar mídias tradicionais e **discretas** (textos e imagens) junto com novas mídias **contínuas** (áudio e vídeo)
- ❖ Comunicar dados multimídia em **redes que não oferecem garantias** de
 - atraso fim-a-fim
 - variações no atraso de cada pacote dentro de um fluxo de pacotes
 - largura de banda
- ❖ A área de Multimídia está ligada aos mais importantes desafios da tecnologia da informação: **computação, comunicação e armazenamento.**

Grande Volume de Dados

	Characteristics	BW Required
Speech	8000 samples/s, 1 byte/sample	8 Kbytes/s or 64 Kbps
CD Audio	44,100 samples/s, 2 bytes/sample, stereo	176.4 Kbytes/s or 1.41 Mbps
Satellite Imagery	180×180 km ² 30 m ² resolution	600 Mbytes/image (60 MB, compressed)
NTSC Video	30 fps, 640×480 pixels, 3 bytes/pixel	27.6 Mbytes/s or 221.2 Mbps (2-8 Mbps, compressed)
HD video	60 fps, 1920×1080 pixels, 3 bytes/pixel	373.2 Mbytes/s or 2.99 Gbps (15-30 Mbps, compressed)

Propriedades de Áudio

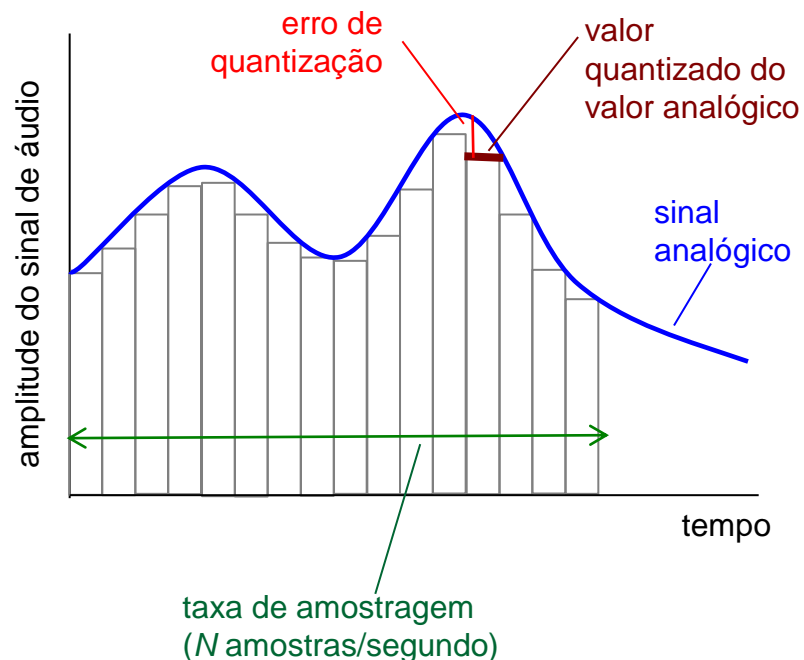
- ❖ O **som** é criado através da vibração de matéria (ex.: moléculas do ar)
- ❖ O som é uma onda contínua que viaja através do ar:
 - **Amplitude**: medida de deslocamento da onda de pressão do ar a partir do seu estado natural (medida em decibéis – dB)
 - **Frequência**: número de períodos em um segundo (medido em Hertz – Hz, ciclos/segundo)
- ❖ Um **transdutor** (em um microfone) converte a pressão do ar em níveis de voltagem
- ❖ O sinal analógico é convertido em fluxo digital através de **digitalização**



Propriedades de Áudio

Digitalização

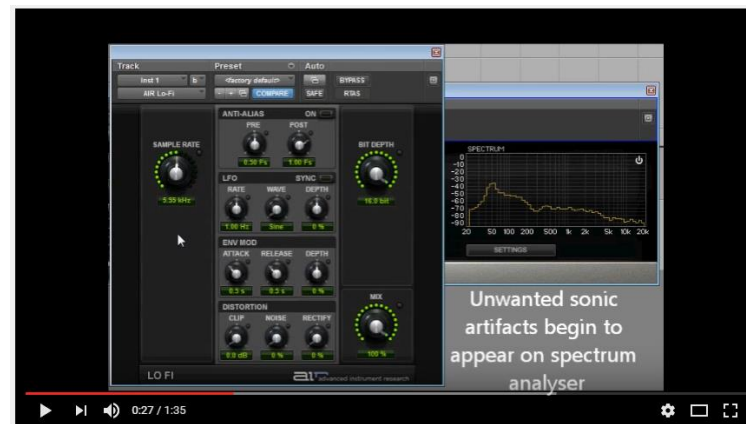
- ❖ realiza-se **amostragem** em taxa fixa:
 - telefone: 8.000 amostras/segundo
 - música em CD: 44.100 amostras/segundo
- ❖ cada amostra é então **quantizada**, isto é, arredondada
 - ex.: $2^8=256$ valores quantizados possíveis
 - cada valor quantizado é representado por bits, ex.: 8 bits para 256 valores



- ❖ por fim, o sinal é **codificado**, isto é, atribui-se um código binário a cada valor quantizado
 - *Pulse Code Modulation (PCM)*

Propriedades de Áudio

- ❖ sinal analógico decodificado é apenas uma **aproximação** do original
- ❖ qualidade pode ser **degradada**
- ❖ aumentando taxa de amostragem e níveis de quantização, reduzimos as perdas
- ❖ **relação direta** entre qualidade do sinal e taxa de bits do sinal digital
- ❖ exemplos de taxas de bit:
 - CD: 1,411 Mbps
 - MP3: 96, 128, 160 kbps
 - telefone via Internet: 5,3 kbps ou mais



<https://www.youtube.com/watch?v=UaKho805vCE>

- ❖ **Pergunta:**
Qual é a taxa de bits de um sinal de áudio amostrado a 8 mil amostras/segundo, com quantização de 8 bits/amostra?

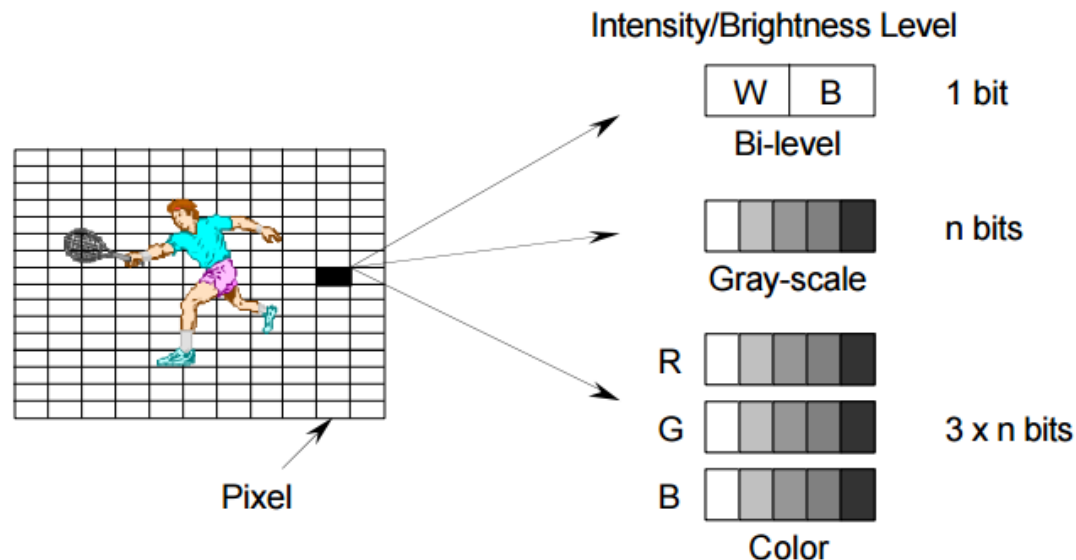
Propriedades de Áudio

- ❖ Um **formato de dados de áudio** é caracterizado por quatro parâmetros:
 - **Taxa de amostragem:** a frequência de amostragem do áudio
 - **Precisão:** número de bits usados para armazenar cada amostra do áudio (ex: 16 bits)
 - **Codificação:** forma de representação dos dados de áudio (ex.: PCM, u-Law, etc.)
 - **Canal:** múltiplos canais de áudio podem ser utilizados (ex.: stereo right/left)
- ❖ A técnica básica **PCM** raramente é utilizada na Internet
- ❖ São usadas técnicas que permitem **compressão**
 - a voz humana pode ser compactada para menos de 10 kbps e ainda ser inteligível
- ❖ **MPEG 1 Layer 3 (MP3)**
 - permite compactar em várias taxas diferentes
 - quantização não-uniforme
 - princípios psico-acústicos
 - veremos na Unidade 3

Propriedades de Imagem

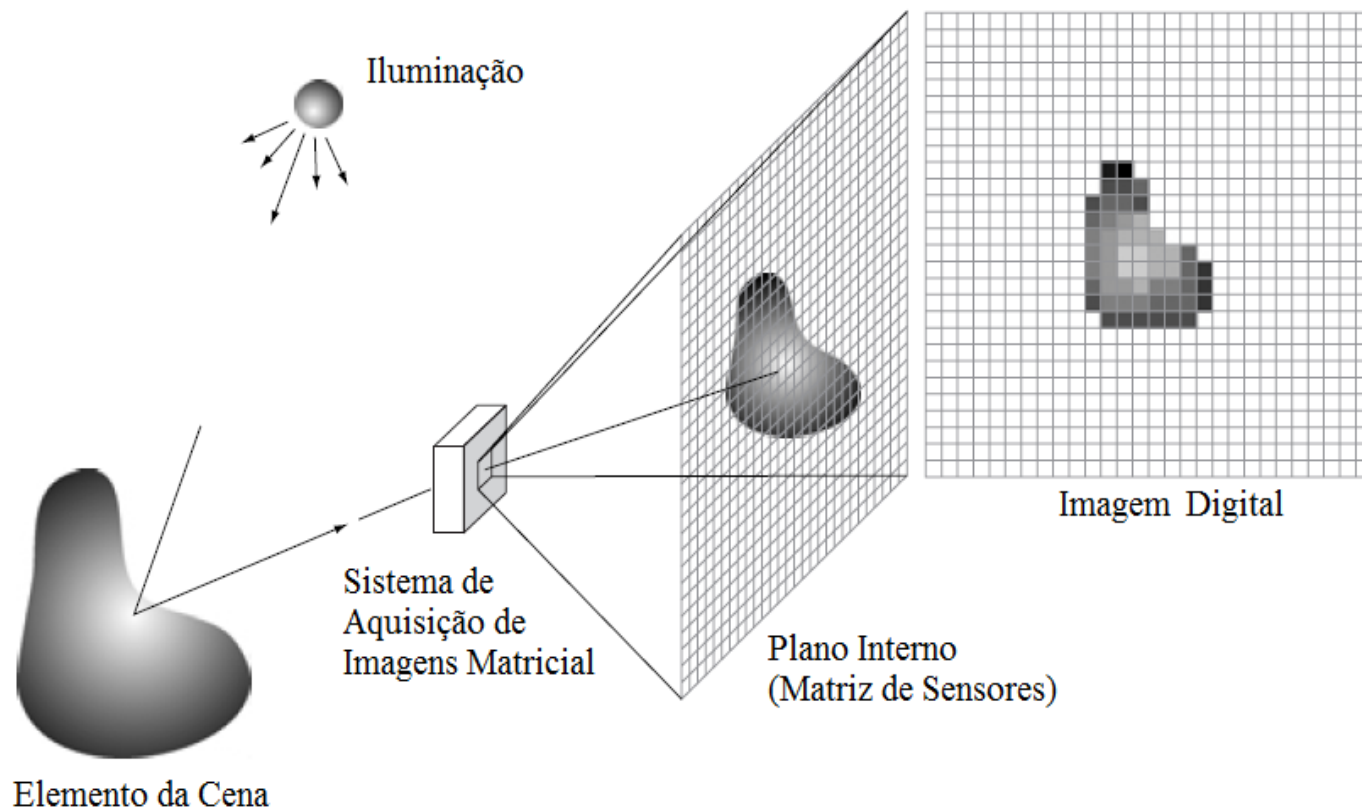
- ❖ imagem: coleção de $M \times N$ elementos de imagem, os **pixels** (**p**icture **e**lements)
- ❖ representação do pixel pode ser de dois níveis, escala de cinza ou colorido

Mas como a imagem digital é gerada?



Propriedades de Imagem

- ❖ A **onda de luz** é absorvida por sensores e convertida para sinal elétrico (voltagem) analógico
- ❖ O sinal analógico é convertido em digital através da **digitalização**



Propriedades de Imagem

- ❖ A **onda de luz** é absorvida por sensores e convertida para uma voltagem
- ❖ O sinal analógico é convertido em digital através da **digitalização**

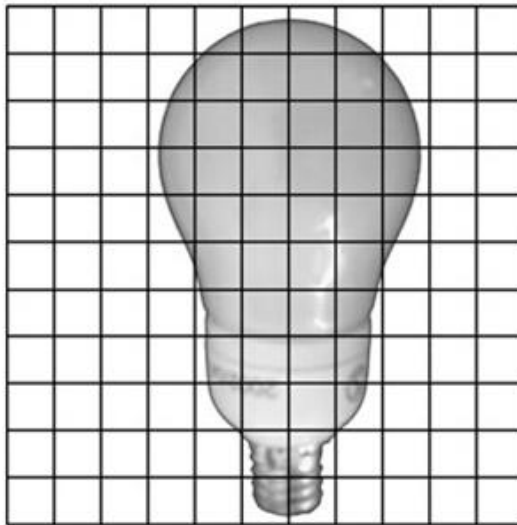


Imagem contínua

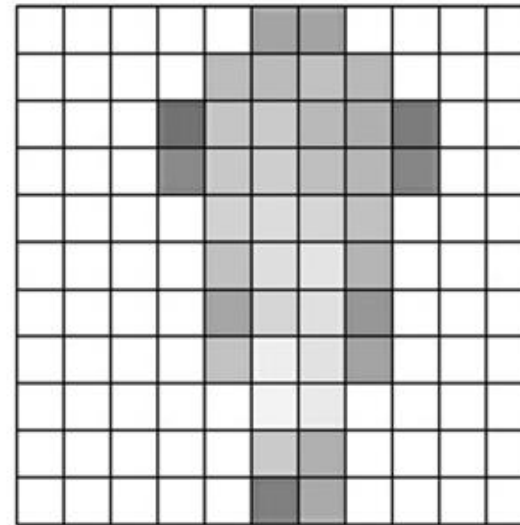
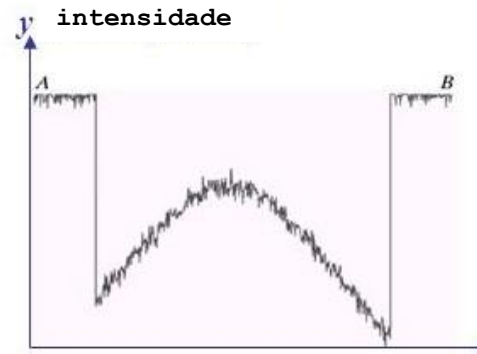
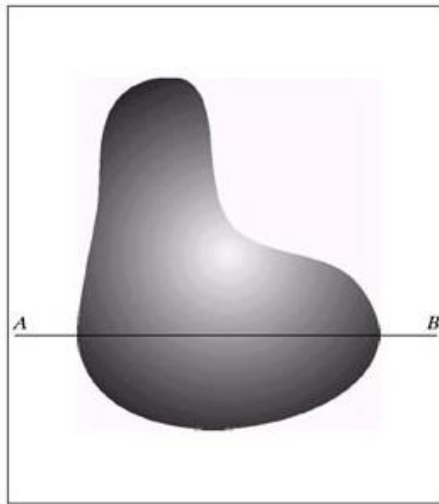


Imagem digital

Propriedades de Imagem

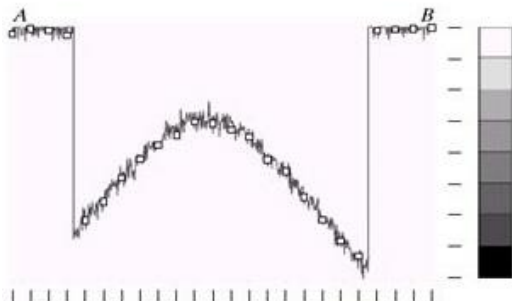
Digitalização

Imagem **contínua**
captada e linha de
varredura AB



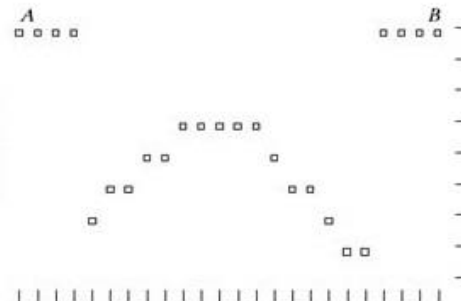
Valores de **amplitude**
contínuos ao longo da
linha de varredura AB
(**contínuo**)

Amostragem
(digitalização da
coordenada) sobre a
linha de varredura
AB



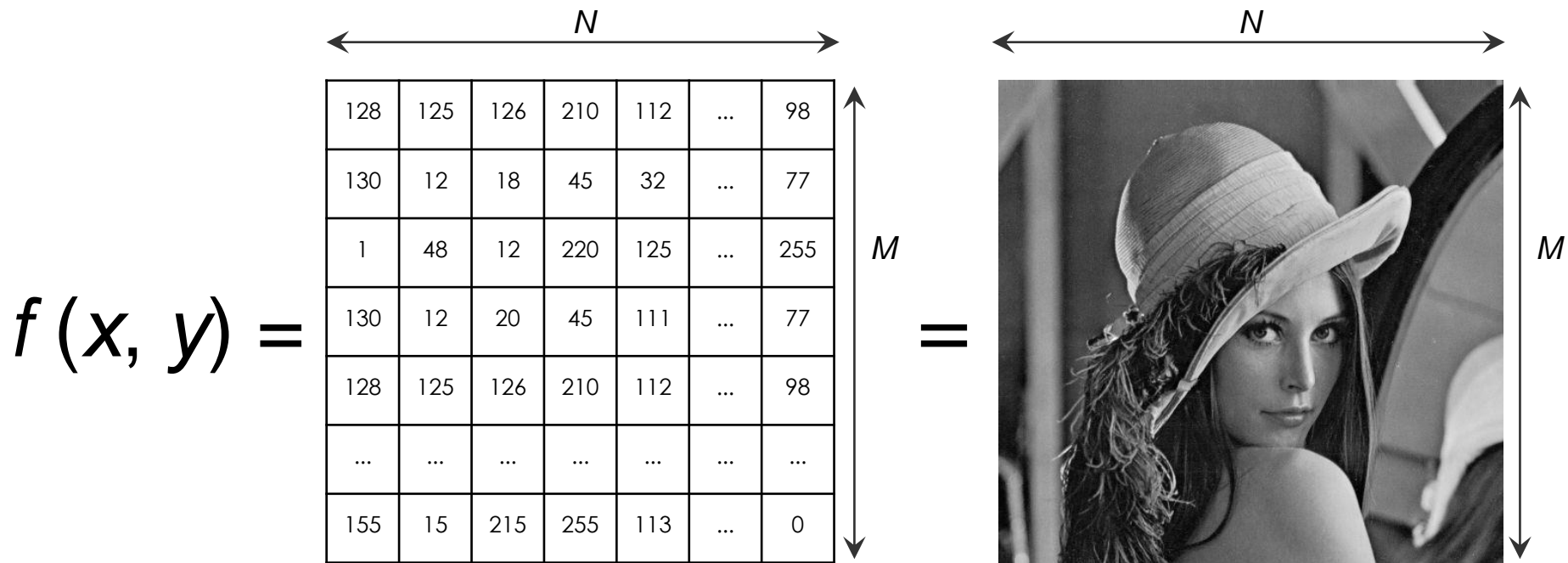
amostragem

Quantização
(digitalização da
amplitude) ao longo da
linha de varredura AB



Propriedades de Imagem

- ❖ Após a digitalização, a imagem contínua $f(s, t)$ é convertida para uma imagem digital $f(x, y)$.

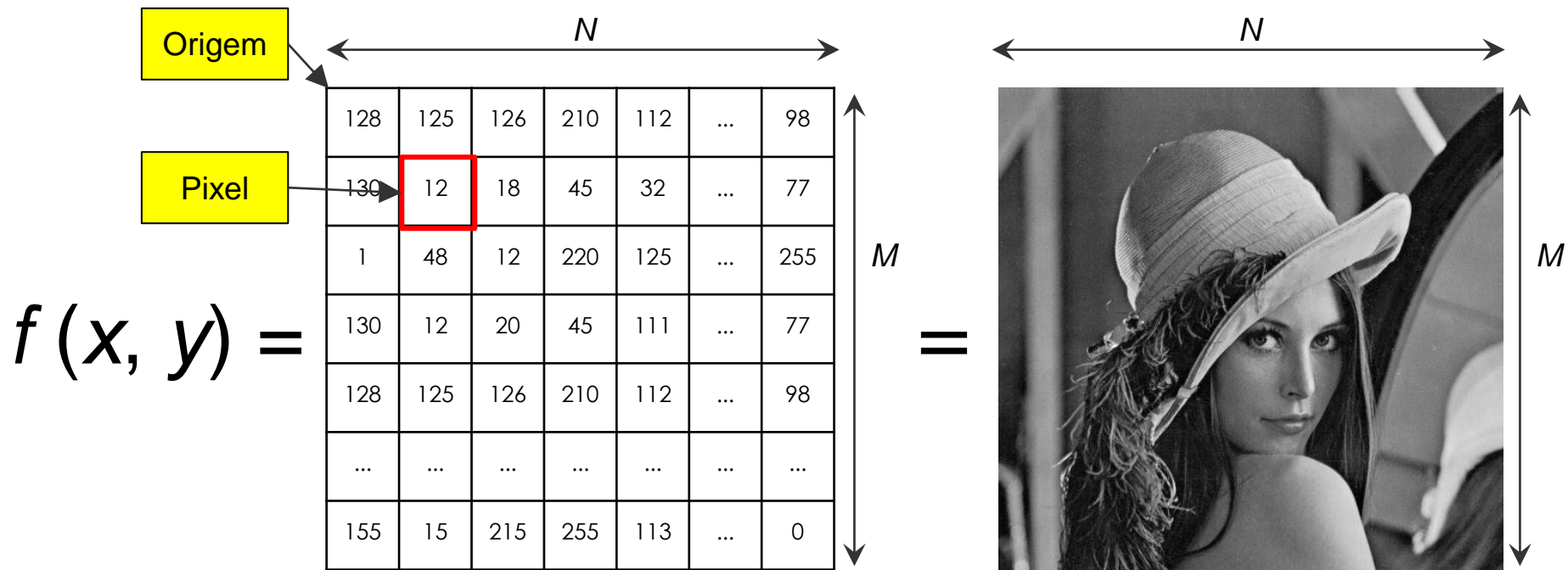


$$x = 0, 1, 2, 3, \dots, M-1$$
$$y = 0, 1, 2, 3, \dots, N-1$$

***Neste exemplo
específico, $N = M = 512$**

Propriedades de Imagem

- ❖ Após a digitalização, a imagem contínua $f(s, t)$ é convertida para uma imagem digital $f(x, y)$.



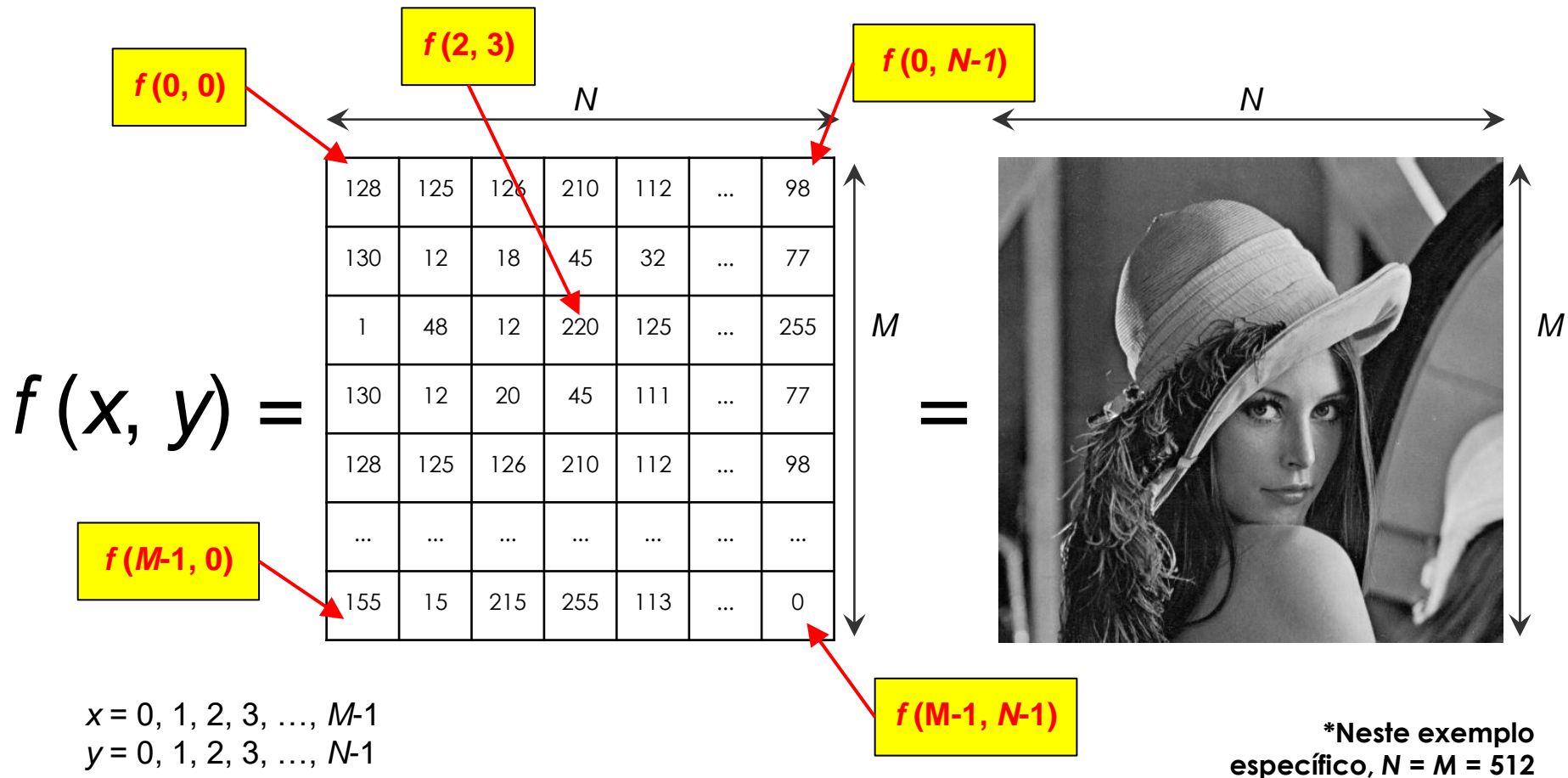
$$x = 0, 1, 2, 3, \dots, M-1$$

$$y = 0, 1, 2, 3, \dots, N-1$$

*Neste exemplo
específico, $N = M = 512$

Propriedades de Imagem

- ❖ Após a digitalização, a imagem contínua $f(s, t)$ é convertida para uma imagem digital $f(x, y)$.



Propriedades de Imagem

- ❖ Como escolher os valores das dimensões **M** e **N** ?
- ❖ Como escolher o número **L** de níveis discretos de intensidade utilizados na imagem $f(x, y)$?
- ❖ Considerações sobre o hardware costumam limitar L .

$$L = 2^k$$

onde k é o número de bits utilizados para representar o valor de uma amostra/pixel.

- ❖ **Pergunta:**
Qual é a quantidade de bits necessária para codificar uma imagem em escala de cinza de 1920x1080 pixels, com quantização de 8 bits/pixel?

Propriedades de Imagem

Resolução Espacial

- ❖ Para ter algum significado em termos de **qualidade visual**, deve ser expressa com relação a unidades espaciais. O tamanho da imagem não diz tudo!
- ❖ Dizer “*A figura tem resolução de 1024x1024 pixels*” não diz muito sobre a qualidade se não especificarmos as dimensões espaciais da imagem.

Propriedades de Imagem

Resolução Espacial



150 × 123 pixels



150 × 123 pixels

Propriedades de Imagem

Resolução Espacial



150 × 123 pixels



75 × 62 pixels



37 × 31 pixels

Propriedades de Imagem

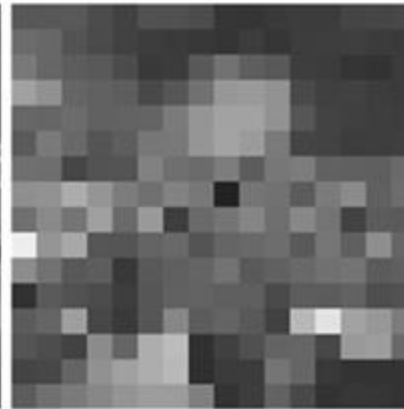
Resolução Espacial



256 x 256



64 x 64



16 x 16

Propriedades de Imagem

Resolução Espacial

- ❖ Para ter algum significado em termos de **qualidade visual**, deve ser expressa com relação a unidades espaciais. O tamanho da imagem não diz tudo!
- ❖ Dizer “*A figura tem resolução de 1024x1024 pixels*” não diz muito sobre a qualidade se não especificarmos as dimensões espaciais da imagem.
- ❖ Geralmente associamos a informação de resolução a uma informação de dimensão espacial
 - *Dots per inch* (dpi): pontos por polegada
 - *Lines per inch* (lpi): linhas por polegada
 - *Pixels per inch* (ppi): pixels por polegada

Propriedades de Imagem

Resolução de Intensidade

- ❖ Número de níveis de intensidade em uma imagem
- ❖ Níveis de quantização

$$L = 2^k$$

k = bits por pixel

L = níveis de intensidade

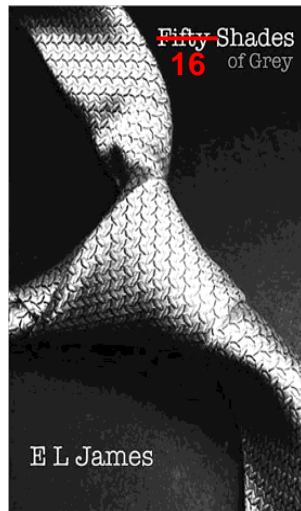
$k = 8$



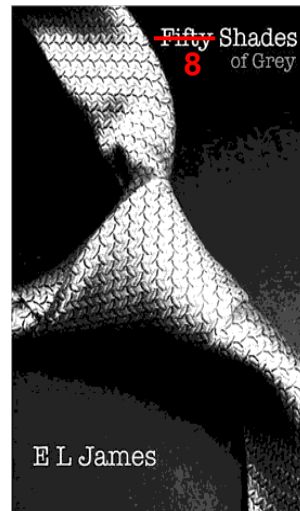
$k = 5$



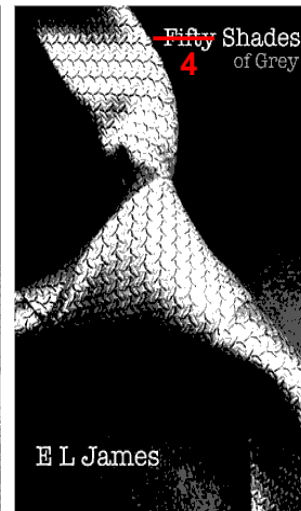
$k = 4$



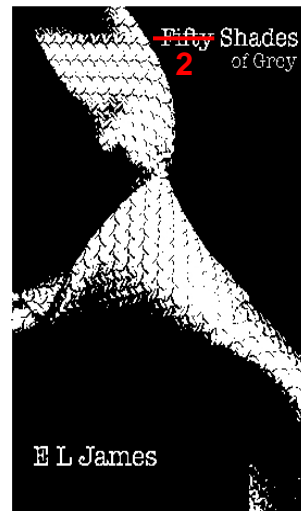
$k = 3$



$k = 2$



$k = 1$



Pergunta:

Qual o tamanho (em bits) de cada uma das imagens acima, considerando que todas têm resolução espacial igual a 275×414 pixels?

Propriedades de Imagem

Resolução de Intensidade

- ❖ Número de níveis de intensidade em uma imagem
- ❖ Níveis de quantização

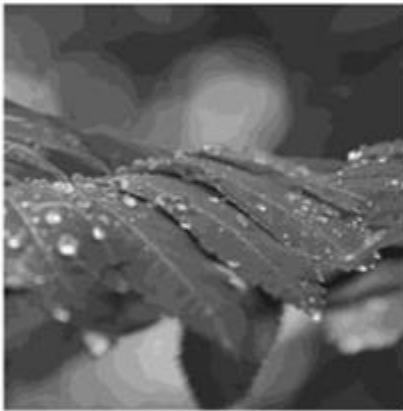
$$L = 2^k$$

k = bits por pixel

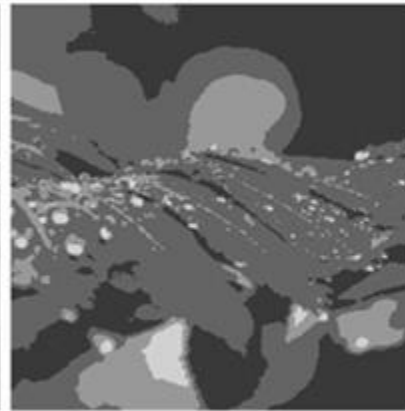
L = níveis de intensidade



256 tons de cinza



16 tons de cinza

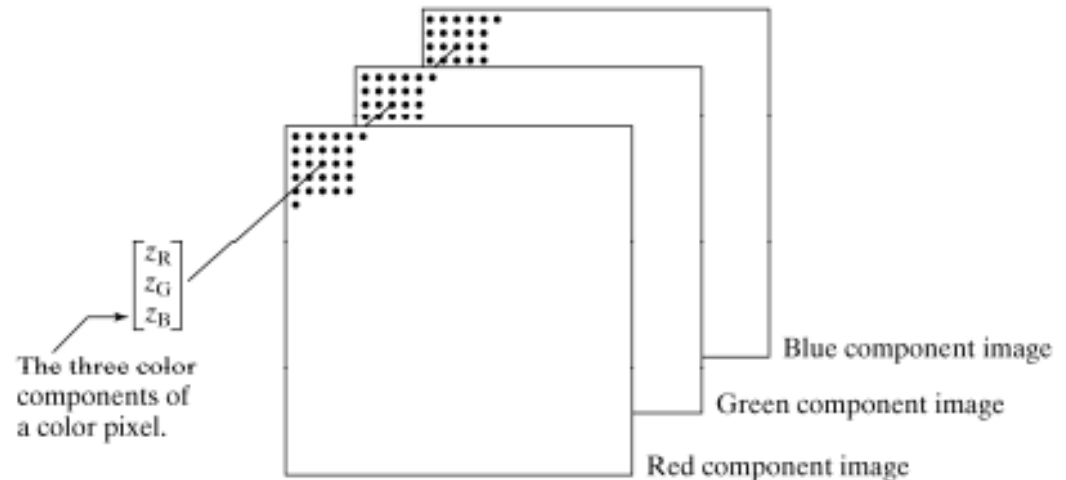


4 tons de cinza

Propriedades de Imagem

Imagens Coloridas (Espaço de Cores RGB)

- ❖ Uma imagem colorida RGB é um *array* de $M \times N \times 3$ amostras, onde cada pixel é uma tripla de amostras correspondente às cores vermelho, verde e azul
- ❖ Cada amostra possui 8 bits, portanto um pixel possui **24 bits!**
- ❖ 24 bits = até **16.777.216 cores** diferentes!



Propriedades de Imagem

Imagens Coloridas (Espaço de Cores RGB)



RGB



R



G



B

Propriedades de Imagem

Imagens Coloridas (Espaço de Cores YCbCr)

- ❖ Espaço de cores utilizado em vídeo digital
- ❖ **Y**: informação de luminância
- ❖ **Cb**: diferença entre a componente **azul** e um valor de referência
- ❖ **Cr**: diferença entre a componente **vermelha** e um valor de referência

- ❖ **Conversão de RGB para YCbCr**

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.966 \\ -37.797 & -74.203 & 112.000 \\ 112.000 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Propriedades de Imagem

- ❖ Uma única imagem digitalizada de 1024x1024 pixels e 24 bits por pixel requer:
 - ~25 Mbits de armazenamento
 - ~7 minutos para ser enviada em um modem de 64 Kbps!
 - ~8-25 segundos para ser enviada em um modem de 1-3 Mbps!
- ❖ **Alguma compressão é necessária!**

Propriedades de Vídeo

- ❖ vídeo: sequência de imagens exibidas em taxa constante (*frames per second* – fps)
 - mínimo 15 fps
 - está bem a 30 fps
 - HDTV recomenda 60 fps
- ❖ “Video made up 68% of consumer internet traffic in 2015. *That will rise to 82% in 2020.*” CISCO Systems
- ❖ **Pergunta:** em um sistema de TV de alta definição (HDTV) sem compressão, qual é a largura de banda necessária para a transmissão de vídeo?
 - HDTV: 1920x1080 pixels
 - HDTV: 60 fps

Propriedades de Vídeo

- ❖ vídeo: sequência de imagens exibidas em taxa constante (*frames per second* – fps)
 - mínimo 15 fps
 - está bem a 30 fps
 - HDTV recomenda 60 fps
- ❖ “Video made up 68% of consumer internet traffic in 2015. *That will rise to 82% in 2020.*” CISCO Systems

- ❖ **Pergunta:** em um sistema de TV de alta definição (HDTV) sem compressão, qual é a largura de banda necessária para a transmissão de vídeo?
 - HDTV: 1920x1080 pixels
 - HDTV: 60 fps

Resposta:

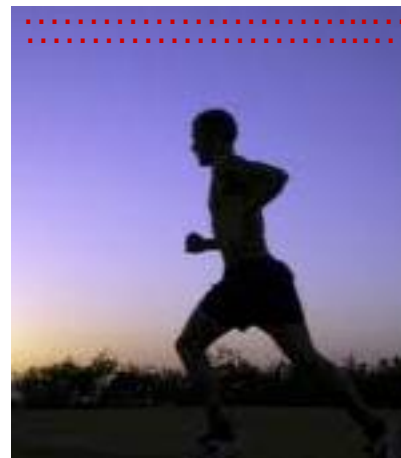
$$3 \times 1920 \times 1080 \times 8 \times 60 = 2.985.984 \text{ bps} = 3 \text{ Gbps!}$$

Propriedades de Vídeo

Compressão de vídeo:

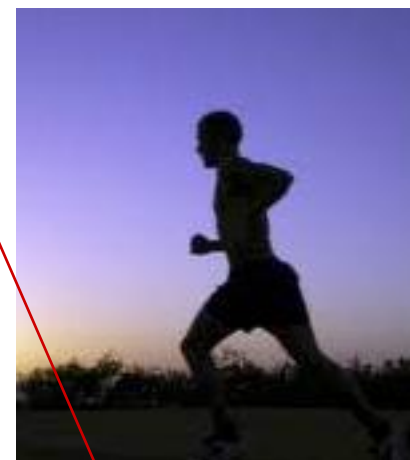
- ❖ usa a redundância *dentro* e *entre* imagens para reduzir número de bits
 - Redundância espacial (dentro da imagem)
 - Redundância temporal (entre imagens)

exemplo de codificação espacial:
ao invés de enviar N valores da mesma cor (todos roxos), envia apenas dois valores: valor da cor (roxo) e número de valores repetidos (N)



quadro i

exemplo de codificação temporal: ao invés de enviar quadro completo em $i+1$, envia apenas a diferença entre quadros $i+1$ e i

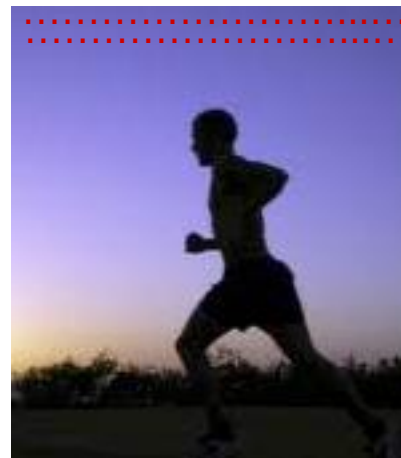


quadro $i+1$

Propriedades de Vídeo

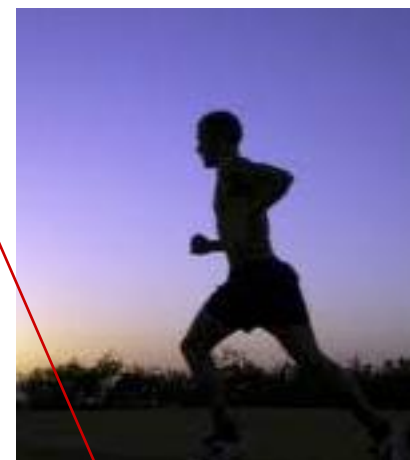
- ❖ **CBR (constant bit rate)**: taxa de codificação do vídeo é fixa
- ❖ **VBR (variable bit rate)**: taxa de codificação do vídeo muda à medida que a codificação espacial e temporal muda
- ❖ **exemplos:**
 - MPEG I (CD-ROM): 1.5 Mbps
 - MPEG2 (DVD): 3-6 Mbps
 - MPEG4 (geralmente usado na Internet, < 1 Mbps)

exemplo de codificação espacial: ao invés de enviar N valores da mesma cor (todos roxos), envia apenas dois valores: valor da cor (roxo) e número de valores repetidos (N)



quadro i

exemplo de codificação temporal: ao invés de enviar quadro completo em $i+1$, envia apenas a diferença entre quadros $i+1$ e i



quadro $i+1$

Tipos de Aplicações de Redes MM

- ❖ áudio e vídeo de *fluxo contínuo armazenado*
 - *fluxo contínuo*: pode começar reprodução antes de descarregar o arquivo inteiro
 - *armazenado (no servidor)*: pode transmitir mais rápido que áudio/vídeo vai ser apresentado (implica em armazenar/buffer no cliente)
 - ex.: *YouTube, Netflix, Hulu*
- ❖ voz e vídeo sobre IP *interativos*
 - a natureza interativa da conversa humano-humano limita a tolerância a atraso
 - ex.: *Skype*
- ❖ áudio e vídeo *de fluxo contínuo ao vivo*
 - ex.: evento de esporte ao vivo (futebol)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO
TEC2/TEC4: REDES MULTIMÍDIA (RMM)

Unidade 1

Introdução aos Sistemas e Redes Multimídia

Propriedades de áudio, imagem e vídeo

Prof. Guilherme Corrêa
gcorrea@inf.ufpel.edu.br