
A Imagem

F YdfYgYbhUÃ; c XUg 7 cfYg

Tópico:

- ▣ Representação Digital da Imagem

Representação Digital de Imagens

- ❑ Tratamento e análise de imagens.
- ❑ **Processamento de Imagens**
 - manipulação e exibição de imagens prontas,
 - envolve processos de tratamento da imagem e processos que permitam a interface entre dispositivos de entrada e saída gráfica e o arquivo de imagem.
 - não possui como fim a geração de uma imagem a partir de dados, mas a manipulação de uma imagem previamente gerada e até possivelmente a extração de informações a partir desta imagem.

Representação Digital de Imagens

Aplicações:

- ❑ **Tratamento e melhoria de imagens**
 - ❑ Medicina, Controle de Qualidade, Biologia, Sistemas de Monitoração e Controle (segurança), Geologia, Sensoriamento Remoto (imagens de satélites), Meteorologia, etc.

- ❑ **Reconhecimento e classificação de objetos presentes em uma imagem**
 - ❑ Sistemas de segurança (impressões digitais), interpretação automática de textos, visão artificial, robótica, exploração automatizada (sistemas anti-bombas, exploração submarina, mísseis teleguiados), etc.

Representação Digital de Imagens

- ❑ **Imagem** → composta por um conjunto de pontos, denominados "Pixels" (*Picture Elements*) ou "Dots".
- ❑ **"Pixels"** → dispostos na tela do computador formando uma matriz de pontos que é denominada de "Bit-Map" ou "Mapa de Bits".
- ❑ **Mapa de bits** → reticulado - cada elemento da matriz possui uma informação referente à cor associada aquele ponto específico.
- ❑ **"Resolução" da imagem** → número de elementos que a imagem possui na horizontal e na vertical.

Representação Digital de Imagens

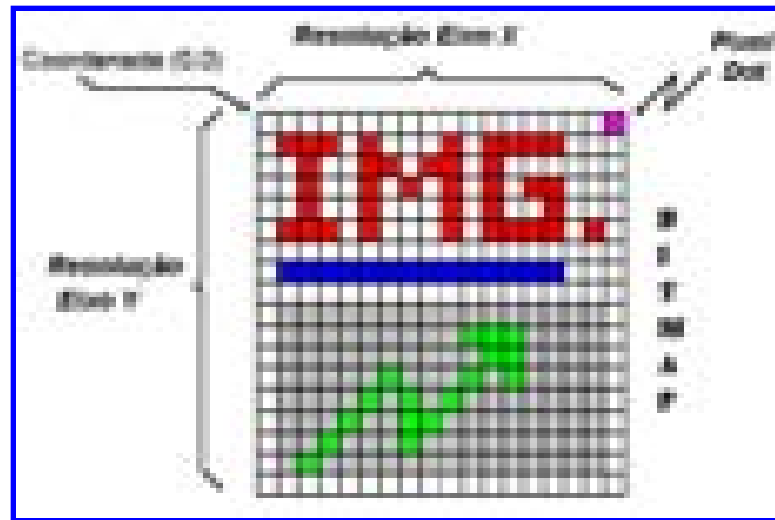
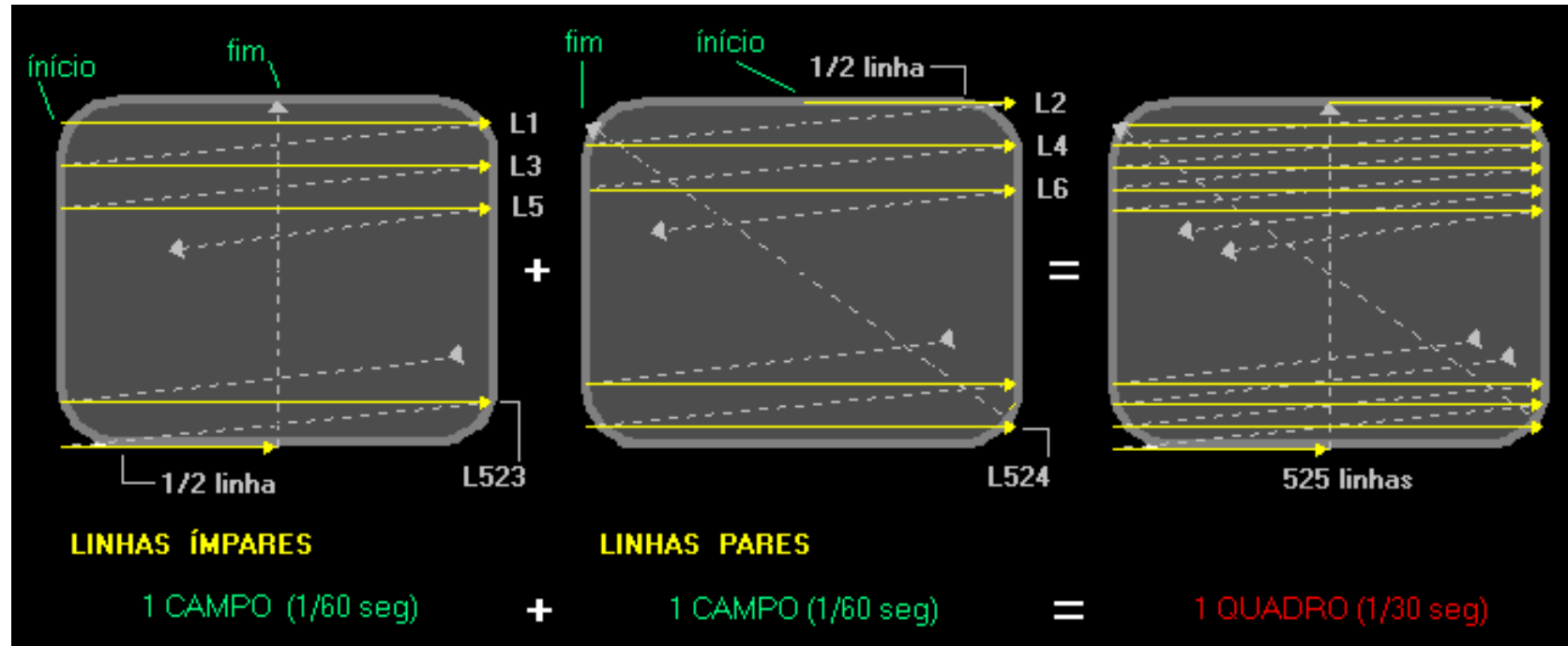


Imagem → matriz de pontos ou pixels, com resolução horizontal (eixo X) e vertical (eixo Y), para cada ponto da matriz tem-se uma cor associada (obtida de forma direta ou através de uma tabela de acesso indireto - "tabela de palette").

Representação Digital de Imagens

- ❑ **Resolução espacial da visão** – mede quantos **pontos** (**pixels**) diferentes o olho pode distinguir em uma imagem.
- ❑ **Campo visual humano** – matriz de 3.000 x 3.000 *pixels*.
- ❑ **Televisão comum** → 512 x 480 *pixels* (NTSC - *National Television Standards Committee* ou PAL-M: variação do padrão PAL - *Phase Alternate Lines*).
- ❑ **Televisão de alta definição** (HDTV) → 2.000 x 1.100 *pixels*
- ❑ **Computadores PC** → resolução determinada pelo modo gráfico escolhido – dentro do limite estabelecido, valores comuns: 640 x 480, 800 x 600 e 1024 x 768.
- ❑ **Razão de aspecto do monitor**: 4/3 – computadores e televisão comum e 2 (aproximadamente) para cinema e HDTV.

Representação Digital de Imagens

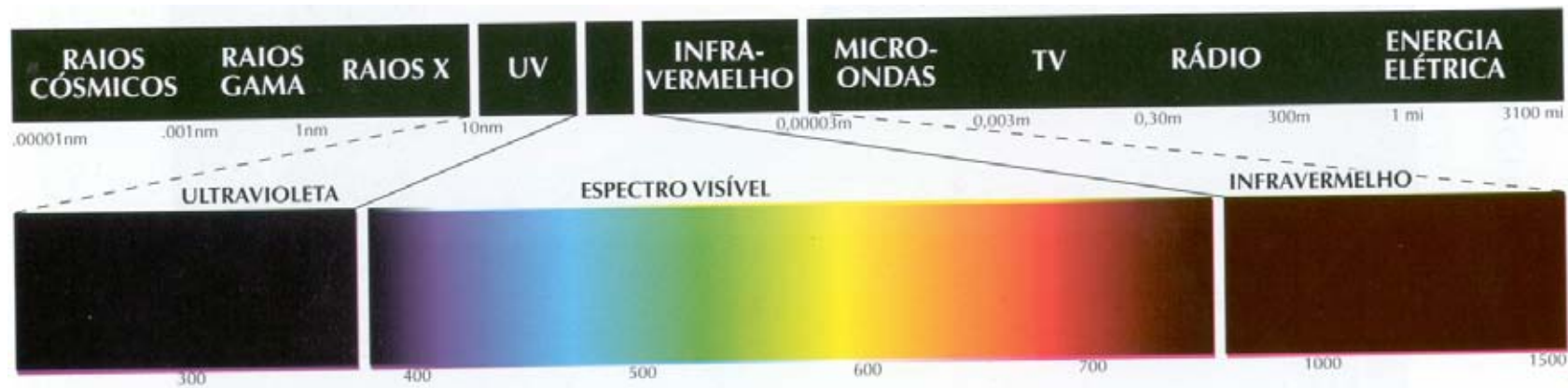


Princípio de funcionamento do aparelho de TV,
através do tubo de imagem (CRT).

Representação Digital de Imagens

- ❑ Quantidade de bits requerida por um *pixel* → depende principalmente da representação adotada para as cores.
- ❑ Visão humana
 - ❑ **Espectro visível**: 400nm (violeta) a 700nm (vermelho);
 - ❑ **Picos de maior sensibilidade do olho humano** – aproximadamente ao verde (principal), ao vermelho (um pouco menor) e ao azul (bem menor).
- ❑ Percepção das cores → **combinação linear** – cada cor é expressa como soma ponderada das cores básicas.

Representação Digital de Imagens



Espectro de energia eletromagnética

Representação Digital de Imagens

comprimento:	tipo de onda:
de 100 km a mais de 10.000 km	eletricidade (energia / telefone)
de 10 m a 100 m	ondas curtas (rádio)
de 1 m a 10 m	VHF (TV)
de 100 mm a 1 m	UHF (TV)
de 750 nm a 1 mm	infravermelho (controle remoto)
de 400 nm a 700 nm	luz (visível ao olho humano)
de 10 nm a 400 nm	ultravioleta (Sol, filtro solar)
de 0,01 nm a 10 nm	raios-X (chapa hospitalar)
de 0,000001 nm a 0,00001 nm	radiação cósmica (espaço)

Alguns tipos de ondas eletromagnéticas e seus respectivos comprimentos de onda.

Representação Digital de Imagens

"COR" → "tri-stimulus theory"

- ❑ Ser humano → sistema visual - três tipos de sensores capazes de identificar três faixas diferentes de "espectros de energia".
- ❑ As faixas correspondem às tonalidades de Vermelho (**R**ed) – 700nm, Verde (**G**reen) – 546,1nm e Azul (**B**lue) – 435,8nm.
- ❑ **O ser humano vê na realidade a combinação resultante da mistura destas três cores básicas.**

Representação Digital de Imagens

Sistema de cores utilizado nos computadores

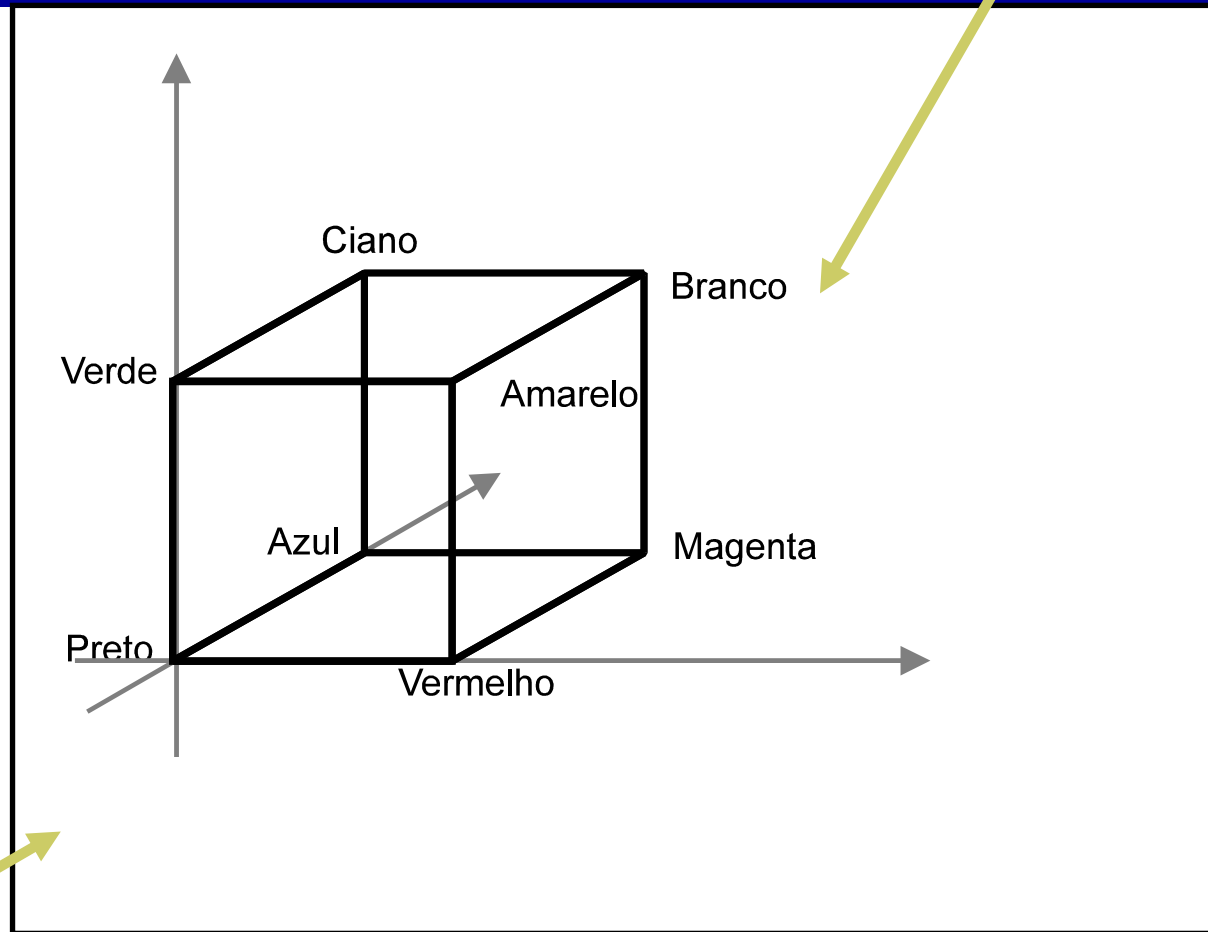
- ❑ Usualmente o sistema **RGB (Red-Green-Blue)** – **sistema aditivo** → controla a intensidade da geração das três cores básicas- **primárias aditivas**.
- ❑ Definição de cor no computador → especifica-se a intensidade (valor associado) aos emissores R, G e B.

Sistema aditivo – fontes emissoras de luz.

Sistema subtrativo – utilizadas tintas, os pigmentos absorvem determinadas cores e refletem outras.

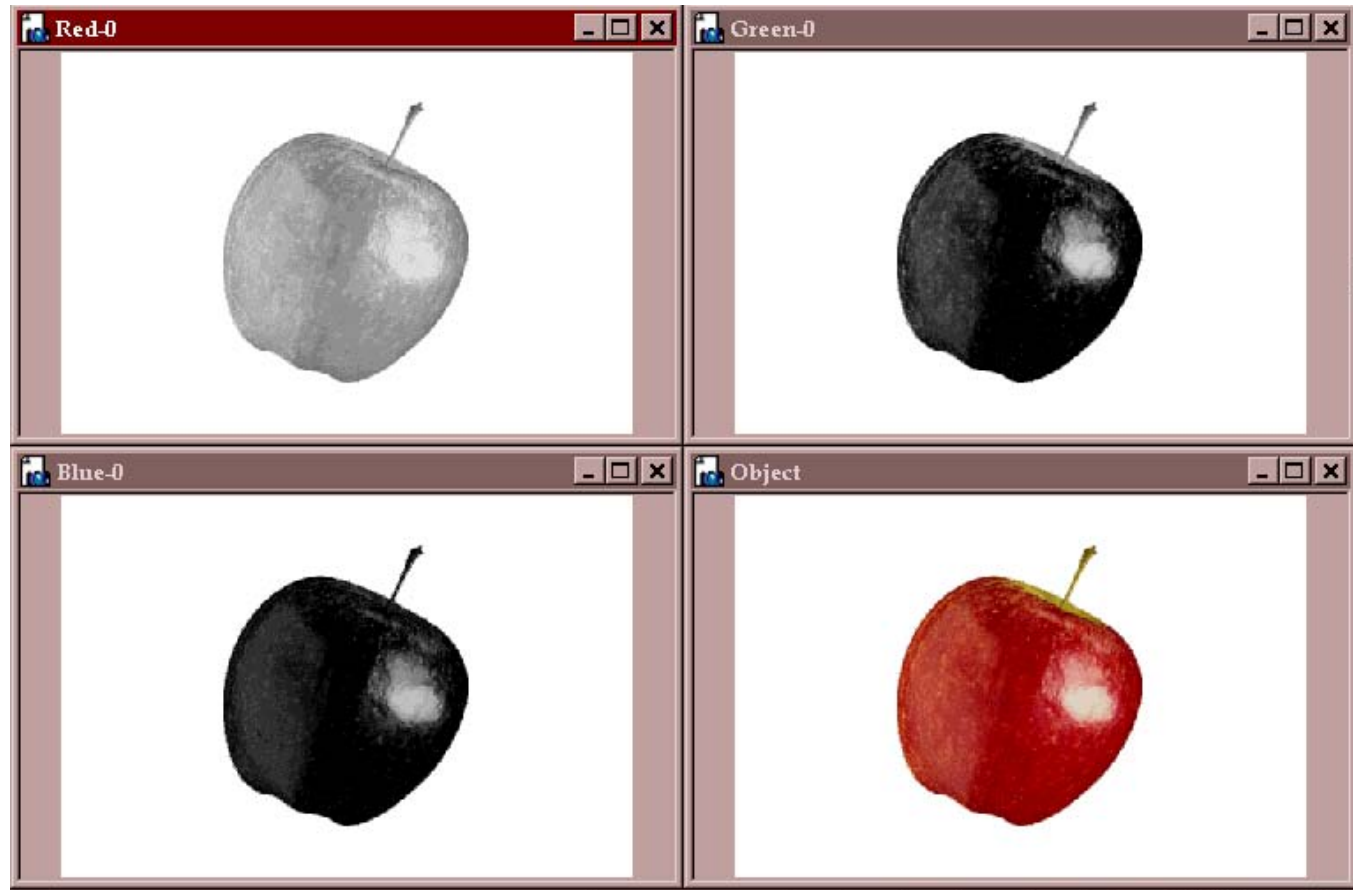
Sistema RGB

componentes estão presentes com a sua intensidade máxima.



intensidade zero nas três componentes.

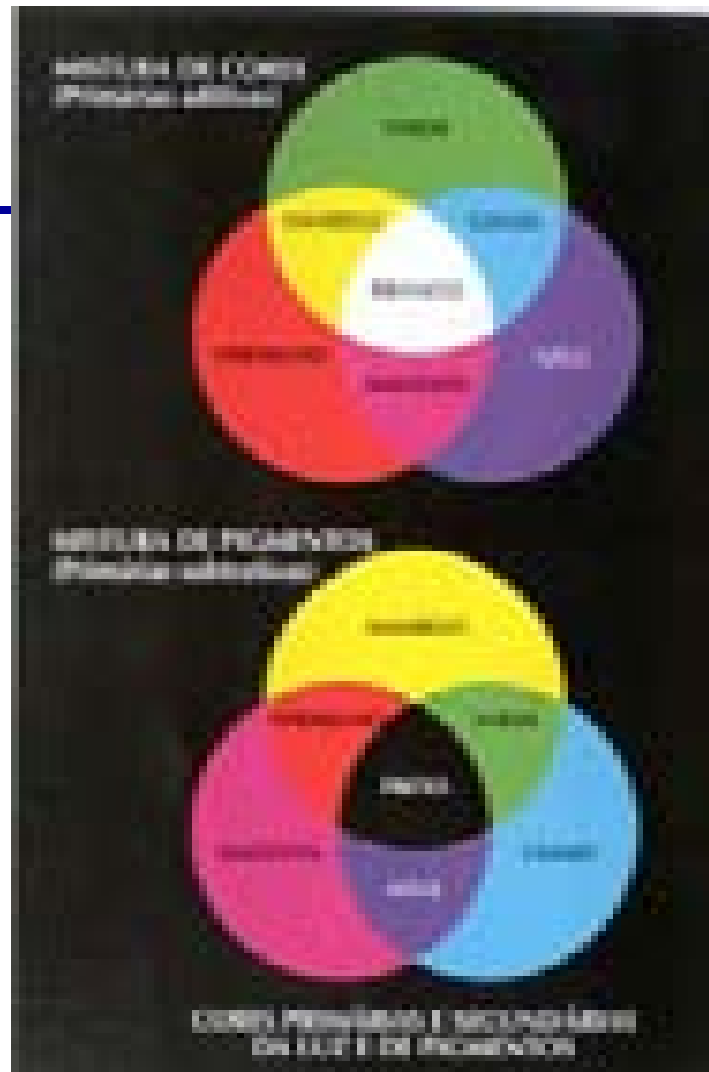
Decomposição em RGB



Representação Digital de Imagens

Sistema subtrativo (CMY - Cyan, Magenta e Yellow)

- ❑ **cores fundamentais** - ciano, magenta, amarelo;
- ❑ Complementar ao RGB (inverso) ;
- ❑ funciona por **combinação subtrativa**: mistura de pigmentos;
- ❑ é usada a variante **CMYK** (*cyan-magenta-yellow-black*) devido à dificuldade de obter pigmentos com alta pureza de cor.
- ❑ Pode ser representado também por um cubo – vértices são simétricos em relação ao cubo RGB
- ❑ origem: branco e o vértice (1, 1, 1): preto.
- ❑ **utilização** - impressão, fotografia.



Cores Primárias e Secundárias da Luz e de Pigmentos

Fonte: GONZALEZ, R. C. e WOODS, R., Processamento de Imagens Digitais, Editora Edgard Blücher, Ltda, 2000.

Representação Digital de Imagens

**Existem apenas os sistemas RGB e CMY
como formas de representação de cores?**

Representação Digital de Imagens

- Existem outros sistemas que procuram se adaptar melhor a uma determinada aplicação ou função.
- **Exemplos:**
 - YIQ – Y(luminância), I e Q (componentes cromáticos em-fase e quadratura)
 - HSI (*Hue Saturation Intensity*) – Matiz, Saturação e Intensidade
 - HSV (*Hue Saturation Value*) – Matiz, Saturação e Valor
 - HLS (*Hue Lightness Saturation*) - Matiz, Luminância, Saturação

orientado ao usuário

Manipulação de
Imagens coloridas

Representação Digital de Imagens

Intensidade ou luminância

- ❑ medida da energia luminosa;
- ❑ preto representa a ausência de energia (intensidade nula);
- ❑ Parâmetro da cor ao qual o olho é mais sensível;
- ❑ Sistemas “monocromáticos” trabalham com a informação de luminância;
- ❑ Codificação - 8 bits.

Representação Digital de Imagens

Matiz

- ❑ Medida do comprimento de onda dominante (mede a frequência dominante da vibração luminosa);
- ❑ Mede a qualidade que distingue o azul do verde, do vermelho, etc;
- ❑ Codificação – cerca de 4 bits.

Representação Digital de Imagens

Saturação

- ❑ Medida da pureza da cor;
- ❑ Branco (mistura perfeita das cores) representa a impureza da cor (saturação zero);
- ❑ Para outras cores, a saturação pode ser entendida como a quantidade de branco presente;
- ❑ Tons muito saturados são “brilhantes”;
- ❑ Tons pouco saturados são “pastel”;
- ❑ Codificação – cerca de 4 bits.

Representação Digital de Imagens

Modelo YIQ

- ❑ Usado na transmissão comercial de TV colorida;
- ❑ Projetado para tirar vantagem do sistema da maior sensibilidade da visão humana a mudanças na luminância do que nas mudanças de matiz e saturação;
- ❑ Representação de Y - Banda mais larga;
- ❑ Representação de I e Q – banda mais estreita.
- ❑ Luminância e informação de cores desacopladas.

Representação Digital de Imagens

Modelo HSI

- ❑ Componente de intensidade (I) desacoplado da informação de cor;
- ❑ Os componentes de matiz e saturação são intimamente relacionados à percepção humana de cores;
- ❑ Ideal para desenvolvimento de algoritmos baseados em propriedades do sistema visual humano.

Representação Digital de Imagens

Modelo HLS

- ▣ usado para especificação de cor por usuários humanos;
- ▣ a **intensidade** ou **luminância** - medida da energia luminosa;
- ▣ o **matiz** - medida do comprimento de onda dominante;

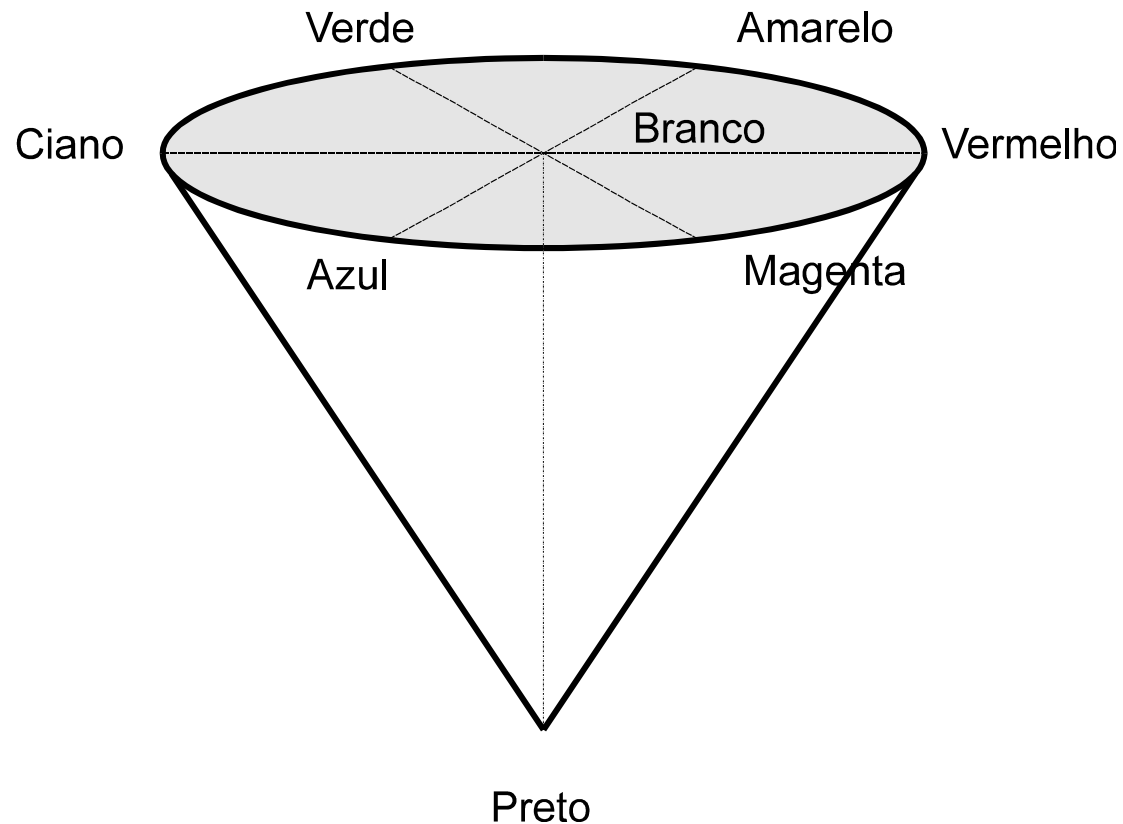
Representação Digital de Imagens

Modelo HLS

- a **saturação** - medida da pureza da cor;
- o preto representa a ausência de energia (baixa luminância);
- o branco representa a impureza da cor (baixa saturação).

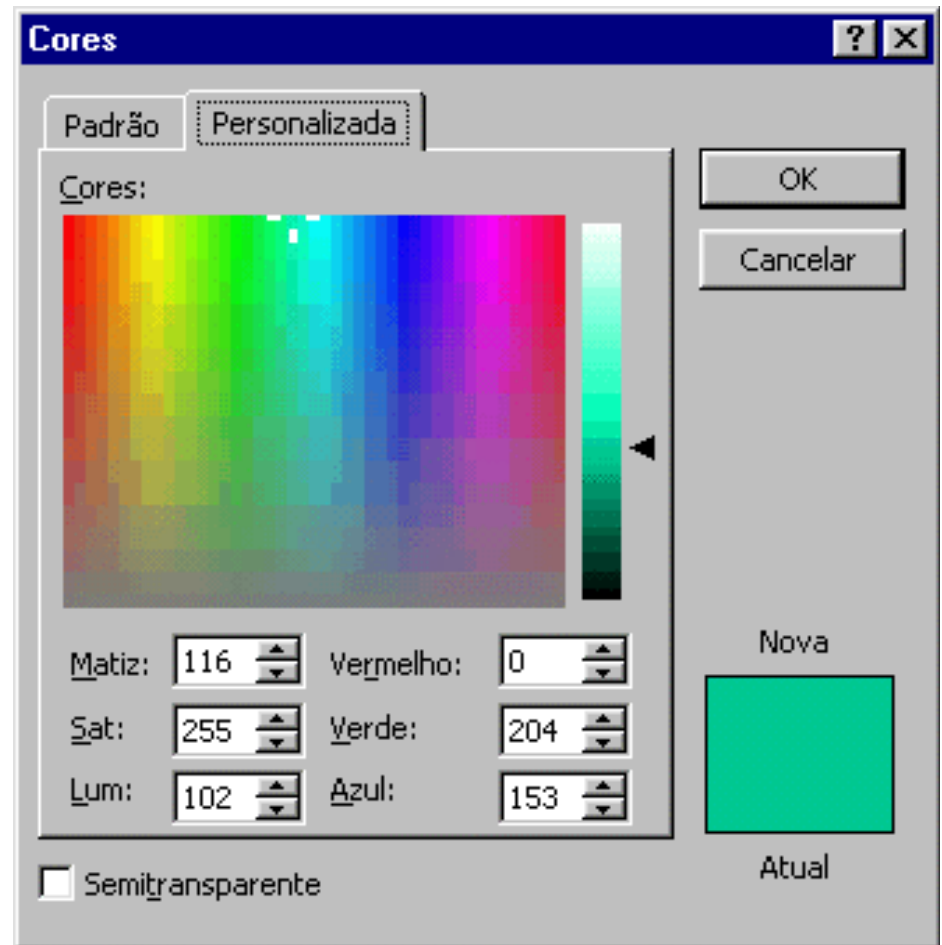
Representação Digital de Imagens

O Modelo HLS de Cores

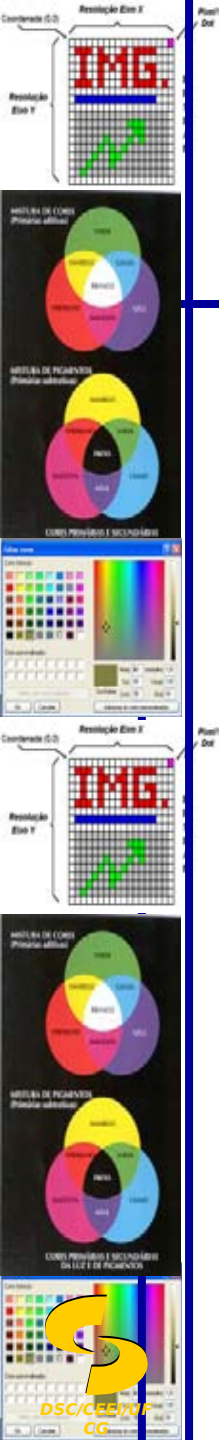
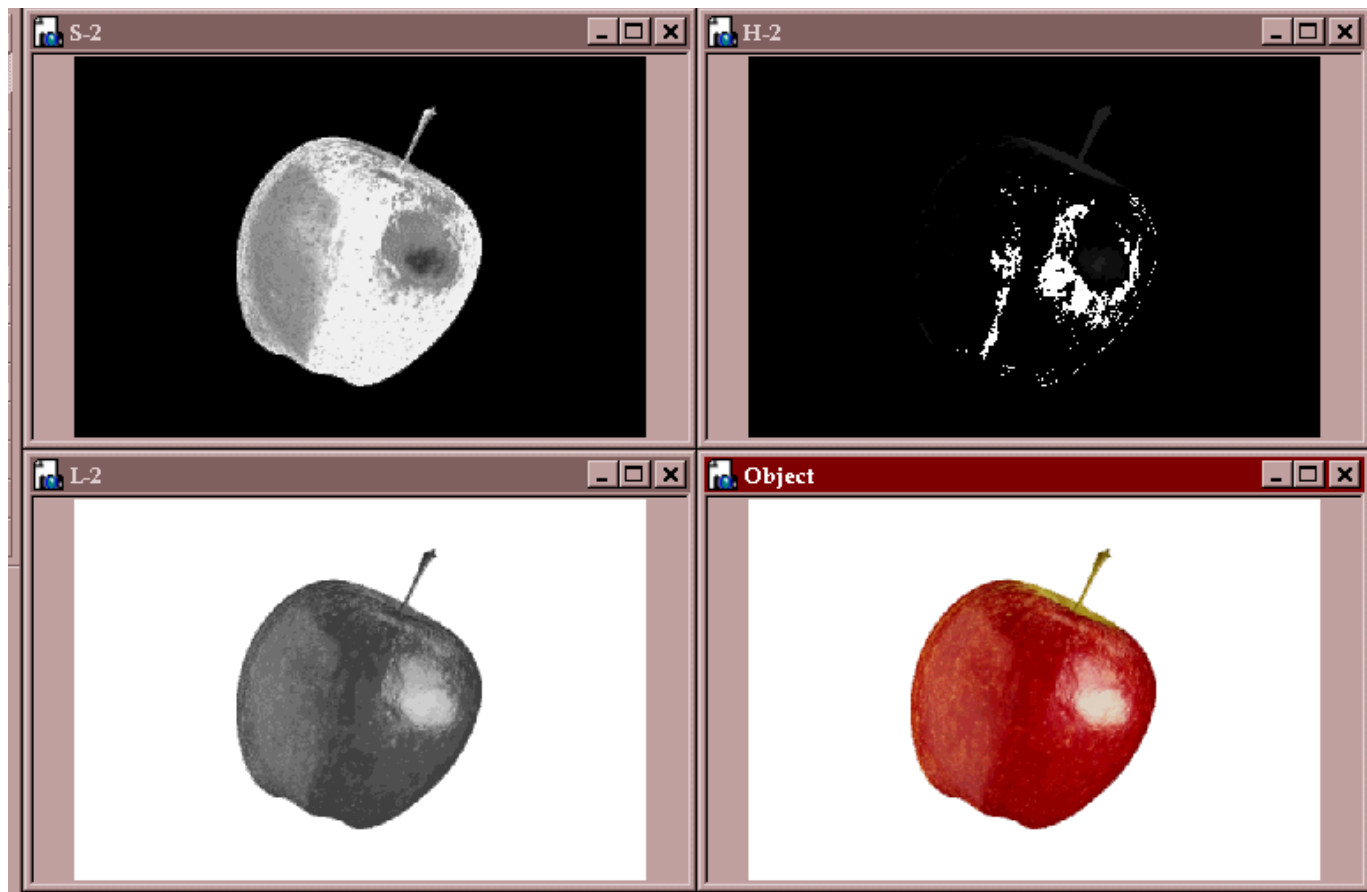


Representação Digital de Imagens

Caixa de seleção de cores baseada nos modelos HLS e RGB:



Decomposição em HLS



Representação Digital de Imagens

- A Gama do sistema → conjunto de cores que pode ser produzido a partir de determinadas primárias.

↑ saturação das primárias ⇒ ↑ gama

- Gama dos monitores profissionais > gama da TV;
- Gama da fotografia > gama dos monitores;
- Gama dos monitores > gama de várias técnicas de impressão.

Tópicos:

- ▣ Codificação das Cores
- ▣ Dispositivos Gráficos

Codificação das Cores

Codificação das cores

- ▣ **canal de cor** - cada cor primária usada para representar uma dada cor;
- ▣ **amostragem de cores** - a intensidade de cada primária é codificada no valor de um canal;
- ▣ **quantização das cores** - número de bits por canal, comumente: 1 a 8.

Codificação das Cores

Codificação das cores

- em sistemas de **cor verdadeira**, o valor do pixel é a combinação dos valores dos canais;
- em sistemas de **paleta**, o valor do pixel é um índice na tabela de cores;
- o **canal alfa**: pode ser usado para representar a transparência de um pixel.

Codificação das Cores

Quantização de cores

- ❑ Reduzir o espaço de cores de uma imagem.
- ❑ Seleção de um subconjunto das cores originais para aproximar estas cores.
- ❑ Problema de otimização, ou seja, qual o melhor subconjunto (depende da aplicação) ?

Codificação das Cores

Quantização das cores

- ❑ 8 bits para codificação de cada primária (olho humano - 256 níveis de luminância);
- ❑ Sistema de 3 primárias \Rightarrow 24 bits/pixel \Rightarrow **Sistema de cor verdadeira** \Rightarrow Reproduz cerca de 16 milhões de cores.
- ❑ Alternativa mais barata (redundância de cores em sistemas de 24 bits):
 - 5 bits/cor \Rightarrow 15 bits \Rightarrow 32.768 cores
 - codificação não simétrica - sacrificar o azul na codificação.

Codificação das Cores

Paletas

- Usada quando a capacidade de reprodução de cores do sistema é \leq a dos sistemas de cor verdadeira;
- O conteúdo do pixel é enviado como índice para uma tabela armazenada em uma memória especial (não é enviado diretamente ao monitor);
- Da tabela é retirado o valor para o monitor - Paleta (*palette*) ou tabela de cores (*color look-up table*);
- ↓ profundidade (tamanho em bits) do pixel \Rightarrow
↓ memória para armazenamento da imagem.

Codificação das Cores

Paletas

Número de cores exibíveis:

- ❑ Determinada pela profundidade do pixel
- ❑ Modos VGA e SuperVGA (8 bits) - 256 cores simultâneas.

Imagens em sistemas de 8 bits normalmente não são realistas.

- ❑ troca-se resolução espacial por resolução de cores;
- ❑ representação de cada ponto da imagem por um grupo de pixels vizinhos (**dithering**).

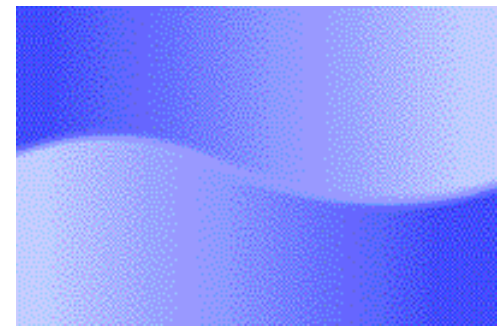
Codificação das Cores



TIFF(simulação em JPEG de alta qualidade)



GIF sem *dithering*
(Tamanho: 02 Kb)



GIF com *dithering*
Tamanho: 08 Kb

Codificação das Transparências

Sistemas de 15 bits

- ❑ acomodados em pixels de 16 bits;
- ❑ bit extra usado para codificar a transparência da imagem;
- ❑ cada pixel será transparente ou opaco.

Sistemas de 24 bits

- ❑ utilizando-se pixels de 32 bits, sobra um **canal alfa** (8 bits).

Canal alfa

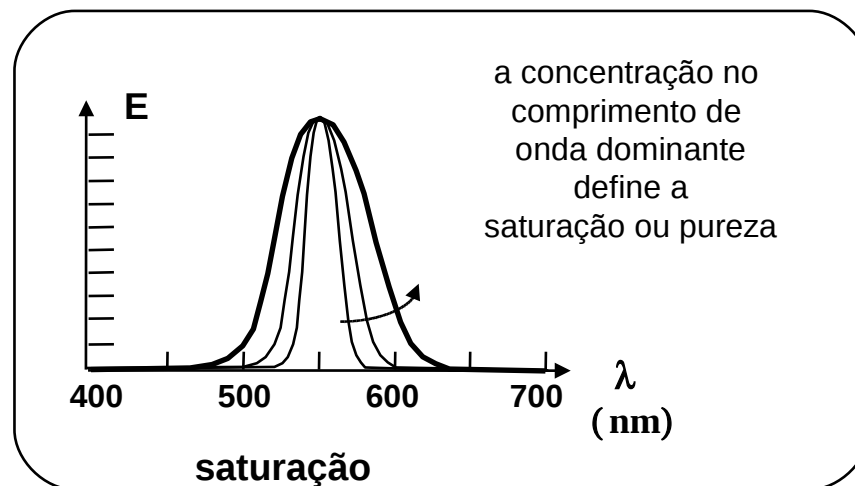
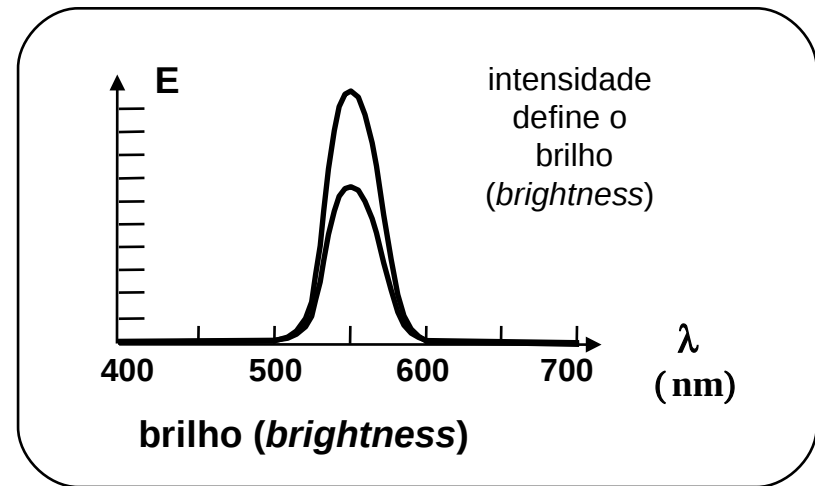
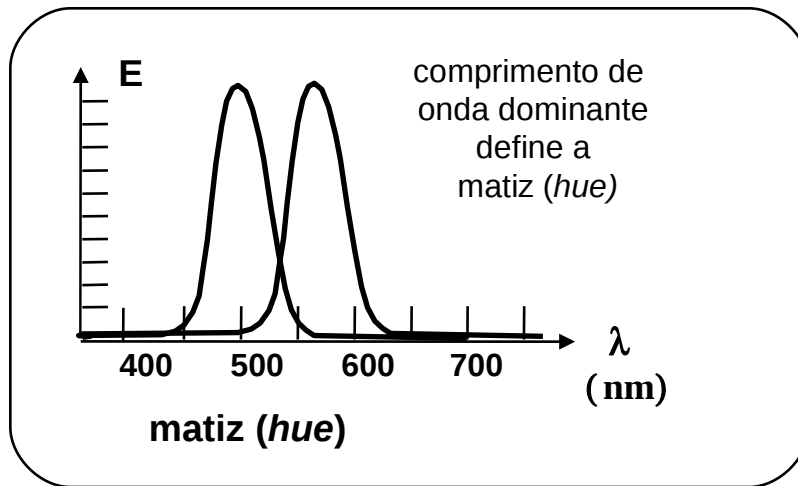
- ❑ permite especificar 256 gradações de transparências;
- ❑ efeitos utilizados em processamento de vídeo.

Dispositivos Gráficos

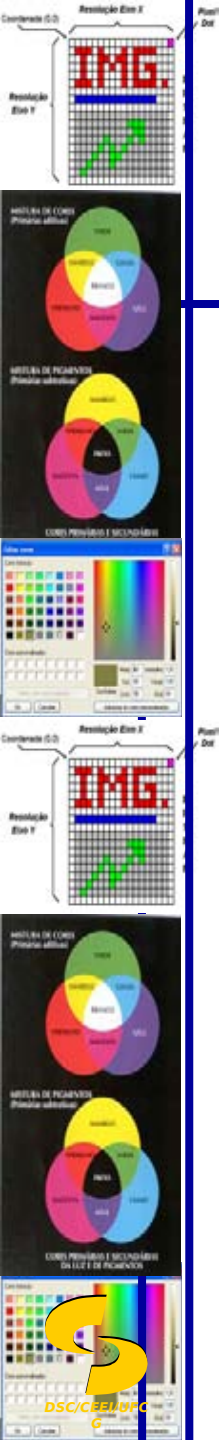
Relação entre cores e bits/pixel:

- ❑ sistemas de 4 e 8 bits usam paleta;
- ❑ sistemas de 15 e 24 bits são de cor verdadeira;
- ❑ sistemas de 16 bits permitem 1 bit de canal alfa ou 1 bit a mais em um dos canais;
- ❑ sistemas de 32 bits permitem 8 bits de canal alfa.

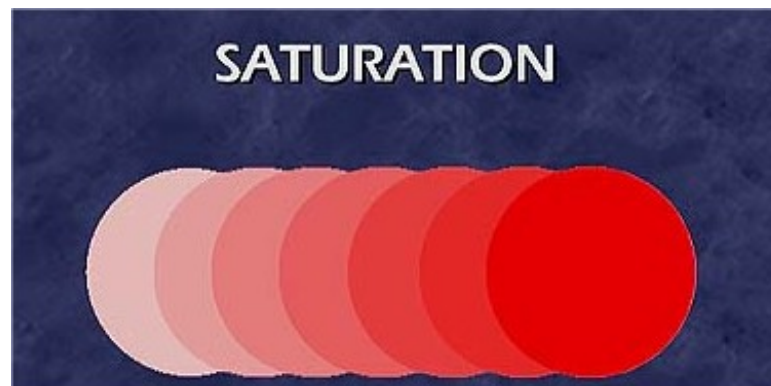
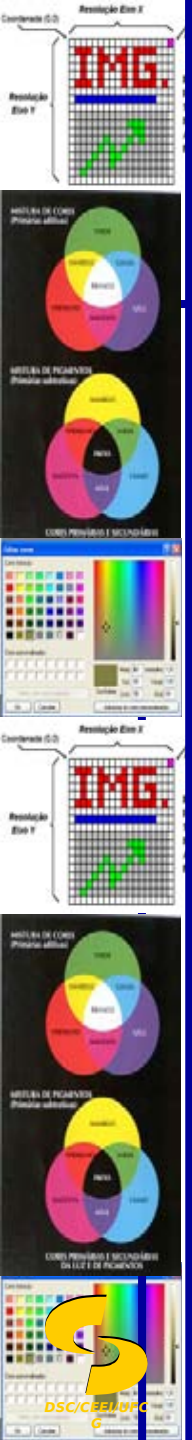
Características das fontes luminosas



cores pastéis são menos saturadas ou menos puras



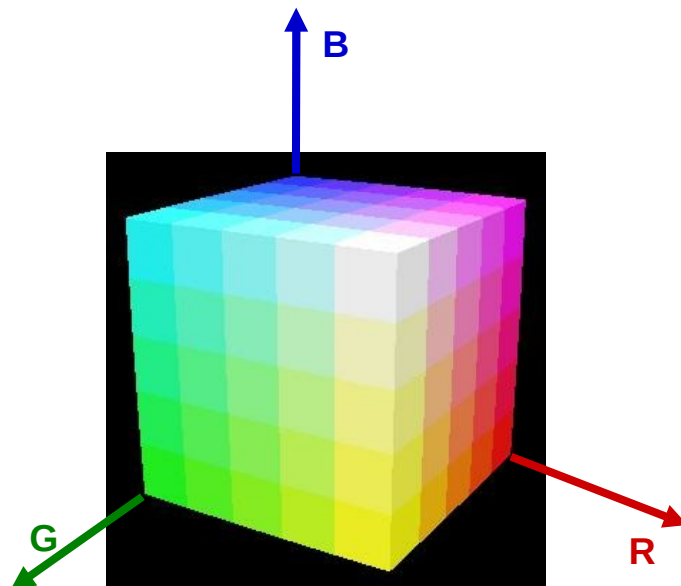
Características das fontes luminosas



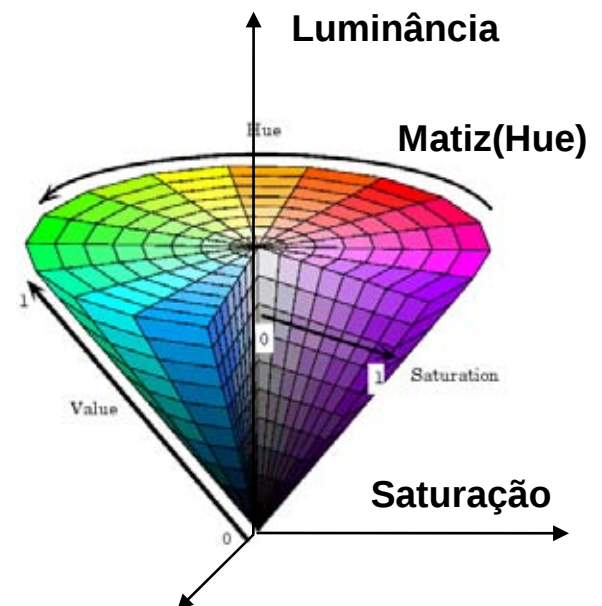
3D Color Spaces

- Tri-cromático sugere espaço 3D

Cartesiano



Polar



Colorimetria e Sistemas de Cores

□ CIE (Commission Internationale de l'Eclairage)

- RGB
- XYZ
- xyY
- Lu^*v^*
- La^*b^*

□ Sistemas por exumeração

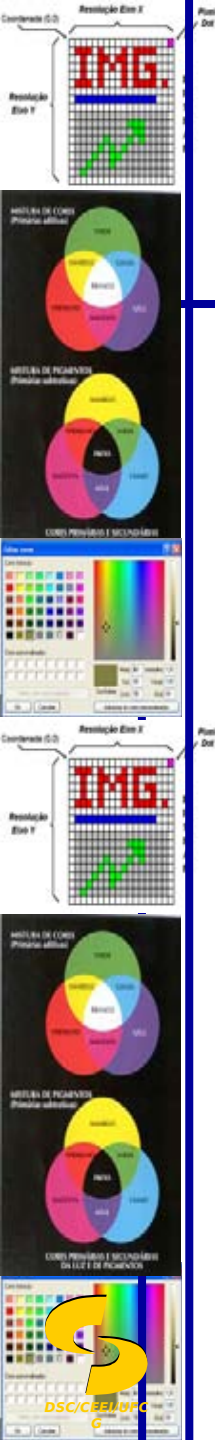
- Munsell
- Pantone

□ Sistemas dependentes de dispositivos

- mRGB
- CMY
- CMYK

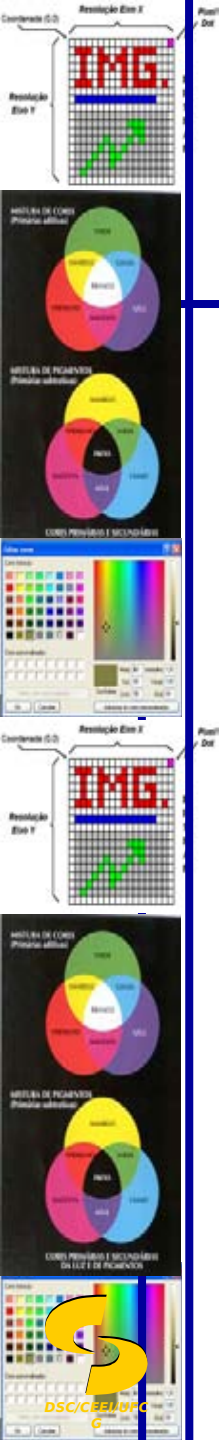
□ Sistemas para especificação interativa

- HSV
- HLS



Sistemas de vídeo componente

- O olho tem menor sensibilidade para detectar cores do que variações de intensidade
 - Utiliza-se uma banda maior para a luminância:
$$Y = 0,299R + 0,587G + 0,116B$$
 - Os componentes de croma são representados como: R-Y e B-Y
- Sistemas baseados em Y, R-Y, B-Y são chamados de **vídeo componente**.



Sistemas de vídeo digital

- O padrão internacional para vídeo digital Y, Cr, Cb é dado pela seguinte transformação de Y, R-Y, B-Y:
 - $Y = 16 + 234Y$
 - $Cr = 128 + 112 (0,5/(1-0,114) * (B-Y))$
 - $Cb = 128 + 112 (0,5/(1-0,299) * (R-Y))$
- Usado nos padrões JPEG e MPEG.

Sistemas de vídeo digital

RGB to YCrCb

$$\begin{bmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 & 0.00 \\ 0.50 & -0.42 & -0.08 & 128.00 \\ -0.17 & -0.33 & 0.50 & 128.00 \end{bmatrix}$$

right

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cr \\ Cb \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{red} \\ \text{red} \\ \text{red} \end{bmatrix}$$

YCrCb to RGB

$$\begin{bmatrix} 0.00 & 1.40 & 0.00 & -179.20 \\ 1.00 & -0.71 & -0.34 & 135.42 \\ 1.00 & 0.00 & 1.77 & -227.07 \end{bmatrix}$$

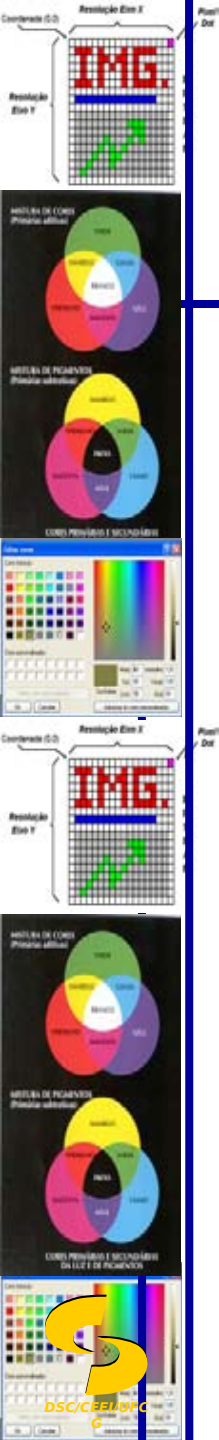
right

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{red} \\ \text{red} \\ \text{red} \end{bmatrix}$$

Sistemas de vídeo digital



Imagem original, Componente Y - intensidade, Cb - Componente azul, Cr - Componente vermelha. (da esquerda para a direita)



Sistemas de vídeo composto

- São sistemas de cor para transmissão de vídeo (NTSC, PAL, etc.).
- Os componentes são combinados em um único sinal:
 - O sinal de luminância pode ser utilizado em aparelhos preto e branco
 - As crominâncias podem ser codificadas em apenas 5% da banda de passagem sem degradar o sinal de luminância.
- Sistema YUV
 - $U = 0,493 (B - Y)$
 - $V = 0,877 (R - Y)$

Sistemas de vídeo composto

- ❑ Sistema YIQ: IQ é obtido a partir de uma rotação das coordenadas UV
- ❑ I ocupa uma banda menor
- ❑ Criado para ser eficiente e compatível com TV preto e branco.
- ❑ Usado no NTSC (*National Television Standards Committee*)
 - Y é a luminância (intensidade) – mesmo que CIE Y
 - I e Q codificam cromaticidade

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ 0.60 & -0.28 & -0.32 \\ 0.21 & -0.52 & 0.31 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Uso de Cores

- ▣ Usos estéticos (passar uma sensação ao observador), destacar objetos, codificar quantidades (relevo, temperatura, dinâmica de fluídos).
- ▣ Nosso sistema visual é mais sensível à variação espacial (pequenos detalhes devem diferir do fundo da imagem não somente em cor mas em intensidade).
- ▣ Azul e preto, amarelo e branco são combinações ruins (não use azul para texto).
- ▣ Para daltônicos evite verdes e vermelhos com baixa saturação e intensidade.

Uso de Cores

- ❑ É difícil de se perceber cores quando usadas com pequenos objetos.
- ❑ Cor percebida de objeto é afetada por cor da área que o circula.
- ❑ Cores muito saturadas produzem imagens posteriores.
- ❑ Cores afetam tamanhos percebidos
 - Objetos vermelhos aparentam ser maiores que objetos verdes.
 - Cores refratam de modo diferente na nossa lente e aparentam distâncias diferentes.

Comparação entre o sistema visual humano e um sistema de visão artificial

	Sistema visual humano	Sistema de visão artificial
Espectro	Limitado à faixa de luz visível (300 nm a 700 nm) do espectro de ondas eletromagnéticas.	Pode operar em praticamente todo o espectro de radiações eletromagnéticas, dos raios X ao infravermelho.
Flexibilidade	Extremamente flexível, capaz de se adaptar a diferentes tarefas e condições de trabalho.	Normalmente inflexível, apresenta bom desempenho somente na tarefa para a qual foi projetado.
Habilidade	Pode estabelecer estimativas relativamente precisas em assuntos subjetivos.	Pode efetuar medições exatas, baseadas em contagem de pixels e, portanto, dependentes da resolução da imagem digitalizada.
Cor	Possui capacidade de interpretação subjetiva de cores.	Mede objetivamente os valores das componentes R, G e B para determinação de cor.
Sensibilidade	Capaz de se adaptar a diferentes condições de luminosidade, características físicas da superfície do objeto e distância ao objeto.	Sensível ao nível e padrão de iluminação, bem como à distância em relação ao objeto e suas características físicas.
	Limitado na distinção de muitos níveis diferentes de cinza, simultaneamente.	Pode trabalhar com centenas de tons de cinza, conforme projeto do digitalizador.
Tempo de resposta	Elevado, da ordem de 0,1 s.	Dependente de aspectos de hardware, podendo ser tão baixo quanto 0,001 s.
2-D e 3-D	Pode executar tarefas 3-D e com múltiplos comprimentos de onda (dentro do espectro de luz visível) facilmente.	Executa tarefas 2-D com relativa facilidade, mas é lento e limitado em tarefas 3-D.
Percepção	Percebe variações de brilho em escala logarítmica. A interpretação subjetiva de brilho depende da área ao redor do objeto considerado.	Pode perceber brilho em escala linear ou logarítmica.