

SEL-5886 - Visão Computacional

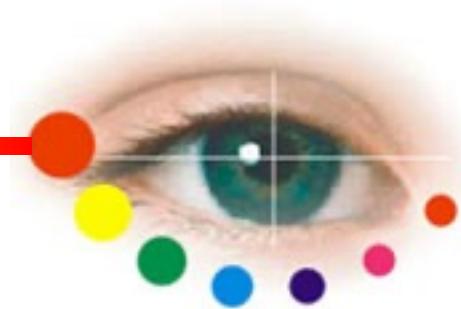
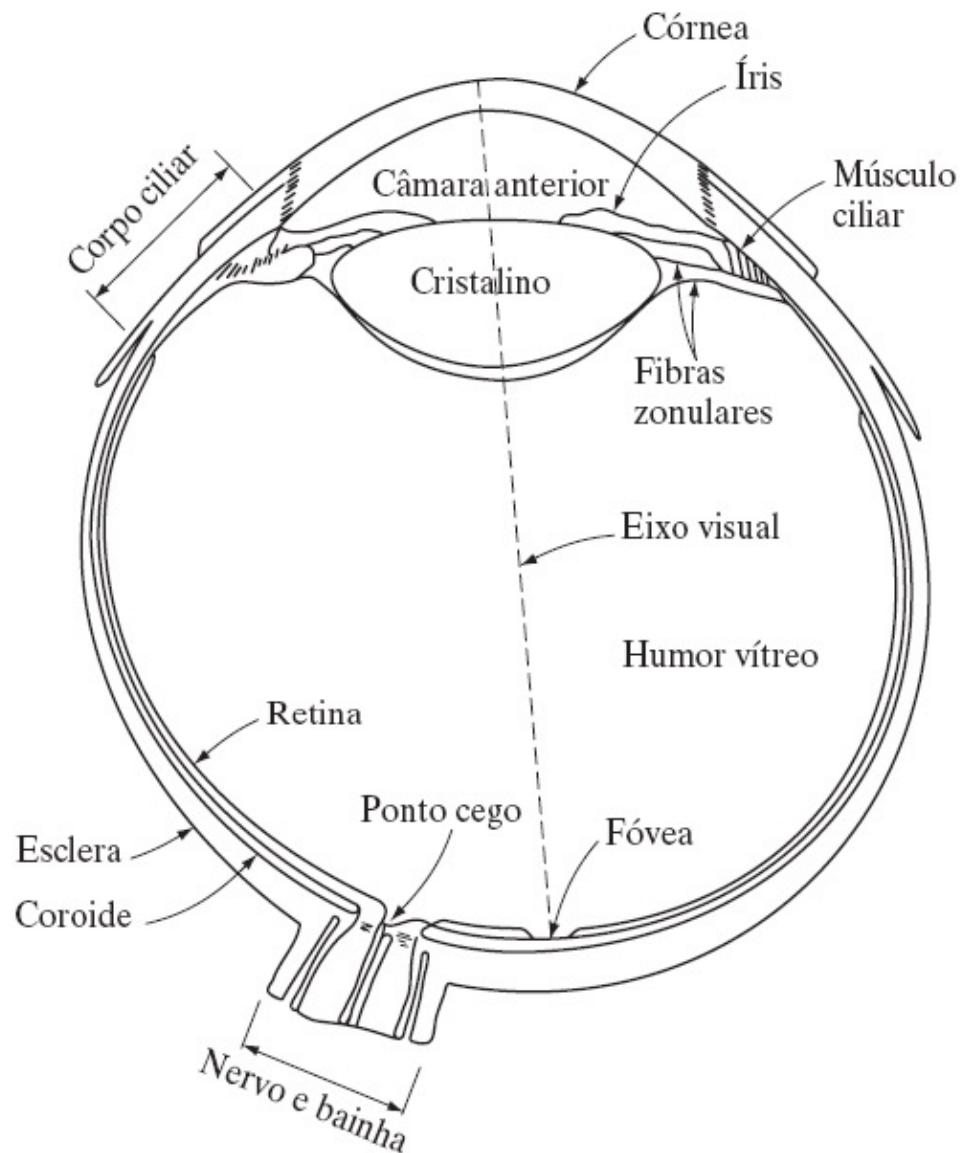
Aula 3

Processamento de Imagens Coloridas

**Prof. Dr. Marcelo Andrade da Costa Vieira
Prof. Dr. Adilson Gonzaga**

mvieira@sc.usp.br

O Olho Humano

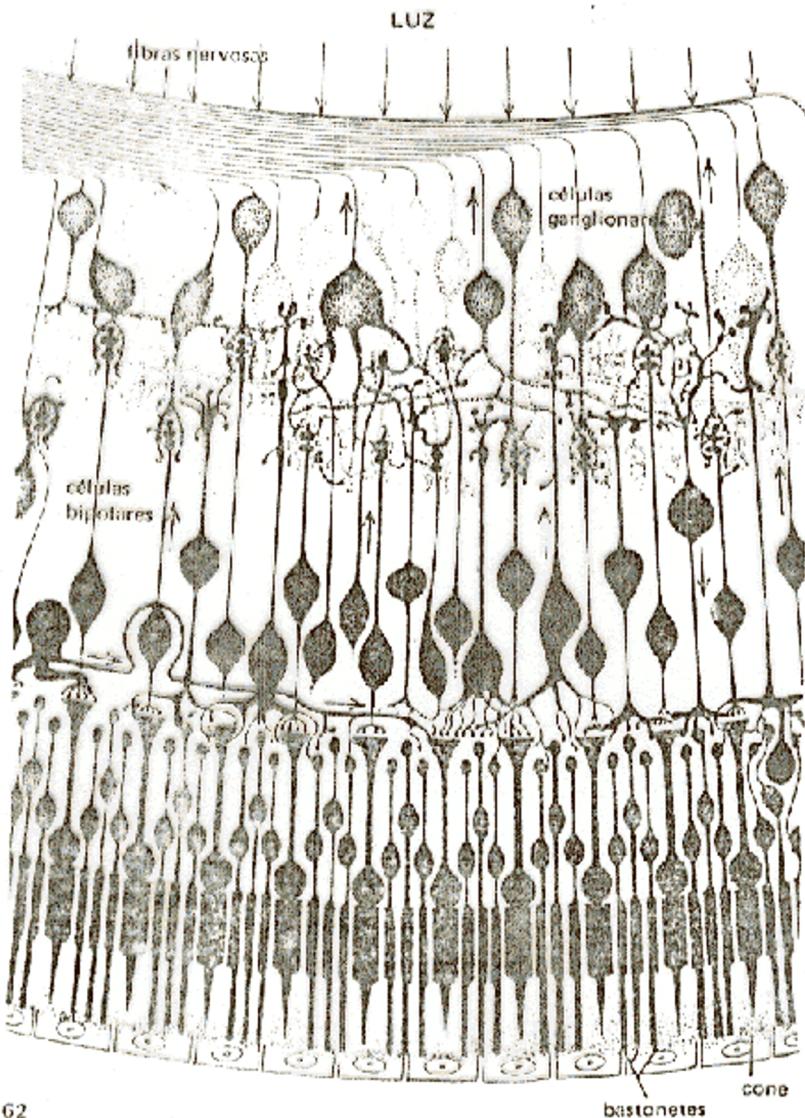


Percepção das Cores

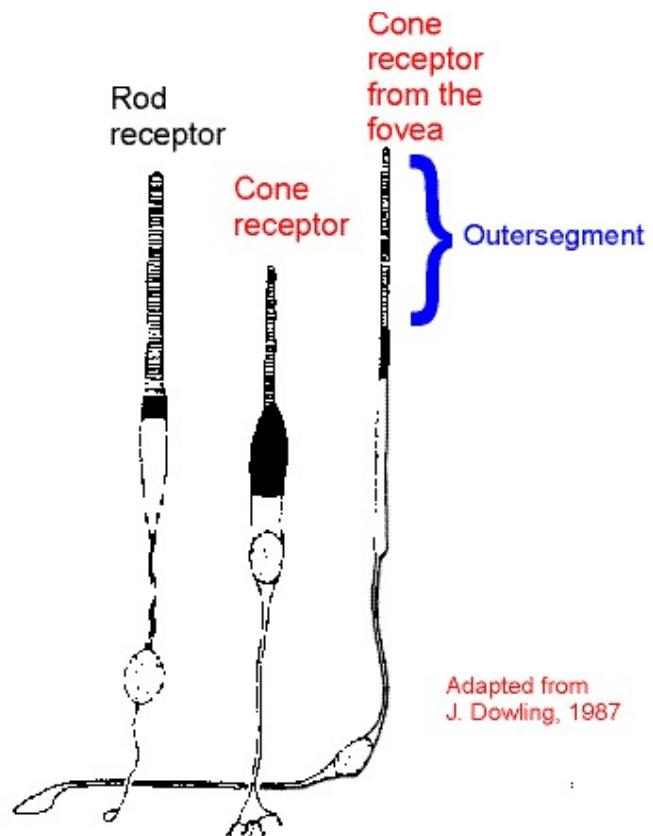


- No olho, as imagens são formadas sobre a retina, numa área sensível à luz localizada no fundo do olho. Na retina estão localizados dois tipos de células foto-receptoras: os bastonetes e os cones;
- Os bastonetes distinguem a presença e a ausência de luz ou tons intermediários;
- Os cones percebem as cores. Existem três tipos de cones no olho e cada tipo é capaz de distinguir uma cor: vermelho, verde e azul. A quantidade de cones varia para cada cor.

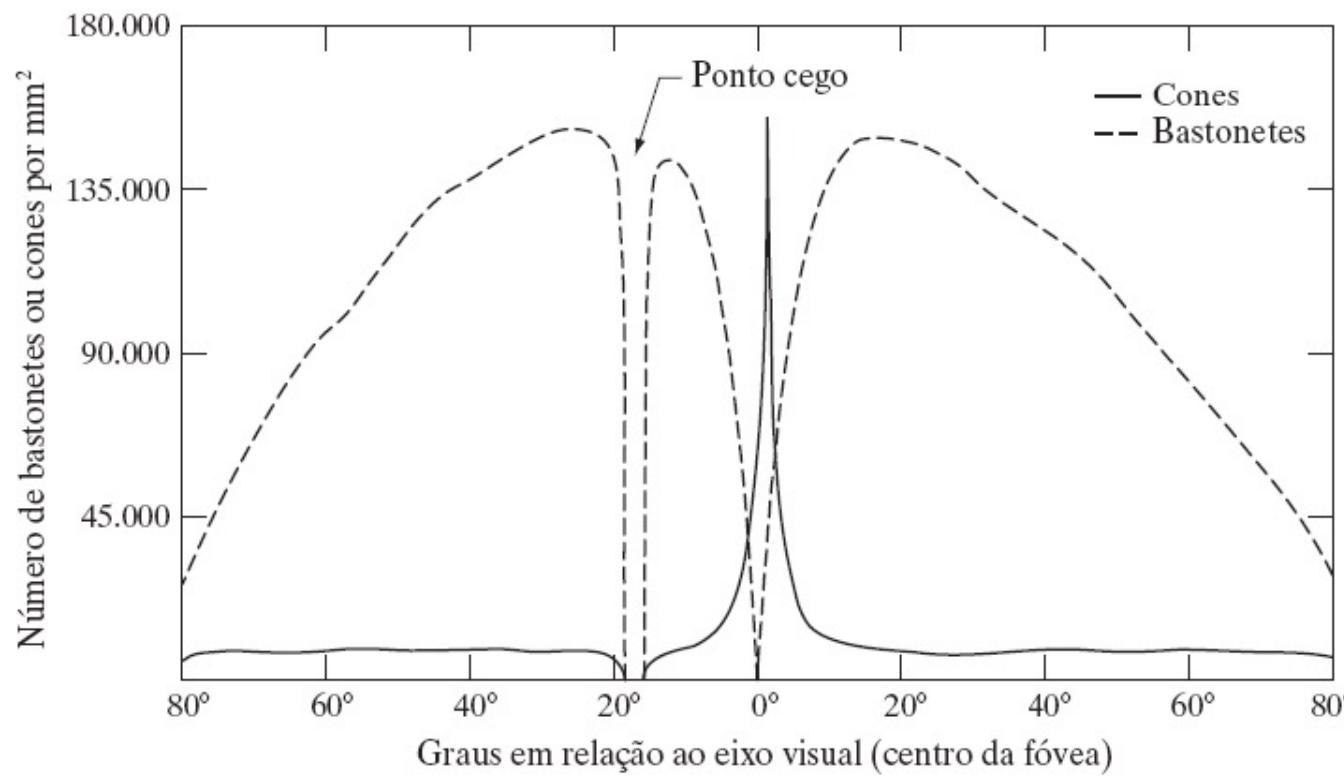
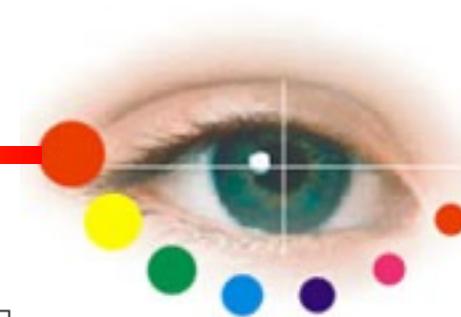
Retina



Cones e Bastonetes:



Distribuição de Cones e Bastonetes na Retina



Cones ==> 6 a 7 milhões (em cada olho) ==> sensível a cores (RGB)

Bastonetes ==> 75 a 150 milhões (em cada olho) ==> sensível a brilho

Retina

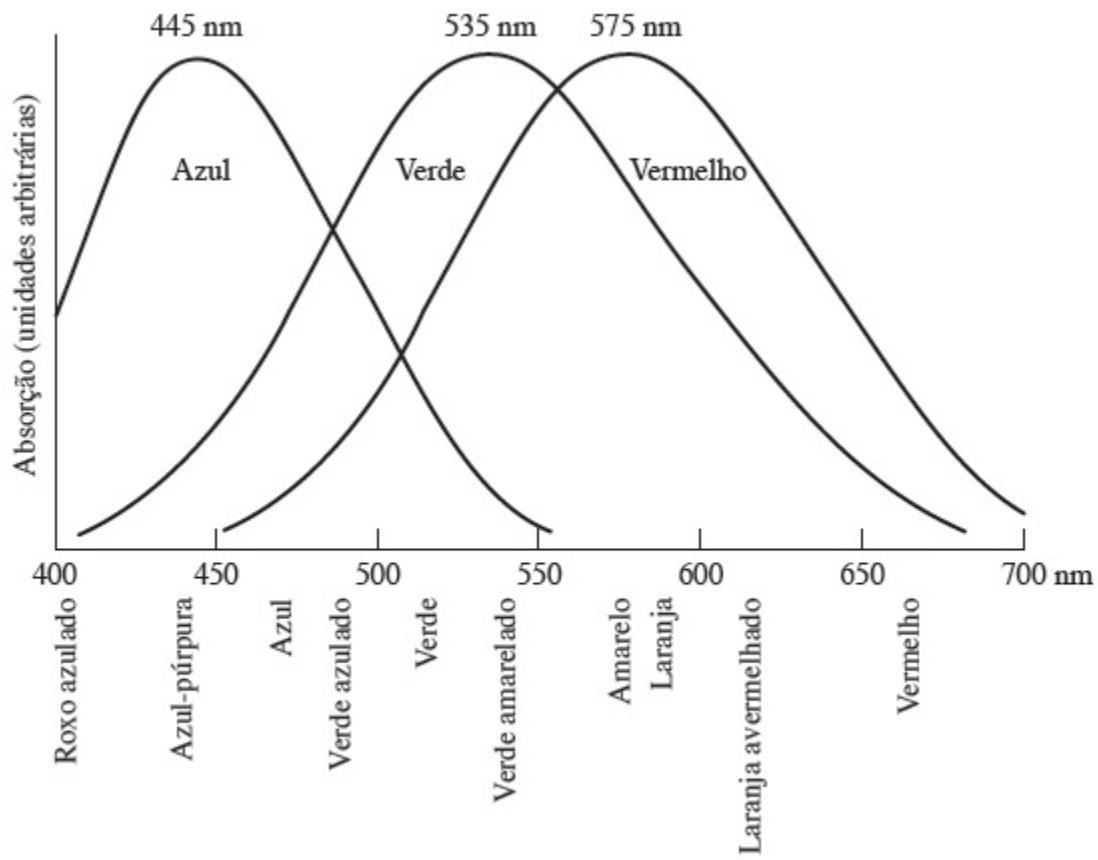
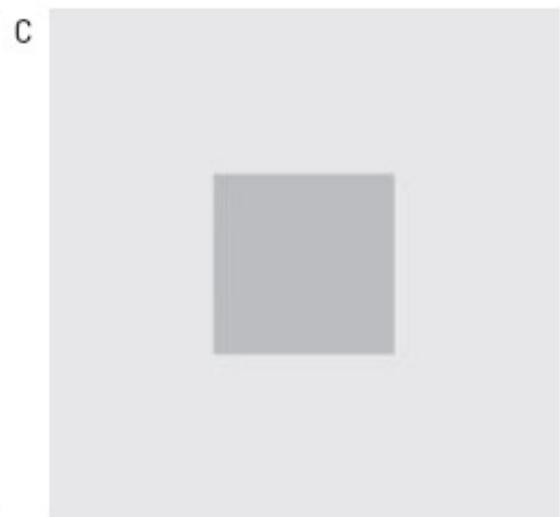
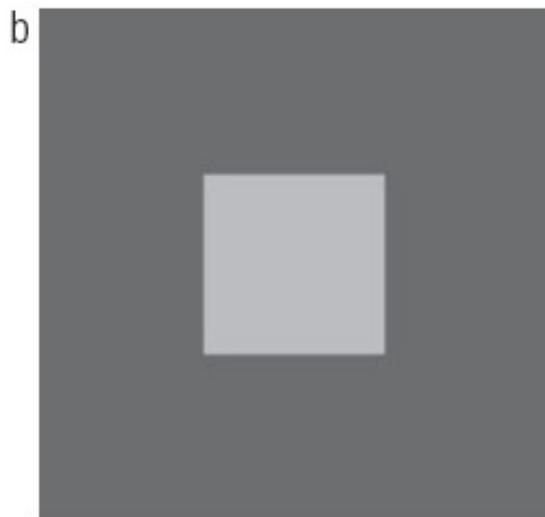
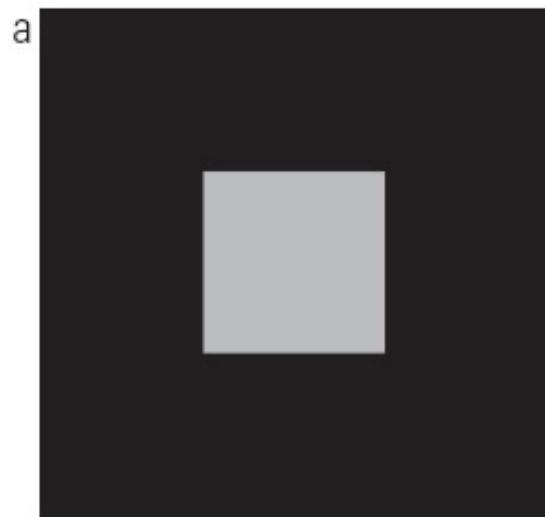


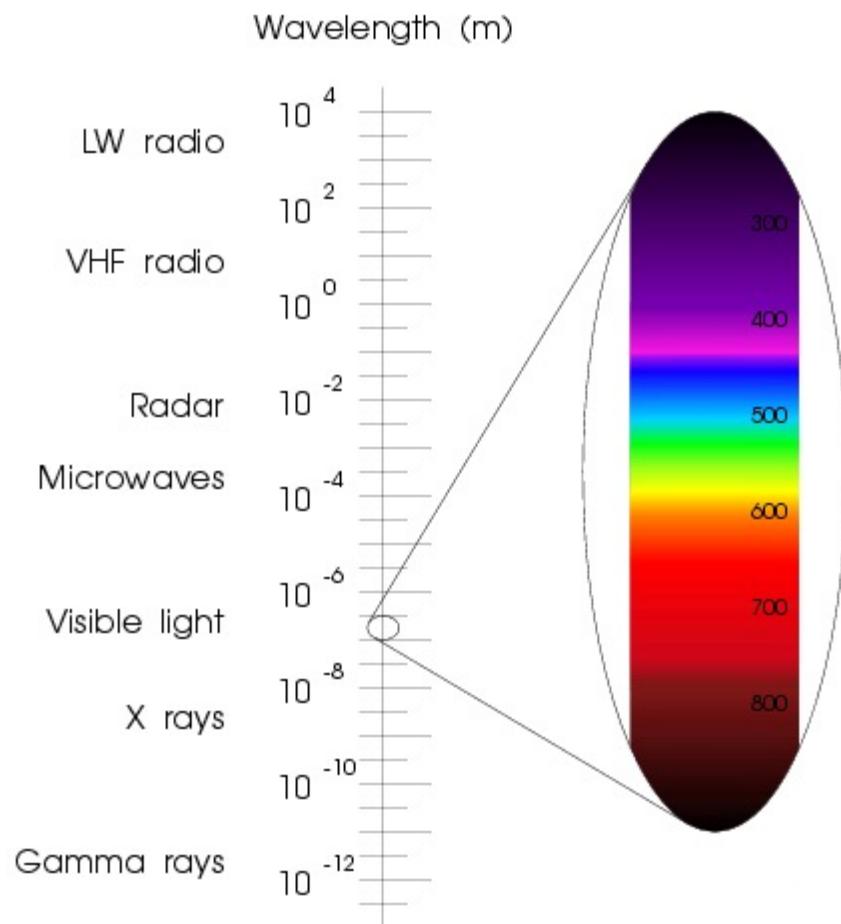
Figura 6.3 Absorção da luz pelos cones vermelho, verde e azul no olho humano como uma função do comprimento de onda.

Adaptação ao Brilho



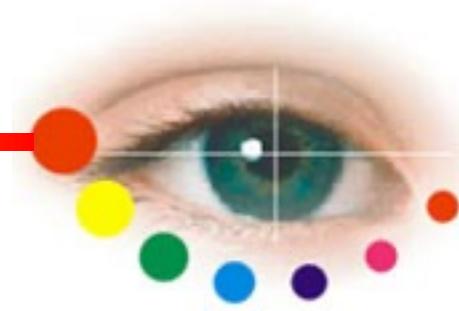
Espectro Eletromagnético

As cores são percebidas de acordo com o comprimento de onda (freqüência) das ondas eletromagnéticas que chegam no olho.



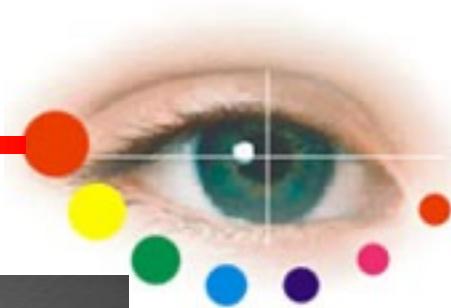
Range (nm)	Colour
380 – 450	Violet
450 – 490	Blue
490 – 560	Green
560 – 590	Yellow
590 – 640	Orange
640 – 730	Red

Percepção das Cores



- O uso da cor em processamento de imagens é importante por dois principais motivos:
- A cor é um descritor muito poderoso na identificação de objetos (reconhecimento de padrões e extração de características);
- Enquanto o olho humano consegue distinguir pouco mais de 30 níveis de cinza, consegue distinguir mais de 1000 cores diferentes.

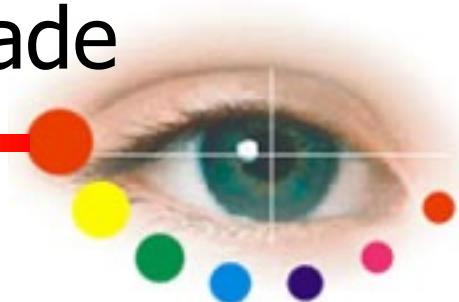
Cor



Cor



Matiz (Hue), Saturação e Cromaticidade



- Matiz refere-se à cor pura, ou seja, relativa ao comprimento de onda da luz;
- Saturação refere-se à quantidade em que a cor pura é diluída na luz branca;
- Cromaticidade é a informação de matiz e saturação tomadas juntas.

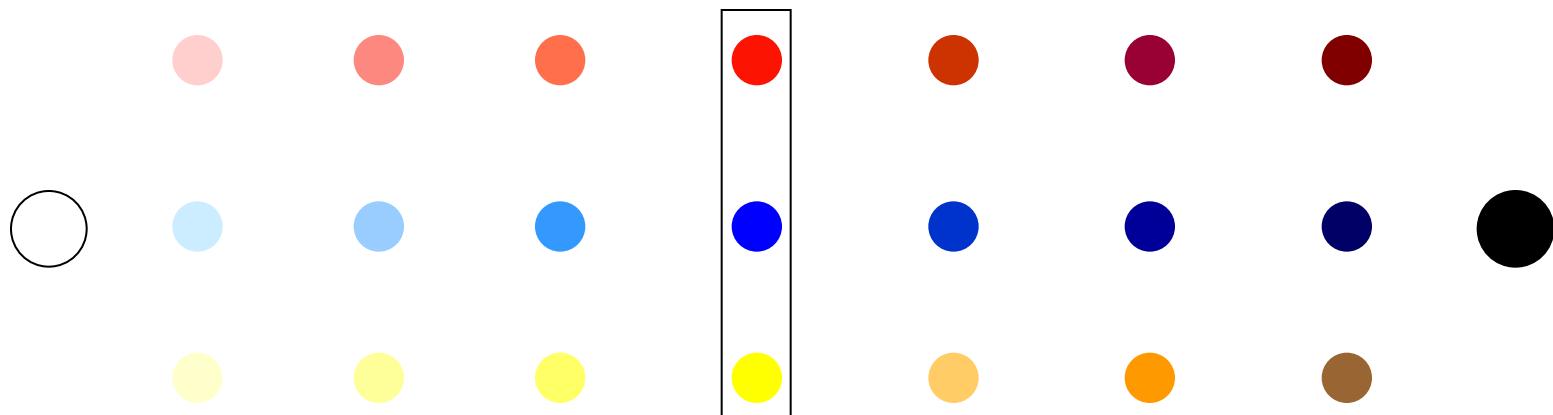


Diagrama de Cromaticidade

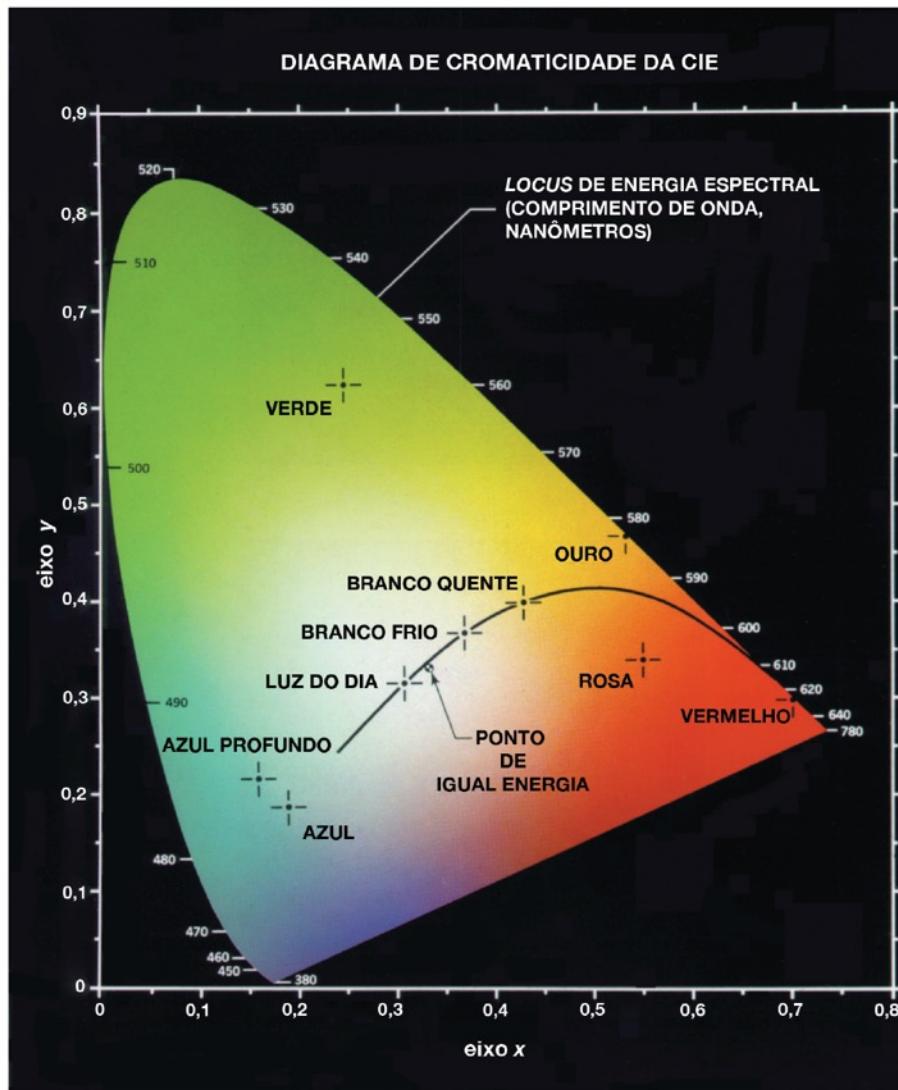


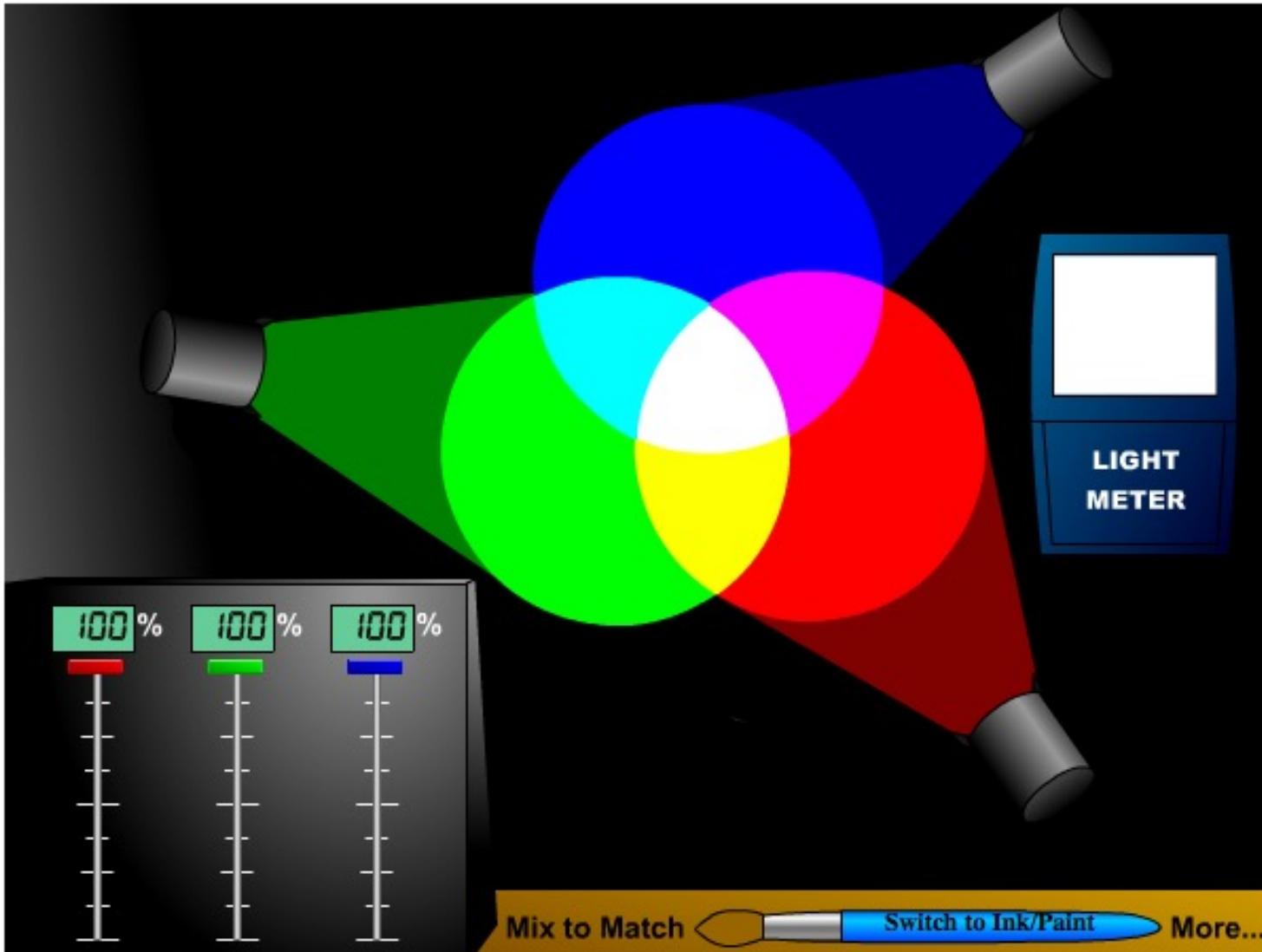
Figura 6.5 Diagrama de cromaticidade. (Imagem original: cortesia da General Electric Co., Lamp Business Division.)

Espaço e Modelo de Cores

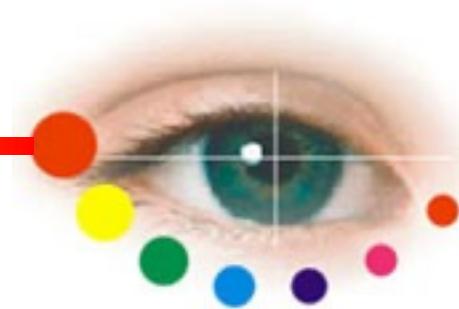
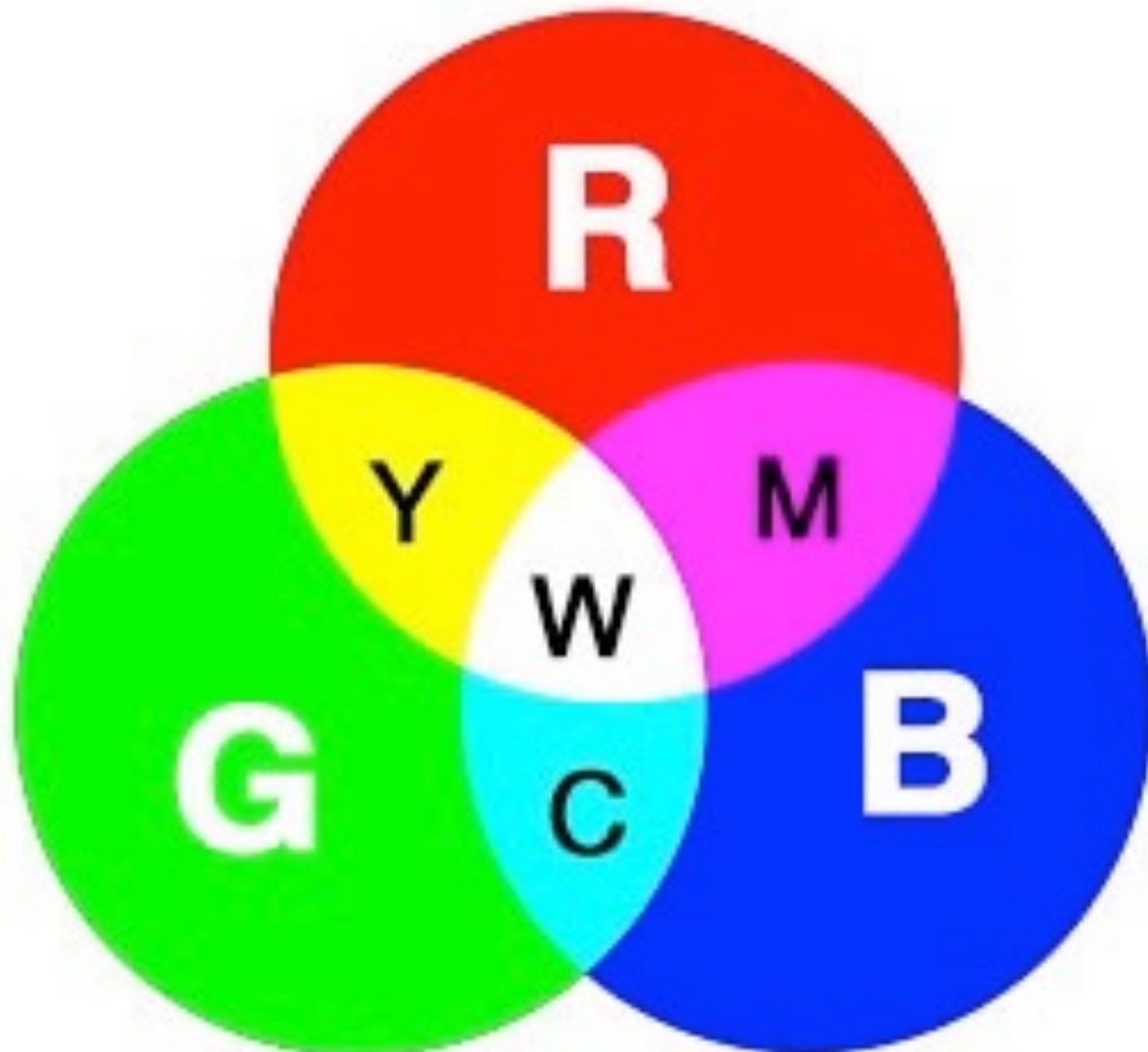


- O universo de cores que podem ser reproduzidas por um sistema é chamado de espaço de cores (*color space* ou *color gamut*).
- Um espaço de cores (*color space*) pode ser definido como uma representação visual de um modelo de cores.
- Modelos de cores : Aditivos e Subtrativos

Modelo Aditivo (luz)



Modelo Aditivo (luz)



Modelo Aditivo (luz)

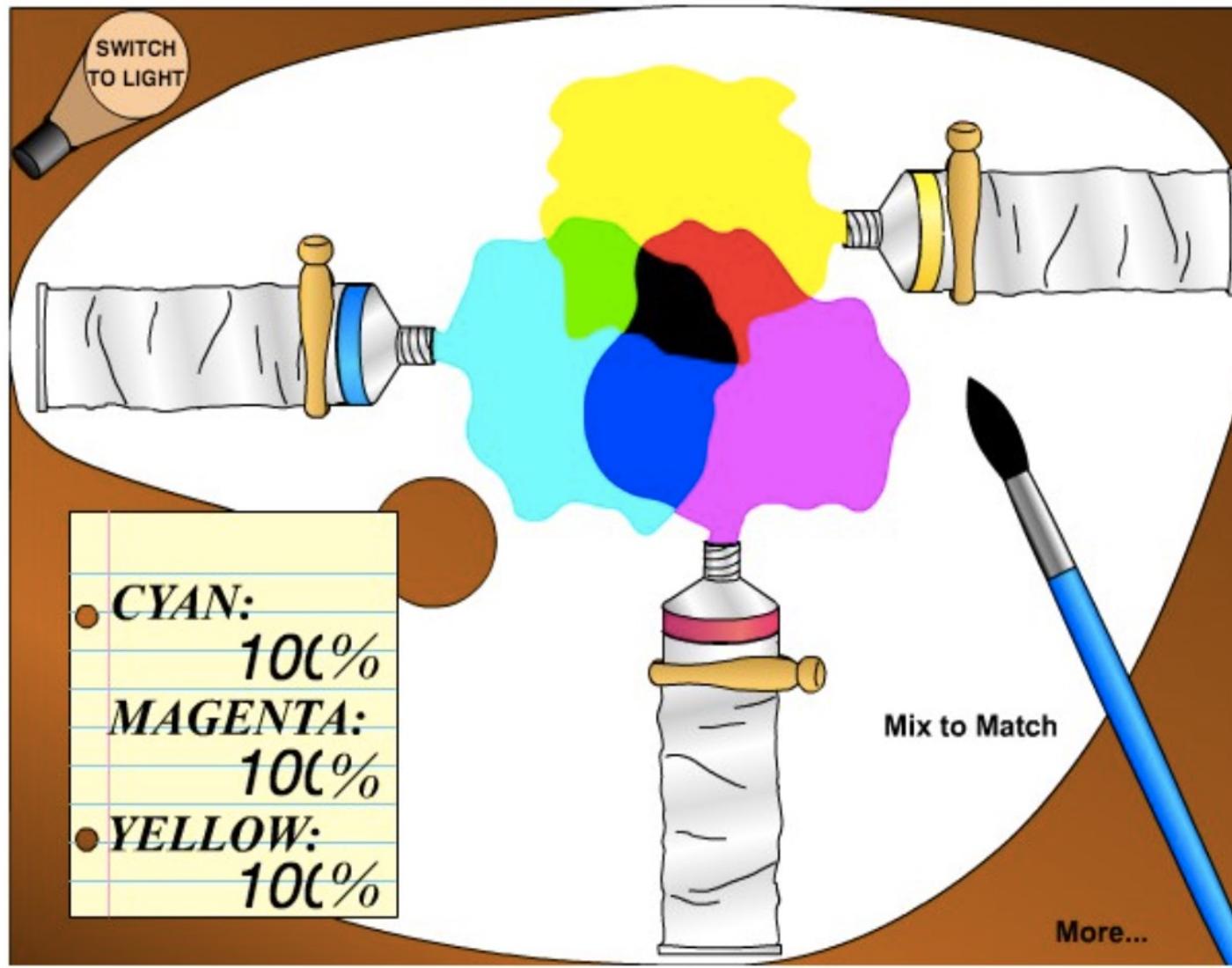


$$\text{Red Circle} + \text{Green Circle} = \text{Yellow Circle}$$

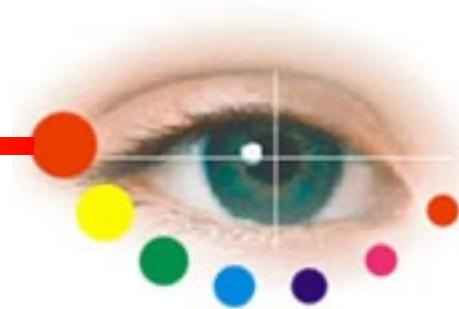
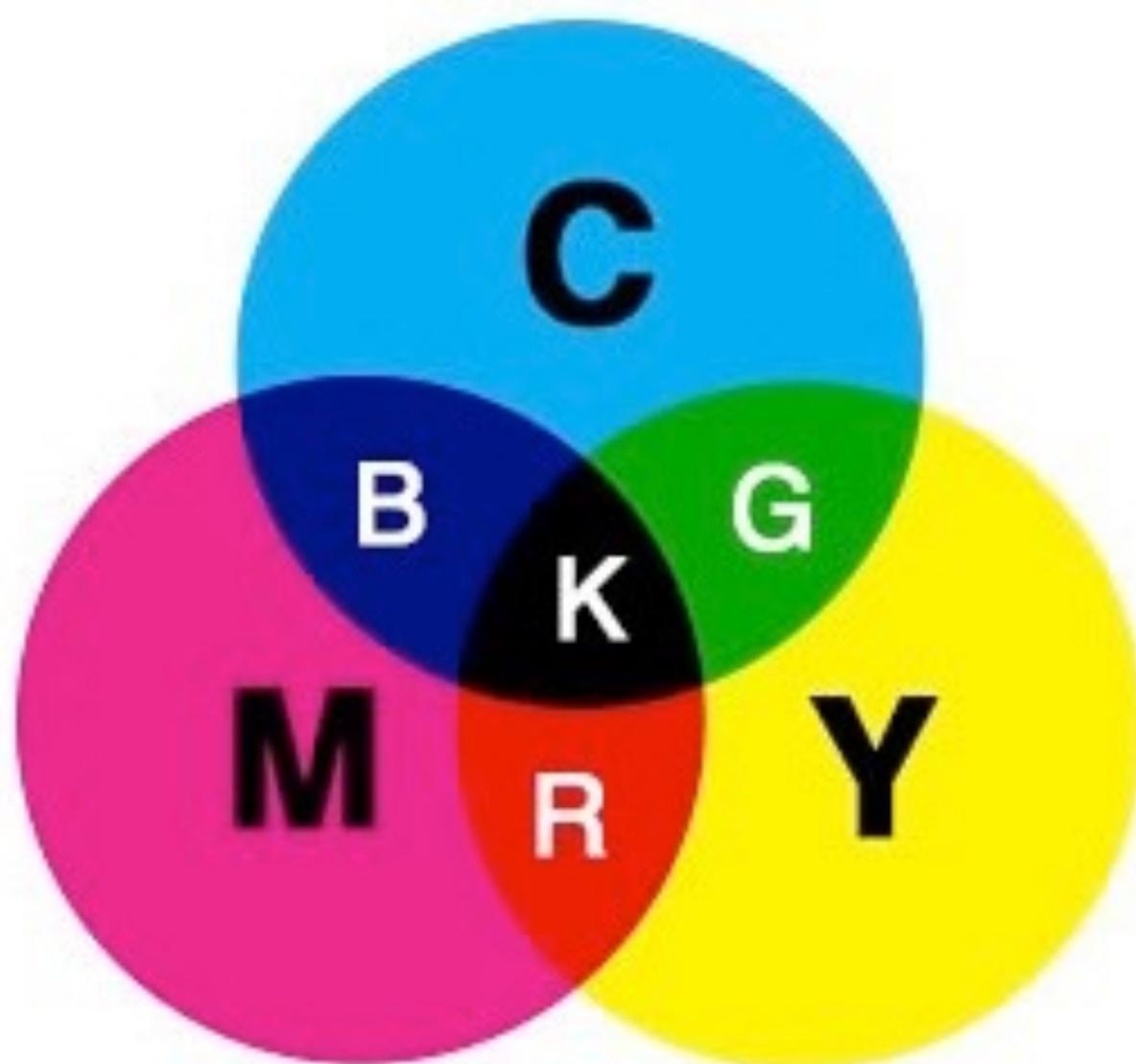
$$\text{Green Circle} + \text{Blue Circle} = \text{Cyan Circle}$$

$$\text{Blue Circle} + \text{Red Circle} = \text{Magenta Circle}$$

Modelo Subtrativo (tinta)



Modelo Subtrativo (tinta)



Modelo Subtrativo (tinta)



$$\text{Yellow} + \text{Magenta} = \text{Red}$$

$$\text{Cyan} + \text{Yellow} = \text{Green}$$

$$\text{Magenta} + \text{Cyan} = \text{Blue}$$

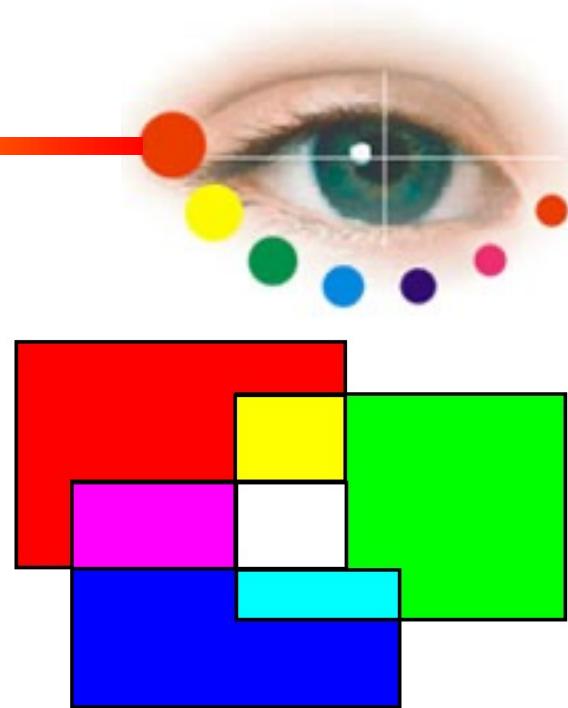
Modelo de Cores



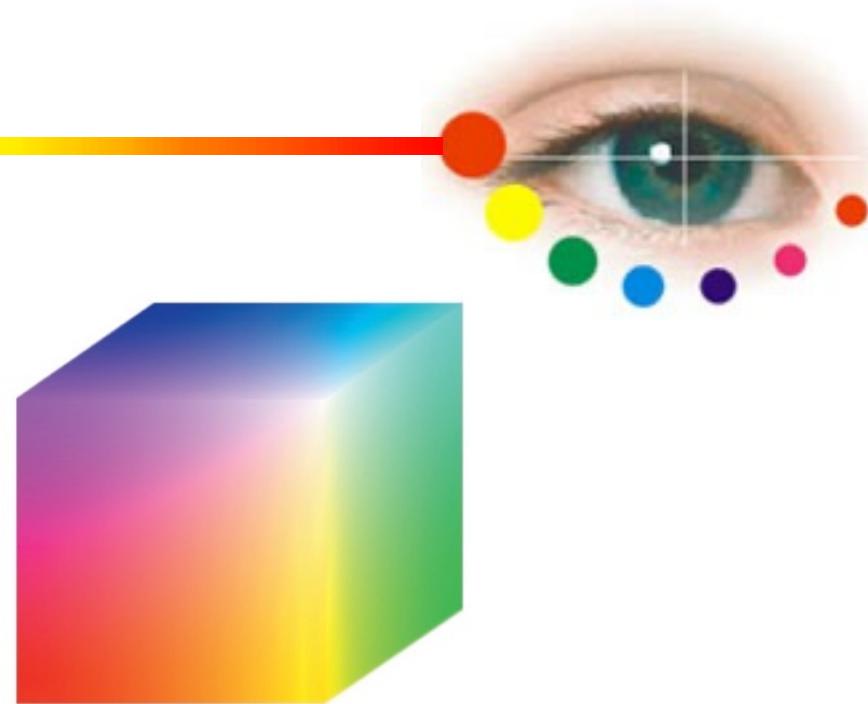
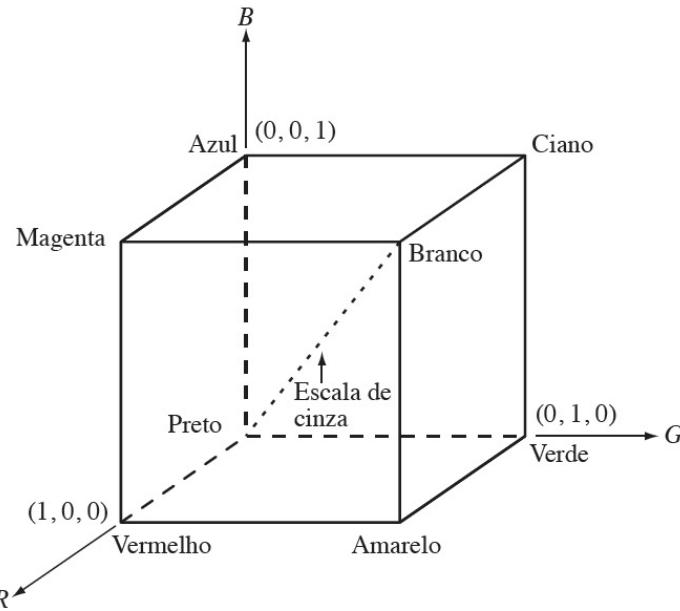
- Modelos de cores são importantes para facilitar a especificação de determinada cor a partir de algum padrão comum (*standard*);
- Os principais modelos de cores são:
 - RGB
 - CMY e CMYK
 - HSI ou HSV

Modelo RGB

- Representa a cor natural como uma combinação de 3 canais de cor: **RED**, **GREEN** e **BLUE**;
- É um modelo **aditivo**. As cores são criadas por adição e mistura das cores primárias de luz: **RED**, **GREEN** e **BLUE**;
- Funciona muito à semelhança do olho humano;
- Usados em monitores e scanners;
- Zonas claras denotam elevadas concentrações de tinta ou pigmentação, ao passo que zonas escuras denotam baixas concentrações de tinta;

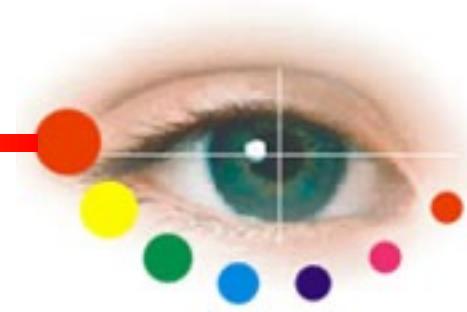


Cubo de cores RGB

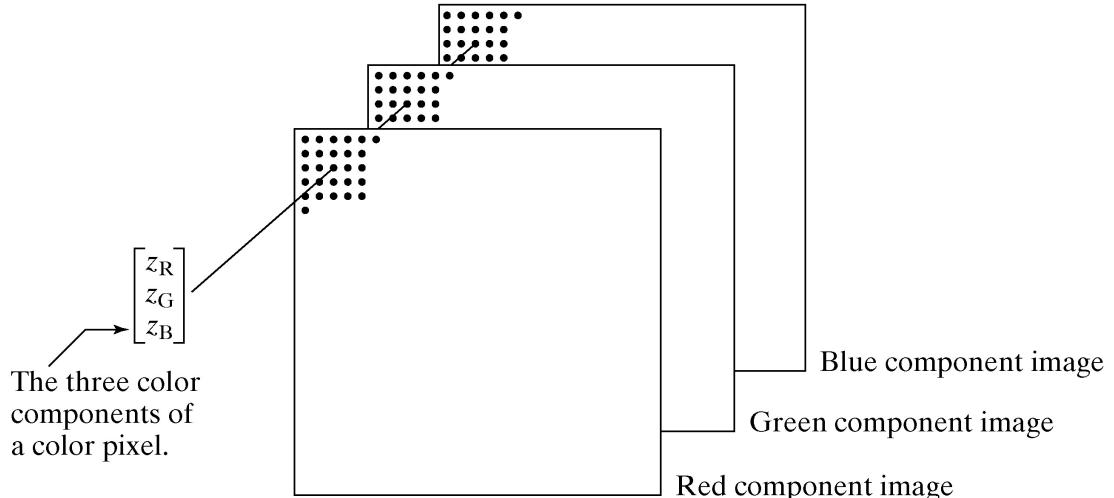


- O espaço de cores RGB pode ser identificado dentro de um cubo;
- Nos vértices do cubo estão as cores primárias (Vermelho, Verde, Azul) e as cores secundárias (Ciano, Magenta, Amarelo).
- O Preto está localizado na origem e o Branco na extremidade oposta.
- A diagonal do cubo entre Preto e Branco é a Escala de Cinza.

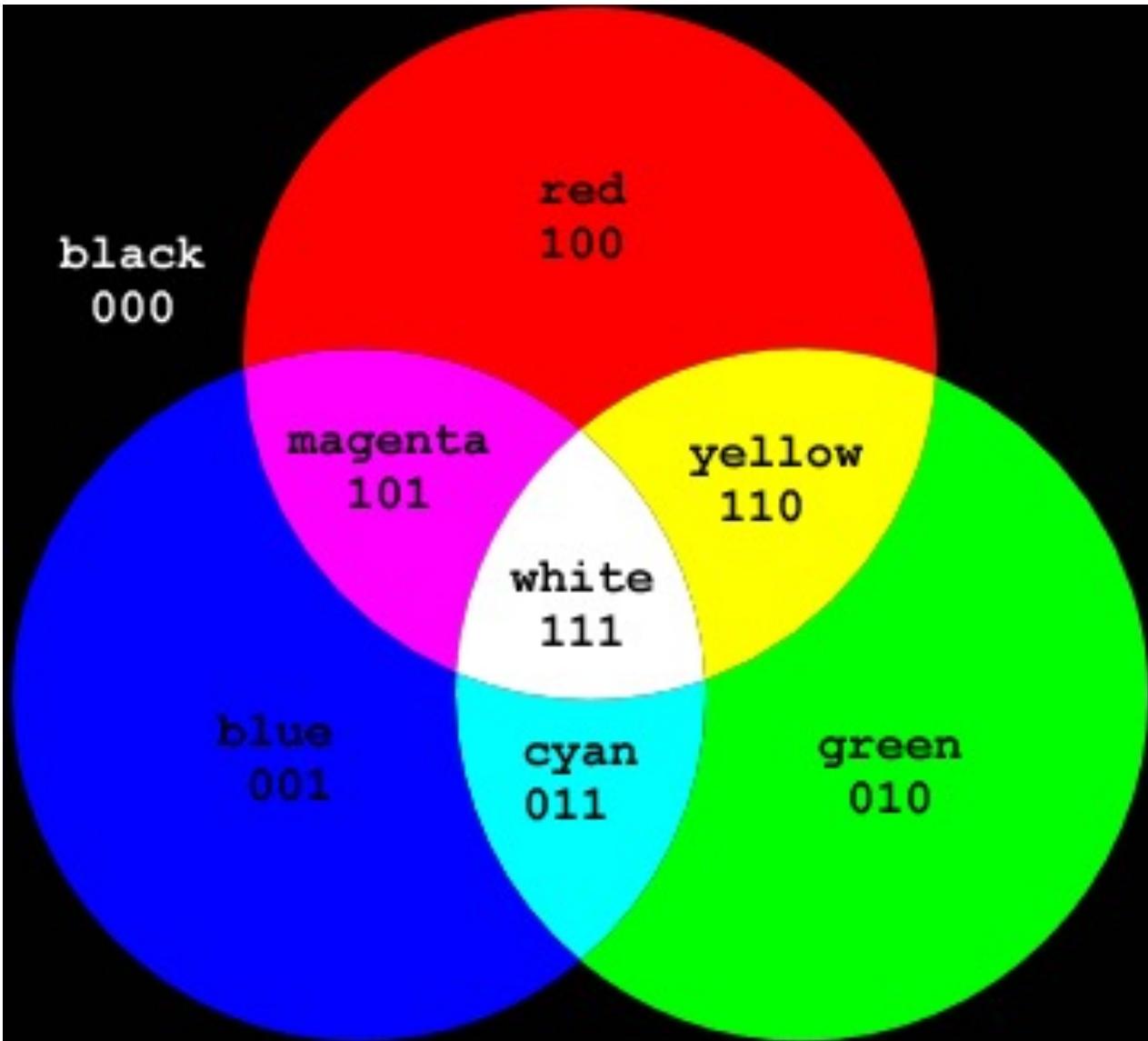
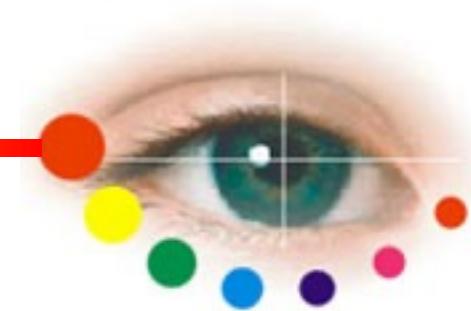
Imagens RGB



- Uma Imagem colorida RGB é um arranjo de $M \times N \times 3$ pixels onde cada um é uma tripla correspondente às cores Vermelho (R), Verde (G) e Azul (B) em uma localização espacial específica.
- Se cada componente R,G,B possui 8 Bits, então a Imagem é dita de 24 Bits.
- Uma imagem de 8-bits por cor pode gerar 16.77.216 cores diferentes.

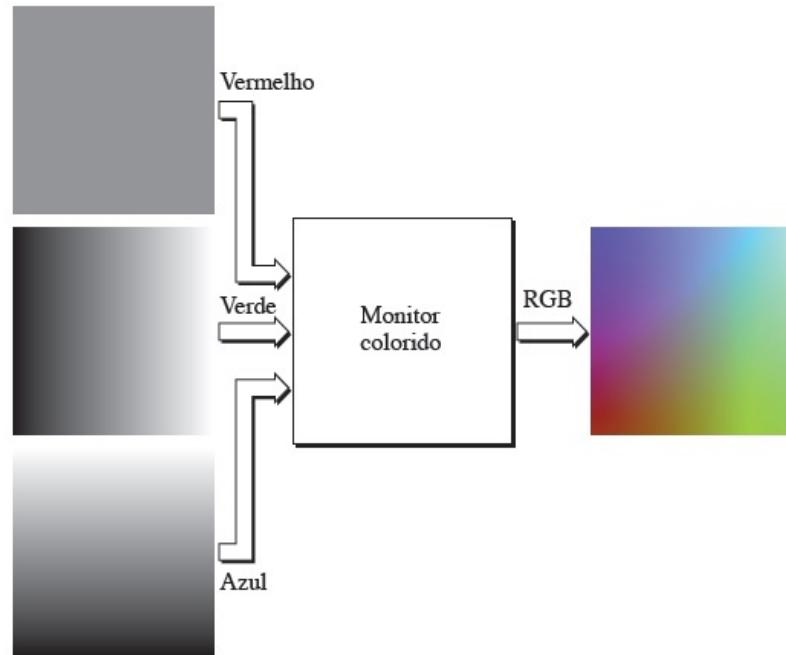


Modelo RGB



Imagens RGB

a



b

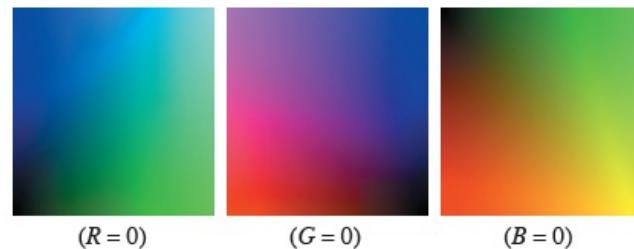
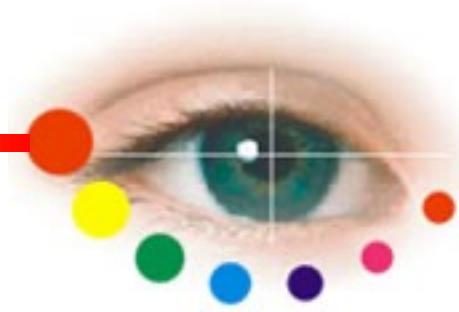


Figura 6.9 (a) Geração da imagem RGB do plano de cor de corte transversal $(127, G, B)$. (b) Os três planos de superfície ocultos no cubo colorido da Figura 6.8.

Exemplo de Canais RGB



Colorida



Vermelho

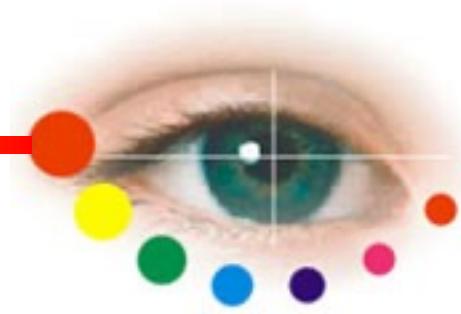


Verde

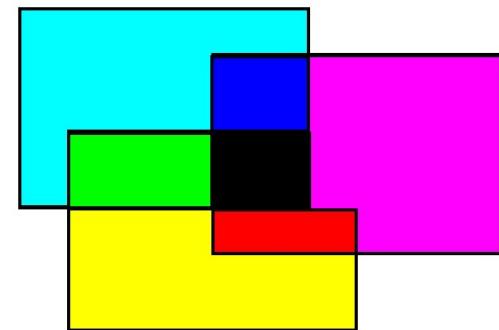


Azul

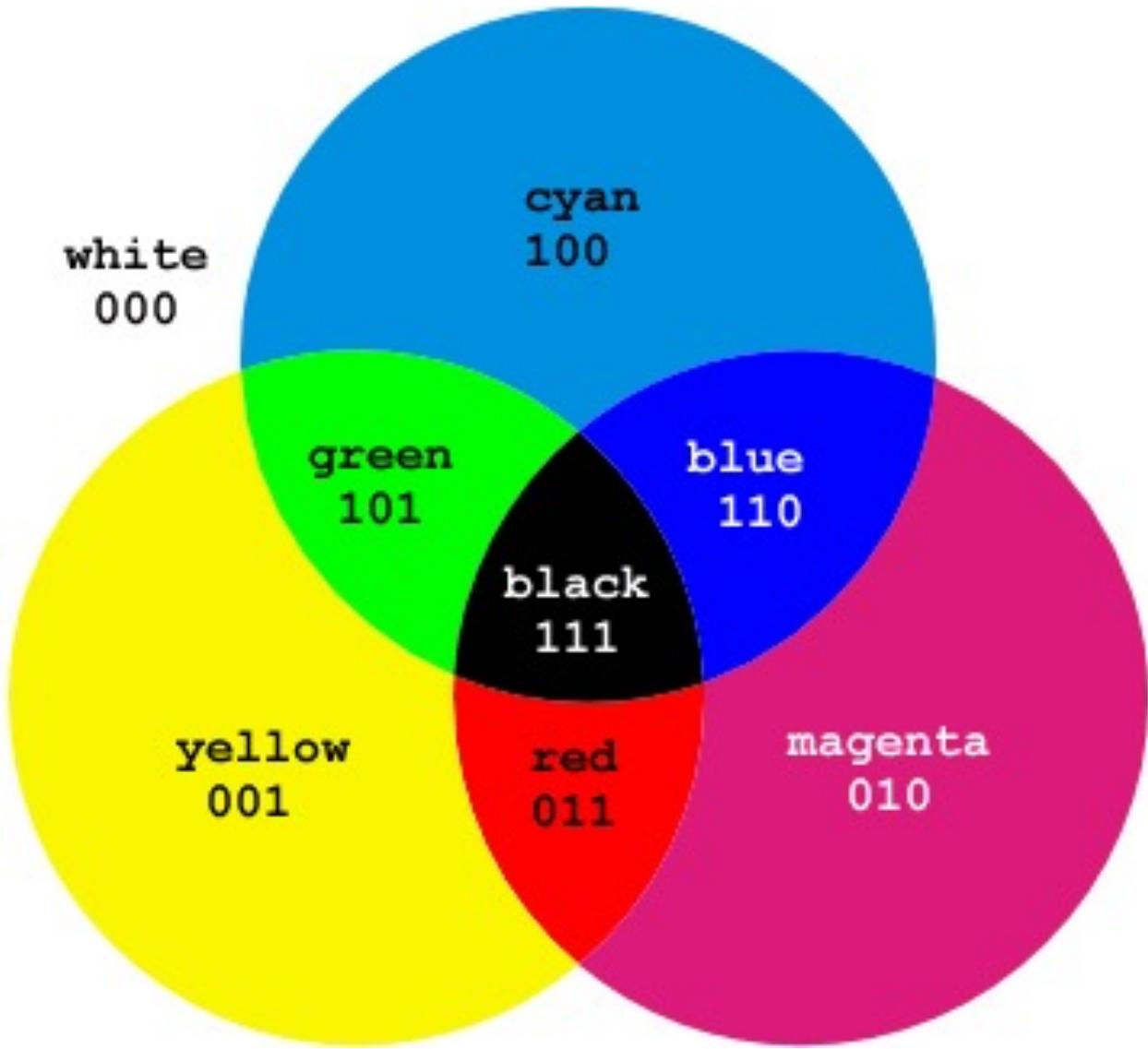
Modelo CMYK



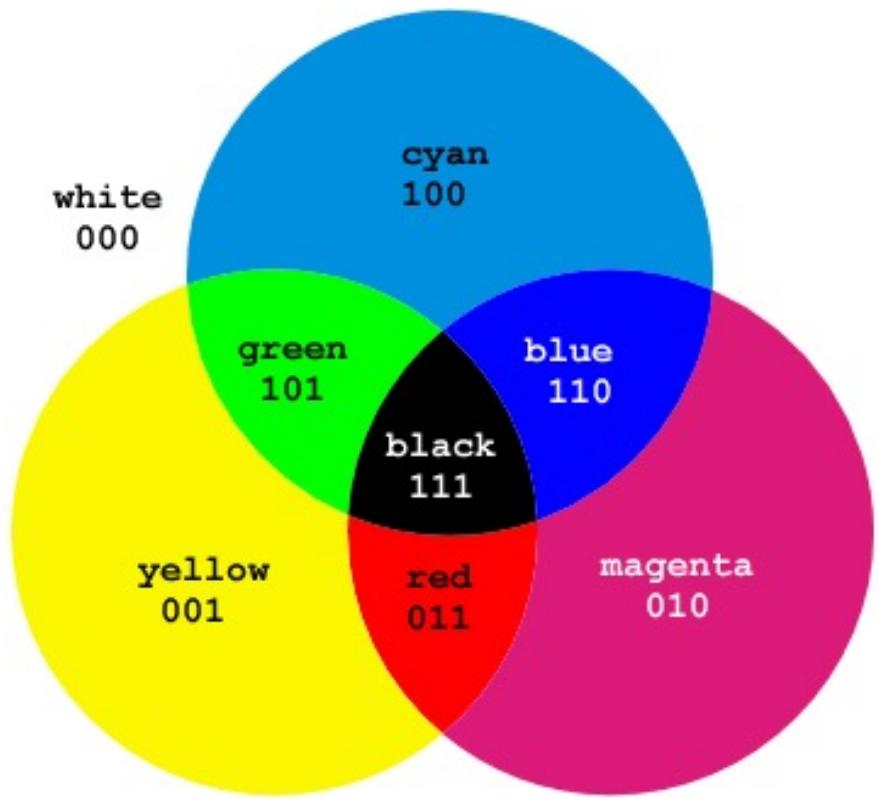
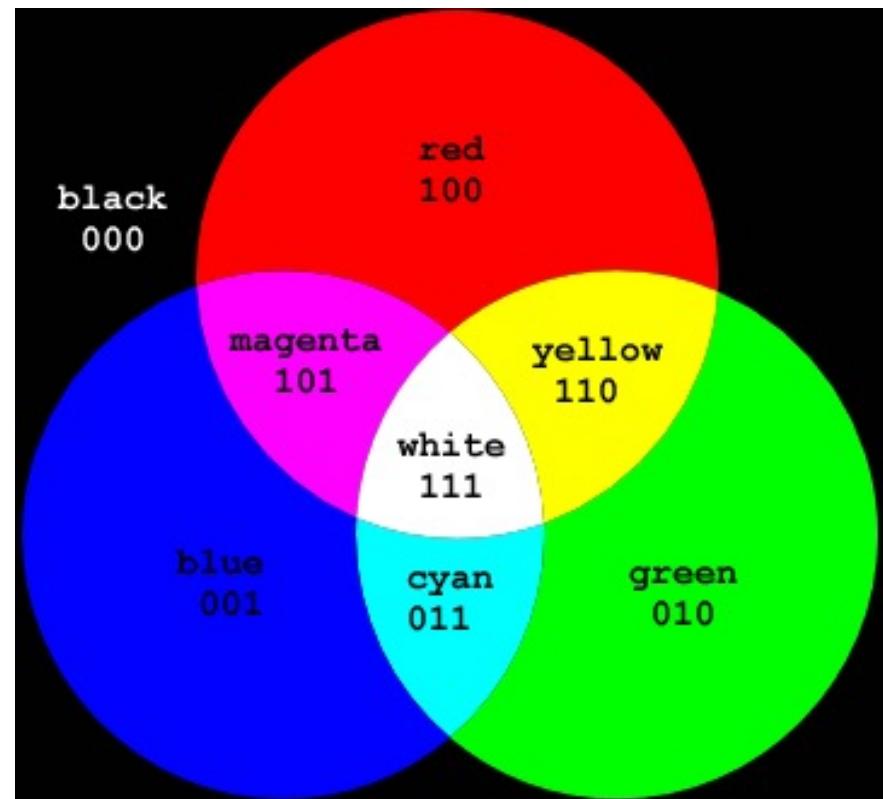
- Emprega 4 canais para criar cor: **CYAN**, **MAGENTA**, **YELLOW** e **BLACK**;
- As cores **CYAN**, **MAGENTA**, **YELLOW** existem na natureza, e a cor **BLACK** indica ausência de cor;
- A cor **BLACK** foi adicionada ao modelo devido às necessidades das indústrias de edição de documentos em papel;
- É utilizado em impressoras.
- É um modelo **subtrativo**: baseia-se na forma como a natureza cria as suas cores, refletindo parte do espectro de luz e absorvendo outras.
- Por exemplo: quando uma superfície com a cor Ciano é iluminada com luz branca, nenhuma luz vermelha é refletida, ou seja, o pigmento Ciano subtrai a luz vermelha da luz branca refletida.
- As zonas em branco indicam inexistência de tinta ou pigmentação. As zonas escuras indicam concentração de tinta.



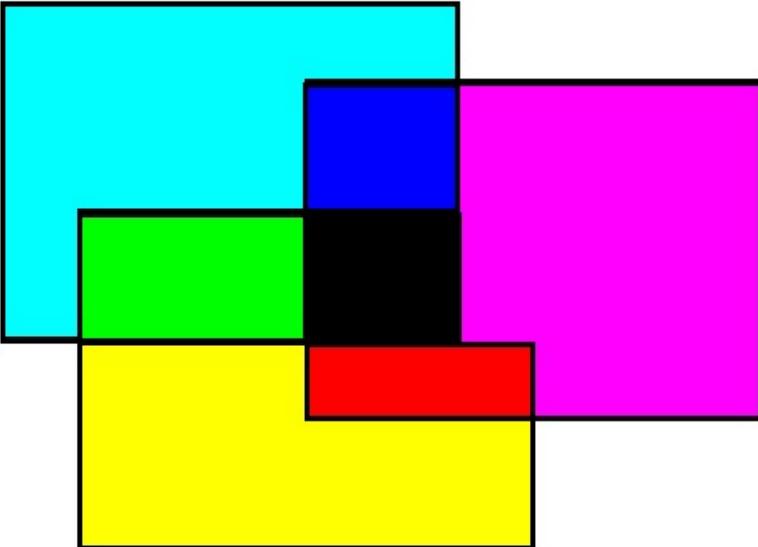
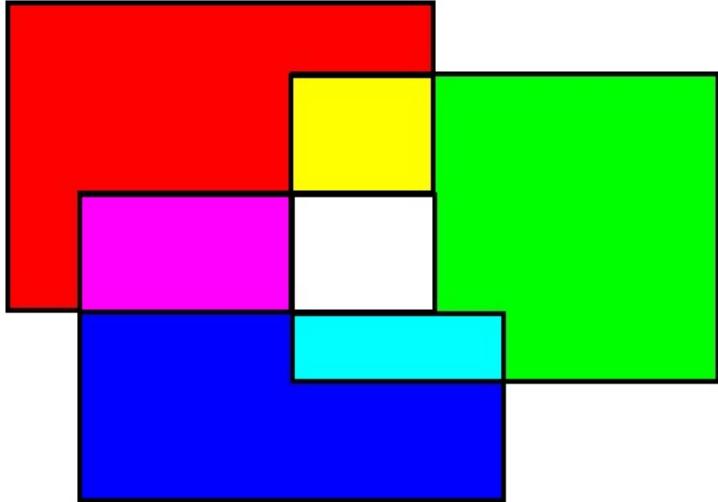
Modelo CMY



Modelos RGB e CMYK



Modelos RGB e CMYK



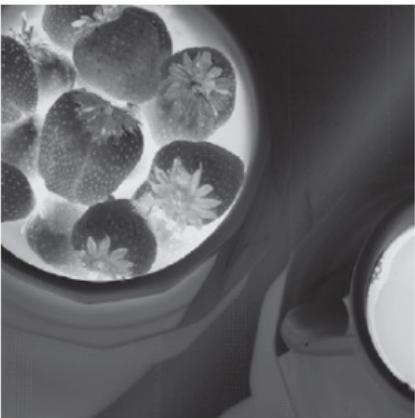
Azul + Verde = Ciano;
Azul + Vermelho = Magenta;
Verde + Vermelho = Amarelo.

Ciano + Magenta = Azul;
Ciano + Amarelo = Verde;
Magenta + Amarelo = Vermelho.

Exemplo de Canais CMYK



Colorida



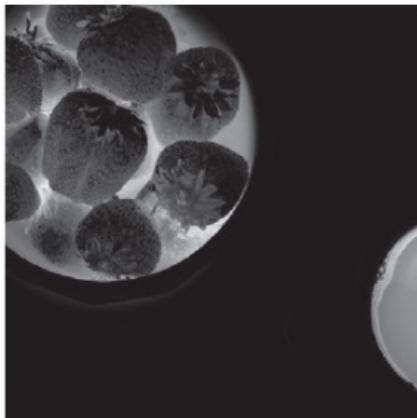
Ciano



Magenta



Amarelo



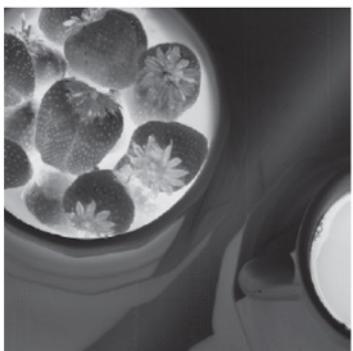
Preto



Modelos RGB x CMYK



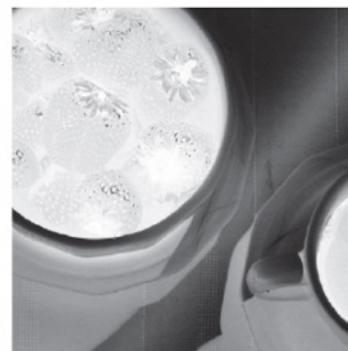
Colorida



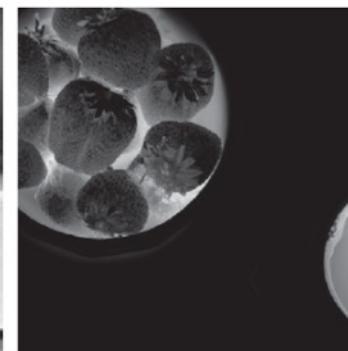
Ciano



Magenta



Amarelo



Preto



Vermelho



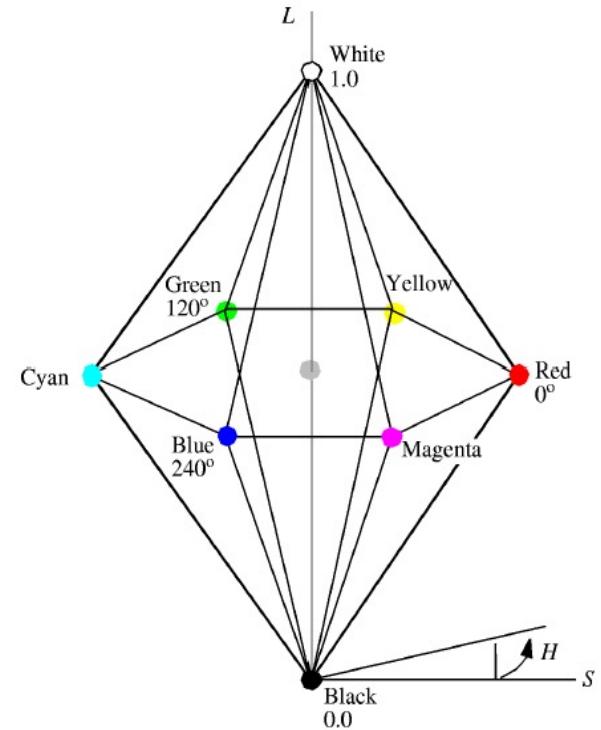
Verde



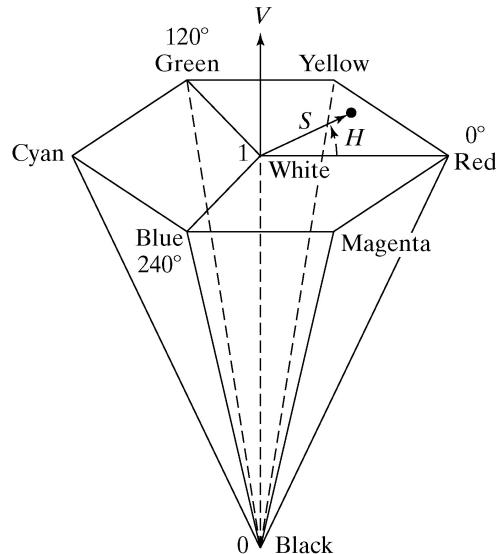
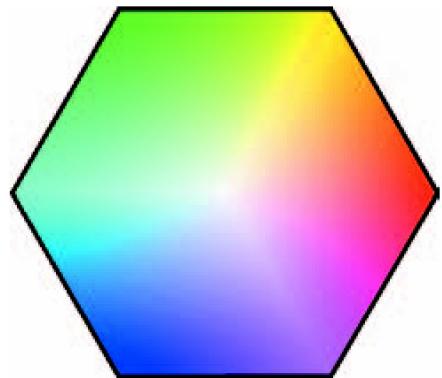
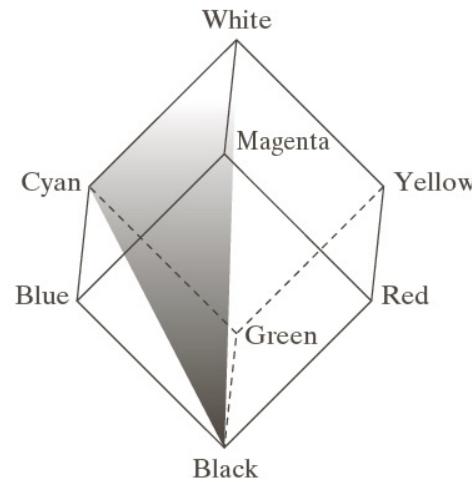
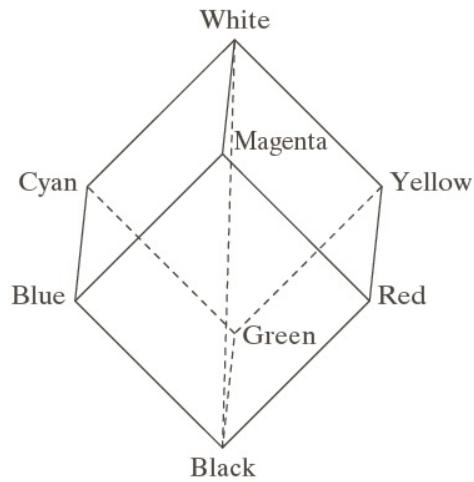
Azul

Modelo HSI

- É definida por 3 valores distintos: HUE, SATURATION e INTENSITY.
- Baseia-se na percepção humana da cor (cromaticidade e intensidade)
- **HUE:** É a matiz ou cor pura. O seu valor varia entre 0 (vermelho), passando pelo laranja, amarelo, verde, azul, púrpura, e novamente vermelho.
- **SATURATION:** Indica a quantidade de luz branca que foi misturada a cor pura. É inversamente proporcional: a cor pura tem saturação máxima, e quanto mais luz branca é adicionada a saturação vai diminuindo;
- **INTENSITY:** Indica a intensidade monocromática da cor (refletância), ou seja, a intensidade (em níveis de cinza) que a cor foi refletida ou absorvida.

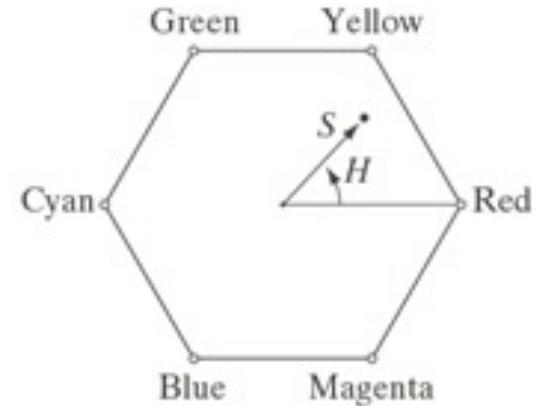
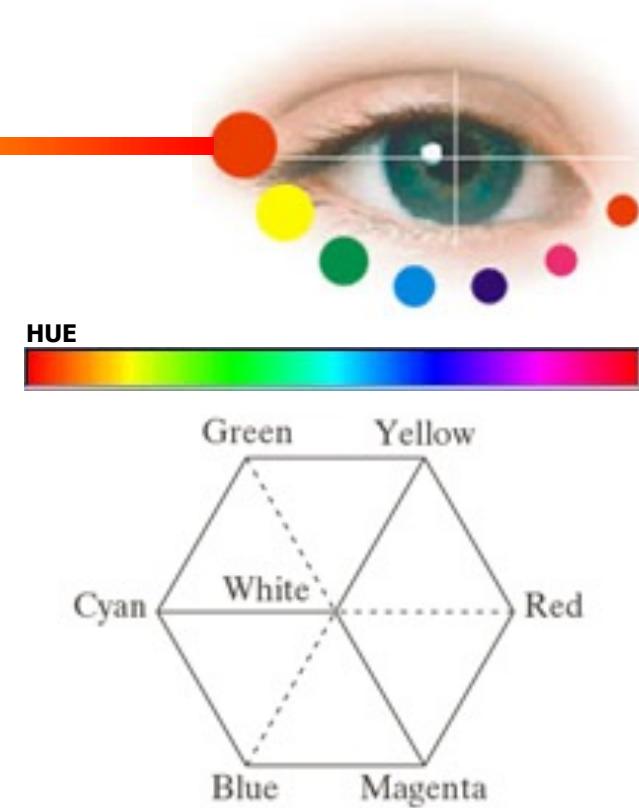
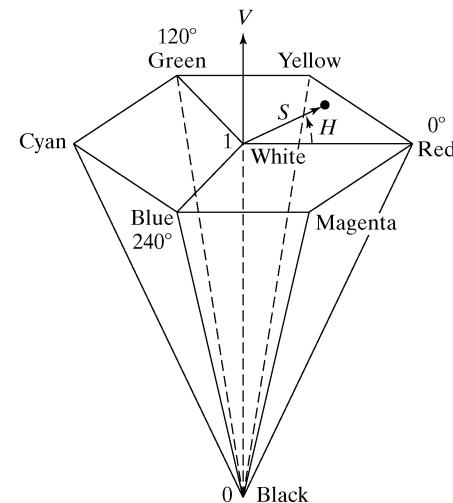
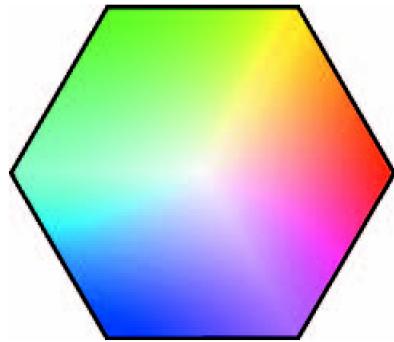


Modelo HSI



Modelo HSI

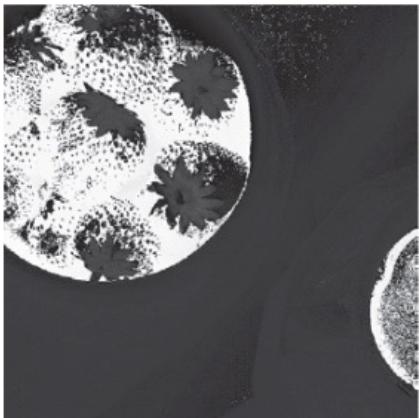
- **H** é a cor pura e é expresso em ângulo, onde 0° representa a cor vermelha.
- **S** é a “pureza da cor” e é medida pela distância do eixo. Quanto maior a distância, mais saturada (pura) é a cor e menos luz branca é misturada a ela;
- **I** é medido ao longo do eixo do cone hexagonal onde $V=0$ é o preto e $V=1$ é o branco (nível de cinza - monocromático)



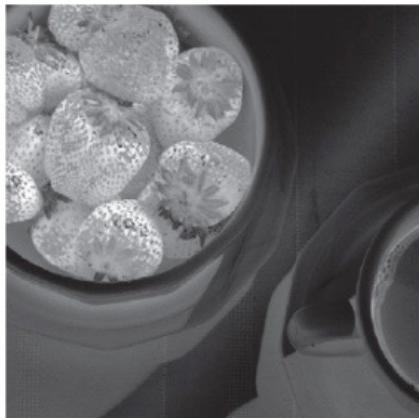
Exemplo de Canais HSI



Colorida



Matiz



Saturação



Intensidade

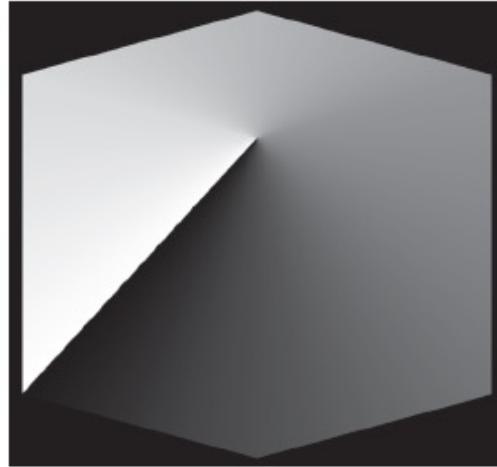
Exemplo de Canais HSI



HUE

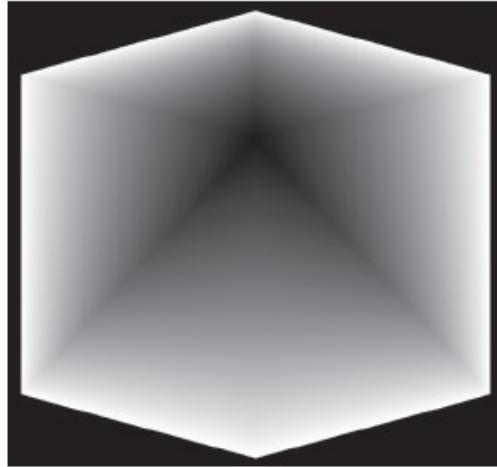


a



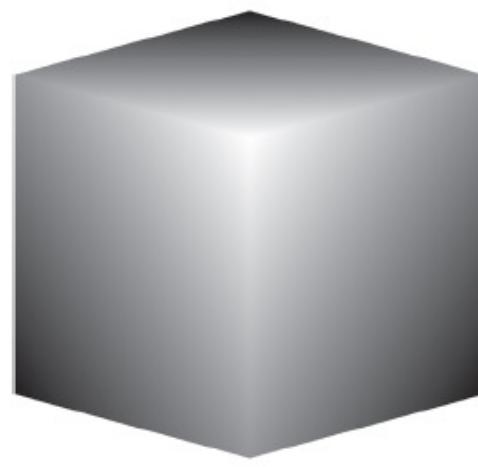
H

b



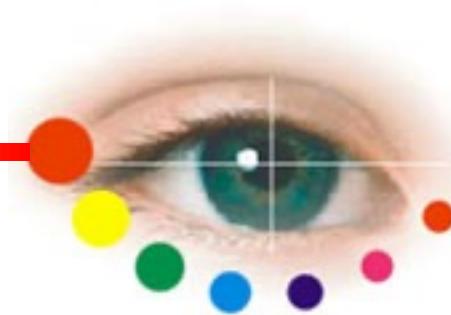
S

c



I

Modelo HSI



- HSI é de grande interesse, uma vez que permite separa as componentes de matiz, saturação e intensidade da informação de cor em uma imagem.
- Sua utilização é mais intensa em um sistema de visão artificial ,pois suas características tornam-se uma ferramenta ideal para o desenvolvimento de algoritmos de processamento de imagens fortemente baseados no modelo de percepção de cor pelo ser humano.

Modelo HSI



- Ex. a Equalização do Histograma pode ser aplicada à componente I de uma imagem colorida sem distorcer as informações de Cromaticidade.



Conversão de Modelos de Cores

□ CMY → RGB

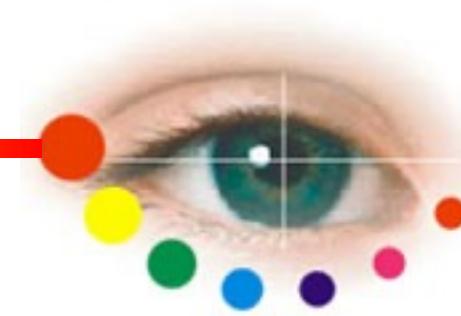
$$\text{Red} = 1 - \text{Cyan} \quad (0 \leq \text{Cyan} \leq 1)$$

$$\text{Green} = 1 - \text{Magenta} \quad (0 \leq \text{Magenta} \leq 1)$$

$$\text{Blue} = 1 - \text{Yellow} \quad (0 \leq \text{Yellow} \leq 1)$$



Conversão de Modelos de Cores



□ RGB → CMY

$$\text{Cyan} = 1 - \text{Red} \quad (0 \leq \text{Red} \leq 1)$$

$$\text{Magenta} = 1 - \text{Green} \quad (0 \leq \text{Green} \leq 1)$$

$$\text{Yellow} = 1 - \text{Blue} \quad (0 \leq \text{Blue} \leq 1)$$

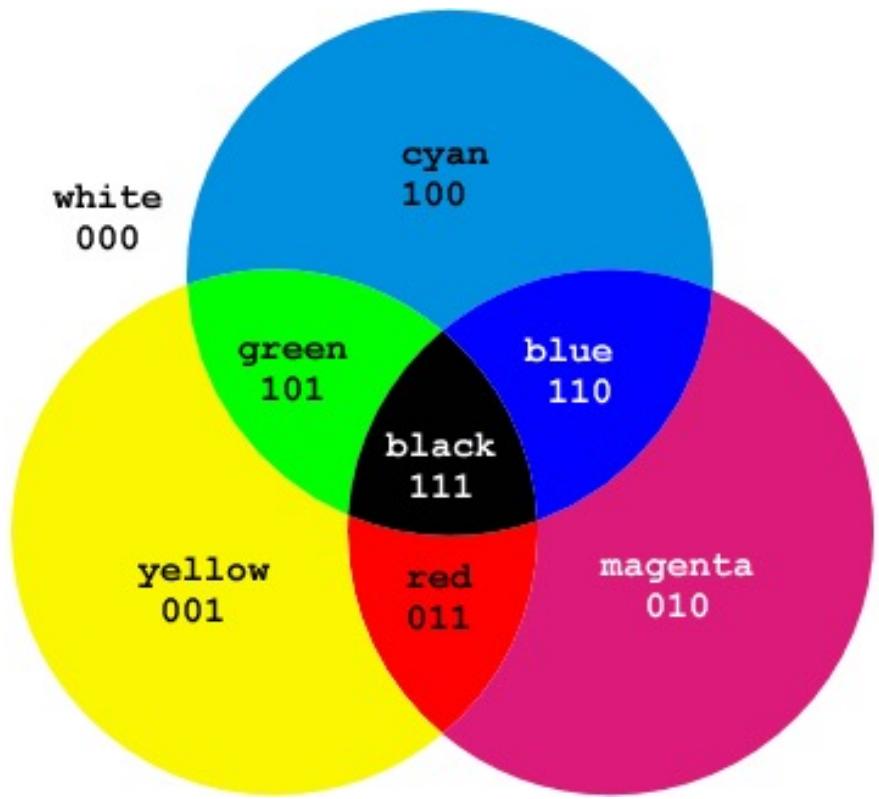
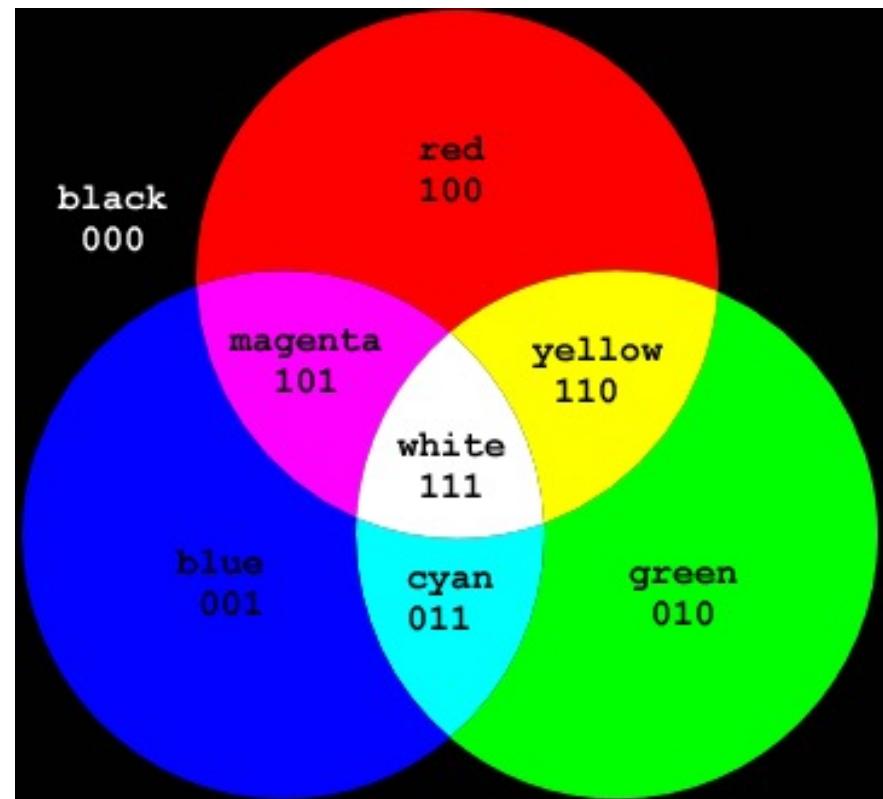
Conversão entre modelos



- Conversão entre CMY e RGB

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Modelos RGB e CMYK

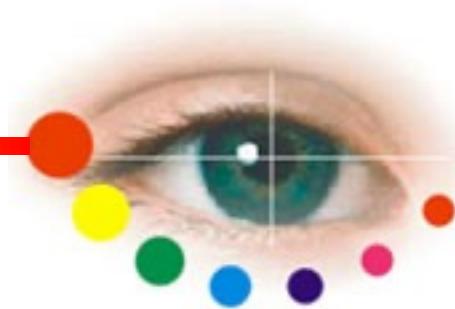


SPIDER-MAN 2
JULY 2004



G**B****R****M****C****Y**

Conversão de RGB para HSI



As cores no modelo HSI são definidas com respeito as valores normalizados do vermelho, verde e azul.

Temos as primárias RGB:

r, g, b estão

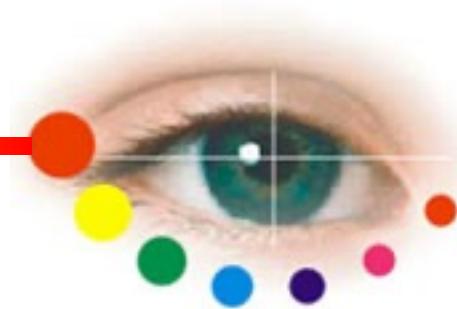
no intervalo [0,1]

$$r = \frac{R}{R + G + B}$$

$$g = \frac{G}{R + G + B}$$

$$b = \frac{B}{R + G + B}$$

Conversão de RGB para HSI

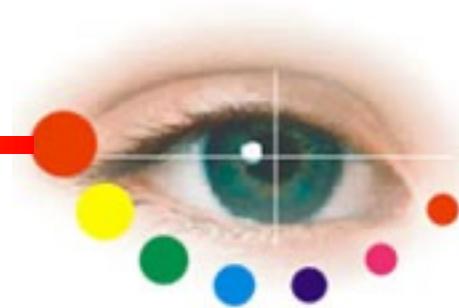


$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

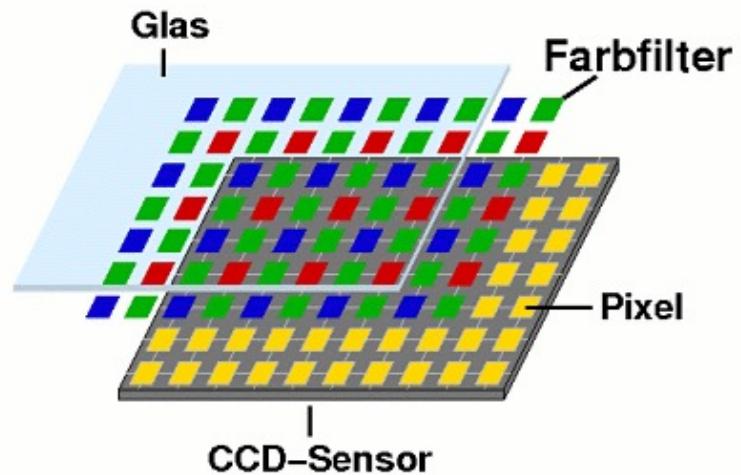
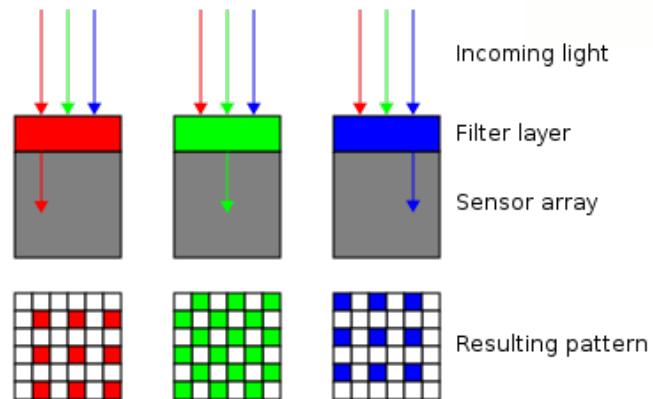
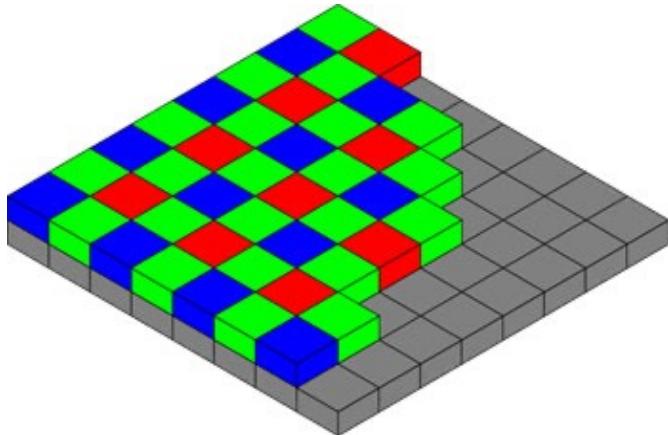
$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)]$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{1/2}} \right\}$$

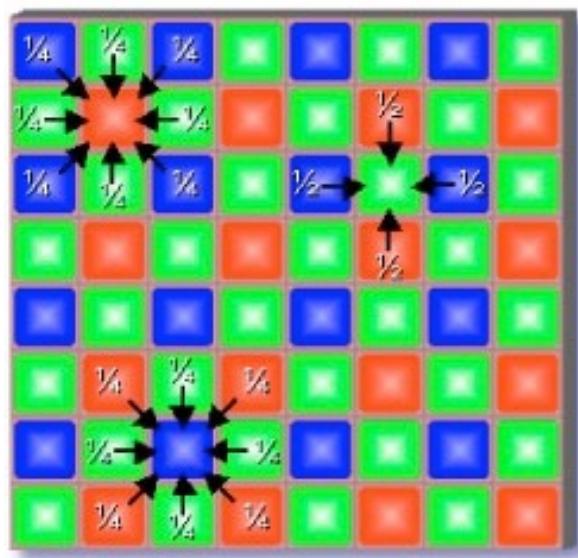
Sensores para Imagens Coloridas



Utiliza-se filtros RGB para selecionar os sensores que irão captar informações dos canais Vermelho, Verde e Azul.

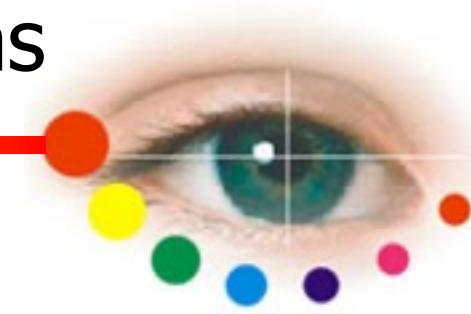


Sensores para Imagens Coloridas



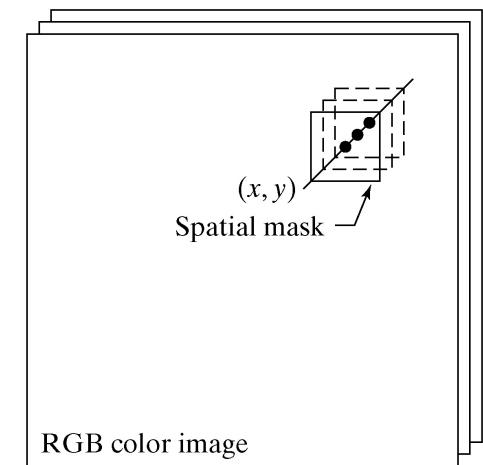
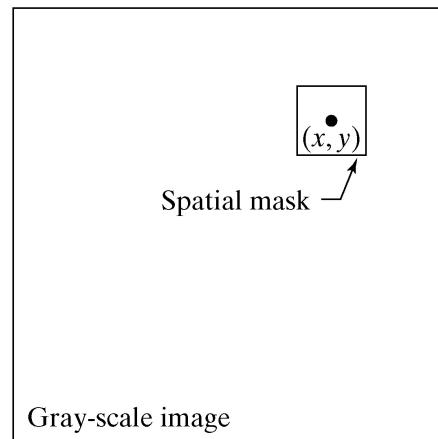
- Cada matriz 2×2 representa um pixel colorido na imagem, com 1 filtro vermelho, 1 filtro azul e dois filtros verdes;
- No total, a matriz contém 50% de filtros verde, 25% de azul e 25% de vermelho. Isso porque a cor verde tem comprimento de onda com valor intermediário entre o vermelho e o azul, e o olho humano é mais sensível à cor verde.
- A cor de cada pixel é determinada pela interpolação dos pixels vizinhos, como mostra a figura abaixo.
- A resolução espacial da imagem final é reduzida à metade do que seria se a imagem fosse monocromática.

Processamento de Imagens Coloridas



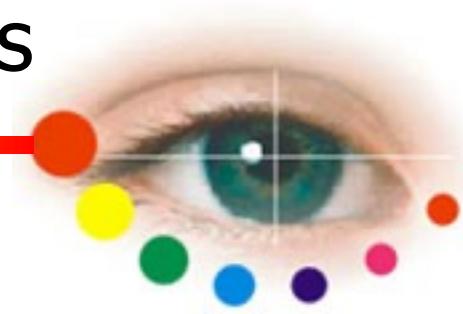
Pode ser dividido em três áreas principais.

1) Transformações de cores
(Mapeamento de cores).



- 2) Processamento espacial dos planos individuais de cores.
- 3) Processamento do Vetor de cores.

Processamento de Imagens Coloridas



- Se não há a necessidade de modificar as cores, deve-se aplicar a mesma técnica de processamento nos três canais RGB, igualmente;
- No sistema HSI, basta aplicar o processamento apenas no canal I.

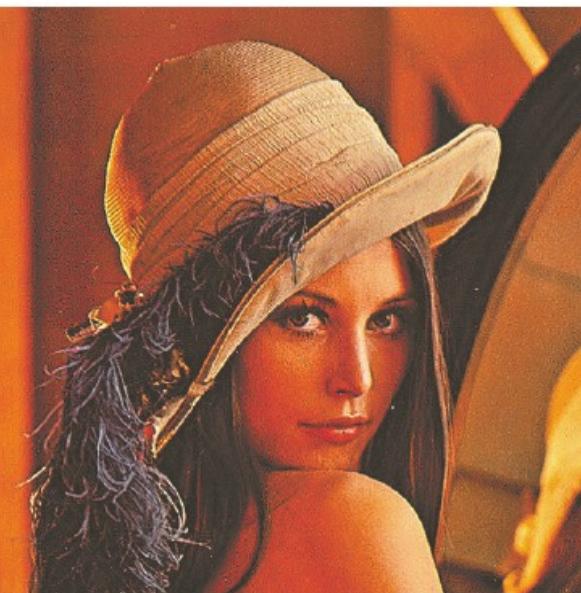
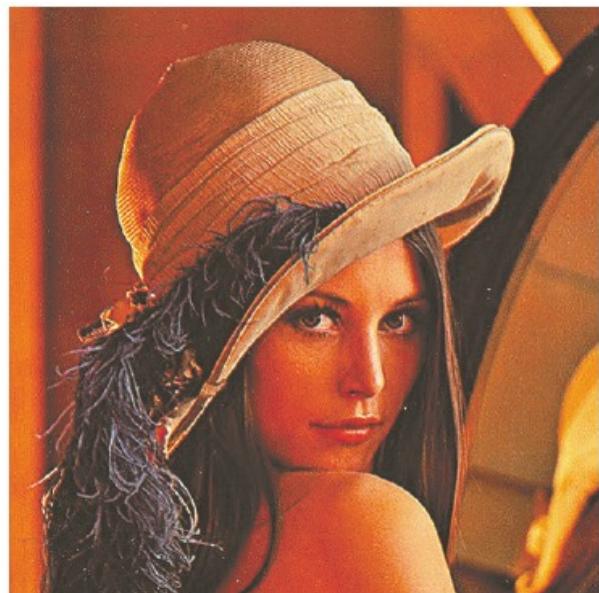
Processamento de Imagens Coloridas



a b c

FIGURE 6.40 Image smoothing with a 5×5 averaging mask. (a) Result of processing each RGB component image. (b) Result of processing the intensity component of the HSI image and converting to RGB. (c) Difference between the two results.

Processamento de Imagens Coloridas

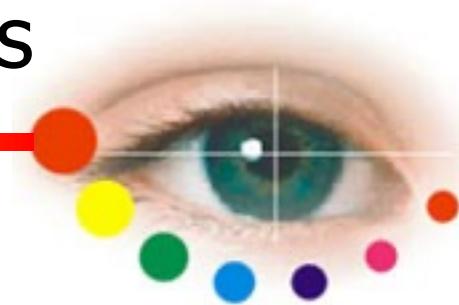


a b c

FIGURE 6.41 Image sharpening with the Laplacian. (a) Result of processing each RGB channel. (b) Result of processing the HSI intensity component and converting to RGB. (c) Difference between the two results.



Processamento de Imagens Coloridas

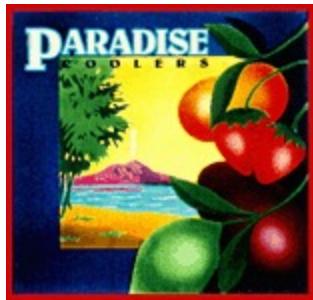


a b c

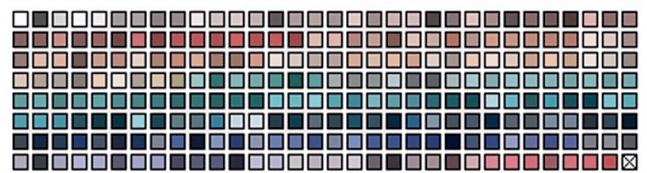
FIGURE 6.21 (a) Smoothed RGB image obtained by smoothing the R , G , and B image planes separately.
(b) Result of smoothing only the intensity component of the HSI equivalent image.
(c) Result of smoothing all three HSI components equally.

Modelo de cor indexada (Pseudocores)

- É um submodelo RGB.
- As cores de cada imagem são armazenadas numa paleta (palette), também chamada tabela de cores (color lookup table).
- As imagens GIF são, por definição, imagens indexadas.



paleta de 256 cores

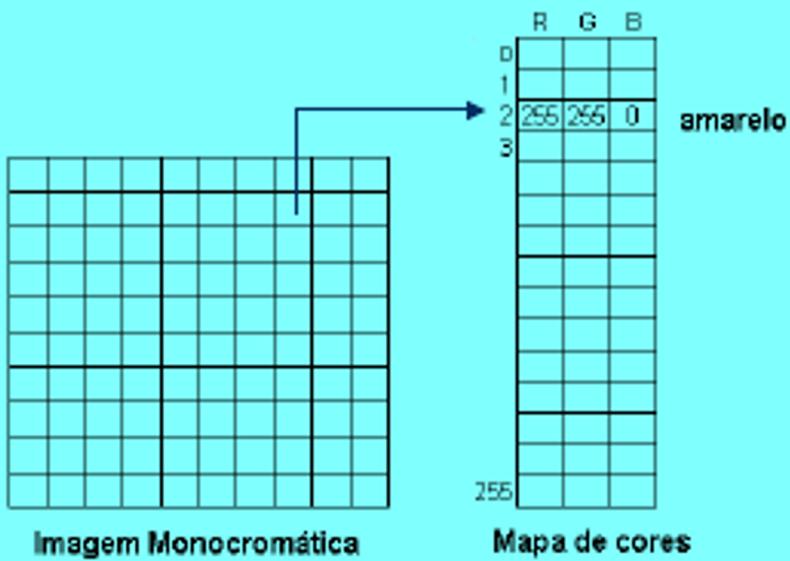


paleta de 256 cores

Modelo de cor indexada



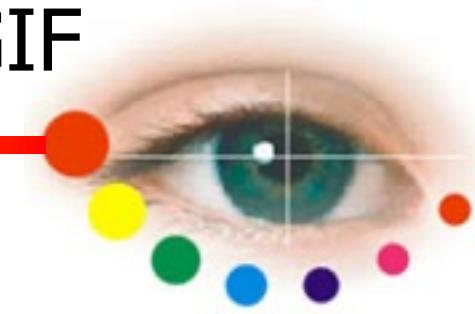
Imagen Colorida



- Uma imagem colorida também pode ser armazenada usando uma imagem monocromática e um mapa de cores.
- Neste caso, o valor de cinza de cada pixel na imagem é um índice para uma célula do mapa de cores
- A célula do mapa de cores contém o valor das componentes R, G e B referentes à cor do pixel

Formatos de arquivos de imagem: GIF

- Proposto pela Unisys Corp. e pela Compuserve.
- Objetivo inicial: transmitir imagens pelas linhas telefônicas via modem.
- Norma para arquivos de imagens sem compressão.
- Imagens limitadas a cores de 8-bits (paleta de 256 cores).



**This is a
clean, crisp
GIF file.**

Duas imagens candidatas ao armazenamento em arquivos GIF. Têm uma paleta limitada de cores, e as cores aparecem em aglomerados de pixéis com contornos bem definidos.



Esta imagem GIF gerada a partir de uma foto mostra as limitações do formato GIF quando na imagem possui uma graduação suave de cores. Neste caso, é melhor usar um arquivo JPEG.

JPEG

- Criada pelo Joint Photographic Experts Group.
- Uma norma para compressão com perdas.
- Tira vantagem das limitações do sistema de visão humana por forma a atingir elevadas taxas de compressão.
- Ao salvar um arquivo JPEG, podemos escolher um nível baixo ou elevado de compressão. Um nível baixo implica maior qualidade de imagem, mas também um tamanho maior do arquivo.
- Resolução de cor: até 24 bits.
- **Aplicabilidade:**
 - Imagens com variações graduais de cor ou tonalidade. Ex.: fotografia.



Esta imagem altamente comprimida surge com lixo de pigmentação em torno dos contornos de aglomerados de cor azul.



Esta imagem tem variações graduais de cor.

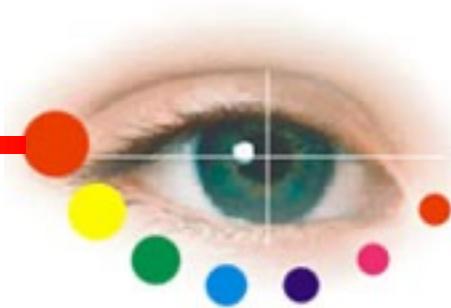
- **Desvantagens:**
 - Degradação visível em imagem com contornos bem definidos, quando sujeita a elevados níveis de compressão.

TIFF



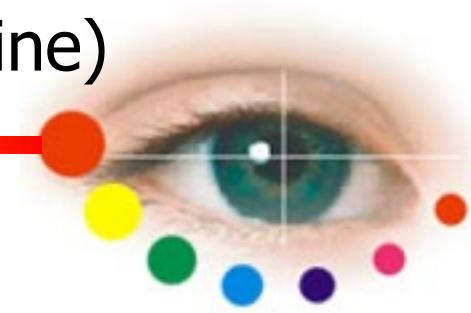
- Uma norma para arquivos de imagem sem compressão.
- Armazena vários tipos de imagem: monocromática, tons de cinza, 8-bits, 24-bits, etc.
- Desenvolvida pela Aldus Corp., 1980, e mais tarde pela Microsoft.
- Compressão sem perdas que permite ao utilizador ativar o nível desejado de qualidade/compressão.
- Muito usado em imagens médicas.

BMP



- Mapa de bits
- Arquivo sem compressão.
- Armazena imagens coloridas de até 24-bits.
- Desenvolvida para uso no Windows da Microsoft.
- Admite compressão.

DICOM (Digital and Communication in Medicine)



- Permite que o médico recupere o registro completo de imagem médica de um determinado paciente;
- Permite não só armazenar dados da imagem, como também informações sobre o paciente
- Está sendo adotado por praticamente todos os softwares médicos, facilitando uma maior interação entre os softwares existentes;
- Tem protocolos de visualização e contraste;

FIM