

# Cor

## SCC0251 – Processamento de Imagens

Prof. Moacir Ponti Jr.  
[www.icmc.usp.br/~moacir](http://www.icmc.usp.br/~moacir)

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – USP

2012/1

# Sumário

- 1 Introdução
- 2 Modelos de cor
  - RGB
  - XYZ, Lab e Luv
  - CMY e CMYK
  - HSV
  - Aquisição de imagem colorida
- 3 Pseudocores
- 4 Processamento de imagens coloridas

# Cor

## Motivações

- Poderoso descritor para identificação de elementos de interesse numa cena
- Sistema visual humano pode ver e discernir milhares de tons e intensidades de cor

## Áreas

- Imagens coloridas
- Pseudocores

## Cor



Imagem colorida

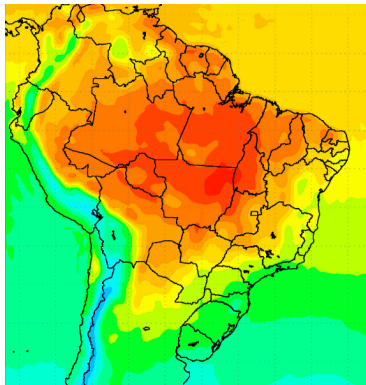
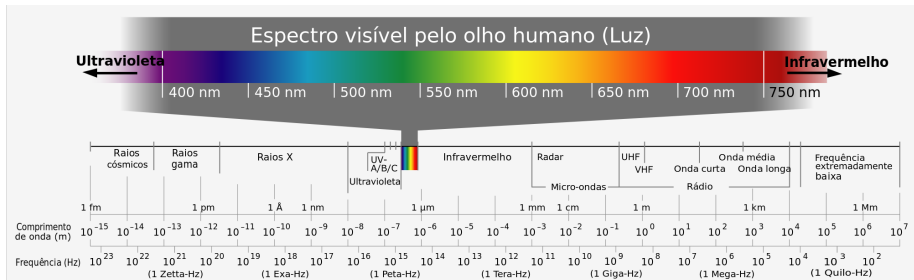


Imagem em pseudocores

## Espectro visível pelo olho humano (Luz)

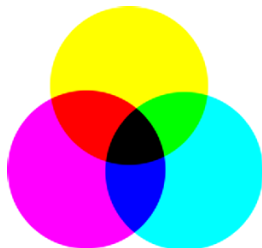


# Cor

- Luz acromática: seu único atributo é a *intensidade* (ou quantidade),
- Luz cromática: engloba o espectro de energia eletromagnética visível.
- Os cones são os sensores dos olhos responsáveis pela visão das cores e existem em três principais categorias: sensíveis ao vermelho (65%), ao verde (33%) e ao azul (2%).
- Por isso é comum modelar as cores por meio da combinação dos componentes vermelha (R, red), verde (G, green) e azul (B, blue).

# Cor: composição

- Cores primárias: azul, amarelo e vermelho (usando lápis de cor):
  - azul+amarelo = verde
  - vermelho+azul = roxo
  - vermelho+amarelo = marrom
- As cores primárias nesse caso, são na verdade: ciano, amarelo e magenta.
- Modelo **subtrativo**, usado para pigmentos (tinta, lápis, etc.) que absorvem certos comprimentos de onda do espectro.
- Quanto mais pigmento, mais escura a cor.



# Cor: composição

- Em monitores, projetores e TVs, o modelo usado é **aditivo**
- A adição de luz em diferentes comprimentos de onda gera a mistura. Quanto mais luz, mais clara a cor.
  - azul+verde= ciano
  - vermelho+azul = roxo
  - vermelho+verde = amarelo



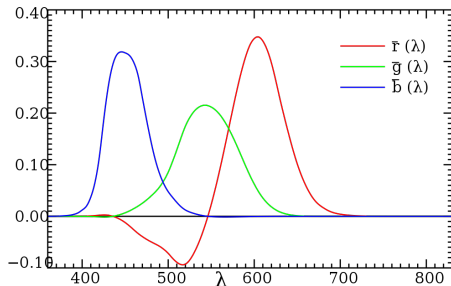


# Sumário

- 1 Introdução
- 2 Modelos de cor
  - RGB
  - XYZ, Lab e Luv
  - CMY e CMYK
  - HSV
  - Aquisição de imagem colorida
- 3 Pseudocores
- 4 Processamento de imagens coloridas

# Modelos de cor

- Nos anos 1930 a Comissão Internationale d'Eclairage (CIE) patronizou a representação tri-estímulo (CIE 1931 XYZ color space).
- Os valores de tri-estímulo correspondem aos níveis de estímulo detectados pelas três células cone existentes no olho humano
  - Duas fontes de luz compostas de diferentes combinações de comprimentos de onda podem produzir o mesmo estímulo



# Modelos de cor

- A percepção humana das cores aferida por experimentos apresenta valores negativos de vermelho.
  - Efeito ocorre pois os cones são estimulados ao mesmo tempo e por isso há sobreposição de sensibilidade.
  - Espaços de cor como o RGB deveria incluir valores negativos para pelo menos uma das cores primárias.
- Como consequência, cores primárias “imaginárias” e funções para mapeamento foram formuladas, sendo os valores tri-estimulo escritos como  $X$ ,  $Y$  e  $Z$ .

# Modelos de cor

- A CIE desenvolveu um novo modelo de cores chamado **XYZ** que contem todo o espectro de cores puras no ortante positivo.
- Outros chamados **Lab** e **Luv** foram desenvolvidos para melhor adaptar-se à visão humana.
- Os espaços **CMY** e **CMYK** são usados para pigmentos (impressoras)
- **HSV** é outro modelo desenvolvido para separar componentes de luminância, cromaticidade e saturação.

# RGB

- Amplamente conhecido e utilizado
- A adição de cor luz vermelha, verde e azul geram novas cores. Quanto mais luz, mais clara a cor.
- Possui um subconjunto sRGB usado para padronizar a comunicação entre diferentes monitores, impressoras, etc.





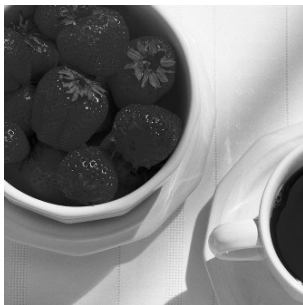
RGB



R



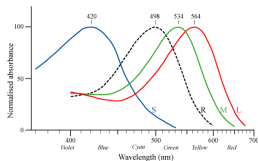
G



B

## XYZ

- Os valores tri-estímulo XYZ são análogos, mas não iguais às respostas dos cones LMS.
- Y foi definido como luminância (brilho), Z como próximo ao estímulo azul e X uma mistura (combinação linear) de estímulos escolhida para ser não-negativo.



## XYZ

- Os valores tri-estímulo XYZ são análogos, mas não iguais às respostas dos cones LMS.
- Y foi definido como luminância (brilho), Z como próximo ao estímulo azul e X uma mistura (combinação linear) de estímulos escolhida para ser não-negativo.

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

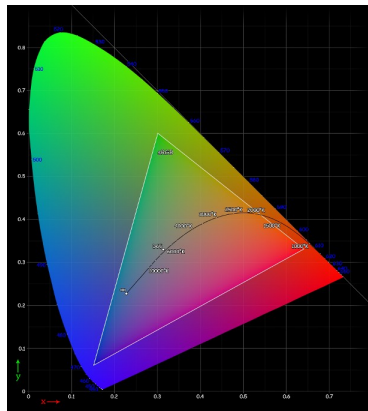
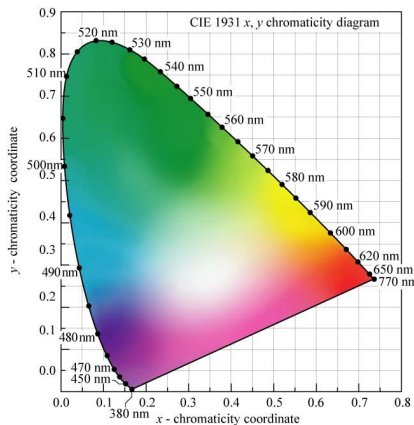
$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} = 1 - x - y$$

- O espaço de cores (representação) é chamado CIE xyY, usado para visualizar e especificar cores na prática



## XYZ

- O diagrama representa todas as tonalidades cromáticas visíveis
- Todas as misturas possíveis entre duas cores são representadas pelo segmento de reta que as conecta



# XYZ e RGB

Transformação de RGB para XYZ:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \frac{1}{0.17697} \cdot \begin{bmatrix} 0.49 & 0.31 & 0.20 \\ 0.17697 & 0.81240 & 0.01063 \\ 0.00 & 0.01 & 0.99 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$L^* a^* b^* \text{ e } L^* u^* v^*$$

- Espaço de cores baseado em cores oponentes, desacopla brilho em  $L^*$
- Criado para ser facilmente computado a partir de XYZ e que fosse mais “perceptualmente uniforme”:
  - uma mudança num mesmo valor de cor deve produzir uma mudança visual de mesma magnitude.
- Inclui cores perceptíveis por humanos (e “imaginárias”), contendo os espaços RGB e CMYK.
- Necessita de 16 bits/pixel para armazenamento

### Interpretação dos valores

- $L^* = 0$  produz preto,  $L^* = 100$  branco difuso;
- $a^* < 0$  indica cor próxima ao verde e  $a^* > 0$  cor próxima ao magenta;
- $b^* < 0$  indica cor próxima ao azul e  $b^* > 0$  cor próxima ao amarelo.

$$L^* a^* b^* \text{ e } L^* u^* v^*$$

- $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  são calculados a partir de XYZ.

$$L^* = 116f(Y/Y_n) - 16$$

$$a^* = 500 [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)]$$

$$b^* = 200 [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)],$$

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & \text{se } t > (6/29)^3 \\ 1/3(29/6)^2 t + 4/29 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

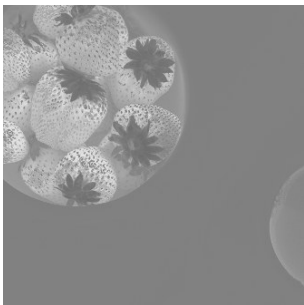
- $L^* u^* v^*$  é um outro sistema similar ( $L^*$  é o mesmo)



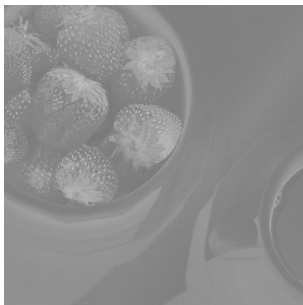
RGB



$L^*$



$a^*$

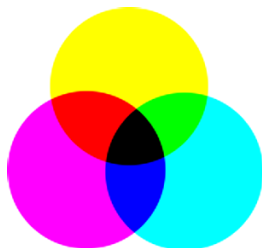


$b^*$

# CMY e CMYK

Sistemas subtrativos, usados em geral para definir cores para impressão (cor pigmento). Transformado a partir de RGB por:

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

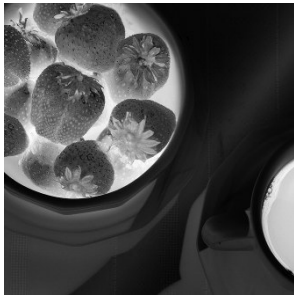


# CMY e CMYK

- Nesse sistema é possível ver que o ciano não reflete o vermelho  $C = 1 - R$ , e de forma similar, o magenta não reflete verde e o amarelo não reflete azul.
- Essa transformação, no entanto causa problemas principalmente na cor preta, que fica mais próxima de um verde escuro, o que ocasiona diferenças entre a cor vista no monitor e a impressa.
- CMYK foi uma tentativa de adicionar um canal preto  $K$  para melhorar a compatibilidade entre os modelos de cor.



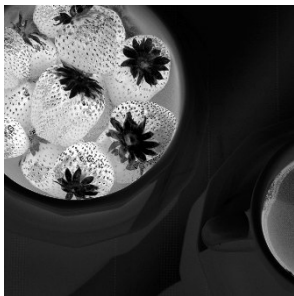
RGB



K



C



M



Y



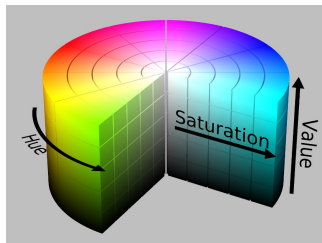
# HSV

- Se fosse possível definir um canal de cor (0-255) de forma que cada valor significasse o matiz, ou componente cromático de uma determinada cor, teríamos algo como o círculo abaixo, que inicia em 0 e faz a volta até 255
- Nesse círculo, cores opostas são chamadas **complementares**: sua mistura gera um tom de cinza.
- Para gerar as misturas, dois outros canais de cor são definidos: **saturação** e **brilho**.



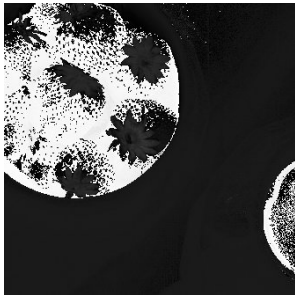
# HSV

- Hue (matiz): define o componente de cor, ou a posição no círculo.
- Saturation (saturação): define o quão “pura” é a cor, ou se ela está misturada com outras cor (complementar), tornando-a mais pálida
- Value (valor/brilho): define a quantidade de luz na mistura, quanto mais luz mais clara a cor (na ausência de valor, a imagem é toda preta).





RGB



H



S



V



RGB



Saturação máxima



Valor máximo



Modificação no matiz

# RGB para HSV

Sendo a cor RGB definida por valores entre 0.0 e 1.0:

$$H = \begin{cases} 60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 0 & \text{se } MAX = R \text{ e } G \geq B \\ 60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 360 & \text{se } MAX = R \text{ e } G < B \\ 60 \times \frac{B-R}{MAX-MIN} + 120 & \text{se } MAX = G \\ 60 \times \frac{R-G}{MAX-MIN} + 240 & \text{se } MAX = B \end{cases}$$

$$S = \frac{MAX - MIN}{MAX}$$

$$V = MAX$$

# Aquisição de imagem colorida

- A maioria das câmeras possui um array de sensores sensíveis a vermelho, verde e azul, posicionados lado a lado
- A cor é definida pela resposta real medida adicionada da interpolação dos valores da vizinhança

G	R	G	R
B	G	B	G
G	R	G	R
B	G	B	G

rGb	Rgb	rGb	Rgb
rgB	rGb	rgB	rGb
rGb	Rgb	rGb	Rgb
rgB	rGb	rgB	rGb

# Sumário

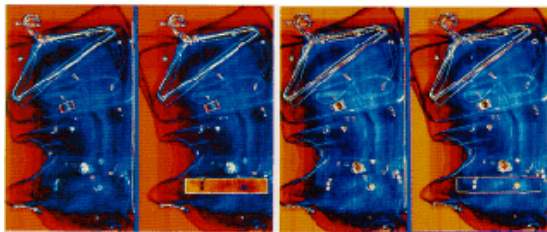
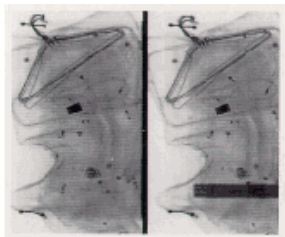
- 1 Introdução
- 2 Modelos de cor
  - RGB
  - XYZ, Lab e Luv
  - CMY e CMYK
  - HSV
  - Aquisição de imagem colorida
- 3 Pseudocores
- 4 Processamento de imagens coloridas

# Pseudocores

- Em algumas aplicações a resposta obtida pelo(s) sensor(es) são números não necessariamente relacionados à intensidade, luz ou cor.
- Nesses casos, para visualizar a imagem em cores é preciso atribuir determinadas cores à valores da matriz de origem
  - Na previsão do tempo, o mapa é sobreposto por cores relativas à temperatura estimada para aquela região (variação  $-89.2^{\circ}$  e  $+62.5^{\circ}$ )
  - Em sistemas de raios-X para segurança, a resposta de determinadas energias é realçada com cores específicas, para detectar armas, explosivos, e objetos perigosos

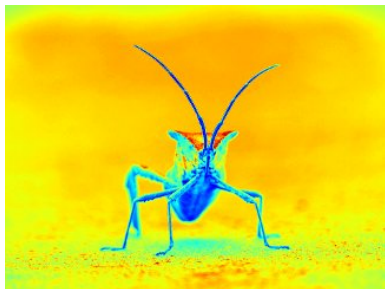


# Pseudocores



# Pseudocores

- Diversas técnicas são possíveis para atribuir pseudocores.
- Uma bastante comum é utilizar fatiamento de intensidades, substituindo cada intensidade por um **matiz** (assim como no círculo de matizes, do sistema HSV)



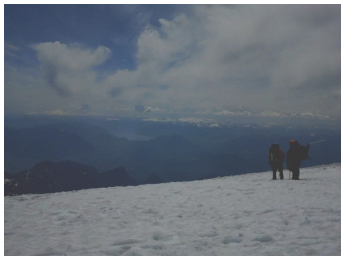
# Sumário

- 1 Introdução
- 2 Modelos de cor
  - RGB
  - XYZ, Lab e Luv
  - CMY e CMYK
  - HSV
  - Aquisição de imagem colorida
- 3 Pseudocores
- 4 Processamento de imagens coloridas

# Processamento de imagens coloridas

- O processamento de imagens coloridas pode ser feito separadamente para cada canal RGB, ou então feita a conversão para algum sistema de cores.
- É possível processar, por exemplo, apenas o brilho no canal V do sistema HSV.
  - Os resultados são melhores, em geral, porque processamos separadamente os componentes de luminância e crominância da imagem.

# Imagens coloridas: ajuste linear no contraste



Ajuste nos canais RGB



Ajuste no canal V

## Imagens coloridas: redução de ruído pela média

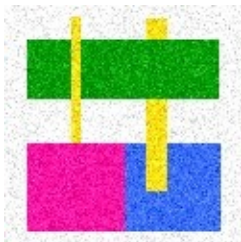
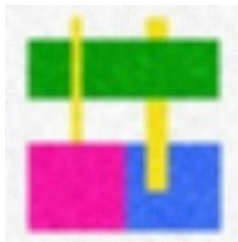
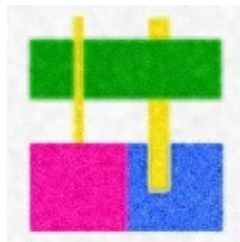


Imagem ruidosa



Filtragem dos canais RGB



Filtragem do canal V

# Bibliografia I

-  GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E. ★  
**Processamento Digital de Imagens**, 3.ed  
Capítulo 5.  
Pearson, 2010.
-  SZELISKI, R.  
**Computer Vision**  
Seção 2.3.2  
Springer, 2011.