

# Fundamentos de Imagem Digital

Prof. Alexandre Xavier Falcão

## Aula 03

### 1 Cor

A cor é o resultado da percepção da luz (comprimento de onda de  $0.4-0.7\mu\text{m}$ ) que incide na retina em células foto-receptoras, denominadas cones. A maioria das cores visíveis pelo olho humano pode ser representada pela combinação de luzes monocromáticas nos comprimentos de onda do azul, vermelho e verde. O olho humano percebe cerca de 30 níveis de cinza e 7 milhões de cores. Ele é mais sensível ao verde, depois ao vermelho, e menos ao azul, porém percebe mais variações de azul, depois de vermelho e menos de verde.

Uma cor pode ser decomposta em três componentes independentes: **intensidade, matiz, e saturação**. A intensidade é responsável pela sensação de brilho, a matiz pela sensação de “cor” (comprimento de onda), e a saturação pelo grau de pureza da cor em relação ao branco (e.g., de rosa para vermelho temos um aumento de saturação).

Imagens coloridas são armazenadas em três componentes primários formando um espaço de cor.

### 2 Espaços de cor

#### 2.1 Espaço RGB (Thomas Young, 1773-1829)

O espaço RGB é formado pela nossa sensação da soma ponderada dos componentes *red* (R), *green* (G) e *blue* (B). Seu espaço complementar CMY é formado pelo cyan ( $C=255-R$ ), magenta ( $M=255-G$ ) e yellow ( $Y=255-B$ ).

O espaço RGB é usado para mostrar imagens coloridas na tela do computador, enquanto o espaço CMY é usado em impressoras.

#### 2.2 Espaço HSV

O espaço HSV representa a matiz, a saturação e o brilho. Como os componentes primários são descorrelacionados, melhoramentos na imagem através de transformações radiométricas aplicadas à saturação (S) e/ou ao brilho (V) não afetarão a matiz (H).

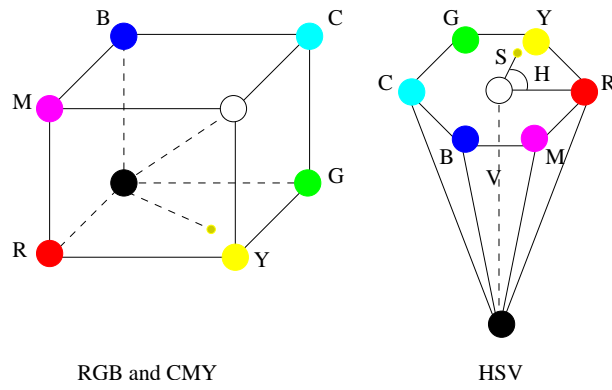


Figura 1: Espaços de cor RGB, CMY, e HSV

### Conversão de RGB 24 bits para HSV real:

Entrada: Image  $\hat{I} = (D_I, \vec{I})$ , onde  $\vec{I} = \{R, G, B\}$ .

Saída: Imagem  $\hat{I}' = (D_{I'}, \vec{I}')$ ,  $D_{I'} = D_I$ ,  $\vec{I}' = \{H, S, V\}$ .

Auxiliares: Matrizes reais  $R'$ ,  $G'$ , e  $B'$ , e variáveis reais  $min$ ,  $max$  e  $delta$ .

1. Para todo pixel  $p \in D_I$  faça
2.  $R'(p) \leftarrow R(p)/255.0$ ,  $G'(p) \leftarrow G(p)/255.0$ , e  $B'(p) \leftarrow B(p)/255.0$ .
3.  $max \leftarrow \max\{R'(p), G'(p), B'(p)\}$  e  $min \leftarrow \min\{R'(p), G'(p), B'(p)\}$ .
4.  $V(p) \leftarrow max$ .
5.  $delta \leftarrow max - min$ .
6. Se  $delta = 0.0$  então
7.  $S(p) \leftarrow 0$  e  $H(p) \leftarrow nil$ ,
8. no caso contrário,
9.  $S(p) \leftarrow delta/max$ .
10. Se  $B'(p) = max$  então
11.  $H(p) \leftarrow 4.0 + (R'(p) - G'(p))/delta$ ,
12. no caso contrário,
13. Se  $G'(p) = max$  então
14.  $H(p) \leftarrow 2.0 + (B'(p) - R'(p))/delta$ ,
15. no caso contrário,

16.  $H(p) \leftarrow (G'(p) - B'(p))/\text{delta}.$
17.  $H(p) \leftarrow H(p) * 60.0.$
18. Se  $H(p) < 0.0$  então  $H(p) \leftarrow H(p) + 360.0.$

Note que  $H(p) = \text{nil}$  ou  $0.0 \leq H(p) \leq 360.0$ ,  $0.0 \leq S(p) \leq 1.0$ , e  $0.0 \leq V(p) \leq 1.0$ , são valores reais.

### Conversão de HSV real para RGB 24bits:

Entrada: Imagem  $\hat{I}' = (D_{I'}, \vec{I}')$ ,  $D_{I'} = D_I$ ,  $\vec{I}' = \{H, S, V\}$ .

Saída: Image  $\hat{I} = (D_I, \vec{I})$ , onde  $\vec{I} = \{R, G, B\}$ .

Auxiliares: Matrizes reais  $R'$ ,  $G'$ , e  $B'$ , variáveis reais  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , e  $d$ , e variável inteira  $i$ .

1. Para todo pixel  $p \in D_{I'}$  faça
2. Se  $H(p) = \text{nil}$  então
3.  $R'(p) \leftarrow V(p)$ ,  $G'(p) \leftarrow V(p)$ , e  $B'(p) \leftarrow V(p)$ ,
4. no caso contrário,
5. Se  $H(p) = 360.0$  então  $H(p) \leftarrow 0.0.$
6.  $H(p) \leftarrow H(p)/60.0.$
7.  $i \leftarrow (\text{int})H(p).$
8.  $a \leftarrow H(p) - i.$
9.  $b \leftarrow V(p) * (1.0 - S(p)).$
10.  $c \leftarrow V(p) * (1.0 - (S(p) * a)).$
11.  $d \leftarrow V(p) * (1.0 - (S(p) * (1.0 - a))).$
12. Verifique  $i$ :
13. Caso  $i = 0$ , então  $R'(p) \leftarrow V(p)$ ,  $G'(p) \leftarrow d$ ,  $B'(p) \leftarrow b.$
14. Caso  $i = 1$ , então  $R'(p) \leftarrow c$ ,  $G'(p) \leftarrow V(p)$ ,  $B'(p) \leftarrow b.$
15. Caso  $i = 2$ , então  $R'(p) \leftarrow b$ ,  $G'(p) \leftarrow V(p)$ ,  $B'(p) \leftarrow d.$
16. Caso  $i = 3$ , então  $R'(p) \leftarrow b$ ,  $G'(p) \leftarrow c$ ,  $B'(p) \leftarrow V(p).$
17. Caso  $i = 4$ , então  $R'(p) \leftarrow d$ ,  $G'(p) \leftarrow b$ ,  $B'(p) \leftarrow V(p).$
18. Caso  $i = 5$ , então  $R'(p) \leftarrow V(p)$ ,  $G'(p) \leftarrow b$ ,  $B'(p) \leftarrow c.$
19.  $R(p) \leftarrow (\text{int})(255 * R'(p))$ ,  $G(p) \leftarrow (\text{int})(255 * G'(p))$ , e  $B(p) \leftarrow (\text{int})(255 * B'(p)).$

## 2.3 Espaço YCbCr (Vídeo Digital)

Para todo pixel  $p \in D_I$ ,  $0 \leq R(p) \leq 255$ ,  $0 \leq G(p) \leq 255$ , e  $0 \leq B(p) \leq 255$  temos:

$$Y(p) = 0.257R(p) + 0.504G(p) + 0.098B(p) + 16 \quad (1)$$

$$Cr(p) = 0.439R(p) - 0.368G(p) - 0.071B(p) + 128 \quad (2)$$

$$Cb(p) = -0.148R(p) - 0.291G(p) + 0.439B(p) + 128 \quad (3)$$

onde  $0 \leq Y(p) \leq 255$ ,  $0 \leq Cb(p) \leq 255$ , e  $0 \leq Cr(p) \leq 255$ .

$$R(p) = 1.164(Y(p) - 16) + 1.596(Cr(p) - 128) \quad (4)$$

$$G(p) = 1.164(Y(p) - 16) - 0.813(Cr(p) - 128) - 0.392(Cb(p) - 128) \quad (5)$$

$$B(p) = 1.164(Y(p) - 16) + 2.017(Cb(p) - 128) \quad (6)$$

## 2.4 Espaços Luv e Lab

Uma das propriedades desejáveis para um espaço de cor é que as distâncias entre as cores sejam próximas da percepção humana. A *Commission internationale de l'éclairage* (CIE) definiu dois espaços de cores com esta característica: Luv e Lab. A conversão RGB para estes espaços, porém, passa por um espaço intermediário, denominado XYZ. Existem várias propostas de conversão entre RGB e esses espaços. Veja o site <http://www.brucelindbloom.com/> para mais detalhes.

## 3 Apresentação de imagens na tela

As imagens cinzas são apresentadas de forma que quanto maior for o valor do pixel, mais claro ele aparece na tela. As imagens coloridas devem ser apresentadas na tela usando o espaço RGB. Se enviarmos para display uma imagem em outro espaço de cor, o computador interpretará a imagem como se estivesse em RGB. Em sensoriamento remoto, por exemplo, a combinação de bandas espectrais em componentes RGB é usada para obter informações do solo pela interpretação das cores que são produzidas na tela.

Imagens em tons de cinza também podem ser apresentadas com cores, através do uso de tabelas de cores. Neste caso, o valor de cinza é o índice da cor correspondente na tabela. Por exemplo, podemos gerar uma tabela de cores variando tons de azul até vermelho, passando pelo amarelo, depois laranja, para indicar variação de temperatura de frio até quente.

## 4 Exercício

Implemente rotinas para transformações de imagens entre os espaços de cores RGB, Lab e Luv.