

COR

Computação Gráfica e Interfaces



UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Teoria da cor

- Luz
- Teoria dos três estímulos

Modelos de cor

- RGB
- CMY
- HSV
- HLS
- CIE

Utilização da cor em interfaces gráficas

- Princípios gerais

Factores associados à percepção da cor de objectos

Propriedades físicas

- Iluminação, através de ondas de luz visível do espectro electromagnético que atingem a visão
- Reflexão da luz, sendo também determinantes as propriedades dos materiais e a geometria das superfícies

Percepção visual

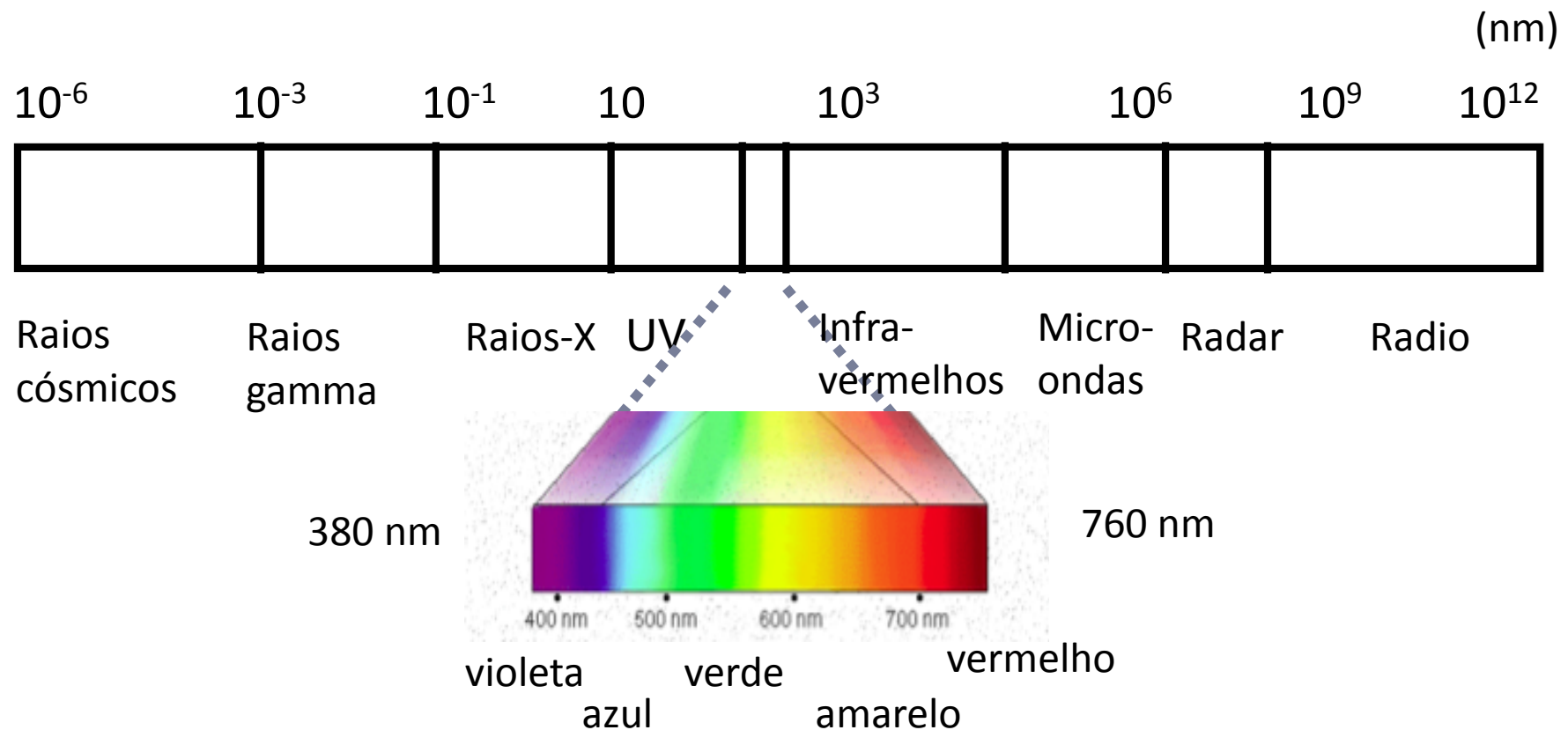
- Fisiologia da visão humana: receptores existentes na retina dos olhos – bastonetes e cones – que convertem fotões de luz em sinais electroquímicos a processar pelo cérebro
- Interpretação psicológica da informação recebida, um assunto de grande complexidade e muito dependente de experiências e associações anteriores

Em suma, o estudo do fenómeno da cor é bastante complexo

Espectro electromagnético

A luz é a forma visível de energia electromagnética

As frequências de luz visível variam entre o vermelho (760 nm) e o violeta (380 nm)



Teoria dos estímulos da cor

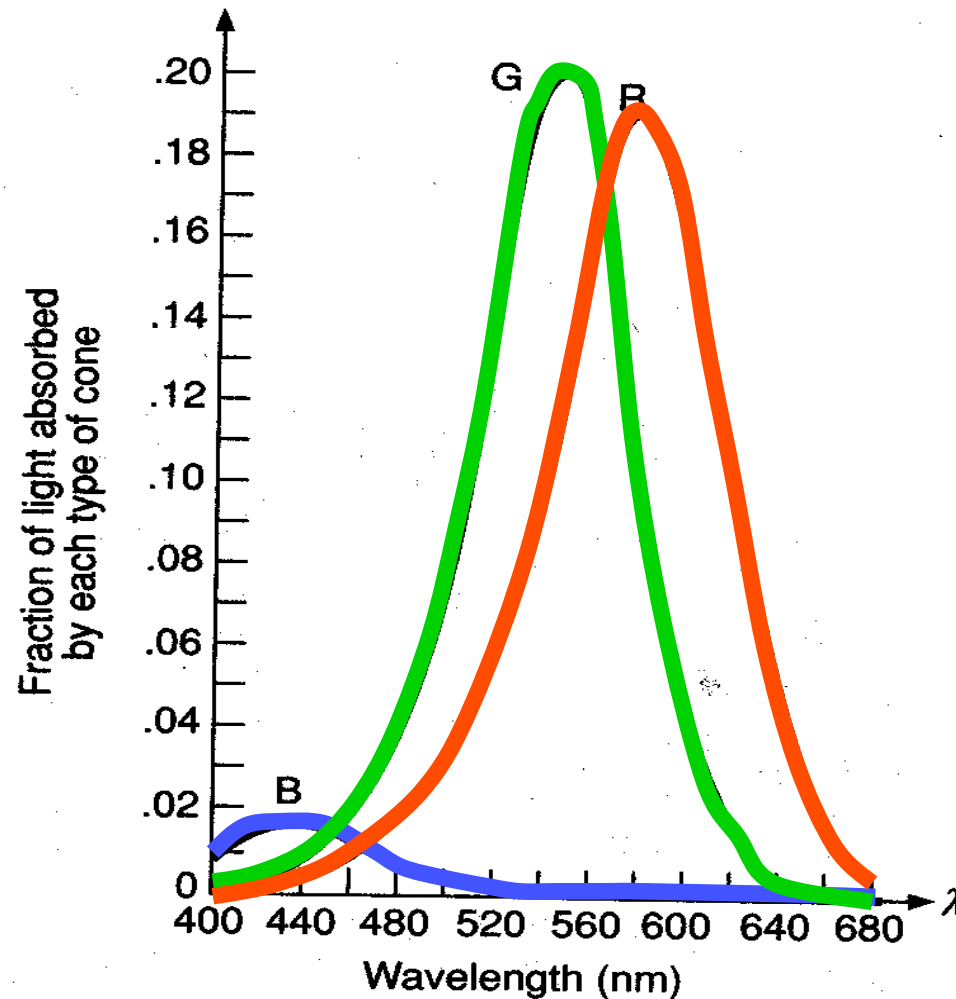
Caracterização da luz

- As experiências ópticas de Newton mostraram que a luz branca pode ser decomposta em cores
- A cor tem como atributos psicológicos: (a) o tom, tonalidade ou matiz, isto é, a distinção de cores propriamente dita, definida em termos da frequência dominante (matiz / *hue*); (b) a saturação, da cor pura ao cinzento e (c) a claridade, brilho ou intensidade, que distingue a quantidade de luz associada à excitação da fonte de iluminação

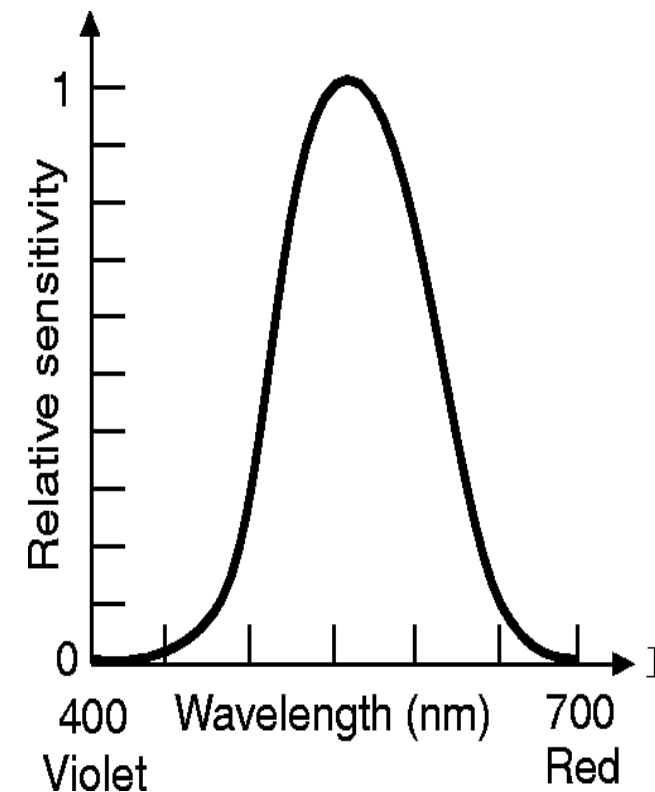
Teoria dos três estímulos

- A combinação de duas fontes de luz resulta numa simples adição das distribuições de energia espectral
- Thomas Young (1801) mostrou que todas as cores podem ser obtidas a partir de combinações de vermelho, verde e azul (recepção da cor em termos de componentes RGB e envio dessa informação para o cérebro através de três canais distintos)
- De igual modo, Helmholtz (1855) sugeriu a existência de três tipos de receptores diferentes na retina, que respondem mais fortemente aos comprimentos de onda de vermelho, verde e azul. Concluindo, a sensação de cor deriva do estímulo dos três tipos de cones

Os três tipos de cones tem picos máximos de estímulo para, respectivamente: L ou R - 610 nm (vermelho claro); M ou G - 560 nm (verde claro); S ou B - 430 nm (azul claro)



Pico de sensibilidade nos 550 nm, amarelo-verde, sendo o azul a cor com pior sensibilidade



Percepção visual

Distinção entre tonalidades

- Na ordem de uma centena, com maior precisão em torno de 500 a 600 nm
- O sistema visual humano percebe melhor intensidades relativas em detrimento das absolutas (e.g. diferença entre $I=0.10$ e 0.11 é entendida da mesma forma que entre 0.50 e 0.55 – o quociente de variação é o mesmo)

Existência de *metamers*

- São distribuições espectrais de luz diferentes que sugerem a mesma cor, isto é, a resposta dos receptores é a mesma

Dificuldade de percepção

- Varia de pessoa para pessoa
- Depende do ambiente e das cores envolventes

Teoria da cor

- Luz
- Teoria dos três estímulos

Modelos de cor

- RGB
- CMY
- HSV
- HLS
- CIE

Utilização da cor em interfaces gráficas

- Princípios gerais

Modelos de cor

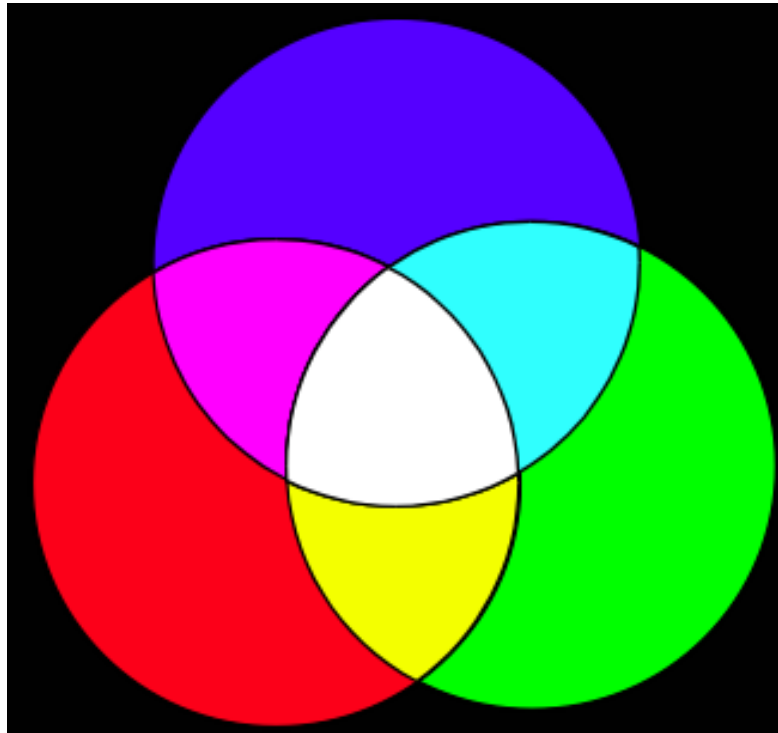
Enquadramento

- Existe a necessidade da definição precisa das cores para utilização na indústria e na ciência
- A teoria dos três estímulos sugere a descrição de cores em termos de três variáveis, originando um espaço 3D

Exemplos

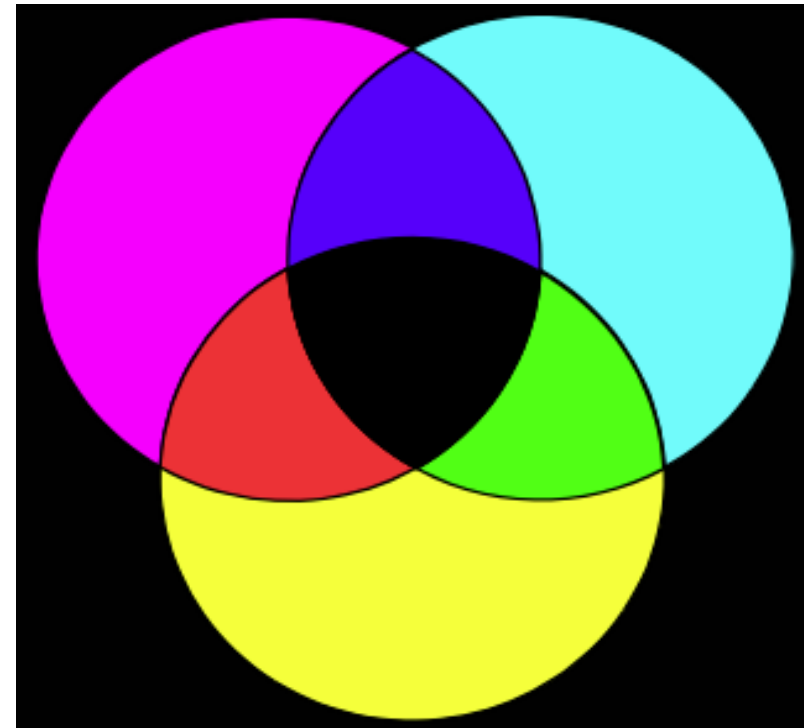
- RGB
- CMY
- HSV
- HLS
- Diagrama de cores da CIE (*Commission Internationale de L'Eclairage*)

Síntese de cor



Sistema aditivo

- Adição de luz e.g. 3 focos de cores primárias em projectores de vídeo (sem qualquer outra fonte de luz)
- vermelho + verde = amarelo
- vermelho + azul = magenta
- verde + azul = ciano
- vermelho + verde + azul = branco



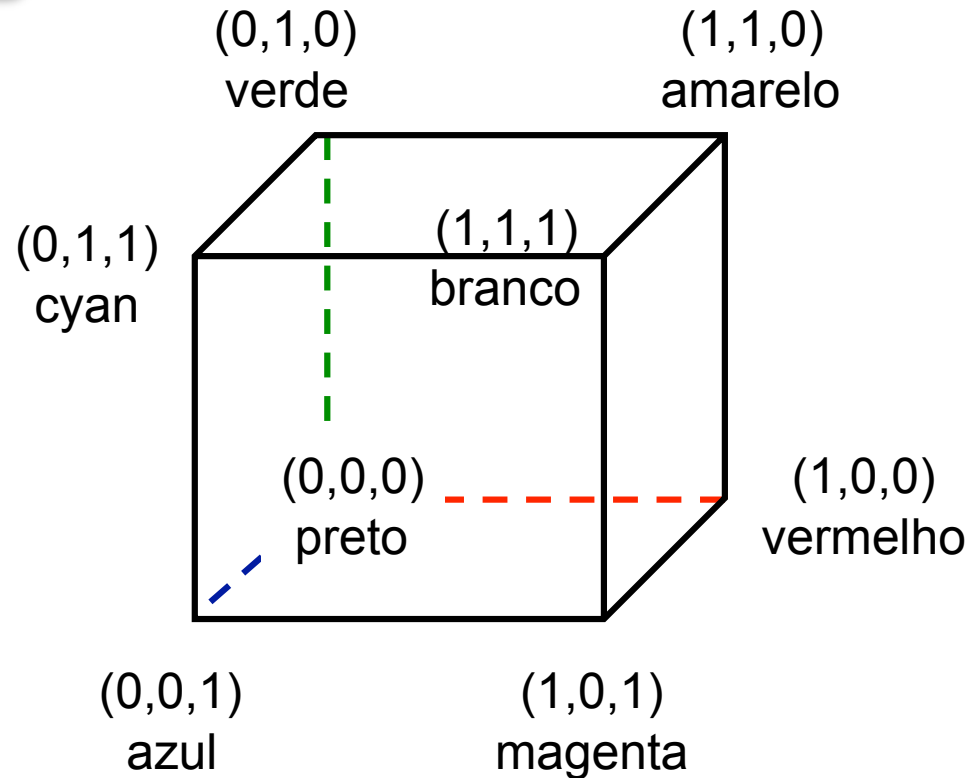
Sistema subtrativo

- Remoção de luz e.g. com filtros
- Luz reflectida por 3 cores primárias (com luz branca incidente)
- branco - (amarelo + magenta) = vermelho
- branco - (amarelo + ciano) = verde
- branco - (ciano + magenta) = azul

Modelo de cor RGB

Modelo

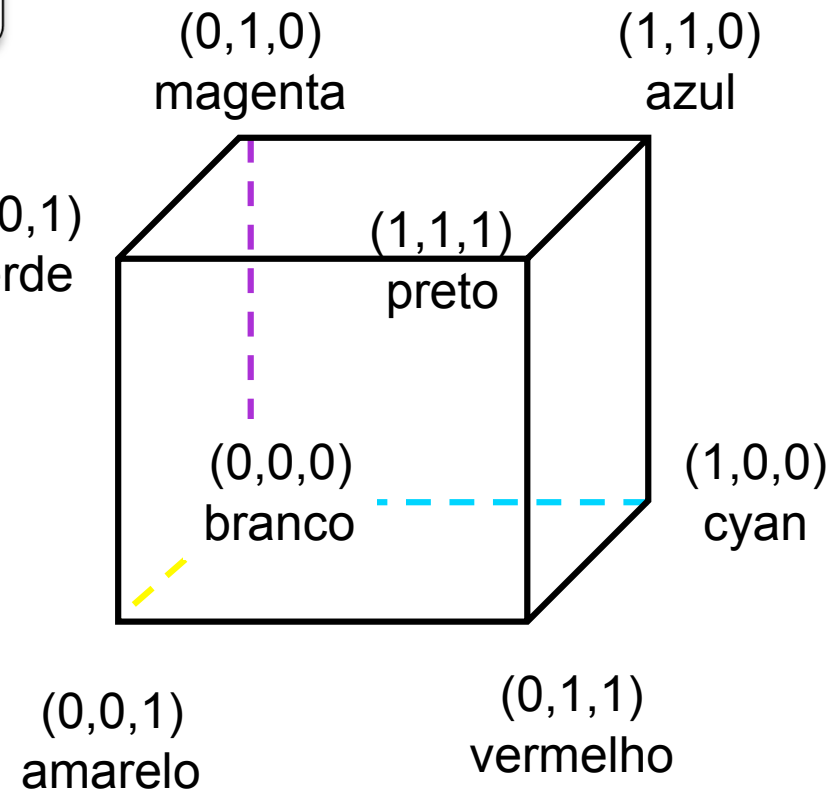
- Cor definida através de três cores primárias: R, G, B, alinhadas num cubo segundo os eixos cartesianos
- Os comprimentos de onda não são especificados, logo podem ser diferentes nos vários dispositivos de saída
- Implementação fácil
- Não é uniformemente perceptível logo pouco intuitivo
- Modelo aditivo (e.g. fósforo emite luz num monitor CRT)
- A soma de cores complementares origina branco (1,1,1) : vermelho+cyan, verde+magenta, azul+amarelo



Modelo de cor CMY

Modelo

- As cores base são: C, M, Y, alinhadas num cubo segundo os eixos cartesianos
- Modelo subtrativo, com remoção de energia a partir de branco, apropriado para impressoras, ou seja, que se relaciona com a mistura de pigmentos no papel
- Note-se que cyan = verde+azul logo a luz reflectida de um pigmento cyan não tem componente vermelha (vermelho é absorvido por cyan, isto é, não é reflectido)
- Analogamente, magenta não reflecte verde e amarelo não reflecte azul
- C+M+Y absorvem toda a luz, ou seja, preto



Modelo CMYK

- As impressoras utilizam na prática quatro cores; C, Y, M e preto, o que permite poupar tinta e aumentar a qualidade da cor preta impressa

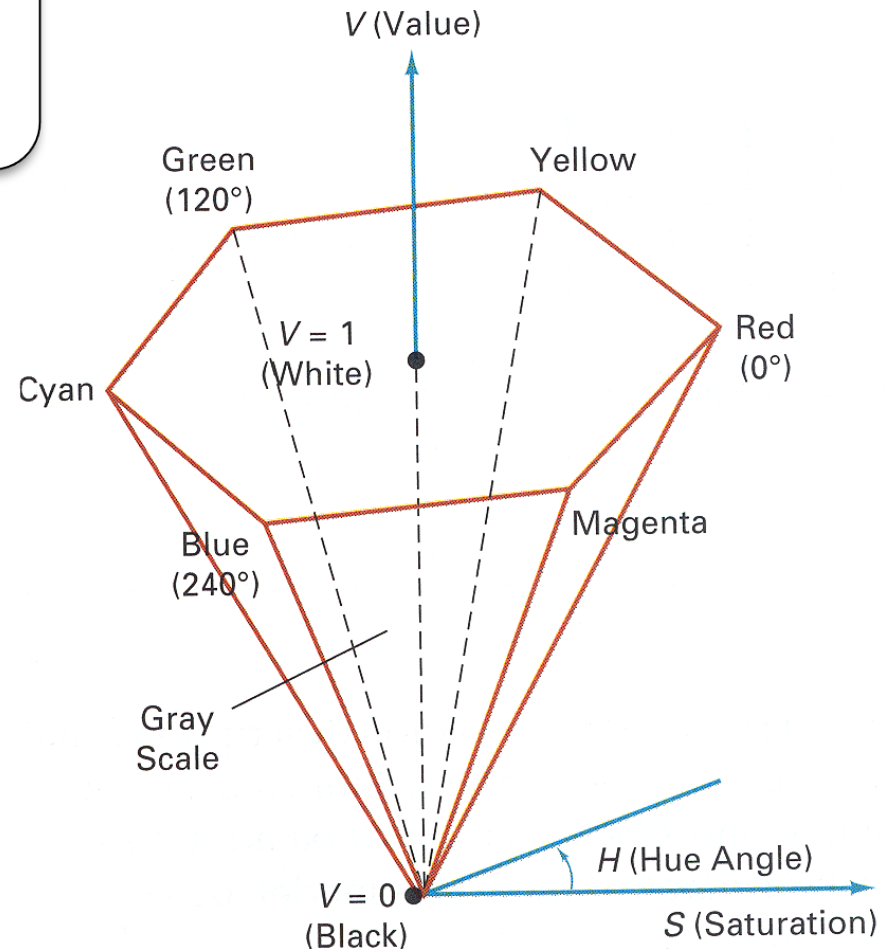
Conversão entre modelos

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

Modelo de cor HSV

Espaço de cores mais intuitivo

- *Hue* (a cor que se vê) – ângulo em torno do eixo vertical
- *Saturation* (distância visual da cor ao cinzento neutro) – valor de 0 a 1 mostrando a distância da cor ao eixo vertical
- *Value* (brilho da luz que ilumina o objecto) – altura na pirâmide hexagonal

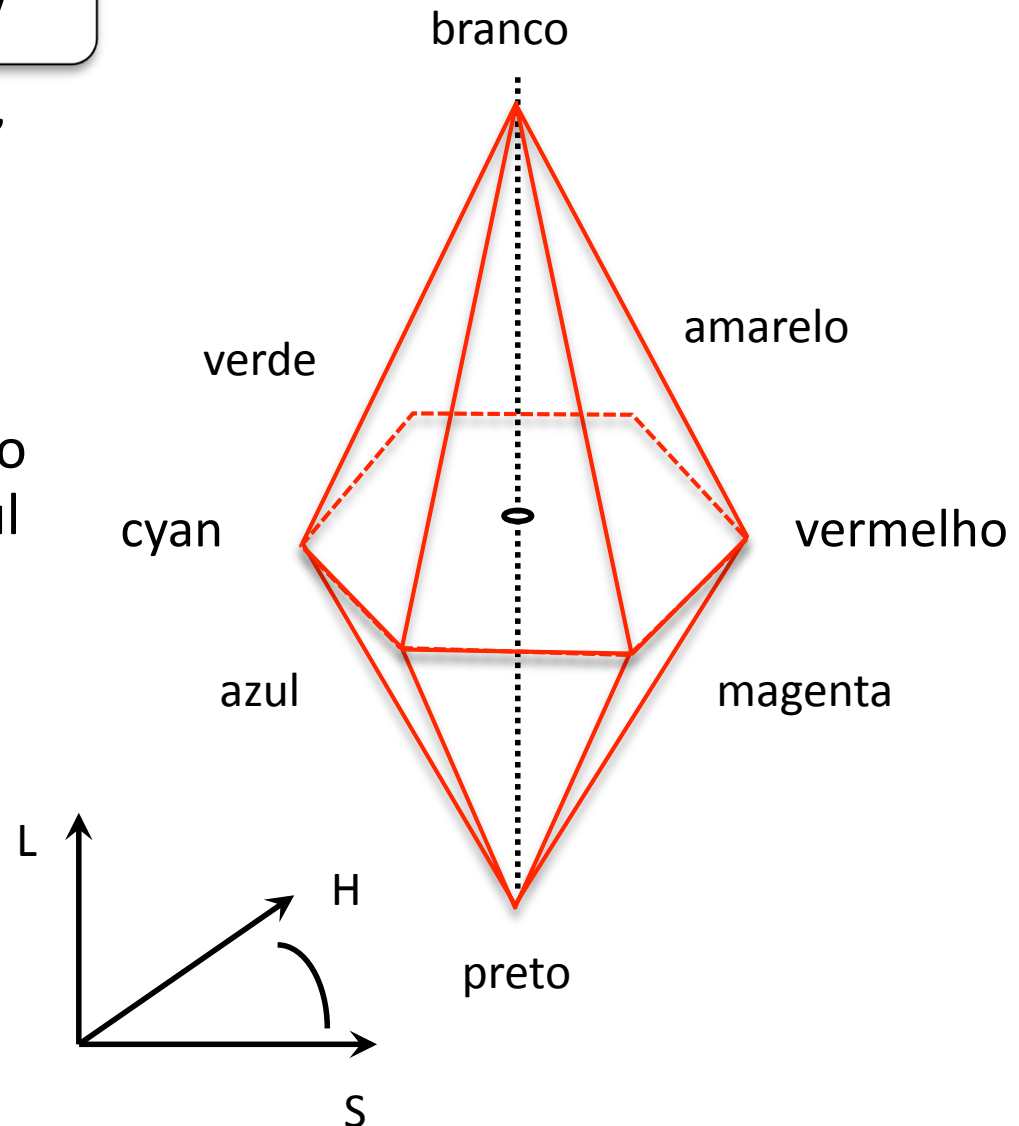


(c) Do livro Hearn & Baker

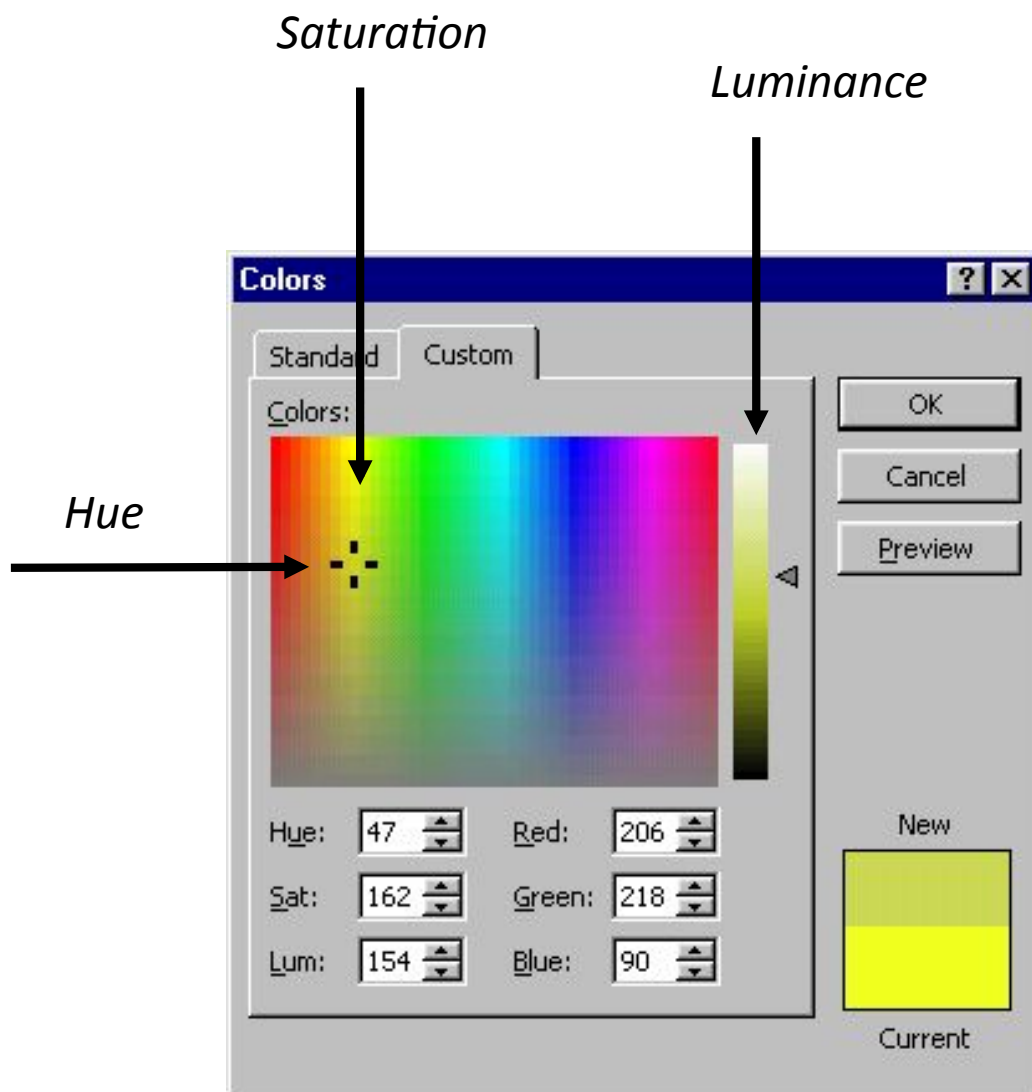
Modelo de cor HLS

Modelo análogo ao HSV

- *Hue, Luminance, Saturation*, com mapeamento numa pirâmide hexagonal dupla
- As matizes (*Hue*) estão representadas ao longo de um hexágono, com vermelho a 0 graus, verde a 120, e azul a 240 graus
- O eixo vertical da luminosidade/intensidade varia de 0.0 a 1.0
- A saturação é dada pela distância ao eixo central



Escolha de cores no modelo HLS



Vista de cima da pirâmide hexagonal no modelo HSV

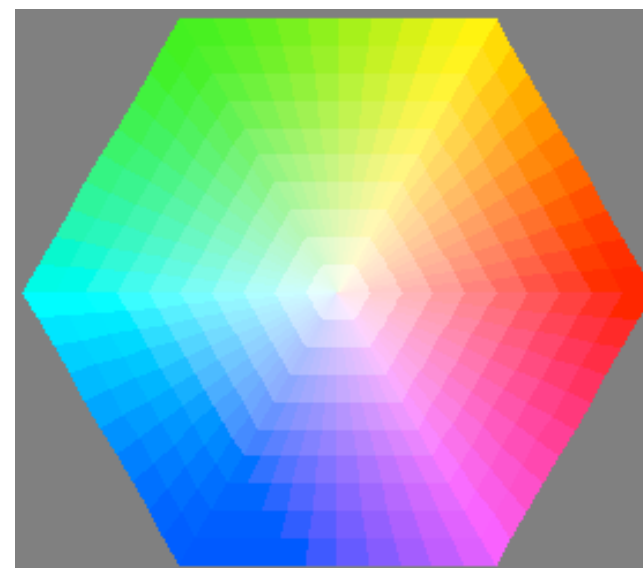
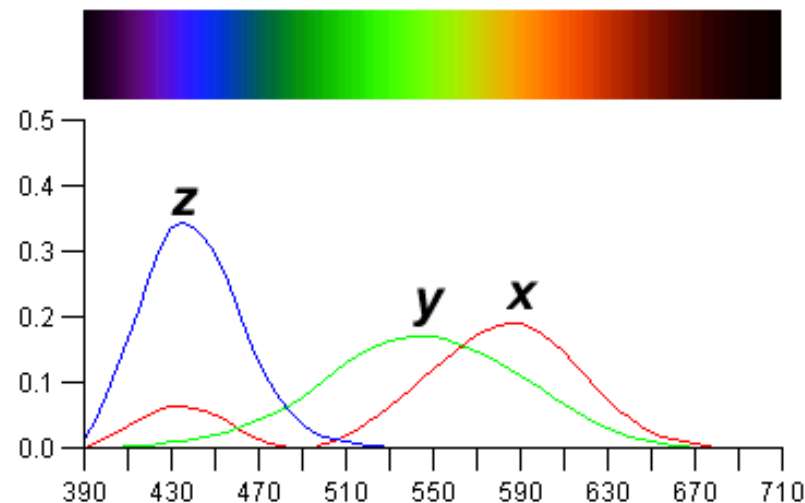
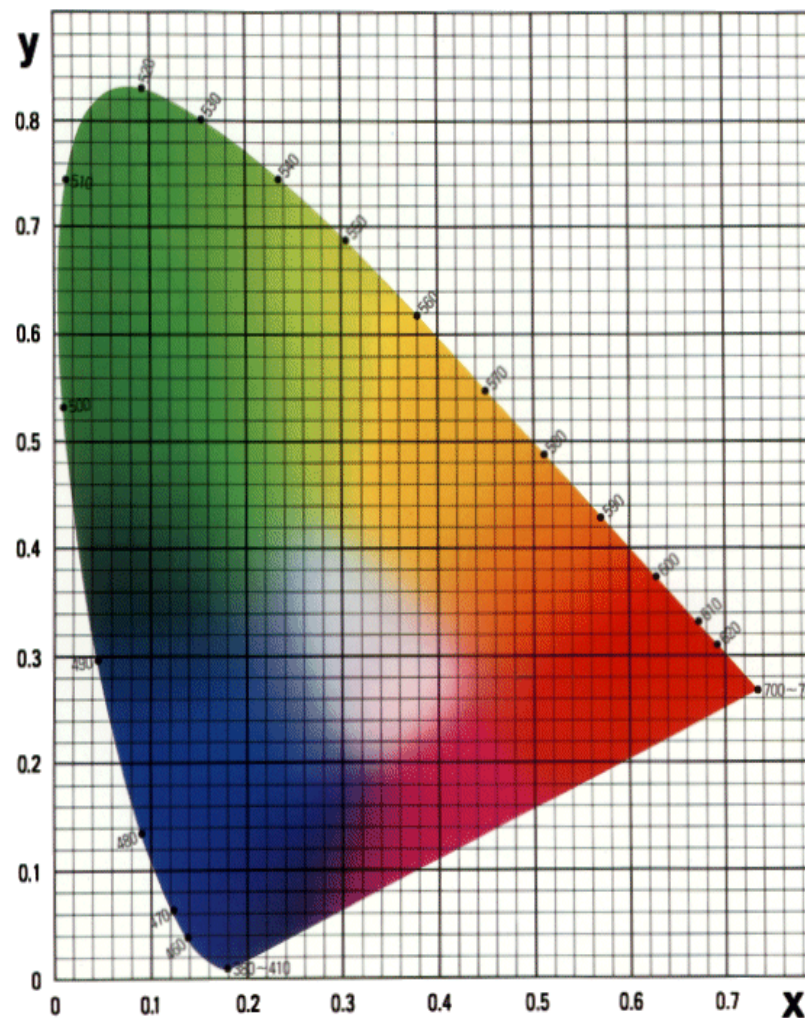
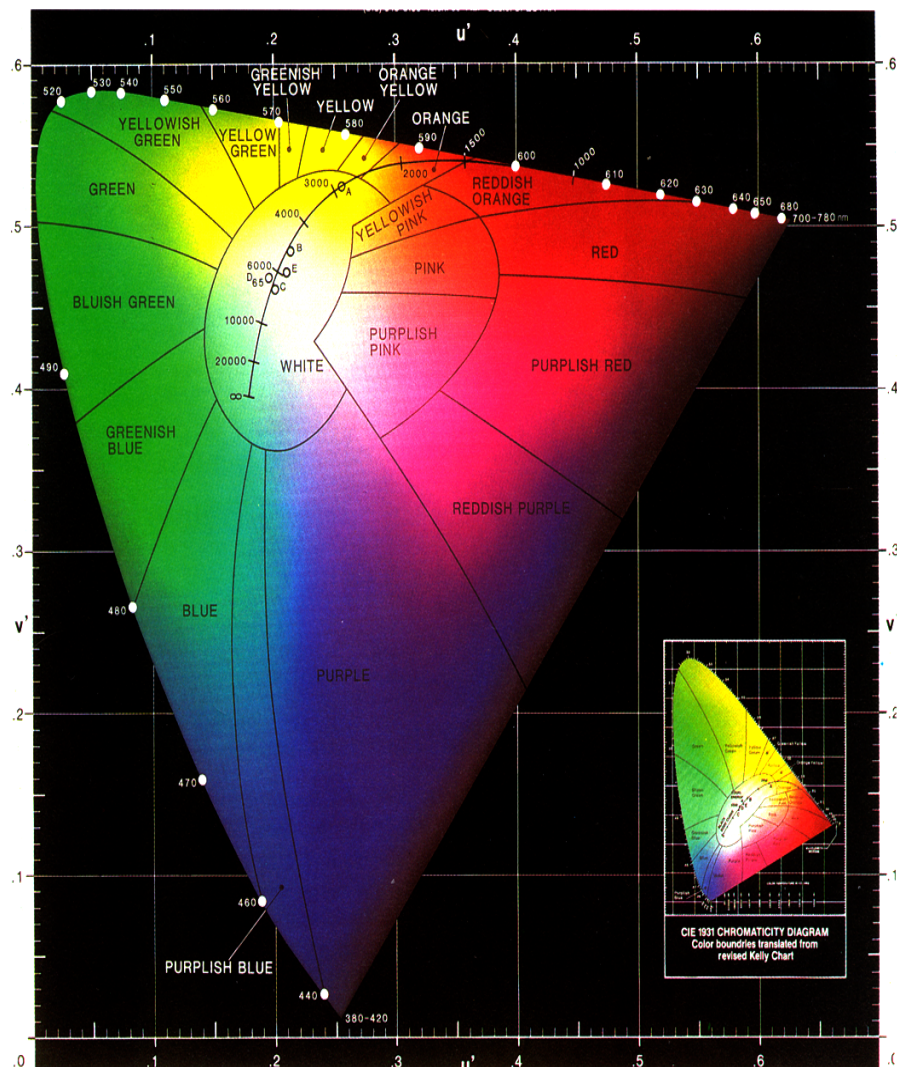


Diagrama de cores da CIE

Modelo

- Definição de três luzes hipotéticas X, Y, Z, de modo a que qualquer comprimento seja gerado por combinações positivas de X, Y, Z (ex: o modelo RGB não permite gerar todos os comprimentos de onda a partir de R, G e B)
- Modelo conveniente e bastante utilizado em dispositivos físicos já que uma cor é definida com precisão através dos valores de três variáveis
- De qualquer modo, nenhum dispositivo físico consegue reproduzir totalmente todo o conjunto (*gamut*) de cores passíveis de definição





Projecção do modelo no plano $x+y+z=1$

Teoria da cor

- Luz
- Teoria dos três estímulos

Modelos de cor

- RGB
- CMY
- HSV
- HLS
- CIE

Utilização da cor em interfaces gráficas

- Princípios gerais

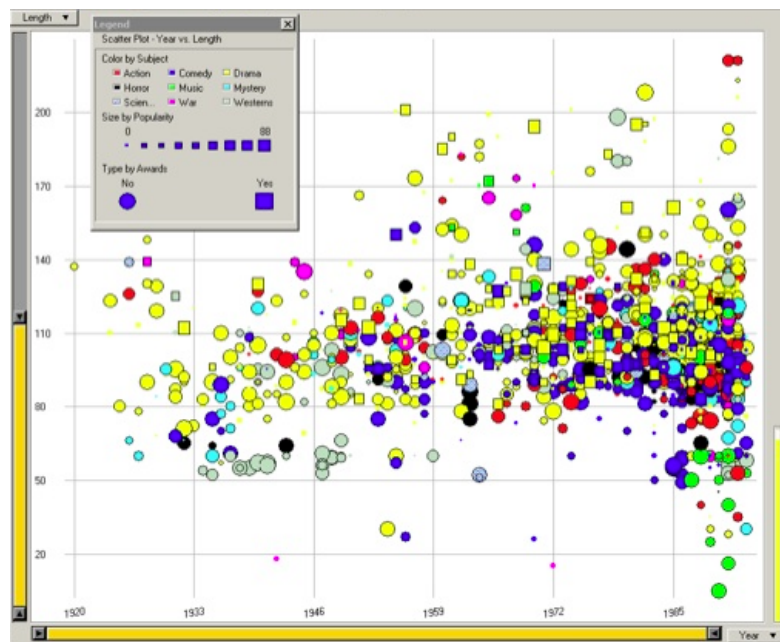
Motivação

A cor apresenta efeitos cognitivos

- Codificação de significado semântico
- Distinção de operações relevantes
- Realce de alterações comportamentais de elementos informativos
- Distinção entre informação genérica
- Associação de elementos informativos
- Aumento do realismo
- Transmissão de sensações

A cor tem impacto na legibilidade de informação

Codificação



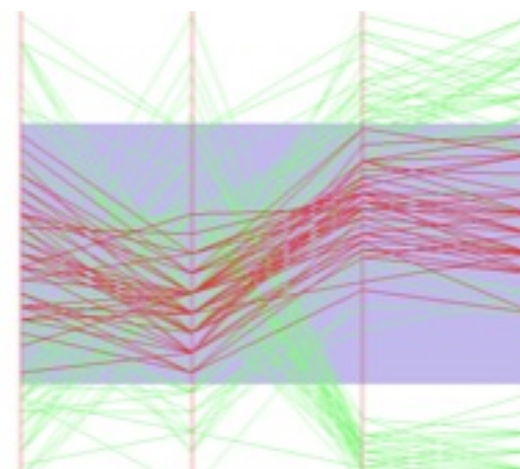
Informação fortemente relacionada sugere a utilização de cores similares na sua codificação

Informação antagónica sugere cores de contraste, embora evitando situações extremas para não por em causa o equilíbrio estético

Agrupamento



Realce de informação



Princípios de utilização de índole cognitiva

Consistência

- A cor, sendo parte integrante de uma interface, deve seguir também o princípio de utilização coerente em toda a interface. Caso contrário, torna-se mais difícil a aprendizagem por parte do utilizador

Simplicidade

- Nº de cores a utilizar: não superior a 6 ou 7, uma vez que o ser humano não consegue manipular mais cores em simultâneo
- O conservadorismo nas cores evita a sensação de ecrãs cheios ou confusos, bem como evita a dispersão da atenção

Significado semântico

- A codificação de informação através da cor reduz o esforço mental de cognição. Por exemplo, deve-se obedecer a estereótipos gerais ou até particulares, incluindo a identidade cultural dos utilizadores
- Não se devem atribuir responsabilidades cognitivas a elementos gráficos de dimensão reduzida

Alguns estereótipos

Generalistas

vermelho	stop, quente, perigo
amarelo	cuidado, funções bloqueadas
verde	avancar, segurança
azul	frio, água

Cultura ocidental

cores quentes	acção, avanço, intrusão
cores frias	passividade, afastamento
cores escuras	autoridade, poder, controle
vermelho	perigo, tensão, dinamismo, paixão
amarelo	acção, alegria, ansiedade
azul	inteligência, conhecimento, credibilidade, solidez
castanho	protecção, calma, natureza, antiguidade
roxo	misticismo, artificialidade
preto	autoritarismo, distanciamento
branco	pureza, clarividência

Ambiente industrial

vermelho	gases ou líquidos inflamáveis
amarelo	circuitos de aquecimento, materiais radioactivos, gases
verde	nitrogénio, gás comprimido, óleos
azul não saturado	materiais de protecção, água
roxo	radiações perigosas, materiais valiosos
cinzento	vapor
preto	materiais corrosivos

Consequências principais por utilização indevida da cor

Fadiga ou desconforto visual e.g. por combinação inadequada de cores

Distracção e.g. por excesso de cores

Fraca legibilidade e.g. por falta de contraste e sem considerar a iluminação local

Dificuldade na aprendizagem e.g. incoerência na atribuição de significado às cores

Afastamento dos utilizadores e.g. cores em oposição à identidade cultural dos utilizadores

Princípios de percepção

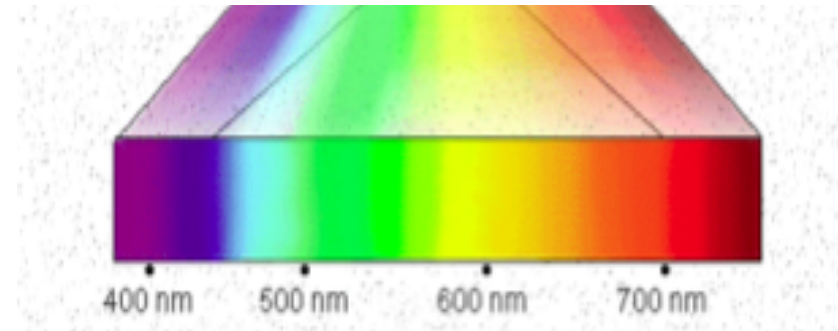
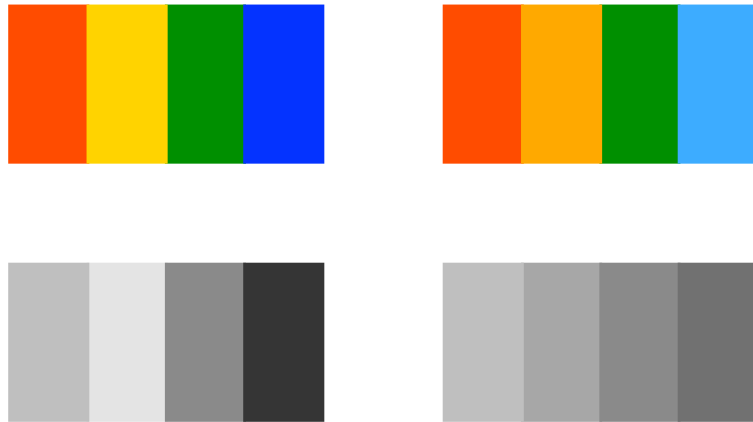
Harmonia e contraste

- Complementaridade
- Brilho/claridade, distanciando as cores, pois existe maior sensibilidade à variação espacial da intensidade do que à variação da tonalidade
- Ordenação segundo o espectro electromagnético, pois a discriminação de cores é maior nos extremos do espectro

Saturação

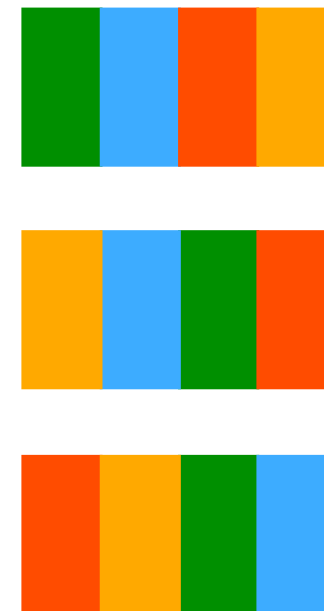
- Saturação da cor não deve ser utilizada como mecanismo de codificação pois origina fadiga
- Após olhar para uma área com cor saturada durante algum tempo, ao deslocar a atenção para outro lado nota-se uma “imagem posterior” (*afterimage*) da área em causa

Harmonia de cores



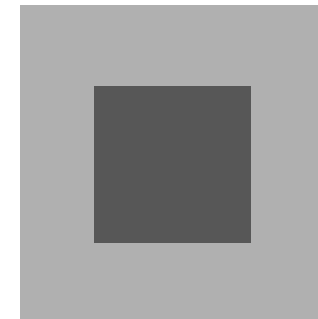
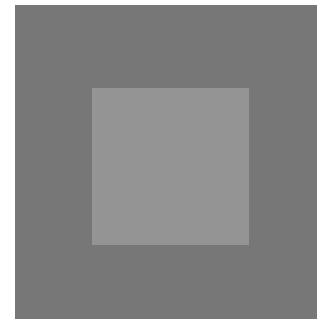
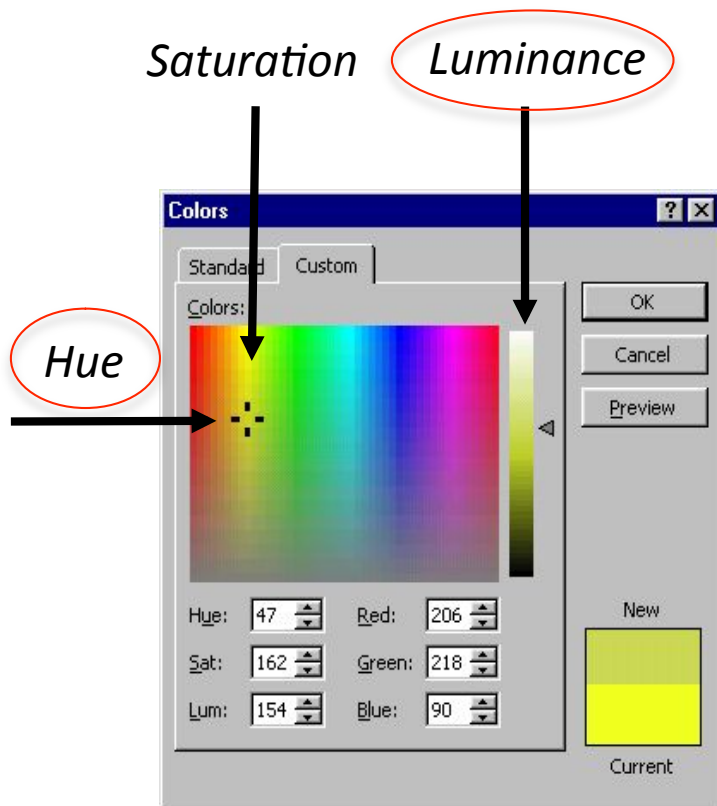
Harmonia: proximidade
do brilho

Harmonia: de acordo
com a ordem espectral



Contraste

Texto e pequenos detalhes devem diferenciar do fundo não só em tonalidade como também em brilho (mais crítico para o azul)



Contraste



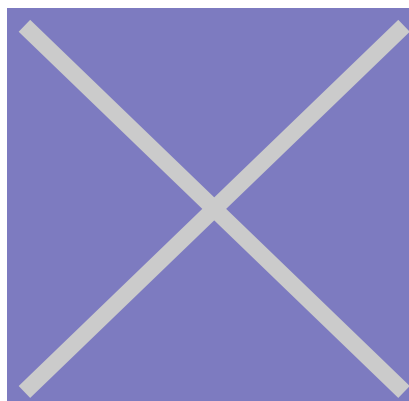
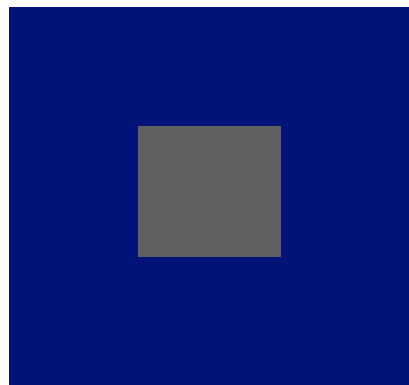
Brilho mais distante



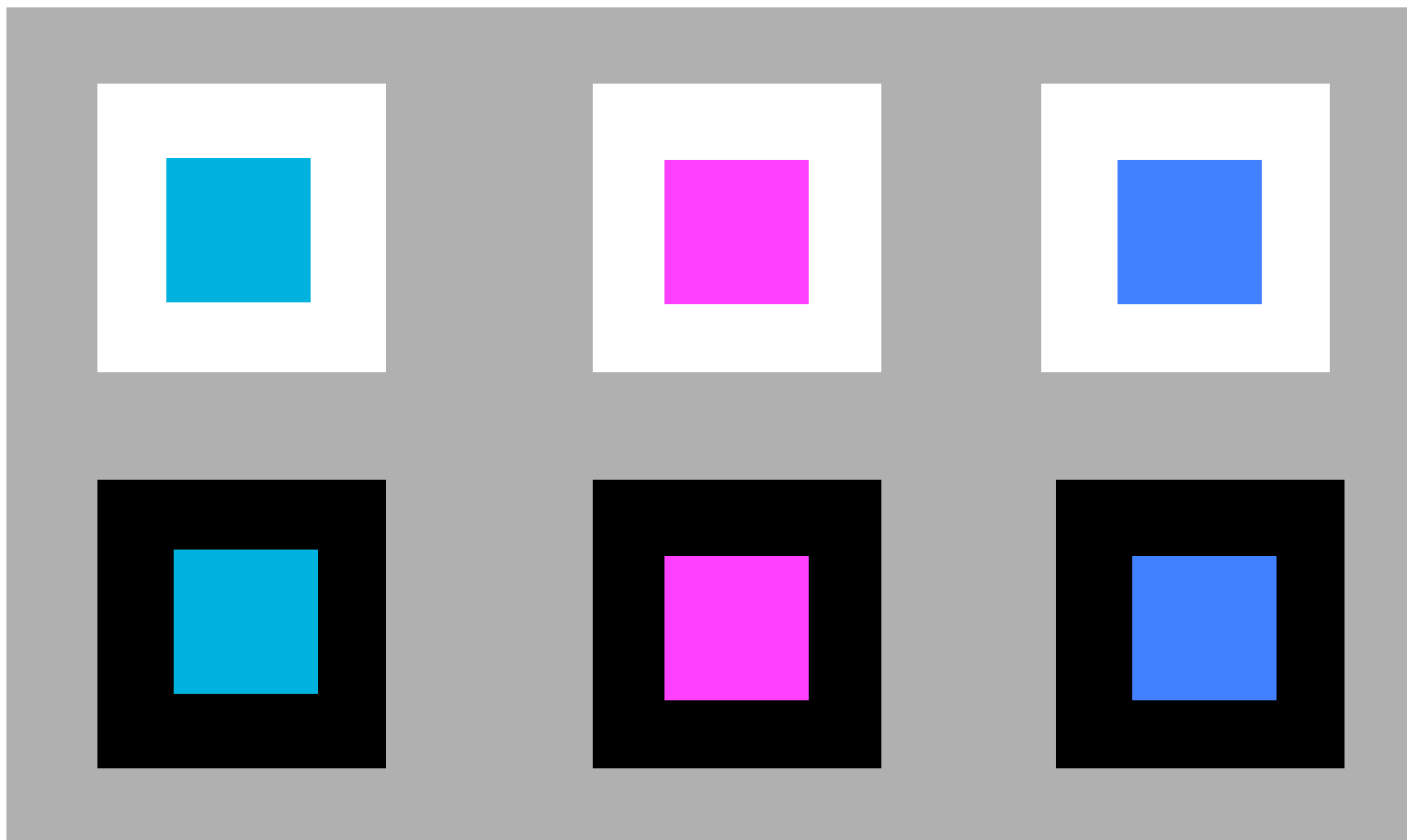
Alteração da aparência devido à cor envolvente

Símbolo (cor e área interior) aparenta ser diferente

- Diferença no brilho, resultante do contraste de brilho: mais brilhante no caso do azul do que no amarelo
- Diferença na tonalidade, resultante do contraste de tonalidade, já que os tons tendem a induzir as cores complementares nas áreas vizinhas (“mistura” com a tonalidade complementar)



Tendência para a área interior parecer mais clara quando a cor envolvente é mais escura

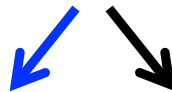


Sensibilidade ao azul

Sensibilidade da visão humana para o azul é pequena (número de cones azuis na retina é menor)

- Não deve ser utilizado para detalhes ou cor do fundo
- Um símbolo ou texto que seja diferente da cor do fundo apenas em azul torna-se de leitura difícil; o mesmo raciocínio aplica-se a par de cores adjacentes
- Texto em azul pode ser utilizado se for alcançado um contraste de brilho/claridade adequado (e.g. em vez de fundo preto, utilizar fundo branco ou outra cor com mais brilho)

Legibilidade similar



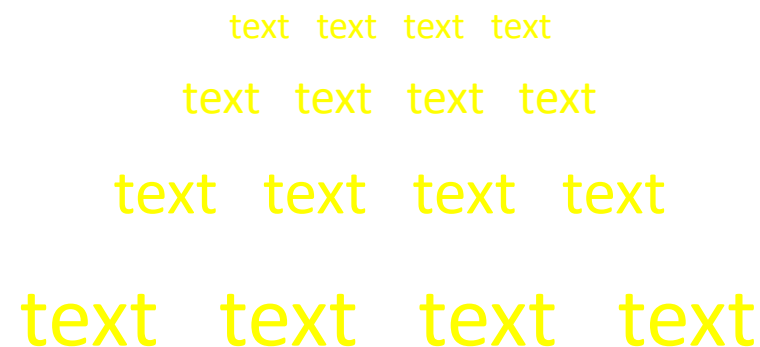
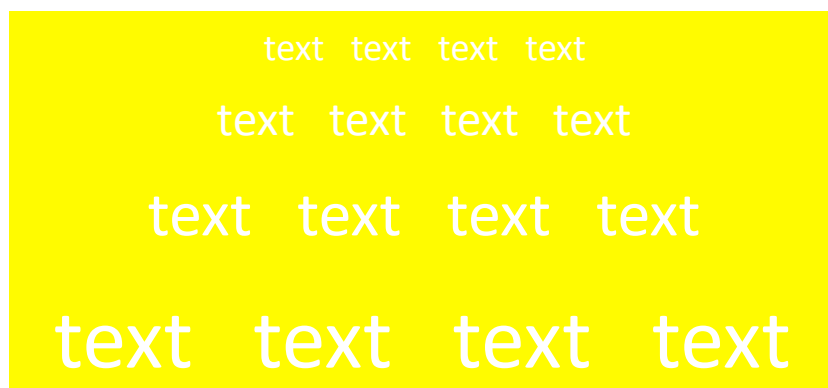
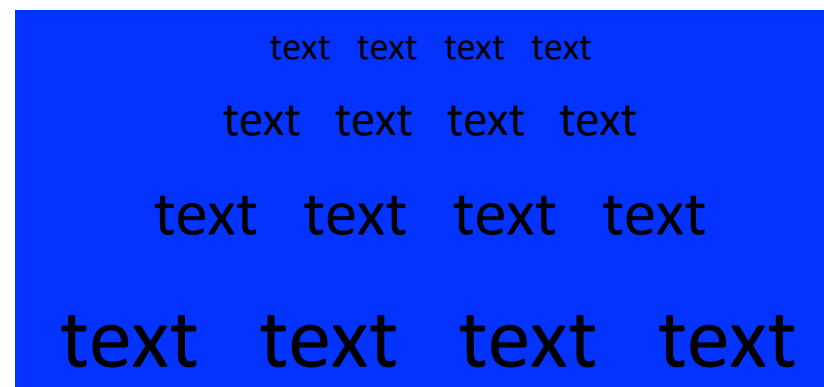
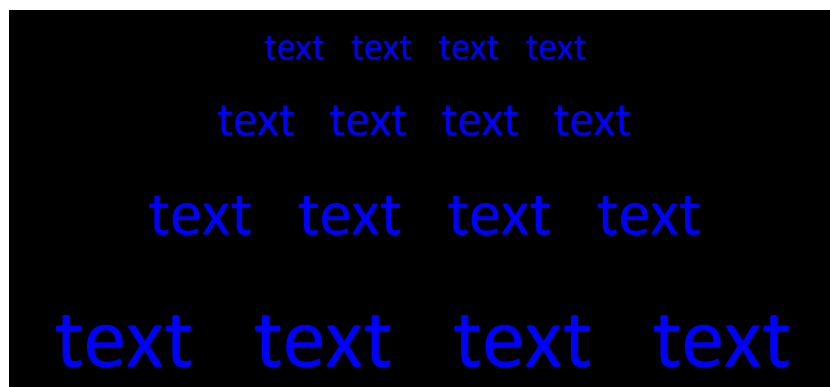
text text text text

text text text text

text text text text

text text text text

Combinações desadequadas



Amarelo difere do branco apenas pela ausência de azul, logo também é uma combinação desaconselhável para fundo/símbolo, neste caso fundo/texto

Áreas adjacentes que diferem apenas na tonalidade de azul



Cor em áreas

Fundo de ecrã não deve interferir com a informação, logo devem ser utilizadas cores neutras, não saturadas, ou de brilho reduzido

A periferia do campo visual é menos sensível a cores do que o centro, nomeadamente ao vermelho e verde

As cores podem ser interpretadas como estando a distâncias diferentes (a refração depende do comprimento de onda e, ao deslocar o ponto de referência, tem-se a noção de profundidade distinta)

A cor não deve ter responsabilidades de codificação em áreas pequenas, pois traria problemas de discriminação de cores

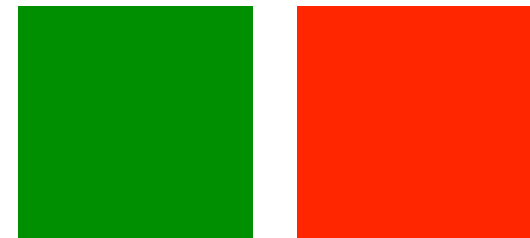
A cor de uma área pode afectar a leitura do tamanho dessa área (e.g. quadrado vermelho parece ser maior do que um quadrado verde do mesmo tamanho, logo a atenção seria dirigida para o quadrado vermelho)

RED TEXT SEEMS NEARER?
BLUE TEXT SEEMS FARTHER?
RED TEXT SEEMS NEARER?
BLUE TEXT SEEMS FARTHER?
WHITE TEXT IS ON THE
BACKGROUND

BUT NOT WHEN THE
BACKGROUND IS
BRIGHTER THAN THE TEXT

BUT NOT WHEN THE
BACKGROUND IS
BRIGHTER THAN THE TEXT

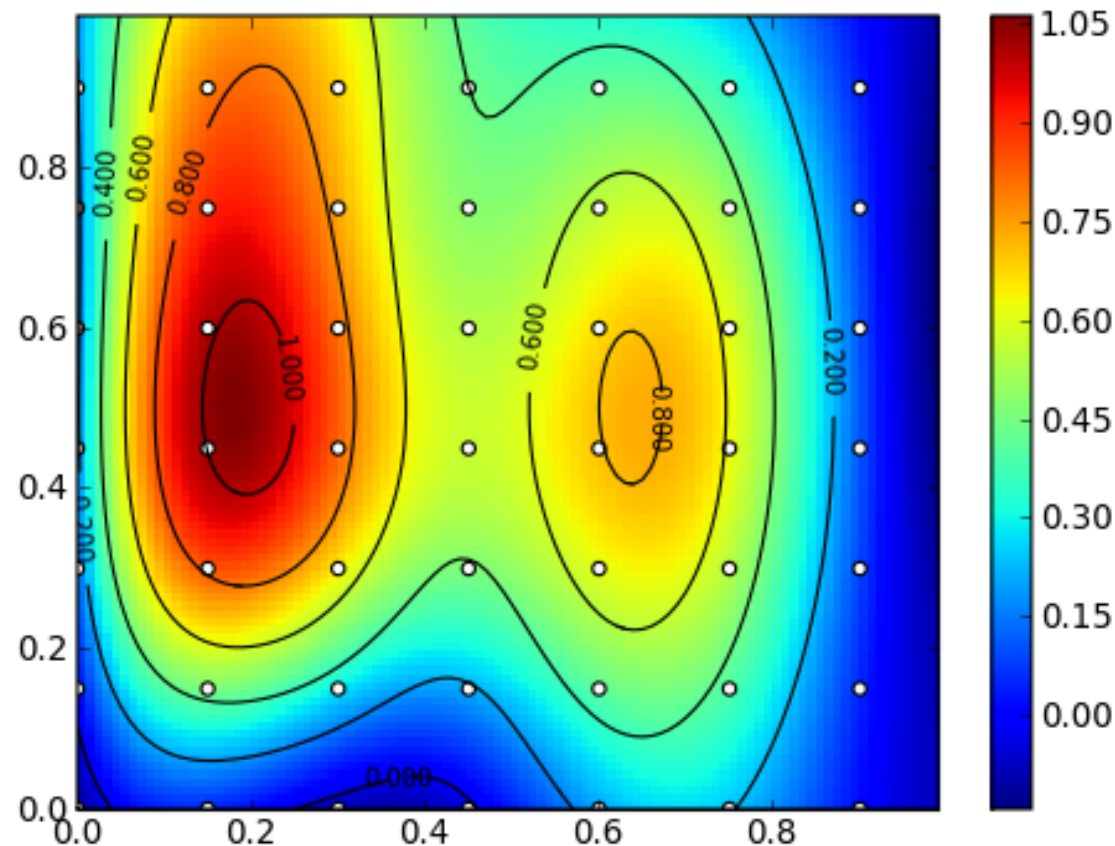
THIS TEXT IS GREY



Gradiente de cores

Permite a distinção de pequenas diferenças de cor em áreas grandes e/ou adjacentes

- Redução da aparência de duas cores quando separadas por um gradiente suave
- Utilização adequada para codificação de uma variável contínua numa área e.g. elevação em cartas cartográficas



Consideração final

Outras matérias relacionadas com a cor, como por exemplo modelos de iluminação, serão devidamente estudadas na disciplina “Síntese de Imagem” do Mestrado em Engenharia Informática

