

Capítulo 2

Cor e Visão Humana

Sistema de Visão Humana

Capítulo 2

2.1. Sistema de Visão Humana

2.2. Características ópticas da luz

2.3. Percepção de Cor

2.4. Iluminação

2.5. Modelos de Cores

2.6. Características das Cores

2.7. Percepção e Cognição

2.1. Sistema de Visão Humana

Esclerótica - membrana elástica, conhecida como 'branco do olho'.

Córnea - atua como uma lente simples, captando e concentrando a luz.

Íris – membrana colorida com um orifício negro no centro (pupila).

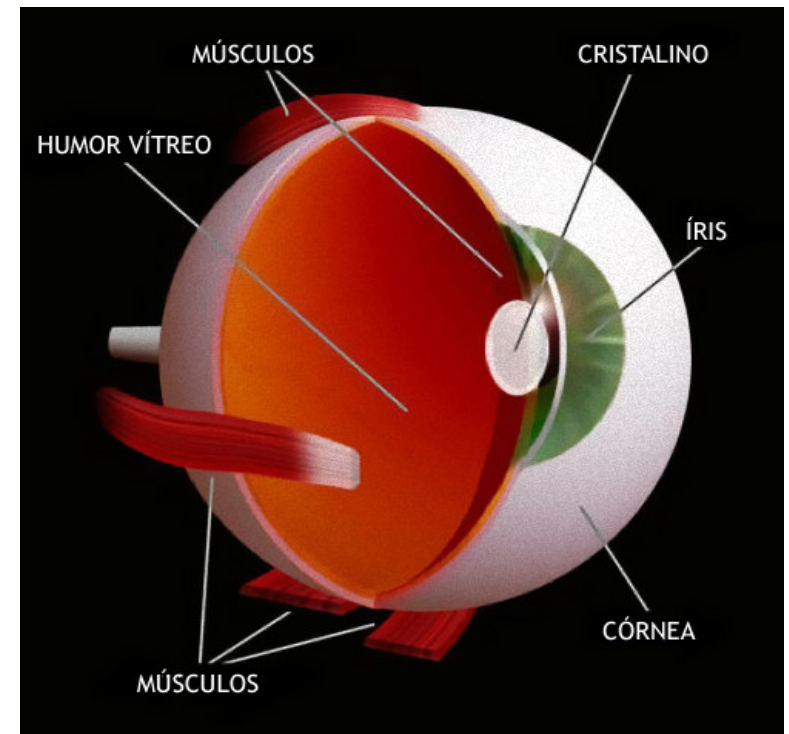
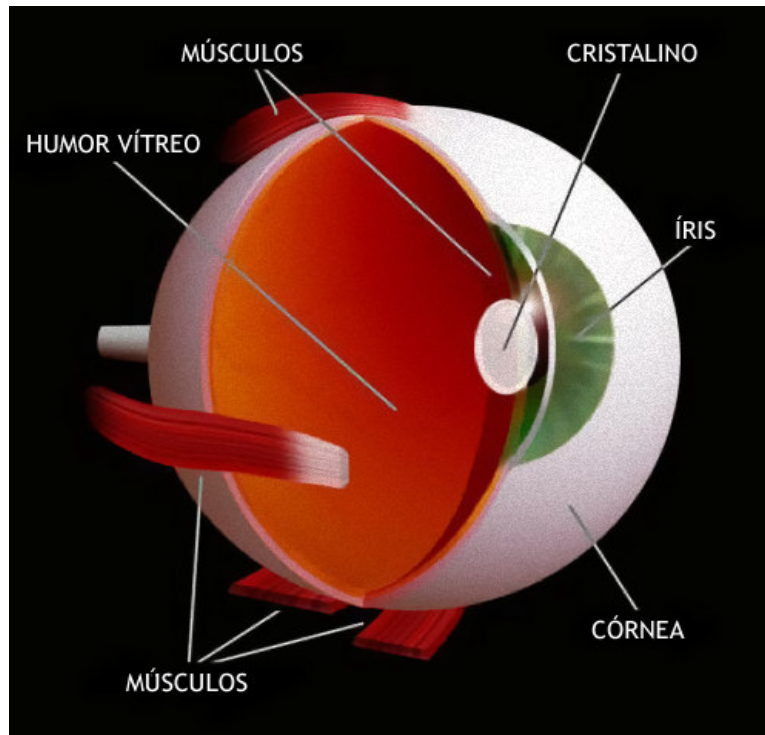


Figura 2.3. Elementos do olho em corte.

2.1. Sistema de Visão Humana



Cristalino - parte da visão humana responsável pelo foco, sendo também chamado de lente.

Humor vítreo – substância gelatinosa localizada atrás do cristalino.

Figura 2.3. Elementos do olho em corte.

2.1 Sistema de Visão Humana

Humor aquoso – encontra-se atrás da córnea em uma pequena câmara preenchida (fluido gelatinoso).

Pupila - a luz passa através deste orifício (ponto negro do olho).

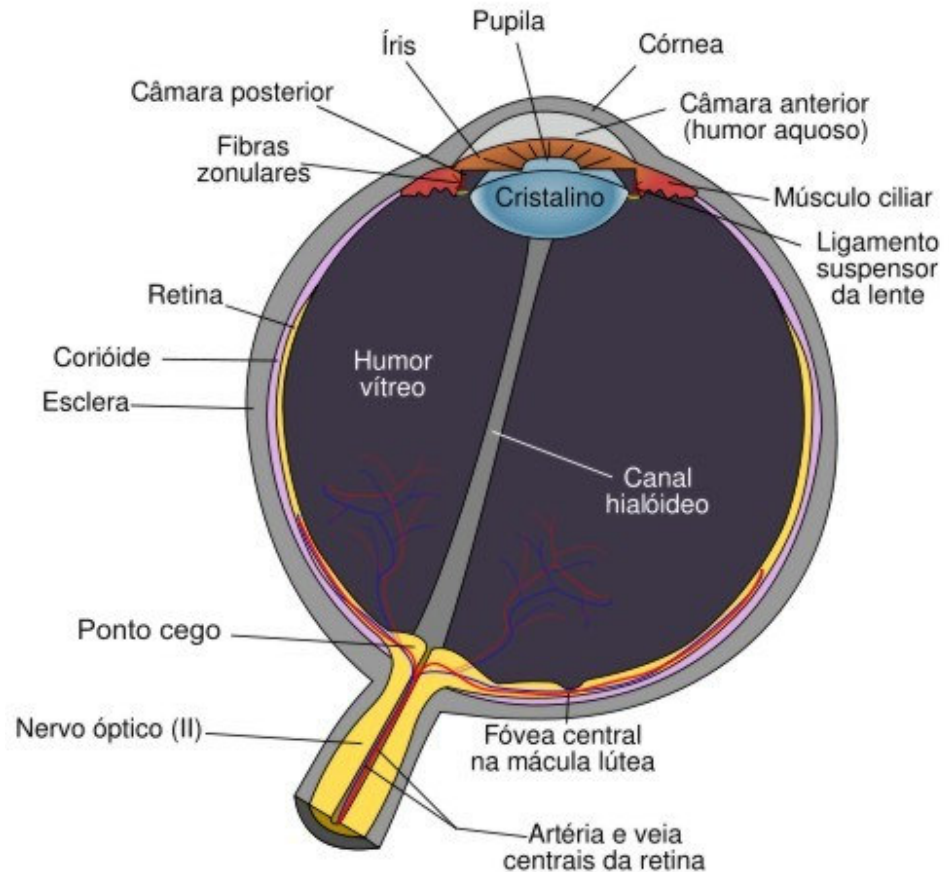
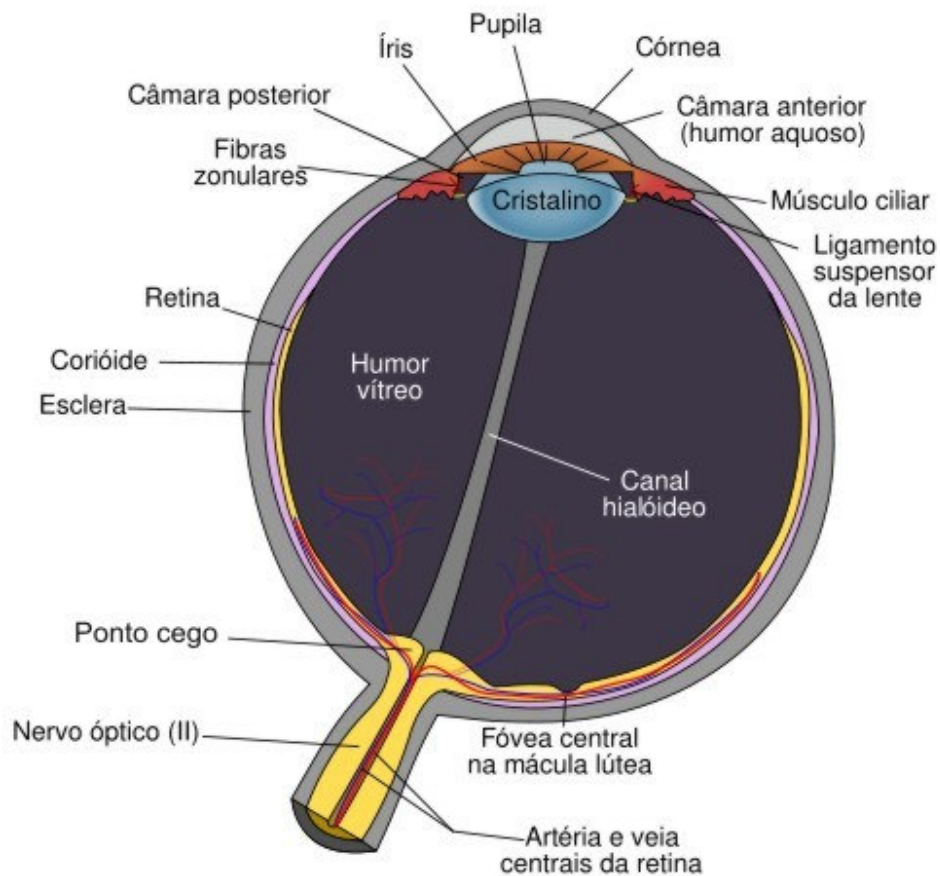


Figura 2.4. Principais elementos do olho humano.

2.1 Sistema de Visão Humana



Retina - composta de cerca de 120 milhões de bastonetes e 6 milhões de cones (sensores), converte o estímulo luminoso em sinais elétricos.

Nervo óptico - transmite para o cérebro os sinais.

Figura 2.4. Principais elementos do olho humano.

2.1. Sistema de Visão Humana

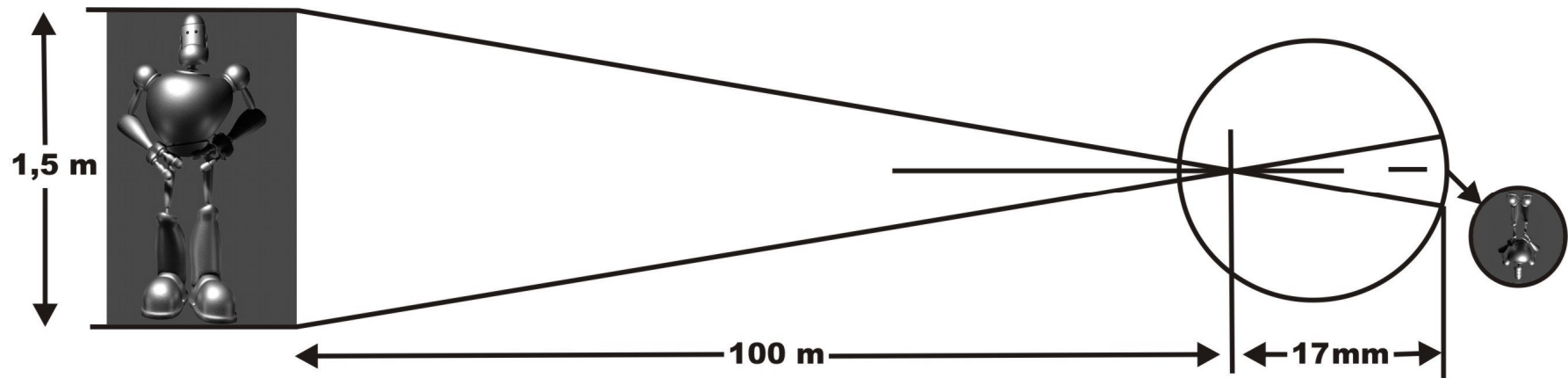
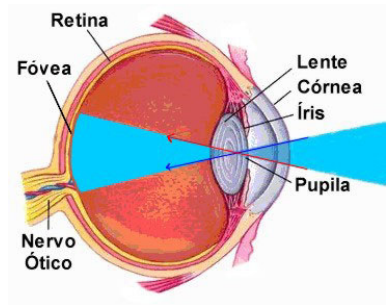
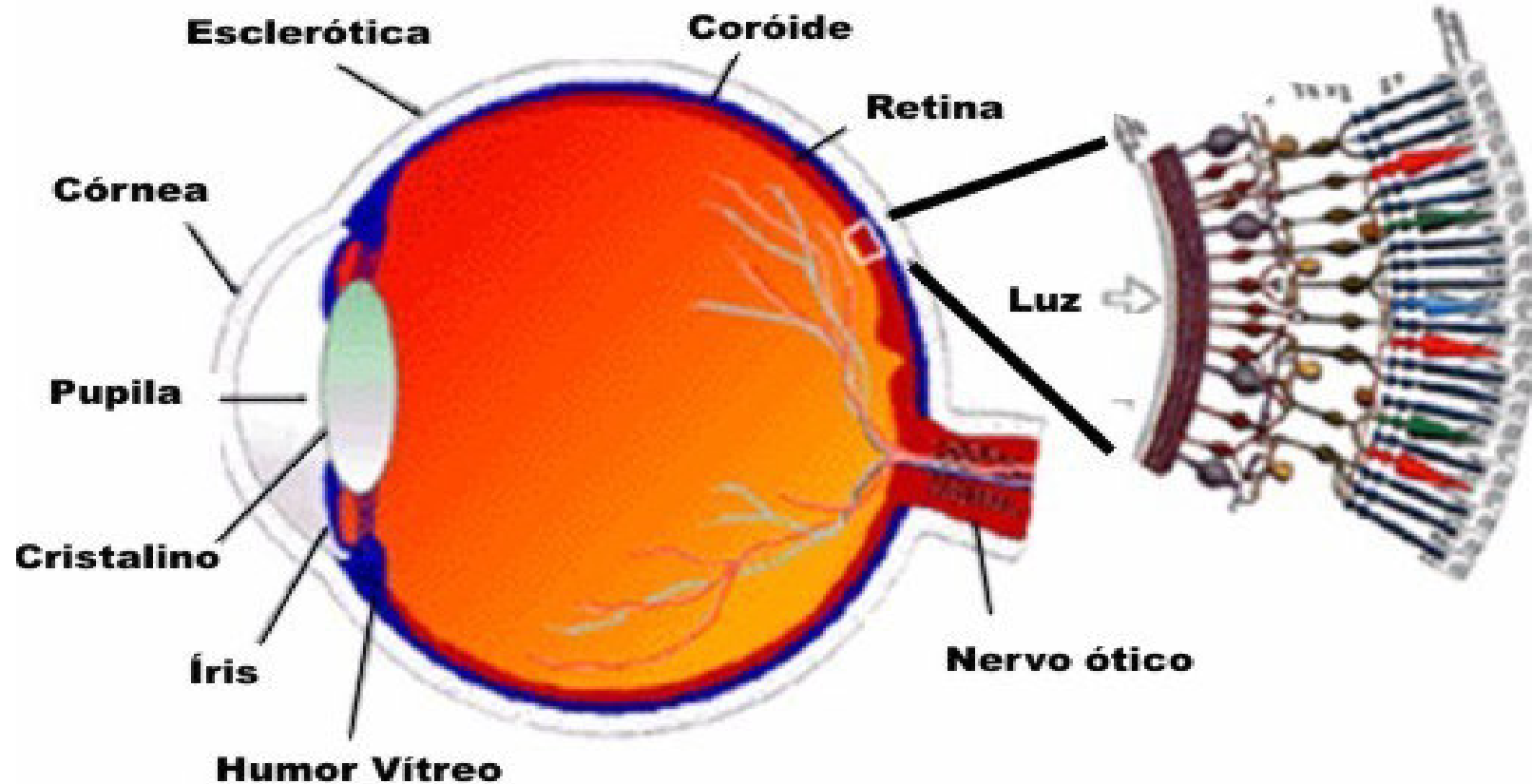


Figura 2.5 – Relações de tamanho

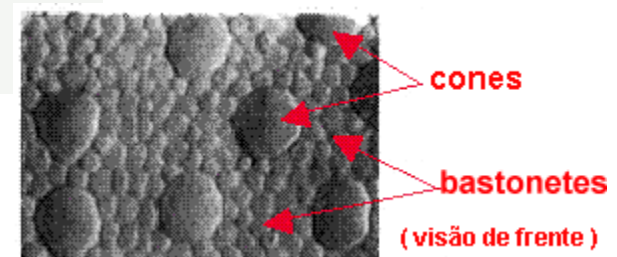
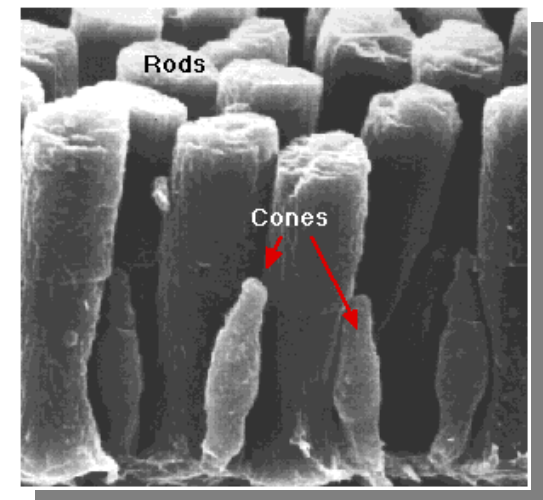
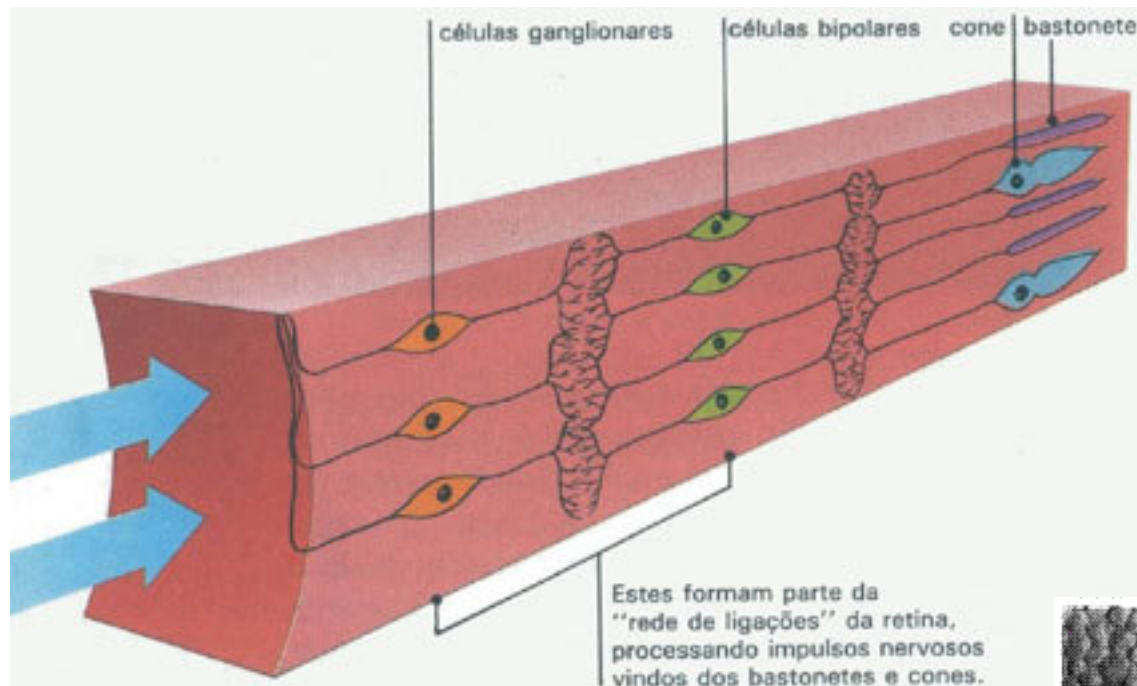
2.1. Sistema de Visão Humana

Células Cones e Bastonetes



2.1. Sistema de Visão Humana

Esquema x real



2.1. Sistema de Visão Humana

Características do processo de visão

- **Acomodação**
- **Adaptação**
- **Campo de visão**
- **Acuidade**
- **Persistência visual**
- **Visão de cores**

2.1. Sistema de Visão Humana

Visão Escotópica e Fotópica

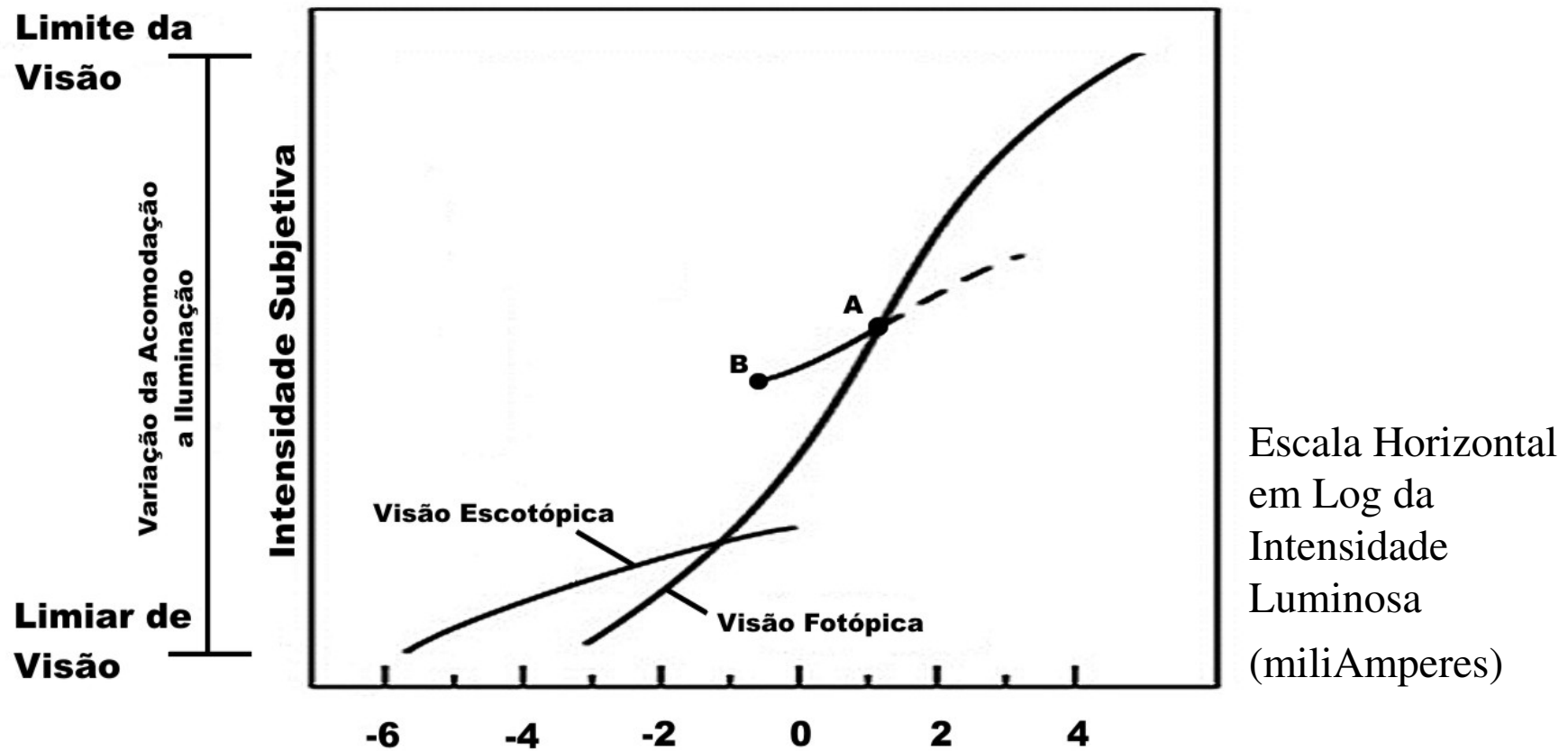
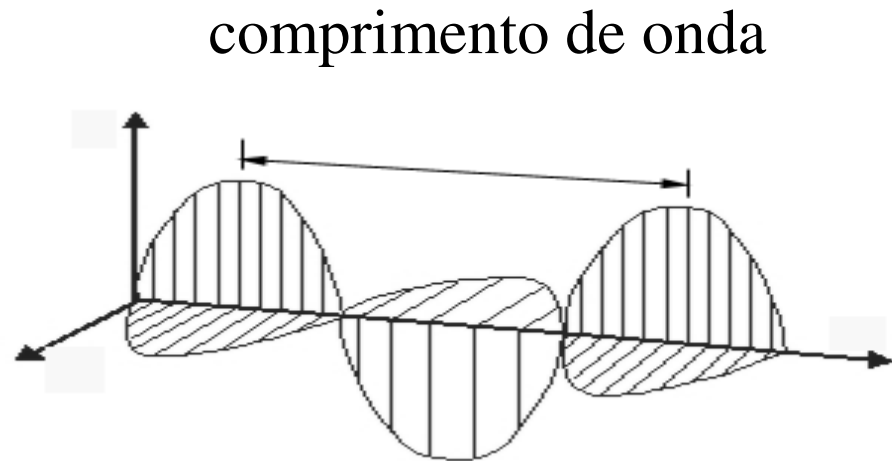


Figura 2.7 – Intensidade Luminosa da visão escotópica e fotópica

2.2. Características ópticas da luz

A luz é uma radiação eletromagnética que interage com as superfícies por:

- reflexão
- absorção
- transmissão



2.2. Características ópticas da luz

Radiação Eletromagnética

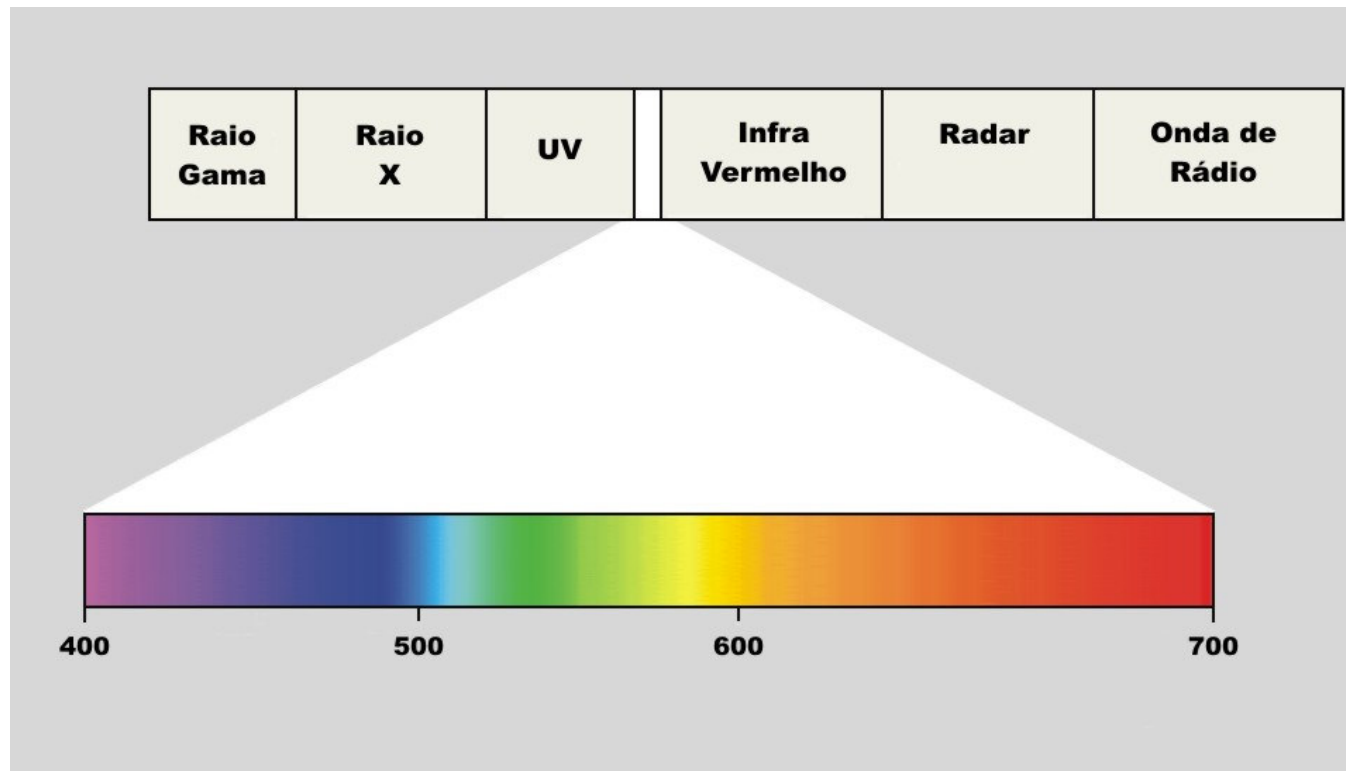
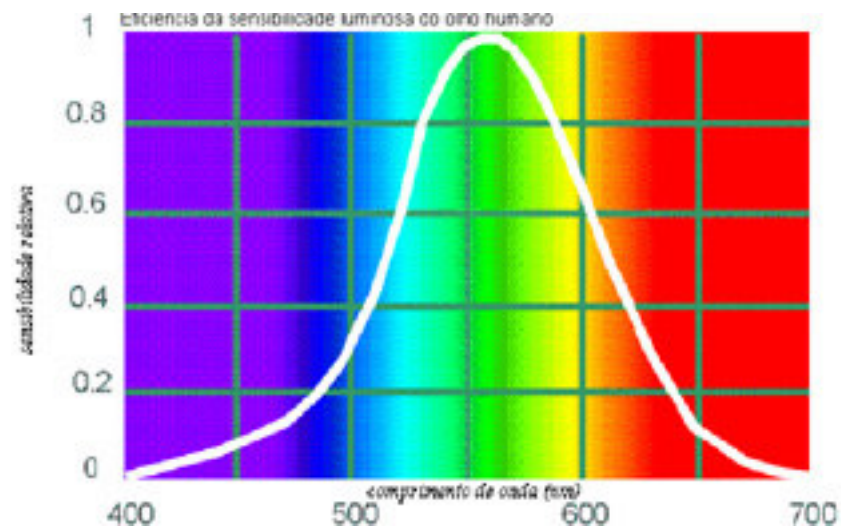


Figura 2.8 – Espectro eletromagnético e comprimentos de onda.

2.2. Características ópticas da luz

Limites de sensibilidade

- Os limites do espectro visível e das faixas de cores não são bem definidos (dependem da sensibilidade dos órgãos visuais e da intensidade luminosa)
- As curvas de sensibilidade se aproximam assintoticamente do eixo horizontal nos limites, tanto para os maiores quanto para os menores comprimentos de onda.
- Pode-se detectar radiações além de 380 e 700 se elas forem suficientemente intensas.



2.2. Características ópticas da luz

Imagem Térmica



Exemplo de uma cena exibida em RGB e a mesma cena captura por um sensor térmico e representada associando o nível de temperatura a cores (*false color*)

2.2. Características ópticas da luz

Tabela 2.1-Radiações do espectro eletromagnético.

	RADIAÇÃO	COMPRIMENTO DE ONDA (nm)
ACTÍNEO	Ondas curtas UV - C	100 a 280
	Ondas médias UV - B	280 a 315
	Ondas longas UV -A	315 a 400
VISÍVEL	Espectro visível	400 a 700
TÉRMICO	Ondas curtas IV - A	700 a 1400
	Ondas médias IV - B	1400 a 3000
	Ondas longas IV - C	mais de 3000

2.3. Percepção de Cor

Teoria Tricromática


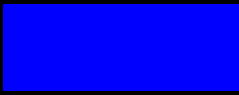





Apenas três tipos de receptores da retina são necessários operando com sensibilidades a diferentes comprimentos de onda. É baseada na existência de três tipos de cores primárias.

Teoria de Maxwell

Os três cones existentes na retina são sensíveis respectivamente ao vermelho (*R*), ao verde (*G*) e ao azul (*B*), chamadas *cores primárias de luz*.

2.3. Percepção de Cor

Tabela 2.3 – Cores criadas com o vetor cromático R,G,B

Cor	R (%)	G (%)	B (%)	
vermelho puro	100	0	0	
azul puro	0	0	100	
amarelo	100	100	0	
laranja	100	50	0	
verde musgo	0	25	0	
salmão	100	50	50	
cinza	50	50	50	

2.3. Percepção de Cor

Discromatopsias: defeitos de visão de cores

- Combinando luzes vermelhos, verdes e azuis em intensidades adequadas, os indivíduos normais enxergarão a cor branca - são os **tricromatas normais**.
- Algumas pessoas **necessitam das 3 cores**, porém de intensidade maior de uma dessas cores e menor nas outras - são chamadas de **tricromatas anormais**.

2.3. Percepção de Cor

Tricromatas anormais

- Produzem os 3 pigmentos, mas com sensibilidade anormal.
- Podemos identificar dois tipos **principais** de **tricromatas anormais** :
 - protanômalos e
 - deuteranômalos,conforme necessitem de um excesso de **vermelho** ou **verde**.

2.3. Percepção de Cor

Dicromatas :

- Outras pessoas, os **dicromatas**, são capazes vêem **branco** com mistura de apenas **duas** das três cores citadas.
- Dicromatismo é consequência da **ausência de síntese** de um desses pigmentos.
- Mais comuns pessoas **protanópsicas** ou **deuteranópsicas**, caso a confusão se faça em relação **ao vermelho** ou ao **verde**, respectivamente

2.3. Percepção de Cor

Monocromatas:

- Uma fração muito pequena das pessoas e constituída de monocromatas; esses vêem qualquer luz como apenas branco, seja ela de qualquer uma das três cores.

2.3. Percepção de Cor

Problemas com as cores verde e vermelho são mais comuns:

- Por apresentarem **afinidades fisiológicas**, os **protanômalos** e **protanópsicos** são reunidos sob o nome de **protanóides**.
- O mesmo ocorre com os **deuteraanômalos** e **deuteraanópsicos**: constituem o grupo dos **deuteraanóides**.

2.3. Percepção de Cor

Em resumo, tem-se:

1. TRICROMATAS 1.1 NORMAIS

1.2 ANORMAIS

1.2.1 **PROTANÔMALOS** (déficit para o **Vermelho**)

1.2.2 **DEUTERANÔMALOS** (déficit para o **Verdes**)

1.2.3 **TRITANÔMALOS** (déficit para o **Azul**)

2. DICROMATAS

2.1 **PROTANÓPISICOS** (sem fotopigmento **Vermelho**)

2.2 **DEUTERANÓPISICOS** (sem fotopigmento **Verdes**)

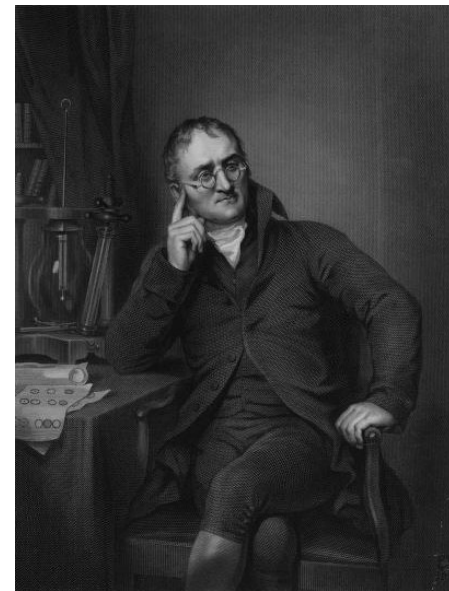
2.3 **TRITANOPISICOS** (sem fotopigmento **Azul**)

3. MONOCROMATAS OU ACROMATAS

2.3. Percepção de Cor

Daltonismo.

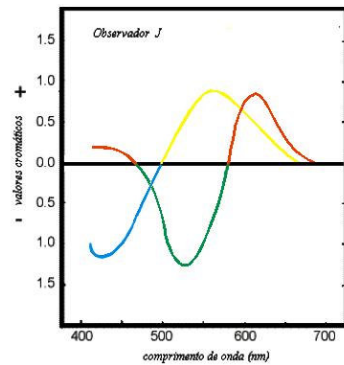
O primeiro tratado científico sobre a deficiência na visão de cores foi publicado em 1798 pelo químico Inglês **John Dalton [1766-1844]** por isso os problemas de visão a cores são também chamados de **Daltonismo.**



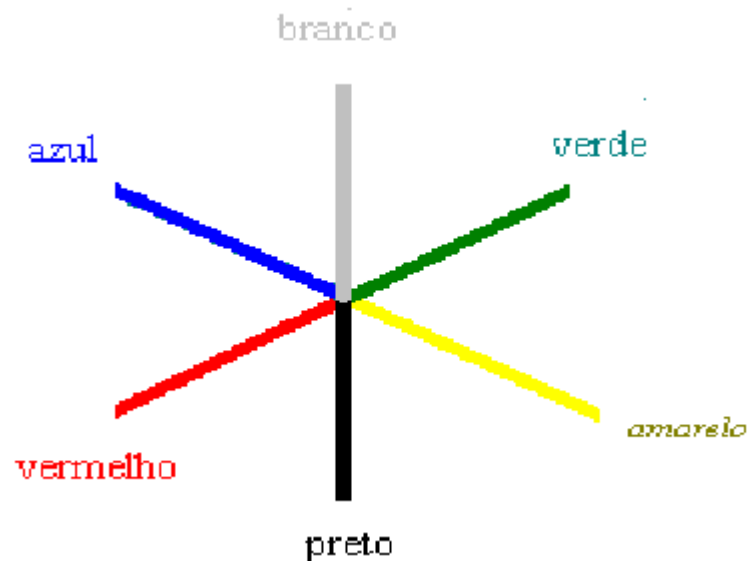
2.3. Percepção de Cor

Mais sobre as deficiências cromáticas em:

http://en.wikipedia.org/wiki/Color_blindness#Clinical_forms_of_color_blindness



**Sistemas de cores
oponentes**



2.4. Iluminação

Fontes: - naturais (sol, fogo, estrelas)

- artificiais (vídeo, TV, lâmpadas).

Tabela 2.4. Classificação das lâmpadas

Classificação Geral	Tipos Especiais	Modelos
Incandescentes	Refletores	Vidro prensado
		Vidro soprado
		Com refletor na parte esférica
	Halógenas	-
Descarga	Baixa pressão (fluorescentes)	Com starter
		Sem starter
	De alta pressão	Vapor de Mercúrio
		Vapor metálico
		Luz mista
	Vapor de sódio	

2.4. Fontes de Iluminação

A iluminação e as cores

As características da cor de uma lâmpada são definidas por:

- sua aparência de cor (atributo da temperatura de cor);
- sua capacidade de reprodução de cor (atributo que afeta a aparência de cor dos objetos iluminados).

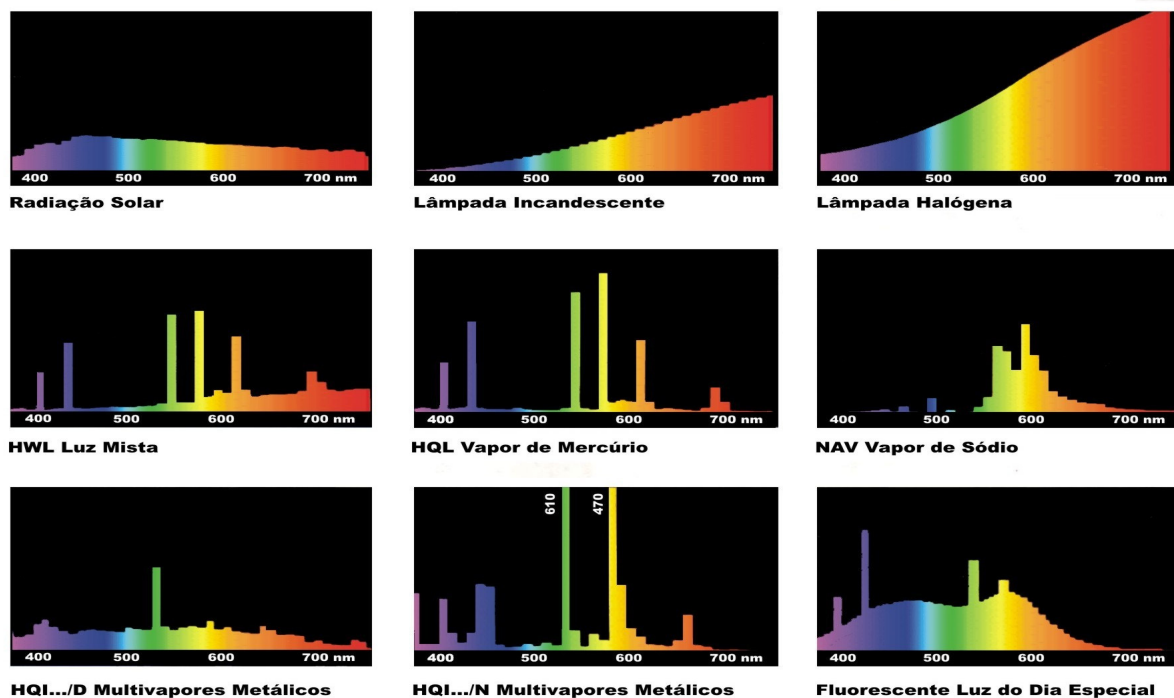
Tabela 2.5 – Associação entre temperatura e aparência de cor de uma lâmpada

Temperatura de cor (K)	Aparência de cor
$T > 5000$	Fria (branca- azulada)
$3300 < T < 5000$	Intermediária (branca)
$T < 3300$	Quente (branca – avermelhada)

2.4. Fontes de Iluminação

Gráficos intensidade x comprimento de onda
de diversas luzes

IRC=Índice de Reprodução de Cores



2.4. Fontes de Iluminação

Diferença da reprodução de cor em função do iluminante

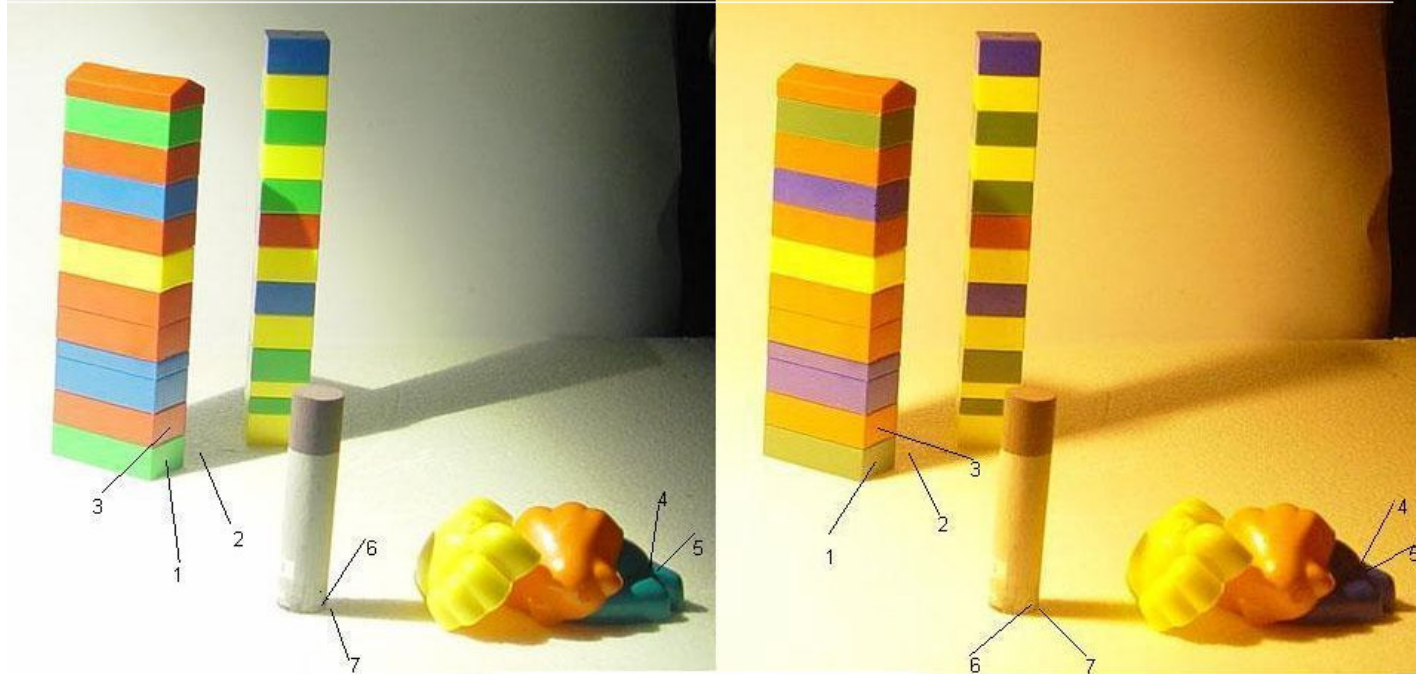


Figura 2.12. Objetos iluminados com **MVM** (multi vapor metalico) de **IRC=75** e **VS** (Vapor de Sodio) **IRC=22**. Repare especialmente nas cores com mesmo numero em ambas as fotos.

2.5. Modelos de Cores

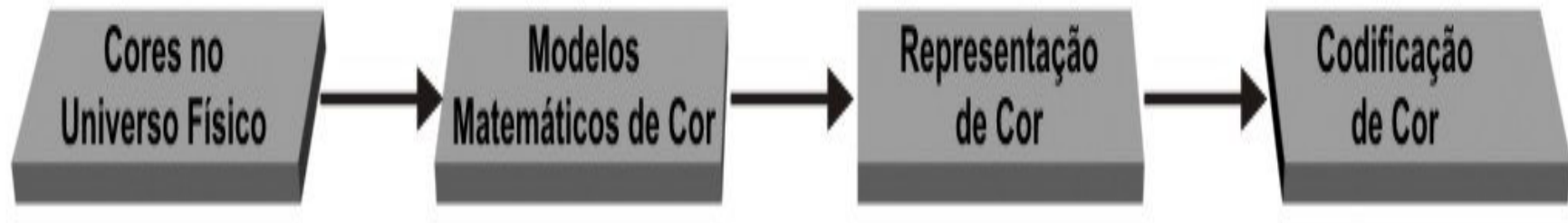


Figura 2.13 – Níveis de abstração de cores.

2.5 Modelos de cor

Elementos que descrevem a cor:

- matiz;
- saturação;
- intensidade.

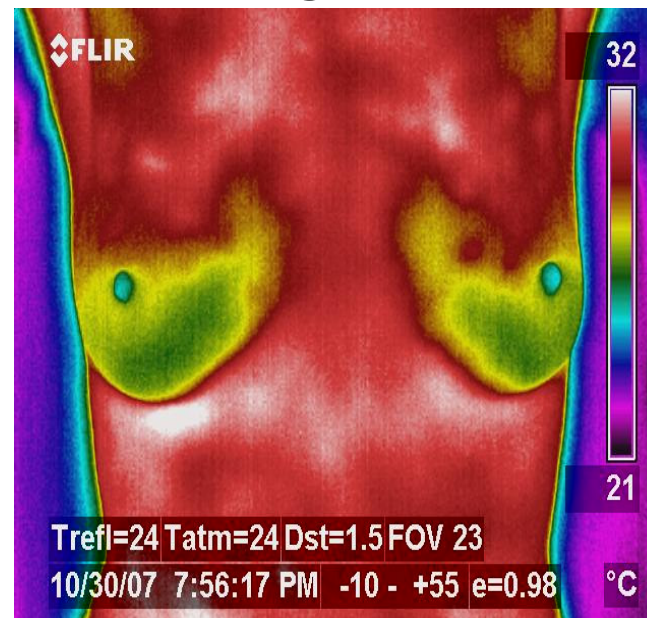


Figura 2.14. Variações no matiz, saturação e intensidade.

2.5 Modelos de cor

Uso diagnóstico das radiações não visíveis : mamo termo gramas

Matiz (Hue) = f (temperatura)



2.5 Modelos de cor

Imagem ultra-som 3D

- A **intensidade** da luz é usada para dar a idéia da tridimensionalidade



2.5 Modelos de cor

Matiz, saturação e intensidade

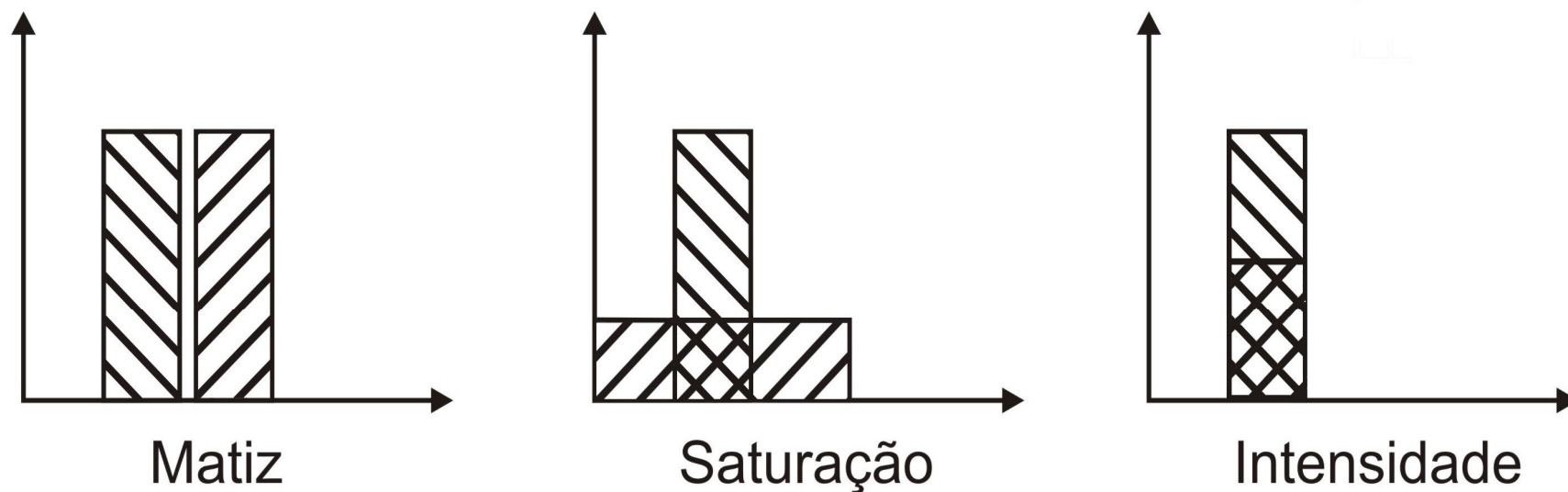


Figura 2.15. Conceitos de matiz, saturação e intensidade.

2.5 Modelos de cor

Representação da cor

- Refletivos - não emitem energia luminosa, utilizam de luz proveniente de uma outra fonte produzindo a informação de cor.
- Emissivos - são fontes de energia radiante que produzem diretamente a informação de cor.

2.5 Modelos de cor

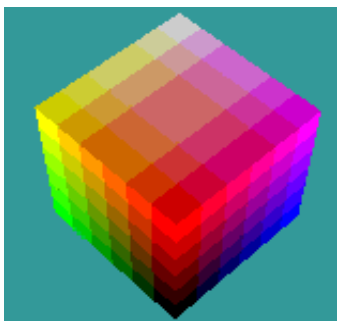


Figura 2.16 – Cores aditiva obtidas pela combinação de luzes RGB

2.5 Modelos de cor

RGB

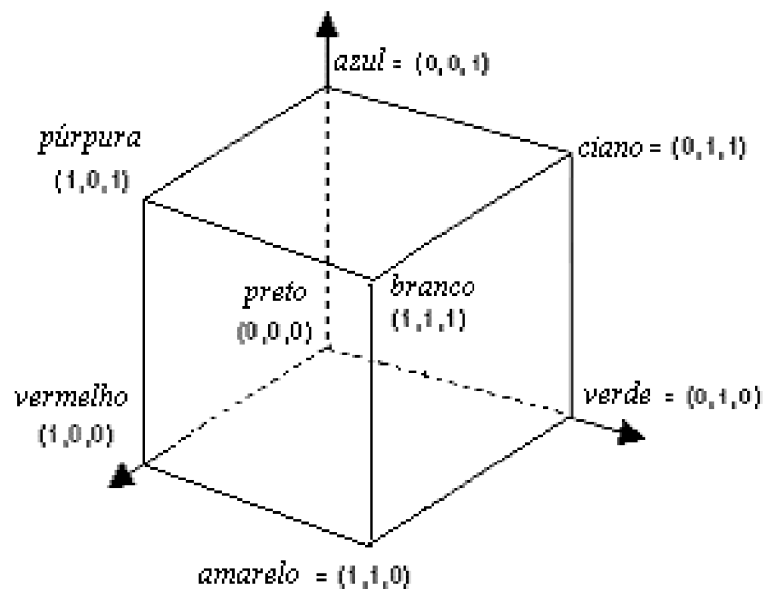
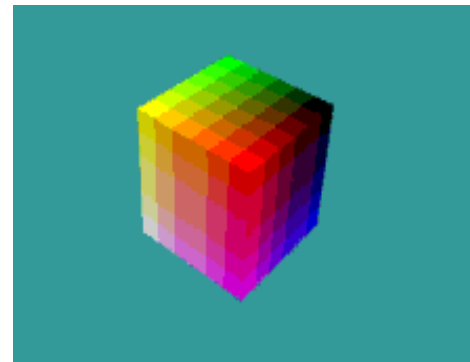
- Base de primárias do sistema:
 - $R(\lambda)$ vermelho com comprimento de onda de 700 nm
 - $G(\lambda)$ verde com comprimento de onda de 546 nm
 - $B(\lambda)$ azul com comprimento de onda de 435.8 nm



2.5 Modelos de cor

Sistema RGB

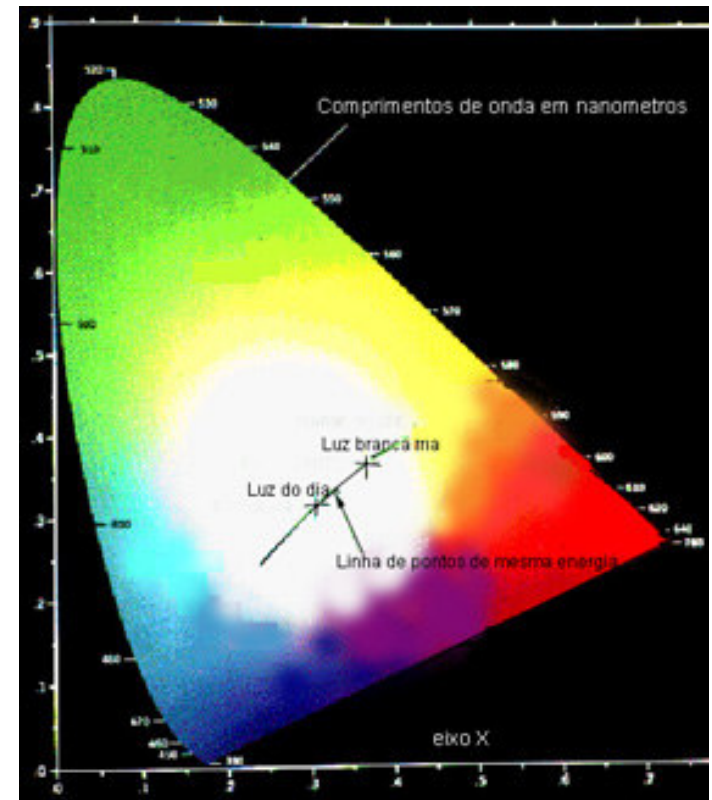
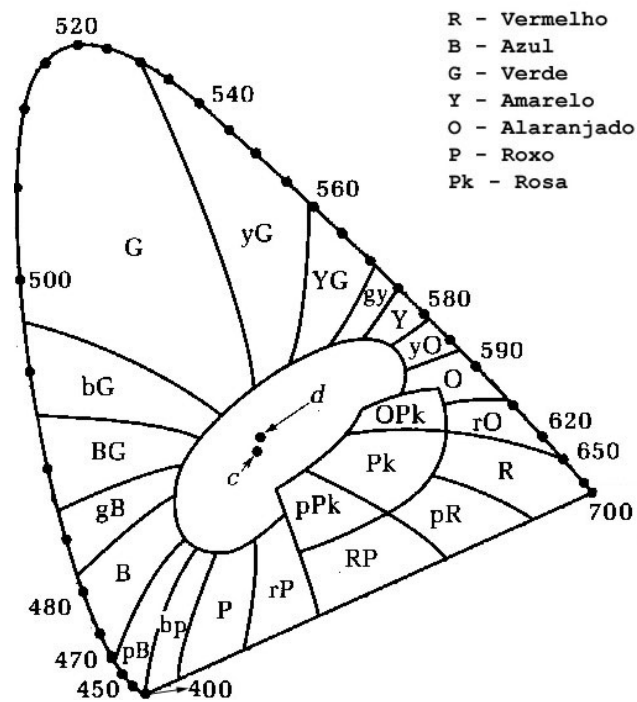
Normalizado entre 0 e 1



2.5 Modelos de cor

Cores visíveis

- Diagrama de Cromacidade CIE



2.5 Modelos de cor

Sistema XYZ

conversão entre os sistemas CIE-RGB e CIE-XYZ

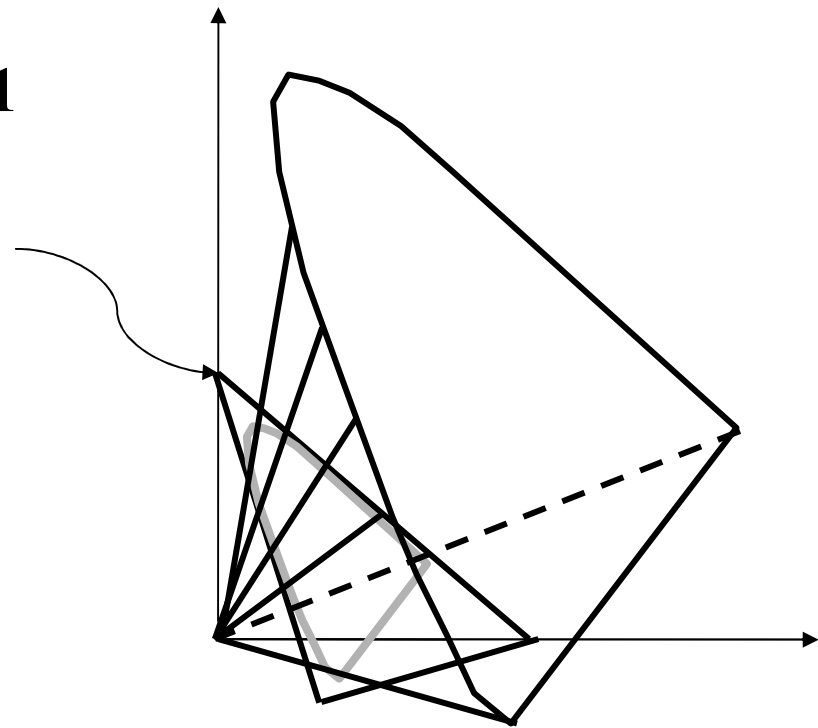
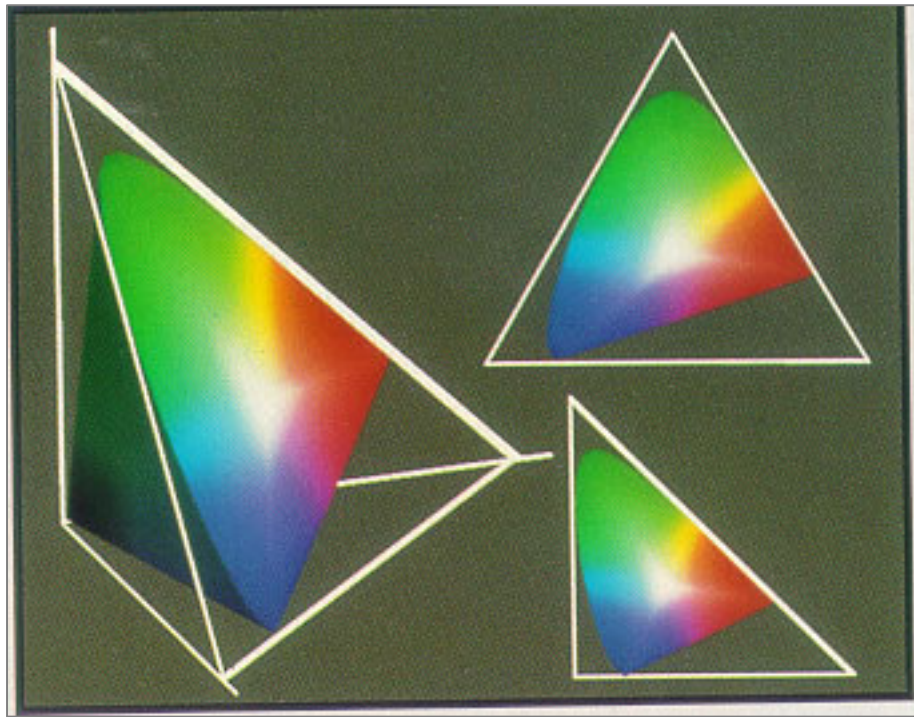
$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.489989 & 0.310008 & 0.200003 \\ 0.176962 & 0.812400 & 0.010638 \\ 0.000000 & 0.009999 & 0.990001 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix},$$
$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.364666 & -0.896583 & -0.468083 \\ -0.515155 & 1.426409 & 0.088746 \\ 0.005203 & -0.014407 & 1.009204 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}.$$

CIE (Commission Internationale de l' Eclairage)

2.5 Modelos de cor

Sólidos de cores visíveis e diagramas de cromaticidade

Plano $X+Y+Z=1$



2.5 Modelos de cor

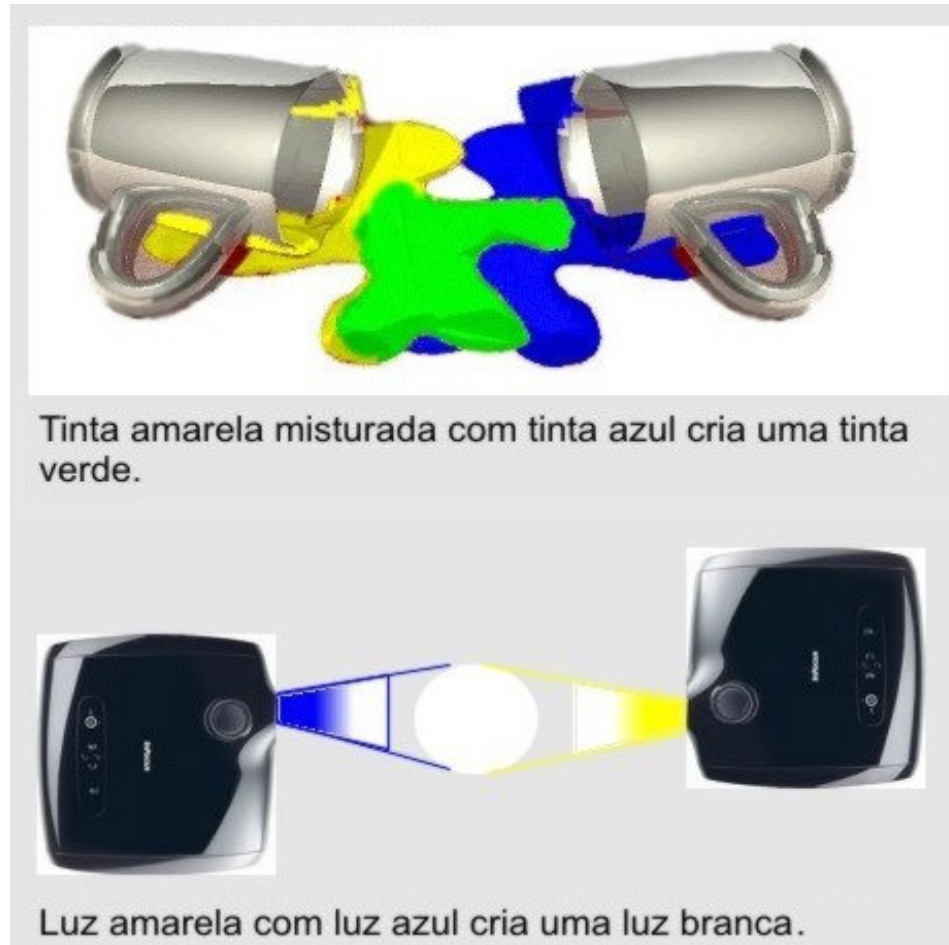
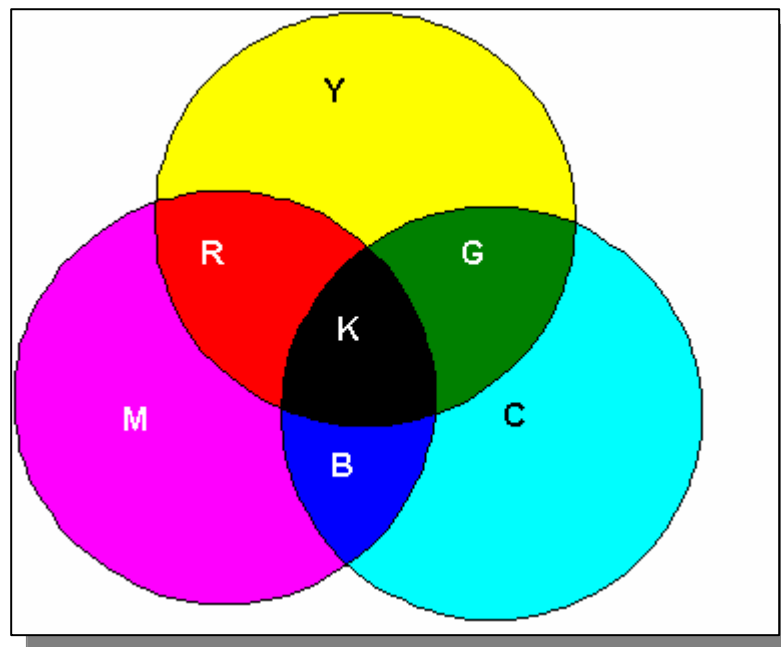


Figura 2.17. Os pigmentos se combinam, subtraindo intensidades luminosas da luz que atinge os objetos.

2.5 Modelos de cor

Sistemas de cores subtrativos CMY



2.6. Características das Cores

Contraste Simultâneo

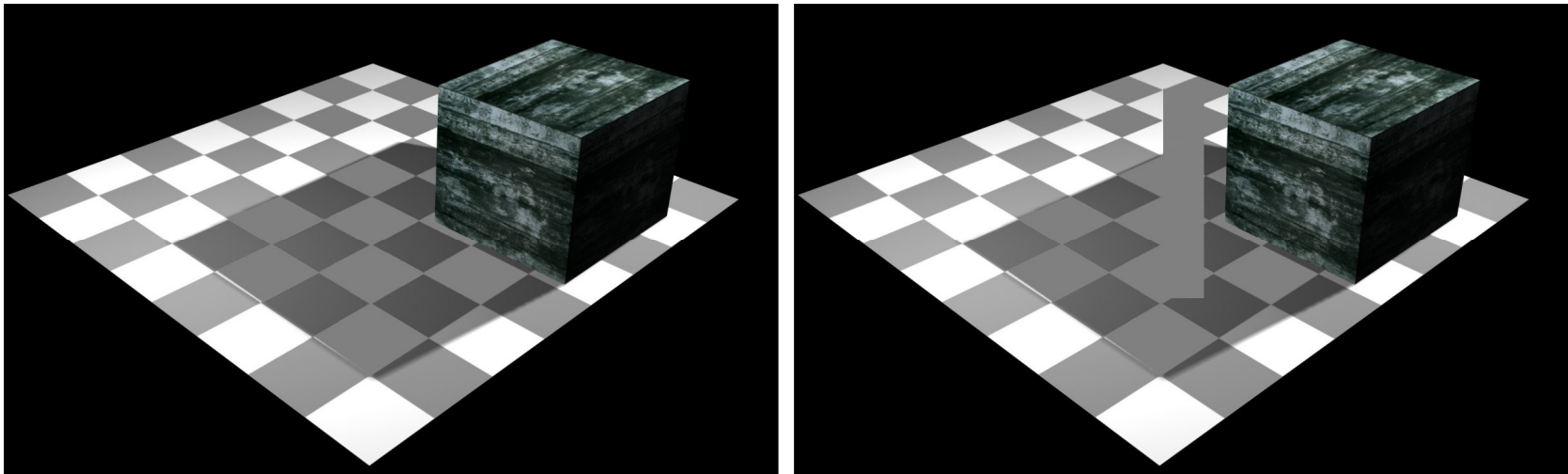


Figura 2.18 – Exemplo do efeito de contraste simultâneo.

2.6. Características das Cores

Contraste Excessivo

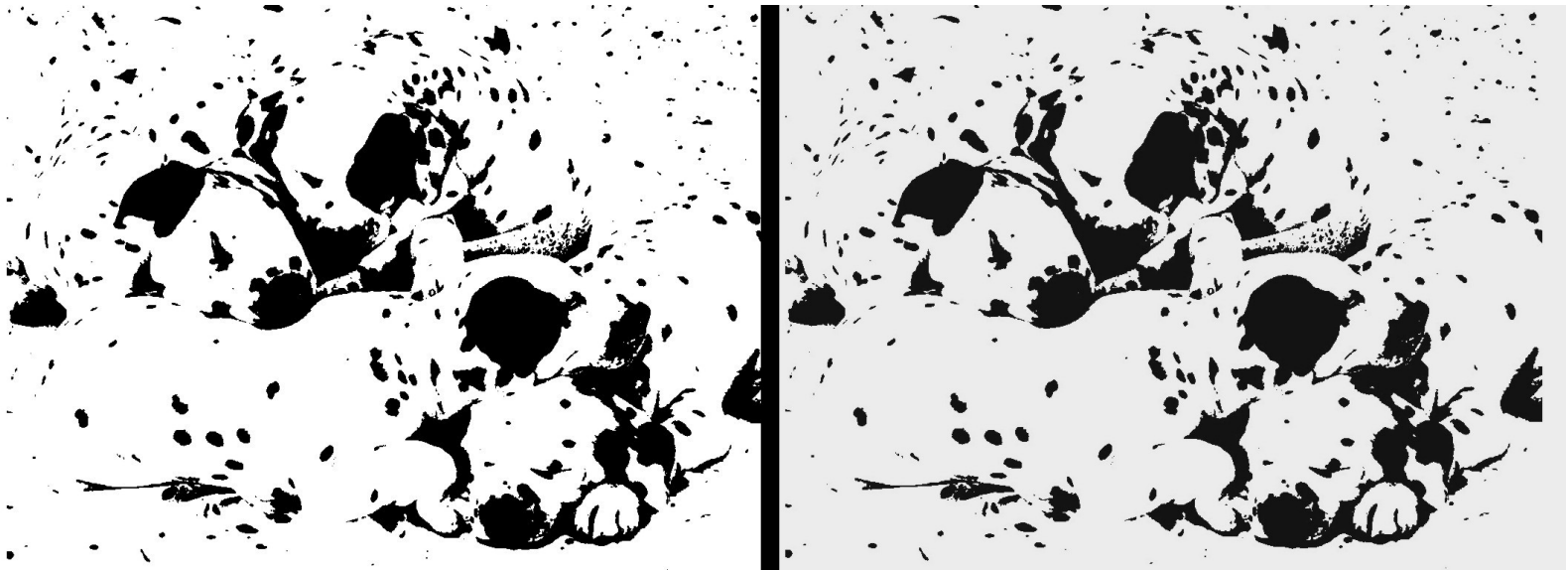


Figura 2.19. Contraste excessivo em A e redução de contraste em B

2.6. Características das Cores

Contraste Sucessivo

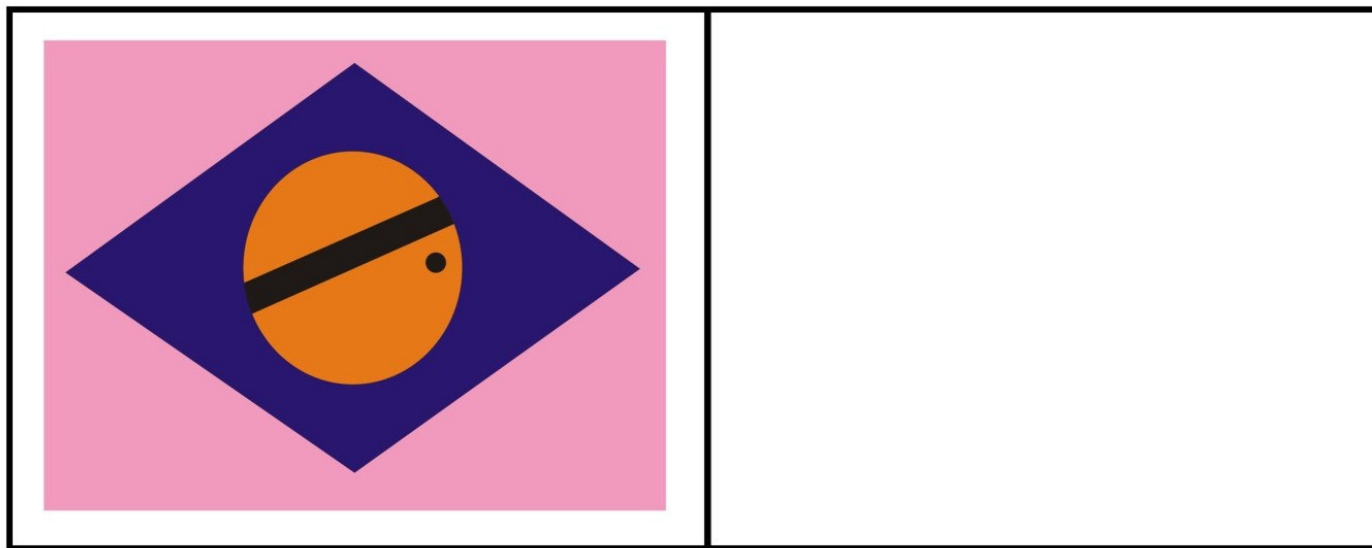


Figura 2.20 – Saturação na percepção de cores.

2.6. Características das Cores

Contraste fundo-letra

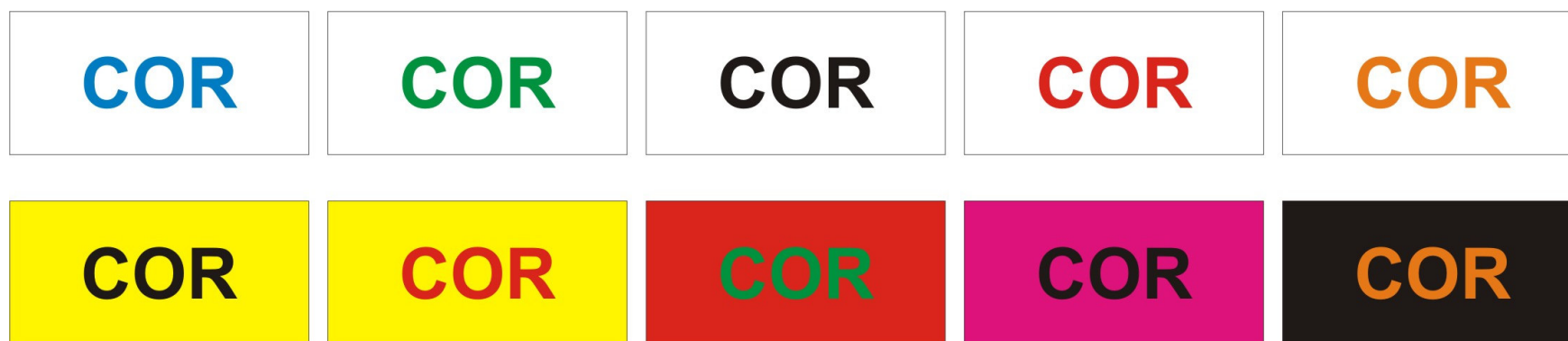


Figura 2.21 – Contrastes ideais de cores

2.6. Características das Cores

Invariância perceptiva de cor

ZUL ROXO AZUL VERDE AMARELO
SA PRETO LARANJA ROSA VERM
MARELO VERMELHO MARROM A
ZUL VERDE PRETO LARANJA RO

Figura 2.22. Invariância perceptiva da cor associada a palavras.

2.7. Percepção e Cognição

- Processo Informativo
- Detecção
- Reconhecimento
- Discriminação



Figura 2.23 – Ilusão.

Bibliografia Complementar (cap. 2)

- Kaiser, PeterK. *The Joy of Visual Perception: A Web Book*, York University, <http://www.yorku.ca/eye/>
- Smal, James; Hilbert, D.S. (1997). *Readings on Color, Volume 2: The Science of Color*, 2nd ed., Cambridge, Massachusetts: MIT Press. [ISBN 0-262-52231-4](#).
- Kaiser, Peter K.; Boynton, R.M. (1996). *Human Color Vision*, 2nd ed., Washington, DC: Optical Society of America. [ISBN 1-55752-461-0](#).
- Wyszecki, Günther; Stiles, W.S. (2000). *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, 2nd edition, places: Wiley-Interscience. [ISBN 0-471-39918-3](#).
- McIntyre, Donald (2002). *Colour Blindness: Causes and Effects*. UK: Dalton Publishing. [ISBN 0-9541886-0-8](#).
- Shevell, Steven K. (2003). *The Science of Color*, 2nd ed., Oxford, UK: Optical Society of America, 350. [ISBN 0-444-512-519](#).
- Content-Based Image Retrieval from Digital libraries:
<http://www.cs.sfu.ca/cbird>