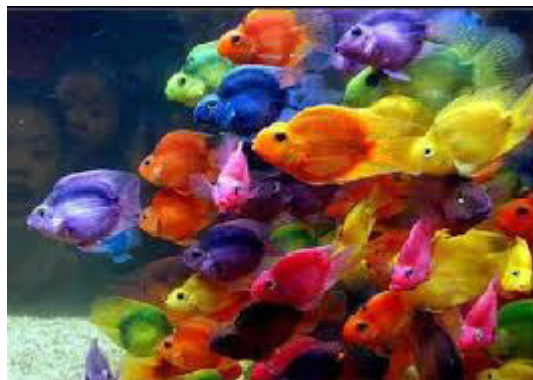


Cores e **a Visão Humana**



aula 11
2017/2 – IC / UFF

Imagens Monocromáticas



Exemplos de imagens monocromáticas:

binária (2 tons) x 64 tons de cinza

Imagem colorida

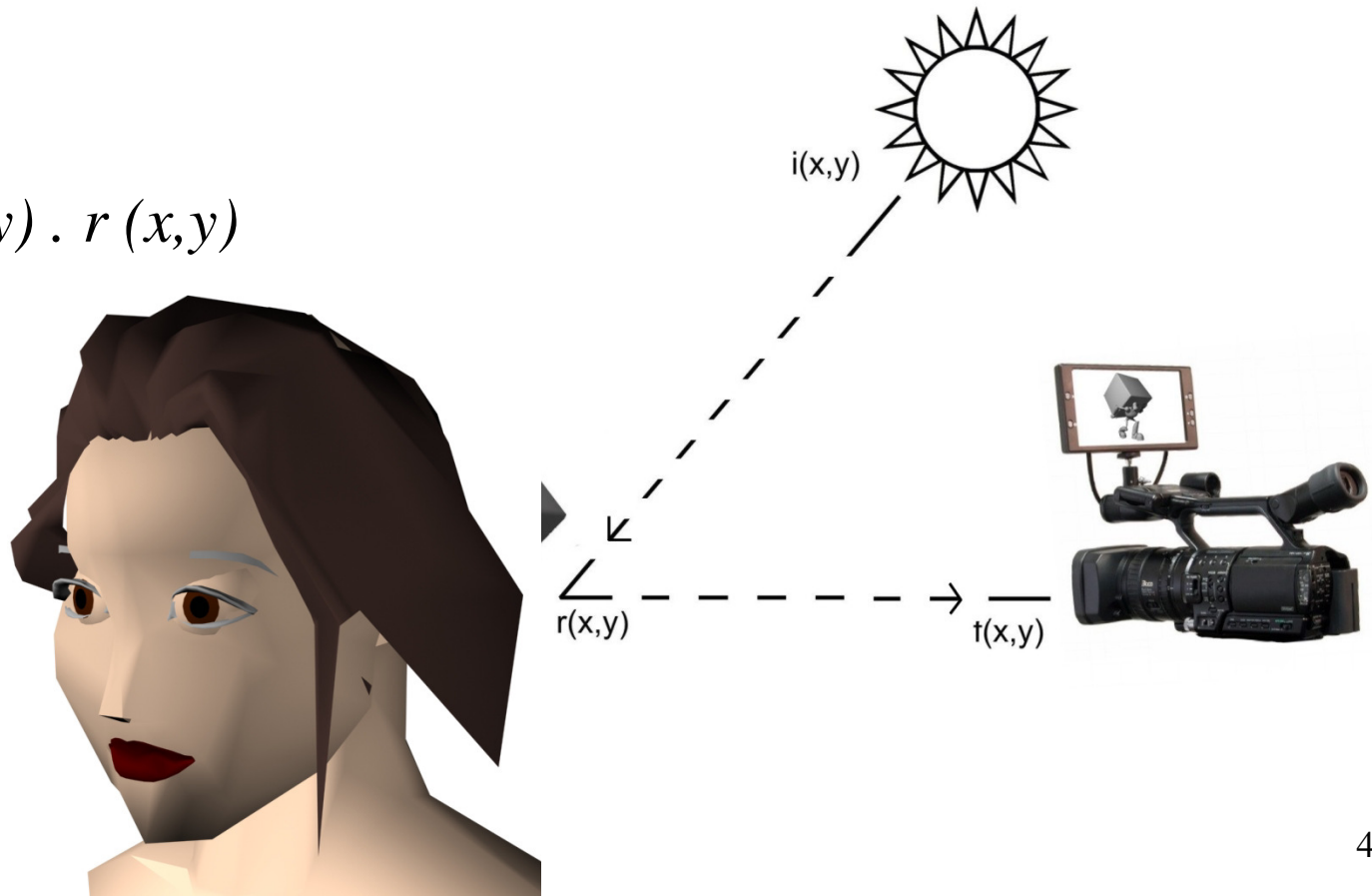
A capacidade de **interpretar formas** tridimensionais e a **organização espacial** **independem da cor**, mas sim da **iluminação das formas** que representam e seu sombreamento.



Imagens de objeto **emitentes** ou iluminados

iluminados

$$f(x,y) = i(x,y) \cdot r(x,y)$$



Amostragem e Quantização

- Amostragem – refere-se ao número de pontos amostrados de uma imagem digitalizada (**resolução**).
- Quantização - **quantidade de cores ou níveis de tons** que pode ser atribuído a cada ponto digitalizado.

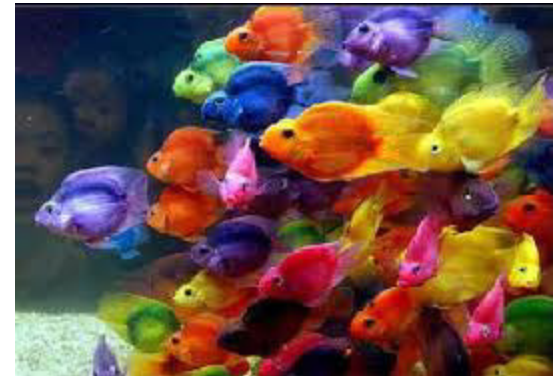
As **imagens analógicas** possuem um número ilimitado de cores ou tons.

No computador é necessário **limitar** os níveis de tons e cores a serem atribuídos a cada *pixel* da imagem (**gradação tonal**).

Perceber é mais que captar

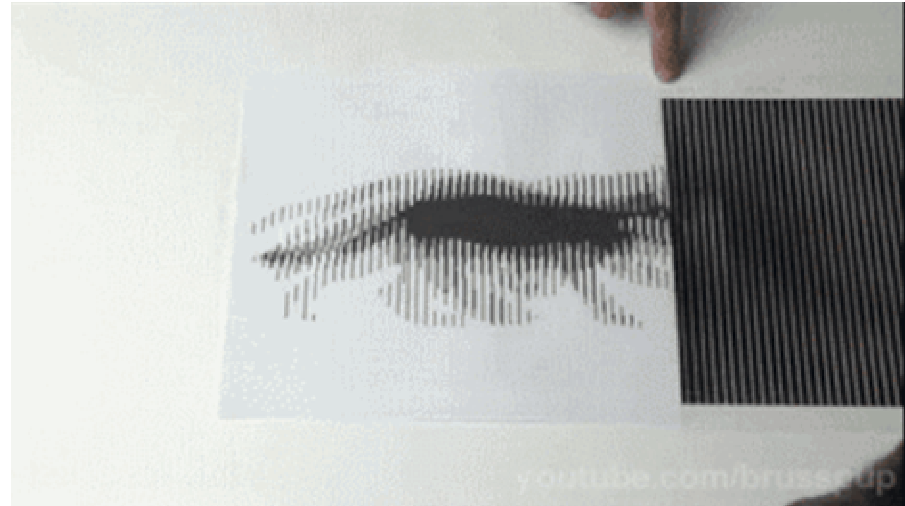
A **cor** e a **iluminação** são analisadas por partes diferentes do cérebro.

Estas partes estão **fisicamente separadas** e são anatomicamente tão distintas quanto são a visão e a audição.



III

O
i
r
e

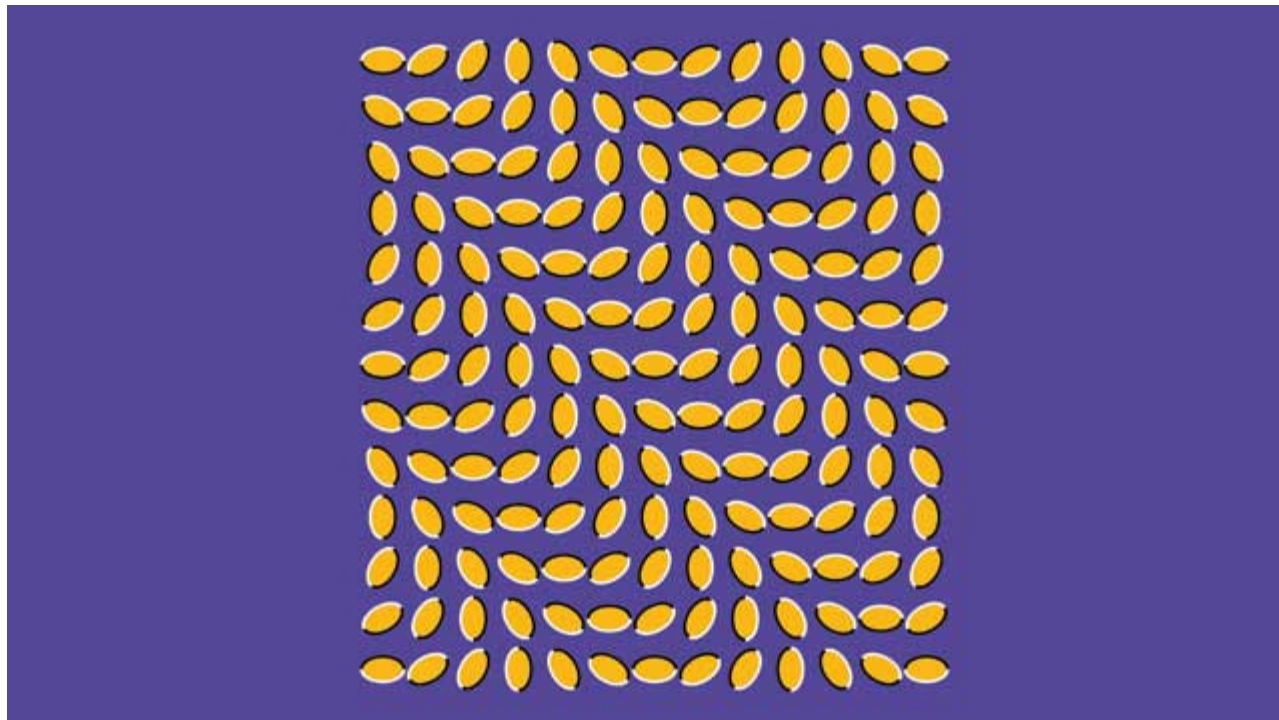


Cães e gatos podem enxergar diferentes tonalidades. No arco-íris (vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta) por exemplo, os humanos conseguem visualizar todas as cores. Já os cachorros e os gatos só possuem na retina sensores a dois fotoreceptores, o que reduz o espectro de cores que eles podem identificar. Alguns pesquisadores acreditam que eles enxergam azul e amarelo, enquanto outros defendem que eles vêem azul e vermelho, mas todos são unânimes em dizer que eles não percebem o verde .

Essa limitação visual, no entanto, não é um problema, já que os animais a compensam de outras formas. Cães e gatos, por exemplo, conseguem ver muito bem na penumbra, são capazes de diferenciar várias tonalidades de cinza e possuem enorme habilidade para detectar movimentos.

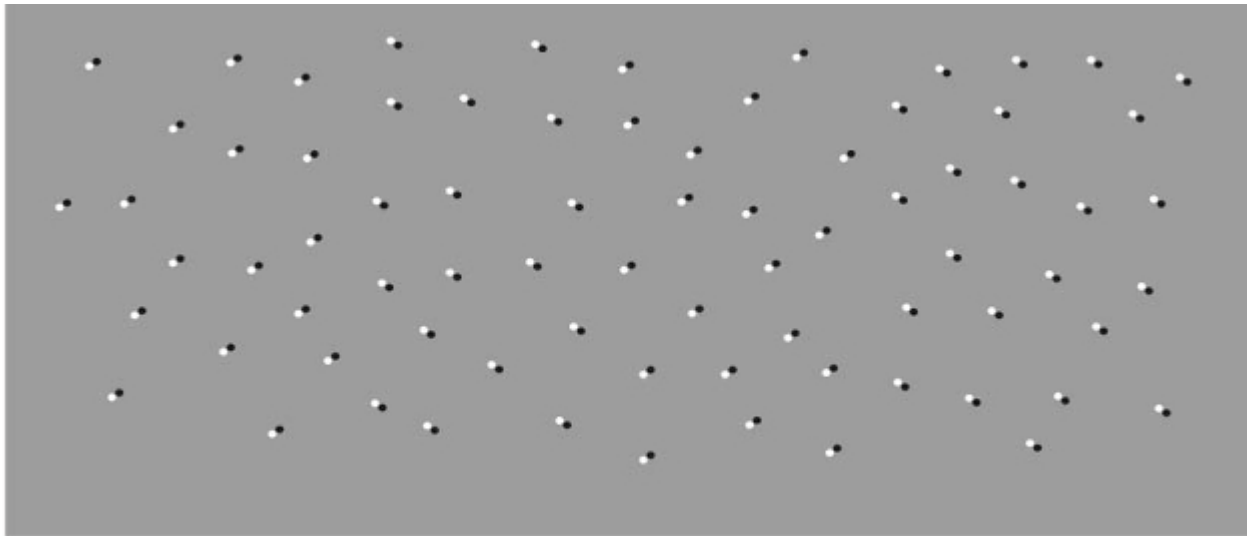
Percepção do movimento

É mais primitiva do que a das cores! E todo o nosso aparelho visual é projetado para captá-la!



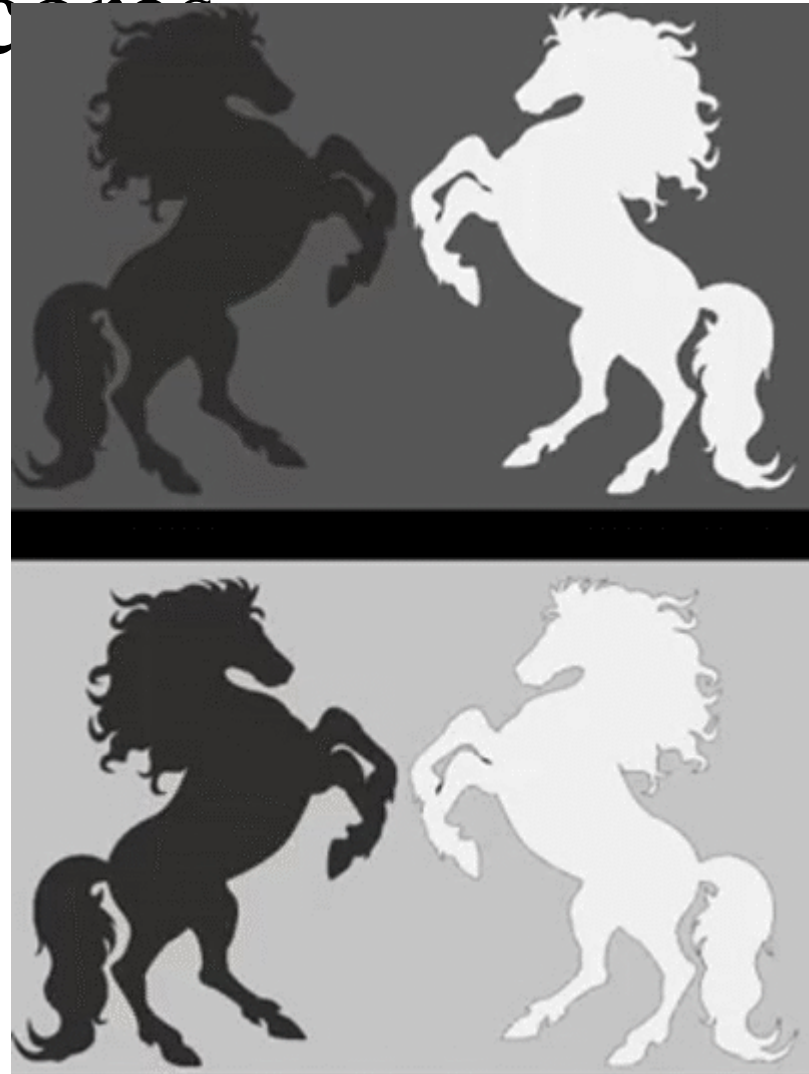
para nossa própria defesa

E sobrevivência!



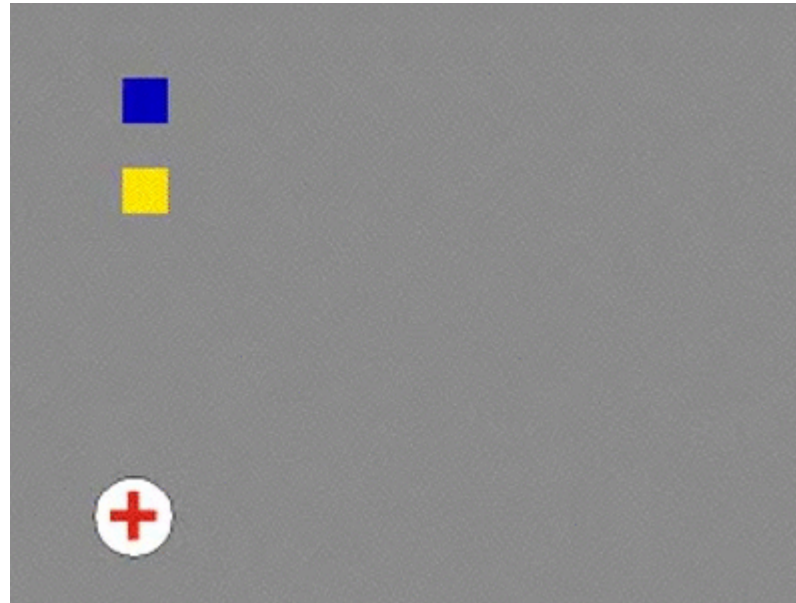
Mas as coisas

Influenciam em tudo,
na Percepção do
movimento



Percepção e do movimento relativo

Ou sua velocidade



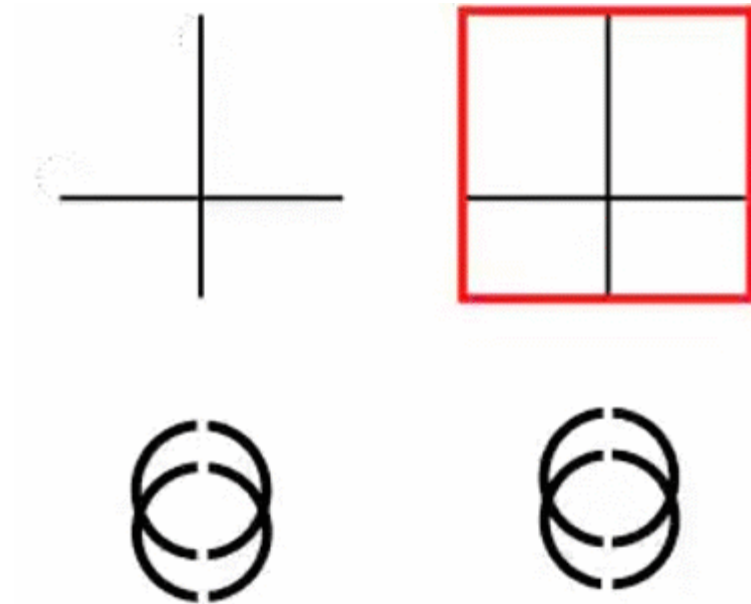
Percepção do movimento relativo

Direção e orientação



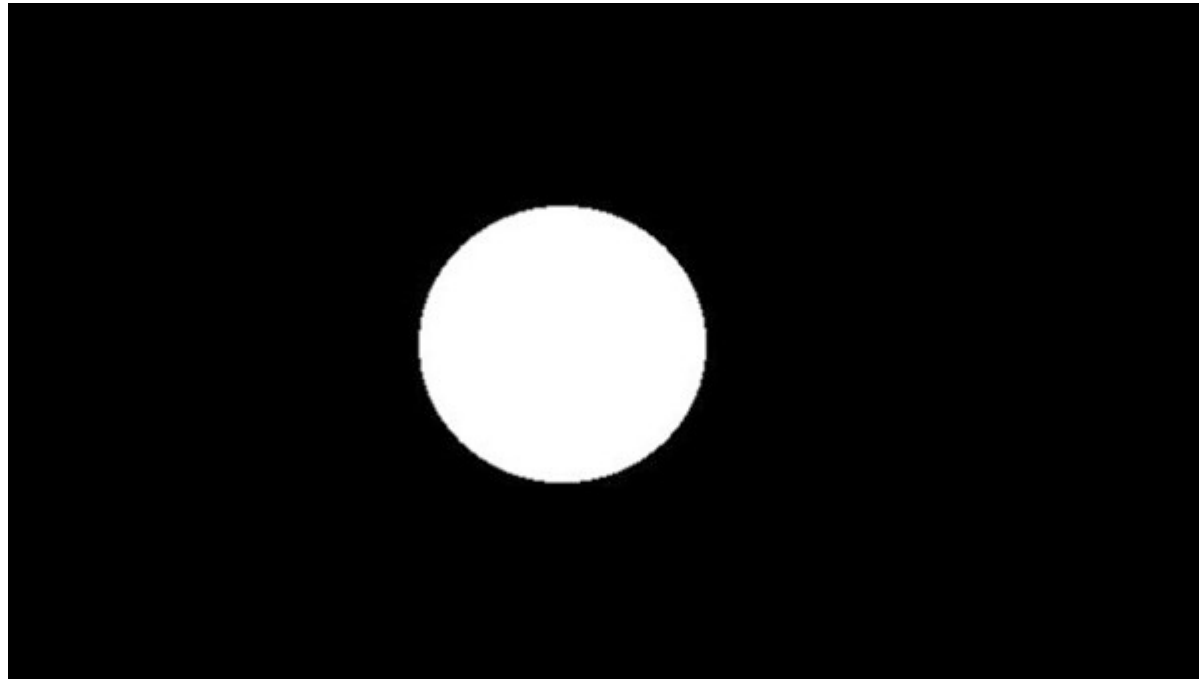
Percepção do movimento

agrupamentos



Pois a visão e a

Perseção estão associadas, sempre!



exemplo:

Olhe para o círculo branco por cerca de 45 segundos. Depois, olhe para um pedaço de papel branco em sua mesa.

Em seguida, se levante para que o papel esteja mais longe de seu rosto. Então olhe para uma parede branca.

Quando se olha para o papel de perto, a **pós-imagem** do círculo branco aparece mais ou menos do mesmo tamanho que está na tela.

Quando a pessoa se afasta, ele parece ser do tamanho aproximado de um limão pequeno.

Quando se olha para a parede, ela fica do tamanho de um prato.

Algumas Características da Visão Humana

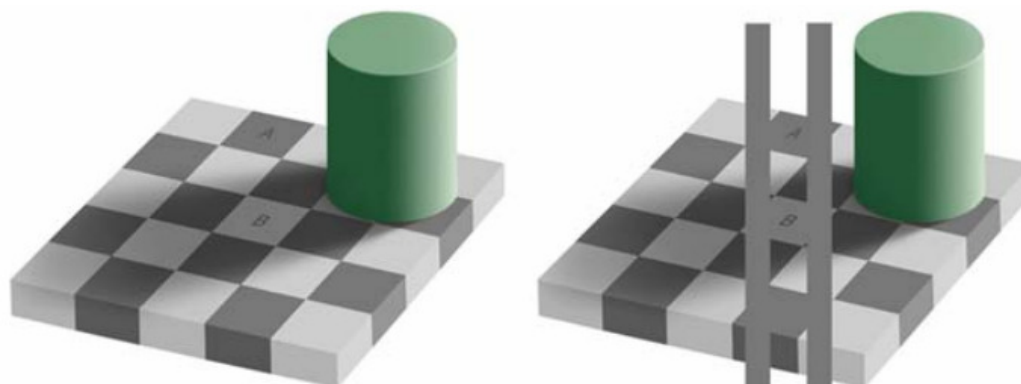
- **Adaptabilidade**
- **Constancia**
- **Visão colorida**
- **Acomodação**
- **Campo de visão**
- **Acuidade**
- **Persistência visual**

Constância de cor



“ver” a cor é mais que apenas capturar comprimentos de ondas

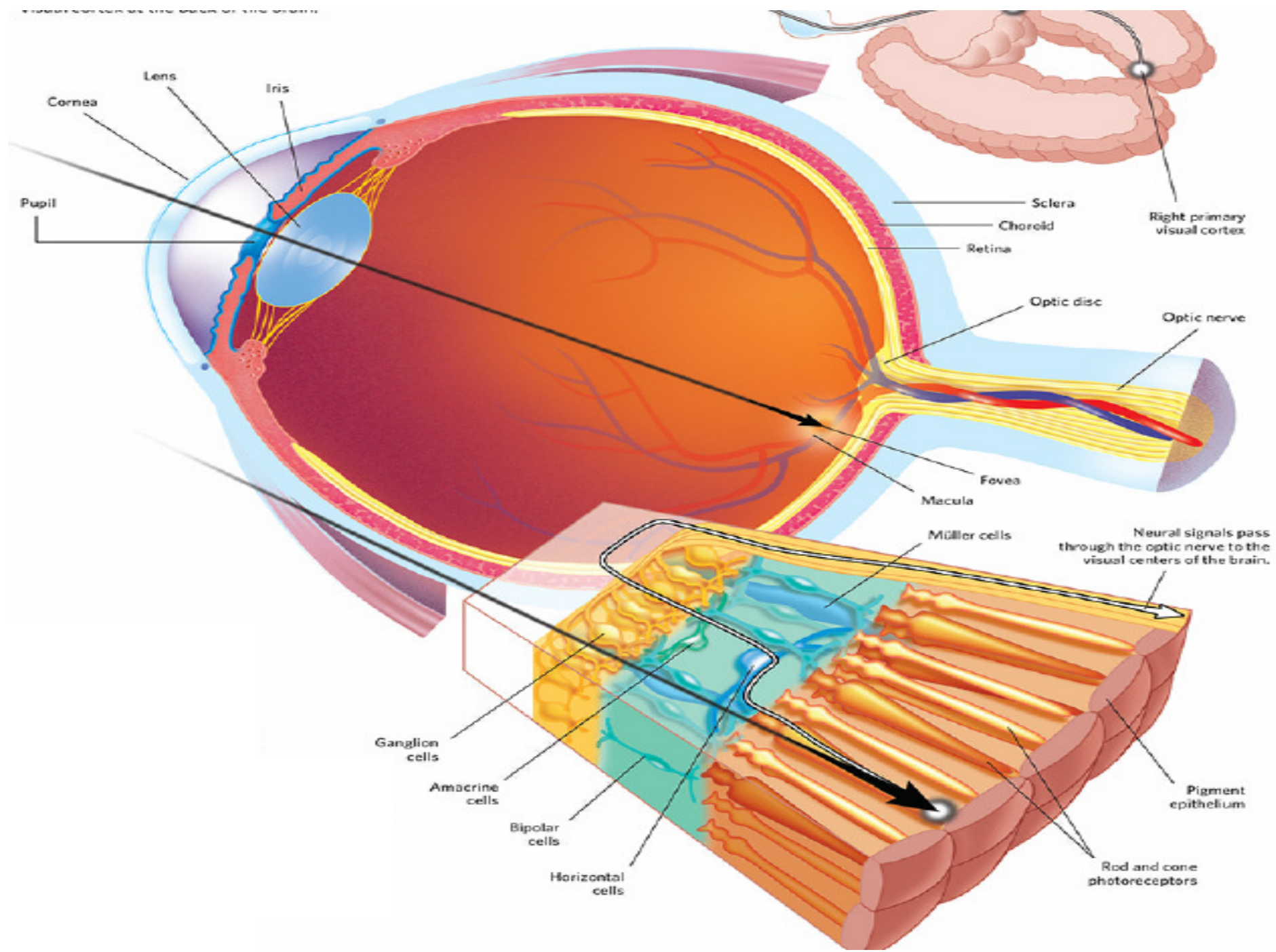
Uma banana parece **amarela** independente da quantidade de iluminação que incide sobre ela. E ela pode nem ser medida como **amarela**, mas você continuara a pensar que ela é **amarela**!



Como funciona a visão?

a luz entra em seus olhos, a córnea a refrata e ela penetra passando pela pupila e sendo focada pelo cristalino (lentes) na segunda parte do olho, onde encontra a retina.

Onde células fotossensíveis **i**niciam sua transformação em sinais elétricos que a transformarão em visão.

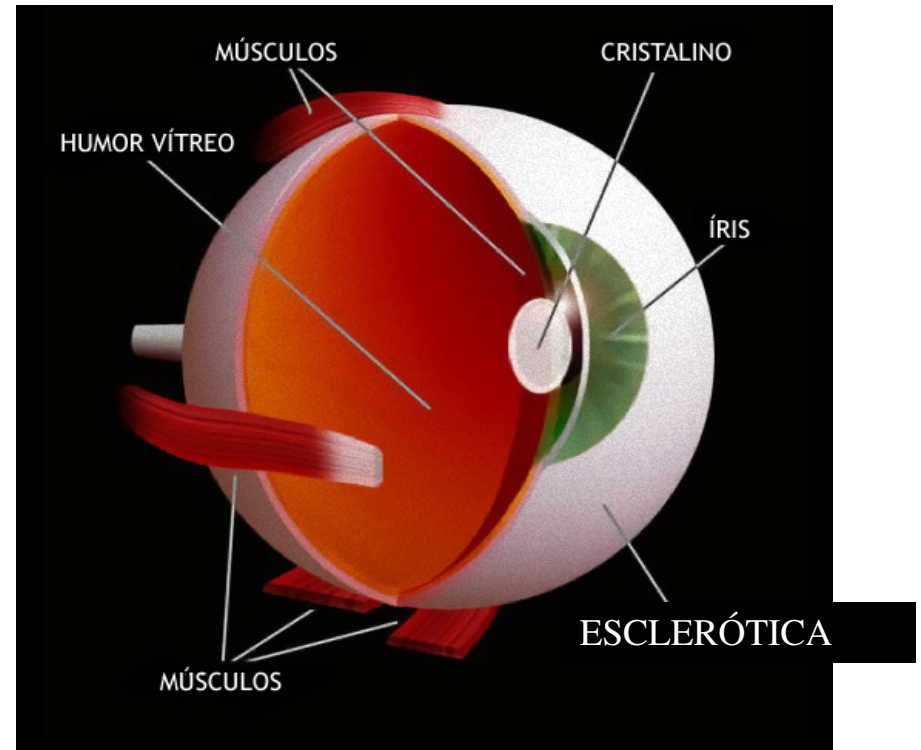


Sistema de Visão Humana

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

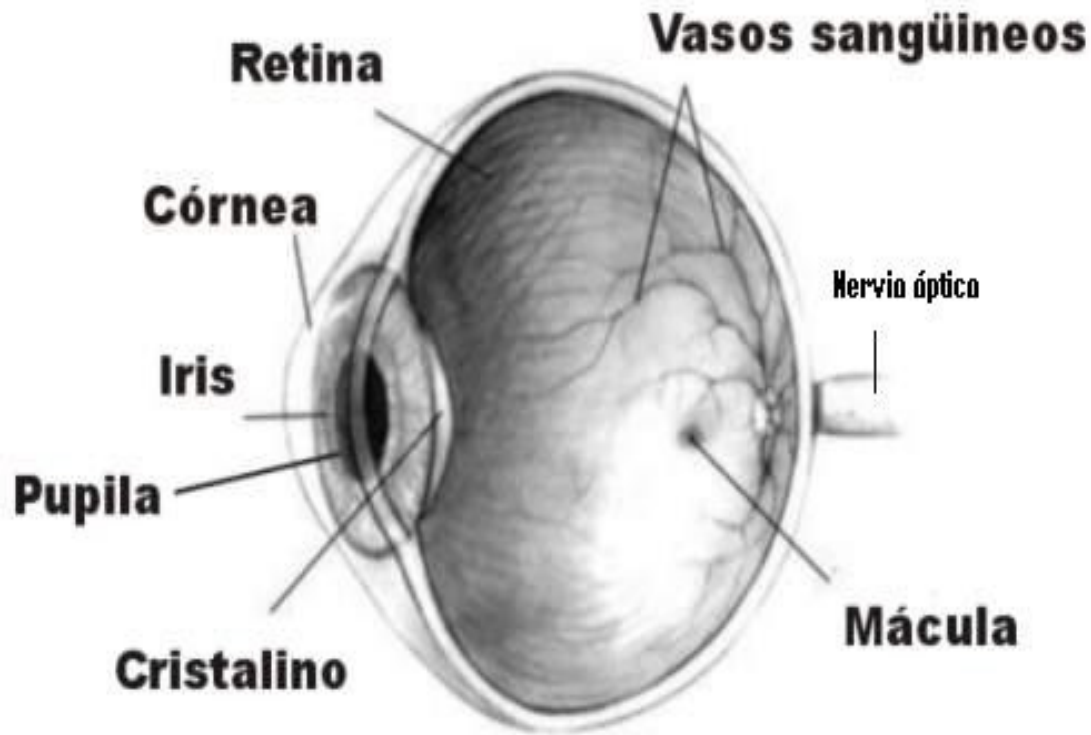
Córnea - atua como uma lente simples, captando e concentrando a luz.

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



Principais elementos do olho humano.

Sistema de Visão Humana



Elementos do olho em corte.

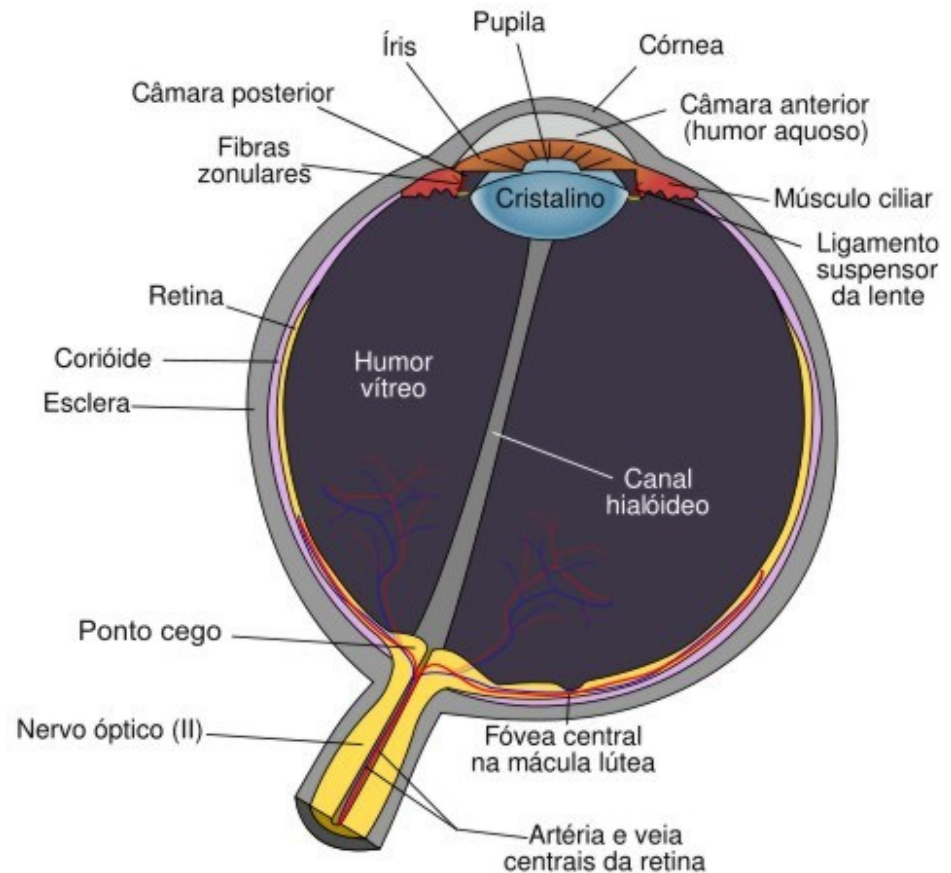
Cristalino - parte da visão humana responsável pelo foco, sendo **também** chamado de lente.

Humor vítreo – substância gelatinosa localizada atrás do cristalino.

Sistema de Visão Humana

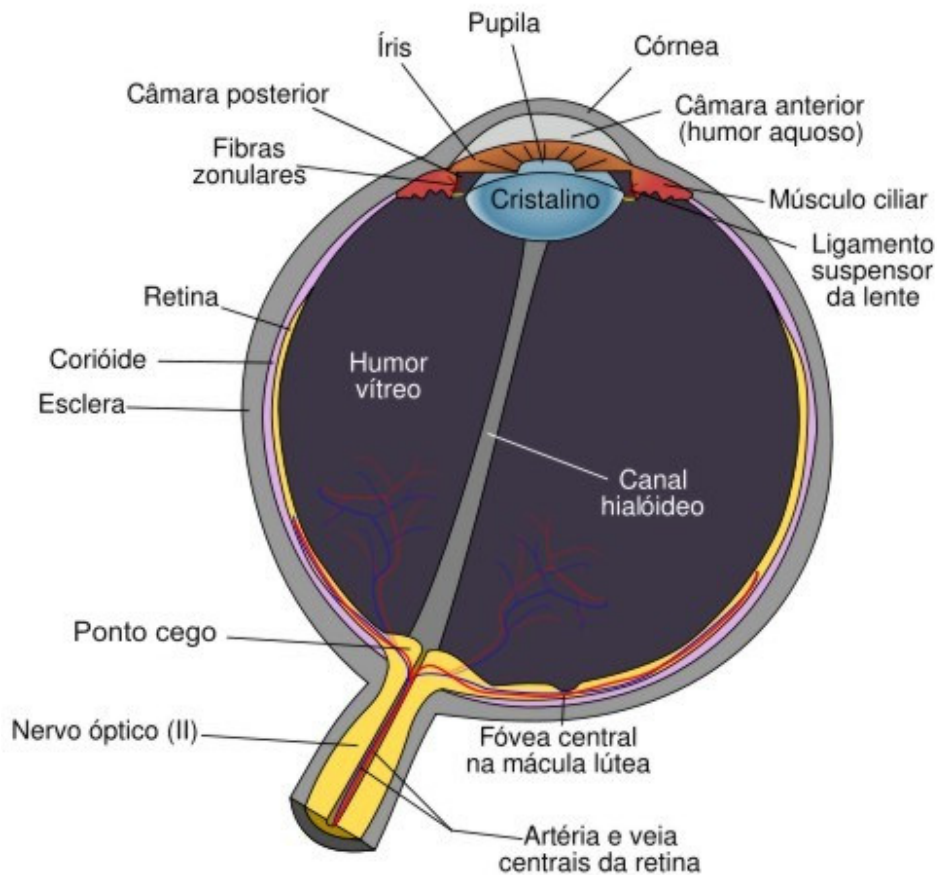
Humor aquoso – encontra-se atrás da córnea em uma pequena câmara preenchida (fluido gelatinoso).

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



Principais elementos em 2D.

Sistema de Visão Humana

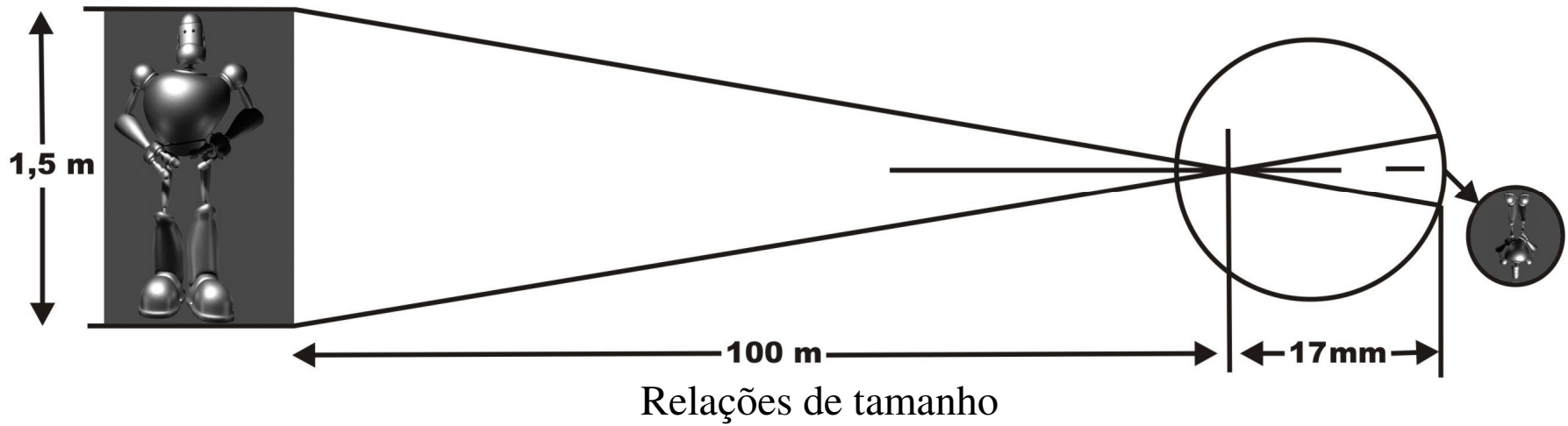
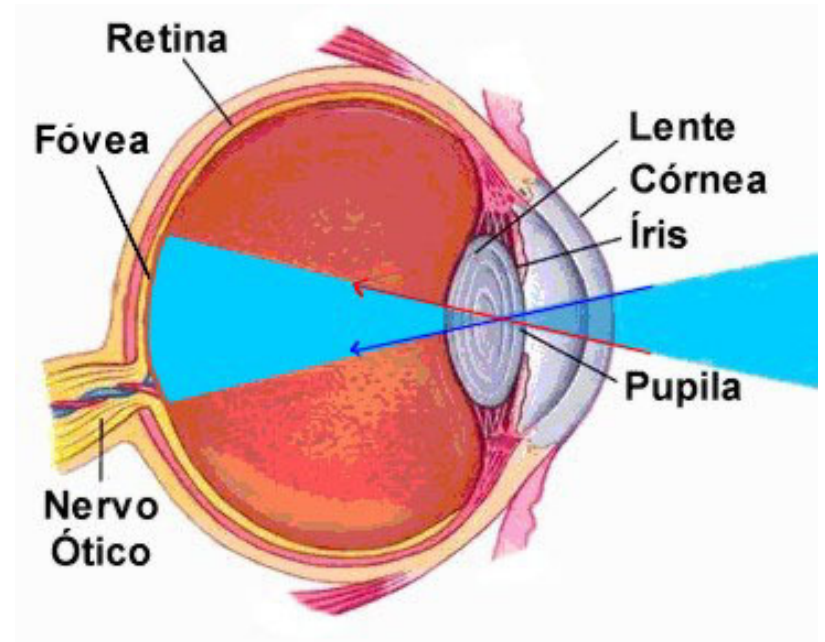


Esquema dos principais elementos do olho humano.

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

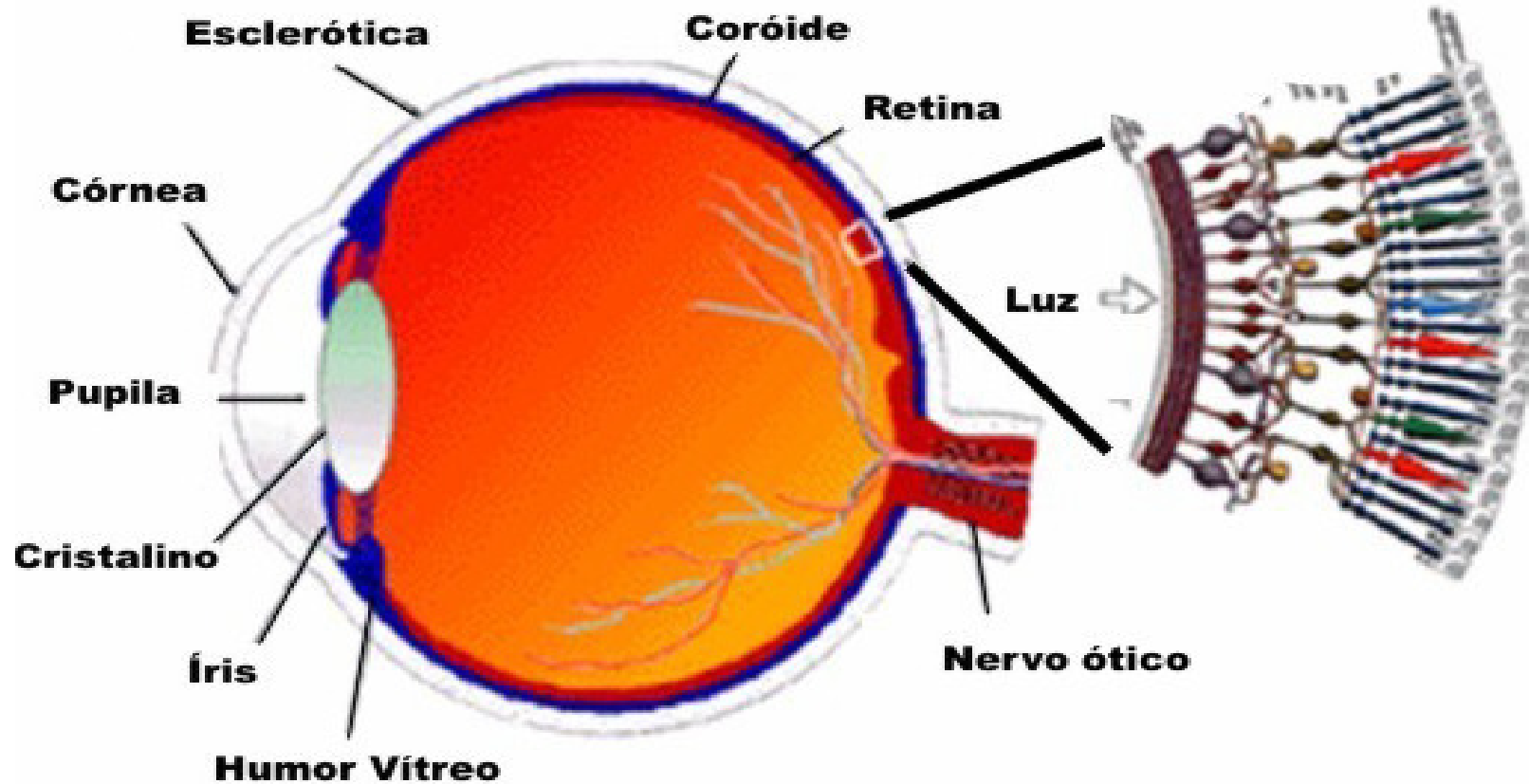
Nervo óptico - transmite para o cérebro os sinais.

Sistema de Visão Humana

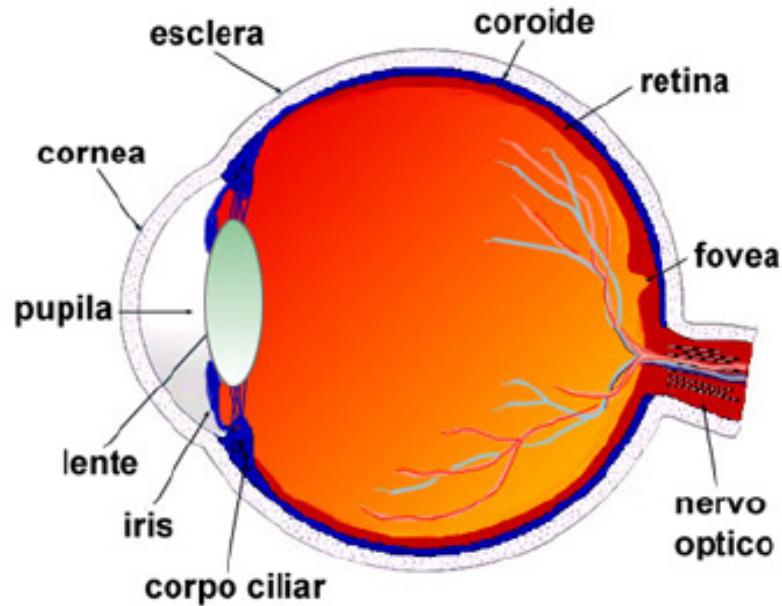


Sistema de Visão Humana

Células Cones e Bastonetes



Olho humano e células da retina



Cones

Bastonetes

Os cones são cerca de 7 milhões,

cerca de 125 milhões

Bastonetes

Visão monocromática:

A substância química responsável pela sensibilidade dos bastonetes à luz é a **rodopsina**, quando a luz incide sobre uma molécula de rodopsina, esta gera um sinal elétrico que é transmitido às células nervosas presentes na retina.

Cones

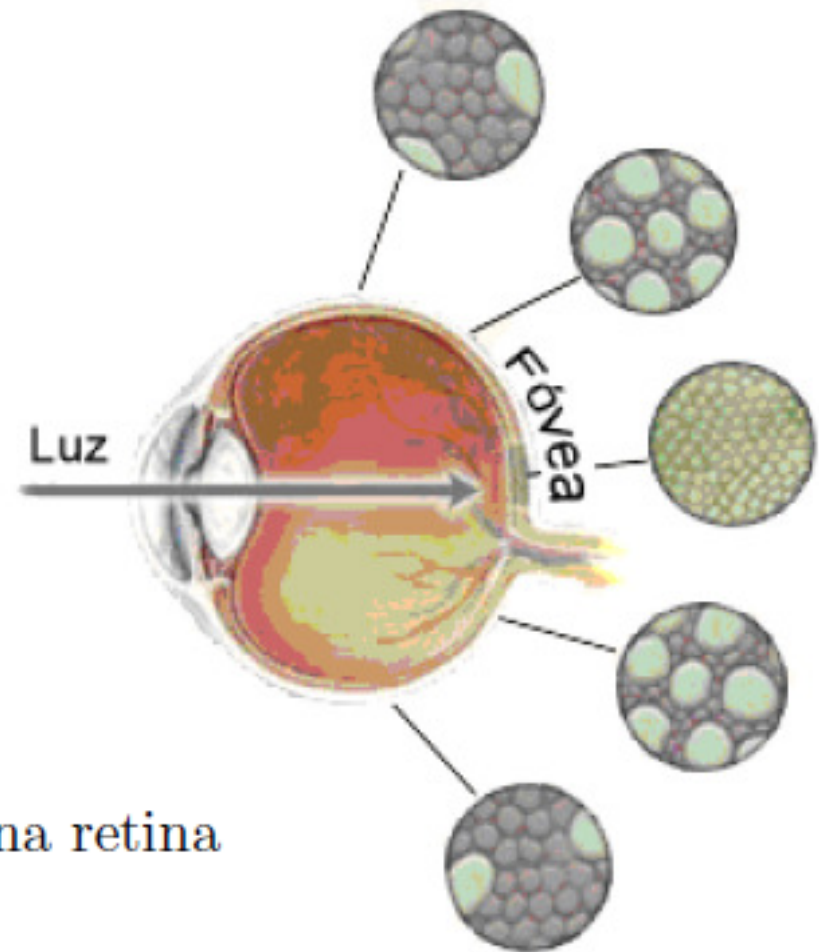
3 tipos:

L-Cones - Curva de resposta com pico em 445nm

M-Cones - Curva de resposta com pico em 535nm

S-Cones - Curva de resposta com pico em 575nm

Distribuição dos cones e bastonetes na retina

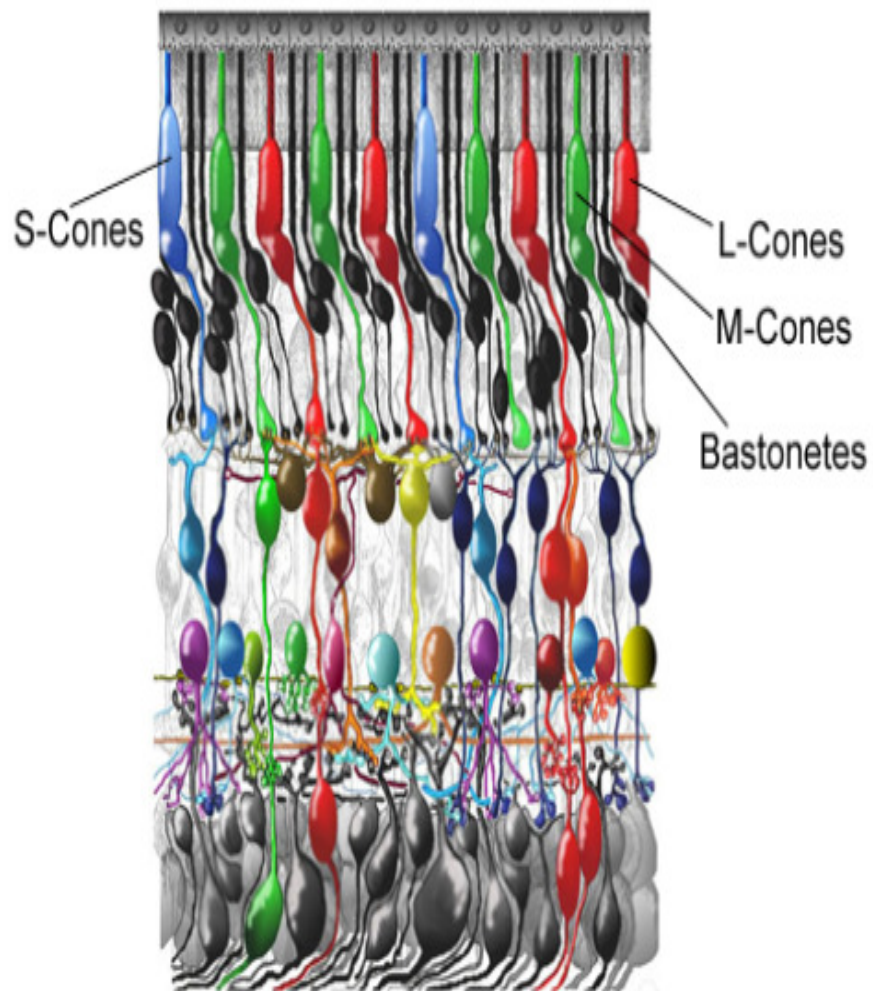
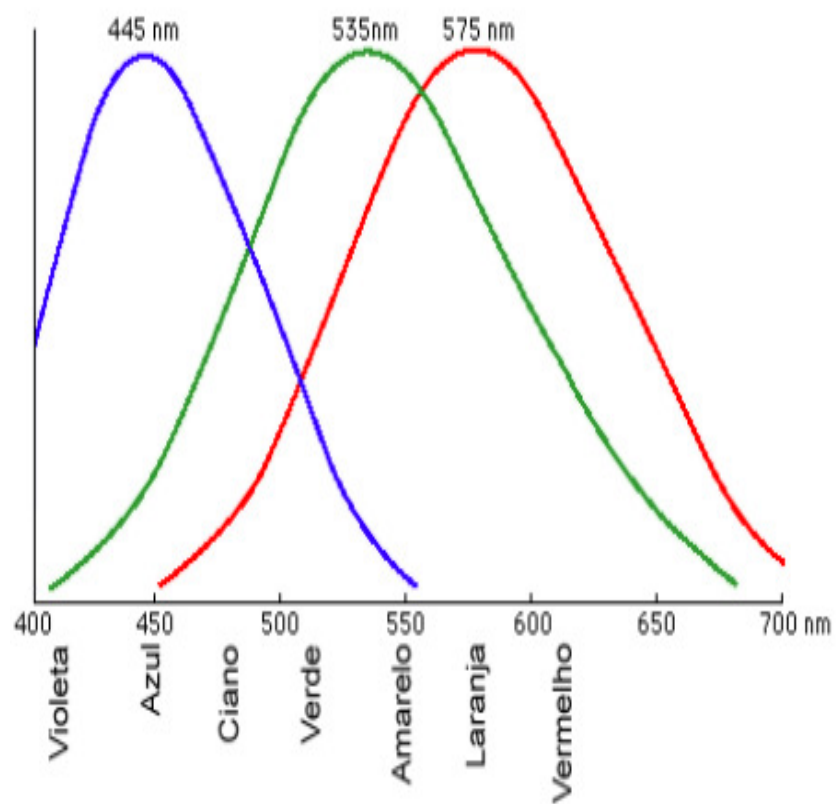


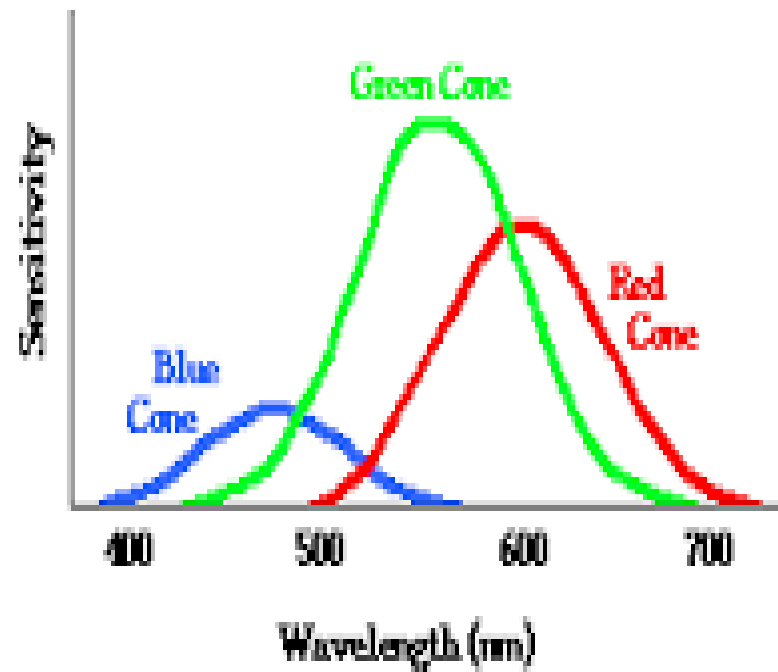
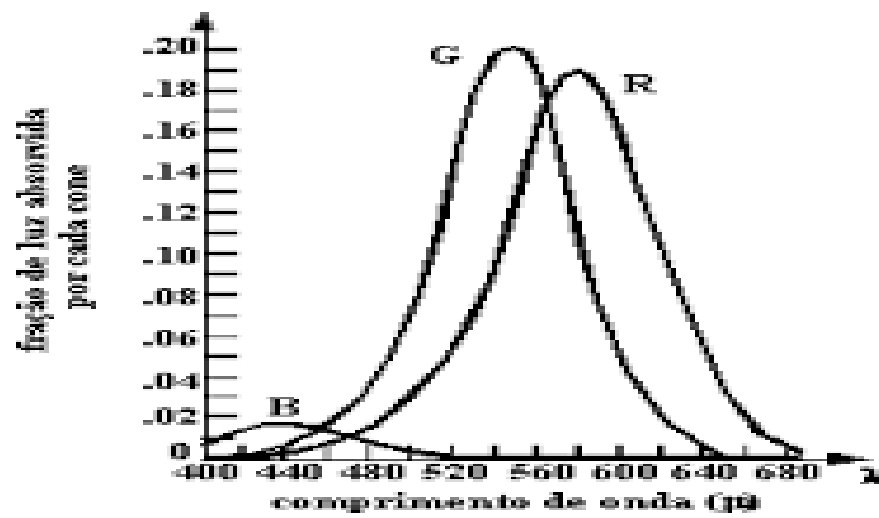
Teoria de Yong

Young, no século XIX, mostrou experimentalmente que a retina tem **3 tipos distintos de foto pigmentos**, sensíveis às 3 cores primarias: **vermelho**, **verde** e o **azul**.

Ele concluiu ainda que esta decomposição da luz em 3 cores não é uma característica da luz, mas sim uma característica do sistema visual humano

Curvas de respostas dos 3 tipos de cones





Não somos fotômetros!

Ao sair da retina os impulsos eletroquímicos que determinam a cor seguem seu caminho para o sistema perceptivo, mas como a cor é determinada?

A **trinca de informação que sai da retina** se transforma em uma **dupla de cores oponentes** (amarelo-azul, vermelho-verde), agindo como um filtro, tornando a codificação da cor mais seletiva

After Colors ou After Images

Pelo nervo ótico o sinal segue para o cérebro onde se direciona a áreas específicas para o tratamento de cor e iluminação.

Esta divisão é responsável por diferentes percepções independentes.



Look at the dot above



azul, você deve ter visto
que apareceram
cores: a oponente do
amarelo = vermelho +
verde

Que é o Ciano = Verde + Azul

Para o Branco faltaria o vermelho, que o
completa.

Assim a complementar do ciano é o
Vermelho.

Na pequena área vermelha, você viu ciano?

Não!

Porque o aparecimento de um retalho de cor não apenas depende do estímulo em si, mas também dos estímulos circundantes (efeitos de contraste simultâneo).

Um modelo fisiológico computacional mais abrangente é preciso para descrever a adaptação cromática da primeira ordem (retinal) e segunda (cortical), e para prever os diferentes efeitos de indução cromática.

Propomos que a indução cromática da primeira ordem que produz cores complementares possa ser predita por mecanismos de adaptação da retina, contrariamente às sugestões anteriores.

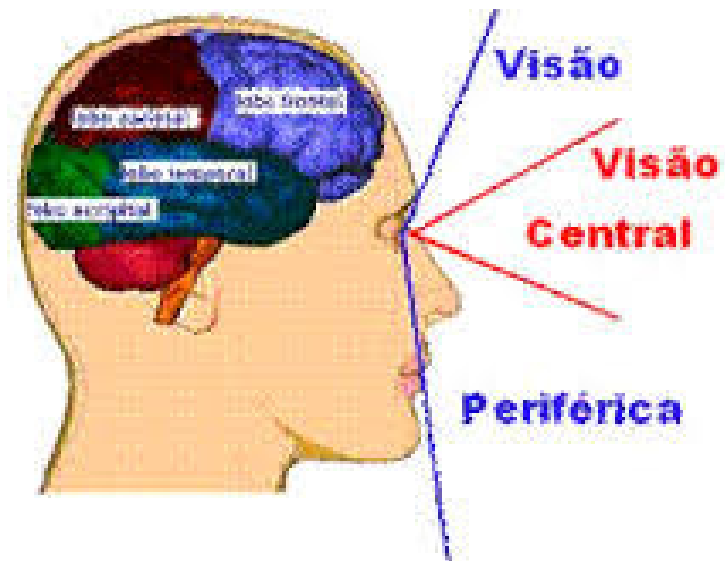
A segunda ordem do mecanismo de adaptação proposto consegue prever a inibição ou facilitação automática percebida do contraste central de um estímulo de textura, dependendo do contraste envolvente.

Além disso, ao contrário de outros modelos, este modelo também é capaz de prever o efeito do ambiente variado sobre a cor central percebida

https://www.eng.tau.ac.il/~hedva/documents/computational_adaptation_model_and_its_predictions.html

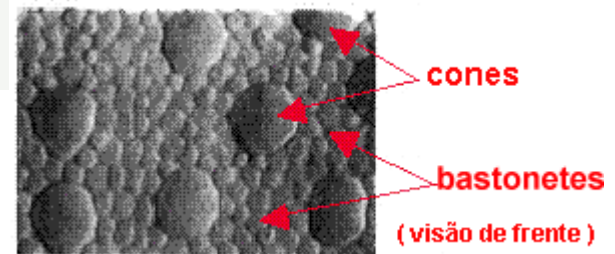
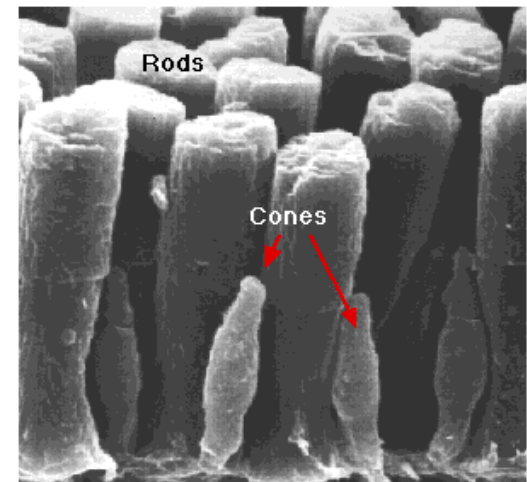
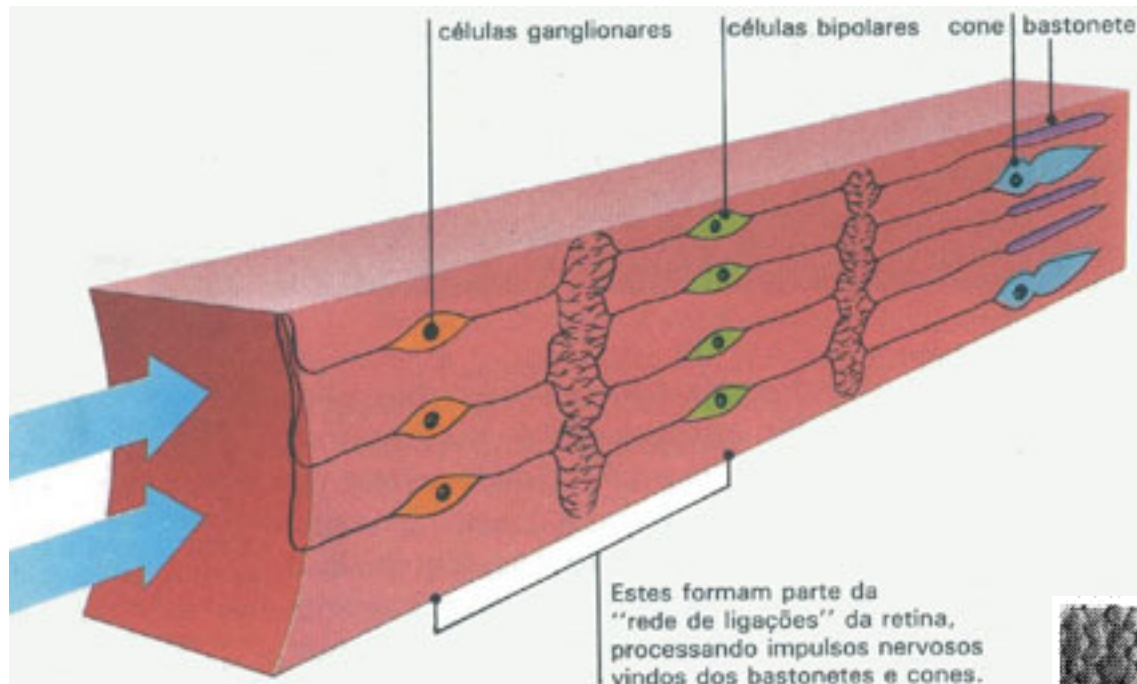
Cores -> visão central

Intensidade - > Visão periférica



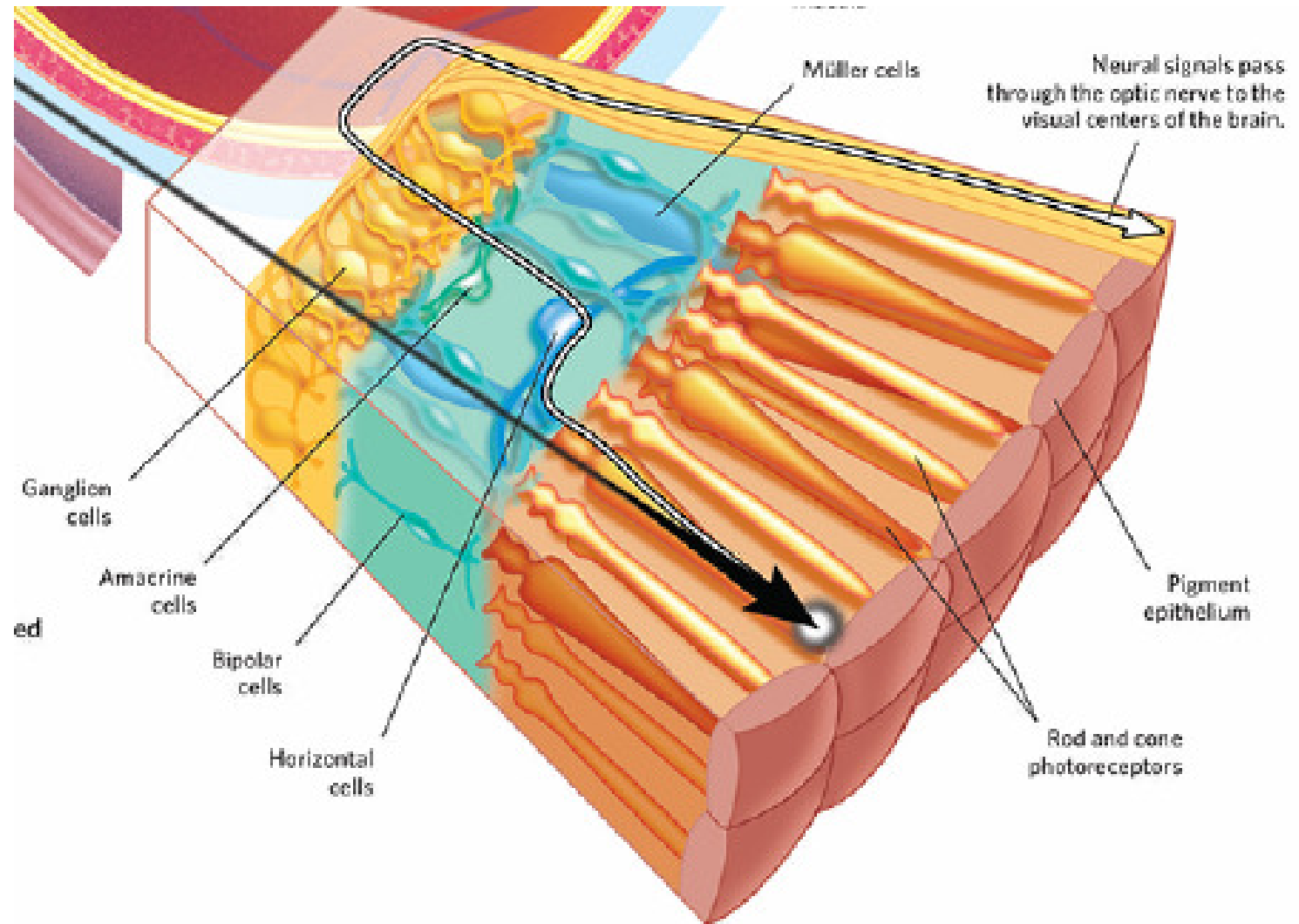
Sistema de Visão Humana

Esquema x real



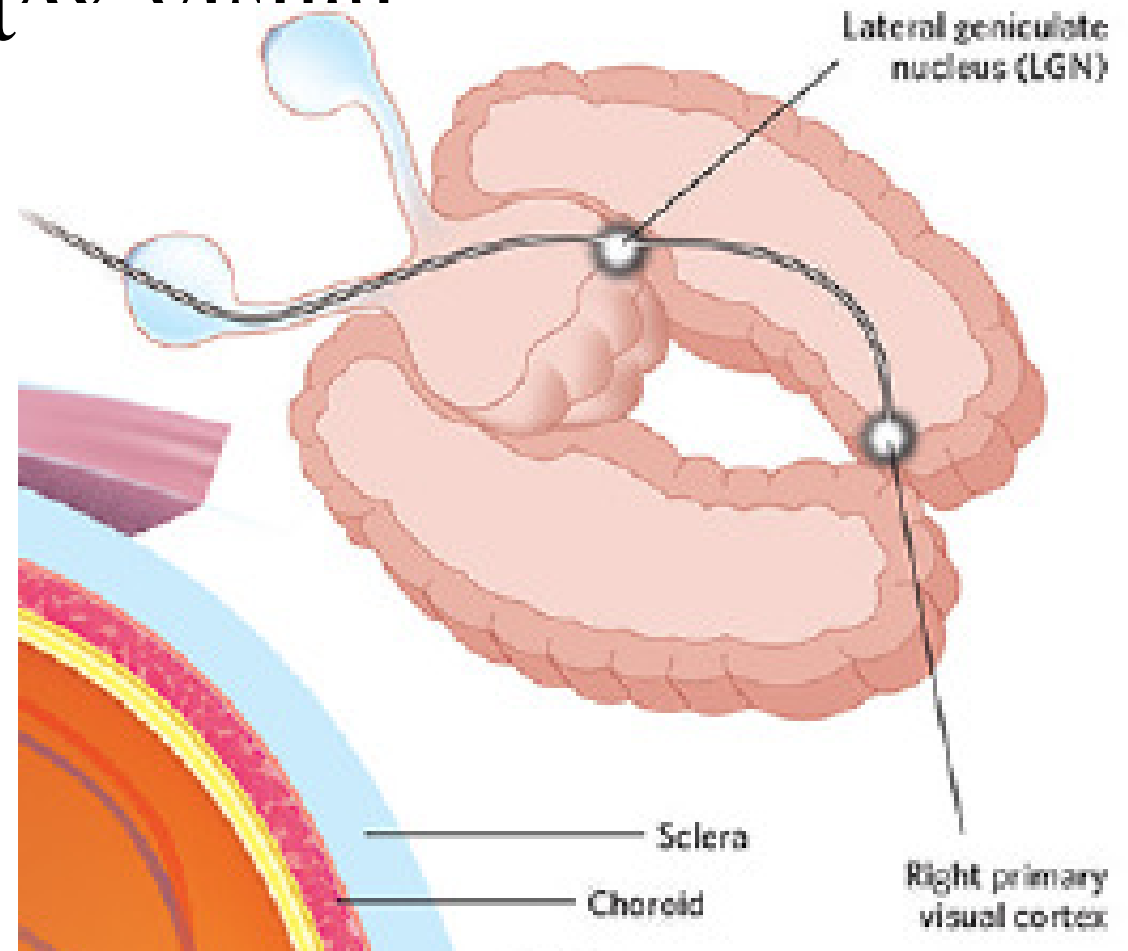
... e ...

fotoreceptores, no final da retina, a luz deve atravessar outras camadas



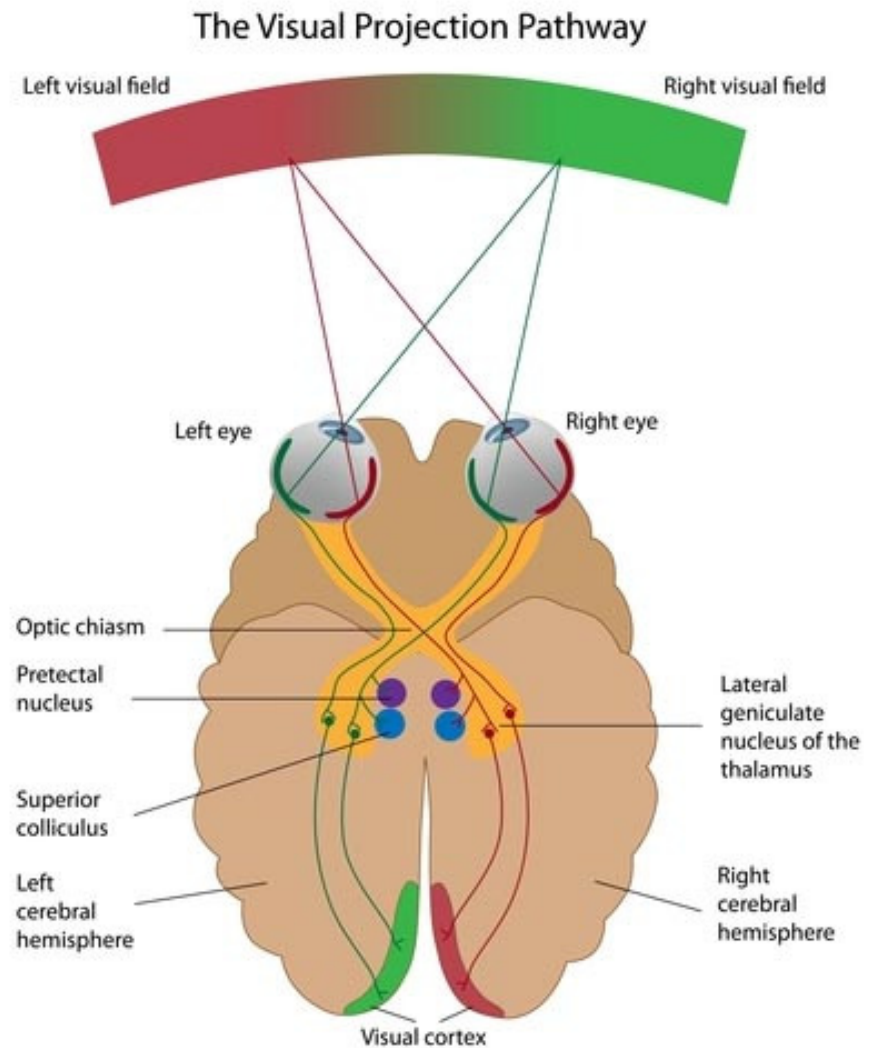
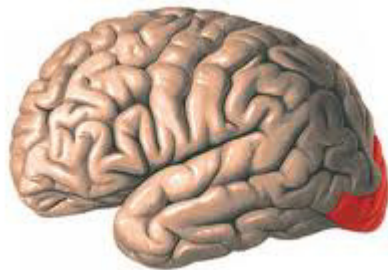
O nervo óptico leva os sinais visuais a diversas regiões do cérebro e aos 2 hemisférios, neste caminho passam pelo Núcleos Laterais Geniculares (LGN) até o cortex visual

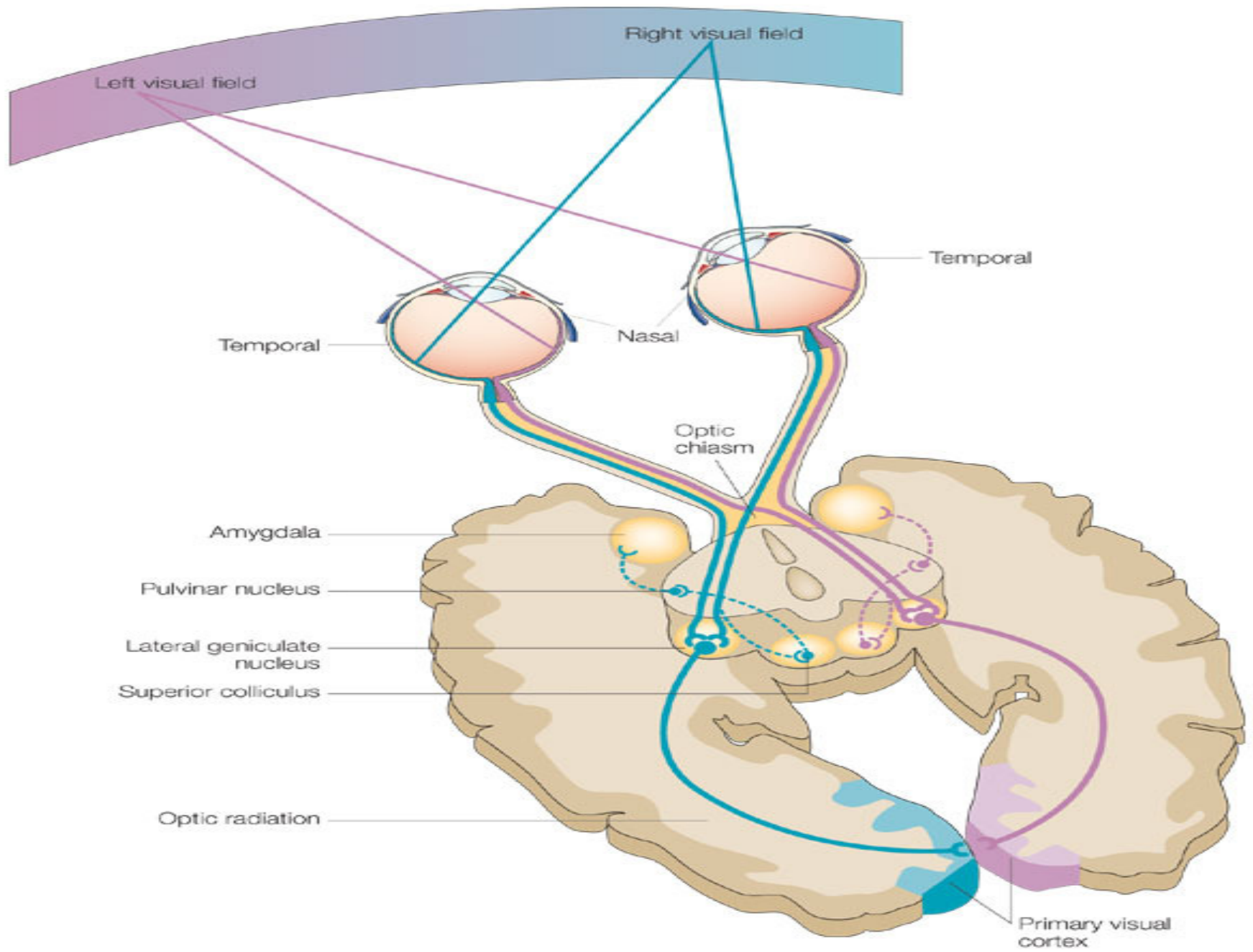
Núcleos Laterais Geniculares (LGN), cobnsideram os Campos visuais do mesmo lado de cada olho



Núcleos Laterais
Geniculares (LGN)
Campos visuais do lado
direito de cada olho é
tratado no LGN do lado
esquerdo

córtex visual





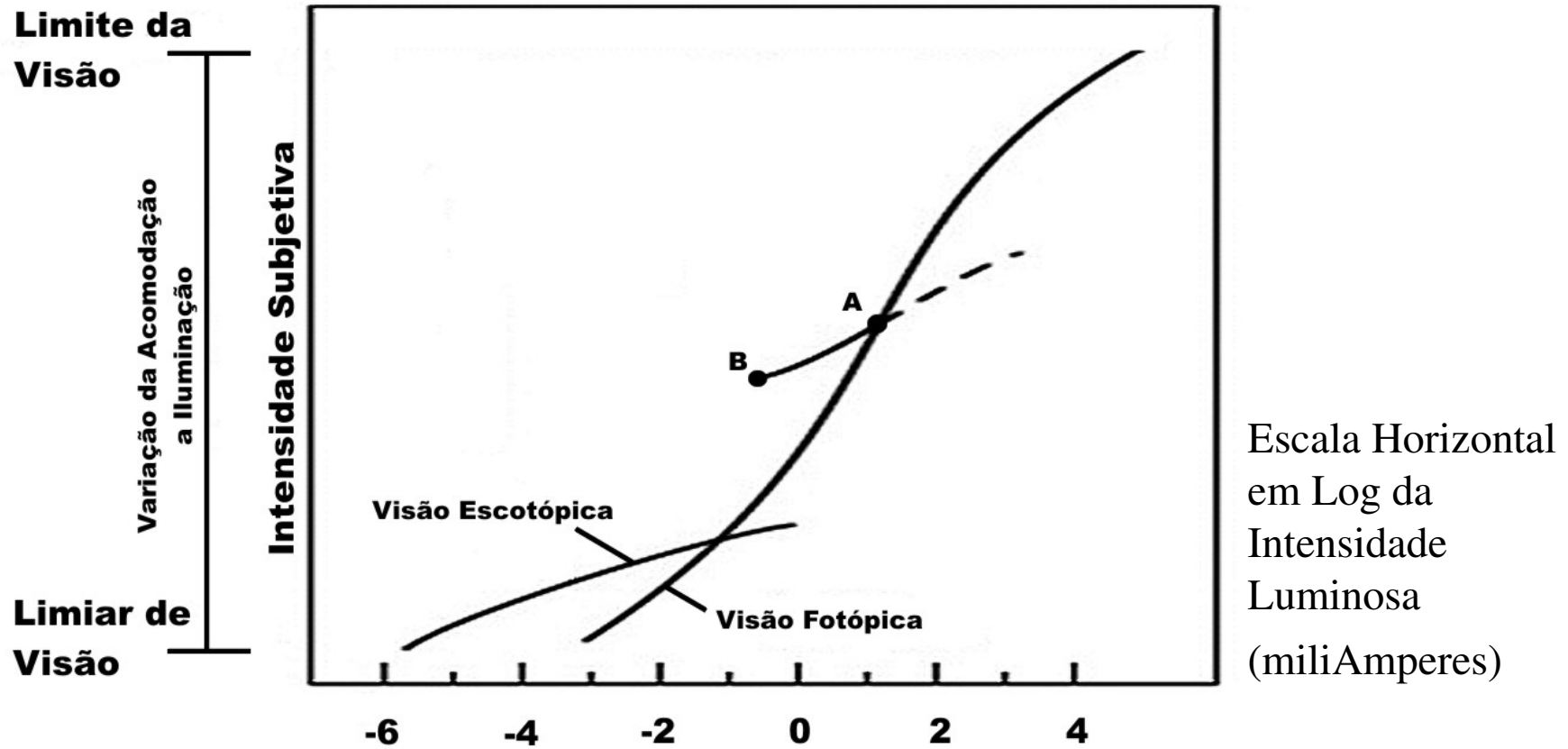
Sistema de Visão Humana

Característica do processo de visão

- Adaptabilidade ao nível de iluminação, muito claro e ao quase completamente escuro**

Sistema de Visão Humana

Visão Escotópica e Fotópica

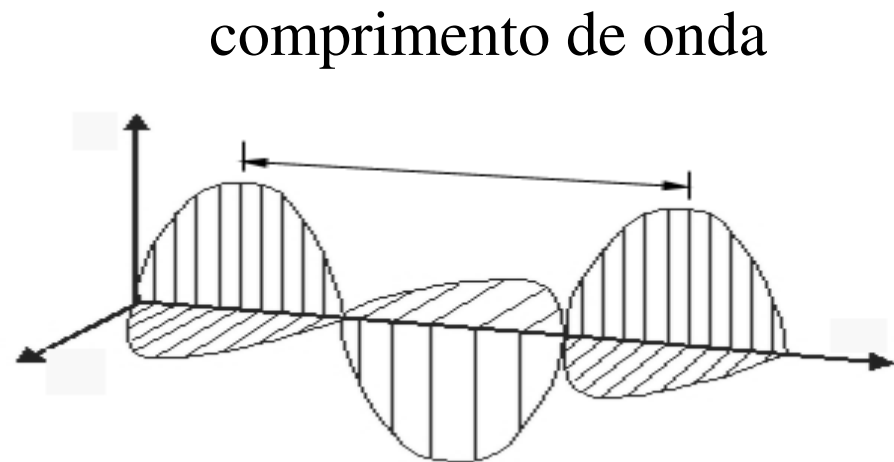


Intensidade Luminosa da visão escotópica e fotópica

Características ópticas da luz

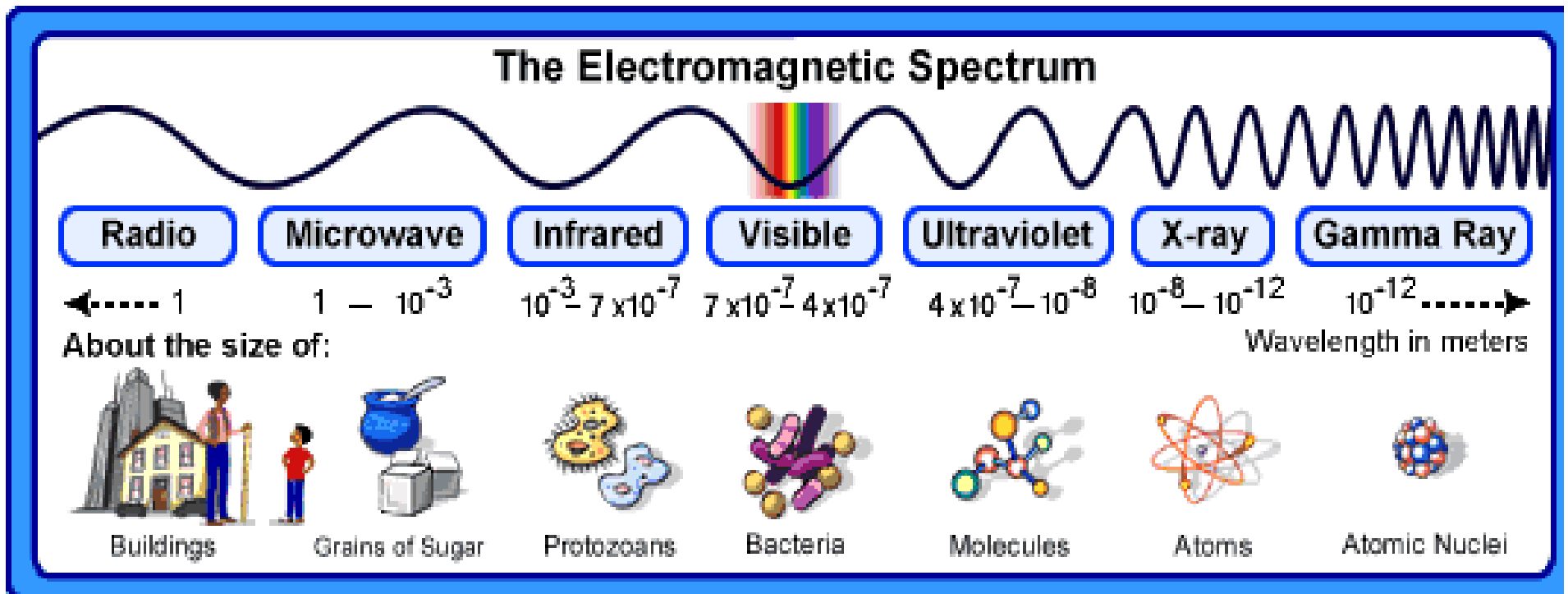
A luz é uma radiação eletromagnética que interage com as superfícies por:

- reflexão
- absorção
- transmissão



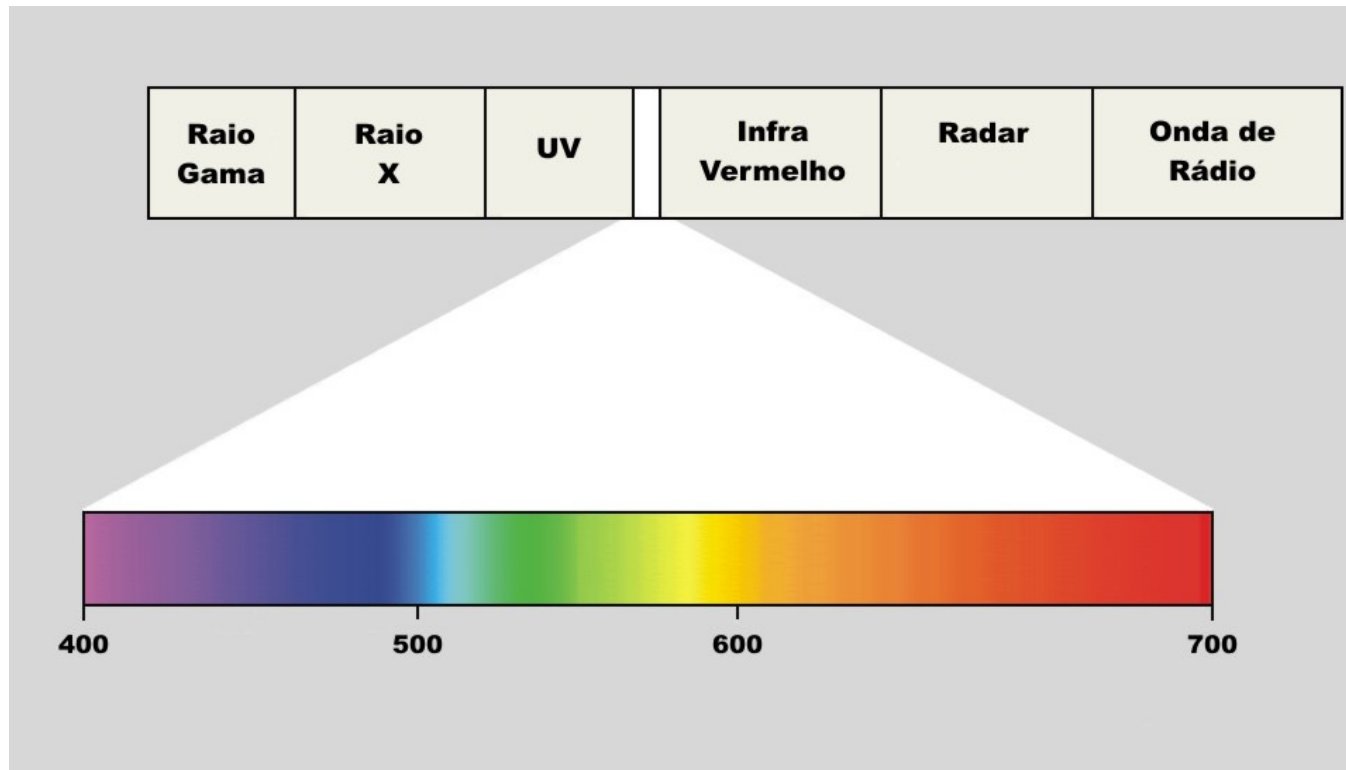
Espectro eletromagnético

E comprimentos de onda



Características ópticas da luz

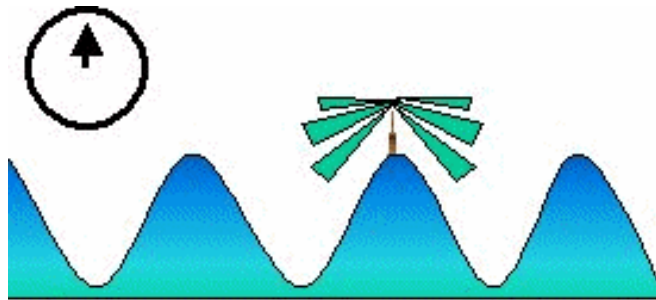
Radiação Eletromagnética



Espectro eletromagnético e comprimentos de onda

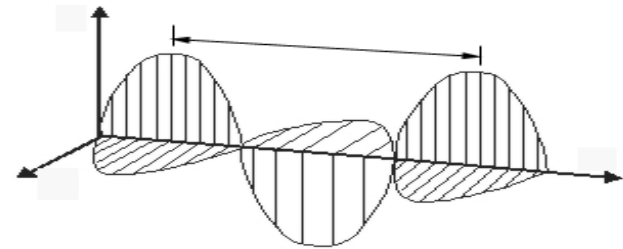
(em nano metros – nm) .

Características ópticas da luz

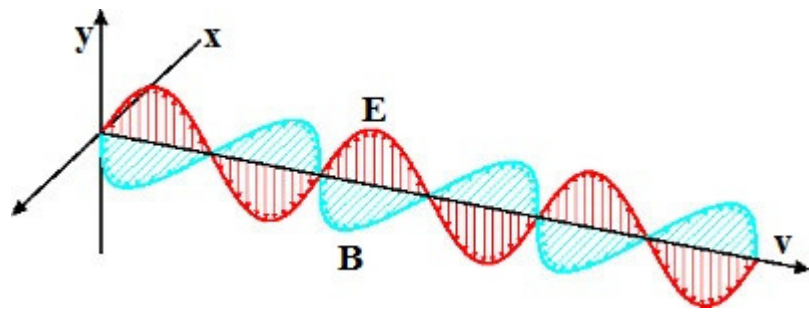


comprimentos de onda \Rightarrow $1/\text{frequencia}$

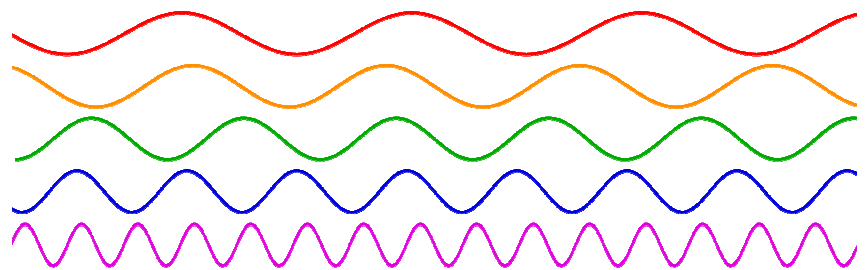
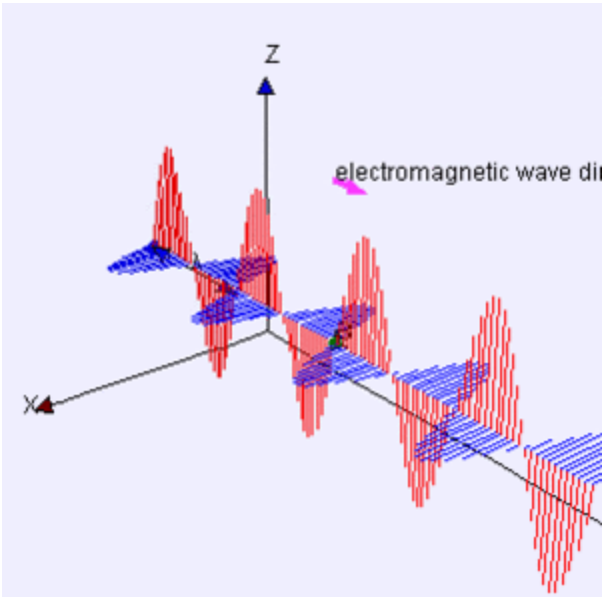
comprimento de onda



Uma onda eletromagnética, sendo o campo elétrico (E), o campo magnético (B) e a velocidade (V) perpendiculares entre si



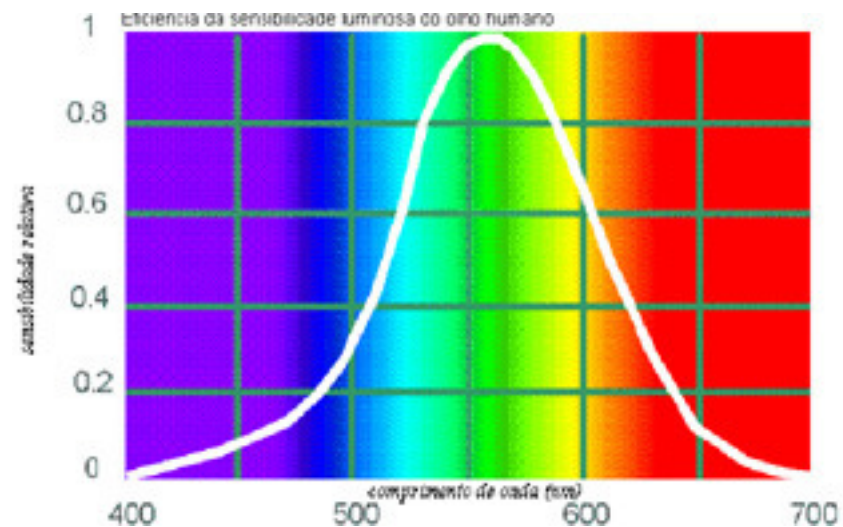
Com os diversos comprimentos de onda, ou frequencia vemos uma luz pura de cores diferentes



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 nm se elas forem suficientemente intensas.



Características ópticas da luz

Imagem Térmica
O que é *false color*?



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*)

Características ópticas da luz

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

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 **bem maior de uma** dessas cores e menor nas outras - são chamadas de **tricromatas anormais**.

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**.

Teste de Daltonismo

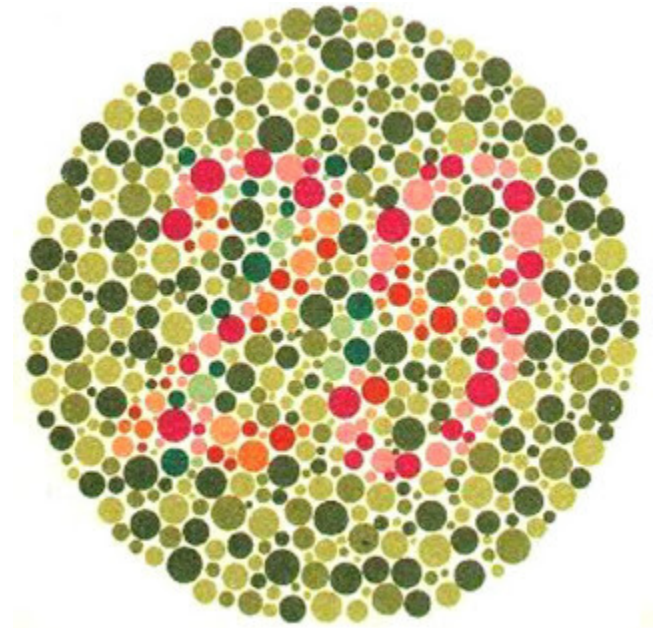
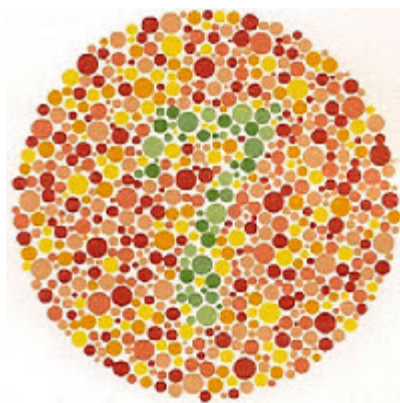
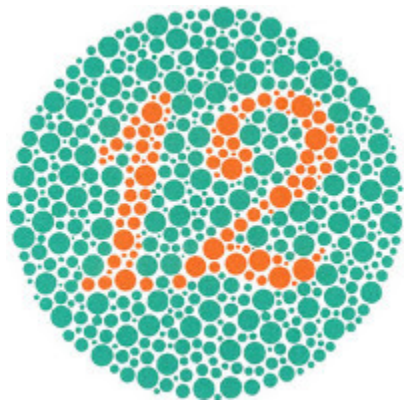
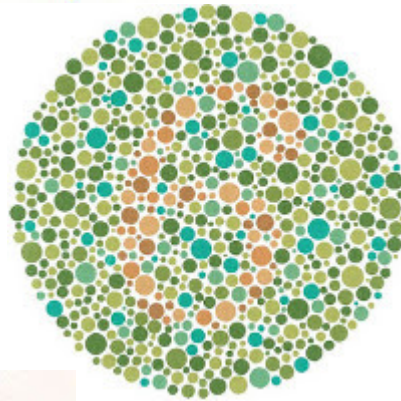
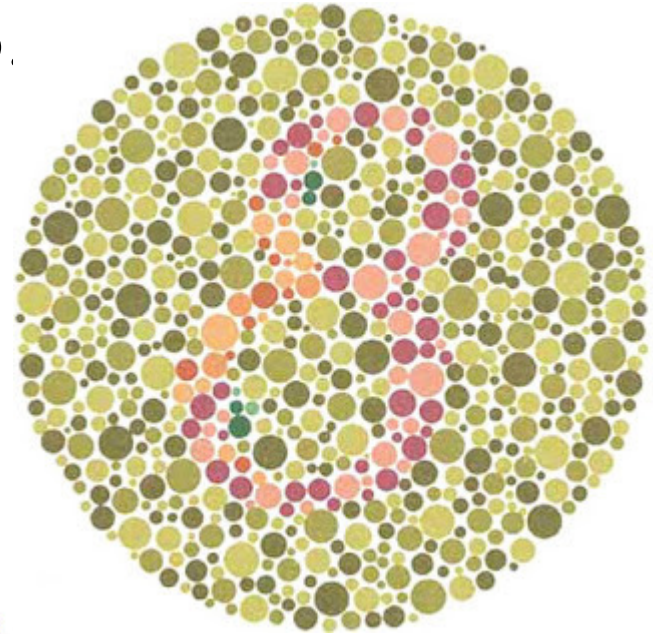
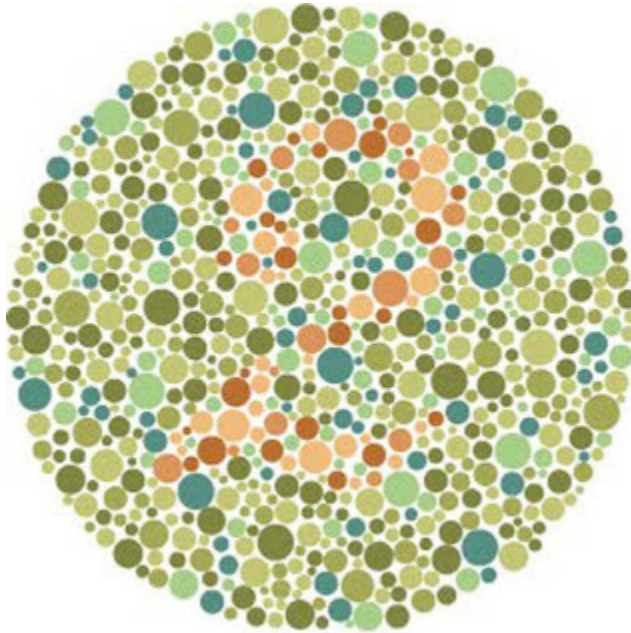
Na maioria das vezes o daltônico leva anos para perceber sua deficiência: Como sentir falta de algo que nunca se viu?

Devido a fatores genéticos ligados ao cromosoma X, as mulheres têm muito menos probabilidade de serem daltônicas do que os homens.

Teste resumido de daltonismo utilizando figuras de Ishihara.

O objetivo deste teste é identificar os números presentes em cada figura.

**peças com daltonismo não enxergam
os números 2, 12, 3.**

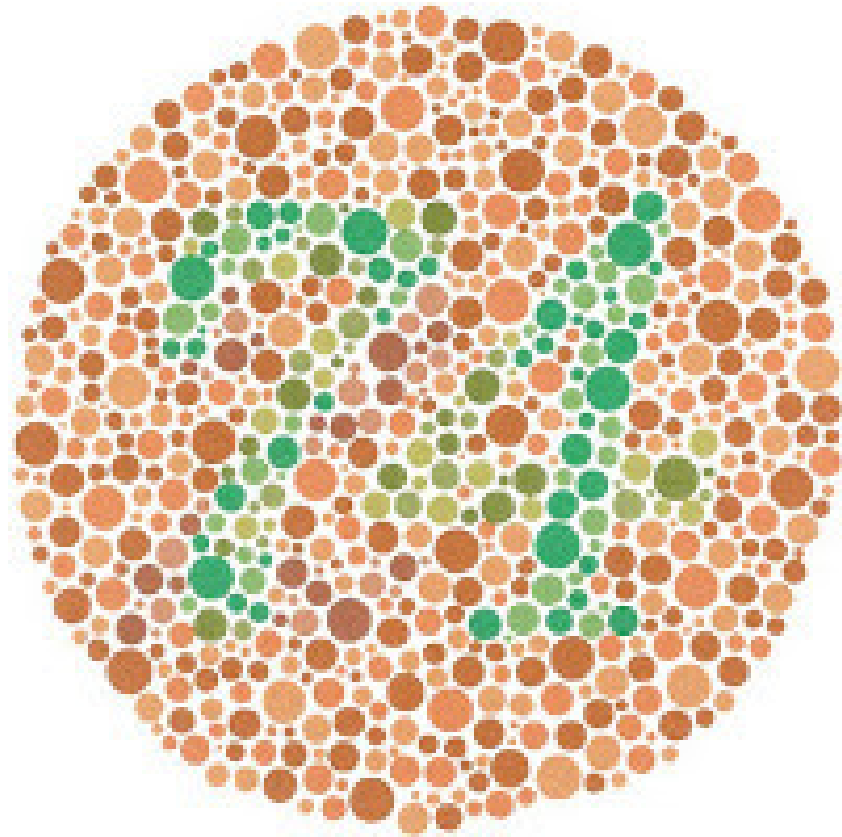
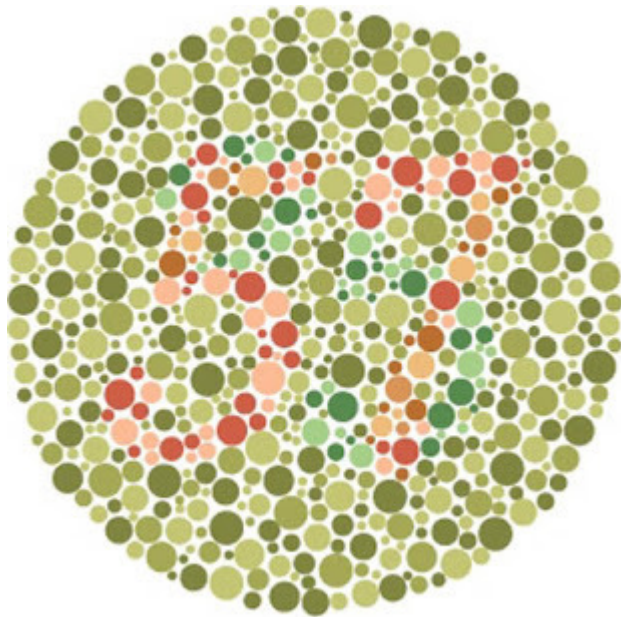


Percepção de Cor

Dicromatas :

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

**peças com daltonismo um
destes não enxergam os
números 57, e 74, mas...**



Percepção de Cor

Monocromatas:

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

Percepção de Cor

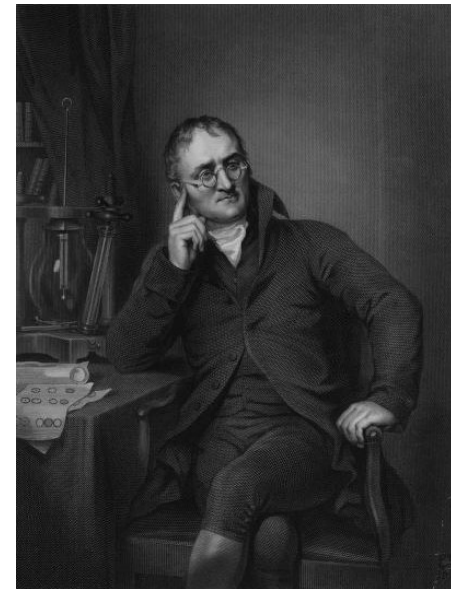
Problemas com as cores **verde** e **vermelho** são mais comuns:

- 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**.

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 todos os problemas de visão a cores são também chamados de **Daltonismo.**



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

Espaços de Cores

Para que a quantificação seja possível, é e necessário **um domínio** para se trabalhar com a cor, ou seja, um **espaço de cores**.

Este deve ter as seguintes propriedades:








Capacidade de representar a **maior quantidade** de cores possíveis.

Possuir **uma base** (com o menor número de cores possíveis) capaz de gerar todo o espaço.

Considerar ao máximo as **características fisiológicas** do sistema ótico e subjetivas do sistema perceptivo.

Representação como pontos de um espaço 3D de Cor

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	

O espaço de cor *RGB*

$$C = r \mathbf{R} + g \mathbf{G} + b \mathbf{B}$$

onde \mathbf{R} , \mathbf{G} e \mathbf{B} são as cores primárias e r , g e b os coeficientes da mistura

Em geral define-se em três como o número de cores primárias em um espaço, devido ao fato do olho humano possuírem **três tipos de fotorreceptores**.

Nem todos os espaços de cor possuem uma **base com cores primárias**, por exemplo, nos espaços de cores **HSV** e **HSL** não existe um grupo de cores primárias.

Mesmo em um espaço com uma base, nem sempre essa base será formada por **comprimentos de onda visíveis**.

Por exemplo no espaço de cor XYZ, os 3 comprimentos de onda primários **X**, **Y** e **Z** que formam a base **não são visíveis**, mas podem ser usados para produzir **todas as outras cores visíveis**

Imagens Coloridas

Imagens multibandas são imagens digitais onde cada *pixel* possui n bandas espectrais.

Quando uma imagem é representada pela composição das três bandas visíveis (RGB) tem-se uma imagem colorida aos olhos humanos.

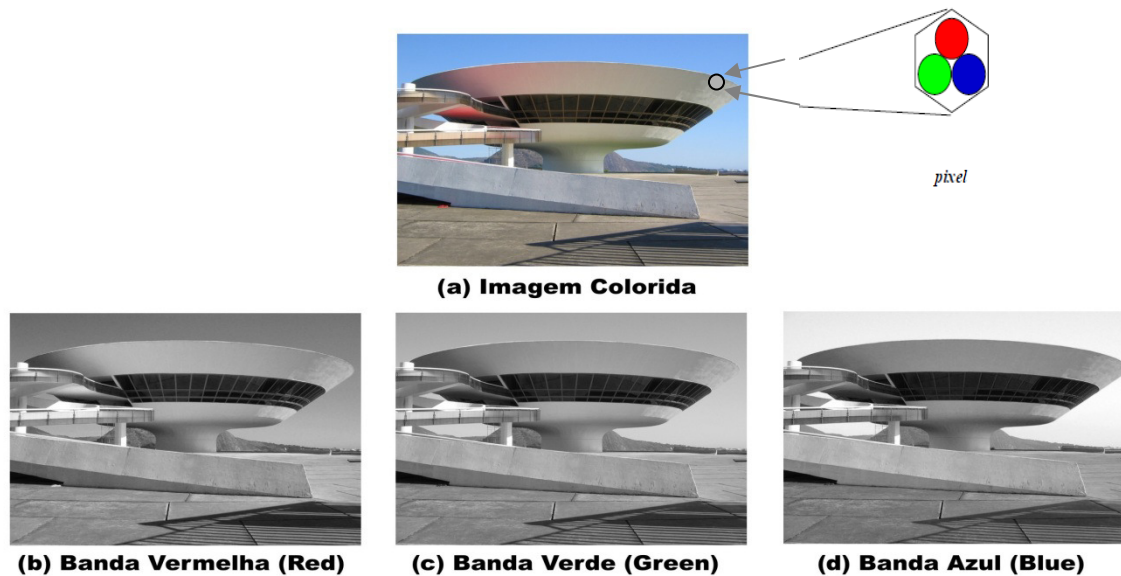


Imagem colorida e cada uma de suas bandas RGB.

Existem diversos tipos de
modelos,
são eles :

Fisiológico.

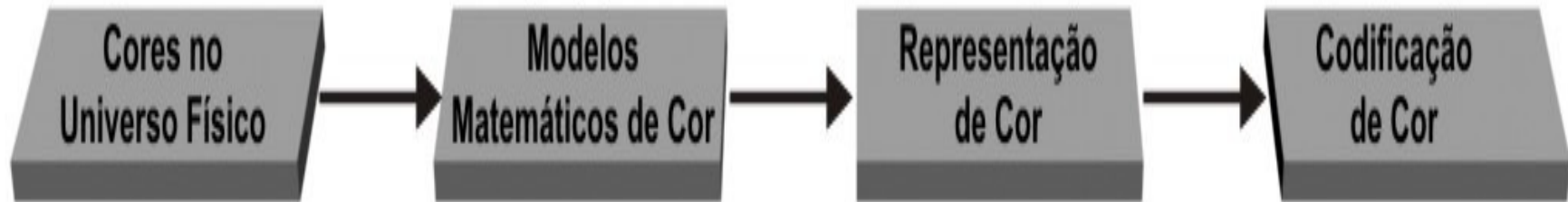
Sensações Oponentes.

Psicofísico.

Baseado em Medidas Físicas e

Adequados a Determinado Equipamento.

Modelos de Cores



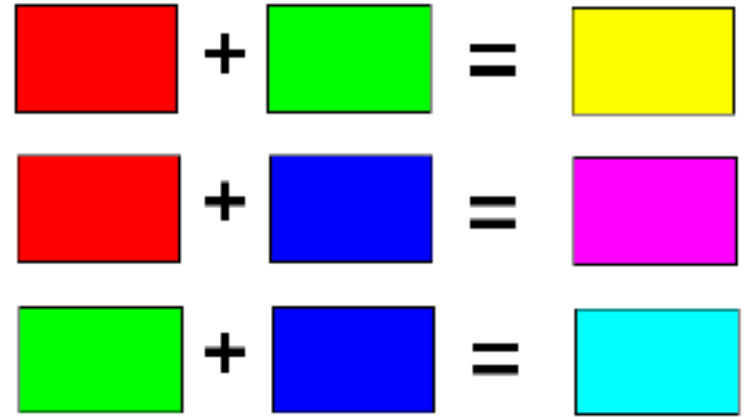
Níveis de abstração de cores.

Modelo Fisiológico

considera a fisiologia da retina humana, ou seja, considera a existência de 3 células receptoras de luz combinando 3 elementos básicos.

Aditivos > para as **cores** por exemplo:
vermelha, **verde** e **azul**.

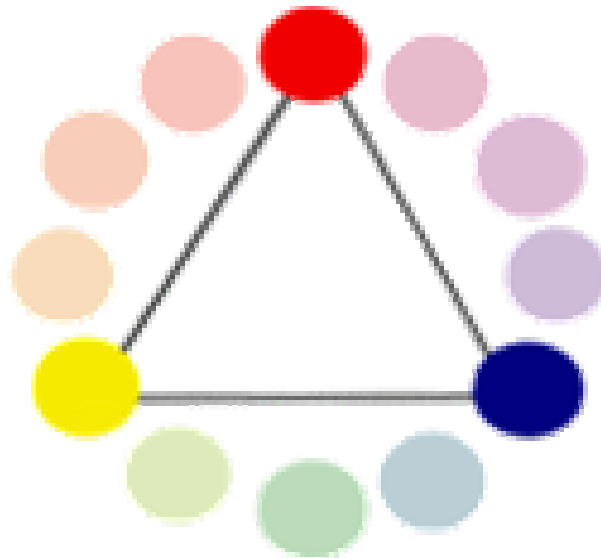
Subtrativos > para as **tintas** por exemplo: >
magenta, **amarelo** e **ciano**



Cores aditiva obtidas pela combinação de luzes RGB

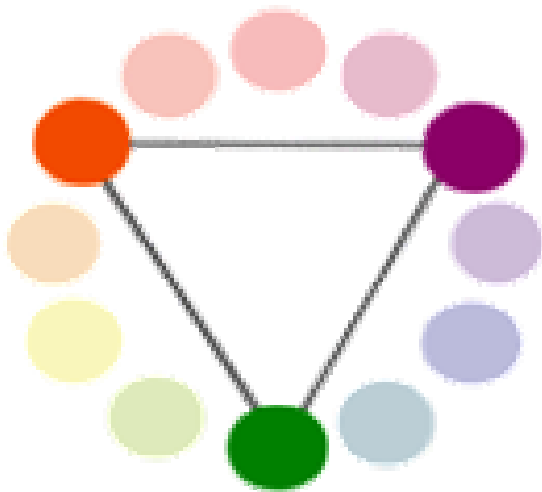
Cores Primárias :

São as consideradas como bases para a descrição das demais, exemplo RGB, CMY, RYB, etc...



Cores Secundarias:

Obtidas da mistura de 2 primarias.



Cores Terciarias:

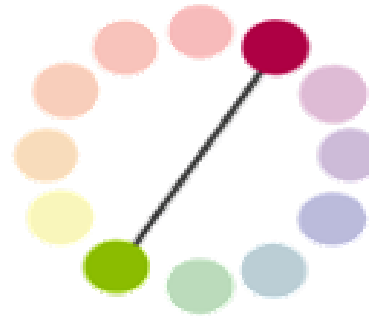
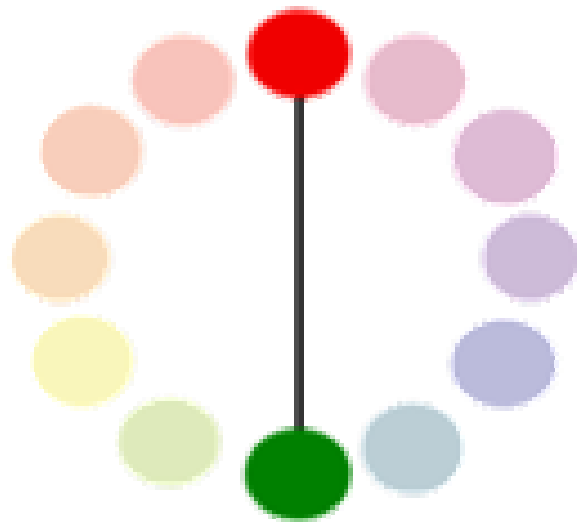
Obtidas da mistura de primarias (main hues) e secundarias (second class hues).



Cores Complementares :

Em um determinado sistema de cor, são as que combinadas produzem o **branco** ou o **preto** (se aditivos ou subtrativas) .

Se encontram em pontos opostos do círculo de matizes de um modelo de cor.



Bibliografia

- 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.
- Color Theory and Modeling for Computer Graphics, Visualization, and Multimedia Application, editado por Haim Levkowitz, 1997.