



# FISIOLOGIA DO SISTEMA NERVOSO SENSORIAL 3

ELYZABETH DA CRUZ CARDOSO.

PROFA TITULAR DA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE - UFF

INSTITUTO DE SAÚDE DE NOVA FRIBURGO.

DISCIPLINAS DE FISIOLOGIA HUMANA

CURSOS DE ODONTOLOGIA E FONOAUDIOLOGIA

# SISTEMA NERVOSO SENSORIAL 3

## Objetivos

---

- ✓ Evidenciar as estruturas funcionais básicas do equilíbrio e da visão.
- ✓ Identificar a relação das estruturas do sistema nervoso central com o sistema nervoso sensorial do equilíbrio e da visão.

# O QUE É O EQUILÍBRIO?



- É a maneira pela qual o corpo avalia sua posição em relação ao próprio corpo e ao espaço.

# EQUILÍBRIO

**COMPONENTE DINÂMICO**

**COMPONENTE ESTÁTICO**

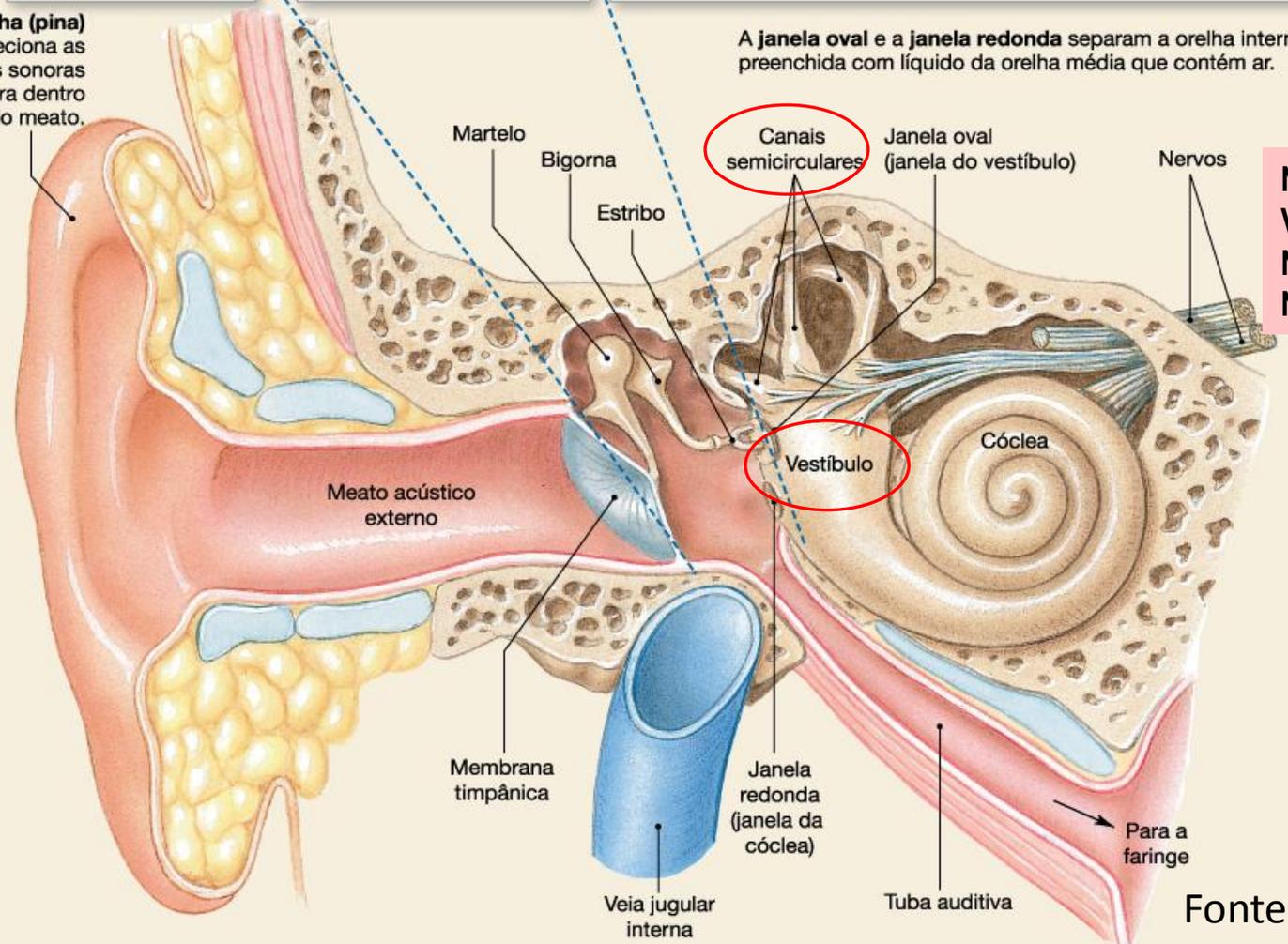


1. Equilíbrio corporal
2. Estabilização da visão durante movimentos da cabeça e dos olhos.
3. Auxílio na orientação espacial (propiocepção).

# APARELHO AUDITIVO – A ORELHA



ORELHA EXTERNA      ORELHA MÉDIA      ORELHA INTERNA



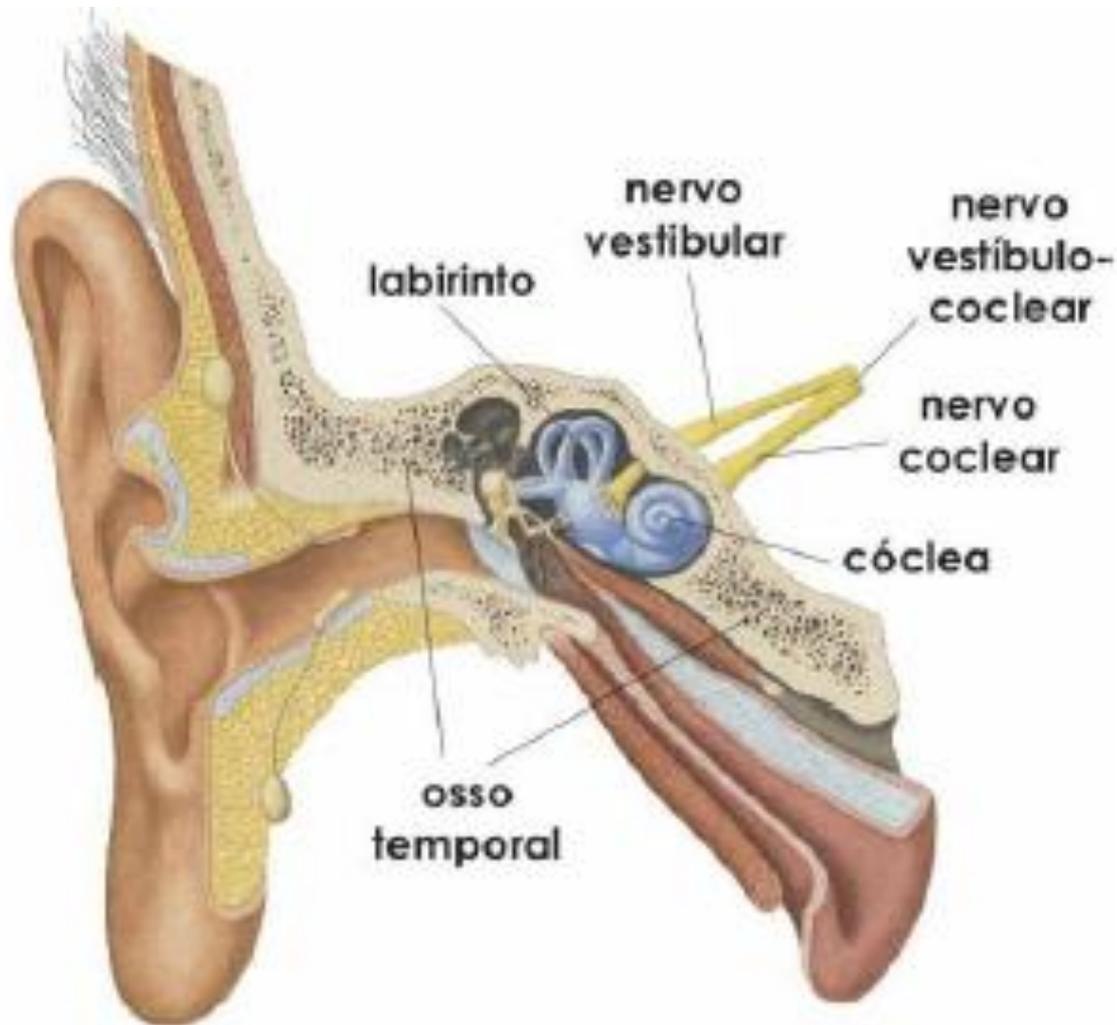
A janela oval e a janela redonda separam a orelha interna preenchida com líquido da orelha média que contém ar.

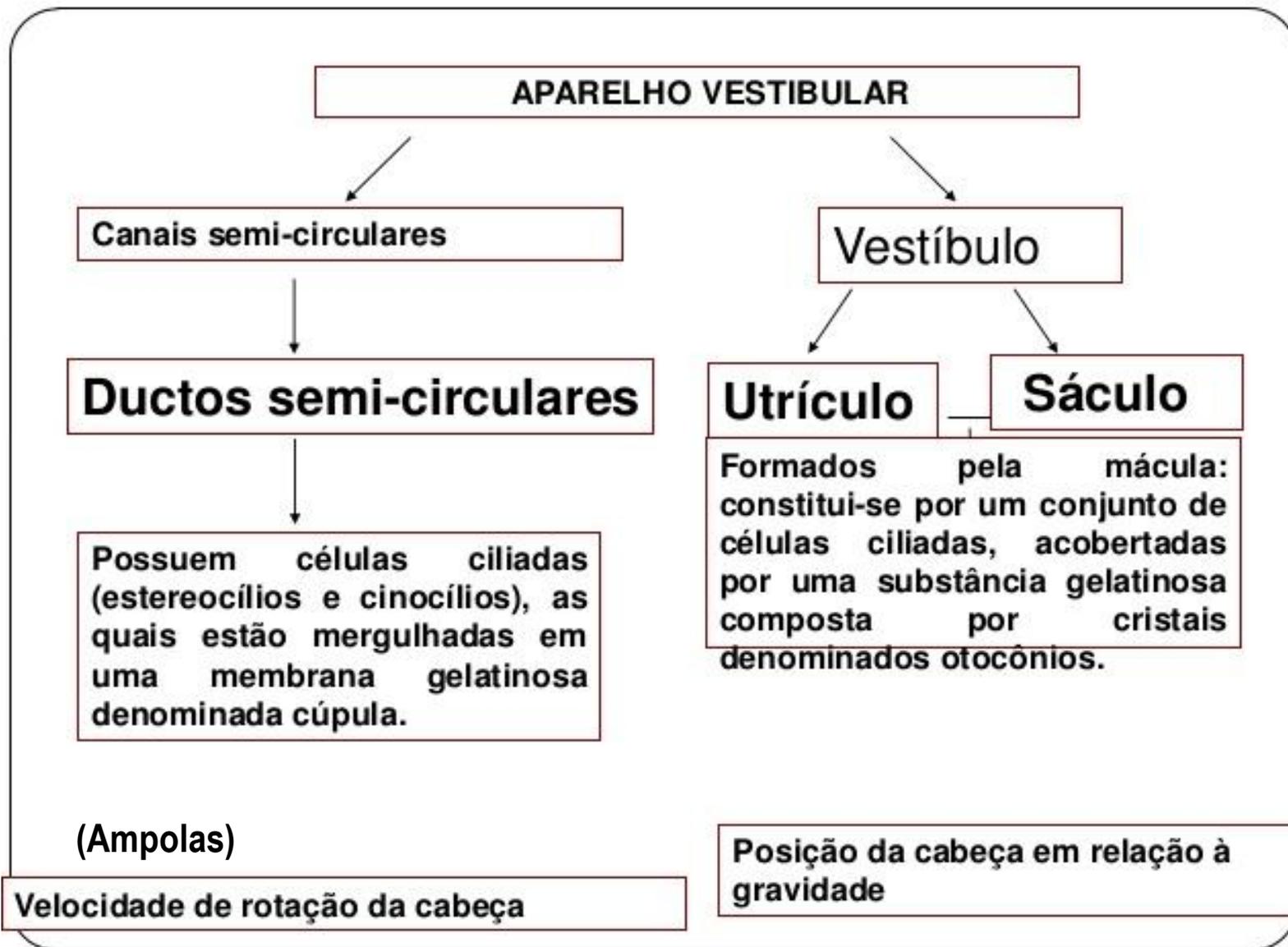
**Nervo craniano VIII:  
VESTIBULOCOCLEAR**  
Nervo vestibular  
Nervo coclear

Fonte: SILVERTHORN (2010)

# ORELHA INTERNA OU LABIRINTO

## APARELHO VESTIBULAR

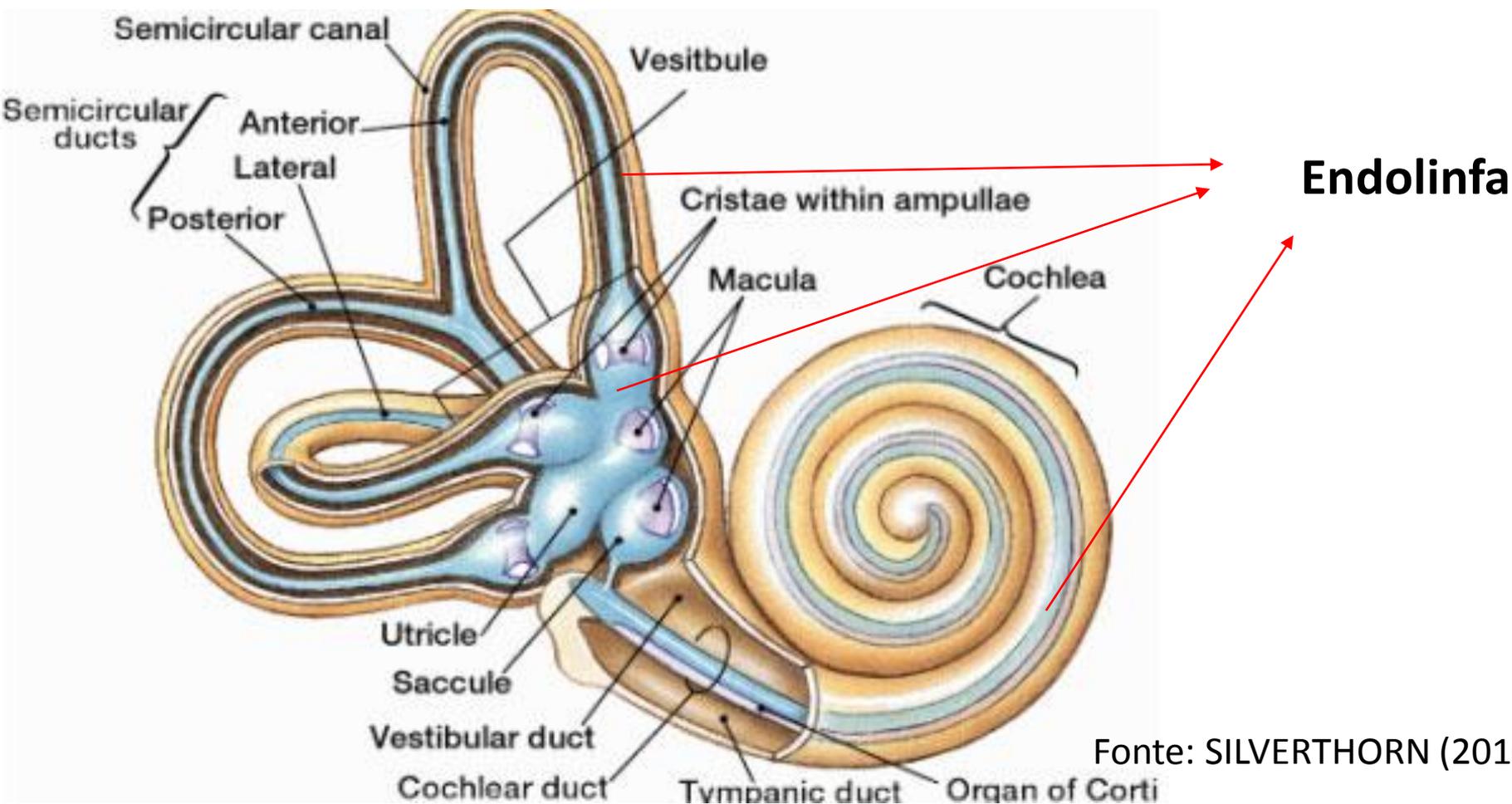




**O APARELHO VESTIBULAR É UM SENSOR DE POSIÇÃO E DE MOVIMENTO**

# APARELHO VESTIBULAR

## Vestíbulo (Saculo e Utrículo) e Canais semicirculares



Fonte: SILVERTHORN (2010)

# ESTÍMULO NA AMPOLA E NA MÁCULA

Cinocílio

Canais catiônicos  
mecanicamente  
controlados  
[TRP]

Esteriocílios

Canais de  $Ca^{2+}$   
controlados  
por voltagem

$Ca^{2+}$

$Ca^{2+}$

$Ca^{2+}$

Neurotransmissor

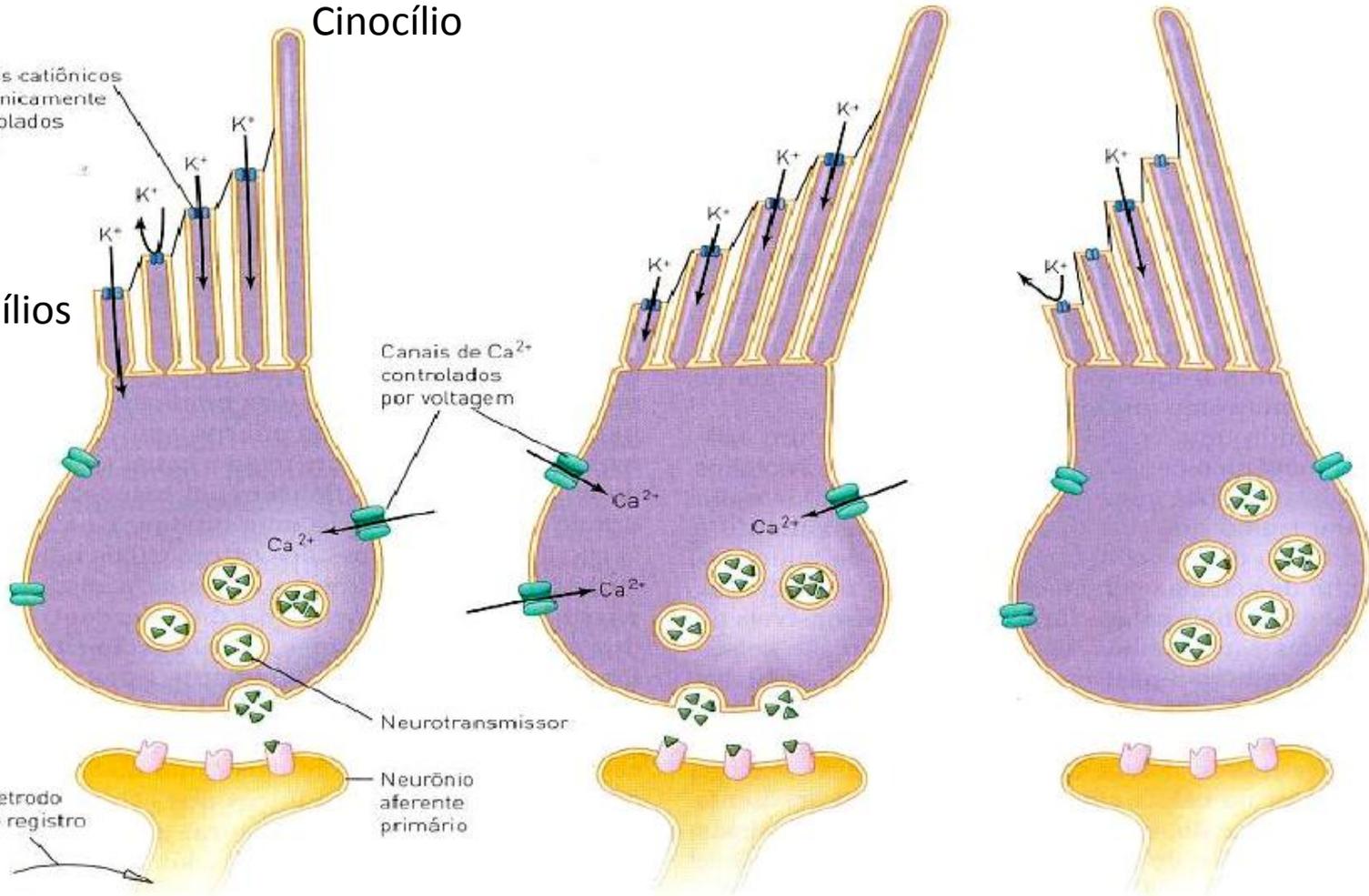
Eletrodo  
de registro

Neurônio  
aférente  
primário

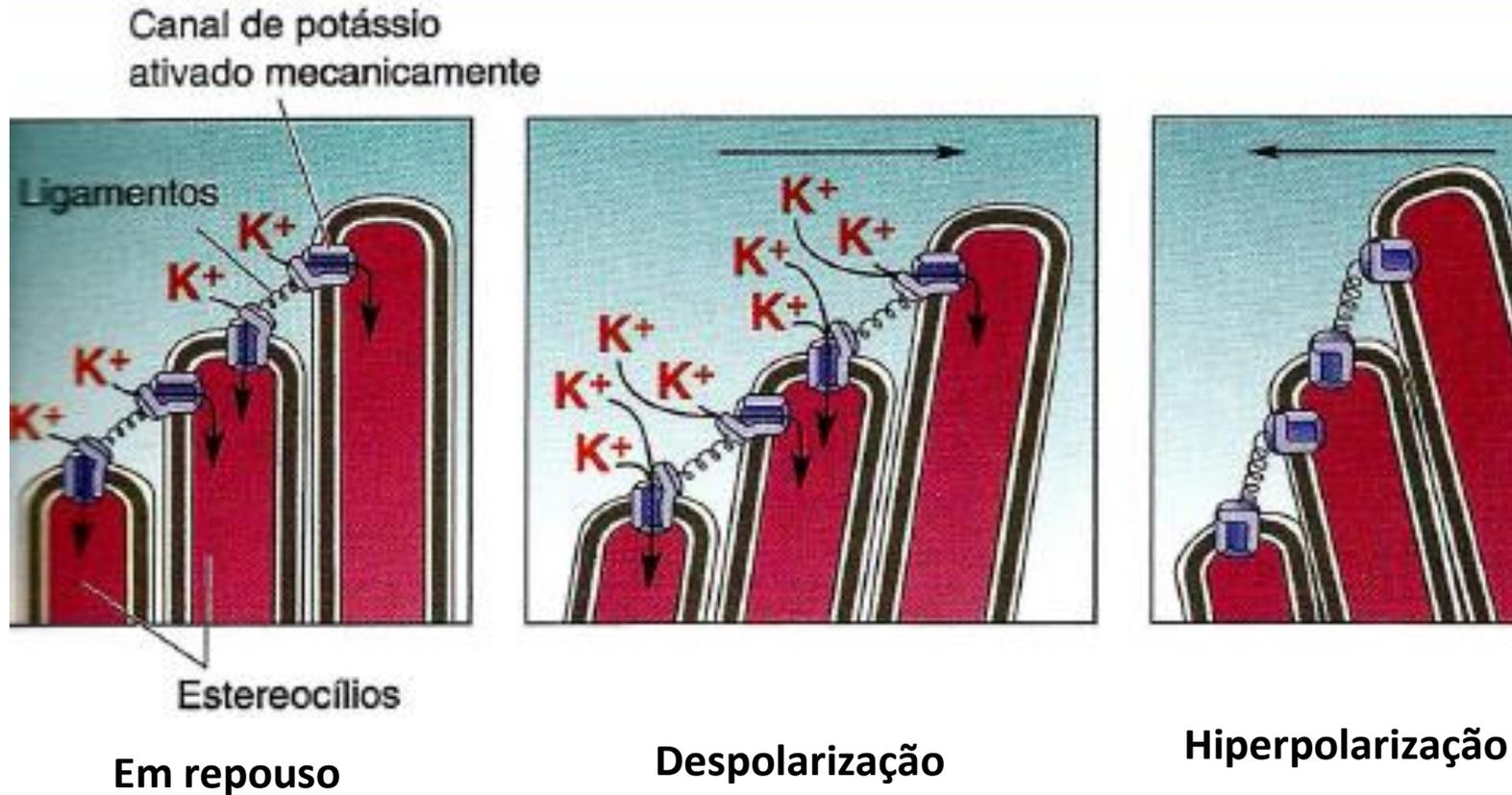
Em repouso

Despolarização

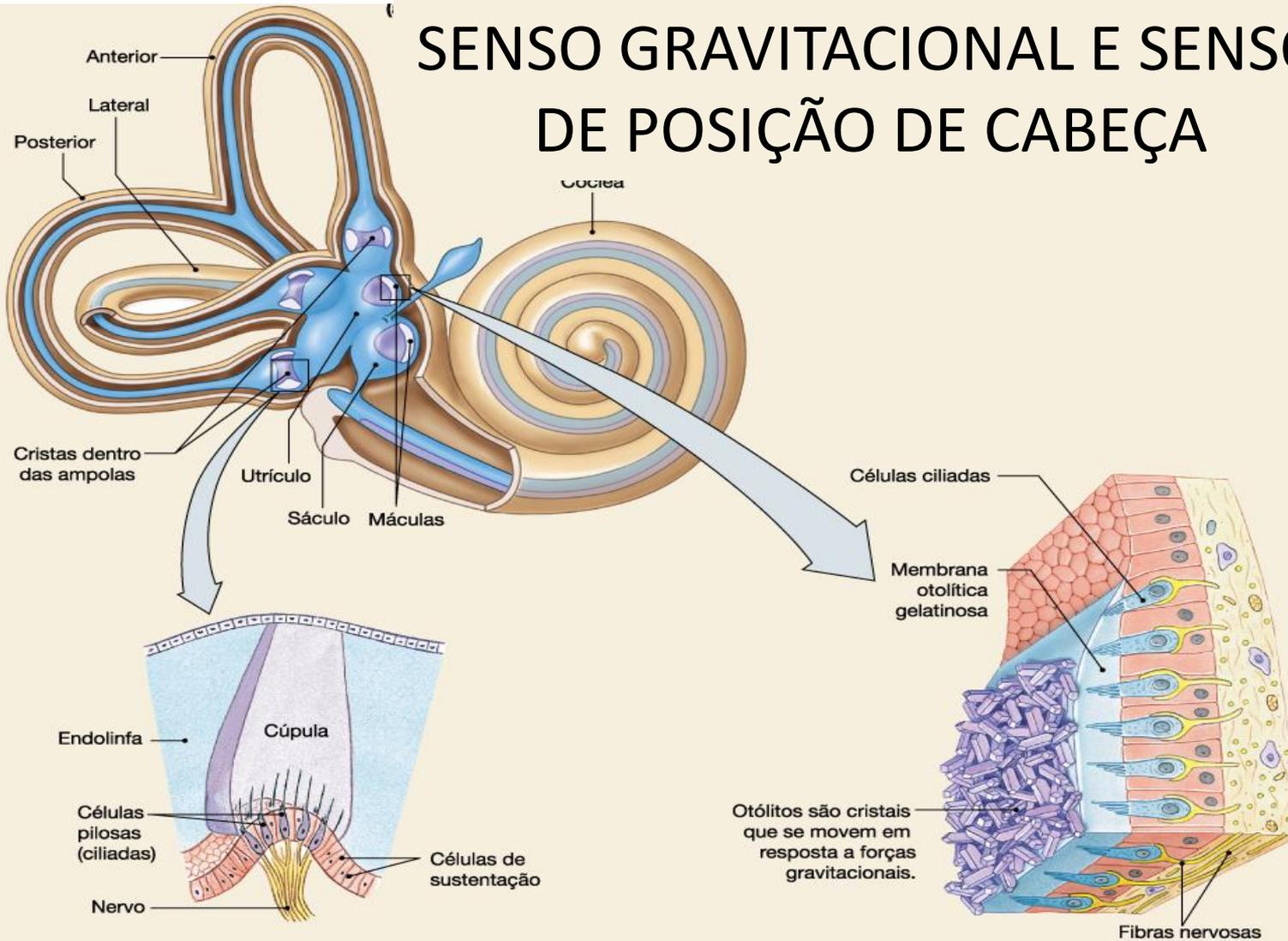
Hiperpolarização



# ESTÍMULO NA AMPOLA E NA MÁCULA

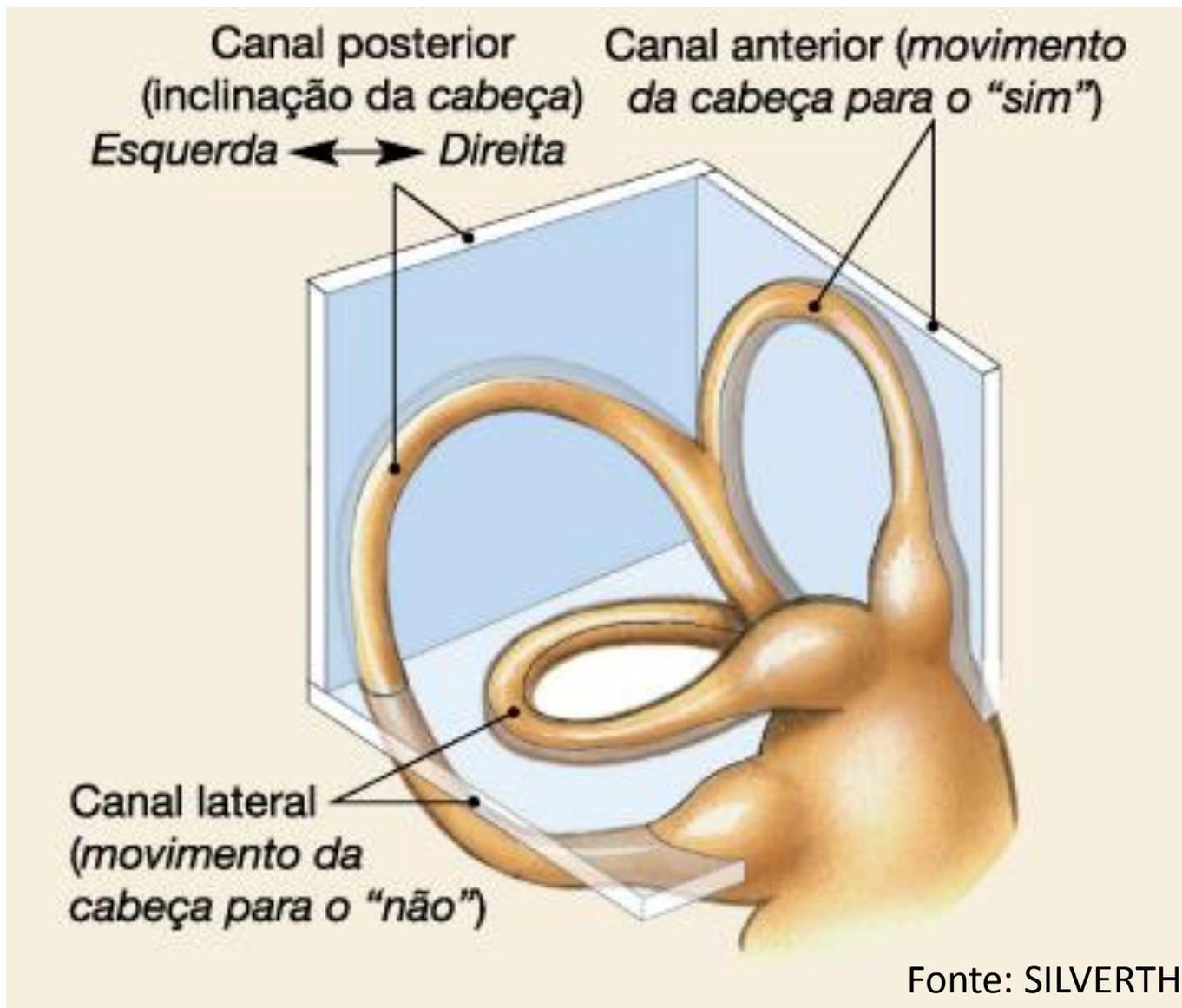


# SENSO GRAVITACIONAL E SENSO DE POSIÇÃO DE CABEÇA



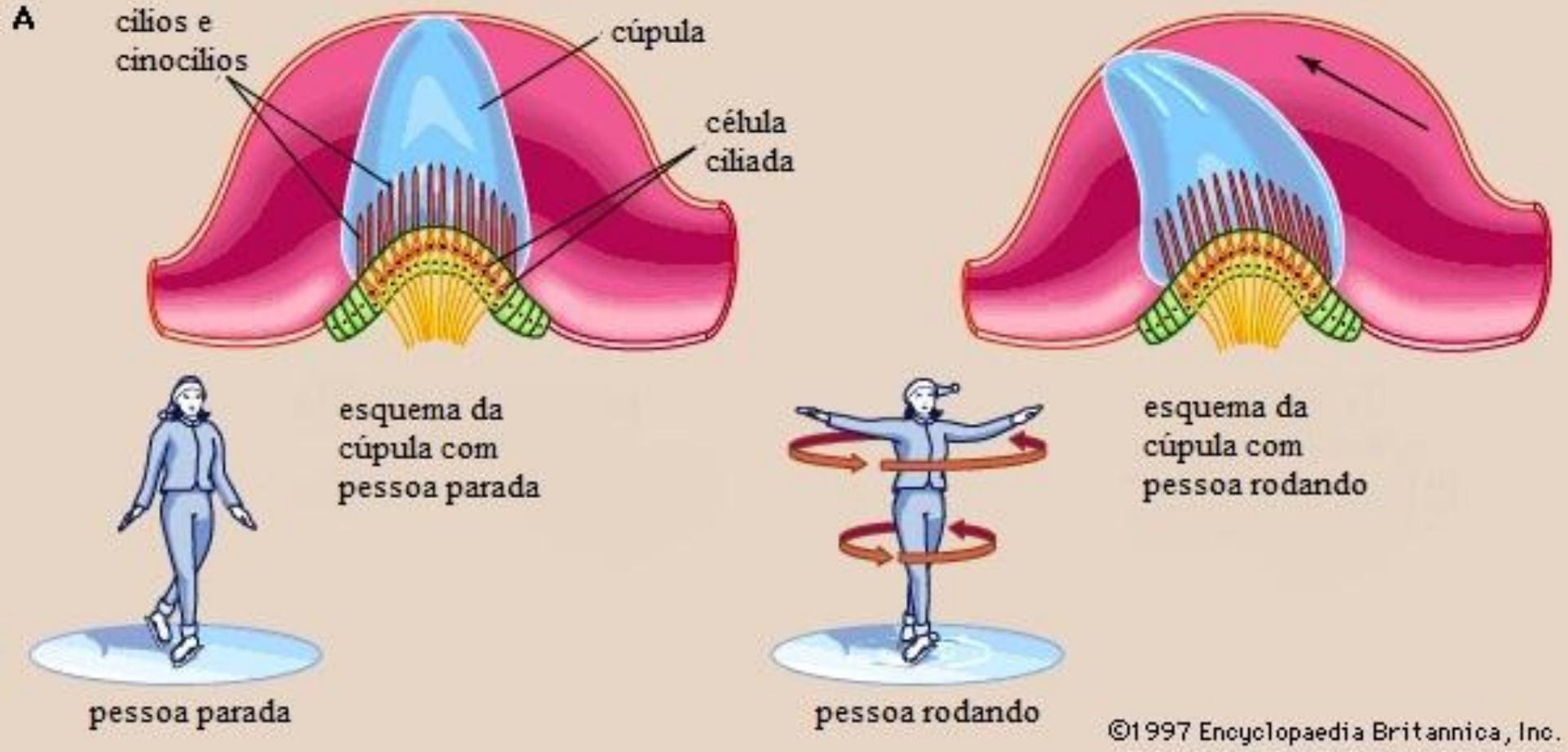
Fonte: SILVERTHORN (2010)

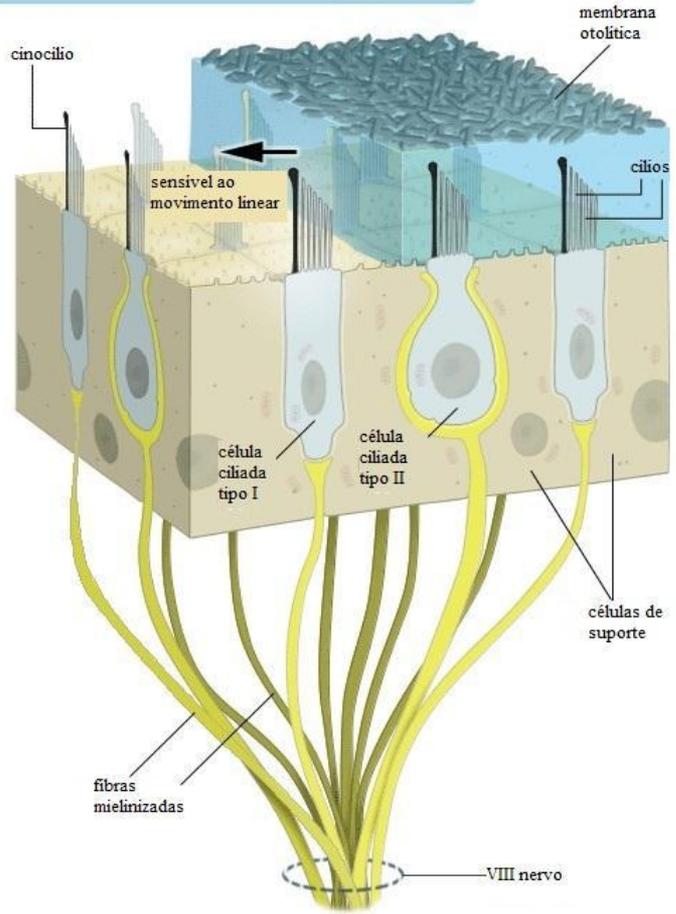
# APARELHO VESTIBULAR – CANAIS SEMICIRCULARES



Fonte: SILVERTHORN (2010)

# Movimentos de rotação, como virar-se, deitar-se, levantar-se, olhar para cima ou para baixo, estimulam as células sensitivas da cúpula dos canais semicirculares

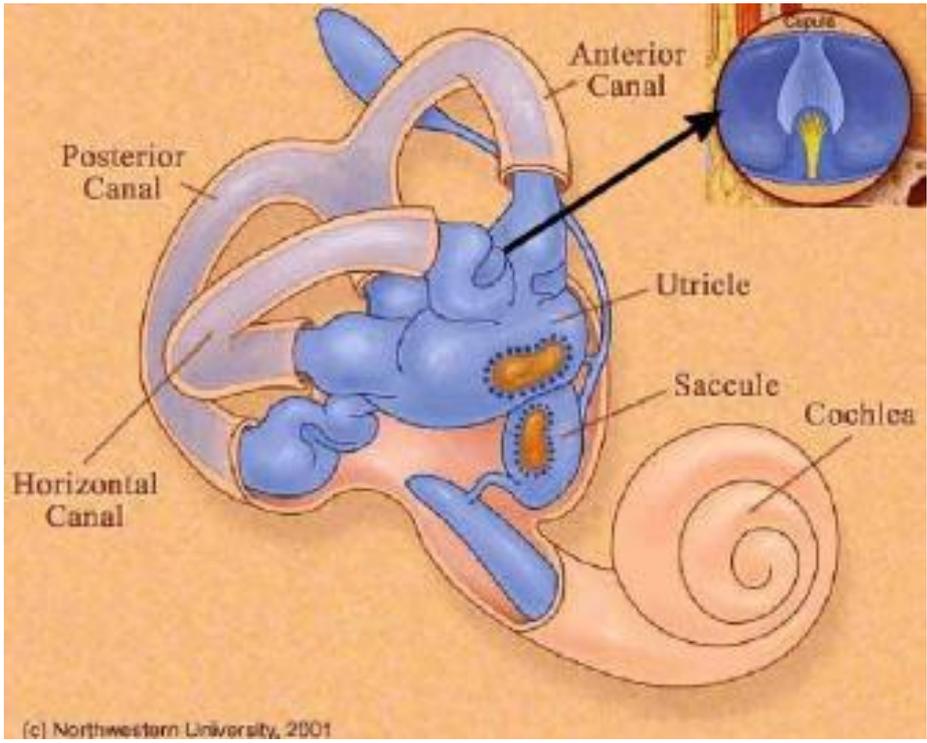




# MÁCULA

## Utrículo e Sáculo

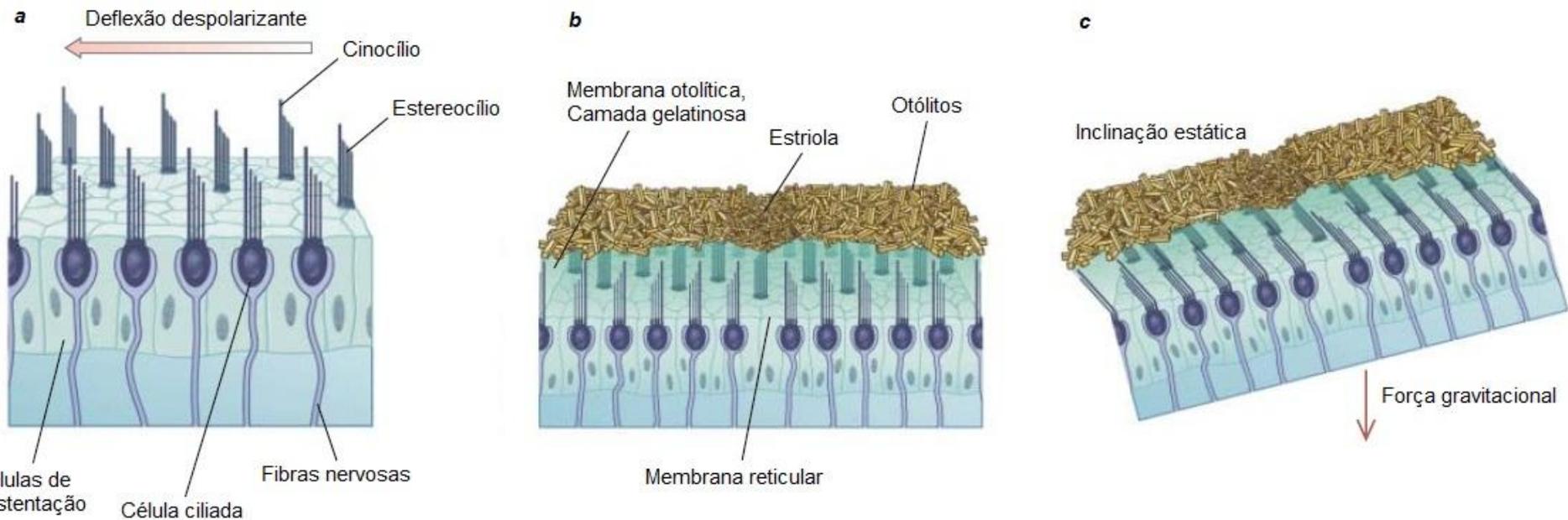
Orientação gravitacional em mudanças na posição da cabeça, e sobre movimentos com aceleração linear.



Fonte: SILVERTHORN (2010)

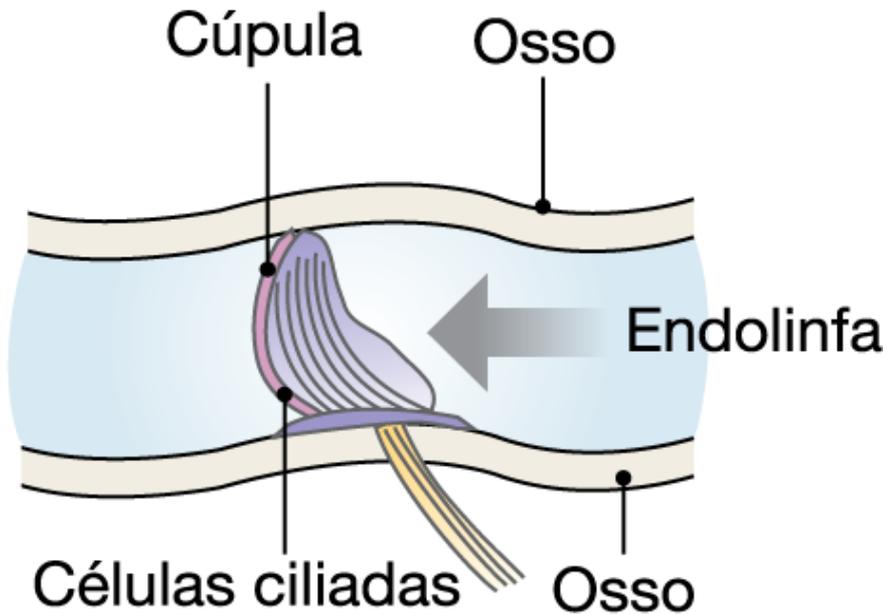
Utrículo responde no plano vertical  
Sáculo no plano horizontal.

# SENSO GRAVITACIONAL DA CABEÇA



Fonte: SILVERTHORN (2010)

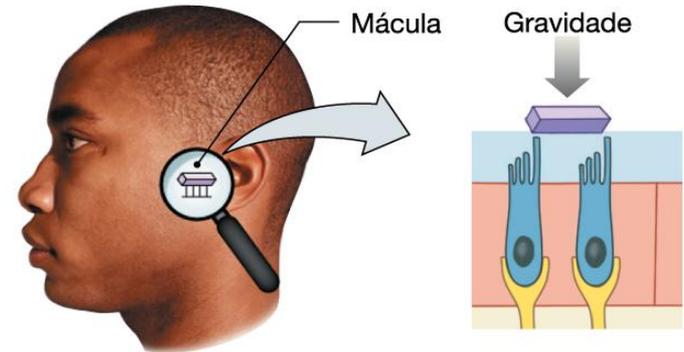
# SENSO GRAVITACIONAL E SENSO DE POSIÇÃO DE CABEÇA



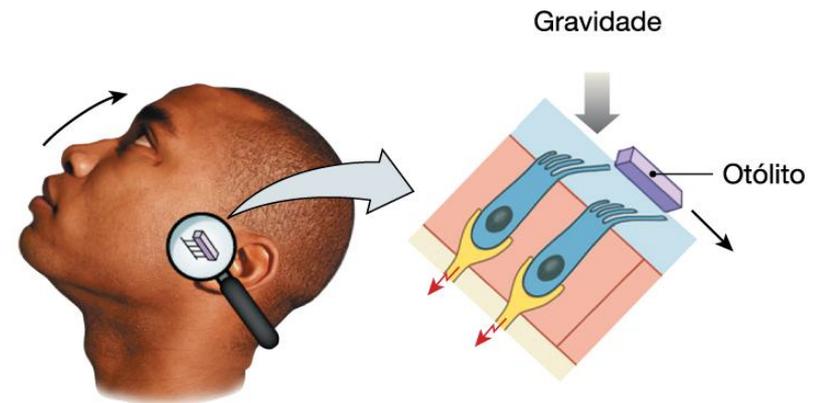
Direção da rotação da cabeça

Fonte: SILVERTHORN (2010)

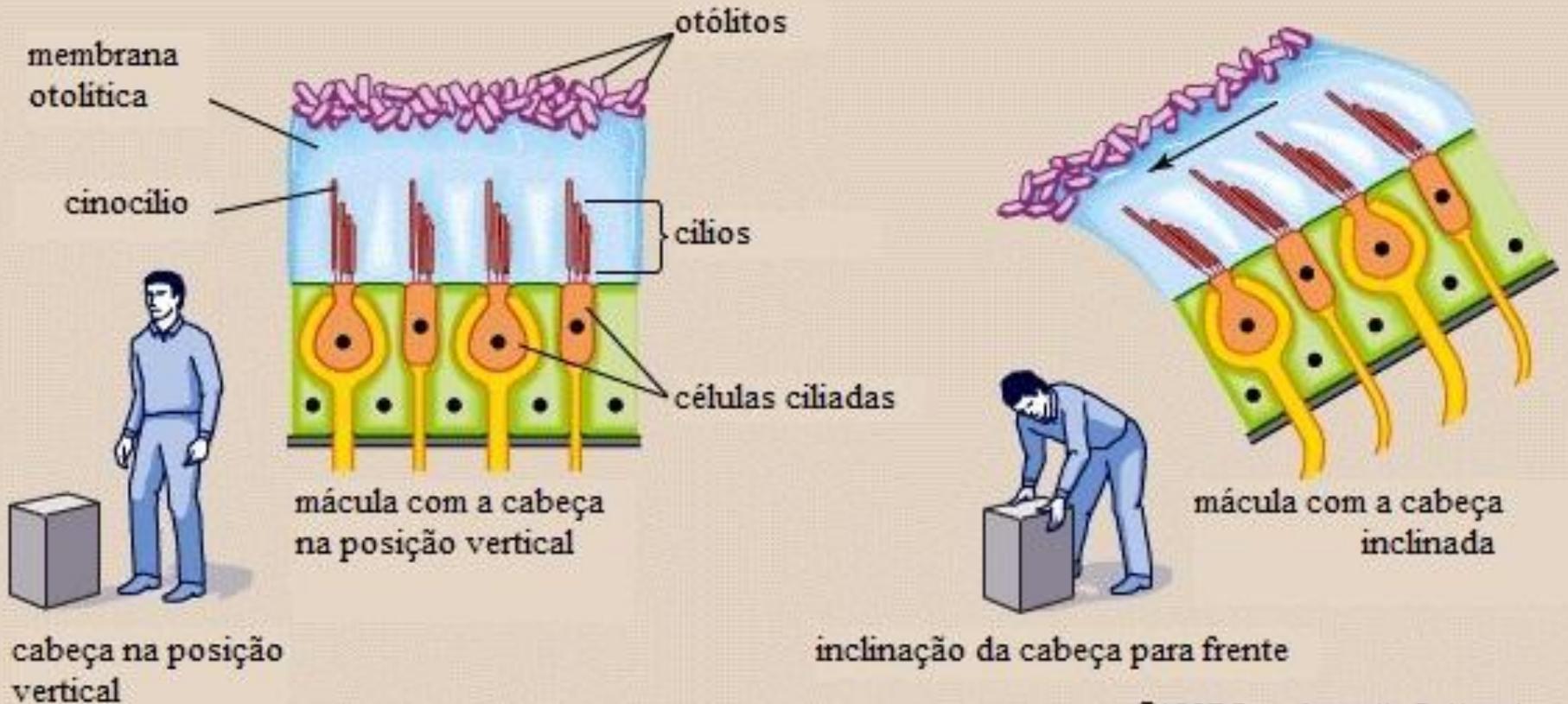
(a) Cabeça na posição neutra



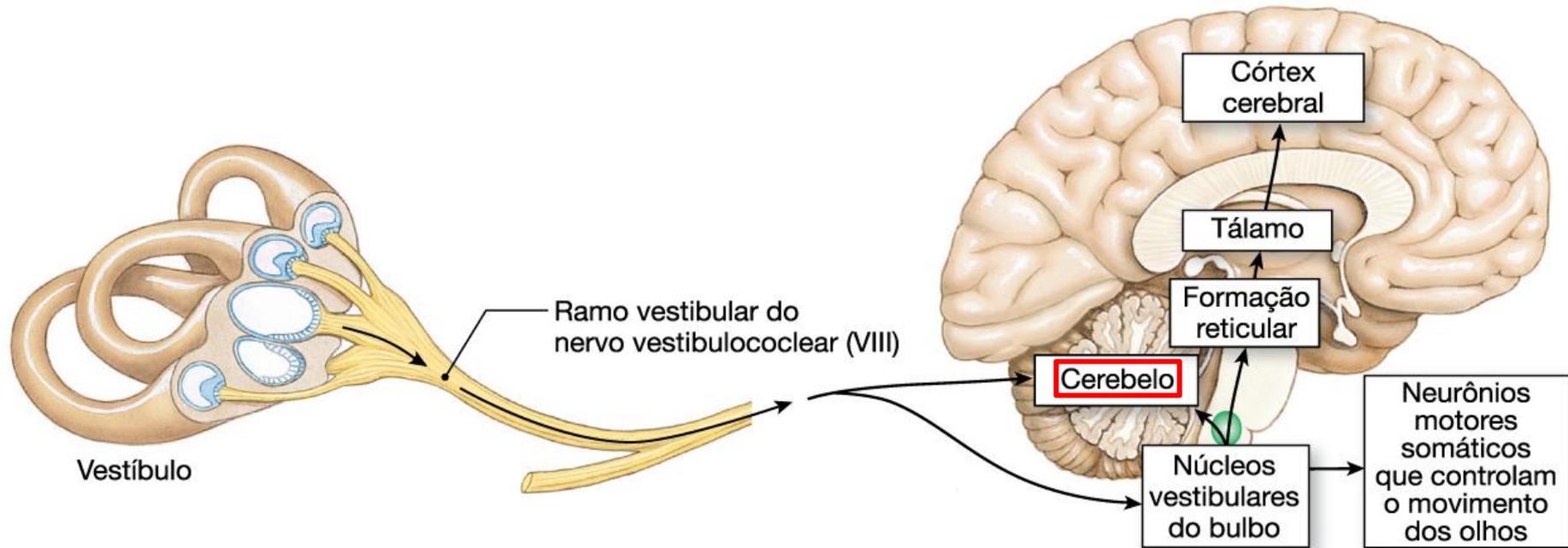
(b) Cabeça inclinada para trás



Movimentos lineares, como subir e descer de elevador ou estar em veículo em movimento, estimulam as células sensitivas do utrículo e do sáculo



# VIAS DO EQUILÍBRIO NO SISTEMA NERVOSO CENTRAL



## CEREBELO

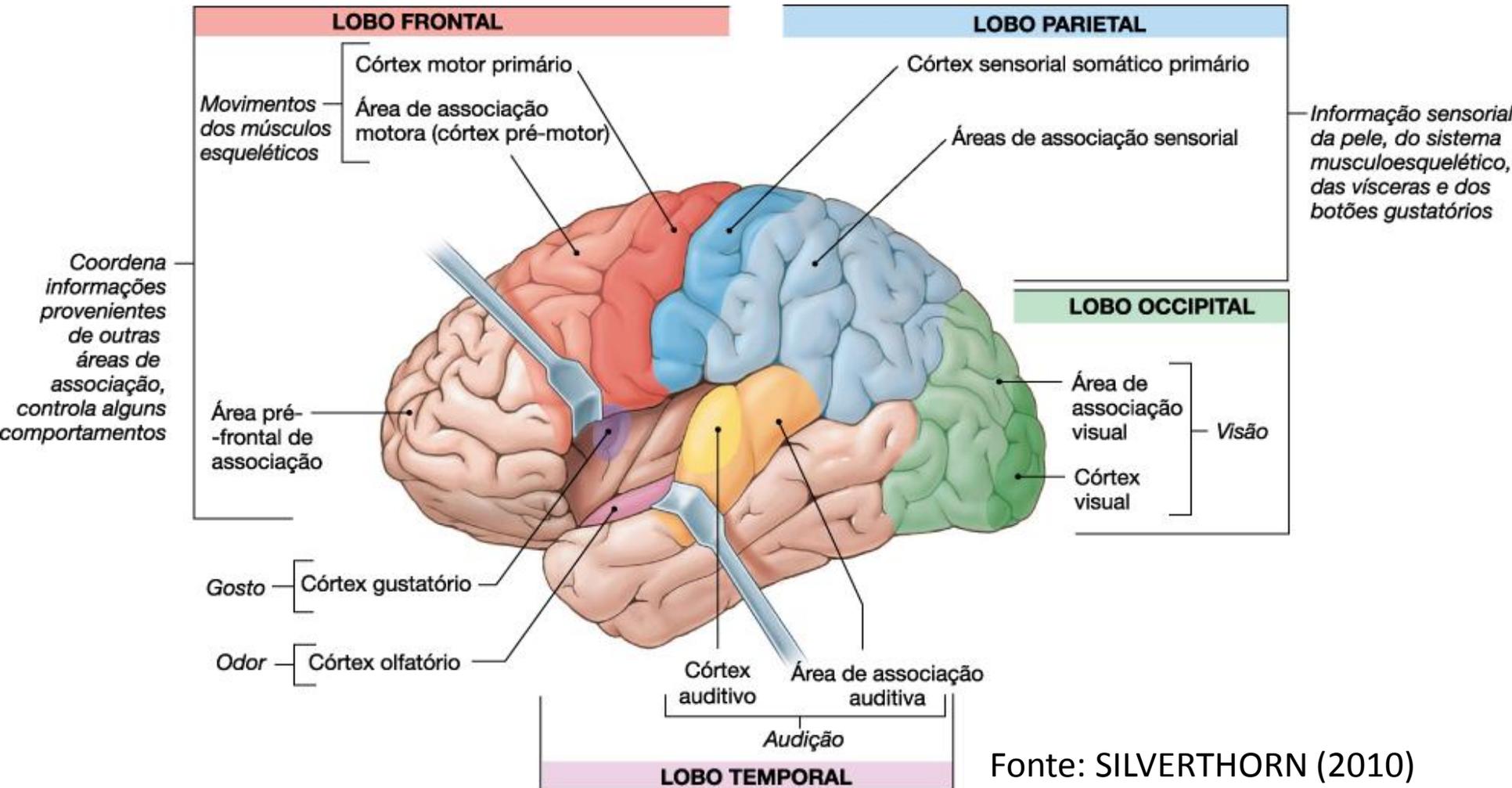
Coordenação das atividades dos músculos esqueléticos

## BULBO E MESENSÉFALO

Visão = audição = movimento dos olhos e movimento do corpo

Fonte: SILVERTHORN (2010)

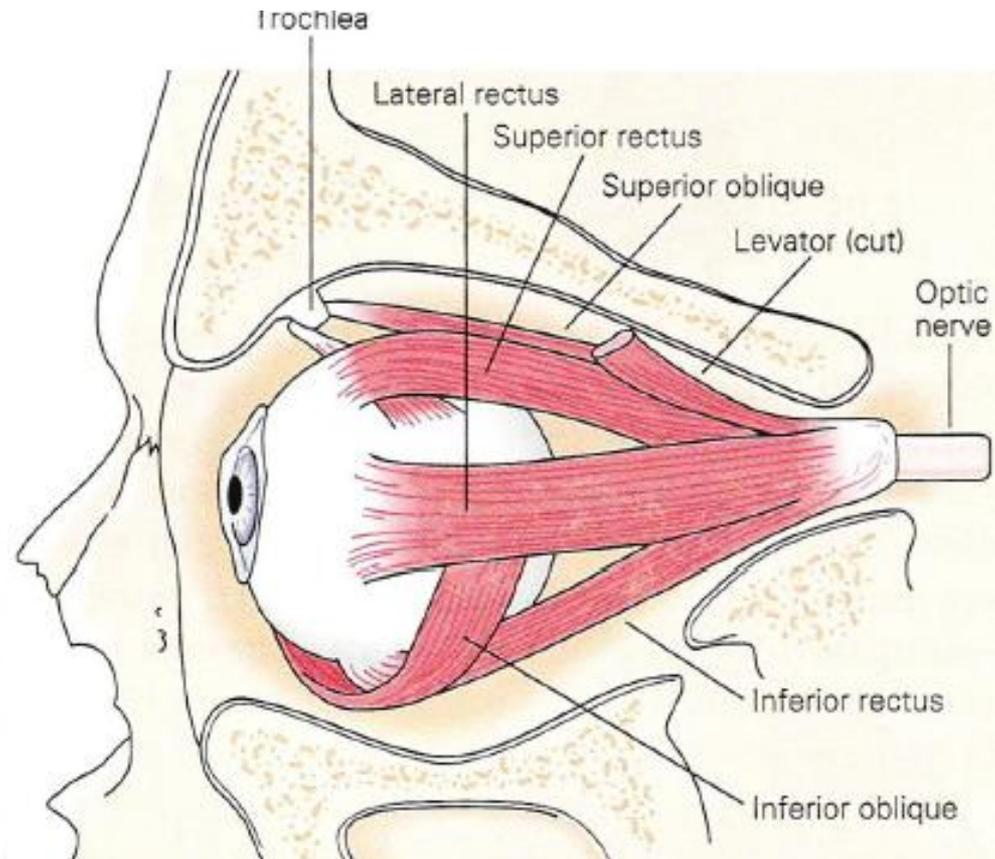
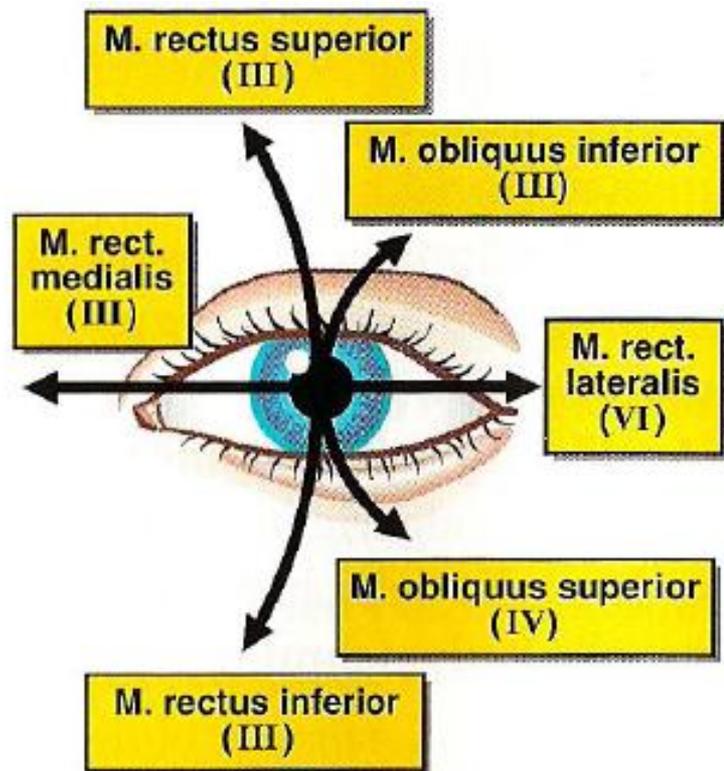
# CÓRTEX CEREBRAL E SUAS FUNÇÕES



Fonte: SILVERTHORN (2010)

# MOVIMENTOS OCULARES

## 6 MÚSCULOS

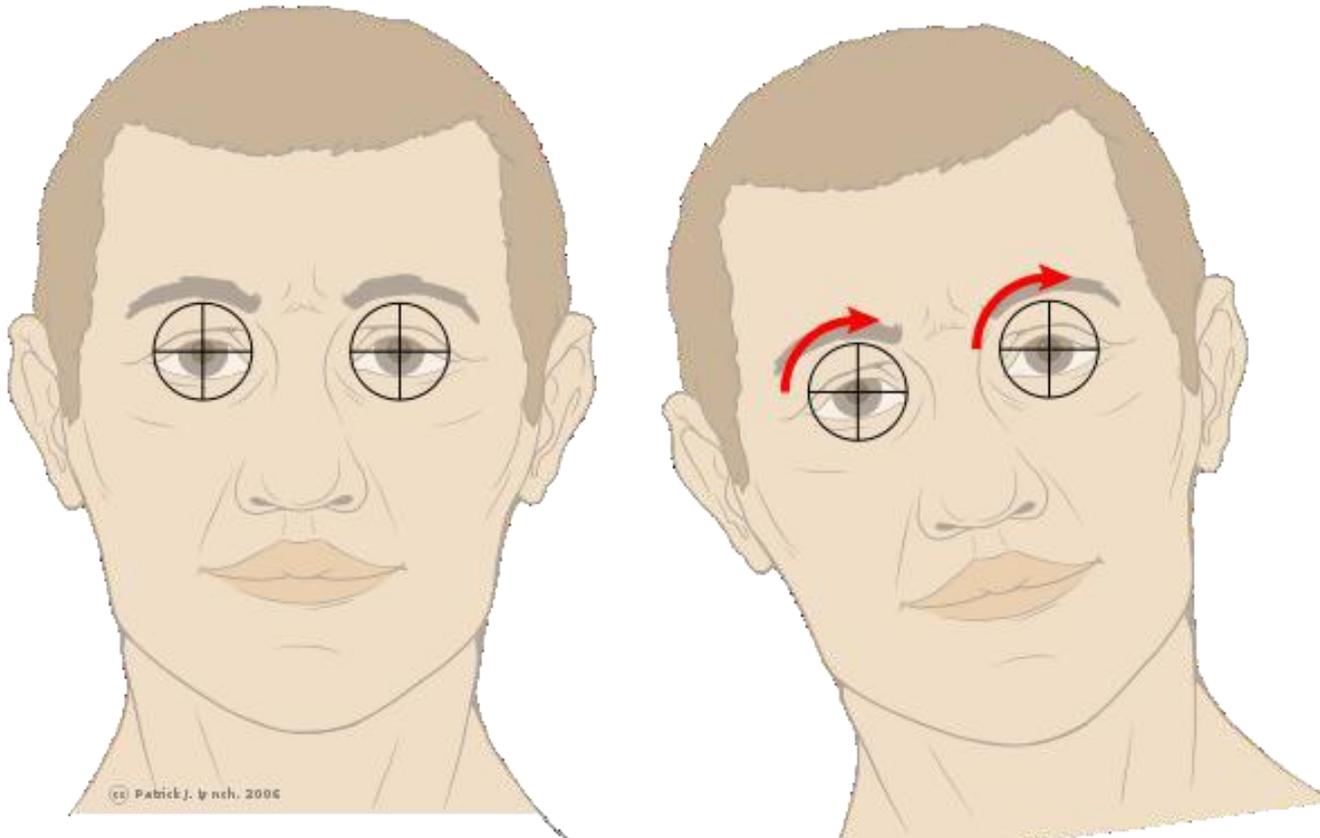


# NERVOS CRANIANOS

Par	Nome	Função
I	Olfatório	Cheiro
II	Óptico	Visão
III	<b>Óculomotor</b>	<b>Movimento motor olhos, pupila e cristalino</b>
IV	<b>TrocLEAR</b>	<b>Movimento motor olhos</b>
V	Trigêmeo	Movimento sensorial face e boca e motor para mastigação
VI	<b>Abducente</b>	<b>Movimento dos olhos</b>
VII	Facial	Sensorial gustatório, eferência para glândulas salivares e lacrimais e expressão facial
VIII	VestíbuloCoclear	Sensorial para audição e equilíbrio
IX	Glossofaríngeo	Sensibilidade da cavidade oral, eferência para deglutição e secreção glandular salivar
X	Vago	Sensibilidade e eferência para órgãos internos, músculos e glândulas
XI	Acessório Espinal	Músculos da cavidade oral, alguns do pescoço e ombro
XII	Hipoglosso	Músculos da língua

# VIA DO REFLEXO VESTÍBULO-OCULAR

O reflexo vestibulo ocular (VOR) é responsável por estabilizar a imagem na retina durante movimentos rápidos da cabeça.



Nervos motores oculares: óculomotor (III), troclear (IV) e abducente (VI)

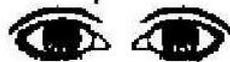
CÓRTEX



Via vestibulo cortical

MESENCÉFALO

REFLEXO  
VESTÍBULO-  
OCULAR



PONTE

LABIRINTO  
BULBO



MEDULA

REFLEXO  
VESTÍBULO-ESPINHAL

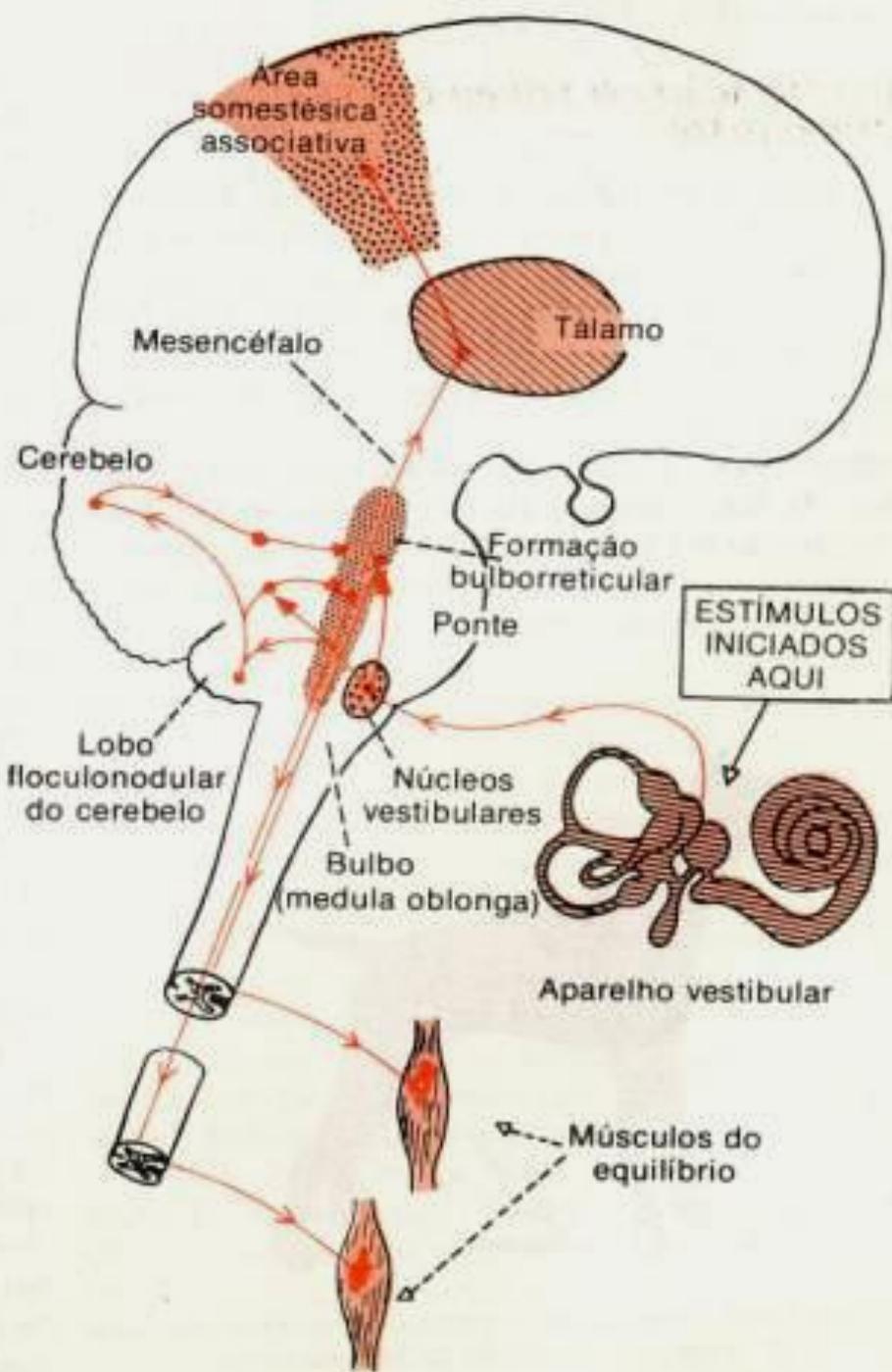


# REFLEXO E VIAS DO SISTEMA VESTIBULAR

**Controle dos movimentos  
da cabeça, da musculatura  
axial e reflexos posturais**

## MECANISMOS NEURAIS PARA A SUSTENTAÇÃO DO CORPO CONTRA A GRAVIDADE (GUYTON, 1988).

SISTEMA PROPRIOCEPTIVO PARA  
CONTROLE DA POSTURA  
Receptores tendinosos e musculares  
Mecanorreceptores articulares  
Barorreceptores profundos (planta dos  
pés)



Receptores vestibulares



Núcleos vestibulares



Cerebelo

Núcleos  
óculo-motores

Medula espinal

Tálamo e córtex



Coordenação do  
movimento do  
olhos, da cabeça  
e da postura



Estabiliza os  
olhos durante a  
movimentação  
da cabeça e  
do corpo



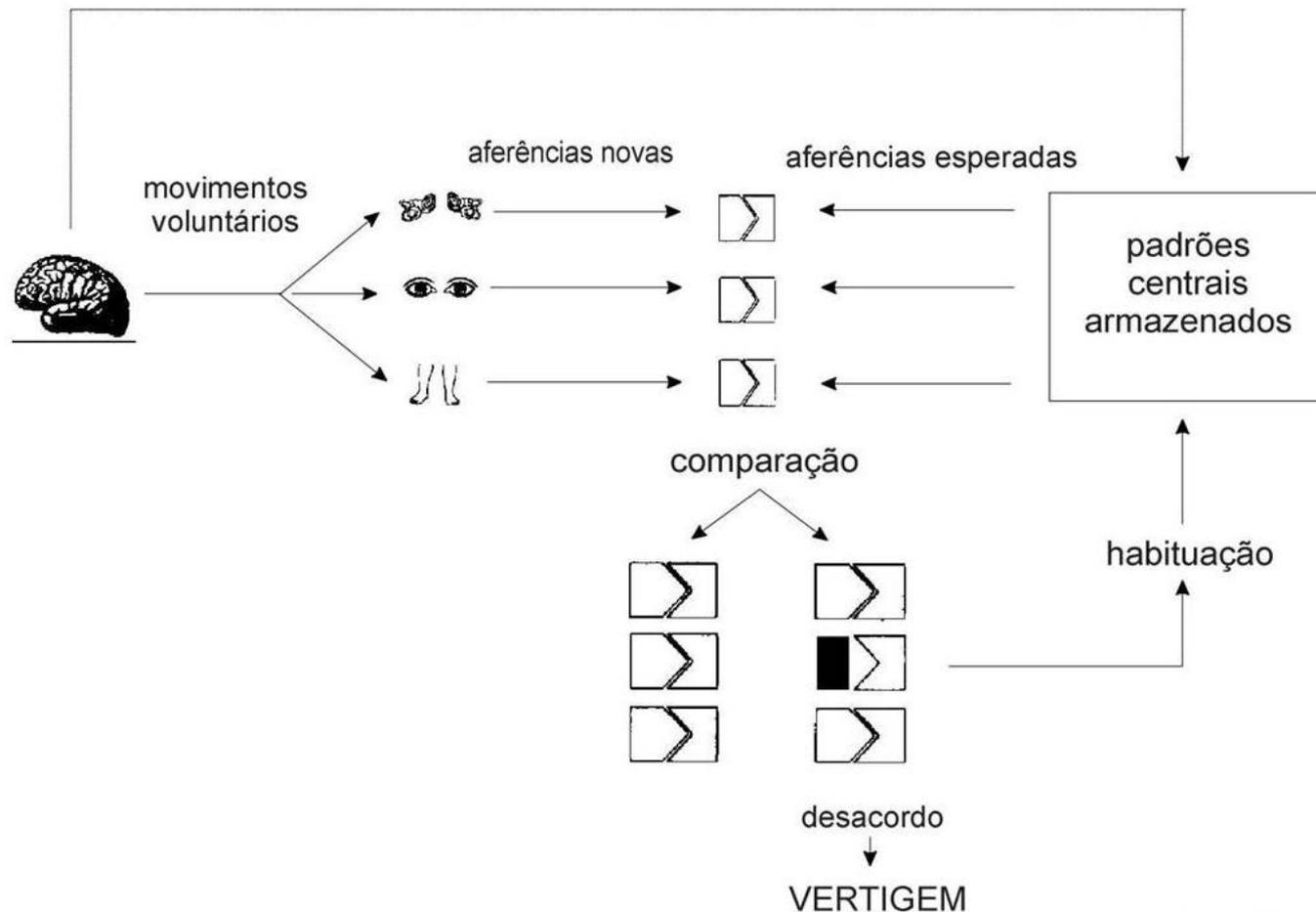
Influencia o tônus  
Muscular e os ajustes  
posturais



Interpreta as aferências,  
controle movimento  
e orientação espacial

# CINETOSE ou ENJÔO DO MOVIMENTO

## Sensibilidade aumentada frente a alguns movimentos



teoria do desacordo (retirada do livro Vertigo. T. Brandt, Springer 1999)  
<http://www.vertigemetonura.com.br/cinetose.htm>

# CONCLUSÕES

- O equilíbrio é efetuado por um conjunto de ações realizadas pelo Aparelho Vestibular, a propriocepção e a visão.
- O aparelho vestibular dá o equilíbrio para a velocidade de rotação da cabeça e da posição da cabeça em relação a gravidade.
- Pelo movimento da cabeça ocorre o disparo do potencial de ação gerado pelos estereocílios presentes nos utrículos e sáculos dos vestíbulos e canais semicirculares.
- O potencial gerado é transmitido pelo RAMO VESTIBULAR DO NERVO VESTÍBULOCOCLEAR (Nervo Facial VIII).
- No SNC o potencial de ação passa pelo TRONCO ENCEFÁLICO e pelo TÁLAMO. Neurônios secundários seguem do TÁLAMO para o córtex cerebral e associações cinestésicas.
- No processo associativo com o TRONCO ENCEFÁLICO, o aparelho vestibular promove o Reflexo Vestíbulo-ocular e o Reflexo Vestíbulo-espinhal.



# DÚVIDAS?

# SENSIBILIDADE VISUAL

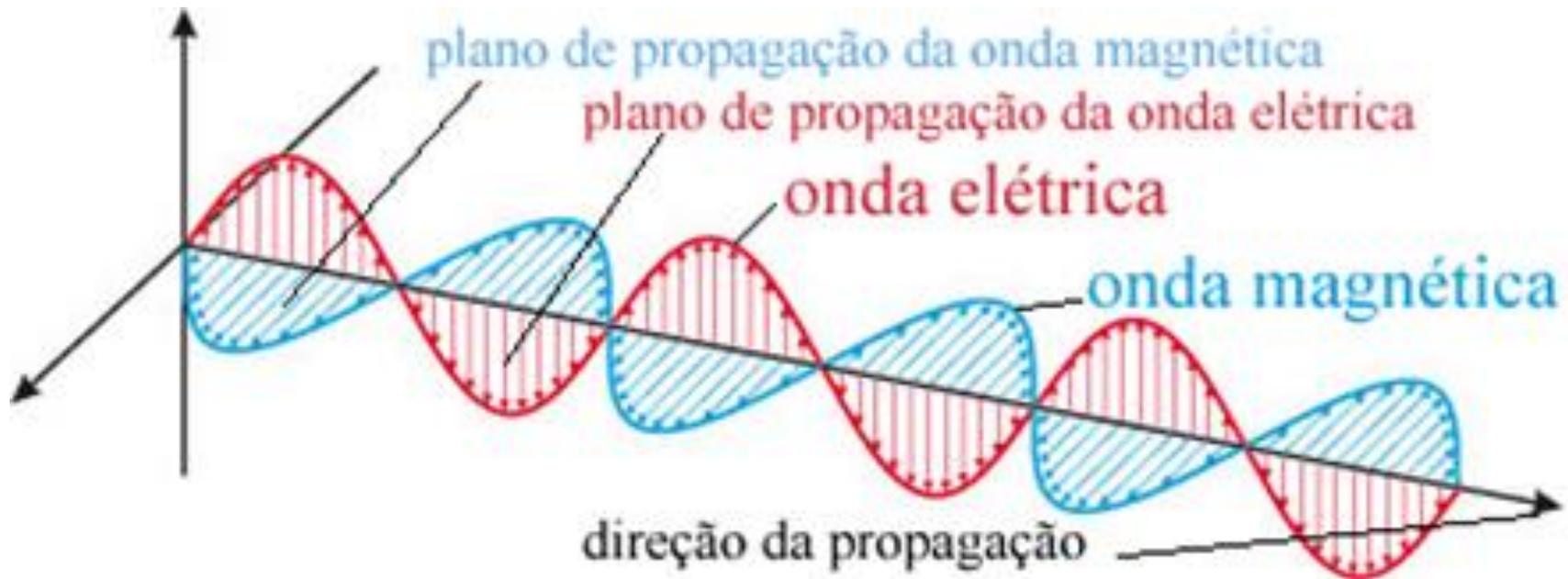
# TRANSDUÇÃO VISUAL

Visão é o processo no qual a luz refletida por objetos é traduzida em uma imagem no SNC

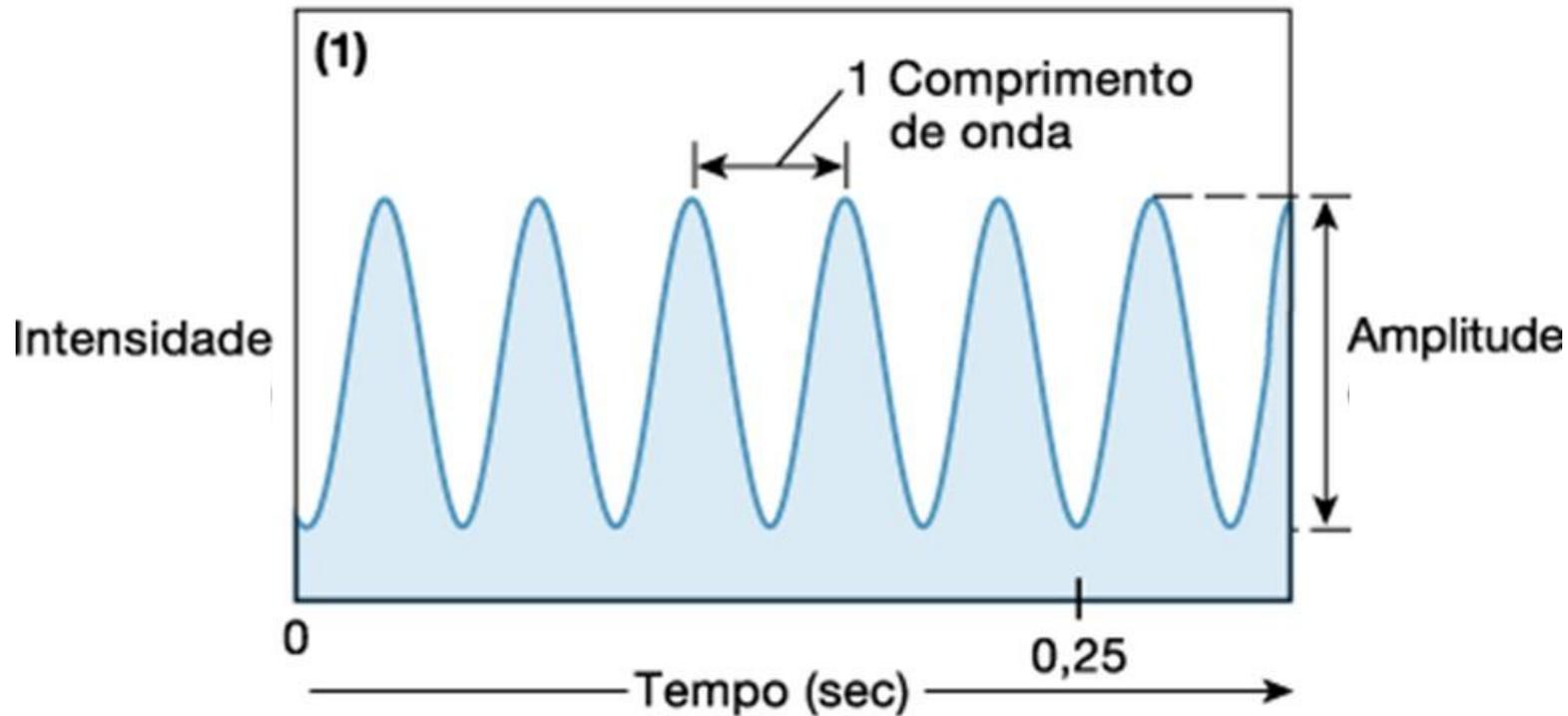


# RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

- Toda energia que vem do espaço é composta por um conjunto de ondas elétricas e magnéticas chamadas de radiações eletromagnéticas.



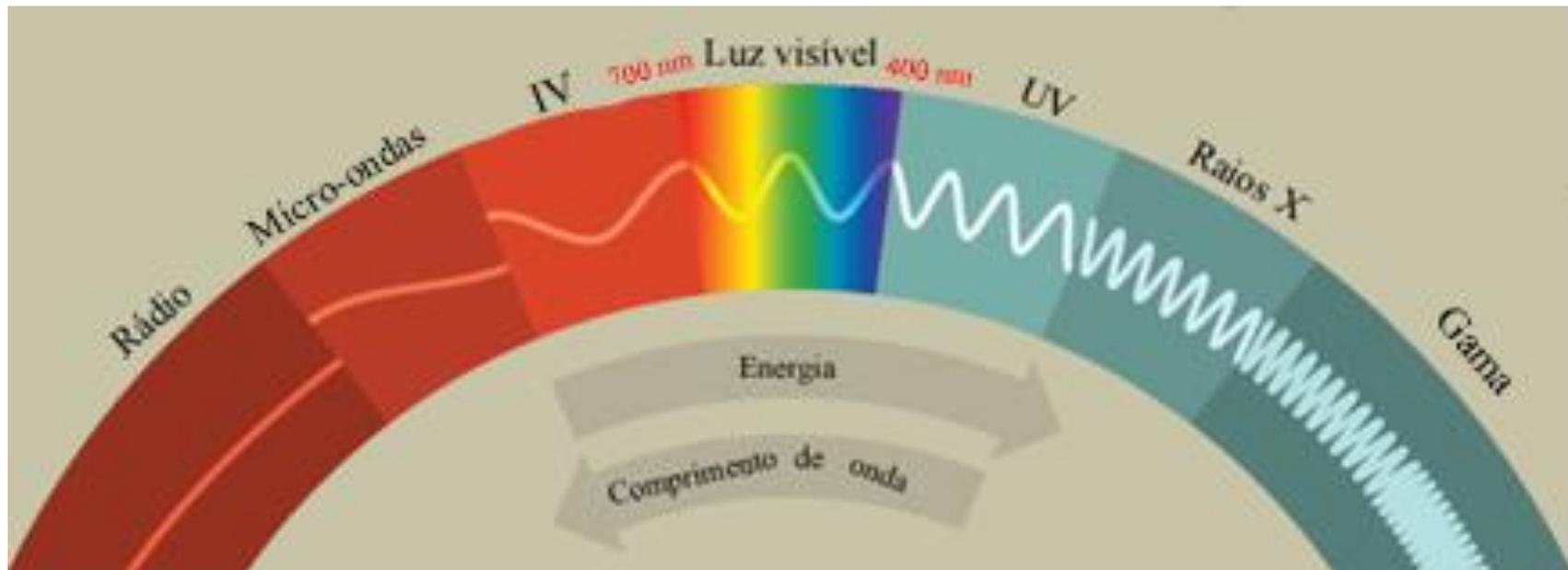
# RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA



- Frequência
- Amplitude
- **Comprimento de onda**

# RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

- Espectro eletromagnético
  - Luz visível: 400nm a 700nm
  - Raios X, raios Gama, ondas de rádio, micro-ondas



# SENSIBILIDADE VISUAL

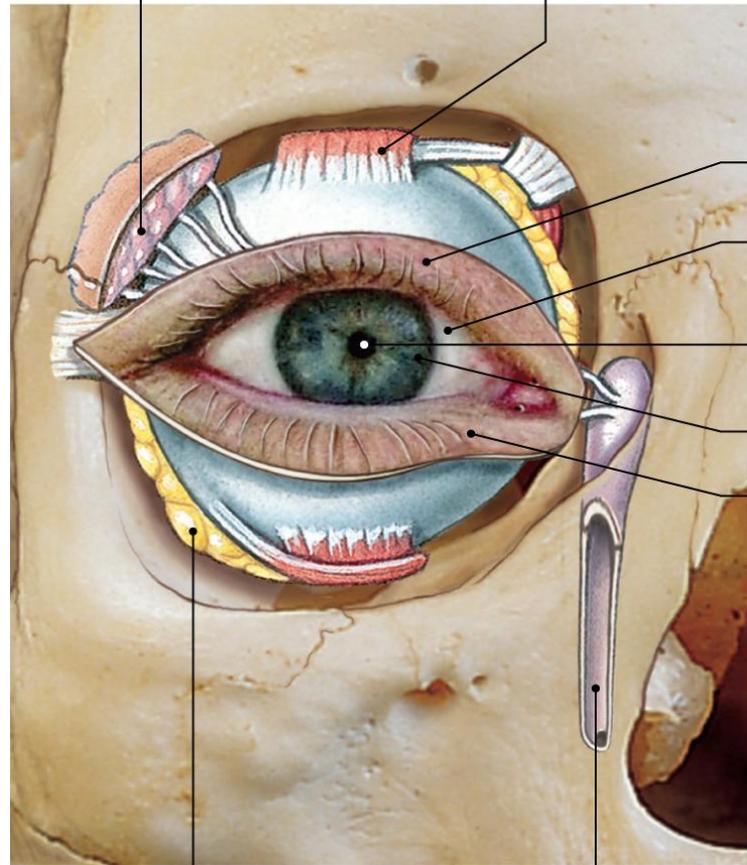
- Capacidade em captar e transformar a energia luminosa (dentro do comprimento de onda de 400 a 700nm) em impulsos elétricos e formar imagem dentro do espaço e do tempo pelo SNC.
- Realizada pelos fotorreceptores na retina
- A retina é a camada mais interna do globo ocular, que é o órgão dos sentidos especiais responsável pela função visual



# ANATOMIA EXTERNA DO OLHO

A **glândula lacrimal** secreta as lágrimas

Músculos fixados à superfície externa do olho controlam o seu movimento



Pálpebra superior

Esclera

Pupila

Íris

Pálpebra inferior

A **órbita** é uma cavidade óssea que protege o olho

O **ducto lacrimonasal** drena as lágrimas para dentro da cavidade nasal

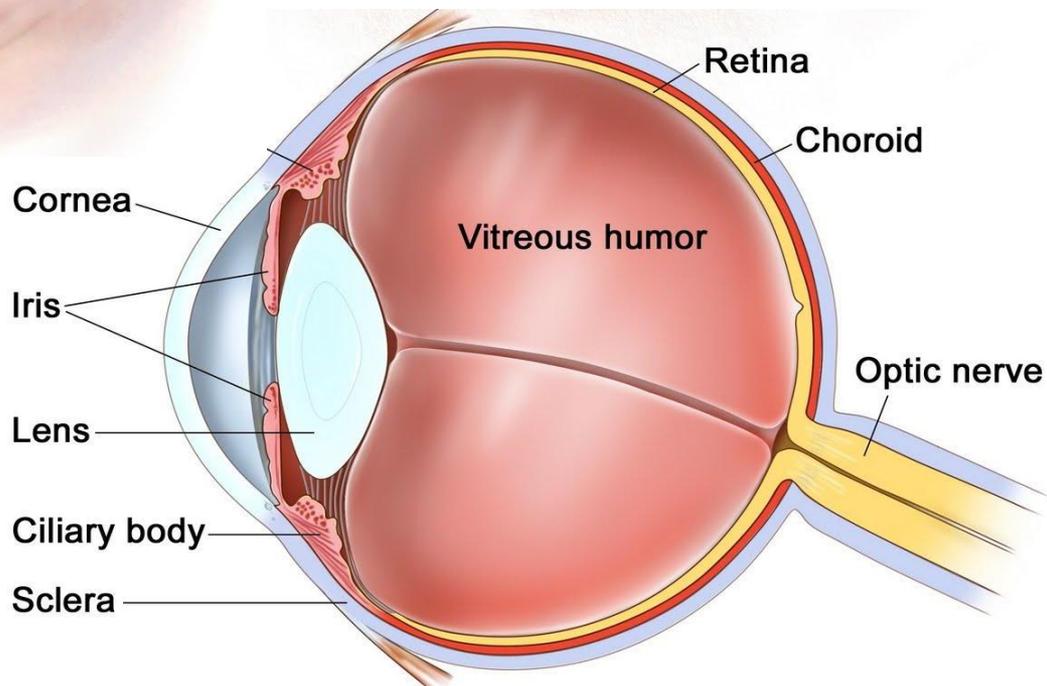
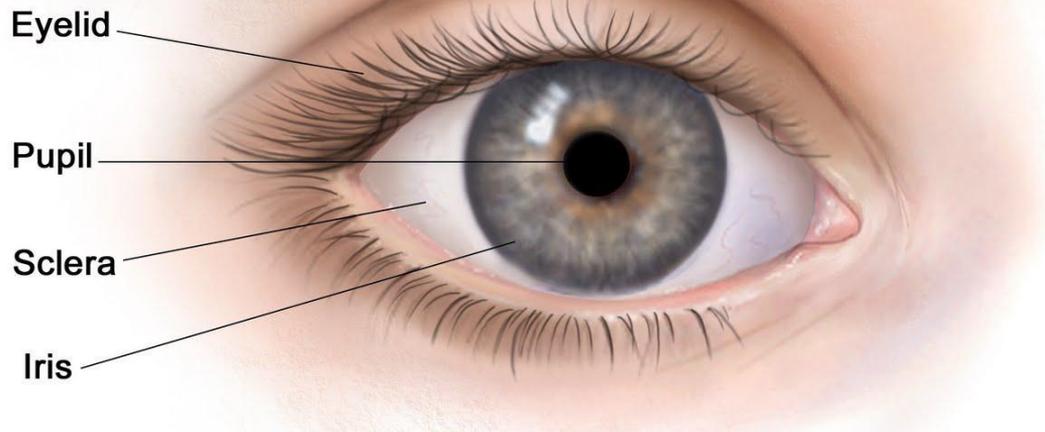
## Músculos extrínsecos do bulbo ocular:

- Reto Lateral e Reto Medial
- Reto Superior e Reto Inferior
- Oblíquo Superior e Oblíquo Inferior

## Nervos Cranianos: (Reflexo vestibulo ocular)

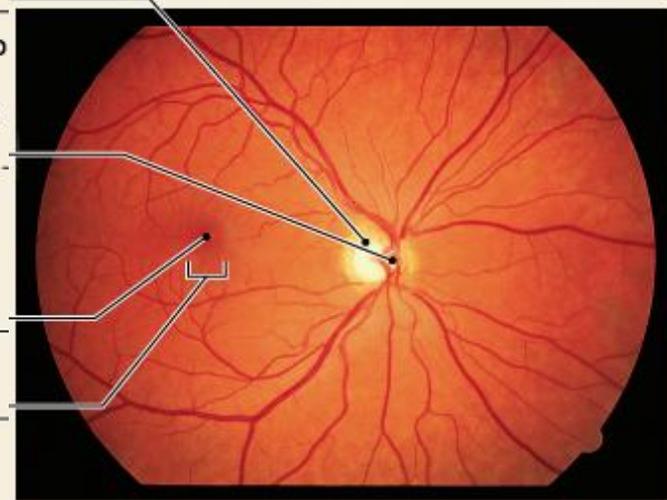
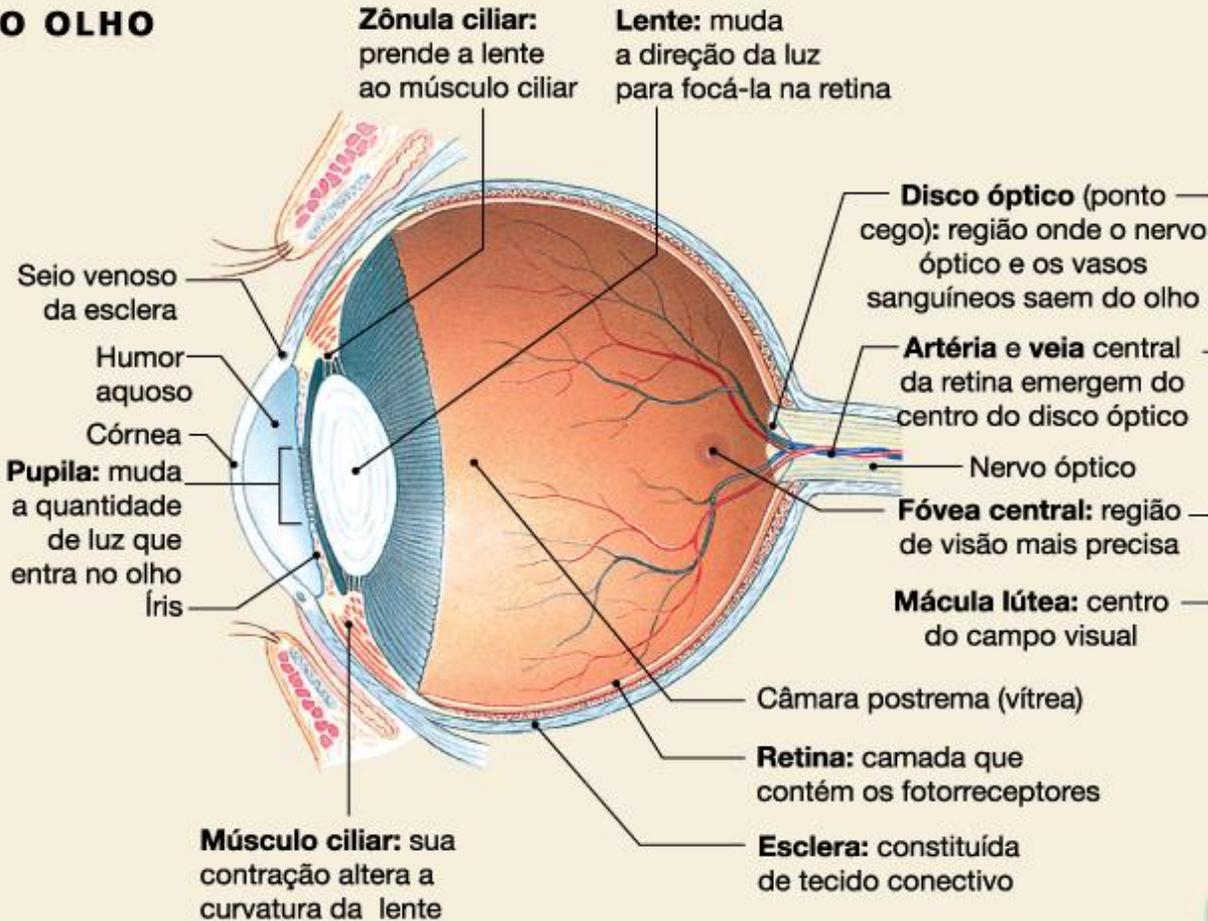
- Oculomotor (III)
  - Movimento motor olhos, pupila e cristalino
- Troclear (IV)
  - Movimento motor olhos
- Abducente (VI)
  - Movimento dos olhos

# ANATOMIA DO OLHO



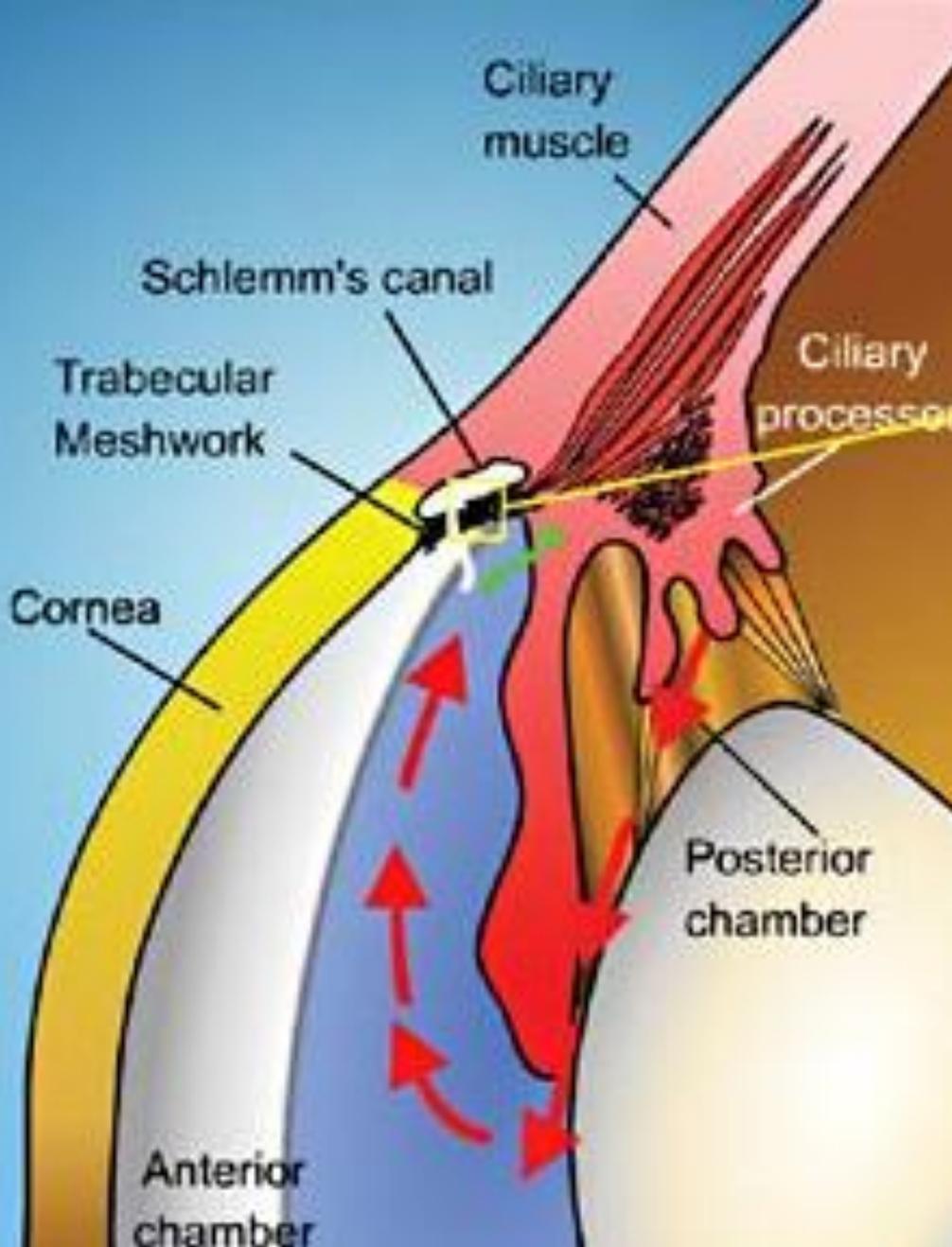
# ANATOMIA DO OLHO

## O OLHO



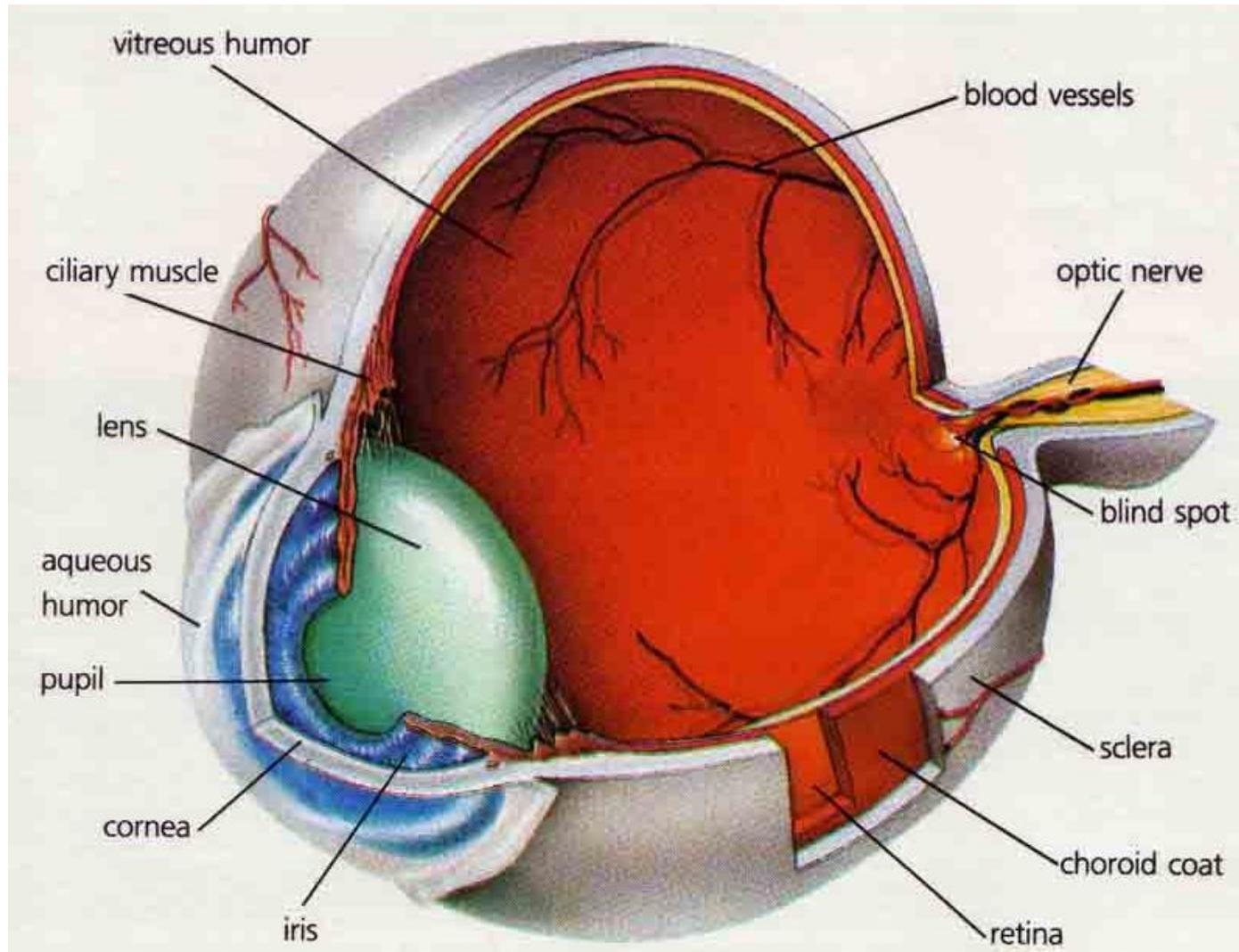
Fonte: SILVERTHORN (2010)

(a) Secção sagital do olho



# DRENAGEM DO HUMOR AQUOSO

# ANATOMIA DO OLHO



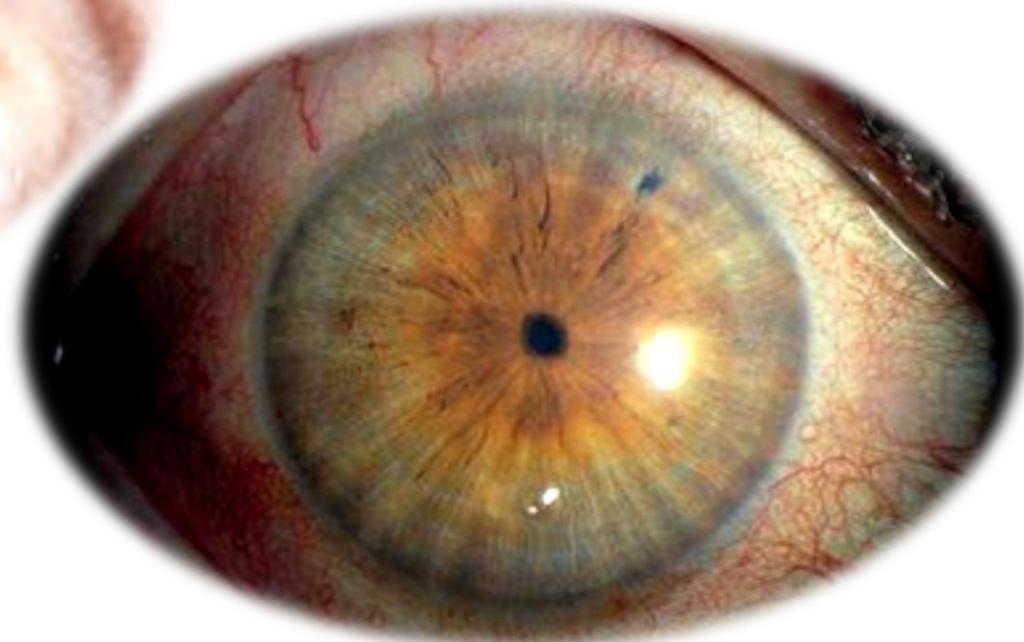
# COMO A LUZ PENETRA NOS OLHOS?

- A luz atravessa todas as estruturas transparentes: córnea, humor aquoso, lente e humor vítreo
- A luz é focada na retina: fotorreceptores
- Fotorreceptores transformam a energia eletromagnética em sinais elétricos
- Sinais elétricos serão transformados em sinais químicos (liberação de neurotransmissores)

# CONTROLE DA ENTRADA DE LUZ

Tamanho da pupila determinado pela íris

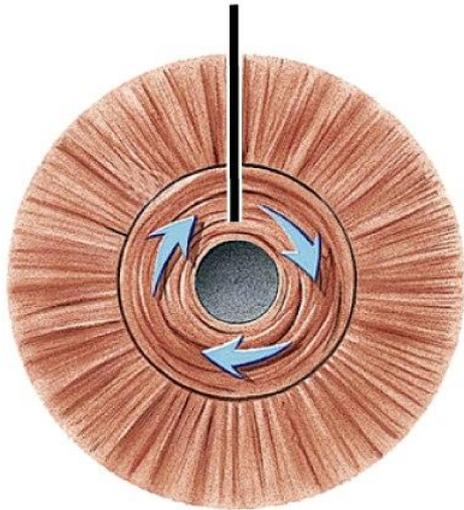
**MIDRIASE: Dilatação da pupila**



**MIOSE: Retração da pupila**

# MÚSCULOS RADIAL E CIRCULAR

**Pupil constricts as  
circular muscles  
of iris contract  
(parasympathetic)**



**Bright light**

**Pupil**



**Normal light**

**Pupil dilates as  
radial muscles of iris  
contract (sympathetic)**

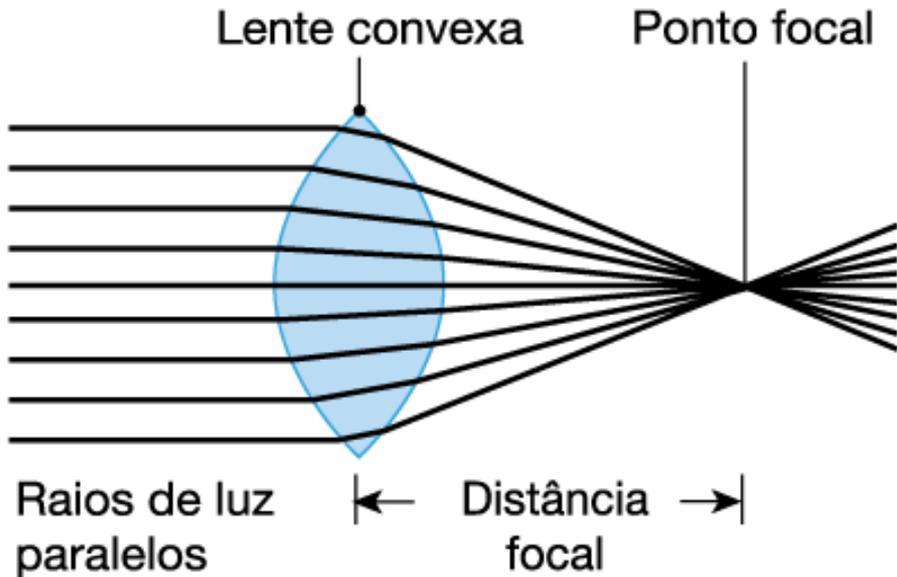


**Dim light**

# ACOMODAÇÃO VISUAL

- Processo pelo qual o olho ajusta a forma do cristalino para focar os objetos sobre a retina
- Cristalino: lente biconvexa e por isso promove a **refração** da luz para a acomodação visual
- Distância mínima para visão em foco (10 cm do objeto)
- A forma do cristalino é controlada pelo músculo ciliar

# REFRAÇÃO DAS LENTES (AJUSTE DA LENTE)

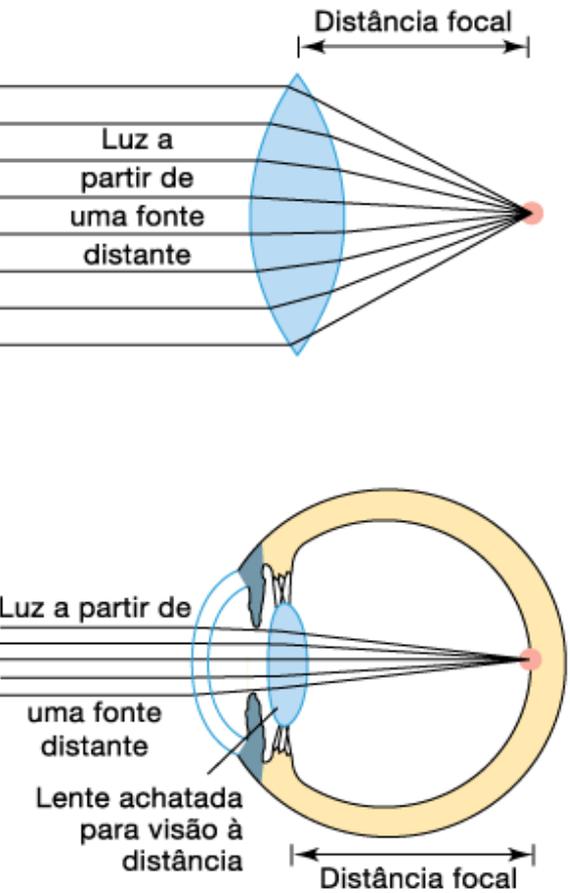


A distância focal da lente é a distância do centro da lente até o ponto focal.

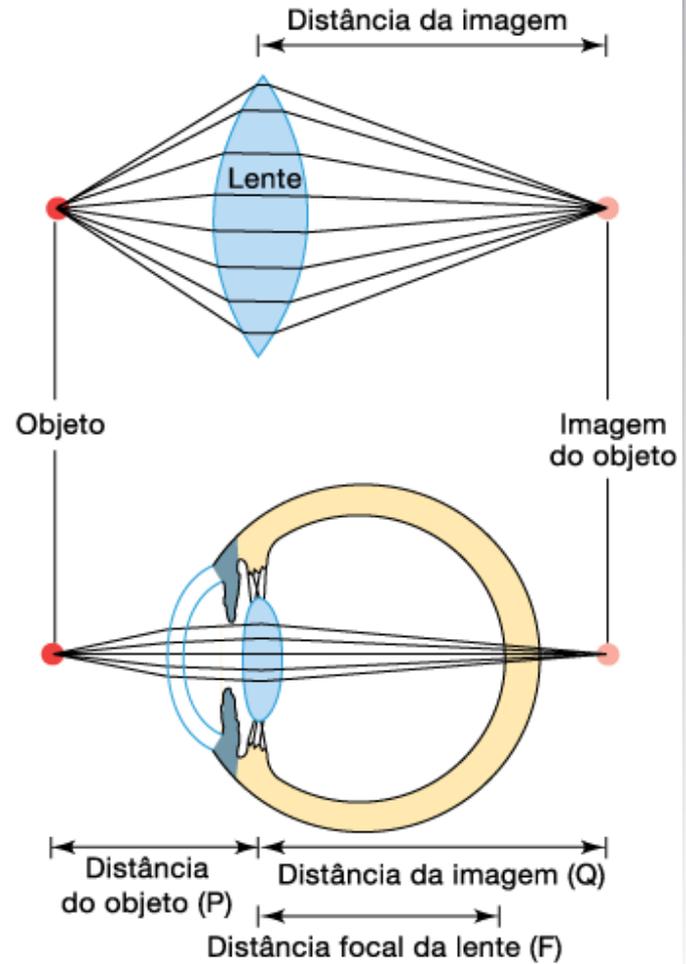
Fonte: SILVERTHORN (2010)

- Um raio de luz muda a direção de sua trajetória quando passa de um meio para outro meio, incidindo de forma oblíqua na interface de um outro meio.
- Se essa interface é curva, então, o ângulo entre as trajetórias será tanto maior quanto for a curvatura da interface.

**(a)** Raios luminosos paralelos passam através da lente achatada, e o ponto focal incide sobre a retina.

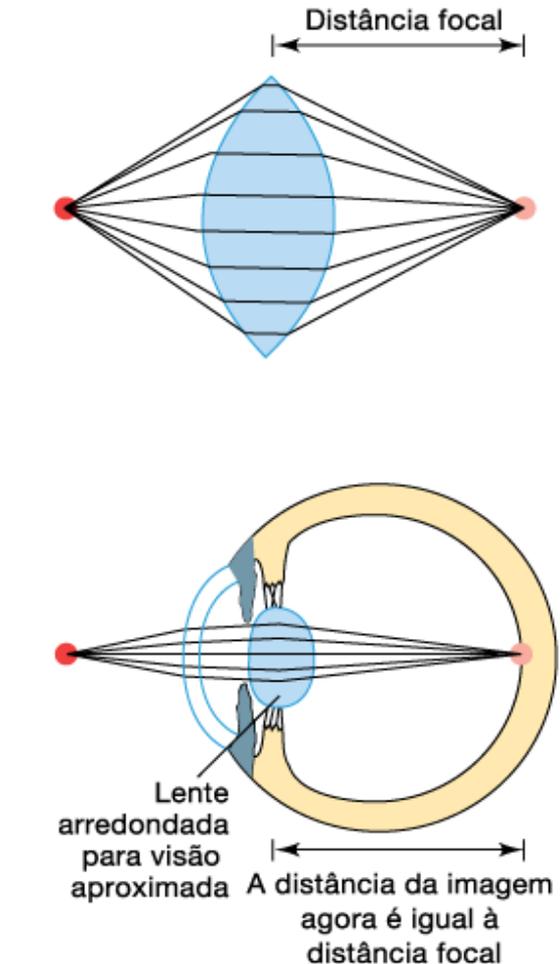


**(b)** Para objetos próximos, os raios luminosos não são mais paralelos.



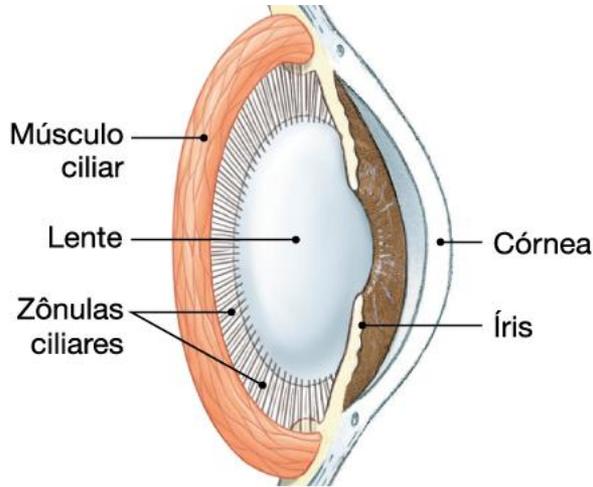
A lente e sua distância focal não mudam, mas o objeto é visto fora de foco porque o feixe de luz não é focado sobre a retina.

**(c)** Arredondando a lente, seu comprimento focal encurta.

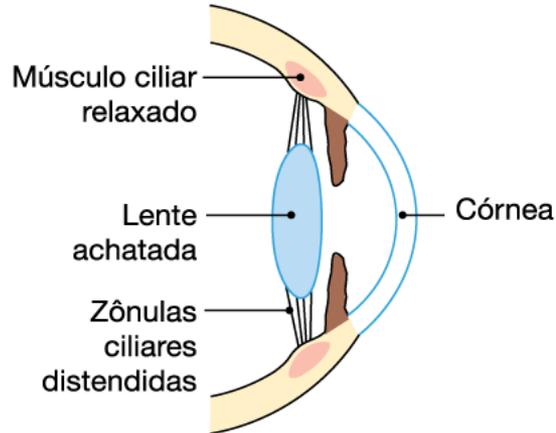


Para manter um objeto no foco à medida que ele se aproxima, a lente torna-se mais arredondada.

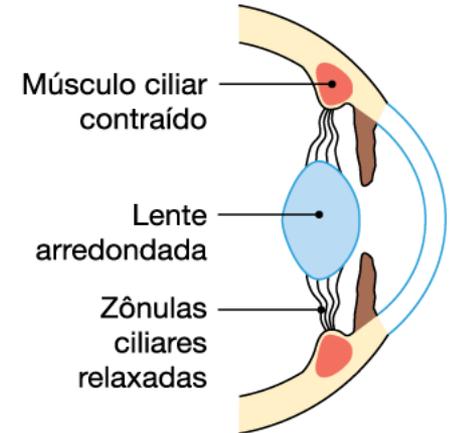
# AJUSTE DAS LENTES (ACOMODAÇÃO)



**(a)** A lente é fixada a músculos ciliares por ligamentos inelásticos (zônulas).



**(b)** Quando o músculo ciliar está relaxado, as zônulas puxam a lente, que fica com forma achatada.



**(c)** Quando o músculo ciliar contrai, ele libera a tensão das zônulas e a lente torna-se mais arredondada.

O músculo consegue focar até uma distância mínima de 10 cm

O cristalino é uma lente convexa convergente que refrata para um só ponto

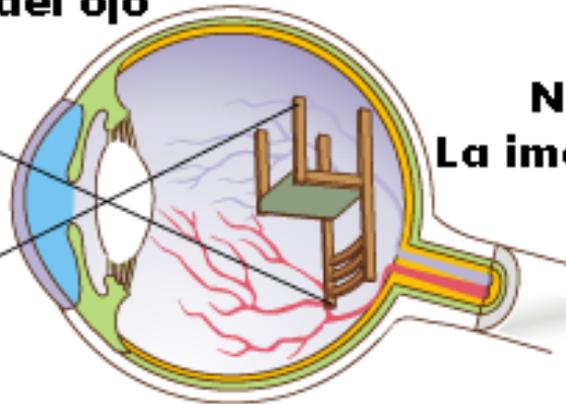
Fonte: Silverthorn (2010)

# O MUNDO INVERTIDO

**OBJETO  
REAL**

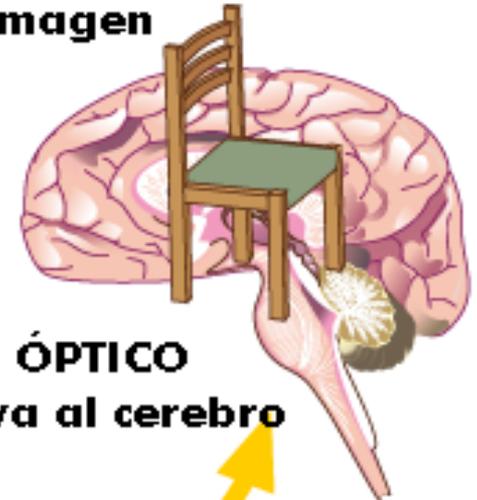


**La luz pasa  
a través del ojo**



**Imagen invertida  
en la RETINA**

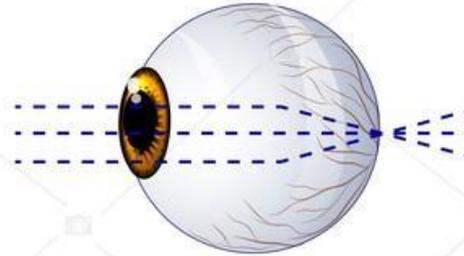
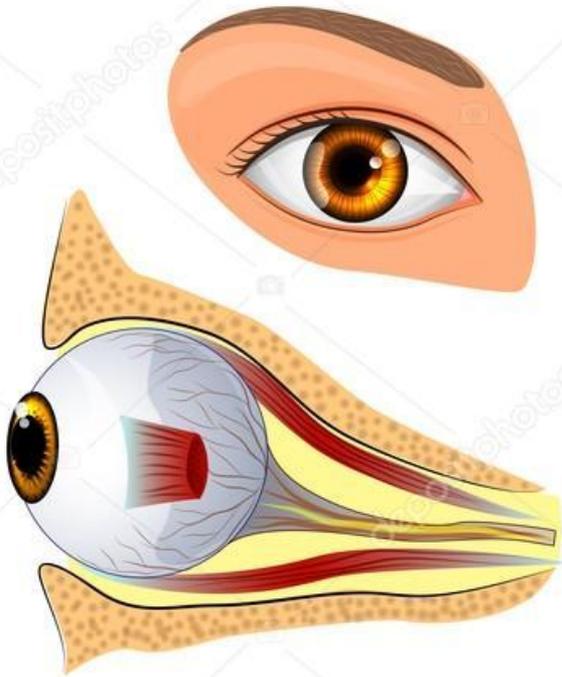
**IMAGEN CORRECTA**  
**El cerebro gira la imagen**



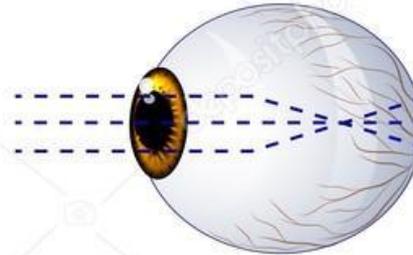
**NERVIO ÓPTICO**  
**La imagen va al cerebro**

# ERROS DE REFRAÇÃO

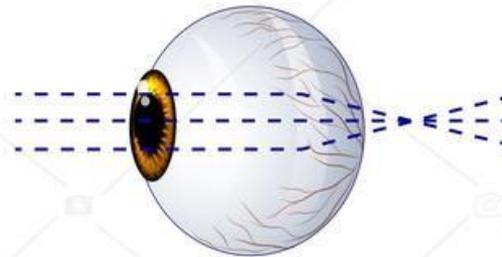
## MYOPIA AND HYPEROPIA



**NORMAL VISION**  
the image is formed  
on the retina



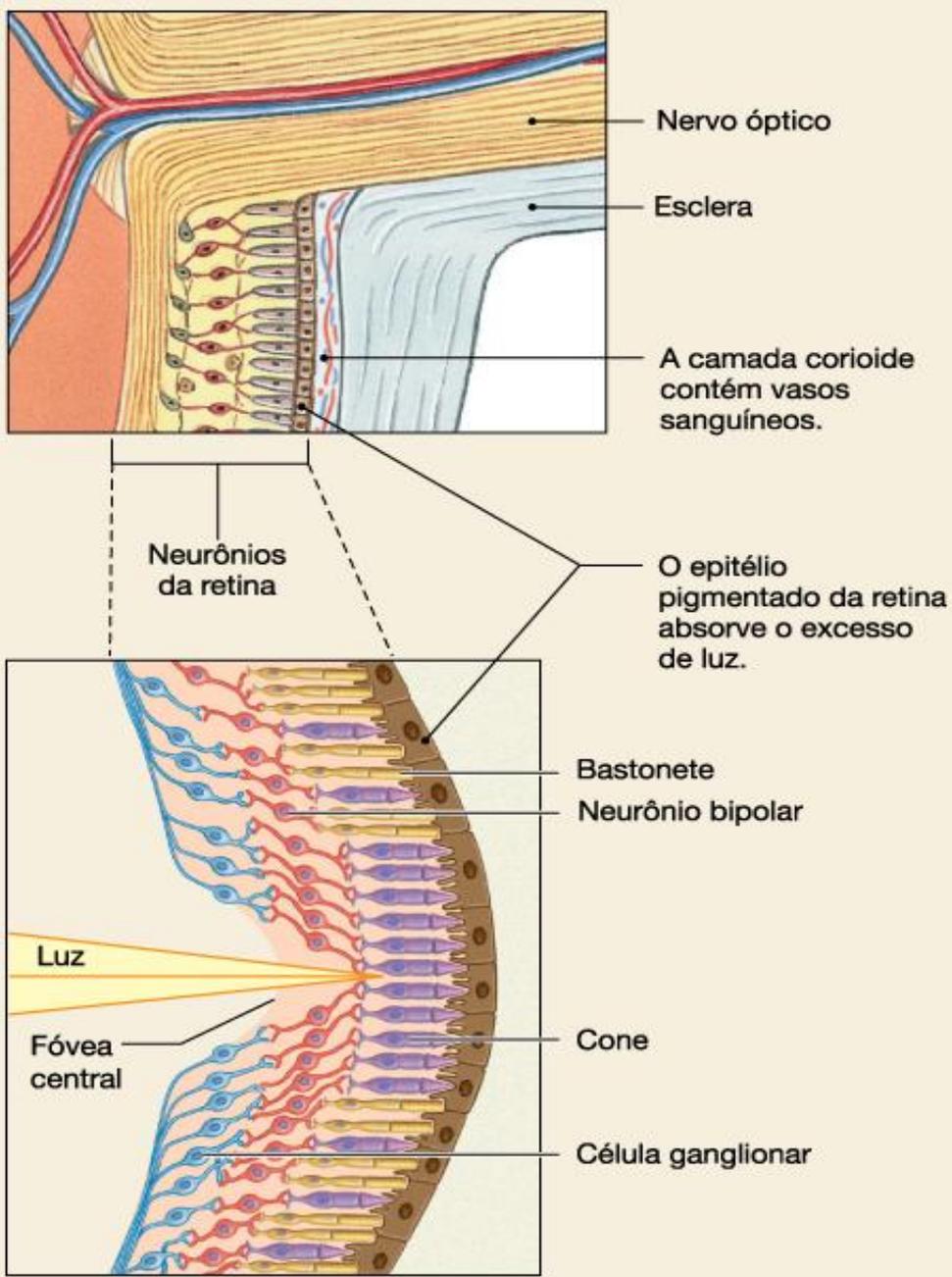
**MYOPIA**  
the image is formed  
before retina



**HYPEROPIA**  
the image is formed  
behind the retina

# FUNÇÃO VISUAL

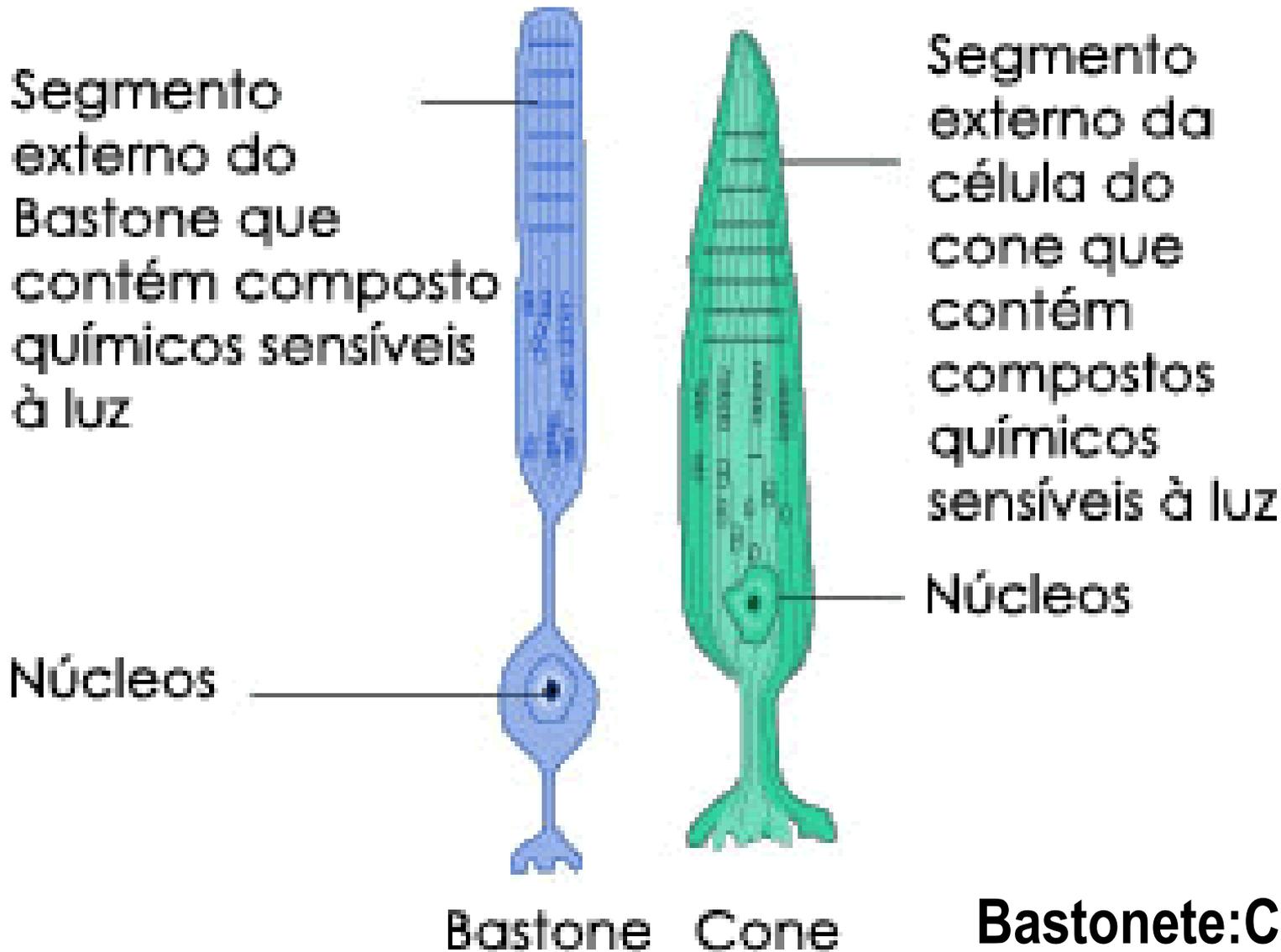
- Habilidade de detectar a luz e movimentos
- Perspectiva visual (consciência do que está vendo)
- Percepção de profundidade
- Acuidade visual (Detalhes espaciais)
- Percepção de cores e formas



## NEURÔNIOS DA RETINA

1. Fotorreceptores
2. Células bipolares
3. Células ganglionares
4. Células amacrinas
5. Células horizontais

# FOTORRECEPTORES: CONES E BASTONETES



# PIGMENTO VISUAL DOS FOTORRECEPTORES

## Bastonetes

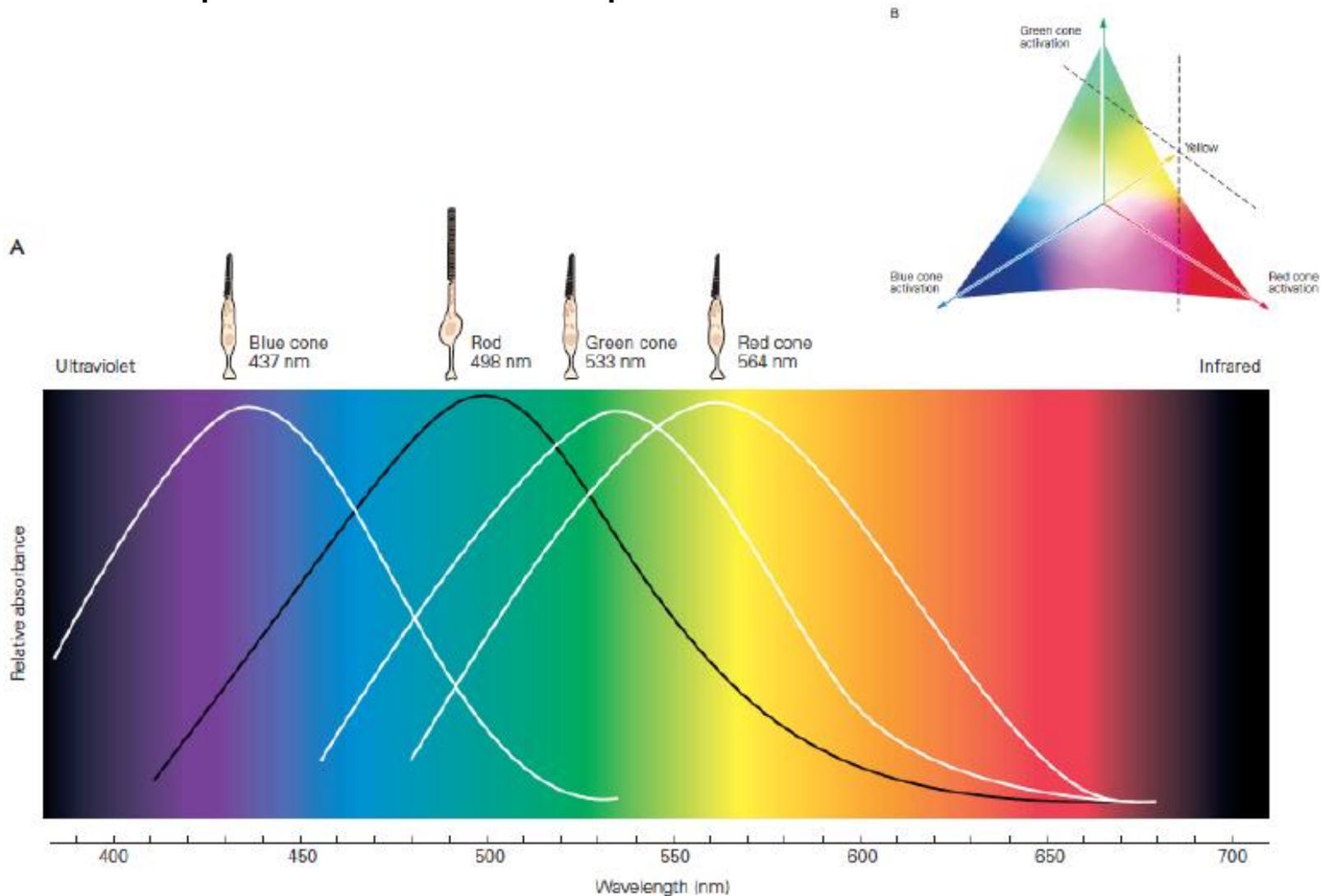
- mais numerosos
- visão monocromática (noturna)
- funcionam sob baixa luminosidade

## Cones

- visão policromática (colorida)
- funcionam sob alta luminosidade
- acuidade visual

# ABSORÇÃO DA LUZ PELOS PIGMENTOS VISUAIS

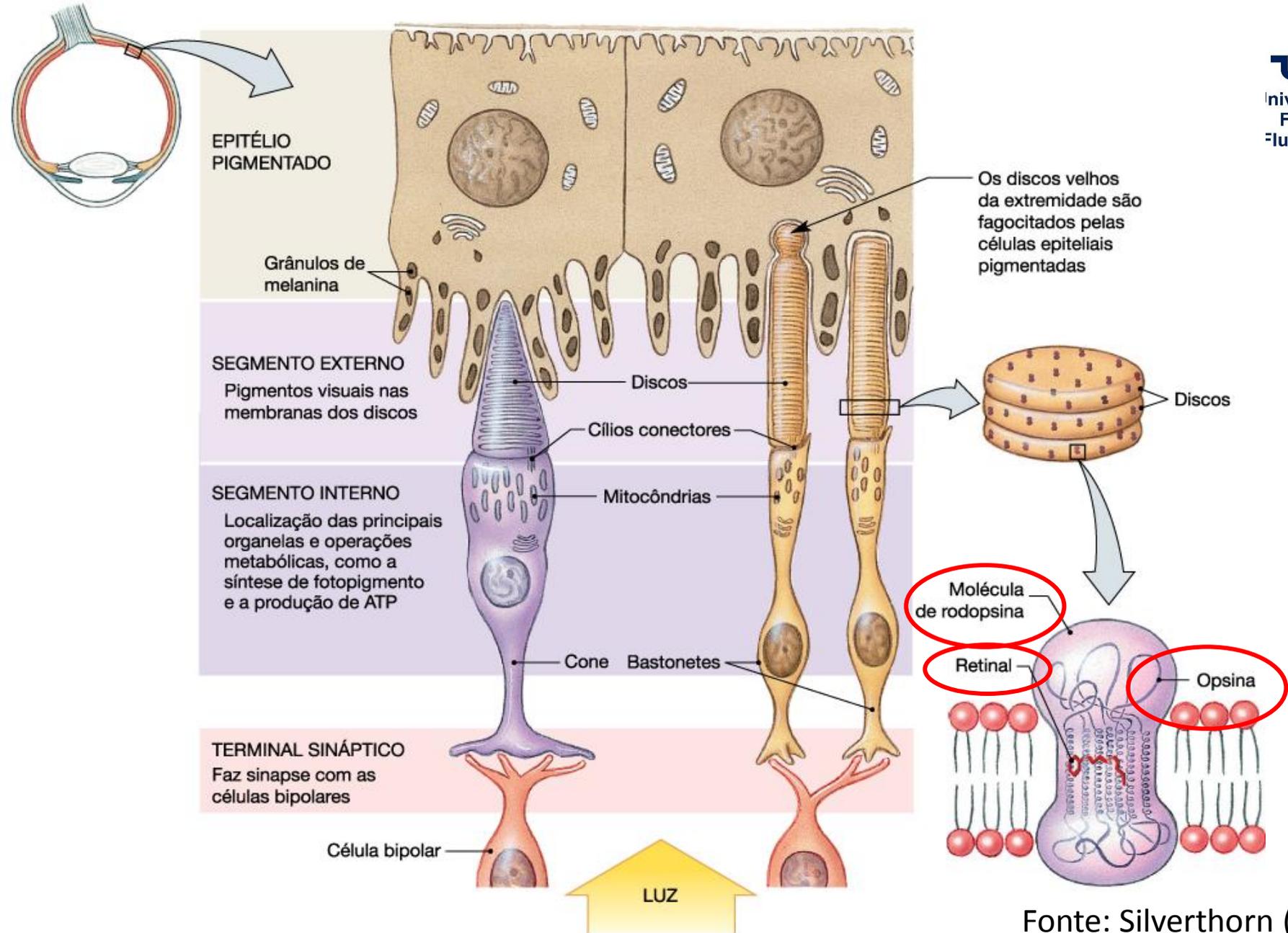
Excitados por diferentes comprimentos de onda



# TRANSDUÇÃO DA LUZ PELOS FOTORRECEPTORES

## FOTOTRANSDUÇÃO

- Substância sensível a luz é a rodopsina
- Glutamato é o quimiotransmissor para as células bipolares (cones e bastonetes)
- Ação: excitação (despolarização) ou inibição (hiperpolarização): depende do tipo de receptor presente na célula bipolar (cone ou bastonete)
- Um estímulo = duas respostas



Fonte: Silverthorn (2010)

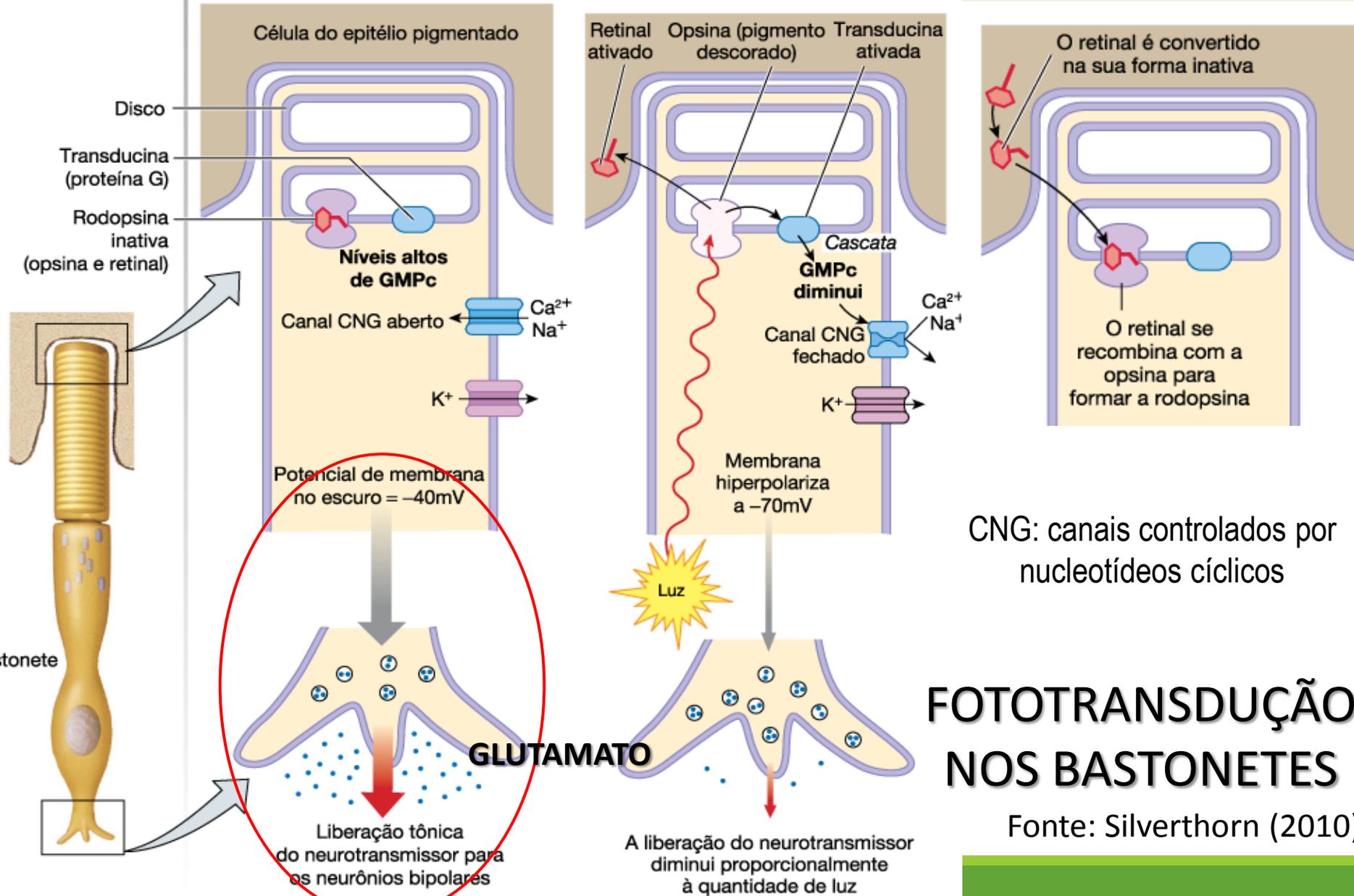
# FOTOTRANSDUÇÃO NOS BASTONETES

- Realizada na **ausência ou baixa intensidade de luz**
- Rodopsina permanece inativada e GMPc elevado
- Os canais de cátions permanecem abertos
- Há influxo de  $\text{Na}^+$  e efluxo de  $\text{K}^+$  (despolarização)
- Liberação constante de neurotransmissores (glutamato) para os neurônios bipolares
- Neurônios bipolares despolarizam
- A intensidade de luz diminui a liberação de GMPc

(a) No escuro, a rodopsina é inativa, o GMPc é alto e os canais CNG e de  $K^+$  estão abertos.

(b) A luz causa o descoloramento da rodopsina. A opsina diminui os níveis de GMPc, fecha os canais CNG e hiperpolariza a célula.

(c) Na fase de recuperação, o retinal se recombina com a opsina.

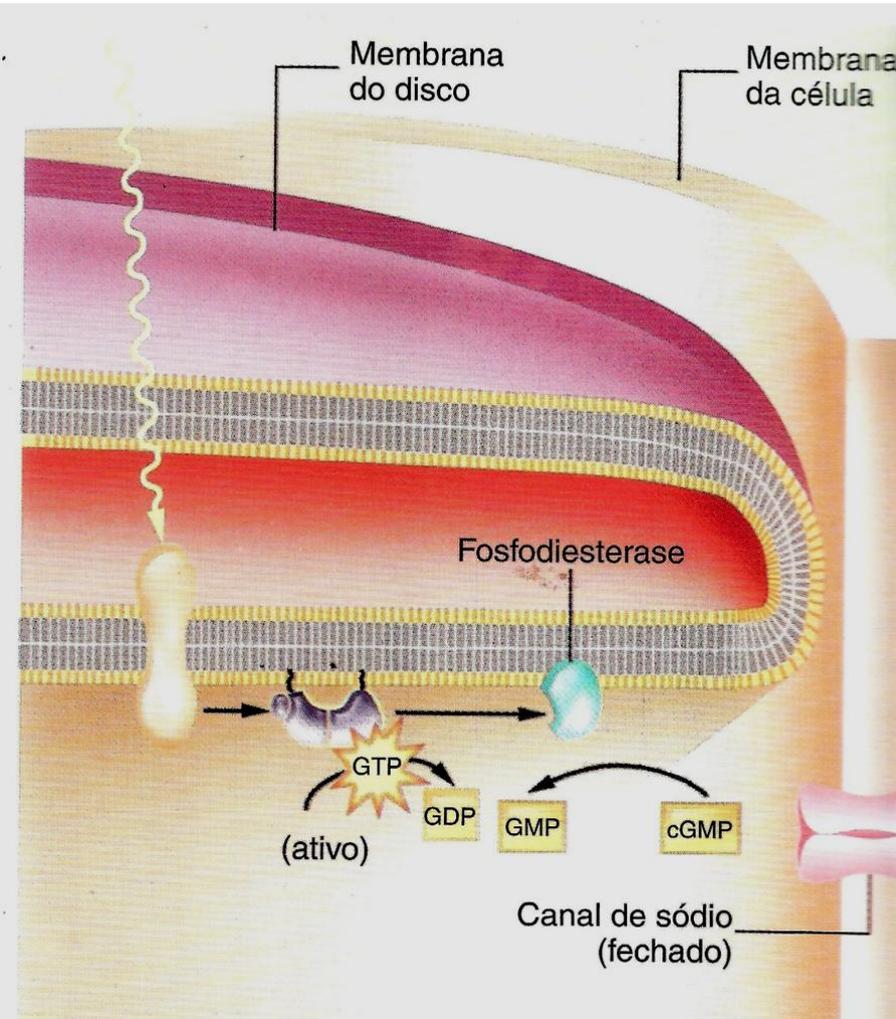
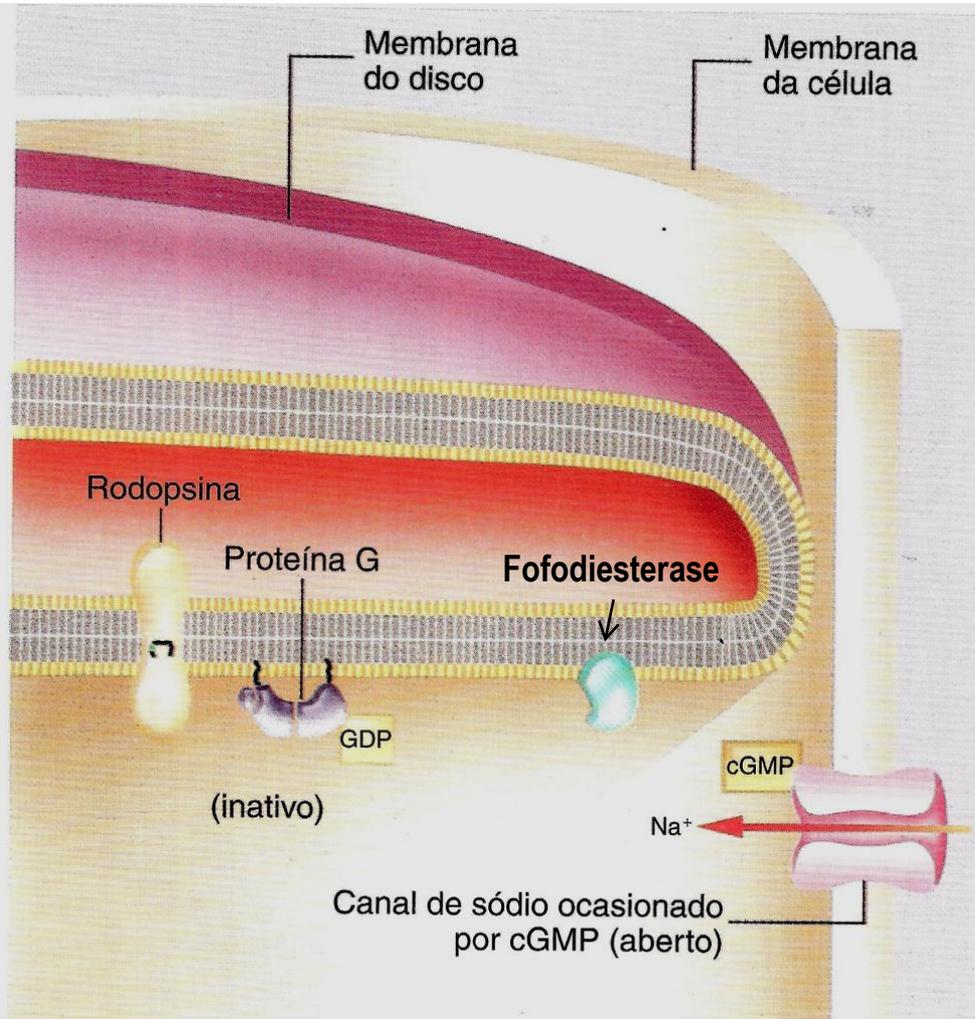


CNG: canais controlados por nucleotídeos cíclicos

## FOTOTRANSDUÇÃO NOS BASTONETES

Fonte: Silverthorn (2010)

# FOTOTRANSDUÇÃO NO ESCURO E NA LUZ



GMPc – monofostato cíclico de guanosina

Fonte: CURI & PROCÓPIO (2009)

# FOTOTRANSDUÇÃO NOS BASTONETES

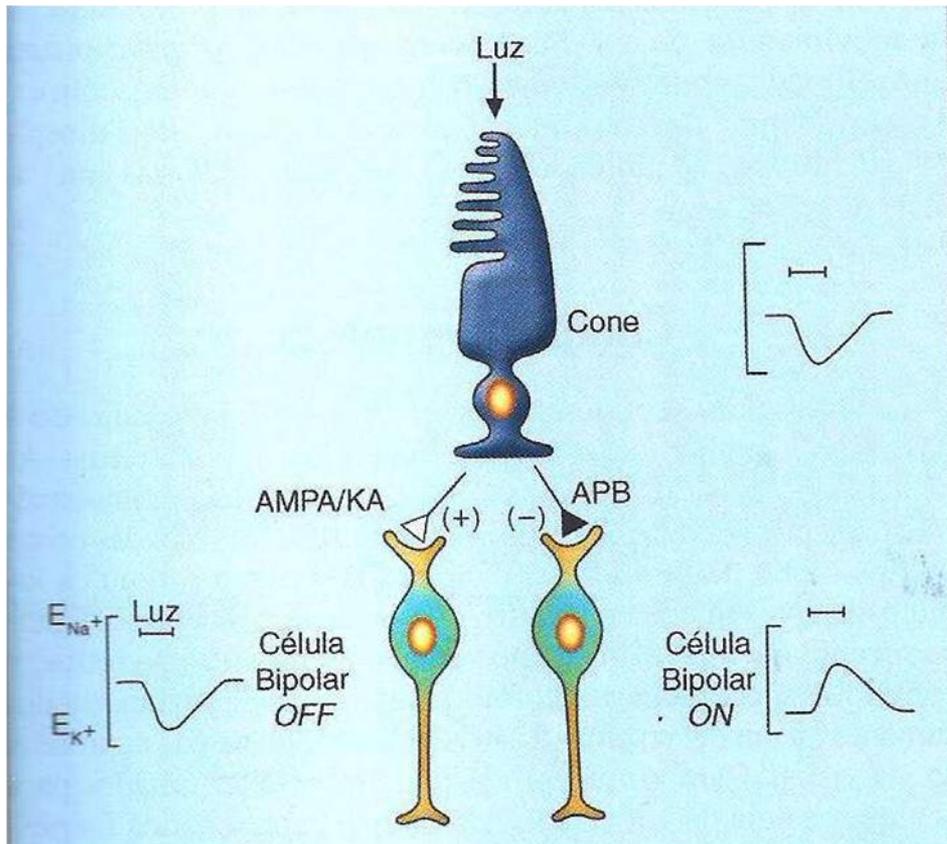
- **Estímulo de luz** a rodopsina (retinal + opsina).
- Alteração conformacional (descoramento).
- Ativação em cascata de segundo mensageiro
- Fechamento de canais de cátions.
- **Diminuição** da liberação de neurotransmissor (**glutamato**) para os neurônios bipolares de acordo com a intensidade de luz.

# FOTOTRANSDUÇÃO NOS CONES

- A intensidade de luz diminui a liberação de GMPc, e dependente do espectro da luz (curto, médio ou longo)
- Fechamento dos canais de cátions
- Saída de  $K^+$  (Hiperpolarização)
- Célula bipolar segrega informação e despolariza
- Célula ganglionar despolariza

# CÉLULA BIPOLAR

- Onze tipos
- 10 bastonetes:1 cone
- Respondem diferente ao cone



## LUZ-ON

Receptores de glutamato do tipo APB

Aminopectidase basica

**Despolariza**

## LUZ-OFF

Receptores de glutamato do tipo AMPA/Ka.

Aminopectidase ácida

**Hiperpolariza**

Fonte: CURI & PROCÓPIO (2009)

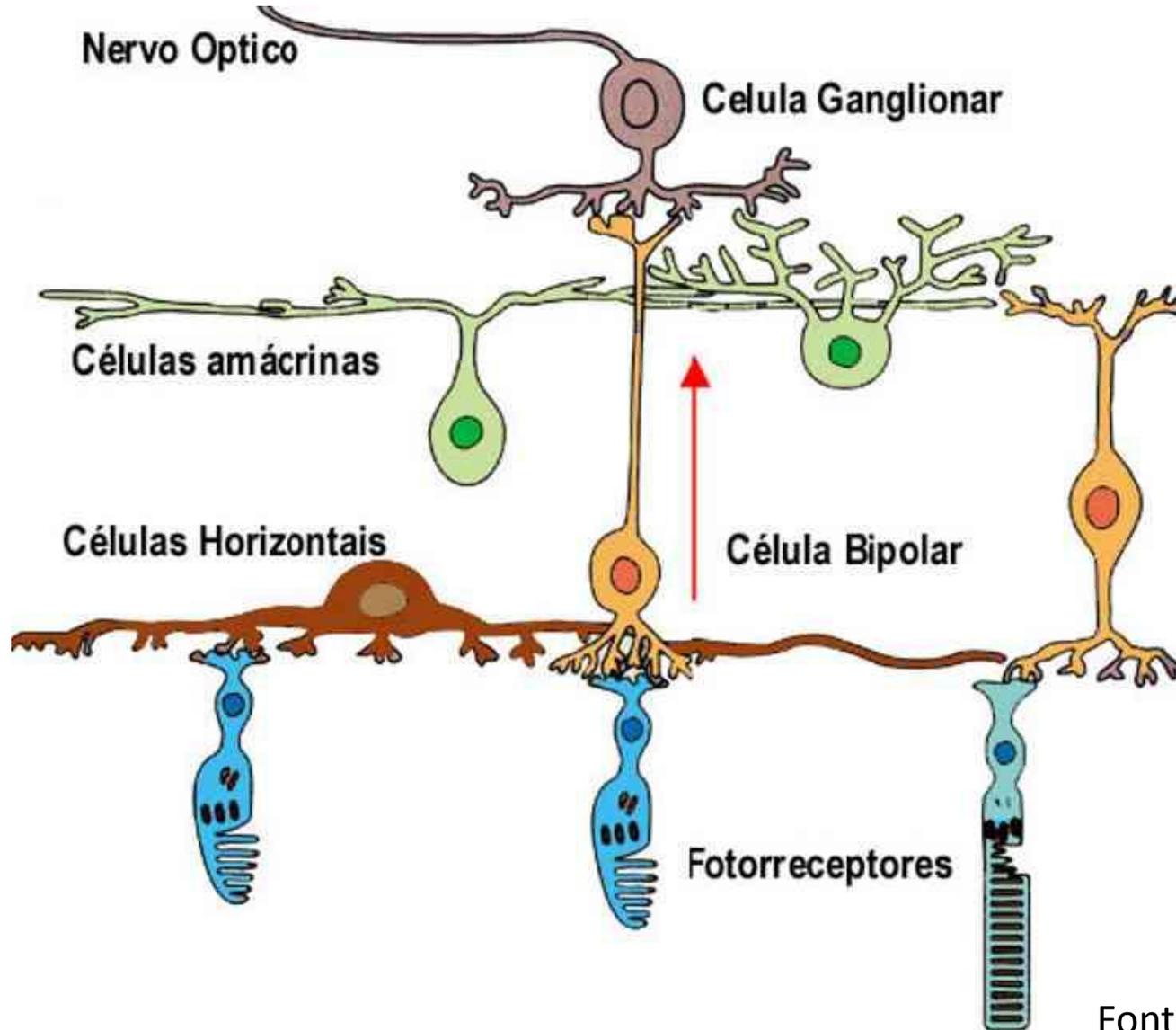
# TRANSDUÇÃO DA LUZ

## FOTOTRANSDUÇÃO

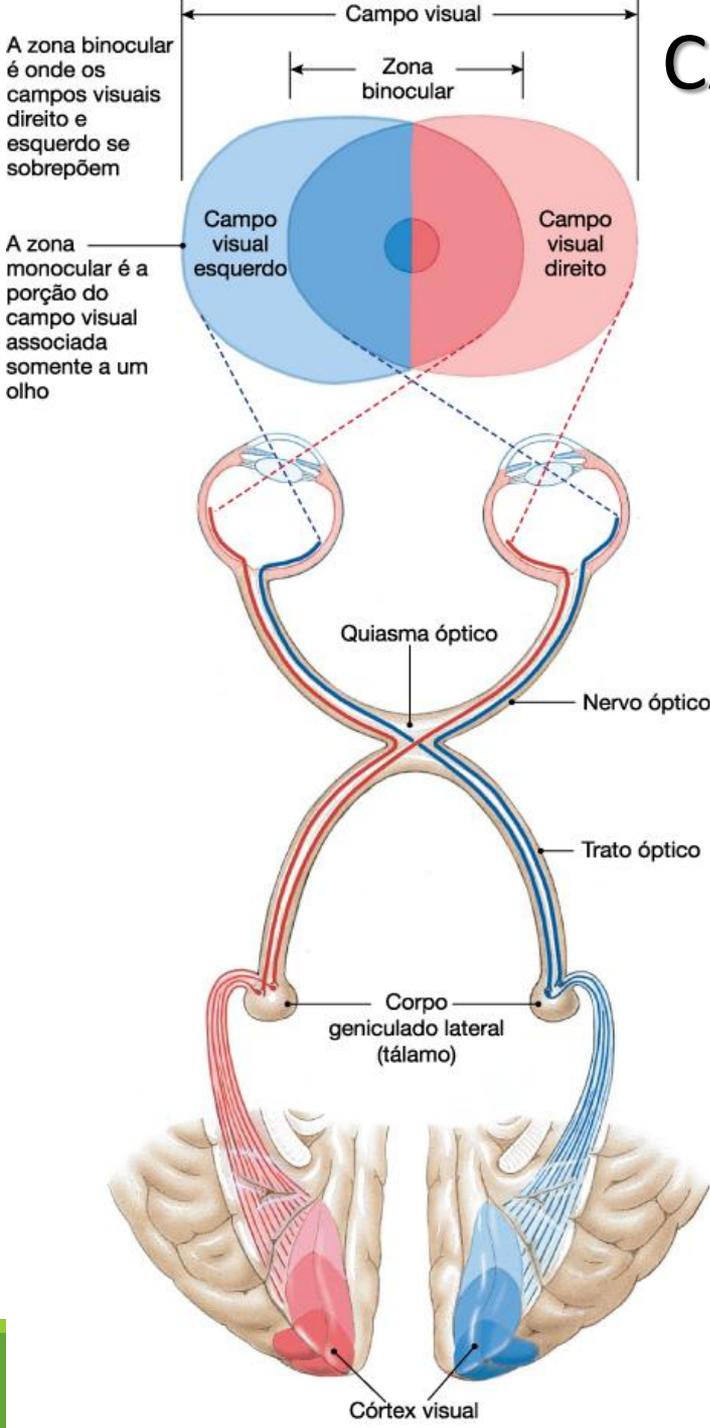
Estímulo das células ganglionares é importante para o reconhecimento de:

- Contraste (distinção dos objetos ou pessoas)
- Localização, movimentação e profundidade
- Cor, forma e textura

# TRANSDUÇÃO DA LUZ



# CAMPOS VISUAIS DOS OLHOS E A VISÃO BIOCULAR

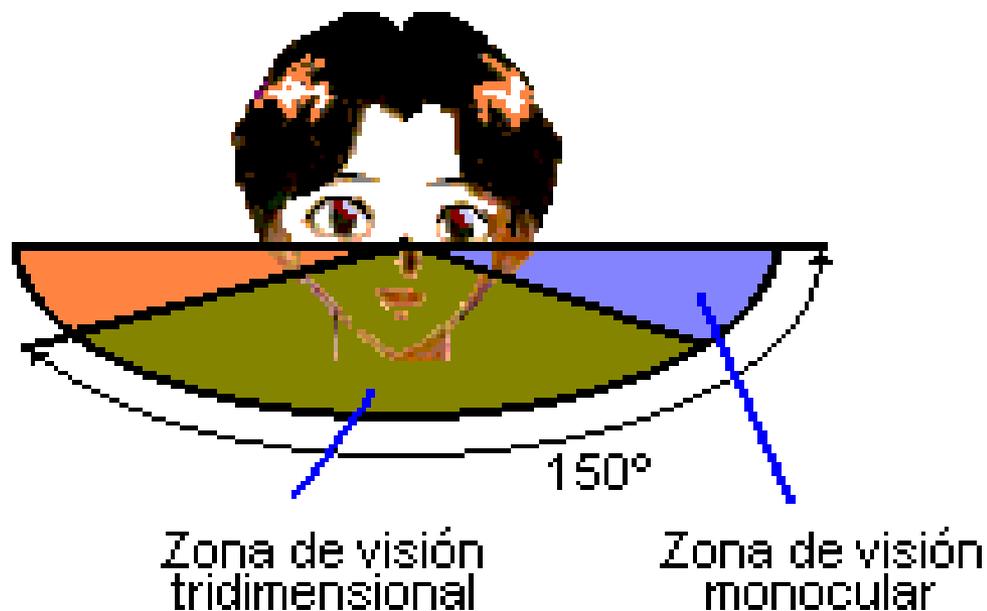


- ✓ Corpo geniculado lateral (tálamo)
- ✓ Quiasma óptico - decussação
- ✓ Córtex visual (cérebro)
- ✓ Reúne todas as informações oriundas das células ganglionares e processa simultaneamente

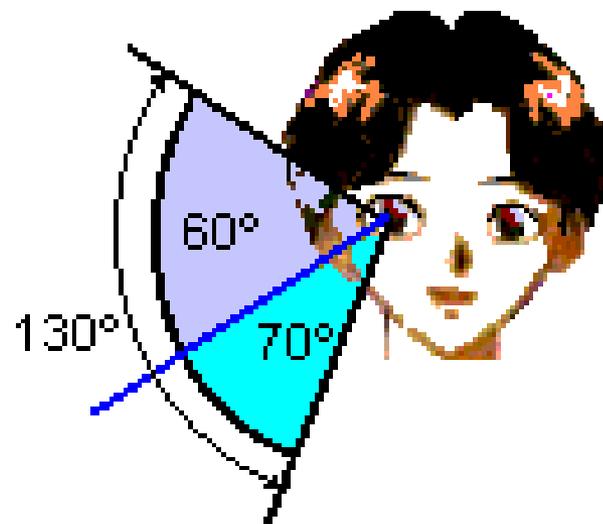
# CAMPO VISUAL

Consiste na quantificação da área espacial percebida pelo olho.

Visão monocular e Visão binocular

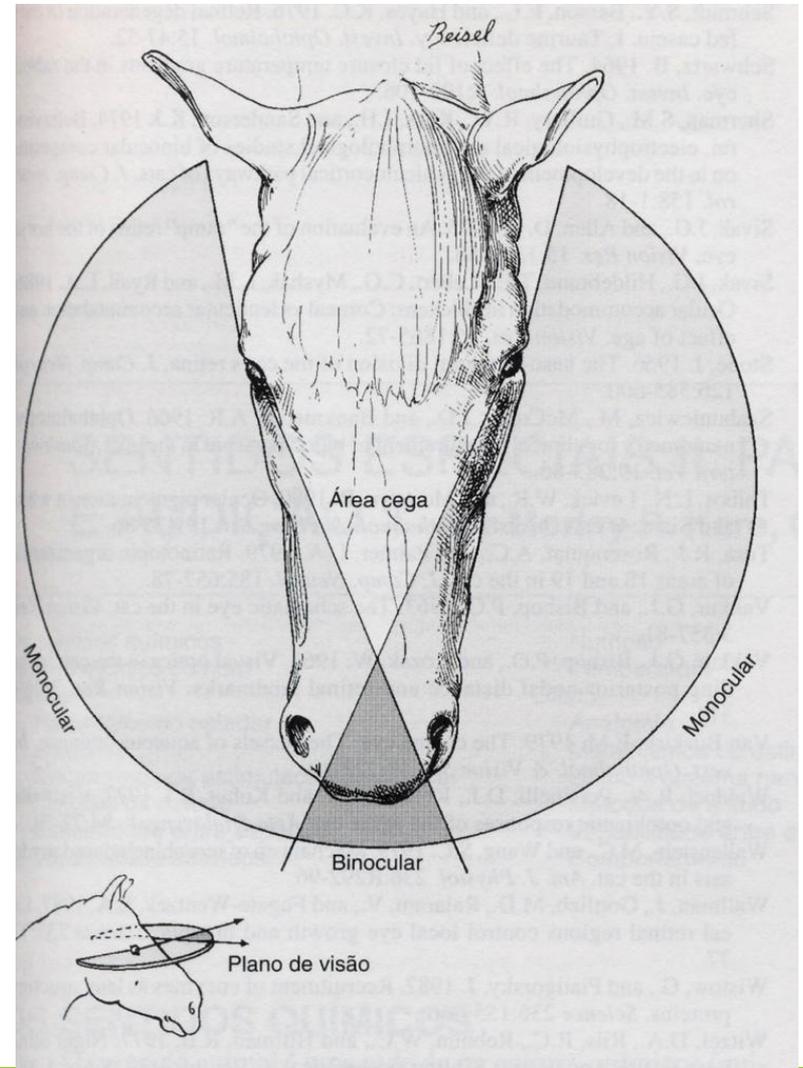
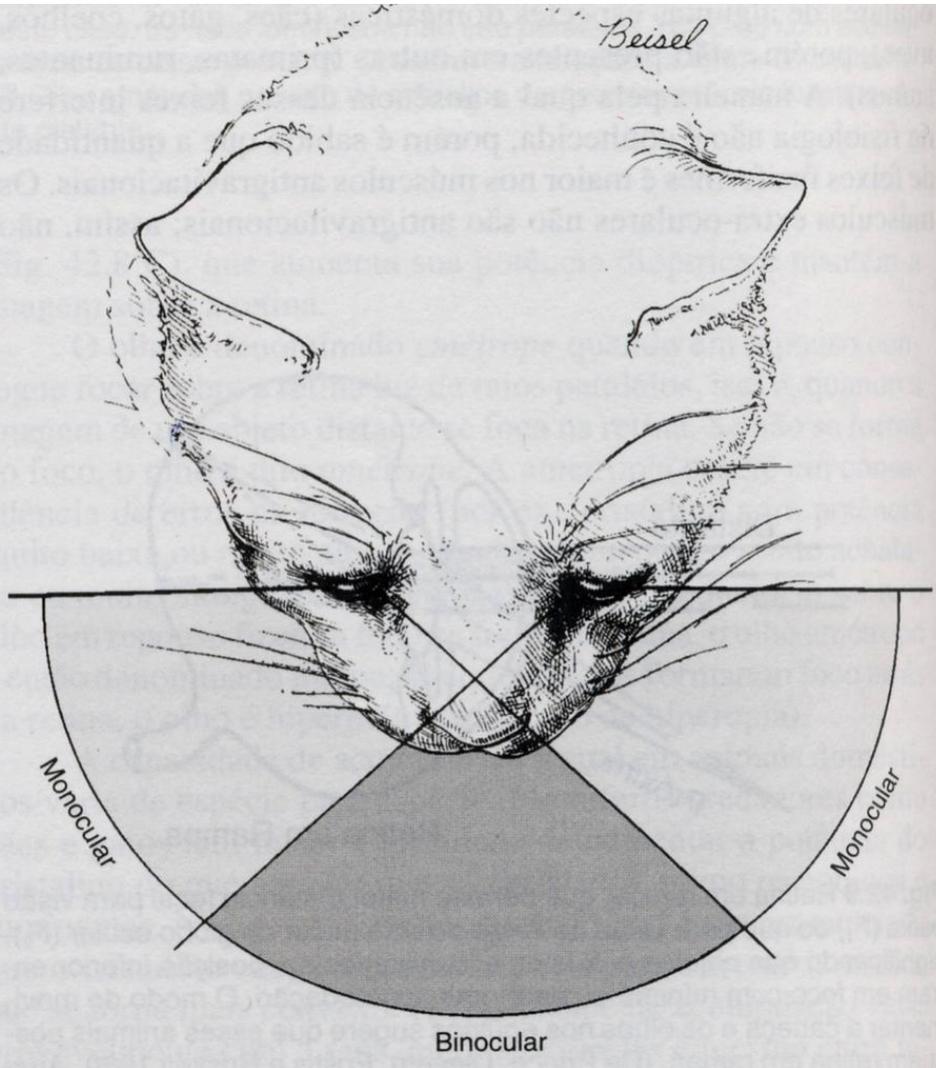


Campo visual horizontal



Campo visual vertical

# CAMPO VISUAL



# REFLEXO PUPILAR/CONSENSUAL

## REFLEXO FOTOMOTOR



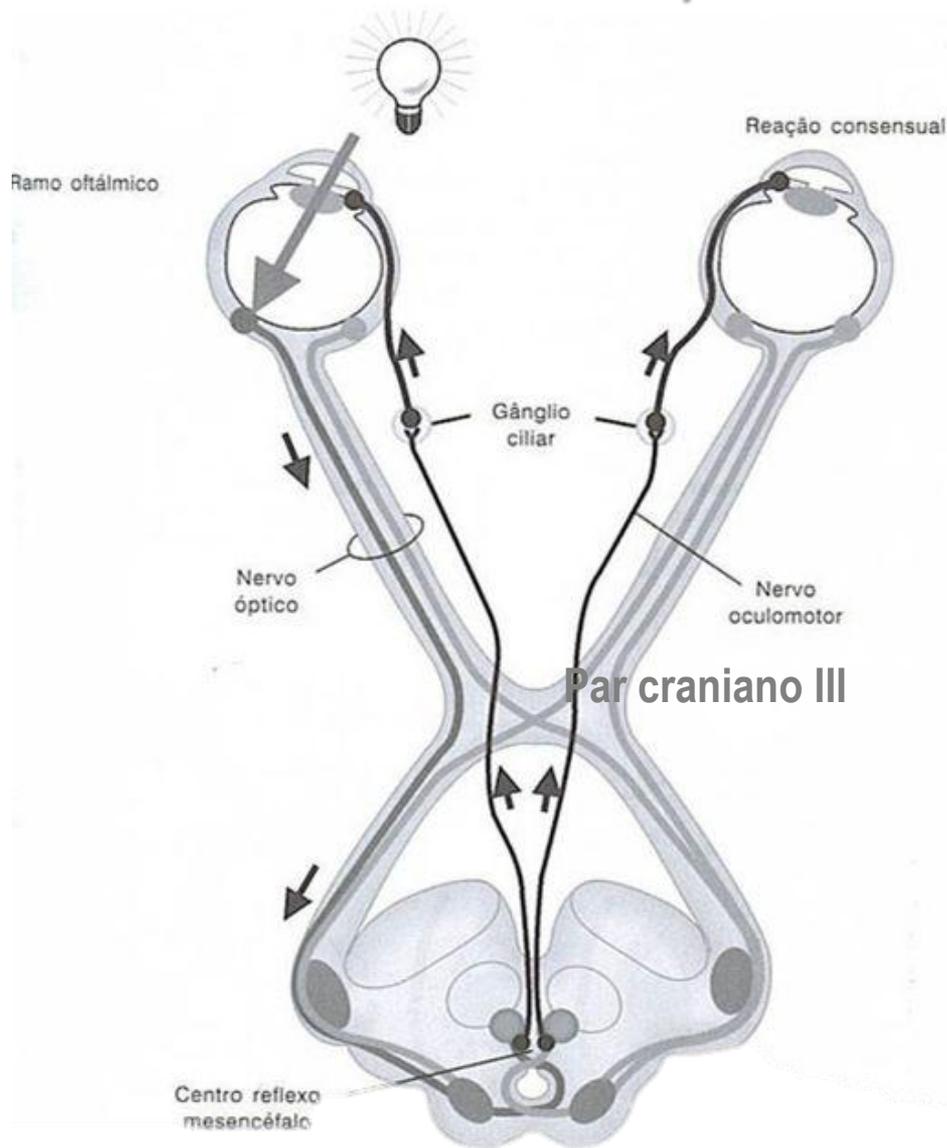
Muito utilizado na clínica para aferir o funcionamento do sistema nervoso central e periférico

**ESTIMULO É A LUZ**



**RESPOSTA É A CONTRAÇÃO PUPILAR**

Mediada pela ativação parassimpática  
E inibição simpática



# CONCLUSÕES

- A visão é um sistema complexo em que a luz é refletida e transformada em imagem. Sua função caracteriza-se pela habilidade de detectar a luz e movimentos, a perspectiva visual, a percepção de profundidade, a acuidade visual e a percepção de cores e formas.
- Exige um conhecimento básico do comportamento físico dos raios luminosos e da anatomia do globo ocular.
- A luz, uma vez refletida na retina, é transformada em impulsos nervoso por um conjunto de células especializadas nervosas.
- Participam da transdução as células fotorreceptoras e células nervosas que efetuam integração horizontal e vertical da informação visual.
- Rodopsina é o pigmento presente nas células fotorreceptoras e responsável pela modulação da proteína G e produção de neurotransmissor GLUTAMATO.

# CONCLUSÕES

- As células ganglionares formam o NERVO OPTICO que é o nervo sensitivo da visão.
- Os impulsos nervosos seguem pelo NERVO ÓPTICO (NERVO CRANIANO II) para o SNC.
- No SNC, o nervo óptico faz sinapse no TÁLAMO e segue via neurônios secundários para a CÓRTEX DA VISÃO.
- Através do QUIASMA ÓPTICO a imagem se transforma em uma única.
- Respostas autonômicas retornam pelos NERVOS CRANIANOS para ajuste da entrada de luminosidade e ajuste da imagem no globo ocular.
- Respostas associativas para o entendimento da imagem, movimento de direção, aprendizagem e outros são realizadas também na córtex cerebral.



# LITERATURA CONSULTADA

---

- AIRES, M.M. **Fisiologia**. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 1352p.
- CURI, R. & ARAÚJO FILHO, J. P. **Fisiologia básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. 857 p.
- GOLDBERG, S. C. **Clinical Physiology made ridiculously simple**. Miami: MedMaster, ed.2.2014.153 p.
- GUYTON, A.C. & HALL, J.E., **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, Ed.9, 1997. 1116p.
- SILVERTHORN, D.U. **Fisiologia humana. Uma abordagem integrada**. Porto Alegre: Artmed, 2010. 992p.

**Dúvidas?**

