



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

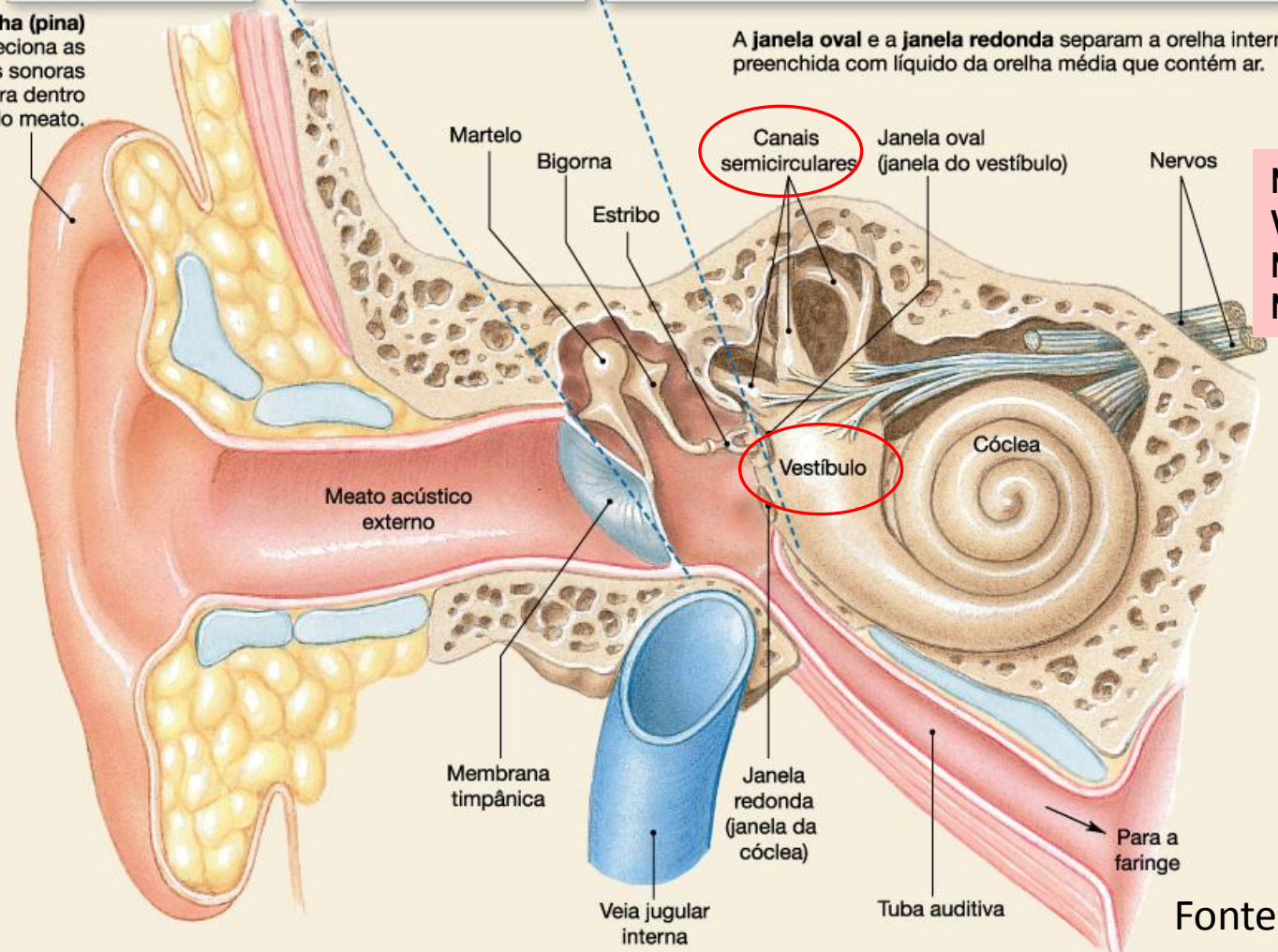


1. Equilíbrio corporal
2. Estabilização da visão durante movimentos da cabeça e dos olhos.
3. Auxílio na orientação espacial (propiocepção).

APARELHO AUDITIVO – A ORELHA



ORELHA EXTERNA ORELHA MÉDIA ORELHA INTERNA



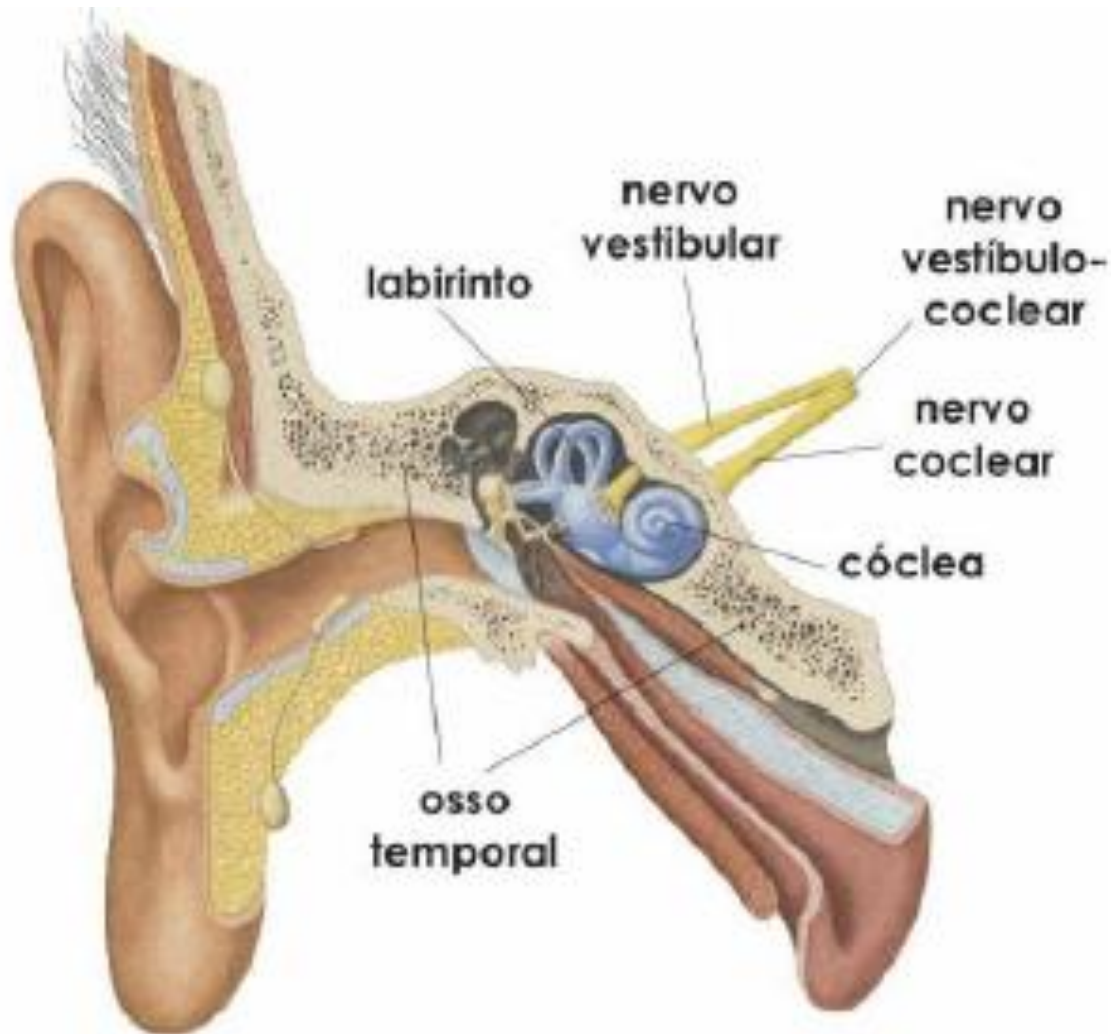
A janela oval e a janela redonda separam a orelha interna preenchida com líquido da orelha média que contém ar.

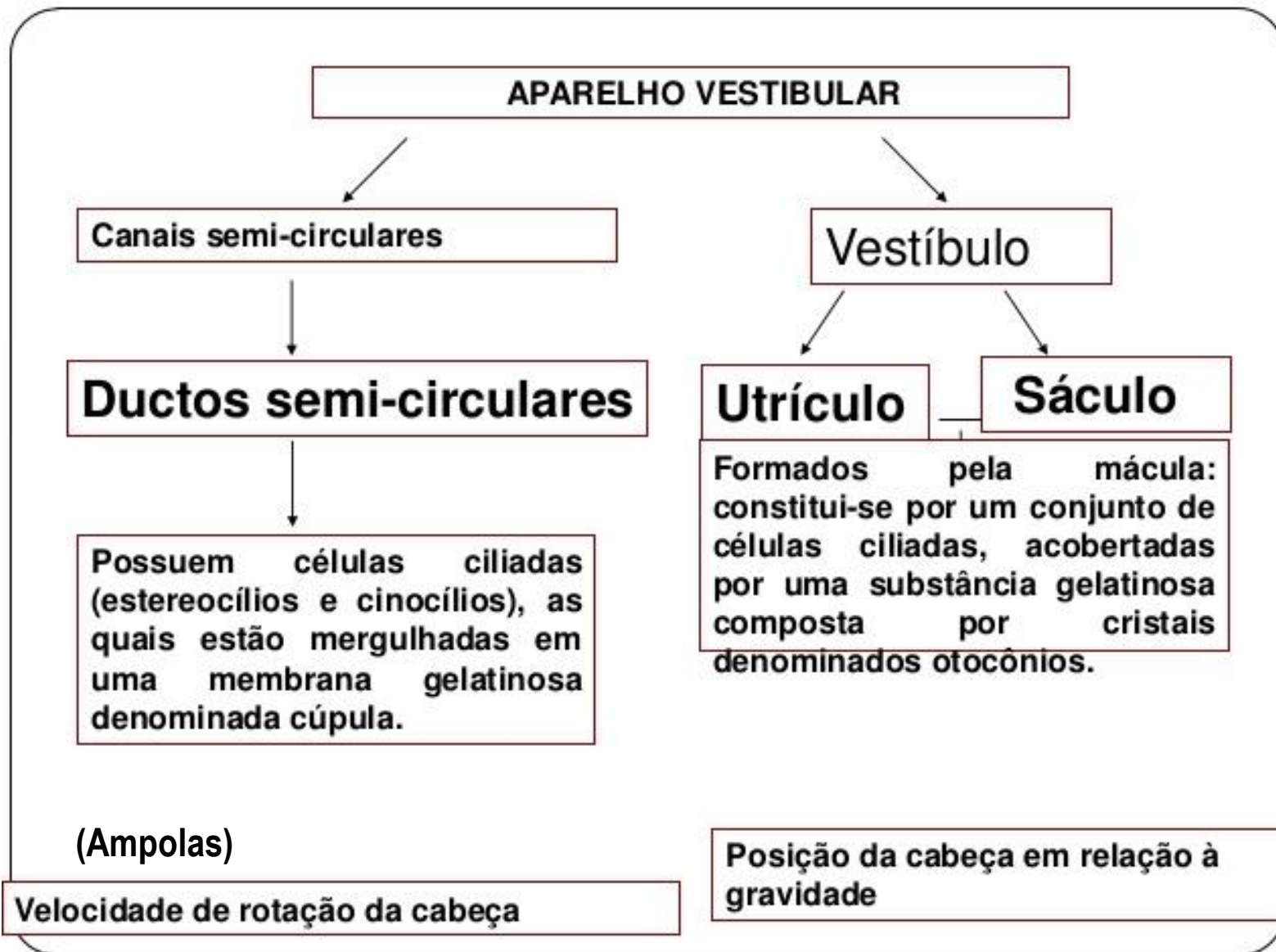
**Nervo craniano VIII:
VESTIBULOCOCLEAR**
Nervo vestibular
Nervo coclear

Fonte: SILVERTHORN (2010)

ORELHA INTERNA OU LABIRINTO

APARELHO VESTIBULAR

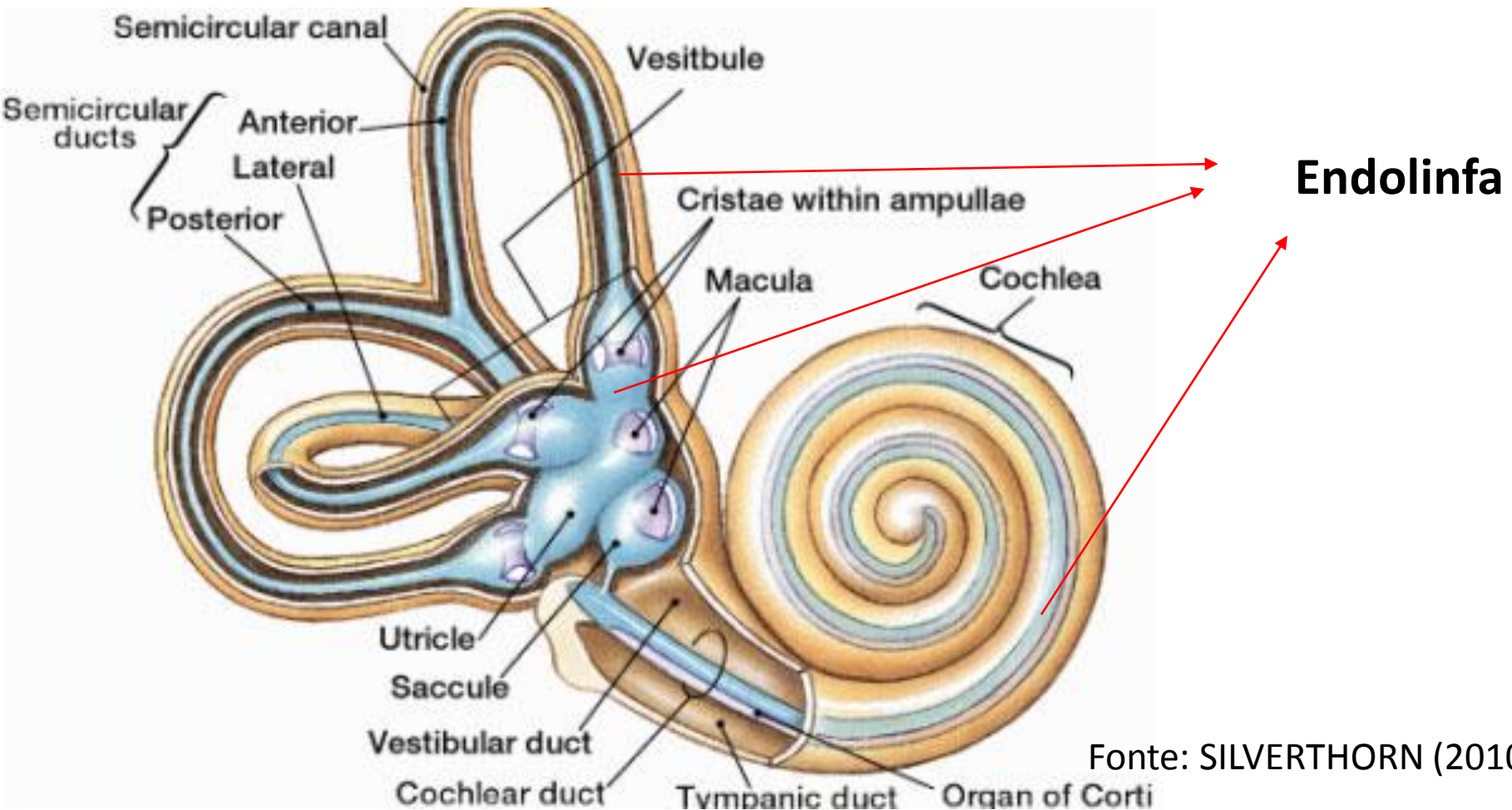




O APARELHO VESTIBULAR É UM SENSOR DE POSIÇÃO E DE MOVIMENTO

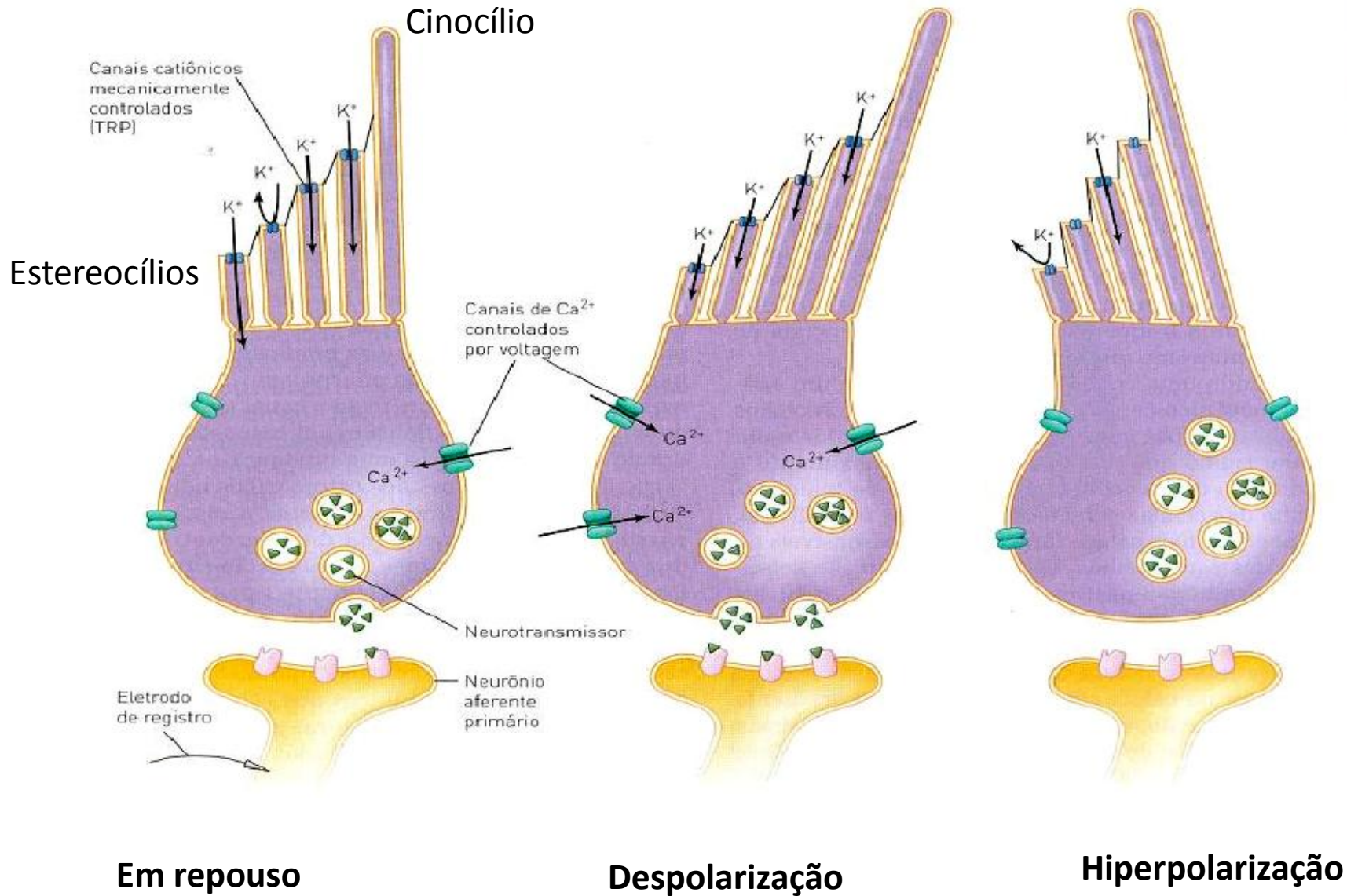
APARELHO VESTIBULAR

Vestíbulo (Saculo e Utrículo) e Canais semicirculares

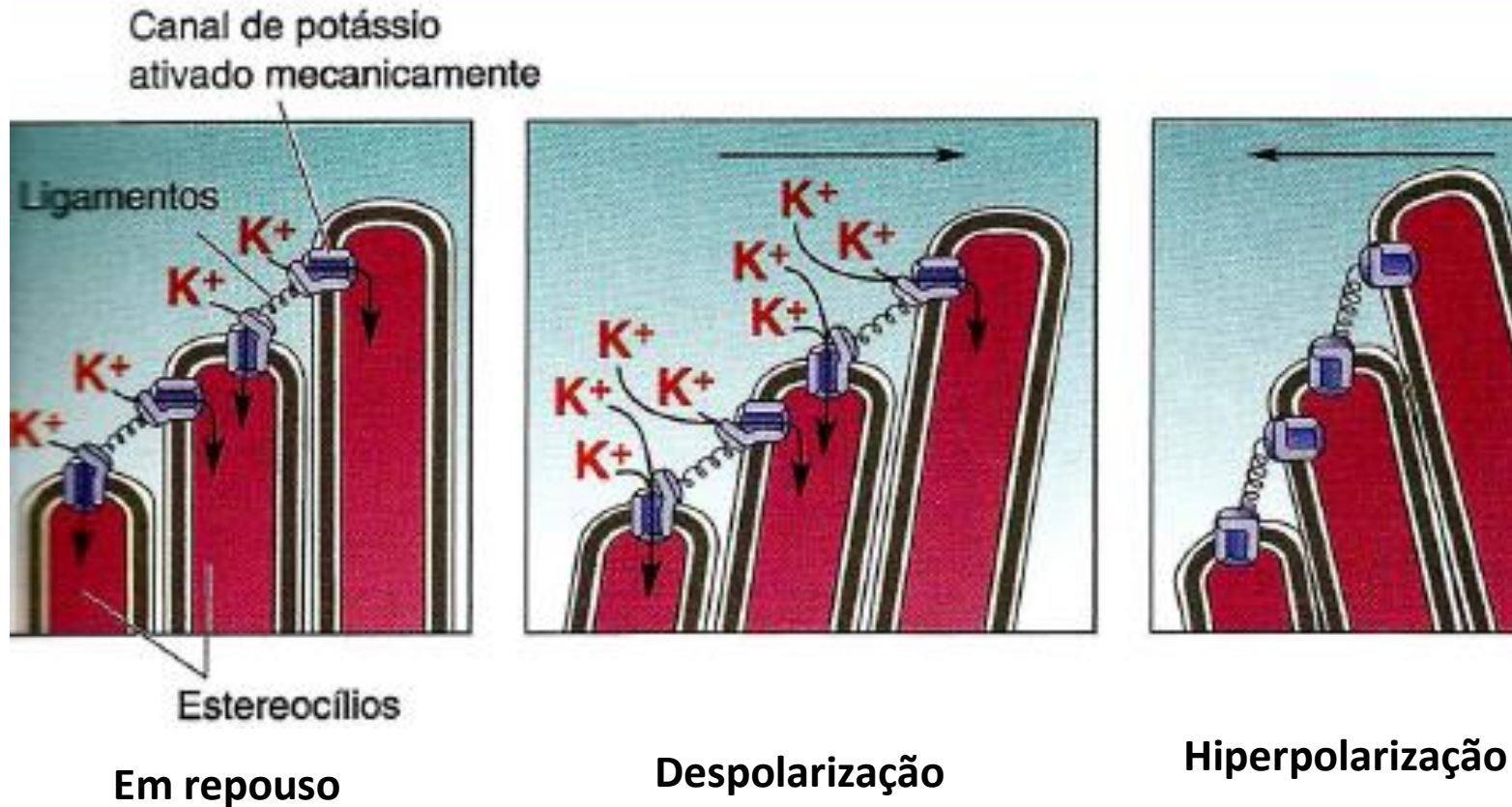


Fonte: SILVERTHORN (2010)

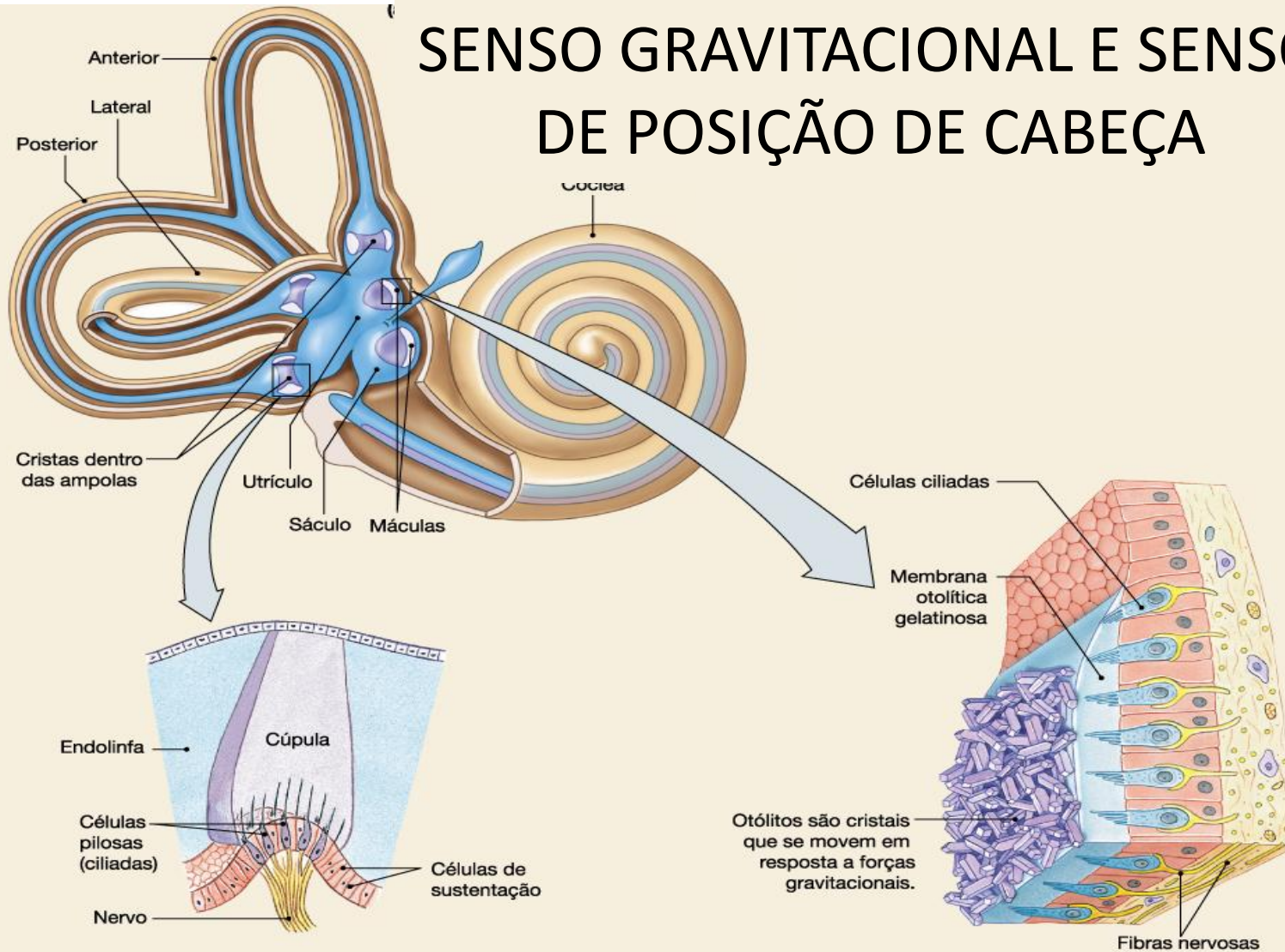
ESTÍMULO NA AMPOLA E NA MÁCULA



ESTÍMULO NA AMPOLA E NA MÁCULA

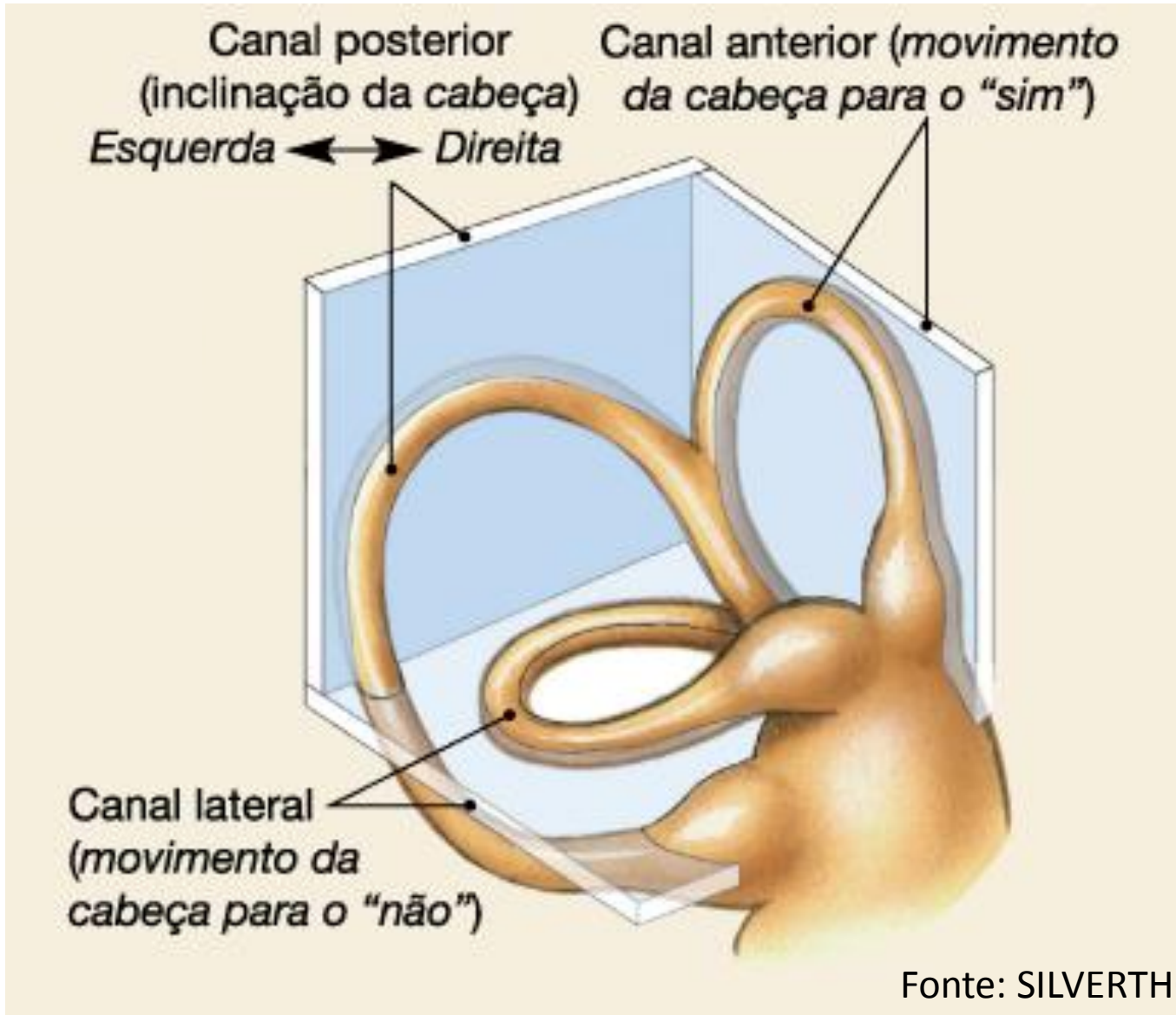


SENSO GRAVITACIONAL E SENSO DE POSIÇÃO DE CABEÇA



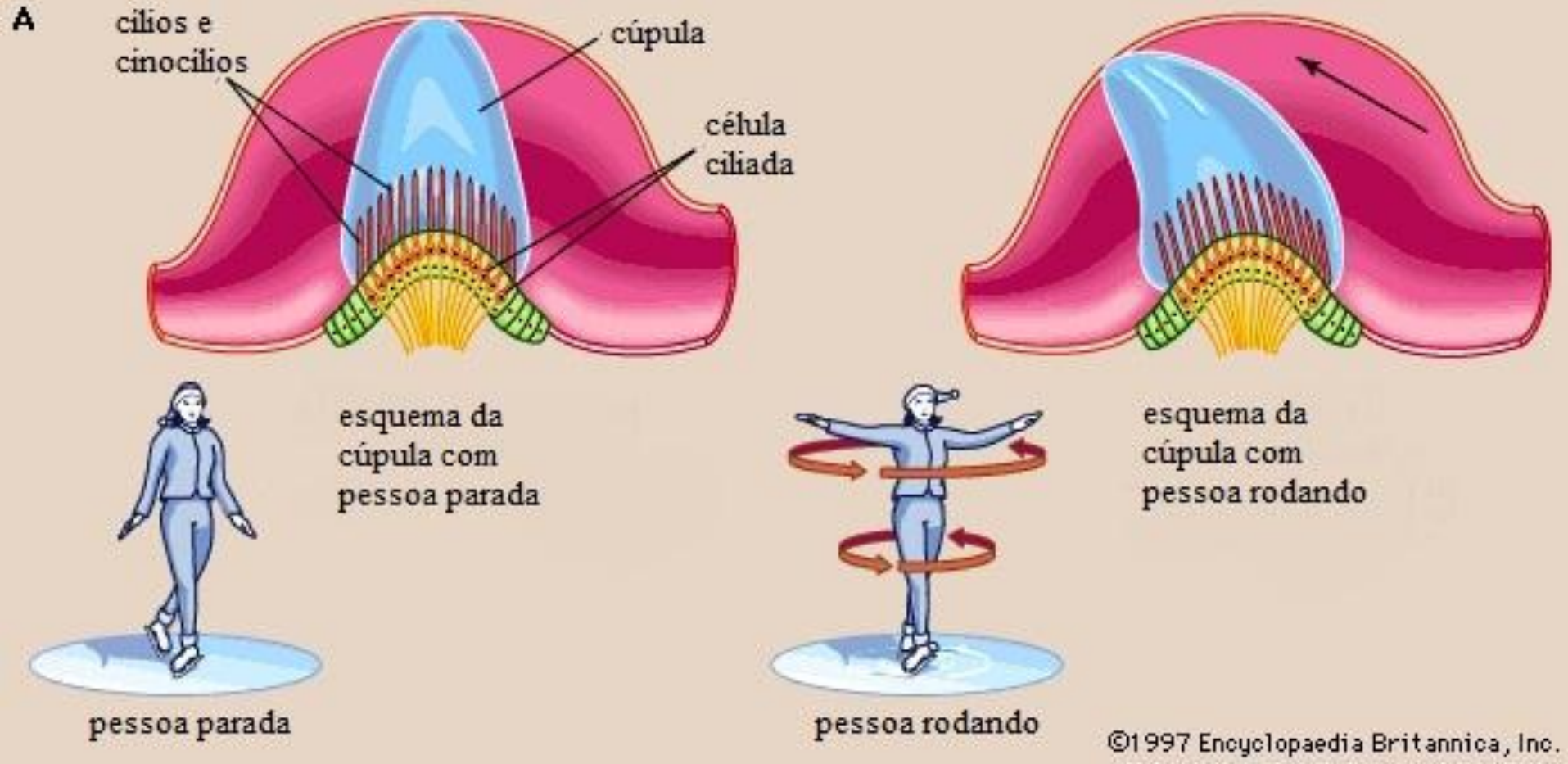
Fonte: SILVERTHORN (2010)

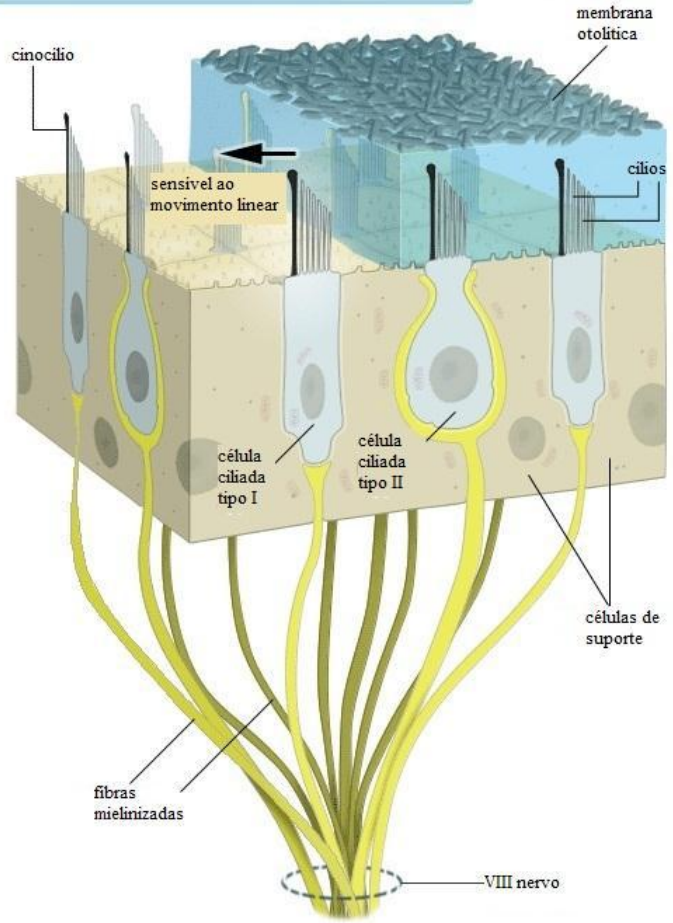
APARELHO VESTIBULAR – CANAIS SEMICIRCULARES



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

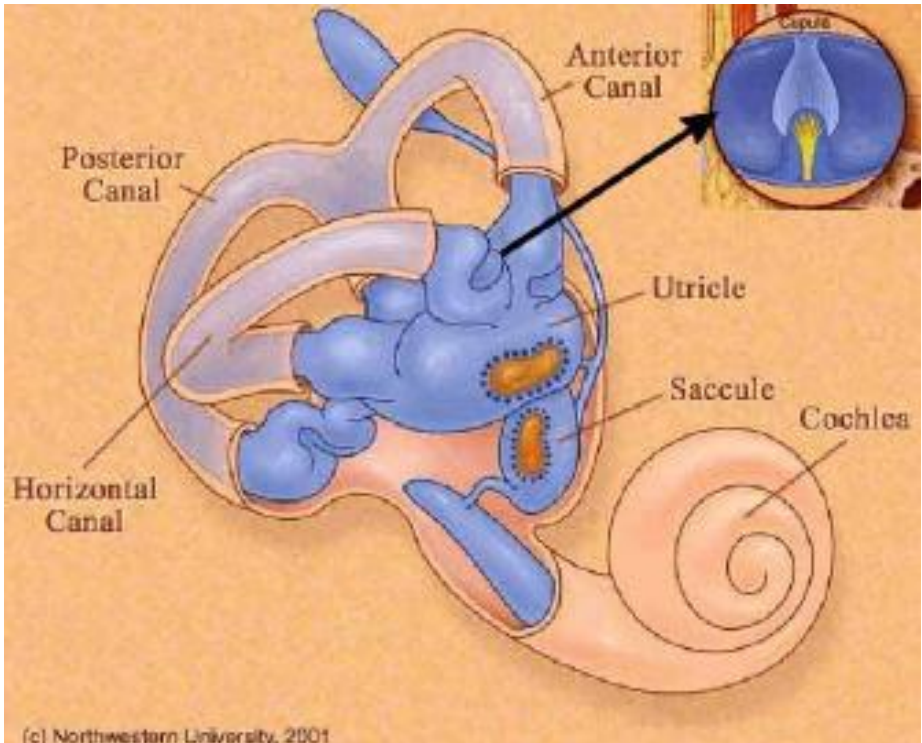




MÁCULA

Utrículo e Sáculo

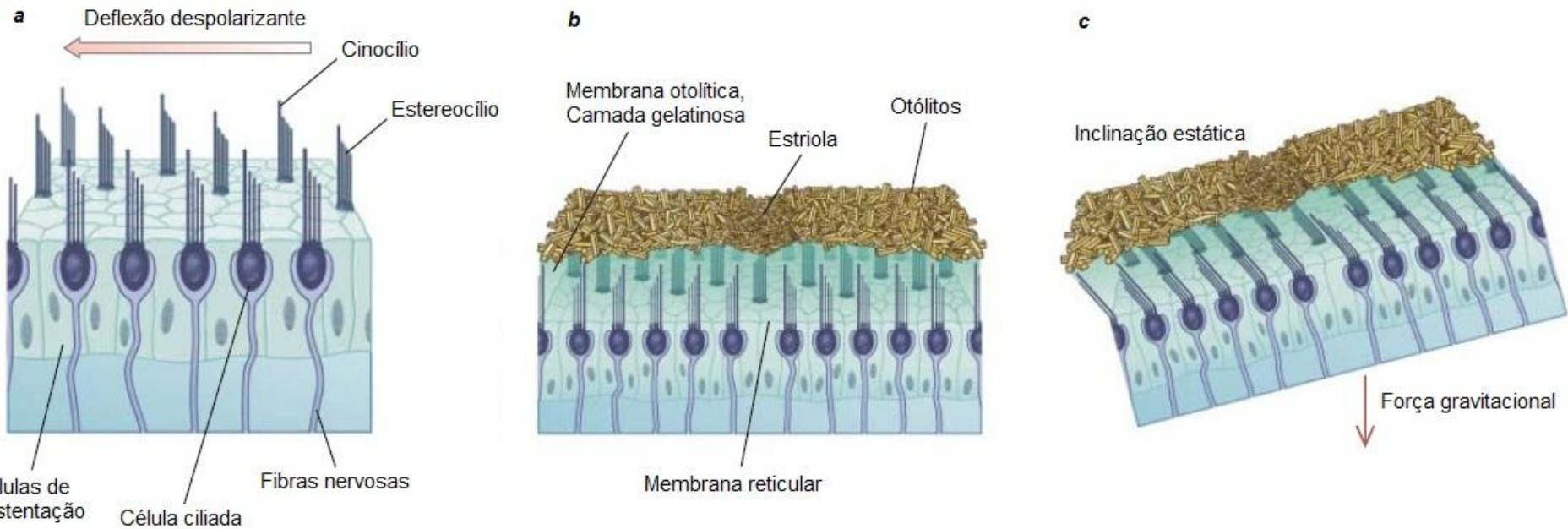
Orientação gravitacional em mudanças na posição da cabeça, e sobre movimentos com aceleração linear.



Fonte: SILVERTHORN (2010)

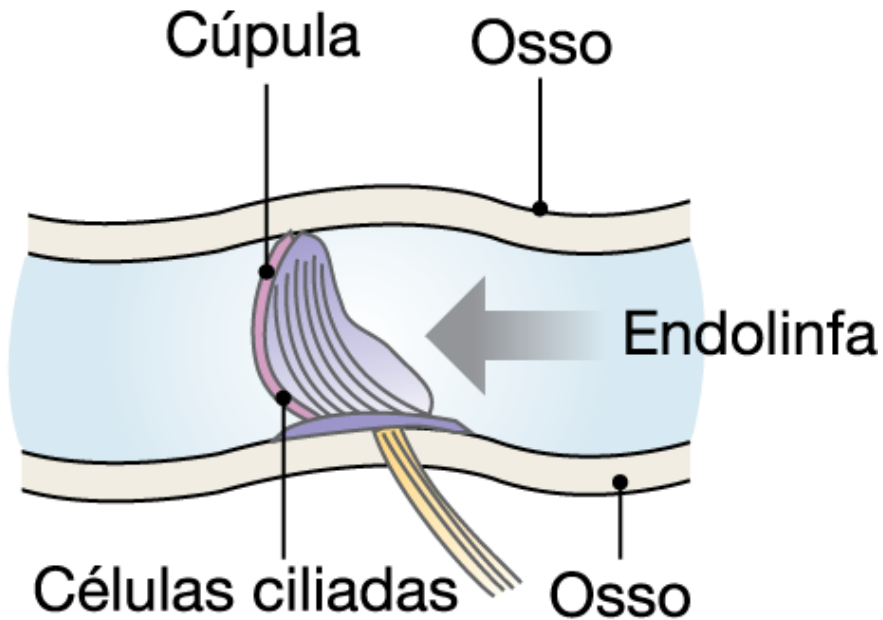
Utrículo responde no plano vertical
Sáculo no plano horizontal.

SENSO GRAVITACIONAL DA CABEÇA



Fonte: SILVERTHORN (2010)

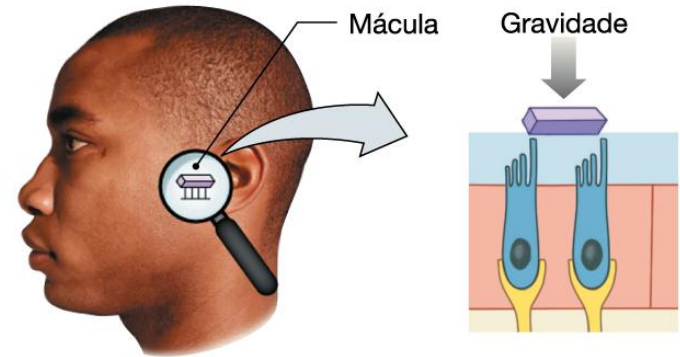
SENSO GRAVITACIONAL E SENSO DE POSIÇÃO DE CABEÇA



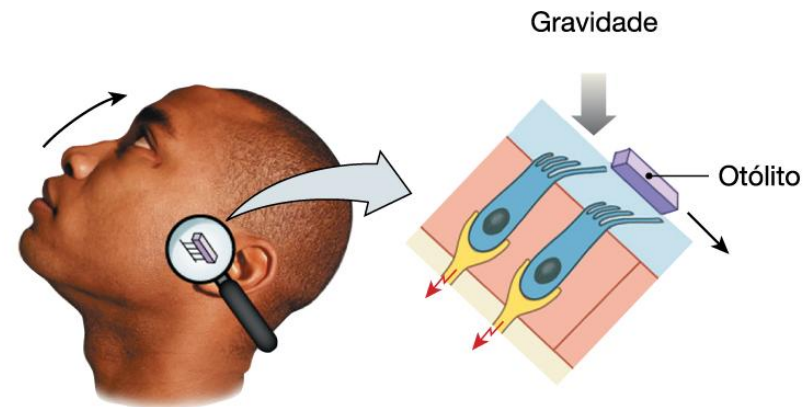
Direção da rotação da cabeça

Fonte: SILVERTHORN (2010)

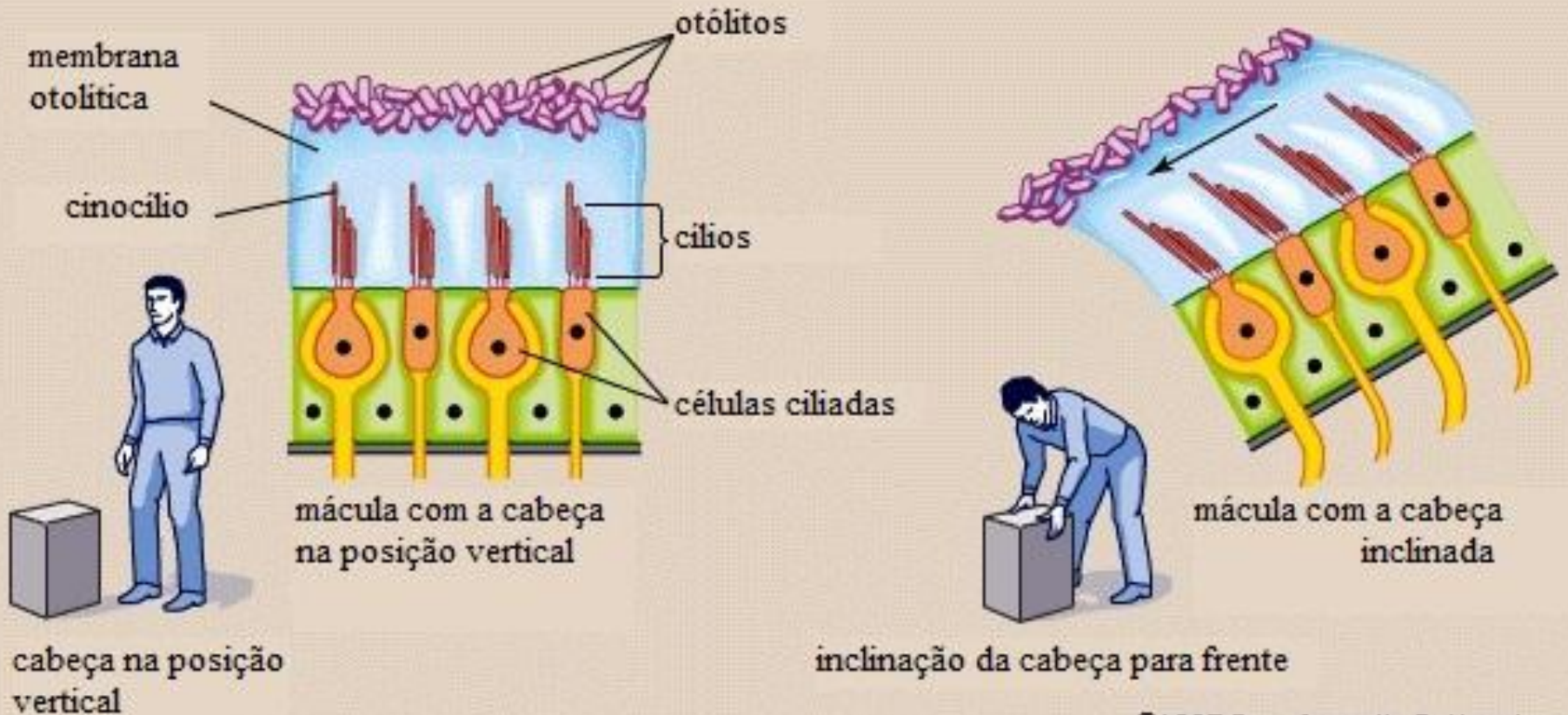
(a) Cabeça na posição neutra



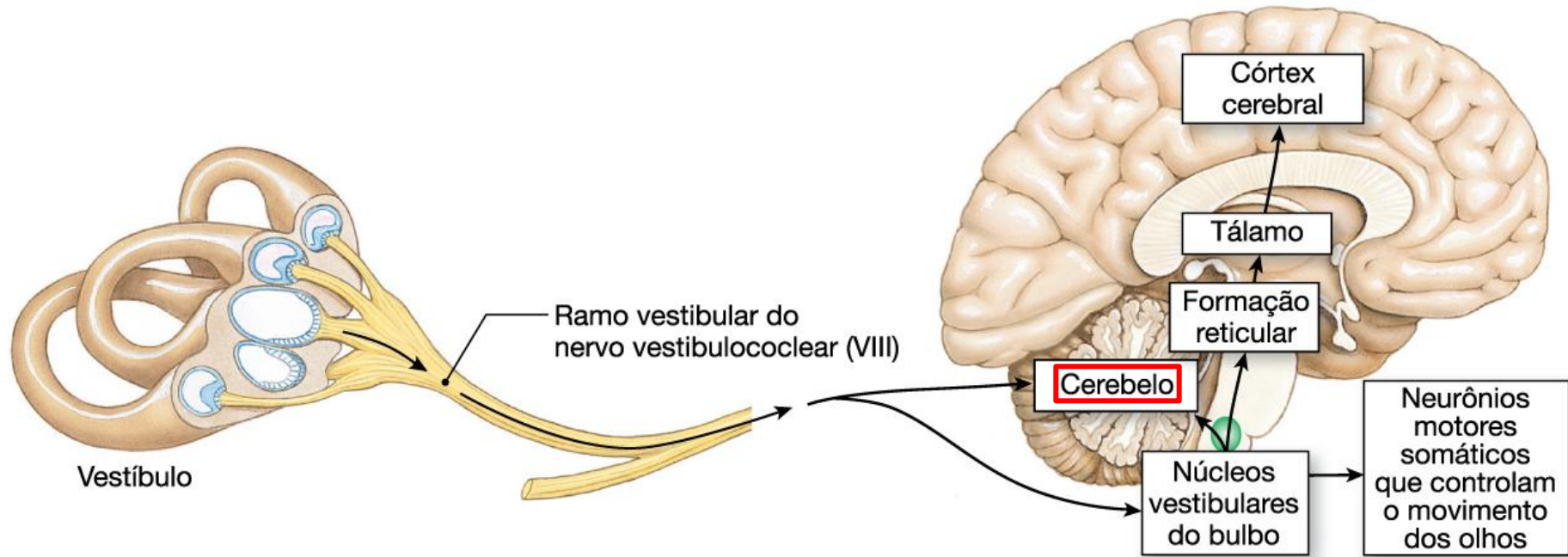
(b) Cabeça inclinada para trás



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

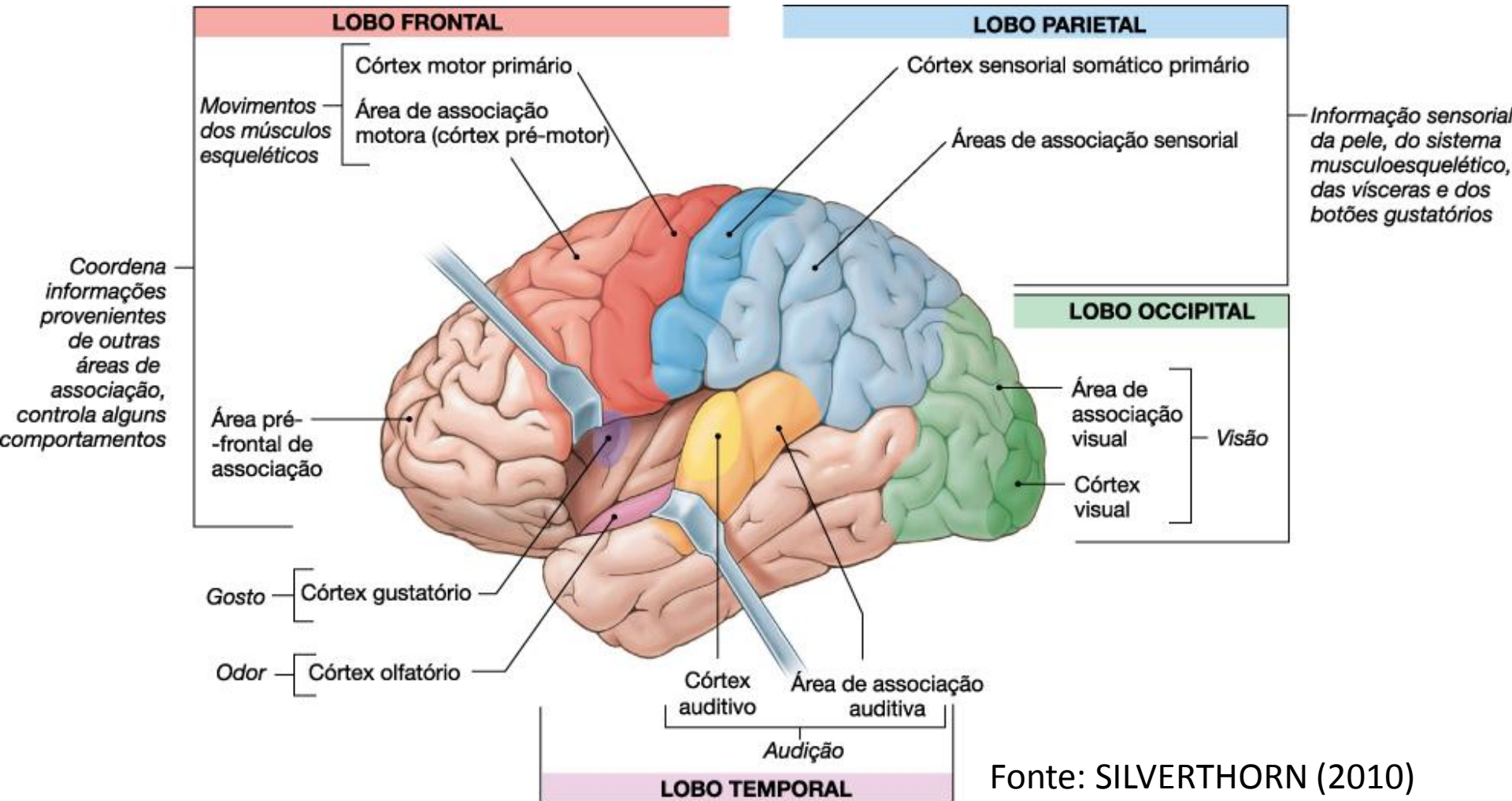
Coordenação das atividades dos músculos esqueléticos

BULBO E MESENSÉFALO

Visão = audição = movimento dos olhos e movimento do corpo

Fonte: SILVERTHORN (2010)

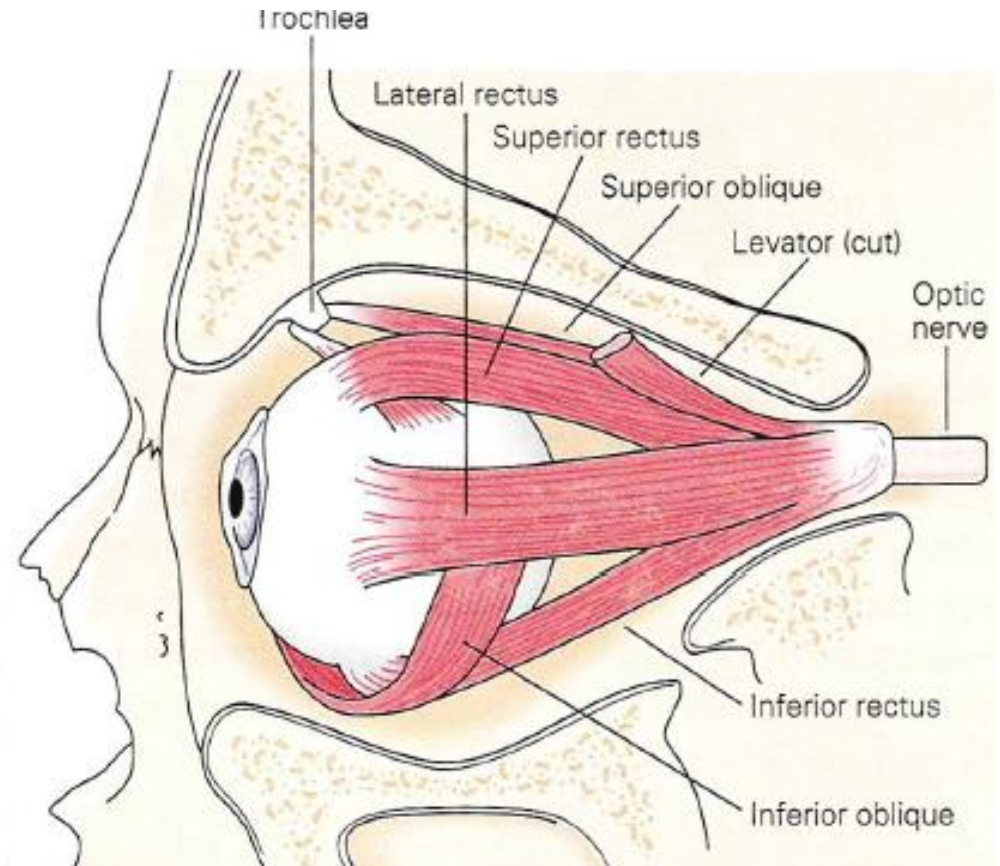
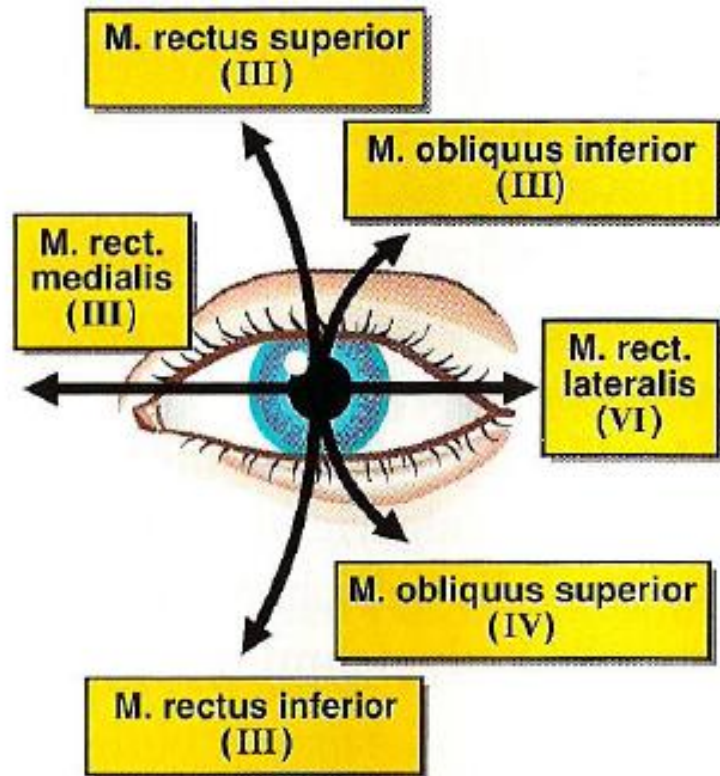
CÓRTEX CEREBRAL E SUAS FUNÇÕES



Fonte: SILVERTHORN (2010)

MOVIMENTOS OCULARES

6 MÚSCULOS

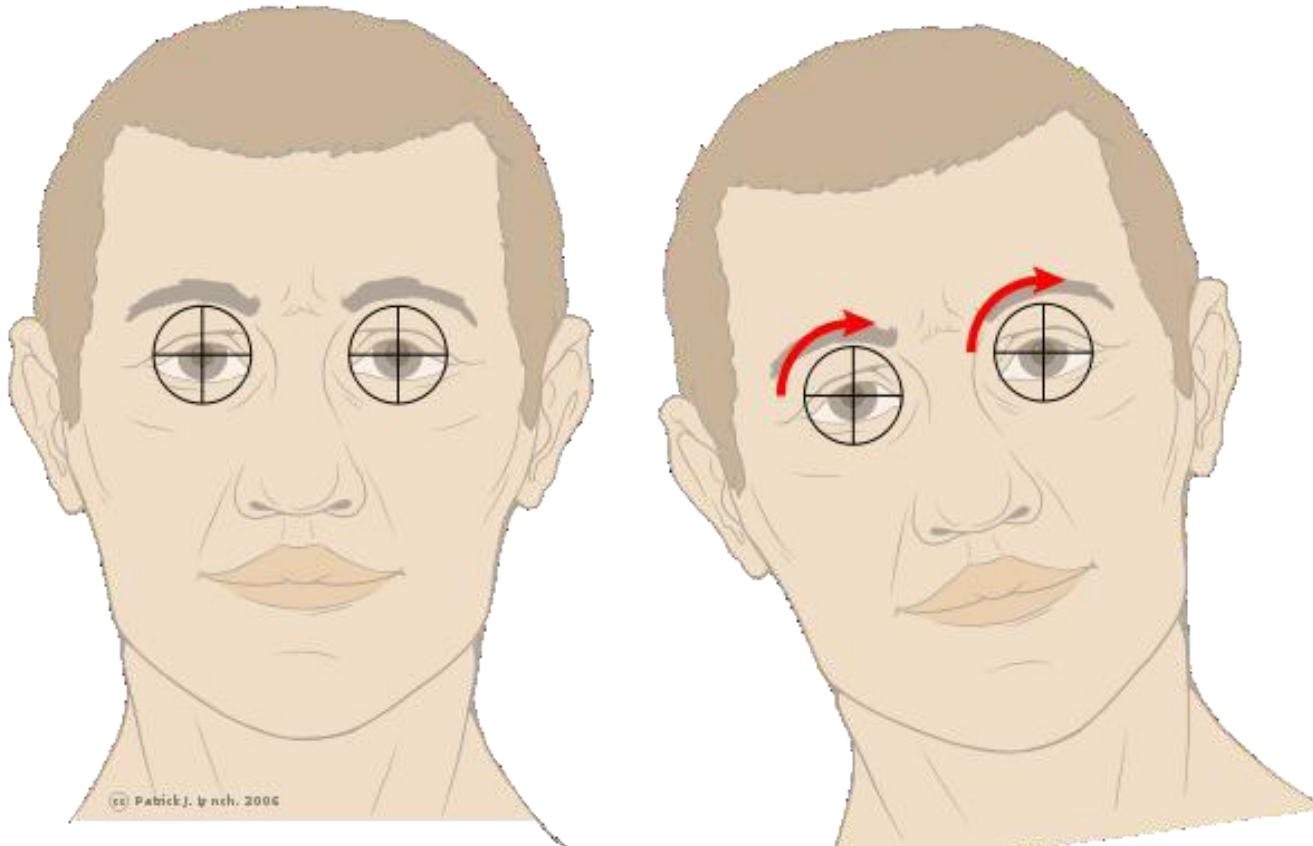


NERVOS CRANIANOS

Par	Nome	Função
I	Olfatório	Cheiro
II	Óptico	Visão
III	Óculomotor	Movimento motor olhos, pupila e cristalino
IV	TrocLEAR	Movimento motor olhos
V	Trigêmeo	Movimento sensorial face e boca e motor para mastigação
VI	Abducente	Movimento dos olhos
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

MESENCÉFALO

PONTE

LABIRINTO
BULBO

MEDULA



REFLEXO
VESTÍBULO-
OCULAR

Via vestibulo cortical



REFLEXO
VESTÍBULO-ESPINHAL

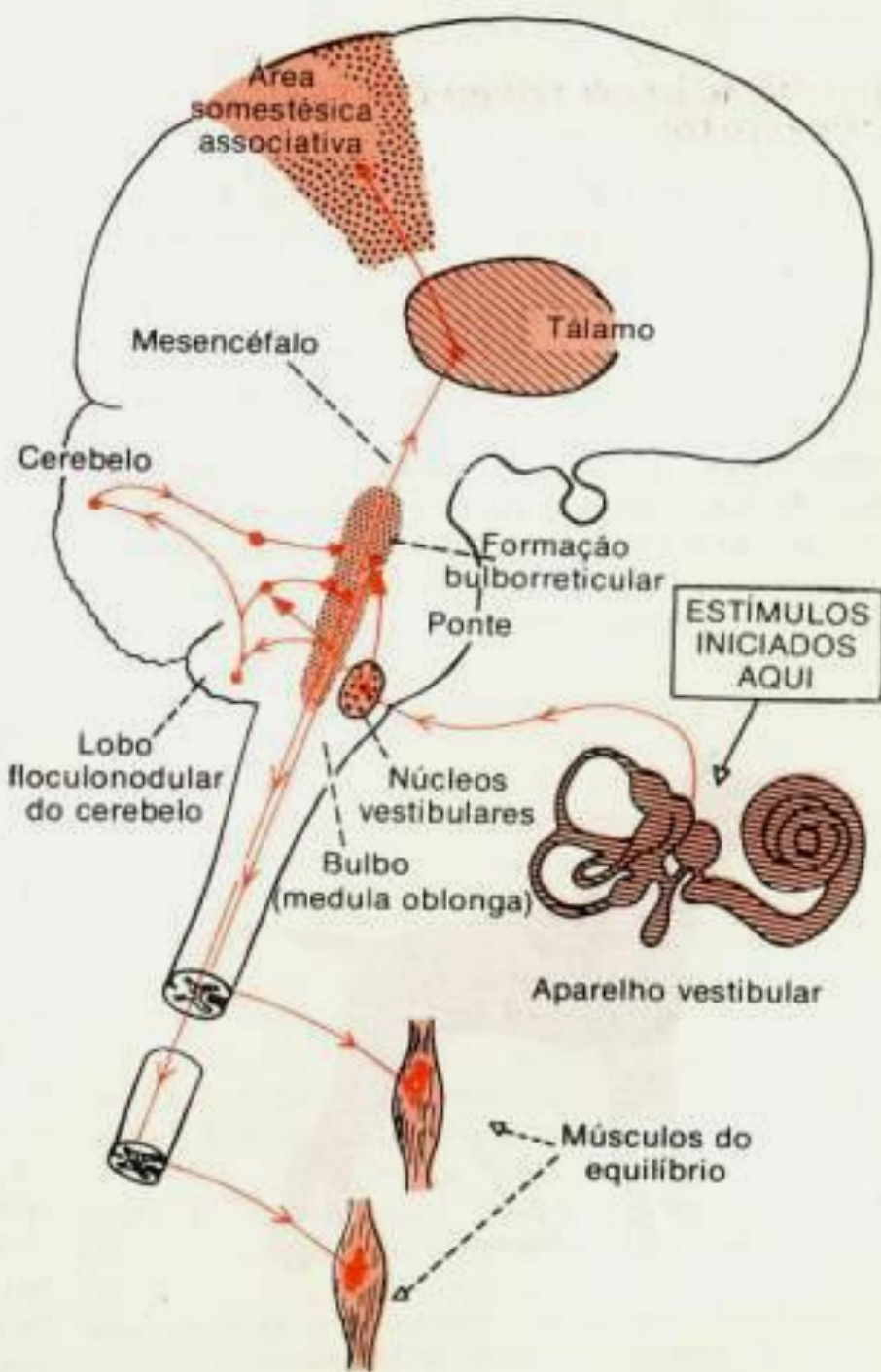


REFLEXO E VIAS DO SISTEMA VESTIBULAR

**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
Mecanoceptores articulares
Baroreceptores 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



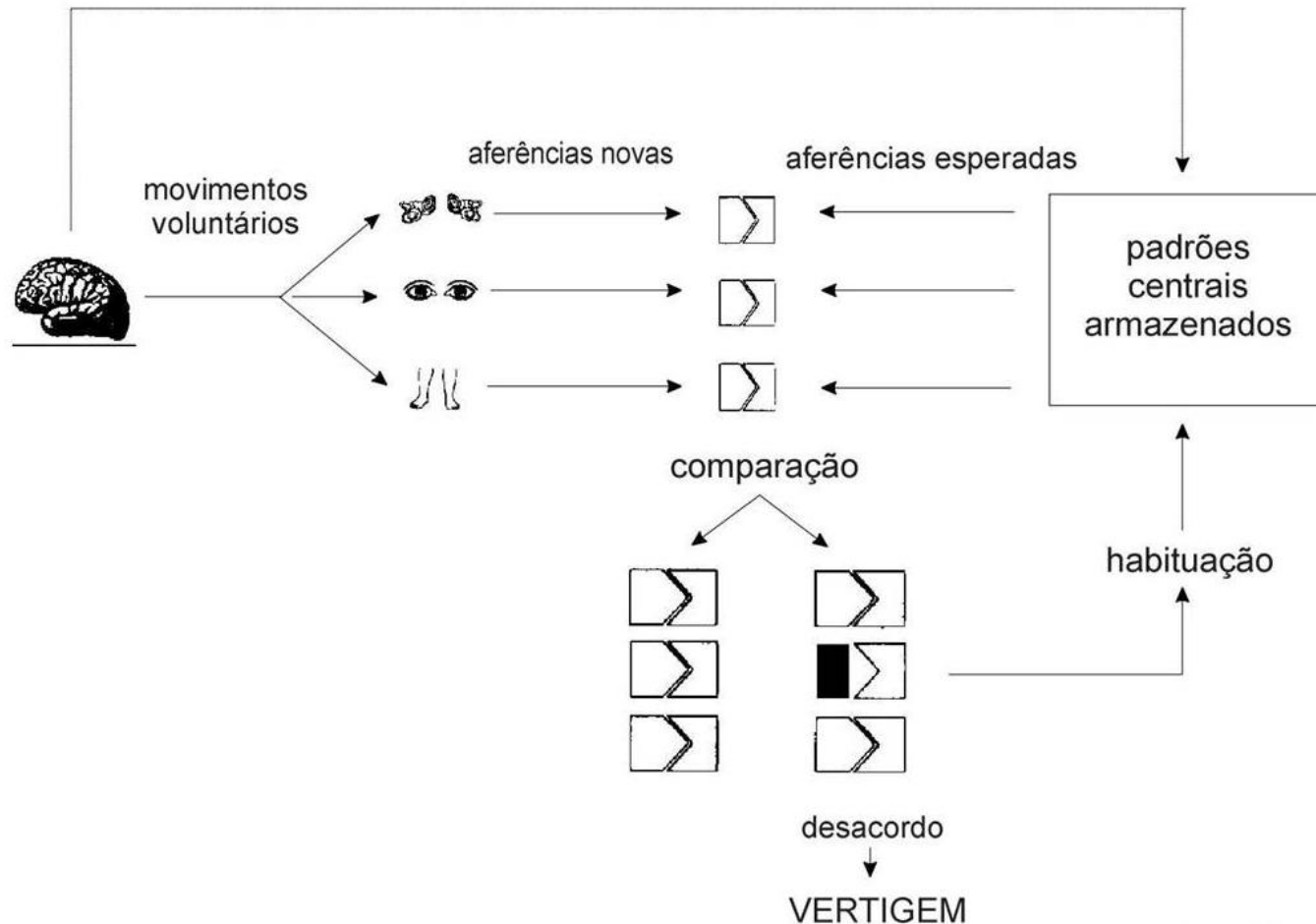
Influencia o tônus
Muscular e os ajustes
posturais



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

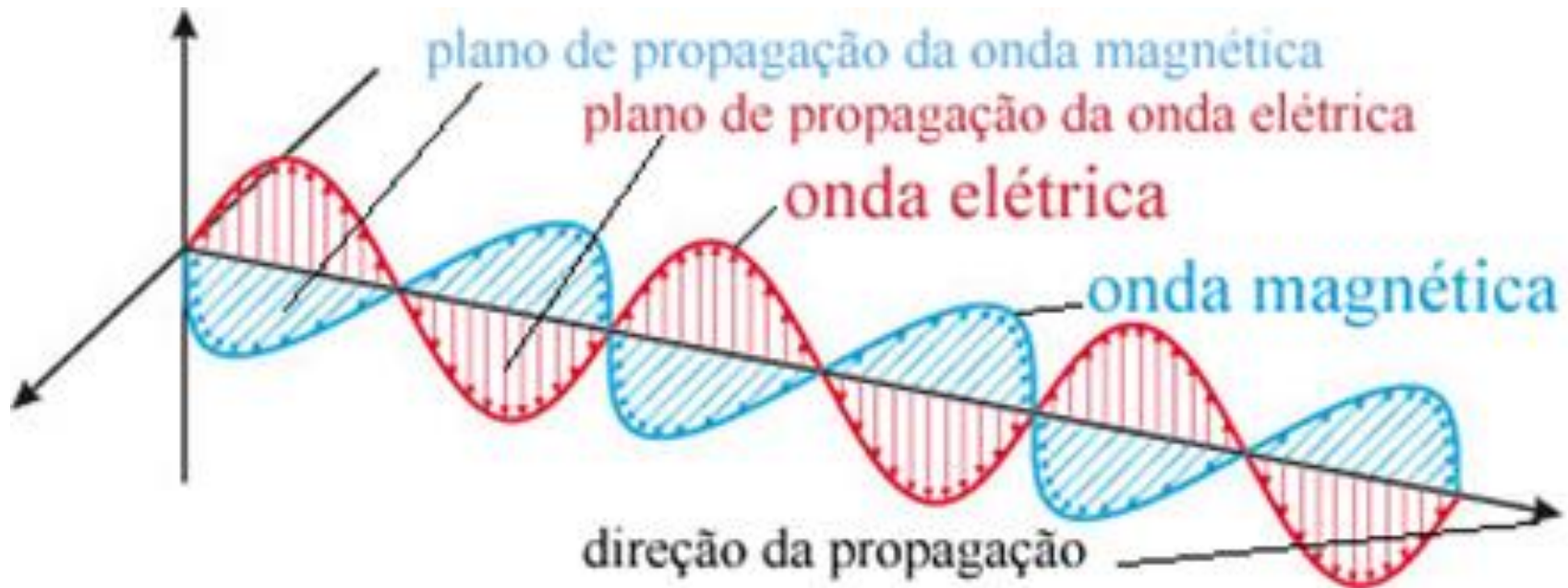
TRANSDUÇÃO VISUAL

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

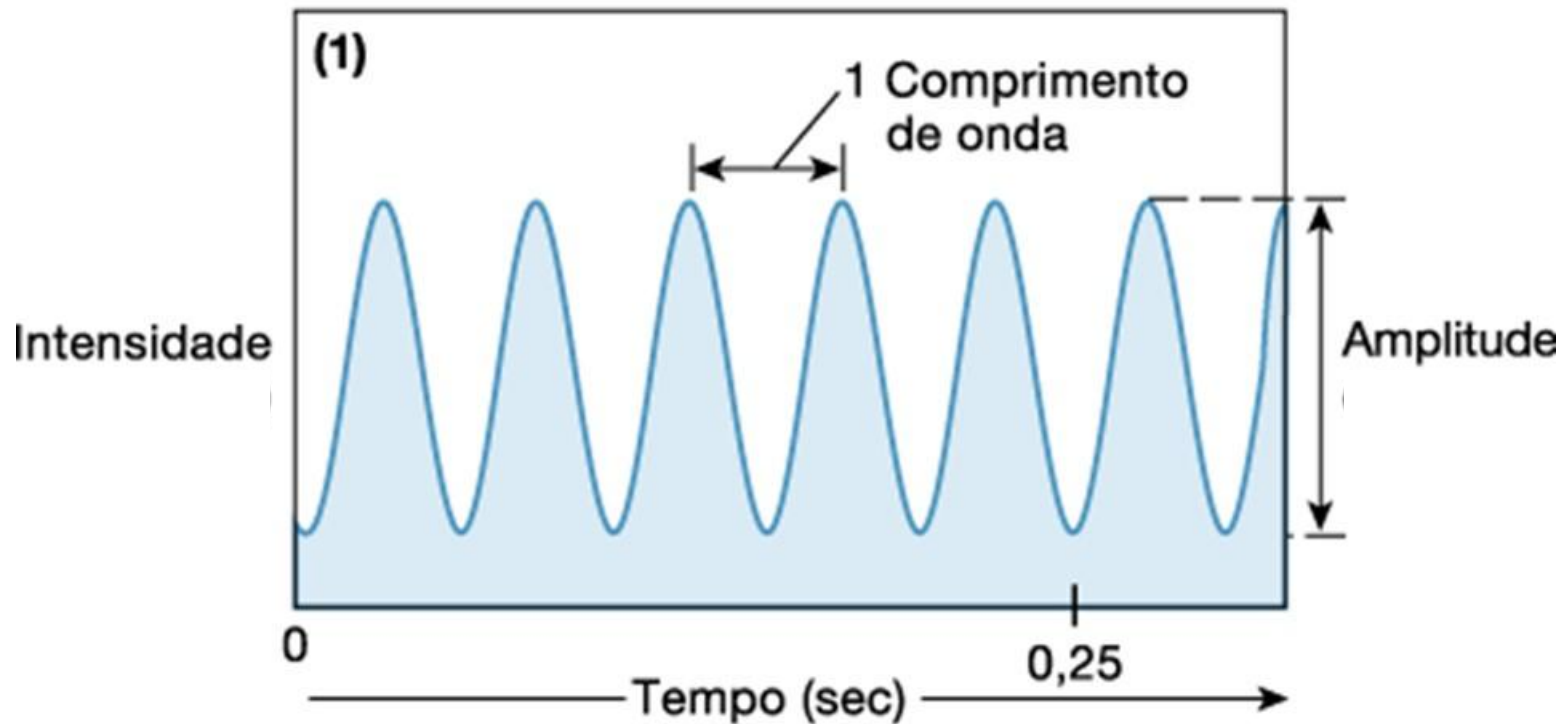


RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

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



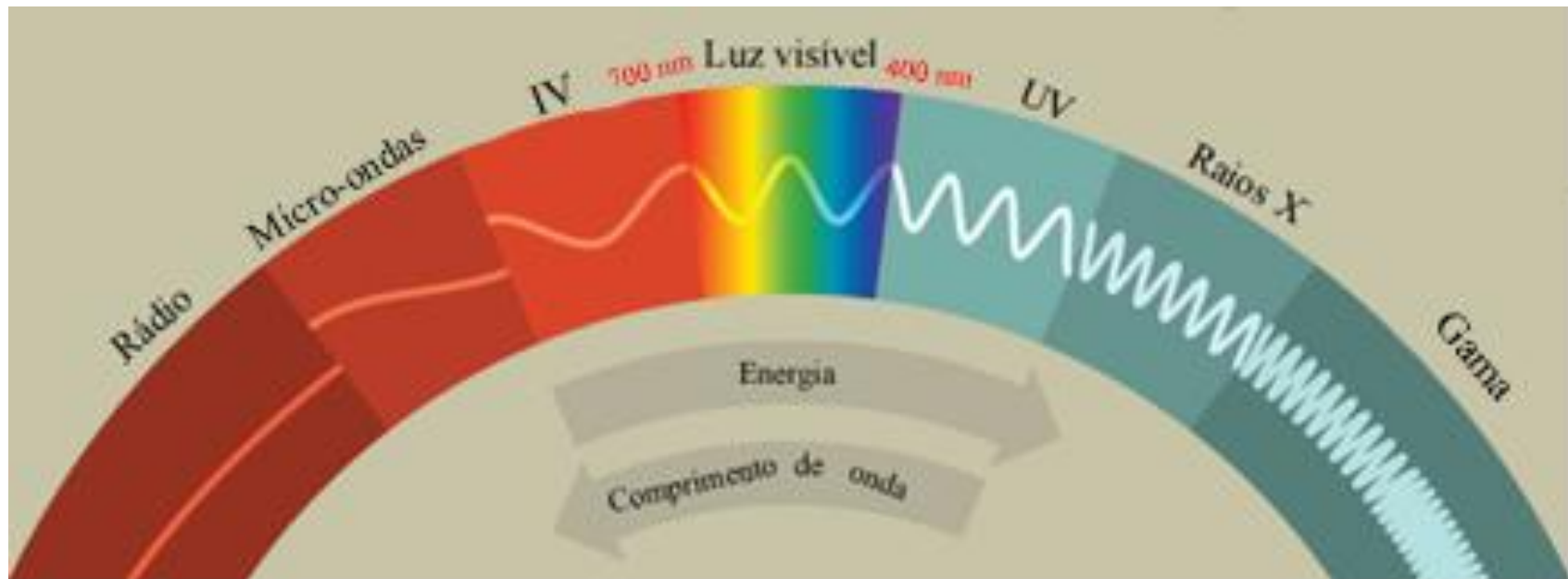
RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA



- 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

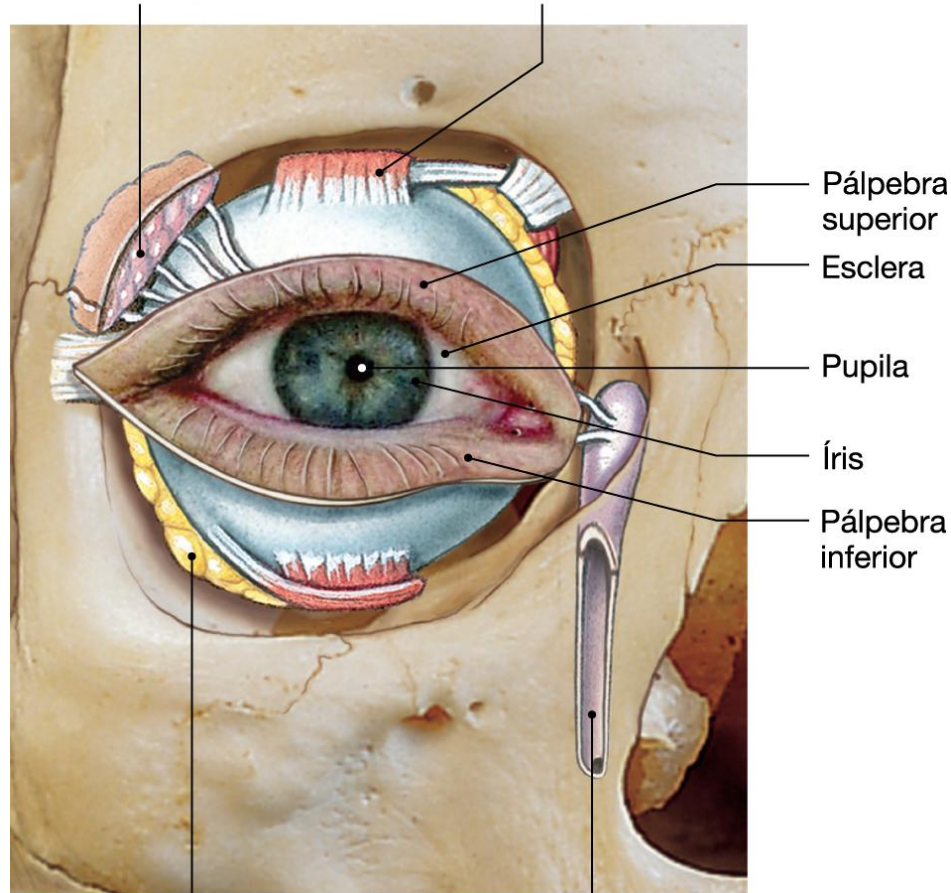
- Capacidade em captar e transformar a energia luminosa (dentro do comprimento de onda de 400 a 700nm) em impulsos elétricos e formar imagem dentro do espaço e do tempo pelo SNC.
- Realizada pelos fotorreceptores na retina
- A retina é a camada mais interna do globo ocular, que é o órgão dos sentidos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

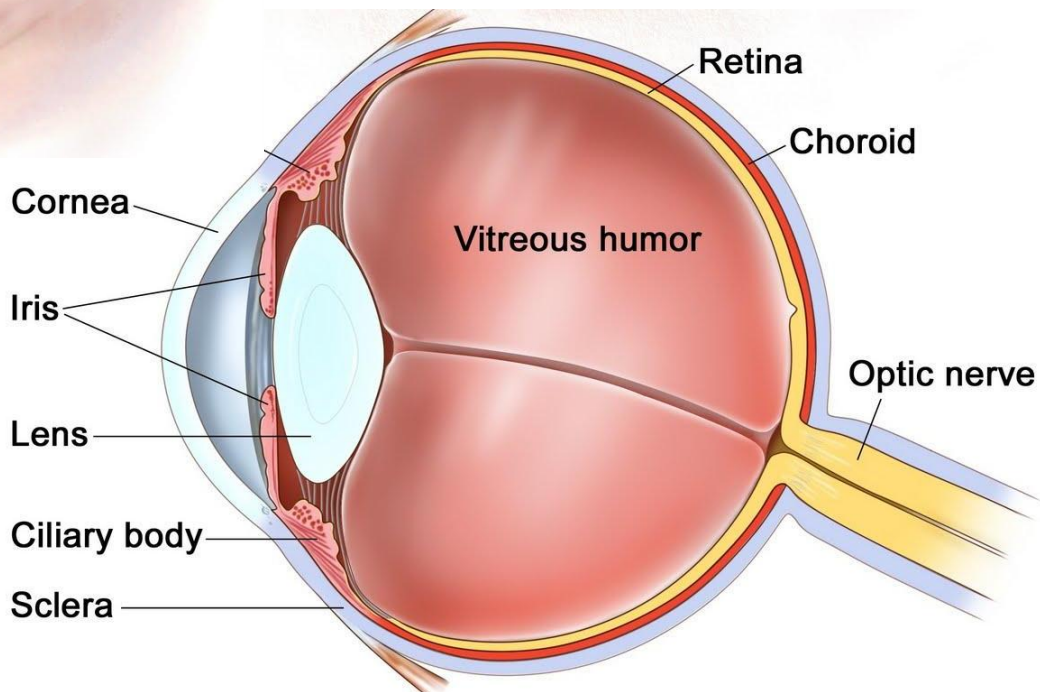
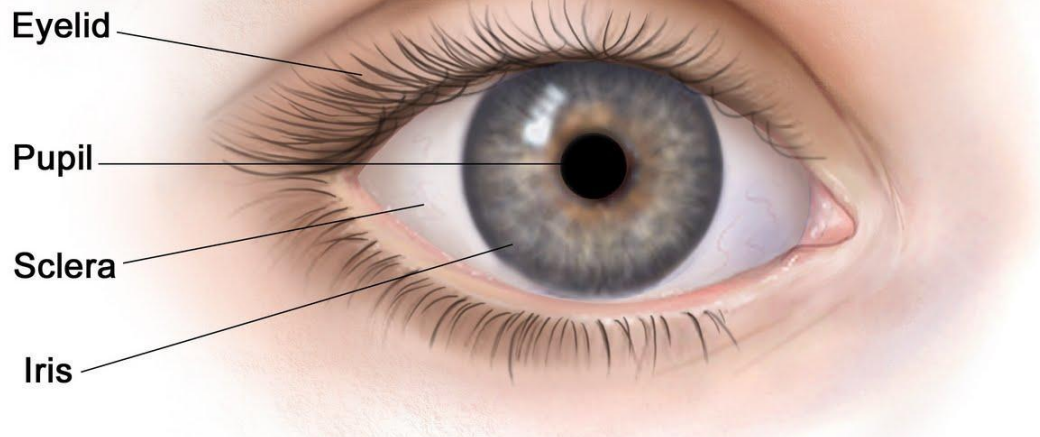
Músculos extrínsecos do bulbo ocular:

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

Nervos Cranianos: (Reflexo vestibulo ocular)

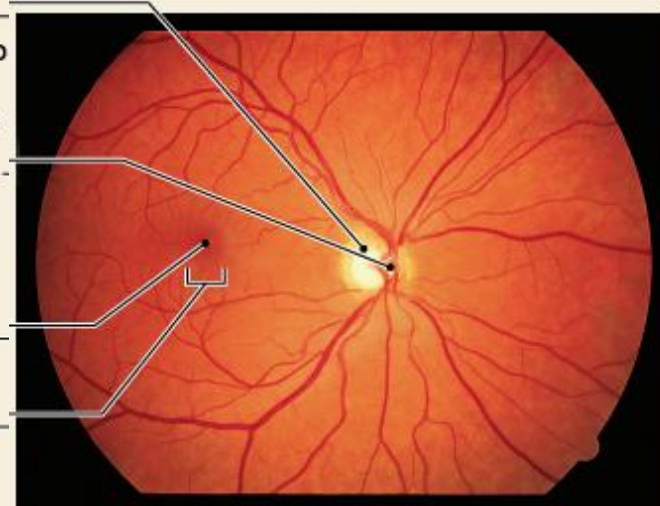
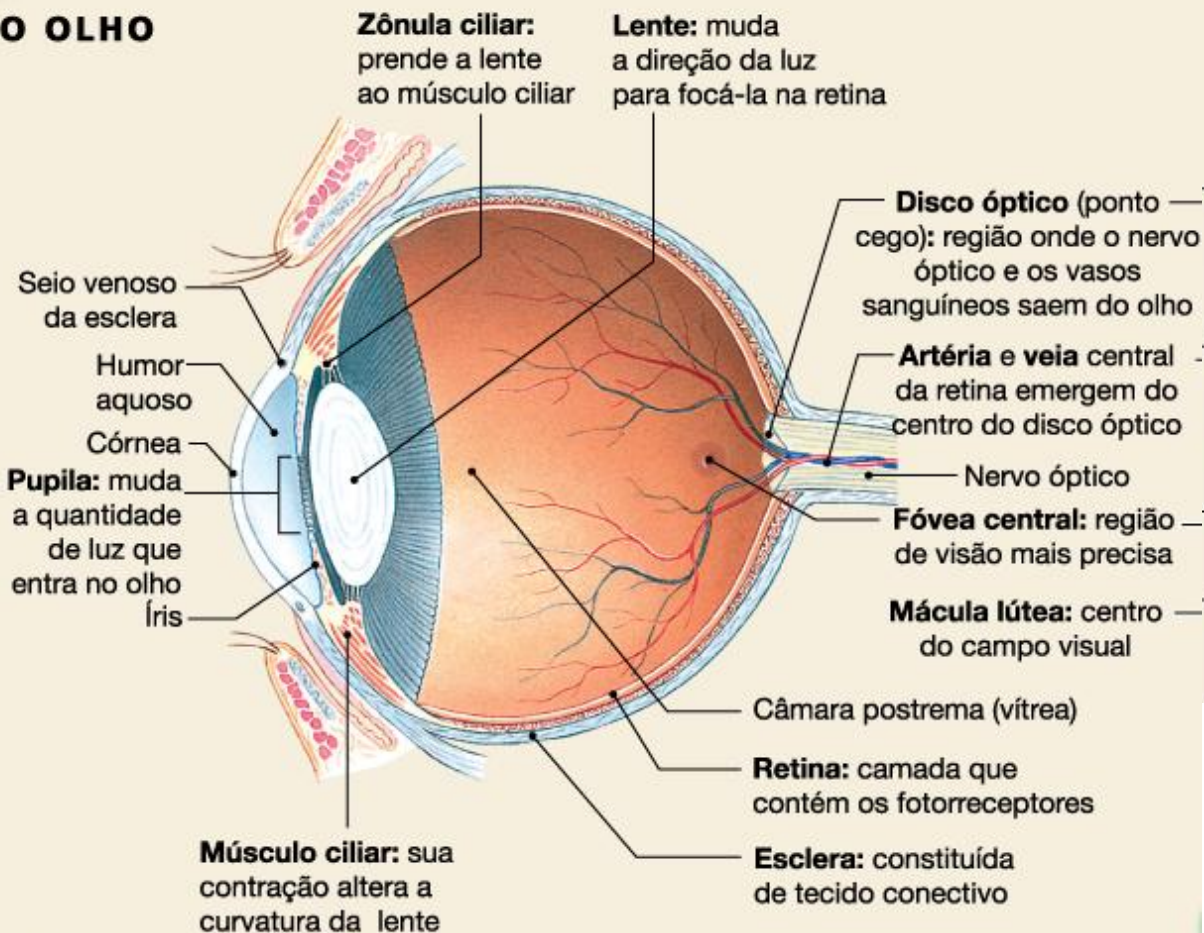
- Oculomotor (III)
 - Movimento motor olhos, pupila e cristalino
- Troclear (IV)
 - Movimento motor olhos
- Abducente (VI)
 - Movimento dos olhos

ANATOMIA DO OLHO



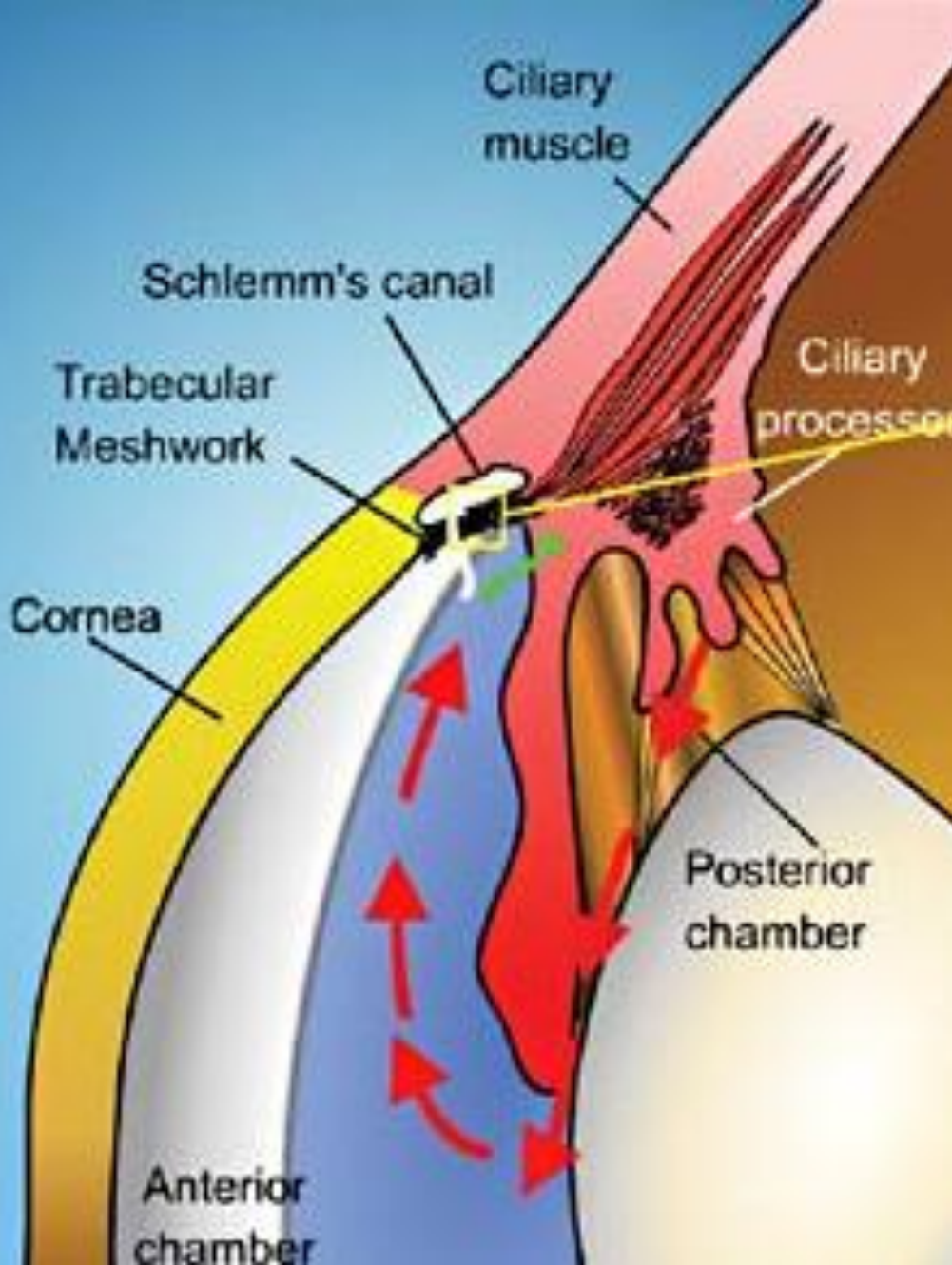
ANATOMIA DO OLHO

O OLHO



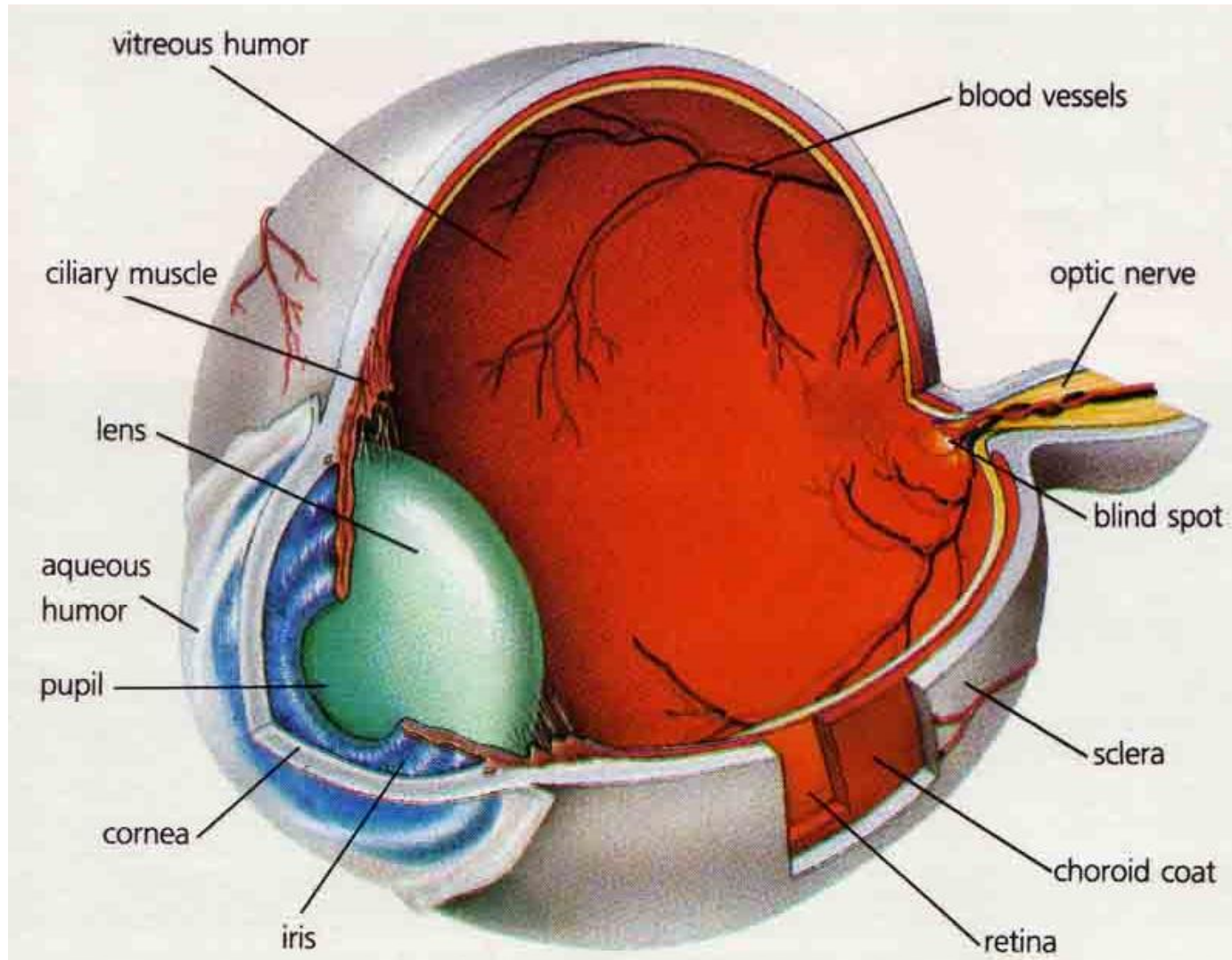
Fonte: SILVERTHORN (2010)

(a) Secção sagital do olho



DRENAGEM DO HUMOR AQUOSO

ANATOMIA DO OLHO



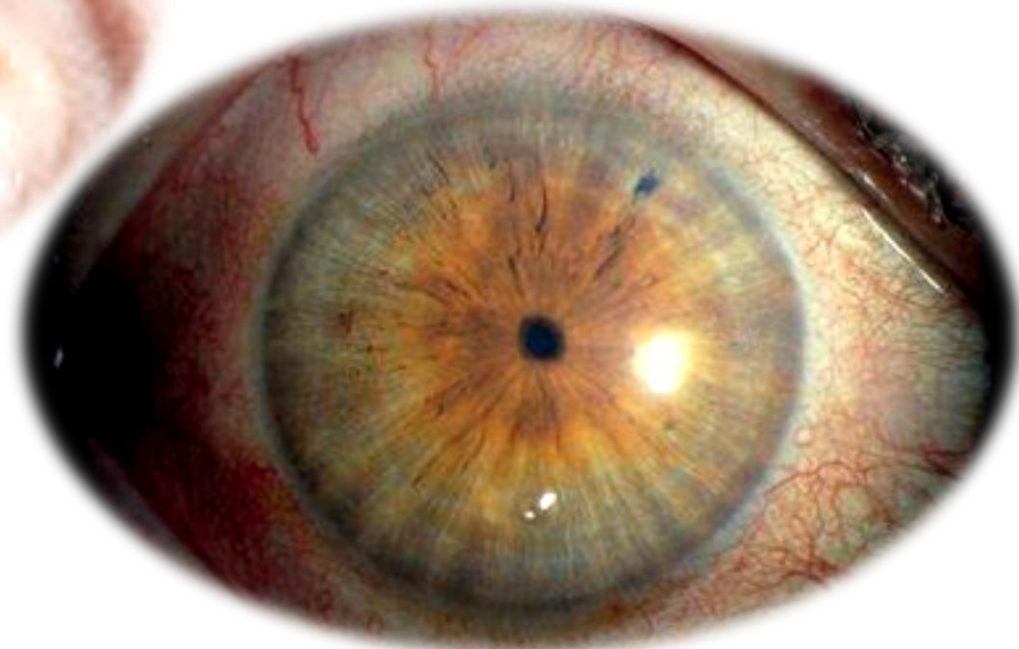
COMO A LUZ PENETRA NOS OLHOS?

- 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

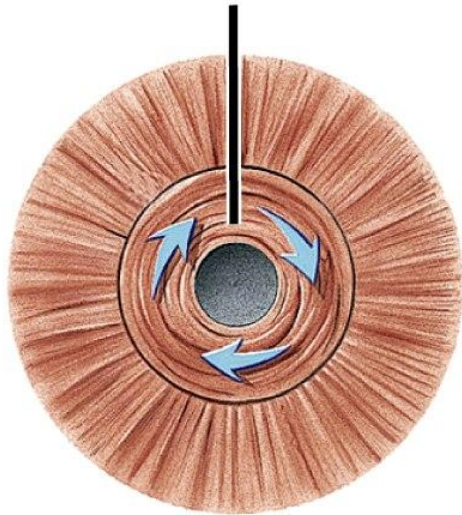
MIDRIASE: Dilatação da pupila



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)**

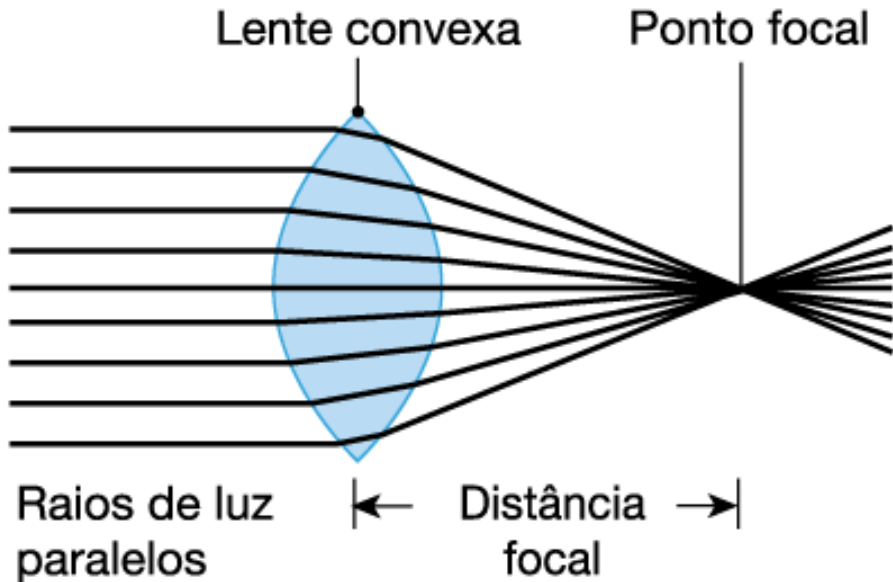


Dim light

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 DALENTE)

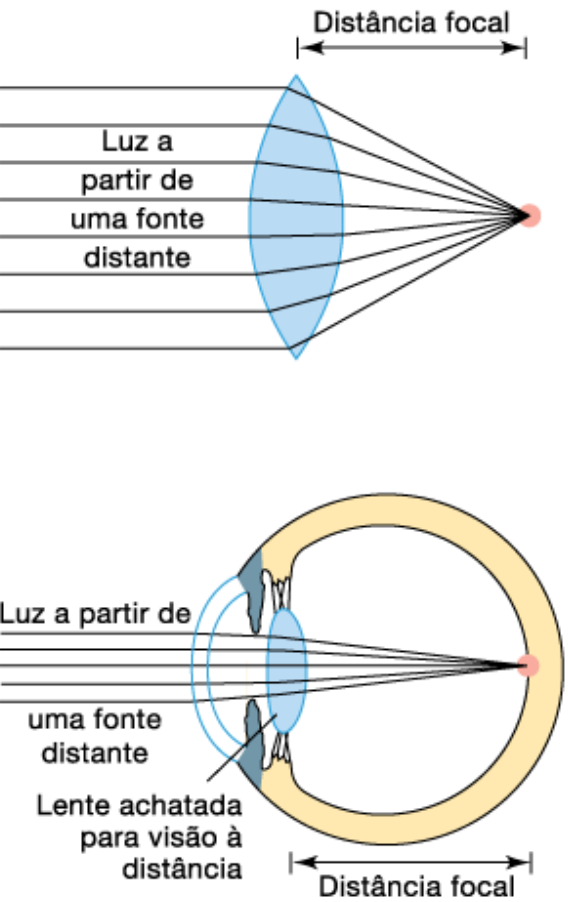


A distância focal da lente é a distância do centro da lente até o ponto focal.

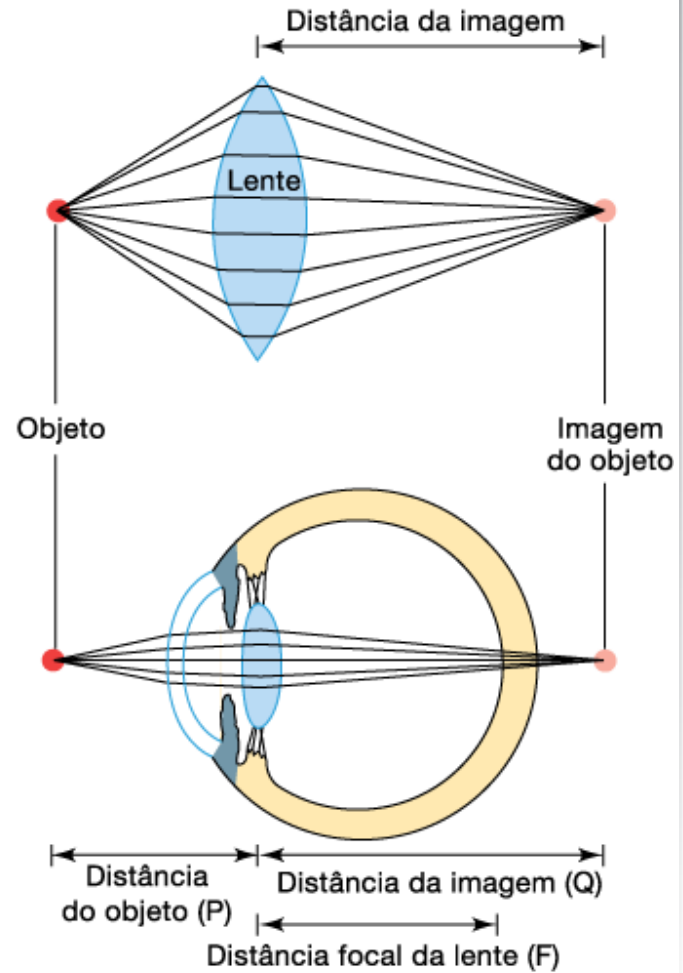
Fonte: SILVERTHORN (2010)

- 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.

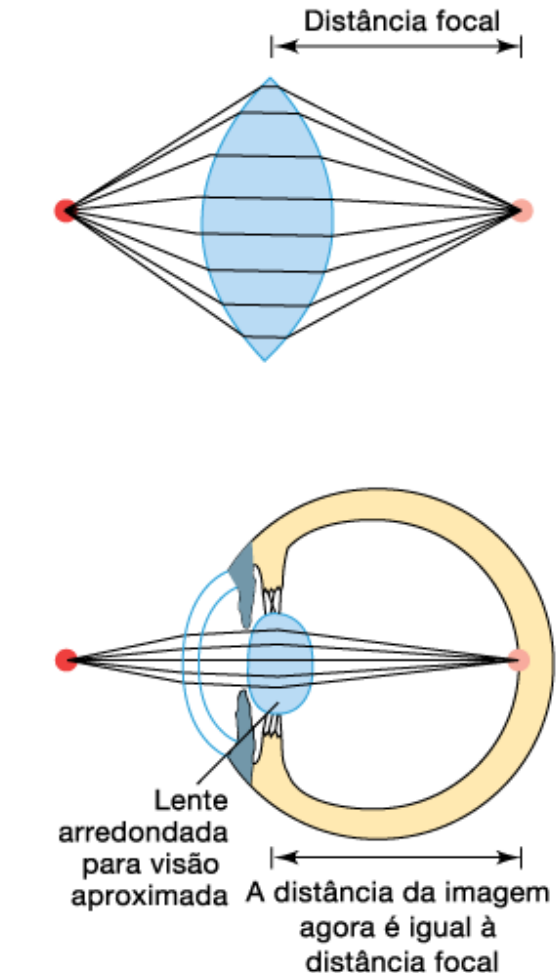


(b) Para objetos próximos, os raios luminosos não são mais paralelos.



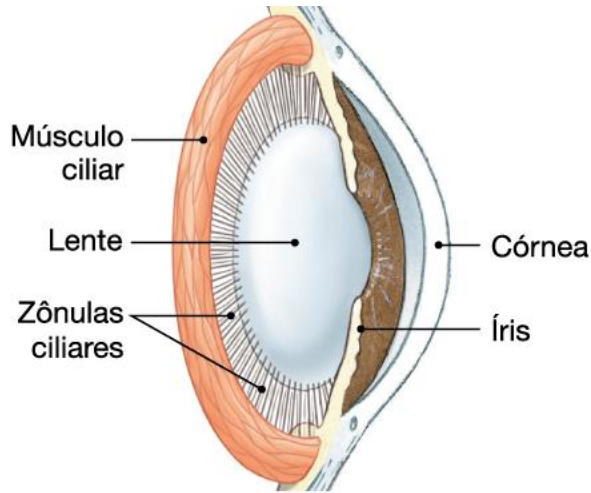
A lente e sua distância focal não mudam, mas o objeto é visto fora de foco porque o feixe de luz não é focado sobre a retina.

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

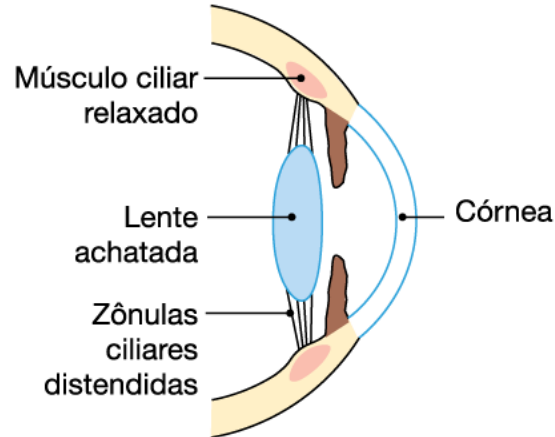


Para manter um objeto no foco à medida que ele se aproxima, a lente torna-se mais arredondada.

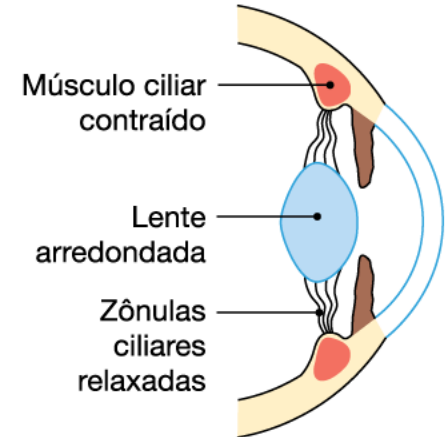
AJUSTE DAS LENTES (ACOMODAÇÃO)



(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

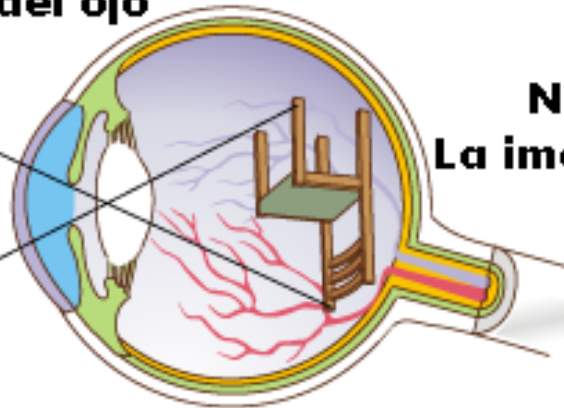
Fonte: Silverthorn (2010)

O MUNDO INVERTIDO

**OBJETO
REAL**

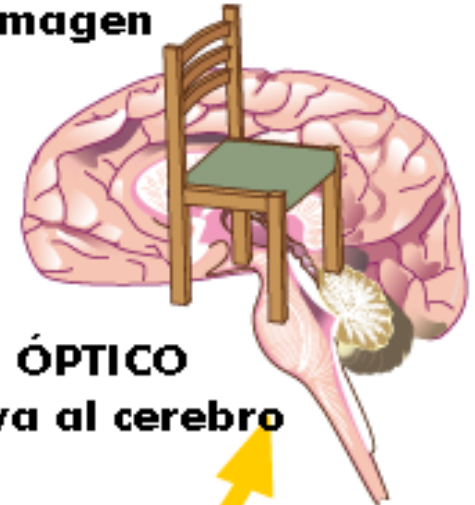


**La luz pasa
a través del ojo**



**Imagen invertida
en la RETINA**

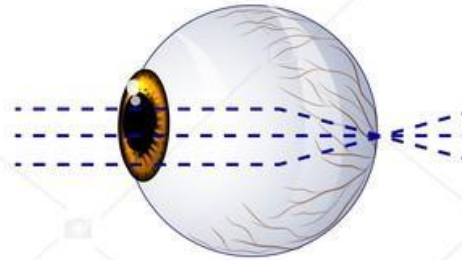
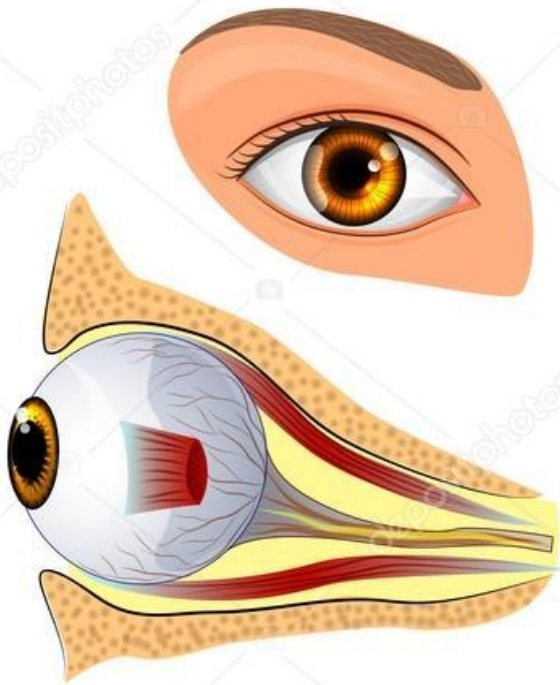
IMAGEN CORRECTA
El cerebro gira la imagen



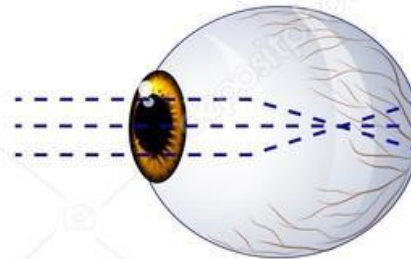
NERVIO ÓPTICO
La imagen va al cerebro

ERROS DE REFRAÇÃO

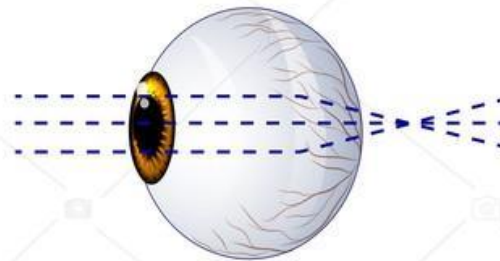
MYOPIA AND HYPEROPIA



NORMAL VISION
the image is formed
on the retina



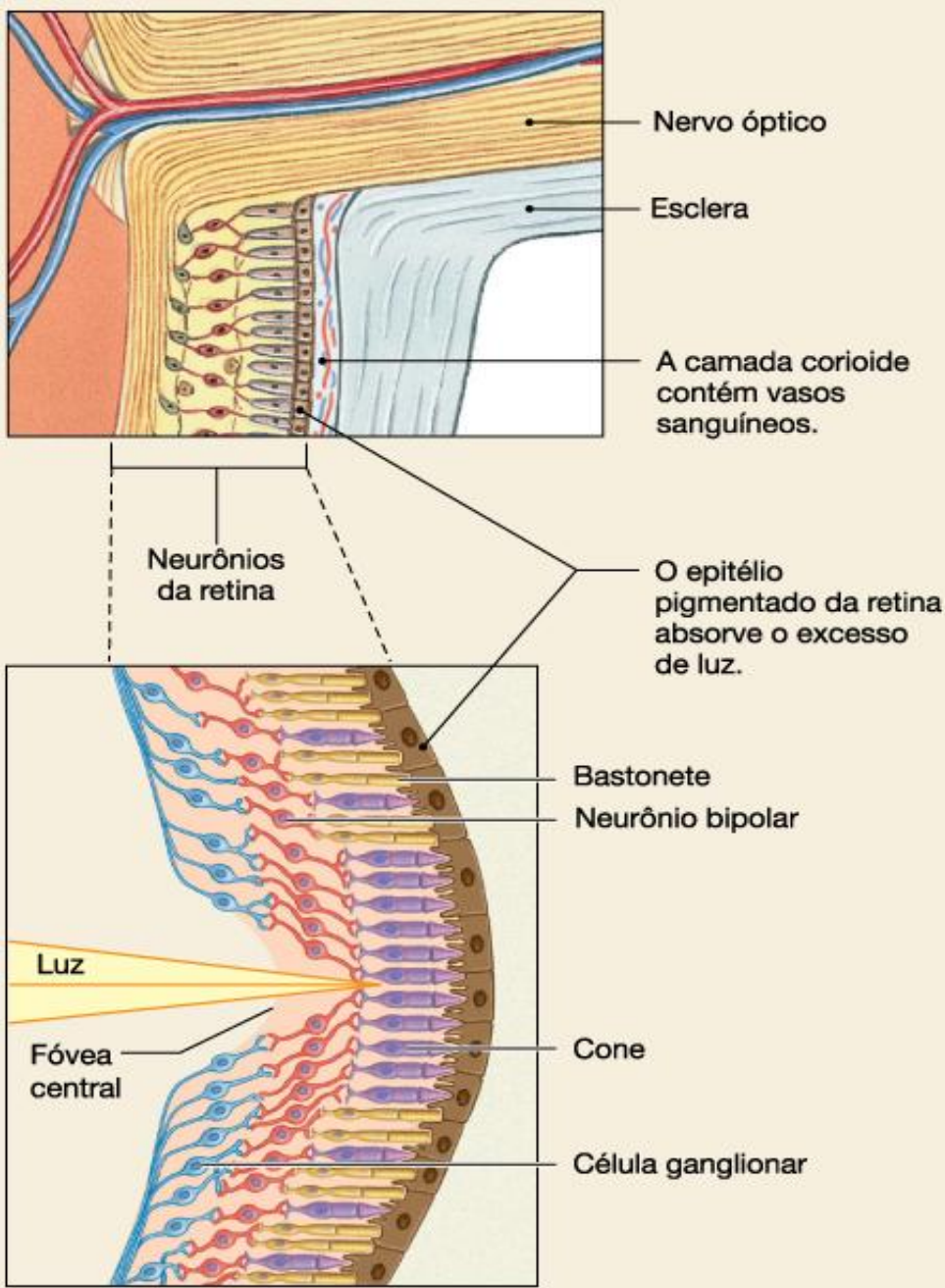
MYOPIA
the image is formed
before retina



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

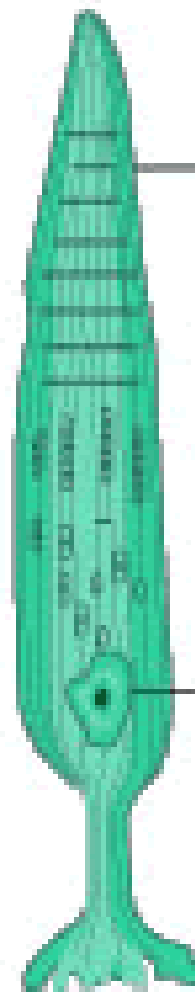
FOTORRECEPTORES: CONES E BASTONETES

Segmento externo do Bastone que contém composto químicos sensíveis à luz

Núcleos



Bastone



Cone

Segmento externo da célula do cone que contém compostos químicos sensíveis à luz

Núcleos

Bastonete:Cone = 20:1

PIGMENTO VISUAL DOS FOTORRECEPTORES

Bastonetes

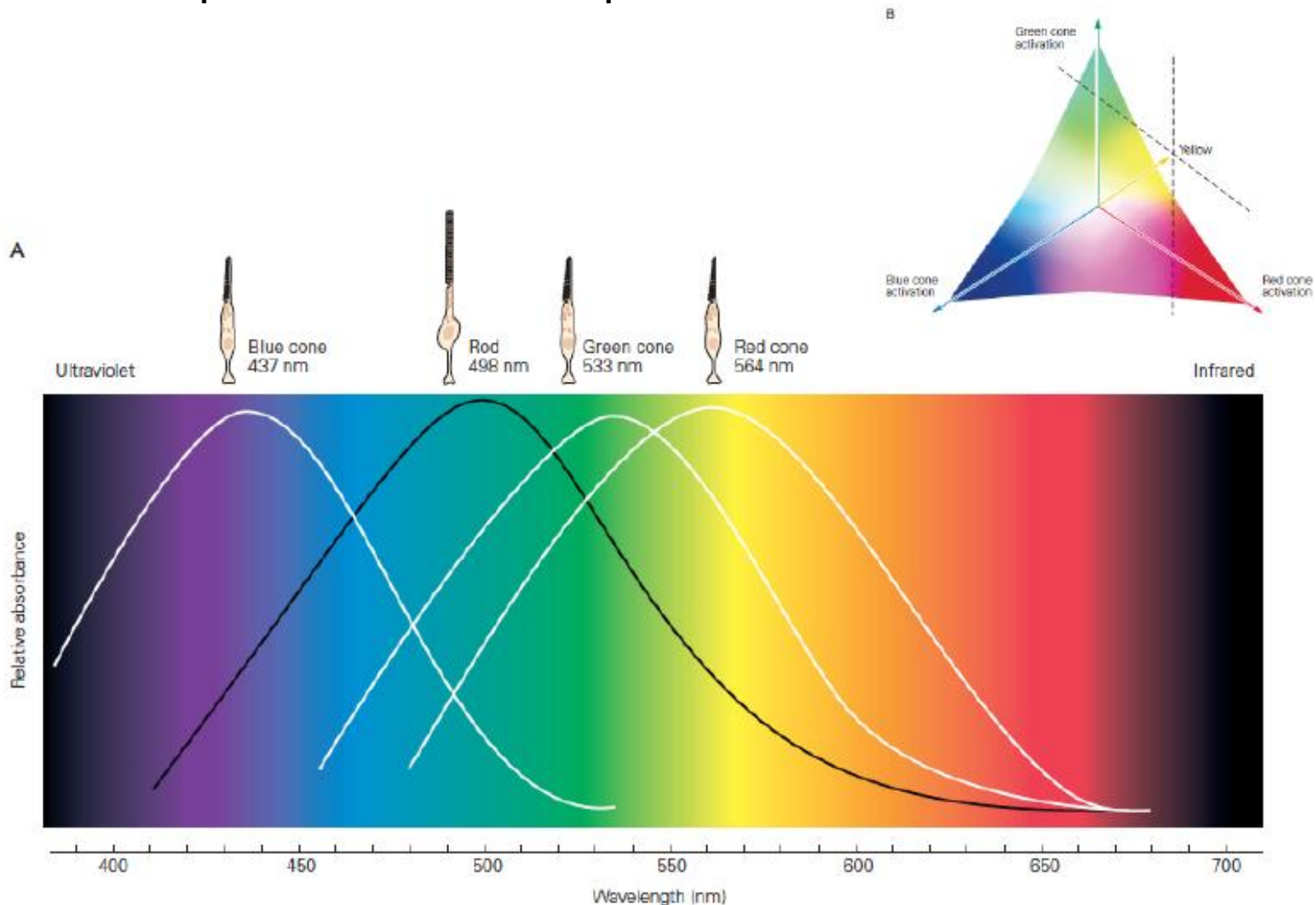
- mais numerosos
- visão monocromática (noturna)
- funcionam sob baixa luminosidade

Cones

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

ABSORÇÃO DA LUZ PELOS PIGMENTOS VISUAIS

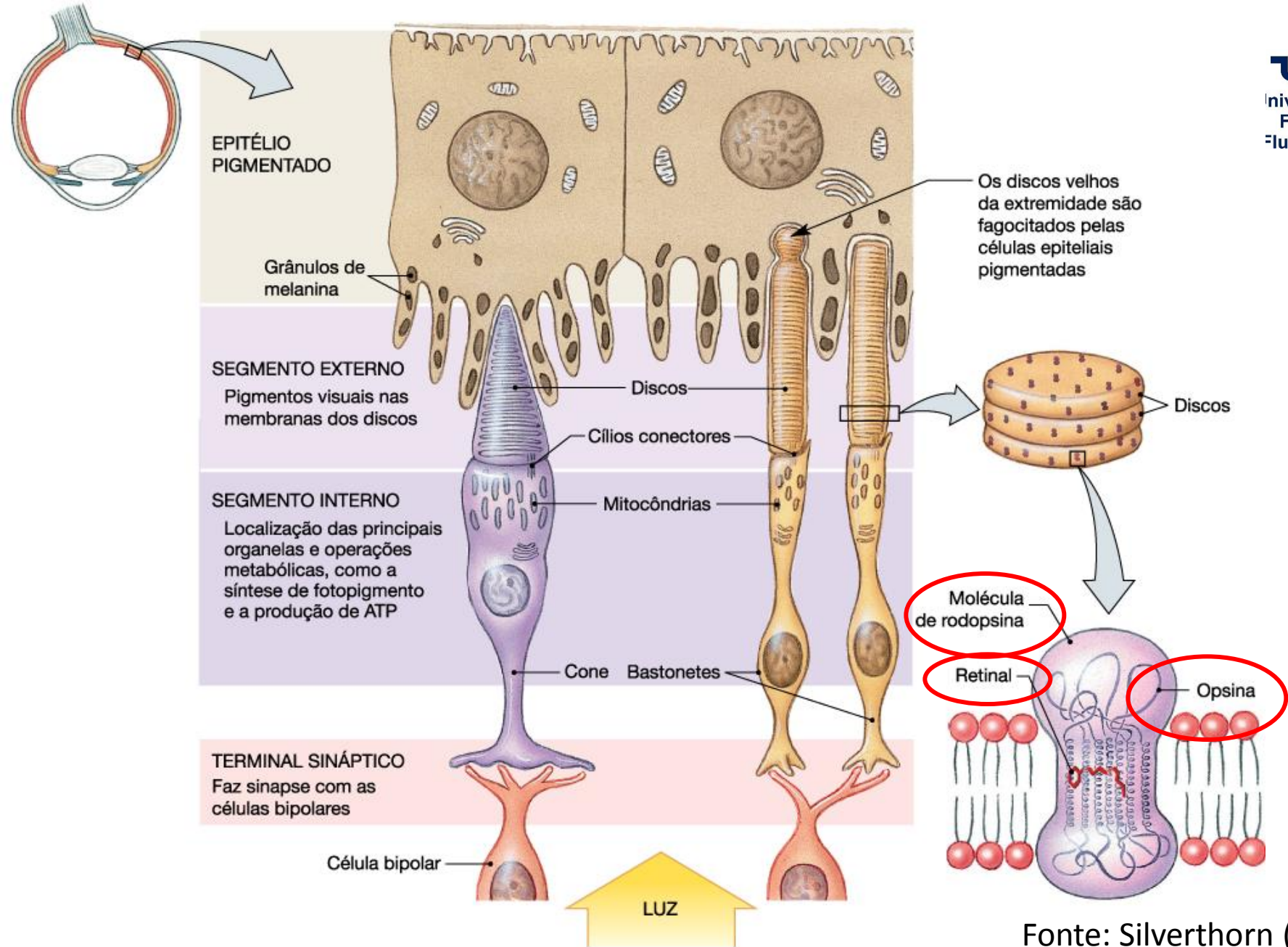
Excitados por diferentes comprimentos de onda



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)

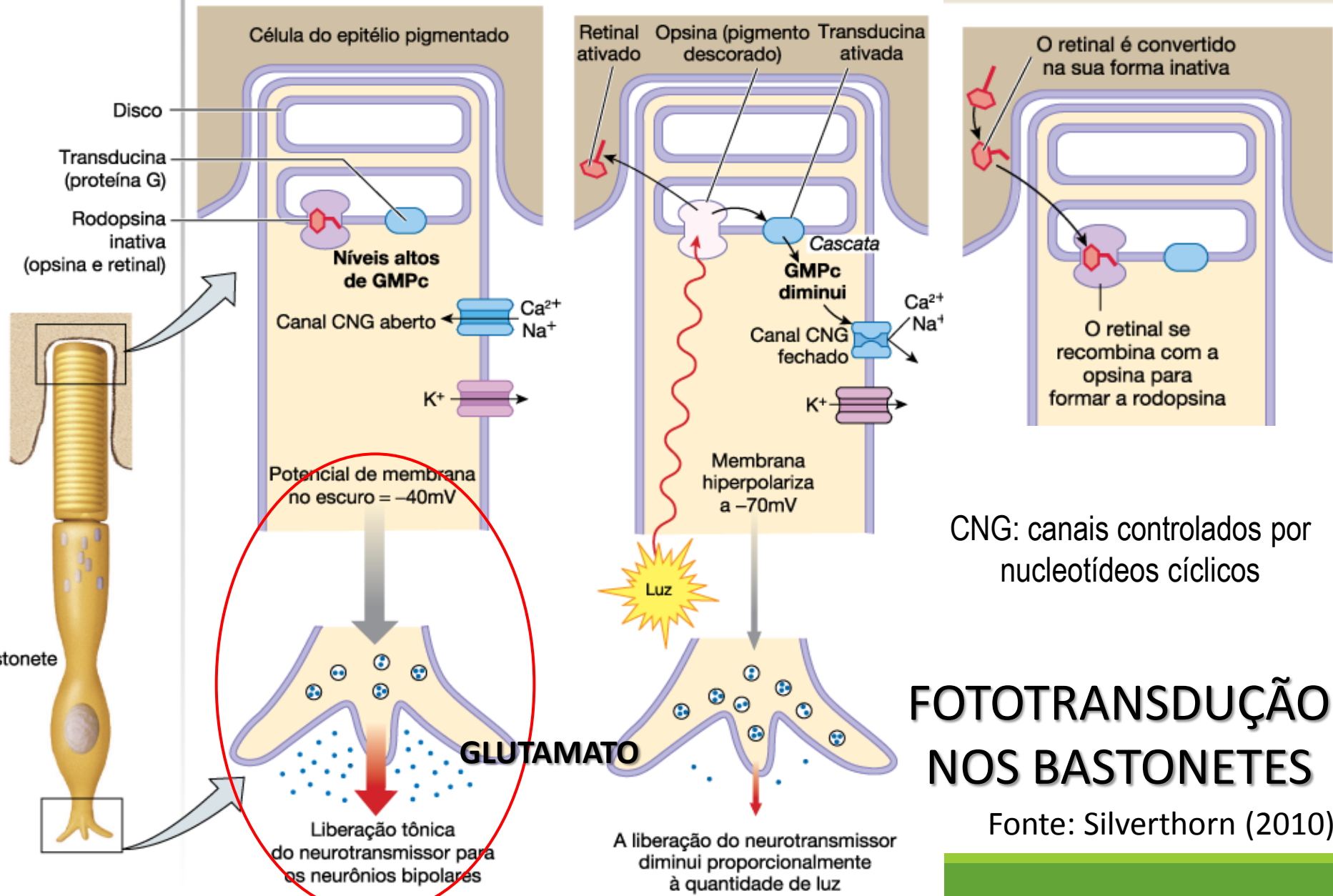
FOTOTRANSDUÇÃO NOS BASTONETES

- Realizada na **ausência ou baixa intensidade de luz**
- Rodopsina permanece inativada e GMPc elevado
- Os canais de cátions permanecem abertos
- Há influxo de Na^+ e efluxo de 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.

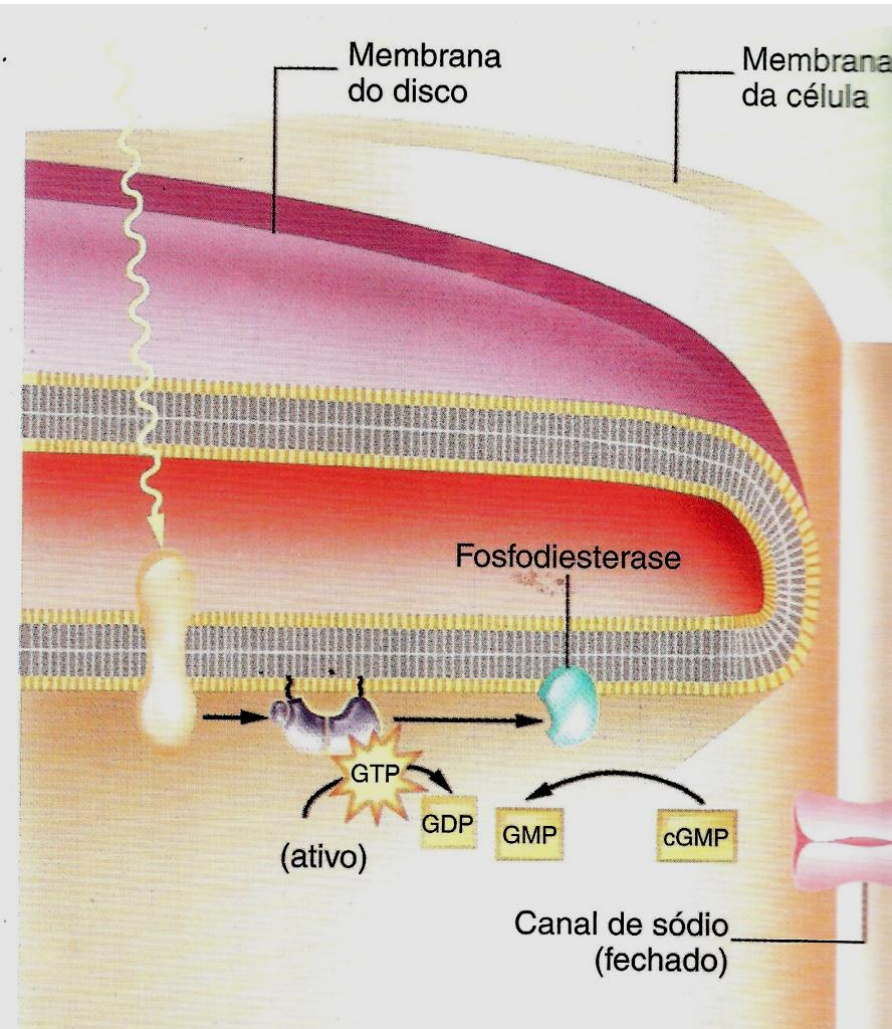
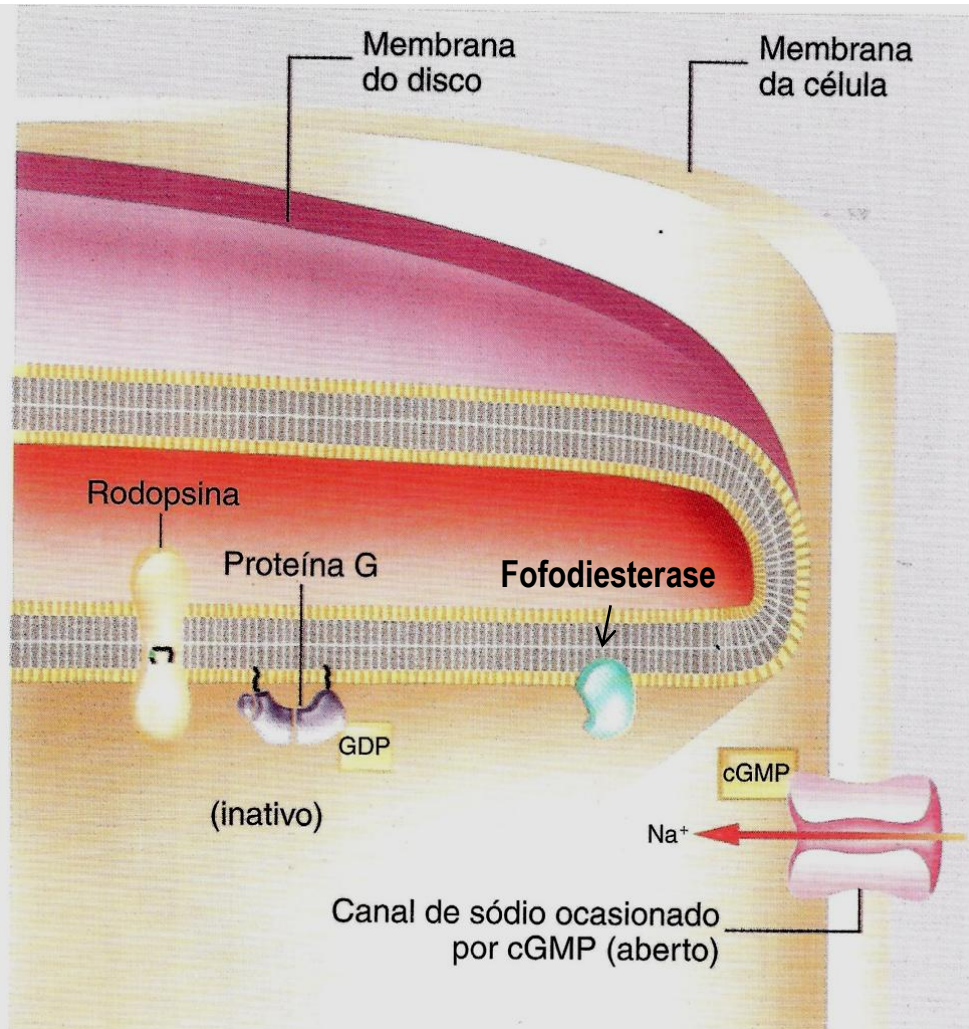


CNG: canais controlados por nucleotídeos cíclicos

FOTOTRANSDUÇÃO NOS BASTONETES

Fonte: Silverthorn (2010)

FOTOTRANSDUÇÃO NO ESCURO E NA LUZ



GMPc – monofostato cíclico de guanosina

Fonte: CURI & PROCÓPIO (2009)

FOTOTRANSDUÇÃO NOS BASTONETES

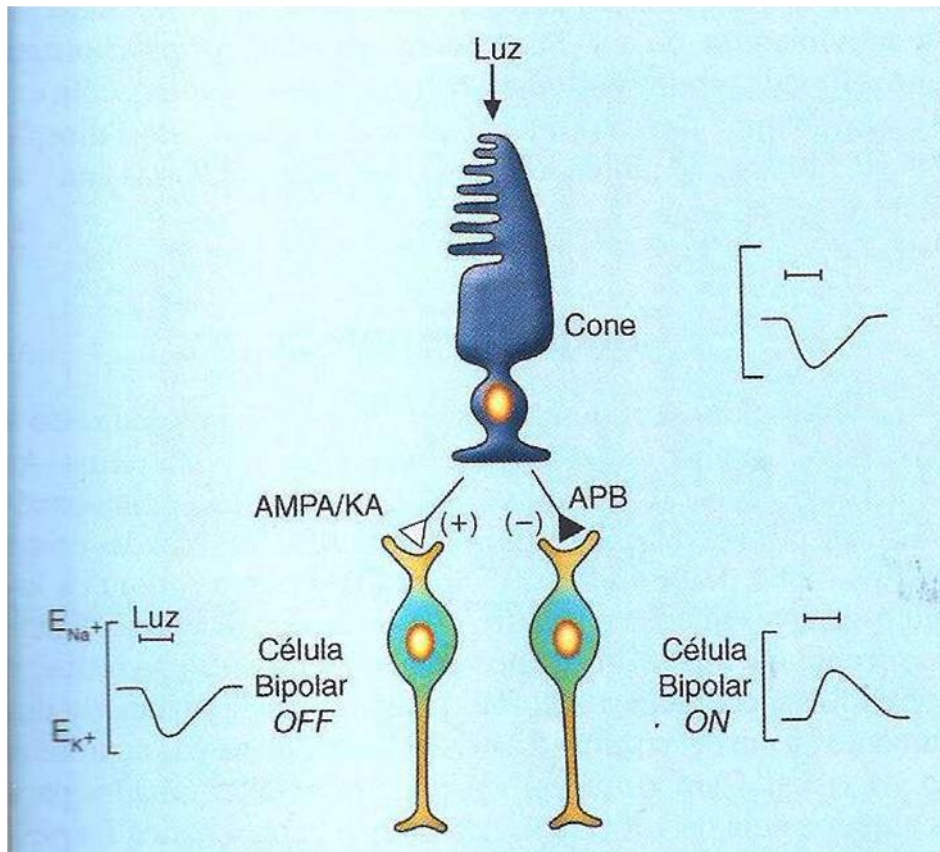
- **Estímulo de luz** a rodopsina (retinal + opsina).
- Alteração conformacional (descoramento).
- Ativação em cascata de segundo mensageiro
- Fechamento de canais de cátions.
- **Diminuição** da liberação de neurotransmissor (**glutamato**) para os neurônios bipolares de acordo com a intensidade de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

Depolariza

LUZ-OFF

Receptores de glutamato do tipo AMPA/Ka.

Aminopectidase ácida

Hiperpolariza

Fonte: CURI & PROCÓPIO (2009)

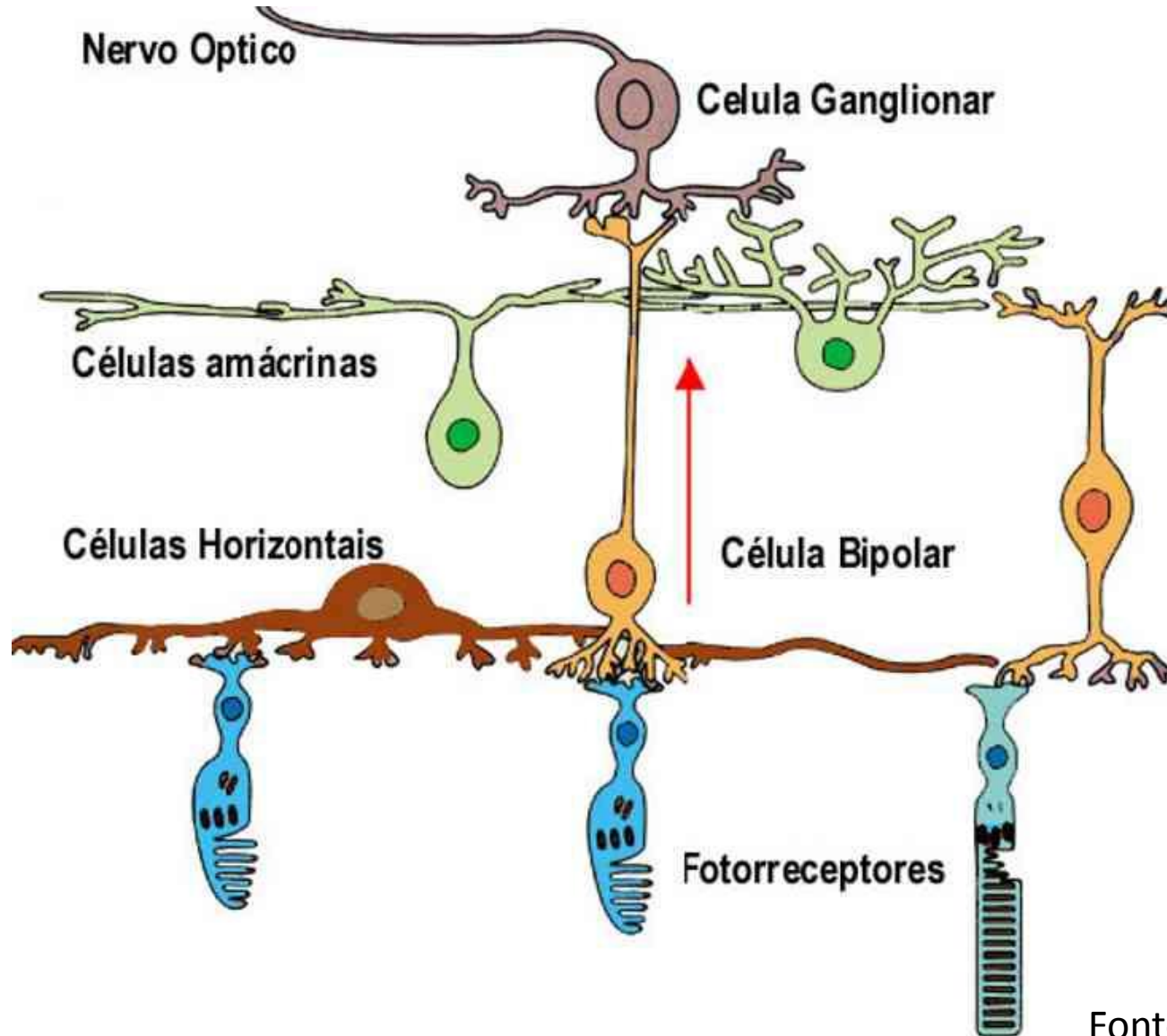
TRANSDUÇÃO DA LUZ

FOTOTRANSDUÇÃO

Estímulo das células ganglionares é importante para o reconhecimento de:

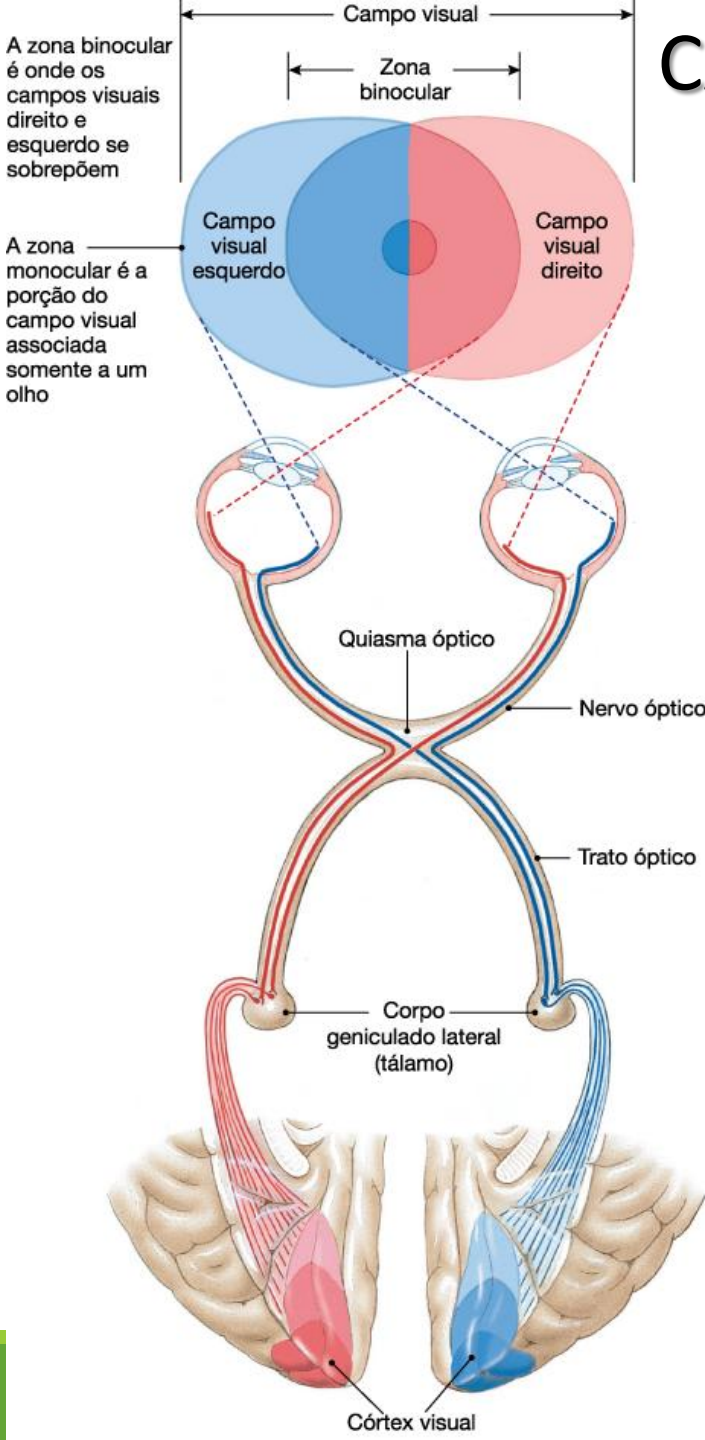
- Contraste (distinção dos objetos ou pessoas)
- Localização, movimentação e profundidade
- Cor, forma e textura

TRANSDUÇÃO DA LUZ



Fonte: Silverthorn (2010)

CAMPOS VISUAIS DOS OLHOS E A VISÃO BIOCULAR

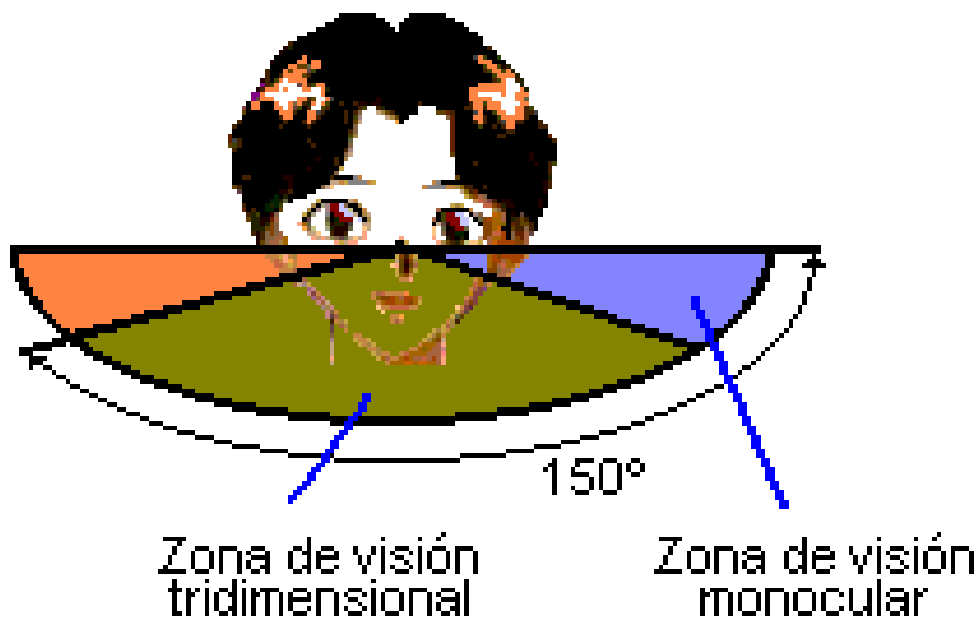


- ✓ Corpo geniculado lateral (tálamo)
- ✓ Quiasma óptico - decussação
- ✓ Córtex visual (cérebro)
- ✓ Reúne todas as informações oriundas das células ganglionares e processa simultaneamente

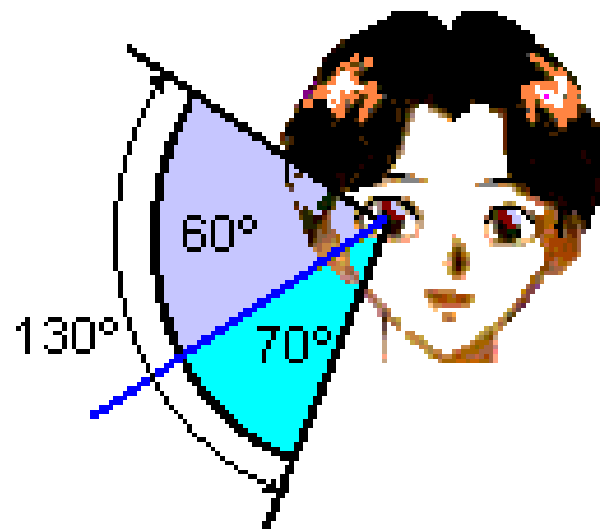
CAMPO VISUAL

Consiste na quantificação da área espacial percebida pelo olho.

Visão monocular e Visão binocular

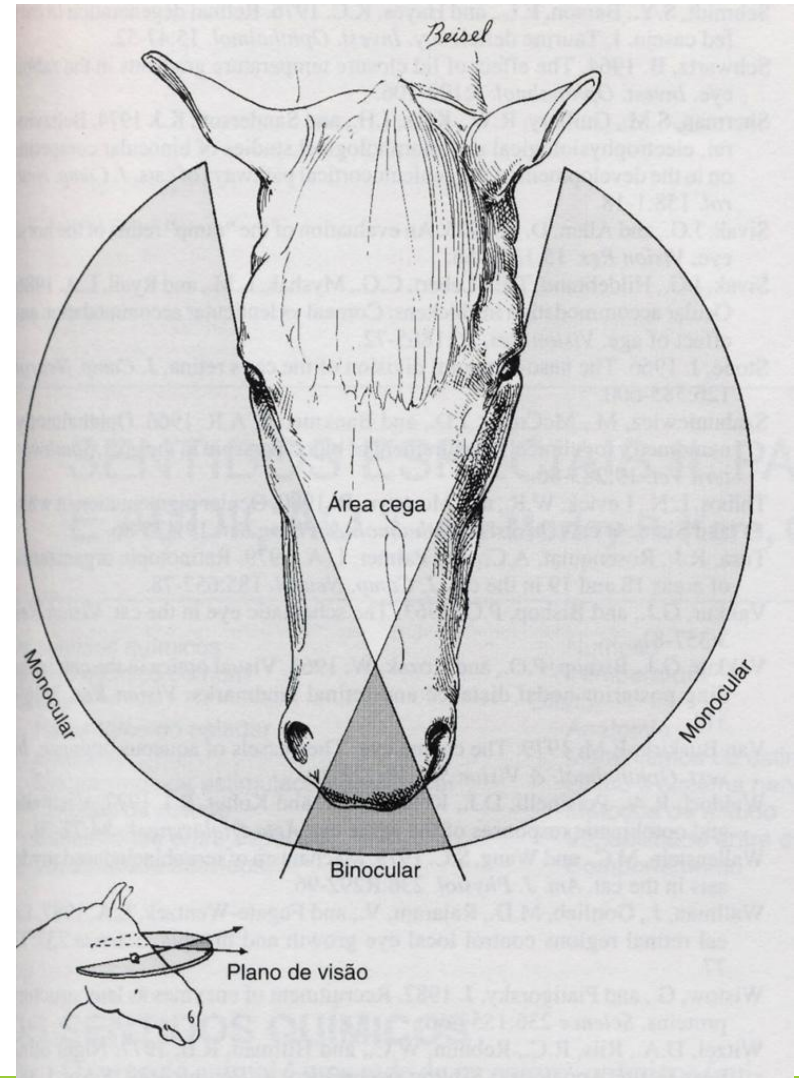
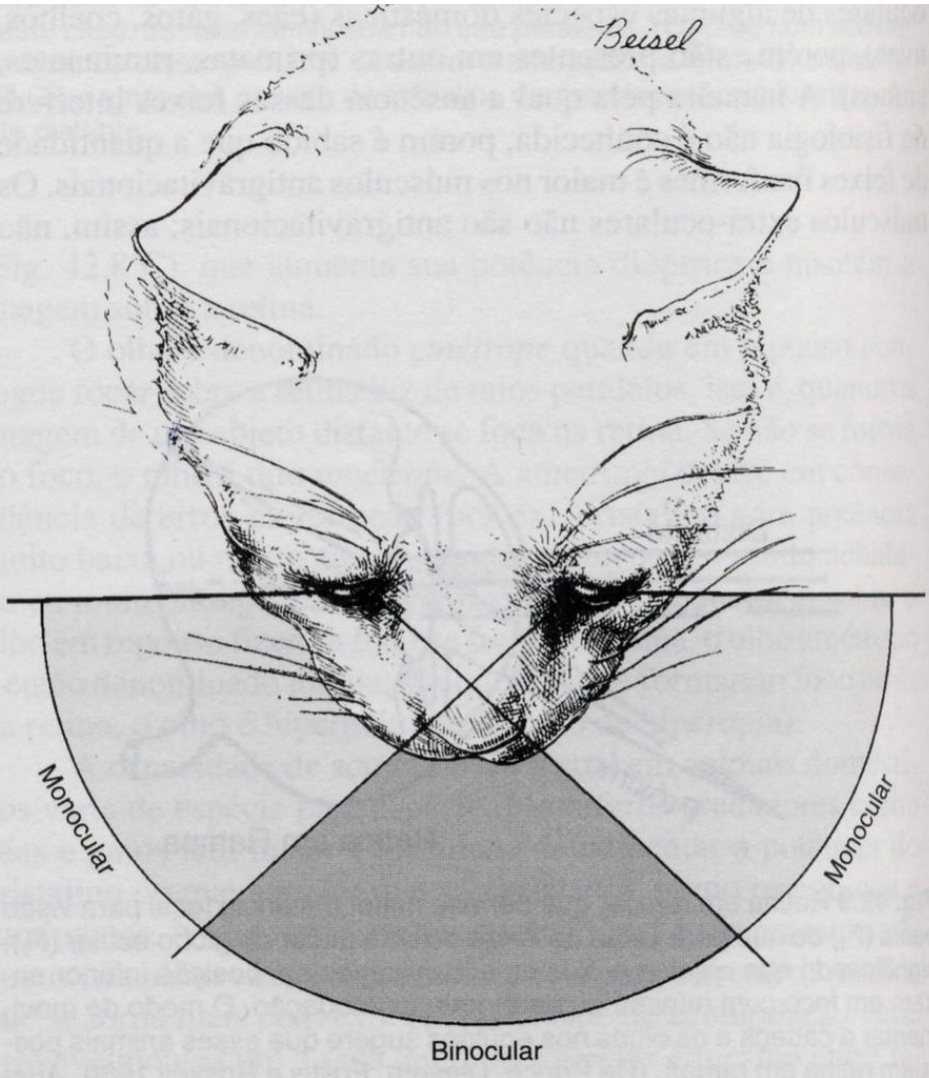


Campo visual horizontal



Campo visual vertical

CAMPO VISUAL



REFLEXO PUPILAR/CONSENSUAL

REFLEXO FOTOMOTOR



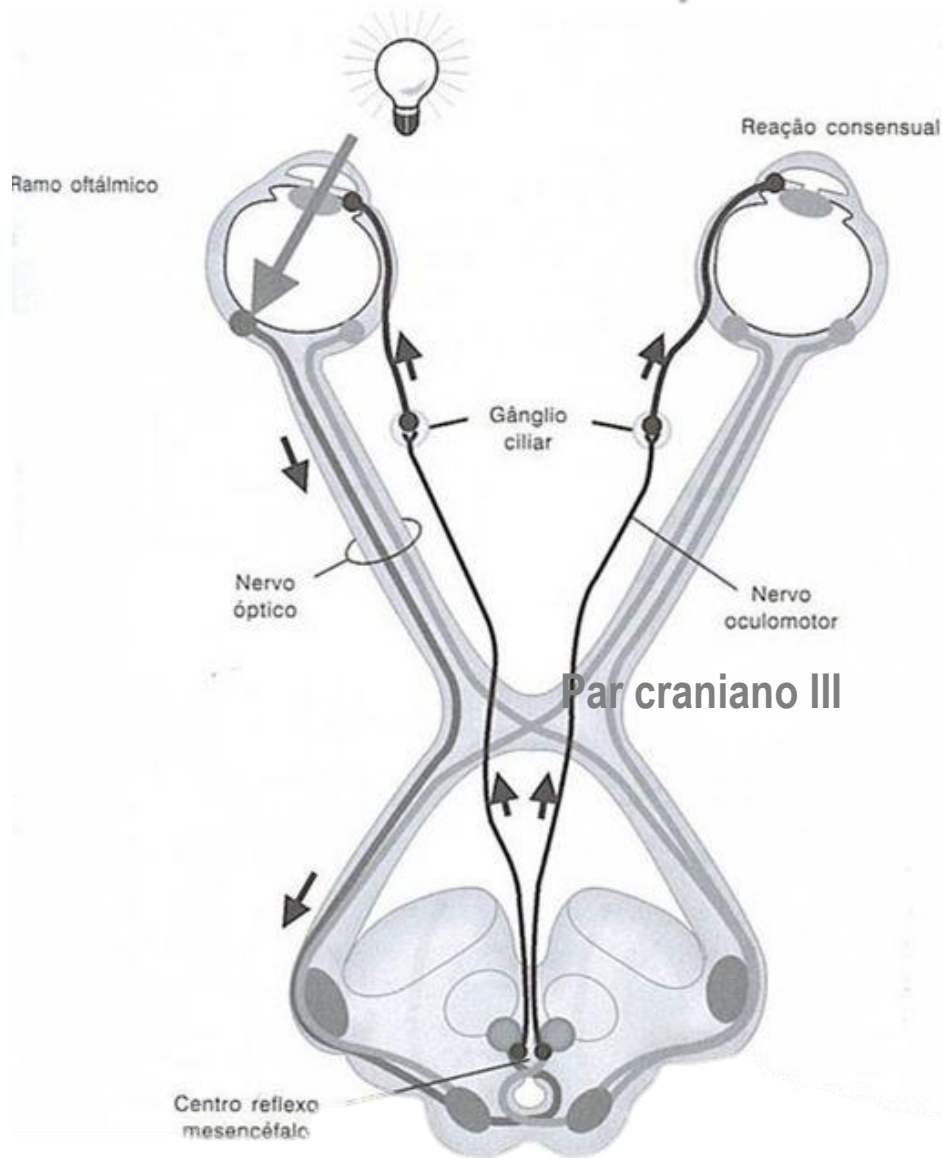
Muito utilizado na clínica para aferir o funcionamento do sistema nervoso central e periférico

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?

