A cartoon illustration of a man with a large nose, wearing a red and white striped shirt, holding a banana to his nose and smelling it. The background is a light blue circle with some small black dots. The text is overlaid on this illustration.

# OLFAÇÃO GUSTAÇÃO



INTERAÇÃO ESTÍMULO - RECEPTORES  
PROCESSAMENTOS FUNÇÃO  
COMPARAÇÕES EVOLUÇÃO

Profa. Dra Elisabeth Spinelli de  
Oliveira, FFCLRP, USP

Aulas 17 e 18 de 01 e  
02/06  
Apoio teórico à Prática

	OLFAÇÃO	GUSTAÇÃO
ESTÍMULOS		
RECEPTORES		
PROCESSAMENTO		

**QUIZZZZZZZ: completar de maneira breve e objetiva**

**OLFAÇÃO**  
**GUSTAÇÃO**

Estímulo  
Receptores  
Processamento

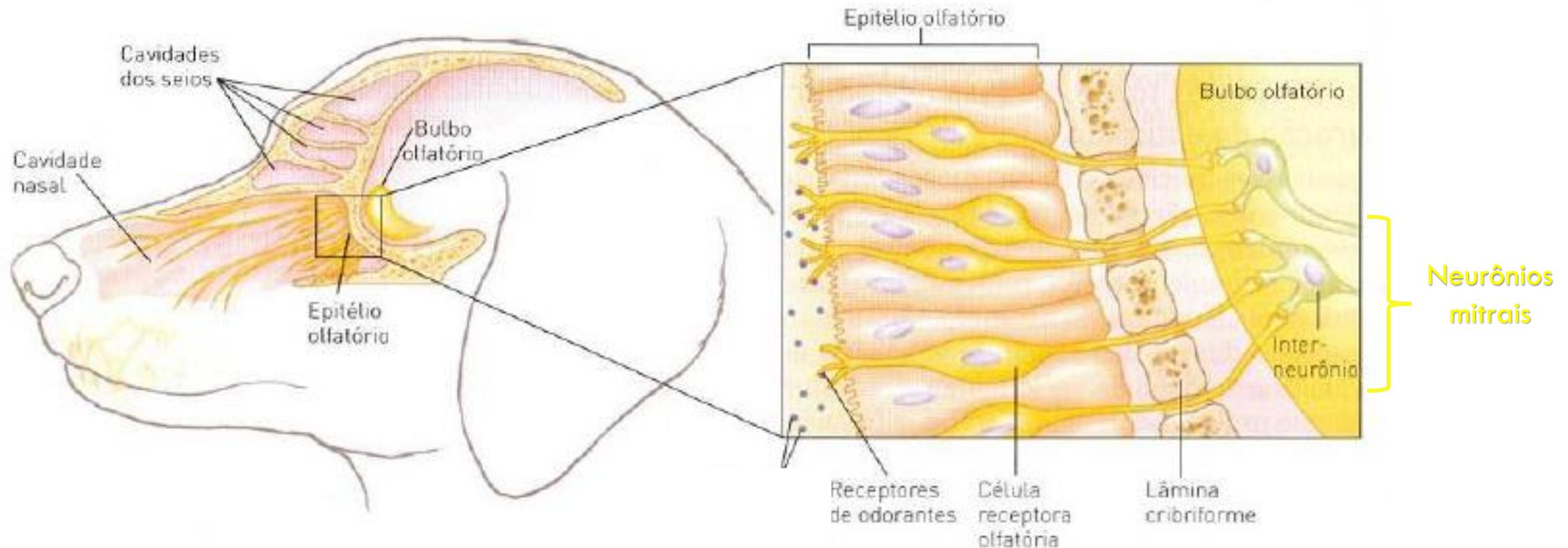
	OLFAÇÃO	INTEGRAÇÃO	GUSTAÇÃO
ESTÍMULOS	<b>10 submodalidades de odores primários:</b> cítricos, éteres, pútridos, pungentes, de cânfora, florais, de hortelã, de pipoca, de frutas não cítricas e almíscar. Estímulo pode estar a <b>longa distância</b> (inspiração).		<b>Doce e umami:</b> representam alimentos de qualidade <b>Salgado</b> (depende da concentração) <b>Azedo</b> (ácido) e <b>amargo:</b> cuidado! São 5, o estímulo deve estar <b>próximo</b> .
RECEPTORES	<b>Neurônios olfatórios</b> (NO) na parte superior da cavidade nasal, os filetes do nervo olfatório (I par de nervo craniano) atravessam o osso etmóide da base do crânio. <b>São numerosos.</b> Há regeneração (limitada), uma exceção entre os neurônios.		<b>Células epiteliais em papilas gustativas</b> (PG) na língua, nas bochechas e em parte da epiglote humana. <b>São em número reduzido</b> comparativamente (10.000 na espécie humana). Ocorre substituição a cada 10 dias em média.
PROCESSAMENTO	NO > I par > bulbo olfatório > córtex olfatório (sistema límbico, memória/ emoções) concomitantemente NO > I par > Tálamo > Córtex olfatório (frontal) (consciência).		PG > NC (VII facial, IX glossofaríngeo, X vago) > tálamo > córtex gustativo (ínsula) (consciência).

**OLFAÇÃO: MÚLTIPLAS FUNÇÕES DE MEMÓRIA À REPRODUÇÃO**

**GUSTAÇÃO: ALIMENTAÇÃO E PRESERVAÇÃO**

Estímulos  
Receptores  
Processamento

# A INFORMAÇÃO OLFATÓRIA: RECEPÇÃO



A figura mostra a cavidade nasal e o epitélio olfatório que se localiza no fundo e na parte superior da cavidade nasal, sendo constituído por receptores que são neurônios propriamente ditos. Os filetes nervosos desses neurônios bipolares constituem o I par de nervos olfatórios que passam pelos forâmens do osso etmoide (lâmina cribriforme) e fazem sinapse no bulbo olfatório, estrutura do telencéfalo que é parte do sistema límbico, que integra memória e emoções, daí a forte ligação do olfato com esses atributos. Este é o padrão em mamíferos e em outros vertebrados, com variações.

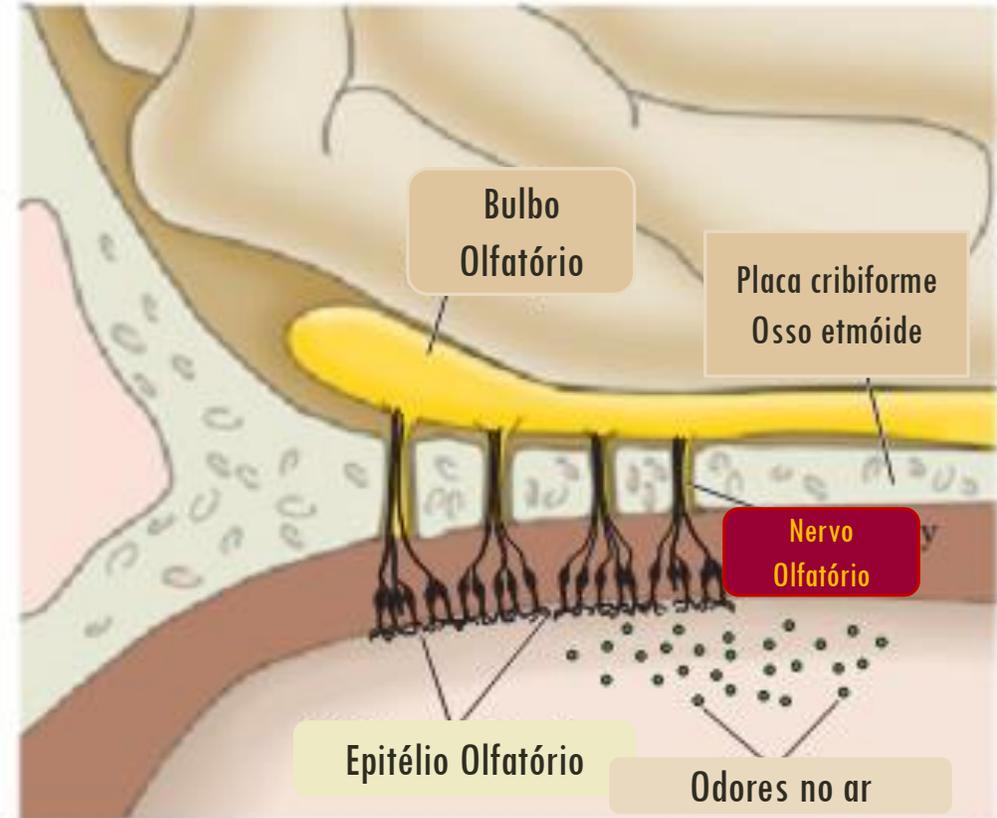
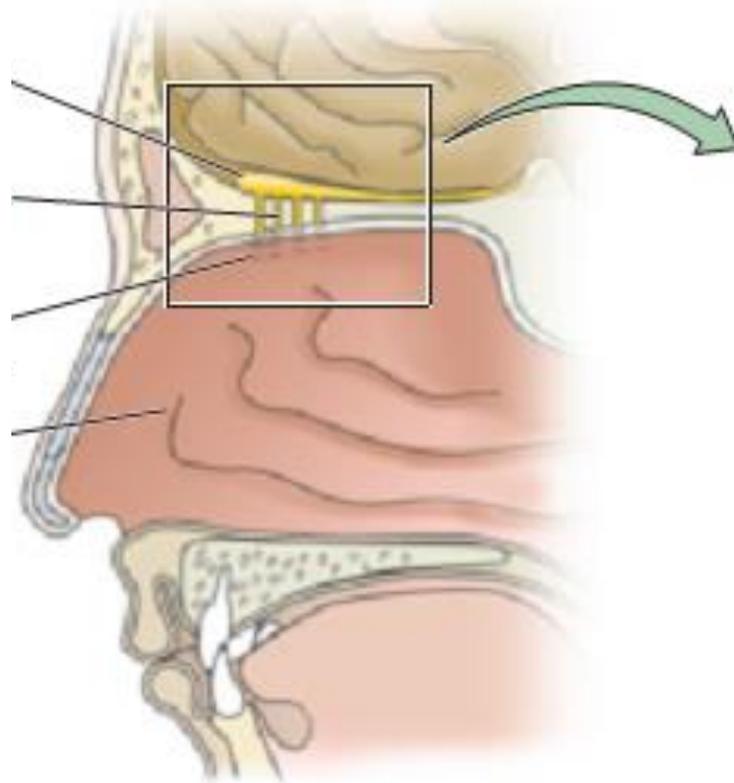
# A OLFAÇÃO NA ESPÉCIE HUMANA

Bulbo Olfatório no  
Telencéfalo

Placa cribiforme

Epitélio olfatório

Cavidade nasal

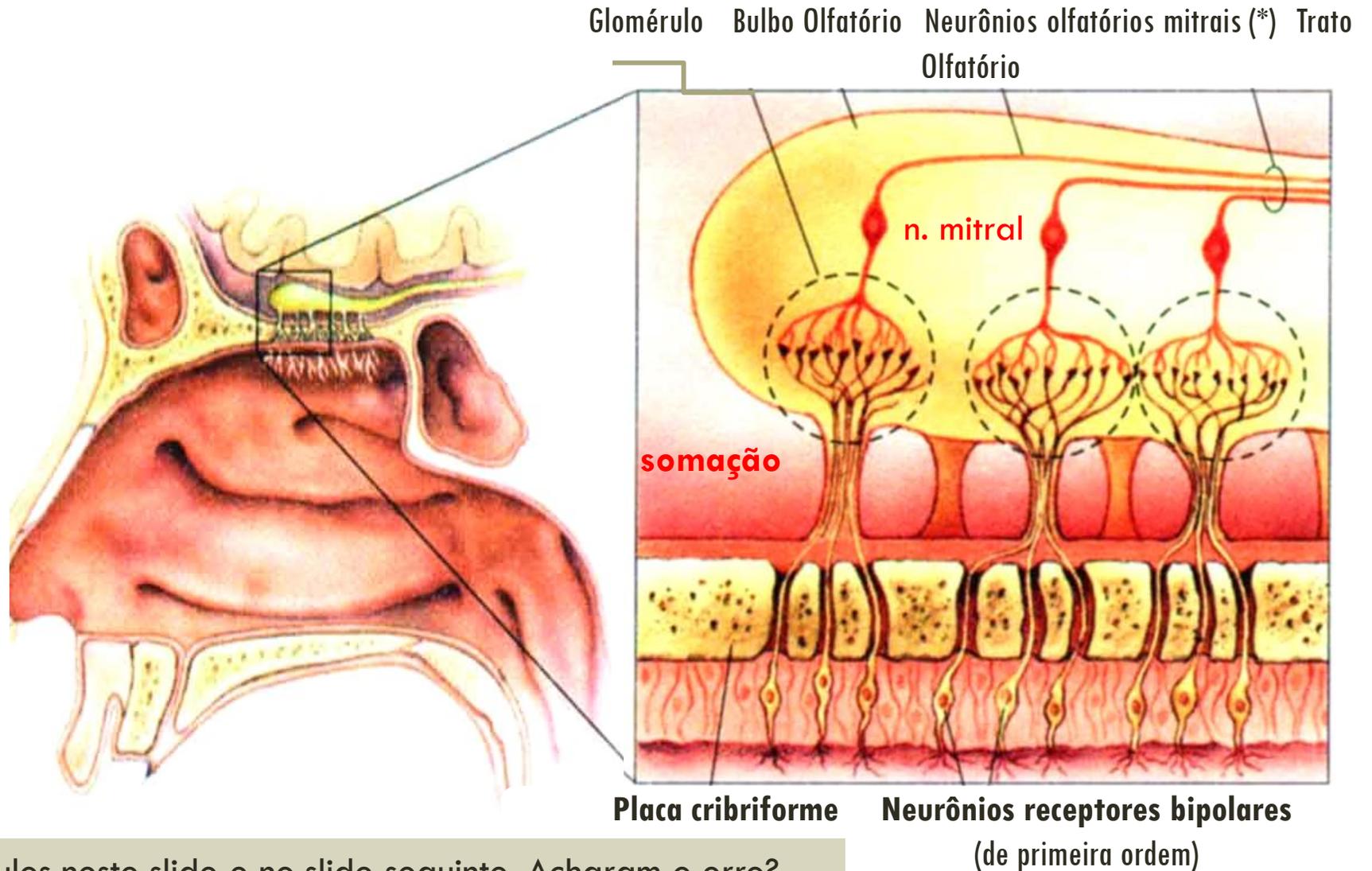


A cavidade nasal abriga o epitélio olfatório. Os nervos olfatórios projetam-se para neurônios nos bulbos olfatórios. Observem as semelhanças com as estruturas olfatórias de cães, vistas no quadro anterior, um desenho que é mantido em outros mamíferos.

# BULBO OLFATÓRIO E TRATO OLFATÓRIO

(\*) segunda ordem

O ar contendo as moléculas de odores é **inspirado** e atinge os NO, neurônios de primeira ordem. Os axônios dos NO fazem sinapse com **neurônios mitrais**, de segunda ordem, formando glomérulos no **bulbo olfatório** (BO). Os axônios das células mitrais formam o **trato olfatório**.

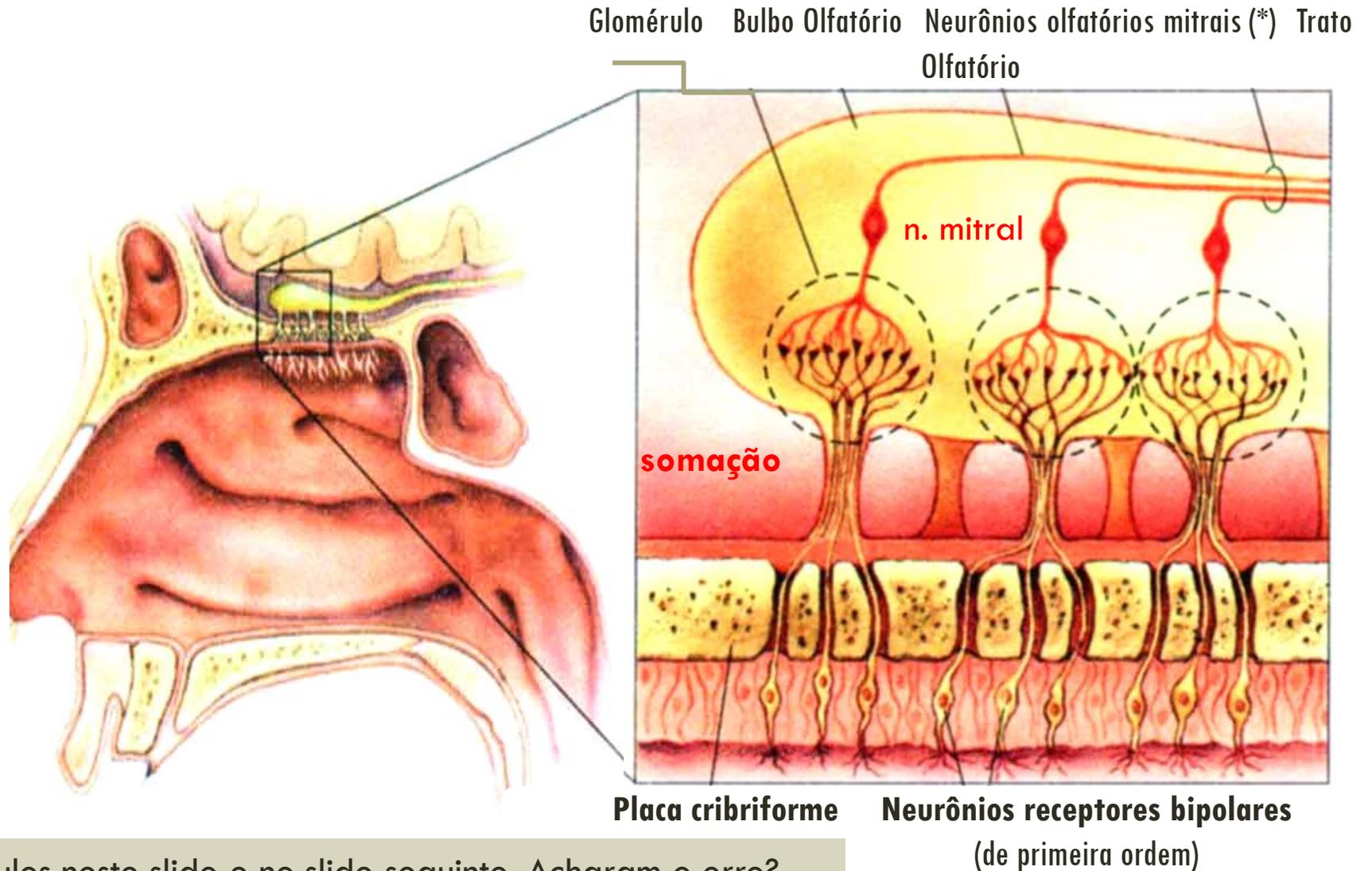


Compare a figura dos glomérulos neste slide e no slide seguinte. Acharam o erro?

# BULBO OLFATÓRIO E TRATO OLFATÓRIO

(\*) segunda ordem

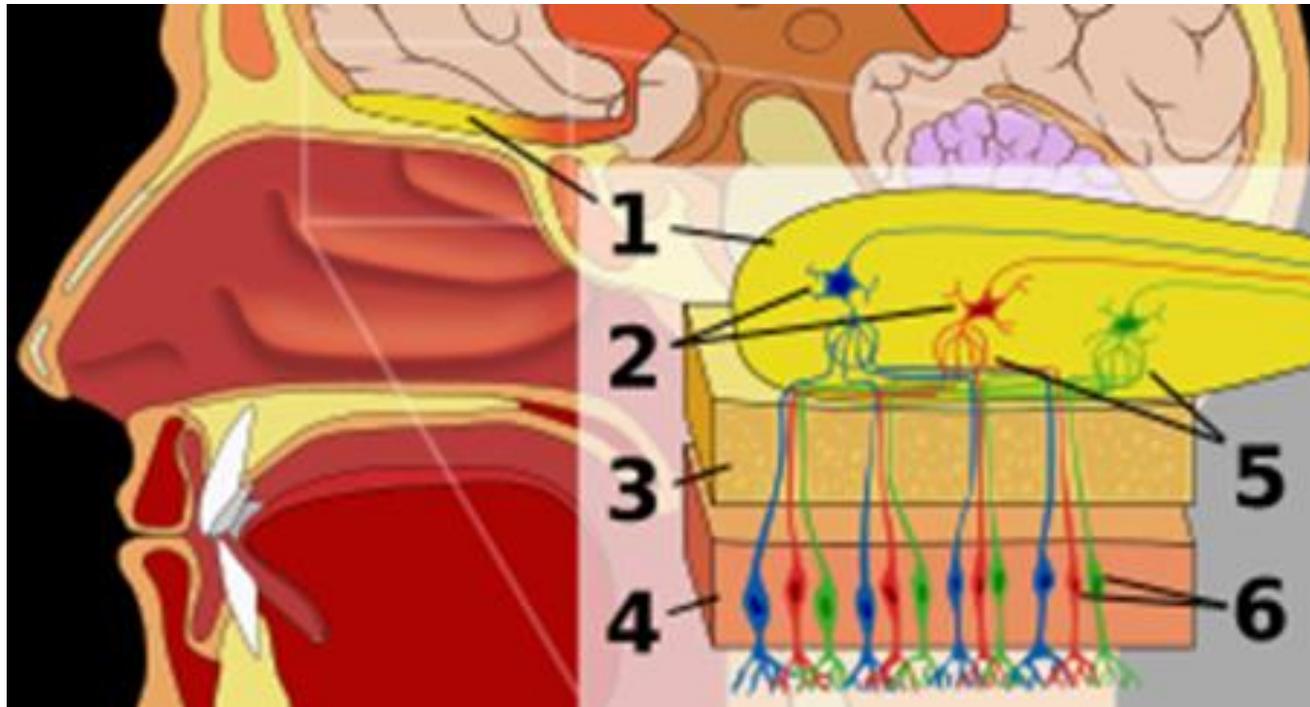
O ar contendo as moléculas de odores é **inspirado** e atinge os NO, neurônios de primeira ordem. Os axônios dos NO fazem sinapse com **neurônios mitrais**, de segunda ordem, formando glomérulos no **bulbo olfatório** (BO). Os axônios das células mitrais formam o **trato olfatório**.



Compare a figura dos glomérulos neste slide e no slide seguinte. Acharam o erro?

# RECEPTORES OLFATÓRIOS E SUAS CONEXÕES

QUIZZZZ IDENTIFIQUE 1. 2. 3. 4. 5. 6.



Observem as cores do desenho, o que estão representando?

Neurônios em diferentes posições no epitélio olfatório enviam informação de um determinado cheiro para um mesmo glomérulo/ n. mitral.

Na audição a posição do estímulo na cóclea determina o reconhecimento da frequência dos sons, na olfação é o padrão de estimulação (quais conjuntos de neurônios são estimulados) que importa.

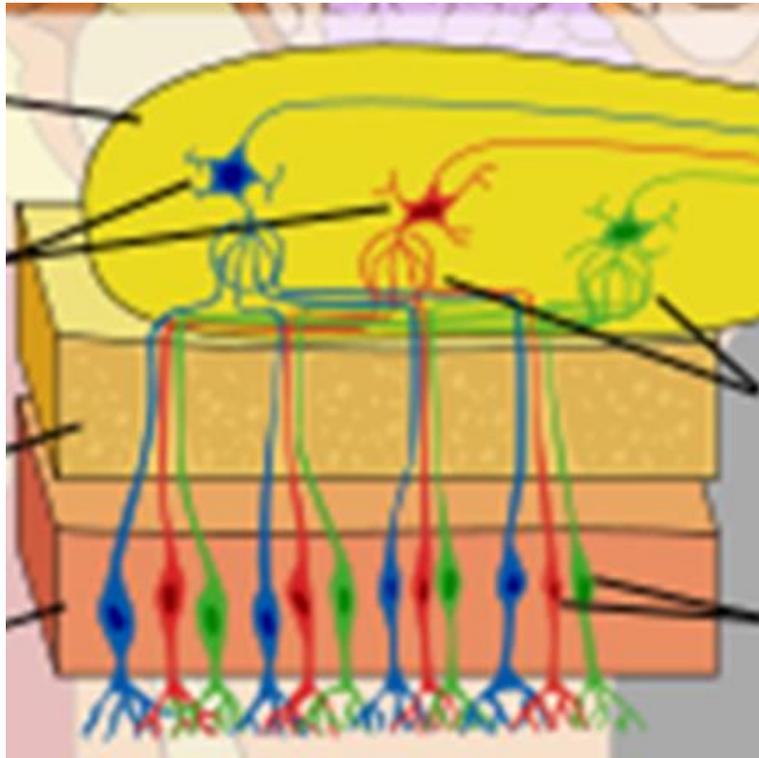
Nesta figura os neurônios que reconhecem o mesmo odor (representado pela mesma cor) convergem para um mesmo glomérulo sem necessariamente serem vizinhos. Esta representação está mais correta do que a do slide anterior.

# BULBO OLFATÓRIO E TRATO OLFATÓRIO

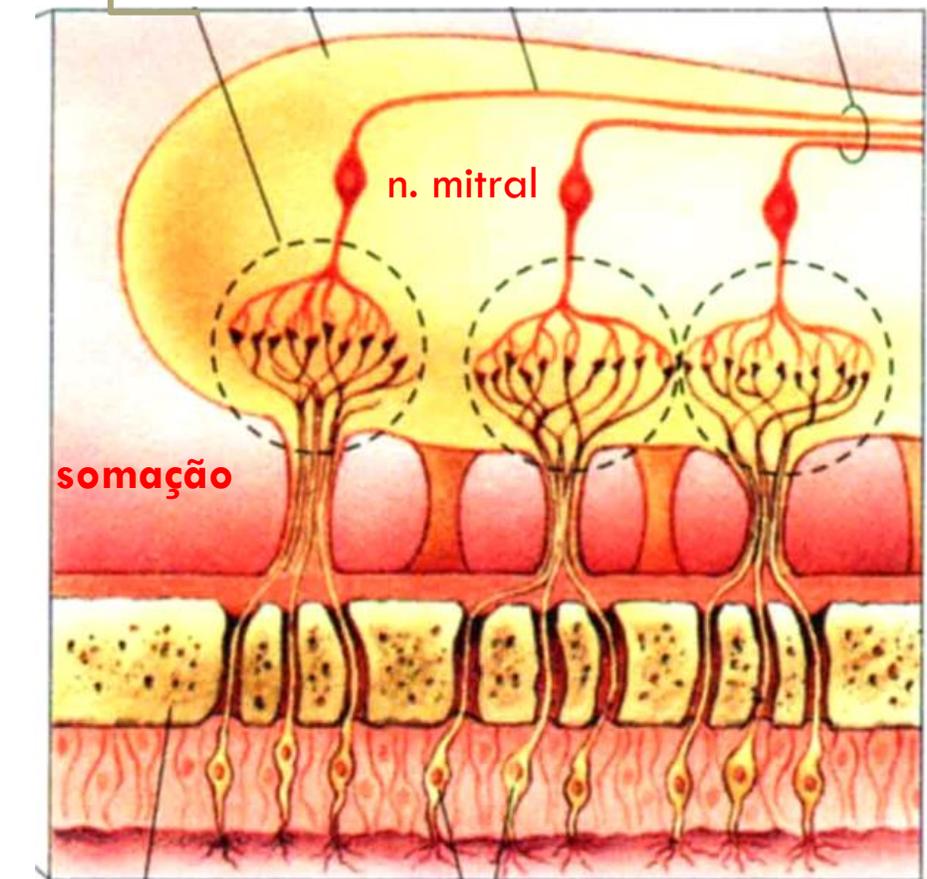
(\*) segunda ordem

Observe que na figura dos glomérulos à esquerda os neurônios adjacentes convergem para o mesmo glomérulo. Na figura à direita os neurônios que **reconhecem o mesmo odor** (representado pela mesma cor) convergem para um mesmo glomérulo. Em outras palavras, os glomérulos representam odores.

Bulbo Olfatório  
Glomérulo  
Etmóide  
(lâmina cribiforme)  
Neurônios olfatórios



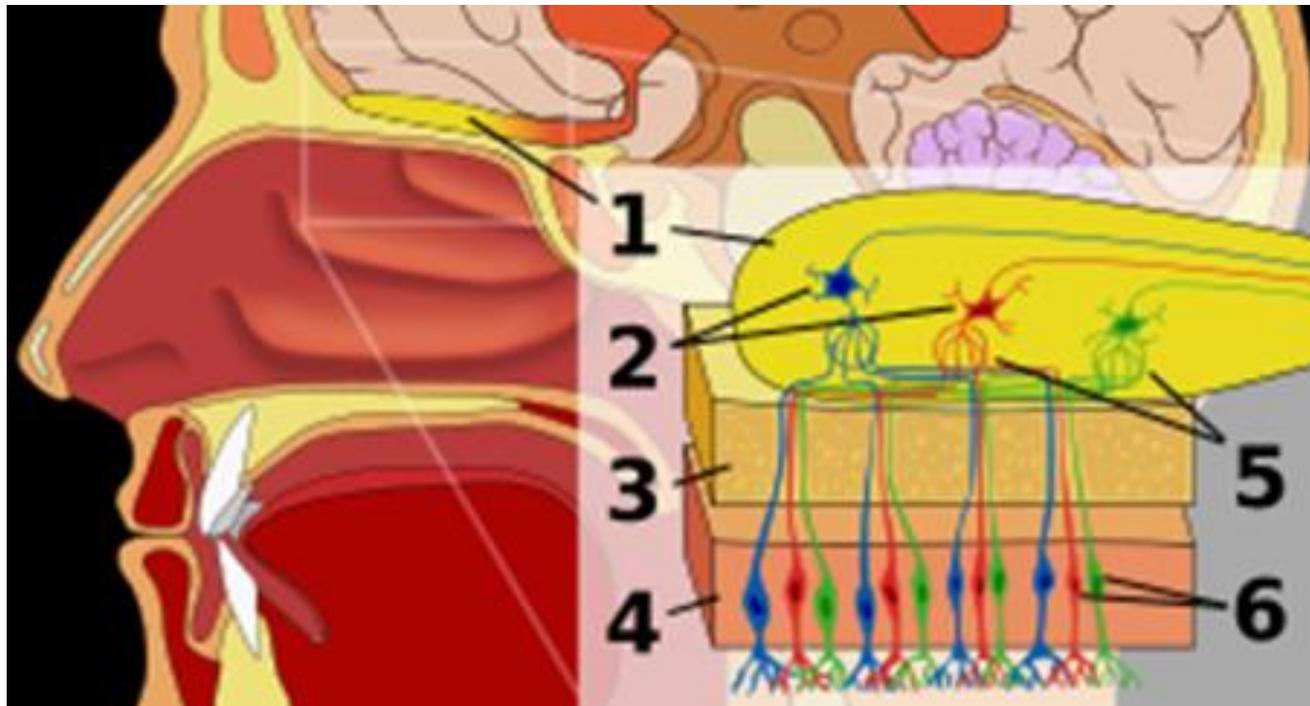
Glomérulo Bulbo Olfatório Neurônios olfatórios mitrais (\*) Trato Olfatório



Placa cribiforme Neurônios receptores bipolares (de primeira ordem)

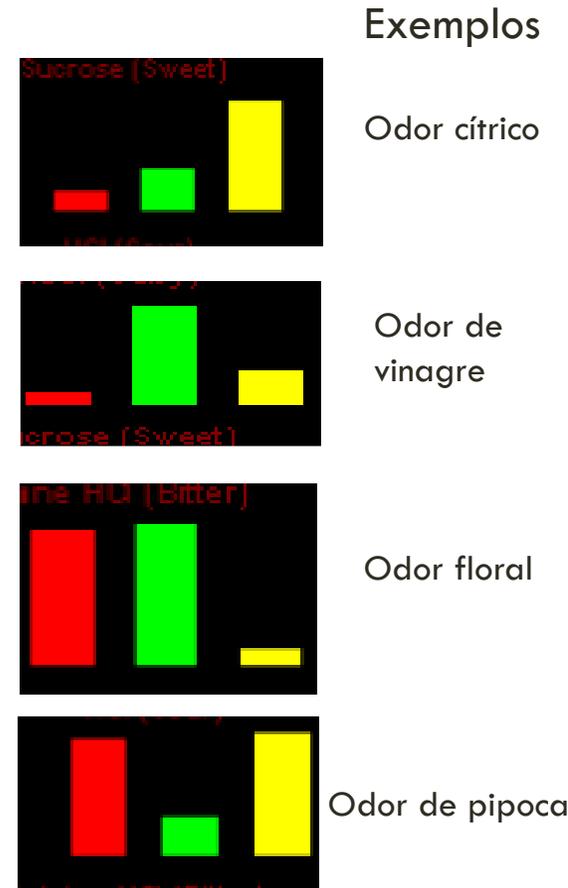
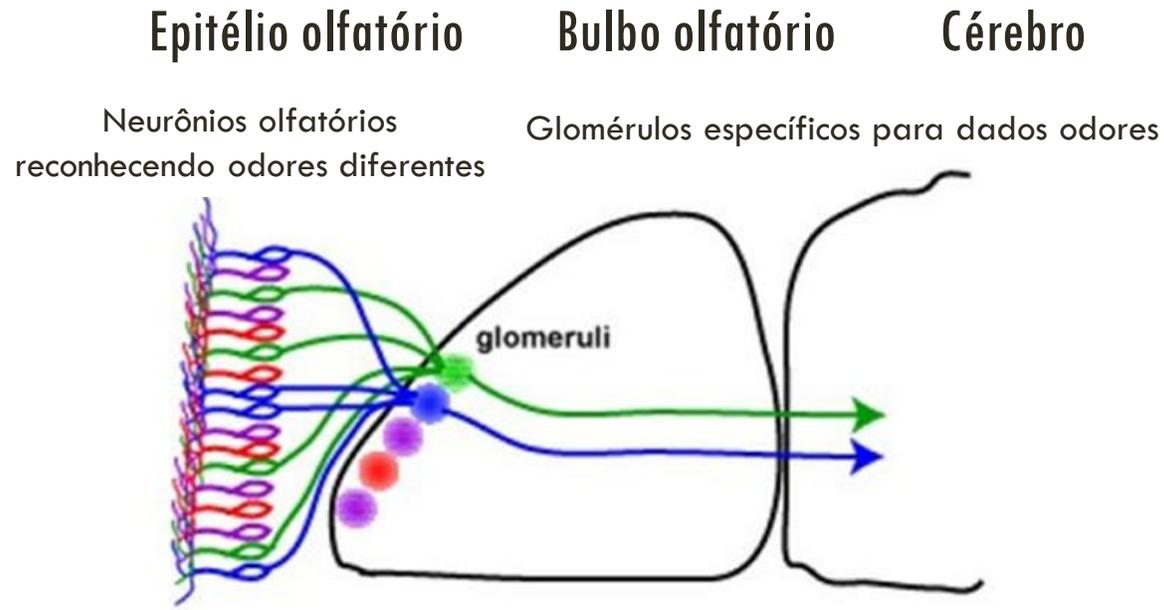
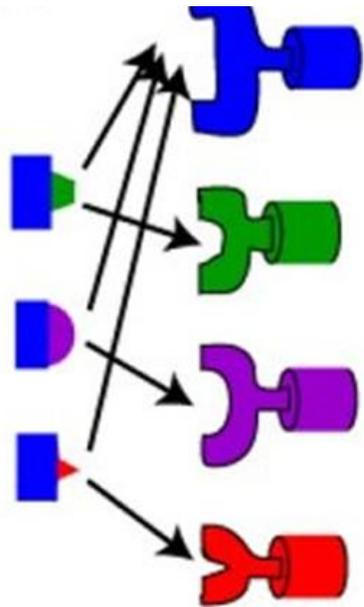
# UMA FAMÍLIA DE GENES DE RECEPTORES OLFATÓRIOS

1. Bulbo olfatório 2. neurônios mitrais 3. osso etmoide 4. epitélio olfatório 5. glomérulos mitrais, 6. neurônios receptores



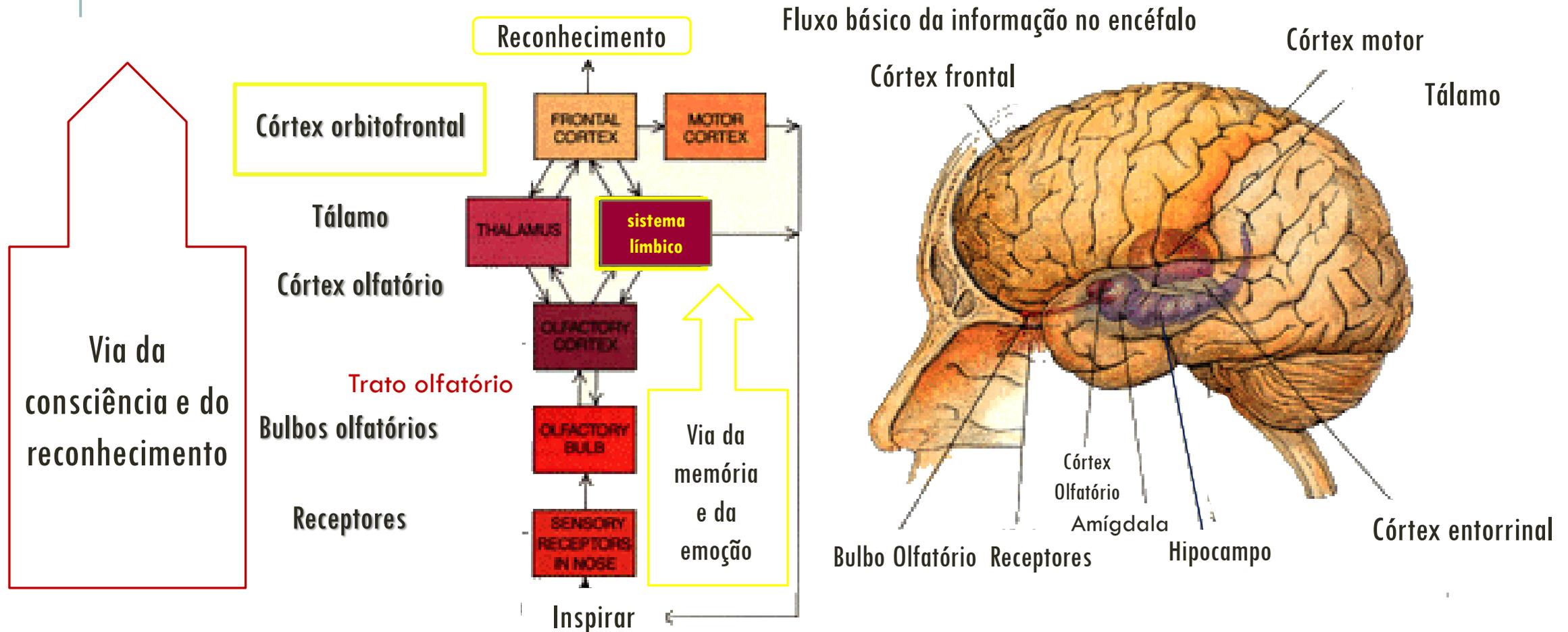
Os neurônios enviam filetes nervosos diretamente para os glomérulos (5) no bulbo olfatório (1). Neurônios de mesmo tipo de receptor (representado pela mesma cor no desenho) enviam seus processos nervosos para o mesmo glomérulo. A partir desse micro domínio no bulbo olfatório a informação é enviada para outras partes do cérebro. Então a informação de **vários receptores olfatórios é combinada** formando um **padrão** que será **associado a um determinado cheiro** e ficará guardado na memória.

# A TRANSDUÇÃO DO ODOR



A olfação opera por um **código de combinação de padrões**. Por exemplo, se representarmos a estimulação de três tipos de receptores por barras coloridas podemos criar várias combinações em que cada padrão representa um odor (coluna à direita).

# O PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO OLFATÓRIA



(Fig. Sci. American)

As vias da consciência (do reconhecimento) à esquerda, seguindo o esquema Receptor > Tálamo > Córtex Primário. Os bulbos olfatórios também são parte do sistema límbico, assim como a amígdala, e o hipocampo, o que relaciona olfato à memória e respostas emocionais.

# O CÓRTEX FRONTORBITAL (OFC ORBITOFRONTAL)

O OFC corresponde à região do córtex prefrontal do lobo frontal, envolvida em processos cognitivos de tomada de decisão. Recebe este nome porque localiza-se imediatamente na região acima das órbitas.

Funcionalmente o OFC está ligado à **região ventromedial do córtex pré-frontal**. Recebe projeções do núcleo medial dorsal do **tálamo** e participa da integração de **emoções, gustação, cheiro e recompensa na tomada de decisões**. Drogas psicotrópicas podem alterar o funcionamento do OFC (\*).

Há muito que se avançar com respeito a esta área, em humanos e em outros grupos de animais.

(\*) Biol Psychiatry. 2008 63(3): 256–262. doi: 10.1016/j.biopsych.2007.06.003 PMID: PMC2246020 NIHMSID: NIHMS38474 MID: 17719014 The role of orbitofrontal cortex in drug addiction: a review of preclinical studies G Schoenbaum & Y Shaham



P Wicks: My head! MRI Obtained in a 1.5T GE Scanner in 2003. Region highlighted = approximate location of the orbitofrontal cortex (em verde OFC).

# O CÓRTEX OLFATÓRIO: RECONHECER O QUE? COMO? QUANTO? É RECOMPENSA? AH, TRAZ LEMBRANÇAS!

O córtex olfatório não é neocortex - que apresenta cinco camadas de neurônios e uma camada dendrítica, em um total de 6 camadas - como ocorre para cada córtex primário das outras modalidades sensoriais em mamíferos. É conhecido como **paleocortex** e apresenta **três camadas de neurônios**.

O processamento da olfação envolve uma série de outras estruturas além do Tálamo e Córtex Primário, o que tem várias implicações fisiológicas, como visto nas tomografias.

**RESUMINDO:** A OLFAÇÃO É PARTE DA COMUNICAÇÃO QUÍMICA E EXPRESSA GRANDE COMPLEXIDADE ESTRUTURAL E FUNCIONAL, EXTRAPOLANDO O PADRÃO QUE É VISTO PARA OUTRAS MODALIDADES SENSORIAIS E PROPOSTO

**RECEPTORES > VIAS > TÁLAMO > CÓRTEX**



**AS ESTRUTURAS DA OLFAÇÃO EM VERTEBRADOS**

Respire fundo, ative seu neocortex, o seu **sistema límbico** e avance!

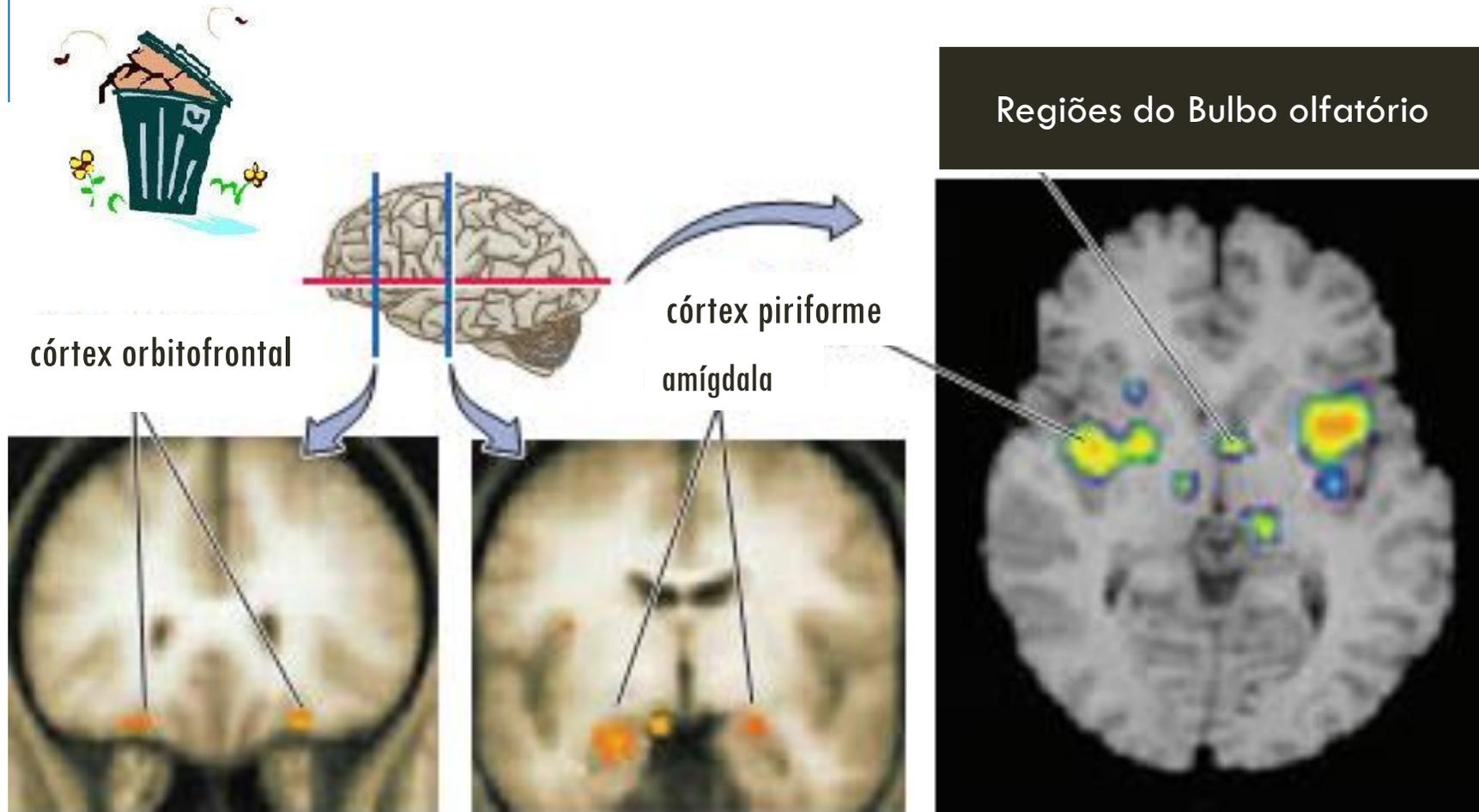


DIFERENTEMENTE DA VISÃO (E OUTROS SENTIDOS) A OLFAÇÃO ESTÁ INTIMAMENTE LIGADA À MEMÓRIA, AO APRENDIZADO E ÀS EMOÇÕES

---

O Sistema Límbico é responsável pela integração de comportamentos emocionais, alimentares, reações de defesa, aprendizado, comportamentos sexuais e memória.

# PROCESSAMENTO OLFATÓRIO AO VIVO



O **córtex orbitofrontal** contém **circuitos de recompensa**, o que é uma outra qualidade que os odores têm. Já a **amígdala**, parte do Sistema límbico, é um local de organização de memórias aversivas.

Registros tomográficos feitos com voluntários expostos a odores, evidenciam a ativação (em laranja) do **córtex orbitofrontal** (à esquerda) e das **amígdalas** (centro) em vistas frontais do encéfalo (setas azuis). No lado direito a tomografia de secção horizontal (em vermelho) mostra a ativação do **bulbo olfatório** e do **córtex piriforme** (olfatório primário). As cores indicam o grau de ativação dessas regiões (laranja > amarela > azul).



# APRENDIZADO DE ODORES NA VIDA INTRAUTERINA

O aprendizado de odores começa antes do nascimento, indicam estudos recentes. Compostos presentes na dieta da mãe podem se incorporar ao fluido amniótico e podem ser absorvidos pelo feto.

Estudos feitos sobre o consumo de alho, álcool ou uso de tabaco pela mãe durante a gravidez resultou na preferência das crianças monitoradas a esses cheiros em comparação com o grupo que não tinha sido exposto a essas substâncias.

Além disso há dados que indicam que as experiências precoces também influenciam as preferências de alimentos e aromas em fases finais da infância e mesmo na vida adulta. Lembrar que o sabor dos alimentos é primariamente baseado em odores, a gustação contribui somente com as sensações de sal, amargo, doce, ácido e umami.



Early taste experiences and later food choices. Review Nutrients. 2017, 9(2). pii: E107. doi: 10.3390/nu9020107. De Cosmi V, Scaglioni S, Agostoni C.

# UMA FAMÍLIA DE GENES DE RECEPTORES OLFATÓRIOS

O sistema olfatório tem sido objeto de estudos reveladores (ver\* Richard Axel e Linda B. Buck, 2004), relacionados ao conhecimento sobre **os genes dos receptores olfatórios**, trabalhos agraciados pelo P. Nobel.

## Resumindo:

1. Existe uma **grande família de genes**: ao redor de 1.000 diferentes genes da olfação (3% do total) em mamíferos.
2. Existe um número correspondente **de tipos de receptores** olfatórios localizados em **neurônios olfatórios**.
3. A relação é de 1 **neurônio** olfatório: 1 **tipo de receptor** de **odor**: um **número limitado de cheiros**.
4. Os **neurônios receptores** são, portanto, altamente **especializados** para alguns poucos odores.

(\* [https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laurates/2004/press.html](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laurates/2004/press.html) (Fonte, Traduzido por ESO)

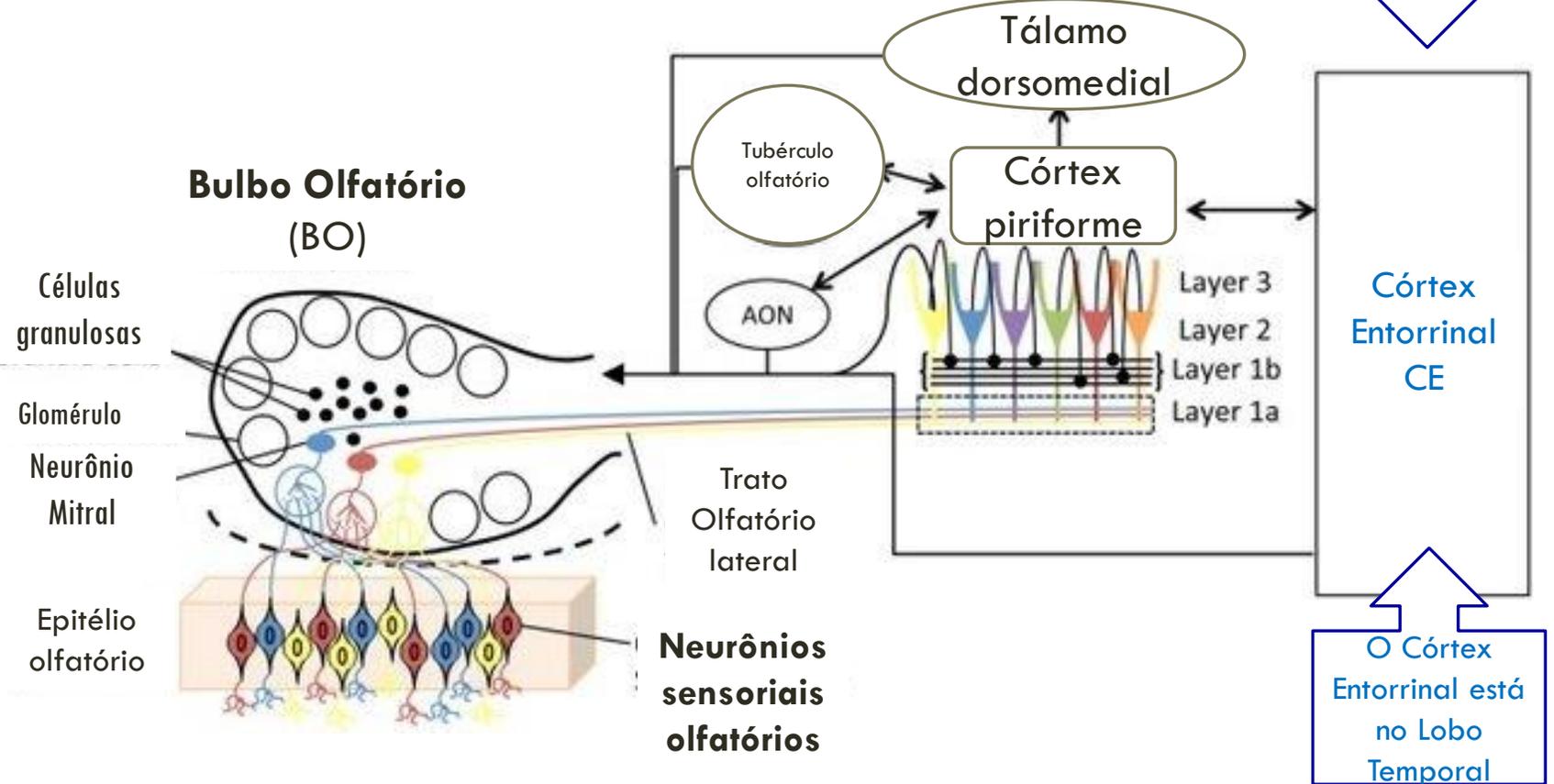
# DO GENE AO RECEPTOR E AO ODOR?

O desenho é uma representação esquemática do **processamento da informação olfatória**. Os neurônios no epitélio expressam um gene de um conjunto grande de diferentes genes (no desenho representados por cores diferentes). Neurônios olfatórios que expressam os mesmos genes convergem para os glomérulos no bulbo olfatório (BO) e fazem sinapse em neurônios mitrais de segunda ordem.

Células mitrais individuais recebem sinais excitatórios de um único glomérulo, e assim recebem sinais de uma população homogênea de neurônios sensoriais. **Interagem com células granulosas que tem a capacidade de neurogênese e podem ser substituídas por toda a vida.** Além disso, são o alvo primário de sinais descendentes de áreas corticais olfatórias.

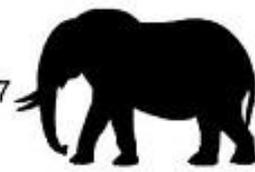
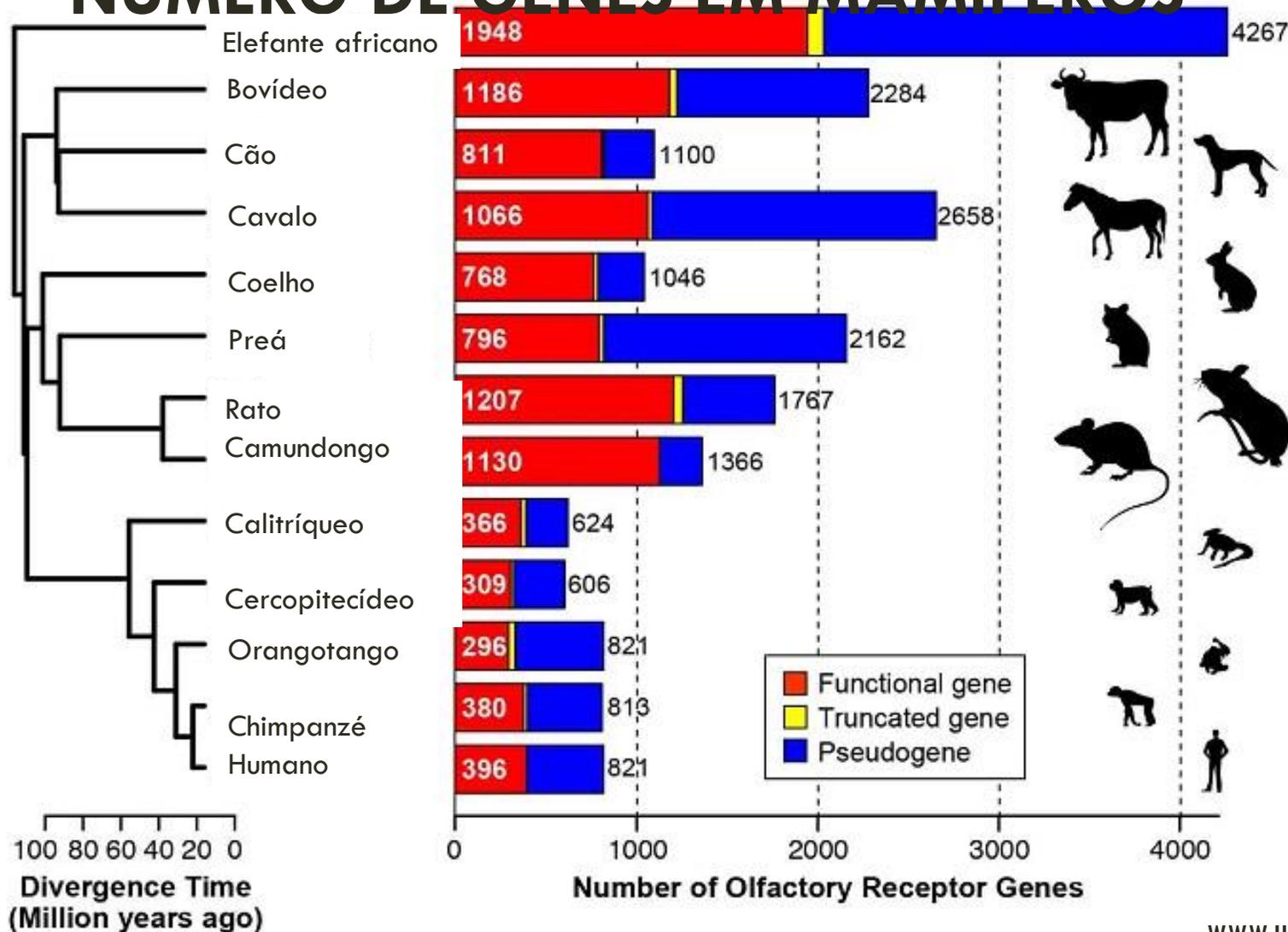
AON: Núcleo Olfatório Anterior.

O CE é uma estrutura chave em redes de memória, navegação e percepção do tempo. É elo entre o hipocampo e o neocortex



O córtex primário (piriforme) permite combinações e convergência de sinais de diferentes neurônios sensoriais olfatórios. O resultado é a emergência de características odoríferas em objetos. O córtex piriforme estabelece extensas e recíprocas conexões com várias áreas límbicas e corticais.

# NÚMERO DE GENES EM MAMÍFEROS



O sentido olfatório é complexo também em humanos. É mito que temos um sentido olfatório reduzido.

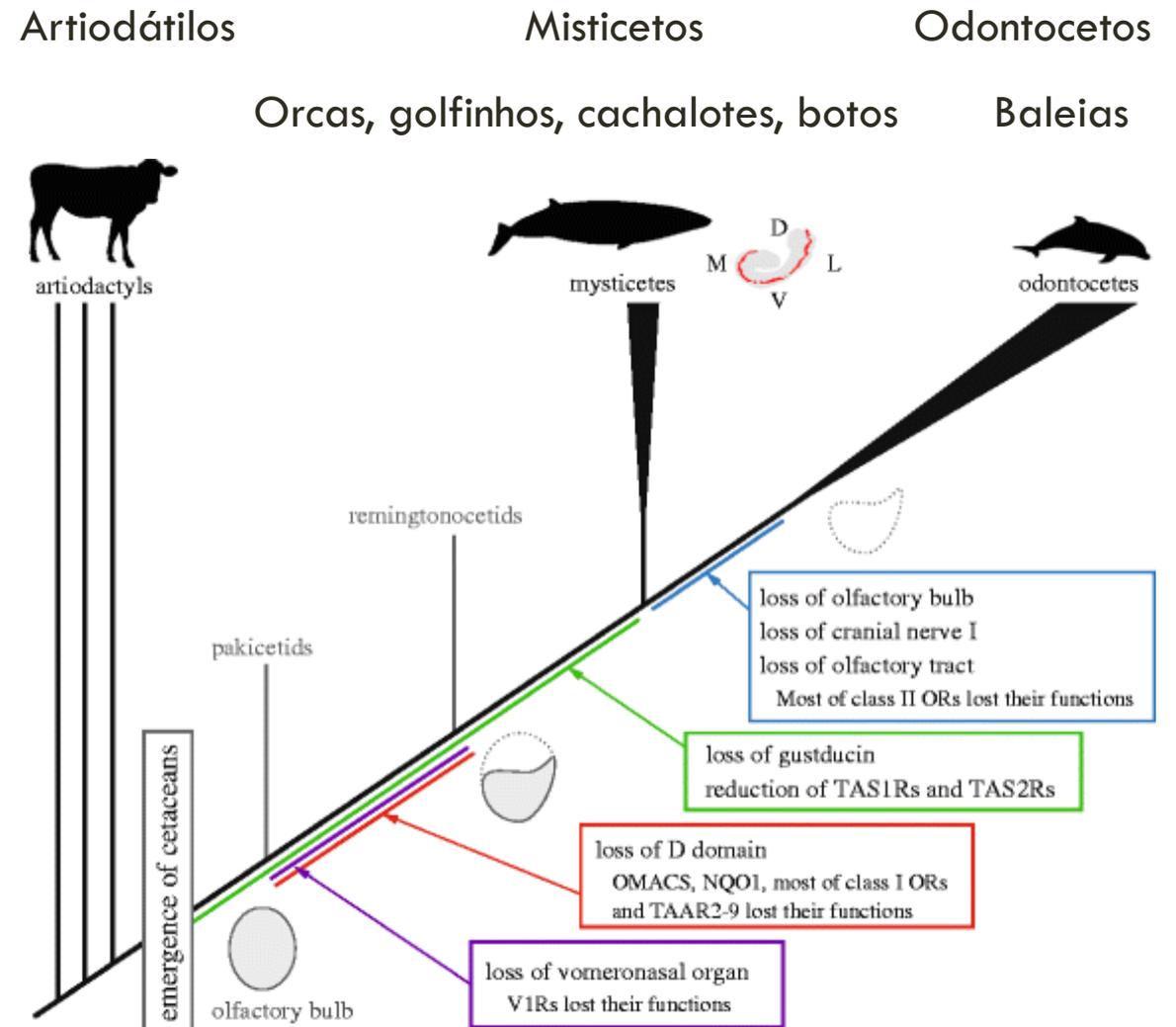
**Número de receptores**  
 cães: 300 milhões  
 humanos: 6 milhões

[www.u-tokyo.ac.jp](http://www.u-tokyo.ac.jp)

Estudo sobre o número de genes para os **Receptor Olfatórios** revela a importância desse sentido químico para os mamíferos

# MAMÍFEROS DE MEIO AQUÁTICO EVOLUÇÃO

A figura ao lado mostra a emergência de cetáceos a partir de ancestrais filogeneticamente próximos aos artiodátilas. Observem a perda de estruturas olfatórias e dos genes que estão envolvidos com essas perdas. A flecha lilás indica a perda do órgão vomeronasal (VNO), a vermelha a de receptores de neurônios olfatórios da classe I (ONRs), a verde da *gustducina* (importante na gustação e transdução de amargo, doce e umami). A seta azul mostra a ausência do bulbo olfatório e do I par de nervos cranianos (o N. Olfatório), do trato Olfatório e de ONRs (classe II).



Os Odontocetos estão entre os animais de **menor capacidade olfativa**, no grupo dos mamíferos, em que a olfação é muito importante na maioria das espécies.

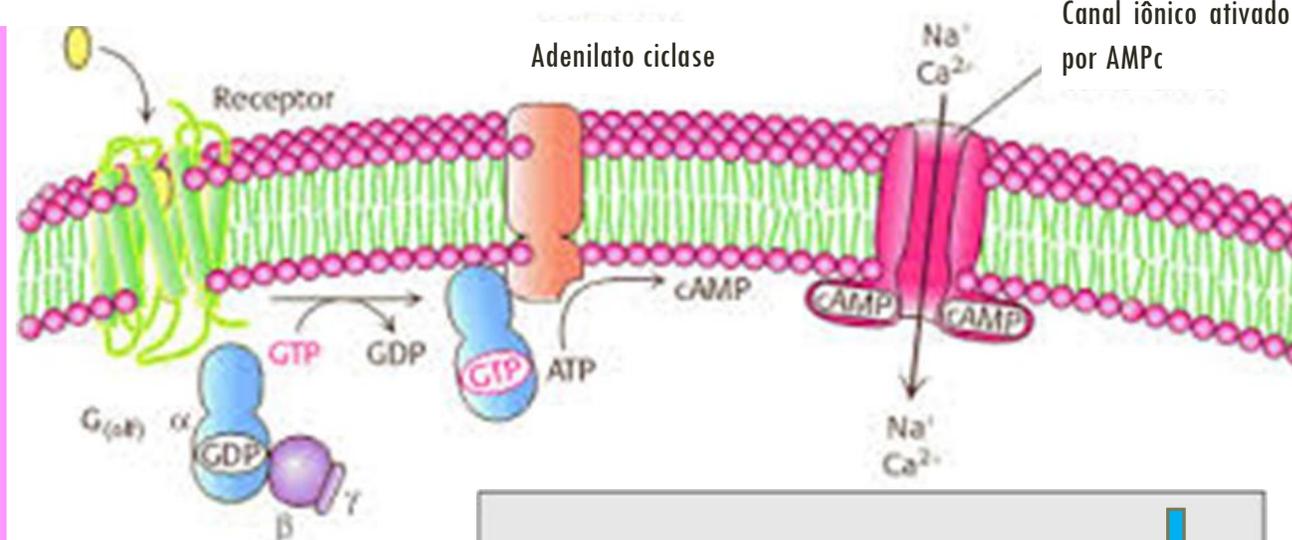
# A TRANSDUÇÃO DE UM SINAL QUÍMICO

# A TRANSDUÇÃO DO ODOR

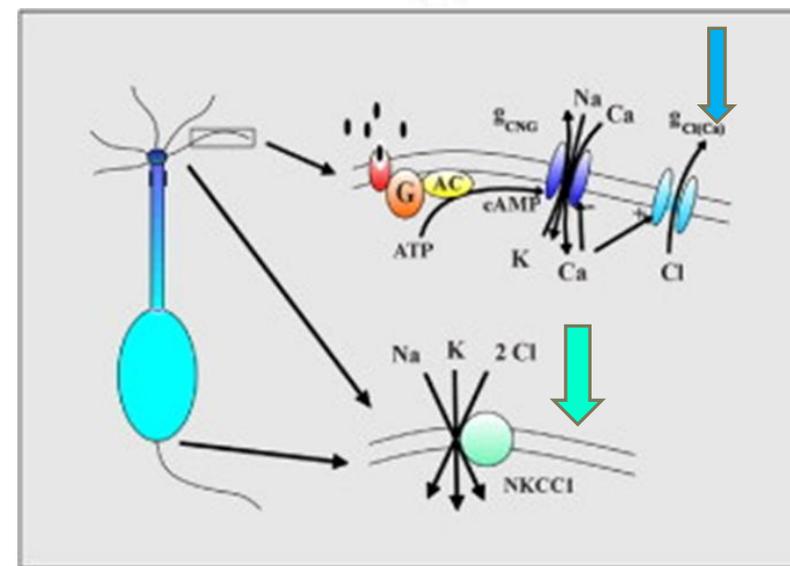
A transdução do sinal olfatório (odores) por neurônios receptores olfatórios (ORNs), do tipo **metabotrópico**, é feita com a mediação de ATP, via proteínas G e abertura de canais iônicos para o  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$ . Potenciais de ação nos axônios das neurônios receptores bipolares levam as informações ao SNC.

O aumento  $[\text{Ca}^{2+}]$  intracelular também altera os canais de  $\text{Cl}^-$  ativados por cálcio (CaCC) (seta azul). Há a saída de ânions  $\text{Cl}^-$ , o que resulta em uma amplificação da despolarização da membrana dos ORNs. Isso é possível porque excepcionalmente as concentrações de cloreto são altas e a saída desses ânions despolariza os neurônios olfatórios.

Moléculas odoríferas



A NKCC1 assegura altas concentrações intracelulares de Cloretos ( $\text{Cl}^-$ ) nos neurônios olfatórios (seta azul piscina).



<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5626357/>

Neuron 481 (2005)

# A TRANSDUÇÃO NOS RECEPTORES OLFATÓRIOS UM PROCESSAMENTO BASEADO EM CACC/NKCC1

A transdução nos receptores olfatórios depende de um processamento excepcional, baseado na abertura de canais de cloreto mediado por íons cálcio e o EFLUXO desse ânion, causando a despolarização dos neurônios olfatórios.

Se quiser saber mais: NKCC1: Newly Found as a Human Disease-Causing Ion Transporter. Koumangoye R, Bastarache L, Delpire E, FUNCTION, 2021, 2(1): zqaa028

## The Ins and Outs of Intracellular Chloride in Olfactory Receptor Neurons

“Stimulation of olfactory receptor neurons with odors culminates in opening of a **ciliary  $\text{Ca}^{2+}$ -activated  $\text{Cl}^-$  channel**. Because intracellular  $\text{Cl}^-$  ( $[\text{Cl}^-]_i$ ) is above electrochemical equilibrium in these cells, the result is cell depolarization that triggers **action potentials** that carry information to the olfactory bulb”.

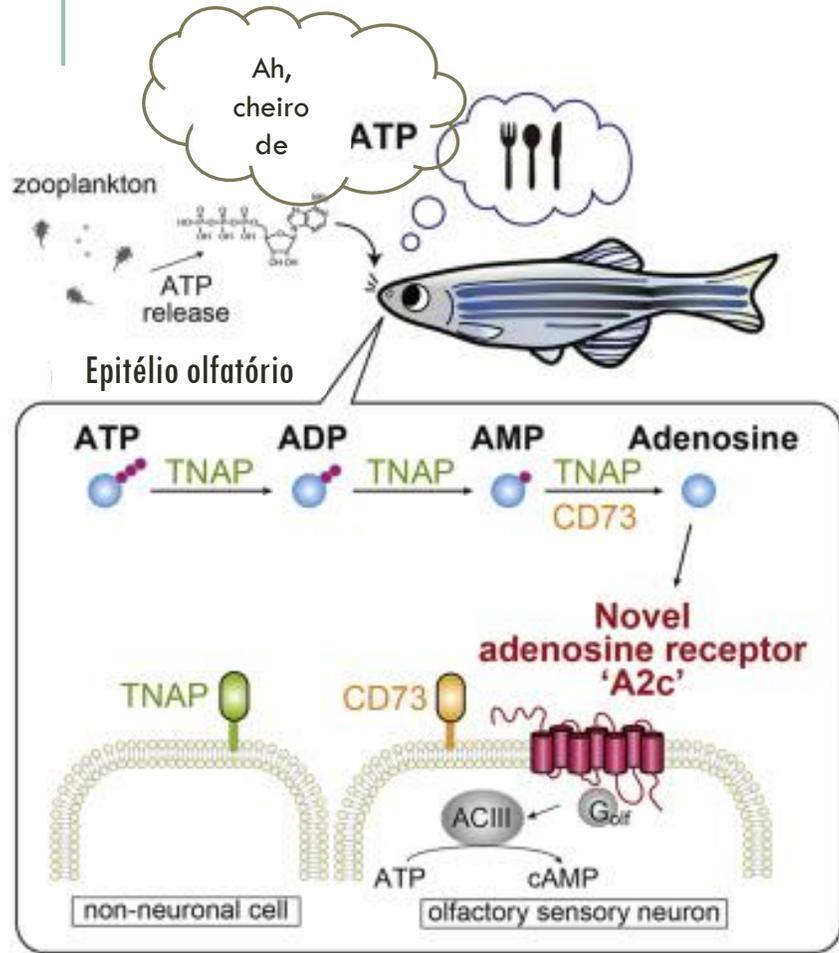
Studies...”show that the transporter responsible for maintaining  $\text{Cl}^-$  above electrochemical equilibrium is **NKCC1**, a  **$\text{Na}^+2\text{Cl}^- \text{K}^+$  cotransporter** found in other tissues, including neurons” in The Ins and Outs of Intracellular Chloride in Olfactory Receptor Neurons, Restrepo, D. *Neuron* 481 (2005).

# ASPECTOS COMPARATIVOS VERTEBRADOS

A olfação está envolvida em aspectos fundamentais para a sobrevivência dos organismos, desde a alimentação, escolha de parceiros, localização de plantas e de outros seres, presa e predador. Escolhemos aqui alguns exemplos que demonstram uma grande variedade de estratégias e estilos de vida.

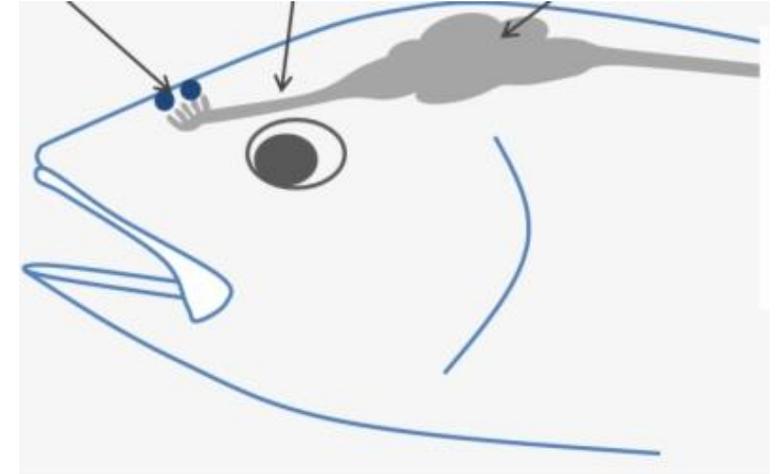


# OLFAÇÃO EM PEIXES

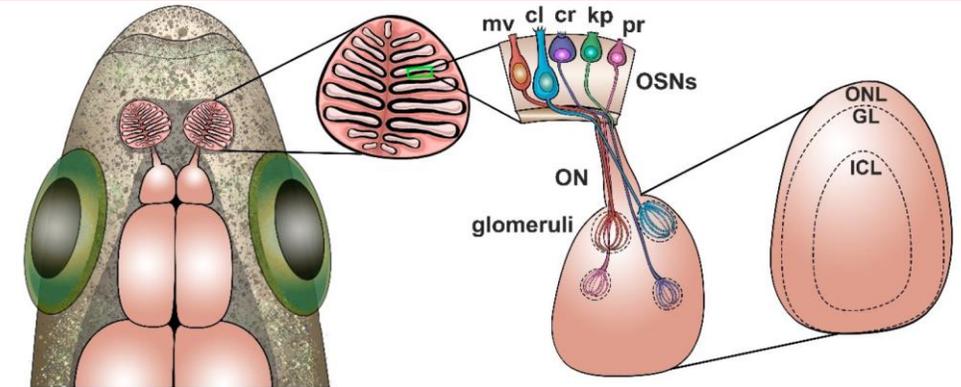


Peixes reconhecem **quatro odores e combinações**: amino ácidos, esteroides sexuais, ácidos/ sais biliares e prostaglandinas. Recentemente receptores olfatórios para ATP foram descritos em Peixes e Amphibia. Substâncias de alarme (são liberadas por indivíduos feridos e anunciam a presença de perigo para coespecíficos (K von Frisch, 1938, "Schreckstoff". Substâncias de alarme também foram descritas em crustáceos (convergência).

1. Cavidade nasal 2. Bulbo olfatório 3. Encéfalo



Sistema Olfatório Órgão olfatório Epitélio olfatório Bulbo olfatório



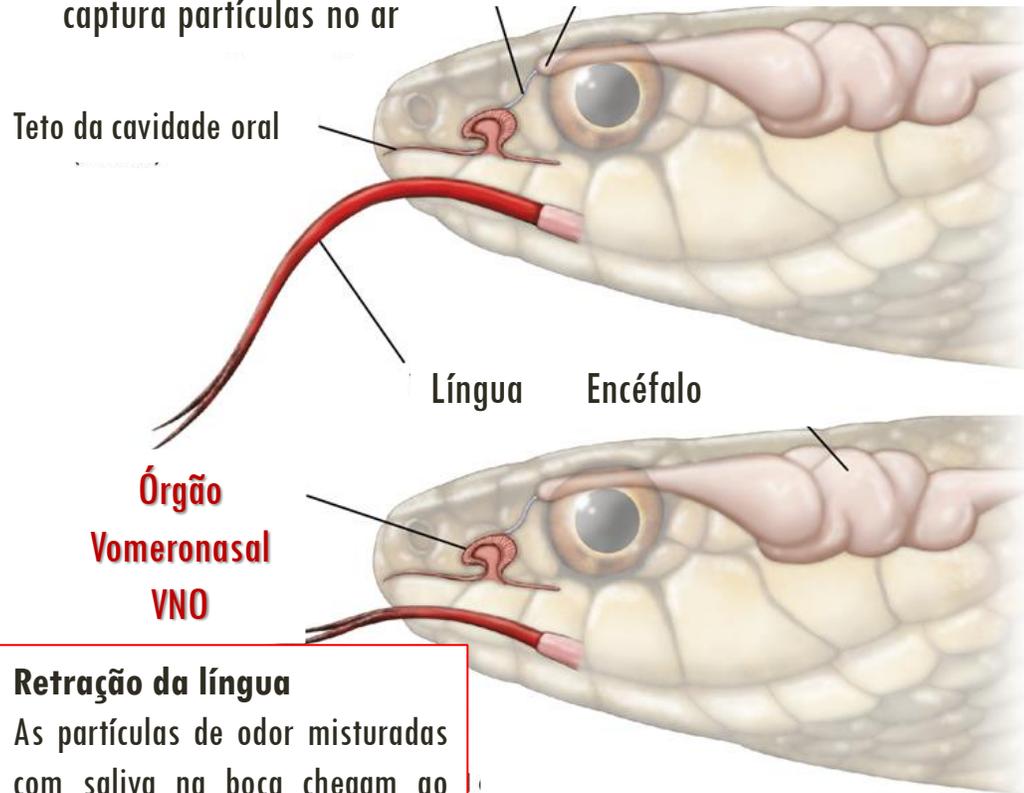
A figura superior mostra que em peixes a **cavidade nasal é exclusivamente olfatória**, alojando os neurônios receptores olfatórios (OSNs). A respiração é bucal. Abaixo o sistema olfatório de *Danio rerio*.

Nucleotídeos são liberados por alimentos na água. Estudo recente mostra que um novo tipo de receptor de adenosina "A2c" é um quimiorreceptor de olfação em peixes. O gene A2c é específico para ele e encontra-se conservado em Peixe e Amphibia. O ATP é ativamente convertido a adenosina por duas ectonucleotidasas (TNAP) na atividade nasal de *D. rerio*. O ATP e a adenosina evocam respostas comportamentais em condições experimentais [Fonte: Adenosine Receptor for Olfaction in Fish, Wakisaka et al. Current Biology 27 (10): 1437-1447, 2017].

# O ÓRGÃO VOMERONASAL (VNO)

Em tetrápodes a comunicação química se faz pela olfação, pela gustação e pelo VNO. Há ainda quimiorreceptores ligados aos sistemas viscerais que monitoram parâmetros no sangue e outros fluídos.

A extensão da língua  
captura partículas no ar

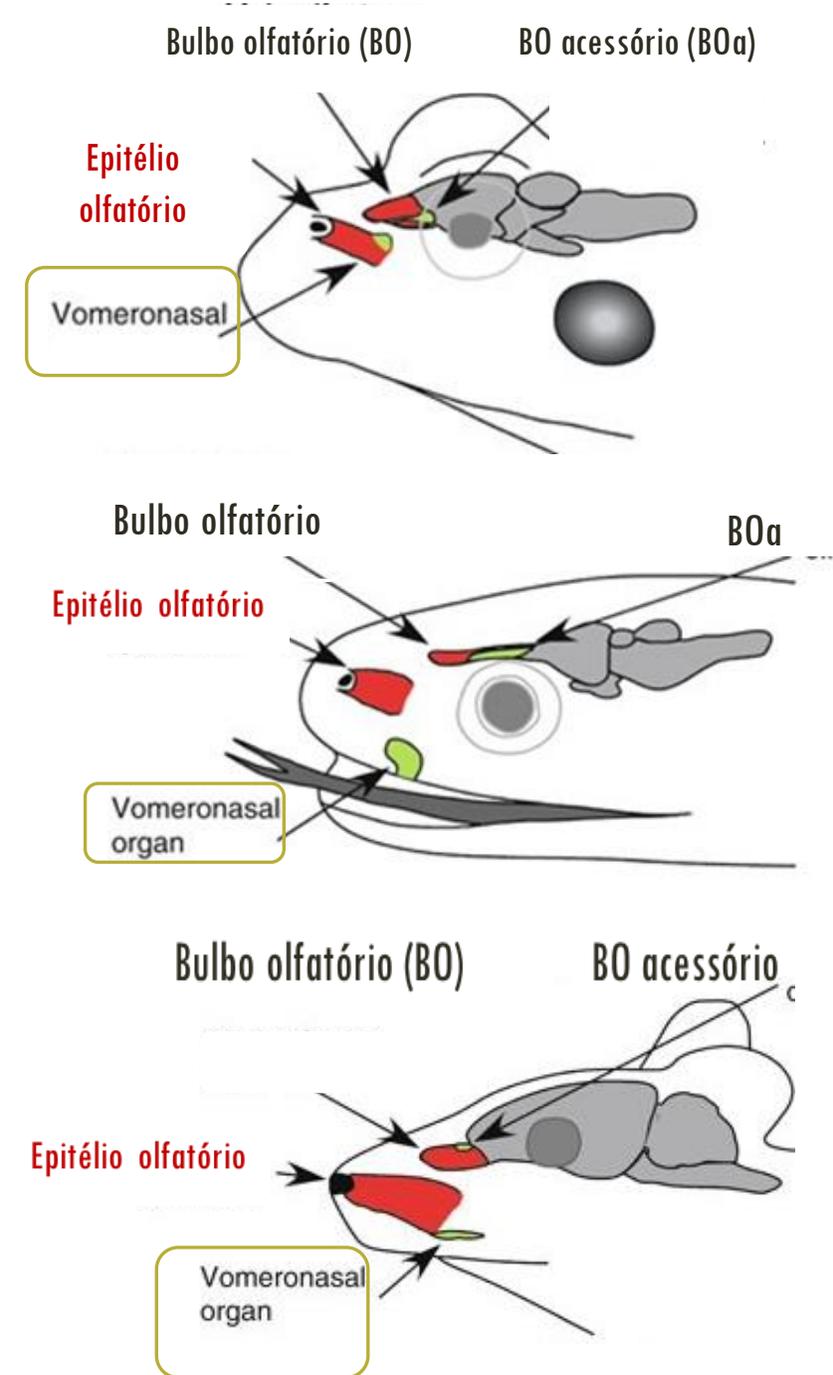


## Retração da língua

As partículas de odor misturadas com saliva na boca chegam ao ducto que vai ao órgão vomeronasal.

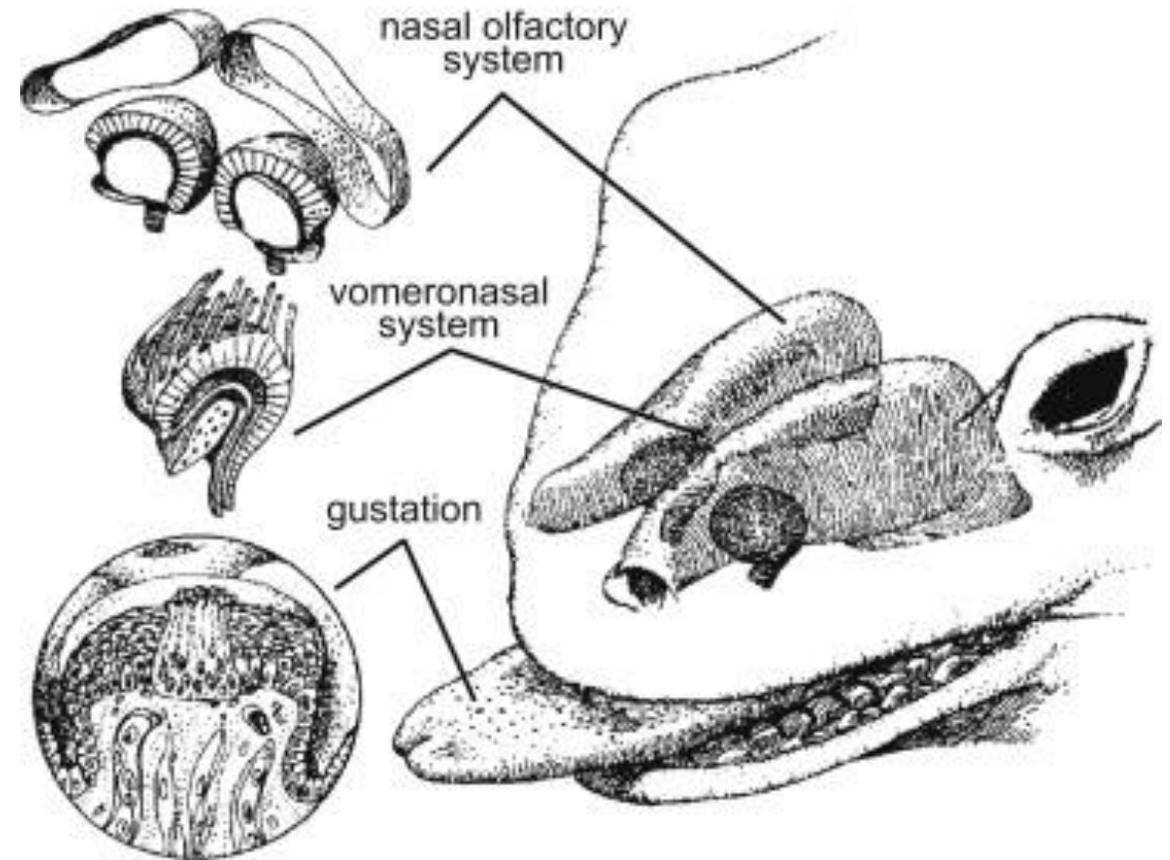
O órgão vomeronasal fica na cavidade nasal em posição adjacente ao osso vomer no septo nasal.

Está presente e funcional em Squamata (nas serpentes e lagartos) e em alguns anfíbios, mamíferos (ratos, gatos, cães, cavalos, bois, porcos e alguns primatas). O estado funcional nos homens ainda precisa ser estabelecido. Os desenhos ao lado mostram o VNO (verde) em relação às estruturas do sistema olfatório (vermelho). O Bulbo Olfatório Acessório é a estrutura de processamento das informações do VNO.



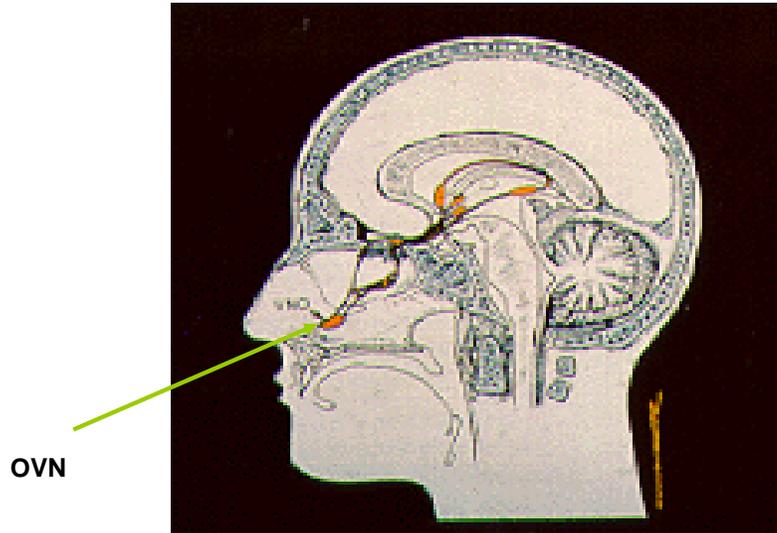
# OLFAÇÃO E GUSTAÇÃO REPTAIS: UM EXEMPLO DA COMPLEXA INTERAÇÃO ENTRE OLFAÇÃO E GUSTAÇÃO

Repteis têm os sentidos químicos muito desenvolvidos, com três componentes: o SISTEMA OLFATÓRIO, o SISTEMA VOMERONASAL, e o SISTEMA GUSTATIVO



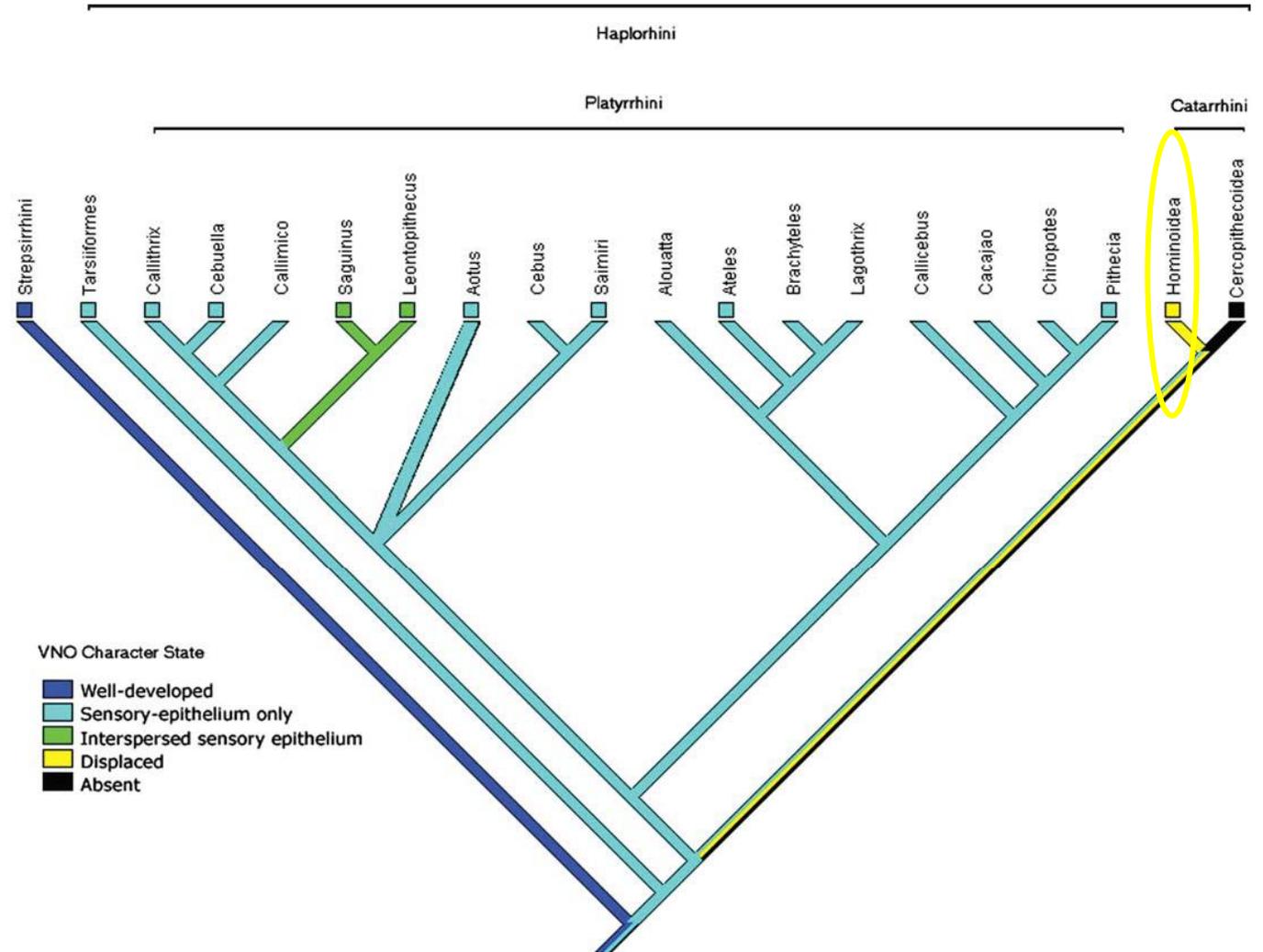
# O ÓRGÃO VOMERONASAL EM PRIMATAS

Órgão vomeronasal (OVN) na espécie humana

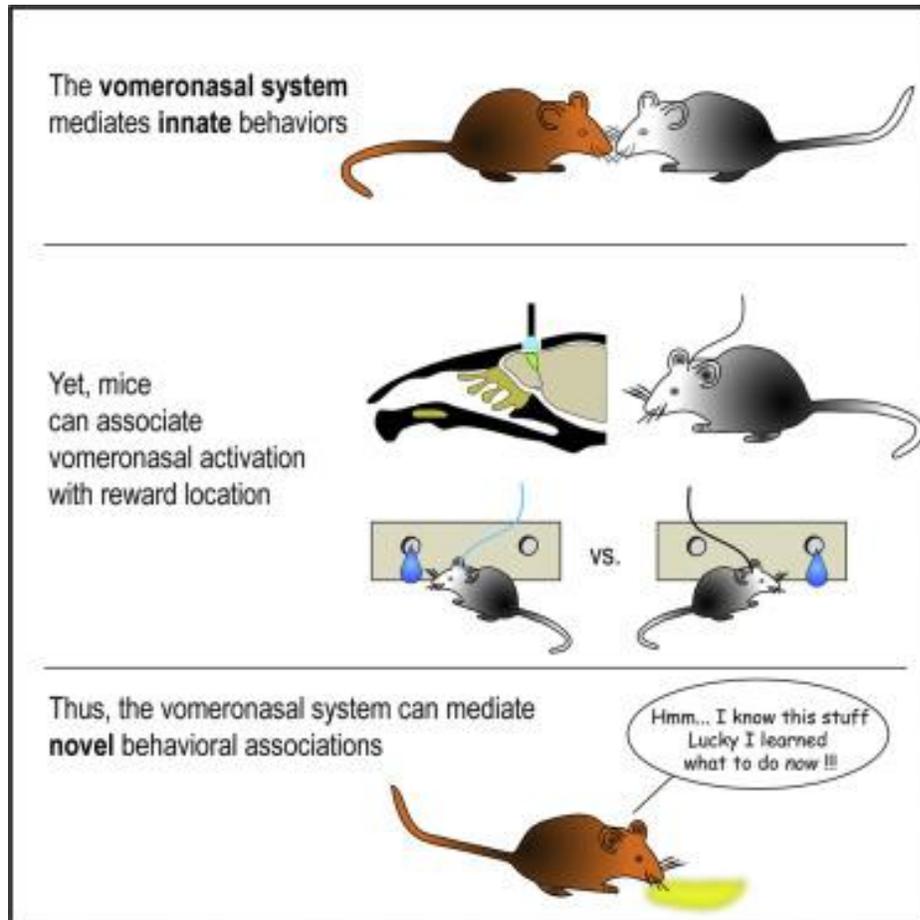


Os **ferormônios** distinguem-se dos **hormônios**, porque estes são liberados internamente e exercem influência sobre o metabolismo do indivíduo, enquanto que os ferormônios são liberados externamente, com atividade sobre indivíduos da mesma espécie.

A funcionalidade e importância do VNO na espécie humana não está resolvida



# O SISTEMA VOMERONASAL E COMPORTAMENTOS



→ O sistema vomeronasal faz a mediação de comportamentos inatos  
Em mamíferos participa das respostas de agressão entre machos, aspectos da reprodução e defesa, por exemplo, respostas a odores de predadores.

→ Camundongos podem aprender a associar a ativação do VNO a recompensas

→ A ativação do VNO pode mediar associações comportamentais novas

# PROTOCOLO ATIVIDADES PRÁTICAS



## Sensações gustativas:

- Necessidade de solução:** secar bem a boca com lenço de papel e colocar um cristal de açúcar ou sal sobre a língua. Explicar o que sente.
- Importância do contacto:** pingar algumas gotas de solução de sacarose na ponta da língua. Recolher a língua para o interior da boca fazendo movimentos de gustação. Compare as sensações obtidas antes e após o recolhimento da língua. Quanto maior a área, maior a sensação de gosto.
- Localização das sensações gustativas:** aplicar sobre a língua bem seca as seguintes soluções: 5% sacarose, 5% ácido cítrico, 5% NaCl, e 1% sulfato de quinino em pontos distintos (ponta, laterais, parte posterior). Teste cada sabor separadamente. Procure identificar os locais de melhor discriminação para cada solução. As papilas têm receptores para os diferentes sabores, com limiars diferentes.
- Recepção associativa de estímulos olfativos e gustativos:** fechar os olhos e o nariz. Introduzir na boca uma determinada substância. Em seguida inspirar e observar o que acontece com a informação gustativa. Este experimento é confirmado por experiências da vida diária quando tapamos o nariz para engolir uma substância de mau paladar; quando deixamos de perceber o gosto de alimentos porque estamos gripados. Por outro lado a apreciação de vinhos é ao mesmo tempo gustativa e olfativa.

## Sensações olfativas:

- Topografia olfativa:** procure identificar o local na cavidade nasal onde a sensação olfativa é mais pronunciada. Para isso direcione os odores para a cavidade nasal através de pequenos cones de papel e mude a posição dos mesmos. O local é o teto da cavidade nasal, revestido por epitélio olfatório, com os neurônios olfatórios propriamente ditos (de primeira ordem).
- Inspiração e olfação.** Prenda a respiração e aproxime do nariz um frasco com uma substância volátil, em seguida inspire. O que ocorre? Há a necessidade de inspiração: Não se percebe o cheiro enquanto não se inspira. O estímulo olfativo encontra-se dissolvido nos gases respiratórios e deve chegar ao teto da cavidade nasal para ser percebido.
- Adaptação:** cheirar novamente o frasco e observar que depois de certo tempo deixa-se de sentir o cheiro porque ocorre adaptação dos receptores. Recapitule o conceito de adaptação de receptores. Cheirar agora um frasco de iodo. O que ocorre? A **adaptação seletiva** é importante por permitir ao animal a **deteção de novidades**, novos cheiros no ambiente. Adaptação e habituação são fenômenos que ocorrem na presença de estímulos inócuos e persistentes. São diferentes, a **adaptação** ocorre ao nível do **receptor**, a **habituação** é um processo de **aprendizagem não associativo** que envolve redes **do sistema nervoso central**.

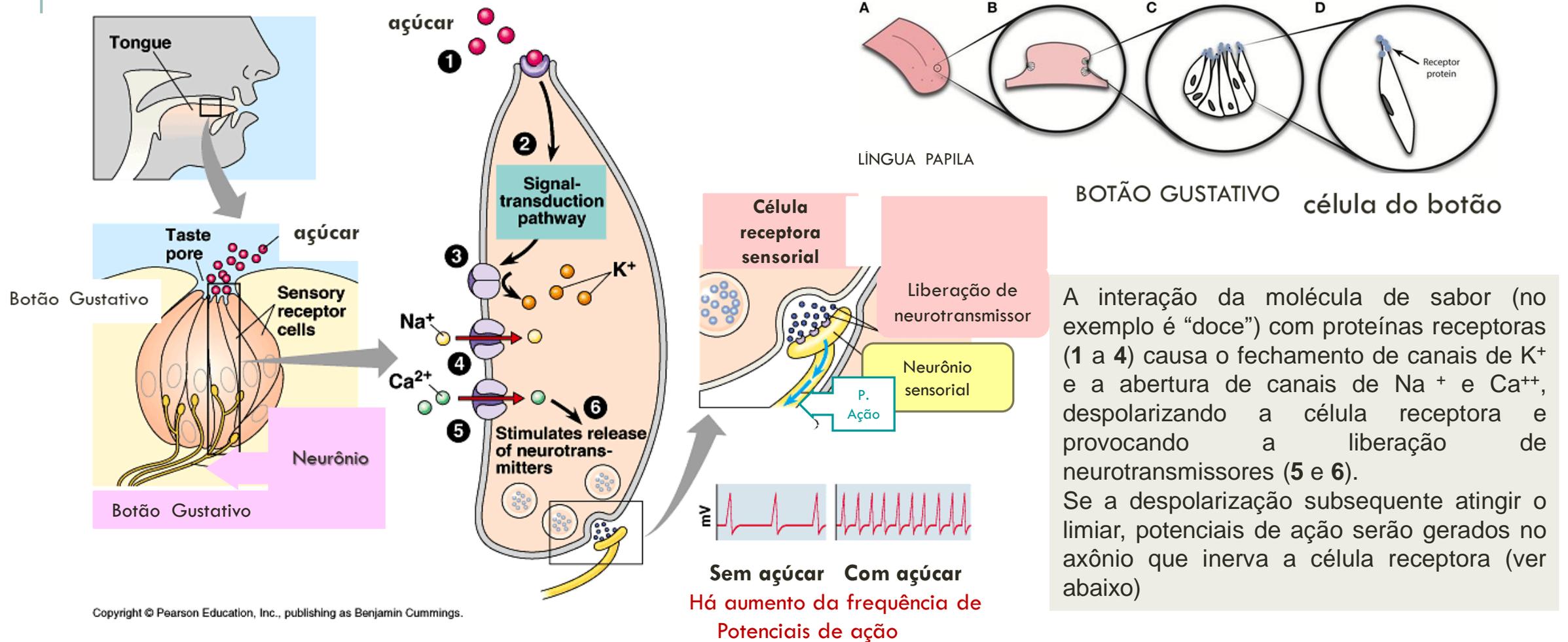
**GUSTAÇÃO**  
**RECEPTORES**  
**MOLECULARES**  
**PAPILAS GUSTATIVAS**  
**PROCESSAMENTO**

As papilas gustativas são estruturas multicelulares que contém botões com receptores epiteliais innervados. Variam em forma e distribuição.

Ocorrem na língua, na parte interna das bochechas e até na epiglote.

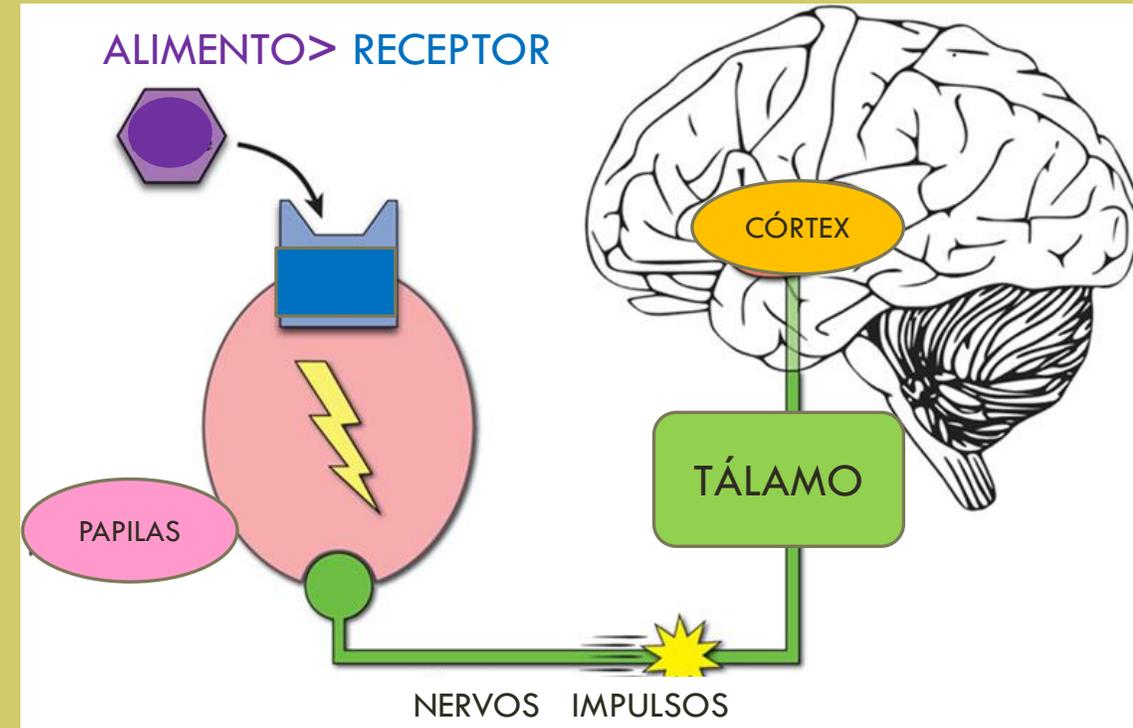
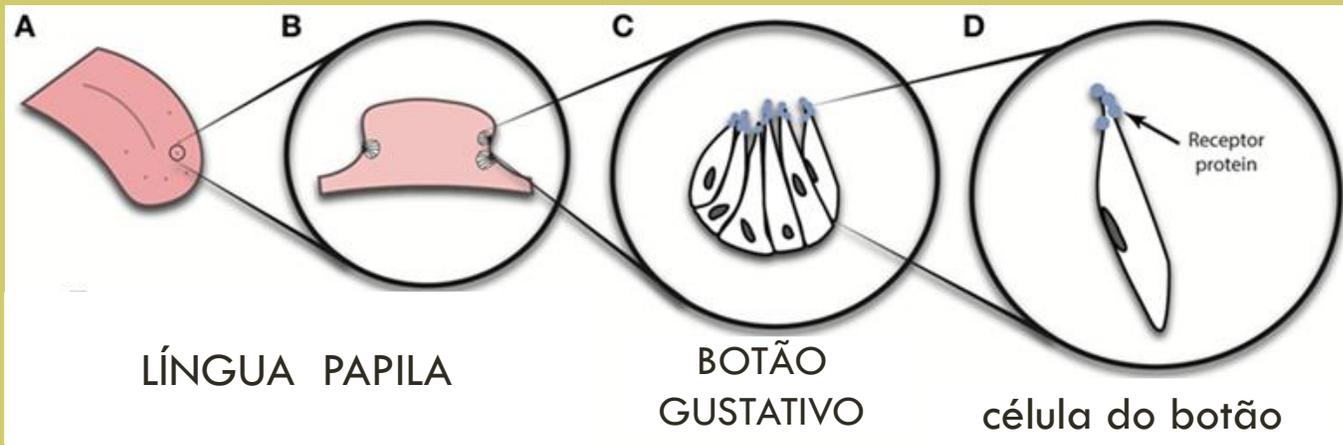


# A GUSTAÇÃO: DA MICROESTRUTURA À MACROESTRUTURA



A interação da molécula de sabor (no exemplo é “doce”) com proteínas receptoras (1 a 4) causa o fechamento de canais de  $K^+$  e a abertura de canais de  $Na^+$  e  $Ca^{++}$ , despolarizando a célula receptora e provocando a liberação de neurotransmissores (5 e 6).

Se a despolarização subsequente atingir o limiar, potenciais de ação serão gerados no axônio que inerva a célula receptora (ver abaixo)



# A INERVAÇÃO DAS PÁPILAS O TÁLAMO E O CÓRTEX GUSTATIVO

Como as papilas gustativas estão distribuídas por uma ampla área são três os nervos cranianos que levam informações gustativas (os pares VII, IX e X) para decodificação central.

# RECEPTORES E PAPILAS GUSTATIVAS

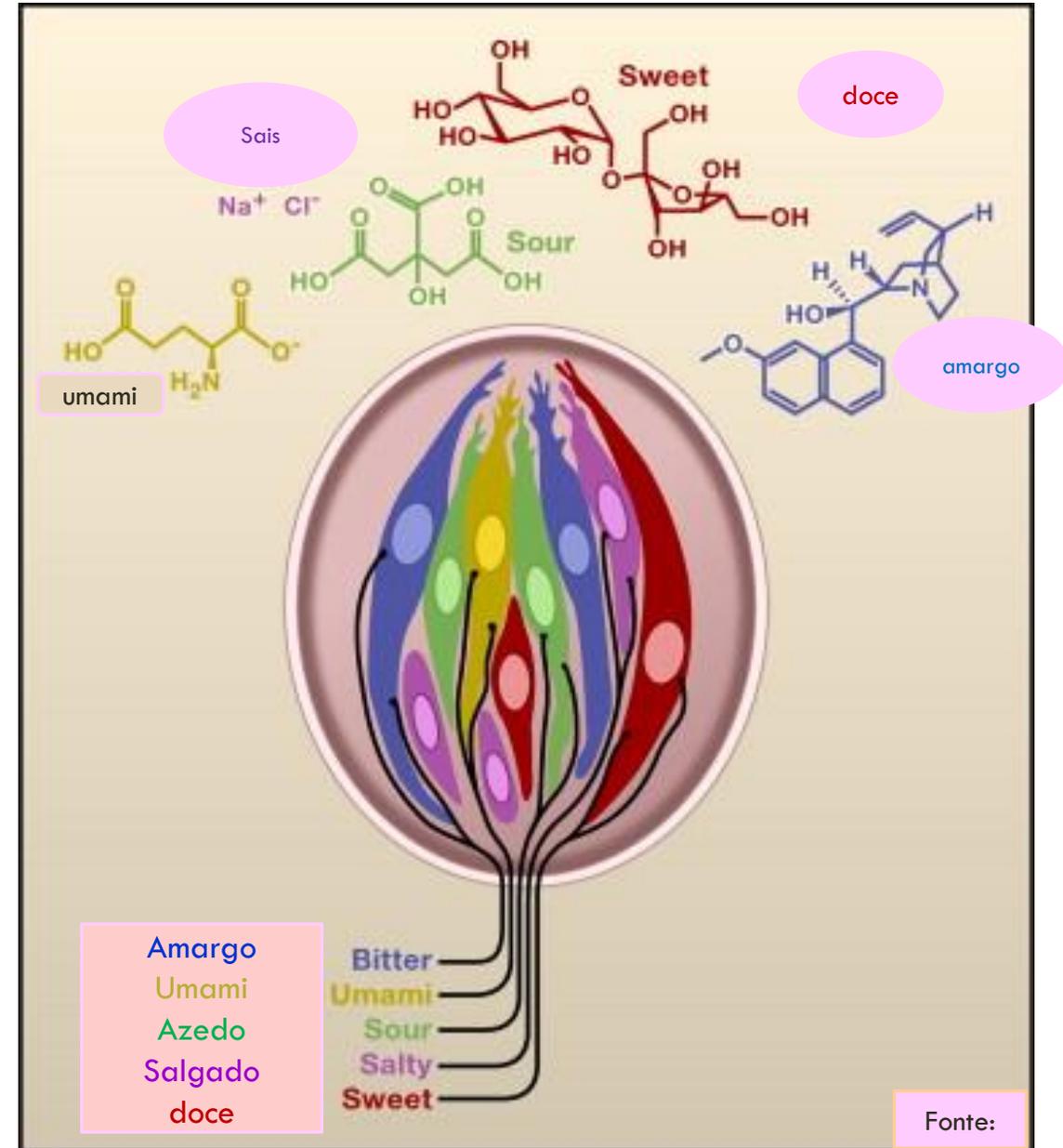
Os estímulos são simples e sinalizam alimentos “adequados” e alimentos “inadequados”.

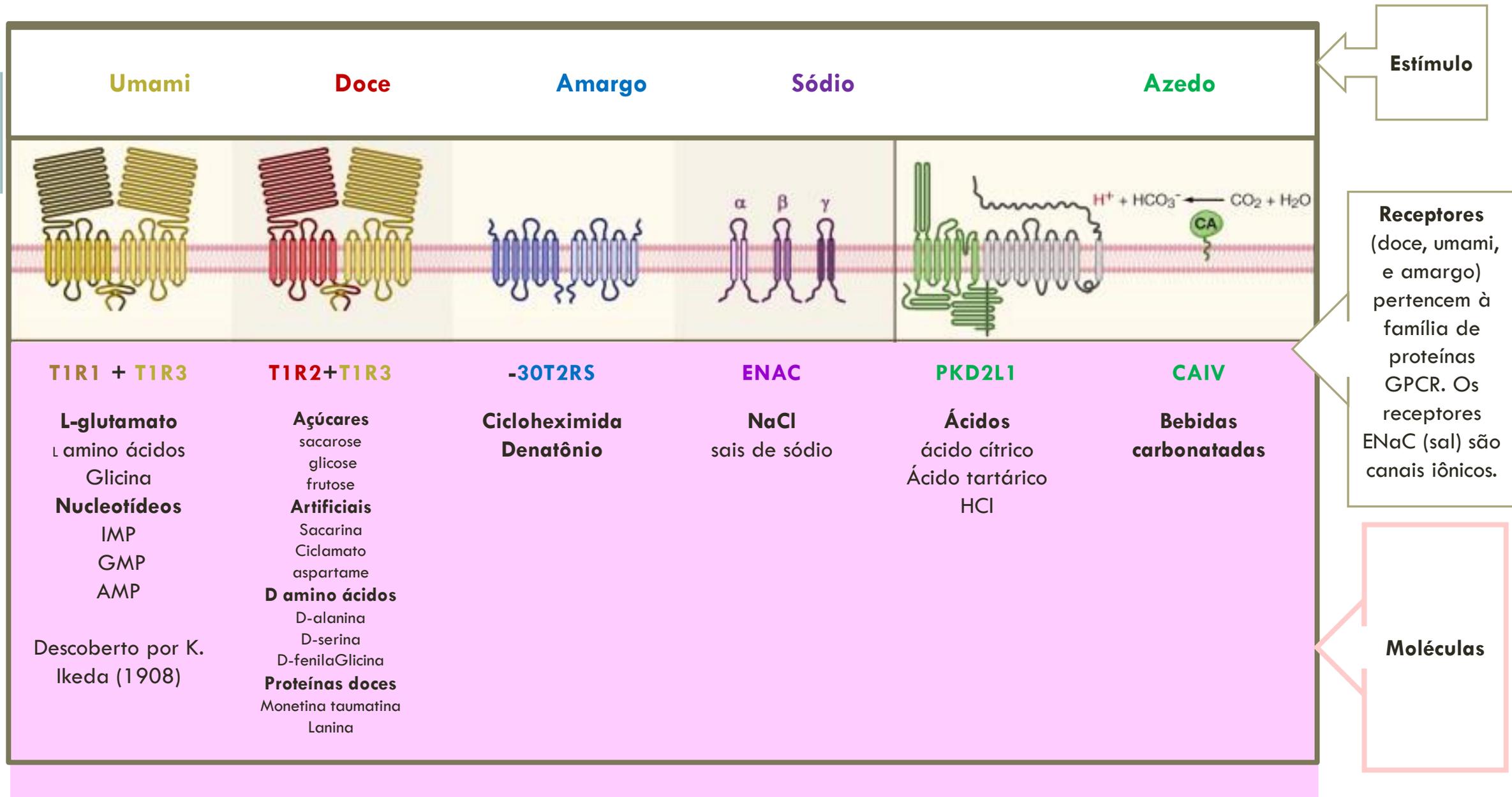
Os receptores são células epiteliais inervadas por neurônios primários e estão em papilas.

As papilas são renovadas, aproximadamente entre uma a duas semanas (em média 10 dias), na espécie humana. Com a idade pode diminuir a taxa de renovação.

Receptores para os diferentes sabores, estão presentes em cada papila, como mostra a figura ao lado.

Os tipos de receptores moleculares para cada gosto são conhecidos e mostrados na tabela seguinte.

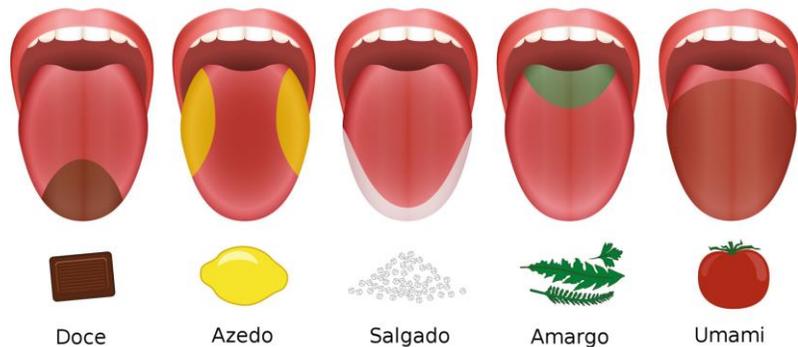




**Receptores** (doce, umami, e amargo) pertencem à família de proteínas GPCR. Os receptores ENaC (sal) são canais iônicos.

# TIPOS DE PAPILAS E DISTRIBUIÇÃO

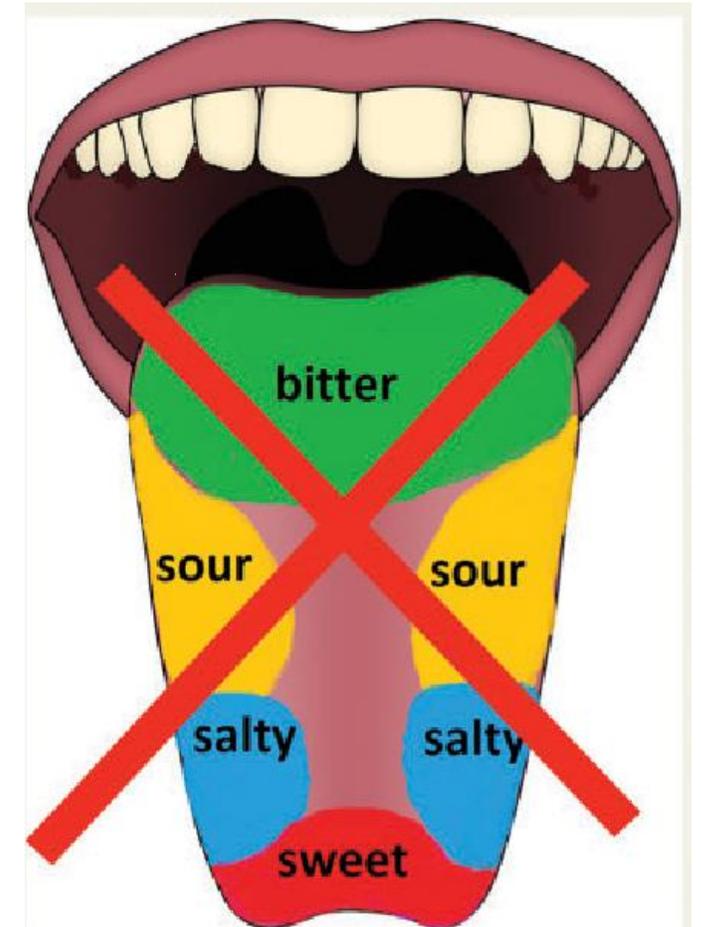
Existem áreas de maior sensibilidade aos diferentes sabores, como mostrado na figura abaixo.



No entanto, a representação à direita é equivocada porque agrupa os receptores em regiões distintas e exclusivas da língua.

Esse neuromito originou-se com um artigo de D. Hänig (1901) sobre a sensibilidade aos sabores em diferentes regiões da superfície lingual.

O **neuromito** do Mapa da Língua



Observem os **botões gustativos** nas papilas

## TIPOS DE PAPILAS E DISTRIBUIÇÃO

Papilas contêm botões gustativos, com os diferentes receptores em um mesmo botão.

Há quatro tipos de papilas na língua: circunvaladas, filiformes, fungiformes, e foliáceas. Essas papilas, com exceção das filiformes (função mecânica, textura do alimento), nos permitem distinguir sabores doces, salgados, amargos, azedos e umami.

A língua humana tem 200-400 papilas fungiformes, cada papila contém de três a cinco botões gustativos, totalizando mais de 1.500 receptores. Essas papilas detectam o sabor e são sensíveis à temperatura e ao toque.

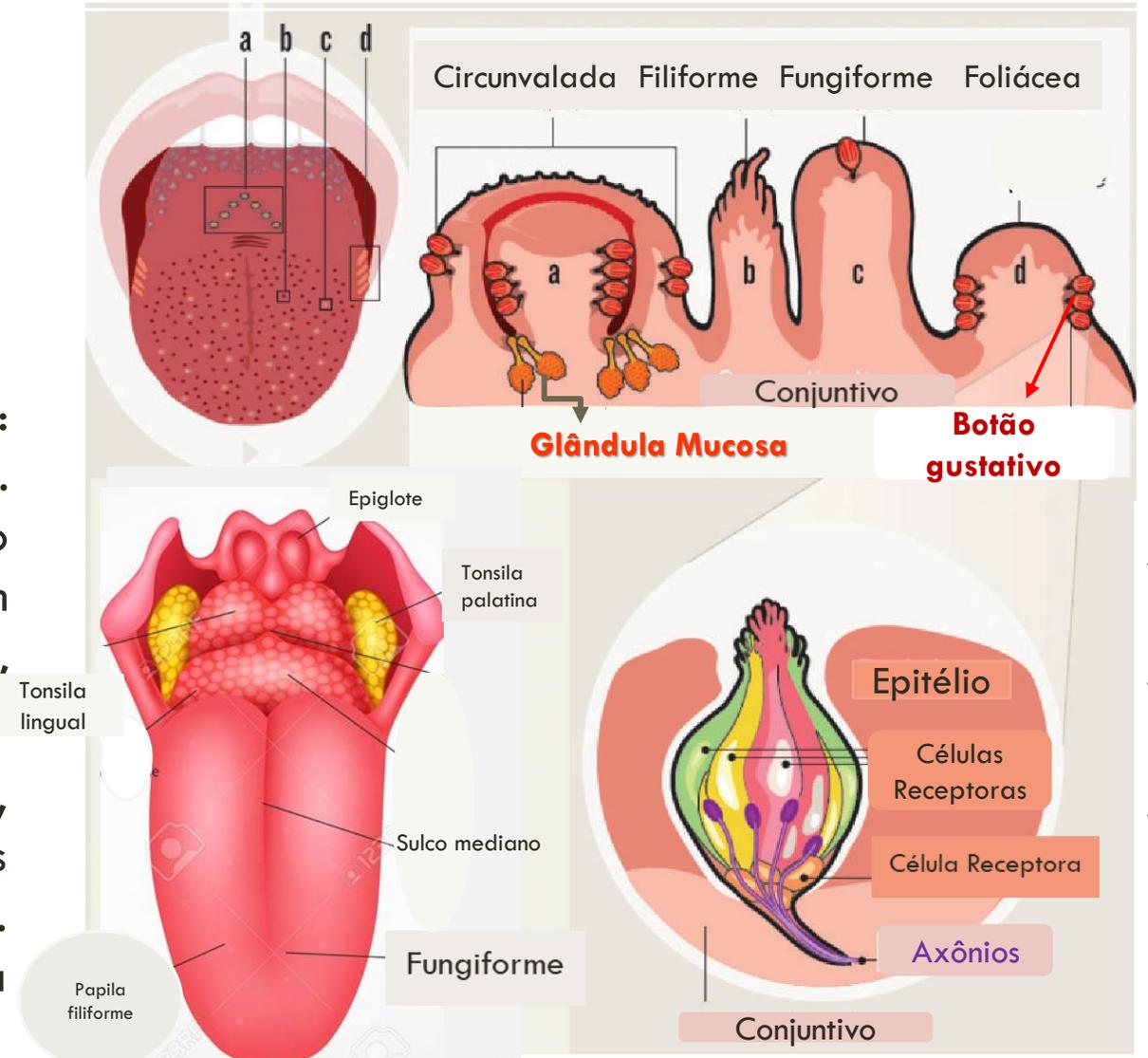
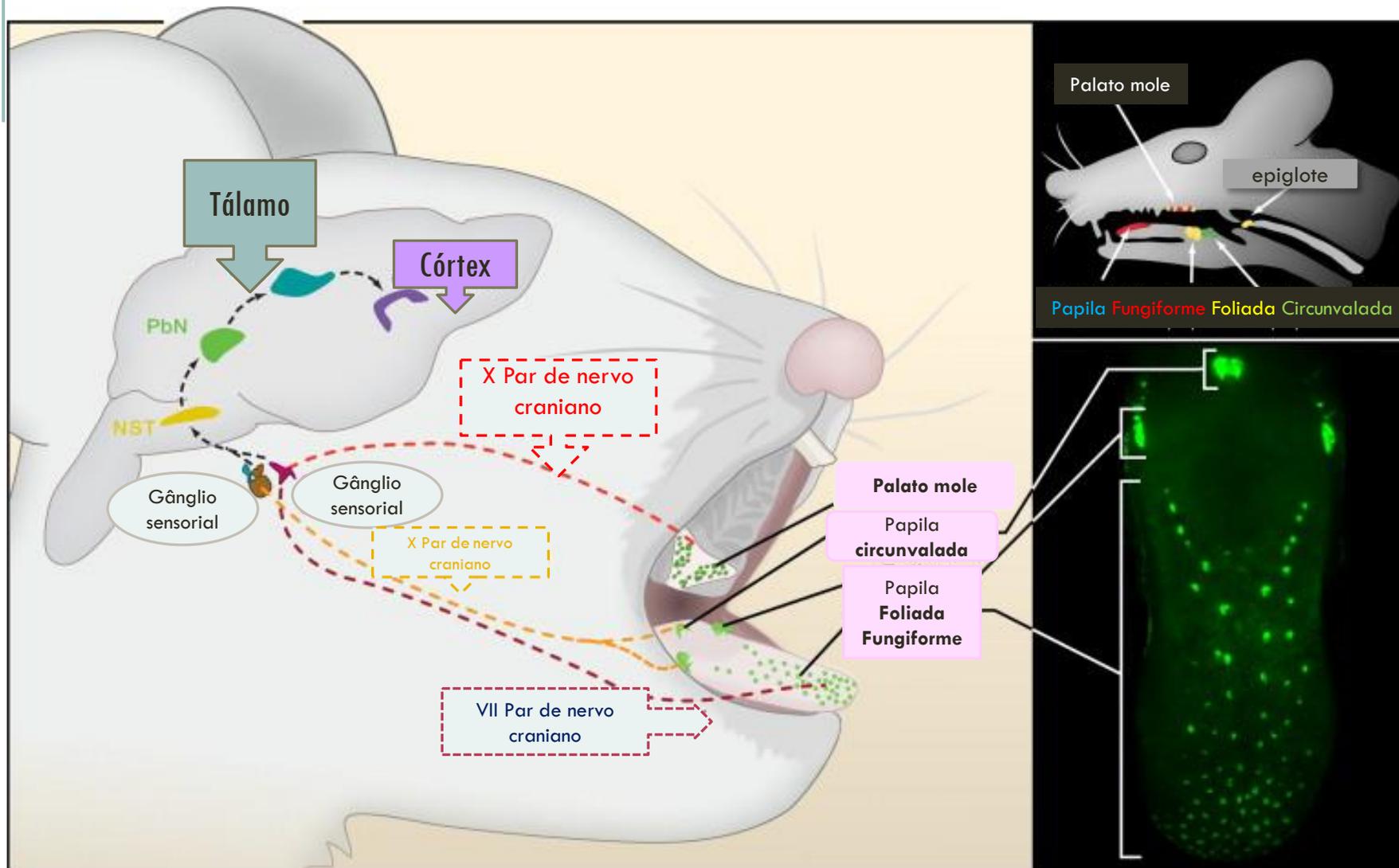


Figura inferior e a esquerda e [https://www.123rf.com/photo\\_95372197\\_stock-illustration-realistic-human-tongue-structure.html](https://www.123rf.com/photo_95372197_stock-illustration-realistic-human-tongue-structure.html)

# TIPOS DE PAPILAS, DISTRIBUIÇÃO, VIAS, PROCESSAMENTO



**Papilas gustativas** na língua, cavidade oral e epiglote.

**As vias gustativas**, com os três pares de nervos cranianos (VII: n. facial, IX: n. glossofaríngeo, X: n. vago) e os respectivos gânglios que abrigam os somas que as inervam.

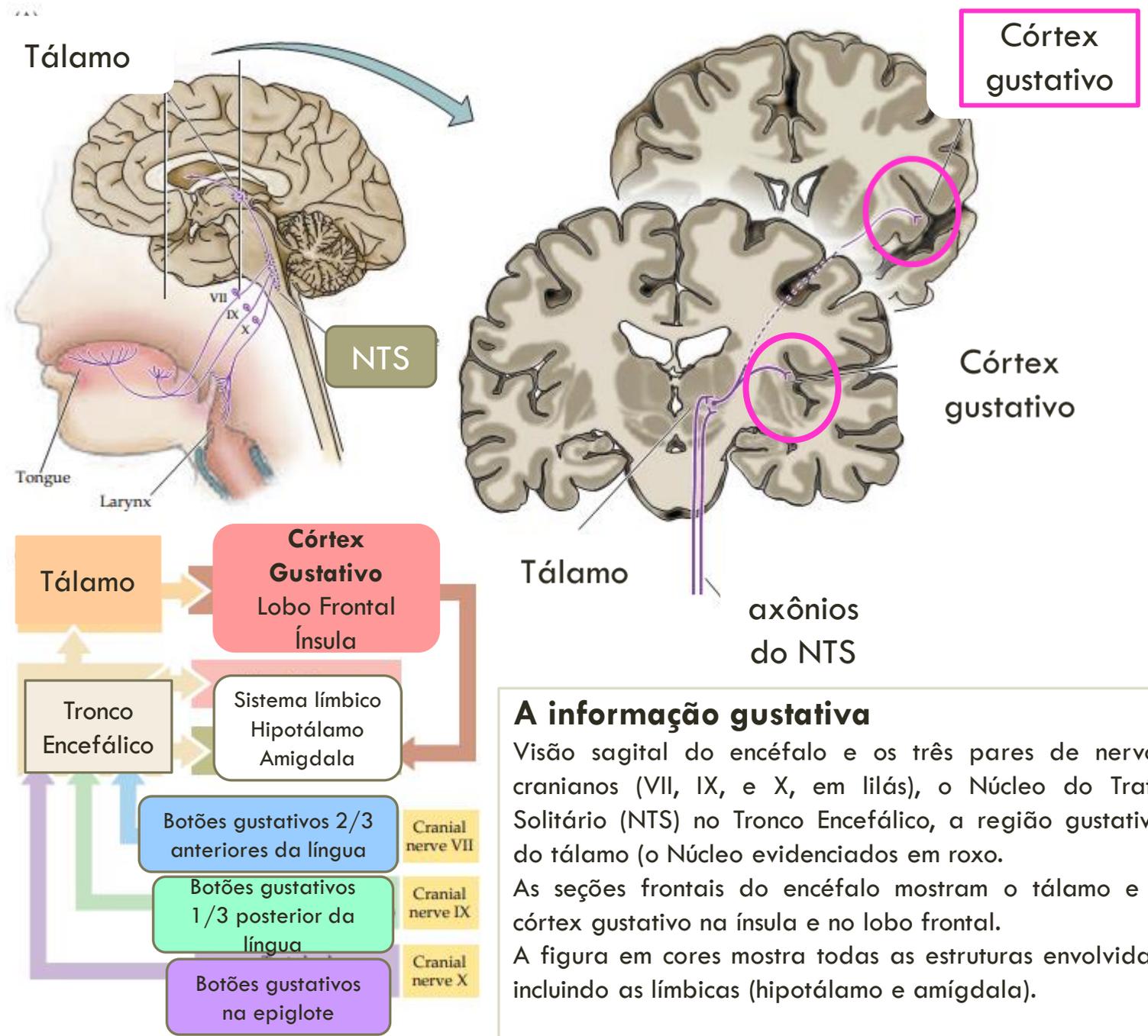
O **Tálamo** e o **Córtex** estão marcados.

# A PERCEPÇÃO DA GUSTAÇÃO O QUE É NOVO? POR QUE O CHEIRO É IMPORTANTE PARA O PALADAR?

A gustação é processada na sequência: **RECEPTORES > INERVAÇÃO > TÁLAMO > CÓRTEX**. Entretanto, a representação da gustação no córtex foi motivo de debates durante décadas. Estudos mostram que uma **região do lobo frontal próxima à insula** também é importante, assim como estruturas do **sistema límbico**, que podem conferir **carácter emocional** e possibilitar **aprendizado condicionado** de estímulos gustativos. Parte significativa do paladar é devido à estimulação conjunta e simultânea da olfação.



# Decodificação específica da informação gustativa

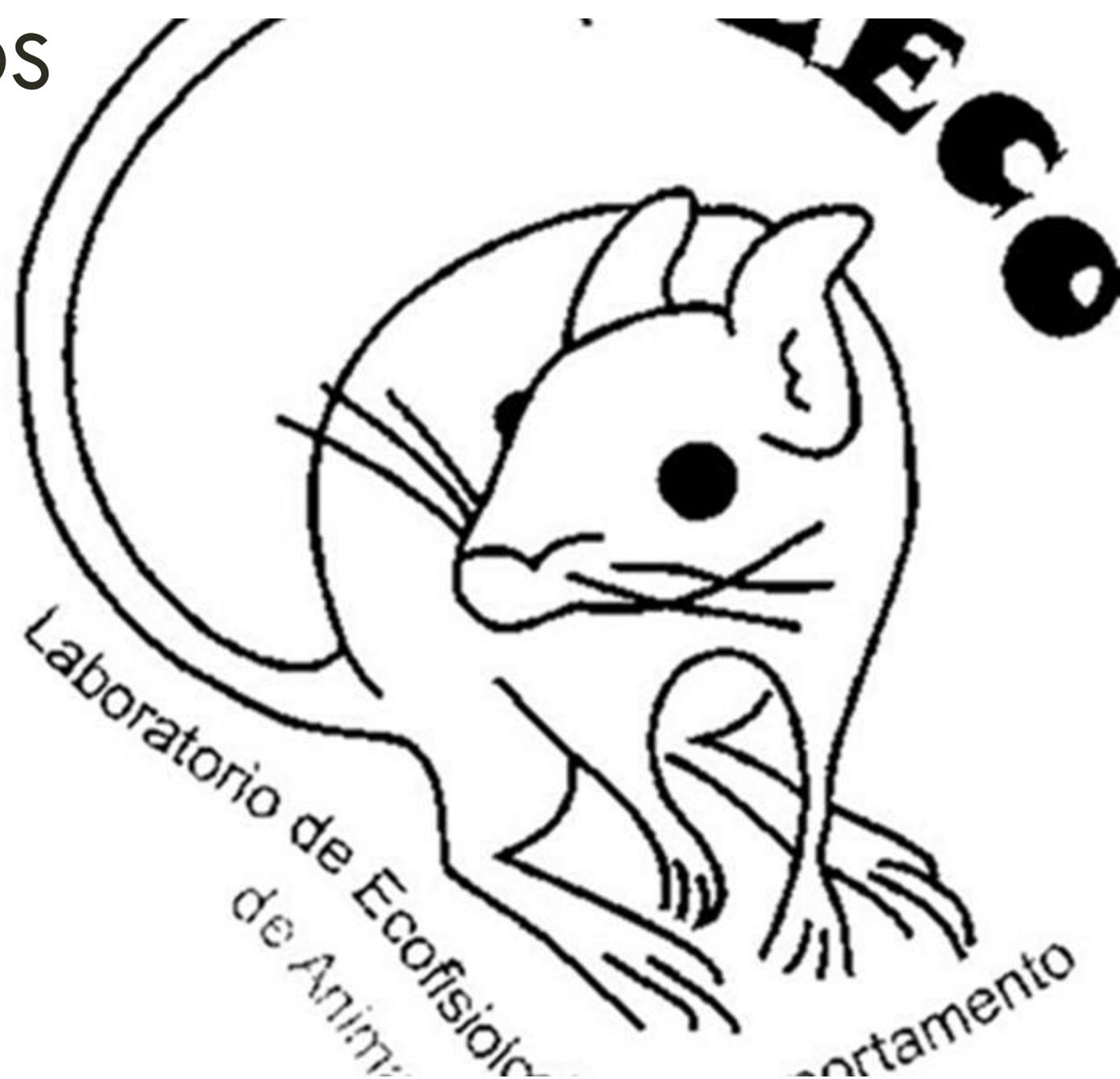


**A informação gustativa**  
Visão sagital do encéfalo e os três pares de nervos cranianos (VII, IX, e X, em lilás), o Núcleo do Trato Solitário (NTS) no Tronco Encefálico, a região gustativa do tálamo (o Núcleo evidenciados em roxo).  
As seções frontais do encéfalo mostram o tálamo e o córtex gustativo na ínsula e no lobo frontal.  
A figura em cores mostra todas as estruturas envolvidas, incluindo as límbicas (hipotálamo e amígdala).

# ASPECTOS COMPARATIVOS

O PRÓXIMO  
SLIDES É PARA  
QUEM GOSTA DE  
GATINHOS

Eu gosto de gatinhos, eles lá e eu aqui..



**As papilas filiformes** são estruturas da língua que recebem esse nome porque têm forma filiar (apontam para a faringe)



As numerosas papilas filiformes dão uma aparência aveludada à superfície dorsal da língua.

Essas papilas são cobertas por epitélio estratificado pavimentoso **queratinizado**.

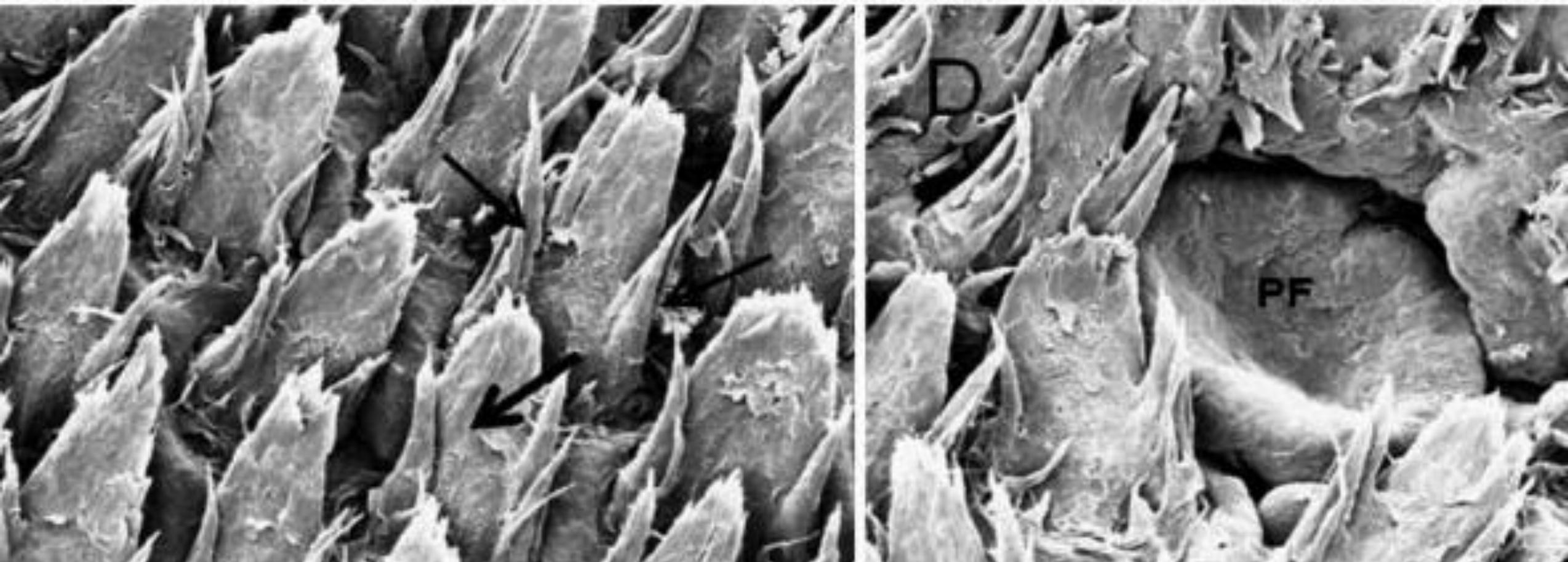
Auxiliam a raspar o alimento de uma superfície.

O alto grau de queratinização é especialmente aparente no aspecto de lixa da língua do gato.

As papilas filiformes **não possuem botões gustativos**.

<https://tucuerpohumano.com/c-sistema-nervioso/papilas-gustativas/>

**E nos ruminantes???**



AS PAPILAS FILIFORMES, QUE POSSUEM FUNÇÃO MECÂNICA, FORAM IDENTIFICADAS E ESTÃO AMPLAMENTE DISTRIBUÍDAS NO ÁPICE E NO CORPO DA LÍNGUA, ASSIM COMO DESCRITO PARA UMA VARIEDADE DE ESPÉCIES DE RUMINANTES E NÃO RUMINANTES , COMO O BICHO PREGUIÇA (BENETTI ET AL. 2009), ROEDORES (KILINC ET AL. 2010) E PANDA GIGANTE (PASTOR ET AL. 2008).

Fotomicroscopia eletrônica da região dorsal da língua da cabra evidenciando as papilas filiforme (setas) e a papila fungiforme (PF, gustativa) (Da Fonseca et al, 2011)

**PESQ. VET. BRAS. 31 (SUPPL 1) (2011) [HTTPS://DOI.ORG/10.1590/S0100-736X2011001300011](https://doi.org/10.1590/S0100-736X2011001300011)**

**CARACTERÍSTICAS DAS PAPILAS O DORSO DA LÍNGUA DE CABRAS ( *CAPRA HIRCUS*): ESTUDO POR DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA E LUZ  
CHARACTERISTICS OF DORSAL LINGUAL PAPILLAE OF THE GOAT (*CAPRA HIRCUS*): LIGHT AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPY STUDY  
DA FONSECA, C, MARINOVIC DE OLIVEIRA, AL, FRANCIOLLI R, MIGLINO MA.**

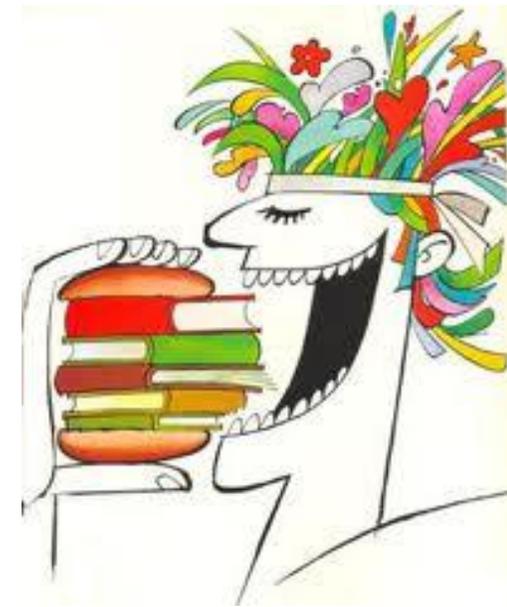
A morfologia das papilas linguais da cabra doméstica (*Capra hircus*) foi estudada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Microscopia de luz. **Papilas fiiliformes**, cônicas e lentiformes possuem **função mecânica**, enquanto que **as papilas fungiformes e as valadas possuem função gustativa. As papilas fiiliformes estavam distribuídas por toda a extensão da língua, nas superfícies dorsal e lateral.** Possuem um formato cônico com a extremidade pontiaguda direcionada caudalmente. Possuem vários processos secundários, de tamanhos diferentes, com a mesma orientação. A histologia revelou abundante **tecido queratinizado. As papilas fungiformes foram observadas nas superfícies dorsal e lateral do ápice e do corpo da língua.** Possuem formato semelhante a cogumelos, com epitélio cornificado espesso e botões gustativos distribuídos na superfície. As papilas lentiformes se distribuía na linha mediana da parte mais dorsal do toro, com projeções elevadas além da superfície da língua. Algumas apresentavam o formato de pirâmide e outras um formato mais achatado. **As papilas valadas foram encontradas na superfície lateral da parte mais caudal do toro.** Possuem formato arredondado, envolvido por um sulco pouco profundo. **Possuem botões gustativos na parede lateral que se abrem no sulco.** As papilas cônicas foram observadas no toro da língua e possuem formato alongado, com base larga e ponta romba. Embora as principais características morfológicas e estruturais do epitélio lingual sejam específicas da espécie, o tipo de alimentação e os hábitos alimentares podem influenciar na sua estrutura. Assim, o presente trabalho fornece uma descrição histológica e ultraestrutural da língua de cabras domésticas submetidas **à alimentação baseada em gramíneas e ração.**

# COMPARAÇÃO ENTRE OLFAÇÃO E GUSTAÇÃO

## CARACTERÍSTICAS DA GUSTAÇÃO EM MAMÍFEROS

### Gustação

1. Os receptores gustativos são células epiteliais modificadas
2. Três pares de nervos cranianos (4 em peixes) levam a informação para o SNC
3. A informação passa obrigatória pelo tálamo (no diencéfalo) **antes** de atingir o córtex (telencéfalo)
4. Há renovação dos receptores a cada 10 dias em mamíferos
5. O limiar absoluto é alto (o número de receptores é pequeno: 10.000 no homem)
6. A faixa de substâncias detectadas é relativamente estreita
7. As substâncias estão dissolvidas e presentes a curta distância
8. Está envolvida com atividades elementares, tais como alimentação e preservação.



Pinterest

# COMPARAÇÃO ENTRE OLFAÇÃO E GUSTAÇÃO

## CARACTERÍSTICAS DA OLFAÇÃO EM MAMÍFEROS



pt.dreamstime.com

### Olfação

1. Os receptores são neurônios primários propriamente ditos
  2. São muito numerosos, discriminam um trilhão de cheiros, e podem ser renovados a cada 2 meses por neurogênese
  3. Há um único par de nervos cranianos (não há cruzamento de fibras) levando a informação diretamente ao telencéfalo, ao bulbo olfatório, antes de passar pelo tálamo
  4. O limiar absoluto é relativamente baixo (ocorre *somação*, por convergência)
  5. Pode detectar substâncias liberadas à distância (são telorreceptores)
5. As vias de processamento da olfação projetam-se para o córtex que gera a consciência e as características do cheiro (tipo, quantidade, local), e também para a via responsável pela ligação que os cheiros têm com a emoção e memória. A via que envolve o tálamo e córtex é a da consciência, como em outros sentidos conscientes em mamíferos, mas como o bulbo olfatório é parte do sistema límbico, a informação é obrigatoriamente e concomitantemente integrada a esse sistema que é responsável por elaborar memória e emoção (hipocampo, amígdala e hipotálamo).

# CONCEITOS IMPORTANTES

**ADAPTAÇÃO**  
**HABITUAÇÃO**

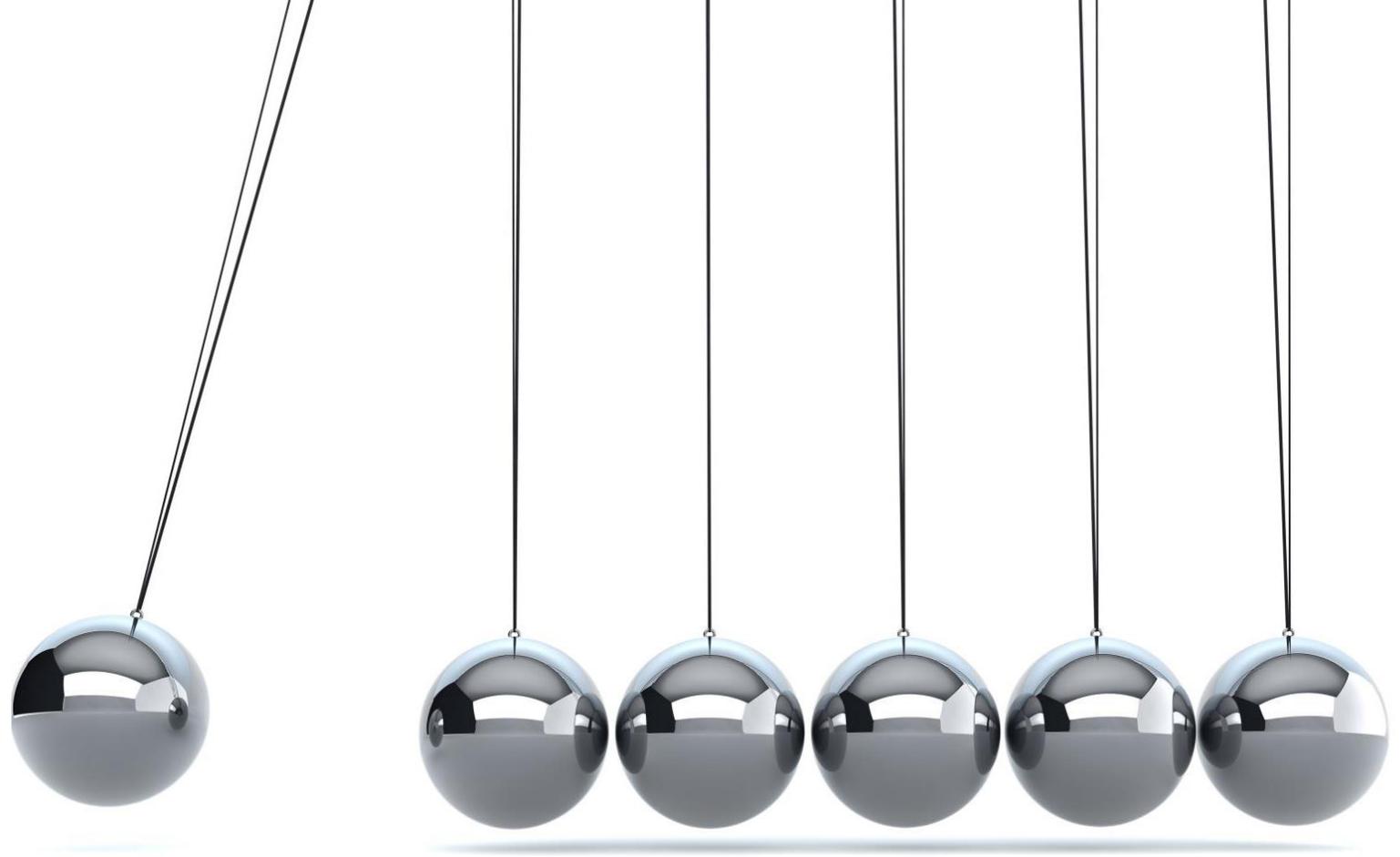


# ESTÍMULOS PERSISTENTES E INÓCUOS PODEM SER IGNORADOS

---

Ao nível dos receptores: **ADAPTAÇÃO**

Ao nível do processamento central: **HABITUAÇÃO**



# ADAPTAÇÃO & HABITUAÇÃO

**Adaptação:** é uma **redução** na frequência de potenciais de ação do neurônio aferente (da **resposta**), quando a intensidade do estímulo é mantida constante (vide Romero). Resulta do reajuste na estrutura de um **receptor** e o mecanismo de reajuste depende do tipo de receptor. Não há adaptação em nociceptores.

Existem receptores de adaptação **lenta** e **rápida** (ver exemplos).

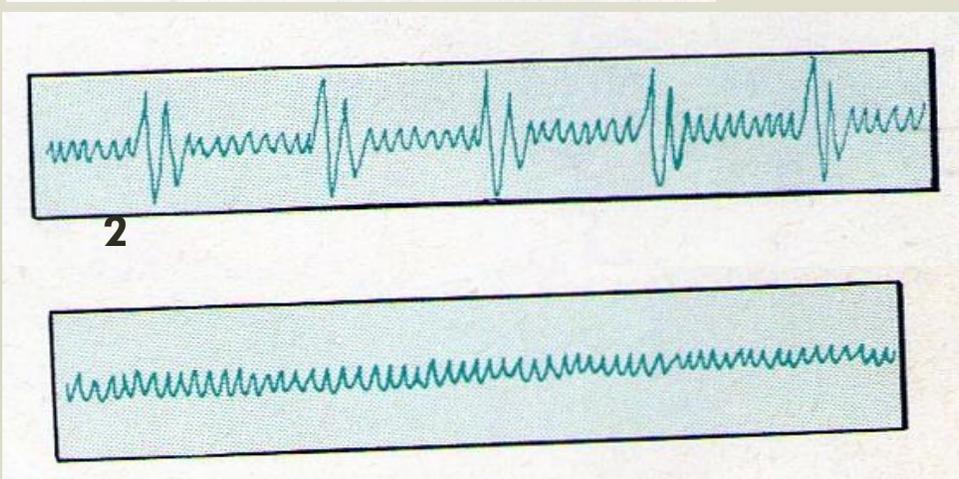
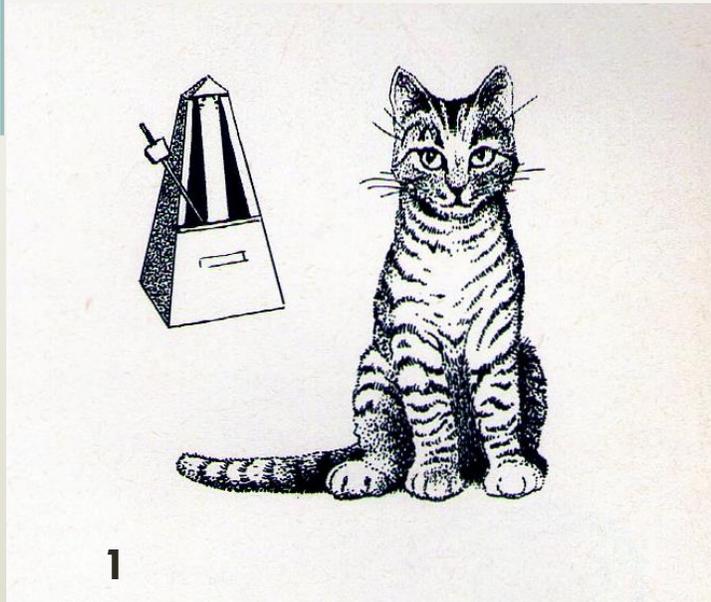
Adaptação

**Habituação:** é um processo caracterizado pela **diminuição** da resposta a estímulos sensoriais **repetitivos e inócuos** e que decorre de alterações ao nível do sistema nervoso central (SNC). Não há habituação em nociceptores. É considerado um processo de **aprendizagem não associativo** (vide Kandel) .

Tanto a adaptação como a habituação estão amplamente presentes em Eumetazoa.

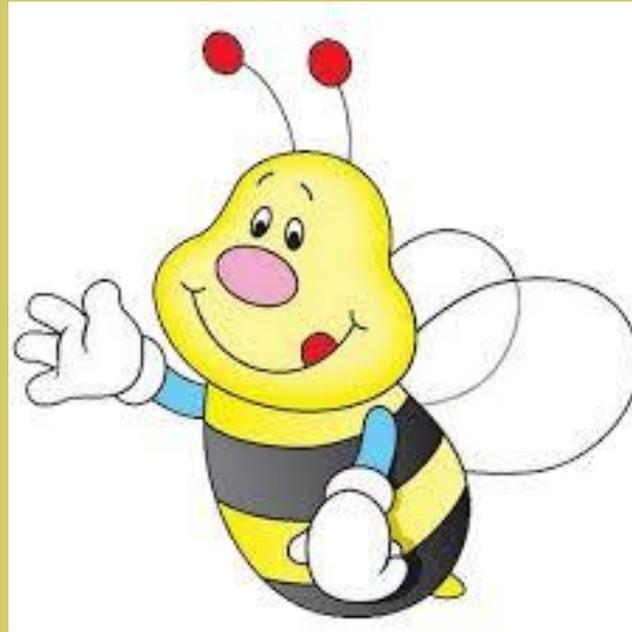
Habituação

# HABITUAÇÃO



Na figura ao lado:

- (1) registro da atividade neuronal do encéfalo do gato colocado em um ambiente no qual um metrônomo emite um som repetitivo. Note a regularidade da atividade elétrica. A seta indica eletroencefalográfico do mostra.
- (2) Observe que após certo tempo, registro 2, a atividade regular cessa, o que significa que o gato passa a ignorar o som e pode focalizar a sua atenção na novidade que por ventura aparecer.

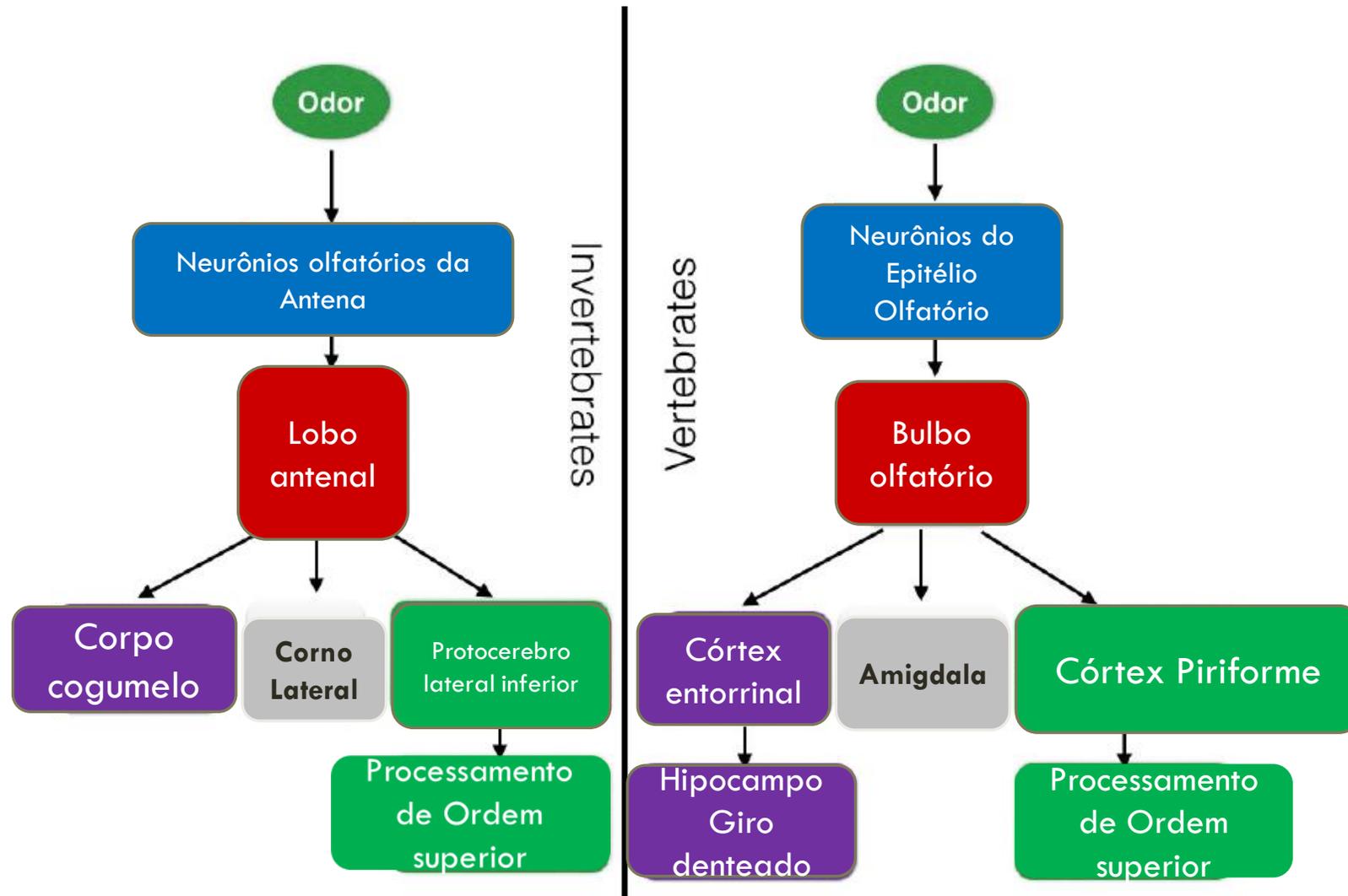


# OS SENTIDOS QUÍMICOS INVERTEBRADOS

## A OLFAÇÃO EM INVERTEBRADOS

Como já visto os invertebrados reconhecem uma grande variedade de sinais químicos produzidos por plantas e por outros animais. Estão envolvidos em múltiplos comportamentos.

# O PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO OLFATÓRIA CONVERGÊNCIA EM INSECTA E MAMMALIA

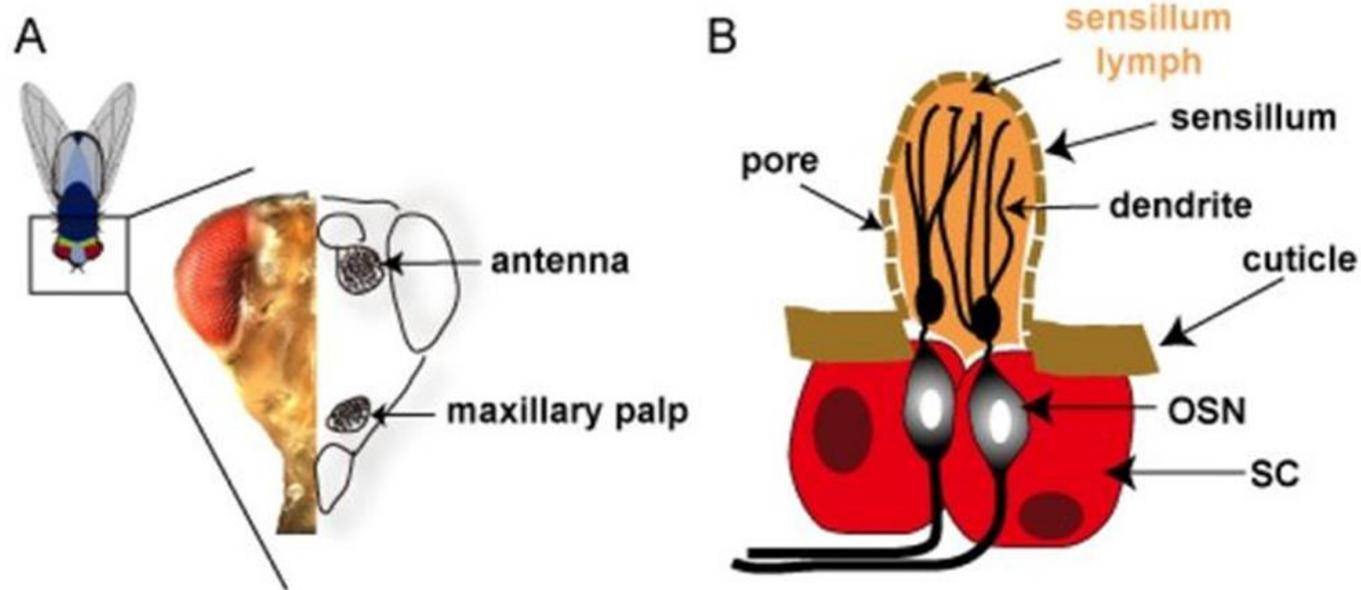


# EXEMPLOS DE NEURÔNIOS OLFATÓRIOS E ÓRGÃOS OLFATÓRIOS

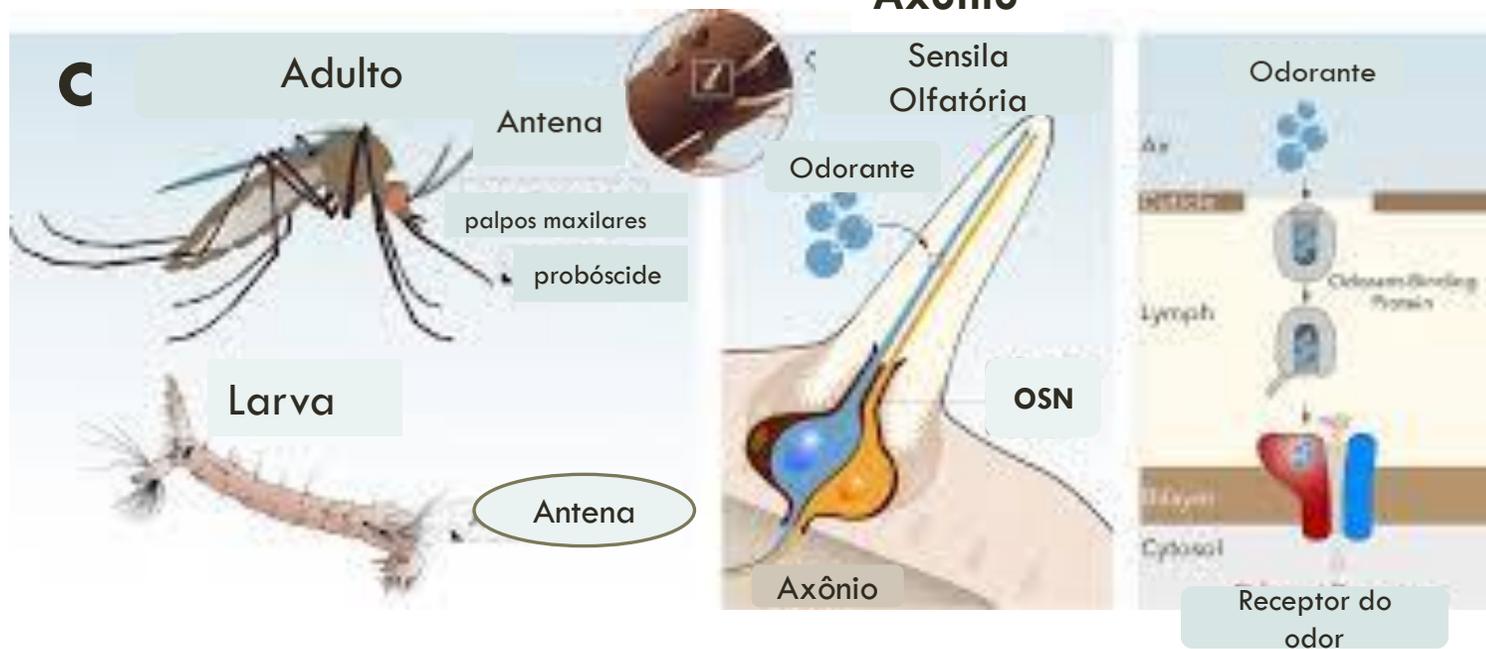
As figuras mostram que os neurônios olfatórios (**NOS** ou **OSN**) formam órgãos sensoriais que estão localizados em **A** nas **antenas** (*antenna*, mesmo na forma larval, em **C**), nos **palpos maxilares** (*maxillary palp*) e nas **probóscides** (**C**) em algumas espécies.

Em **B** e **C**: na **sensila** os **OSNs**, axônios, cutícula (*cuticle*), poro (*pore*), células de suporte (SC) e a linfa na sensila (*sensillum lymph*).

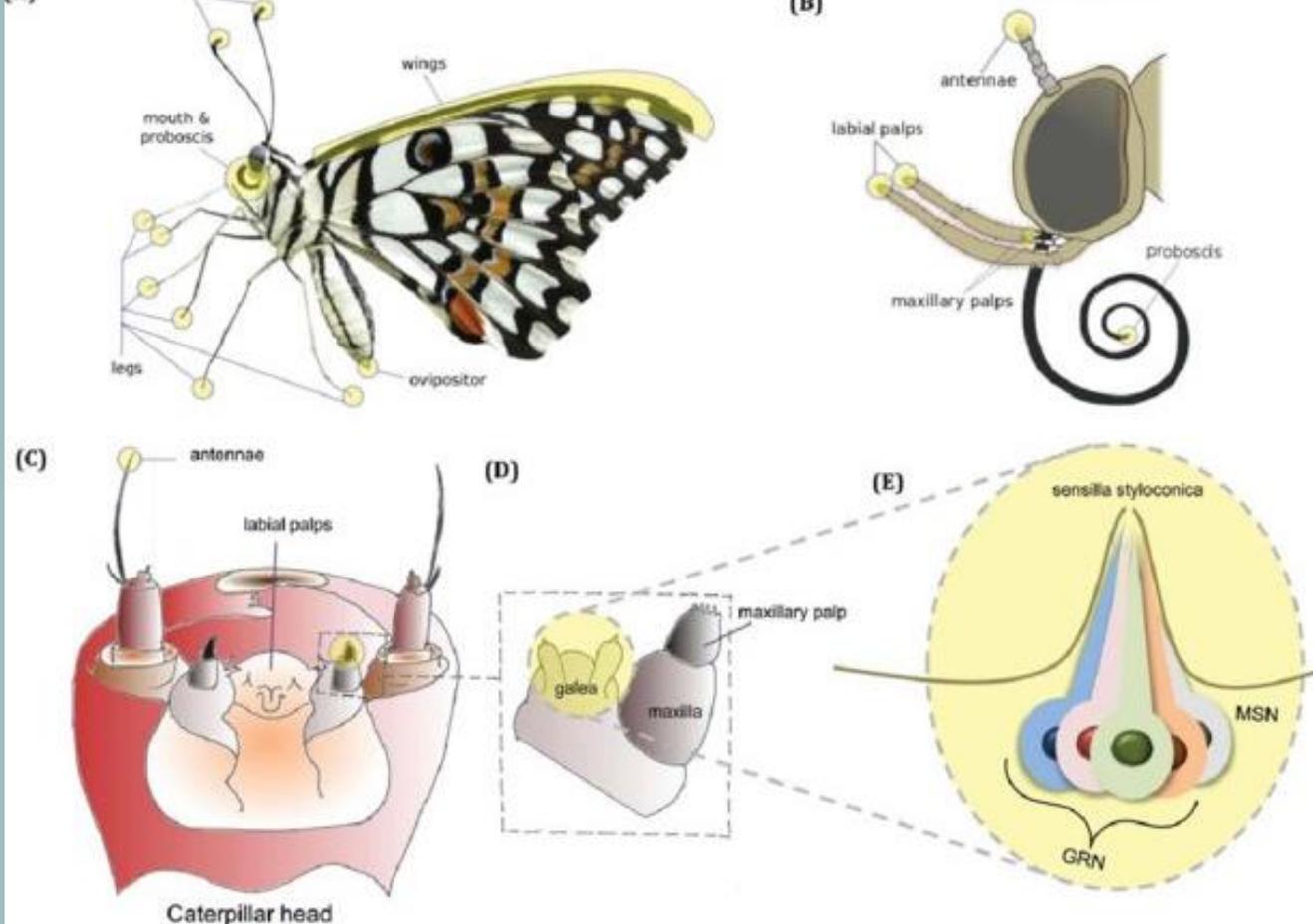
Também a ligação das moléculas de odor com receptores moleculares.



**Axônio**



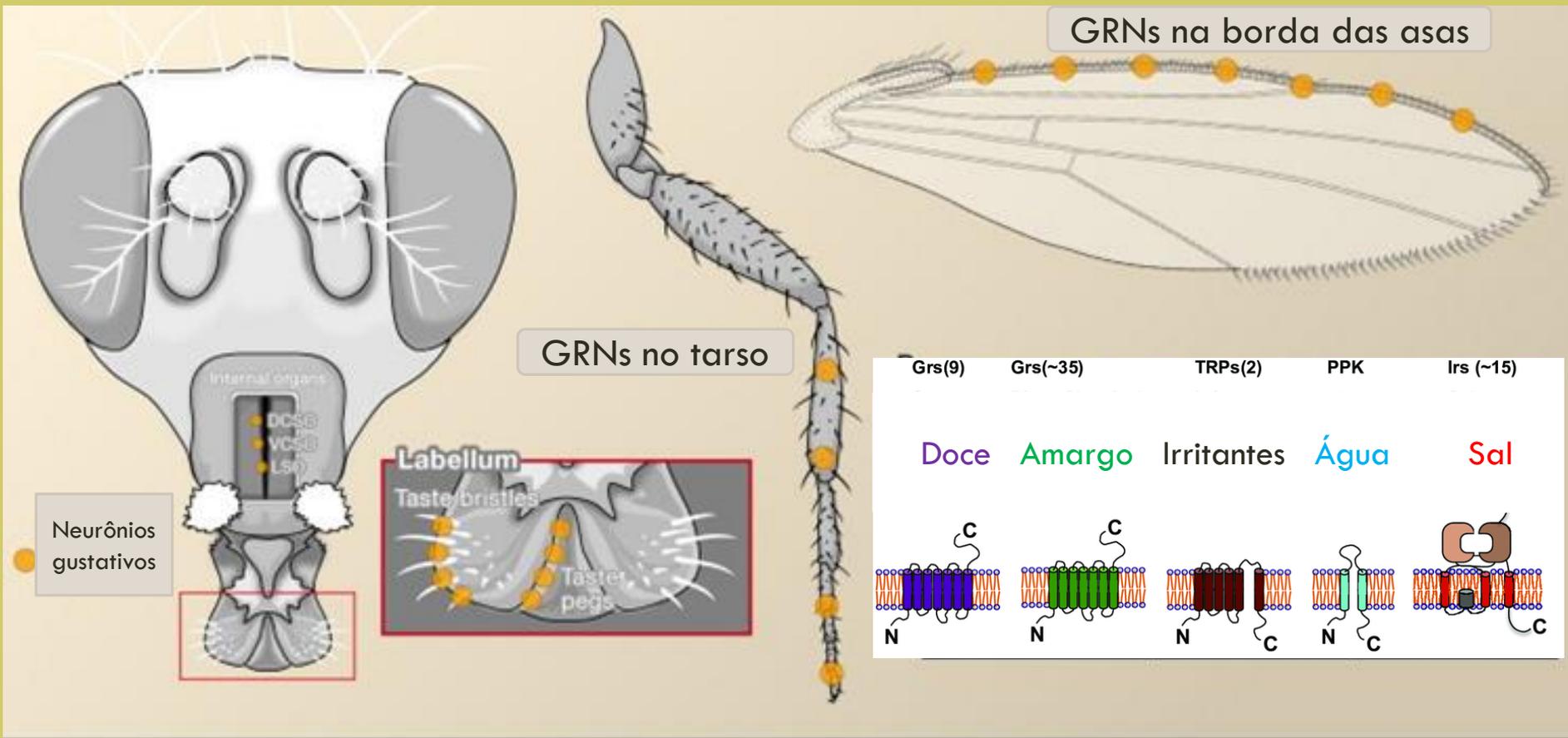
**Receptor do odor**



Distribuição de receptores de gustação em diferentes regiões de Lepidoptera (A e B). Em (C) um diagrama da cabeça da fase larval da lagarta, em D a figura é ampliada e observa-se as sensilas em (E) contendo quatro receptores gustativos (GRNs) e um mecanorreceptor (MSN).  
 (Fonte: Gustatory receptors in Lepidoptera: Chemosensation and beyond by [Ankit Roy](#))

# RECEPTORES E ÓRGÃOS SENSORIAIS GUSTATIVOS

Todos os receptores da figura são células epiteliais modificadas e inervadas por neurônios sensoriais, os **órgãos sensoriais podem ser multimodais**



OS SABORES RECONHECIDOS:  
 Amargo  
 Doce  
 Carbonado  
 ÁGUA

# DIVERSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE RECEPTORES GUSTATIVOS (GRNs) EM DIPTERA

Há uma grande variedade de GRNs para os sabores básicos (amargo, doce, carbonado e água), com ampla distribuição na cabeça, asas e pernas.

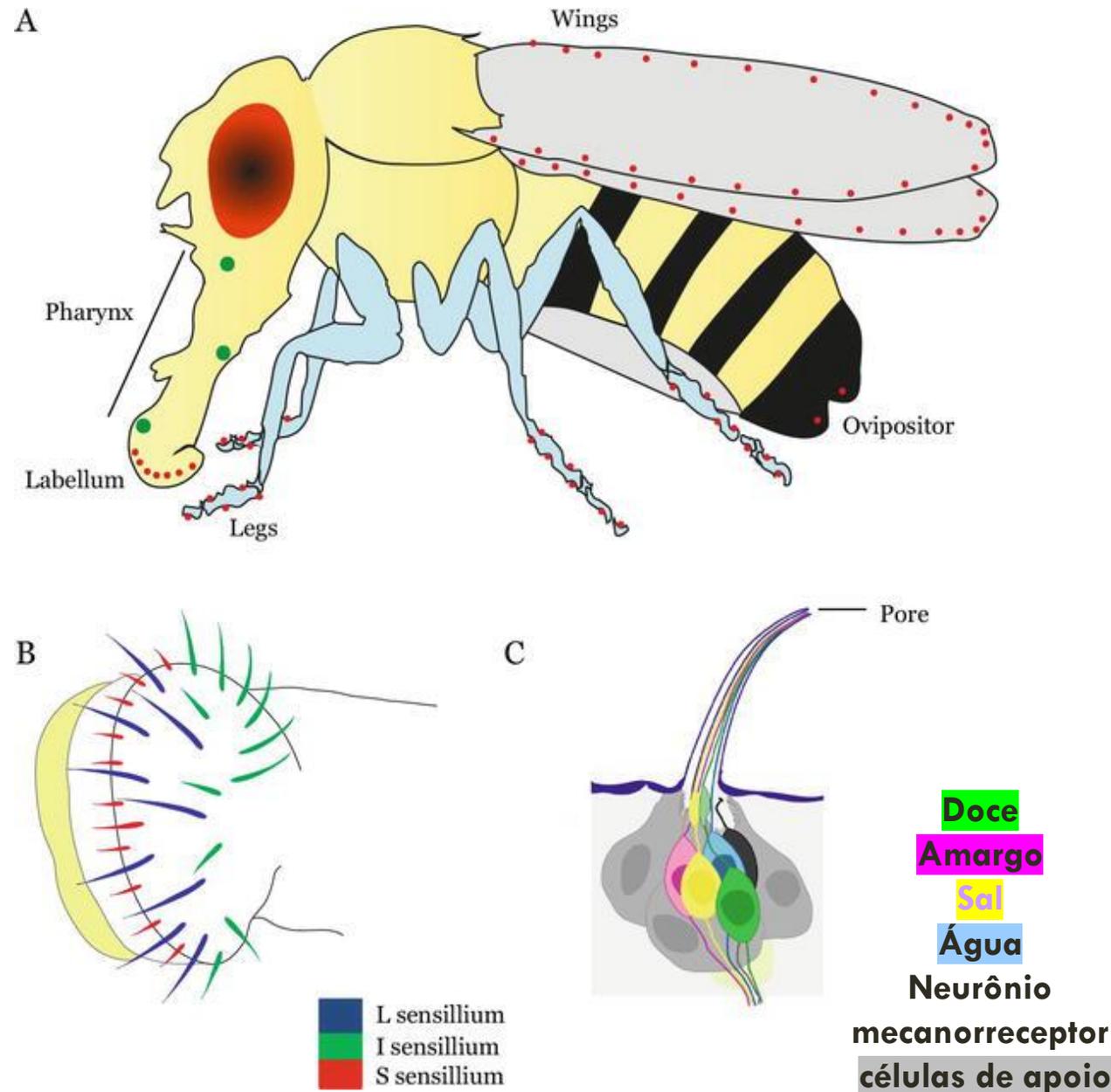
# RECEPTORES SENSORIAS DOCE, AMARGO, SALGADO E ÁGUA

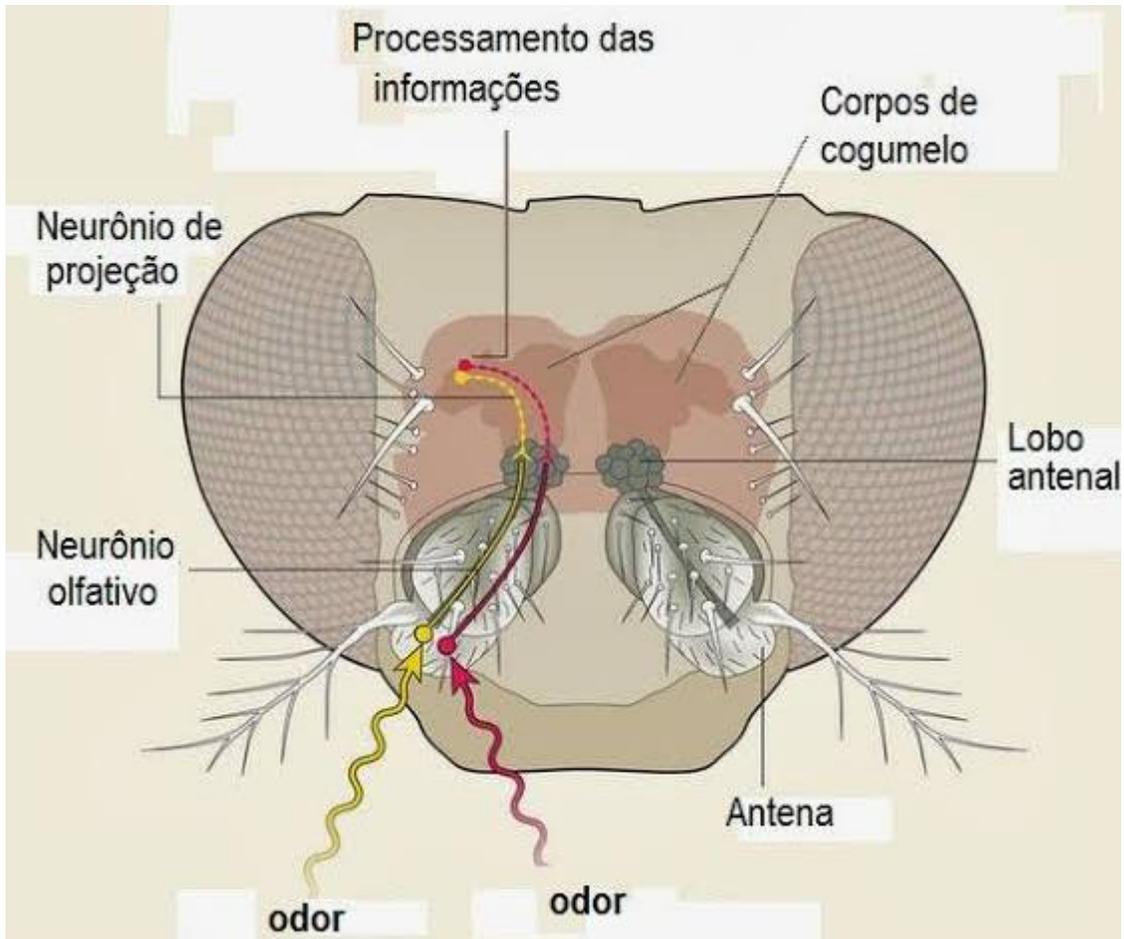
## Receptores de gustação em *Drosophila*

(A) Presentes no labelo, faringe, pernas, asas e sistema ovipositor, indicado por pontos vermelhos e verdes.

(B) Três tipos de sensilas gustativas: Grandes (Large-L), Intermédia (I) e Pequenas (small-S) presentes na região bucal da mosca (no labelo).

(C) Sensila mostrando o poro na extremidade e diferentes tipos de neurônios que sinalizam **doce** (verde), **amargo** (lilas), **salgado** (amarelo), e **água** (azul claro); observa-se também neurônios que inervam mecanorreceptores (preto) e células de apoio (cinza).

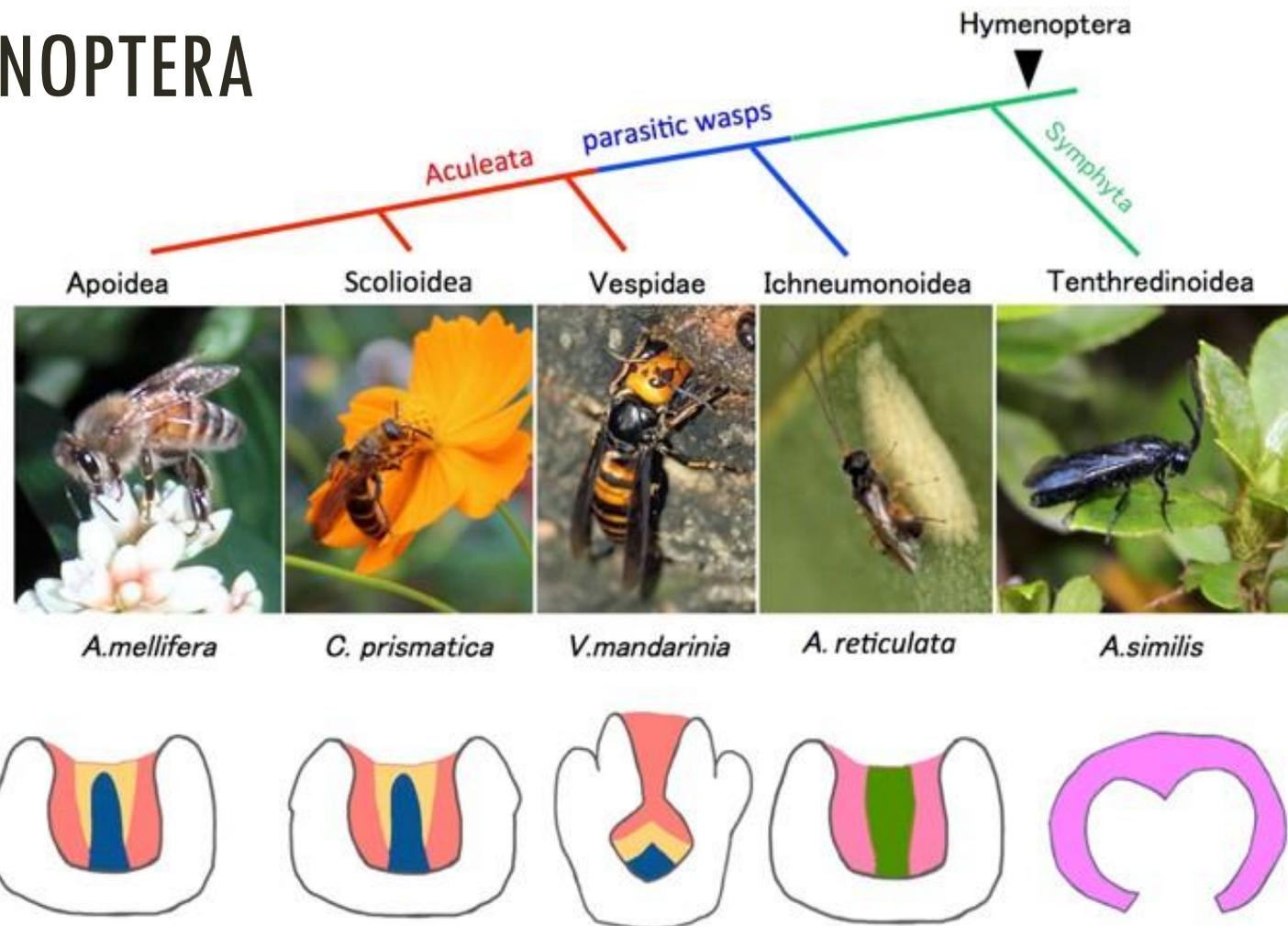




# O PROCESSAMENTO E O SIGNIFICADO

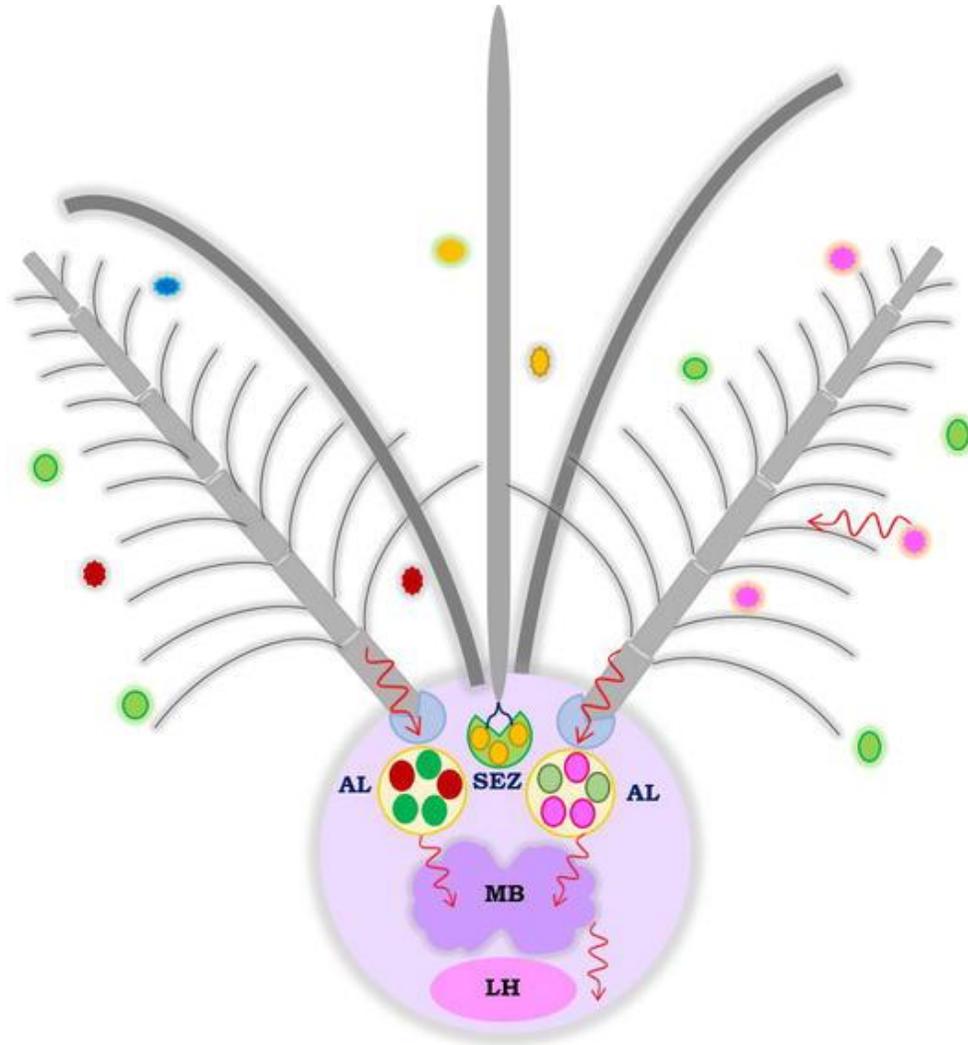
# COMPLEXIDADE DOS CORPOS DE COGUMELOS E COMPORTAMENTO EM HYMENOPTERA

Himenóptera compreende desde espécies solitárias e fitófagas até aquelas que exibem comportamento eussocial. A evolução do clado também envolveu espécies de vespas parasíticas. Fêmeas adultas dessas vespas parasitas põe seus ovos no hospedeiro, e suas larvas crescem dentro dos corpos alimentando-se deles. **Aculeata**, o clado que compreende todos os himenópteros eussociais (como *e.g.* abelhas e formigas) originou-se de uma dessas linhagens. A complexidade dos corpos Cogumelos aumentou duas vezes — a primeira na evolução do estilo de vida parasita e em seguida com a evolução da nidificação. Nas figuras as três cores (*A. mellífera*, *C. prismática* e *V. mandarina*) indicam maior complexidade do que duas cores (*A. reticulata*) e uma única cor (*A. similis*), como visto no desenho ao lado.



Ref: Increased complexity of mushroom body kenyon cell subtypes in the brain is associated with behavioral evolution in hymenopteran insects Oya et al, Scientific Reports (7), 2017

# PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES ODORÍFERAS EM AÇÃO

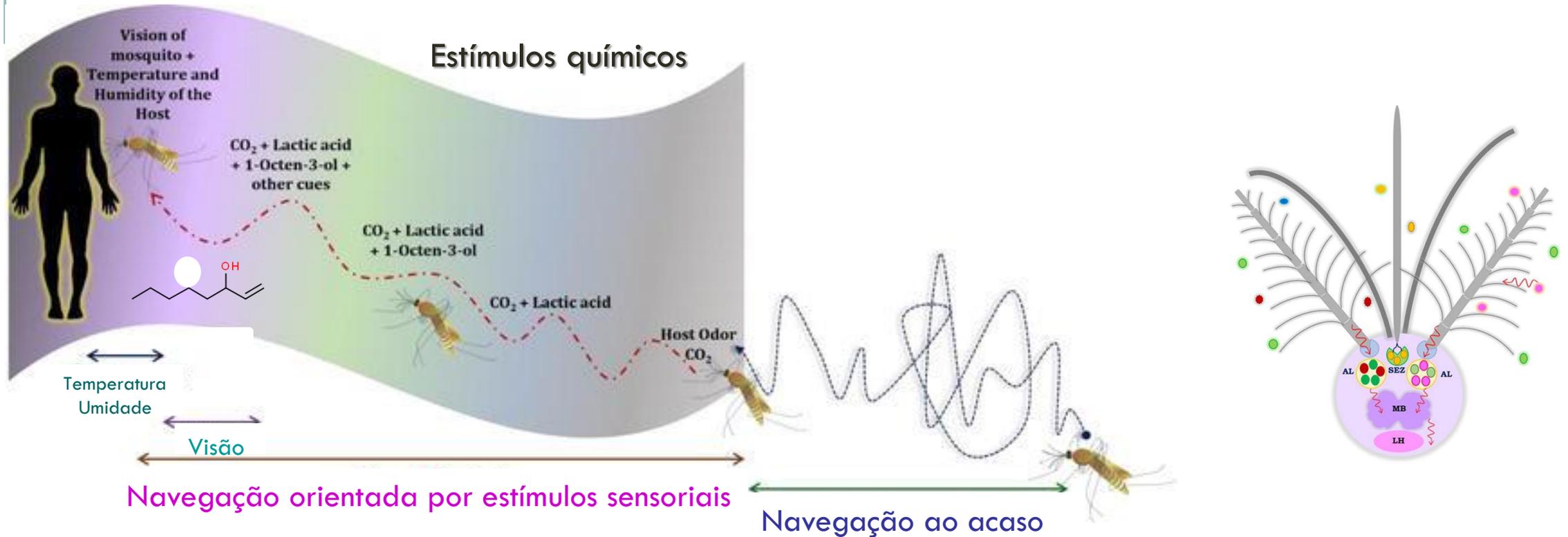


Representação do fluxo de informações odoríferas do meio ambiente ao SNC. Moléculas de odores de diversas naturezas (representados pelos círculos multicoloridos) ligam-se aos seus respectivos receptores presentes nos neurônios olfatórios receptores na antena de mosquitos. A transmissão é em seguida transmitida ao Lobo Antenal (AL), e do AL o sinal é transmitido a centros superiores, i.e., ao Corpo de Cogumelos, o *mushroom body* (MB) e o chifre lateral (*lateral horn*, LH) para processamento de tomada de decisão, as setas vermelhas indicam o fluxo de informação.

Neuro-Olfactory Regulation and Salivary Actions: A Coordinated Event for Successful Blood-Feeding Behavior of Mosquitoes.

TD De & R. Dixit (2020) DOI: 10.5772/ intechopen.90768

# DA RECEPÇÃO À AÇÃO: A NAVEGAÇÃO EM UM INSETO HEMATÓFAGO



O mosquito inicialmente navega ao acaso, mas os movimentos começam a ser orientados à medida que o mosquito detecta estímulos e o gradiente de odores dos hospedeiros, tais como, CO<sub>2</sub>, ácido láctico, e 1-octen-3-ol. A olfação continua a guiar o mosquito e outros sentidos, como a visão, a temperatura e a umidade consolidam a navegação em direção ao alvo vertebrado. A figura à direita ilustra os receptores presentes nas antenas e as estruturas de decodificação da informação odorífera. O **1-octen-3-ol** é produzido pelo hálito e suor humano e tem sido usado em armadilhas para capturar mosquitos.

# DA RECEPÇÃO À AÇÃO: DO ODOR À SALIVAÇÃO



Fotos: Zwiebel Lab, Vanderbilt University, The olfactory system of *Anopheles* mosquito. The salivary gland picture from the research article by Ghosh et al (traduzido por ESO)

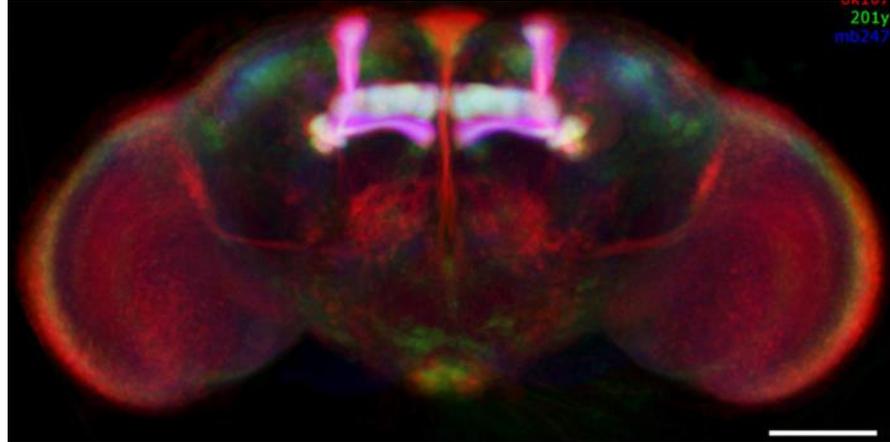
O caminho do processamento da informação para que um mosquito tenha uma navegação e alimentação bem sucedida.

Há comunicação entre três sistemas: o olfatório (sistema de detecção), o sistema nervoso central (SNC) de integração e o efetor (glândula salivar). O sistema evidenciado pelo círculo roxo detecta e as moléculas de odores de plantas ou da presa vertebrada. Os sinais são enviados ao SNC (o círculo em amarelo).



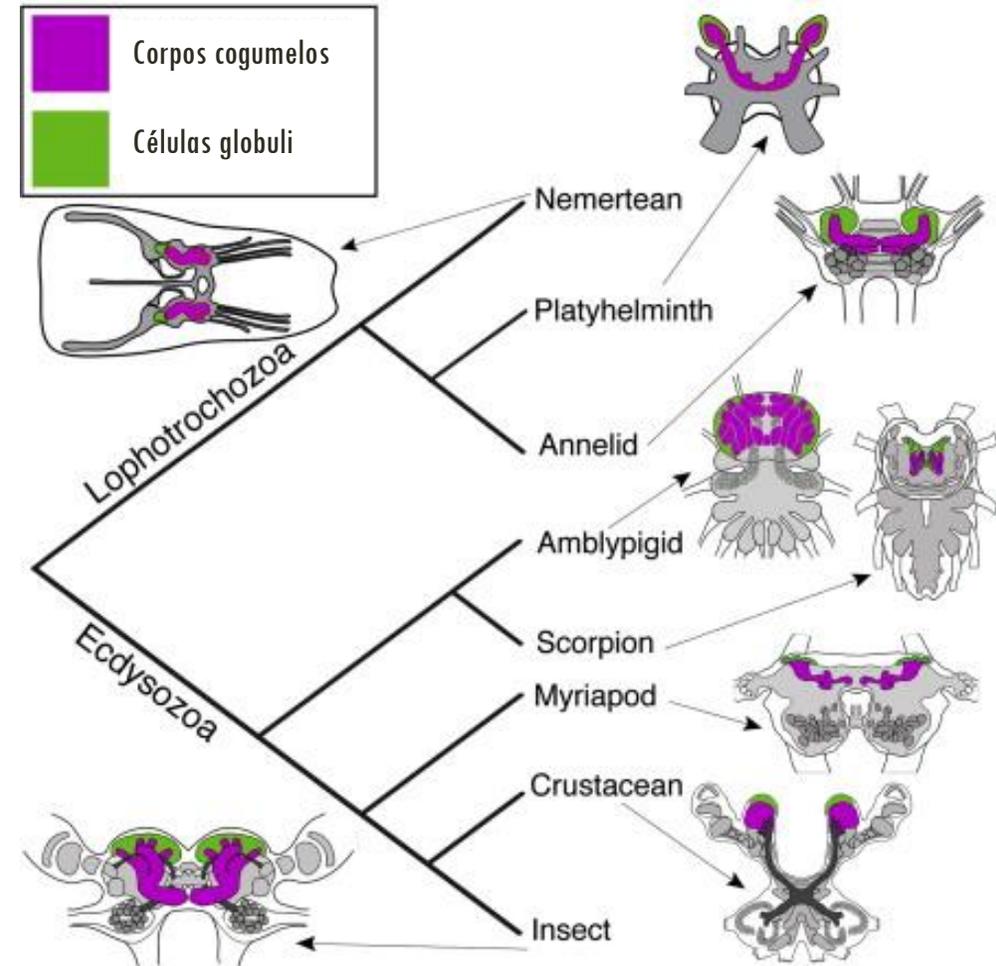
Após esse processamento o SNC envia informações à glândula salivar (azul no círculo vermelho) A salivação é um fator facilitador da alimentação.

# EVOLUÇÃO DA INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES DE OLFAÇÃO EM INVERTEBRADOS



Em Insecta os corpos de cogumelos (*Mushroom body, corpora pedunculata*) (acima em secção frontal) são redes de neurônios de ordem superior relacionados com a cognição, mais especificamente o **aprendizado** e a **memória** de informações **olfativas**. Também integram informações visuais e de mecanorreceptores.

Ao lado o diagrama mostra as relações filogenéticas em invertebrados ilustrando os corpos cogumelos e as células globuli que os originam.

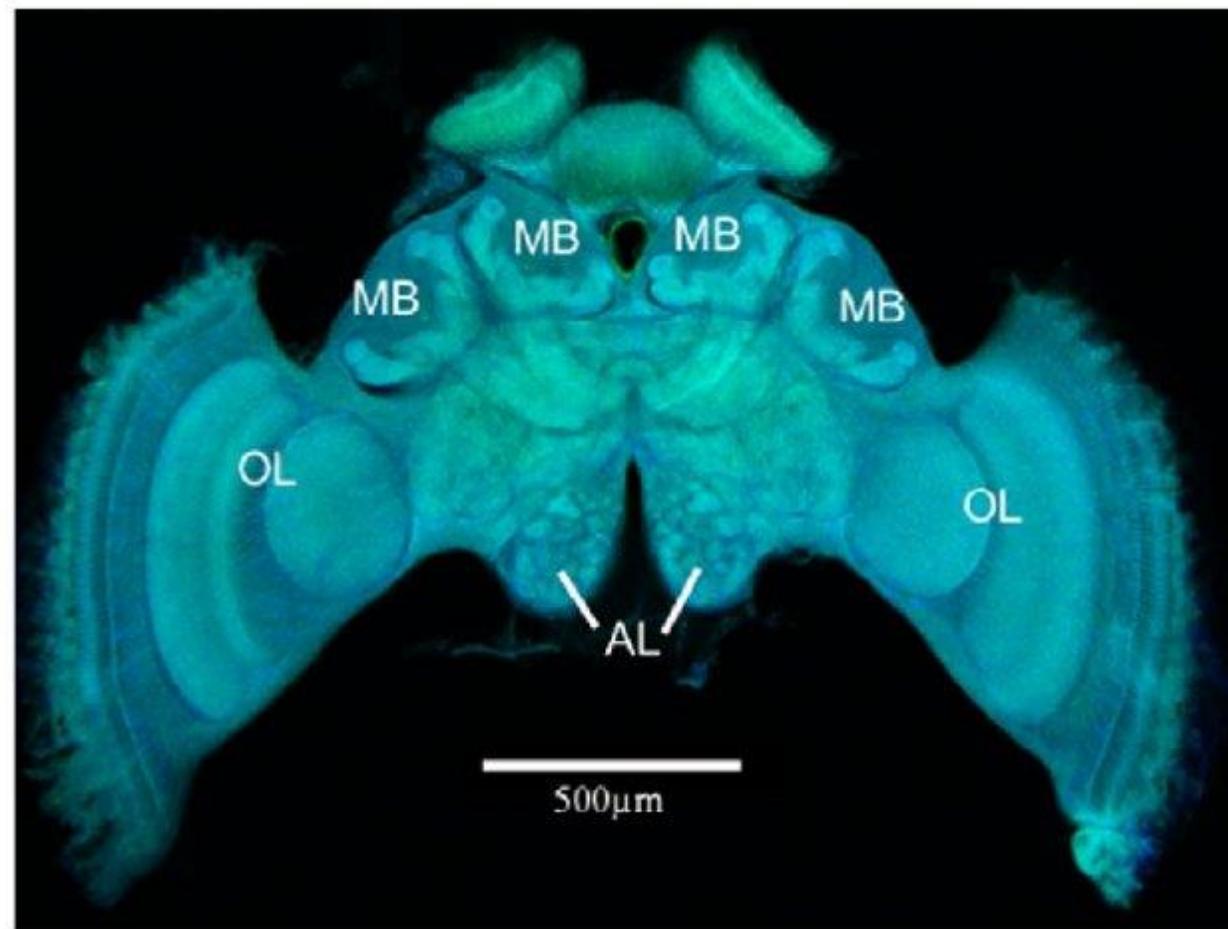


Também em invertebrados as características das redes de integração do Sistema Nervoso refletem pressões seletivas e nichos ecológicos específicos. Por exemplo, borboletas de vida diurna apresentam grandes Lobos Ópticos (OLs), enquanto que mariposas noturnas apresentam OLs de tamanhos menores. **Insetos sociais** têm *Mushroom bodies* complexos que respondem à demanda de respostas comportamentais não estereotipadas.

Os comportamentos específicos às castas estão relacionados a regiões específicas dos cérebros de abelhas, formigas e vespas.

## INTEGRAÇÃO DAS INFORMAÇÕES SENSORIAS

Os “Mushroom Bodies” (MB) processam memória e aprendizado olfatório. Os Lobos Antenais (AL) são análogos aos bulbos olfatórios. Os Lobos Ópticos (OL) processam informações visuais.

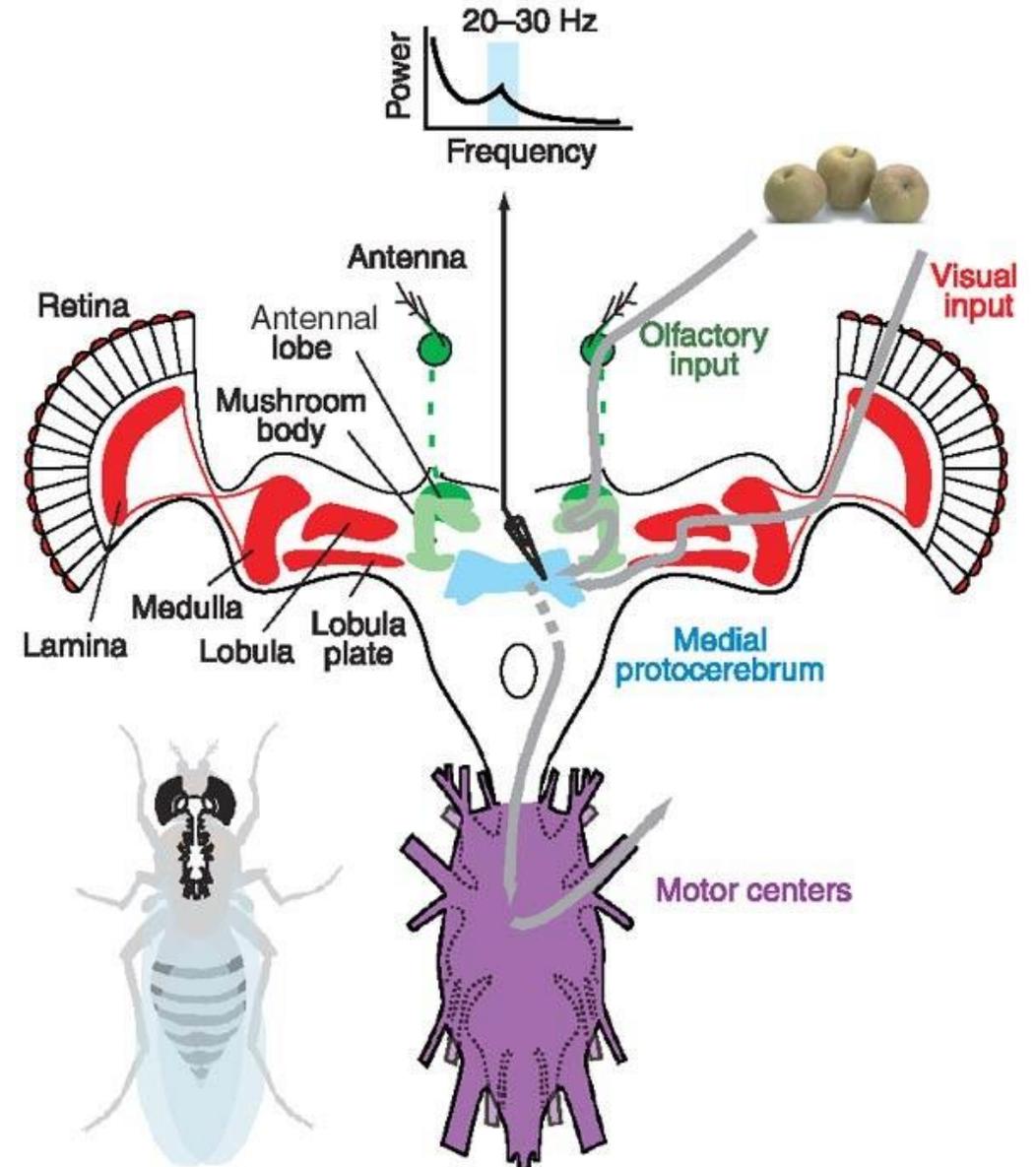


## PROCESSAMENTO E INTEGRAÇÃO DAS INFORMAÇÕES SENSORIAS

Secção frontal do cérebro do inseto social *Megalopta genalis*

# INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES SENSORIAIS

**Lobos Ópticos (LO)** e suas diferentes divisões e ligação com as retinas. Os fotorreceptores estão arranjados em uma rede bidimensional nos olhos compostos, em uma lâmina esférica chamada de retina. Os Lobos Ópticos do protocérebro contém elementos que recebem as informações visuais preprocessadas pela retina. Em alguns grupos, como *Lepidoptera*, o LO consiste de “Lamina”, “Medulla” e o complexo “Lobula”, estruturas colunares as quais estão estratificadas na direção vertical. Nessas colunas, os neurônios estão também arranjados em um padrão retinotópico ou visualtópico análogo ao arranjo do sistema visual de mamíferos. Informações da retina são transmitidas e processadas nessa sequência de estruturas: Retina > Lamina > Medulla > Lobula > Placa Lobular. O complexo lobular executa um processamento em paralelo. A informação visual processada no Lobo Óptico é transmitida a áreas de ordem superior do **protocérebro**, o que possibilita a **integração com outras informações**, por exemplo, do sistema ocelar e de sistemas mecanorreceptores, particularmente as que são sensíveis a correntes de ar. A **informação integrada** é transmitida em seguida para **circuitos motores** nos **gânglios torácicos** possibilitando movimento de ajustes da cabeça e do voo. Em roxo os conjuntos de gânglios que formam centros motores.





Se souber pode pular os próximos slides

# RECEPTORES DOS SENTIDOS QUÍMICOS EM INVERTEBRADOS

---

PODEM SER CÉLULAS EPITELIAIS MODIFICADAS OU NEURÔNIOS PROPRIAMENTE DITOS. VAMOS RECORDAR?

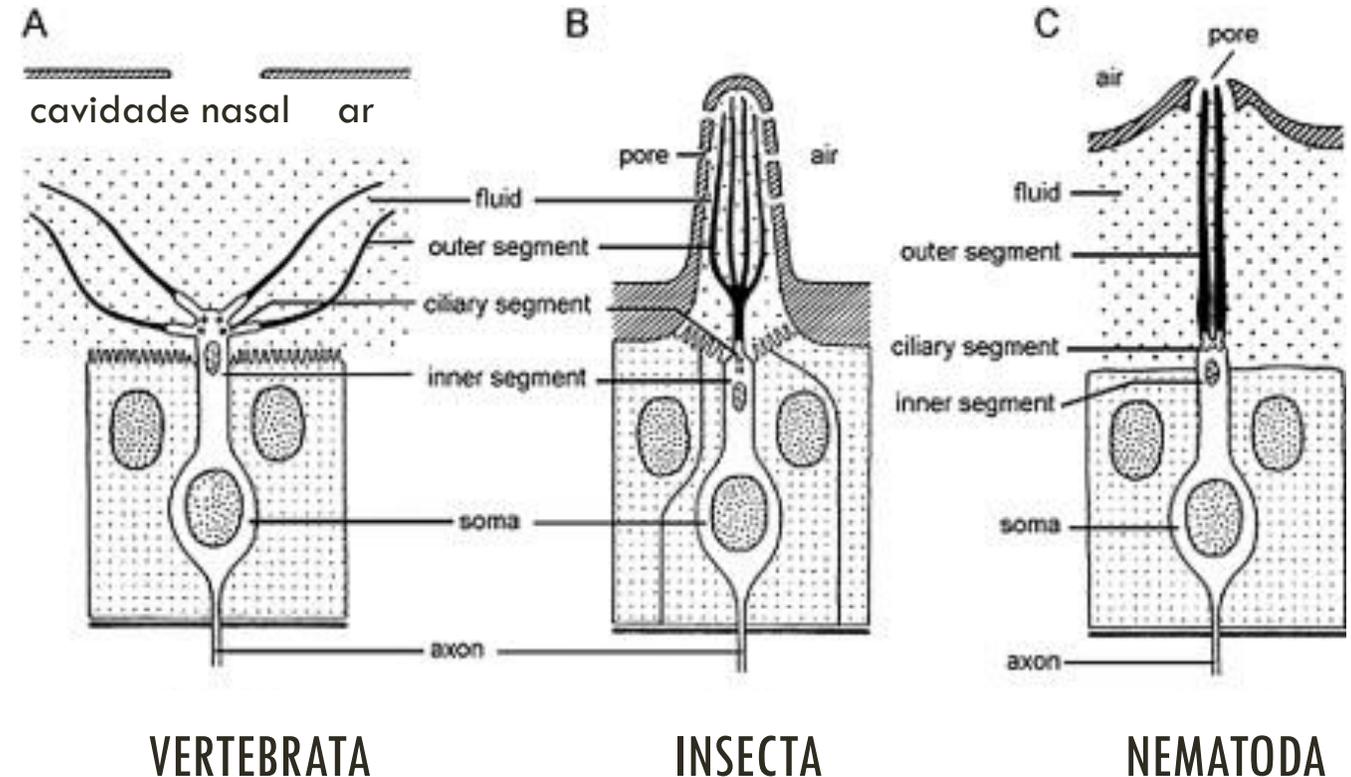
# RECEPTORES

Os receptores para olfação são **neurônios primários (NO)** que compartilham algumas características mesmo em **filos filogeneticamente distantes**.

São pequenos, bipolares, tem a terminação dendrítica arborizada e um axônio que não se ramifica e que leva a informação para o Sistema Nervoso Central (SNC).

O diagrama representa NO de Vertebrata no epitélio olfatório (A), uma Sensila olfatório de Inseto (B) e o Órgão anfideo de Nematoda (C). Na ilustração estão todos com tamanhos semelhantes porque os reais não foram respeitados (Ache, 1991).

Os desafios enfrentados pelos organismos para decifrar o mundo dos odores foram enfrentados aparentemente por **estratégias filogeneticamente conservadas**.



A olfação em VERTEBRATA tem várias características únicas em relação a outras modalidades sensoriais

# DISTRIBUIÇÃO DE RECEPTORES QUÍMICOS EM ARTHROPODA: LOCALIZAÇÃO

A figura ao lado compara os sistemas de quimiorrecepção, olfação e gustação (*taste*) em crustáceos decápodes (lagosta *Panulirus argus*) e insetos (*Drosophila melanogaster*). Como na audição os receptores encontram-se distribuídos por várias partes do corpo desses animais

(a, b). Localização de receptores da olfação e receptores bimodais quimio/mecânicos no corpo e na cabeça.

(c) Neurônios olfatórios (ORN, azul). Os cílios dos dendritos são sempre ramificados em crustáceos e geralmente em insetos.

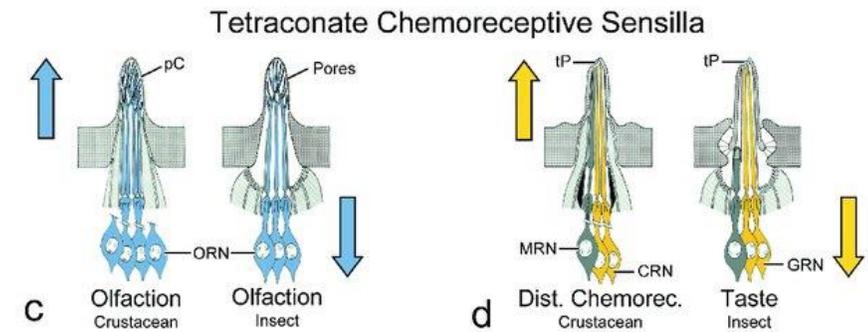
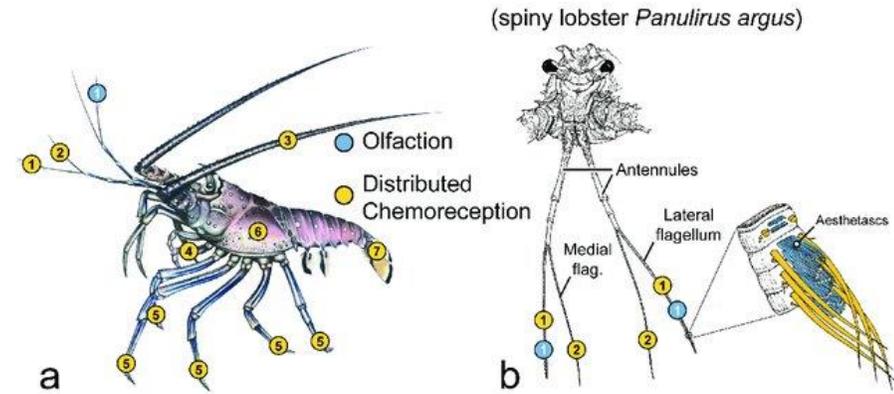
(d) Receptores bimodais quimio/mecânicos de crustáceos e insetos).

(e) Recepção olfatória (em azul) e gustativa (amarelo) na mosca e em detalhes em partes do corpo: (f) na cabeça, antena e probóscide.

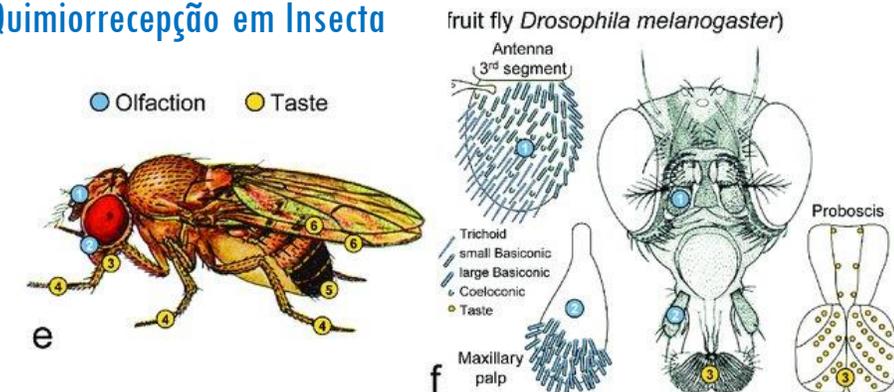
**Molecular Mechanisms of Reception and Perception in Crustacean Chemoreception: A Comparative Review 2016, Chemical Senses 41(5):bjw057**

DOI: 10.1093/chemse/bjw057

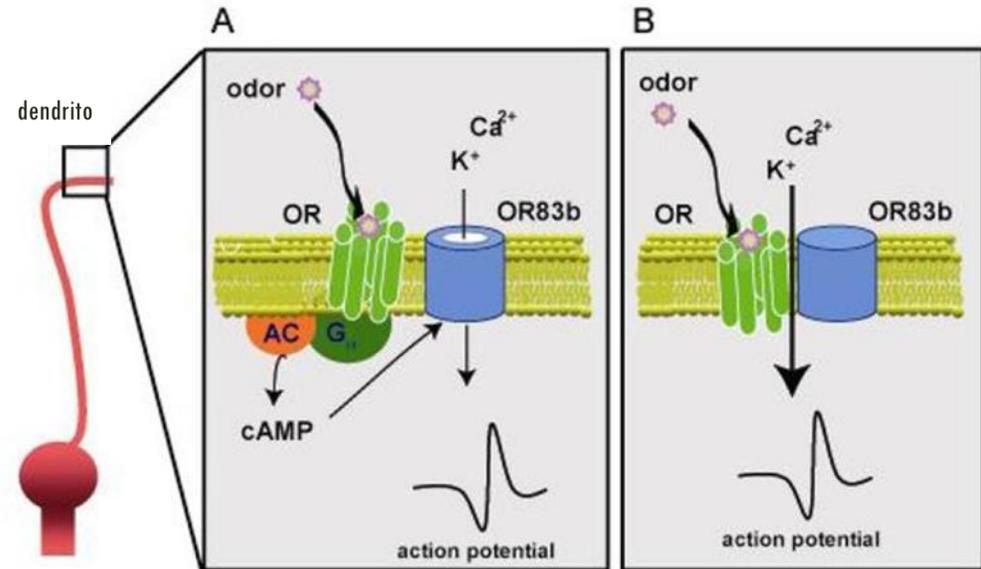
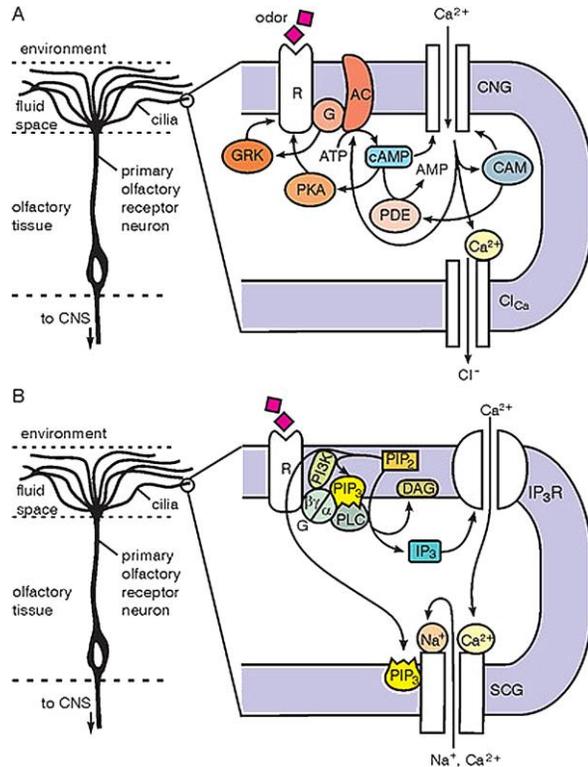
## Quimiorrecepção em Crustacea



## Quimiorrecepção em Insecta



# A TRANSDUÇÃO DO ODORE EM INVERTEBRADOS



A figura acima mostra a transdução do sinal olfatório por receptores do tipo metabotrópicos com a mediação de ATP e abertura de canais iônicos.

A transdução de sinais olfatórios em invertebrados é similar a que estudada em vertebrados: pelo menos três sistemas de sinalização envolvendo ativação da adenil ciclase, fosfolipase C e guanilato ciclase. Os segundos mensageiros identificados foram: CAMP, inositol 1,4,5-trisphosphate, diacilglicerol, óxido nítrico e Ca<sup>2+</sup>.

# A TRANSDUÇÃO DO ODOR EM INVERTEBRADOS: SIMILARIDADES

A transdução do odor em invertebrados, com os elementos da cascata de segundo mensageiros, está bem estabelecida em: **Insecta (I)**, **Crustacea (C)** (Decapoda), e **Nematoda (N)** (*C. elegans*) e apresenta muitas semelhanças.

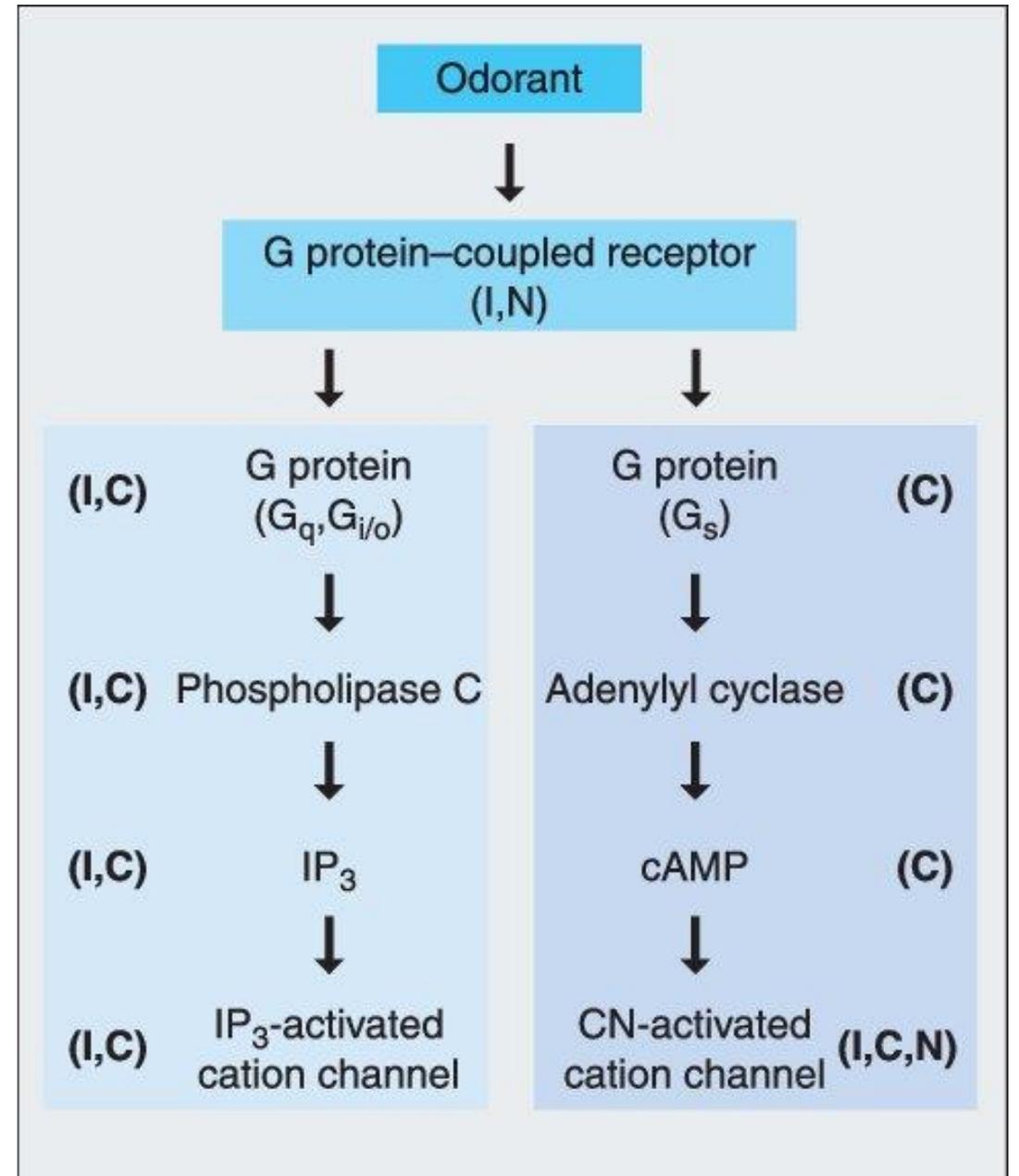
Enzimas: adenilil ciclase, fosfolipase C e guanilato ciclase.

Os segundos mensageiros identificados foram: AMPc, inositol 1,4,5-trifosfato (IP<sub>3</sub>). Os canais de Ca<sup>2+</sup> ativados por IP<sub>3</sub> e CN.

**CN:** nucleotídeo cíclico,

**G<sub>q</sub>**, **G<sub>i/o</sub>**, **G<sub>s</sub>** são subtipos específicos da proteína G,

**Odorant:** odor.



# SUGESTÕES DE LEITURA

## **Olfactory coding in honeybees**

Paoli M, Galizia, GC

Cell and Tissue Research 383, pages35–58 (2021)

## **Experience-dependent plasticity modulates ongoing activity in the antennal lobe and enhances odor representations.**

Franco LM, Yaksi E.

Cell Rep. 2021 Dec 28;37(13):110165. doi: 10.1016/j.celrep.2021.110165. PMID: 34965425

## **A balance between aerodynamic and olfactory performance during flight in *Drosophila*.**

Li C, Dong H, Zhao K.

Nat Commun. 2018 Aug 10;9(1):3215. doi: 10.1038/s41467-018-05708-1. PMID: 30097572

## **Odor coding in the antenna of the tsetse fly *Glossina morsitans*.**

Soni N, Chahda JS, Carlson JR.

Proc Natl Acad Sci U S A. 2019 Jul 9;116(28):14300-14308. doi: 10.1073/pnas.1907075116. PMID: 31221757