

# Sistema neuroendócrino em invertebrados

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

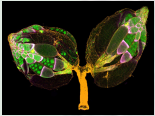


# Sistema neuroendócrino em invertebrados

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



Organização neuroendócrina da vida



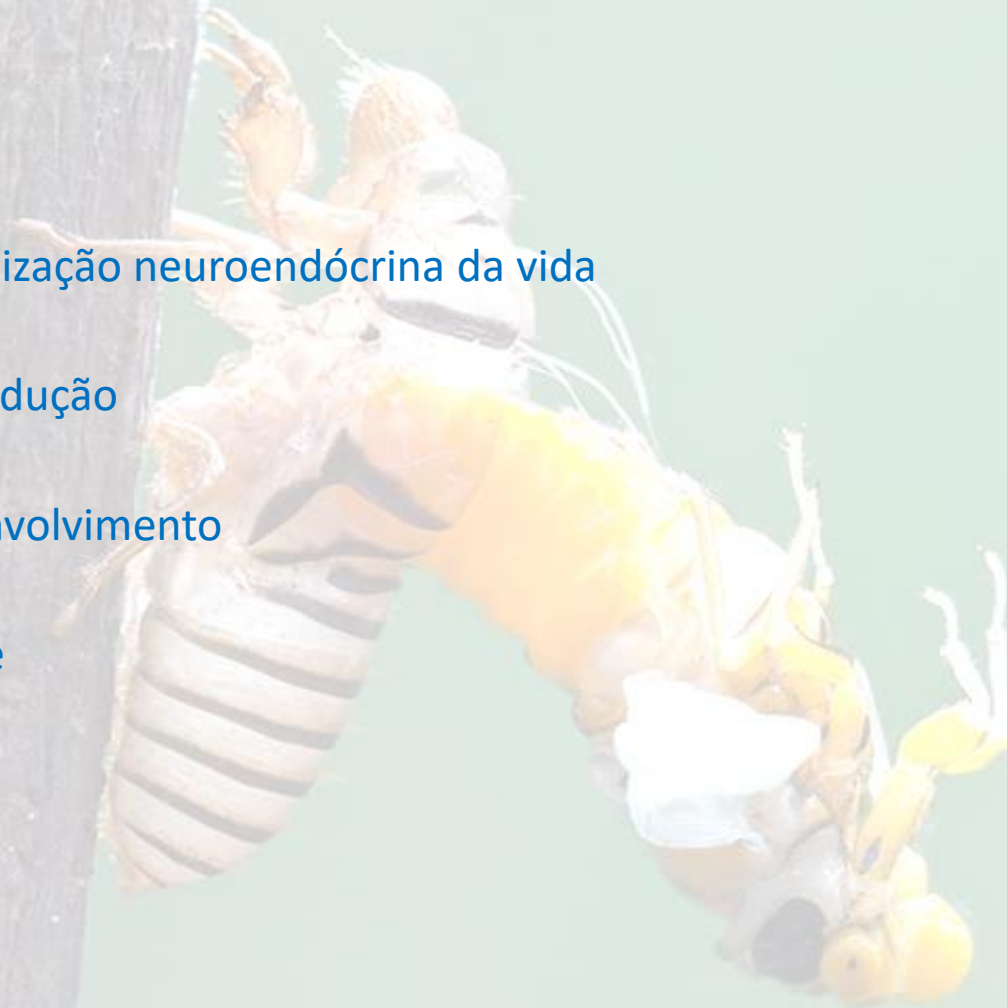
Reprodução



Desenvolvimento



Morte



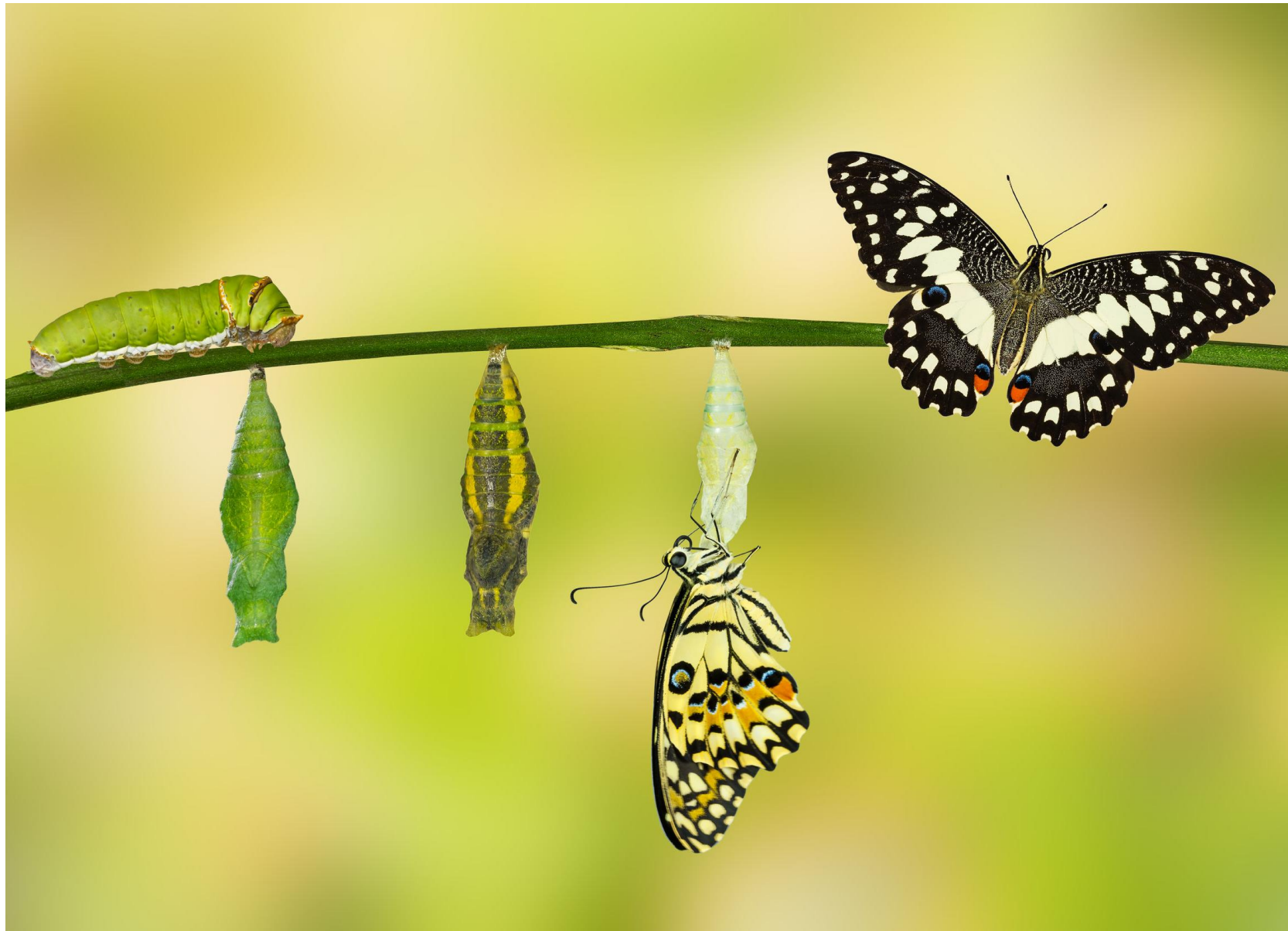
## Organização neuroendócrina da vida

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

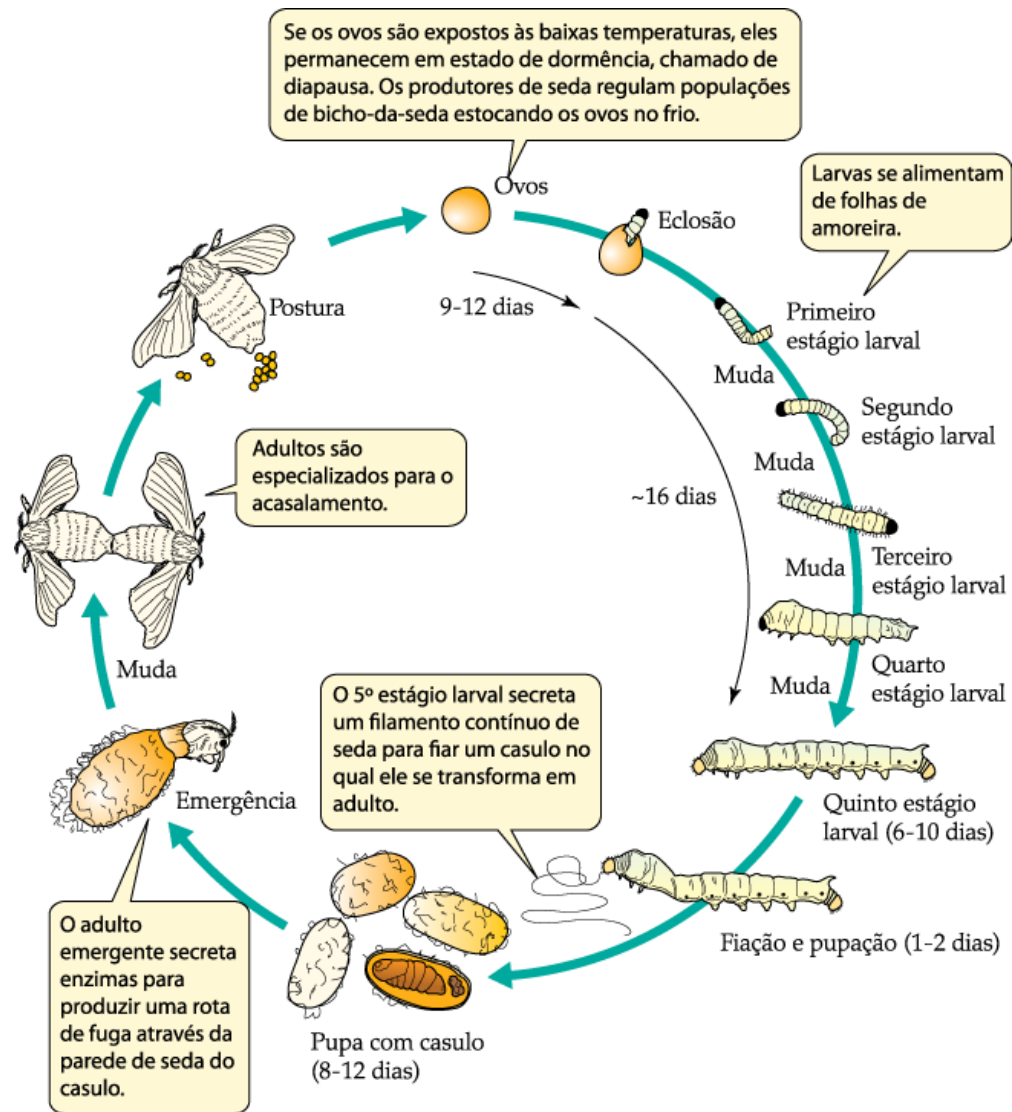


Os ciclos de vida dos invertebrados diferem dos conhecidos em vertebrados

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

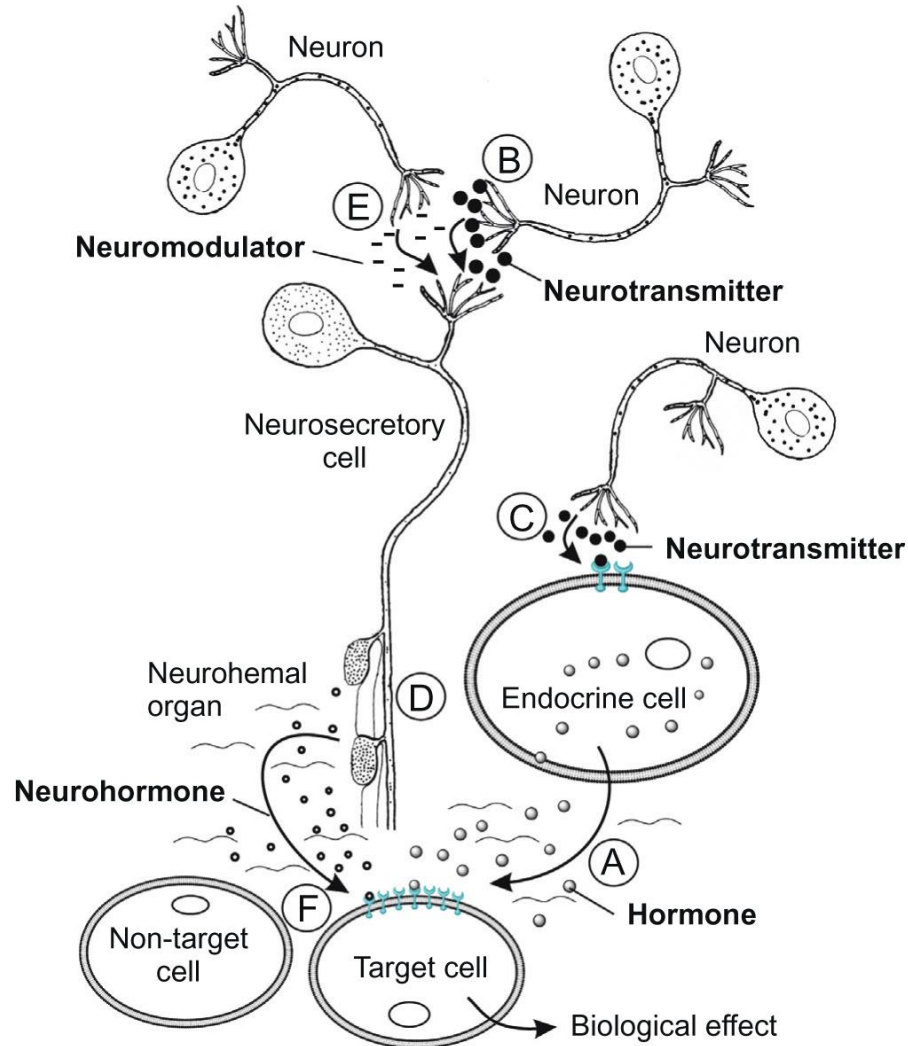


## Os ciclos de vida dos invertebrados são mediados por hormônios

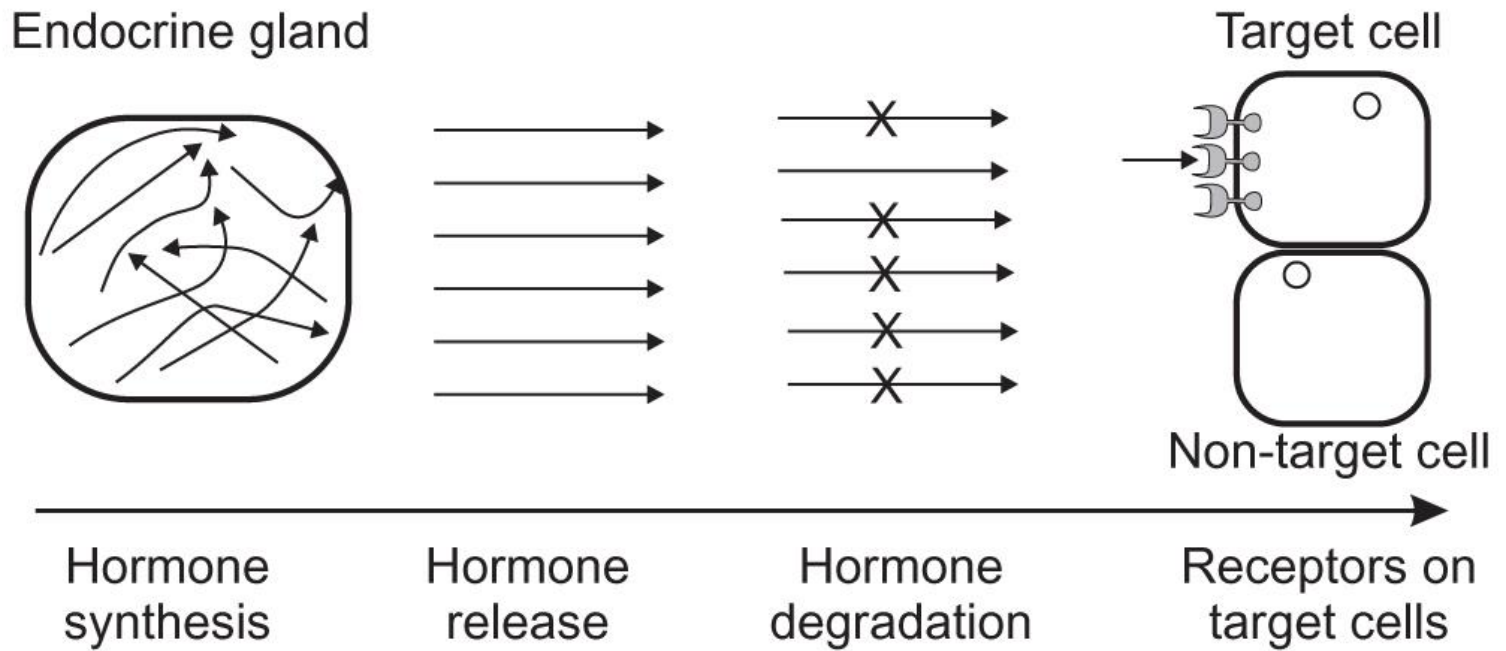


**Figura 15.18** O bicho-da-seda *Bombyx mori* passa pelo desenvolvimento holometábolo

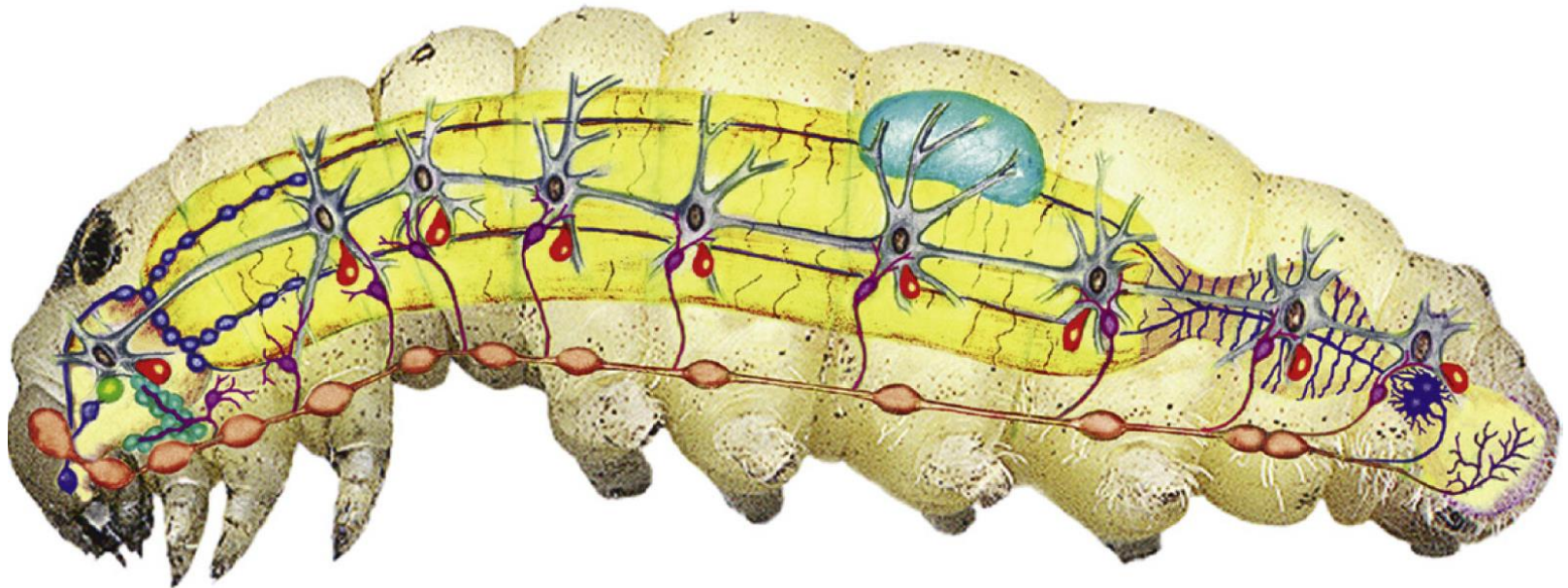
Os sistemas neuroendócrinos são baseados em conexões entre o sistema sensorial e o sistema endócrino



A atividade dos hormônios é afetada pela taxa de síntese nas glândulas endócrinas, pela taxa de degradação ao longo do caminho, e pelo desenvolvimento e a presença de receptores nas células alvo



Devido à presença de múltiplos gânglios (concentração de células nervosas) no corpo, há múltiplas oportunidades para interações neuroendócrinas



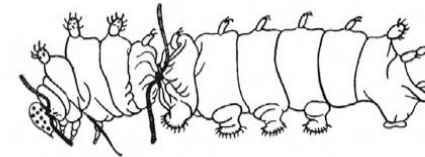


Gânglios cerebrais são responsáveis para iniciar processos neuroendócrinos

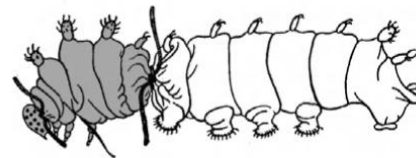
BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



Caterpillar ligated during last larval instar

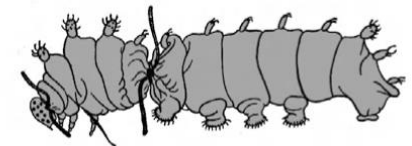


Ligated early during instar



Only anterior half pupated

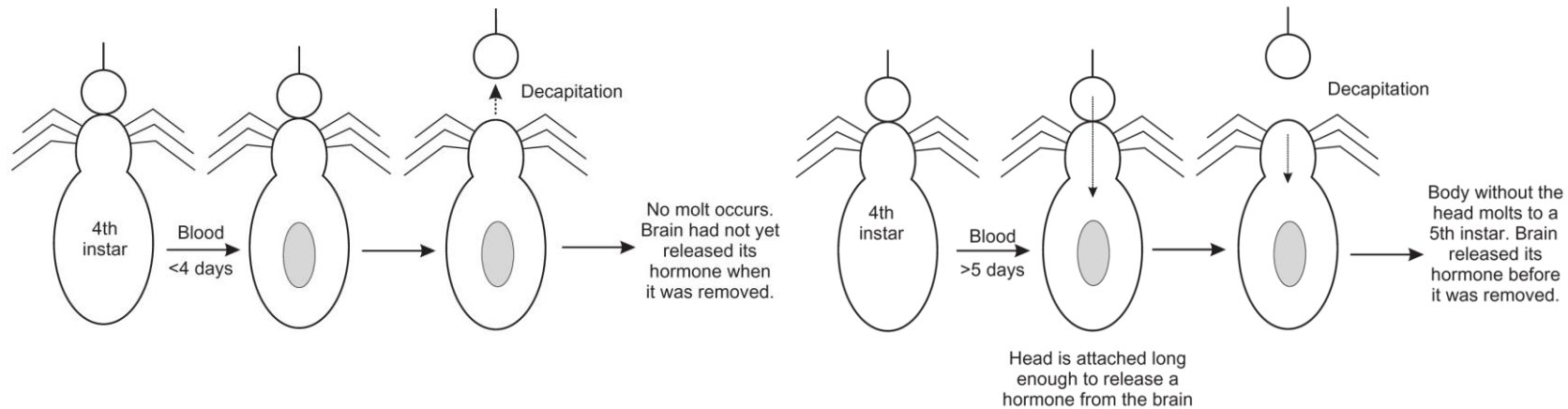
Ligated late during instar



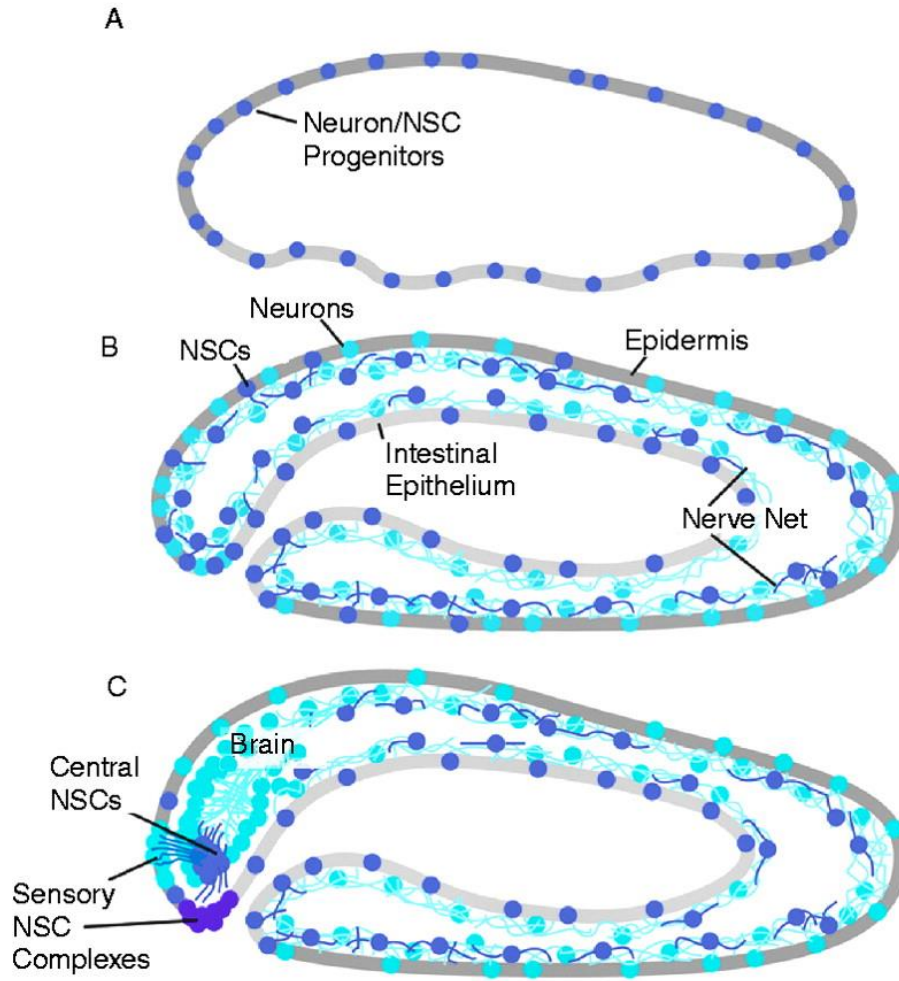
Both halves pupated

Gânglios cerebrais são responsáveis para iniciar processos neuroendócrinos

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



## Evolução do sistema neuroendócrino



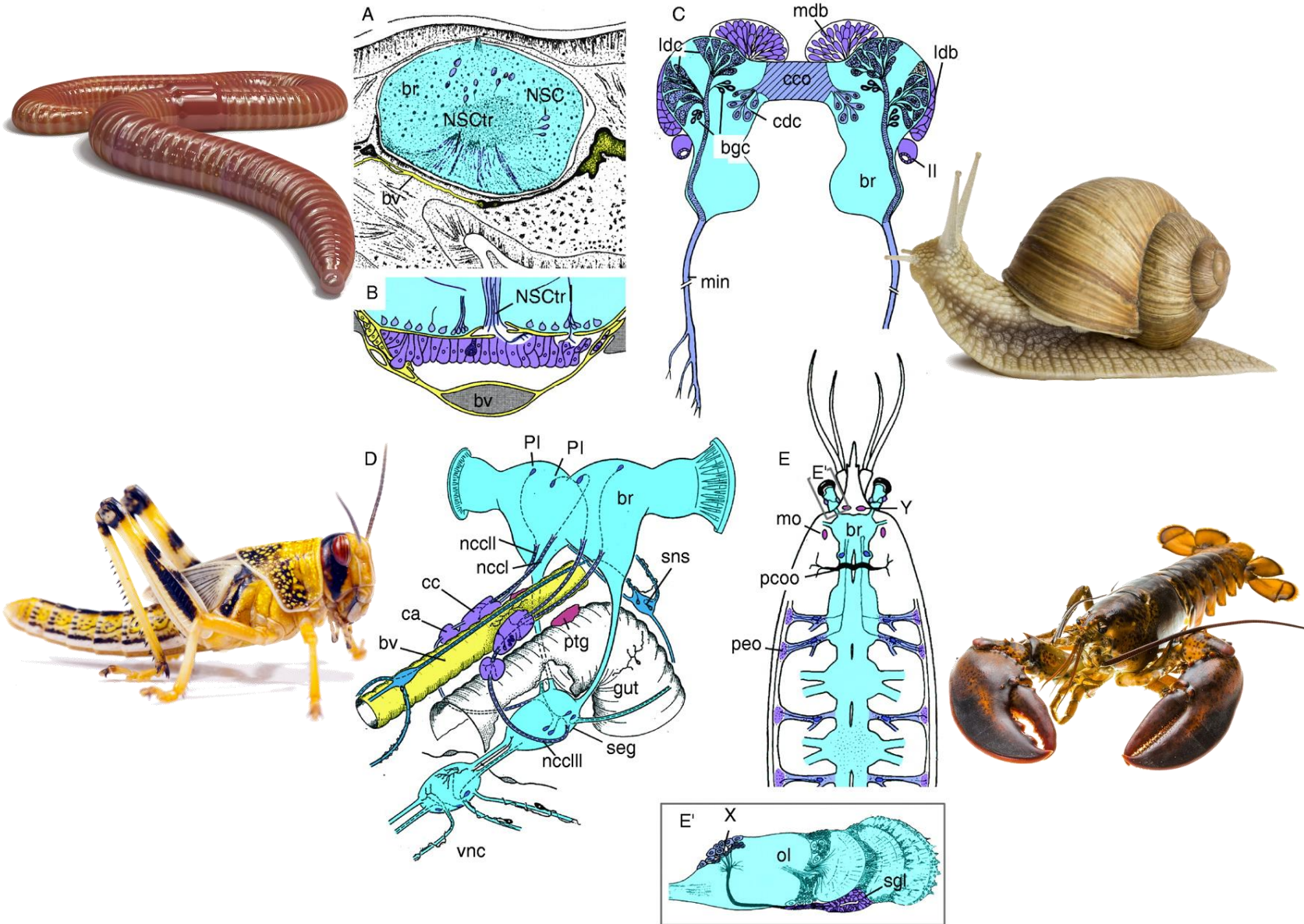
Células endócrinas antecedem as células nervosas

Segregação funcional: células neurosecretoras, células nervosas

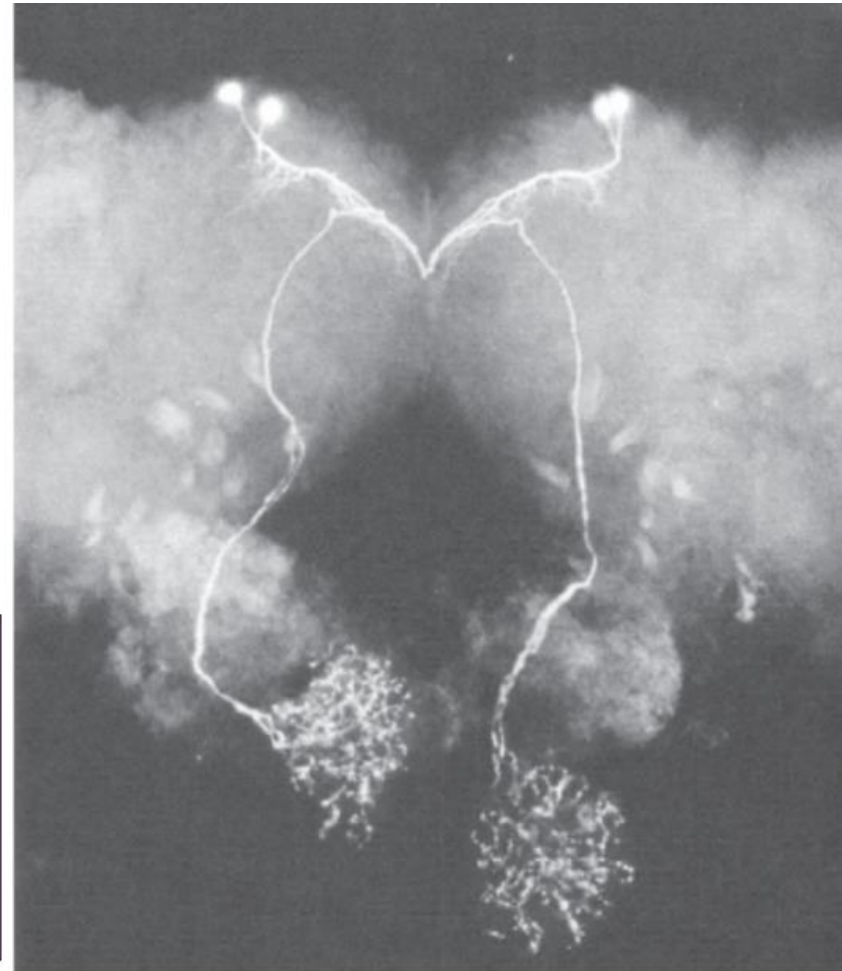
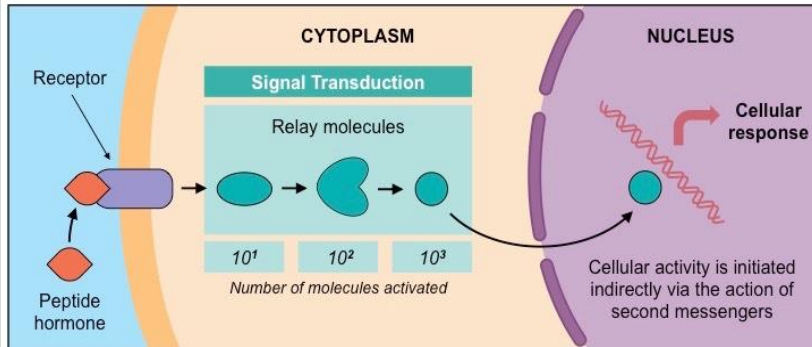
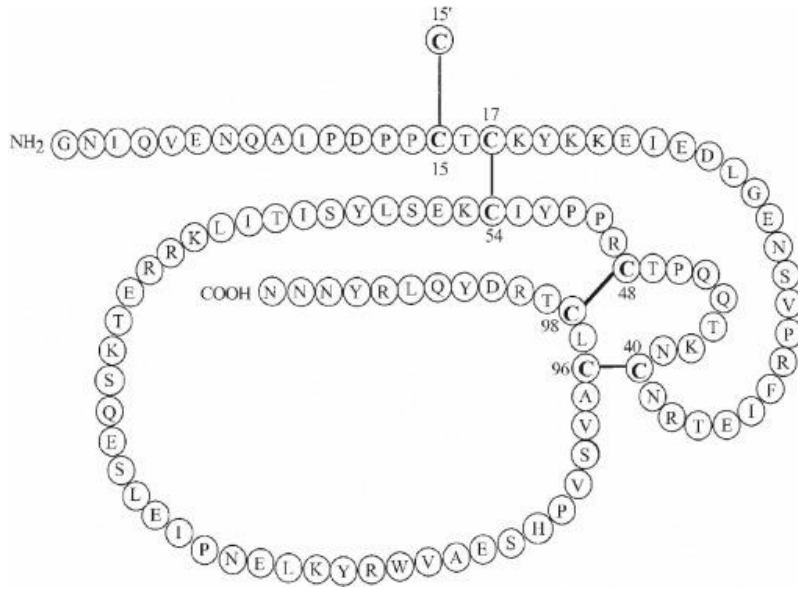
Surgimento de centros de células neurosecretoras em diferentes partes do corpo

Diversidade do sistema neuroendócrino entre os invertebrados

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



## Hormônio protoracicotrópico (HPTT): o primeiro hormônio descoberto em insetos

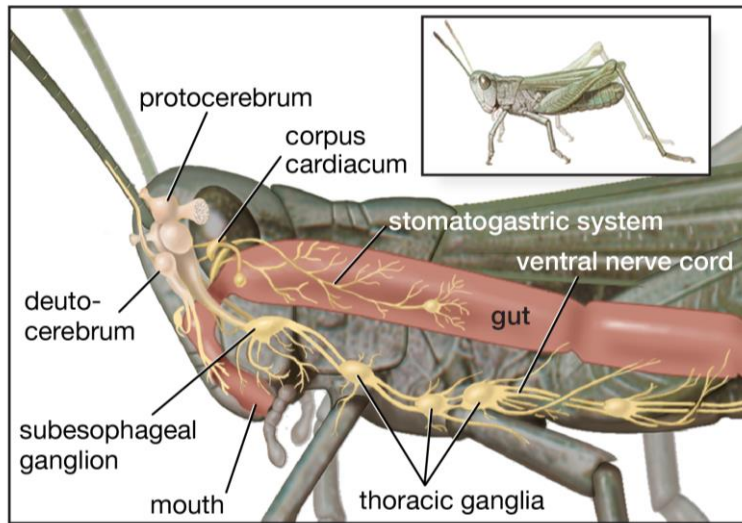
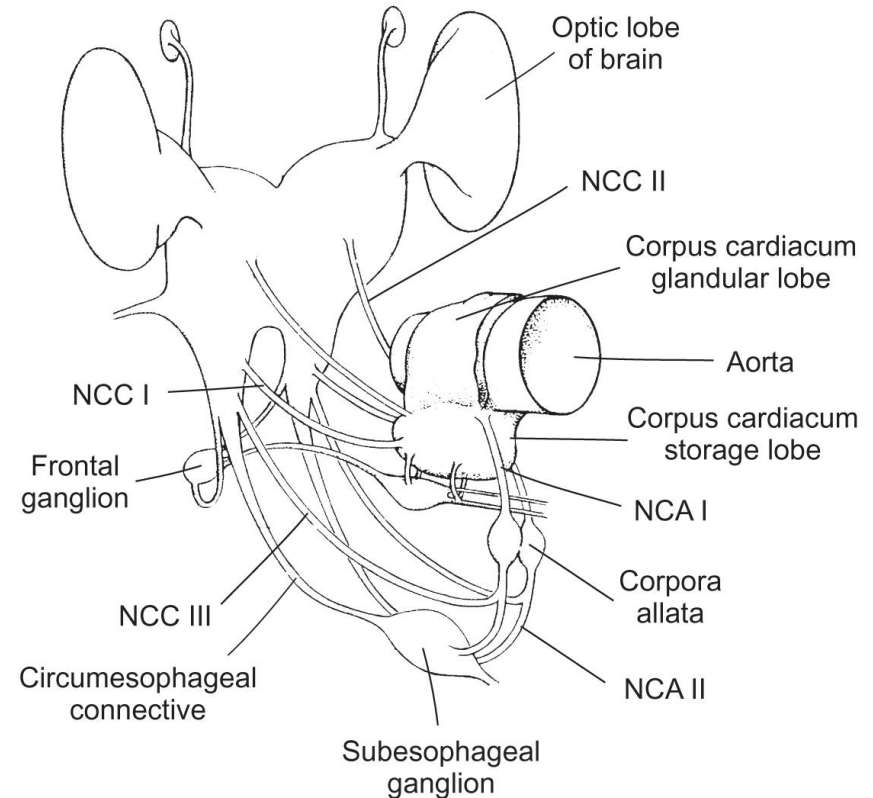
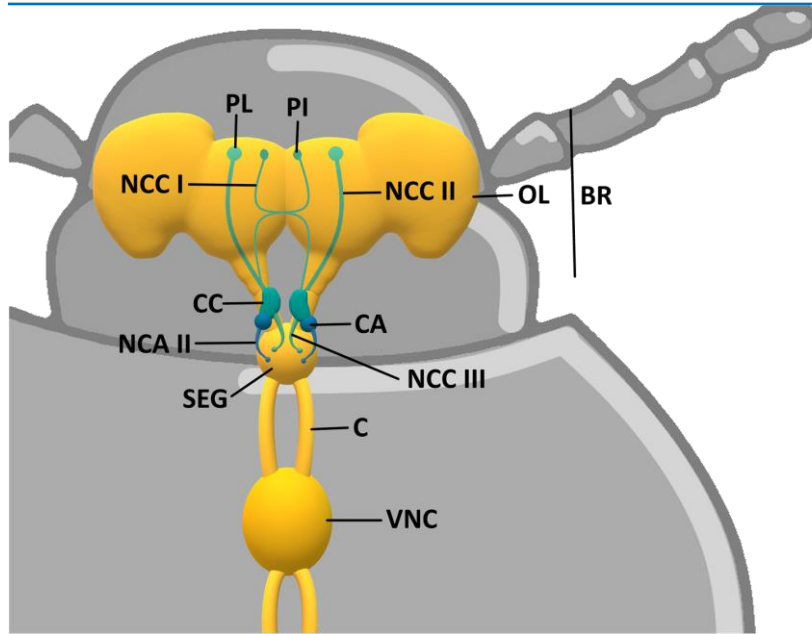


**Figura 15.21 Células neurosecretoras que secretam PTTH** Quatro células secretoras de PTTH no cérebro da mariposa *Manduca sexta* são coloridas com um corante imunofluorescente. Os axônios atravessam a linha média e estendem-se ao corpo alado do lado oposto, onde formam terminais altamente ramificados. A largura do cérebro é de cerca de 1,5 mm. (Fotografia cortesia de Walter Bollenbacher; segundo O'Brien et al., 1988.)

HPPT é um hormônio neuropeptídico, composto por uma sequência de aminoácidos

HPTT é produzido por células neurosecretoras em diferentes partes do cérebro

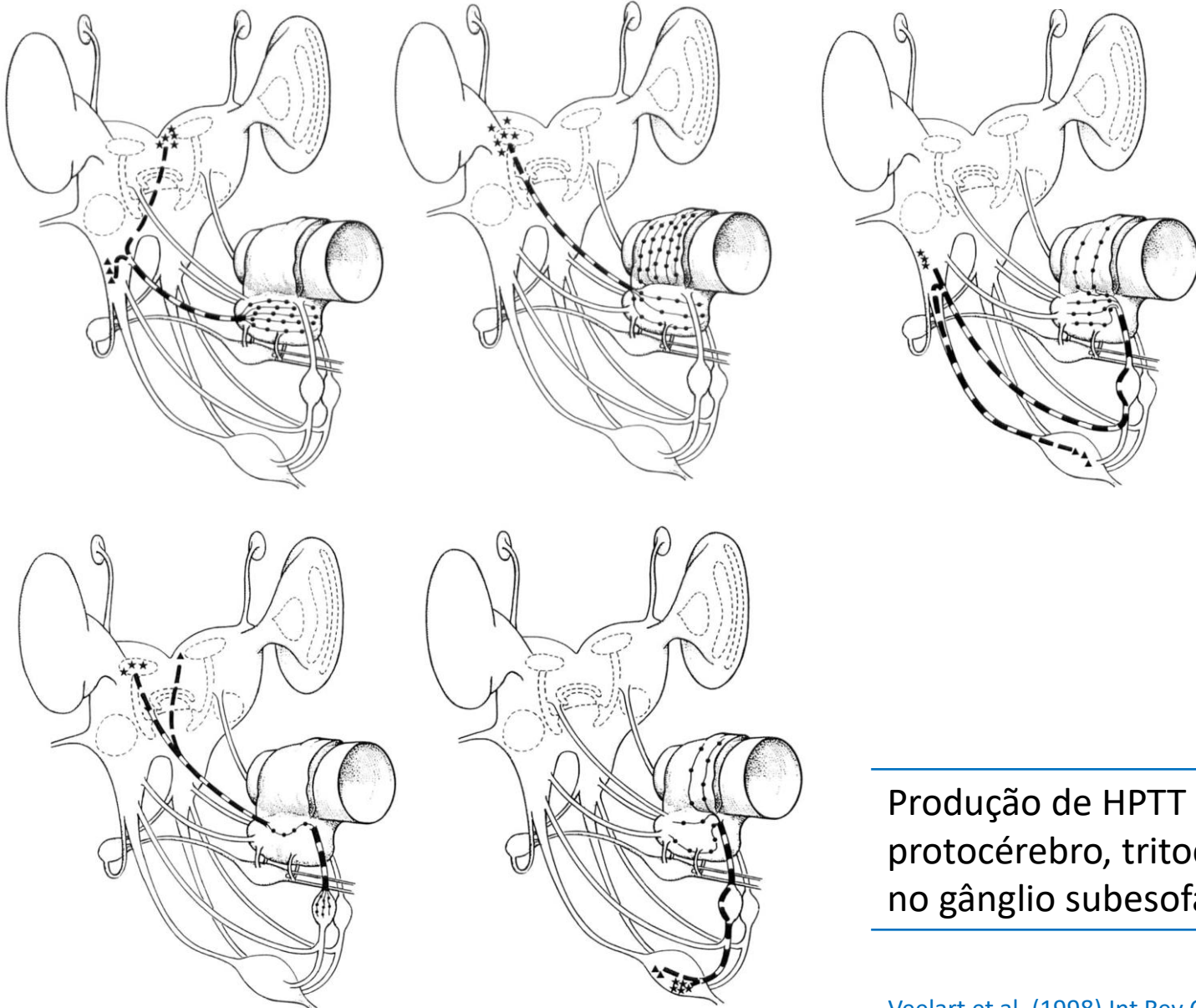
BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



© 2014 Encyclopædia Britannica, Inc.

**HPTT é estocado nos Corpos Cardíacos e Corpos Alados**

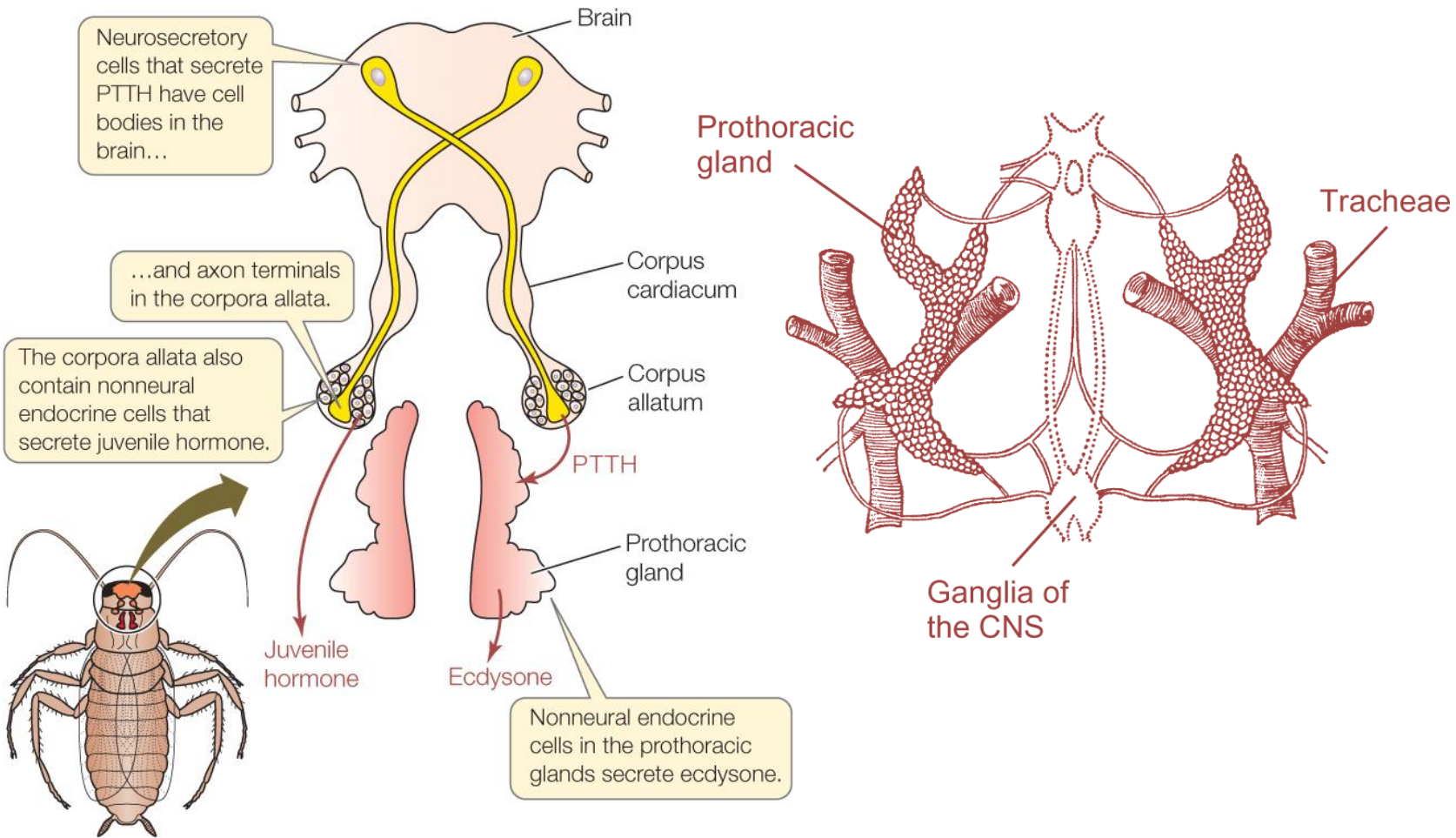
BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



Produção de HPTT no  
protocérebro, tritocérebro e  
no gânglio subesofágico

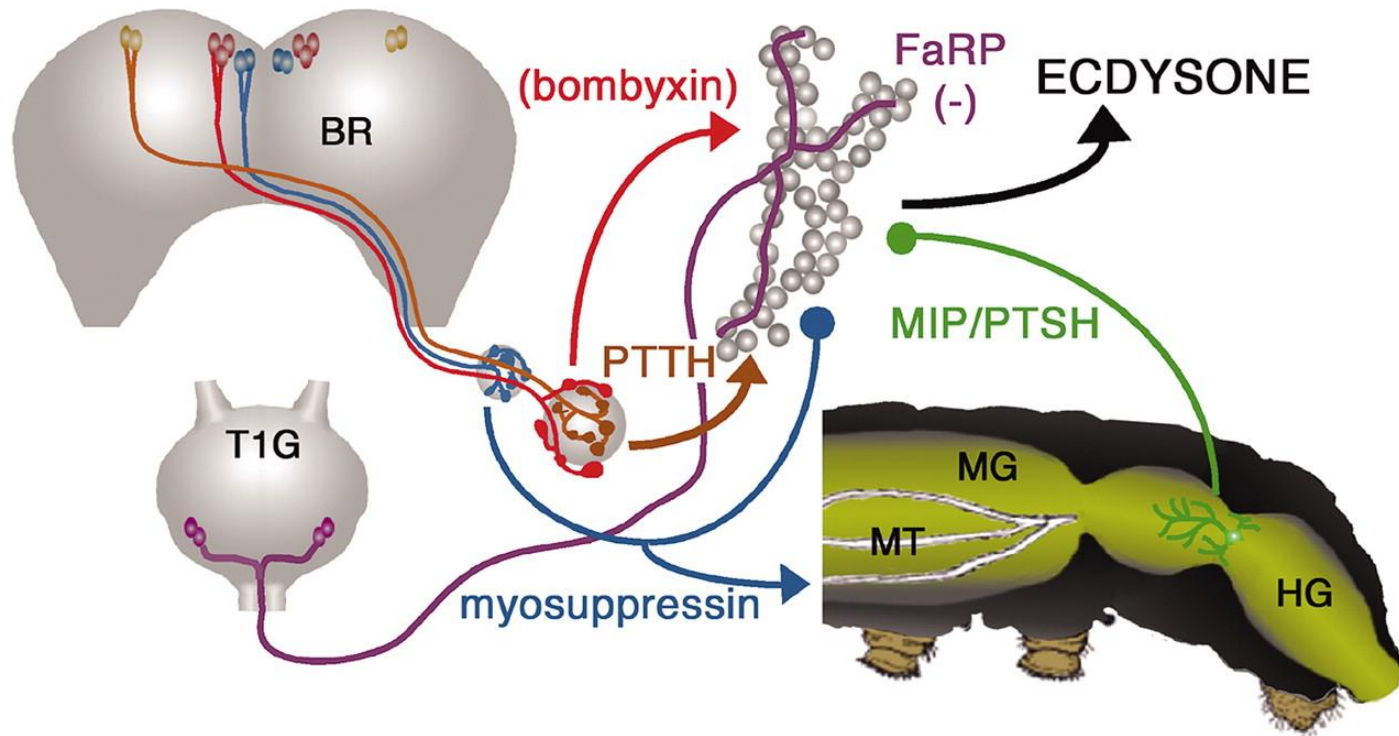
A liberação de **HPTT** pelos **Corpos Cardíacos** e **Corpos Alados** ativa a secreção de **Ecdisona** pelas glândulas protorácicas

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



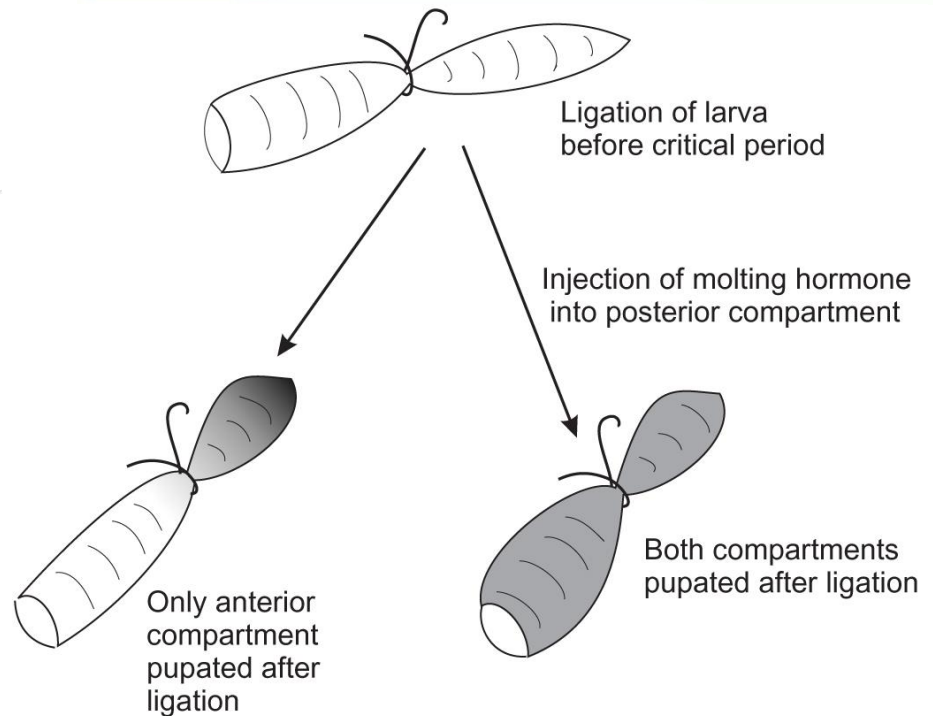
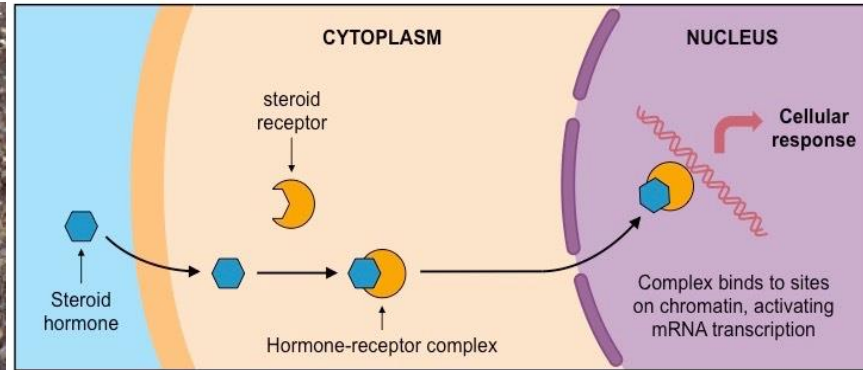


A secreção de **ecdisona** pela glândula protorácica é influenciada por diversos fatores além de HPTT



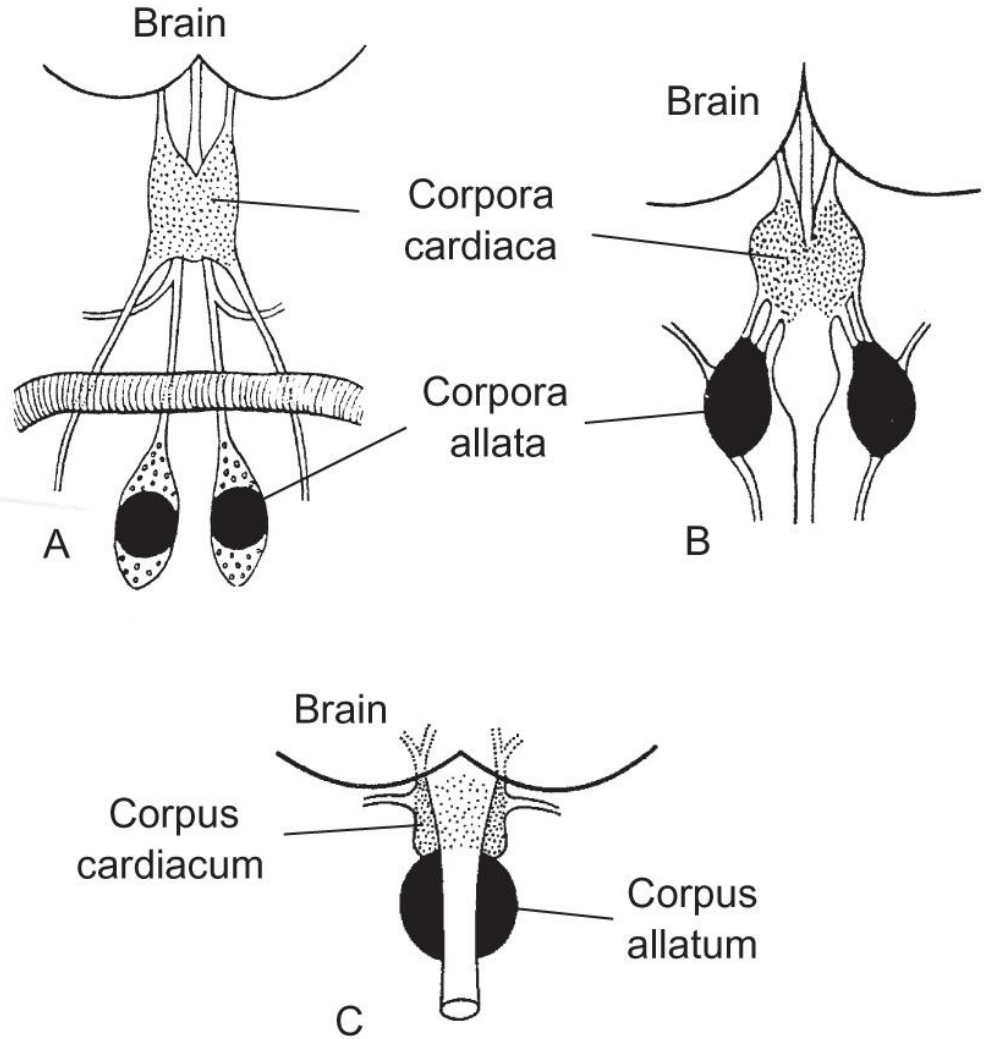
Peptídeos do cérebro, do primeiro gânglio torácico e do trato digestório final têm efeito inibitório sobre a secreção de ecdisona. Outros fatores (bombixina) influenciam o crescimento da glândula protorácica e, conseqüentemente, a taxa de secreção

**Ecdisona**, um hormônio esteroide, inicia processos de muda e é crucial para o desenvolvimento dos insetos

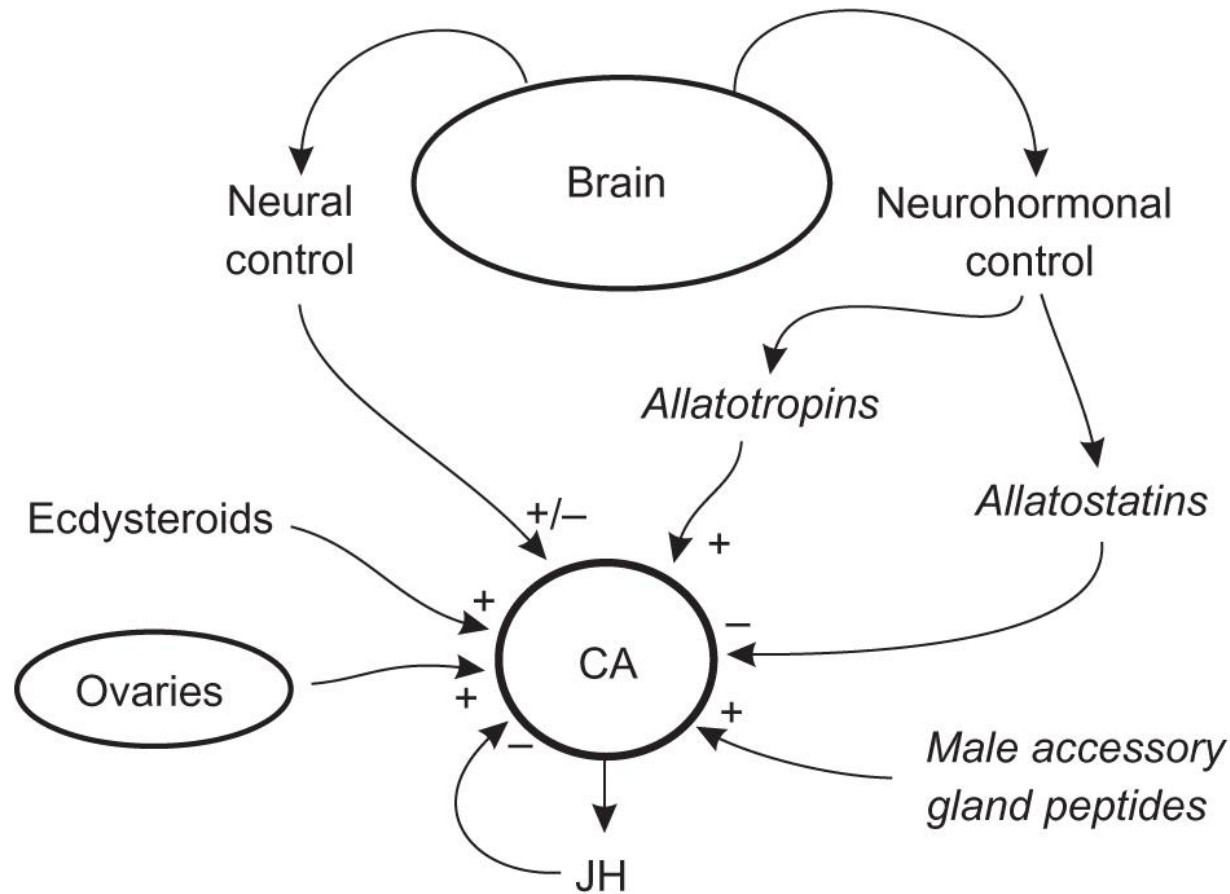


Além de secretar **HPTT**, os **Corpos Alados** têm células neurosecretoras que produzem **Hormônio Juvenil (HJ)**

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

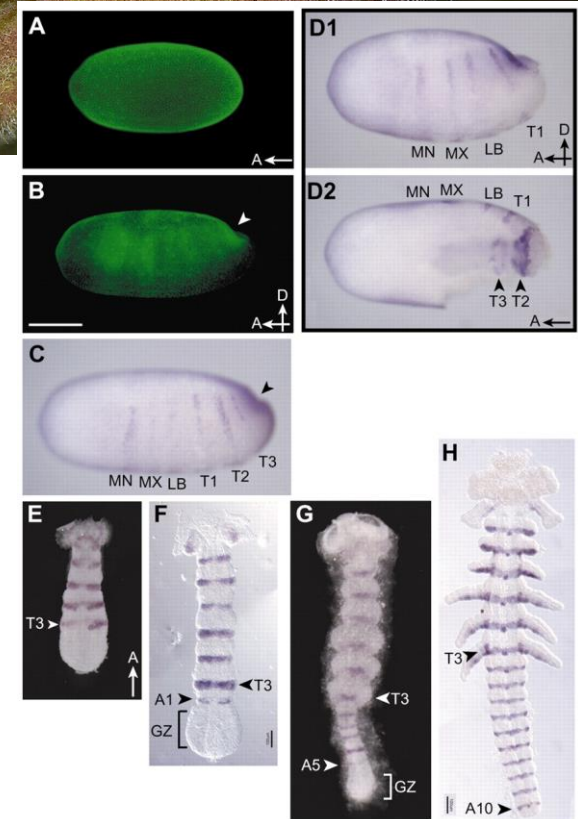
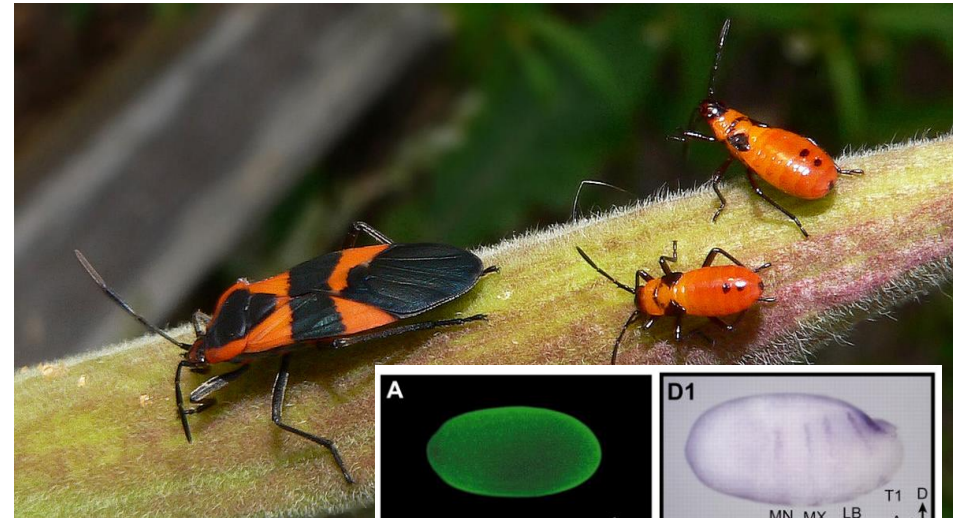
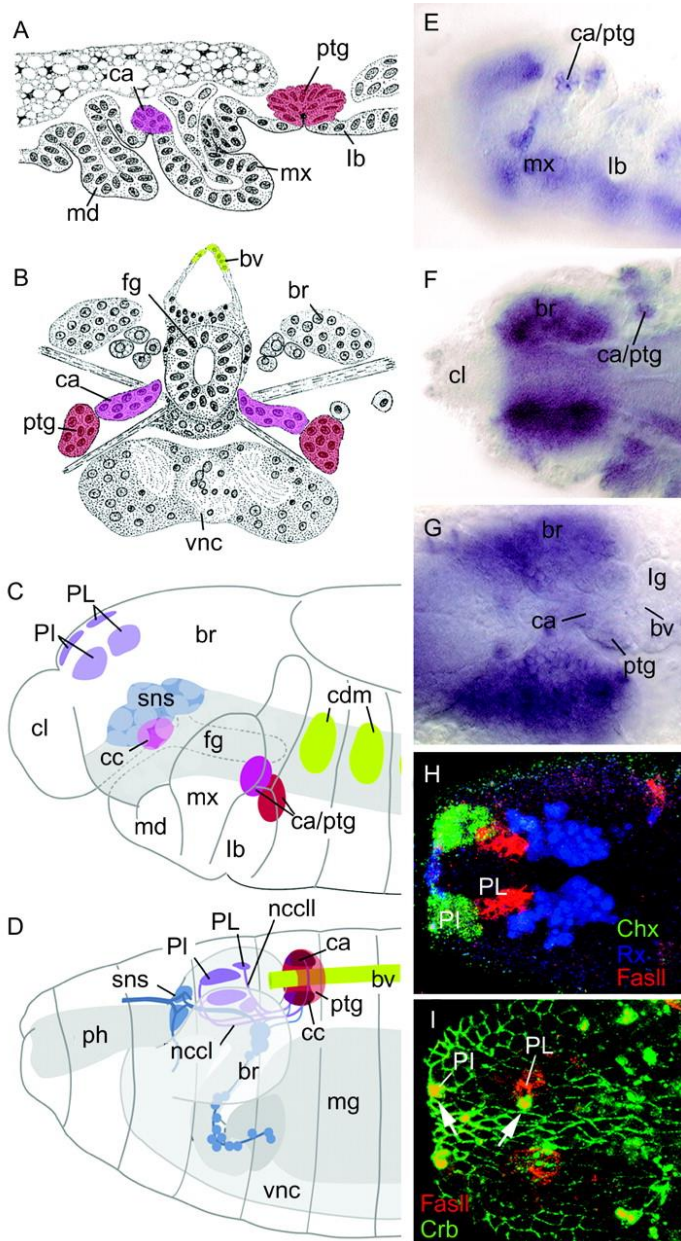


**HJ** interage com **ecdisona** e tem múltiplos efeitos ao longo da vida de um inseto. Sua síntese nos **Corpos Alados** é regulada por vários fatores (hormonais e nervosos)



Desenvolvimento do sistema neuroendócrino em insetos

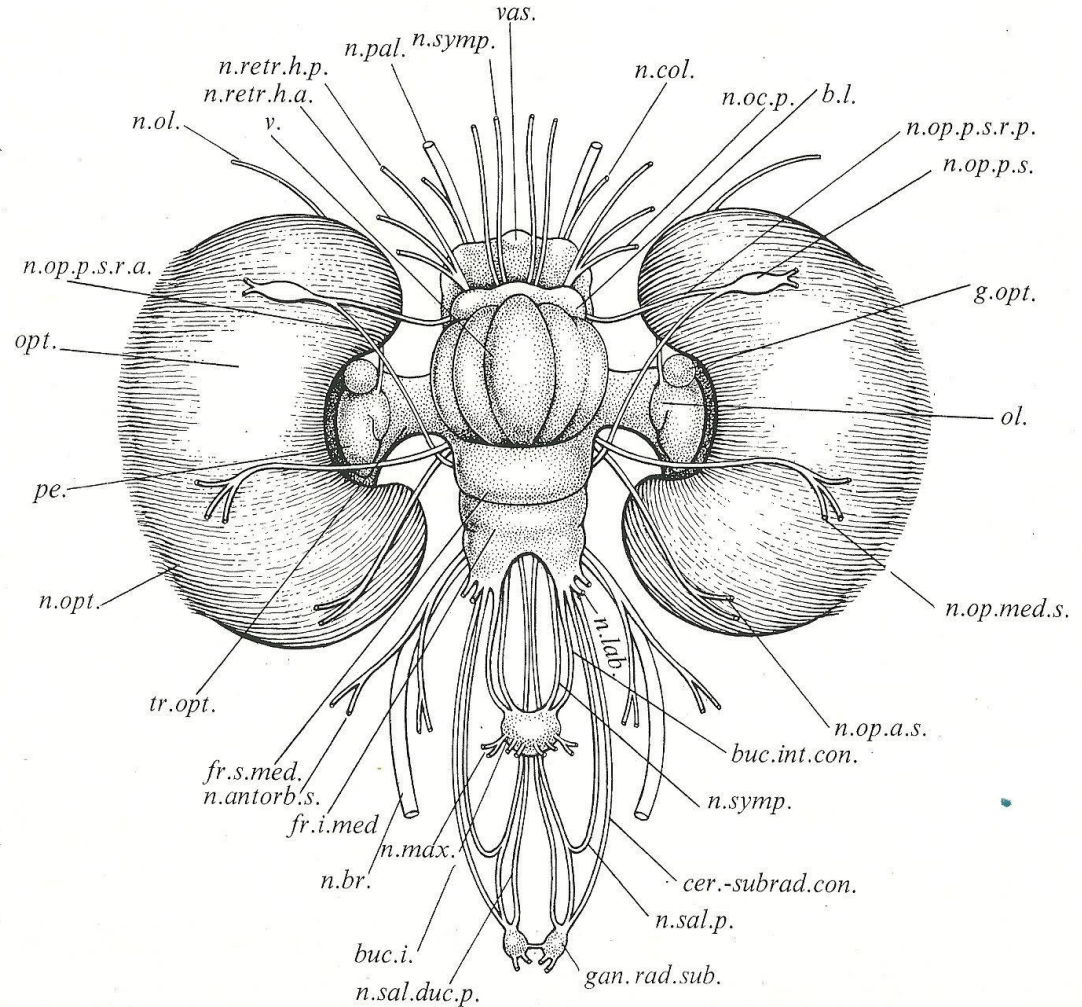
BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



ptg – glândula protorácica  
 ca – corpos alados  
 cc – corpos cardíacos

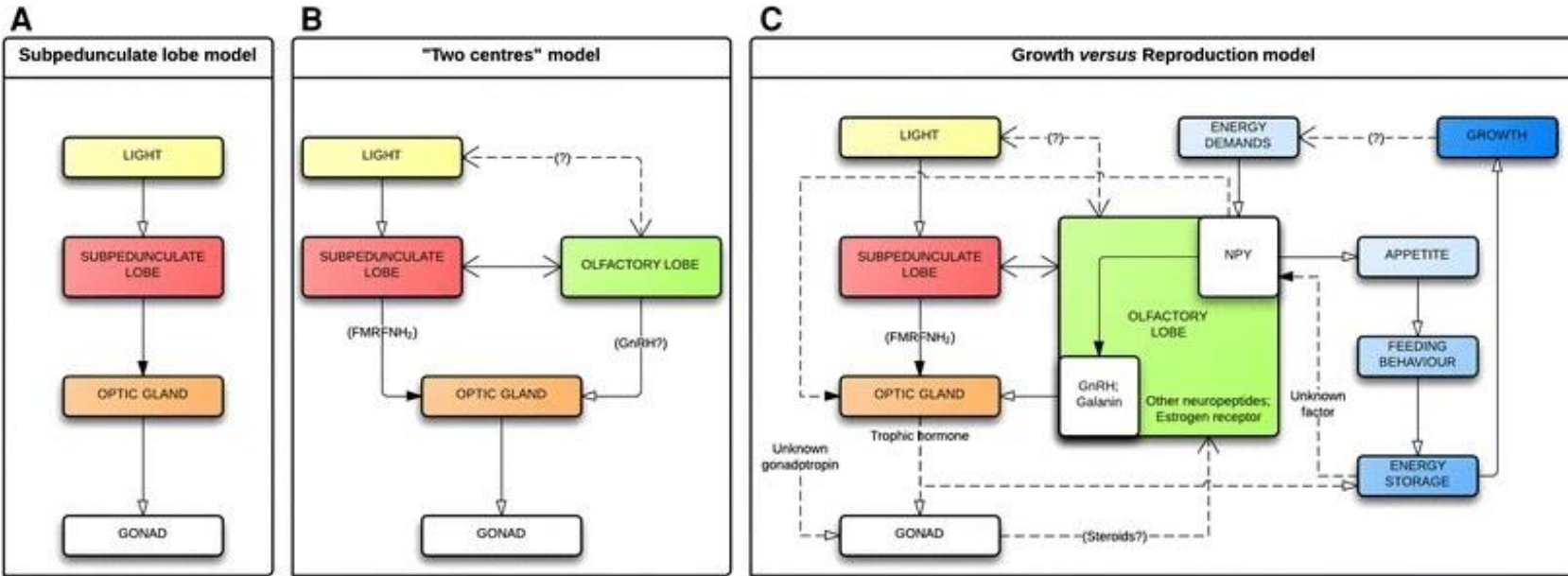
A glândula ótica nos cefalópodes – um sistema neuroendócrino integrativo

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



A glândula ótica nos cefalópodes – um sistema neuroendócrino integrativo

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



**NPY** – neuropeptídeo Y

**GnRH** - Hormônio liberador de gonadotrofina

Regulação da atividade da glândula ótica (produção de gonadotropina) através de alças de retroalimentação (informação sobre demanda e estoque de energia)

# Reprodução

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



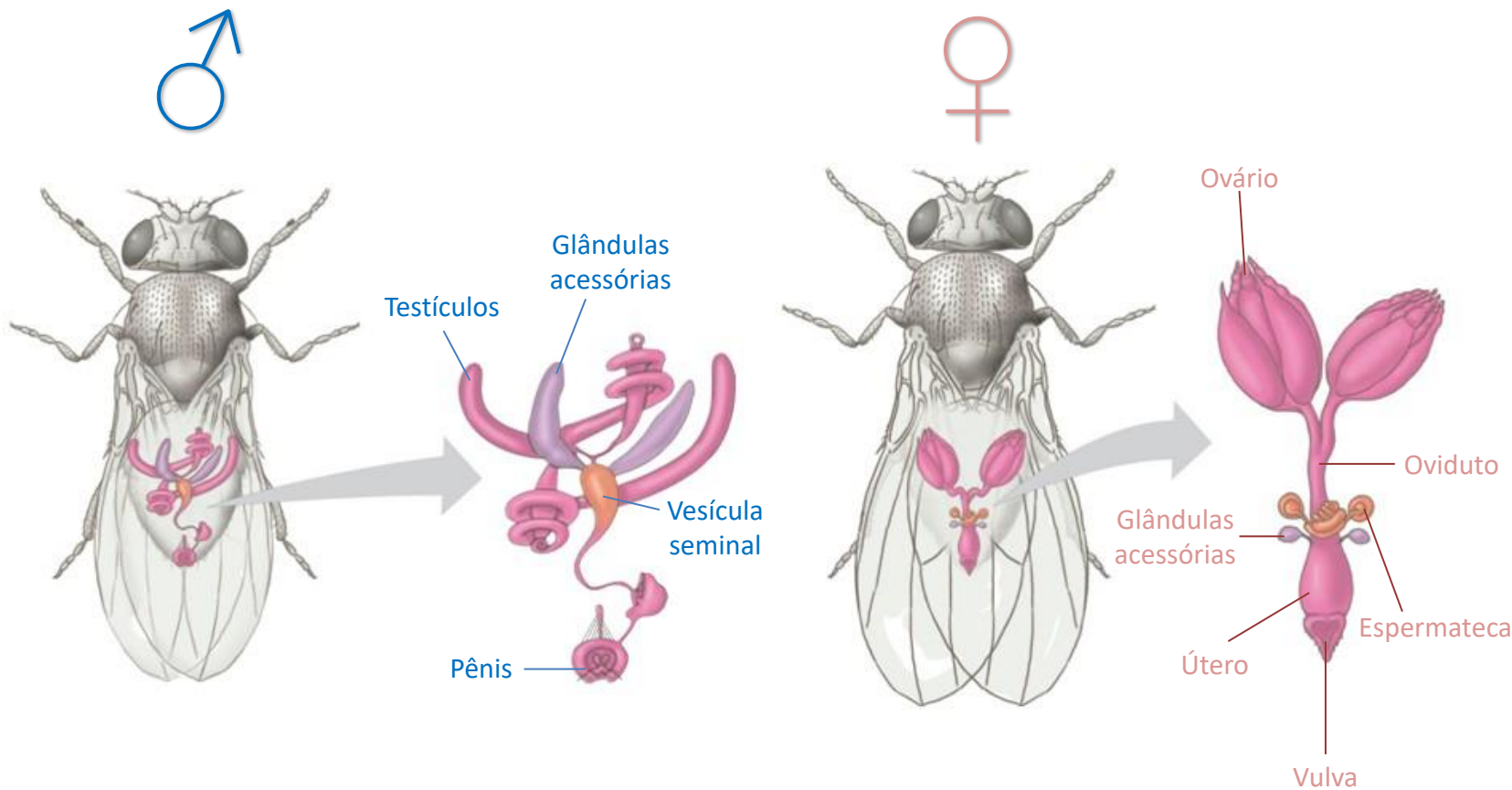


Para sua reprodução bem-sucedida, animais com vida adulta curta precisam alcançar rapidamente a maturidade sexual



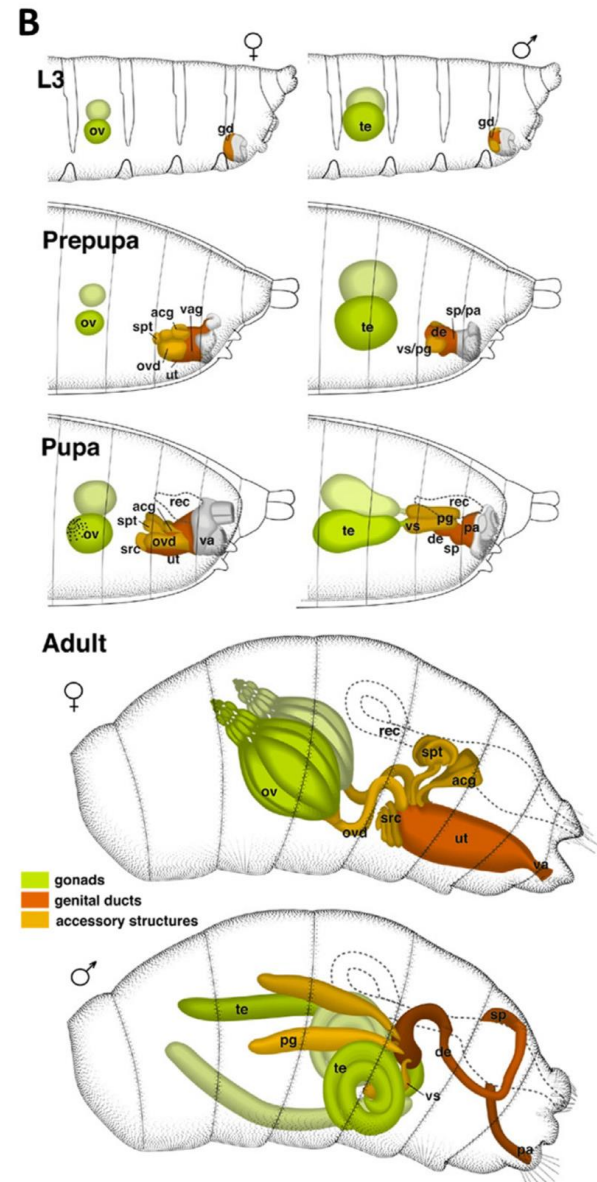
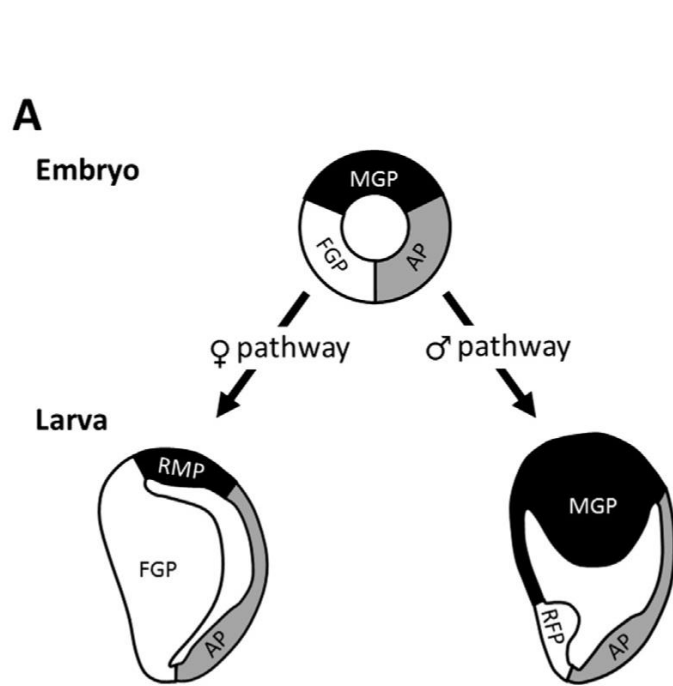
Os órgãos reprodutivos dos insetos

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



Os órgão reprodutivos desenvolvem dos discos genitais primordiais

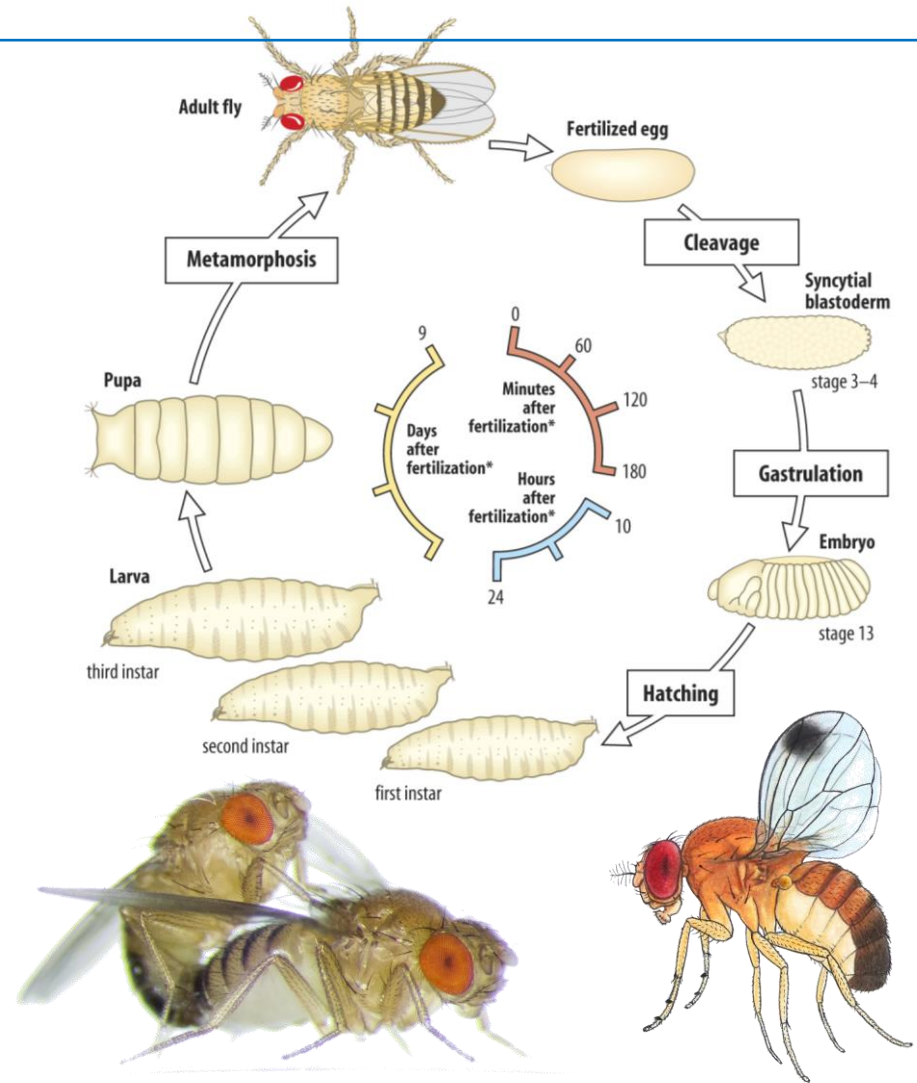
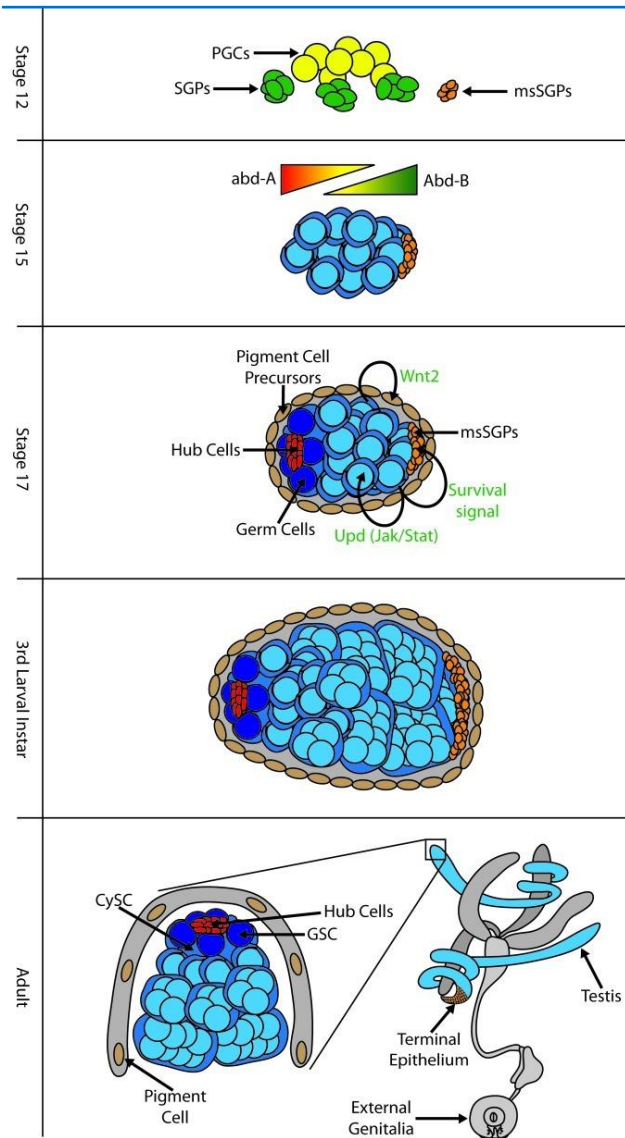
BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



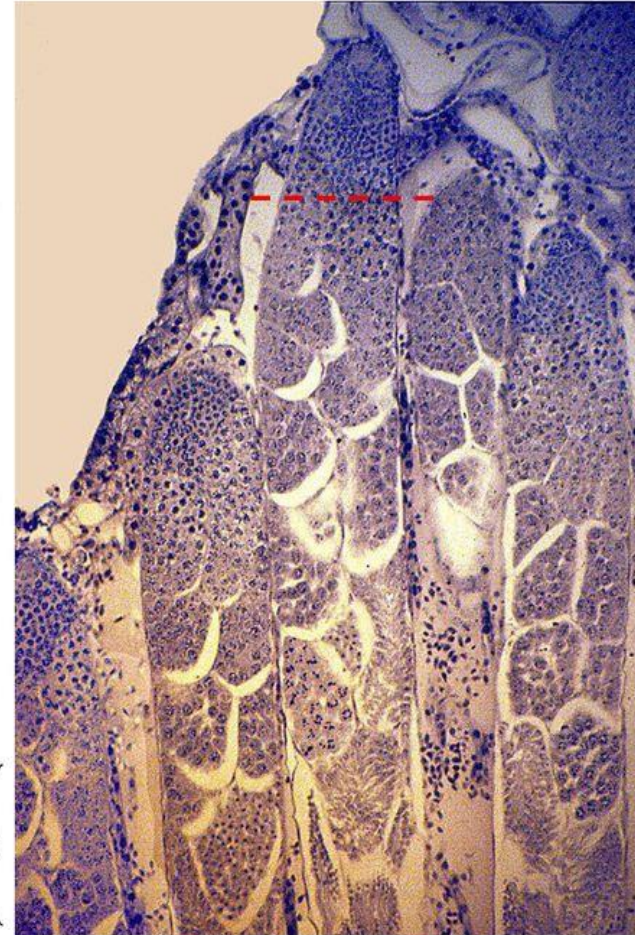
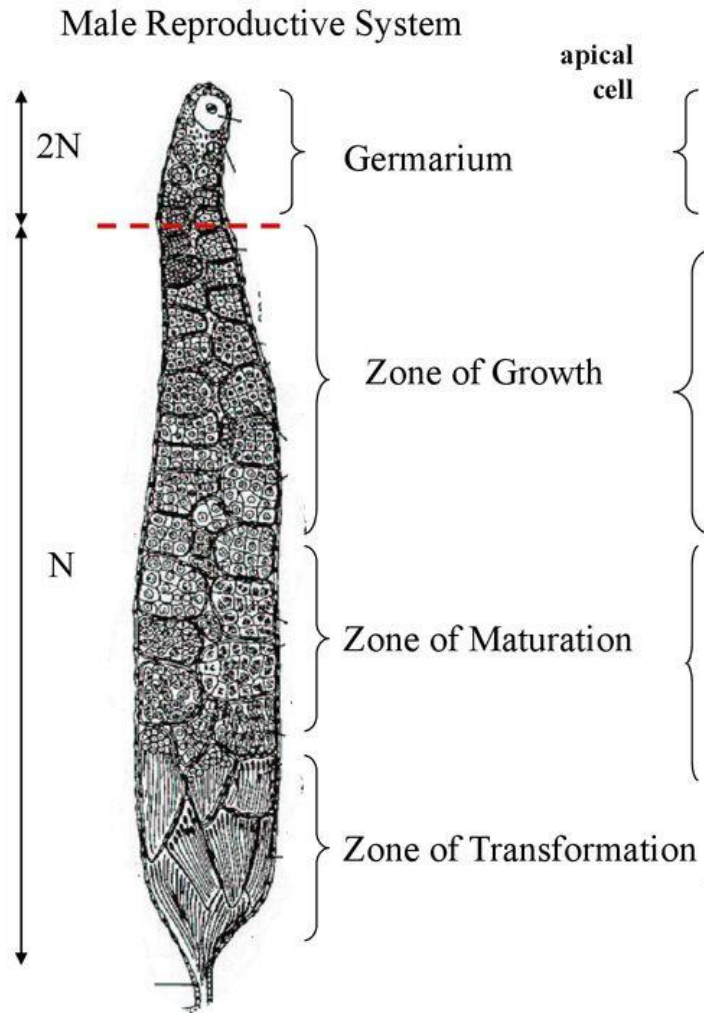
Durante o desenvolvimento larval os genes determinantes de sexo determinam a proliferação de uma região particular enquanto a outra é reprimida

Nos machos de muitos insetos, a espermatogênese e maturação dos espermatozoides ocorre em estágios embrionários e larvais para garantir uma reprodução rápida

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



Em insetos com cópulas múltiplas, a maturação dos espermatozoides continua mesmo depois da transformação em machos adultos



A espermatogênese está relacionada à presença de ecdisteróides nos testículos

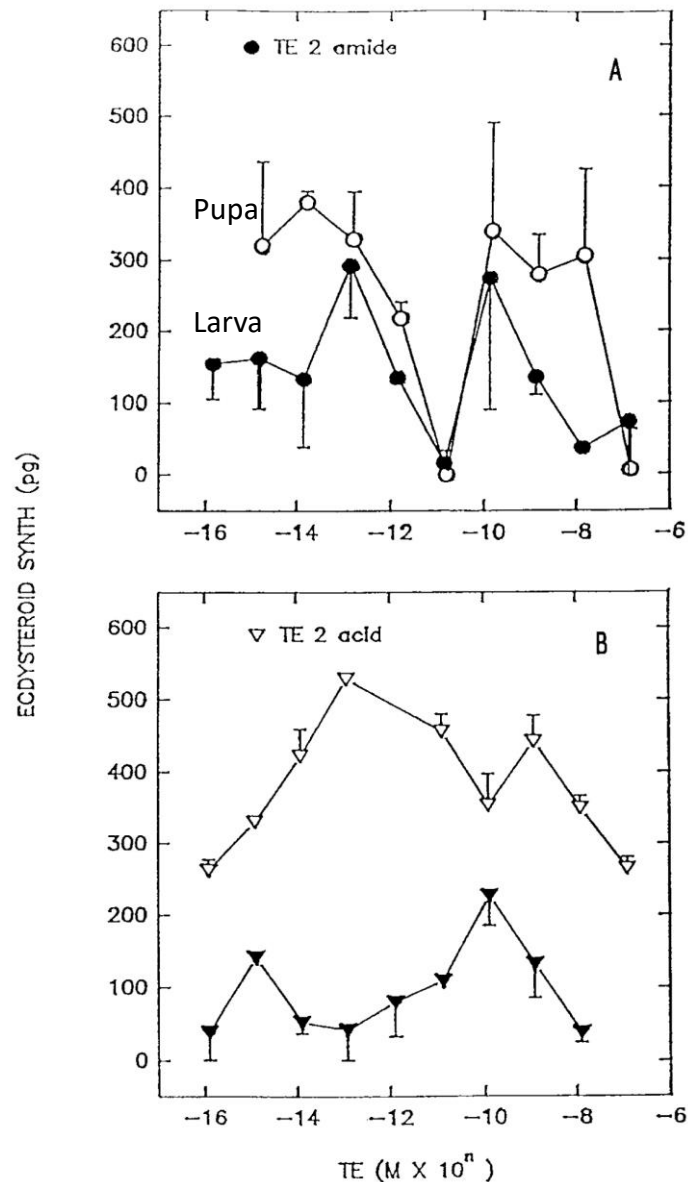
BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



*Lymantria dispar*



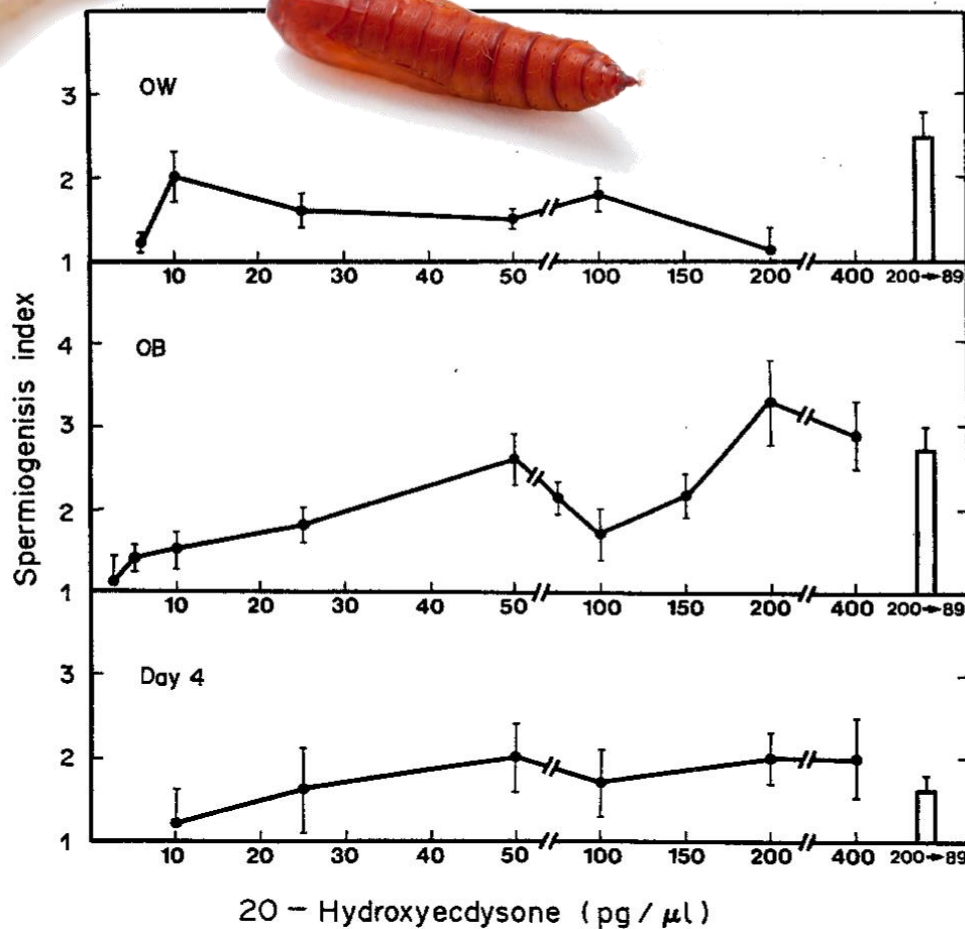
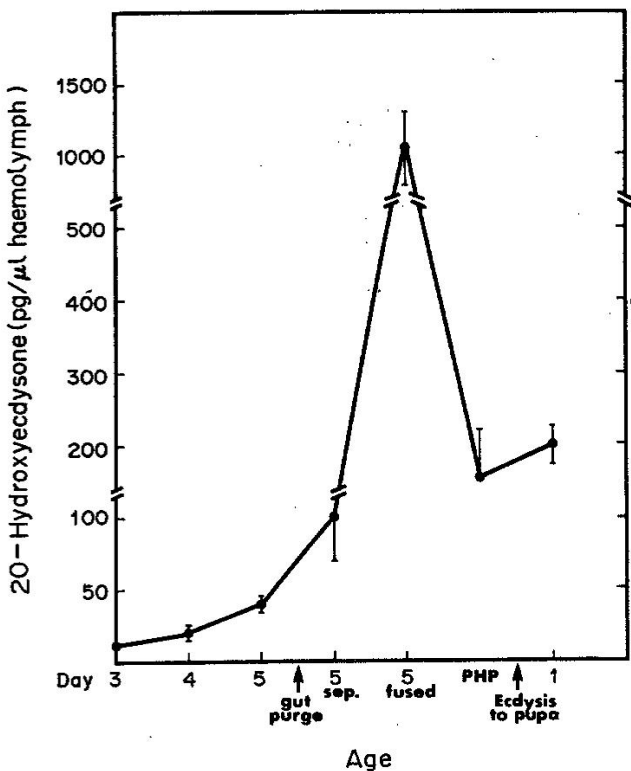
neuropeptídeos produzidos no cérebro causam um aumento dos ecdisteróides nos testículos



A espermatogênese está relacionada à presença de ecdisteróides nos testículos



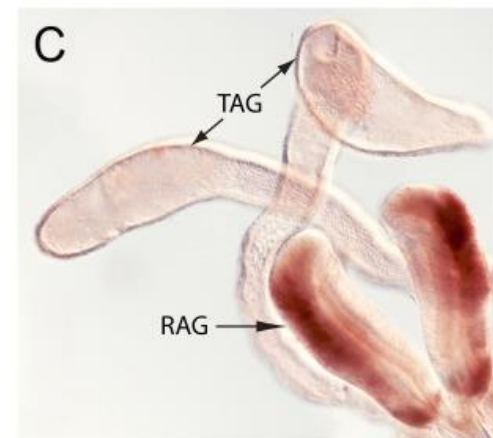
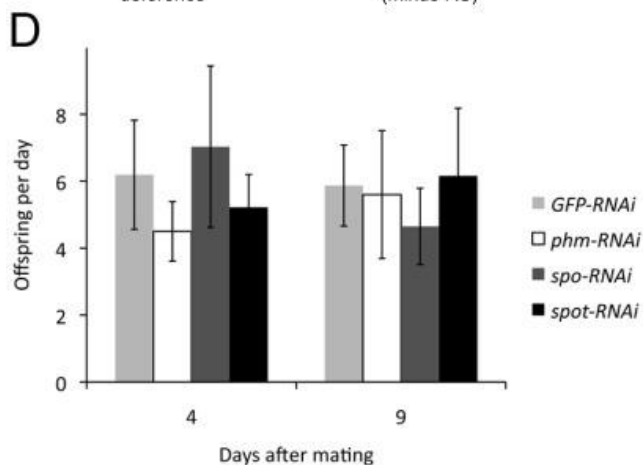
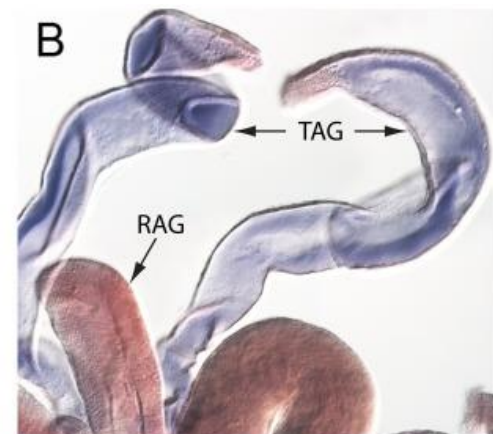
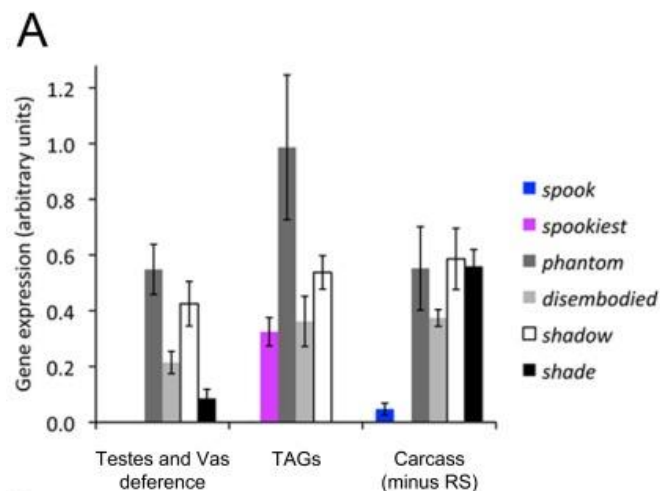
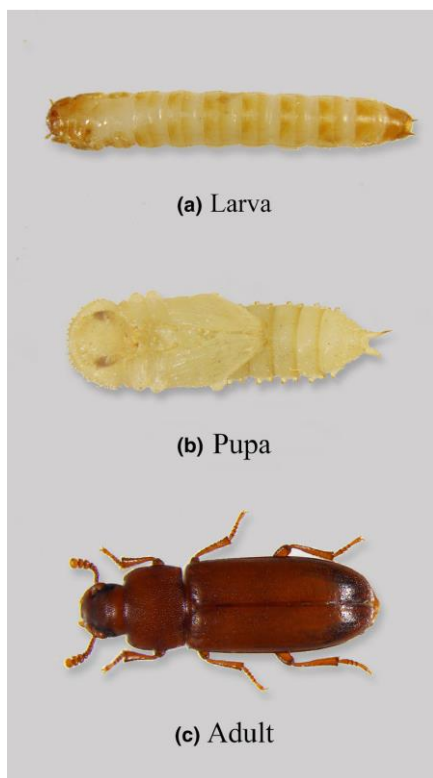
*Ostrinia nubilalis*



BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

Em resposta aos neuropeptídeos, ecdisona é produzida nos tecidos periféricos dos testículos e nas glândulas acessórias

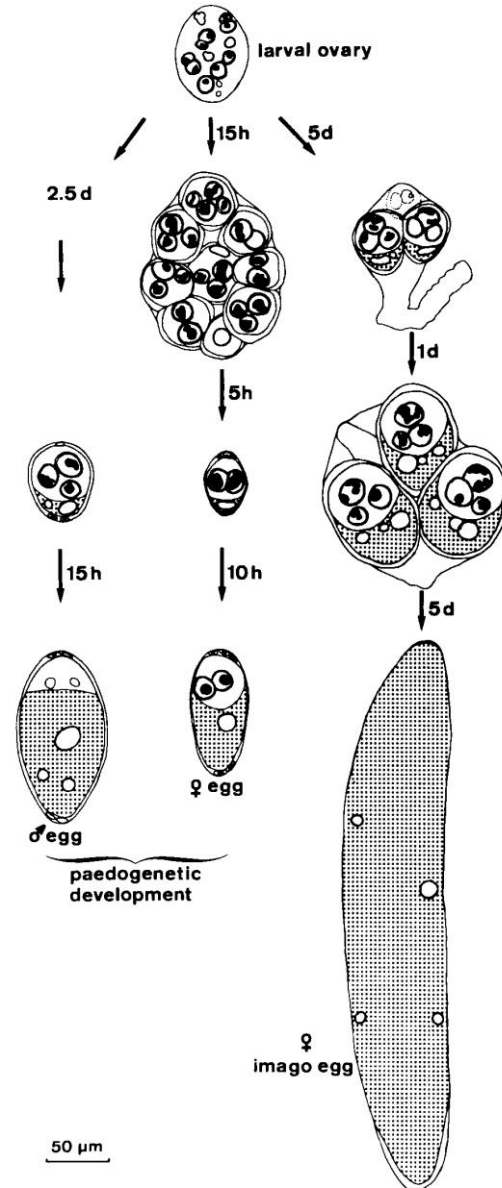
BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados





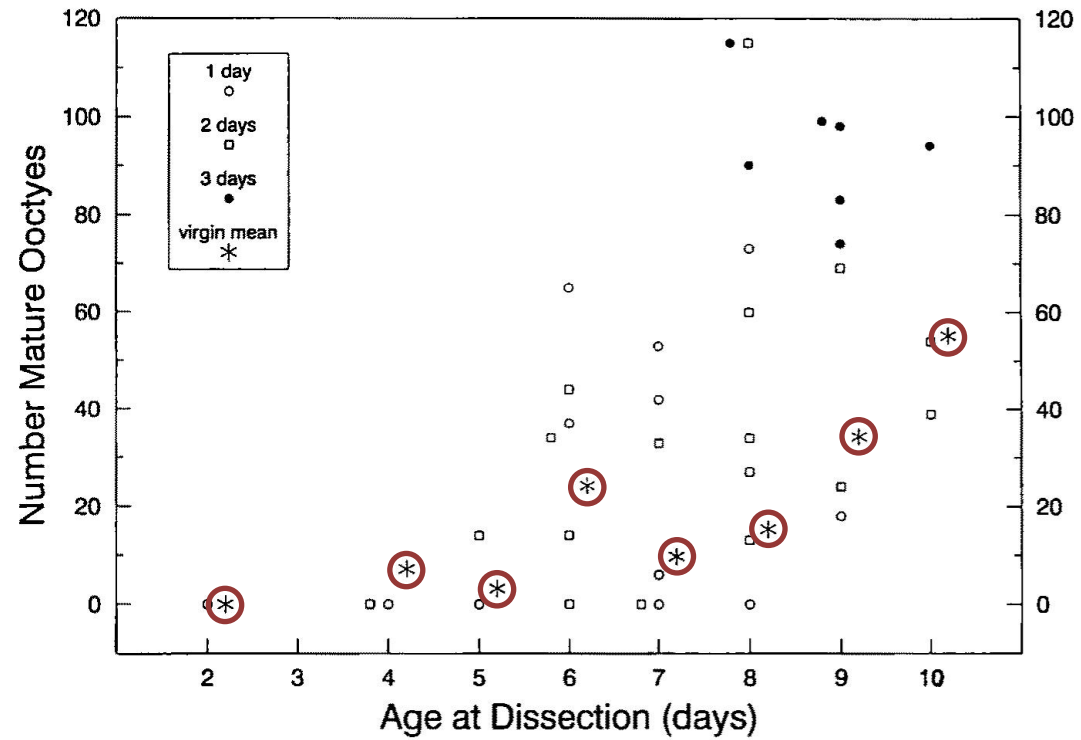
Nas fêmeas, oogênese também pode ocorrer em estágios larvais

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



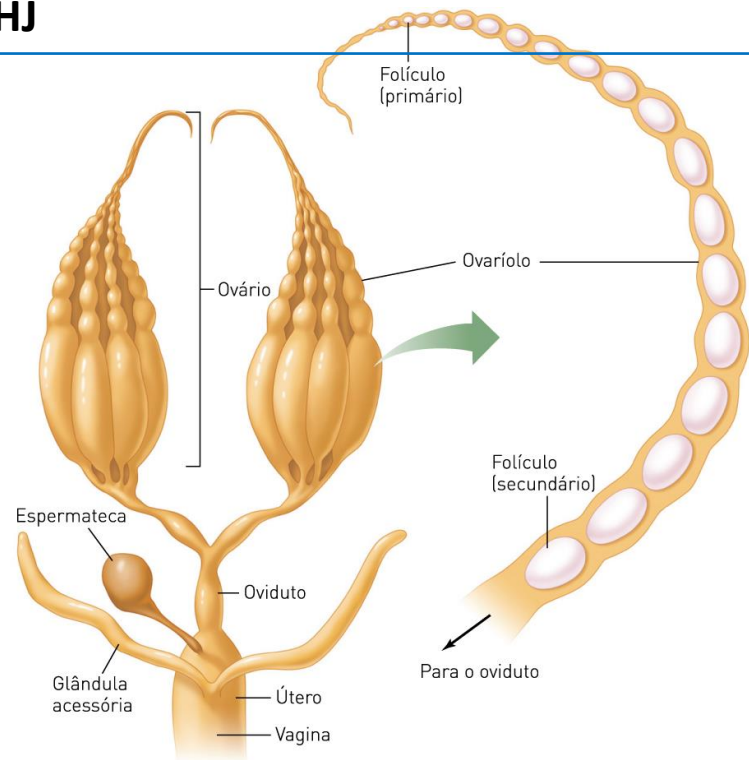
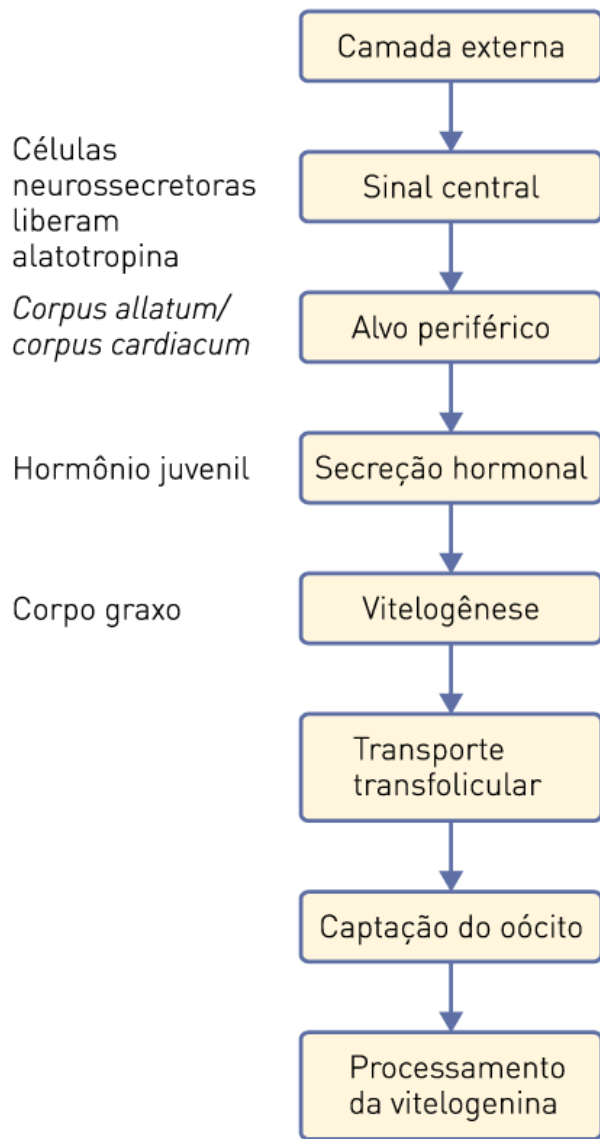
Muitas vezes, a maturação dos ovócitos está associada à cópula

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

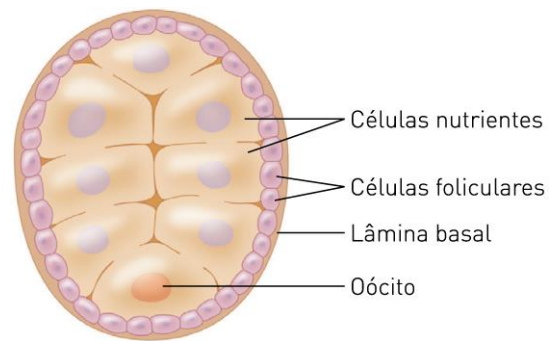


A vitelogênese em insetos está coordenada pela secreção de neuropeptídeos pelo cérebro, que induz a produção de **HJ**

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

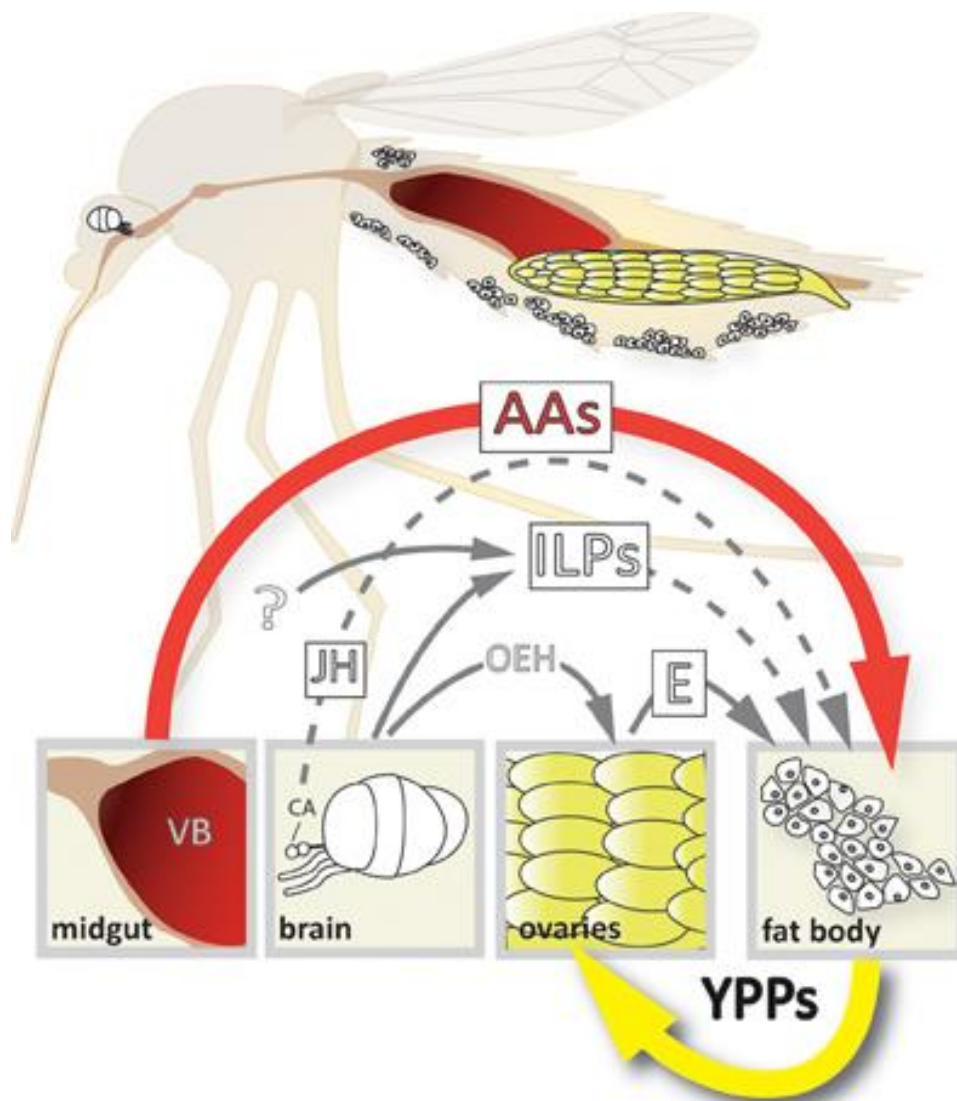


Aparelho reprodutor de uma fêmea de inseto



(a) Folículo de invertebrado (*Drosophila*)

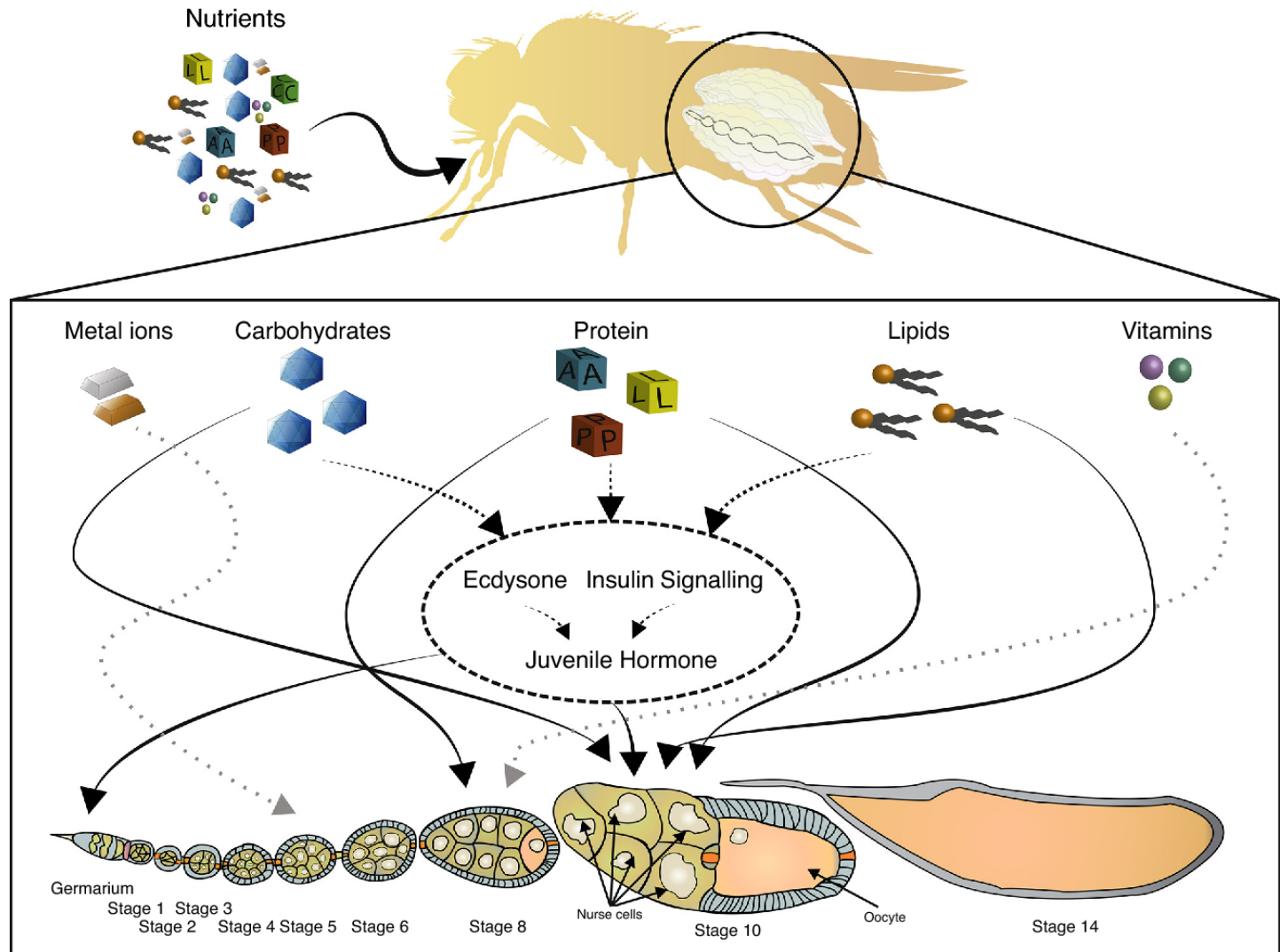
Além do **HJ**, diversos fatores influenciam a produção da **vitelogenina** (proteína precursora do vitelo dos ovos)



AAs – aminoácidos  
 E – ecdisona  
 ILPs – Peptídeos do tipo insulina  
 OEH – hormônio ecdisteroidogênico  
 YPPs – vitelogenina

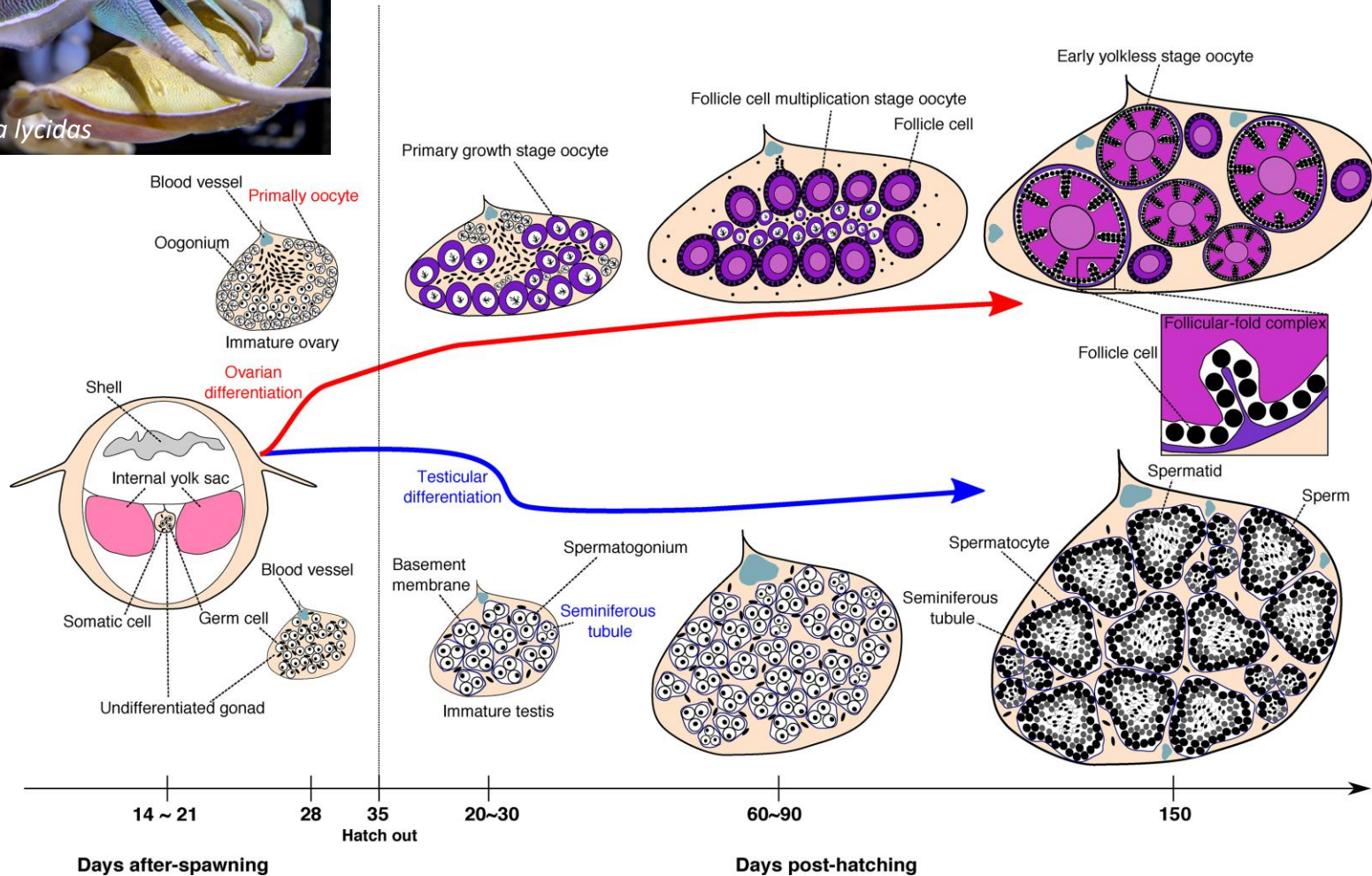
A contribuição nutricional do alimento é fundamental pela maturação dos ovócitos

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

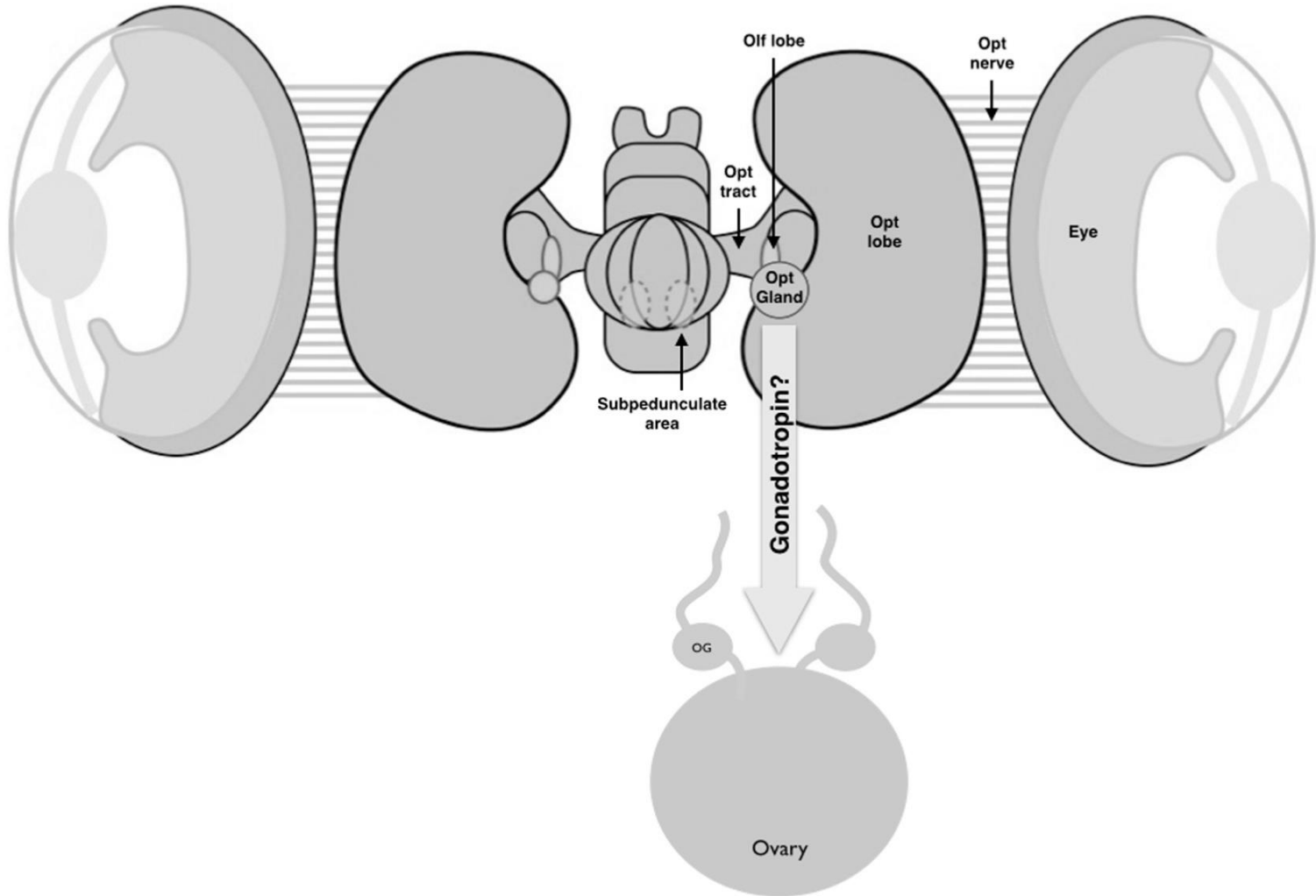


Em cefalópodes, as gônadas permanecem sem diferenciação sexual durante as primeiras semanas após a desova

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

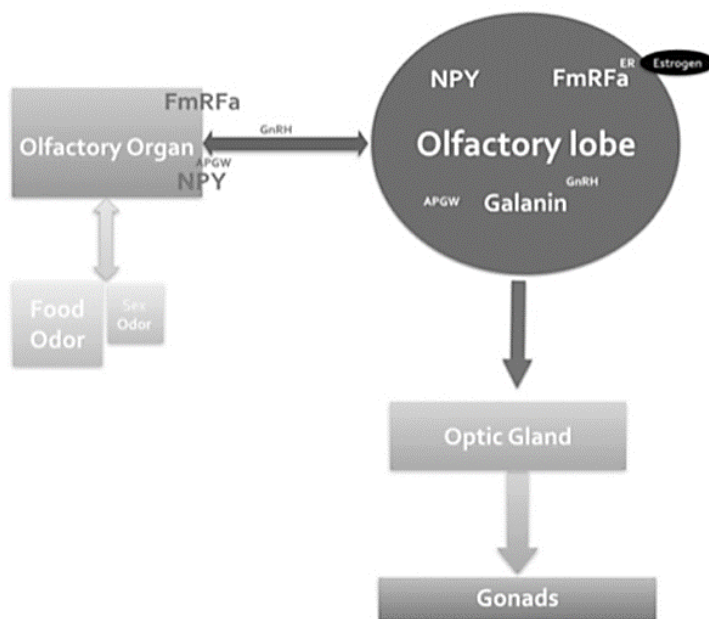


Nas fêmeas, os estágios iniciais da gametogênese e vitelogênese dependem do **hormônio liberador de gonadotrofina (oct-GnRH)** produzida no lobo olfativo e secretado pelas glândulas óticas



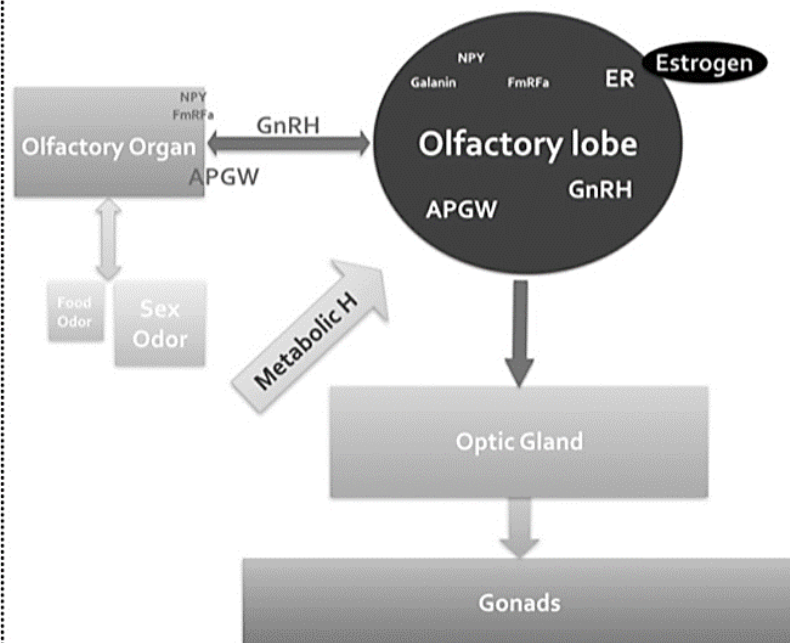
O olfato é o sentido principal regulando a secreção do **hormônio liberador de gonadotrofina (oct-GnRH)** através de alças de retroalimentação hormonal

A



Percepção de alimento → neuro-peptídeo Y → galanina → inibição da reprodução, estimulação da alimentação

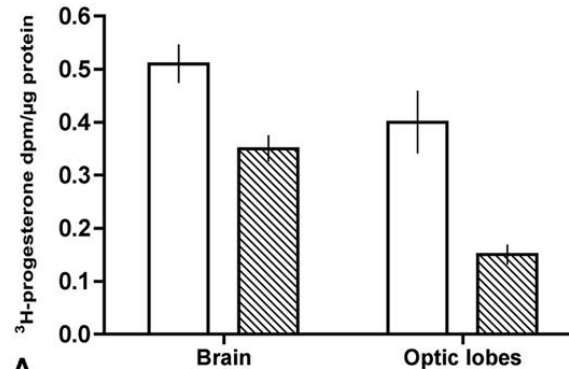
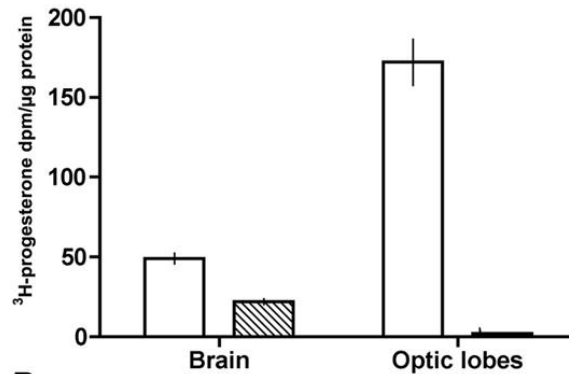
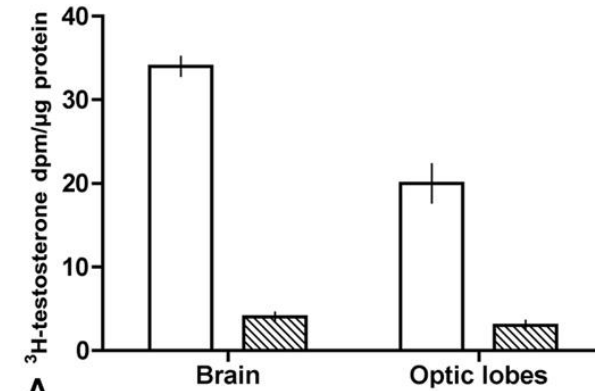
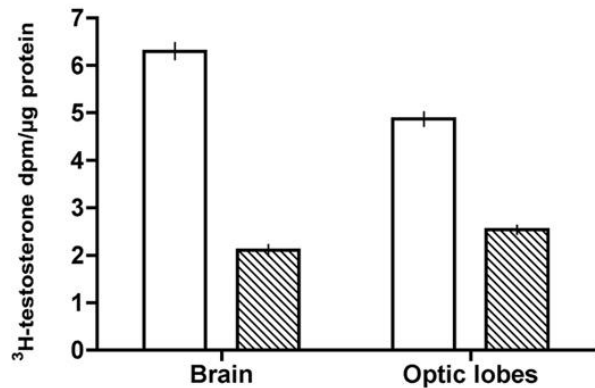
B



Percepção de companheiro sexual → oct-GnRH, estradiol, estrógeno → estimulação da reprodução, inibição da sensibilidade a cheiro de alimento



Além de **oct-GnRH**, esteroides sexuais (**progesterona** e **testosterona**) têm papel importante na maturação das gônadas. Esses esteroides são produzidos no cérebro e nos lobos óticos

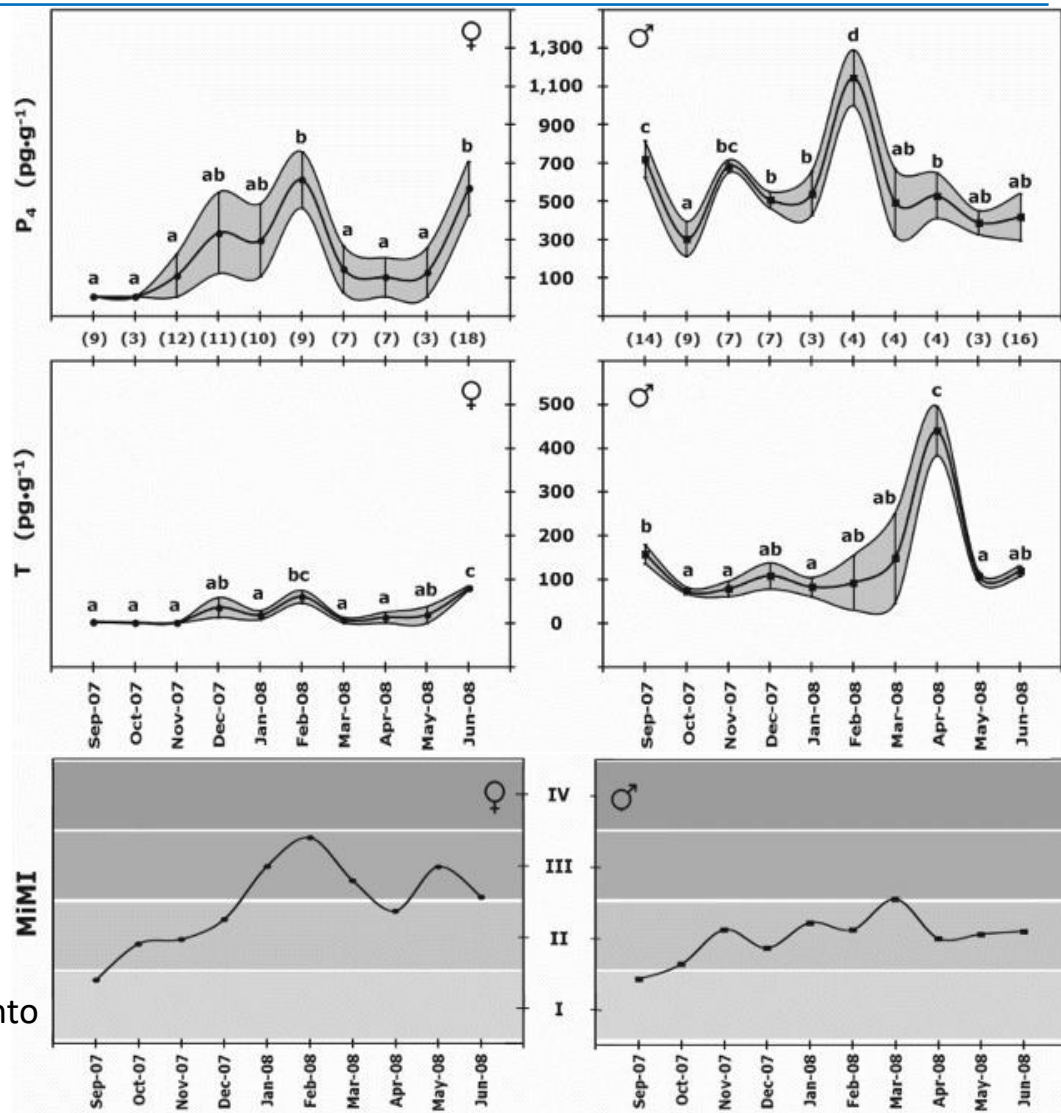
*Sepia**Octopus**Octopus*

Os níveis de **progesterona** e **testosterona** nas gônadas mudam ao longo do ano. Nas fêmeas as mudanças na **progesterona** estão associadas à maturidade sexual

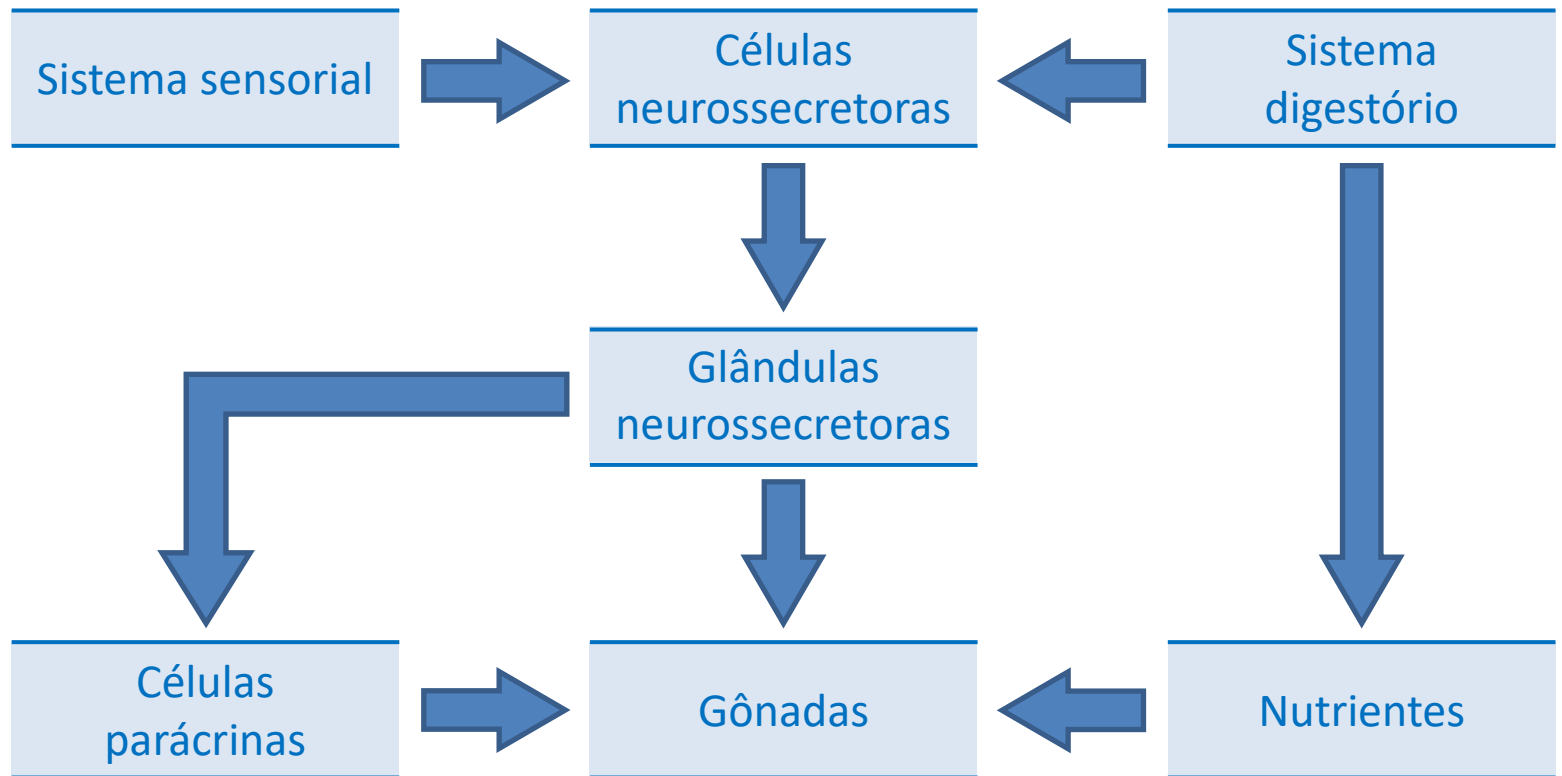
BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



Maduro  
Maturação  
Desenvolvimento



## Resumo das interações neuroendócrinas da reprodução em invertebrados



## Desenvolvimento

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



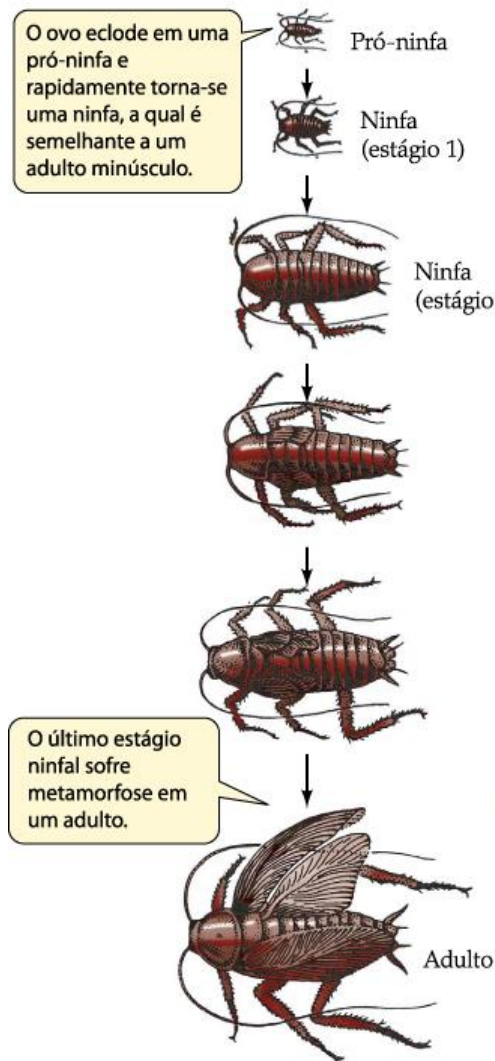
Devido ao exoesqueleto, artrópodes precisam se livrar da casca dura para crescer

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

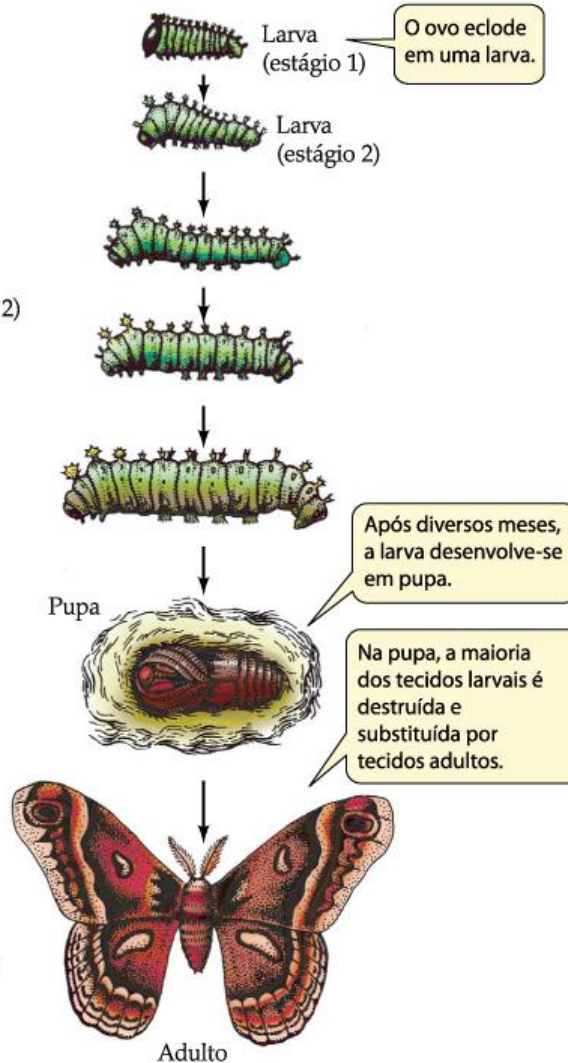


## Nos insetos diferenciamos entre o desenvolvimento hemimetábolo e o desenvolvimento holometábolo

(a) Desenvolvimento de hemimetábolo

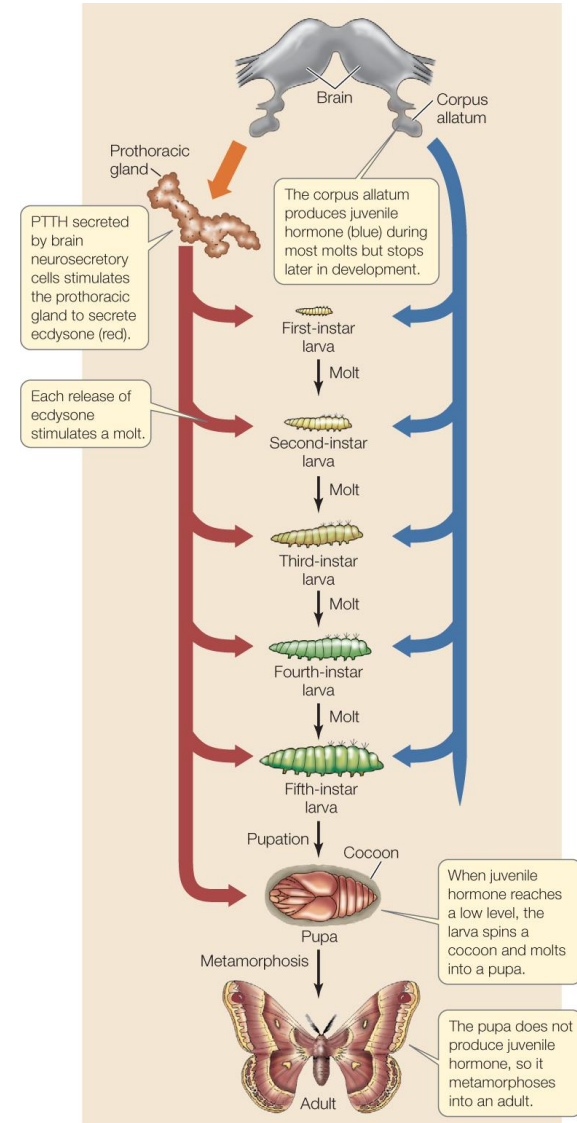
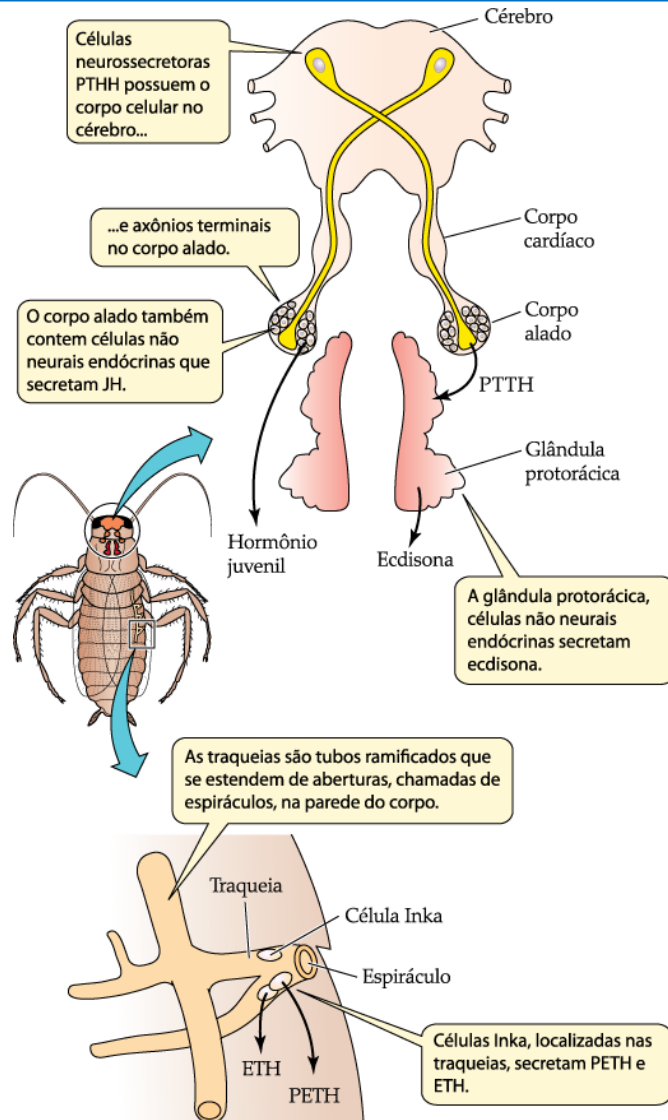


(b) Desenvolvimento de holometábolos



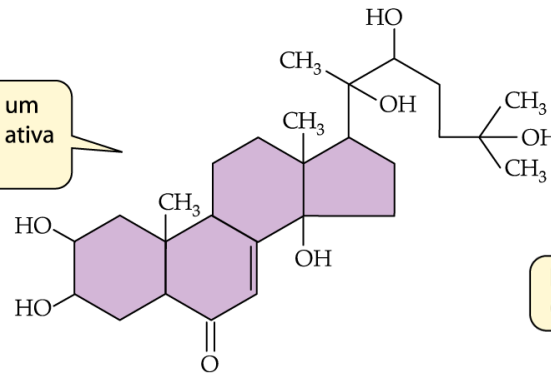
Ao longo do desenvolvimento há uma interação de dois hormônios principais: **ecdisona**, secretada pela glândula protorácica, e **hormônio juvenil**, secretada pelos corpos alados

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

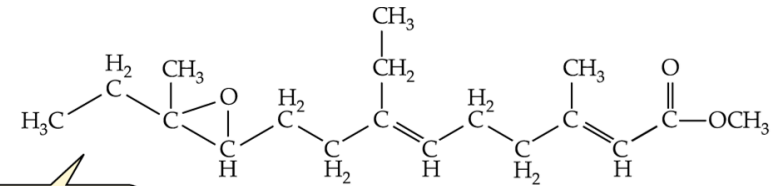


Tanto em insetos hemimetábolos como holometábolos, há um pico na produção de **ecdisona** e uma interrupção da produção de **HJ** antes da última muda para o adulto

20-hidroiecdisona, um esteroide, é a forma ativa da ecdisona.

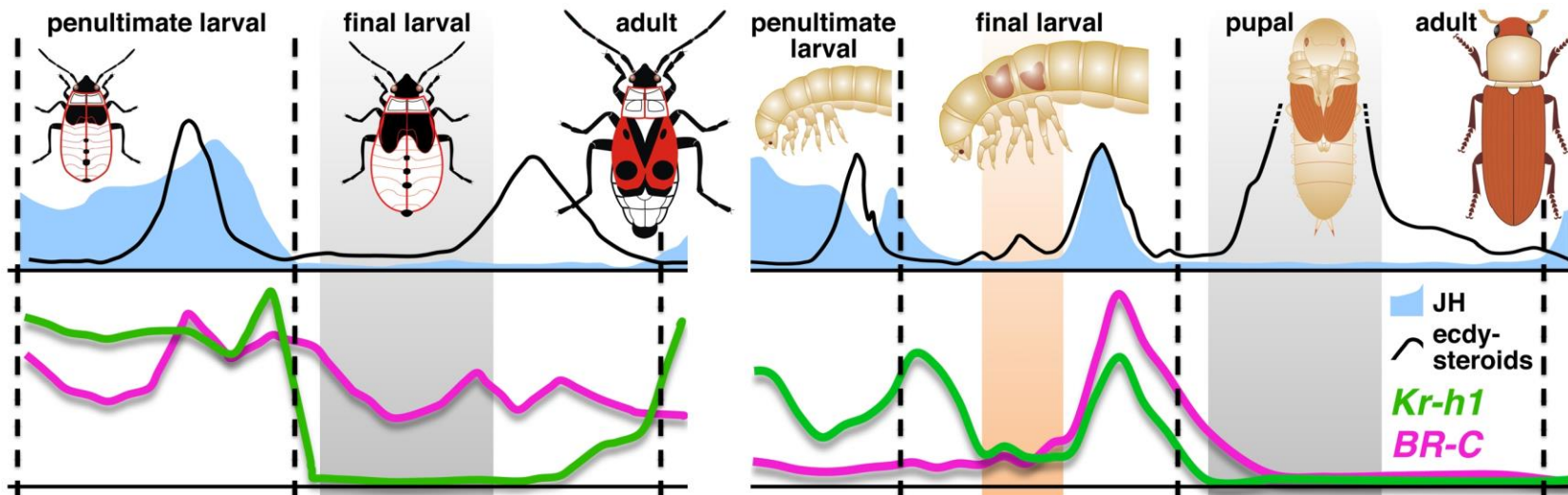


20-hidroiecdisona



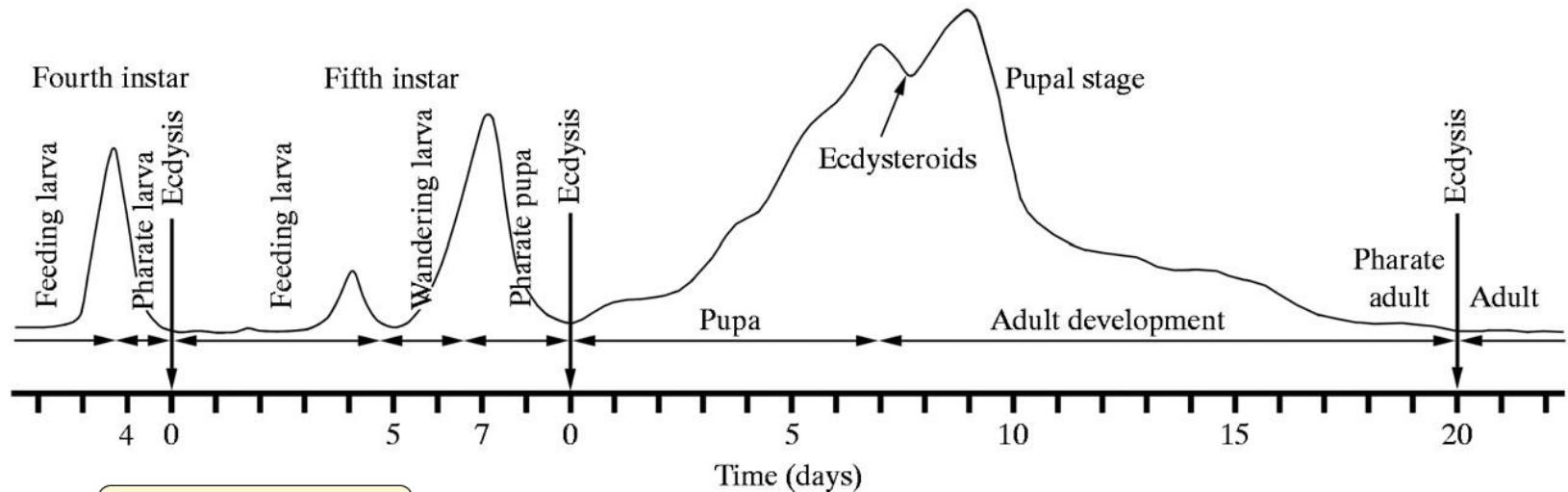
Hormônio juvenil (JH) é um terpeno.

Hormônio juvenil

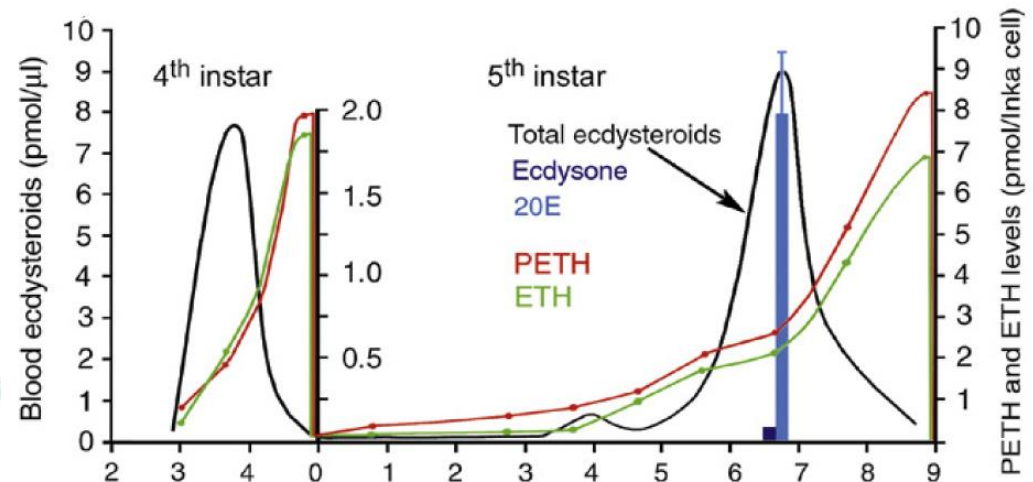
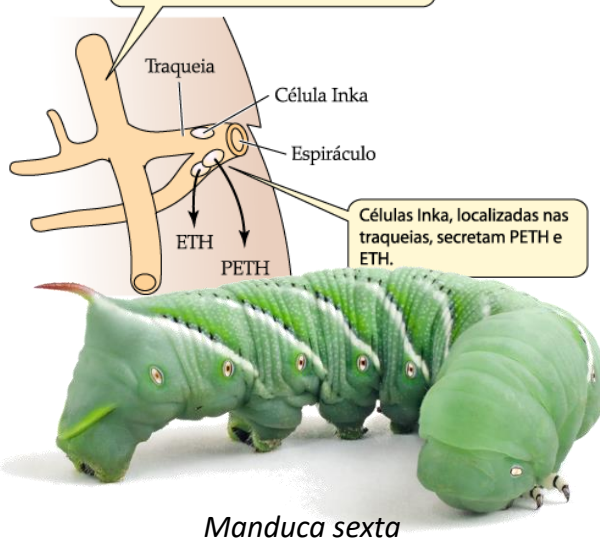




A atividade da **ecdisona** causa uma secreção de **hormônios indutores da muda (PETH e ETH)** pelas células inca das glândulas epitraquiais

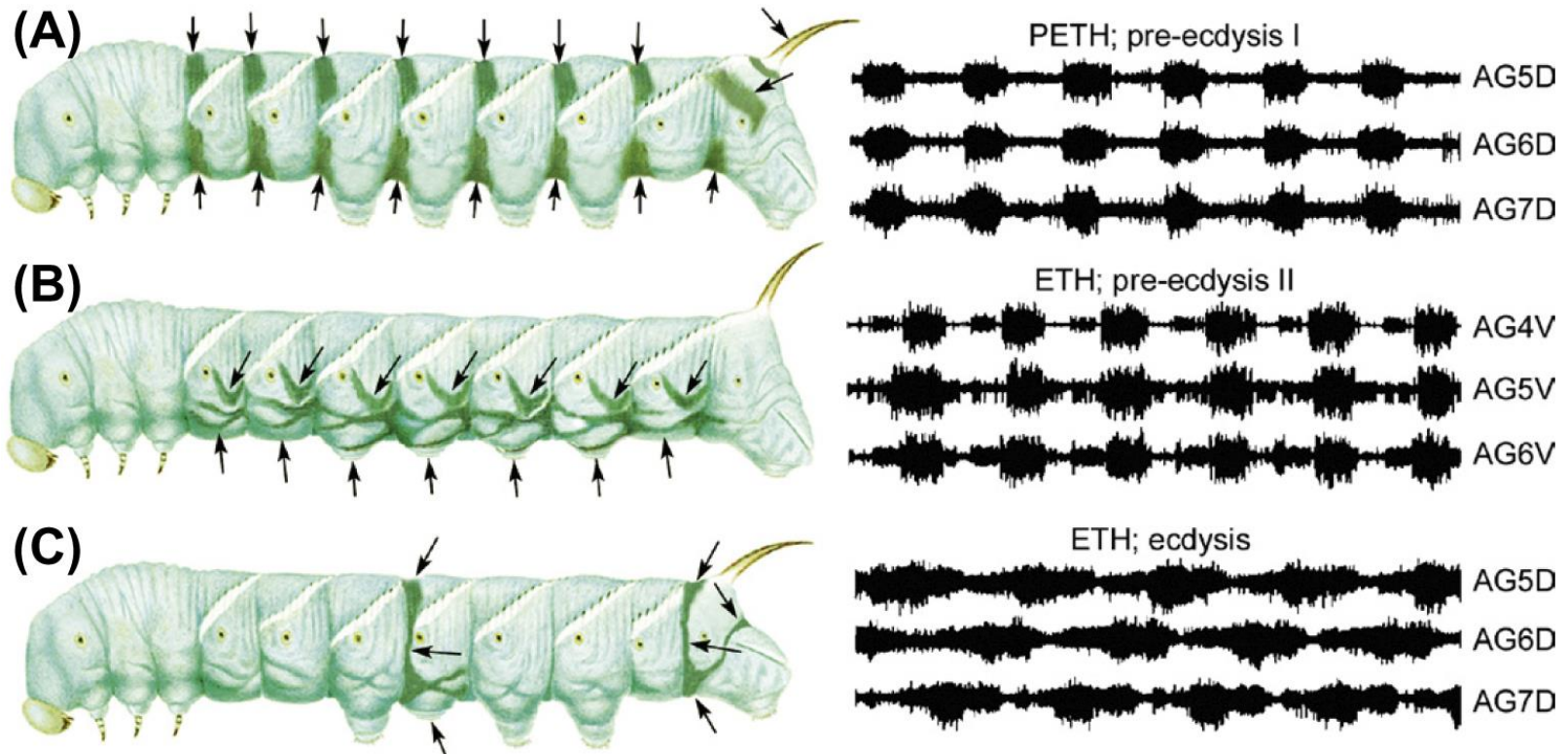


As traqueias são tubos ramificados que se estendem de aberturas, chamadas de espiráculos, na parede do corpo.



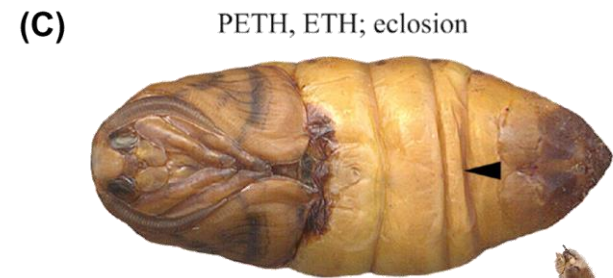
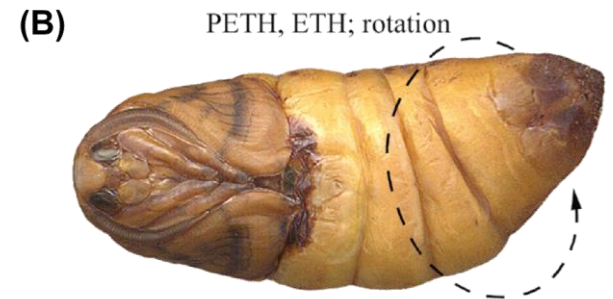
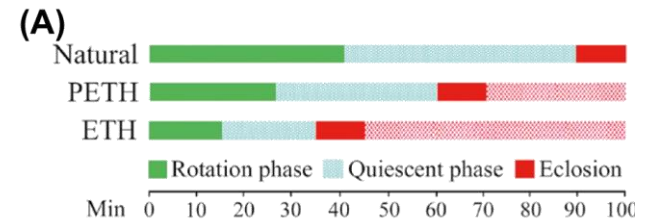
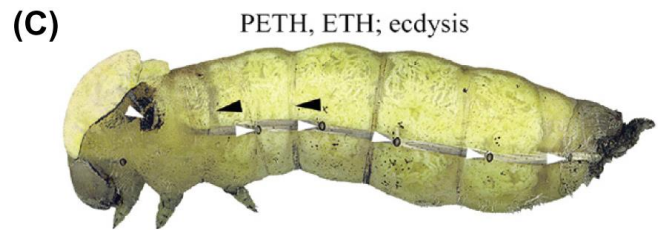
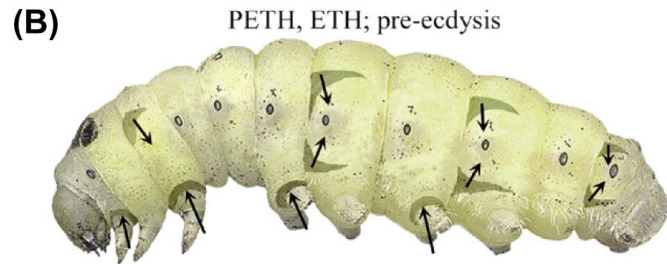
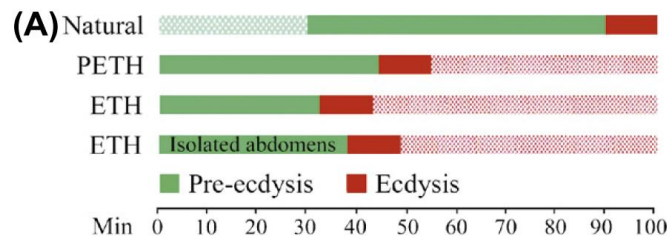
A secreção de PETH e ETH coordena as contrações simultâneas do corpo necessárias para a troca de muda

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



A ecdise e a eclosão podem ser aceleradas pela administração de **PETH** e **ETH**

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

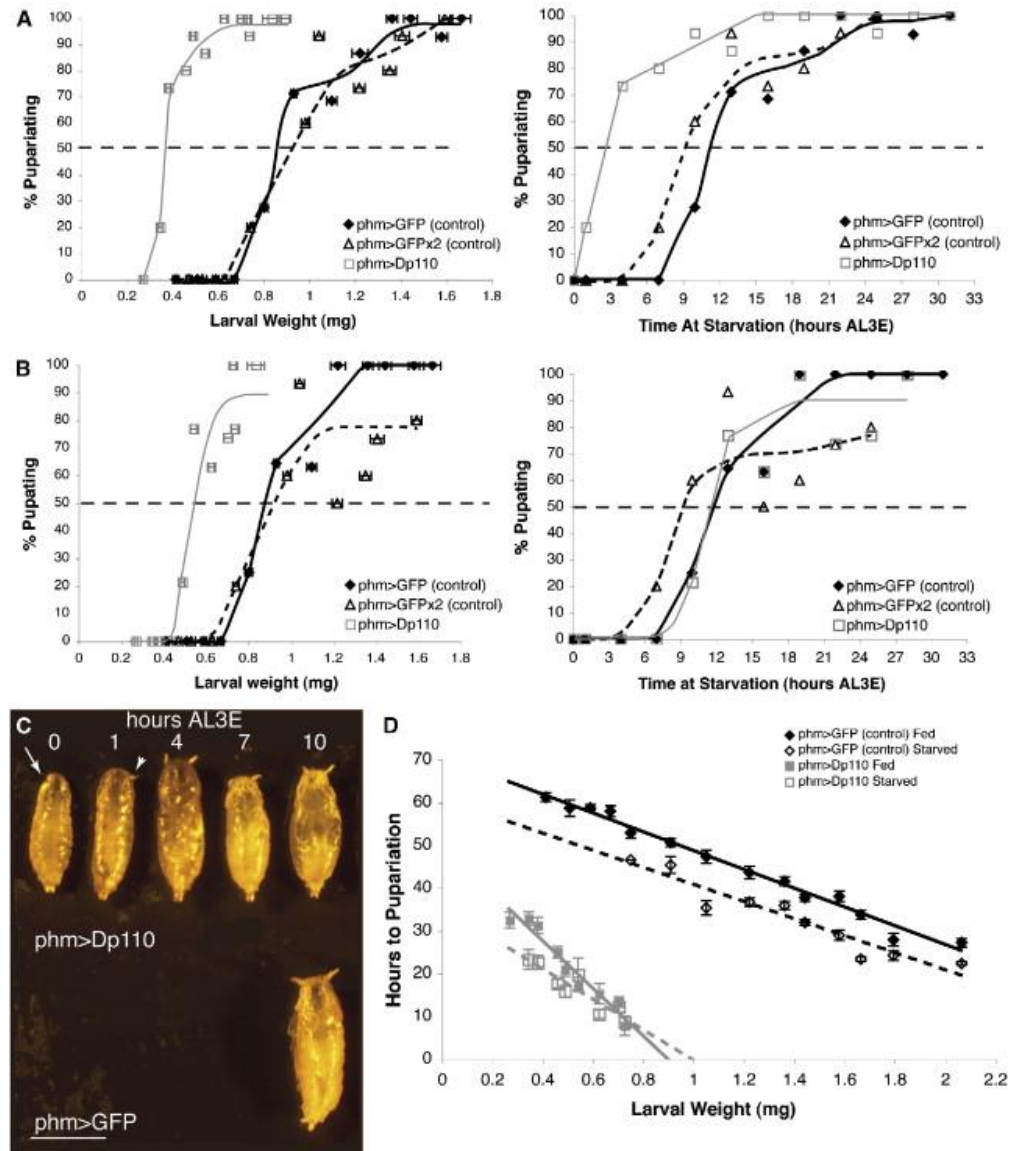


O tamanho das glândulas protorácicas determina o momento da muda

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

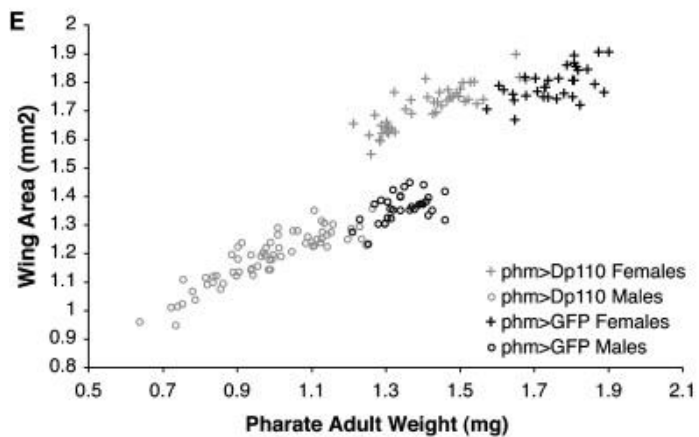
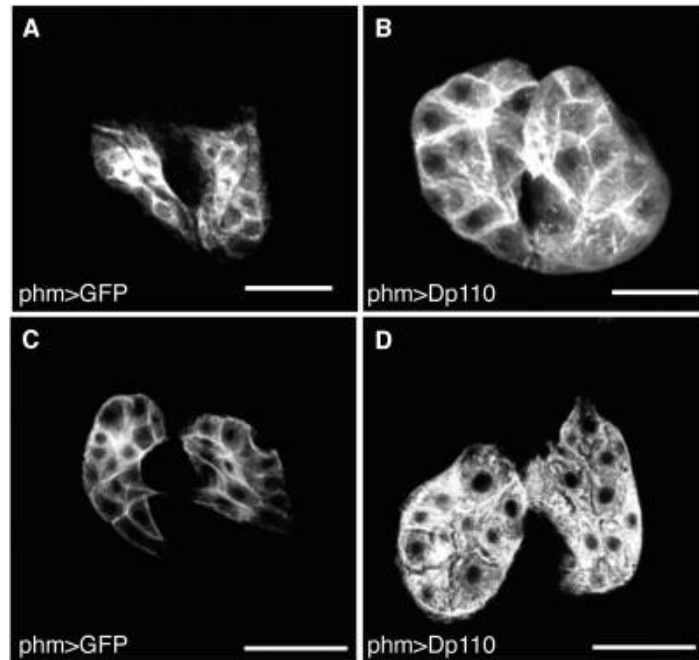


Linhagens com maior crescimento (Dp110) alcançam o estágio de pupa mais rapidamente do que linhagens normais (GFP)



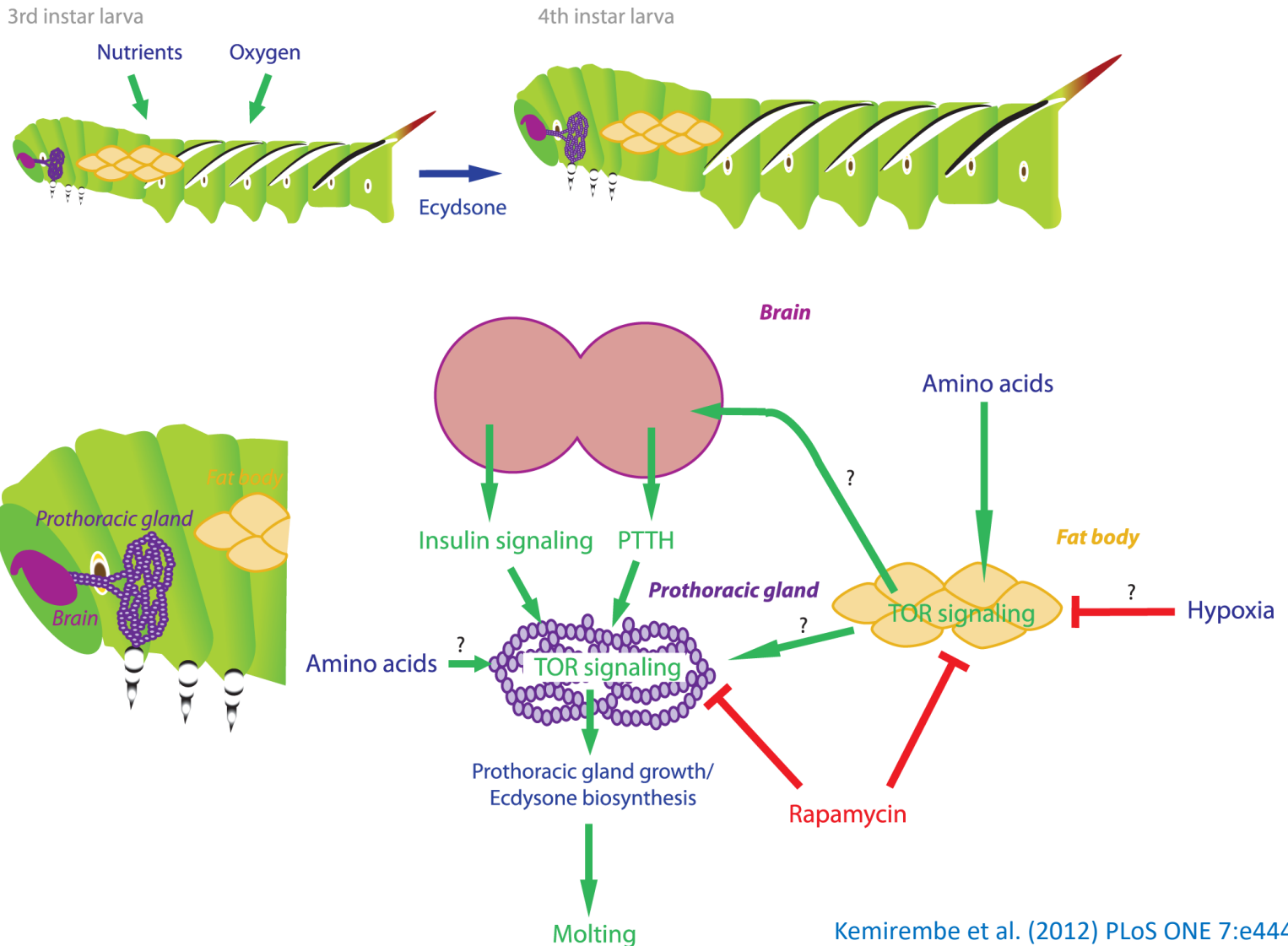
Devido à transformação precoce, os animais com crescimento acelerado das glândulas protorácicas têm tamanho reduzido

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

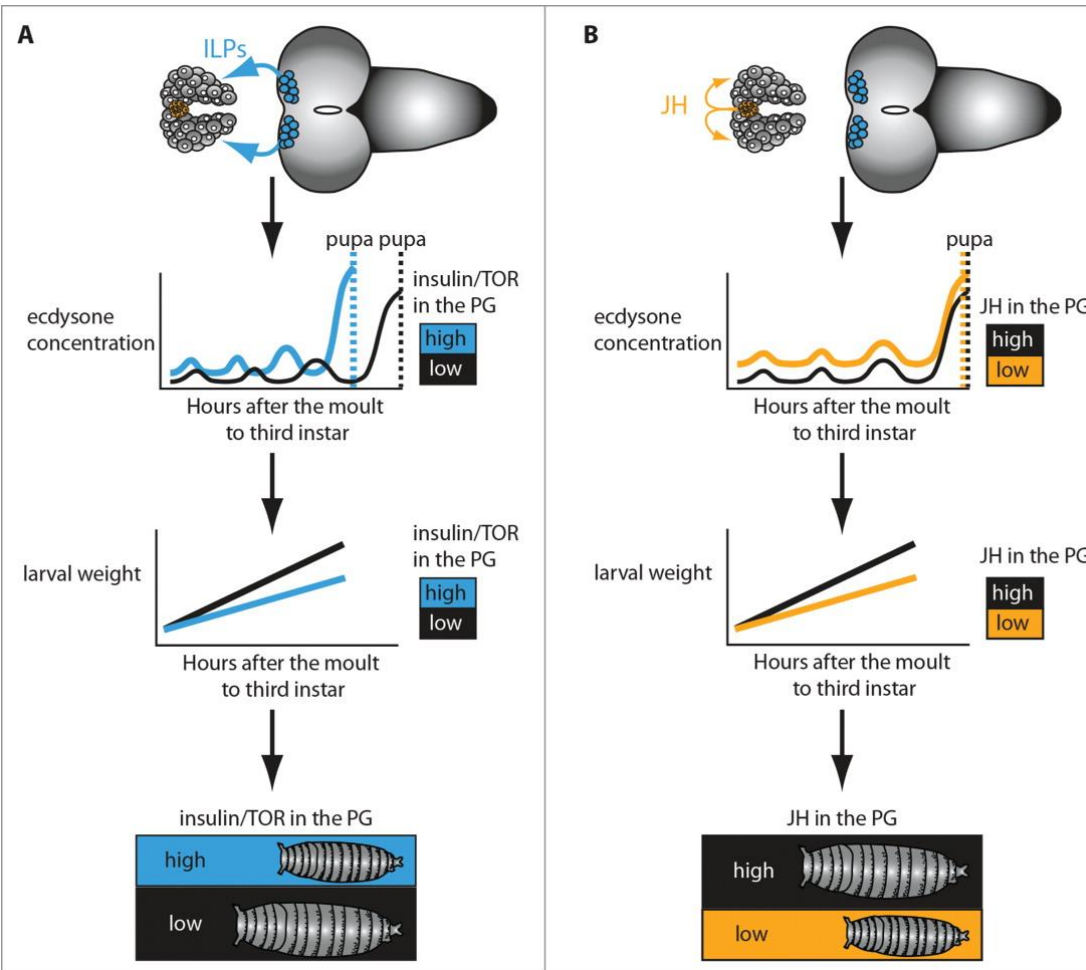


Quais fatores determinam o crescimento das glândulas protorácicas?

Fatores que influenciam o crescimento da glândula protorácica são o acesso a oxigênio e a disponibilidade de nutrientes (sinalização TOR → síntese de proteínas, crescimento celular)

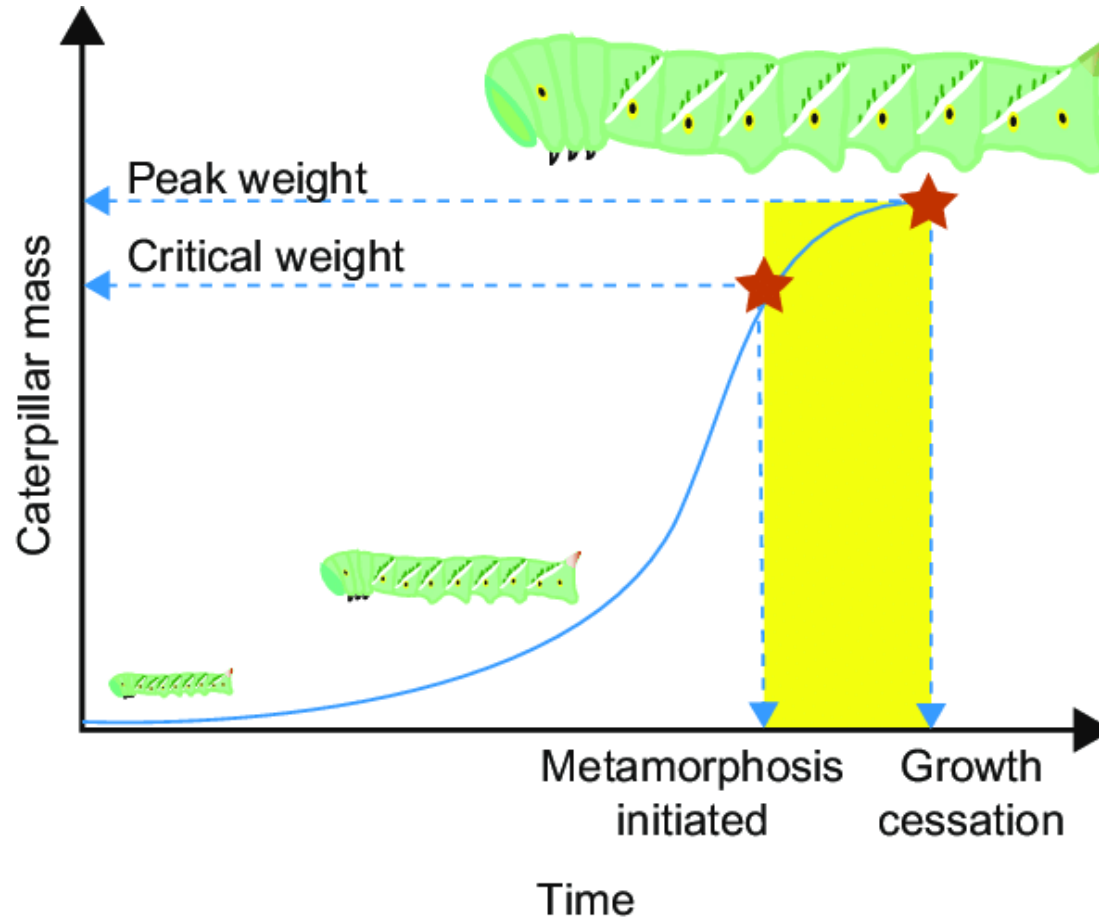


**Peptídeos semelhantes à insulina (ILP)** são secretados por células neurosecretoras → regulação do tempo e do volume da **ecdisona** sintetizada → regulação da taxa de crescimento



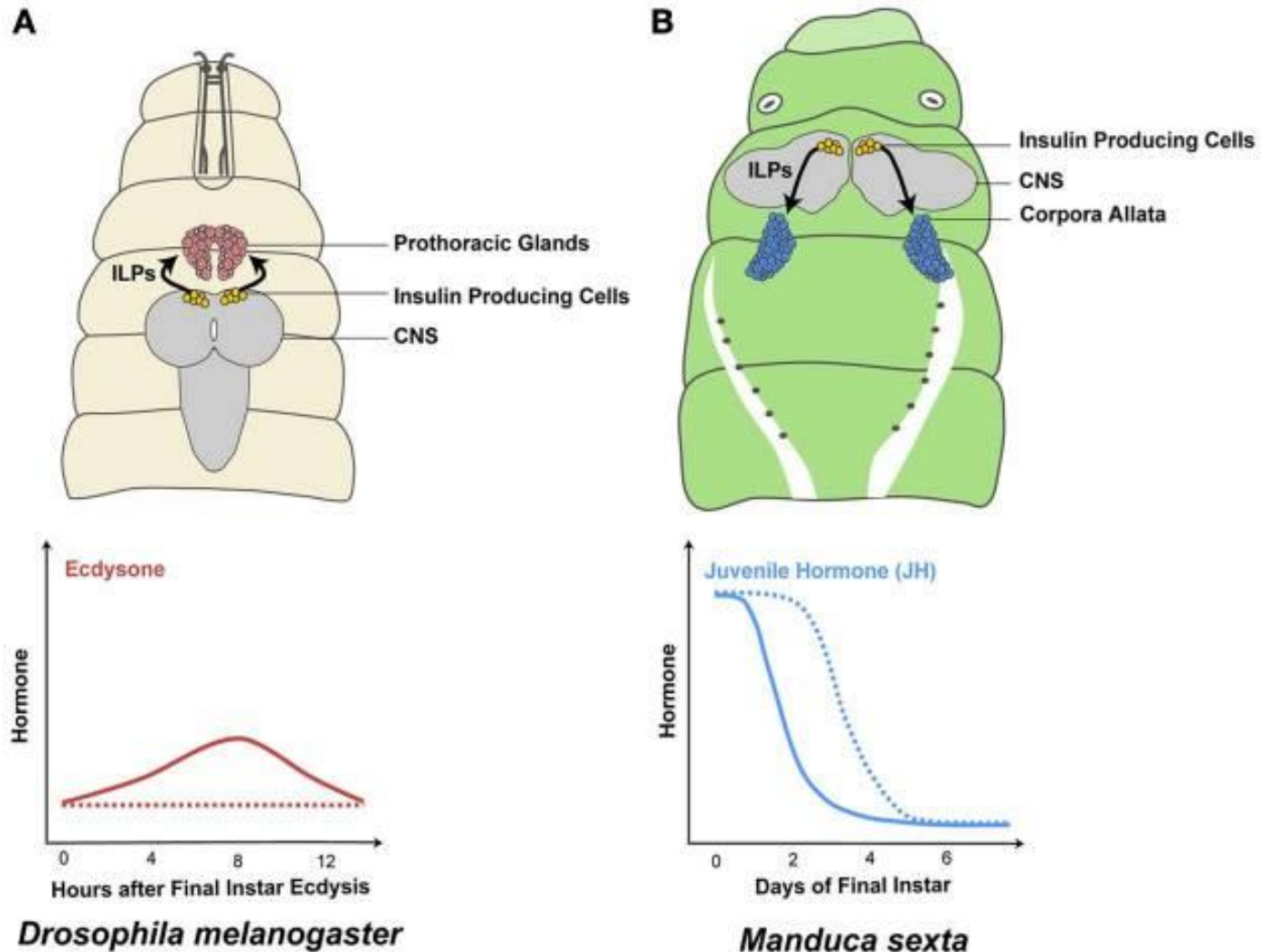
**HJ** afeta a concentração de ecdisona mas não o padrão temporal da sua síntese → controle da taxa de crescimento

A secreção dos **ILPs** depende da nutrição. Larvas bem-nutridas (altos níveis de **ILPs**) alcançam mais rapidamente o tamanho (peso) crítico para muda e metamorfose

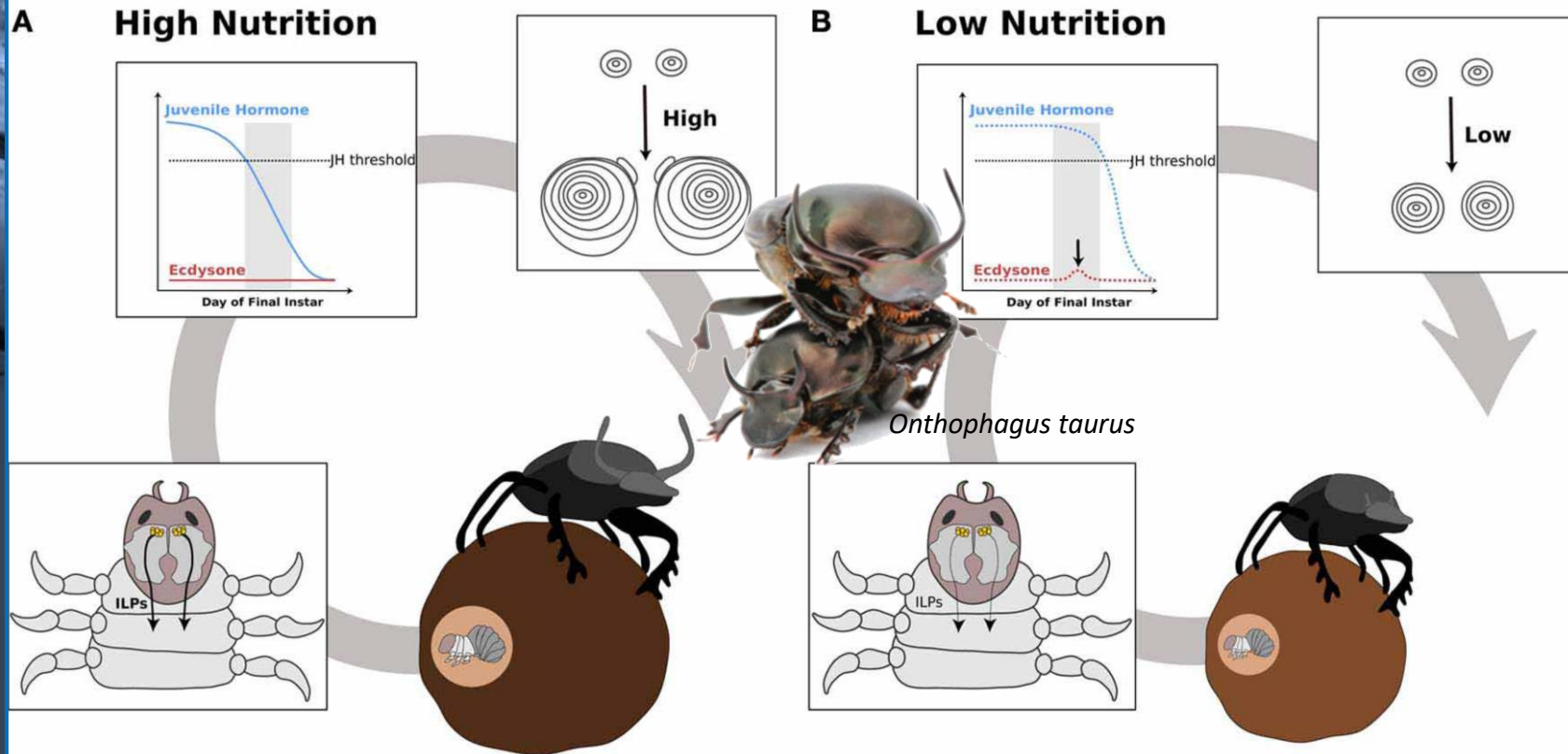




Em resposta a altas concentrações de **ILPs**, a síntese de **ecdisona** (glândula protorácica) aumenta e a concentração de **HJ** (corpos alados) degrada rapidamente



Além de processos de muda, a interação **ILP** – **ecdisona** – **HJ** influencia o crescimento de órgãos como asas e chifres

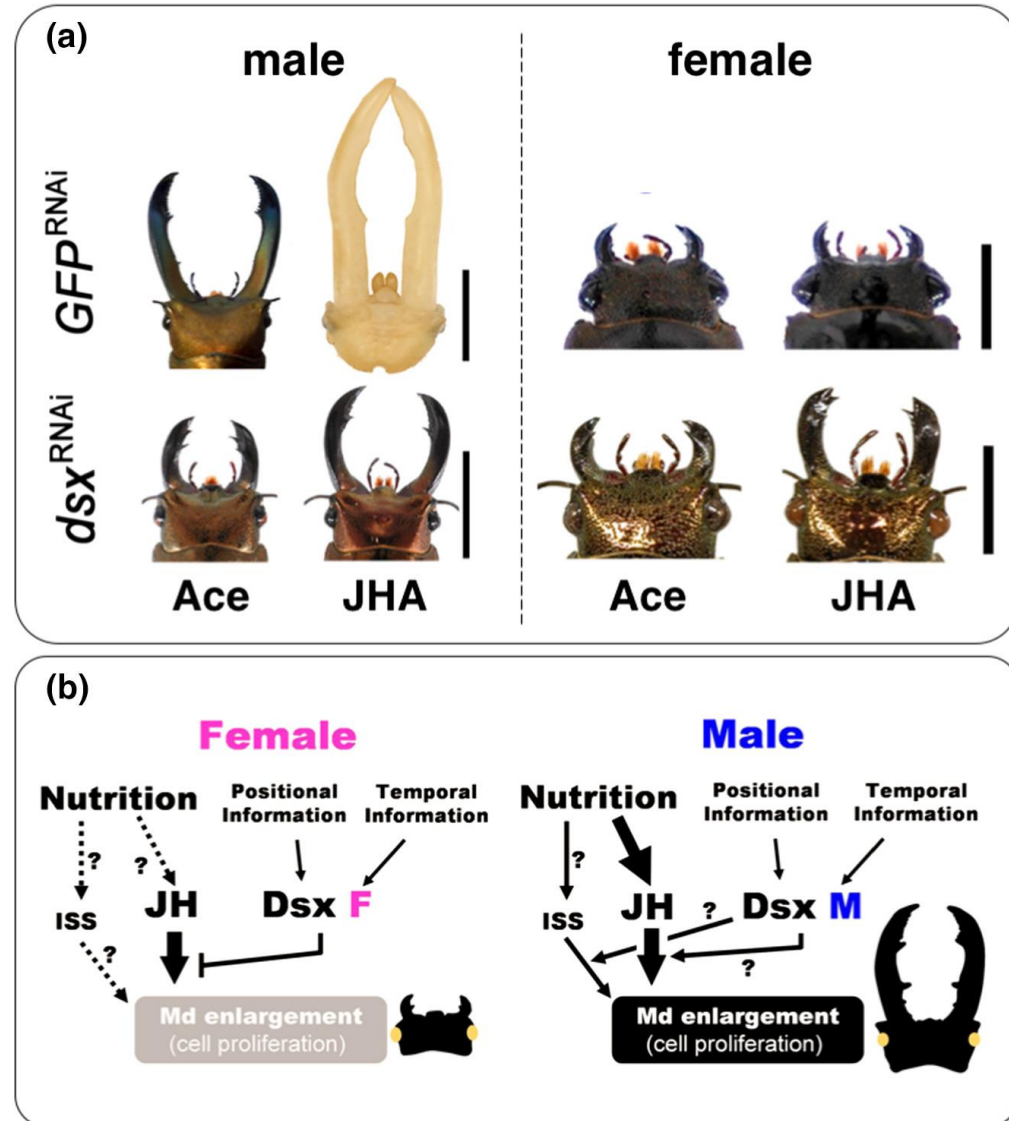


Baixa nutrição → baixo nível de **ILPs** → **HJ** mantido acima do nível crítico → pequeno pico de **ecdisona** → reduzida sensibilidade dos discos dos chifres a **ILP** → reduzido crescimento

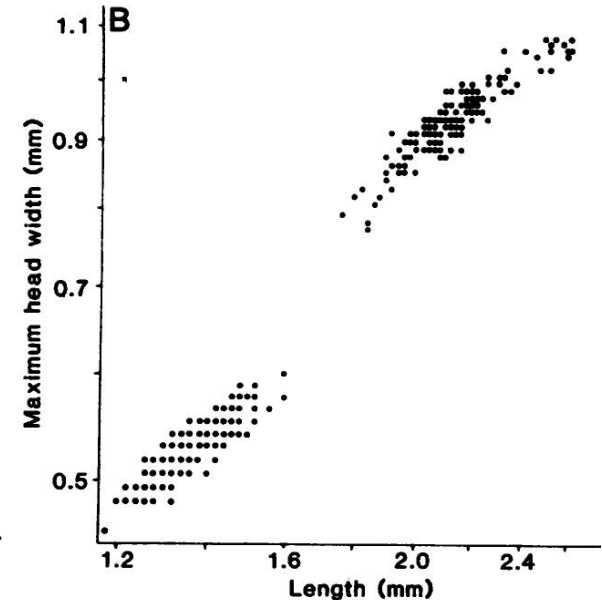
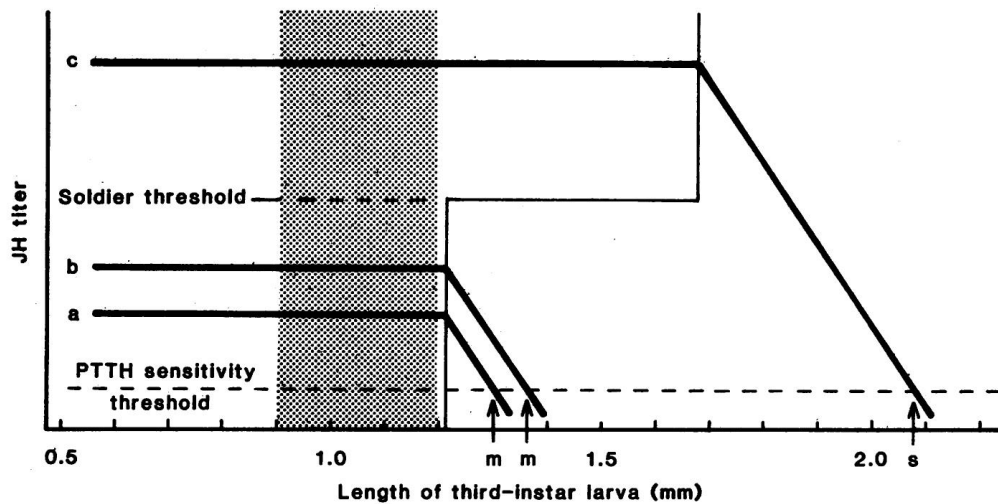
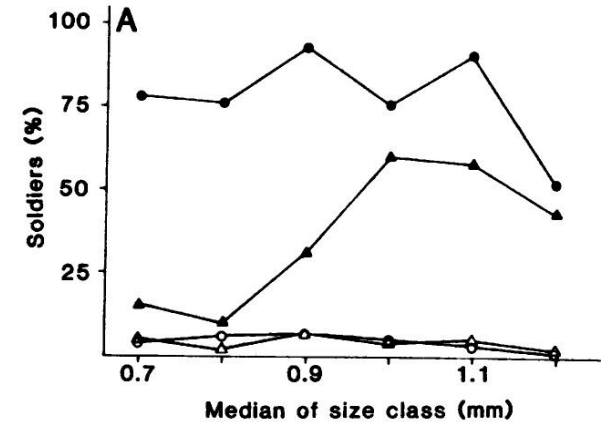
O impacto da nutrição sobre o desenvolvimento de órgãos difere entre machos e fêmeas devido a ação diferenciada do gene *dsx* (*doublesex gene*)



*Cyclommatus metallifer*



Em formigas, diferentes níveis de **HJ** durante a fase larval podem levar a um polifenismo nos adultos, formando castas distintas

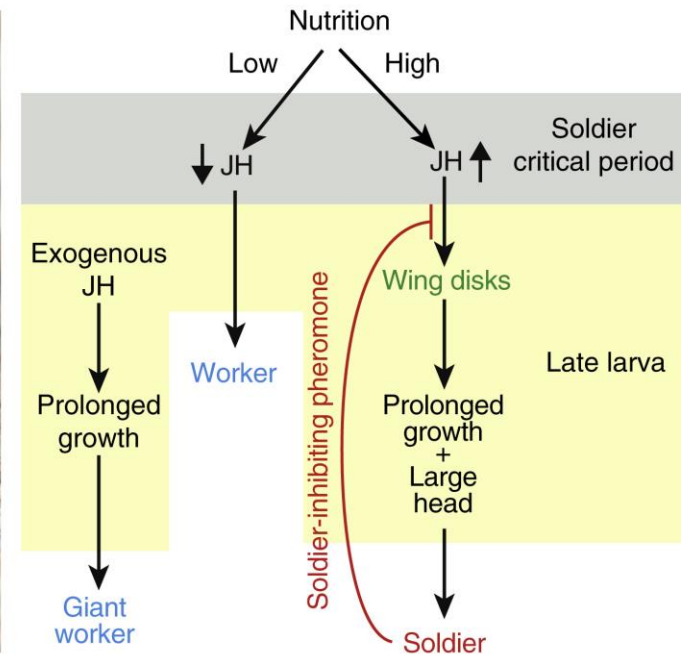


Nutrição elevada resulta em altos níveis de **HJ** durante o período larval crítico, aumentando o tempo de desenvolvimento larval → maior crescimento corporal

A



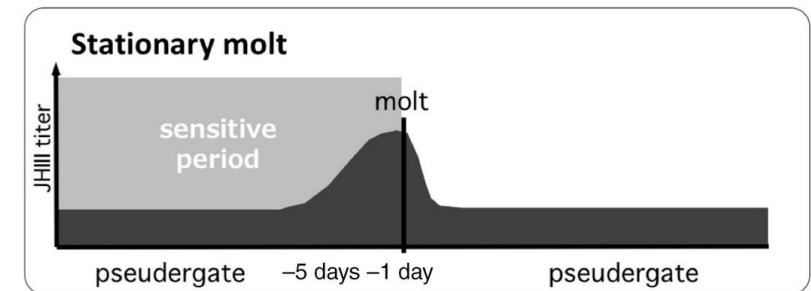
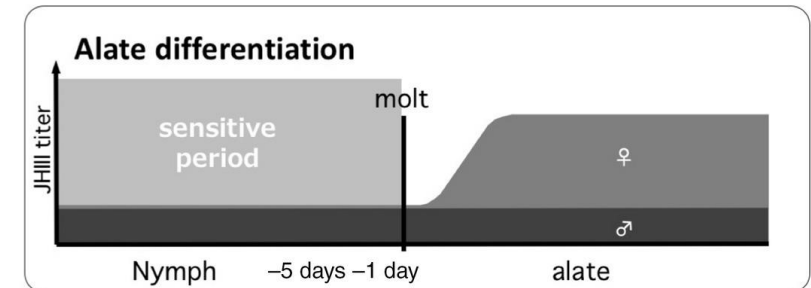
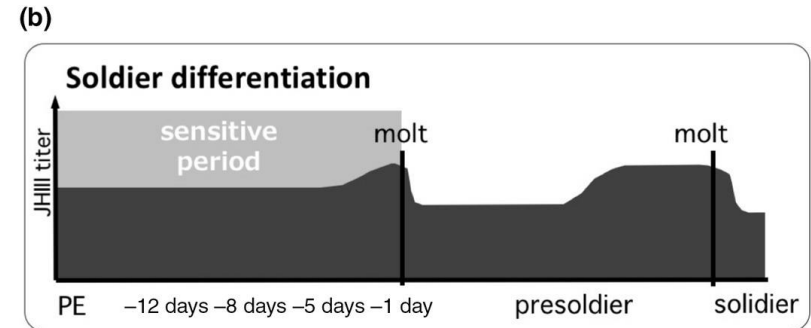
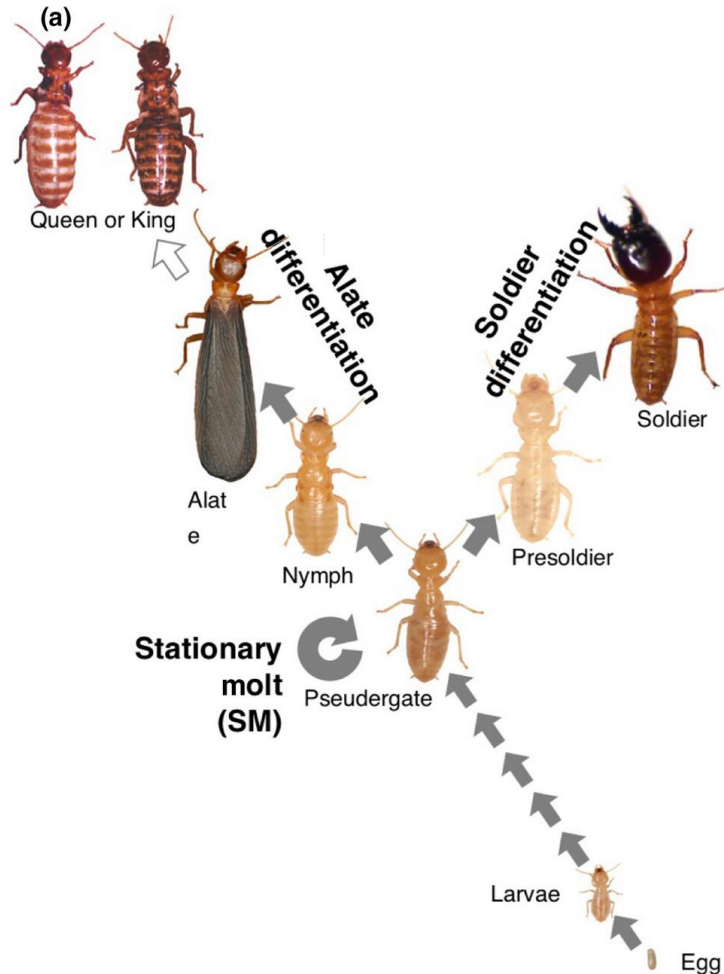
B



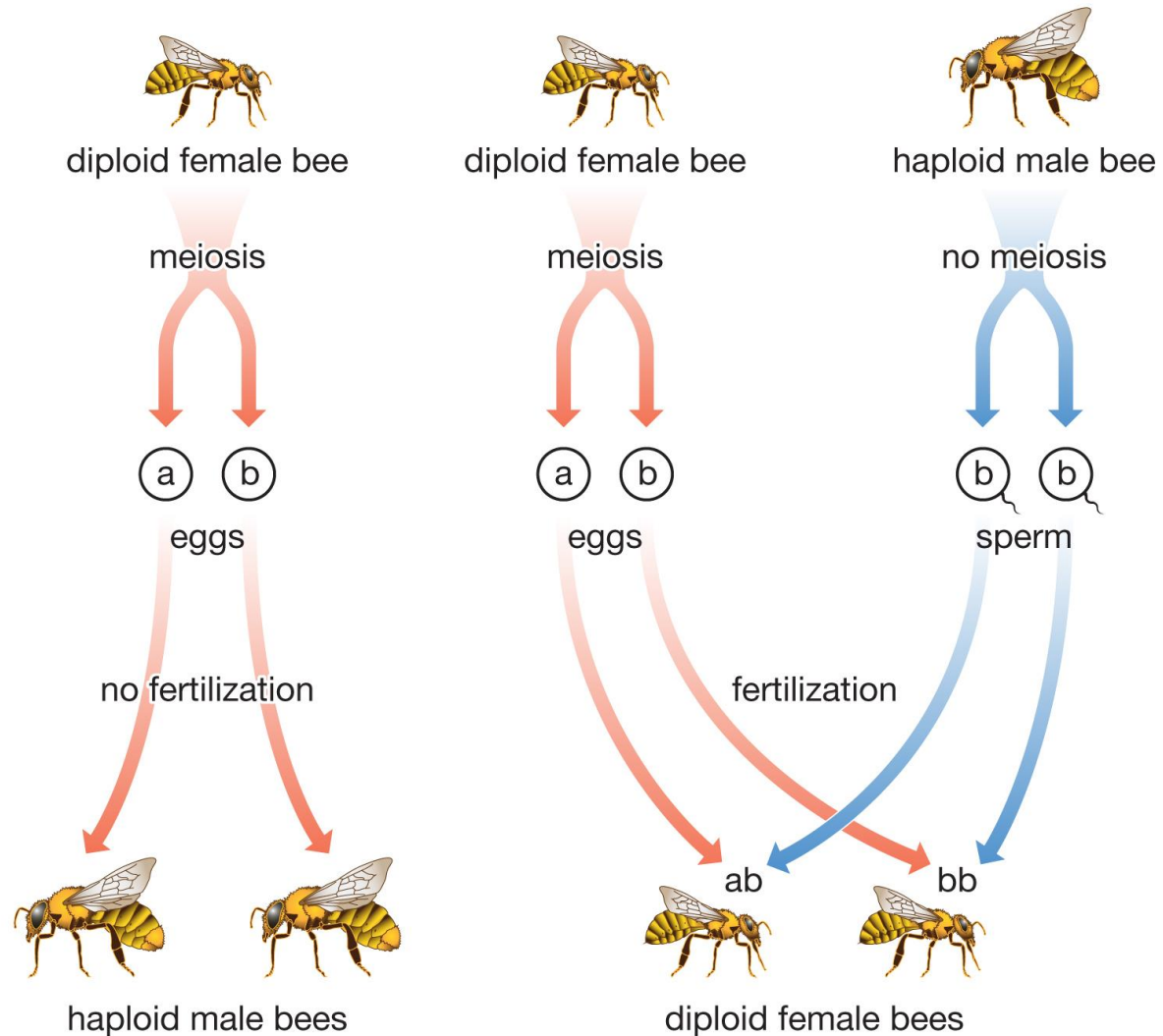
Current Biology

Os soldados têm uma substância química na cutícula que inibe a atuação do HJ. Essa substância é transferido para larvas através de contatos diretos (feromônio de contato)

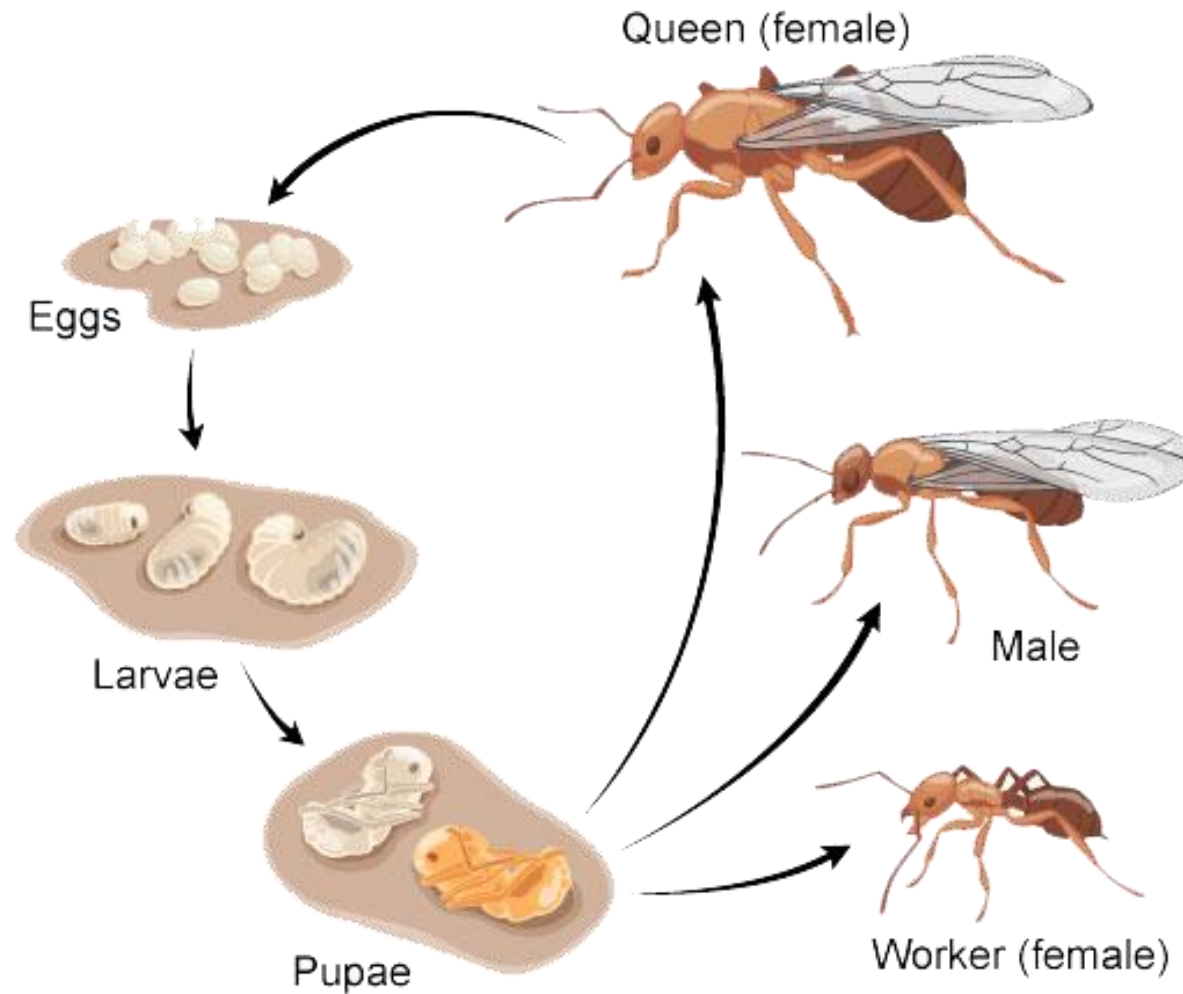
Em cupins, altos níveis de **HJ** causam a transformação de operári@s (*pseudergate*, PE) em soldados; baixos níveis de **HJ** causam a formação de castas reprodutivas (machos e fêmeas reprodutoras)



Ao contrário dos cupins, operárias em himenópteros sociais (vespas, formigas, abelhas) são exclusivamente fêmeas. A determinação do sexo nesse grupo é por haplodiploidia

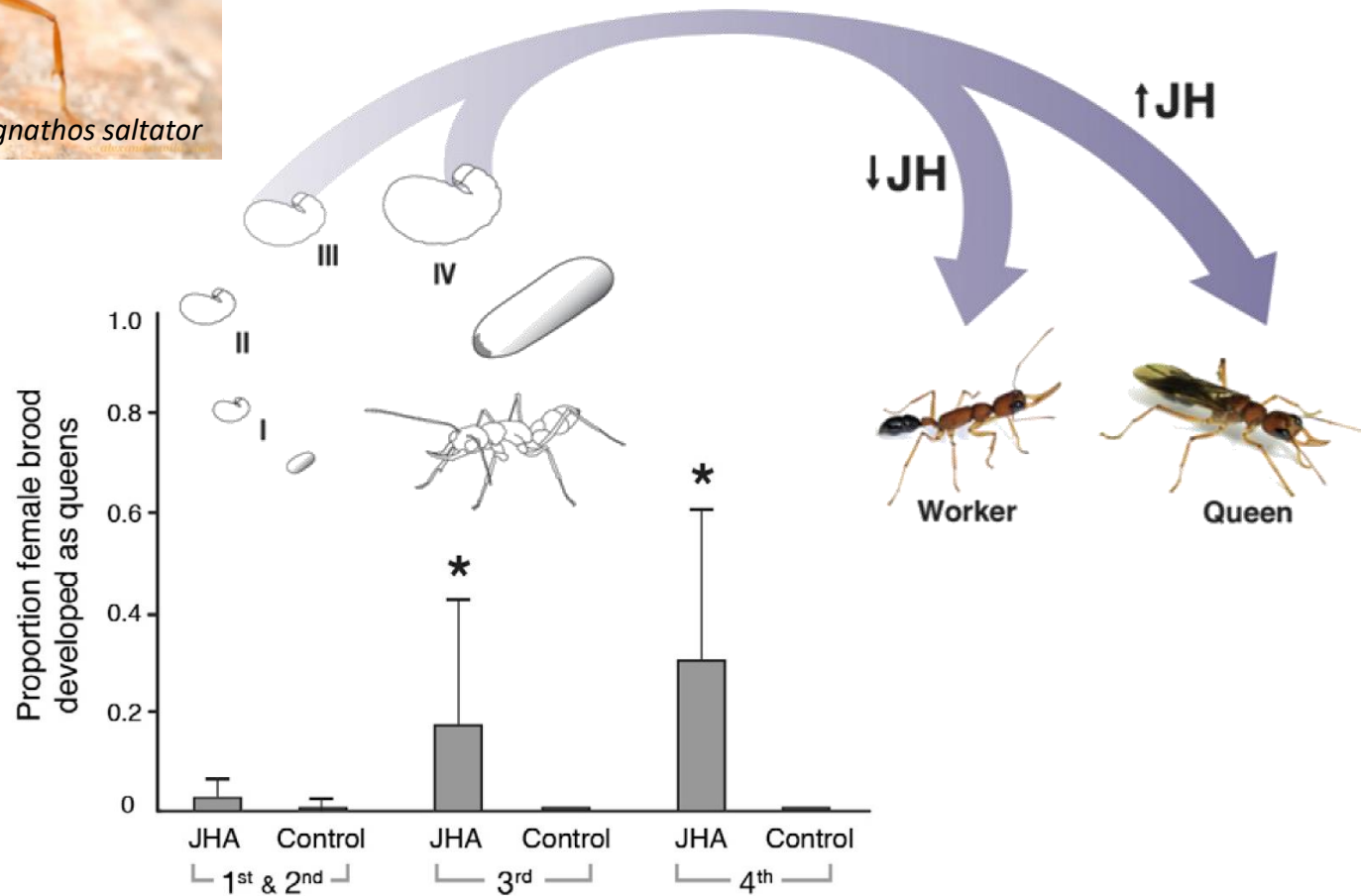


Em muitas espécies dos himenópteros sociais, as operárias nascem estéreis e apenas as rainhas conseguem acasalar com machos e, portanto, produzir ovos fertilizados (→ novas operárias e rainhas)

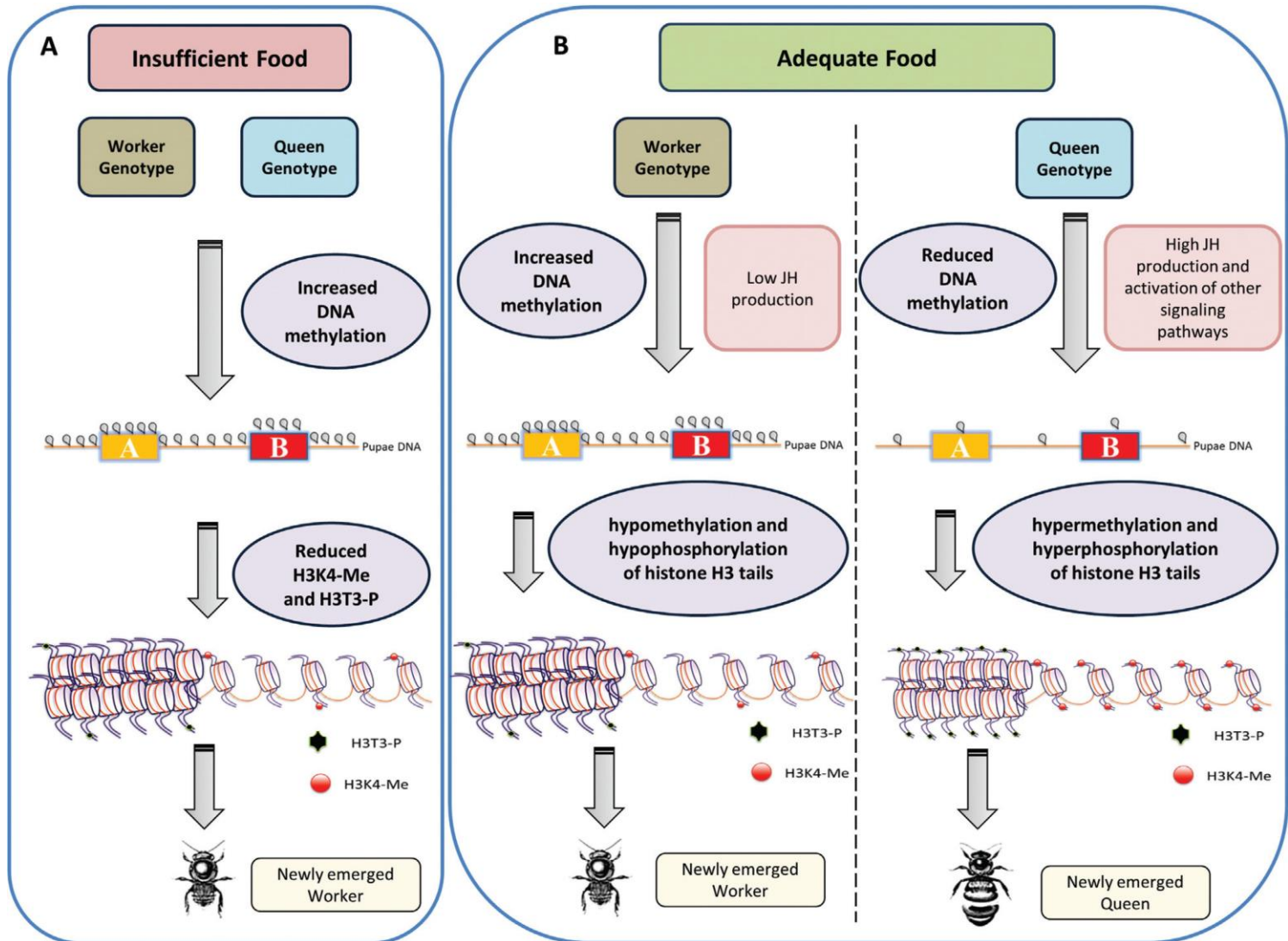




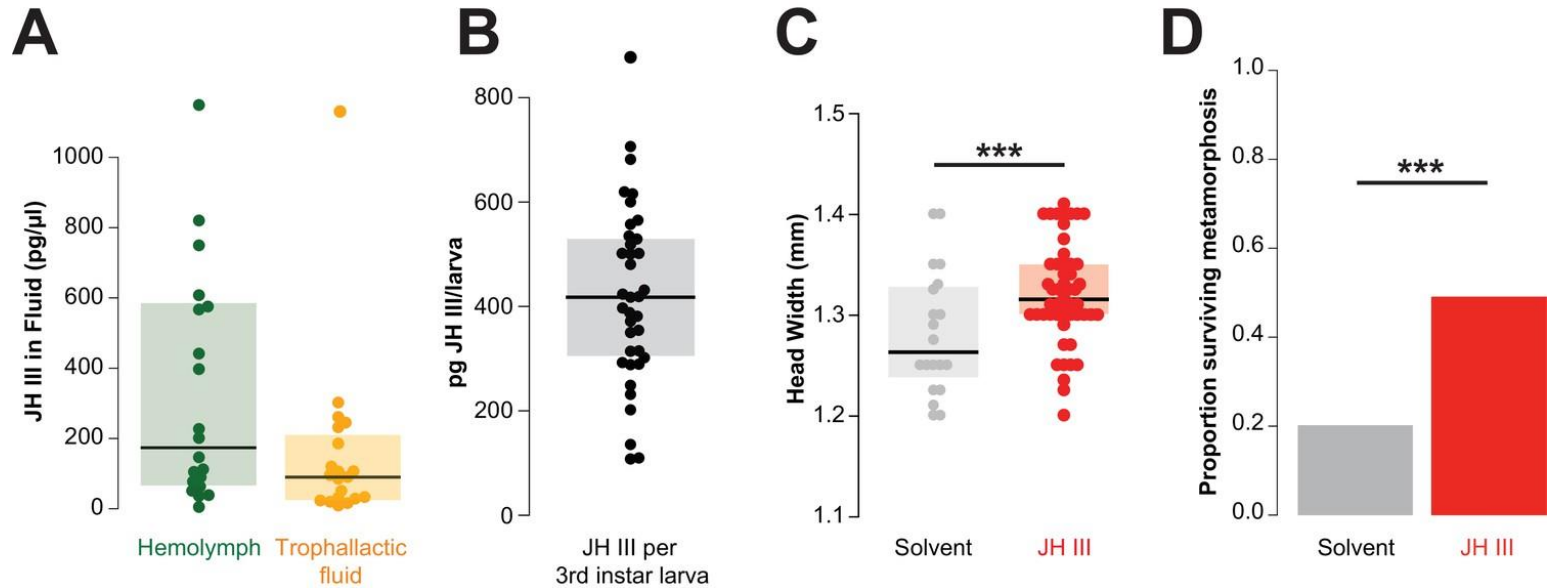
Em algumas espécies, larvas femininas são totipotentes (podem tornar rainhas ou operárias). Seu destino adulto é determinado por diferenças hormonais



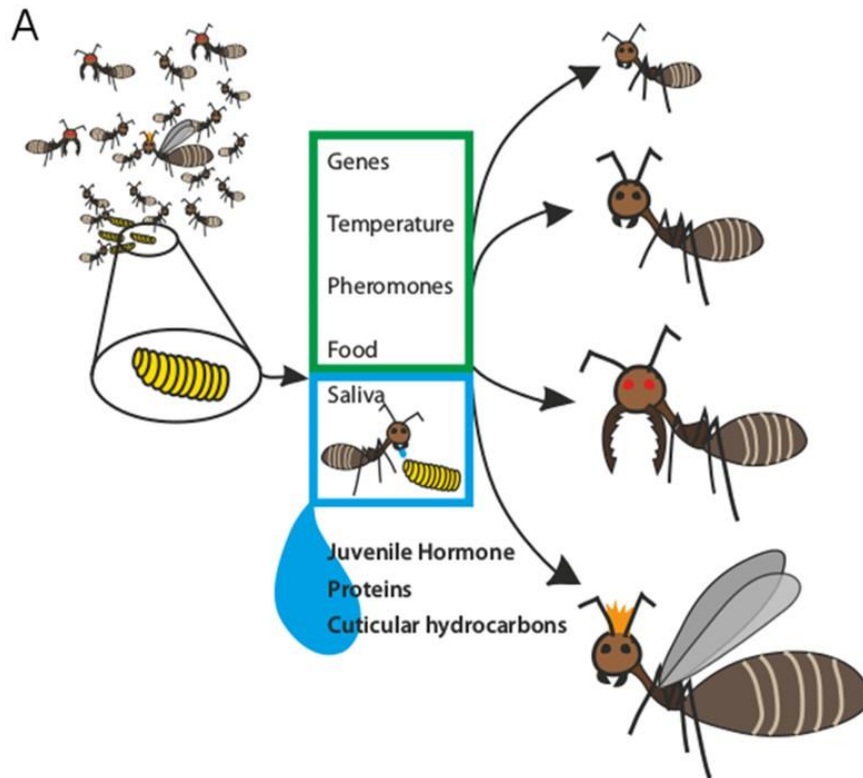
Em algumas espécies, há diferença genética entre operárias e rainhas. Porém o destino adulto final das rainhas é influenciado pela alimentação e o nível de **HJ**



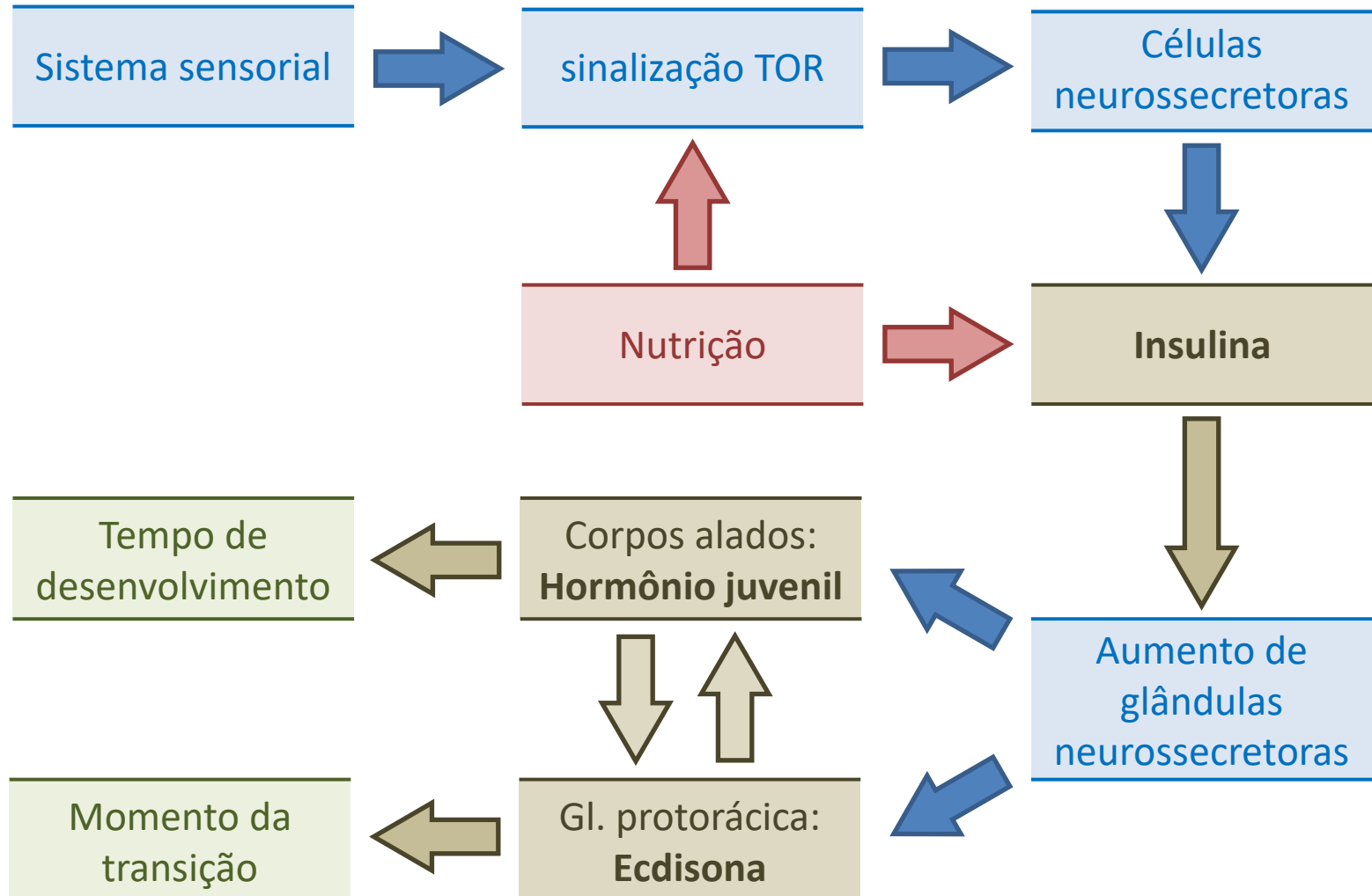
Em formigas, o nível de **HJ** nas larvas depende também de interações sociais (alimentação pelas operárias)



Resumindo, o destino adulto das larvas do himenópteros sociais é influenciado por fatores genéticos, fatores ambientais, fatores nutricionais e interações sociais



## Resumo das interações neuroendócrinas do desenvolvimento em invertebrados



# Morte

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



© Ellen Müller

Em muitos invertebrados senescência e morte são associadas ao desgaste celular

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



... além das mortes acidentais





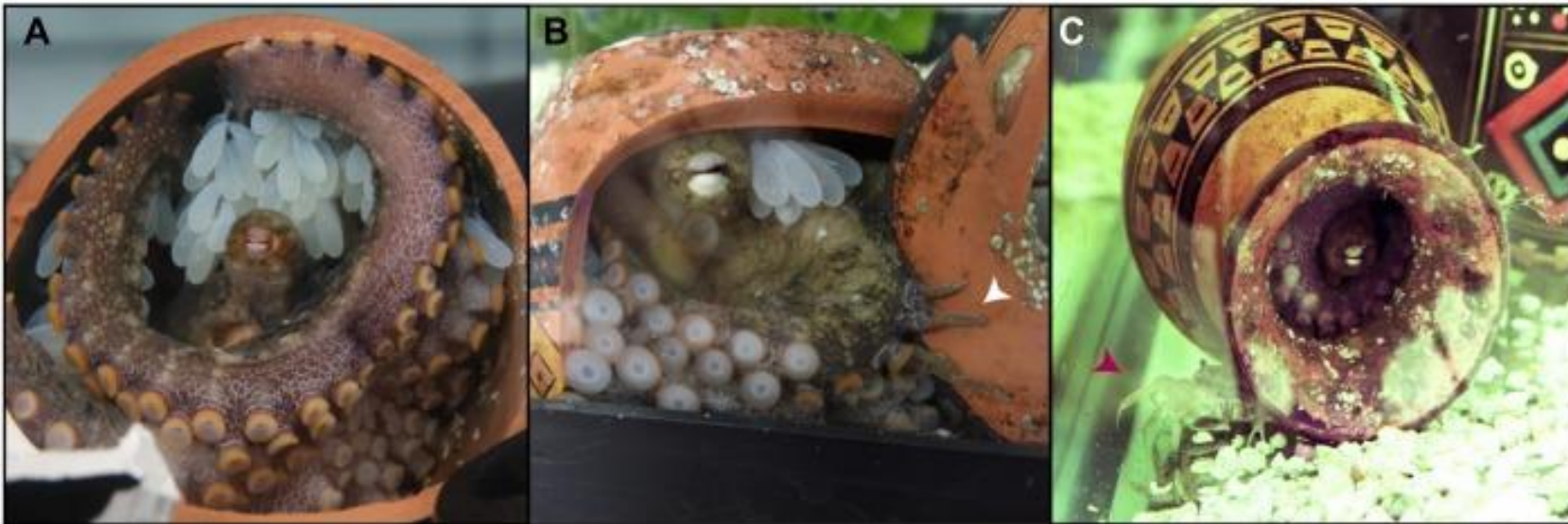
Algumas espécies de polvo (*Octopus sp.*) mostram mudanças comportamentais dramáticas após a desova

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



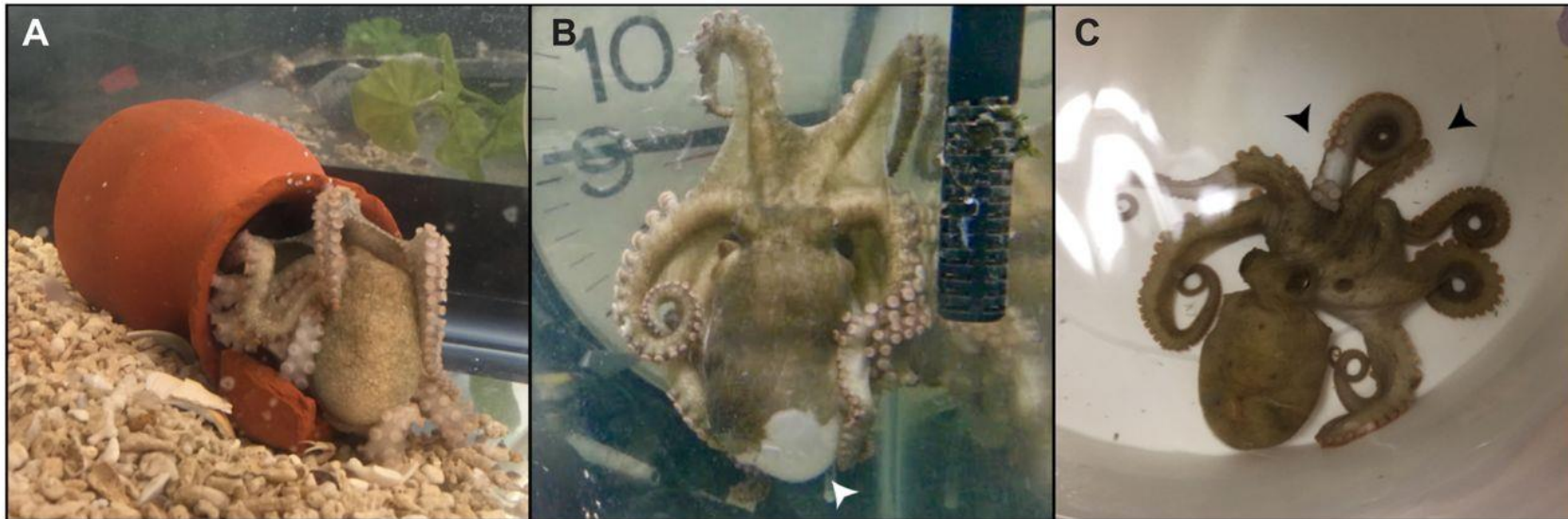
Antes da reprodução, as fêmeas são caçadoras ferozes

Algumas espécies de polvo (*Octopus sp.*) mostram mudanças comportamentais dramáticas após a desova



Na primeira fase pós-desova, as fêmeas atendem sua cria e ainda se alimentam, mas sem sair do esconderijo. Depois entram na fase de regime, recusando qualquer comida

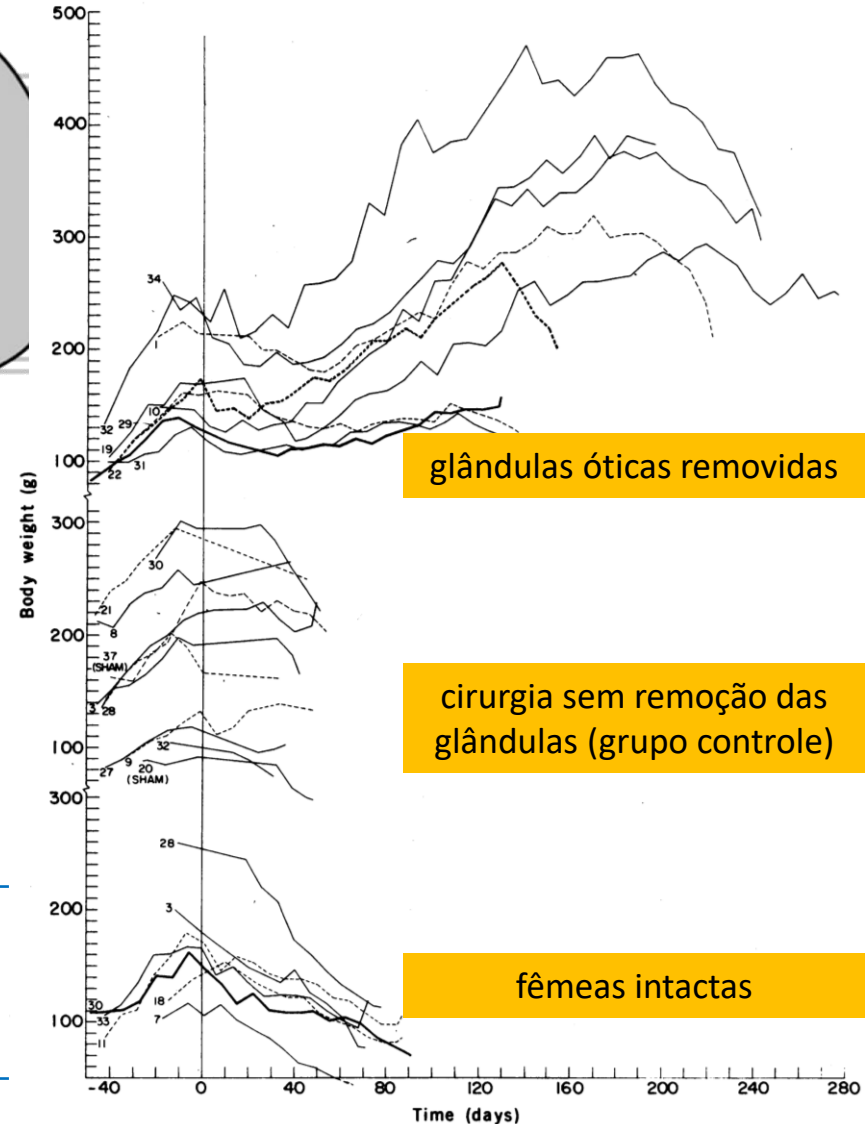
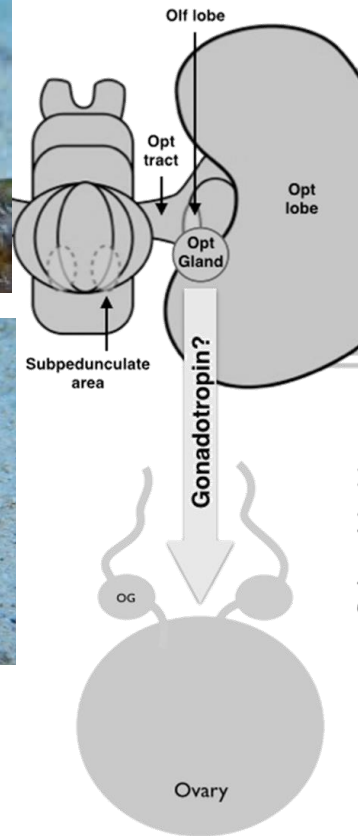
Algumas espécies de polvo (*Octopus sp.*) mostram mudanças comportamentais dramáticas após a desova



Estágio de declínio e senescência – as fêmeas apresentam perda de movimentos coordenados e do tônus muscular e suas feridas não cicatrizam → perda de tecido

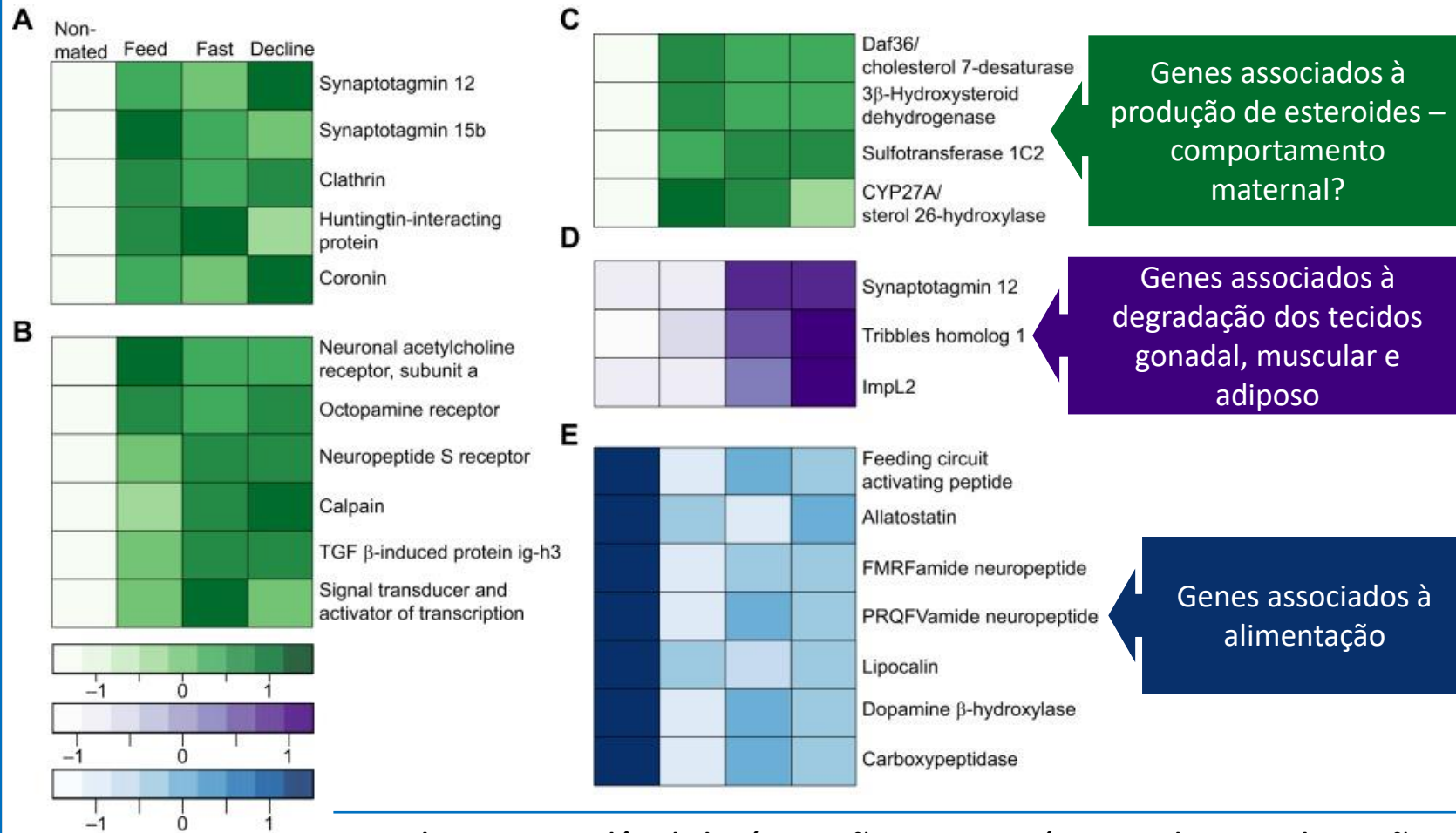
## A remoção das glândulas óticas reverte o declínio das fêmeas pós-desova

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados



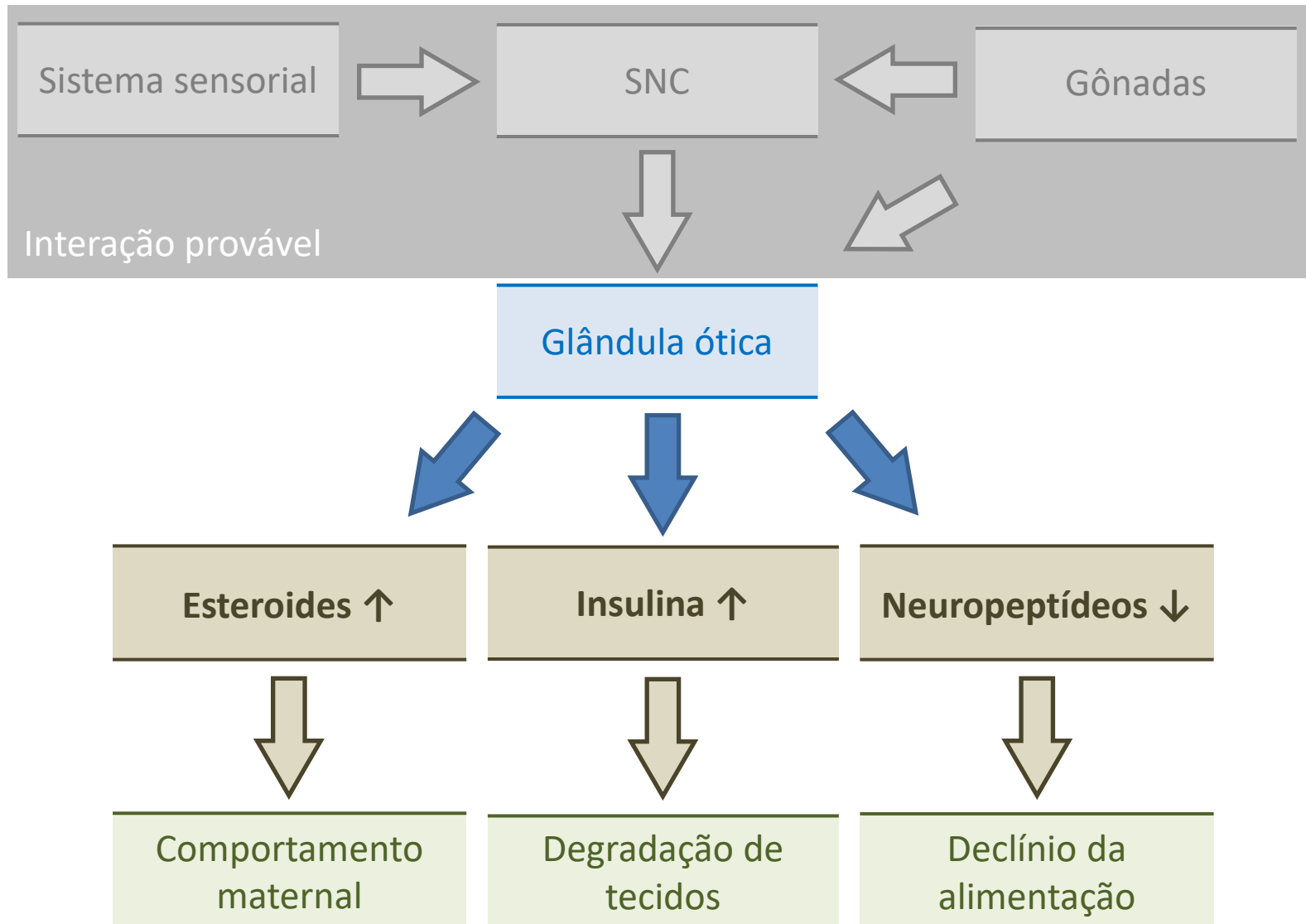
Mudanças nas glândulas óticas são responsáveis pelas mudanças fisiológicas e comportamentais

Após a desova, alguns genes na glândula ótica estão regulados positivamente (aumento da expressão), outros estão regulados negativamente (redução da expressão)



Mudanças na glândula ótica são responsáveis pela coordenação e organização do comportamento das fêmeas pós-desova

## Resumo das interações neuroendócrinas da em polvos



# Sistema neuroendócrino em invertebrados

BIF214 – Sistema neuroendócrino em invertebrados

Grato pela atenção

