



# AUXINAS

**Katia Christina Zuffellato-Ribas**

**AUXINAS = AUXIEN = CRESCER, AUMENTAR**

PRIMEIRO HORMÔNIO VEGETAL

FINAL DO SÉCULO XIX – Charles Darwin

1881 – *The Power of Movement in Plants*

1926 – Fritz Went

# **HORMÔNIOS VEGETAIS**

GRUPO DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS, DE OCORRÊNCIA NATURAL, QUE ATUAM EM PROCESSOS FISIOLÓGICOS, EM BAIXAS CONCENTRAÇÕES.

# HORMÔNIOS VEGETAIS

ATUAM EM PROCESSOS FISIOLÓGICOS COMO:

CRESCIMENTO

DIFERENCIAÇÃO

DESENVOLVIMENTO

MOVIMENTOS...

**HORMÔNIO VEGETAL:** COMPOSTO ORGÂNICO, ENDÓGENO, BAIXAS CONCENTRAÇÕES, PROMOVE, INIBE OU MODIFICA PROCESSOS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DO VEGETAL.

**REGULADOR VEGETAL:** SUBSTÂNCIA SINTETIZADA, APLICADA EXÓGENAMENTE, AÇÃO SIMILAR AOS GRUPOS HORMONAIIS.

**RETARDANTE VEGETAL:** COMPOSTO SINTÉTICO, RETARDA A LONGAMENTO E DIVISÃO CELULAR.

**ESTIMULANTE VEGETAL:** MISTURA DE REGULADORES, OU DE UM OU MAIS REGULADORES COM OUTROS COMPOSTOS (AMINOÁCIDOS, NUTRIENTES, VITAMINAS...)

CASTRO & VIEIRA (2001)

*Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical*

# HORMÔNIO VEGETAL = FITORMÔNIO

KERBAUY (2008)

*Fisiologia Vegetal*

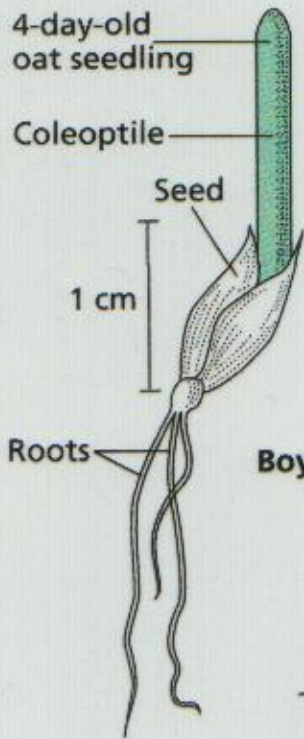
FINAL DO SÉCULO XIX – Charles Darwin

1881 – *The Power of Movement in Plants*

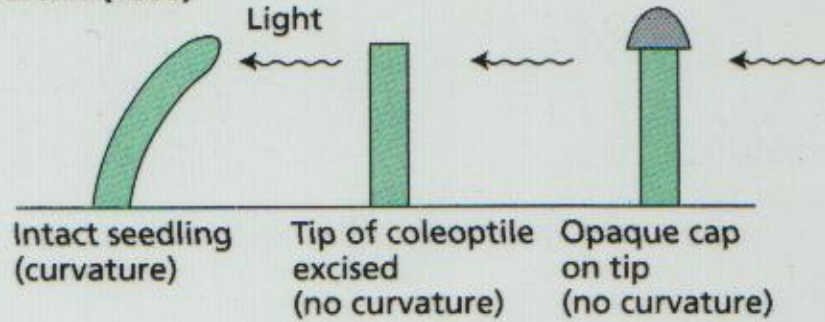
COLEÓPTILOS DE ALPISTE

1926 – Fritz Went

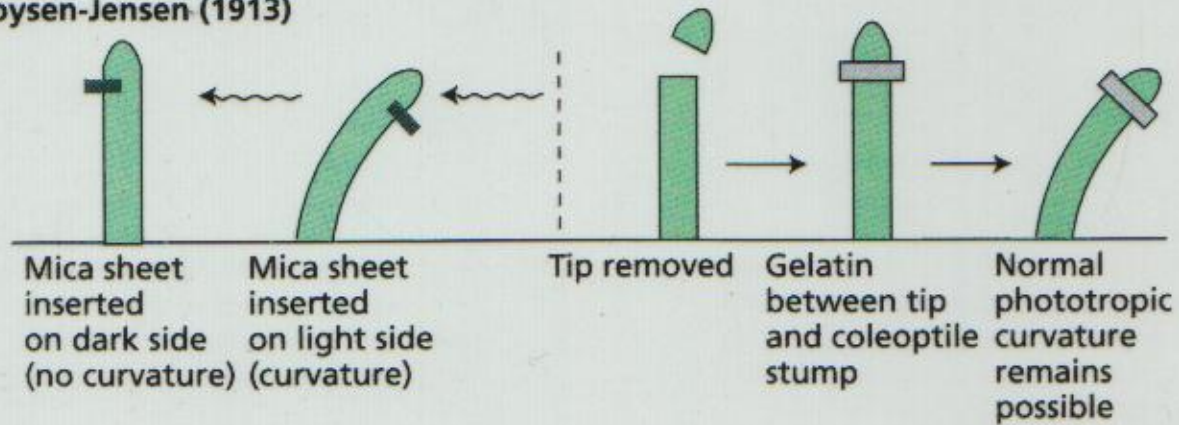
COLEÓPTILOS DE AVEIA



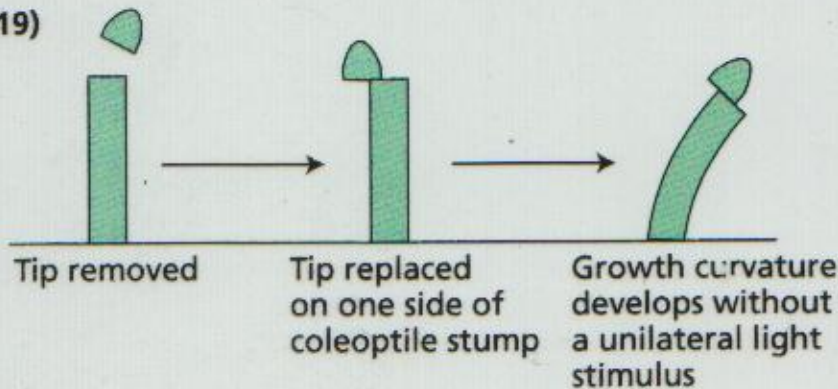
**Darwin (1880)**



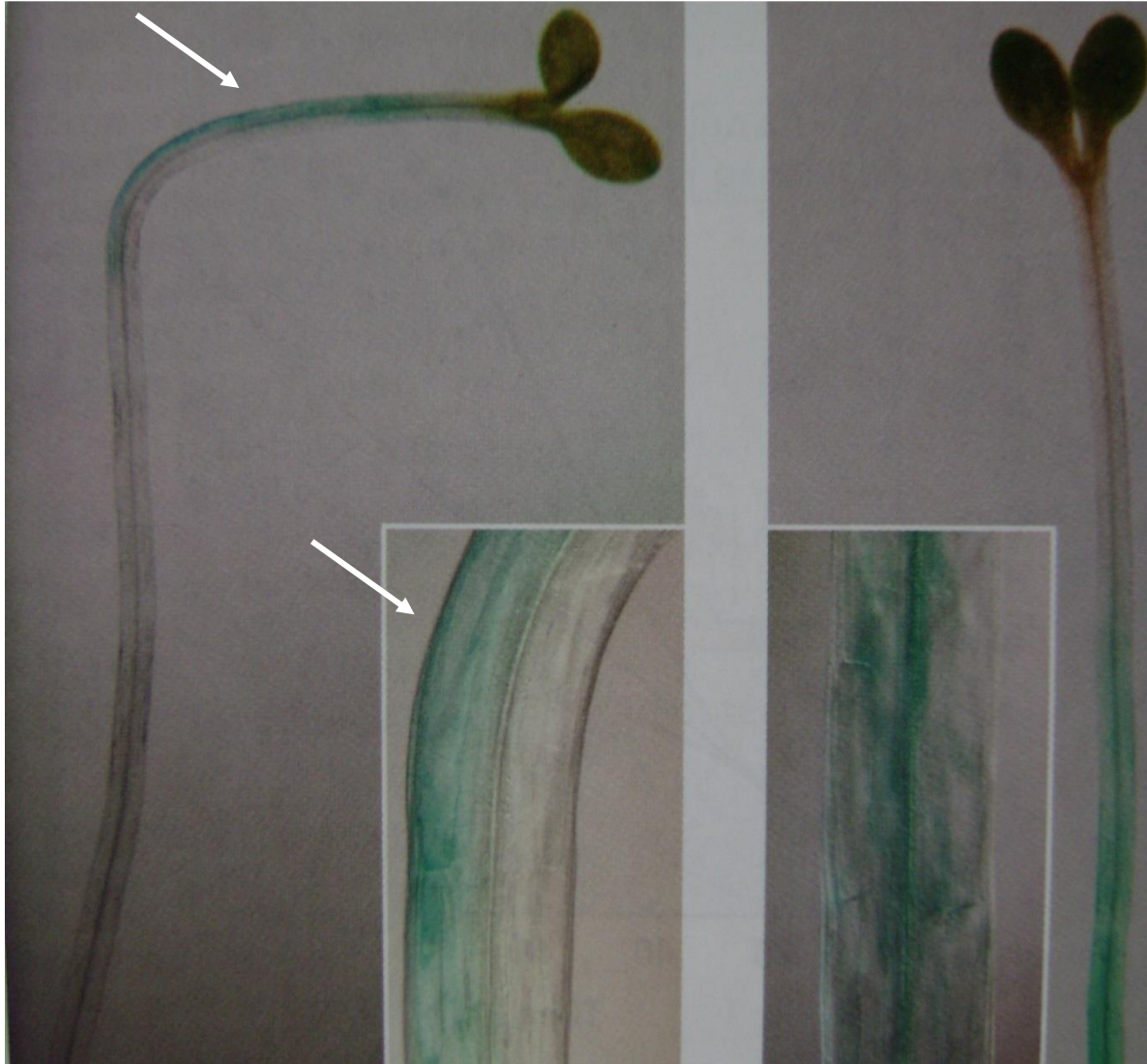
**Boysen-Jensen (1913)**



**Paál (1919)**



# REDISTRIBUIÇÃO LATERAL DE AUXINA DURANTE FOTOTROPISMO EM HIPOCÓTILO DE *Arabidopsis*





*Arabidopsis thaliana*

(Brassicaceae)



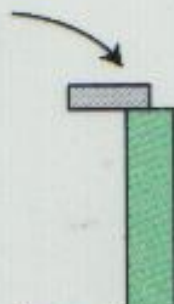
Went (1926)



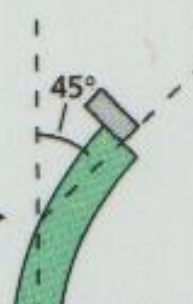
Coleoptile tips on gelatin



Tips discarded; gelatin cut up into smaller blocks



Each gelatin block placed on one side of coleoptile stump



Coleoptile bends in total darkness; angle of curvature can be measured

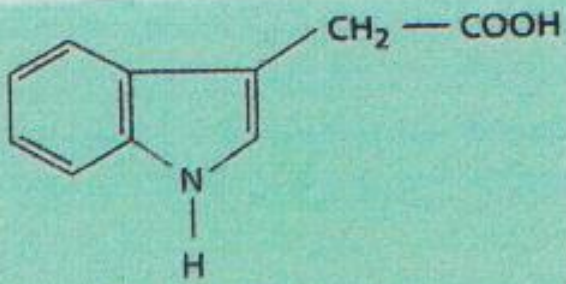
# AUXINAS NATURAIS

ÁCIDO INDOL-3-ACÉTICO (IAA)

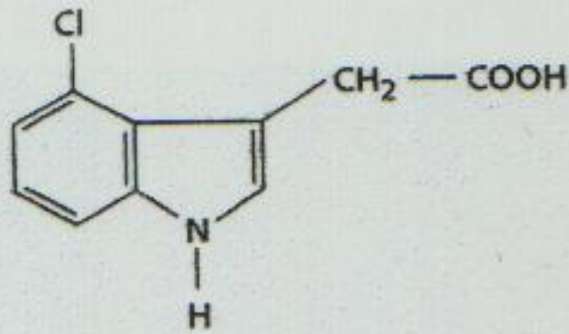
ÁCIDO 4-CLORO-INDOL-3-ACÉTICO (4-CI-IAA)

ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO (IBA)

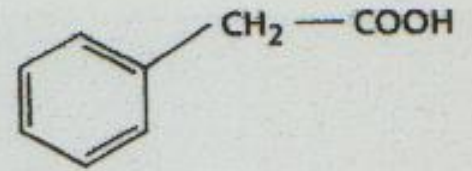
# AUXINAS NATURAIS



ÁCIDO INDOL ACÉTICO  
(IAA)

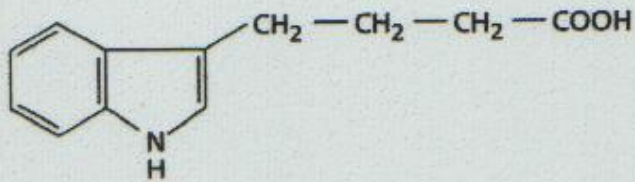


ÁCIDO 4-CLORO INDOL ACÉTICO  
(4-Cl-AA)

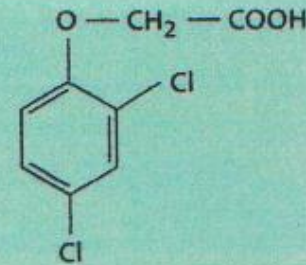


ÁCIDO FENIL ACÉTICO  
(PAA)

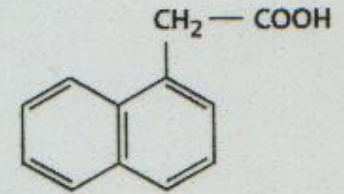
# AUXINAS SINTÉTICAS



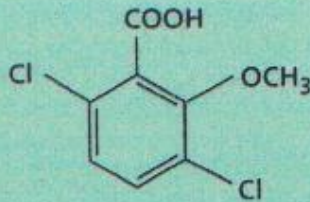
**Indole-3-butyric acid (IBA)**



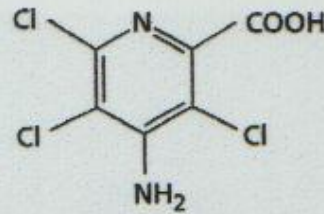
**2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)**



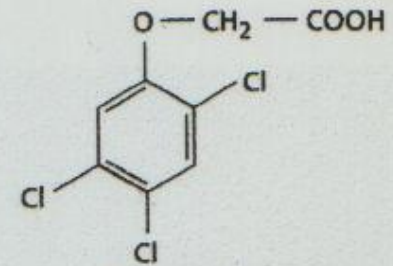
**α-Naphthalene acetic acid (α-NAA)**



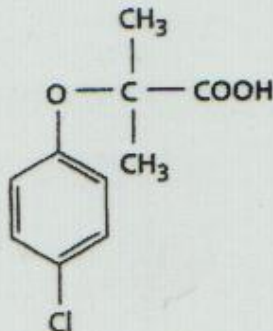
**2-Methoxy-3,6-dichlorobenzoic acid (dicamba)**



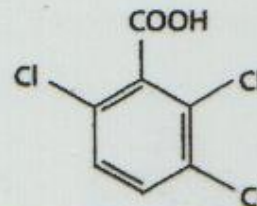
**4-Amino-3,5,6-trichloropicolinic acid (tordon or picloram)**



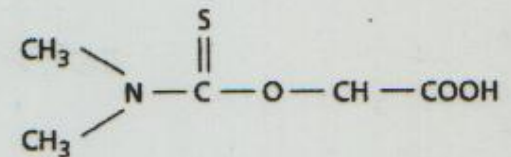
**2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid (2,4,5-T)**



**α-(p-Chlorophenoxy)isobutyric acid (PCIB, an antiauxin)**



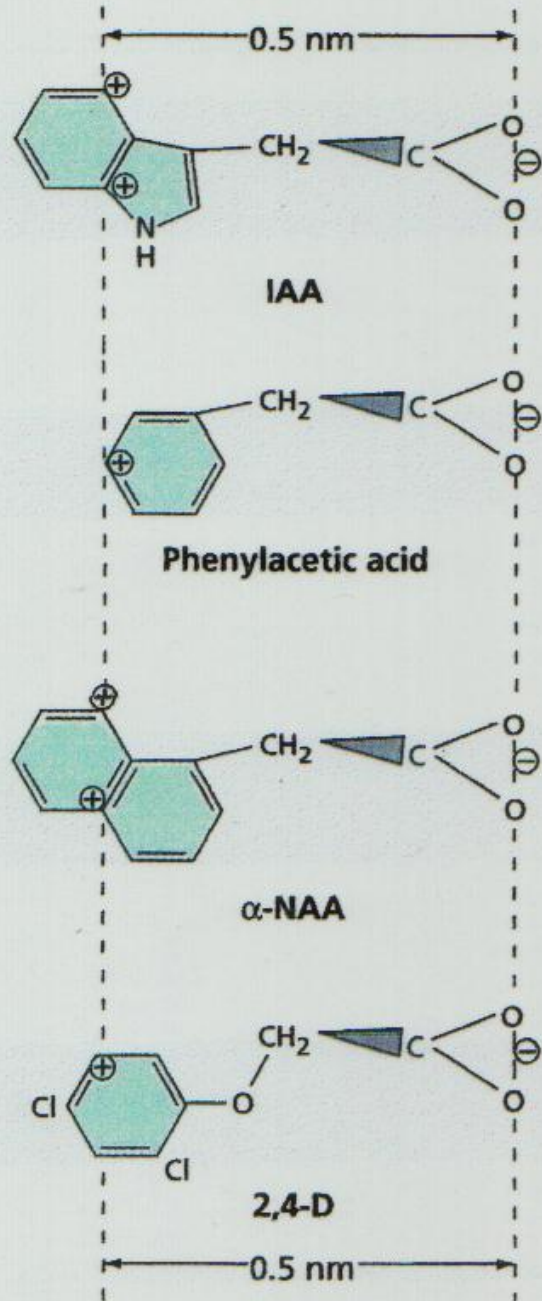
**2,3,6-Trichlorobenzoic acid**



**N,N-Dimethylethylthiocarbamate**

## PARA UM COMPOSTO TER ATIVIDADE AUXÍNICA:

- TER PELO MENOS UM ANEL CÍCLICO INSATURADO
- APRESENTAR UMA CADEIA LATERAL ÁCIDA (COOH)
- SEPARAÇÃO ENTRE RADICAL CARBOXÍLICO E ANEL CÍCLICO (0,5 nm)
- DISPOSIÇÃO ESPACIAL ENTRE ANEL E RADICAL CARBOXÍLICO (cis, orto livre)

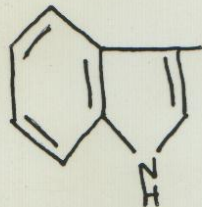


## OUTRAS CARACTERÍSTICAS DAS AUXINAS:

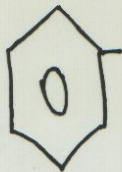
### > COM RELAÇÃO À NATUREZA DO ANEL CÍCLICO:

ANEL TEM QUE SER INSATURADO

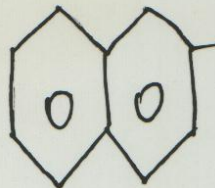
A NATUREZA DO ANEL NÃO É IMPORTANTE



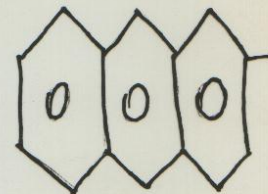
INDOL



BENZENO



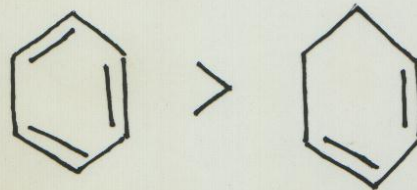
NAFTALENO



ANTRACENO

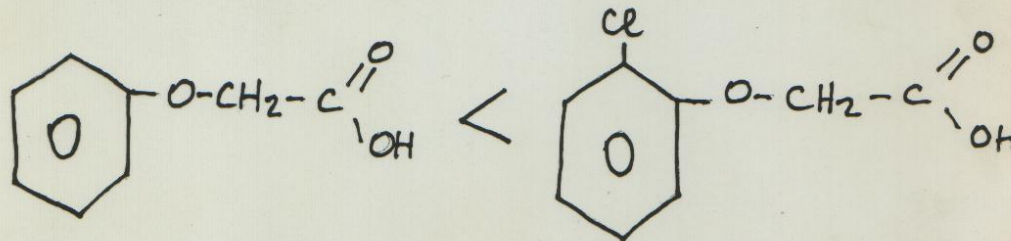
### > COM RELAÇÃO À INSATURAÇÃO:

DIMINUINDO A INSATURAÇÃO, DIMINUI A ATIVIDADE



### > COM RELAÇÃO AO GRAU DE SUBSTITUIÇÃO DO ANEL:

SUBSTITUIÇÃO POR HALOGÊNIOS (Cl > I > Br > F) AUMENTA A ATIVIDADE



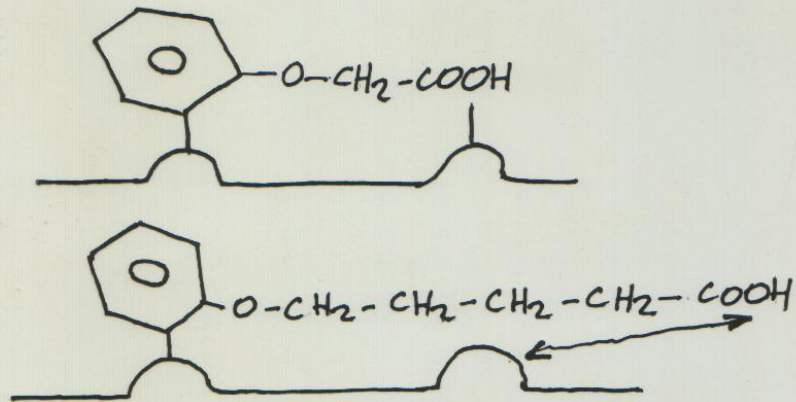
ÁC. NAFTOXIACÉTICO

ÁC. 2-CLORO NAFTOXIACÉTICO



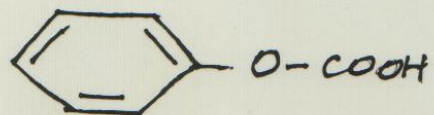
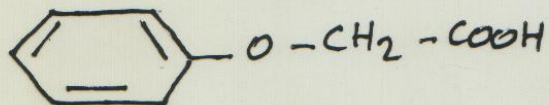
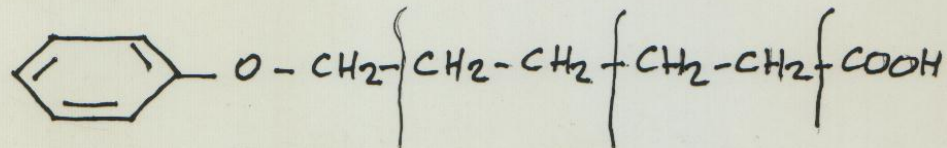
➤ COM RELAÇÃO À CADEIA LATERAL ÁCIDA:

AUMENTANDO O NÚMERO DE C DA CLA, DIMUNUI A ATIVIDADE

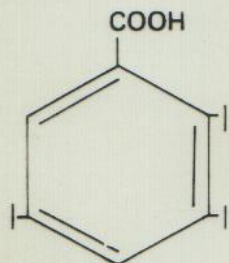


CLA PAR: ATIVIDADE AUXÍNICA

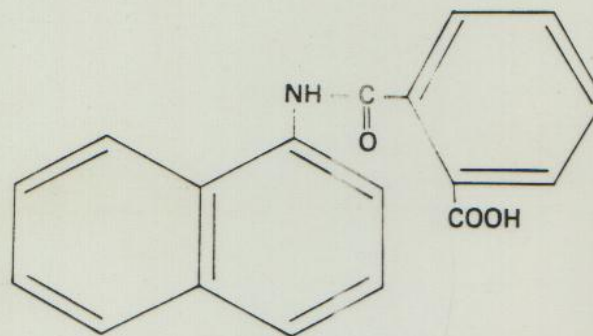
CLA ÍMPAR: NÃO TEM ATIVIDADE AUXÍNICA



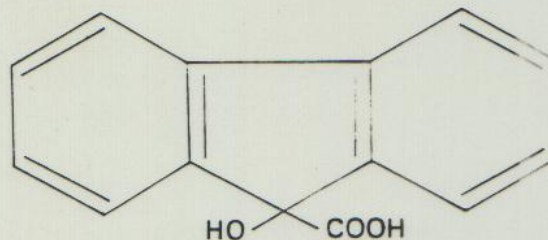
## EXEMPLOS DE ALGUMAS ANTI-AUXINAS



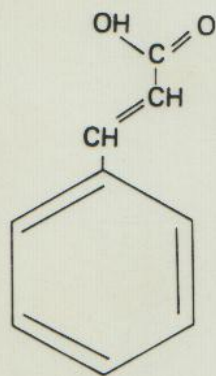
Ac. 2,3,5-triiodo-  
benzóico  
(TIBA)



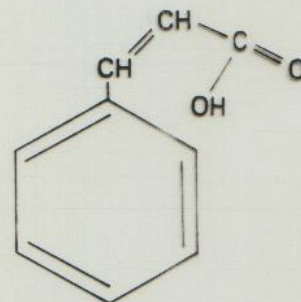
Ac. N-naftaleno-ftalâmico (NPA)



Ac. 9-fluorenolcarboxílico (morfactina)

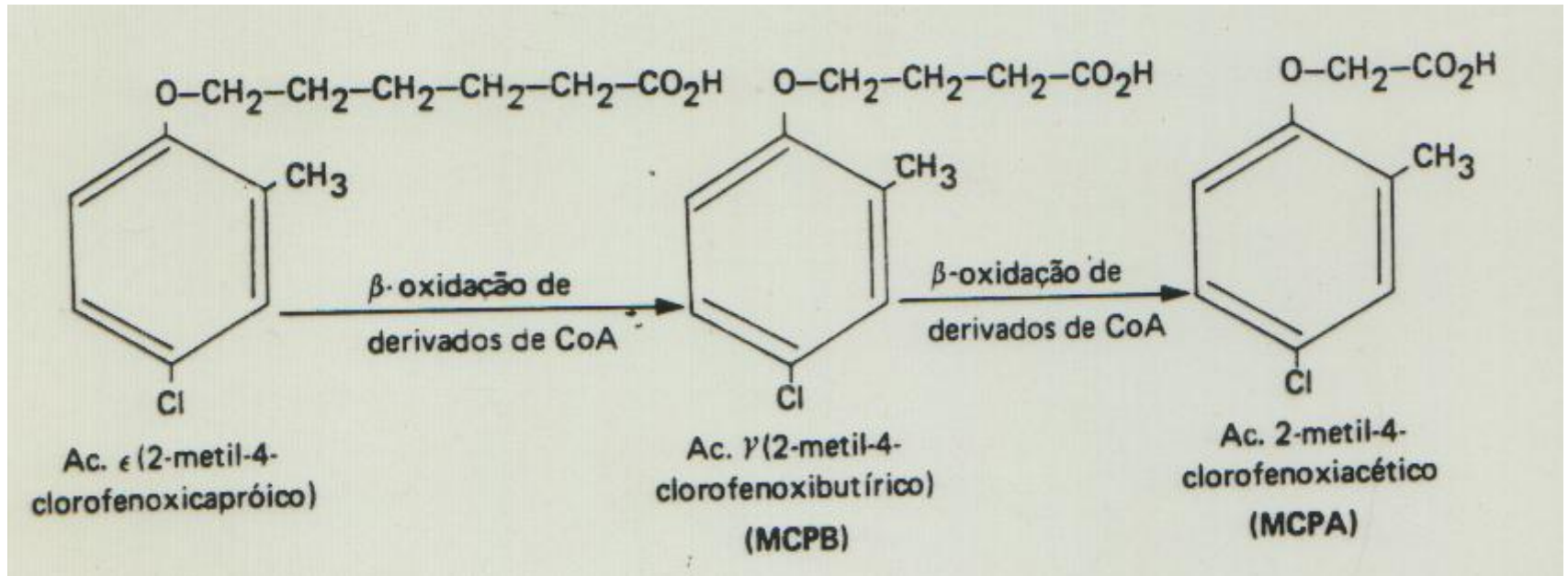


Ac. trans cinâmico  
(anti-auxina)

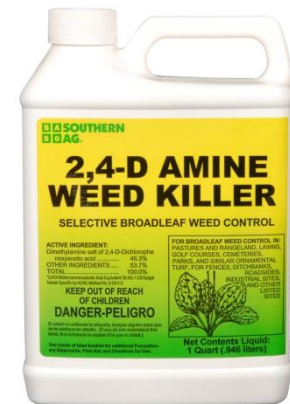
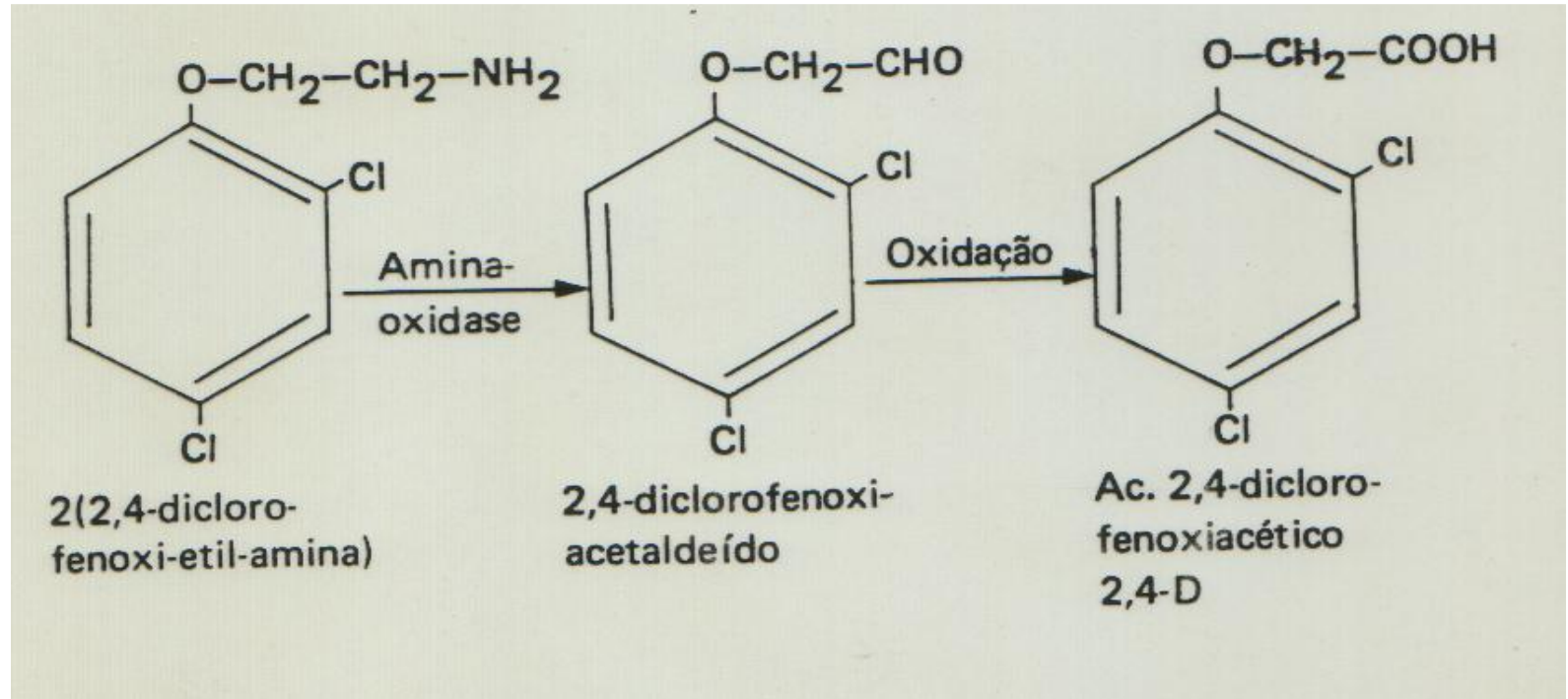


Ac. cis-cinâmico  
(auxina)

## EXEMPLOS DE “SÍNTESE LETAL” (AÇÃO SELETIVA DE HERBICIDAS)



# EXEMPLOS DE “SÍNTESE LETAL” (AÇÃO SELETIVA DE HERBICIDAS)



# LOCAIS DE SÍNTESE DE AUXINAS

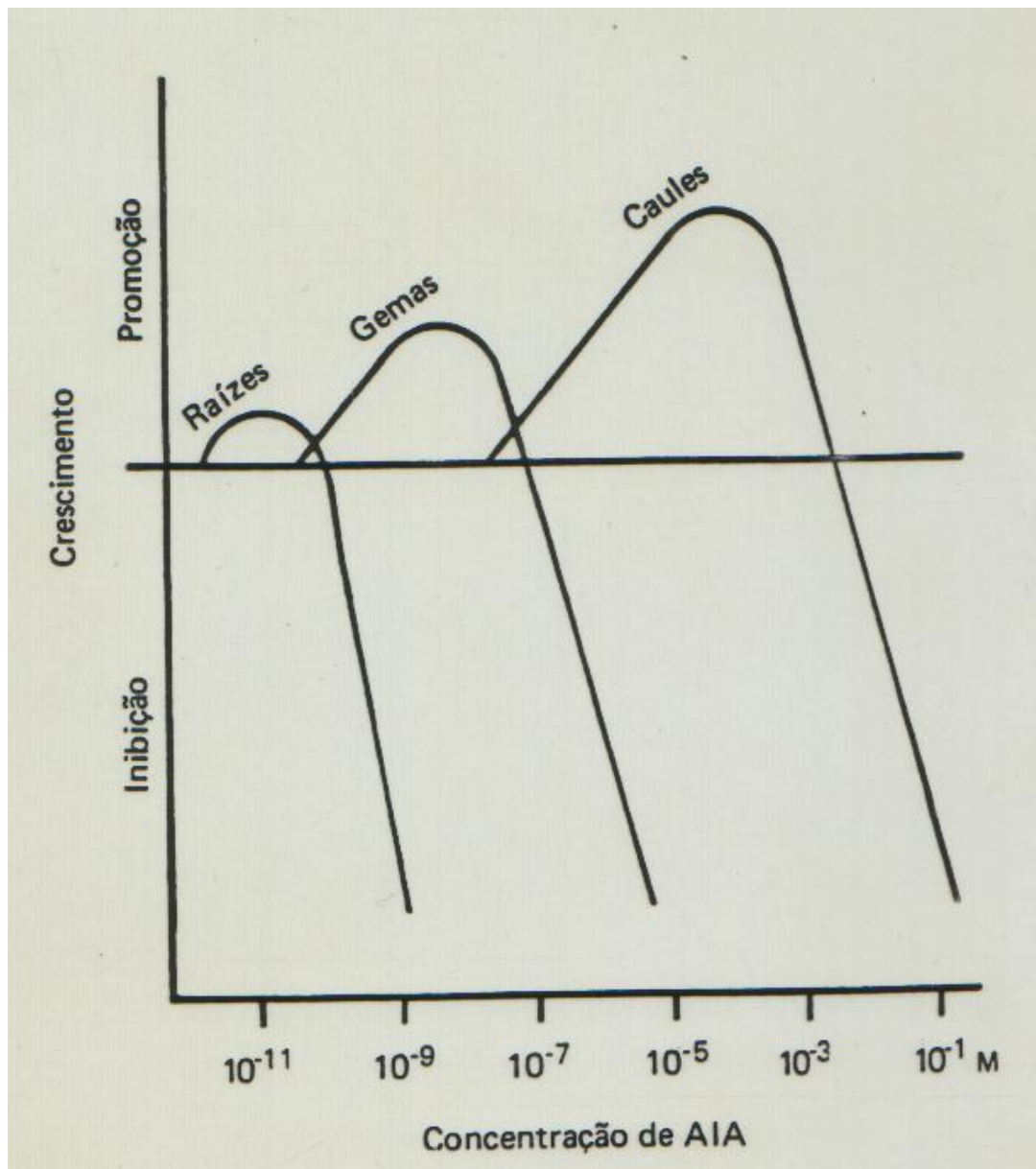
- REGIÕES MERISTEMÁTICAS
- ÁPICES CAULINARES\*\*\*
- ÁPICES RADICULARES
- FOLHAS JOVENS
- FLORES
- FRUTOS

**MERISTEMA APICAL**



*Bougainvillea* sp.

# SENSIBILIDADE DE DIFERENTES ÓRGÃOS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE AUXINAS



IPÊ BRANCO

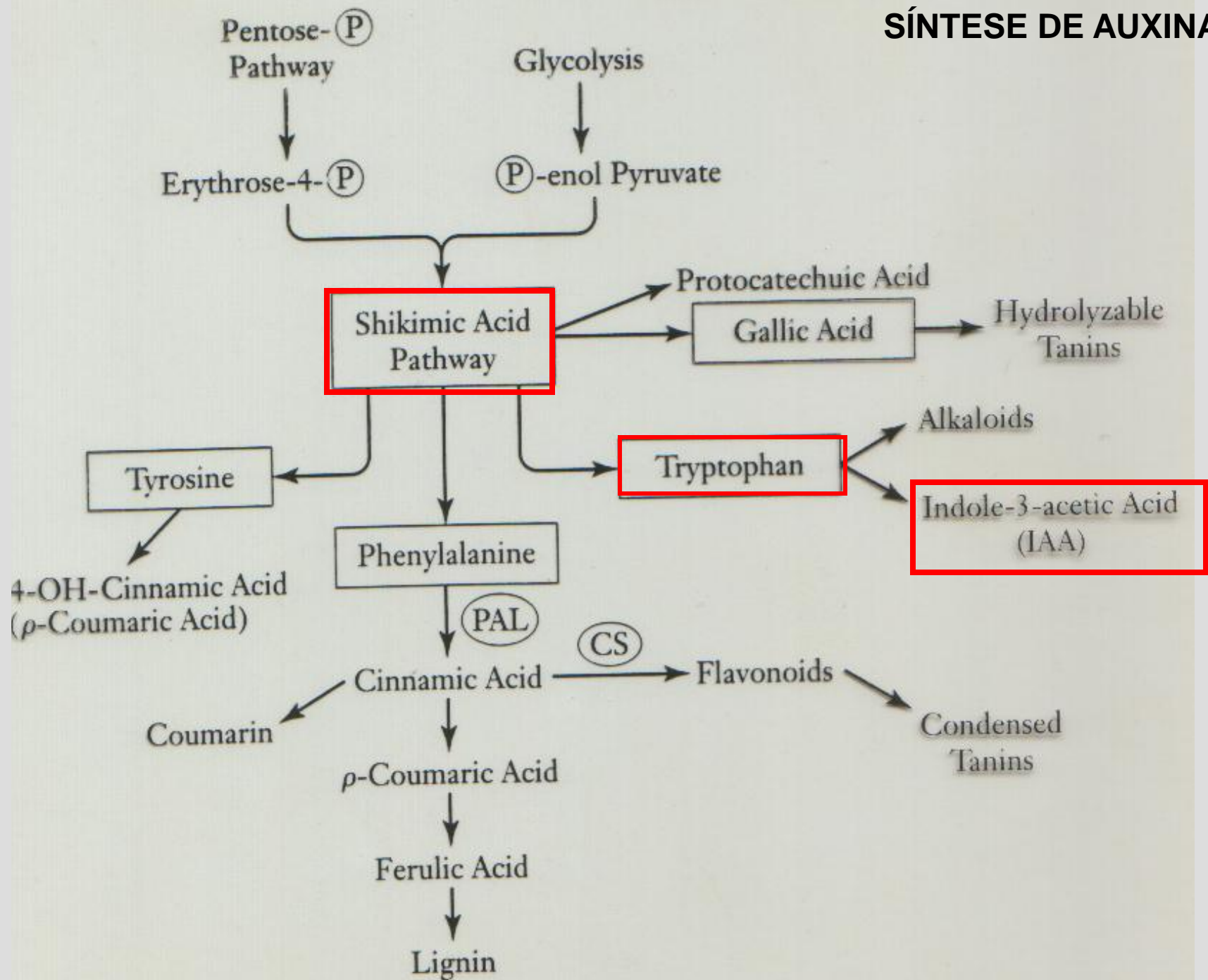




# IPÊ AMARELO



# SÍNTESE DE AUXINAS

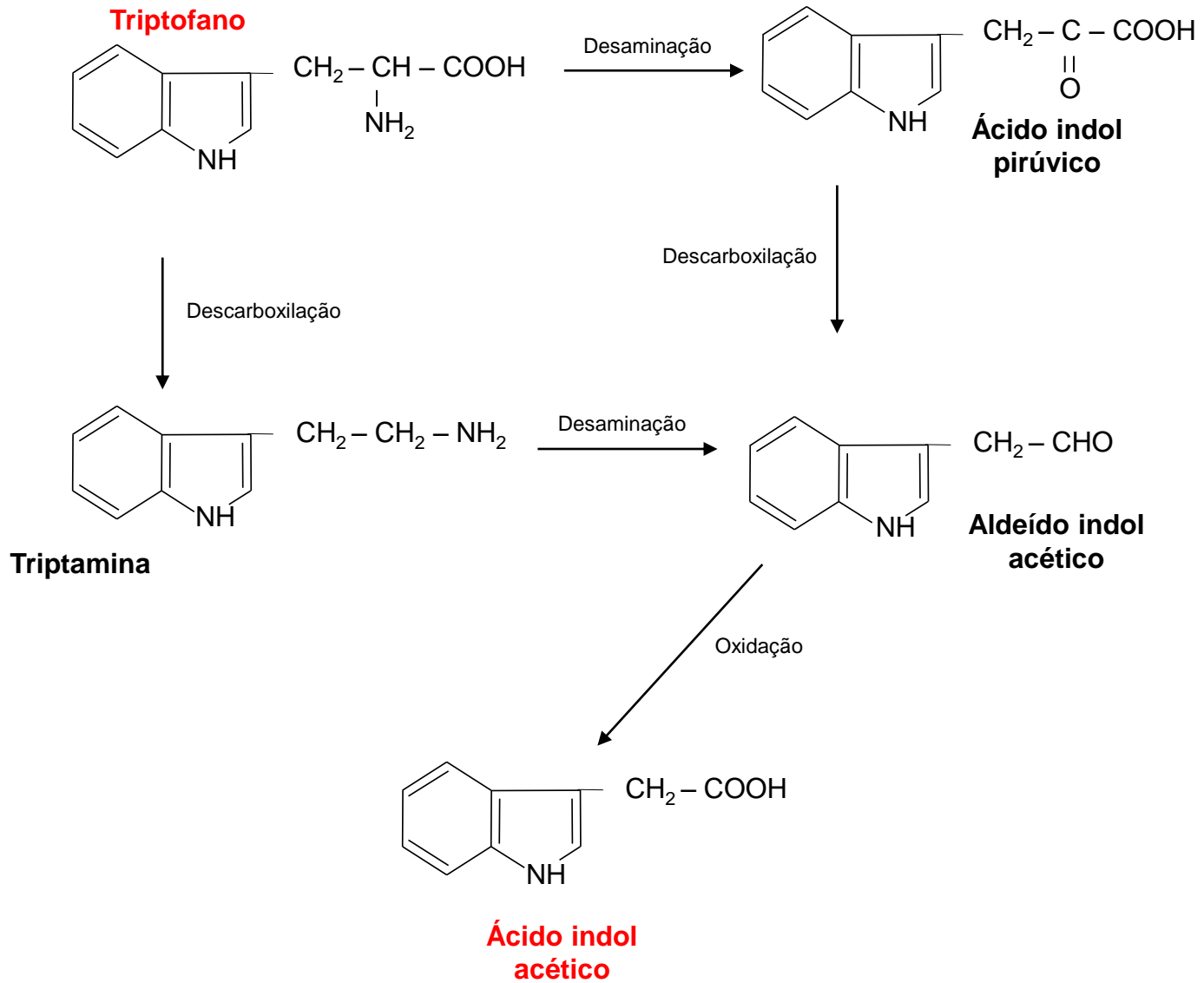


# **SÍNTESE DE AUXINAS**

**1- Vias dependentes de triptofano**

**2- Vias não dependentes de triptofano**

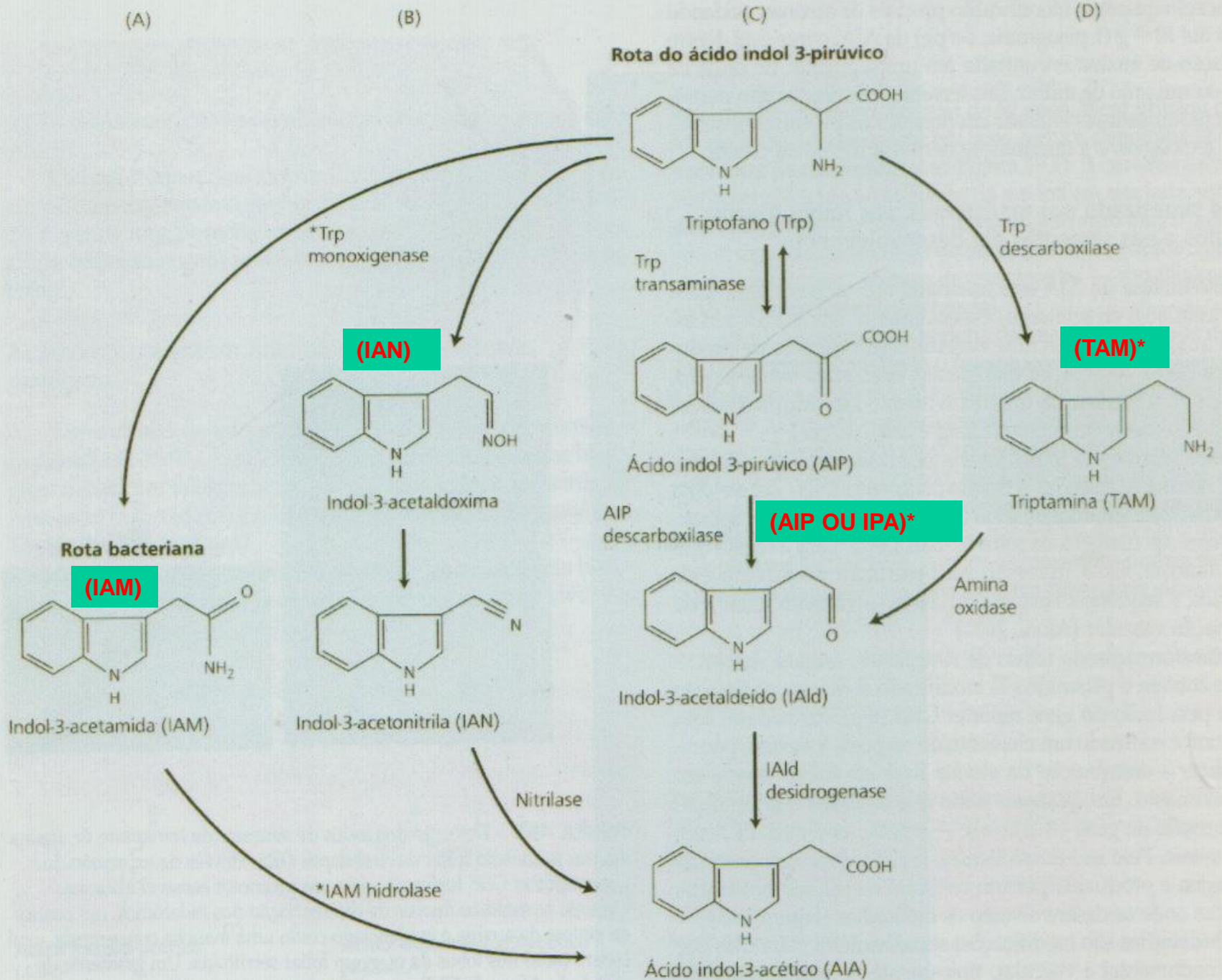
# SÍNTESE DE AUXINAS



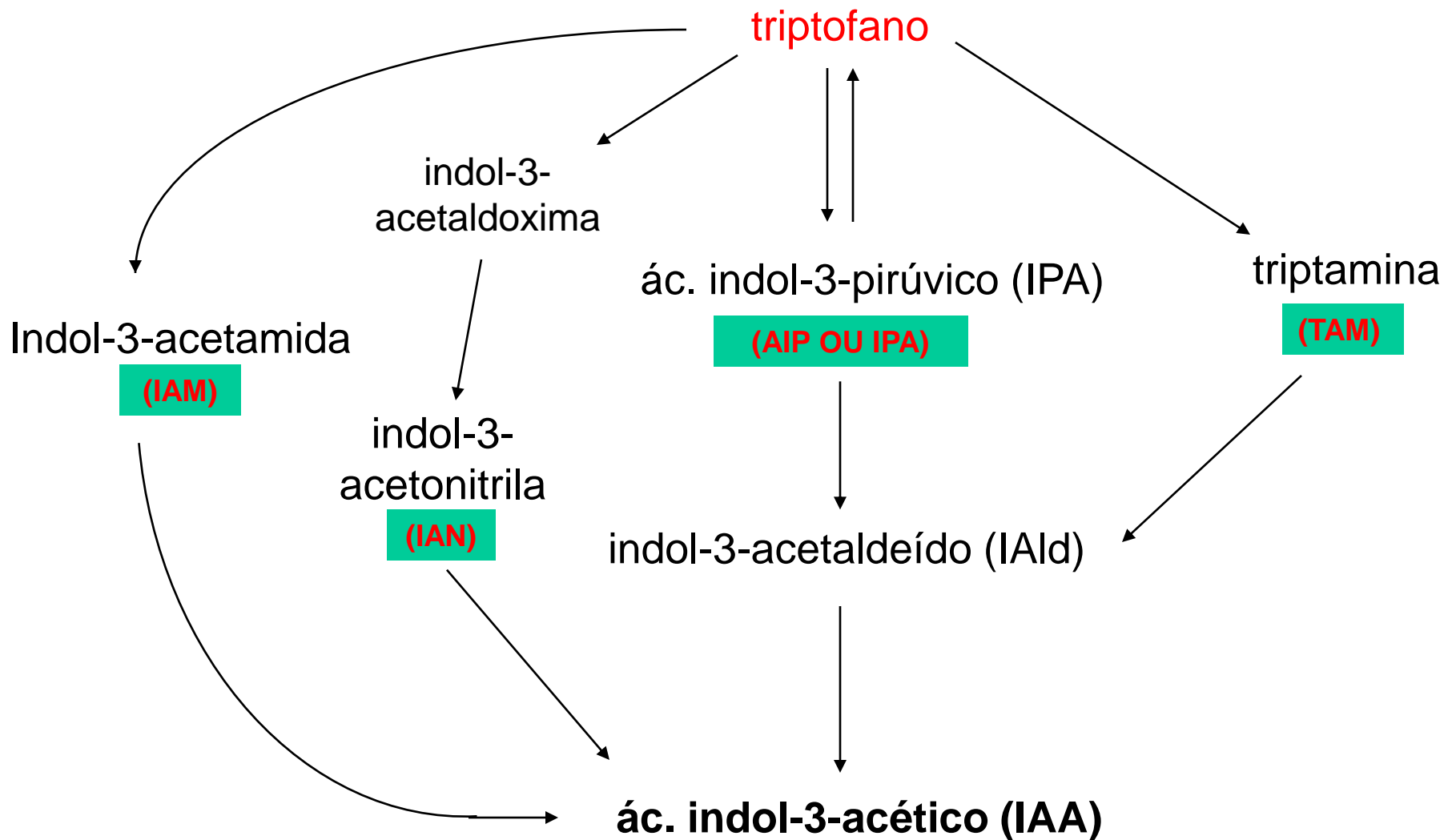
# 1- VIAS DEPENDENTES DE TRIPTOFANO

- Rota do ácido indol-3-pirúvico (IPA\*)
- Rota da triptamina (TAM\*)
- Rota do indol-3-acetonitrila (IAN) Brassicaceae, Poaceae, Musaceae
- Rota do indol-3-acetamida (IAM) Bactérias

# SÍNTESE DE AUXINAS



# VIAS DEPENDENTES DE TRIPTOFANO

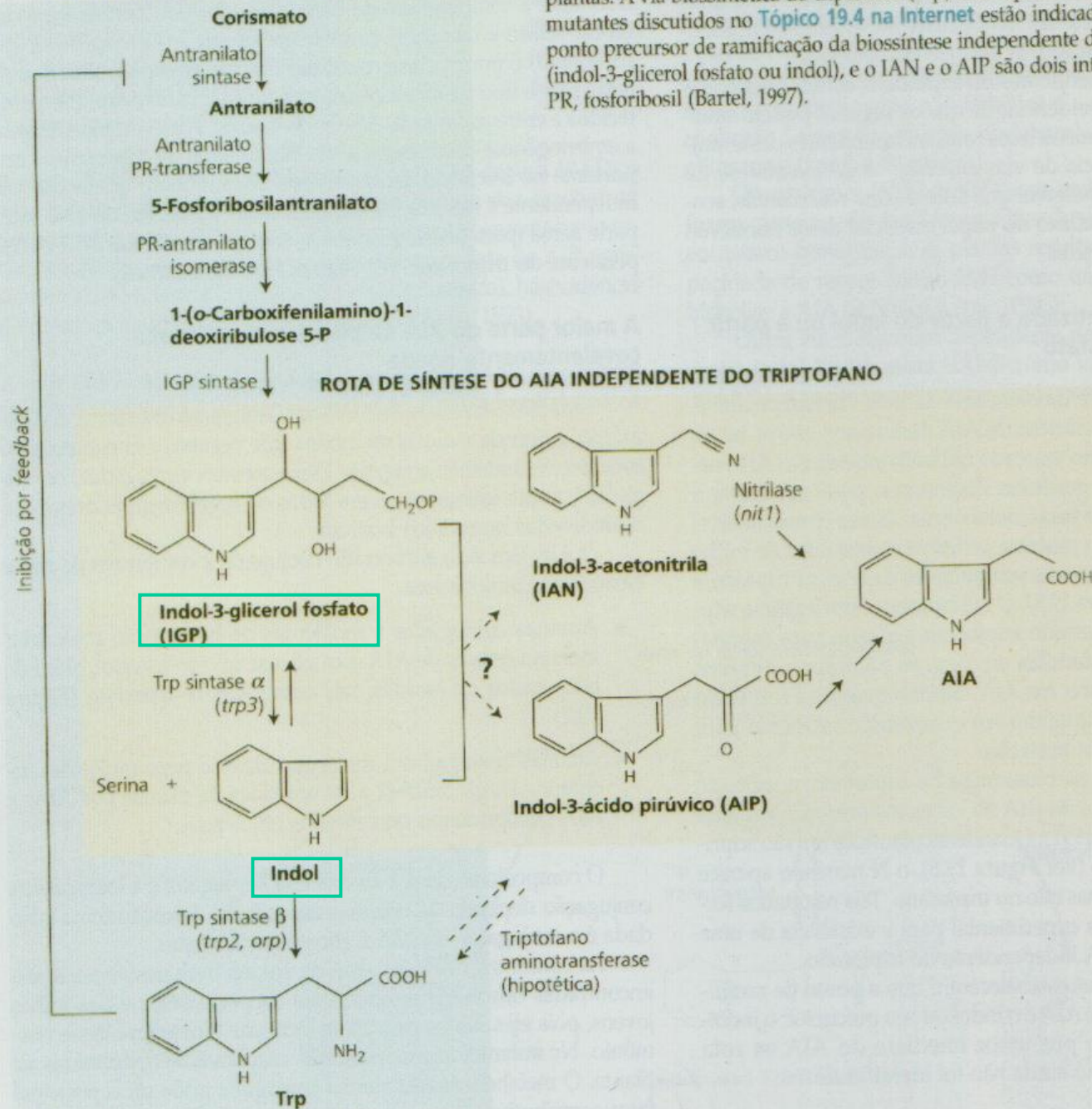


## **2- VIAS NÃO DEPENDENTES DE TRIPTOFANO**

- Rota do indol
- Rota do indol-3-glicerol fosfato

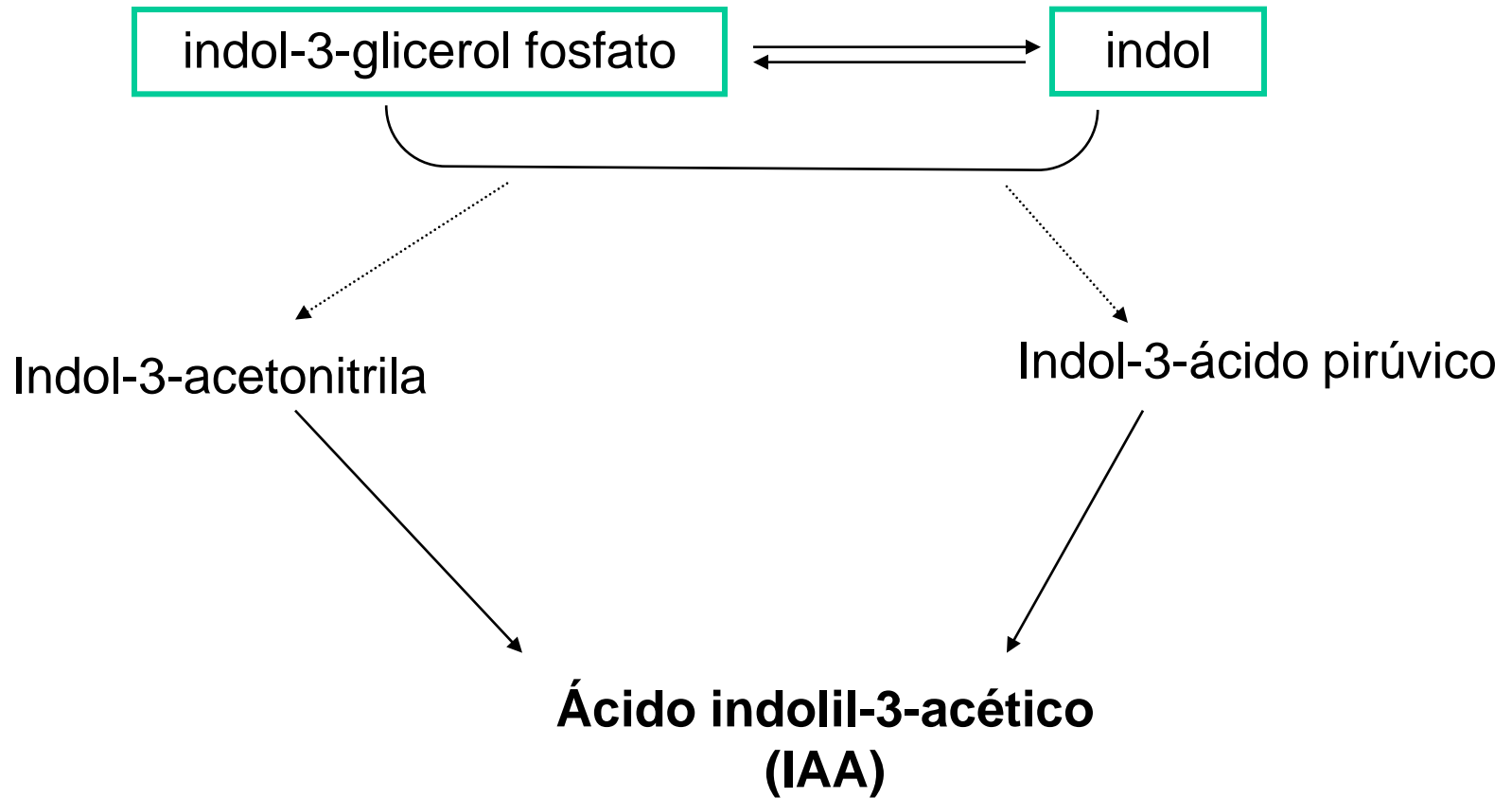


## ROTA BIOSSINTÉTICA DO TRIPTOFANO

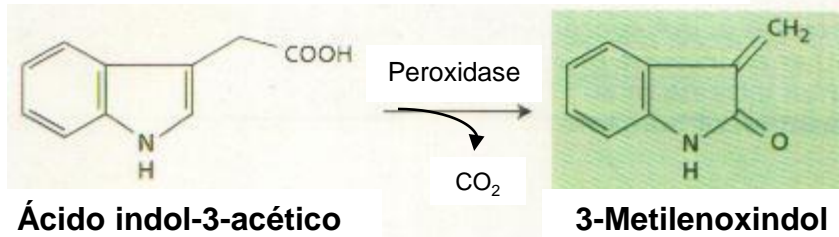


**FIGURA 19.8** As rotas de biossíntese de AIA independentes do triptofano em plantas. A via biossintética do triptofano (Trp) está representada à esquerda. Os mutantes discutidos no **Tópico 19.4 na Internet** estão indicados nos parênteses. O ponto precursor de ramificação da biossíntese independente do triptofano é duvidoso (indol-3-glicerol fosfato ou indol), e o IAN e o AIP são dois intermediários possíveis. PR, fosforibosil (Bartel, 1997).

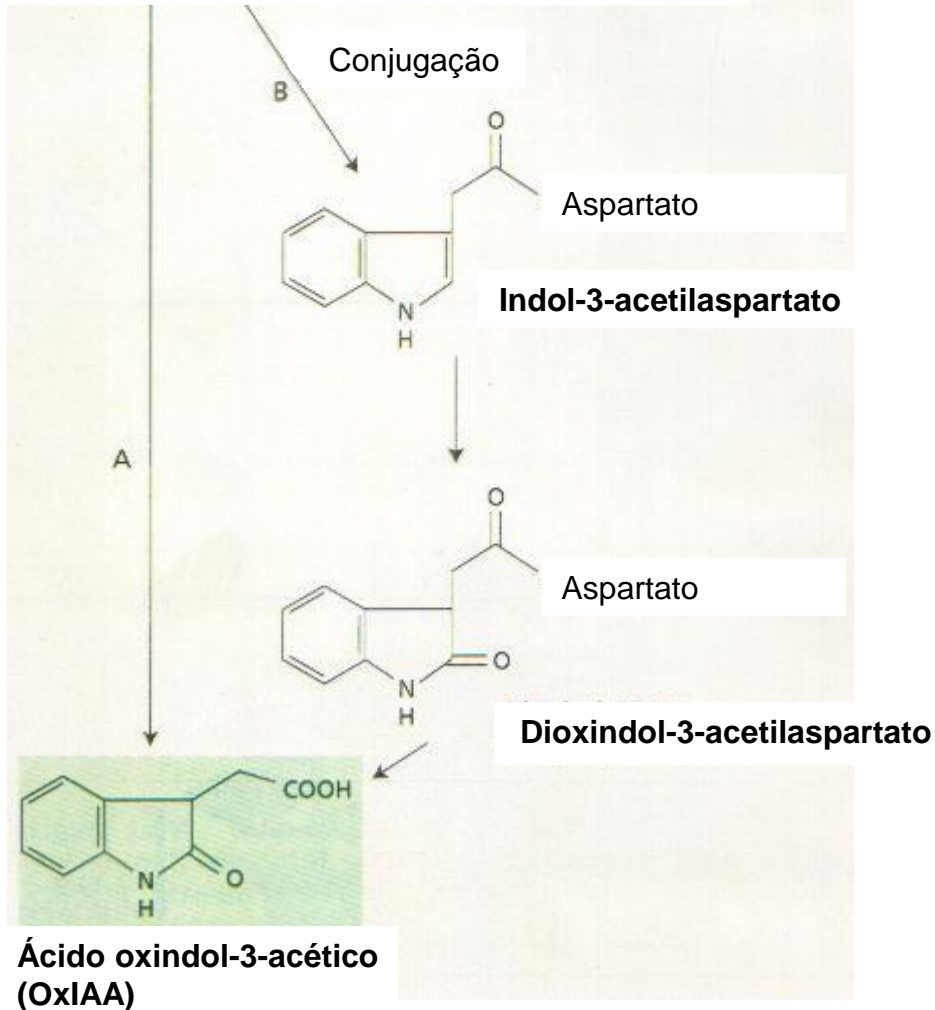
# VIAS NÃO DEPENDENTES DE TRIPTOFANO



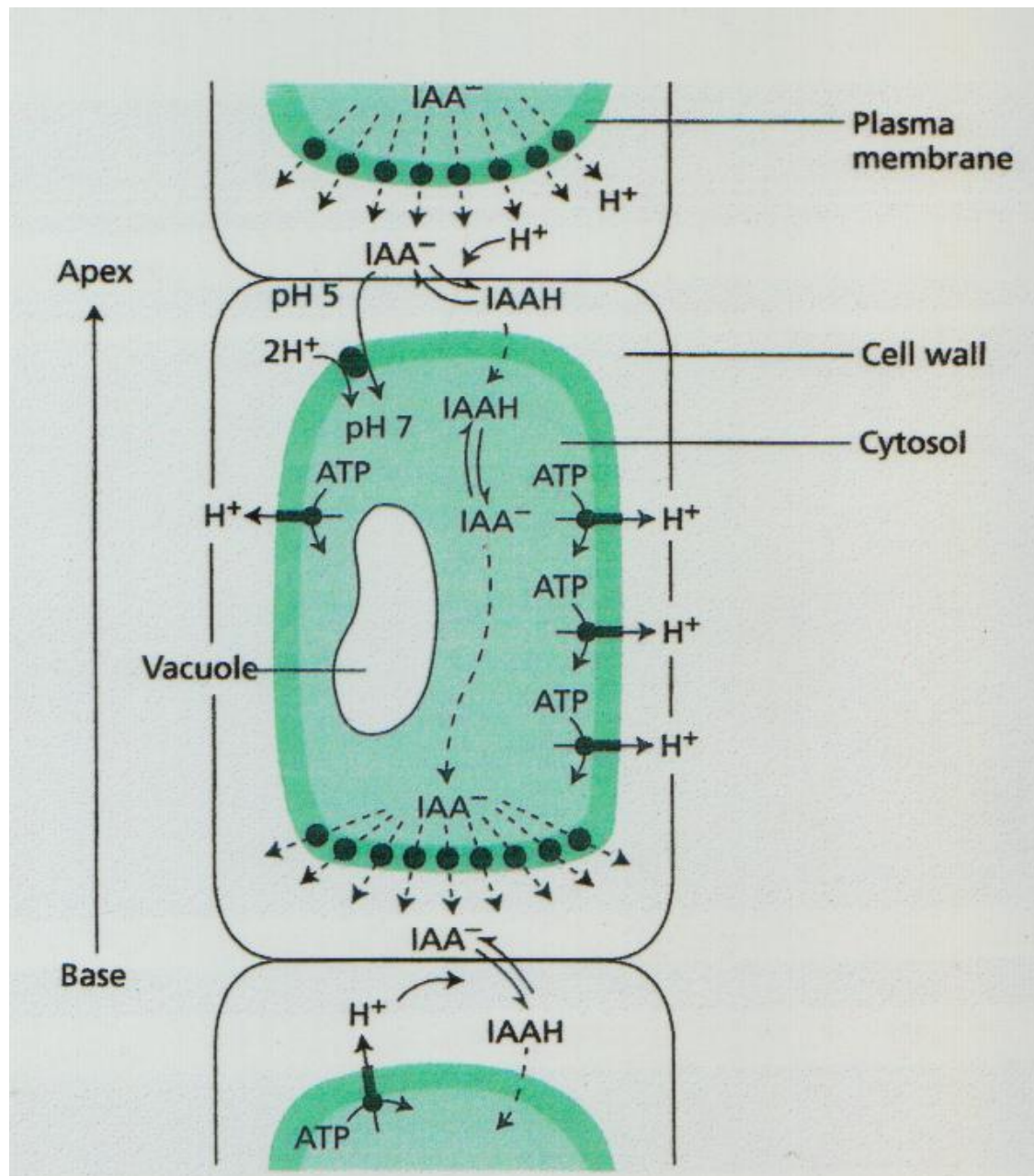
## (A) Descarboxilação: rota secundária



## (B) Rotas não descarboxilativas

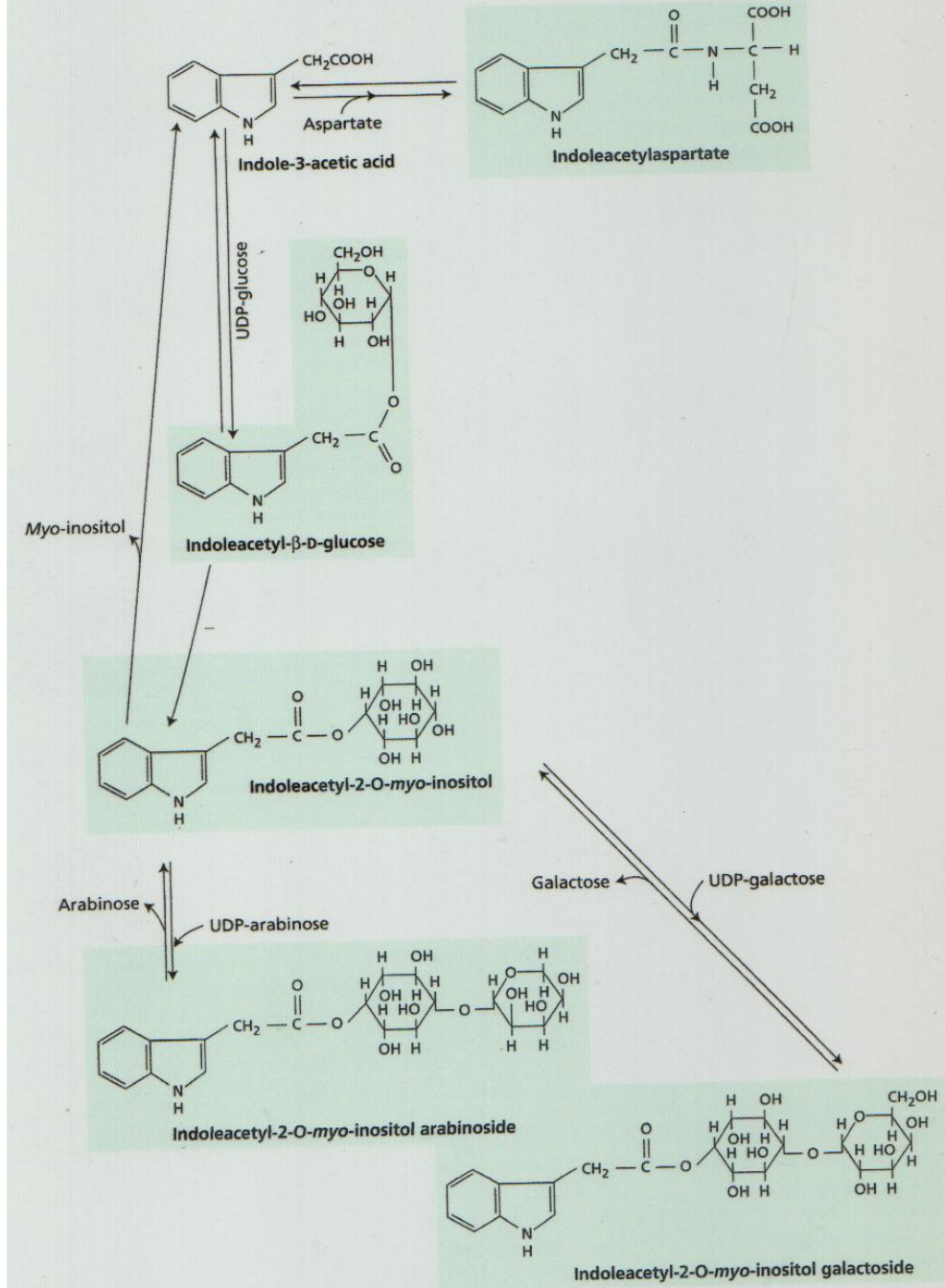


# TRANSPORTE DE IAA



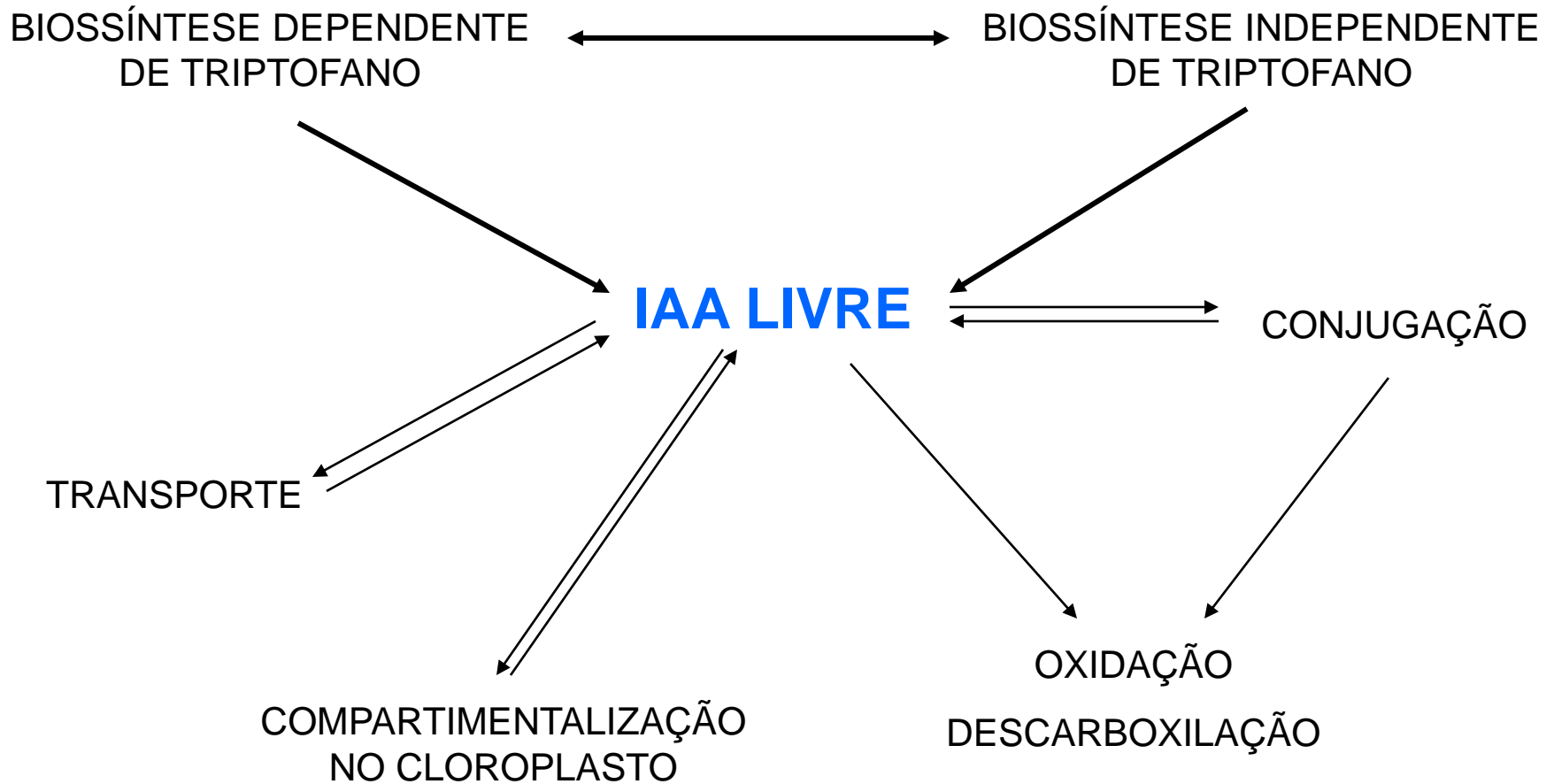
MODELO QUIMIOSMÓTICO DO TRANSPORTE POLAR DE AUXINA

# CONJUGAÇÃO DE IAA

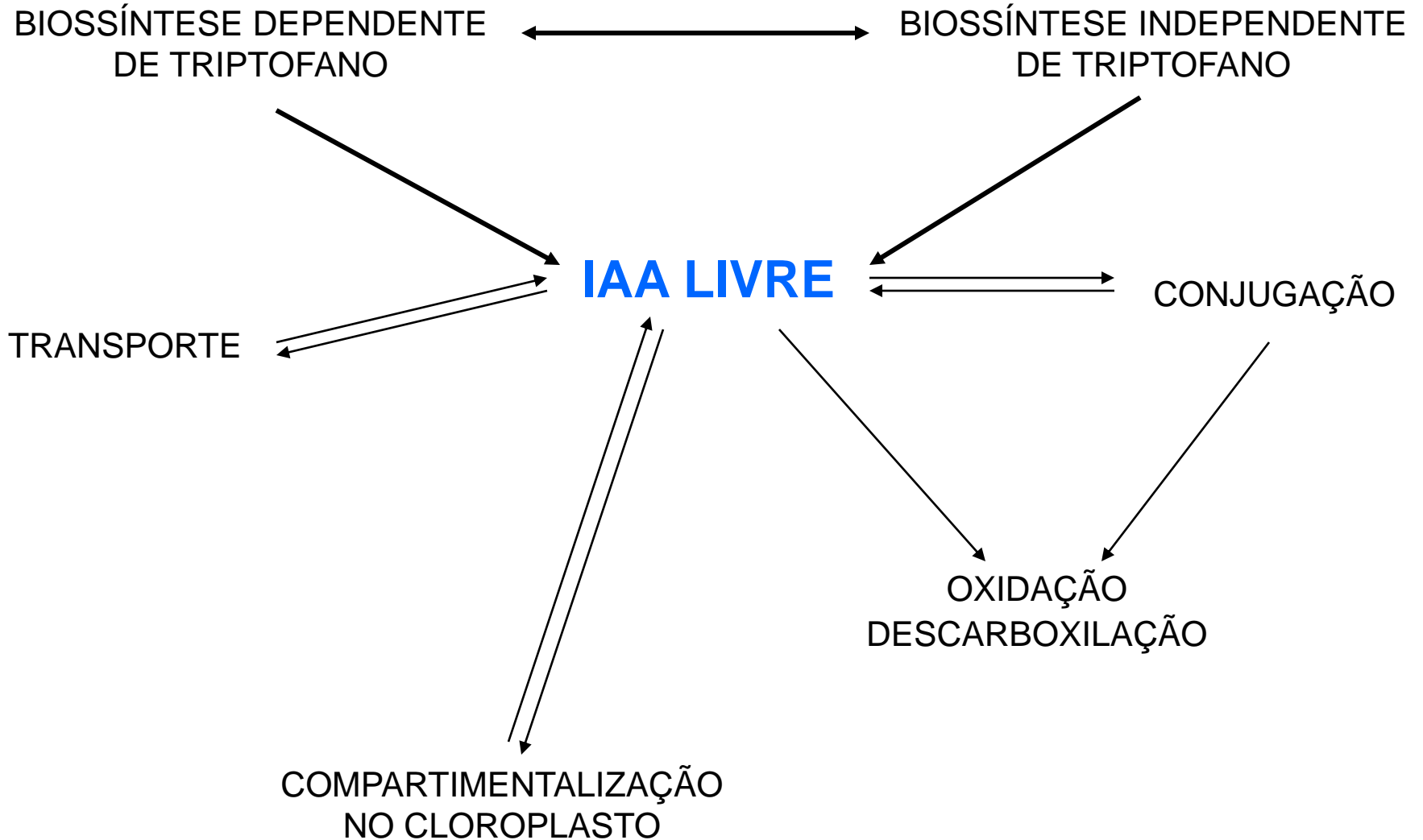


## VIAS METABÓLICAS DE AUXINAS CONJUGADAS

# CONTROLE DOS NÍVEIS DE AUXINAS

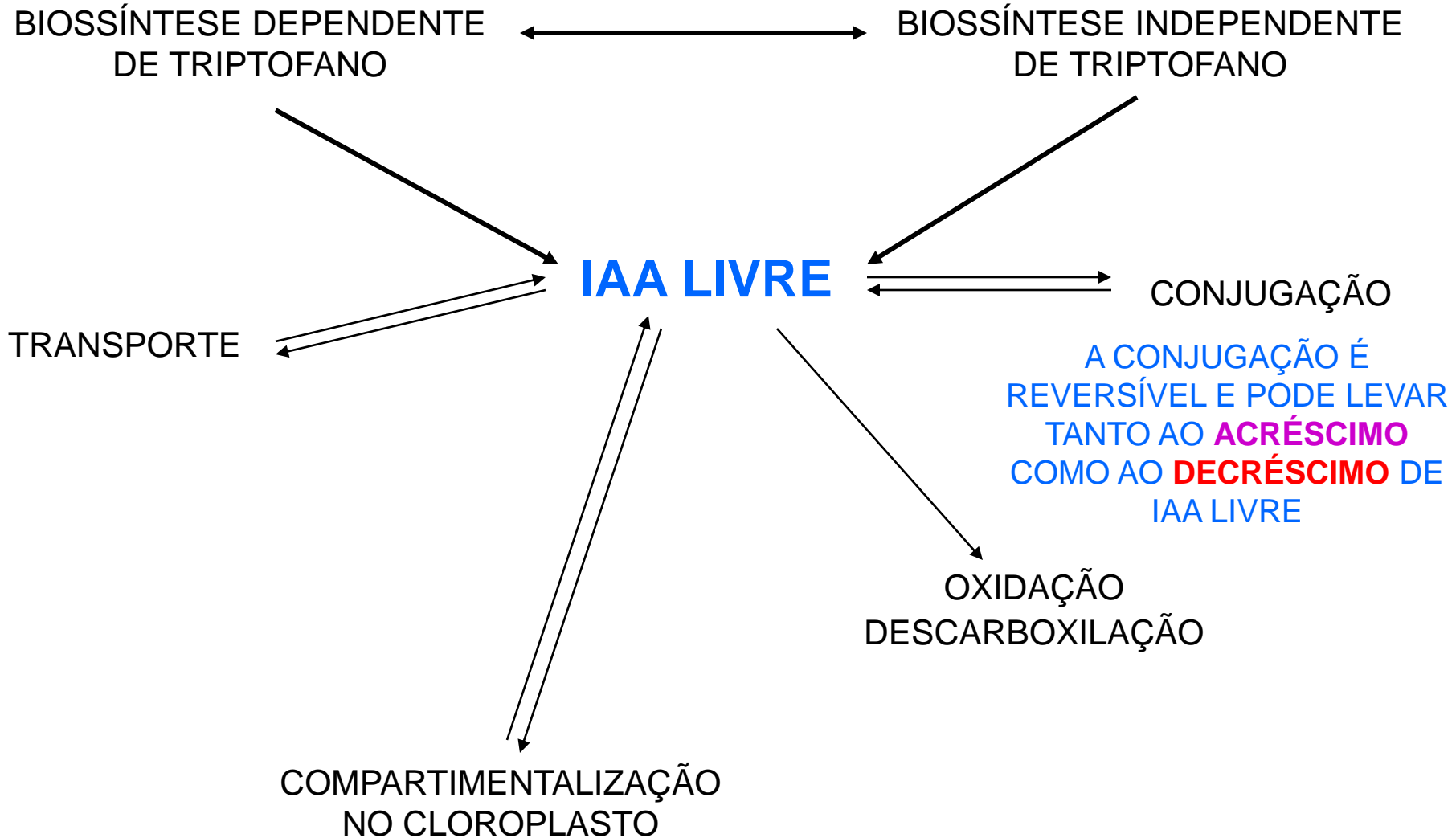


VIA DE BIOSÍNTESE DEPENDENTE E INDEPENDENTE DE TRIPTOFANO PODE LEVAR SOMENTE AO **ACRÉSCIMO** NA CONCENTRAÇÃO DE IAA LIVRE



# AUXINAS

VIA DE BIOSÍNTESE DEPENDENTE E INDEPENDENTE DE TRIPTOFANO PODE LEVAR SOMENTE AO **ACRÉSCIMO** NA CONCENTRAÇÃO DE IAA LIVRE





# AUXINAS

VIA DE BIOSÍNTESE DEPENDENTE E INDEPENDENTE DE TRIPTOFANO PODE LEVAR SOMENTE AO **ACRÉSCIMO** NA CONCENTRAÇÃO DE IAA LIVRE

BIOSSÍNTESE DEPENDENTE DE TRIPTOFANO

BIOSSÍNTESE INDEPENDENTE DE TRIPTOFANO

**IAA LIVRE**

CONJUGAÇÃO

TRANSPORTE

A CONJUGAÇÃO É REVERSÍVEL E PODE LEVAR TANTO AO **ACRÉSCIMO** COMO AO **DECRÉSCIMO** DE IAA LIVRE

OXIDAÇÃO  
DESCARBOXILAÇÃO

A DEGRADAÇÃO (PELA ROTA NÃO-DESCARBOXILATIVA OU PELA DESCARBOXILAÇÃO) LEVA SOMENTE AO **DECRÉSCIMO** DA CONCENTRAÇÃO DE IAA

COMPARTIMENTALIZAÇÃO NO CLOROPLASTO

# AUXINAS

VIA DE BIOSÍNTESE DEPENDENTE E INDEPENDENTE DE TRIPTOFANO PODE LEVAR SOMENTE AO **ACRÉSCIMO** NA CONCENTRAÇÃO DE IAA LIVRE

BIOSSÍNTESE DEPENDENTE DE TRIPTOFANO

BIOSSÍNTESE INDEPENDENTE DE TRIPTOFANO

**IAA LIVRE**

CONJUGAÇÃO

TRANSPORTE

A CONJUGAÇÃO É REVERSÍVEL E PODE LEVAR TANTO AO **ACRÉSCIMO** COMO AO **DECRÉSCIMO** DE IAA LIVRE

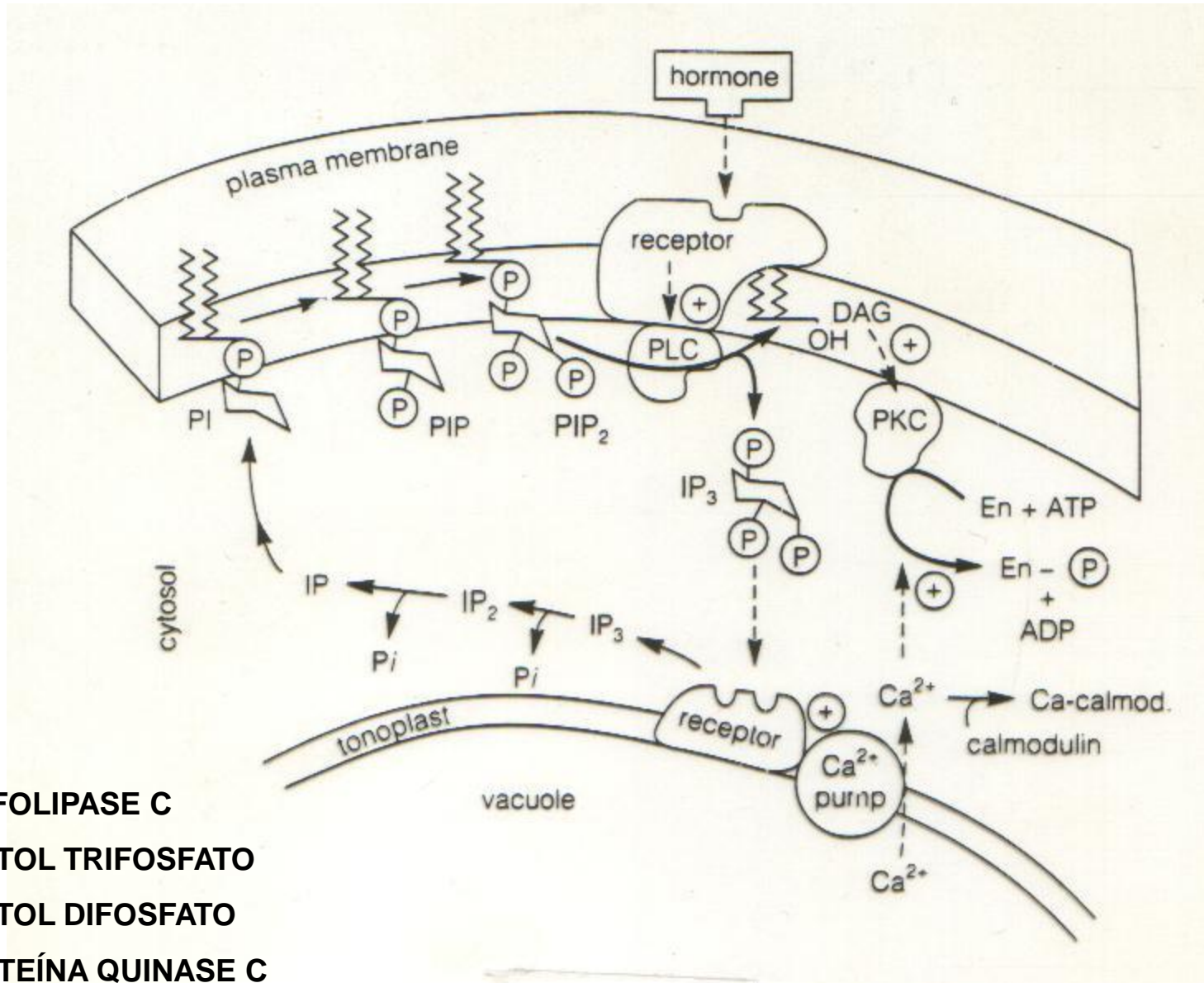
TRANSPORTE E COMPARTIMENTALIZAÇÃO PODEM CAUSAR TANTO **ACRÉSCIMO** COM **DECRÉSCIMO** NA CONCENTRAÇÃO DE IAA CITOSÓLICO, DEPENDENDO DA DIREÇÃO DO MOVIMENTO DO HORMÔNIO

OXIDAÇÃO  
DESCARBOXILAÇÃO

A DEGRADAÇÃO (PELA ROTA NÃO-DESCARBOXILATIVA OU PELA DESCARBOXILAÇÃO) LEVA SOMENTE AO **DECRÉSCIMO** DA CONCENTRAÇÃO DE IAA

COMPARTIMENTALIZAÇÃO NO CLOROPLASTO

# MODELO DE TRANSDUÇÃO DO SINAL HORMONAL NA MEMBRANA PLASMÁTICA



PLC- FOSFOLIPASE C

IP<sub>3</sub>- INOSITOL TRIFOSFATO

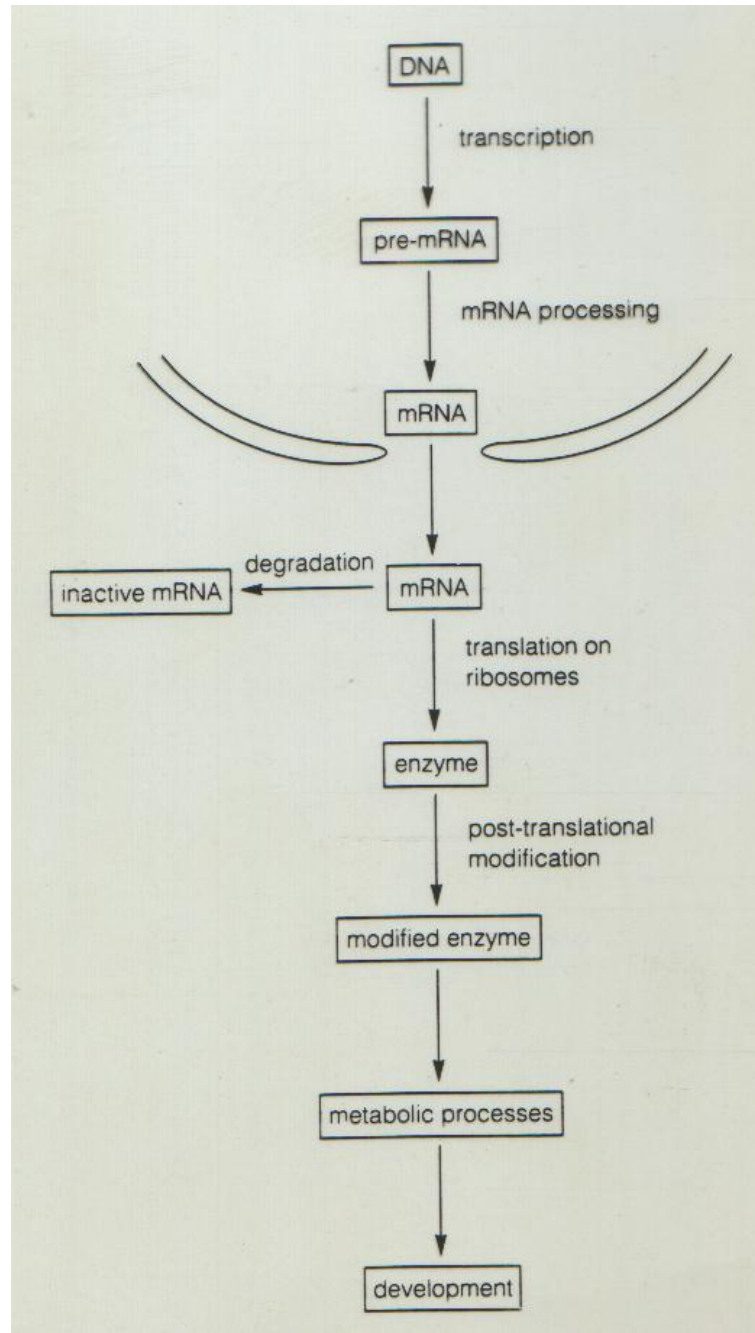
IP<sub>2</sub>- INOSITOL DIFOSFATO

PKC- PROTEÍNA QUINASE C

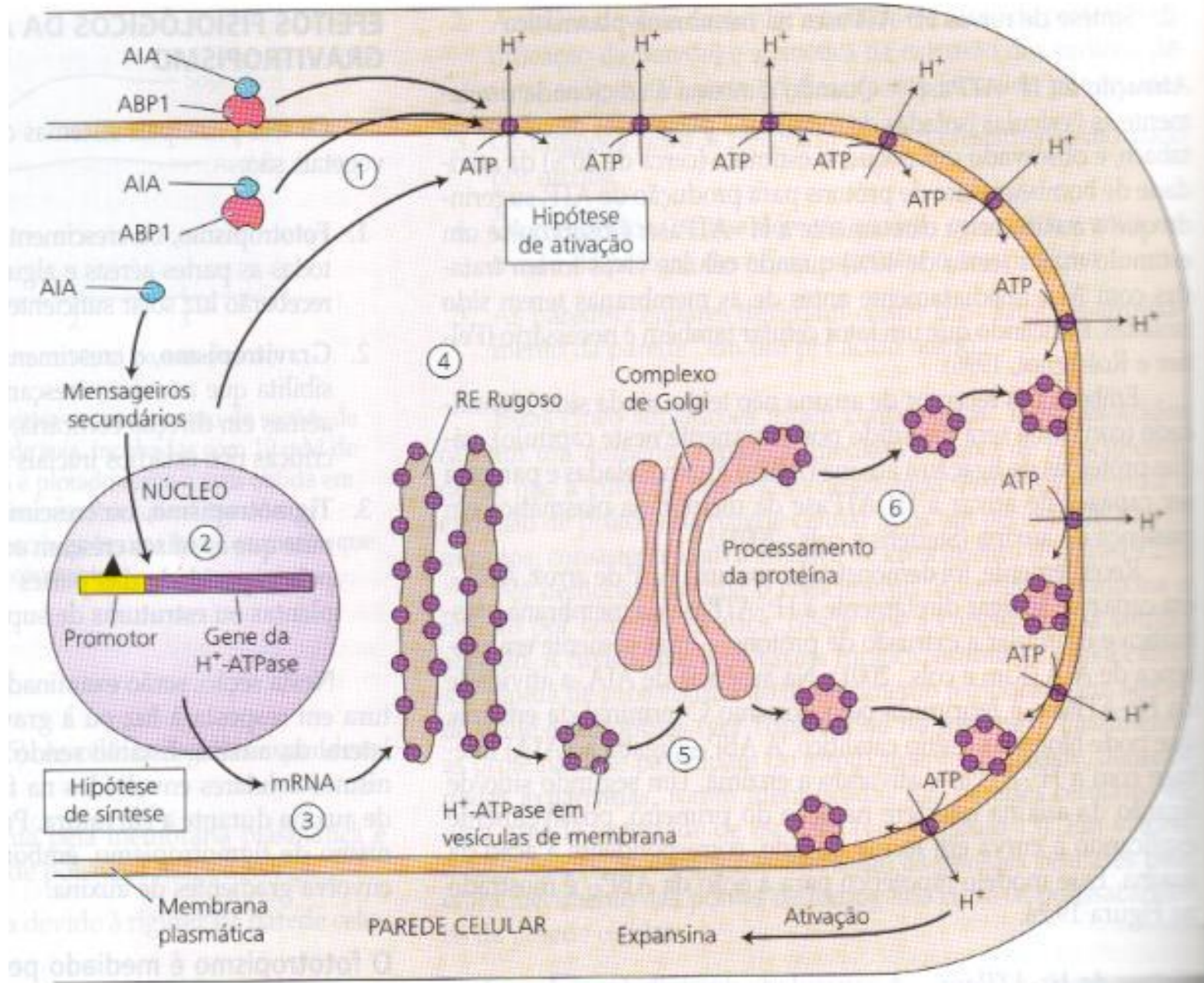
DAG- DIACILGLICEROL

# POSSÍVEIS SÍTIOS DE CONTROLE HORMONAL NA ATIVIDADE GÊNICA

**Ax ATUA NA TRANSCRIÇÃO**



# MODO DE AÇÃO DO IAA



# EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS AUXINAS:

- ✓ **DIVISÃO CELULAR:**

CARIOCINESE

- ✓ **CRESCIMENTO DO CAULE:**

ALONGAMENTO CELULAR

- ✓ **CRESCIMENTO DAS FOLHAS:**

DIVISÃO, EXPANSÃO E DIFERENCIAÇÃO CELULAR

CRESCIMENTO DAS NERVURAS



FOLHAS  
VERDADEIRAS

FOLHAS  
COTILEDONARES

PAU MARFIM

# EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS AUXINAS:

## ✓ CRESCIMENTO DA RAIZ:

AUMENTO DA RESPOSTA PARALELO AO AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO ATÉ CERTO MÁXIMO, APÓS O QUAL OCORRE EFEITO INIBITÓRIO





# EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS AUXINAS:

## ✓ INICIAÇÃO DA ATIVIDADE CAMBIAL EM PLANTAS LENHOSAS:

CÂMBIO INATIVO NO INVERNO, RECOMEÇANDO SUA ATIVIDADE NA PRIMAVERA

↑ IAA : DIFERENCIAÇÃO DO CÂMBIO EM XILEMA

↓ IAA: DIFERENCIAÇÃO DO CÂMBIO EM FLOEMA

## ✓ DOMINÂNCIA APICAL:

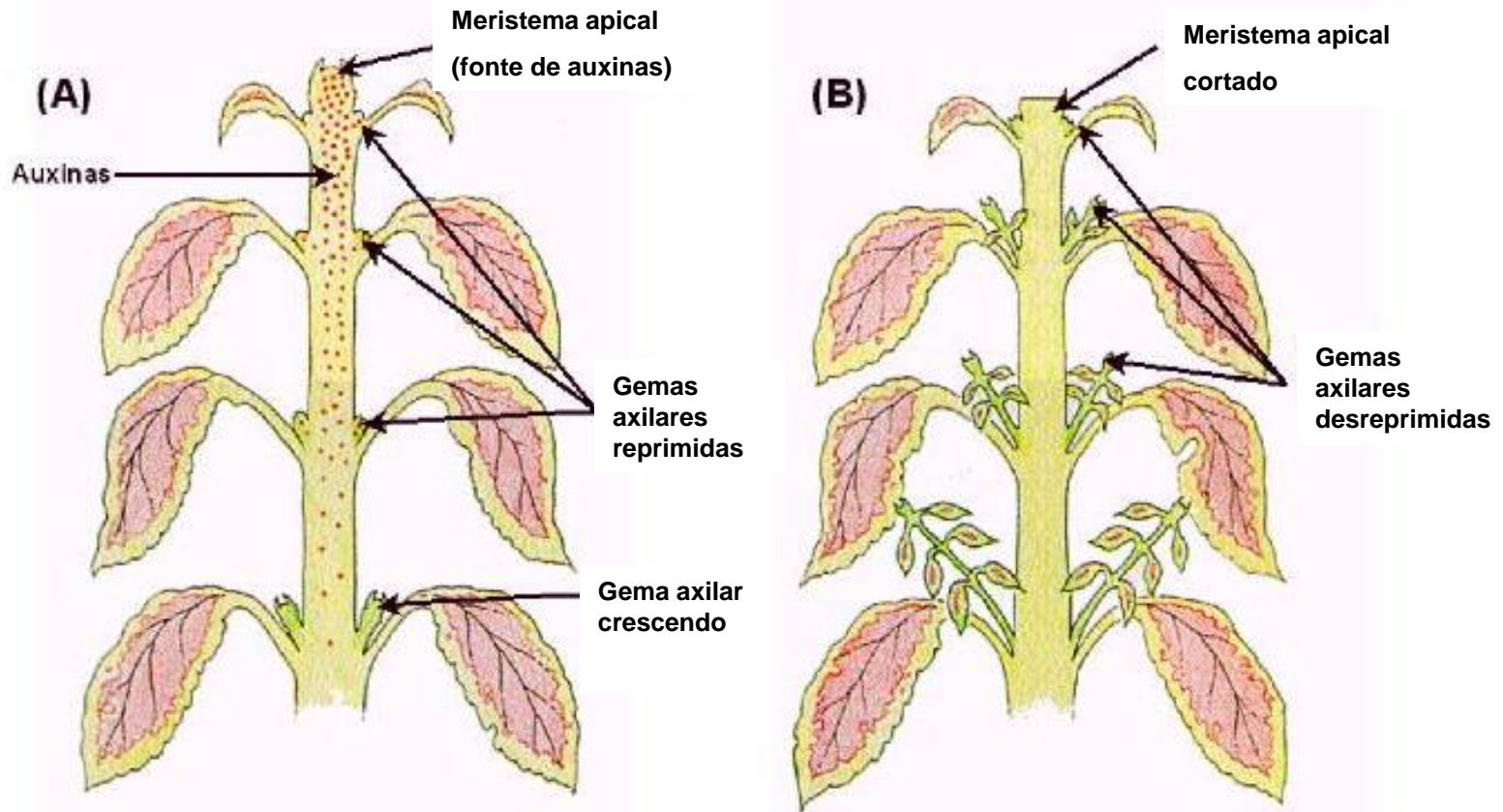
*Fox tail*

**FOX TAIL**



**DOMINÂNCIA  
APICAL  
(*Fox tail*)**

***Pinus* sp.**



Dominância apical em *Coleus*. **(A)** A auxina que é produzida no meristema apical do caule se difunde descendentemente, reprimindo o crescimento das gemas axilares. Quanto maior a distância entre o ápice e a gema axilar, menor será a concentração de auxina e menor será a repressão sobre a gema. **(B)** Se o meristema apical é cortado, elimina-se a produção de auxina e as gemas axilares, desreprimidas, passam a crescer vigorosamente.

# EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS AUXINAS:

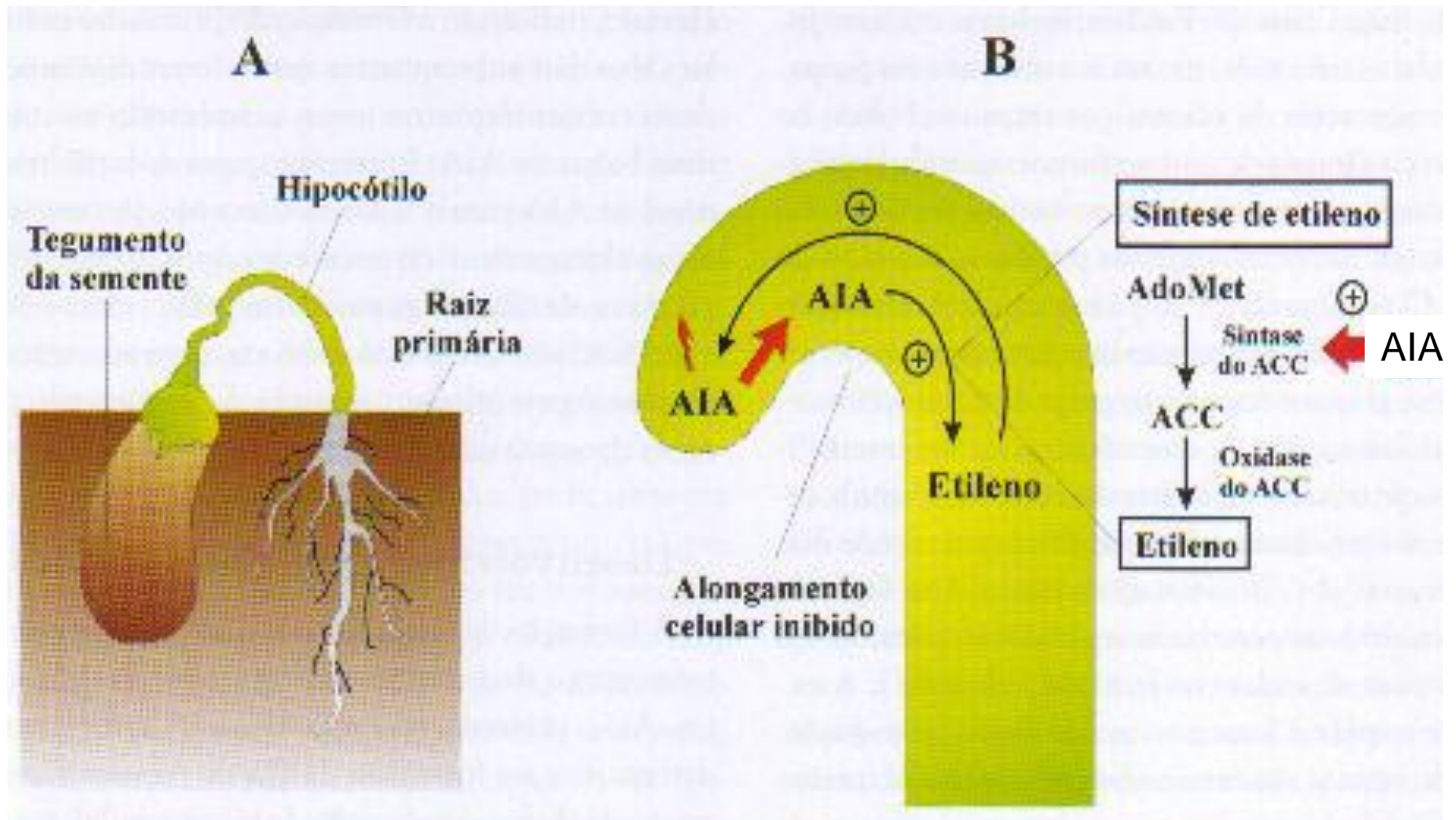
## ✓ **SEXUALIDADE:**

EM PLANTAS MONÓICAS, AUXINA ESTIMULA FORMAÇÃO DE FLORES FEMININAS

## ✓ **GANCHO PLUMULAR:**

BALANÇO DA [ auxina ] E [ etileno ]

# GANCHO PLUMULAR



# GANCHO PLUMULAR



# EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS AUXINAS:

✓ **CRESCIMENTO DA FLOR:**

OVÁRIO É RICA FONTE DE AUXINA



*Rosa sp.*





**CRESCIMENTO DA FLOR**

***Dendrobium nobile***

A close-up photograph of a Dendrobium nobile orchid flower. The flower is the central focus, showing its large, light purple petals and a prominent lip (labellum) with a white base and a dark purple, almost black, center. The background is softly blurred, showing other similar flowers and green leaves. The lighting is bright and even, highlighting the delicate texture of the petals.

CRESCIMENTO DA FLOR

*Dendrobium nobile*

**CRESCIMENTO DA FLOR**



**MORÉIA**

**CRESCIMENTO DA FLOR**



**MORÉIA**

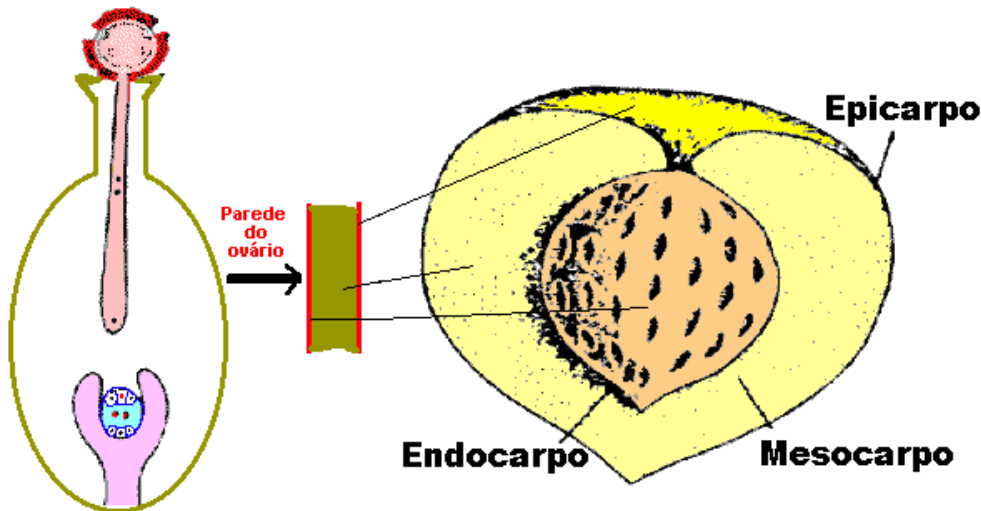
# EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS AUXINAS:

## ✓ CRESCIMENTO DO FRUTO:

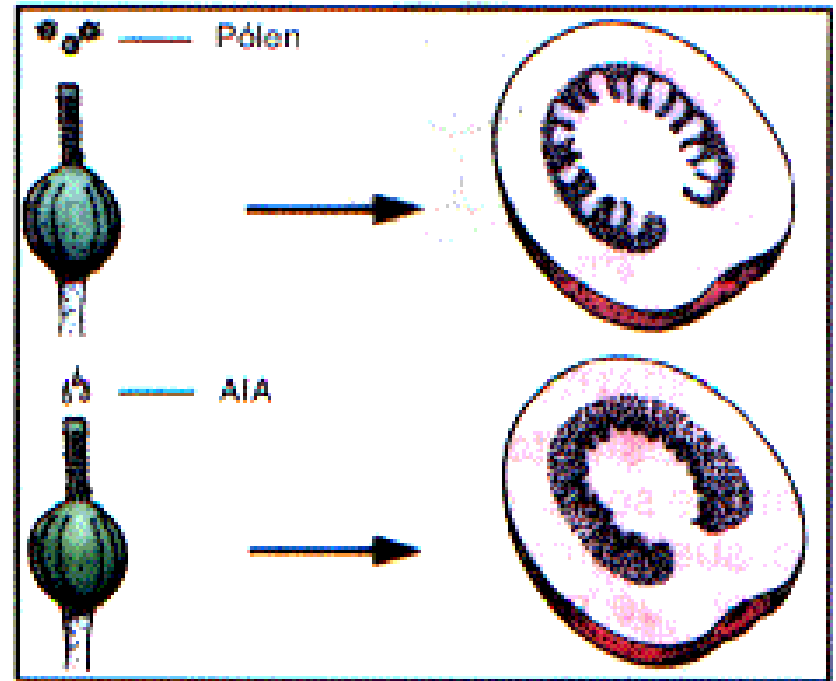
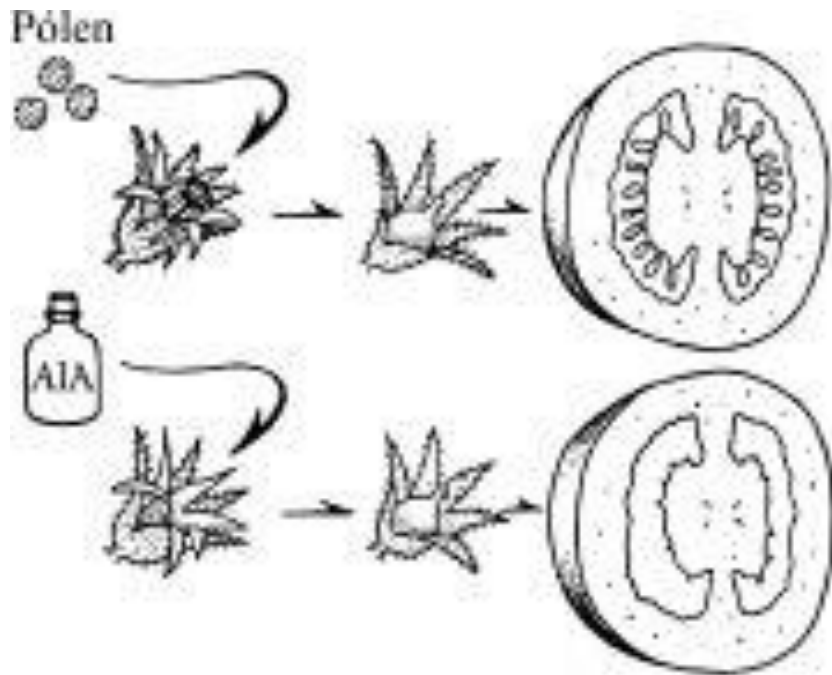
PÓLEN CONTÉM ALTAS CONCENTRAÇÕES DE AUXINAS

FLORES POLINIZADAS TEM RÁPIDO CRESCIMENTO DO OVÁRIO

FLORES NÃO POLINIZADAS TEM OVÁRIO ATROFIADO



# PARTENOCARPIA





**MOREIA**



**CRESCIMENTO DO FRUTO**

CRESCIMENTO DO FRUTO



MORÉIA



FRUTO E SEMENTES



MORÉIA

# EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS AUXINAS:

## ✓ EPINASTIA



*Coleus* sp.

↑ [IAA]  
↓ [Et]



MOSTARDA

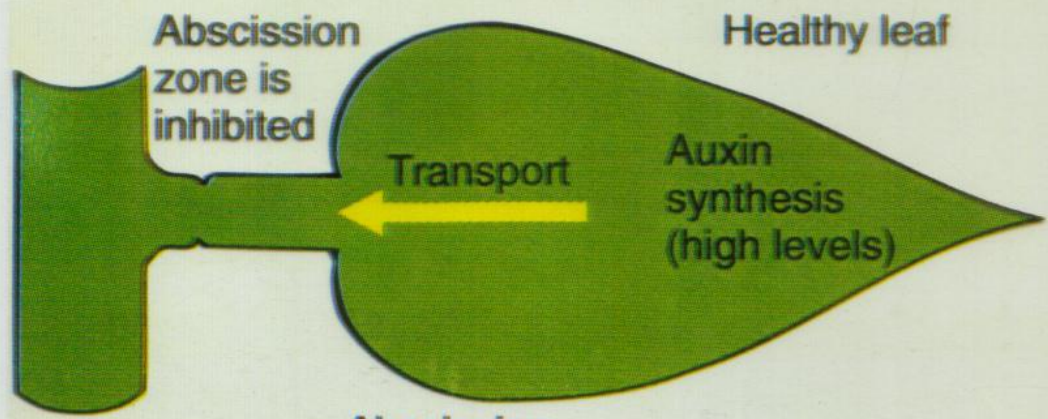
# EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS AUXINAS:

## ✓ ABSCISÃO FOLIAR

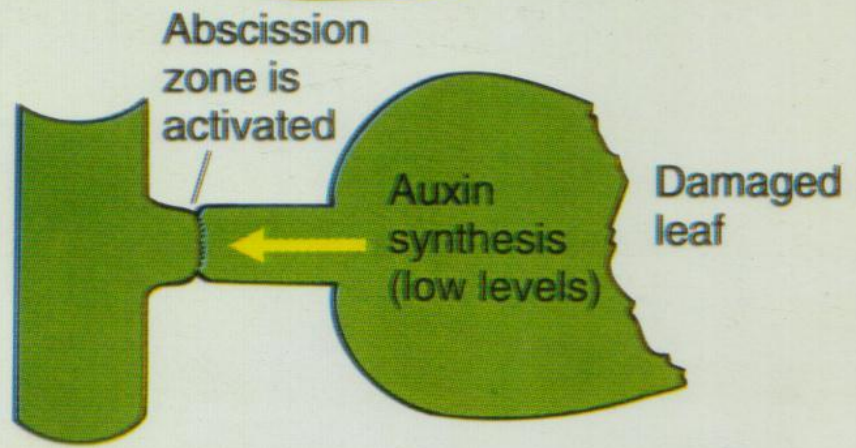
[ auxina ] < [ etileno ]



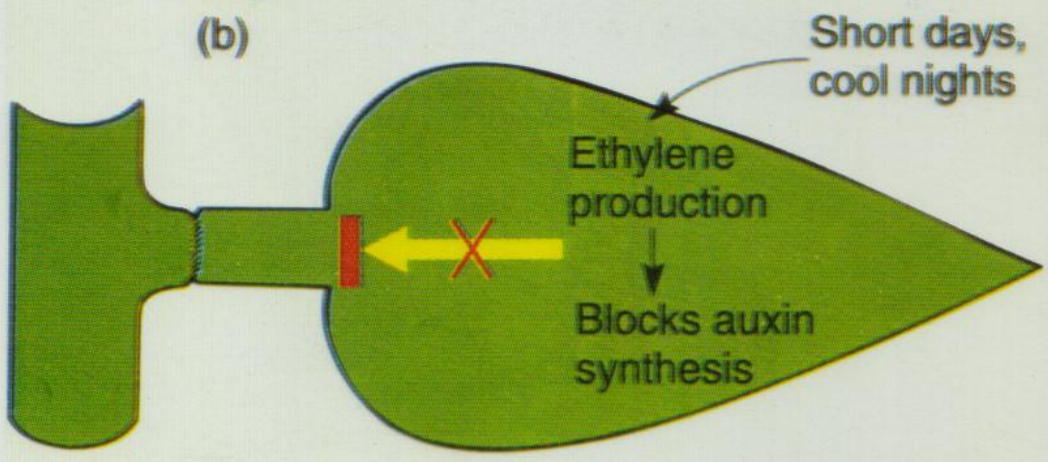
# ABSCISÃO FOLIAR



(a)

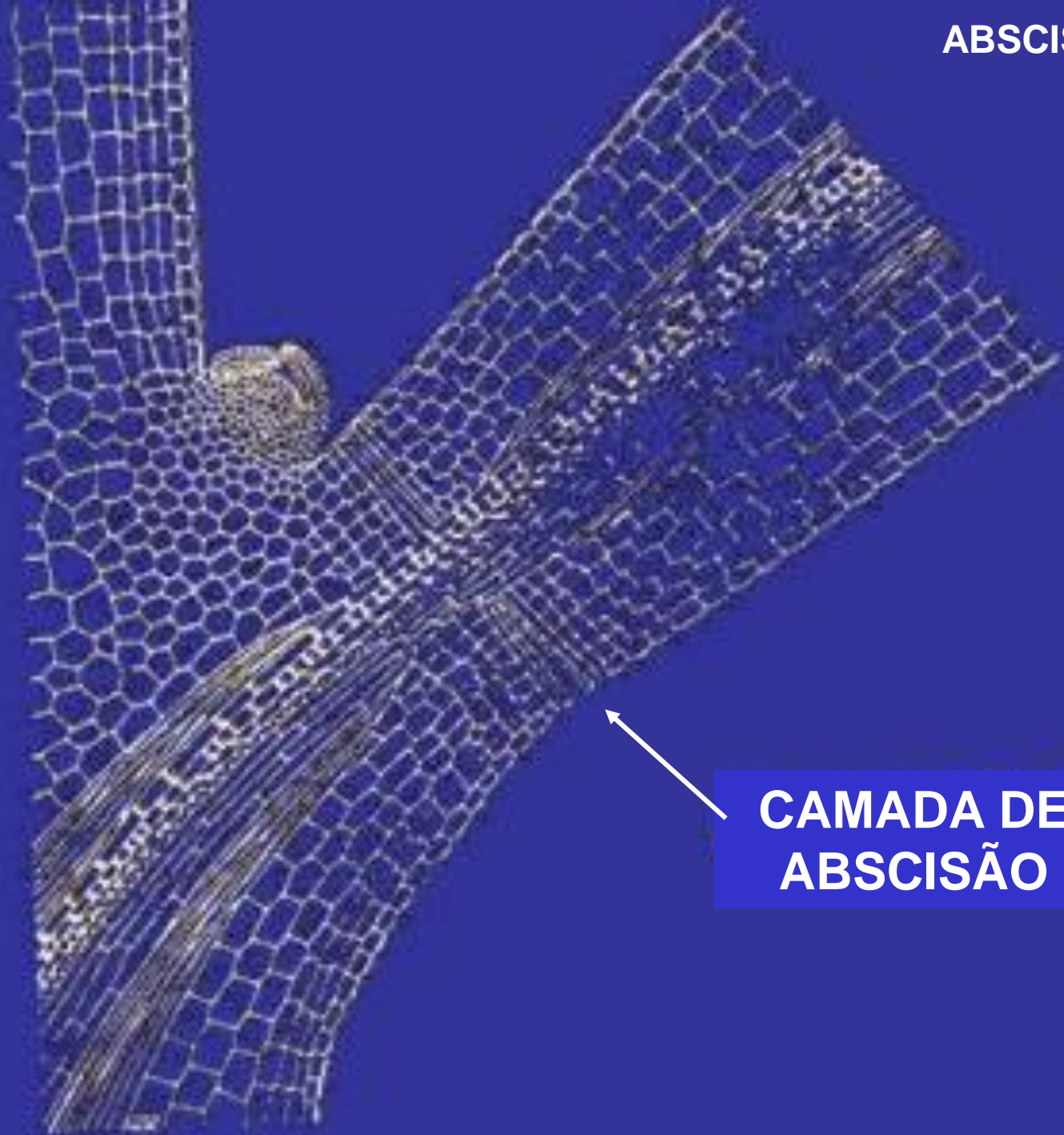


(b)



(c)

# ABSCISÃO FOLIAR

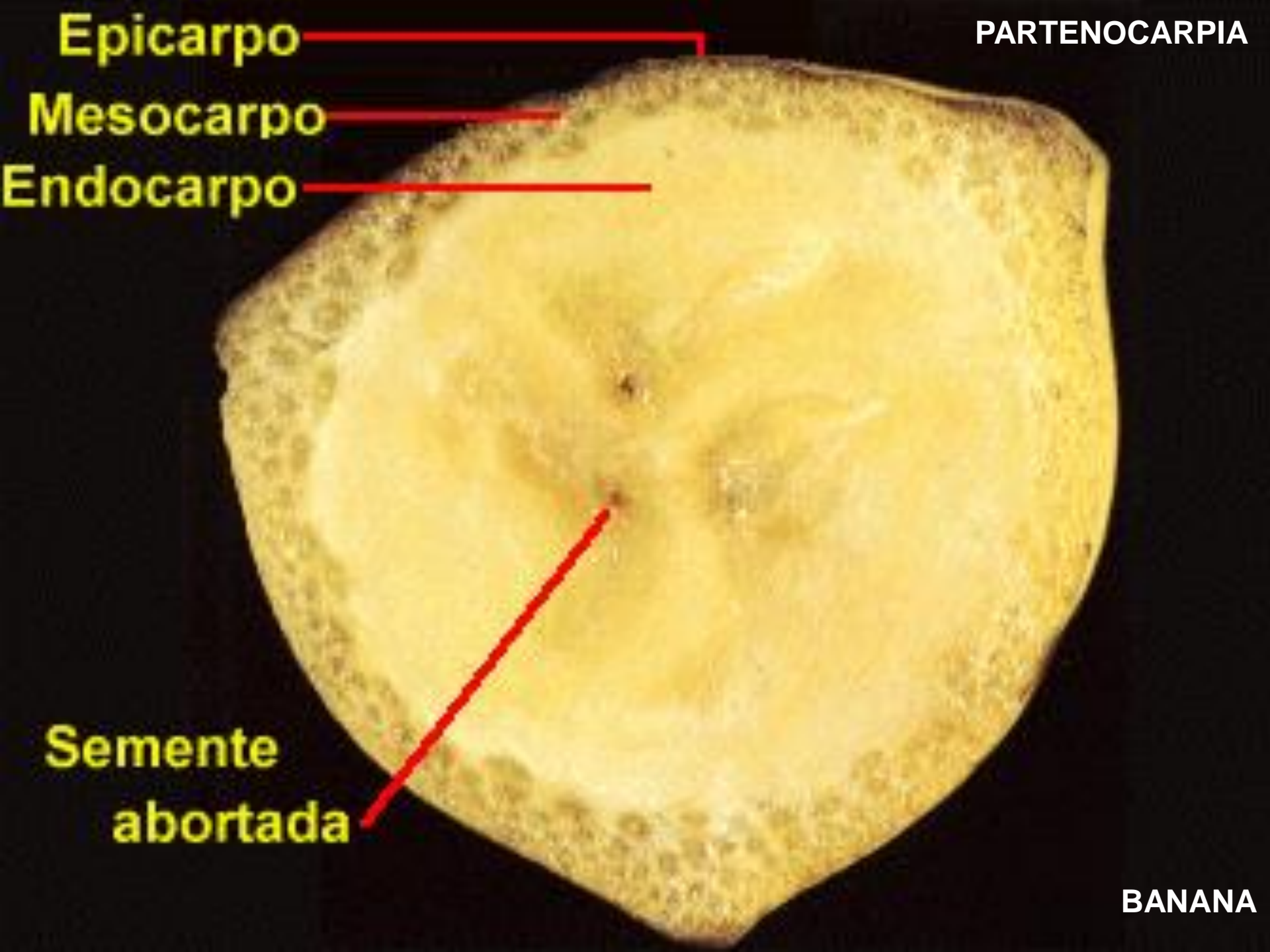


**CAMADA DE  
ABSCISÃO**

# EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS AUXINAS:

## ✓ PARTENOCARPIA:

1. DESENVOLVIMENTO DO FRUTO SEM POLINIZAÇÃO (TOMATE, PIMENTA, ABÓBORA, BANANA, ABACAXI...)
2. DESENVOLVIMENTO DO FRUTO PELA POLINIZAÇÃO, PORÉM SEM SINGAMIA (PLANTAS GENETICAMENTE ESTÉREIS – TRIPLÓIDES, GRAMÍNEAS, ORQUÍDEAS)
3. ABSORÇÃO DO EMBRIÃO ANTES QUE O FRUTO ATINJA A MATURIDADE (CEREJA, PÊSSEGO, UVA...)



**PARTENOCARPIA**

**Epicarpo**

**Mesocarpo**

**Endocarpo**

**Semente  
abortada**

**BANANA**

## PARTENOCARPIA EM MAMÃO





## PARTENOCARPIA EM MELANCIA



## PARTENOCARPIA EM LARANJA



# EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS AUXINAS:

## ✓ ENRAIZAMENTO



ESPADA DE SÃO JORGE



COM AUXINA

SEM AUXINA

ENRAIZAMENTO



Tratamento 3  
(sem folha)



Tratamento 3

PLATANUS

CALIANDRA

**ENRAIZAMENTO**



**ERVA-MATE**

**FIM!**

