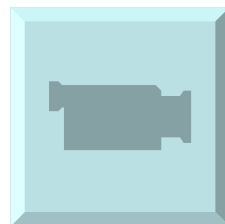


Germinação

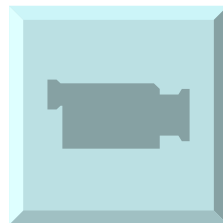
- Sementes secas viáveis → embebição → inicia uma cadeia de eventos → resultado na emergência da radícula → germinação ocorreu com sucesso.
- Embebição → metabolismo rapidamente reinicia.
 - Respiração
 - Atividade enzimática e de organelas
 - Síntese de RNA e proteínas
- Atividades celulares fundamentais que ocorrem na germinação → crescimento plântula.

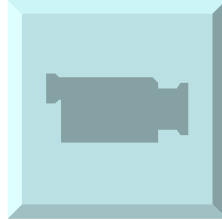
- a síntese de DNA, RNA e proteínas pode ocorrer em um conteúdo de água de aproximadamente 50%.
- as primeiras atividades em sementes em embebição → reparo dos danos acumulados durante a secagem e o período de armazenamento das sementes → o reparo do DNA.
- a síntese de proteínas → os RNAm preexistentes → acumulados durante o desenvolvimento e a maturação das sementes
- posteriormente, trocando-os pelos novos RNAm, recentemente sintetizados durante a embebição.
- muitas das enzimas requeridas para a mobilização de reservas são sintetizadas *de novo*, sendo alguns dos produtos iniciais da síntese de proteínas.

Transcrição



Tradução





Dra Maria Izabel Gallão

Iniciação do ciclo celular

- alongamento da radícula embrionária → alongamento ou expansão das células → diferenciação → crescimento da plântula → como resultado tanto da expansão como de divisão celular.
- preparação para a divisão celular → ocorre bem antes que a protusão da radícula → requer a iniciação do ciclo celular.
- iniciação do ciclo envolve → não somente a síntese de DNA → regeneração do citoesqueleto.
- Ex → sementes de tomate acontecem divisões celulares na radícula embrionária antes da sua protusão.

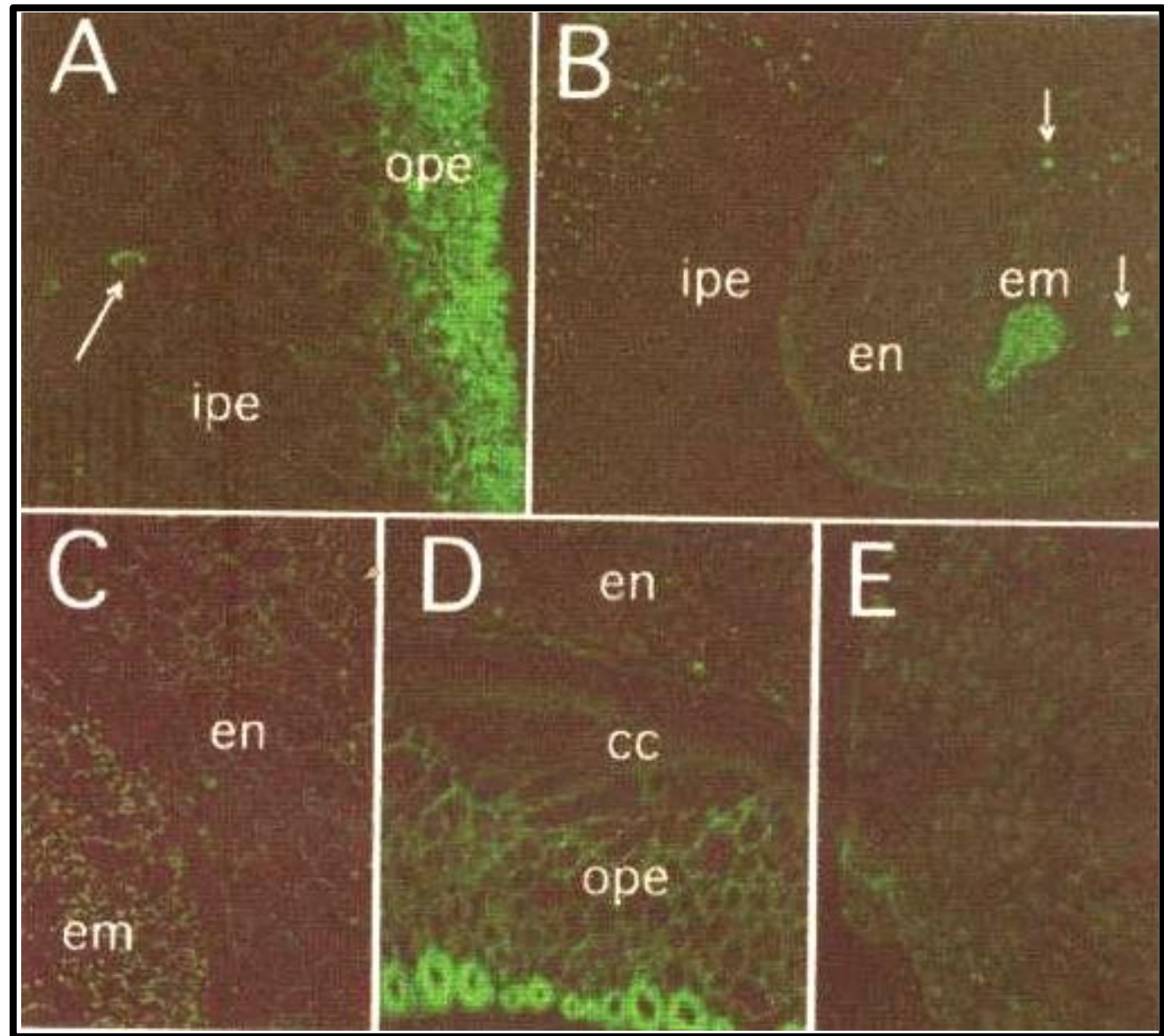
A) Frutos com 90 DAF, mostrando o crescimento do perisperma;

B) Frutos com 90 DAF, mostrando desenvolvimento inicial do endosperma, embrião globular;

C) 180 DAF, grânulos fluorescentes de β -tubulina como resultado da degradação inicial dos microtúbulos;

D) 165 DAF, mostrando o endosperma contendo poucos grânulos de β -tubulina;

E) 225 DAF, fruto maduro, completa ausência de microtúbulos mitóticos.

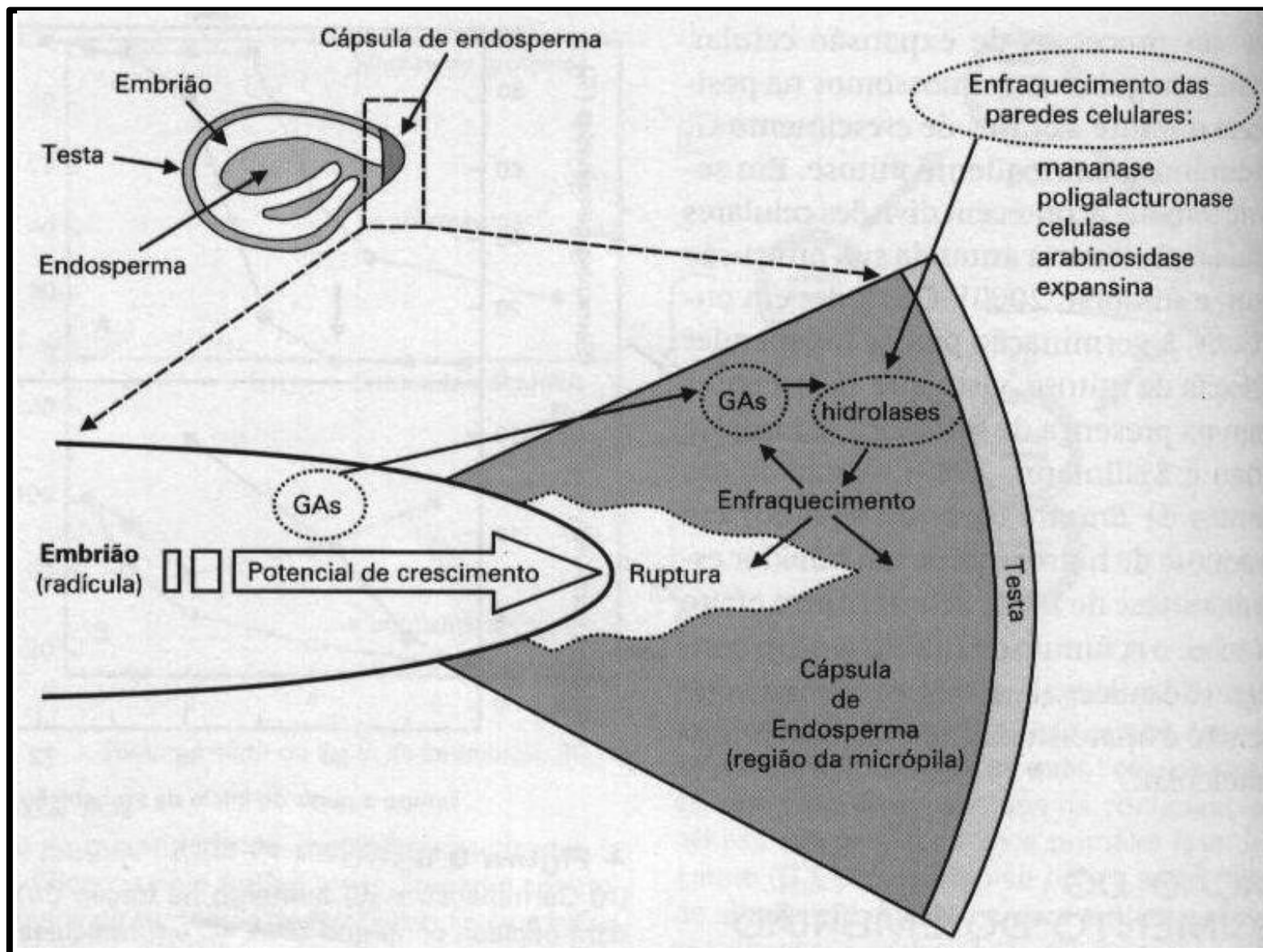


- outras espécies → germinação parece depender da ocorrência de mitose → germinação das sementes na presença de inibidores da mitose.
- Ex → embebição de sementes de *Brassica oleracea* (repolho) em solução aquosa de hidroxiuréia → inibidor específico da síntese de DNA
- acontece sem efeito inibidor sobre o acúmulo de tubulina e a expansão celular, mostrando que a mitose não é aparentemente essencial a protusão radicular.

Iniciação do crescimento do embrião e enfraquecimento dos tecidos de revestimento

- para que ocorra a expansão da radícula e a germinação, é necessário haver:
- a) o enfraquecimento e/ou afrouxamento dos tecidos circunvizinhos de revestimento, que podem controlar o sincronismo de emergência da radícula, e/ou
- b) o aumento do potencial de crescimento, ou turgor, por parte do embrião, para superar a resistência exercida pelos tecidos de revestimento, permitindo assim o alongamento (ou expansão celular).

- em inúmeras sementes contendo endosperma, enzimas hidrolíticas ou hidrolases que degradam a parede celular tornam-se ativas no próprio tecido de endosperma, principalmente na região designada cápsula de endosperma, a qual cerca a extremidade da radícula embrionária.

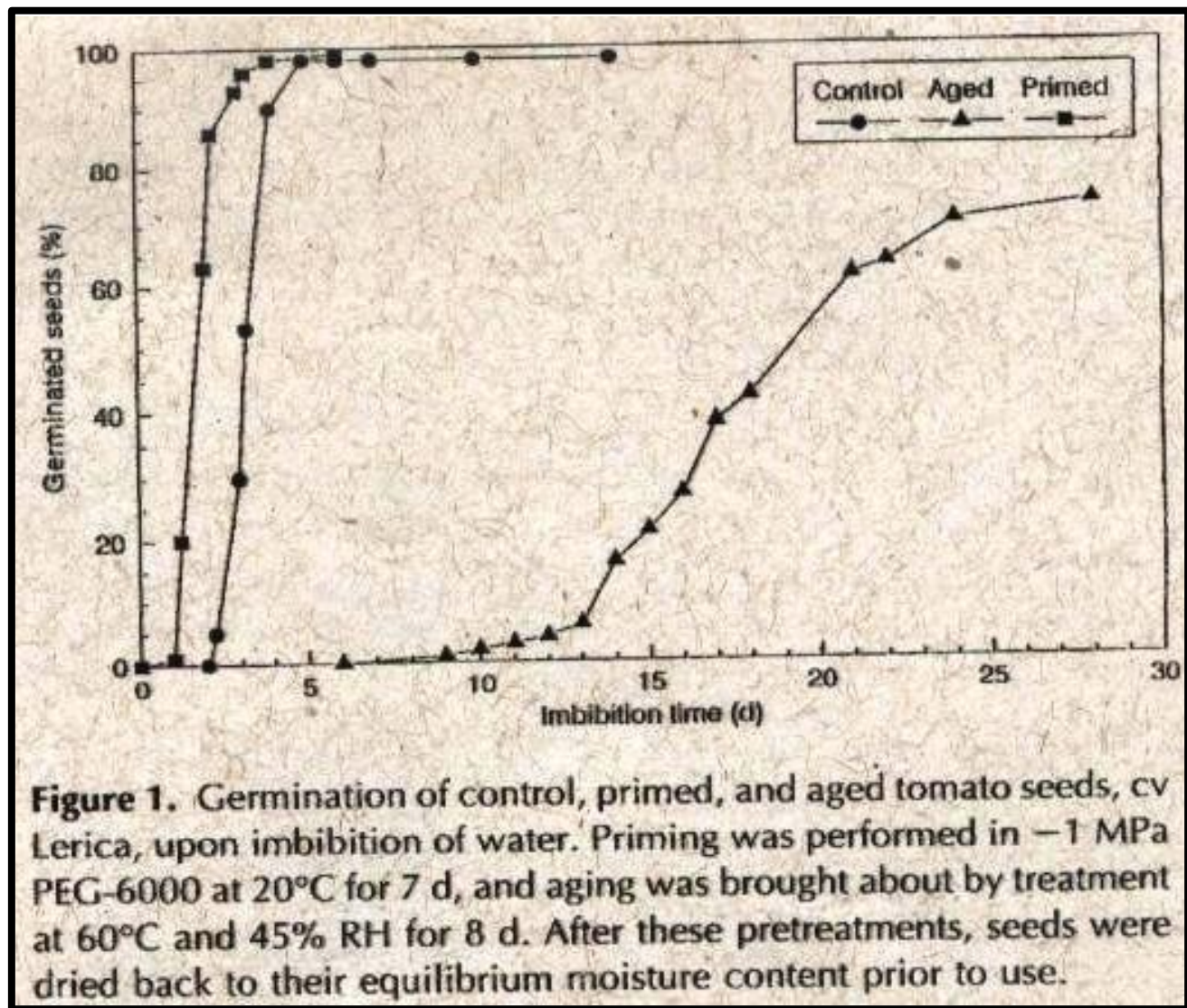


- a degradação das rígidas paredes celulares trabalha em ambos os sentidos:
 - Enfraquecendo o tecido do endosperma
 - Aumentando o potencial de crescimento do embrião, permitindo a protusão da radícula.
- as giberelinas (GAs), entre estas o ácido giberélico, constituem uma classe de hormônios vegetais (fitormônios) envolvidos na iniciação do crescimento.
- o ácido abscísico (ABA) tem efeito inibidor sobre a germinação.

Priming de sementes

- *priming* → dar início a, começar, preparar, etc...
- muitos eventos do processo de germinação são iniciados mesmo em conteúdos limitados de água na semente.
- conhecimento acabou sendo posto em prática por muitas companhias de sementes com a finalidade de aumentar sua qualidade.

- esta técnica baseia-se em colocar as sementes para embeber em uma solução osmótica (de polietilenoglicol ou solução salina) → hidratação da semente acontece de forma restrita, limitada → permitindo que alguns eventos metabólicos do processo germinativo aconteçam sem que a germinação seja completada.
- nesse momento, as sementes ainda são tolerantes à dessecação, podendo então ser apropriadamente secas e armazenadas sem danificar o embrião e sem que tenham entrado na fase III.
- as sementes (pré-)tratadas ou de (pré-)tratamento osmótico, essas sementes (pré-)iniciadas germinam mais rapidamente, de modo mais simultâneo e uniforme, do que as sementes sem *priming*;



De Castro et al., 1995

Mobilização de reservas

- no ambiente natural, as reservas serão utilizadas como fonte de matéria e energia para a germinação e principalmente para o desenvolvimento de uma plântula a partir do crescimento embrionário.
- em trigo, milho, feijão e arroz a mobilização de reservas nem chega a ocorrer, pois as sementes são utilizadas para o consumo ou para a confecção de produtos industrializados.

- produção de bebida alcoólica → uísque → mobilização de reservas de amido (ou parte do processo) → produtos básicos do malte (maltose e maltodextrina) → início ao processo de confecção da bebida.
- produtos agrícolas → produção de plantas por meio de sementes → mobilização de reservas → essencial para se obter plantas mais rigorosas.

O processo geral de mobilização de reservas em sementes

- **Dois tipos de reserva:**
 - reservas de produção principal de energia no início da germinação (sacarose e oligossacarídeos da série rafínósica);
 - reservas que são usadas pelas plântulas em crescimento e que servem para a transferência de matéria (carbono e nitrogênio, principalmente) dos tecidos de reserva para as estruturas em desenvolvimento na plântula.

- O processo de reparo de estruturas que podem ter sido danificadas durante o processo de dessecação envolve grande gasto de energia e, na grande maioria dos casos, as sementes quiescentes armazenam entre 2 e 5% do peso seco como **sacarose**.
- em muitos casos, sementes também acumulam oligossacarídeos da série rafínósica que também são rapidamente degradados para a produção de energia.

- essas reservas normalmente se encontram em toda a semente, inclusive no embrião, e são degradadas logo após a hidratação dos tecidos.
- - **hidrolases** detectadas nas sementes quiescentes → devem ter sido sintetizadas ainda durante a maturação.

Degradação do amido

- - para que o amido de reserva seja degradado e utilizado pelo metabolismo, é necessário que os grânulos sejam desmembrados em estruturas menores.
- - enzimas que se destacam neste processo: α -amilase, β -amilase e amido fosforilase.

- em contraste a outros tecidos, as reservas de endosperma estão depositadas em células mortas, em gramíneas → exigem a colaboração de tecidos adjacentes para que a mobilização das reservas de amido possa ocorrer.
- no endosperma, a ausência de detecção das enzimas necessárias para a degradação pode ser explicada de três modos:
- não estão presentes;
- estão inativas, ou;
- estão ligadas aos grânulos de amido e, conseqüentemente, sem atividade.

- o processo de degradação do amido no endosperma de cereais é um dos mais conhecidos do ponto de vista bioquímico e molecular.
- entretanto, esse sistema não serve como modelo para o mesmo processo em tecidos vivos, tal como ocorre em cotilédones de dicotiledôneas.
- nos cotilédones a degradação das reservas também se apresenta como um processo ordenado espacialmente, sendo que no início tende a ser sempre nas células próximas aos feixes vasculares.

Polissacarídeos de Reserva de Parede Celular (PRPC)

```
graph TD; PRPC[Polissacarídeos de Reserva de Parede Celular (PRPC)] --> Xiloglucanos[Xiloglucanos]; PRPC --> Galactanos[Galactanos]; PRPC --> Mananos[Mananos]; Mananos --> Glucomananos[Glucomananos]; Mananos --> Galactomananos[Galactomananos]; Mananos --> MananosPuros[Mananos Puros];
```

Xiloglucanos
Hymenaea courbaril
Copaifera langsdorffi

Galactanos
Lupinus albus
Lupinus angustifolius

Mananos

Glucomananos
Iris sibirica
Dra Maria Izabel Gallão
Scilla nonscripta

Galactomananos
Trigonella foenum-graecum
Cyamopsis tetragonolobus
Ceratonia siliqua
Sesbania virgata

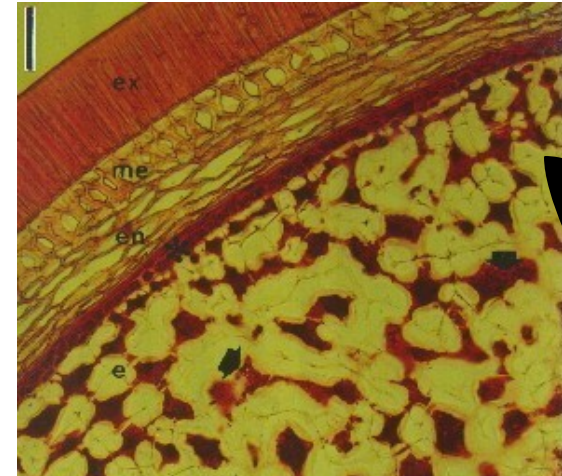
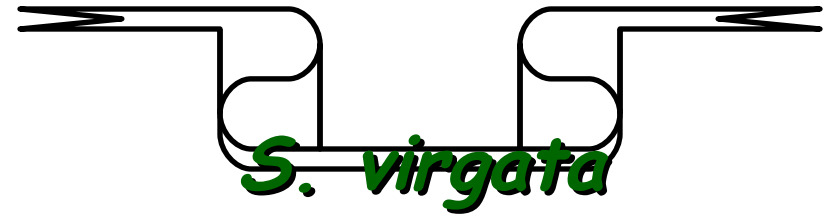
Mananos Puros
Coffea arabica
Lycopersicon esculentum

• **Mananos**

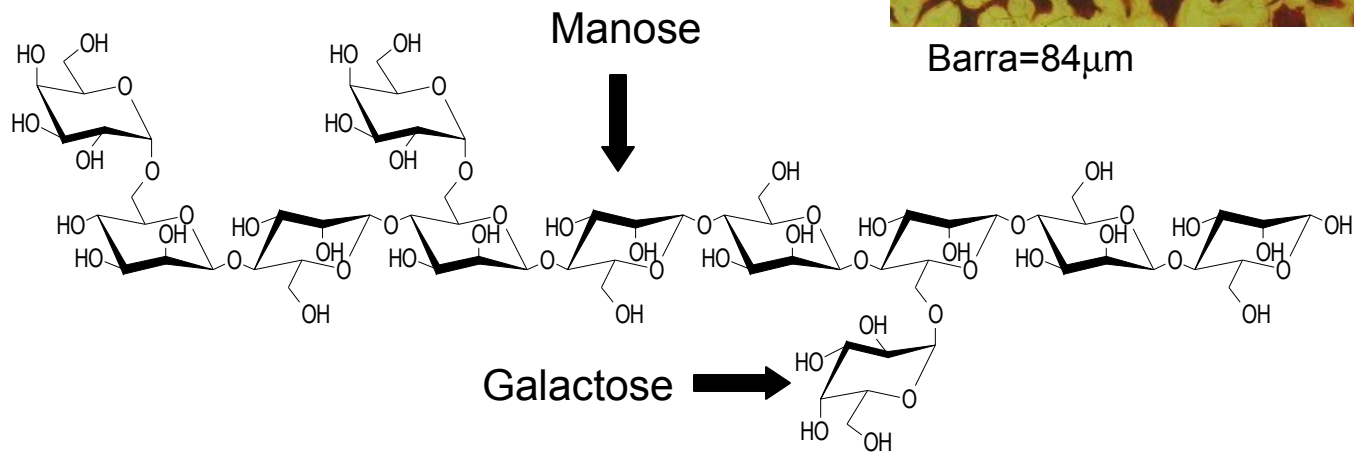
- - mananos puros → são artificialmente definidos como contendo mais de 90% de manose formando uma cadeia linear do β -(1,4), sem ramificações, podendo ou não o restante estar ramificado com galactose.
- - são encontrados em endospermas de sementes de espécies de monocotiledôneas (*Phoenix dactylifera* e *Phytelephas macrocarpa* (Jarina) e dicotiledôneas (café).
- - nas sementes *Phoenix dactylifera* (tamareira) um pequeno “embrião” de forma cônica se desenvolve lentamente.
- - seu cotilédone é transformado em um haustório, o qual absorve os produtos de degradação das reservas do endosperma durante a germinação.
- - nessas sementes, uma endo- β -mananase e uma β -manosidase foram detectadas na zona de dissolução próxima ao haustório.

- os mananos estão relacionados com a dureza do endosperma.
- em sementes de tomate foi observado na região endospérmica próxima à extremidade da raiz.
- os mananos presentes em endosperma de sementes de tomate e café são completamente degradados após a germinação → compostos de reserva.
- - é uma molécula bifuncional: proteção mecânica do embrião e polissacarídeo de reserva.

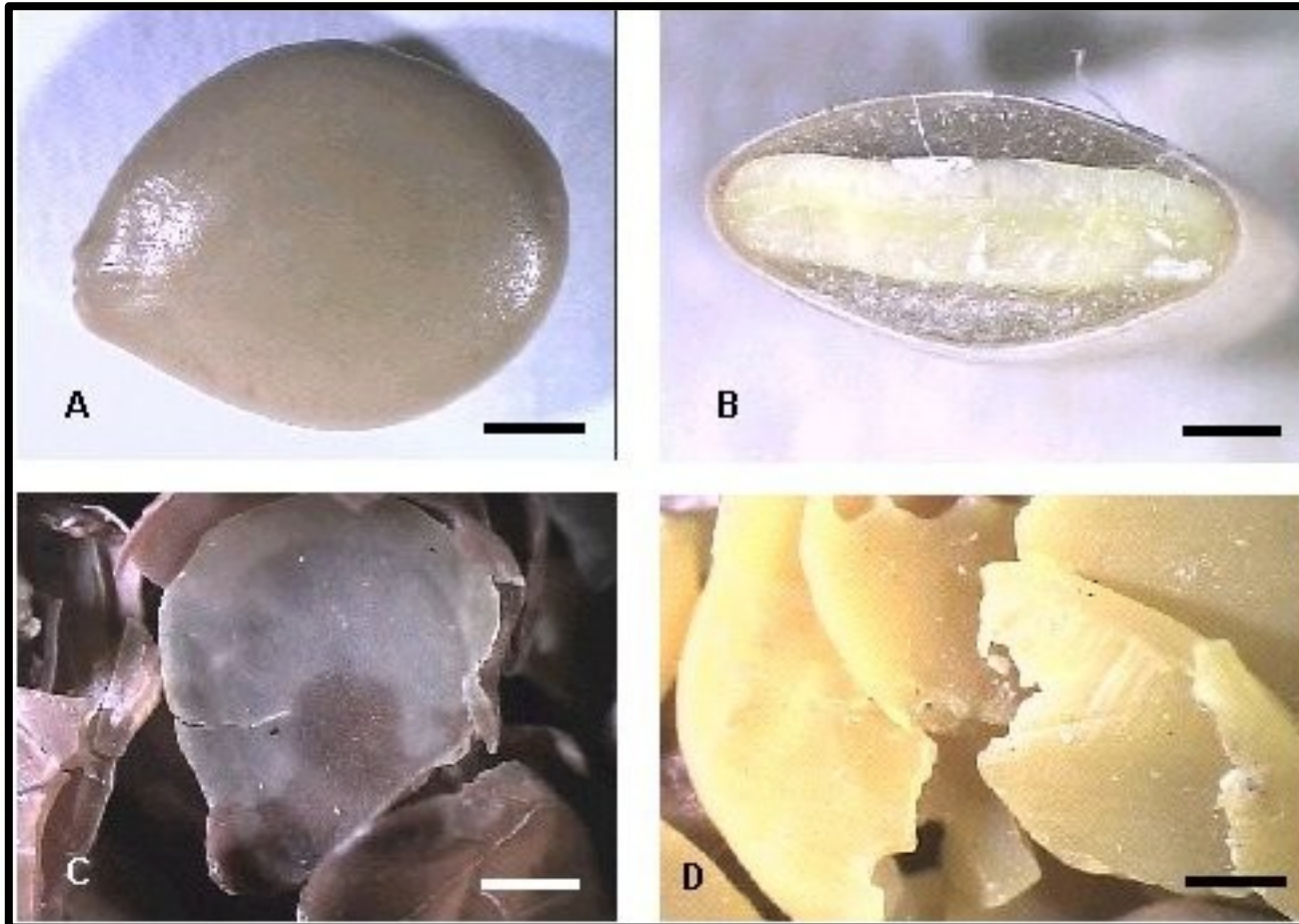
Galactomanano

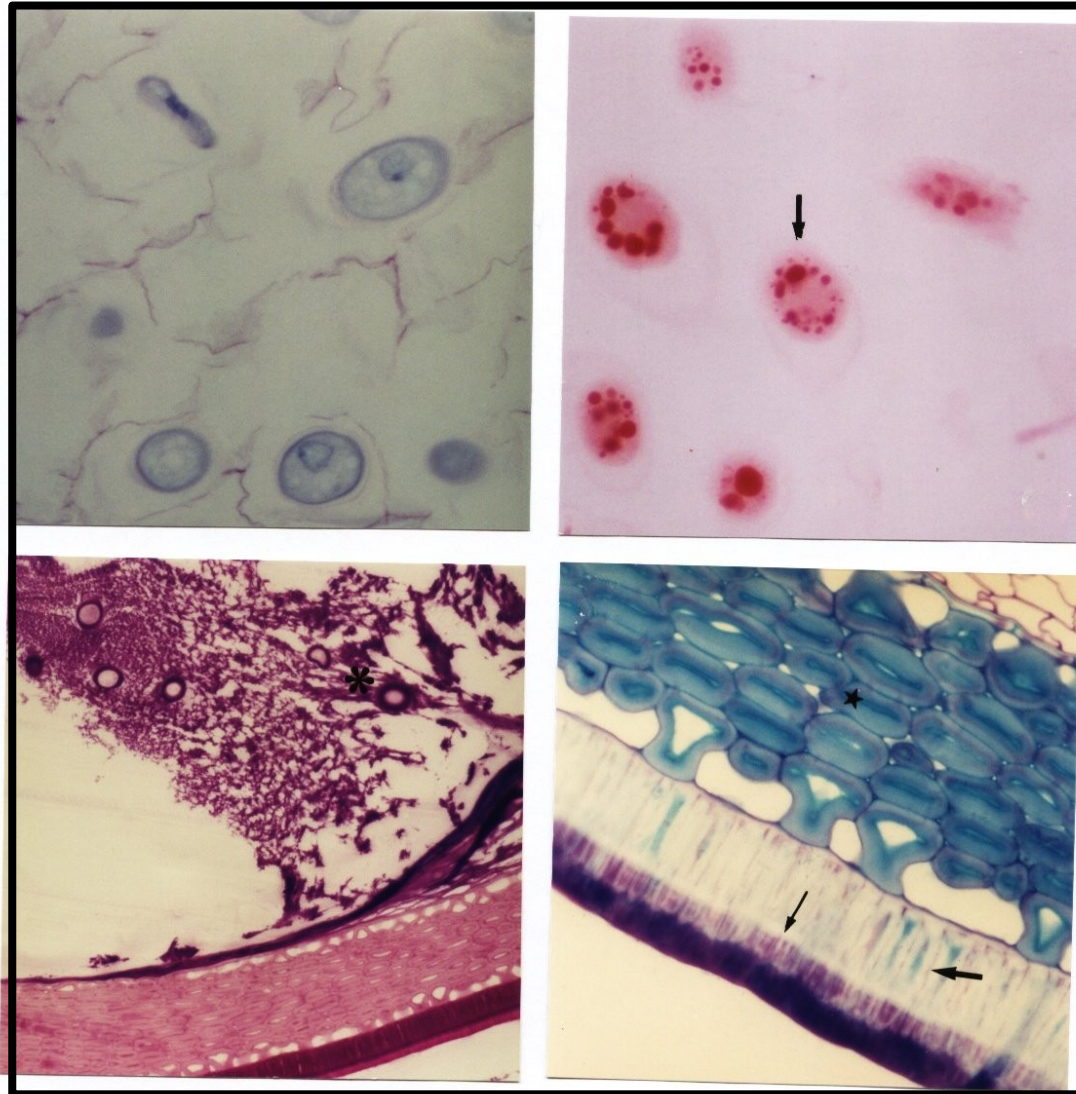


Barra=84μm

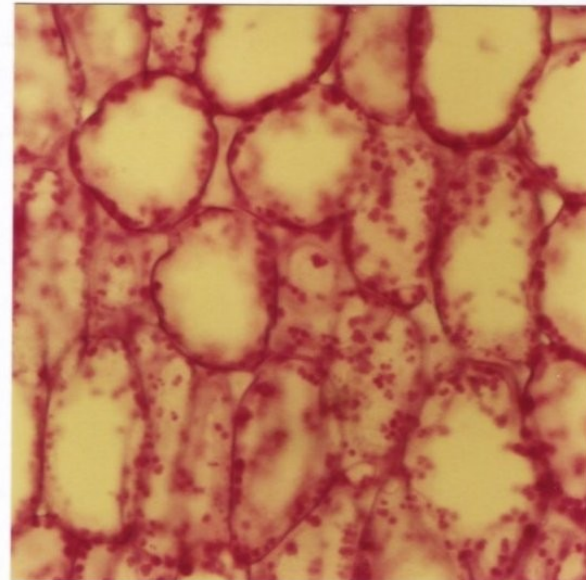
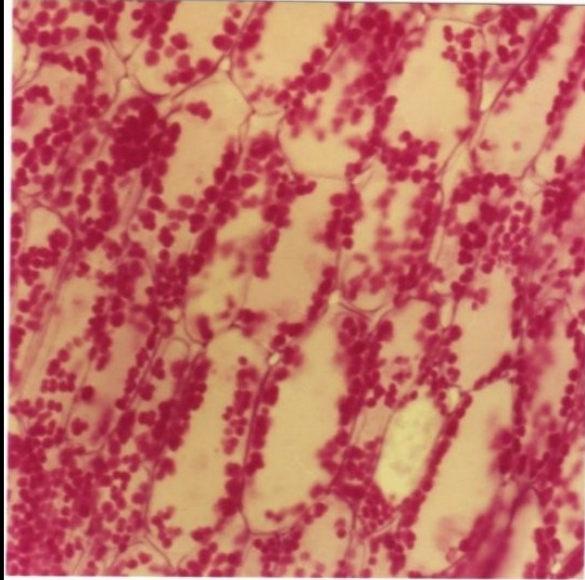


Algaroba

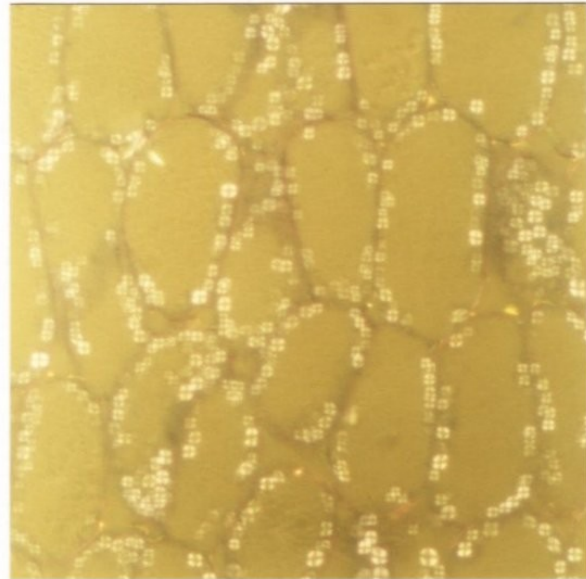
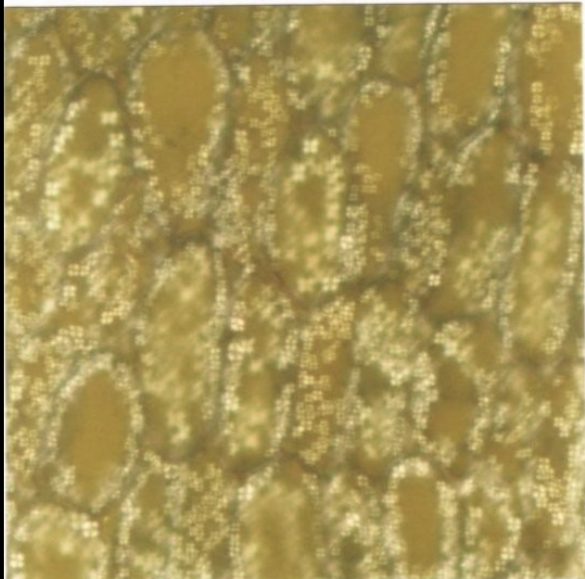




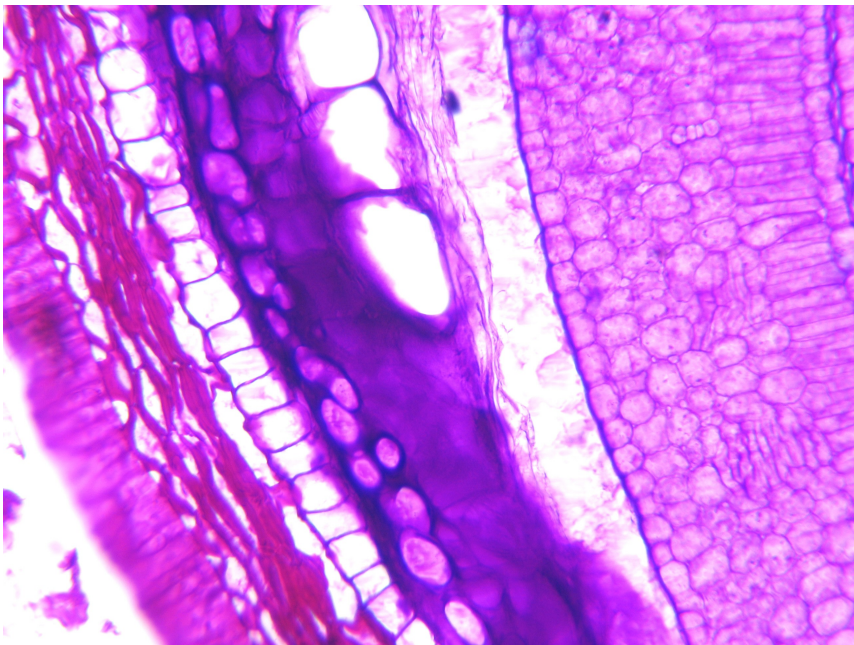
Semente
seca



Semente
48h após
germinação

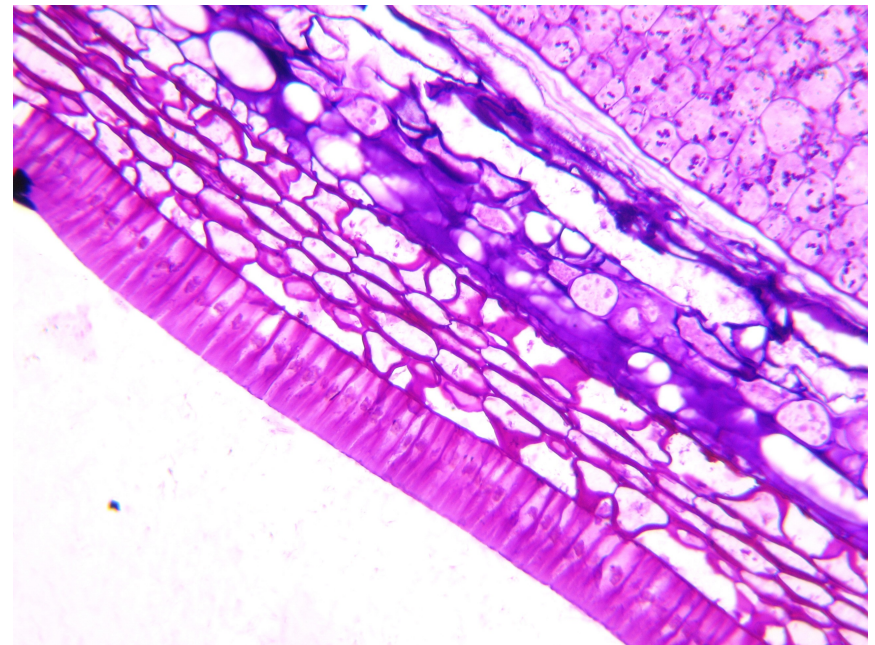


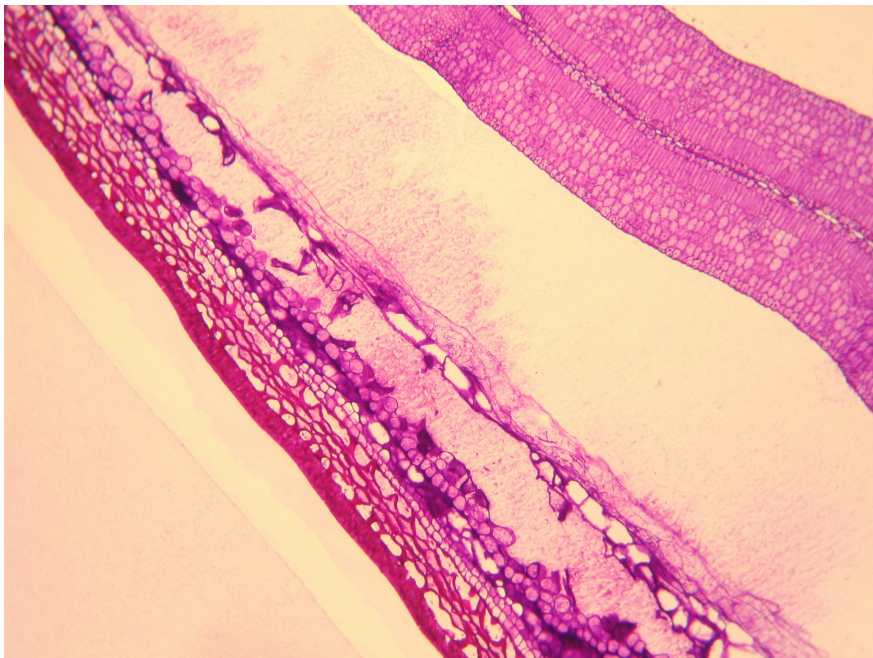
- a mobilização do galactomanano ocorre por hidrólise → monossacarídeos (manose e galactose) ao mesmo tempo em que há a produção de **sacarose**.
- **sacarose** → é o açúcar de transporte que levará os produtos da mobilização da reserva até o embrião em crescimento.
- paralelamente à degradação de galactomanano no endosperma, o amido é produzido transitoriamente nos cotilédones.
 - as enzimas: **fosfomanoisomerase** e **fosfoglucoisomerase** → seriam responsáveis pela epimerização da manose em glucose → esta seria usada na síntese de sacarose no endosperma.
- em todas as espécies de leguminosas estudadas, a mobilização do galactomanano inicia após a germinação (protusão da radícula).



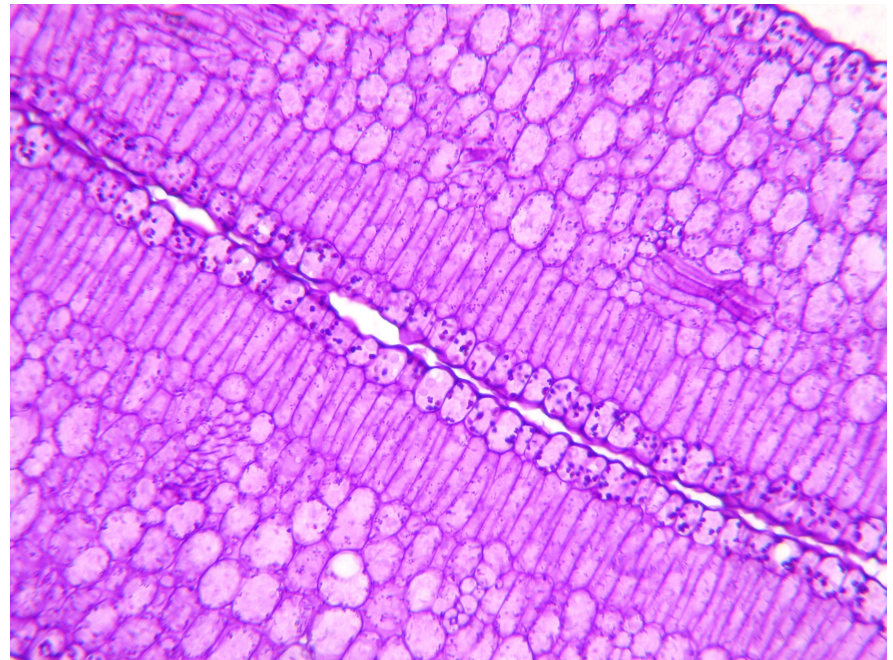
Cassia-de-sião – T

Cassia-de-sião – T4

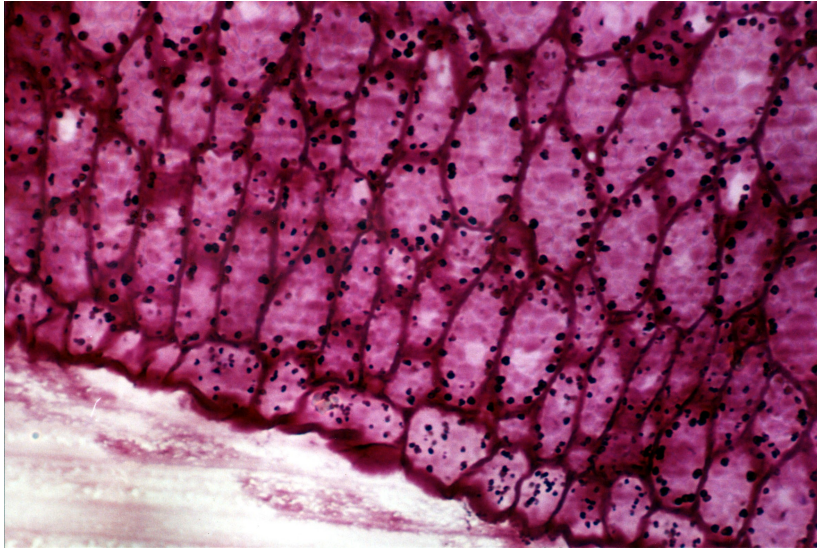




Cassia-de-sião – T6

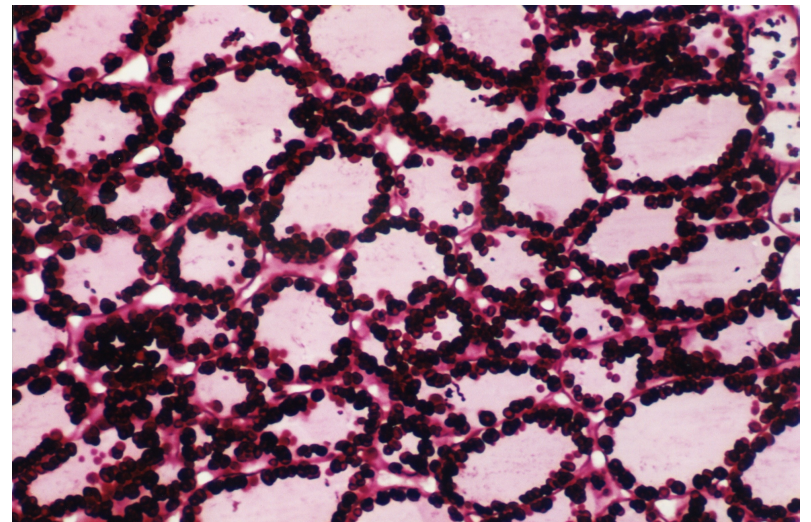


Juca



Cotilédone com 0h de embebição

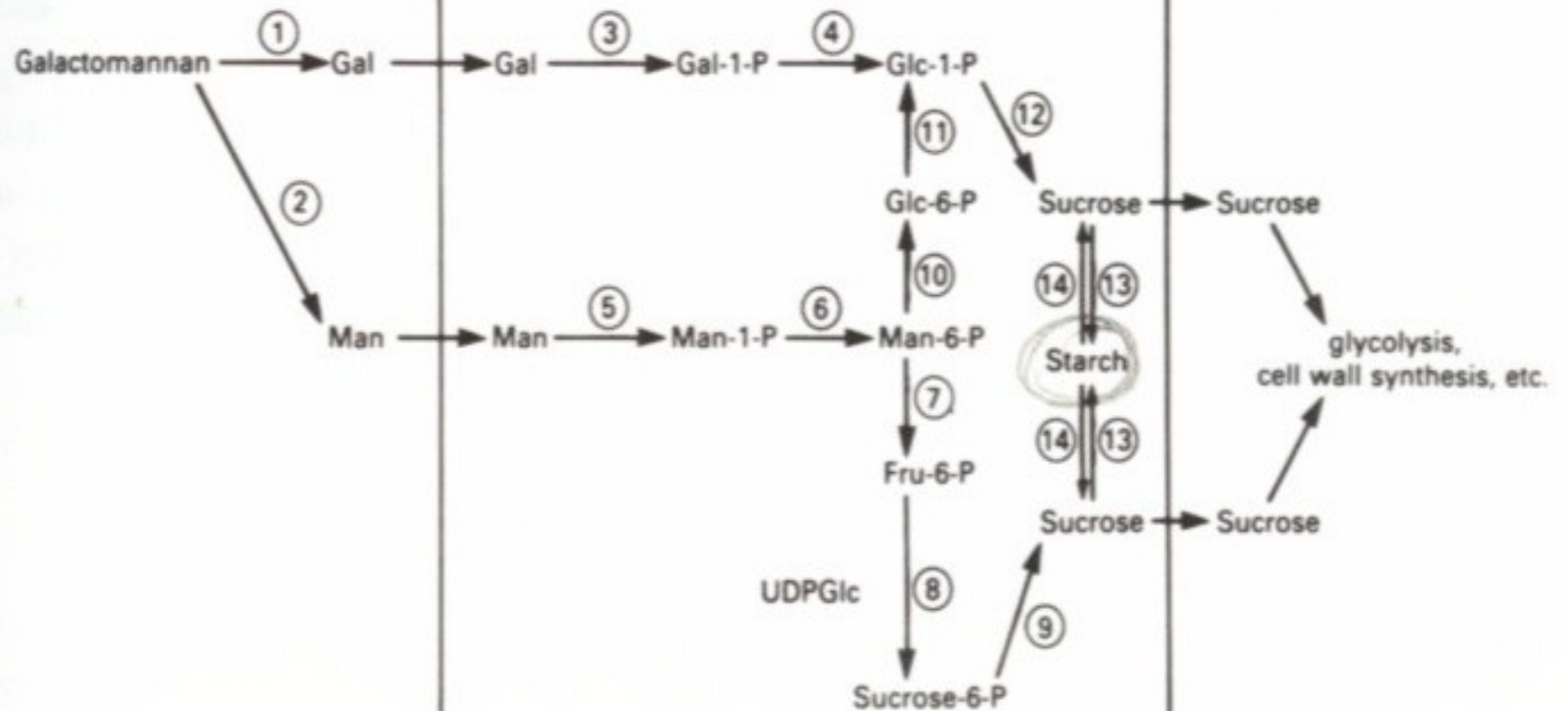
Cotilédone após 120h de
embebição



ENDOSPERM

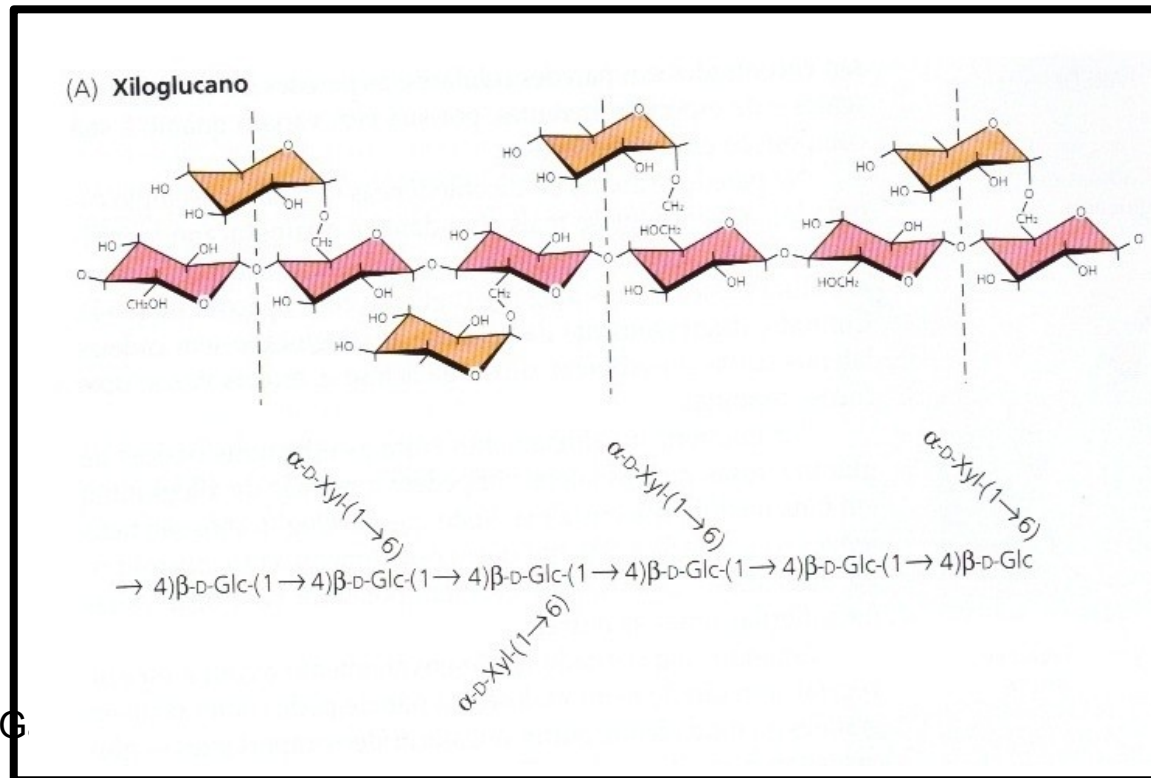
COTYLEDON

AXIS

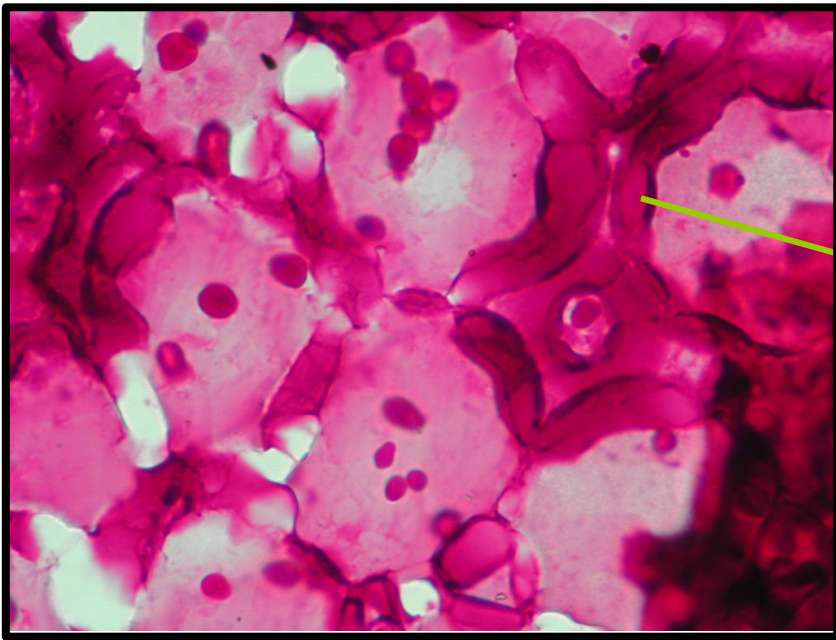


XILOGLUCANOS

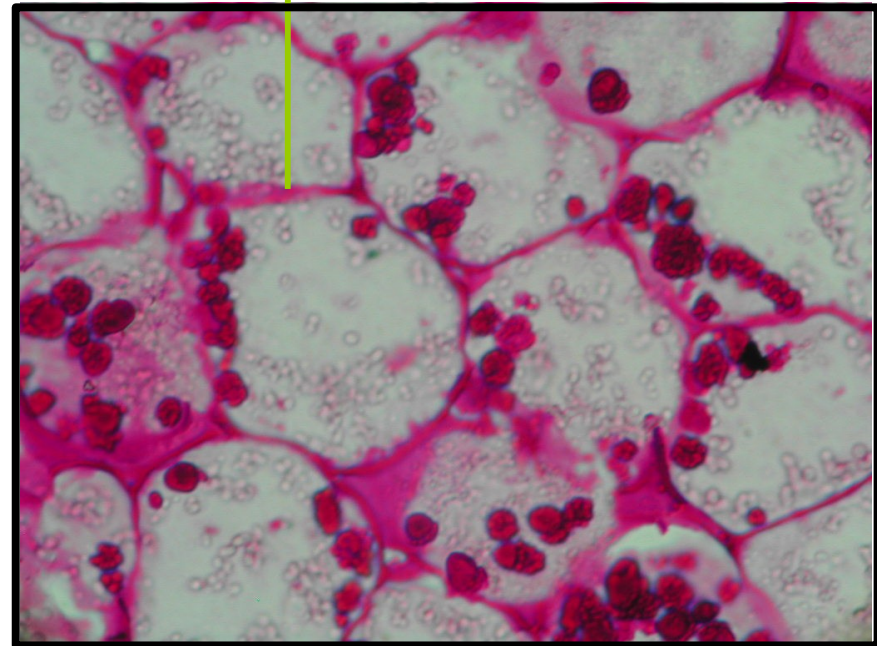
- apresentam uma cadeia principal de β -D-(1 $\rightarrow$ 4)-glucano ramificada com ligações α -(1 $\rightarrow$ 6) por resíduos de D-xilopiranosídeos.



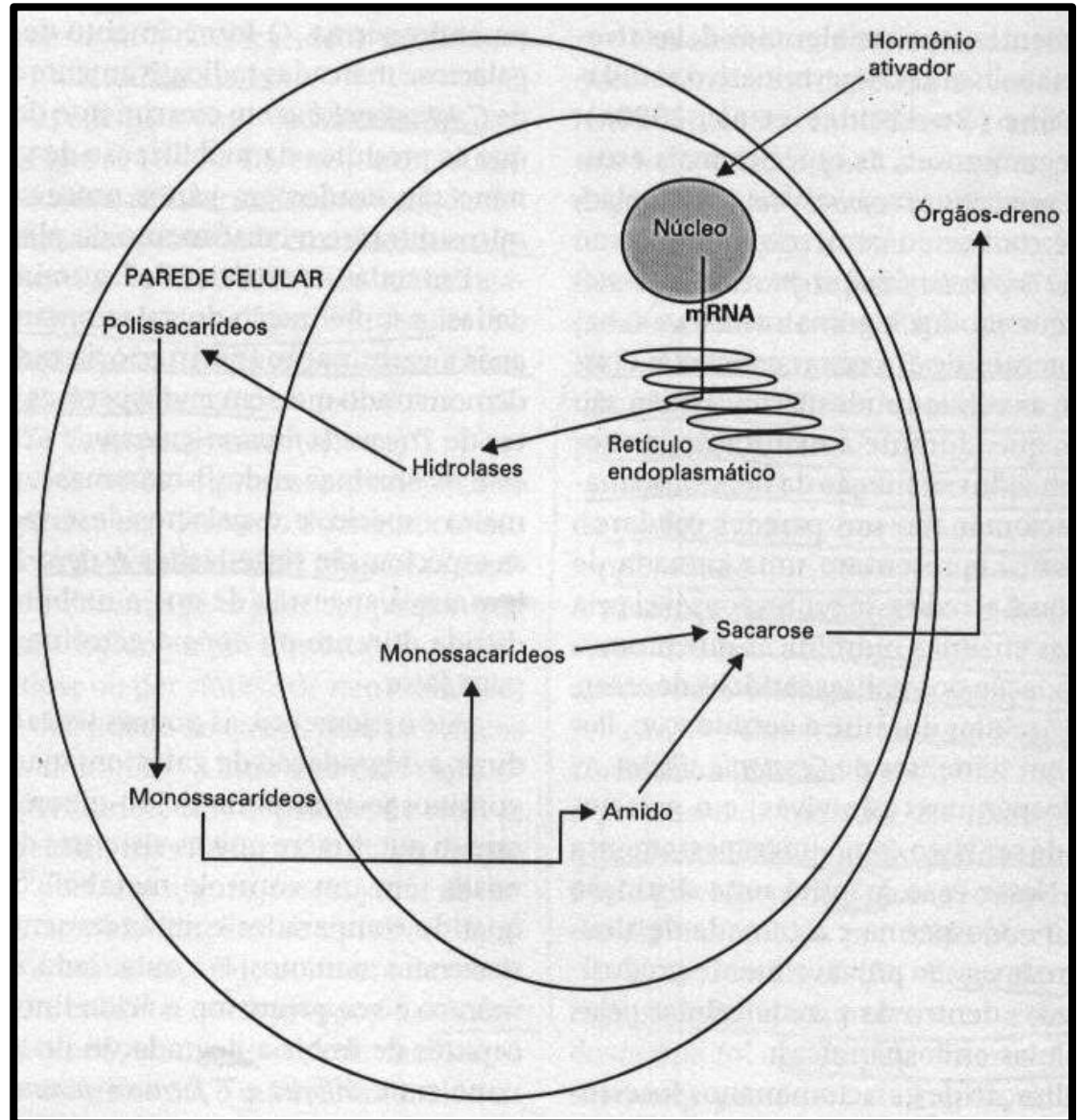
- - em espécies como tamarindo, jatobá e copaíba a mobilização do xiloglucano *in vivo* foi acompanhada pelo incremento e pela queda da atividade de quatro hidrolases:
- β -galactosidase
- endo- β -(1 $\rightarrow$ 4)-glucanase (ou xiloglucano-endo-transglicosidase-XET)
- β -glucosidase
- α -xilosidase



Parede Celular

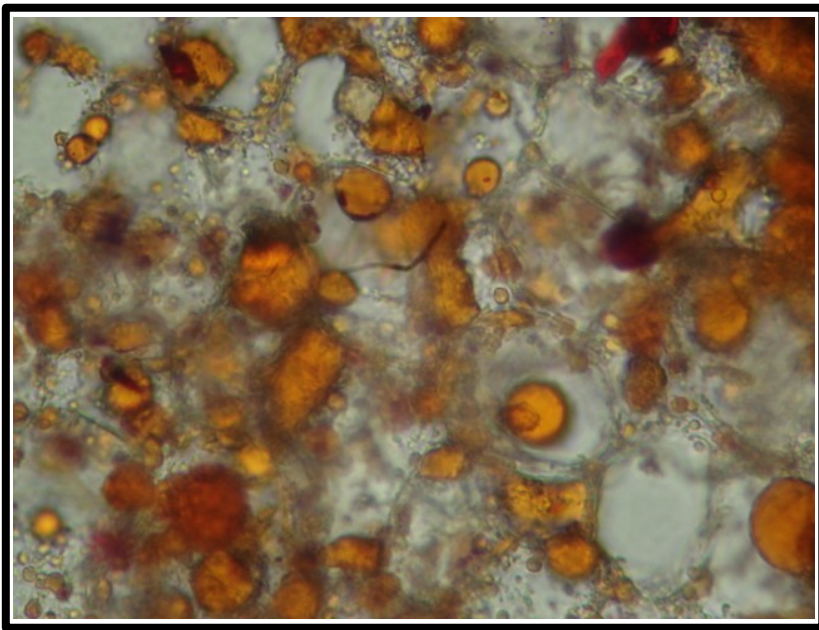


Esquema geral contendo as reações envolvidas na hidrólise de reservas de parede celular.



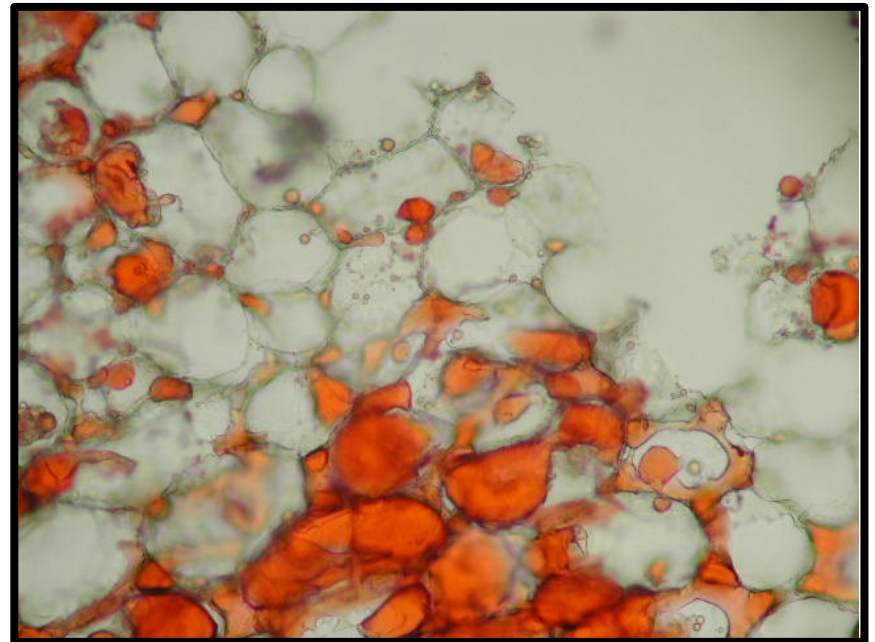
Mobilização de lipídeos de reserva em sementes

- são acumulados na sementes sob a forma de triglicerídeos e armazenados em organelas denominadas **corpos lipídicos**.
- sua degradação envolve etapas inversas à sua deposição:
 - hidrólise de triglicerídeos liberando glicerol e ácidos graxos livres (AGL);
 - uso do glicerol como fonte de carbono para a síntese de glucose;
 - degradação do ácido graxo livre gerando acetil, que também será usado na síntese de glucose.
 - em geral, as hexoses geradas serão utilizadas na síntese de sacarose, a qual é transportada para o eixo embrionário em crescimento.



Moringa T2

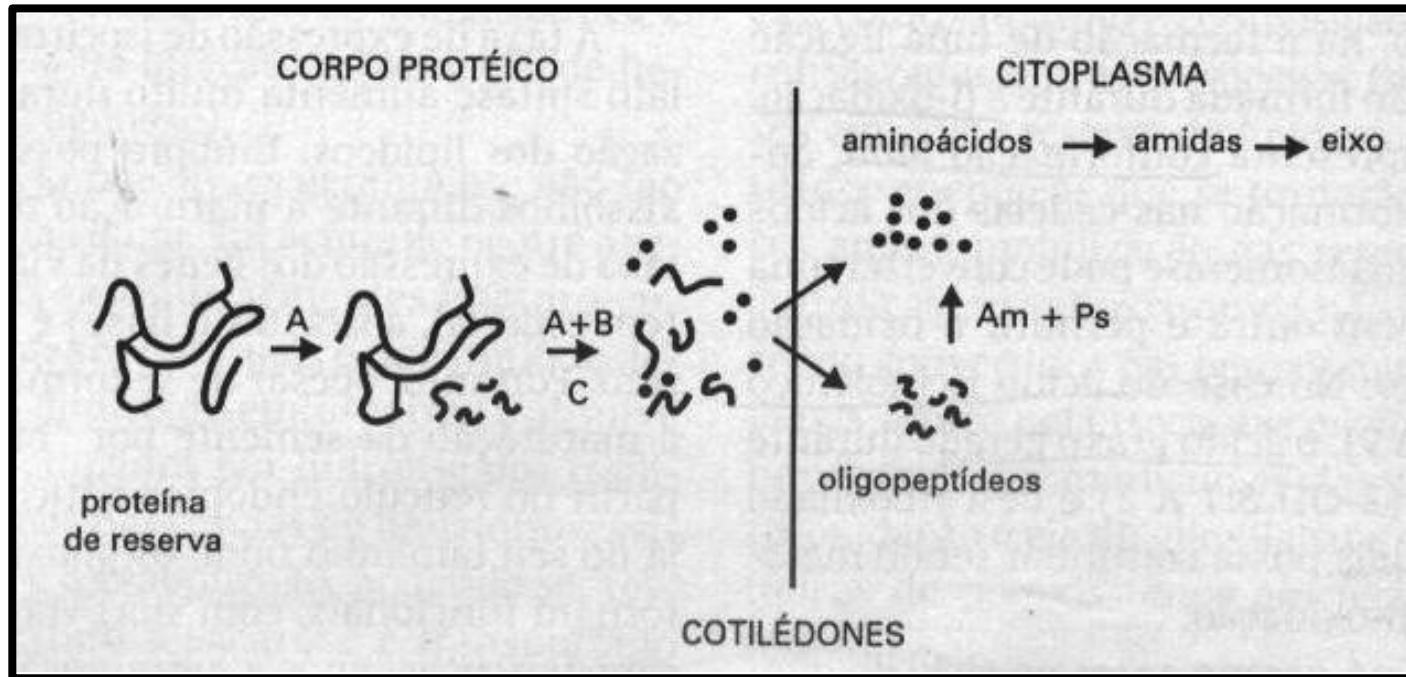
Moringa T4



- processo de formação de hexoses a partir de lipídeos envolve várias etapas, os passos resumidos são os seguintes:
 - os triglicerídeos são hidrolisados nos corpos lipídeos;
 - os ácidos graxos livres são convertidos a succinato nos glioxissomos;
 - o succinato é convertido a malato ou a oxalacetato na mitocôndria;
 - o malato (ou oxalacetato) é exportado para o citosol, onde será utilizado na neoglicogênese.

Mobilização de proteínas de reserva em sementes

- A hidrólise das proteínas de reserva aos seus aminoácidos constituintes é realizada por proteases classificadas de acordo com sua atividade hidrolítica.
- **endopeptidases** → atacam ligações peptídicas internas ao polipeptídeo, produzindo oligopeptídeos que são reduzidos aos seus aminoácidos constitutivos pelas peptidases:
 - aminopeptidases → atacam o terminal amino (N);
 - carboxipeptidases → atacam o terminal carboxílico (C) do peptídeo.



- Generalização da via de mobilização de proteínas de reserva nos corpos protéicos.
- Inicialmente é atacada por proteinases A, B (endopeptidases) e C (carboxipeptidases) para produzir polipeptídeos menores e mais solúveis e, finalmente, aminoácidos que são transportados para o citoplasma.
- Oligopeptídeos no citoplasma são atacados por aminopeptidases (Am) e peptidases (Ps) produzindo aminoácidos.
- Transportados para o eixo embrionário (glutamina e asparagina).

Sementes de algaroba

