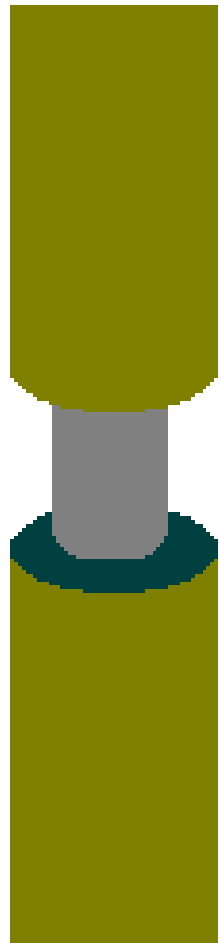
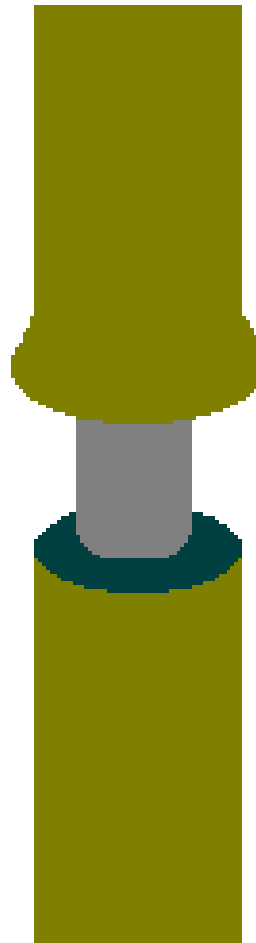


# Translocação de solutos (fotoassimilados, nutrientes e produtos fitofarmacêuticos)



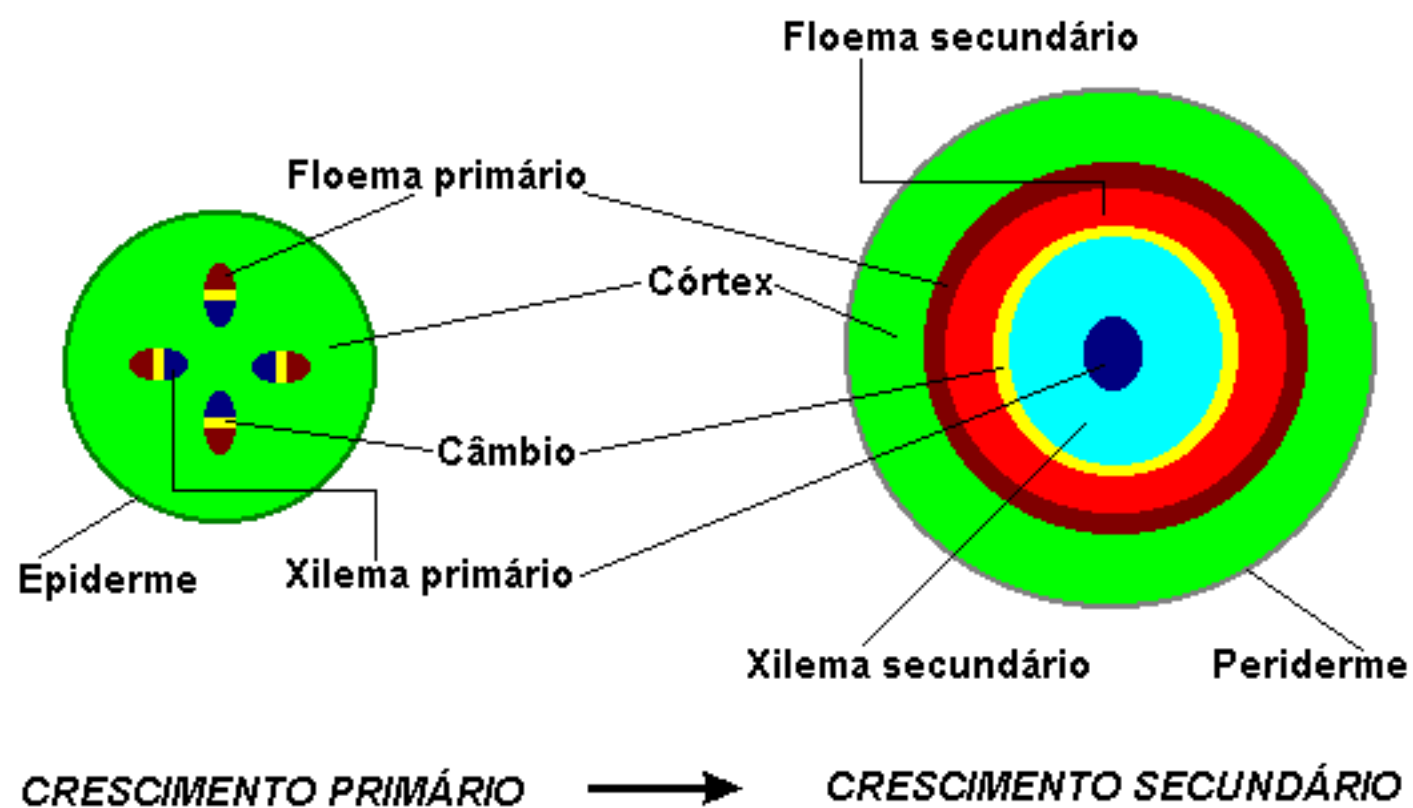
A



B

Marcelo Malpighi, (1686)

O floema como sistema condutor dos solutos



**Células crivosas** (tubos crivosos)

**Placas crivosas** (calose (polímero de glicose))

**Células de companheira** (mitocondrias - ATP)

**Células do parênquima** (reserva)

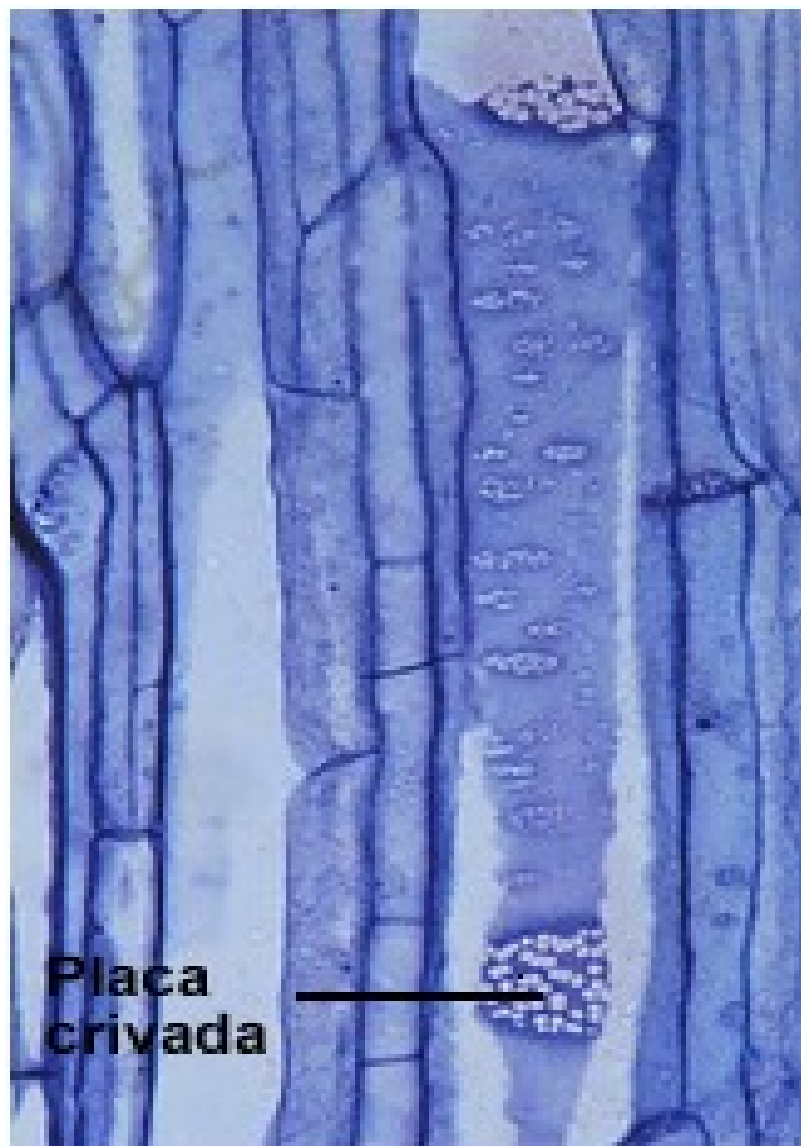
**Fibras liberinas** (células mortas / suporte)

Elementos do tubo crivado encontrados em angiospermicas

1. Algumas áreas crivadas são diferenciadas em placas crivadas e elementos do tubo crivado
2. Os poros da placa crivada são canais abertos
3. A proteína-P está presente em todas as dicot. e em mts monoc.
4. Células companheiras são fontes de ATP (são células intermediárias)

Células crivadas encontradas em gimnospermicas

1. Não há placas crivadas todas as áreas crivadas são similares
2. Os poros nas áreas crivadas parecem estar bloqueados com membranas.
3. Não há a proteína-P
4. Células albuminosas servem como células companheiras

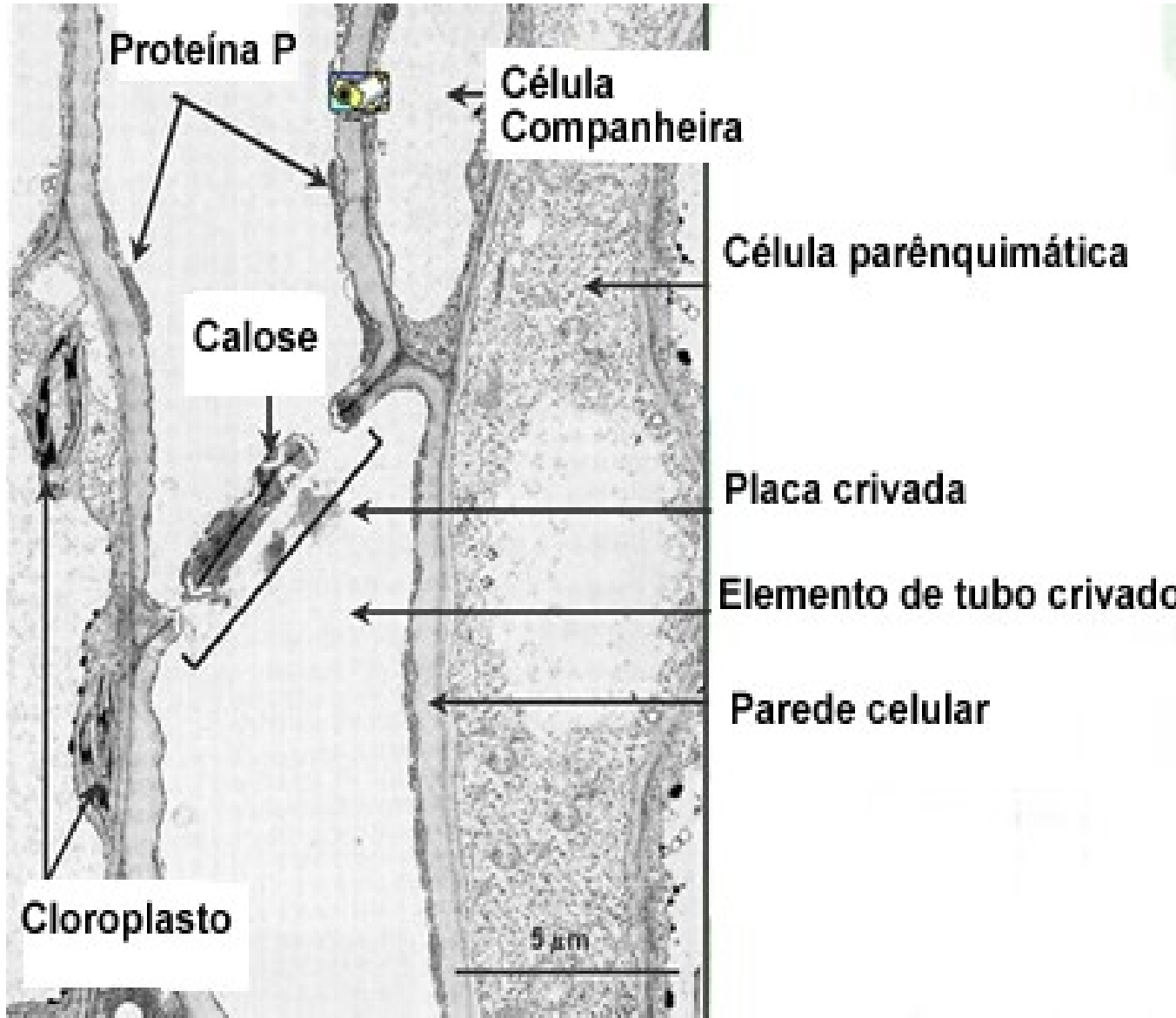


Corte longitudinal do floema de *Aristolochia* sp Placa crivosa. Foto de Castro, N. M.



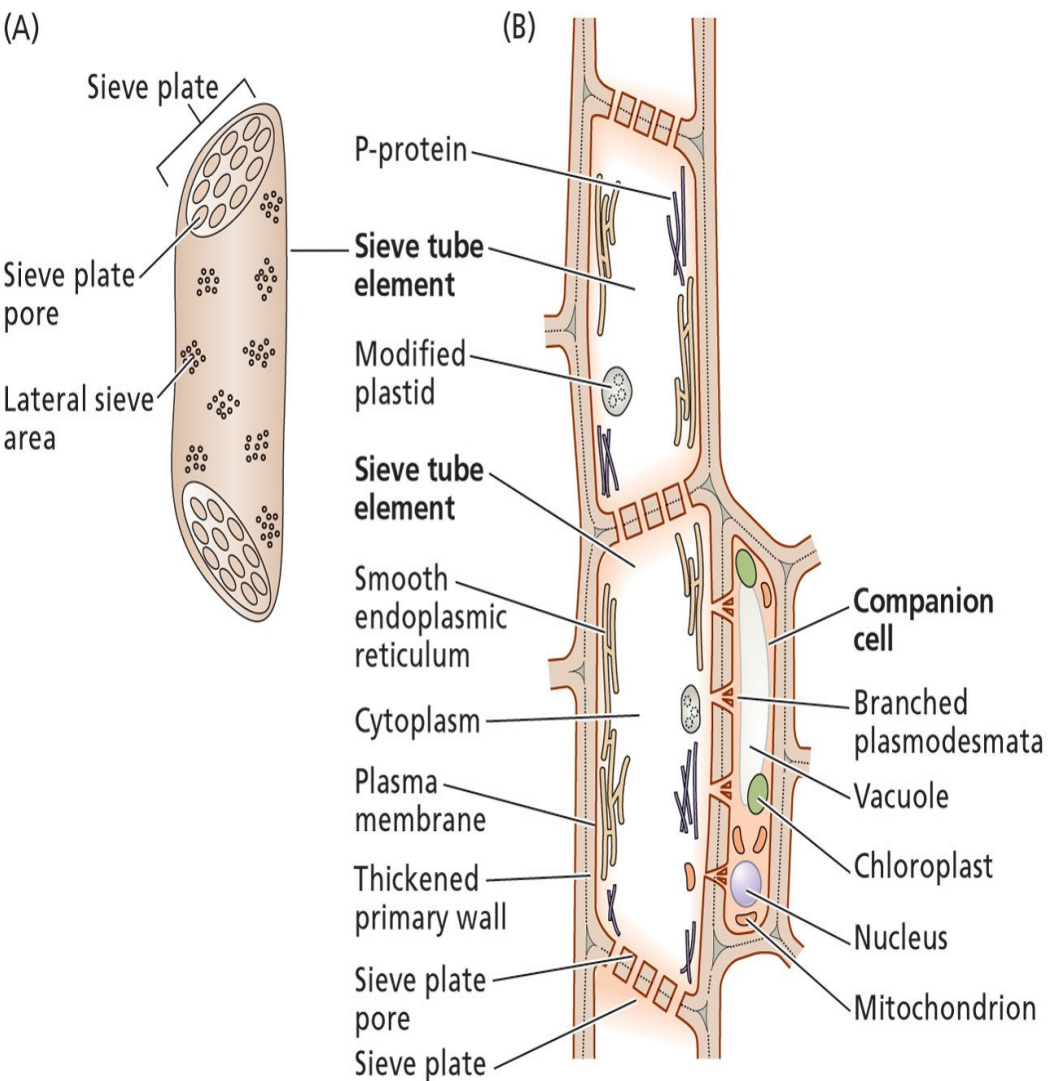
Microscopia eletrônica do floema de uma angiosperma mostrando placa crivada, célula do tubo crivado e célula companheira.

[www.curlygirl.no.sapo.pt/tecidopl.htm](http://www.curlygirl.no.sapo.pt/tecidopl.htm)



Microscopia eletrônica de transmissão do floema de *Curcubita maxima*. [www.euita.upv.es](http://www.euita.upv.es)

# Estrutura do floema



<b>Tipos</b>	<b>Características</b>	<b>Carregamento</b>
Comuns	Presença de cloroplastos com tilacóides bem desenvolvidos, vacúolos pequenos e parede celular com superfície lisa. Poucos plasmodesmas. Transporta sacarose.	Apoplástico.
Células de Transferência	Presença de invaginações voltadas para o TC. Poucos plasmodesmas. Transporta sacarose.	Apoplástico.
Células Intermediárias	Presença de muitos plasmodesmas. Ausência de cloroplasto e outros plastídios. Transporta oligossacarídeos além de sacarose.	Simplástico.

# Not all herbivores chew leaves...

## Some exploit sap



*E.g.*, aphids tap sieve-tube elements for phloem sap





Natureza das substâncias transportadas pelo floema (hidratos de carbono; substâncias azotadas; ácidos orgânicos; substâncias inorgânicas; substâncias de crescimento; outras substâncias)

Sacarose – [0,3 a 0,9 M]

Açúcares não redutores:

    rafinose (sacarose + galactose),  
    estaquiose (sacarose + 2 galactoses) e  
    verbascose (sacarose + 3 galactoses)

Açúcares cujos grupos aldeído e cetonas foram reduzidos a álcool:

    manitol,  
    sorbitol.

Azoto – aminoácidos (glutamato e aspartato) e aminas (glutamina, asparagina)

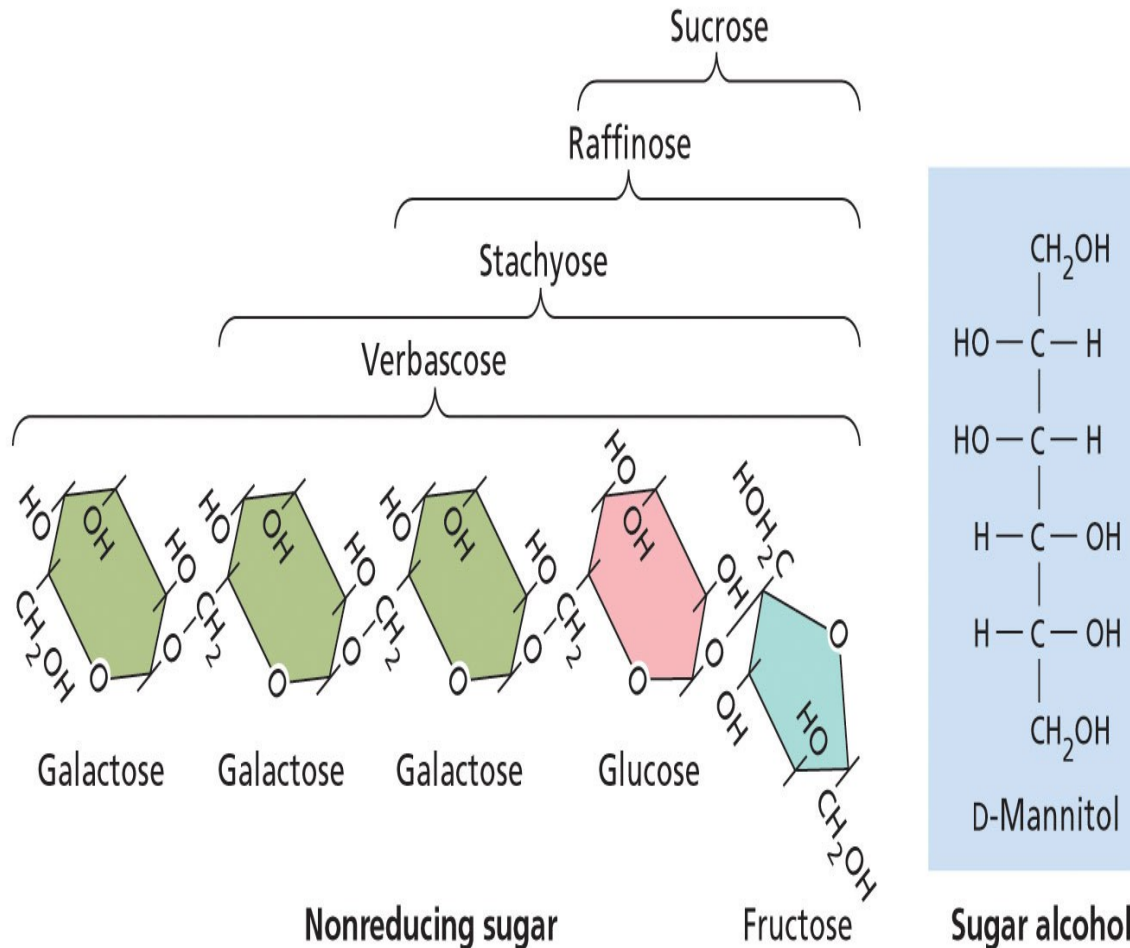
Proteínas (tiorredoxina, quinases, ubiquitina, chaperonas)

Nutrientes minerais:  $Mg^{2+}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $Cl^-$ ,  $K^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$  e Fe.

Hormonas vegetais - auxina, giberelina, citoquininas e ácido abscísico

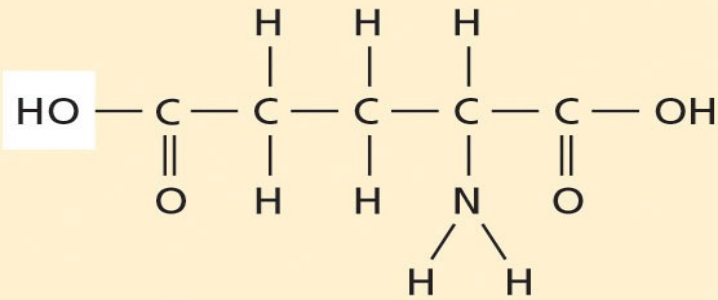
# Natureza das substâncias transportadas pelo floema (hidratos de carbono; substâncias azotadas; ácidos orgânicos; substâncias inorgânicas; substâncias de crescimento; outras substâncias)

## (B) Compounds commonly translocated in the phloem



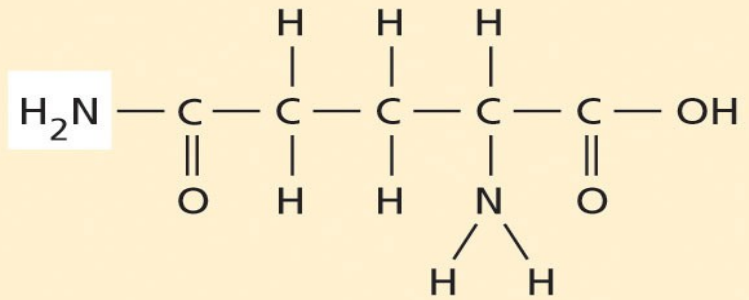
Natureza das substâncias transportadas pelo floema (hidratos de carbono; substâncias azotadas; ácidos orgânicos; substâncias inorgânicas; substâncias de crescimento; outras substâncias)

Glutamic acid and glutamine are important nitrogenous compounds in the phloem, in addition to aspartate and asparagine.



Glutamic acid

**Amino acid**



Glutamine

**Amide**

Natureza das substâncias transportadas pelo floema (hidratos de carbono; substâncias azotadas; ácidos orgânicos; substâncias inorgânicas; substâncias de crescimento; outras substâncias)

**TABLE 10.2**

**The composition of phloem sap from castor bean (*Ricinus communis*), collected as an exudate from cuts in the phloem**

Component	Concentration (mg mL <sup>-1</sup> )
Sugars	80.0–106.0
Amino acids	5.2
Organic acids	2.0–3.2
Protein	1.45–2.20
Potassium	2.3–4.4
Chloride	0.355–0.675
Phosphate	0.350–0.550
Magnesium	0.109–0.122

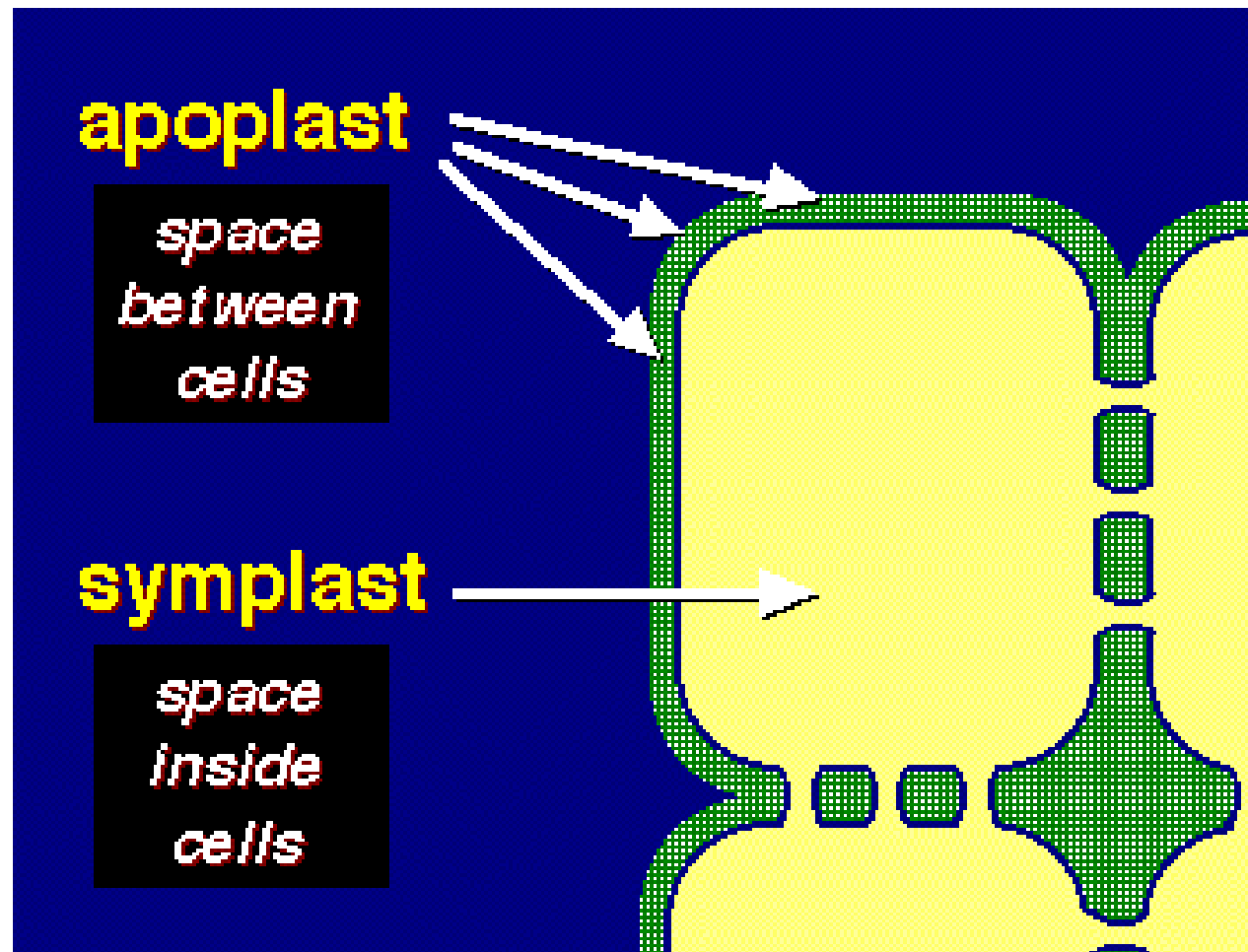
Source: Hall and Baker 1972.

Velocidade – distância linear percorrida por unidade de tempo

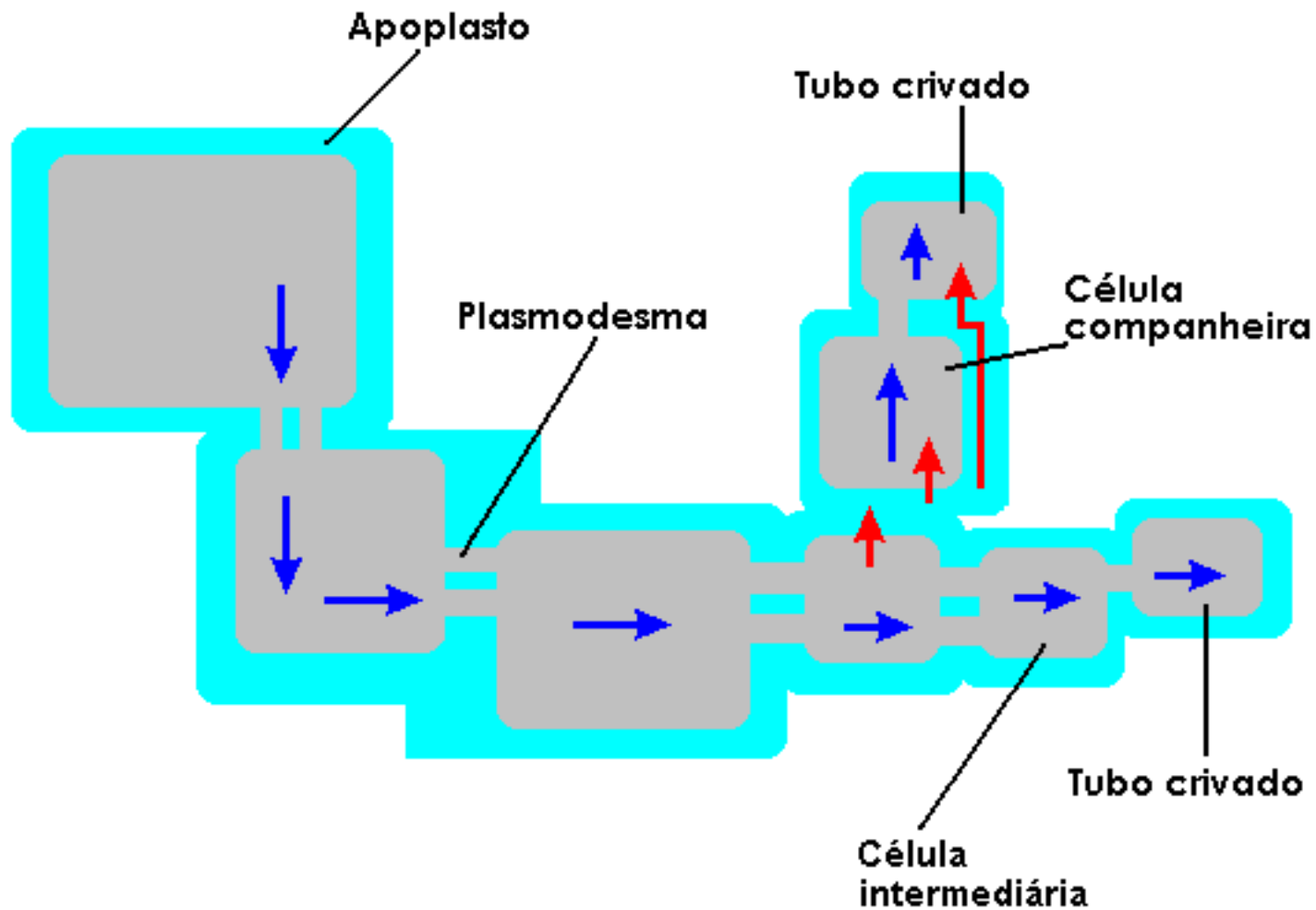
Taxa de transferência de massa – Quantidade de material que passa através de uma determinada secção transversal de floema ou dos elementos crivosos por unidade de tempo

Velocidade – 0,3 a 1,5  $\text{mh}^{-1}$

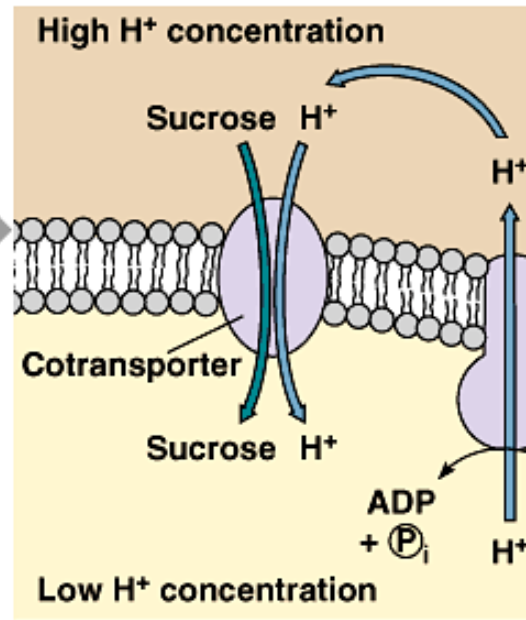
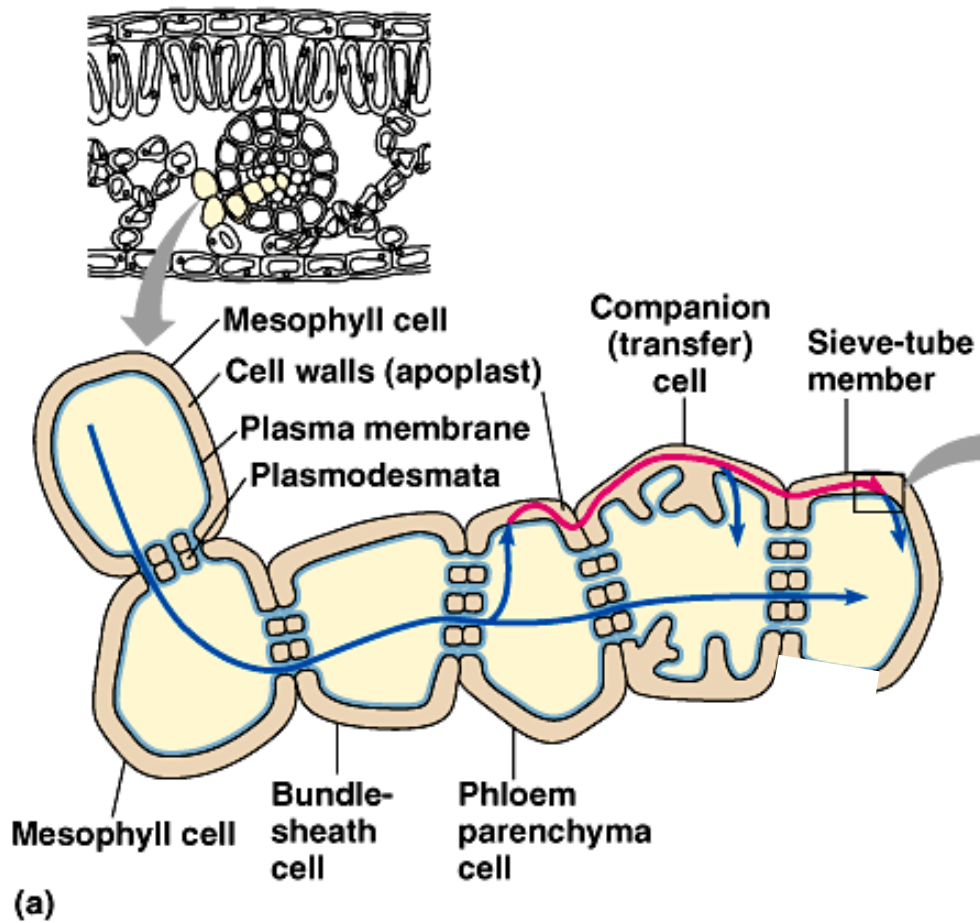
Taxa de transferência de massa - 1 a 15  $\text{gh}^{-1}\text{cm}^{-2}$



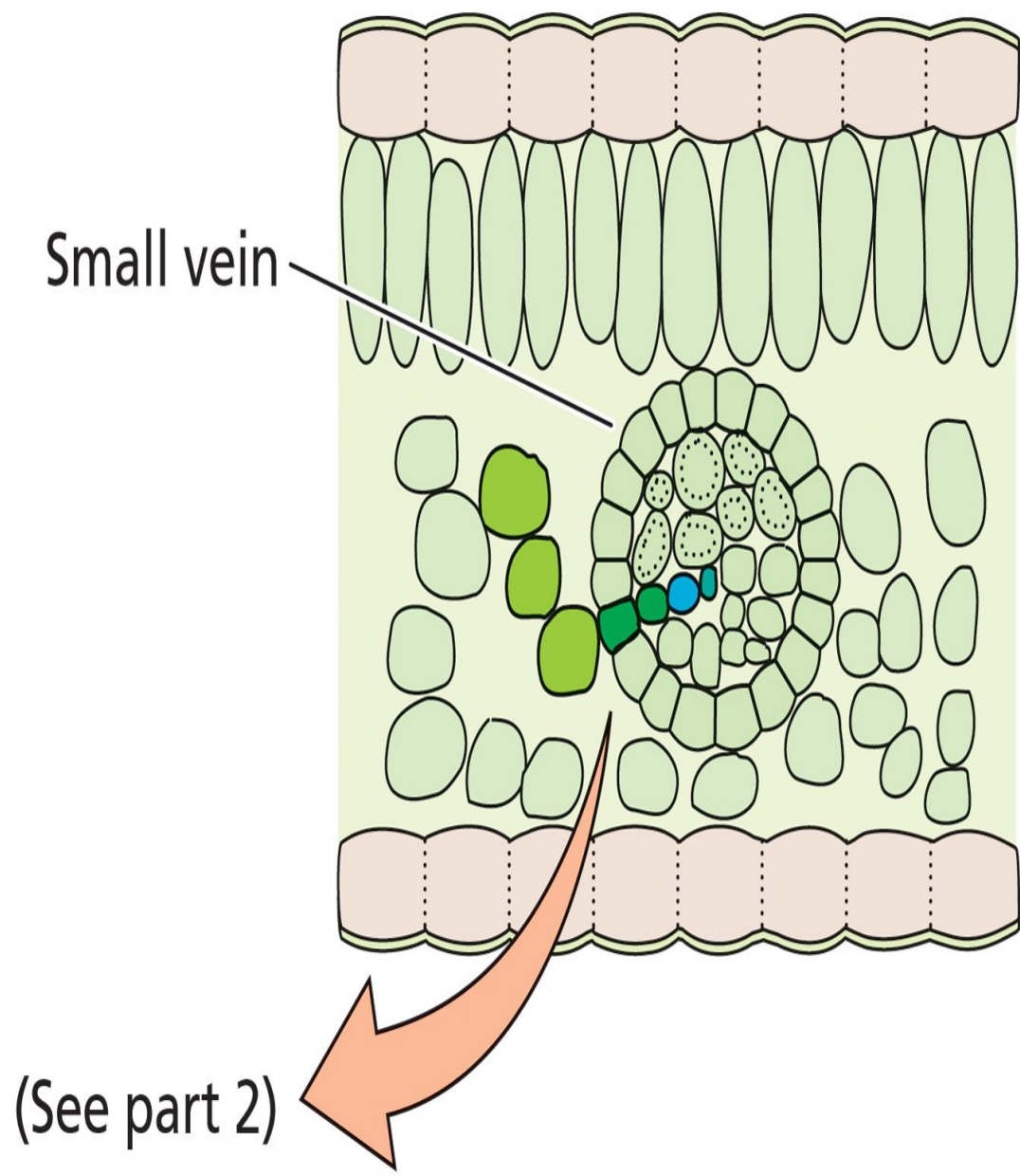
# Direcção do transporte



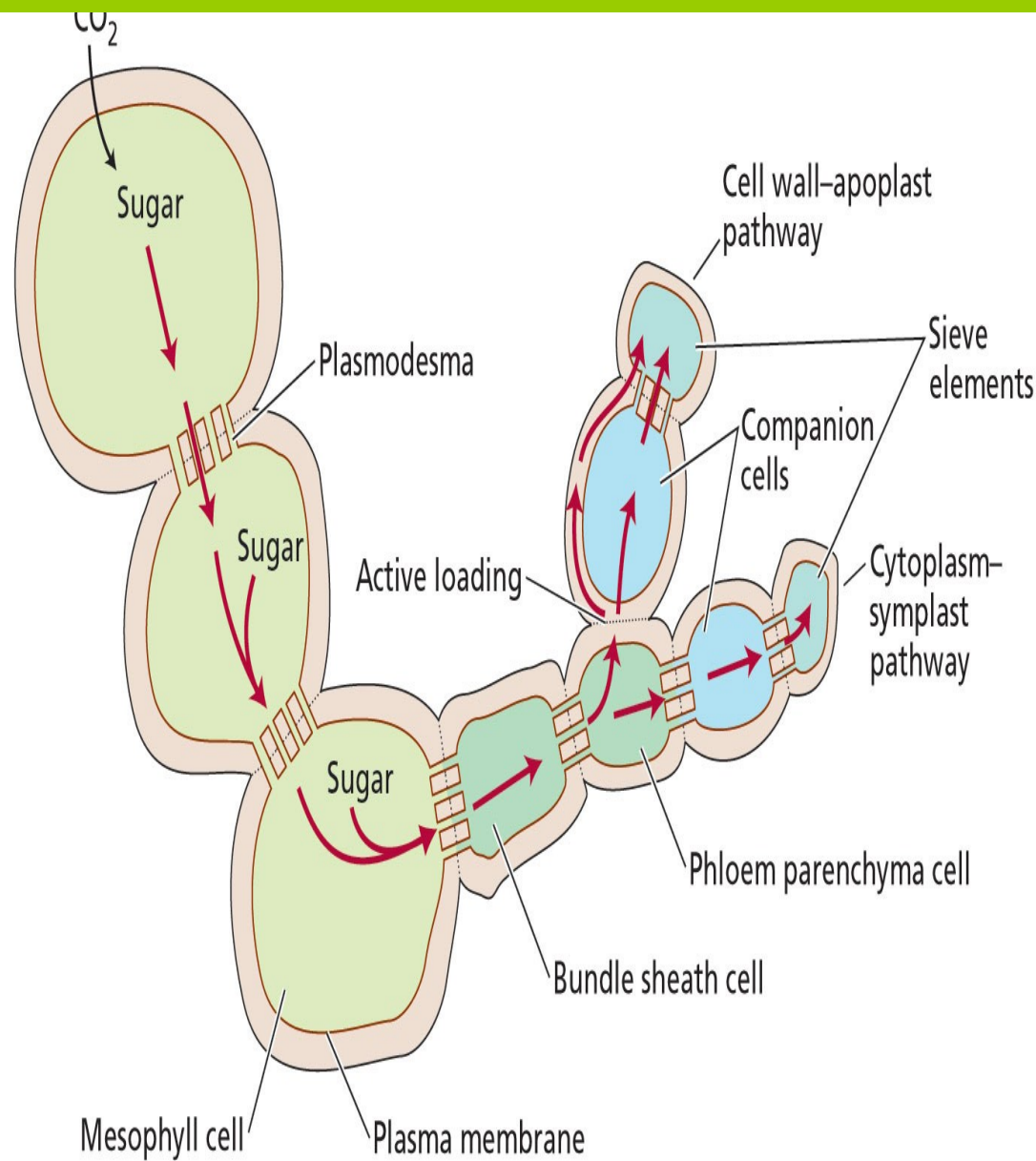
Carregamento simplástico (setas azuis) e apoplástico (setas vermelhas). Modificado de Taiz & Zeiger (1998).



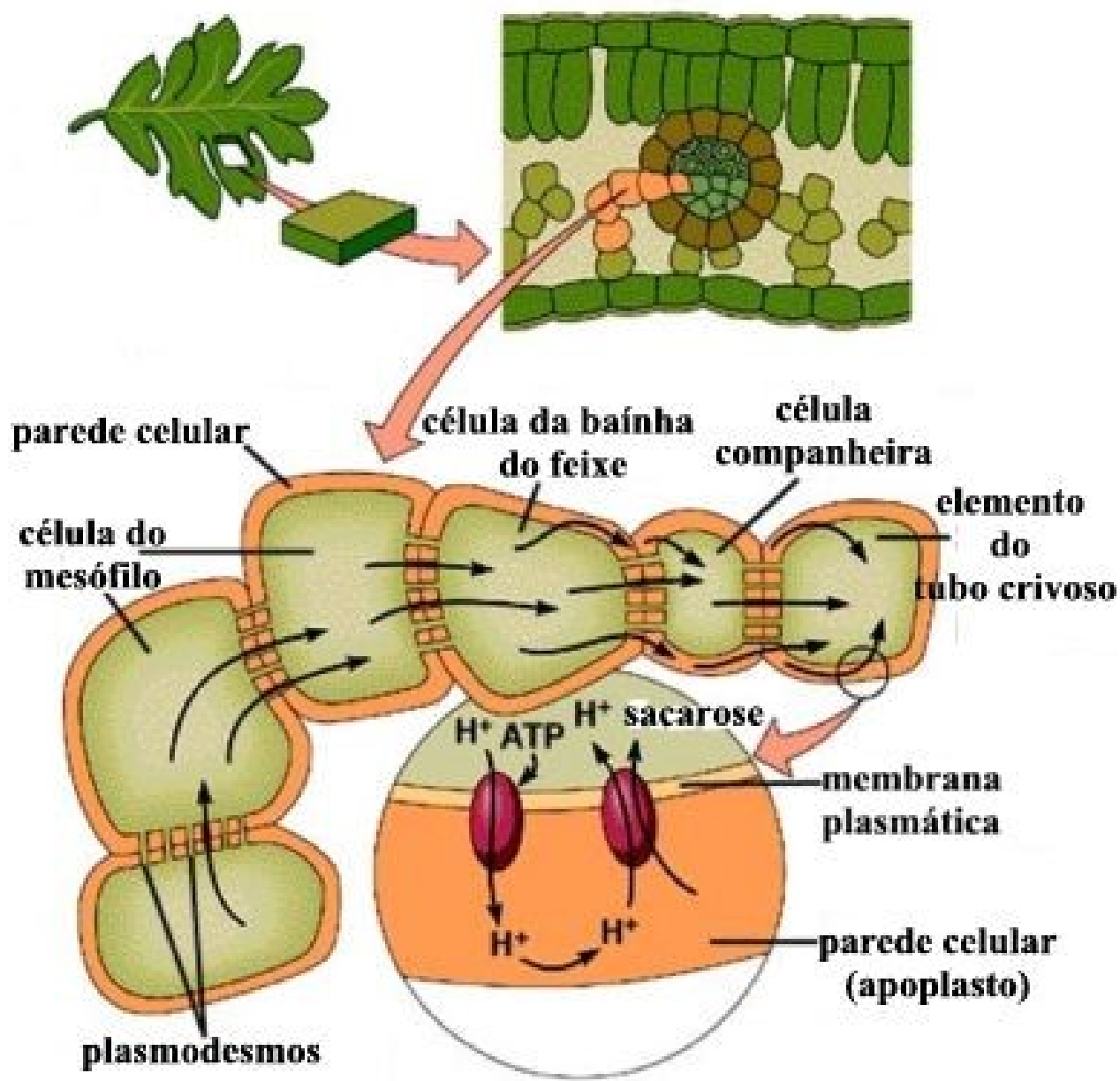


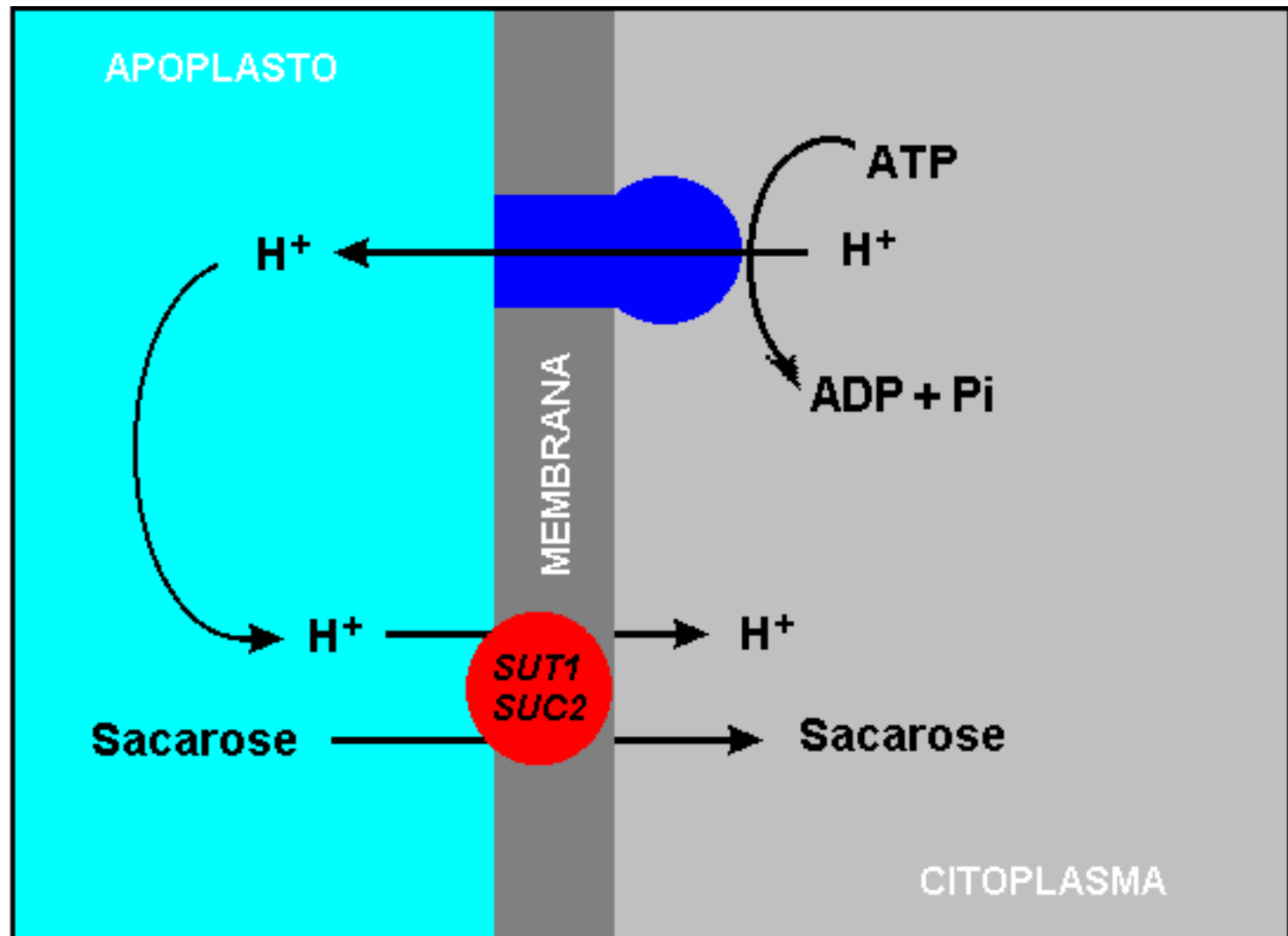


Direcção do transporte



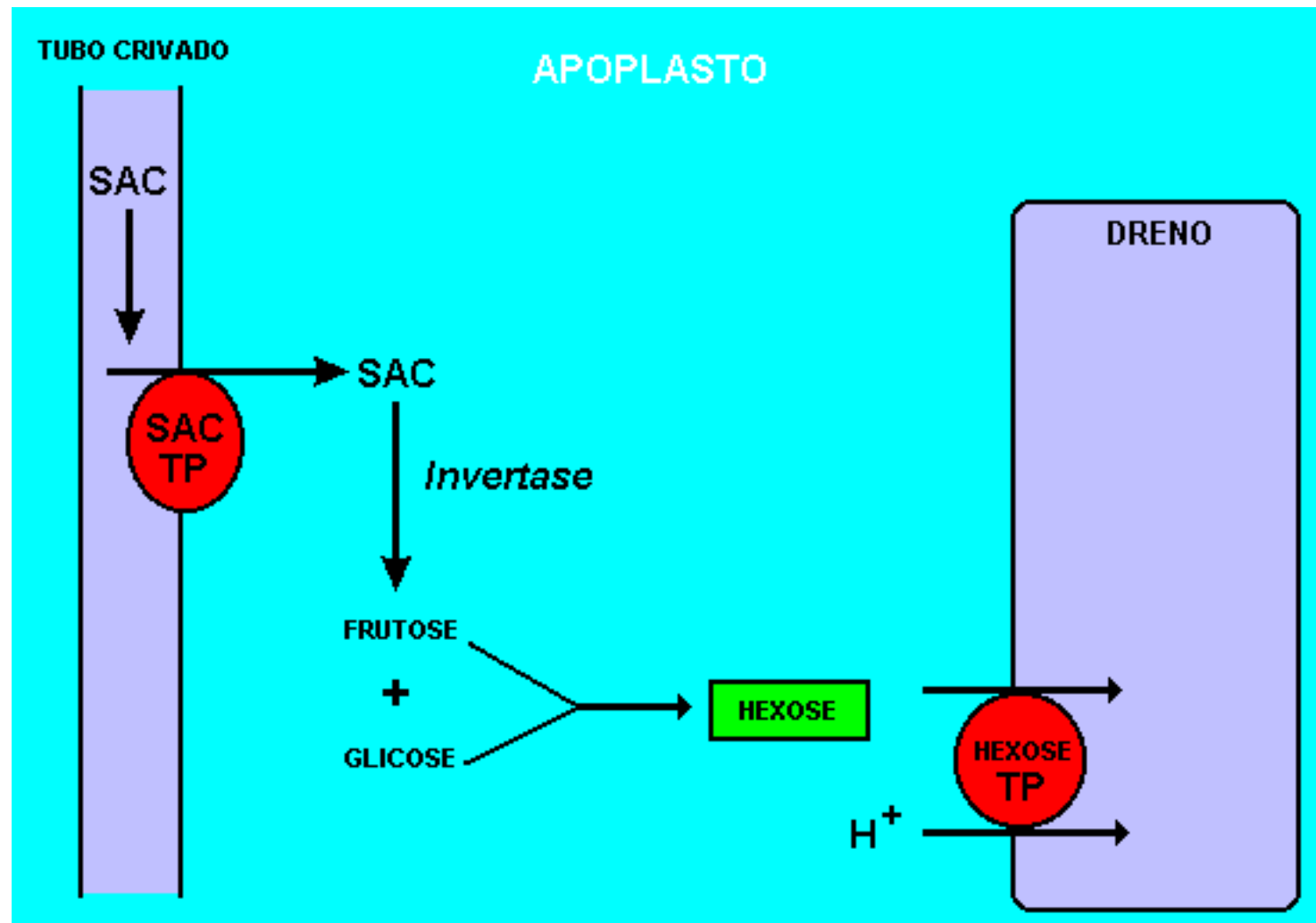
Mecanismos de transporte dos solutos pelo floema





Transportadores de sacarose necessários no carregamento apoplástico. Modificado de Taiz & Zeiger (1998).

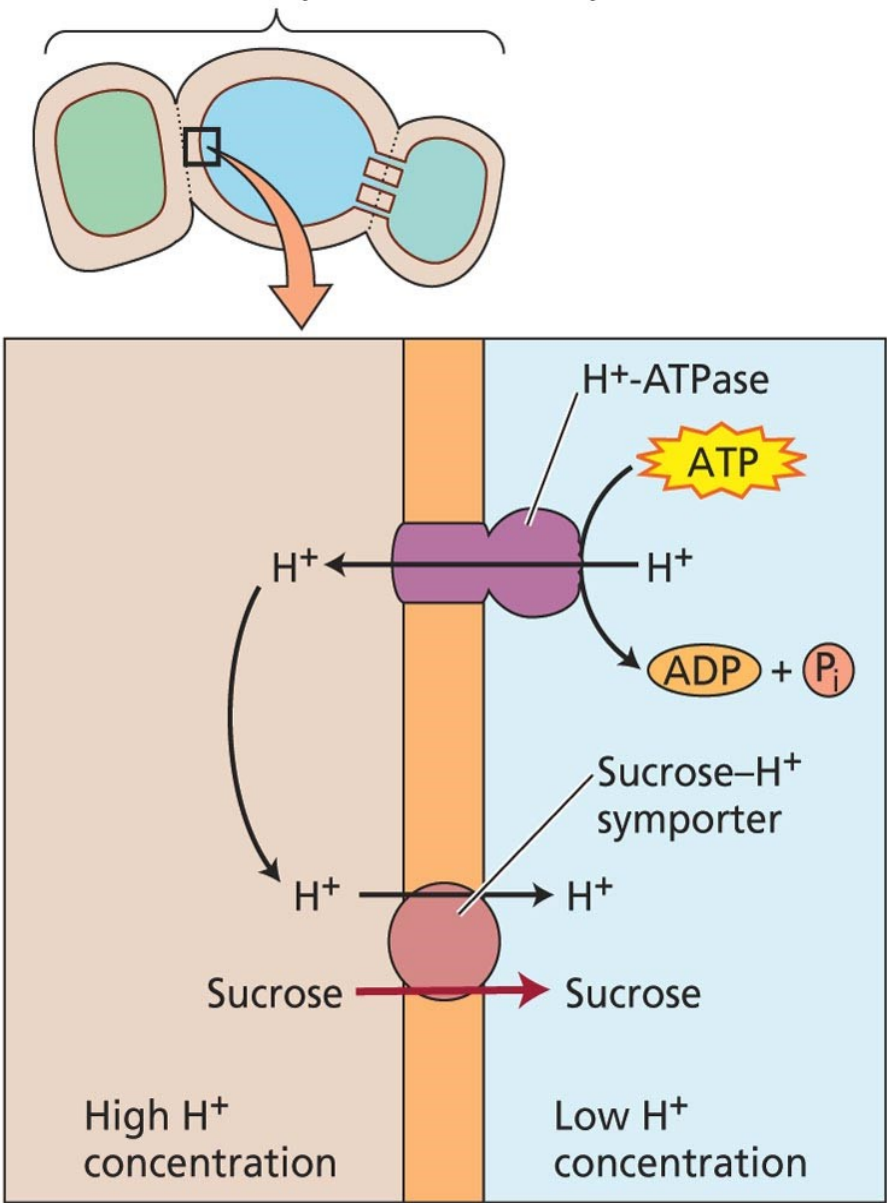
# Mecanismos de transporte dos solutos pelo floema

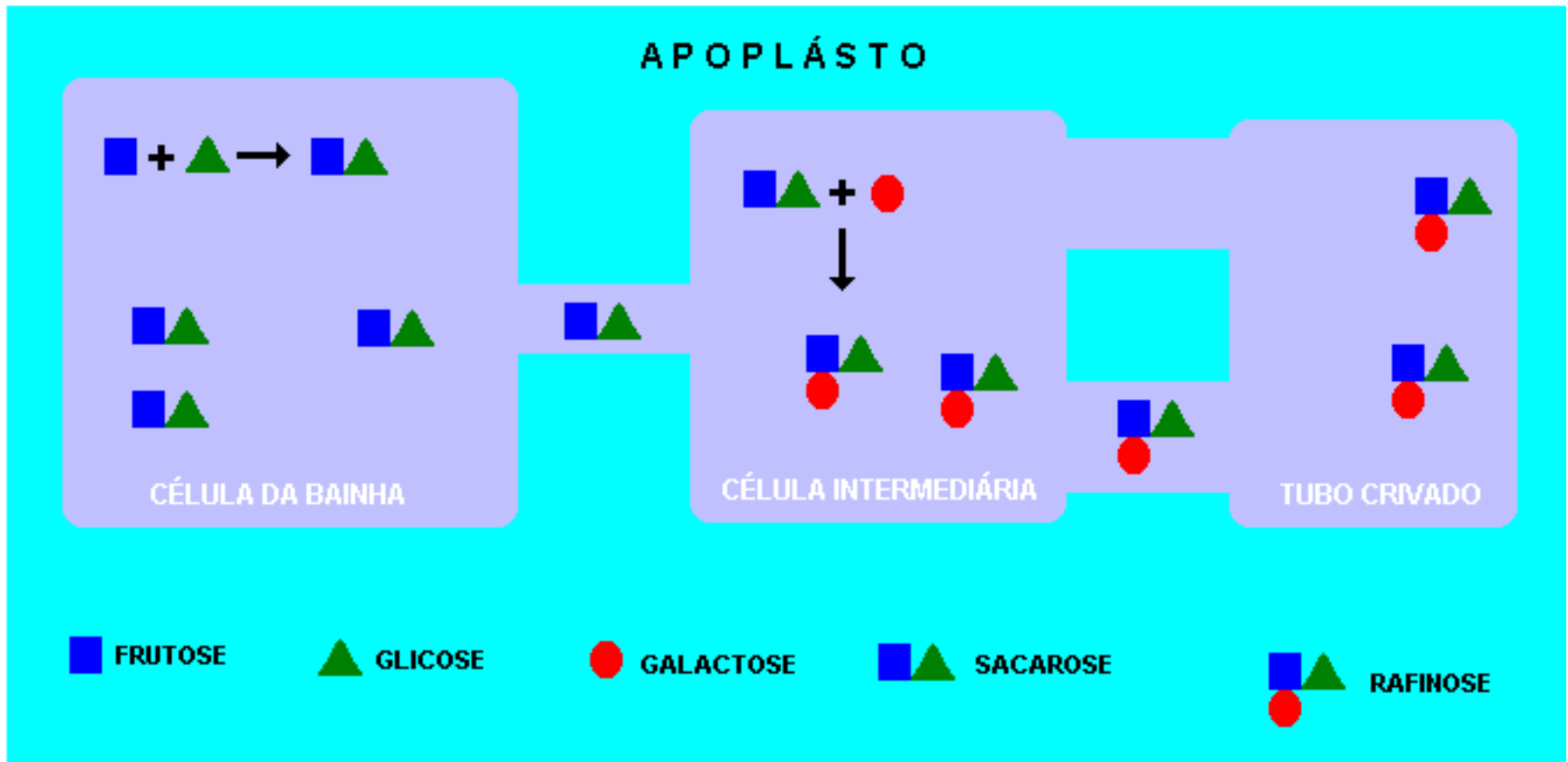


Papel da invertase e do transportador de hexose no descarregamento apoplástico. A invertase diminui o potencial químico da sacarose na região do descarregamento, favorecendo uma chegada contínua desse nutriente. Ao mesmo tempo, o transportador de hexose é necessário para que os açúcares entrem nas células do dreno. SAC, sacarose; TP, transportador. Modificado de Roitsch & Ehneb (2000).

Mecanismos de transporte dos solutos pelo floema

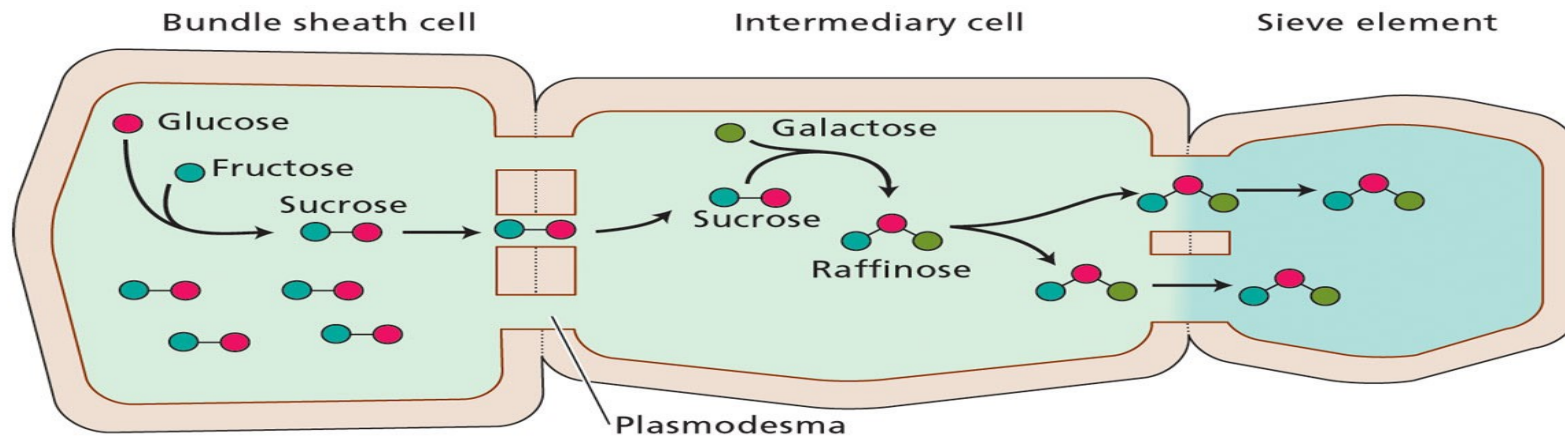
Sieve element-companion cell complex





Modelo “Armadilha de polímero”. A formação de polímeros mais complexos e as diferenças de diâmetro nos plasmodesmas impediriam o refluxo de fotoassimilados durante o carregamento simplástico. Modificado de Taiz & Zeiger (1998).

# Mecanismos de transporte dos solutos pelo floema



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 10.17 © 2002 Sinauer Associates, Inc.



# Distribuição dos solutos pela planta

Descarregamento  
Simplástico



1



2A



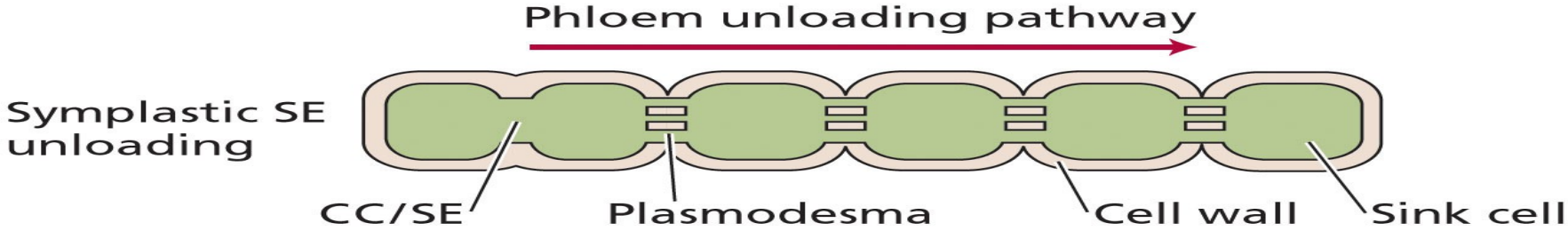
2B



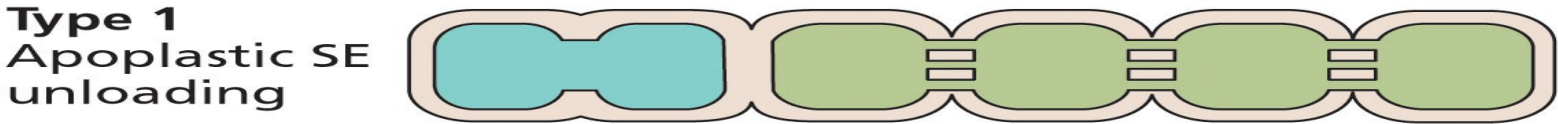
Descarregamento  
Apoplástico

Tipos de descarregamento. No descarregamento apoplástico, a saída do tubo crivado pode ser apoplástica (tipo 1) ou simplástica com uma etapa apoplástica posterior (tipos 2A e 2B). C = Célula companheira; T = Tubo crivado; R = Célula receptora. Modificado de Taiz & Zeiger (1998).

(A) **Symplastic phloem unloading**

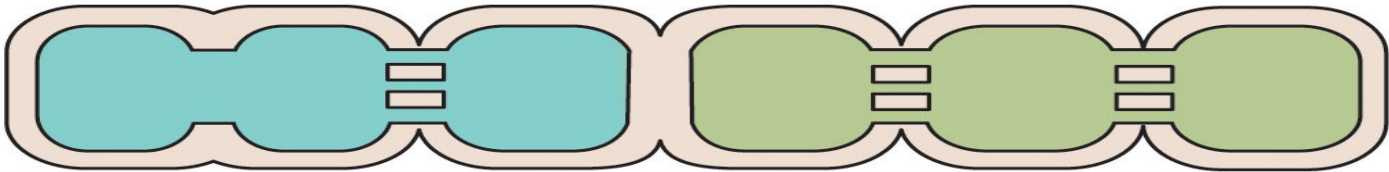


(B) **Apoplastic phloem unloading**

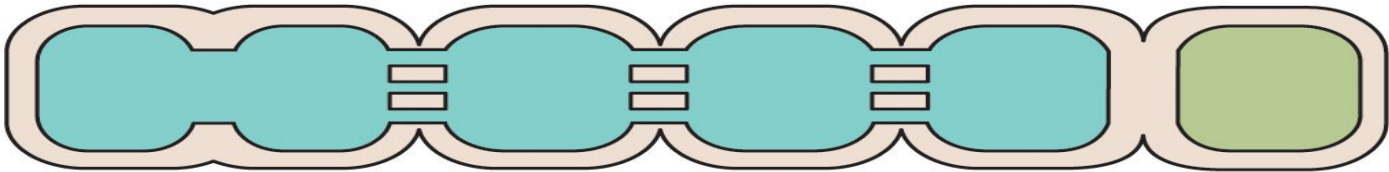


(B) **Apoplastic phloem unloading**

**Type 2A**  
Symplastic SE  
unloading



**Type 2B**  
Symplastic SE  
unloading



Descarregamento simplástico ou apoplástico varia com:

- a espécie vegetal,
- o tipo de tecido ou órgão e
- a fase de desenvolvimento

Fruto de tomate - descarregamento simplástico e uma acumulação de amido no começo do desenvolvimento e posteriormente um descarregamento apoplástico e um acúmulo de açúcares solúveis.

>capacidade de transporte - simplástico

Tende a ser simplástico qd é transportado amido e proteínas em vez de sacarose

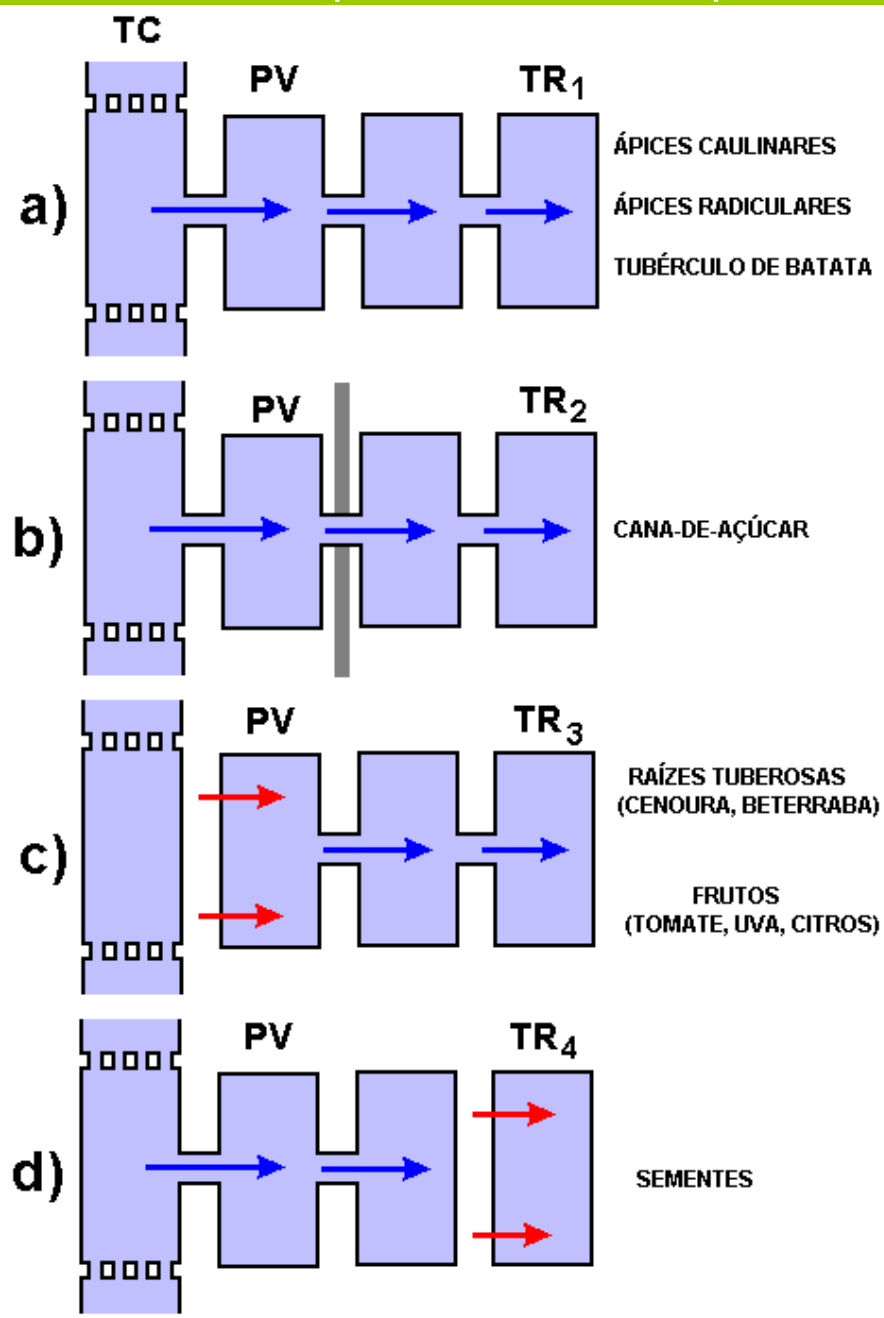
Regiões meristemáticas caulinares e radiculares - simplástico.

Batata - Ápice caulinar que se transforma em um órgão de reserva - simplástico

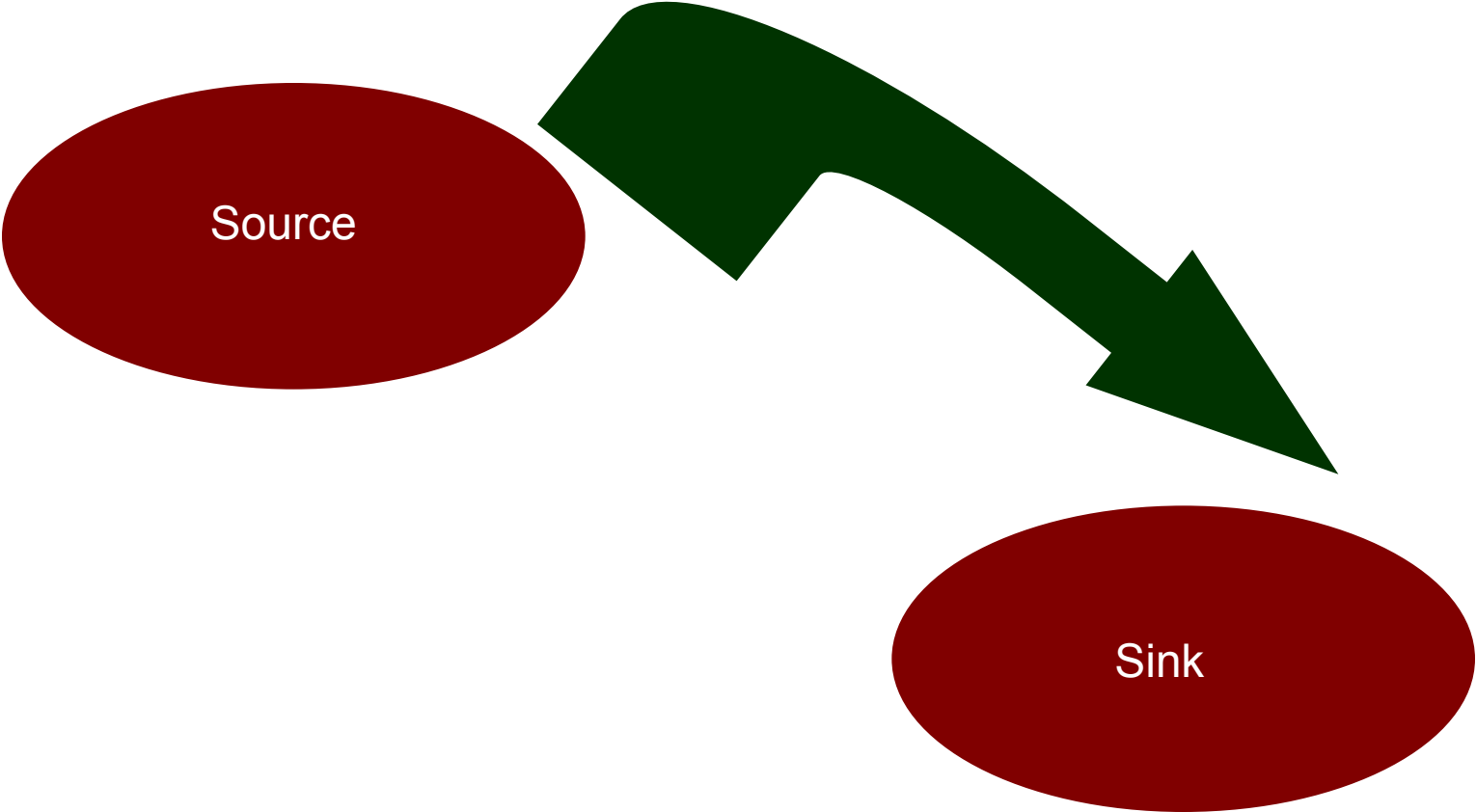
Cana-de-açúcar – simplástico (apesar de acumular sacarose) há uma barreira apoplástica na parede celular das células da bainha do feixe vascular

monocotiledóneas (ex. folhas jovens de milho), órgãos de reserva que acumulam mono e dissacarídeos em vez polímeros (ex. raízes de beterraba e cenoura), frutos (tomate, uva, laranja) e em sementes em desenvolvimento - apoplástico

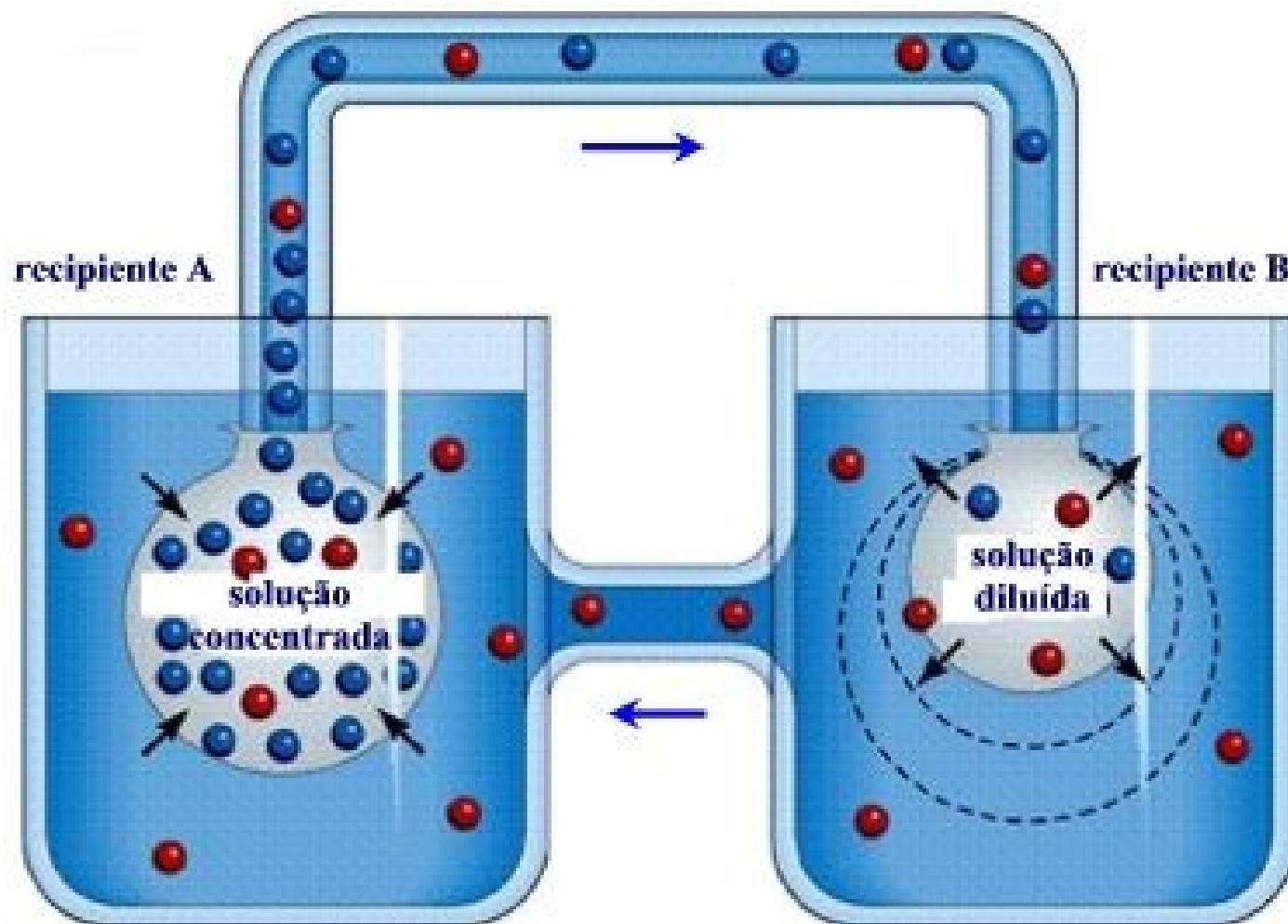
Nas sementes em desenvolvimento – apoplástico não há conexão simplástica entre o tecido materno e os tecidos do embrião



Exemplos de descarregamento simplástico (a, b) e apoplástico (c, d). Na cana-de-açúcar há uma barreira apoplástica devido à linhificação das células da bainha do feixe vascular. TR1 normalmente acumula polímeros, enquanto TR2 e TR3 acumulam açúcares solúveis. Nas sementes, TR4 corresponde ao tecido do embrião, o qual está isolado simplásticamente do tecido materno. TR, tecido de reserva;

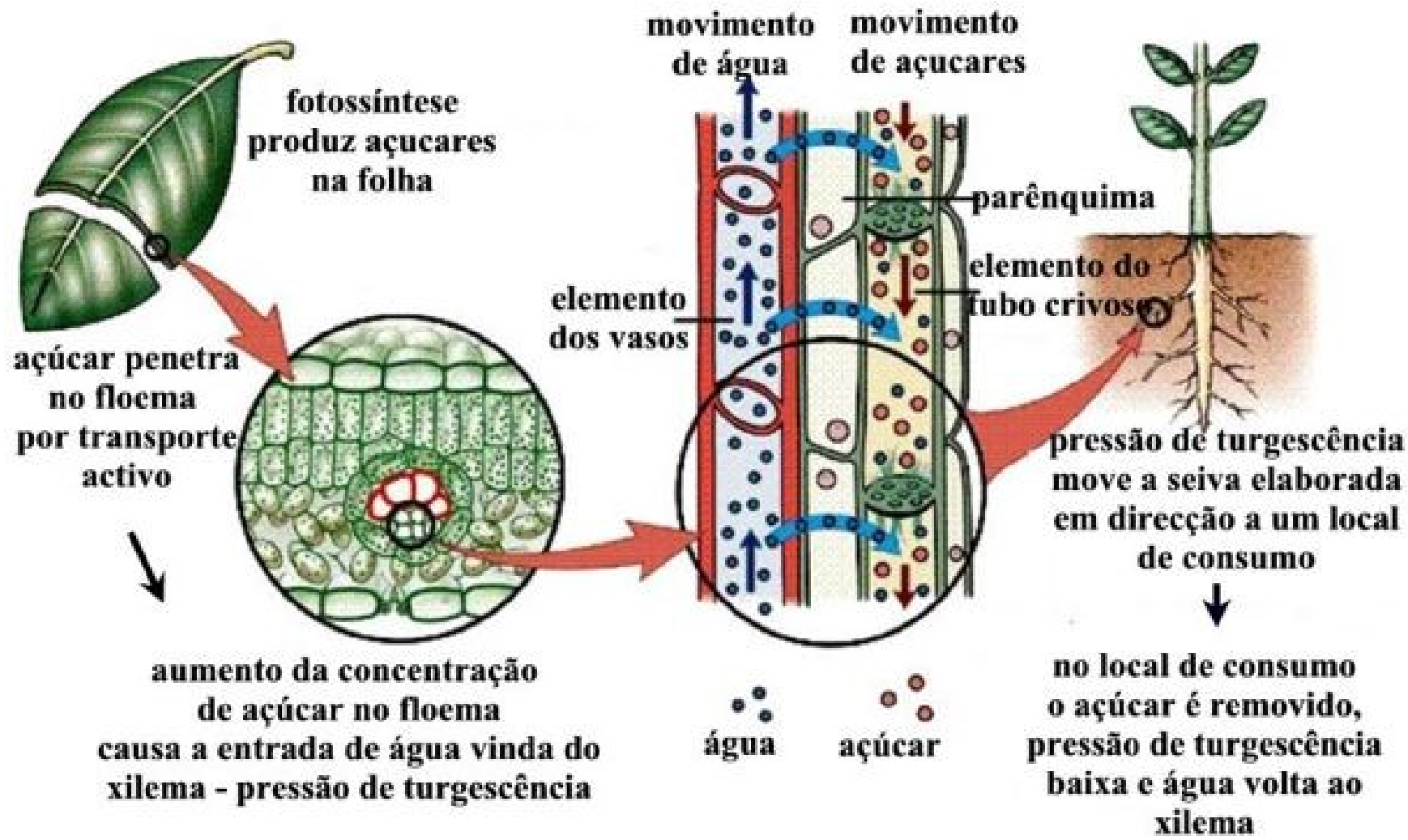


# Mecanismos de transporte dos solutos pelo floema

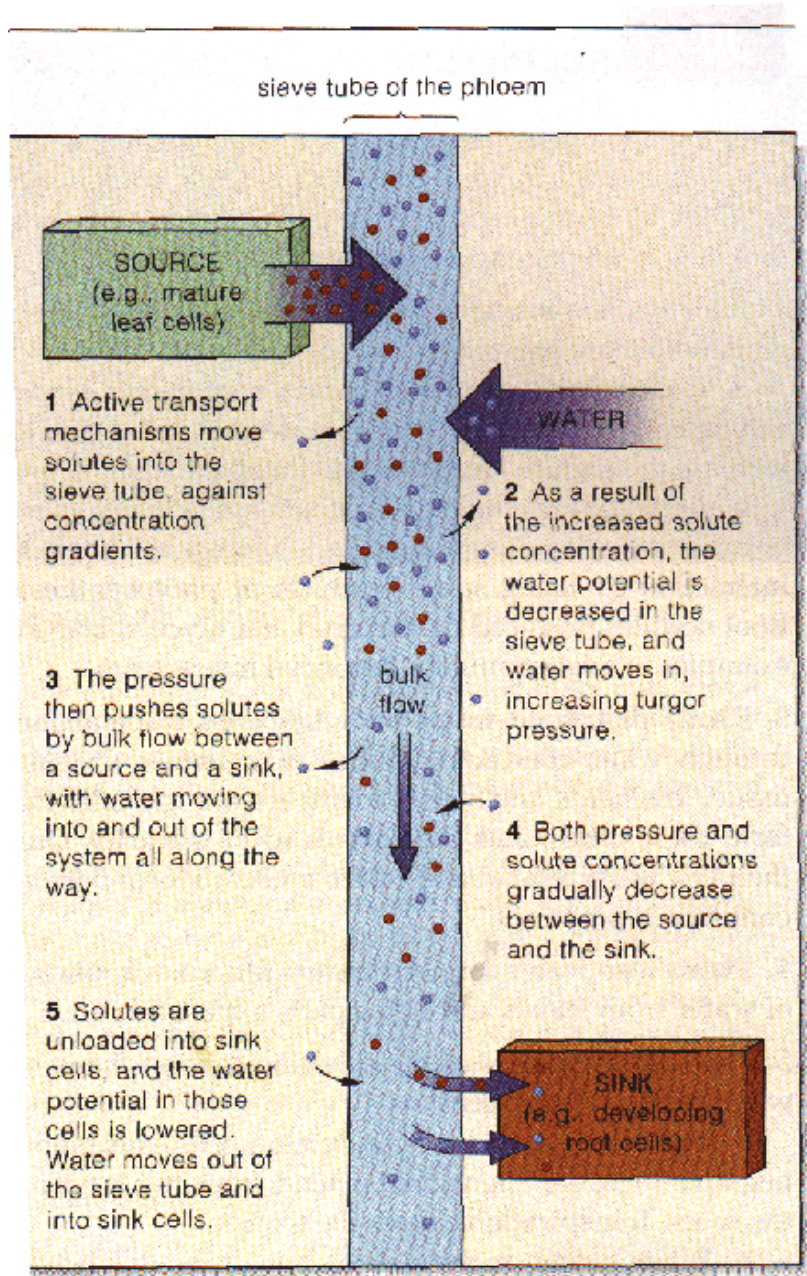




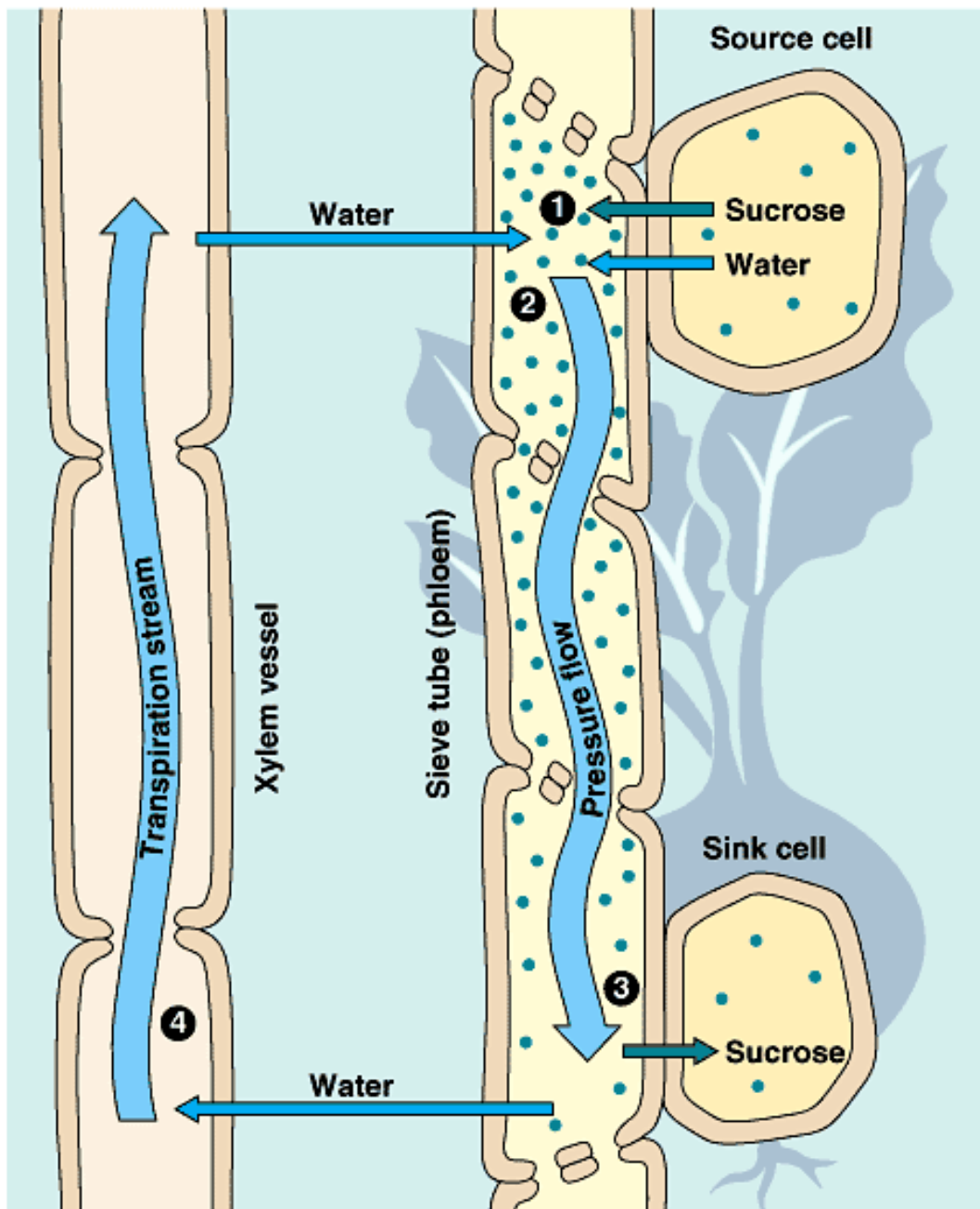
Mecanismos de transporte dos solutos pelo floema



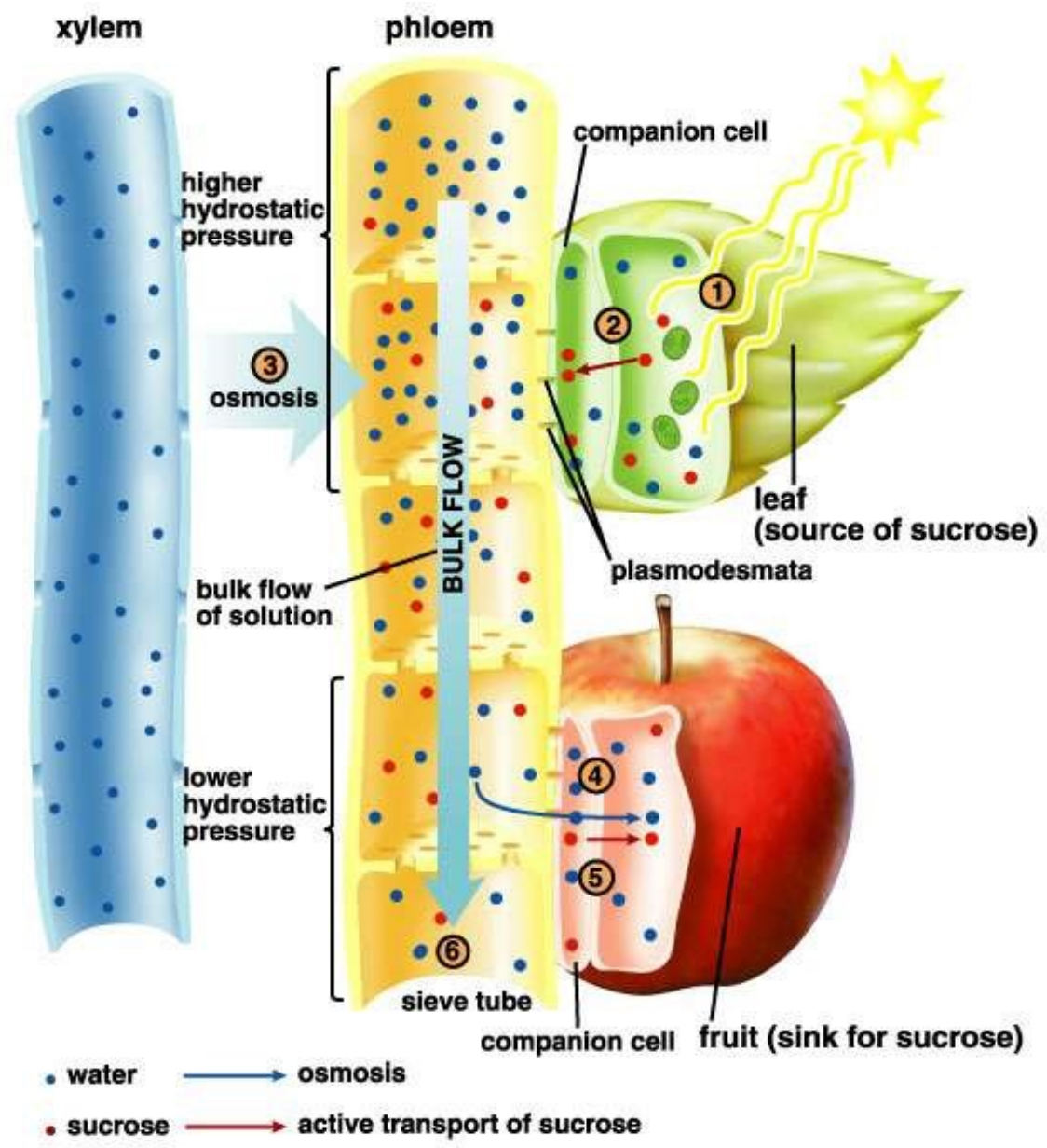
# Mecanismos de transporte dos solutos pelo floema



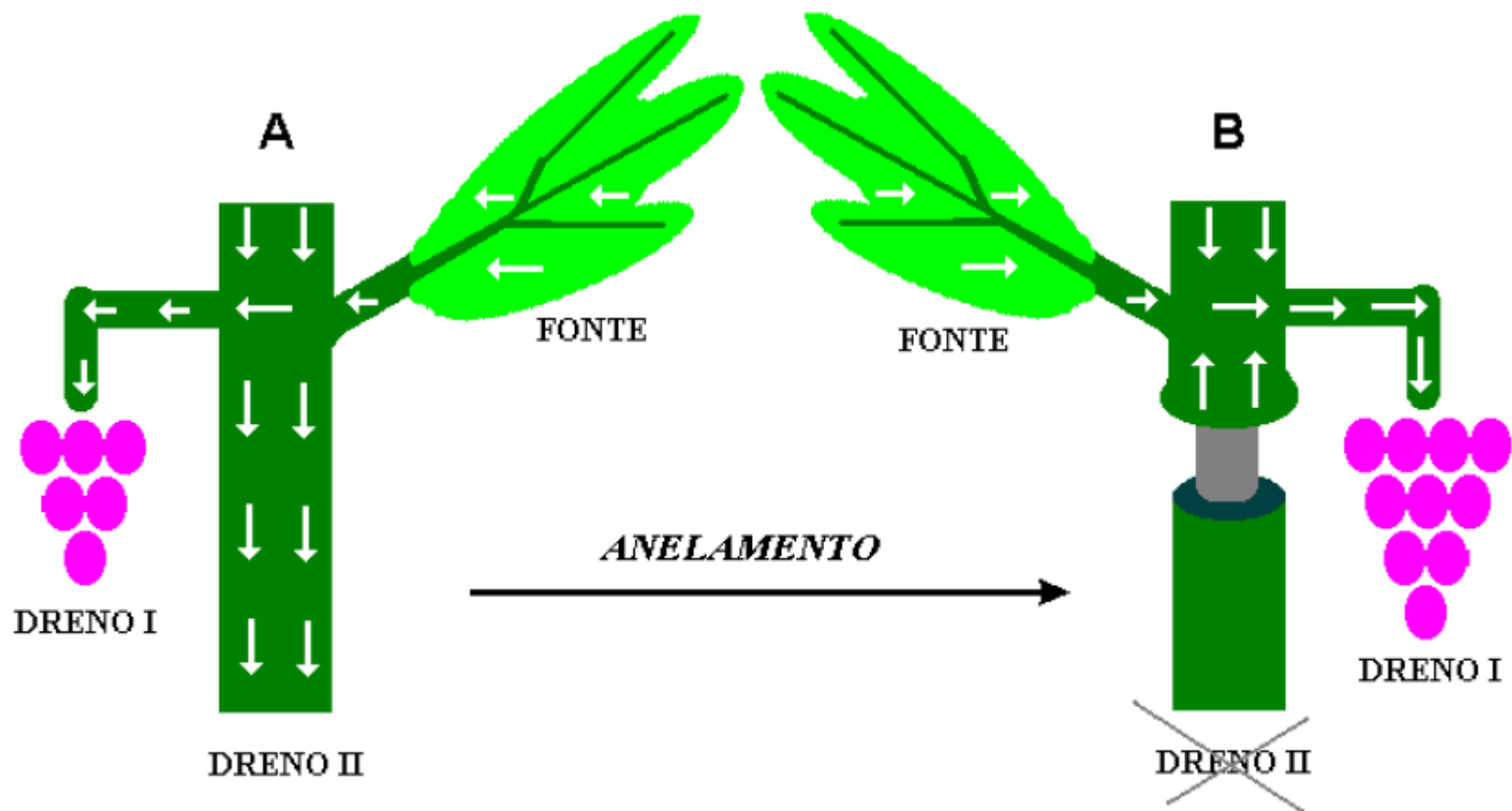
Mecanismos de transporte dos solutos pelo floema



Mecanismos de transporte dos solutos pelo floema







**FIGURA 14.** Prática do anelamento na produção de uva. O anelamento provoca a retenção de assimilados no ramo aumentando a quantidade que é translocada para o dreno de interesse (frutos).