

5. Mobilização e Transporte de Assimilados



Marcello Malpighi
(1628-1694)

Anel de Malpighi

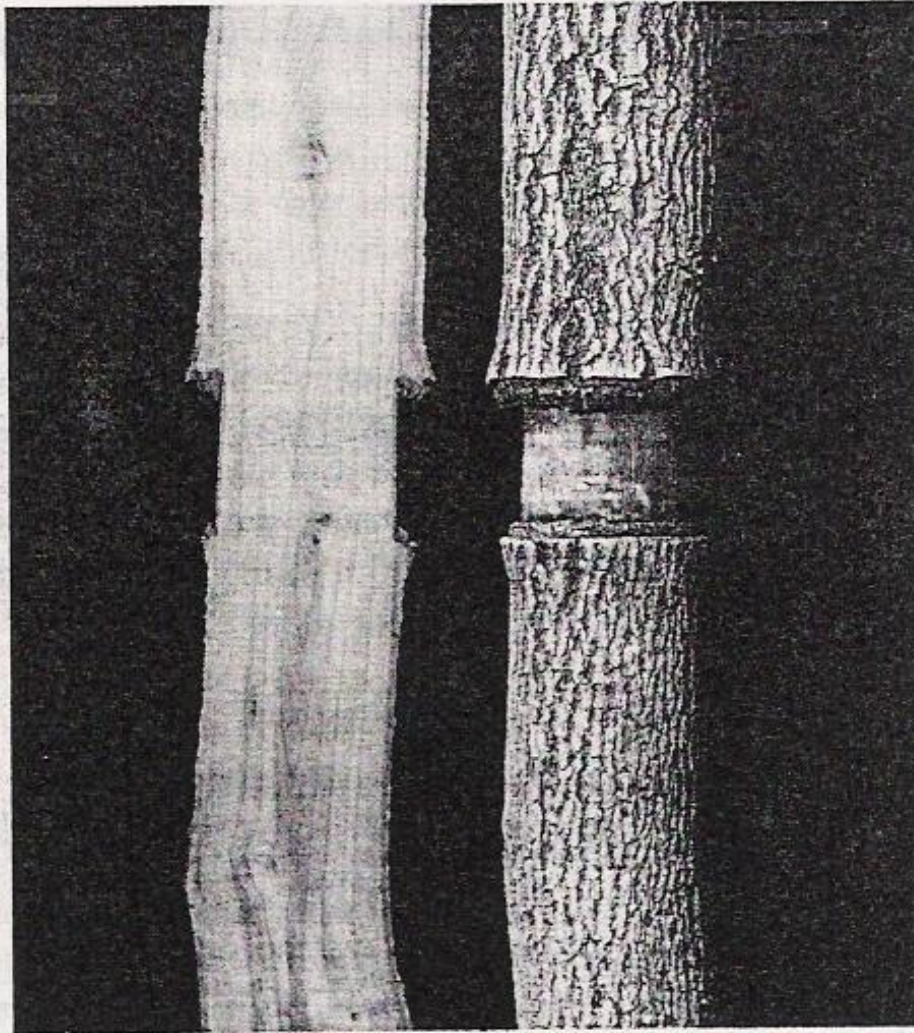
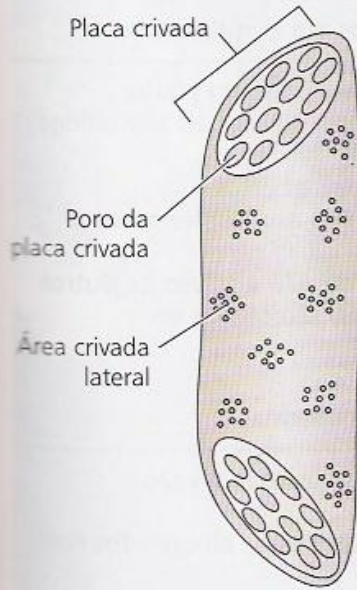


Figure 8-1 The effects of girdling the trunk of a tree by removing bark from around the circumference. Note the swelled bark above the girdle compared with that below. The trunk has been cut to reveal the annual growth rings. Note that an entire year's growth was laid down above the girdle but not below. (Specimen courtesy of Herman Wiebe.)

(A)



(B)

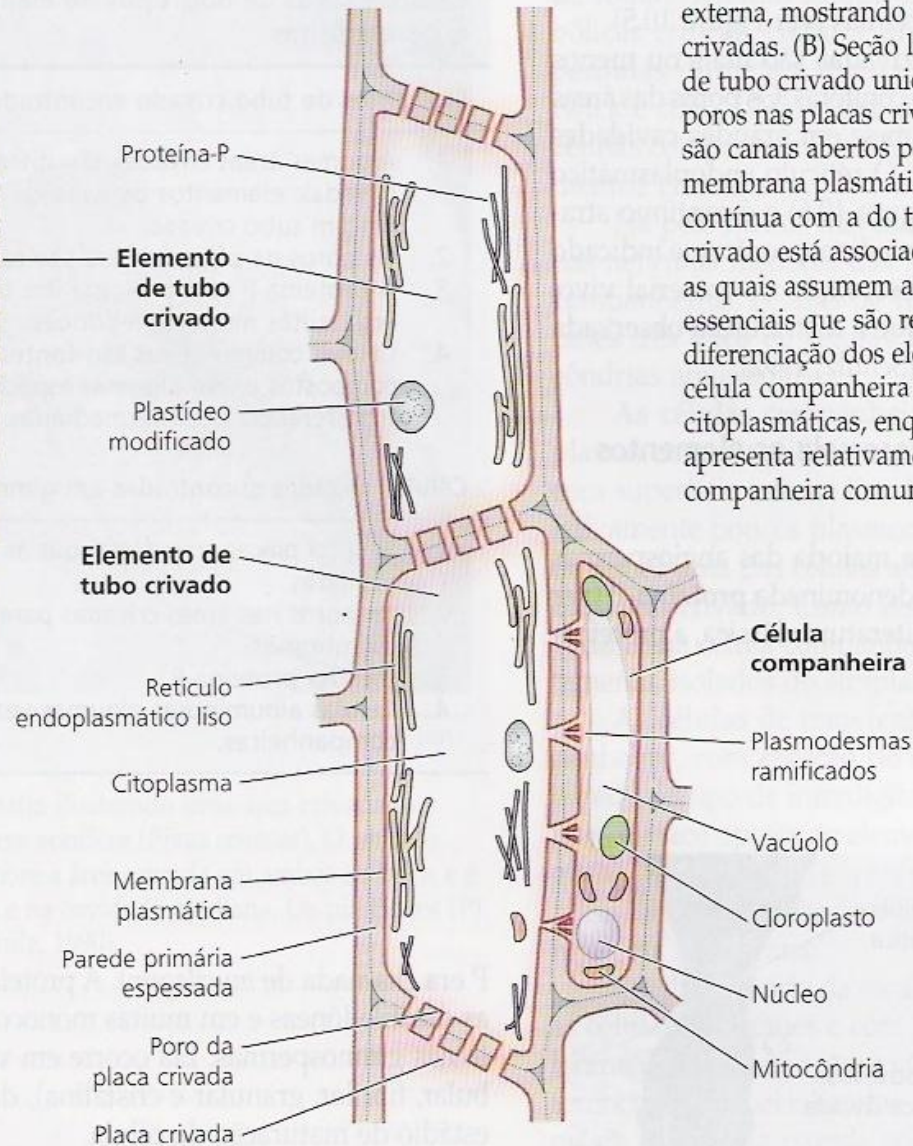


FIGURA 10.3 Desenho esquemático de elementos crivados maduros (elementos de tubo crivado). (A) Vista externa, mostrando as placas crivadas e áreas laterais crivadas. (B) Seção longitudinal, mostrando dois elementos de tubo crivado unidos, formando um tubo crivado. Os poros nas placas crivadas entre os elementos de tubo crivado são canais abertos para transporte através do tubo. A membrana plasmática de um elemento de tubo crivado é contínua com a do tubo adjacente. Cada elemento de tubo crivado está associado a uma ou mais células companheiras, as quais assumem algumas das funções metabólicas essenciais que são reduzidas ou perdidas durante a diferenciação dos elementos de tubo crivado. Observe que a célula companheira apresenta muitas organelas citoplasmáticas, enquanto que o elemento de tubo crivado apresenta relativamente poucas organelas. Uma célula companheira comum está aqui representada.

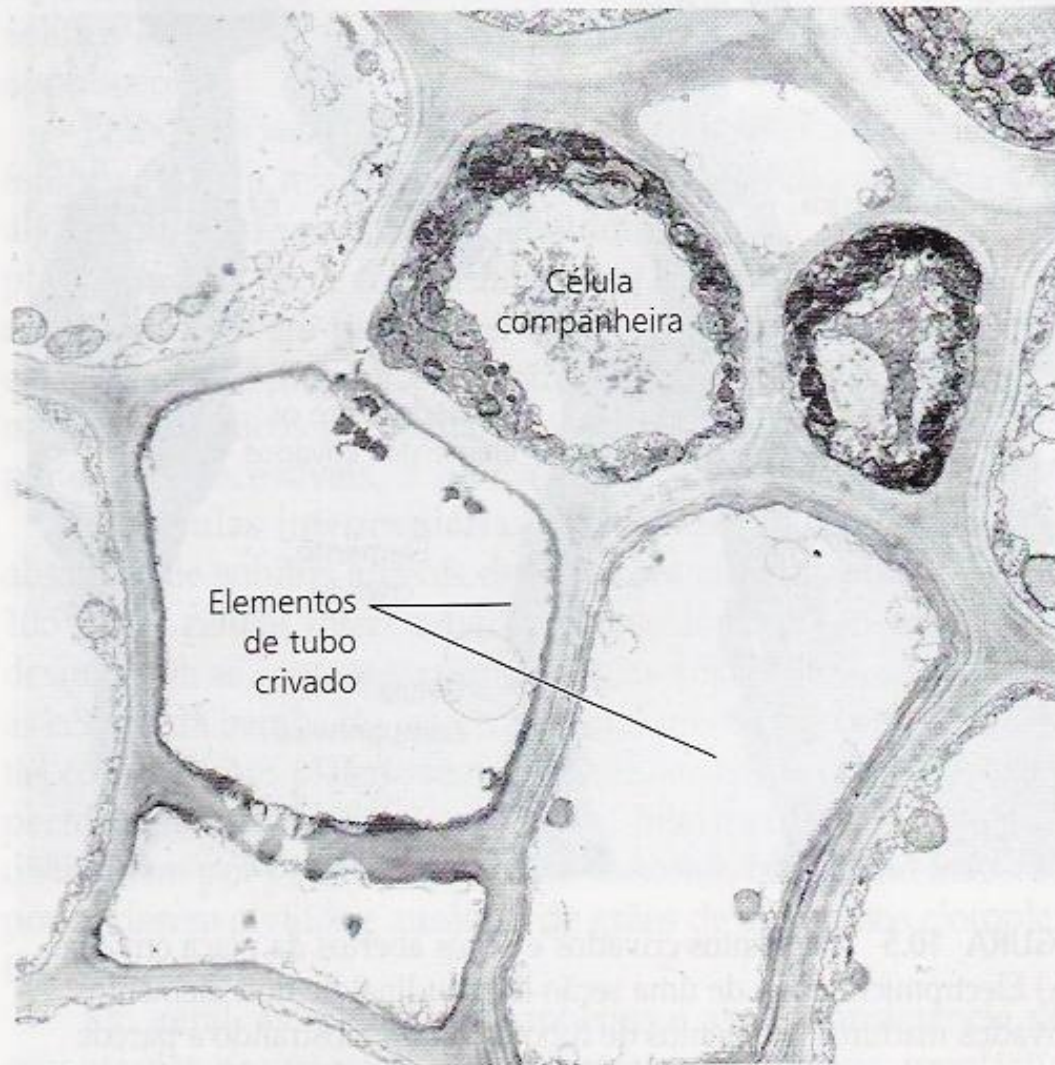


FIGURA 10.4 Electromicrografia de uma seção transversal de células companheiras ordinárias e elementos de tubo crivado maduros (3.600x) Os componentes celulares são distribuídos ao longo das paredes dos elementos de tubo crivado (Warmbrodt, 1985).

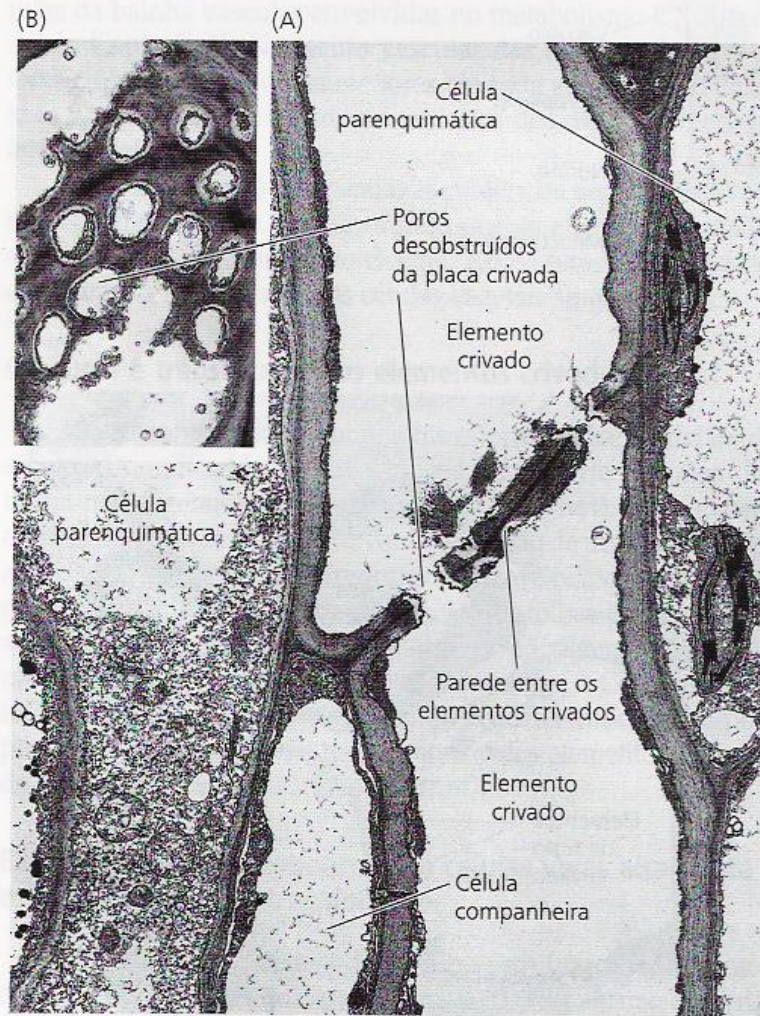


FIGURA 10.5 Elementos crivados e poros abertos da placa crivada. (A) Electromicrografia de uma seção longitudinal de dois elementos crivados maduros (elementos de tubo crivado), mostrando a parede entre os elementos crivados (denominados uma placa crivada) no hipocótilo de abóbora (*Cucurbita maxima*) (3.685x). (B) O detalhe mostra os poros de uma placa crivada na visão frontal. (4.280x). Em ambas as imagens, A e B, os poros da placa crivada estão abertos — isto é, não-obstruídos pela proteína-P (Evert, 1982).

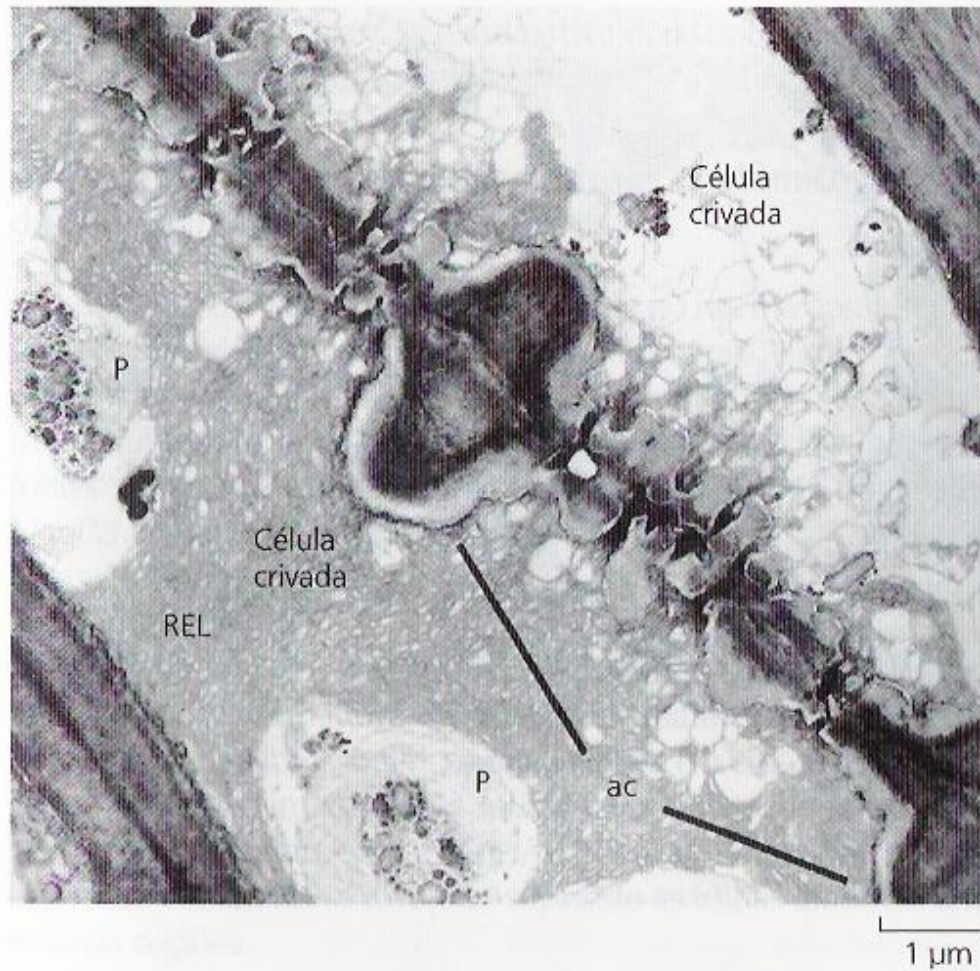
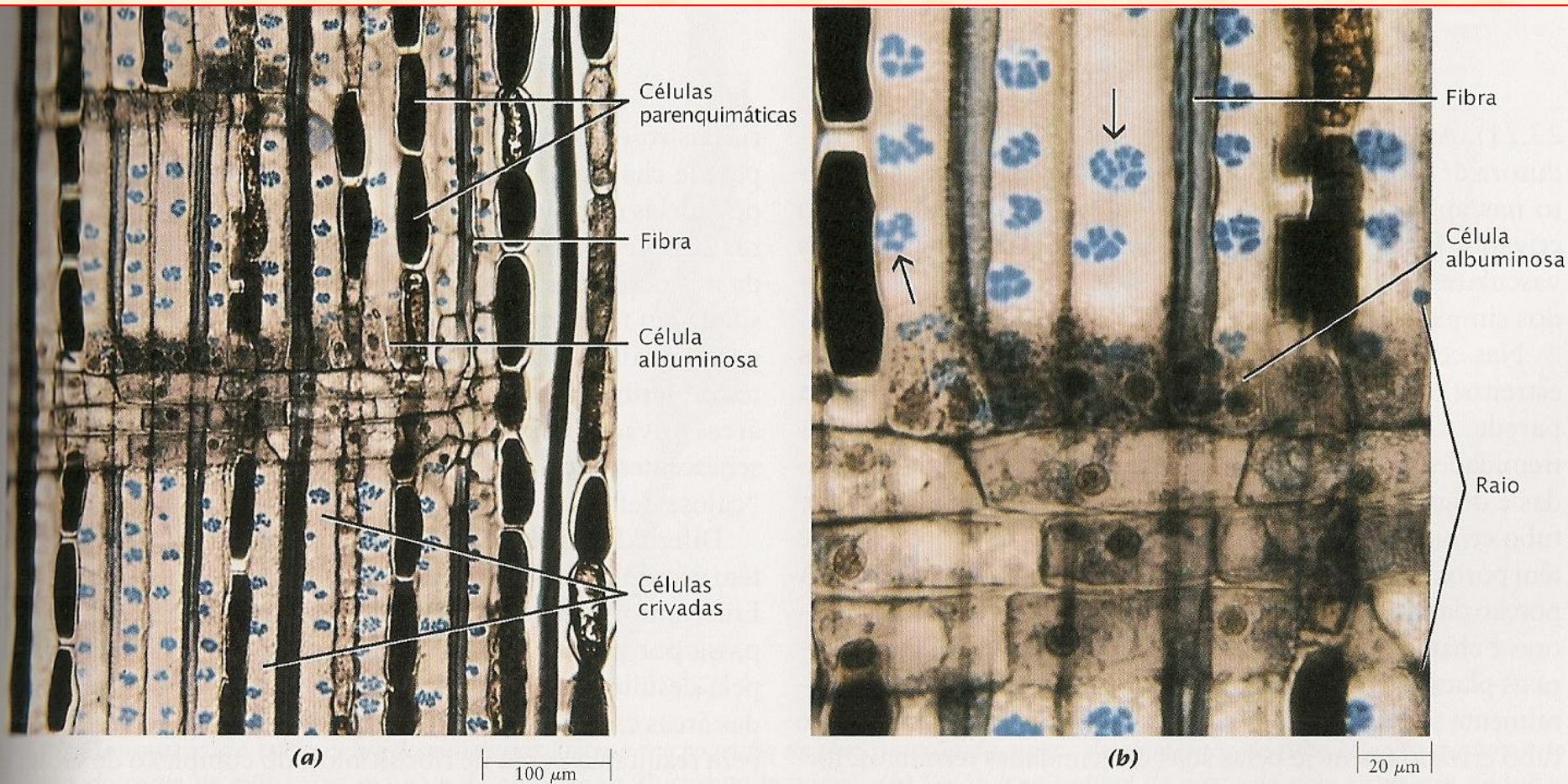
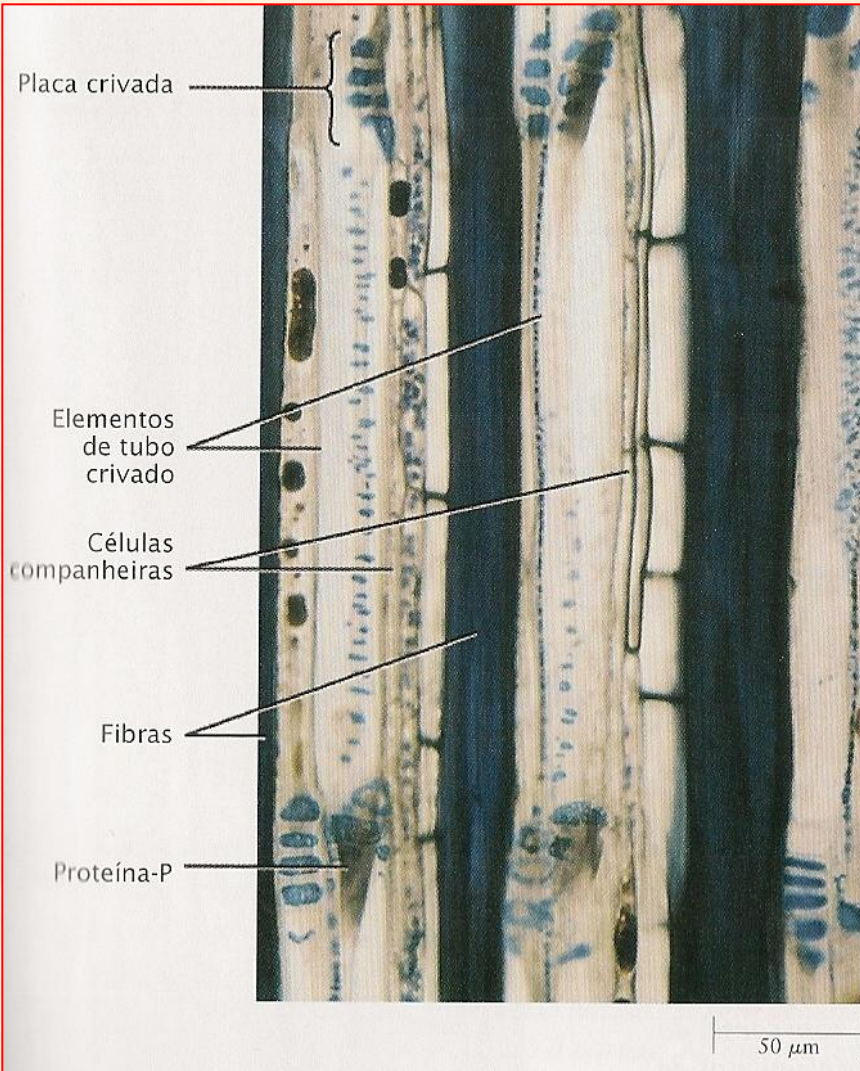


FIGURA 10.6 Electromicrografia ilustrando uma área crivada (ac) ligando duas células crivadas em conífera (*Pinus resinosa*). O retículo endoplasmático liso (REL) recobre a área crivada em ambos os lados e é também encontrado nos poros e na cavidade mediana. Os plastídeos (P) são circundados pelo REL (Schulz, 1990).



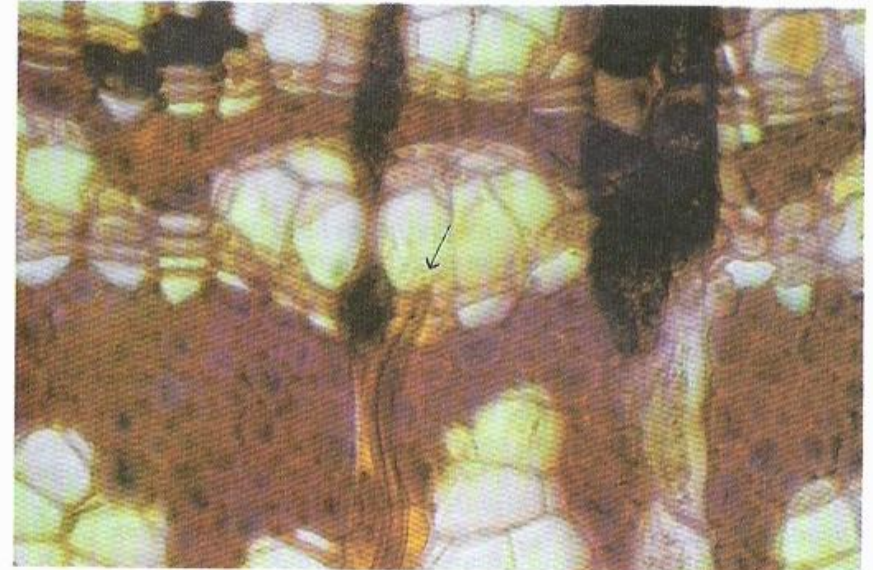
23.17 Células crivadas (a) Seção longitudinal (radial) do floema secundário de *Taxus canadensis*, uma conífera, mostrando as células crivadas orientadas verticalmente, fileiras de células parenquimáticas e fibras. Podem ser vistas partes de dois raios orientados horizontalmente, cruzando as células dispostas verticalmente. As células parenquimáticas especializadas, conhecidas como células albuminosas (ver no texto, adiante) estão caracteristicamente associadas aos elementos crivados das gimnospermas. **(b)** Detalhe de uma porção de floema secundário da mesma planta, mostrando as áreas crivadas (setas) com calose (coradas em azul) nas paredes das células crivadas e as células albuminosas, que formam a fileira de células no topo do raio. Notar a ausência de placas crivadas nas células crivadas.



23.19 Elementos de tubos crivados Seção longitudinal (radial) do floema secundário de tília (*Tilia americana*), mostrando elementos de tubo crivado com áreas crivadas e grupos conspícuos de fibras de paredes espessadas. As células parenquimáticas especializadas, conhecidas como células companheiras (ver no texto, adiante), estão caracteristicamente associadas aos elementos de tubo crivado. A proteína-P, um componente característico dos elementos de tubo crivado das magnoliídeas e eudicotiledôneas, acumulou-se nas placas crivadas desses elementos.



(a)



(b)

20 μ m

11.24

(a) Afídeo (*Longistigma caryae*) alimentando-se no caule da tília (*Tilia americana*). Uma gotícula de "secreção açucarada" pode ser vista saindo do afídeo.
(b) Uma fotomicrografia mostrando parte da estrutura bucal modificada (estiletes) do afídeo em um tubo crivado do floema secundário do caule da tília. Uma seta indica as pontas dos estiletes.



Estilete cortado de um pulgão mostrando a exsudação proveniente dos elementos de tubos crivados do floema

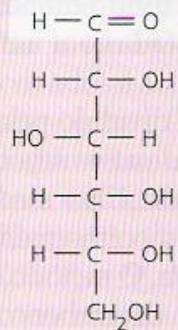
Composição da Seiva do floema

Componente	Concentração (mg mL⁻¹)
Açúcares	80,0-106,0
Aminoácidos	5,2
Ácidos orgânicos	2,0-3,2
Proteínas	1,45-2,20
Potássio	2,3-4,4
Cloreto	0,355-0,675
Fosfato	0,350-0,550
Magnésio	0,109-0,122

(A) Açúcares redutores, que não são normalmente translocados no floema

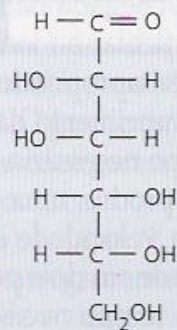
Os grupos redutores são os grupos aldeídos (glicose ou manose) e os grupos cetona (frutose).

Aldeído



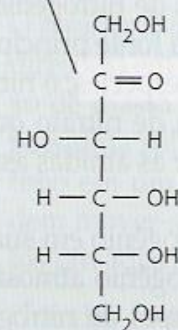
D-Glicose

Aldeído



D-Manose

Cetona

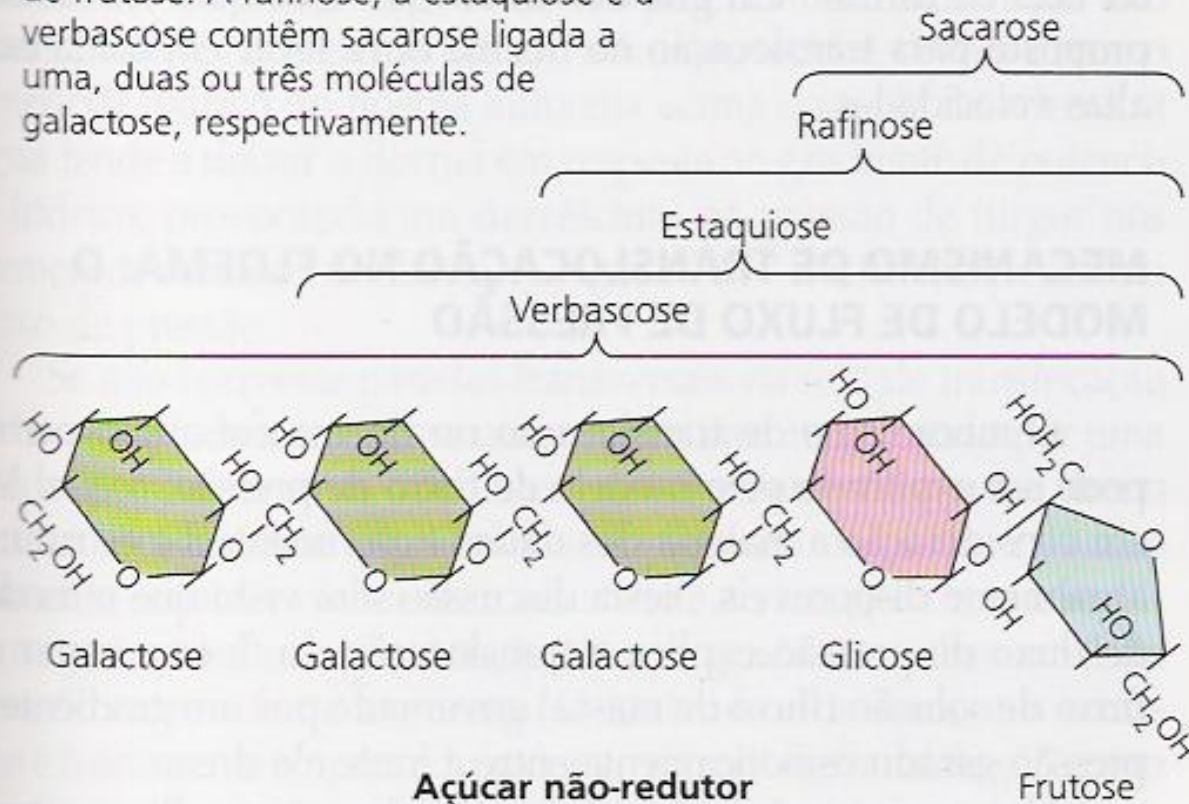


D-Frutose

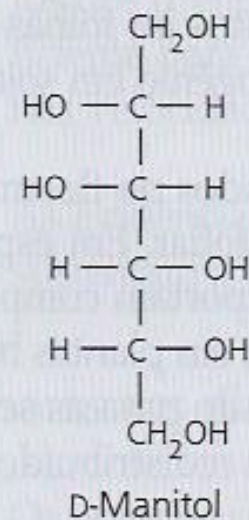
FIGURA 10.9 Estrutura dos compostos que não são normalmente translocados no floema (A) e daqueles normalmente translocados (B).

(B) Compostos comumente translocados no floema

A sacarose é o dissacarídeo formado a partir de uma molécula de glicose e uma de frutose. A rafinose, a estaquiose e a verbascose contêm sacarose ligada a uma, duas ou três moléculas de galactose, respectivamente.

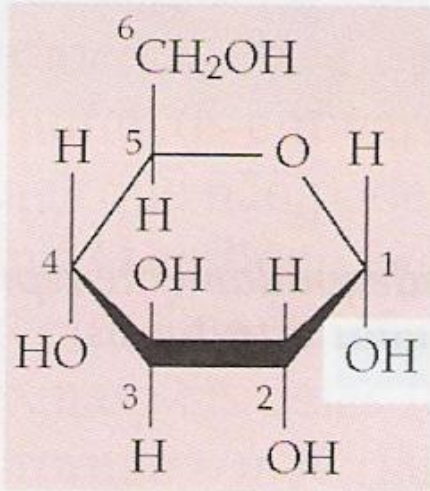


Manitol é um açúcar-álcool formado da redução do grupo aldeído da manose.

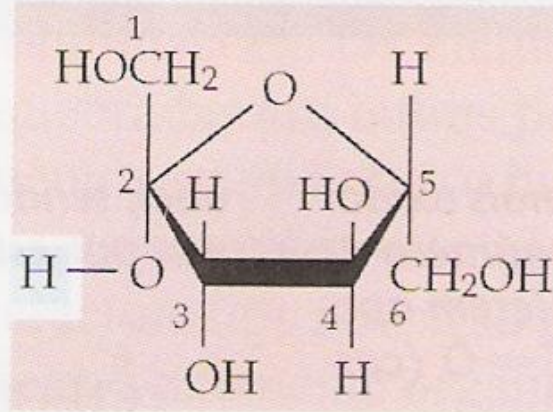


Açúcar-álcool

alfa-Glicose



beta-Frutose

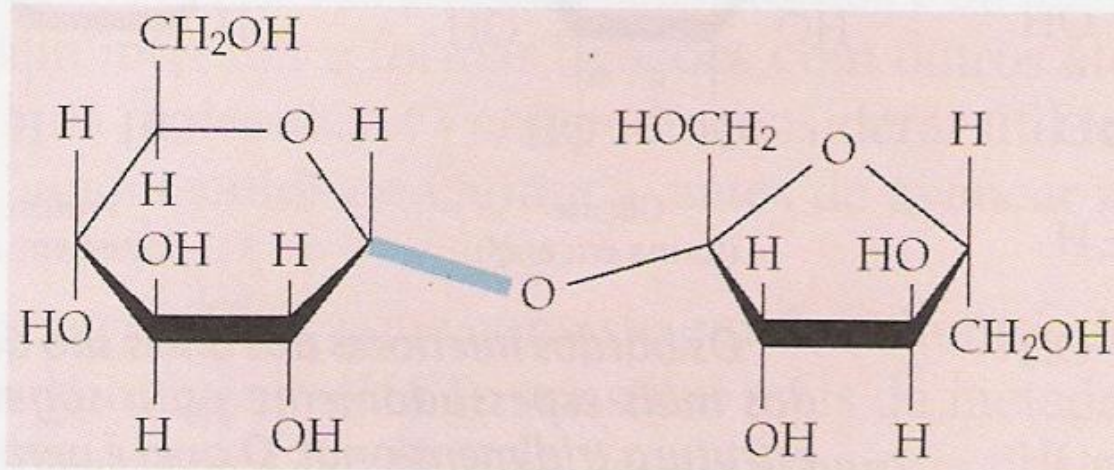
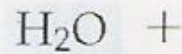


+

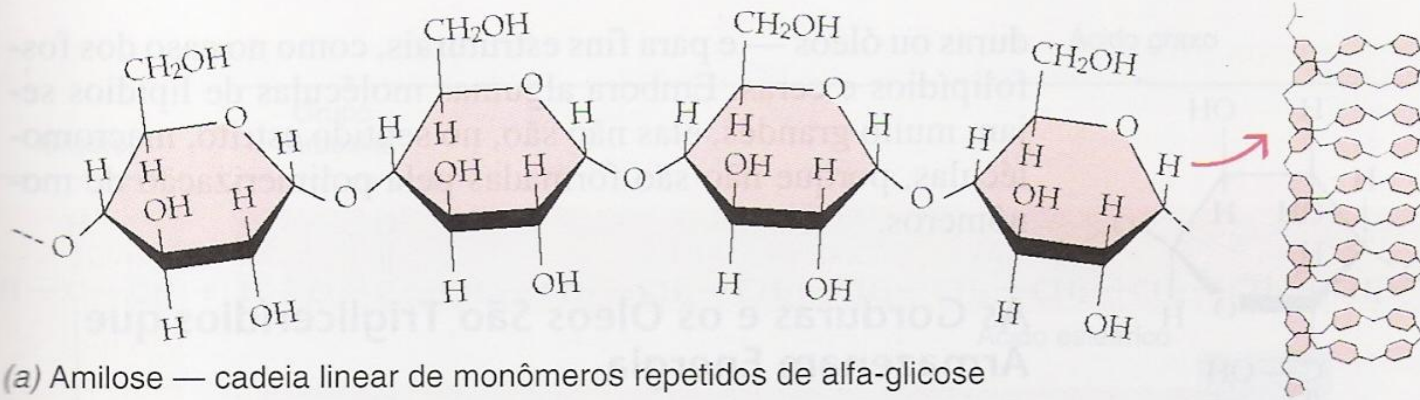
Síntese por desidratação



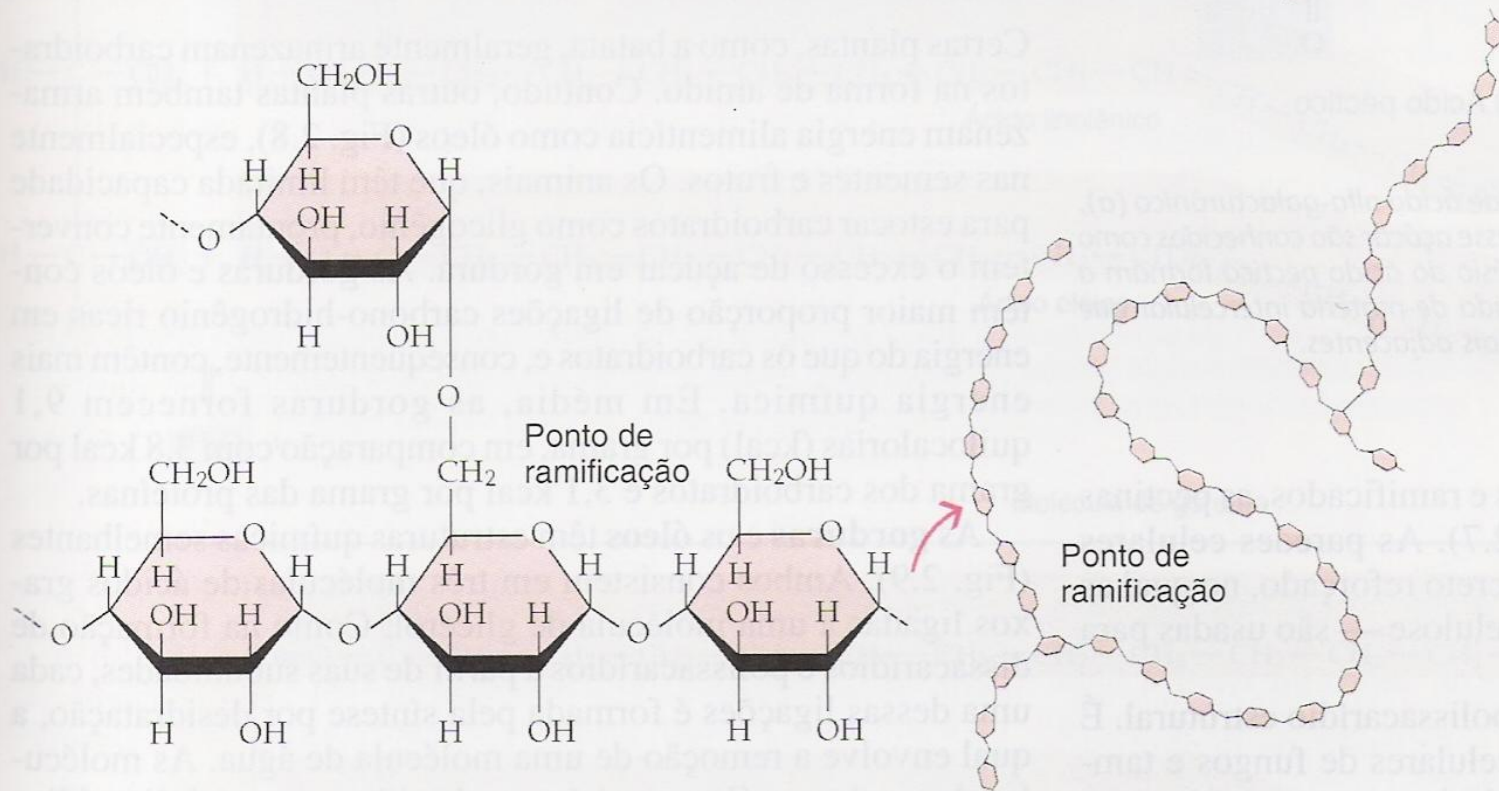
Hidrólise



Sacarose ($\alpha 1 \beta 2$)



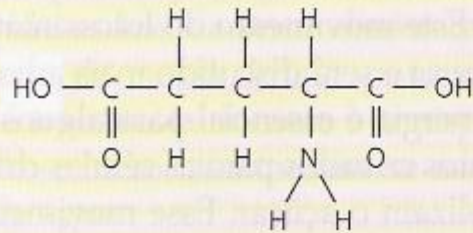
(a) Amilose — cadeia linear de monômeros repetidos de alfa-glicose



(b) Amilopectina — cadeia ramificada de monômeros repetidos de alfa-glicose

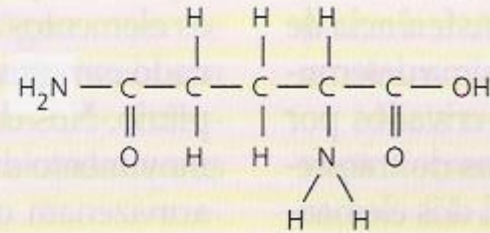
(α 1-4 e α 1-6)

O ácido glutâmico, um aminoácido, e a glutamina, sua amida, são compostos nitrogenados importantes no floema, além do aspartato e da asparagina.



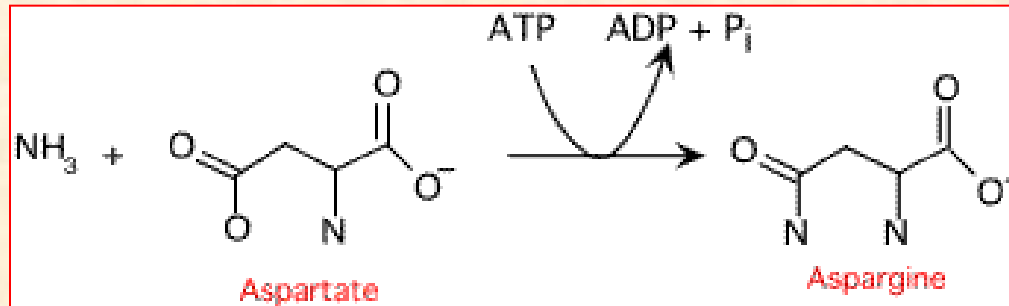
Ácido glutâmico

Aminoácido



Glutamina

Amida



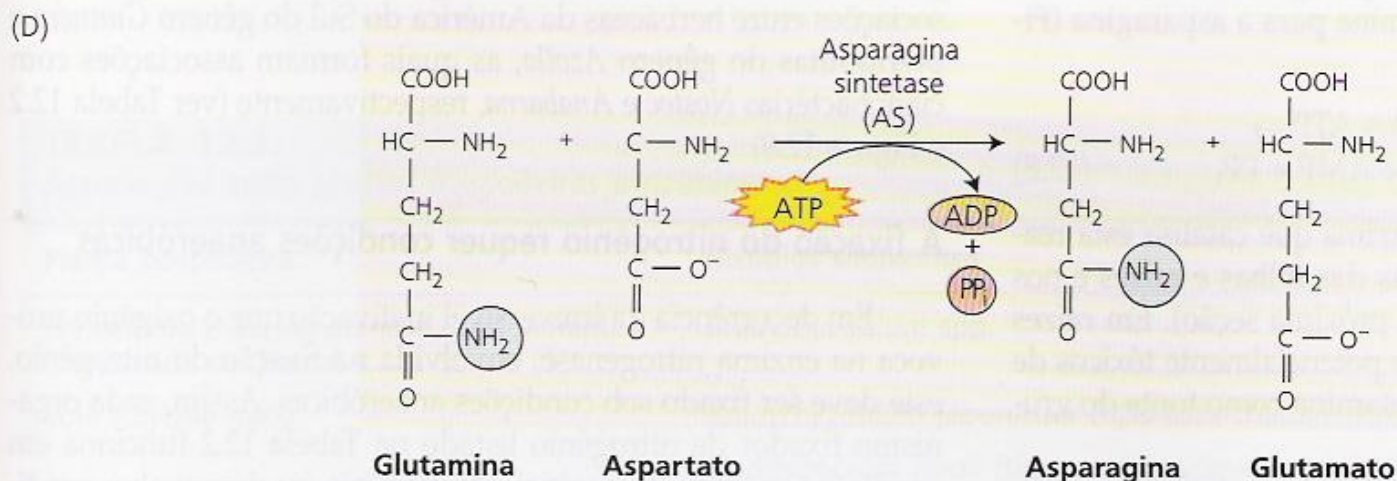
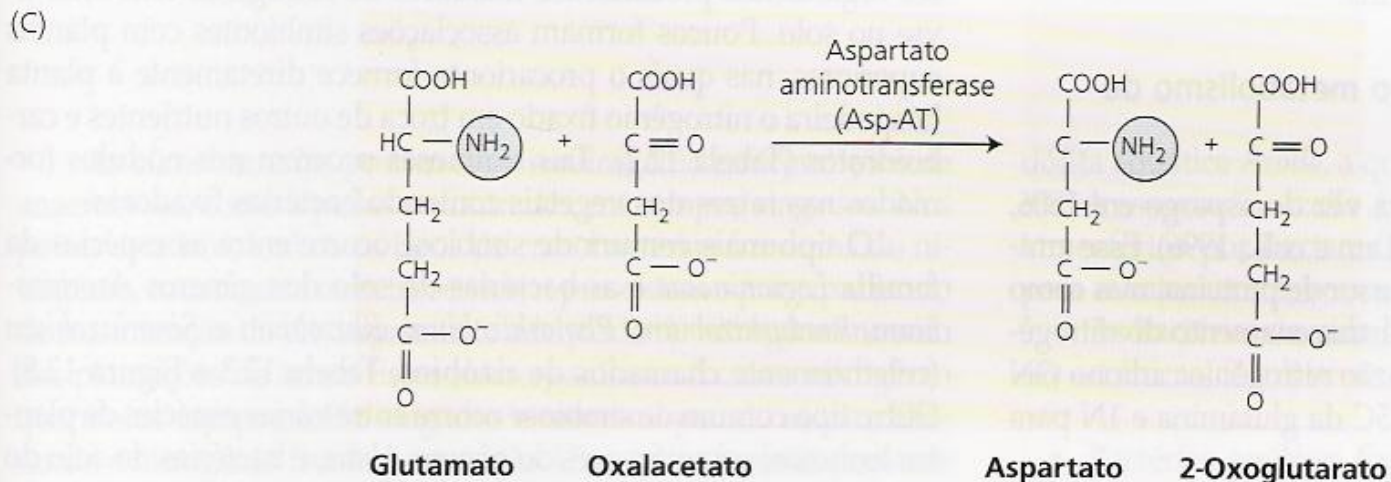
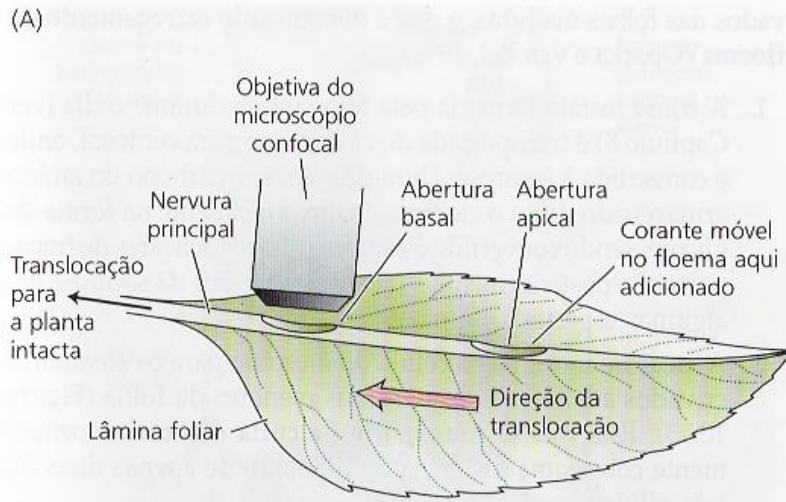
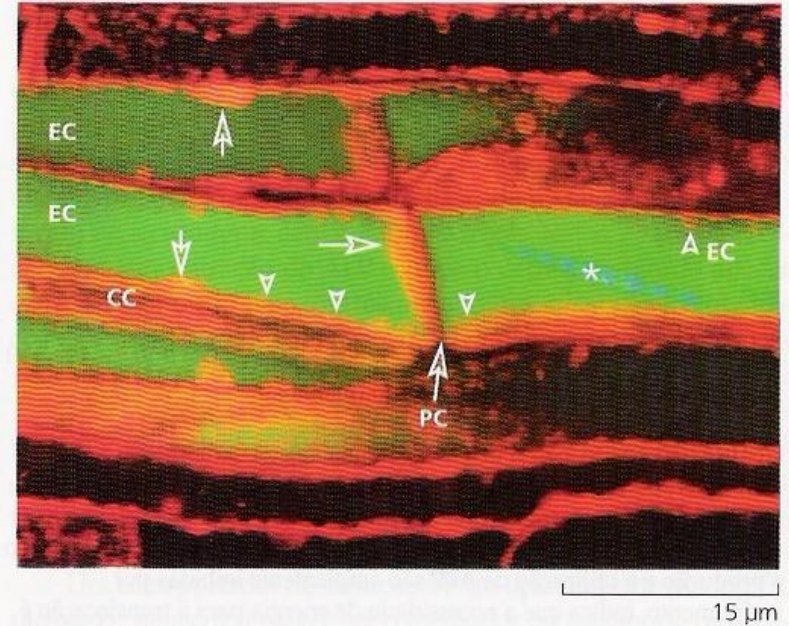


FIGURA 12.7 Estrutura e rotas de síntese de compostos envolvidos no metabolismo do amônio. O amônio pode ser assimilado por um dos vários processos. (A) A rota da GS-GOGAT que forma a glutamina e o glutamato. É necessário um co-fator reduzido para a reação: ferredoxina nas folhas verdes e o NADH nos tecidos não-fotossintéticos. (B) A rota do GDH que forma o glutamato, utilizando o NADH ou o NADPH como um agente redutor. (C) Transferência do grupo amino do glutamato para o oxalacetato para formar o aspartato (catalisado pela enzima aspartato aminotransferase). (D) Síntese da asparagina pela transferência de um grupo aminoácido da glutamina para o aspartato (catalisada pela enzima asparagina sintetase).



(B)



(C)

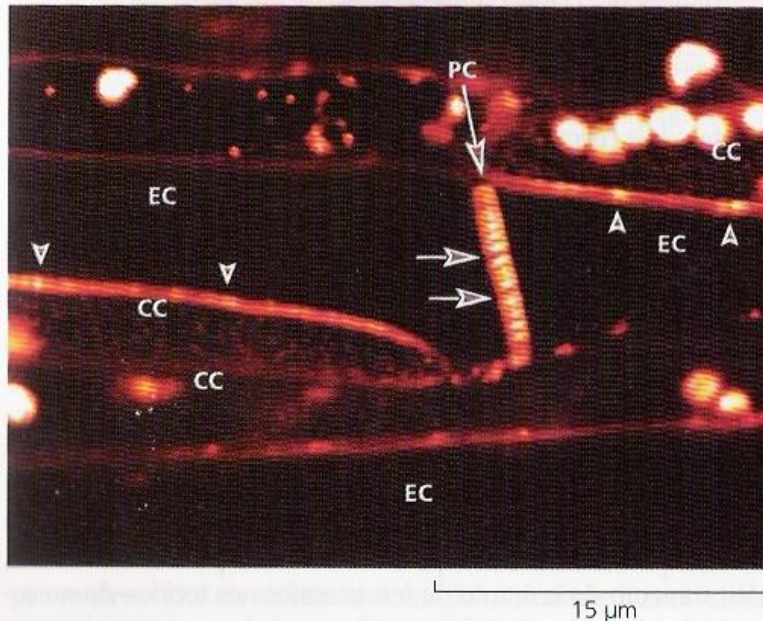
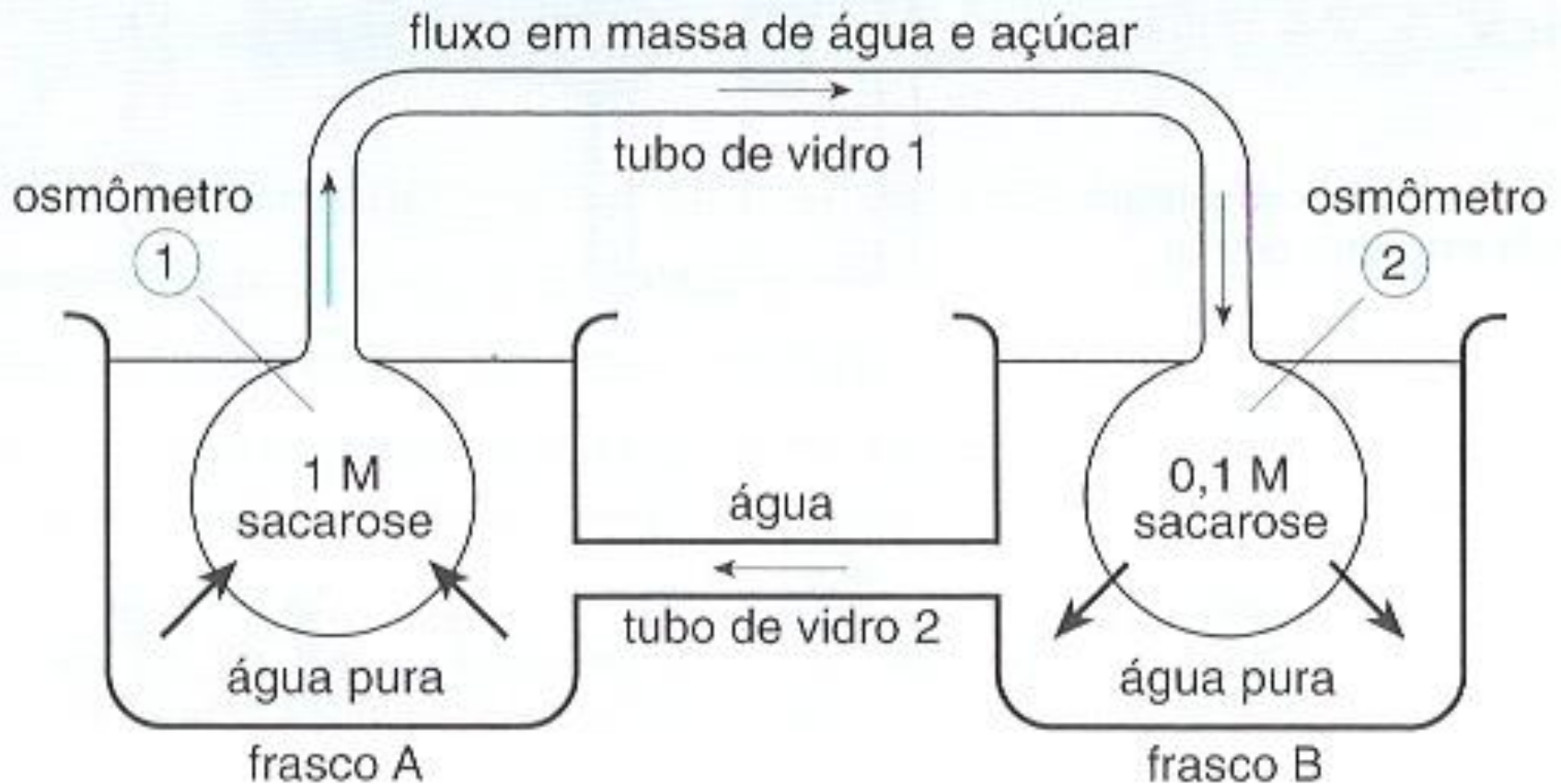


FIGURA 10.11 Translocação em elementos crivados vivos de uma folha ligada a uma planta intacta de fava (*Vicia faba*). (A) Foram feitas duas aberturas paralelas à epiderme na face inferior da nervura principal de uma folha madura, expondo o tecido do floema. A objetiva do microscópio confocal foi posicionada sobre a abertura basal. Um corante fluorescente com mobilidade no floema foi adicionado na abertura apical. Se ocorresse translocação, o corante tornar-se-ia visível ao microscópio na abertura basal da folha. Assim, poderia ser demonstrado que os elementos crivados em observação estavam vivos e funcionais. (B, C) Tecido floemático de feijoeiro, duplamente corado com um corante fluorescente (vermelho) localmente aplicado, que cora sobretudo membranas, e um corante fluorescente (verde) translocado. A proteína (setas) depositada junto à membrana plasmática e às placas crivadas não impede a translocação. Um corpo cristalino de proteína-P (asterisco) é corado com o corante verde. Os plastídeos (pontas de setas) estão uniformemente distribuídos na periferia do elemento crivado. CC= célula companheira, PC = placa crivada, EC = elemento crivado. Ver também **Tópico 10.8 na Internet** (de Knoblauch e van Bel, 1998, cedida por A. van Bel).

Hipótese do fluxo em massa (fluxo por pressão) - Ernst Münch (1930, modificada):

A translocação no floema é explicada como um fluxo de solução (fluxo em massa), governado por um gradiente de pressão (ou pressão de turgescência), gerado osmoticamente entre a fonte e o dreno.

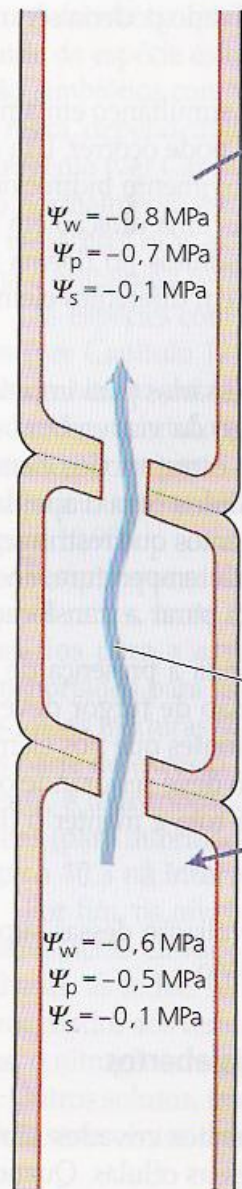


Modelo para a hipótese de Münch.

Elemento de vaso do xilema

Elementos crivados do floema

Célula companheira

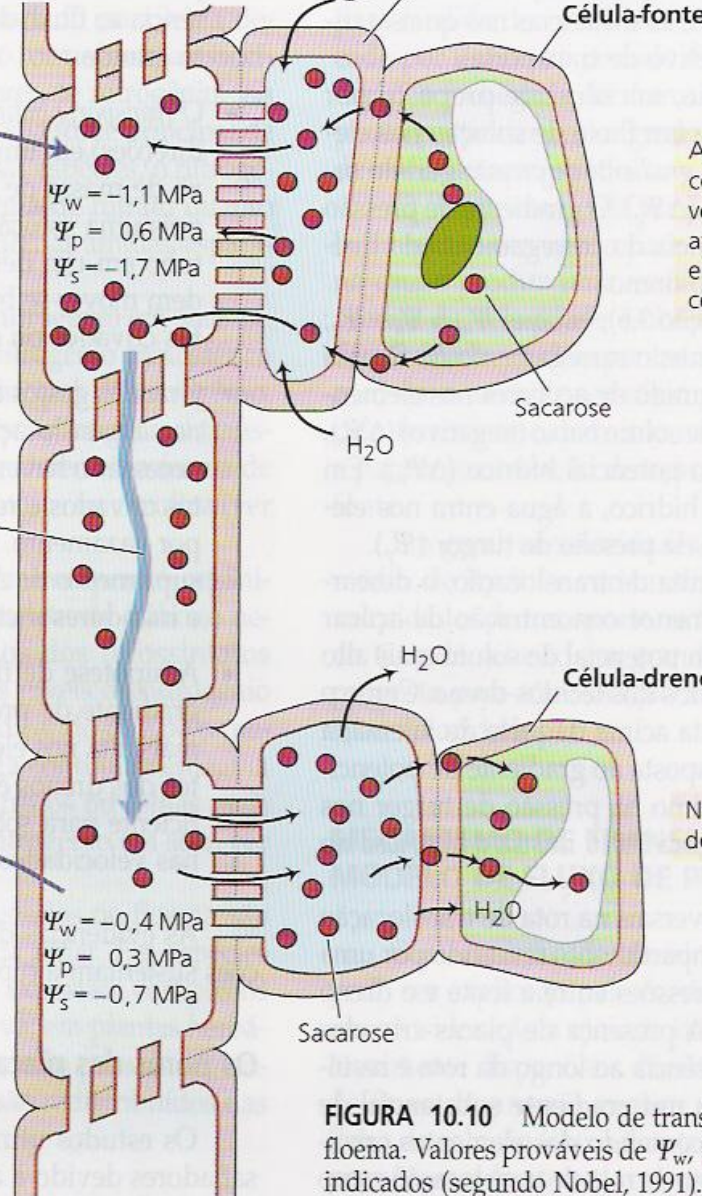


O carregamento ativo do floema para os elementos crivados causa diminuição do potencial de soluto, a água entra, resultando em alta pressão de turgor.

Fluxo de massa da água e de soluto gerado por pressão, da fonte para o dreno

Corrente de transpiração

O descarregamento ativo do floema aumenta o potencial de soluto, a água sai, resultando em pressão de turgor mais baixa.



Açúcar na fonte, aqui ilustrado como sacarose (esferas vermelhas), é carregado ativamente no complexo elementos de tubo crivado-célula companheira.

No dreno, os açúcares são descarregados.

FIGURA 10.10 Modelo de translocação por fluxo de pressão no floema. Valores prováveis de Ψ_w , Ψ_p e Ψ_s no xilema e no floema estão indicados (segundo Nobel, 1991).

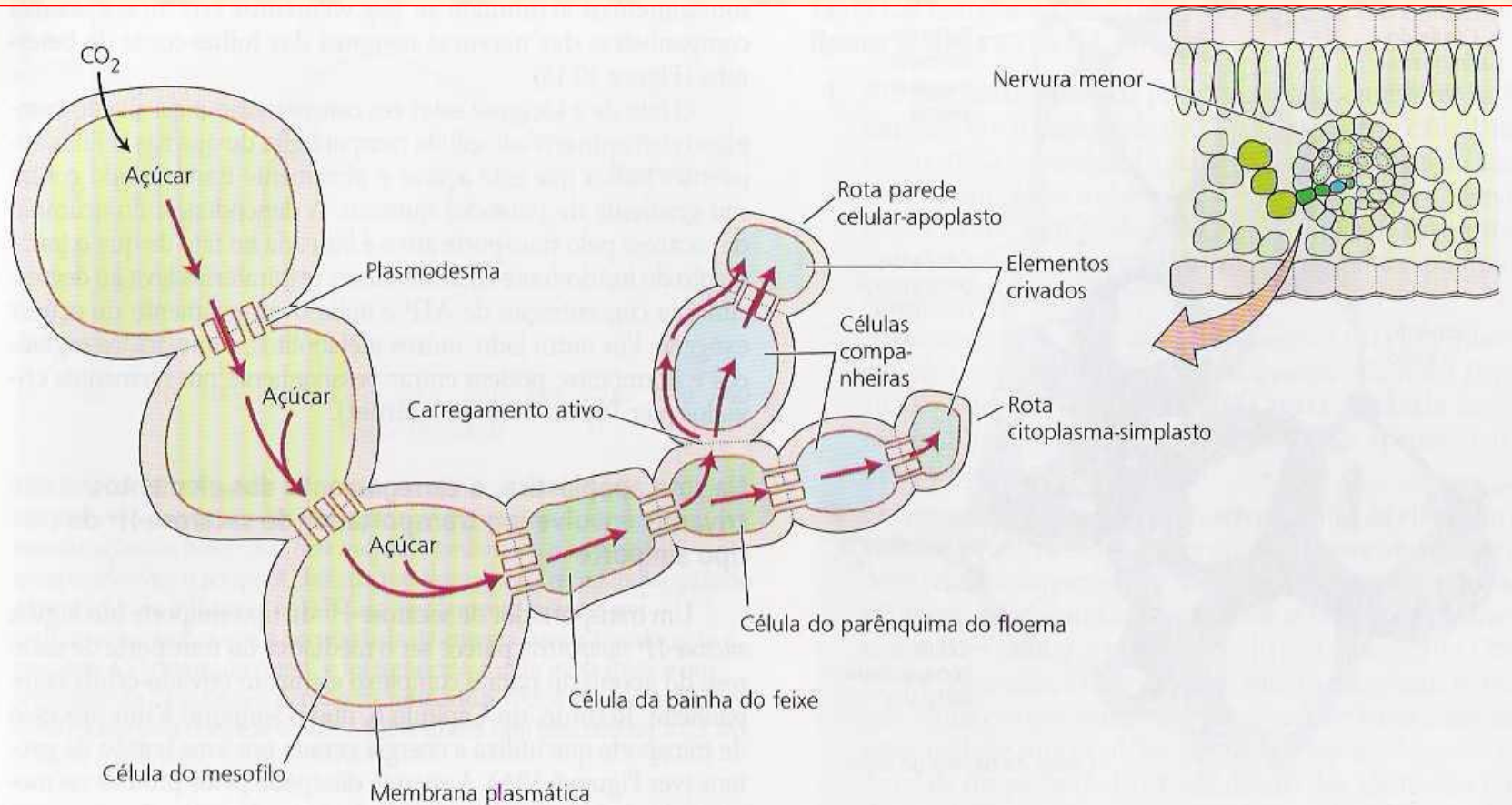


FIGURA 10.14 Esquema das rotas de carregamento do floema nas folhas-fonte. Na via totalmente simplástica, os açúcares movem-se de uma célula para outra pelos plasmodesmas, durante todo o percurso entre as células do mesofilo até os elementos crivados. Na rota parcialmente apoplástica, os açúcares entram no apoplasto em um determinado ponto. Para facilitar a compreensão, os açúcares são ilustrados entrando no apoplasto próximo do complexo elemento crivado-célula companheira, mas eles poderiam entrar no apoplasto no princípio da rota e, então, moverem-se para as nervuras menores. Em qualquer caso, os açúcares são ativamente carregados do apoplasto para as células companheiras e os elementos crivados. Os açúcares carregados nas células companheiras parecem se mover para os elementos crivados através dos plasmodesmas.

Complexo elemento crivado-célula companheira

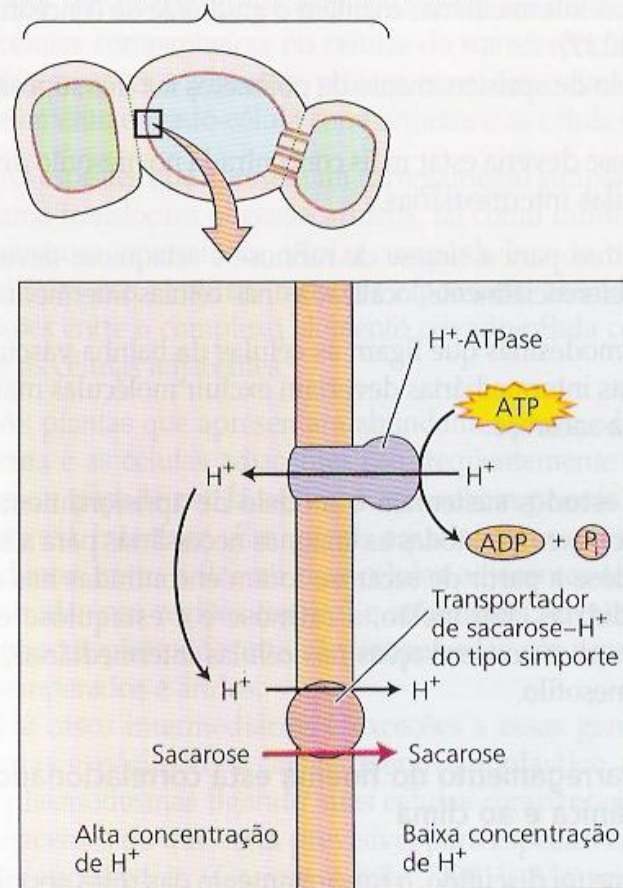


FIGURA 10.16 Transporte de sacarose ATP-dependente no carregamento do elemento crivado. No modelo do co-transporte do carregamento da sacarose para o simplasto do complexo elemento crivado-célula companheira, a ATPase da membrana plasmática bombeia prótons para fora da célula no apoplasto, estabelecendo uma alta concentração de prótons extracelular. A energia neste gradiente de prótons é, então, utilizada como motriz para o transporte de sacarose para o simplasto do complexo elemento crivado-célula companheira via transportador de sacarose- H^+ do tipo simporte.

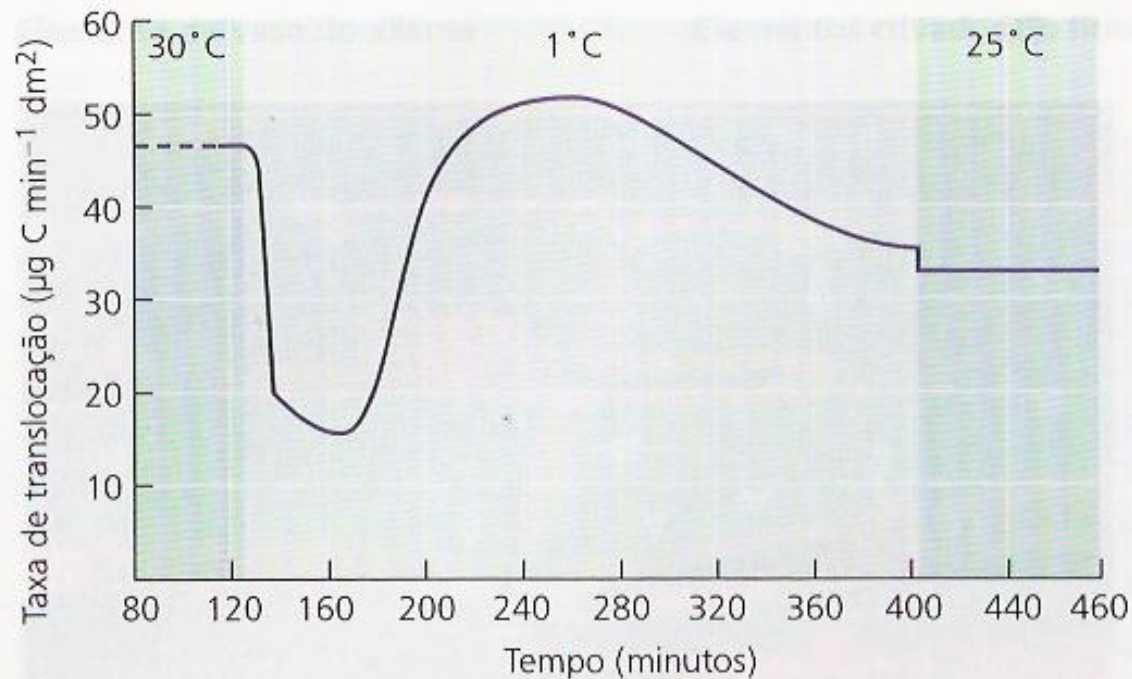


FIGURA 10.12 A perda de energia metabólica resultante do resfriamento do pecíolo da folha reduz parcialmente a taxa de translocação em beterraba (*Beta vulgaris*), embora essa taxa seja recuperada com o tempo. O fato da translocação ser recuperada, quando a produção e a utilização de ATP são amplamente inibidas por resfriamento, indica que a necessidade de energia para a translocação é pequena. CO₂ marcado com C¹⁴ foi fornecido a uma folha-fonte e um segmento de 2 cm do seu pecíolo foi resfriado a 1°C. A translocação foi monitorada pela chegada do C¹⁴ à folha-dreno (dm [decímetro] = 0,1 m) (Geiger e Sovonick, 1975).

Espécie	Velocidade (cm hora⁻¹)
Cana-de-açúcar	84 – 270
soja	100
uva	60
beterraba	85 – 100

Medidas das Forças das Fontes e dos Drenos de Assimilados:

Força da Fonte = tamanho x atividade

Força da Fonte (g/dia) = Área foliar (dm²) x TAL* (g/dm²/dia)

**TAL = Taxa assimilatória líquida*

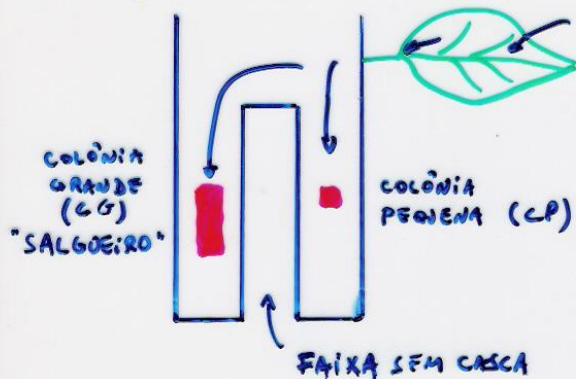
Força do Dreno = tamanho x atividade

Força do Dreno (g/dia) = Peso do fruto (g) x TCR* (g/g/dia)

**TCR = Taxa de crescimento relativo*

⑤

c) TÉCNICA DO AFIZEO: (PEEL, et al. 1970)



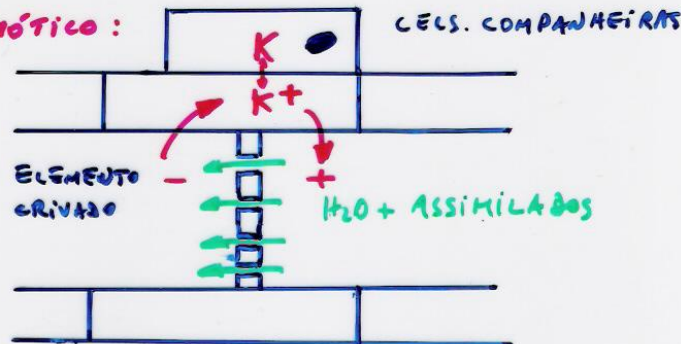
CONCLUSÕES:

- CP → FOTOASSIMILADOS PERDIDOS (ESGOTAMENTO) NO PERCURSO
- CG → DRENO FORTE → MENOR DISTRIBUIÇÃO RADIAL
- ⇒ TAMANHO DO DRENO → INFLUÊNCIA NA TAXA E DIREÇÃO → DIRETAMENTE PROPORCIONAL

⇒ RAZÃO DE FRUTOS

TEORIAS ALTERNATIVAS DE FLUXO DE ASSIMILADOS:

- FLUXO ELETROSMÓTICO:



- CORRENTE PROTOPLASMÁTICA (CICLOSE):

- SOMENTE PARTES JOVENS
- NÃO É VERIFICADA EM ELEMENTOS CRIVADOS MADUROS

- PROTEÍNAS CONTRÁCTEIS:

- MOVIMENTOS PRÓXIMOS ÀS PLACAS CRIVADAS (?)

Colony Size of *Tuberolachnus salignus* (Gmelin) in Relation to Mass Transport of ¹⁴C-labelled Assimilates from the Leaves in Willow

By

A. J. PEEL and L. C. HO

Department of Botany, The University, Hull, England
(Received January 12, 1970)

Abstract

Willow cuttings were used in which a narrow, longitudinal strip of bark was removed commencing from the base of the leafy shoot. Aphid colonies of different sizes were then sited on the stem either side of the strip, 10 cm below the base of the shoot. The leaves were allowed to assimilate ¹⁴CO₂, and the dry weight and total activity of the honeydew from each colony was measured over a given period of time.

It was found that not only did the total activity from the large colony exceed that of the small colony, but that the specific activity of the honeydew from the large colony was higher than that from the small colony. This has been taken as evidence that neighbouring pierced sieve tubes do not act independently of each other; mutual interference occurs. Increasing the distance between pierced sieve elements by dispersing the members of the large colony over a greater area of stem, did not apparently reduce interference effects.

The results are explained in relation to the magnitude of the contributory length (Peel and Weatherley 1962), of individual sieve tubes pierced by the large, as opposed to the small colony.

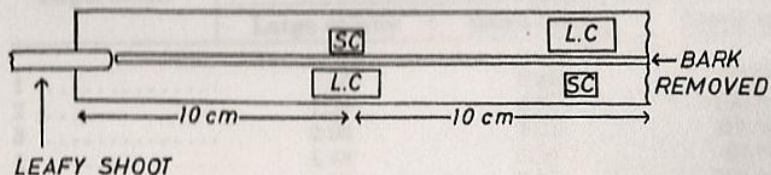


Figure 1. The experimental procedure employed. LC, large colony, SC, small colony.

Physiol. Plant., 23, 1970

Table 1. The effect of colony size on the specific activity of honeydew.

Experiment	Mean rate of honeydew production, dry weight, mg/h		Specific activity of honeydew, cpm/mg	
	Large colony	Small colony	Large colony	Small colony
1	1.27	0.40	46,200	24,200
2	0.61	0.29	24,900	13,100
3	0.86	0.18	449,500	285,000
4	0.62	0.19	69,000	4,000
5	0.32	0.18	26,400	8
6	0.37	0.17	124,000	700
7	0.09	0.02	6,500	200
8	3.67	0.74	209,500	3,700
9	2.17	0.76	213,000	1,300

Physiol. Plant., 23, 1970

Colônia grande: 4 - 5 indivíduos
Colônia pequena: 15 - 20 indivíduos











