



BALANÇO HÍDRICO

1. O SOLO

- **corpo natural na superfície da terra;**
- **meio natural p/ crescimento das plantas;**
- **reservatório de água.**

ORIGEM:

- **litosfera → rochas → ≠s tipos**
- **hidrosfera**
- **atmosfera**
- **biosfera**

COMPOSIÇÃO DO SOLO:

- minerais (1^{ários} e 2^{ários})
- compostos orgânicos
 - solução do solo
 - ar do solo

PERFIL DO SOLO: horizonte orgânico e minerais. Horizontes:

A= de eluviação;

B = de iluviação;

C = material de origem do solo;

D = rocha matriz.

FASES DO SOLO:

sólida, líquida e gasosa → interação → armazenamento ou retenção da água.



2. A ÁGUA NO SOLO

➤ **ABSORÇÃO DE ÁGUA:**

TEXTURA → tamanho:
< partícula > retenção

SOLO	DIÂMETRO DA PARTICULA (mm)
CASCALHO	> 2
AREIA GROSSA	0,2-2
AREIA FINA	0,02-0,2
SILTE	0,002-0,02



ESTRUTURA → formato/arranjo:

**solo estruturado retém +++
solo poroso ≠ solo não poroso.**

➤ **RETENÇÃO DA ÁGUA NO SOLO:**

**forças de coesão:
forças de adesão:
capilaridade:**

CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO:

➤ FÍSICA:

constitucional (10000 atm) solo	higroscópica (10000 e 31 atm)	capilar (31 e 1/3 atm)	gravitacional ($< \text{que } 1/3 \text{ atm}$)
---	---	----------------------------------	---

➤ BIOLÓGICA:

supérflua
(gravitacional)

disponível
(parte da capilar)

indisponível
(pressão $> 15 \text{ atm}$)

capacidade de campo: máximo de água que solo pode reter.

ponto de murcha: planta não consegue mais retirar água do solo.

FIGURA. Tipos de água no solo:

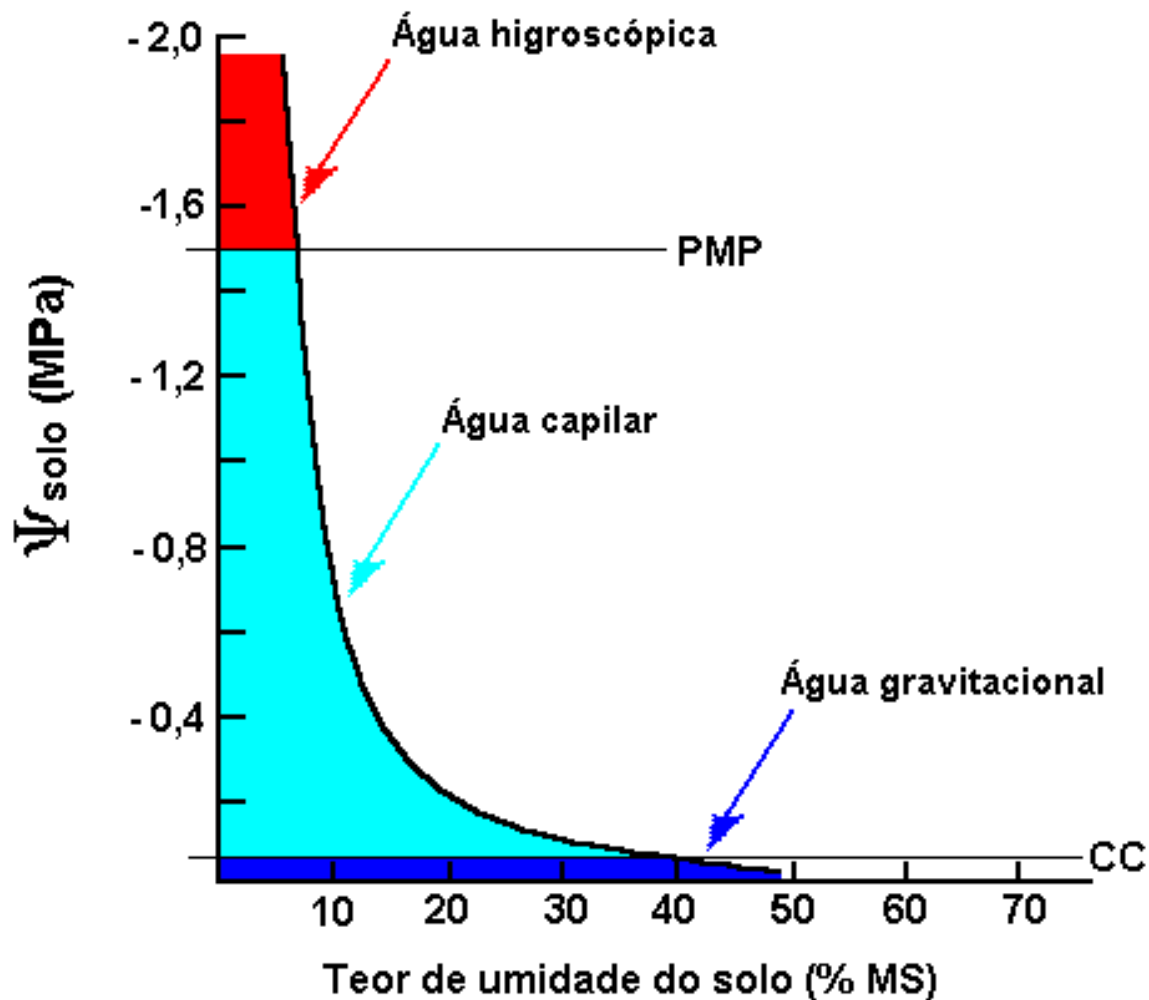
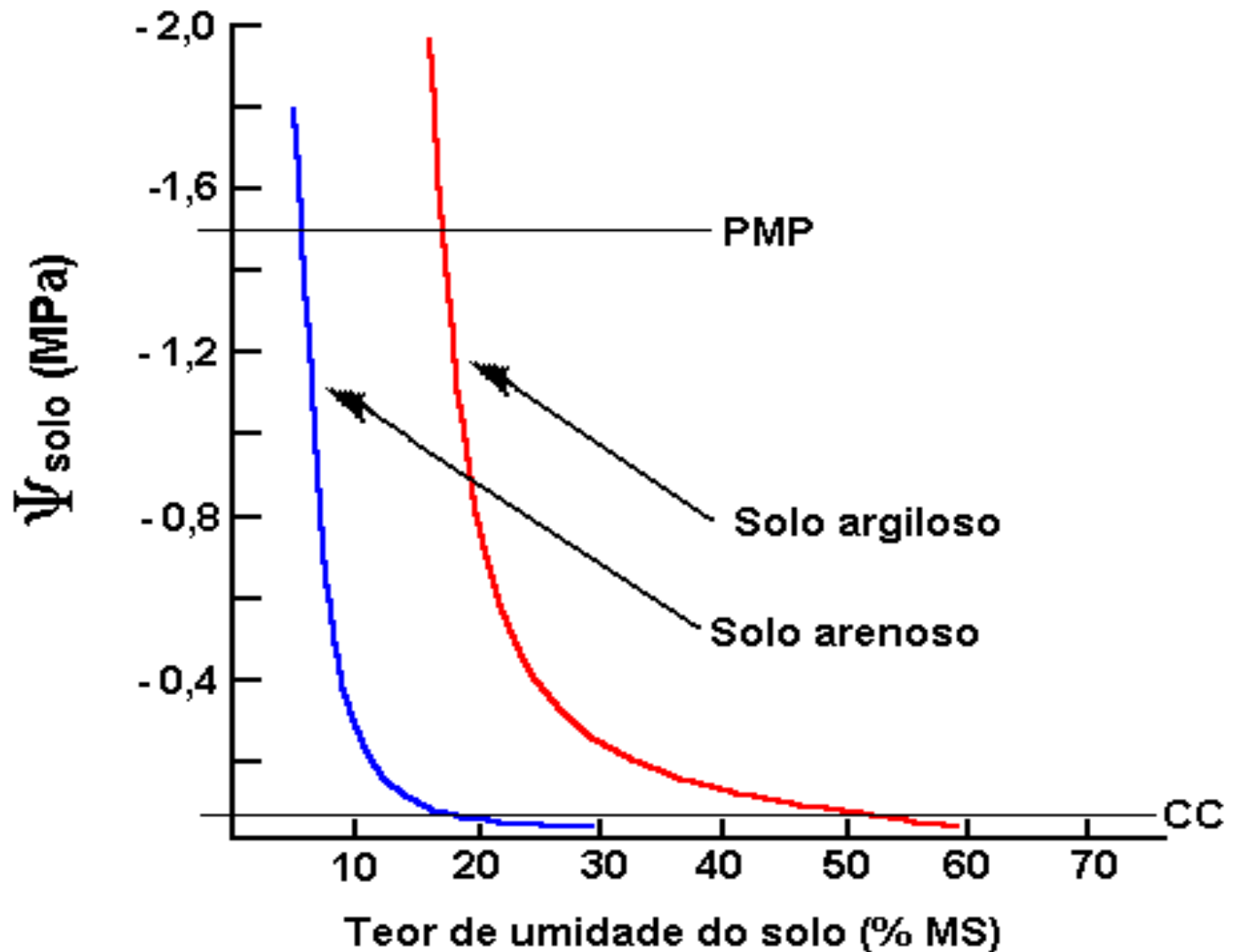
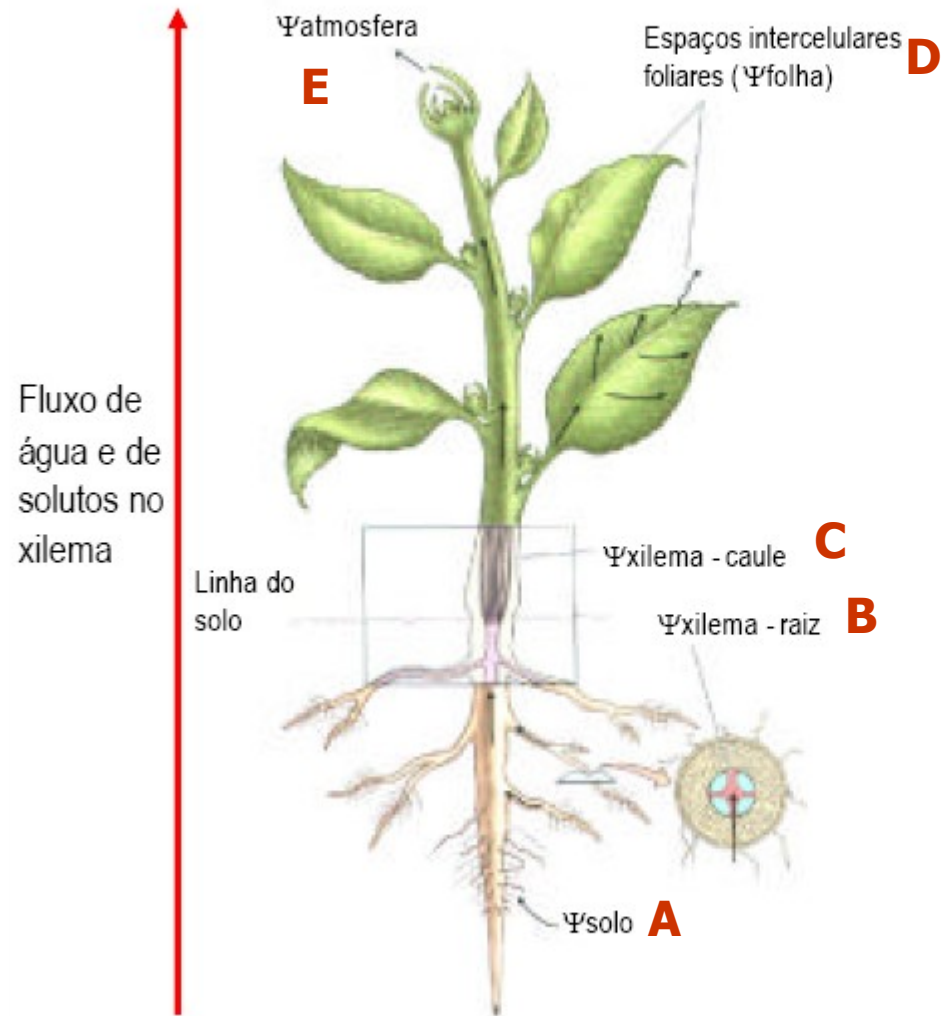


FIGURA. Variação do ψ_w é função do teor de água no solo. Solo argiloso armazena + água:



Movimento da água → espontâneo → estado mínimo de energia.

Por **fluxo de massa** e difusão.



➤ **Fluxo da água no solo depende:**

- **gradiente de pressão no solo;**
- **condutividade hidráulica do solo → varia c/ tipo de solo e umidade:**

solo úmido > seco

solo arenoso > argiloso

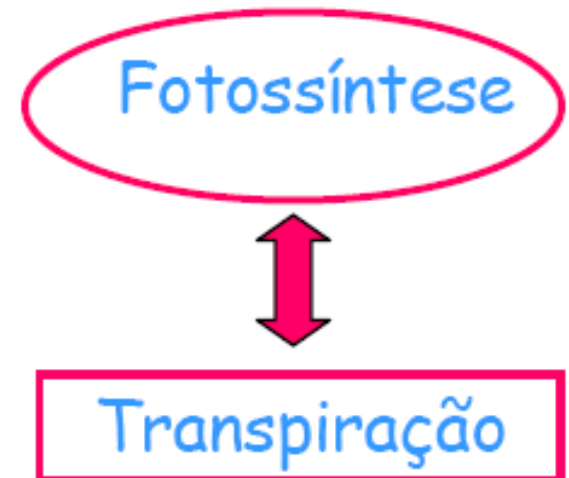
3. ABSORÇÃO DE ÁGUA PELAS RAÍZES:

Nas plantas 98% da absorvida pela raiz é perdida para o ar como vapor d' água. A maior parte da água restante fica retida nos tecidos vegetais, e somente aproximadamente 0,2 % é utilizada na fotossíntese

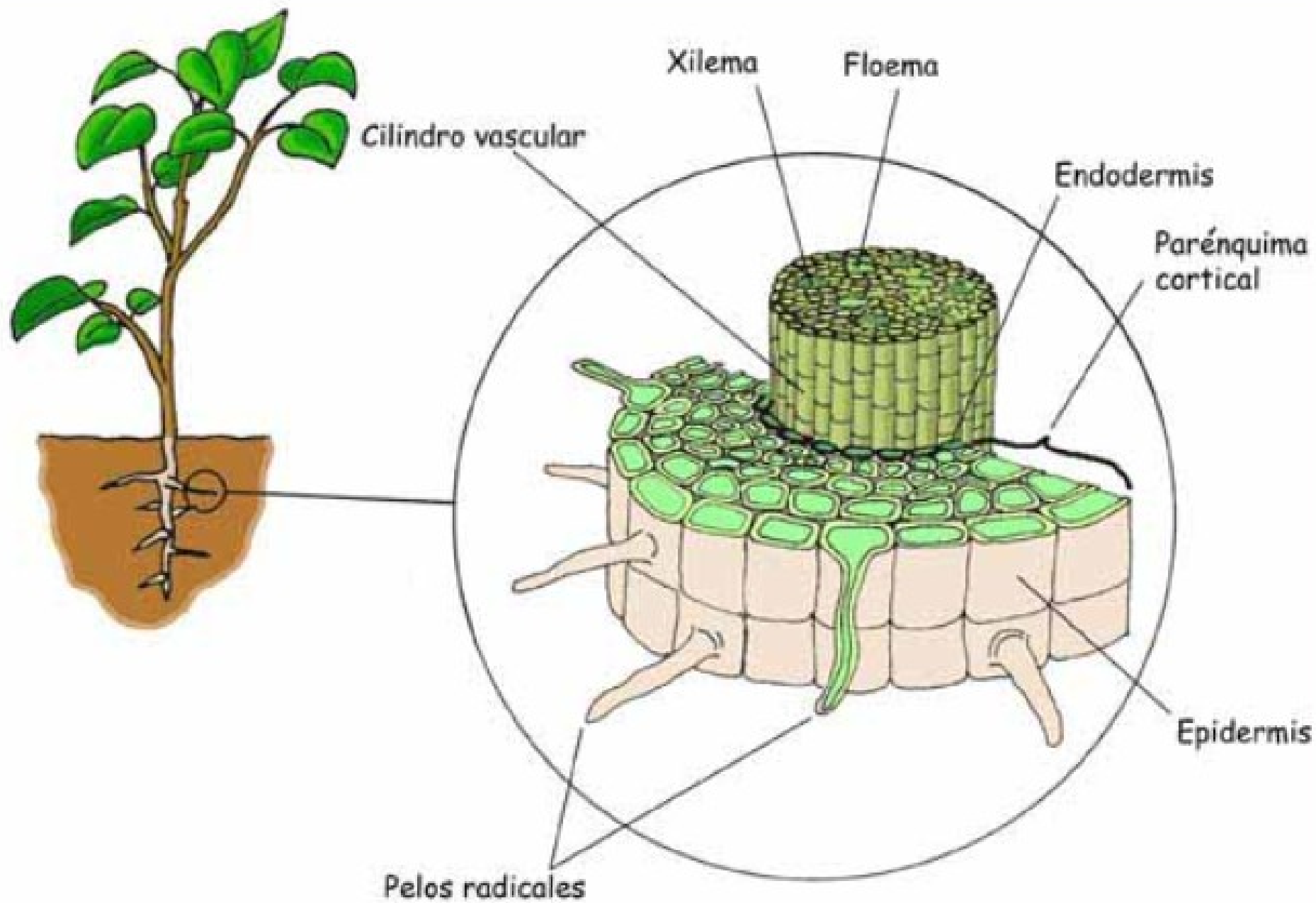
Processos pelos quais a planta perde água:

- Transpiração
- Gutação

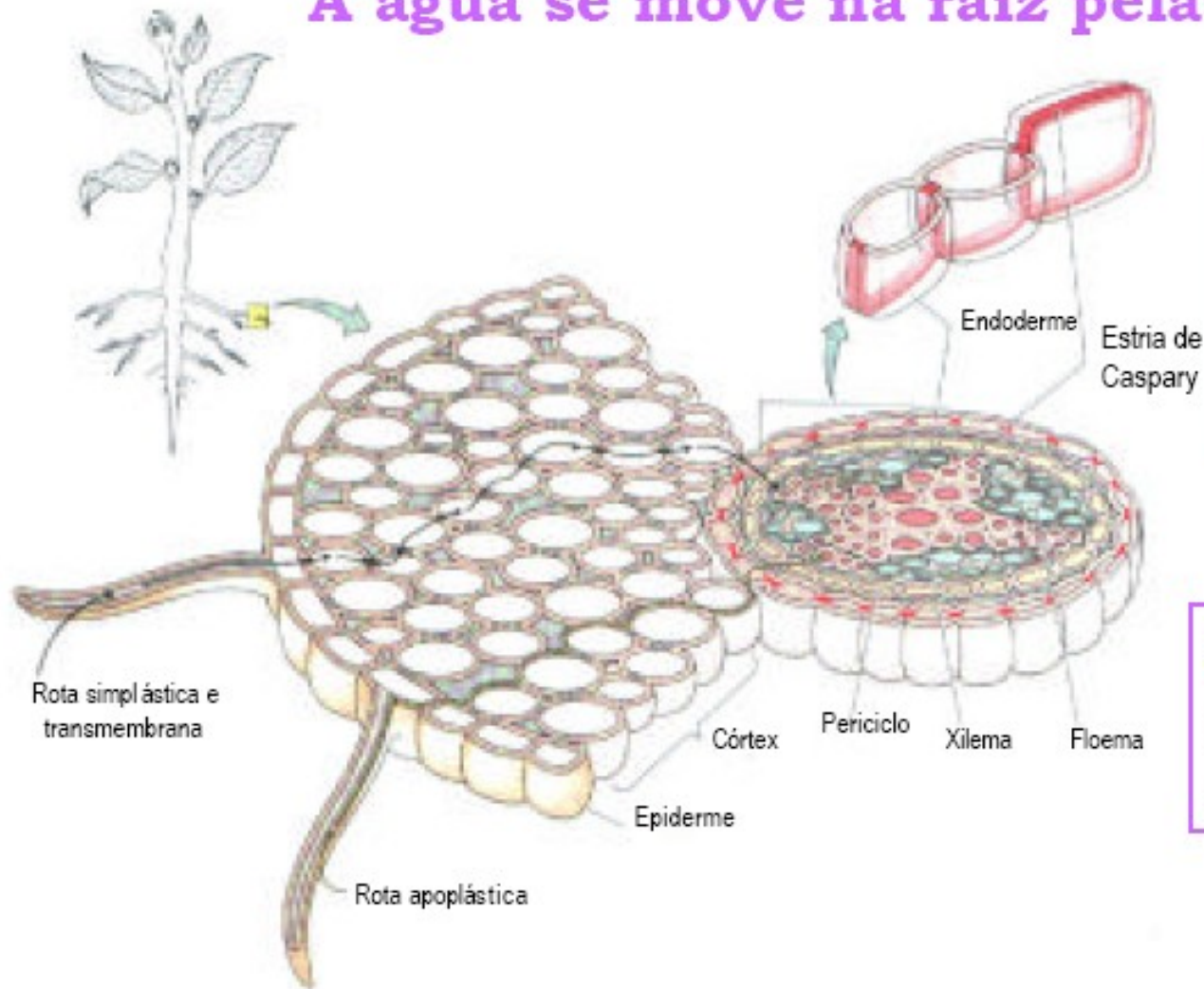
Por que as plantas
perdem quantidades
tão grandes de água
por
transpiração????????
??



- 
- **contato íntimo:**
superfície radicular/solo.
 - **Absorção** → epiderme.
 - **região de > absorção:** dos pêlos radiculares e de alongamento.
 - **movimento na raiz:**
epiderme → córtex → endoderme → xilema.
 - De curta distância.
 - Mais complexo.



A água se move na raiz pelas rotas:

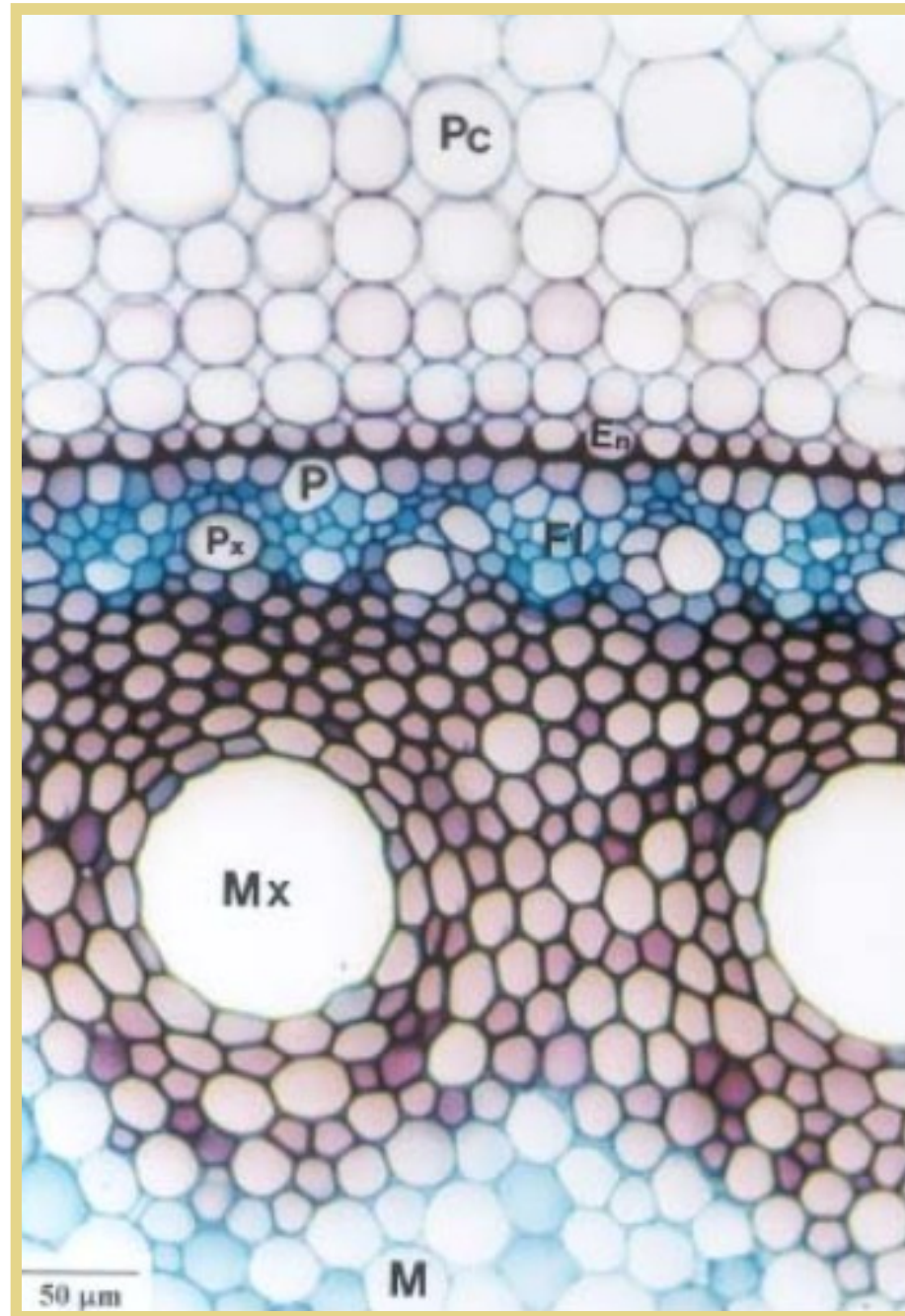


Apoplástica:
exclusivamente pela
parede celular e
espaços intercelulares

Simplástica: de uma
célula a outra através de
plasmodesmos

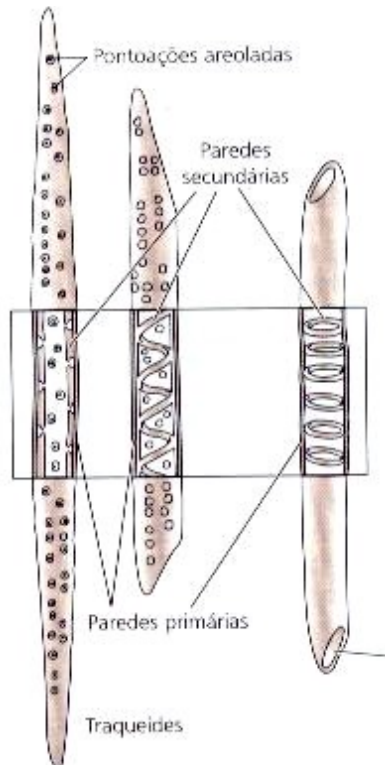
Transmembrana: atravessa pelo menos duas membranas para cada célula

Estrias de Caspary em raiz de milho



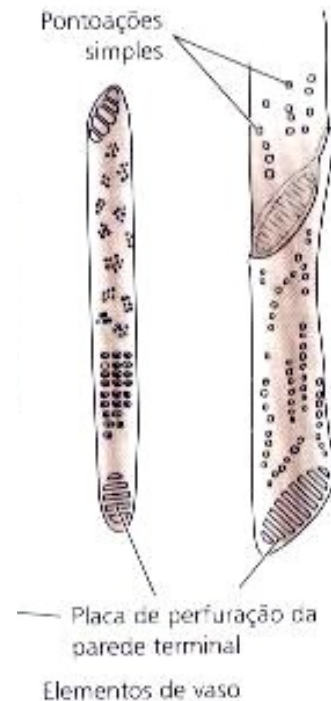
4. TRANSPORTE DAS RAÍZES → FOLHAS:

- **XILEMA** → células especializadas.
- Transporte de longa distância.
- Rota + simples, baixa resistência, + eficiente.
- elementos traqueais: traqueídes e EV:



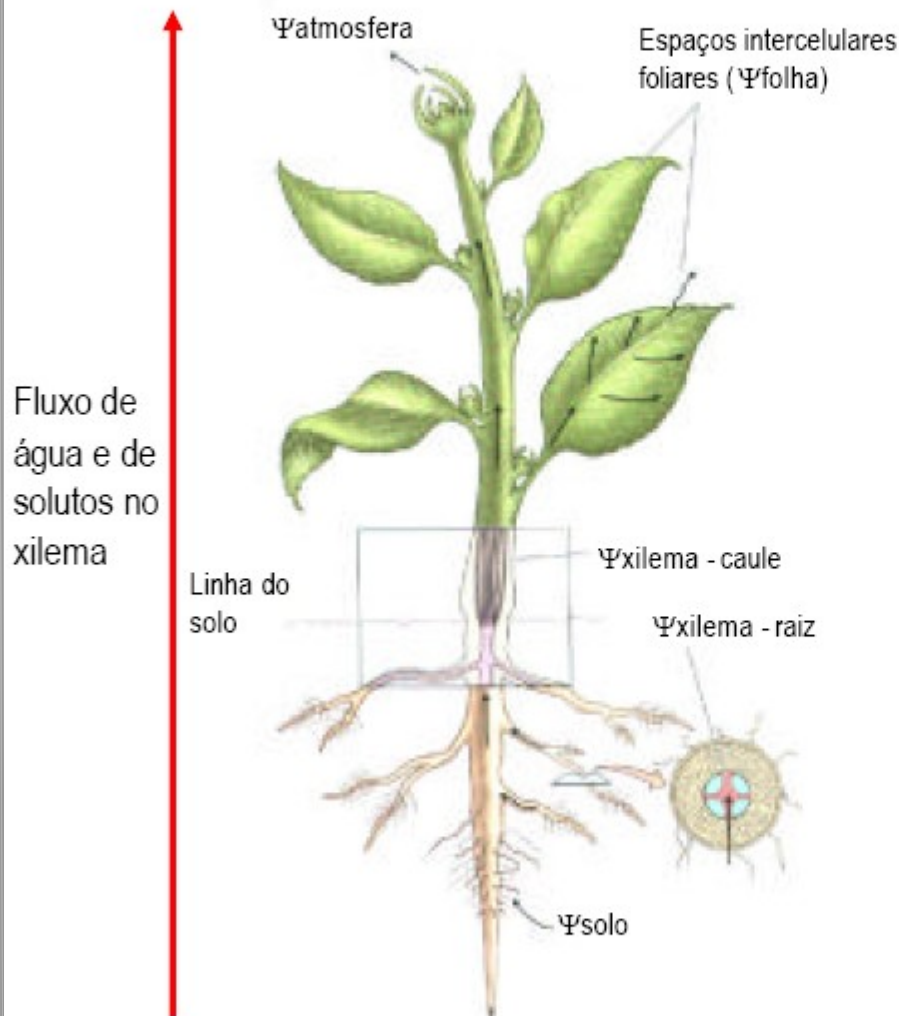
Traqueídes:
pontuações.

Elementos de vaso:
pontuações e perfurações.



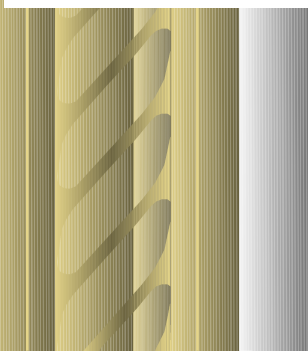
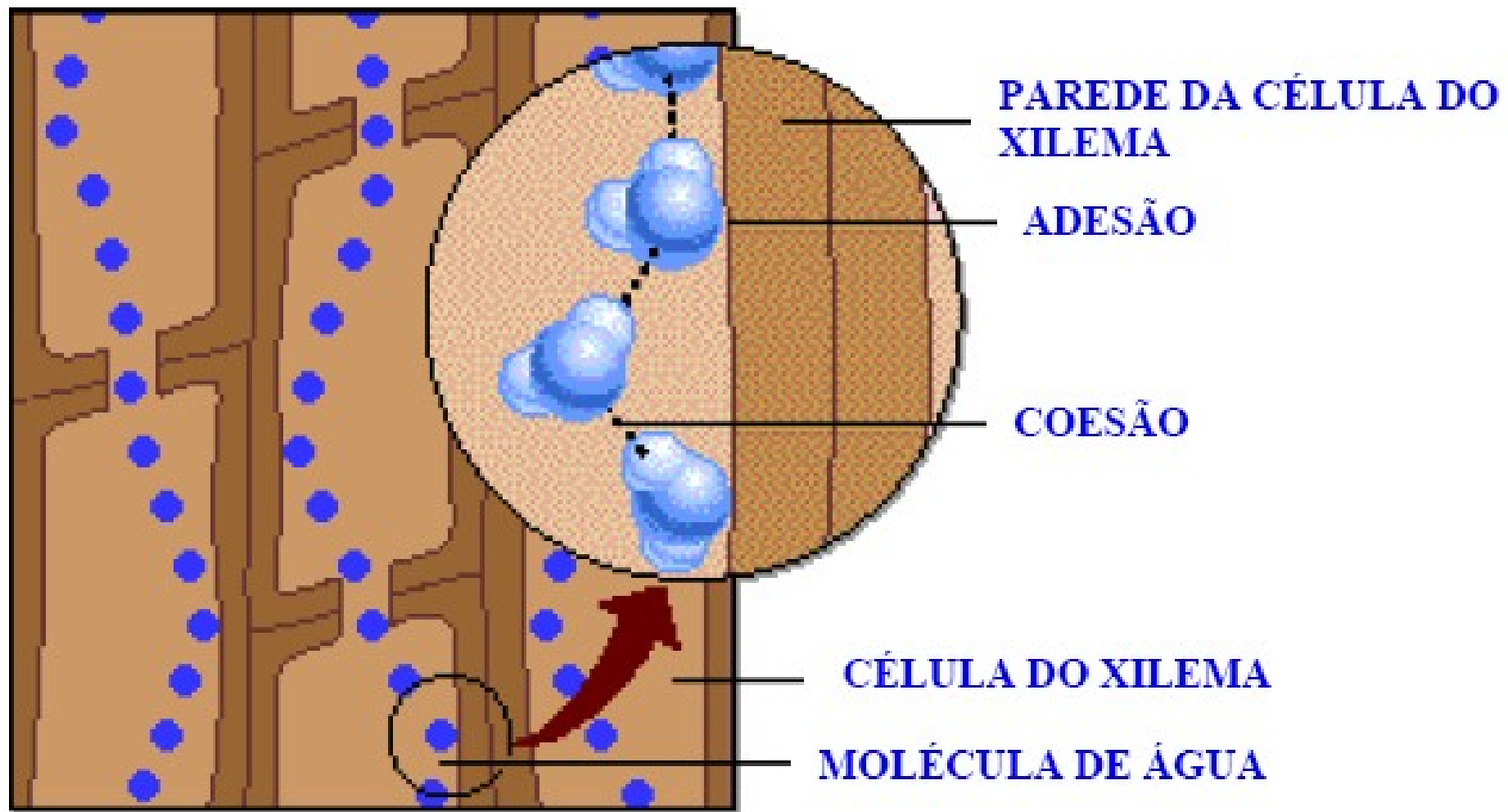
● Teoria da coesão-tensão → explica transporte passivo da água no xilema.

Transporte no xilema - Teoria da coesão-tensão



Essa teoria é atribuída à H. H. Dixon (1914) e é a mais aceita como modelo universal de transporte no xilema.

Ela é regida, basicamente, por um gradiente de potencial hídrico (entre a atmosfera, a planta e o solo), pelas propriedades de coesão e adesão das moléculas de água e pela força de tensão nos vasos xilemáticos.



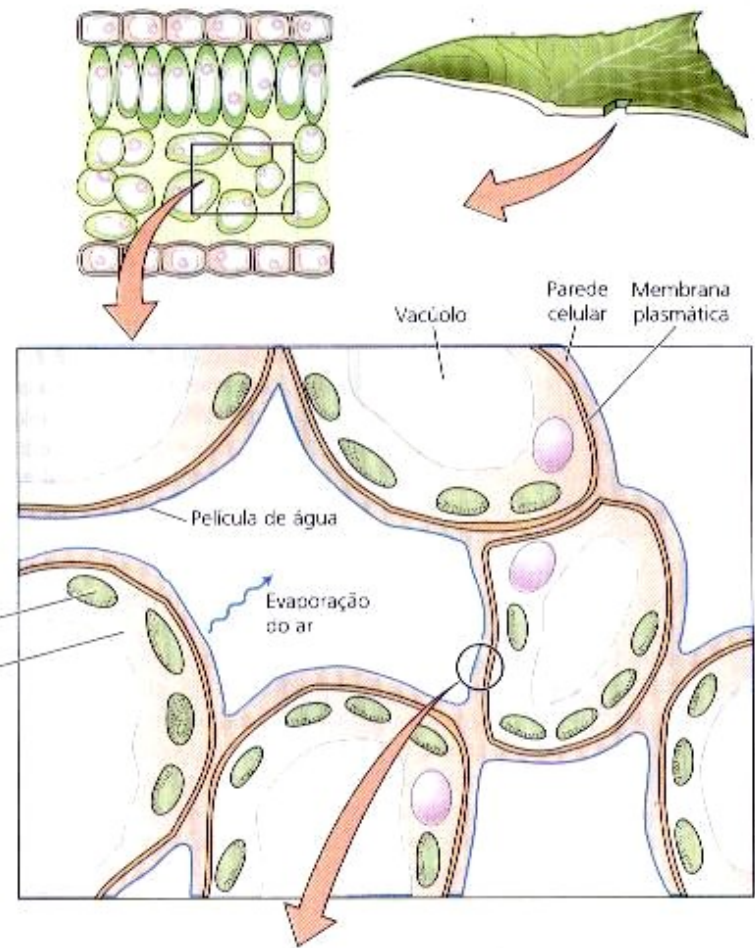
**Força p/ transporte no
xilema**



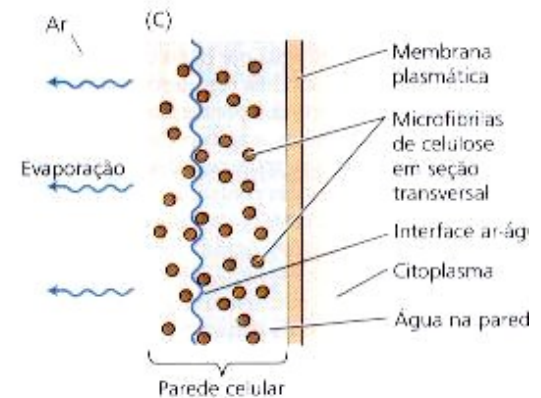
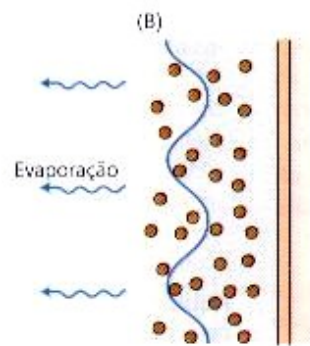
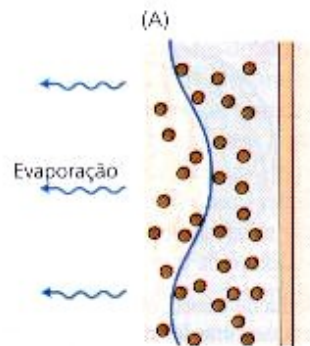
pressão –



**superfície das PCs das
folhas.**

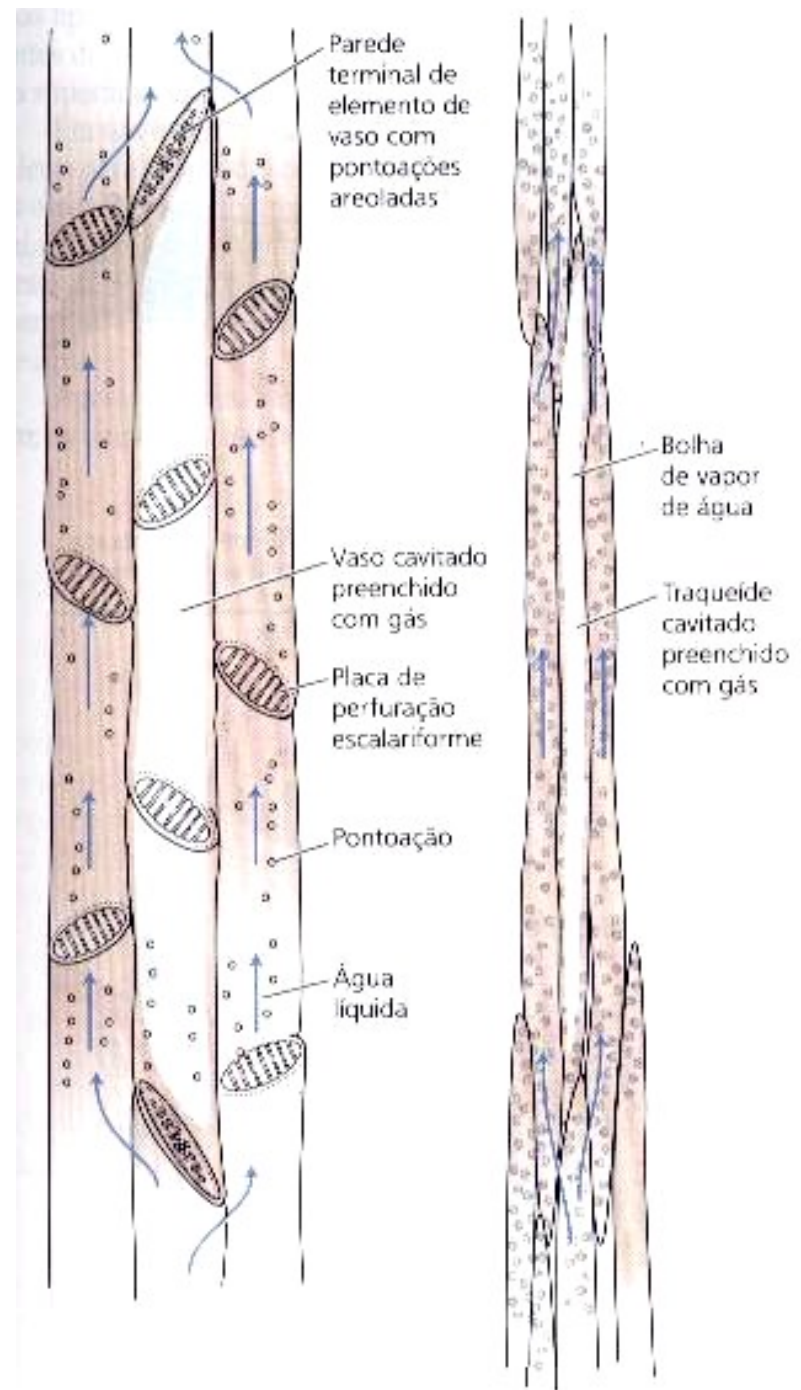


	Raio de curvatura (μm)	Pressão hidrostática (MPa)
(A)	0.5	-0.3
(B)	0.05	-3
(C)	0.01	-15



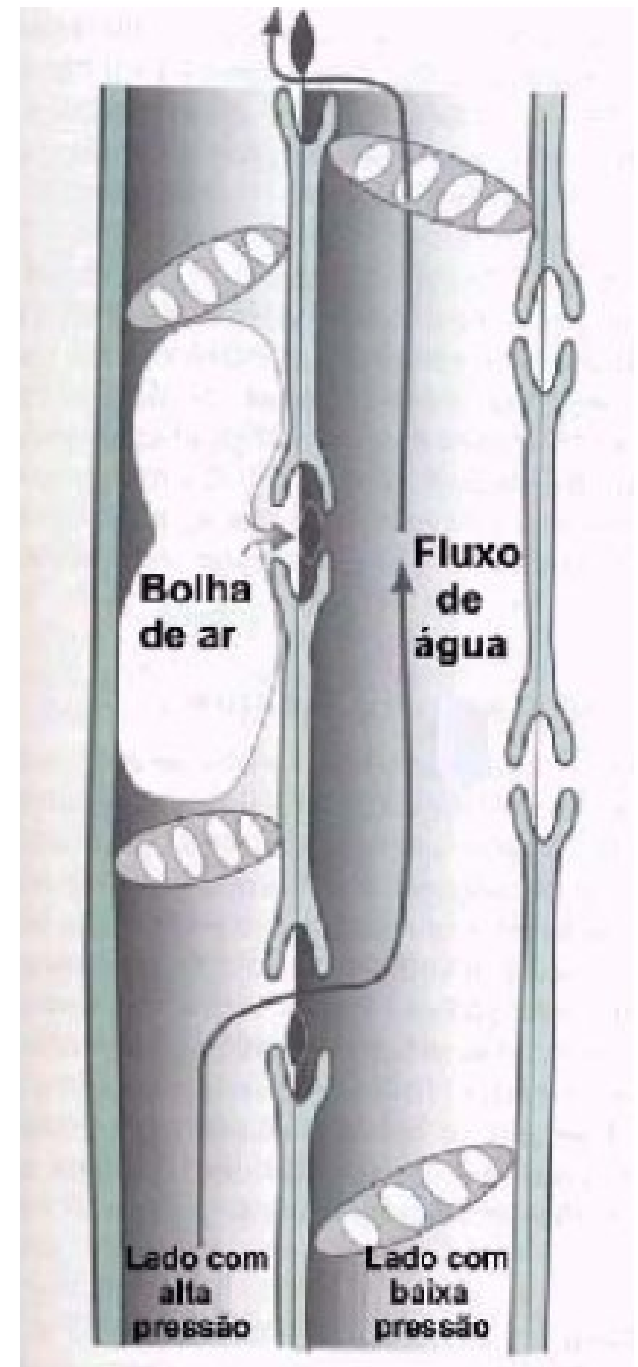
Problemas c/ tensão:

- água sob tensão → força interna às paredes do xilema;
- tensão não chega a desestabilizar a água;
- tensão de água ↑ → > tendência de ar ser aspirado → bolha → **cavitação/embolia**



Plantas ↓ efeito da cavitação:

- bolha não se espalha → pontoações;
- interconexão dos capilares;
- eliminação → noite → transpiração ↓



5. MOVIMENTO DA ÁGUA DA FOLHA P/ ATMOSFERA:

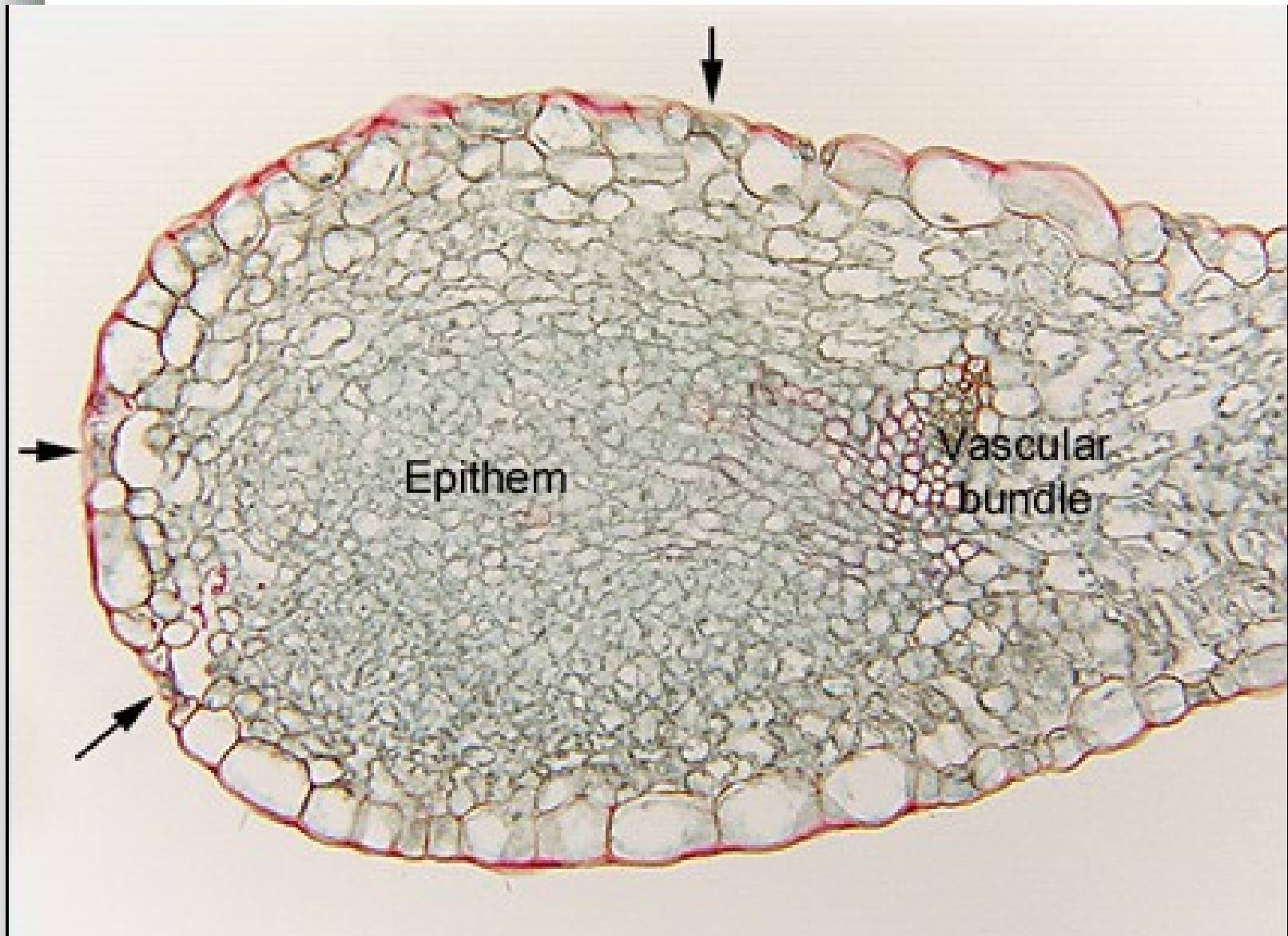
- **GASOSA → TRANSPIRAÇÃO**
- **LÍQUIDA → GUTAÇÃO**

GUTAÇÃO:

- Pelos HIDATÓDIOS (POROS).
- Quando? Condição favorável à absorção de água e desfavorável à transpiração (lenta ou ausente).



HIDATÓDIOS em folhas de *Brassica* (couve, ...).



GUTAÇÃO:

- **Absorção de água pelas raízes → pressão radicular → Turgescência no interior dos vasos.**
- **Vasos lenhosos → parênquima aquífero (EPITEMA) → PORO.**
- **Composição: água + subst. org e inorg.**
- **Destino da gota: reabsorvida, escorrer → solo, evaporar → depósito de subst. na superfície da folha.**

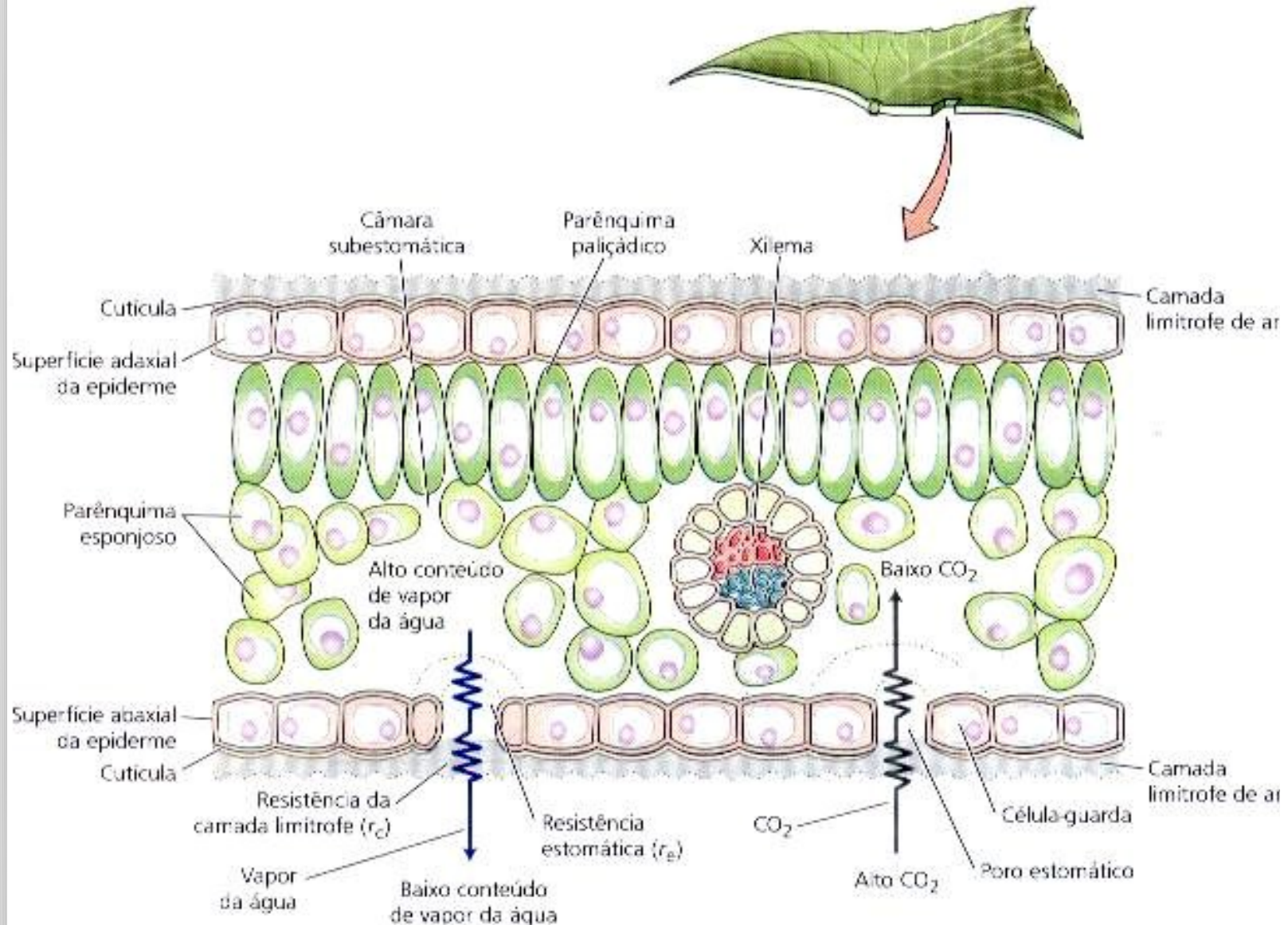
TABELA. Análise da composição (mg.L⁻¹) da gutação de plântulas de centeio, trigo e cevada.

<i>Substância</i>	<i>Centeio</i>	<i>Trigo</i>	<i>Cevada</i>
P	1,1	0,7	2,3
K	18,0	27,0	30,0
Na	0,05	0,8	1,1
Ca	1,5	3,0	4,8
Mg	1,5	1,5	2,4
Mn	0,02	0,02	0,05
Fe	0,4	0,15	0,07
Cu	0,04	0,03	0,03
B	0,04	0,05	0,08
Zn	0,02	0,05	0,05
M	0,004	0,002	0,002

TRANSPIRAÇÃO

- **Processo físico. Pode ser:**
- **Estomática $\rightarrow \pm 95\%$ do total.**
- **Cuticular $\rightarrow$ cerca de 5%.
(coníferas: 0,5%, cactáceas: 0,05%)**
- **Lenticelar $\rightarrow <$ que os outros tipos.
Importante em plantas decíduas.**

$\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ sup da PC mesofilo $\rightarrow$ evapora $\rightarrow$ espaços intercelulares $\rightarrow$ difusão $\rightarrow$ atmosfera.



Trajetória da água pela folha

- A água é puxada do xilema para as paredes celulares do mesófilo de onde evapora para os espaços intercelulares dentro da folha
- O vapor da água difunde-se, então pelos espaços intercelulares da folha, através do poro estomático e da camada limítrofe de ar parado situada junto à superfície foliar
- Quando a água evapora da superfície das paredes celulares, esta é respondida pela água existente dentro da célula
- Devido a membrana plasmática ser totalmente permeável à água, mas não aos solutos, resulta na concentração de solutos dentro das células e, conseqüente diminuição do Ψ_w

- 
- **condição para que haja transpiração:**
≠ça de Ψ .

IMPORTÂNCIA DA TRANSPIRAÇÃO:

- **absorção de água e minerais;**
- **captação de CO_2 p/ fotossíntese;**
- **crescimento;**
- **Resfriamento → Perda de 600 cal/g de água transpirada.**

RAZÃO DE TRANSPIRAÇÃO → PERDA DE ÁGUA E GANHO DE CO₂:

- C3 = 500;
- C4 = 250;
- CAM = 50.

Fatores que afetam taxas de transpiração:

*** AMBIENTAIS e
* da PRÓPRIA PLANTA.**

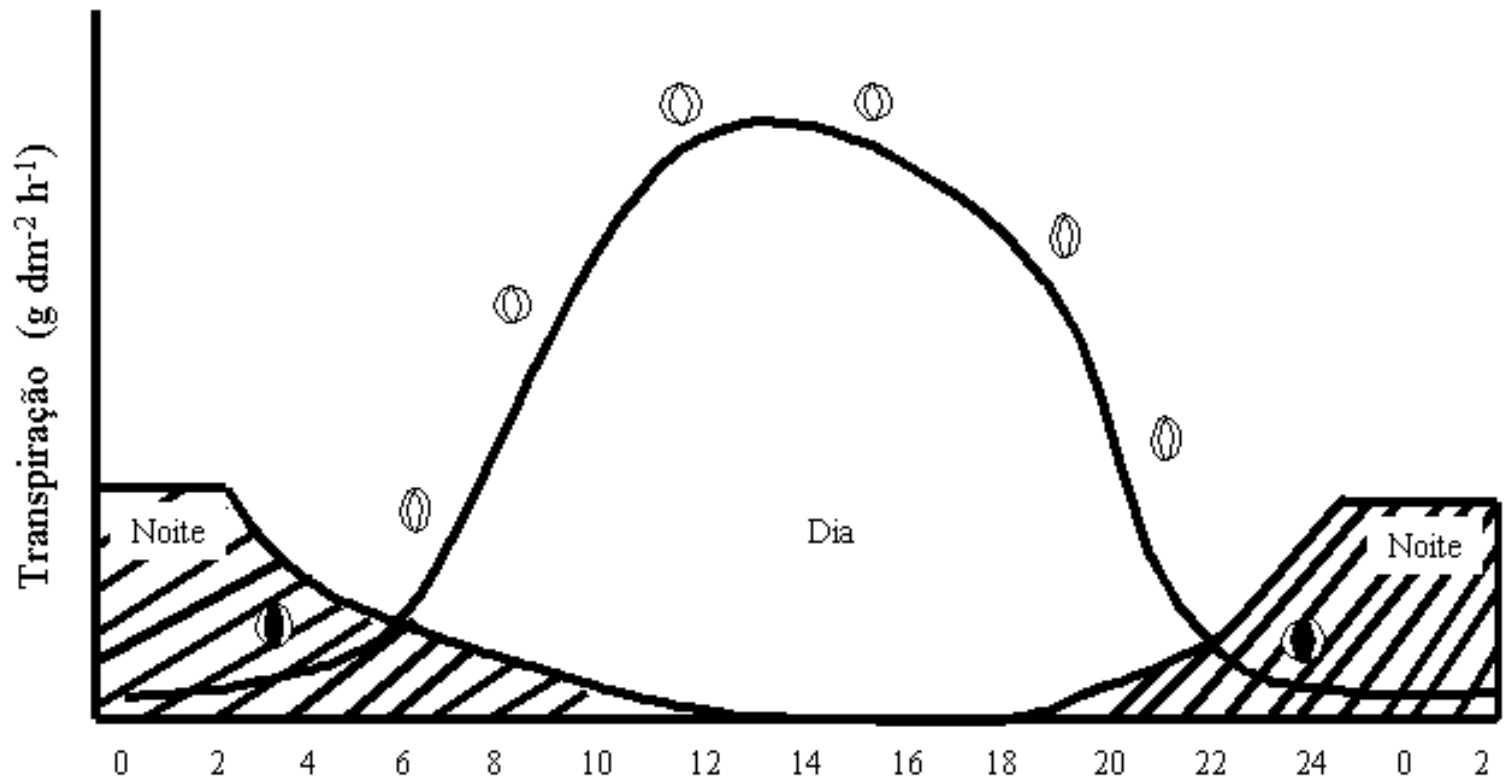
DA PRÓPRIA PLANTA:

- **Espessura da cutícula;**
- **Tamanho, forma e orientação das folhas;**
- **Pilosidade;**
- **Coloração;**
- **Nº e localização dos estômatos;**
- **% de parênquima paliçádico e lacunoso.**

Fatores ambientais que afetam a taxa de transpiração:

- Luz - as velocidades de transpiração apresentam caracteristicamente uma periodicidade diurna que é intimamente relacionada com o movimento dos estômatos
- Temperatura - velocidade de transpiração dobra a cada aumento de 10°C
- Umidade - a água é perdida muito mais devagar numa atmosfera já carregada de vapor d' água
- Correntes de ar - o vento retira o vapor de água da superfície foliar, acentuando a diferença de pressão de vapor através da superfície
- Disponibilidade de água - quando a absorção de água é menos intensa que a evaporação os estômatos se fecham

FIGURA. Variação da transpiração e da abertura estomática em feijoeiro. Insolação cte mas não muito intensa:



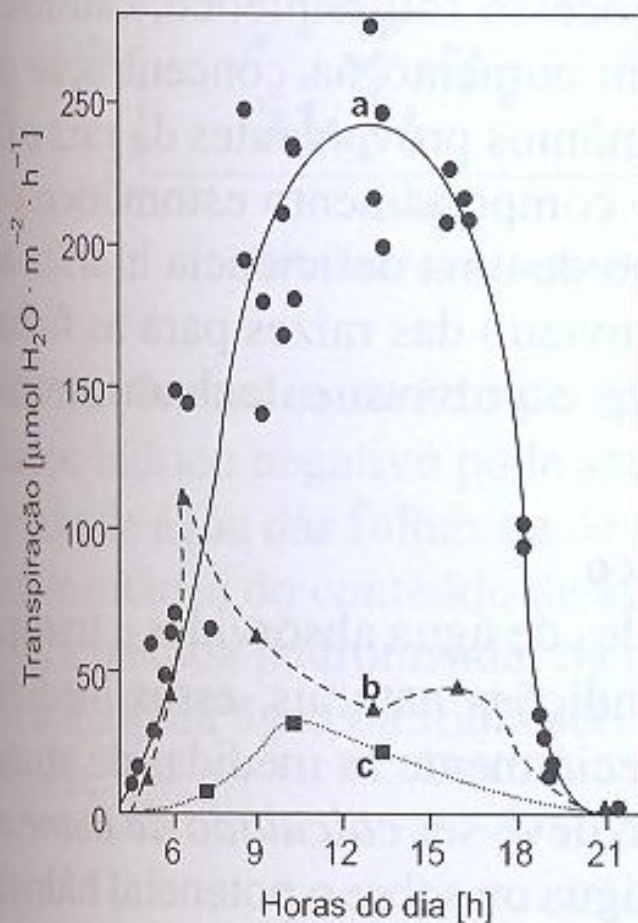
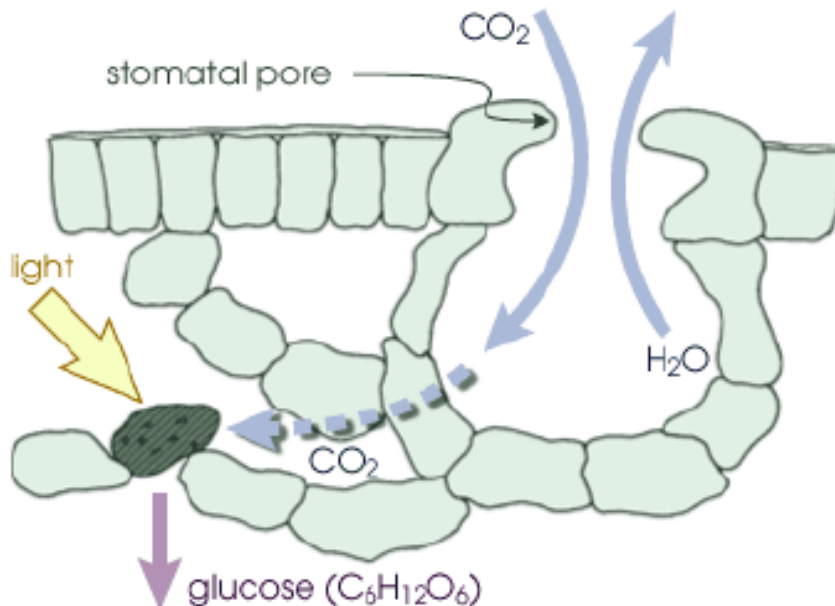


Figura 4.30 Curso diário da transpiração de plantas jovens com dois anos de idade de *Pinus radiata*: (a) em boas condições de abastecimento hídrico; (b) após nove; e (c) após doze dias sem rega. Segundo Kaufmann (1977).

6. CONTROLE ESTOMÁTICO DA TRANSPIRAÇÃO:



Embora a abertura dos estômatos seja essencial para a fotossíntese, eles podem expor as plantas a perda excessiva de água através da transpiração.

Cerca de 90% da água é perdida pela transpiração.

Abertura estomática – 1% da superfície foliar

Quantidade??? 1000 (cactáceas)

100.000 (árvores decíduas)/cm²

Abertura e fechamento dos estômatos → processo biológico:

✓ Células-guarda → poros estomáticos →
resistência estomática:

baixa;

mudanças: perda de água e absorção de
 CO_2 → **demanda competitiva.**

regulação temporal da abertura dos
estômatos → c/água:s/água.

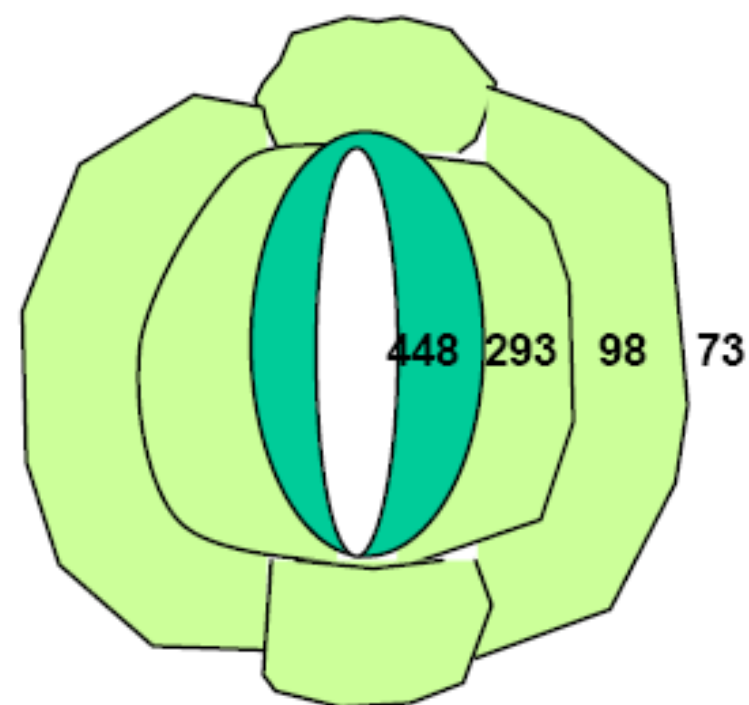
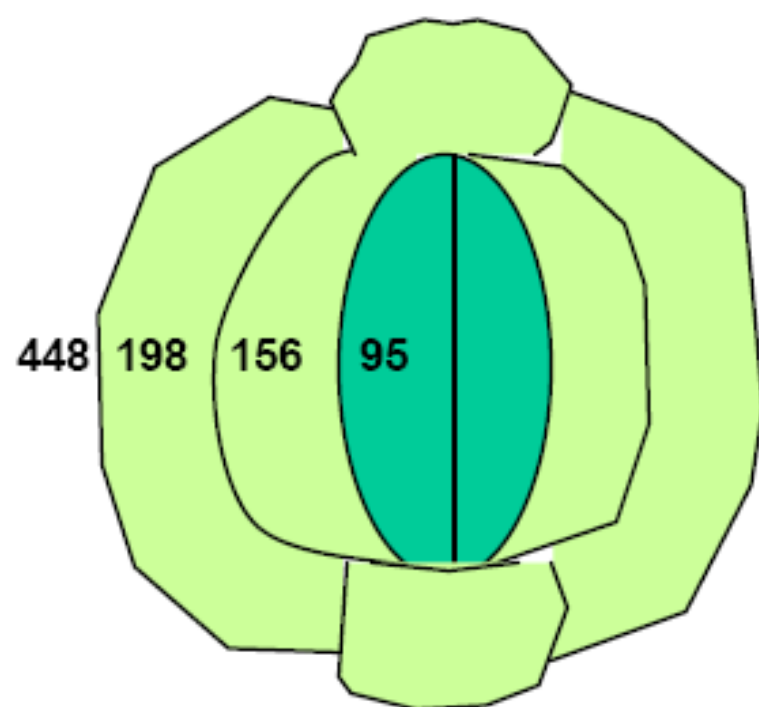


✓ Movimentos estomáticos →
≠ça de potencial nas céls-guarda
→ **íons K:**

Aberto → dia (endosmose)

Fechado → noite (exosmose)

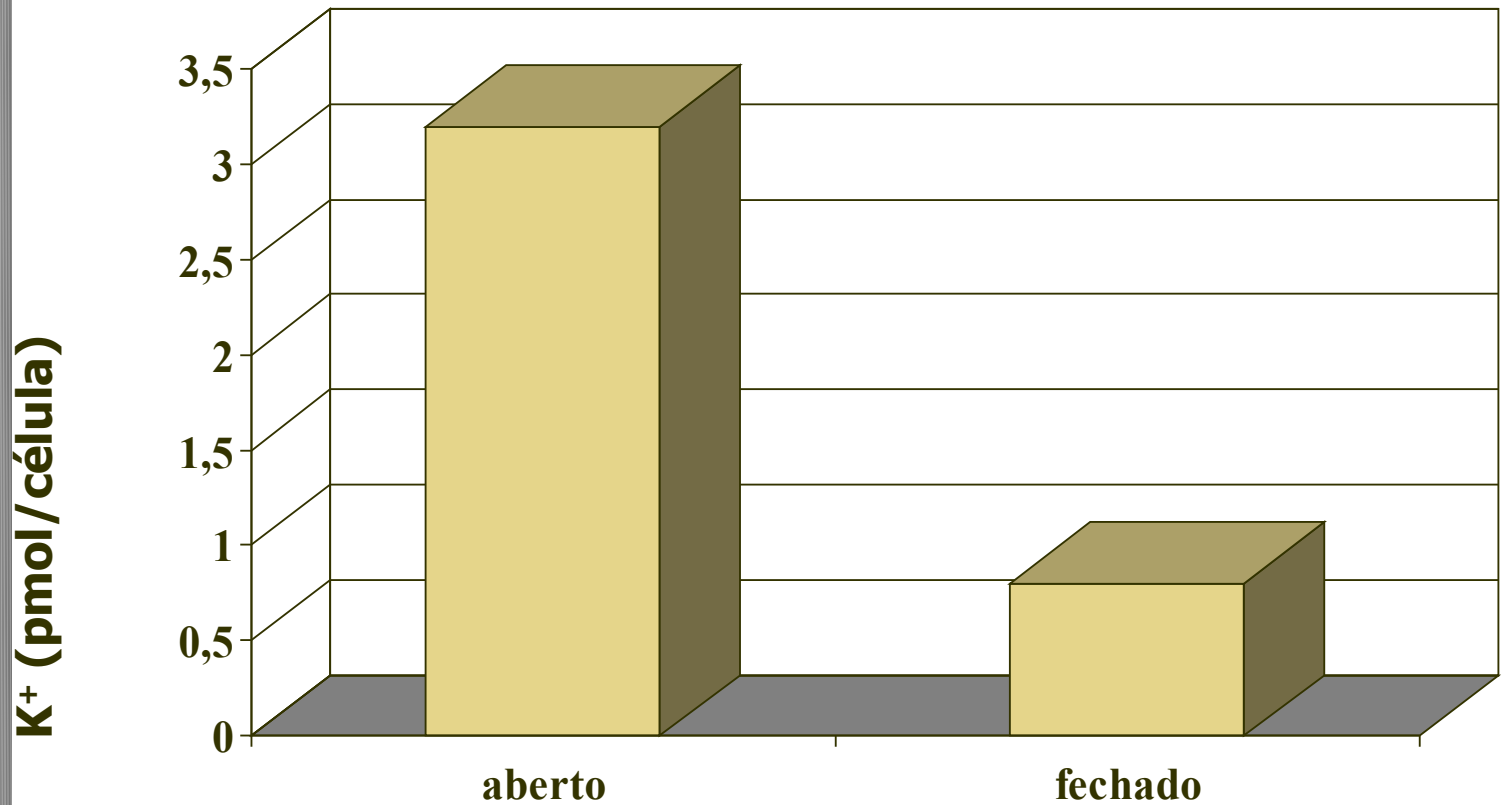
Variação da pressão de turgor nas células-guarda



Variação na concentração de íons potássio através do complexo estomático

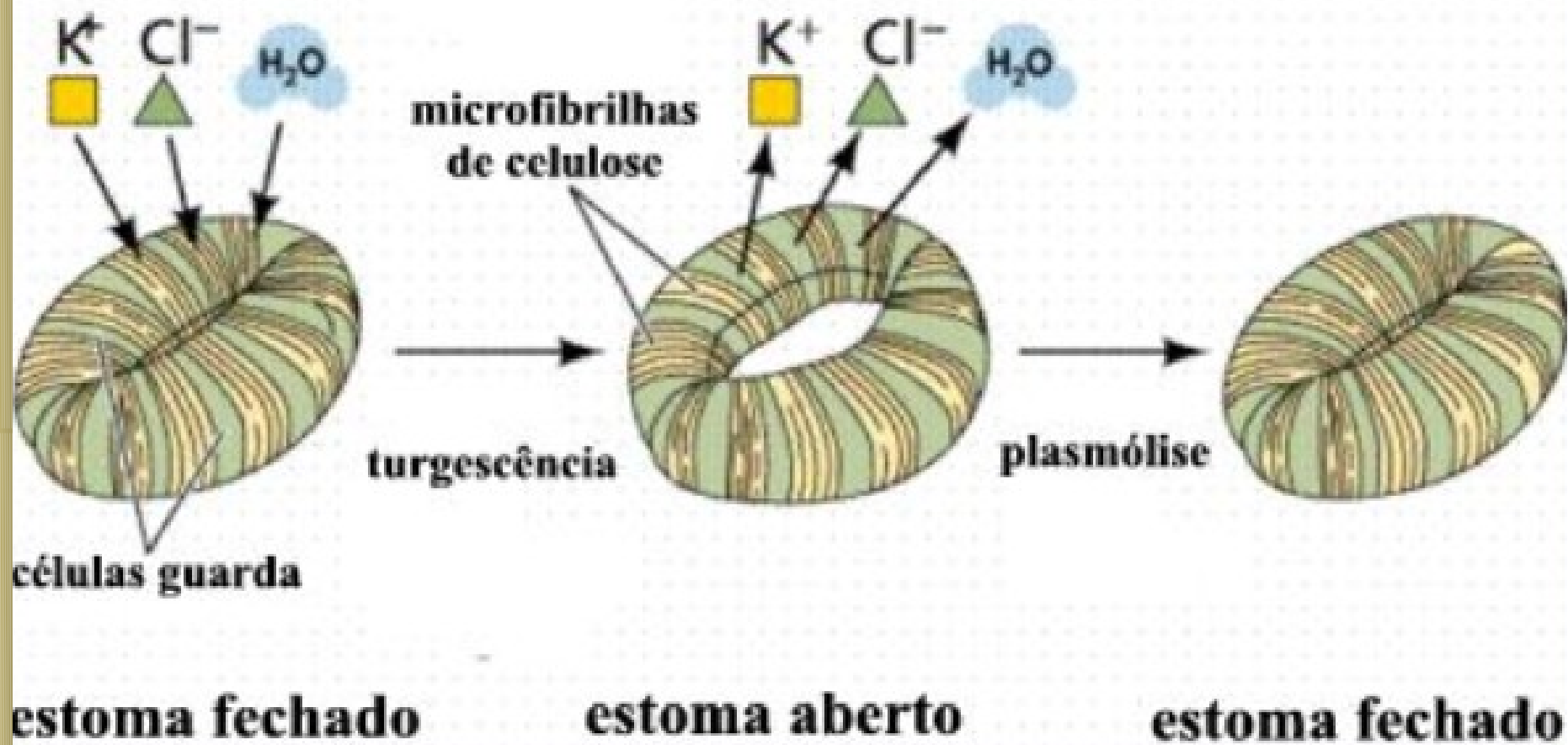
O decréscimo no potencial osmótico (Ψ_s) resulta no decréscimo do (Ψ_w) e conseqüentemente a água move-se para dentro das célula-guarda

Figura: conteúdo de K^+ em células-guarda de *Vicia*.

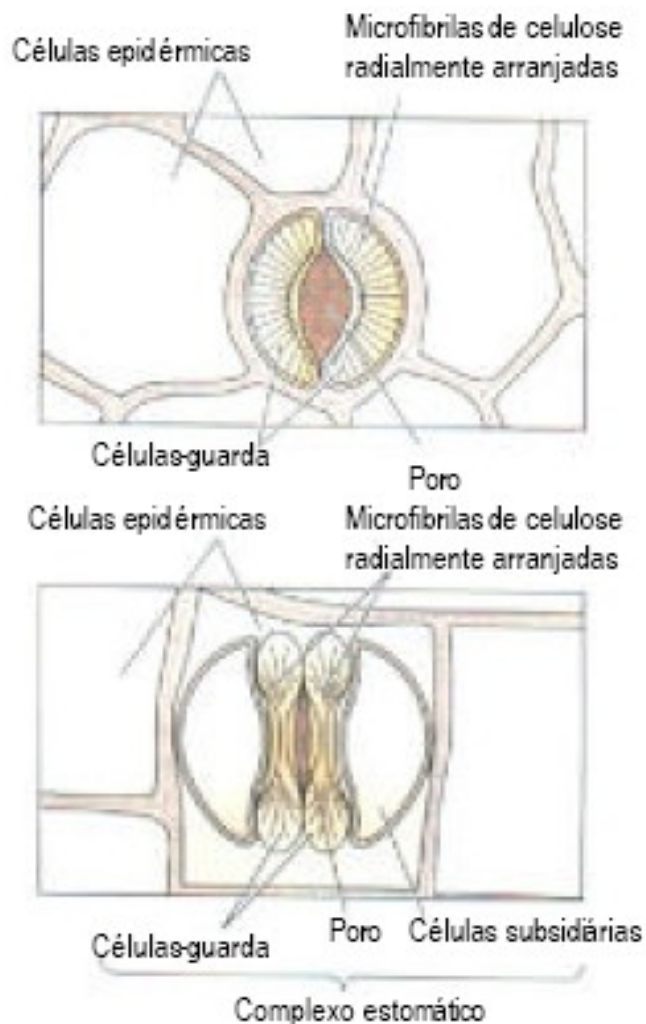


Tipos de fechamento estomático:

- **HIDROPASSIVO:** céls-guarda perdem + água do que absorvem das vizinhas.
- **HIDROATIVO:** céls-guarda percebem deficiência de água no mesofilo → ABA → fecha estômatos.



Estômatos



A estrutura da parede celular das células guarda tem papel crucial nos movimentos estomáticos

- As paredes celulares das células guarda são desigualmente espessadas e frequentemente a parede dorsal é mais fina e se distende mais facilmente que a parede central
- As células-guarda reniformes têm microfibrilas de celulose projetadas radialmente a partir do poro
- Em gramíneas, as células-guarda em forma de haltere funcionam como barras com extremidades infláveis

O movimento estômático depende de:

- Variação da pressão de turgor dentro das células
- Orientação radial das microfibrilas de celulose nas paredes celulares das células-guarda
- Perda de água - fechamento estomático - aumento de ABA (ácido abscísico)
- Aumento na concentração de CO_2 acarreta o fechamento dos estômatos
- O estômato abre-se na luz e fecha-se no escuro - utilização do CO_2 pela fotossíntese
- Temperaturas maiores do que $30 - 35^\circ\text{C}$ pode levar ao fechamento dos estômatos

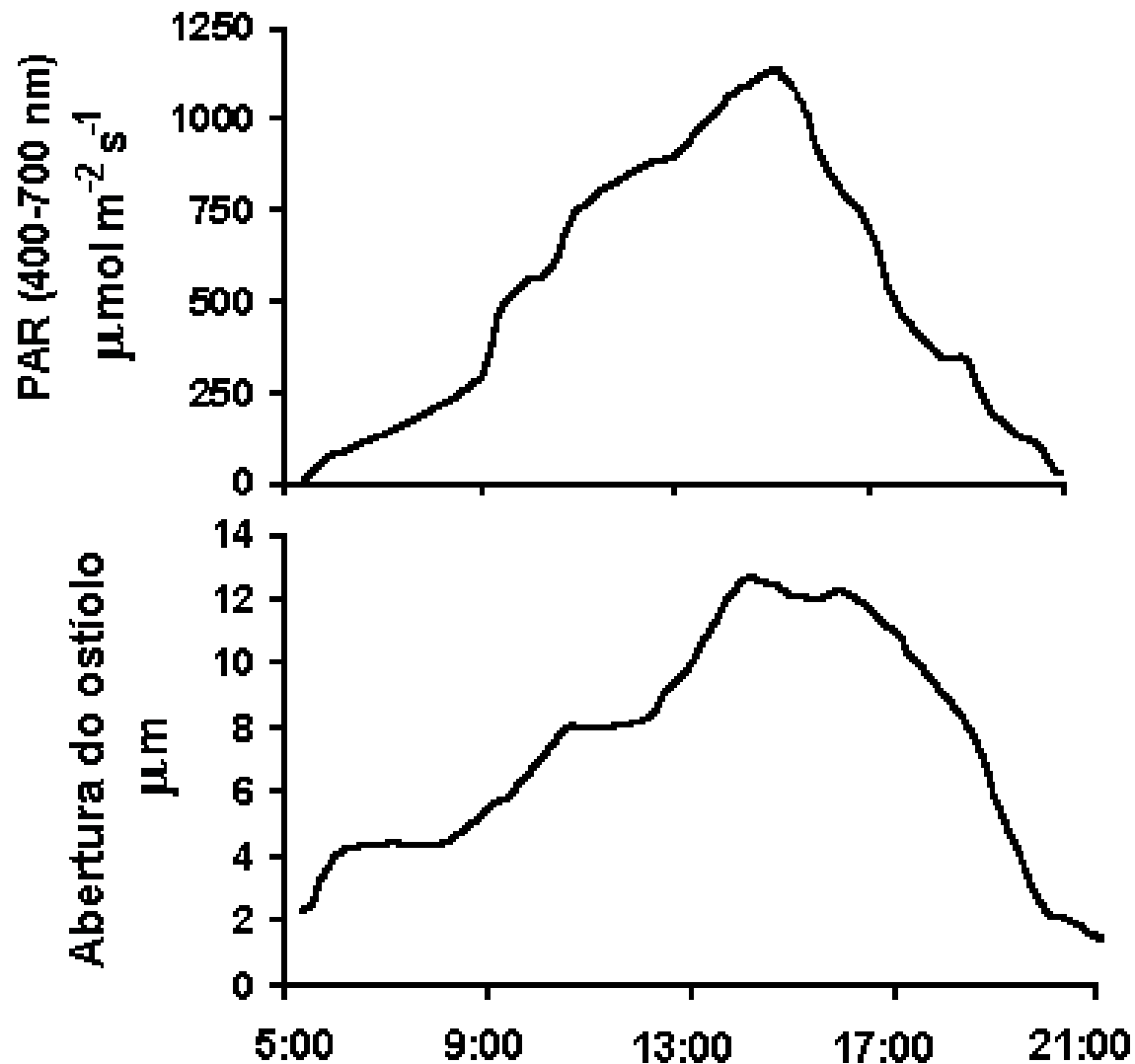


FIGURA. Relação entre abertura estomática e radiação solar fotossinteticamente ativa. Note que o máximo de abertura estomática coincide com o máximo de PAR.

Densidade de estômatos

A densidade de estômatos nas folhas varia em função de diversos fatores ambientais como:

➤ Temperatura, umidade do ar, intensidade luminosa e concentração de CO₂.

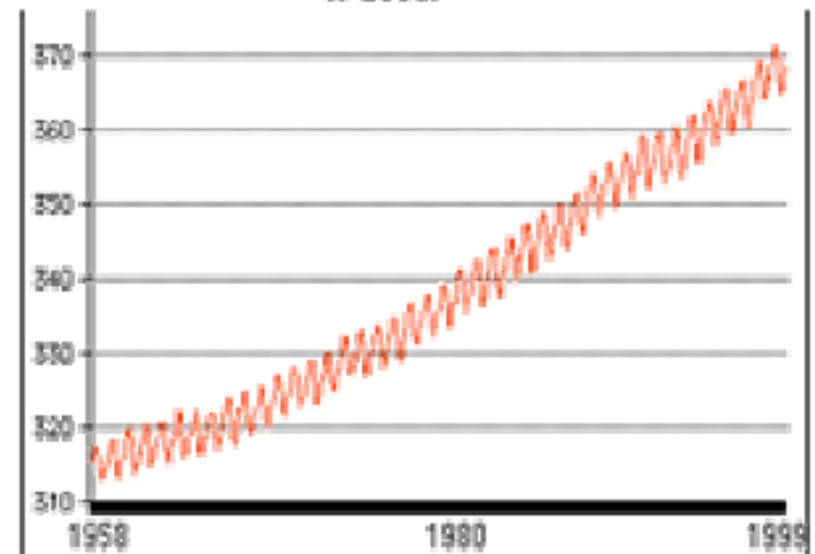
✓ A concentração de CO₂ é uma relação inversa.

Algumas evidências:

Plantas que crescem em atmosfera artificial com alto teor de CO₂ possuem menos estômatos.

Estudos com espécimes de Herbários revelaram que o número de estômatos em diversas espécies tem diminuído nos últimos 200 anos (o que coincide com o aumento do teor de CO₂ atmosférico)

Carbon dioxide concentration (in parts per million, ppm) of the air at the summit of Mauna Loa, Hawaii, from 1958 to 2000.



Aumento da
concentração de CO₂