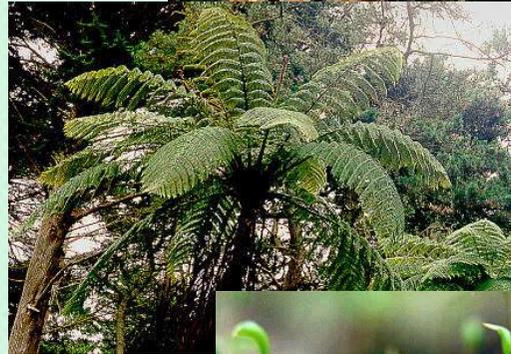
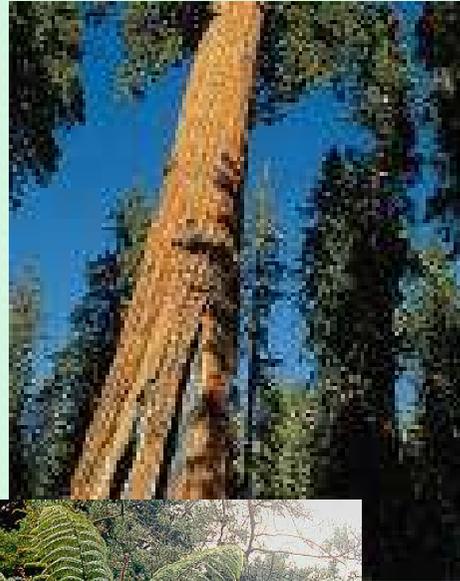


Balanço hídrico na planta



Bibliografia:
Taiz, L., Fisiologia Vegetal

Balanço hídrico na planta

A perda de água pela planta depende do tipo de fotossíntese:

Perda de água (g) por grama de C fixado

C3 400 - 500

C4 250 - 300

CAM 50 - 100

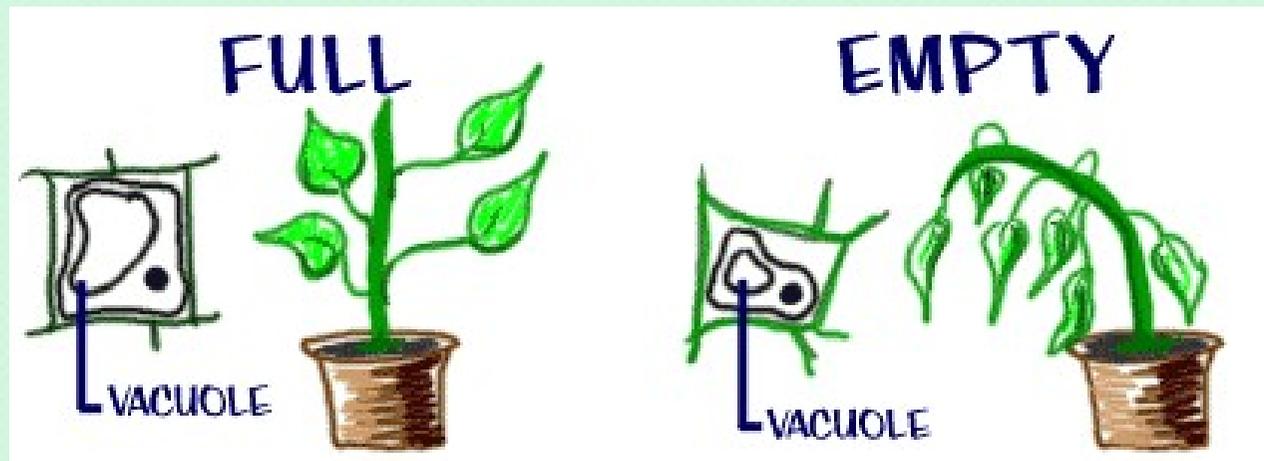
A água também é utilizada como meio de:

- aporte de minerais do solo – elementos essenciais
- transpiração - refrigeração

Não há metabolismo ativo em concentrações baixas de água na célula!

Balanço hídrico na planta

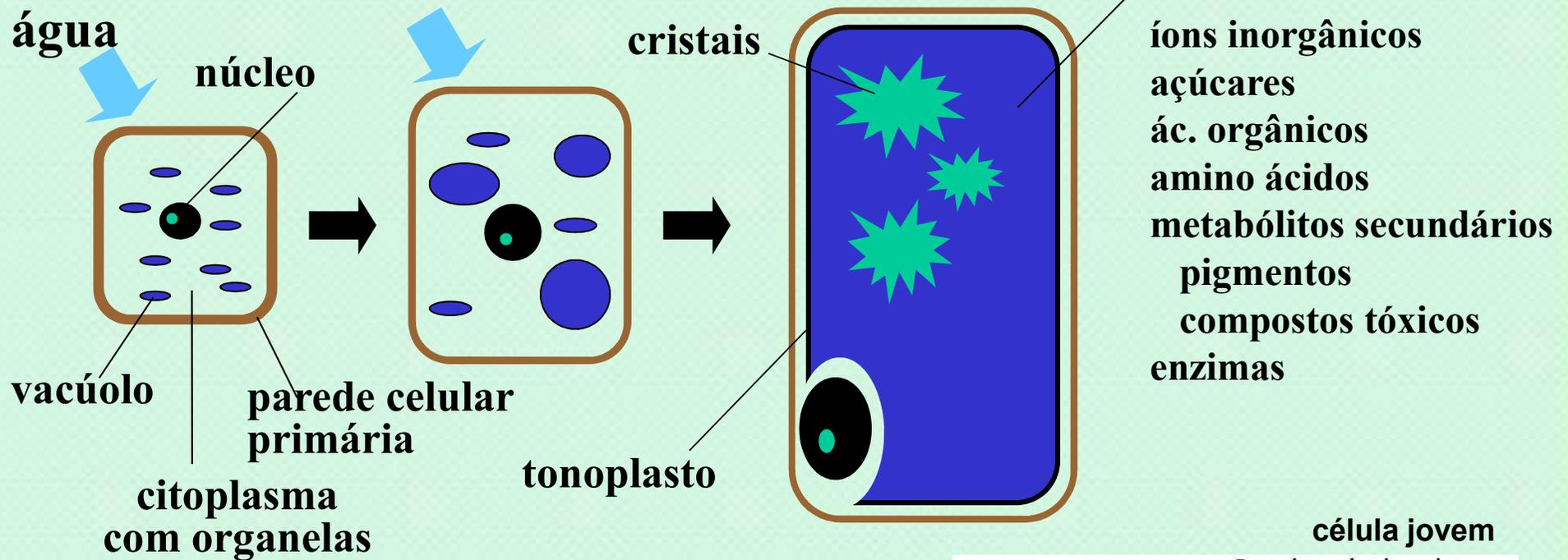
- Plantas absorvem enormes quantidades de água (ca. 20 vezes mais que os animais por unidade de tempo, Stephen Hales, séc XVIII).
- 99 % da água absorvida por uma planta é perdida por transpiração.
- As folhas são os principais órgãos de transpiração (também o principal órgão da fotossíntese).



Quais as funções da água na planta?

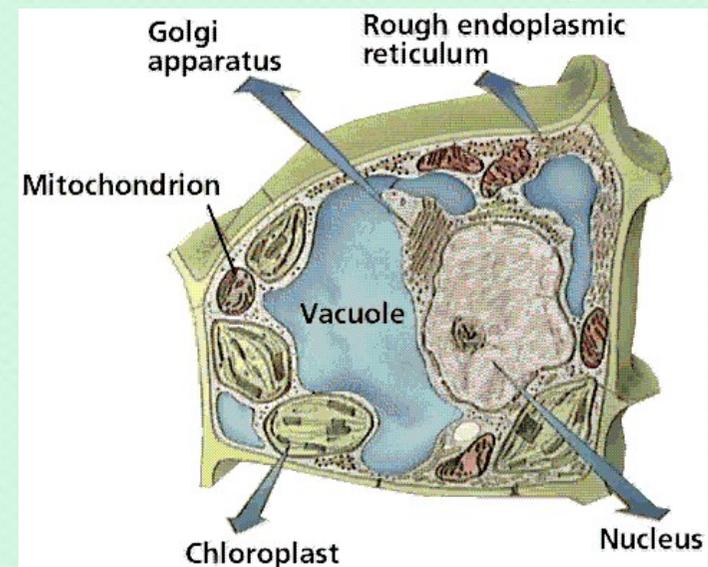
Objetivos da aula:
estudar como a água é absorvida pela planta do solo, seu transporte na planta e seu retorno à atmosfera

Amadurecimento da célula vegetal

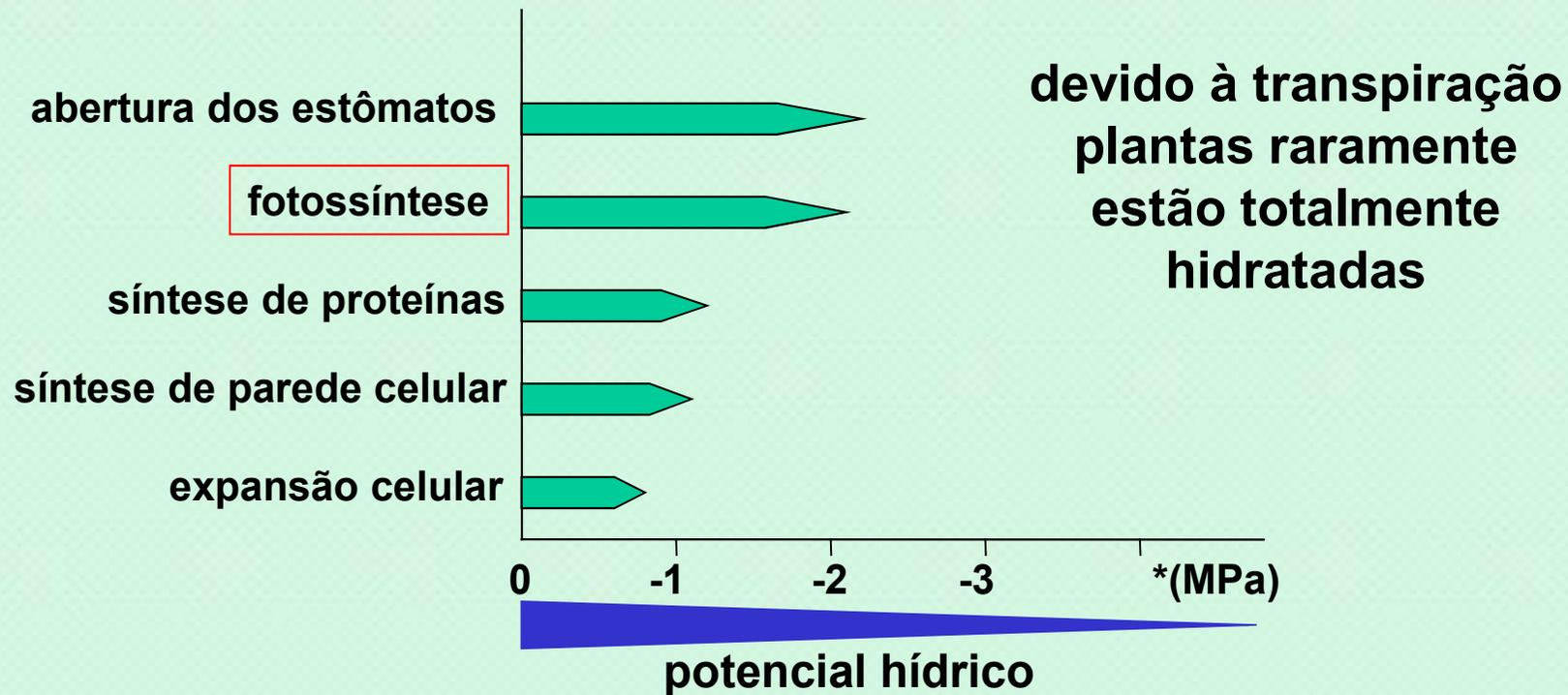


O crescimento celular se dá devido à absorção de água pela célula

Na célula madura, o vacúolo pode representar mais de 90% do volume celular



O status hídrico da planta afeta seus diversos processos fisiológicos



grau de hidratação da planta



*para comparação: pressão pneu de carro = +0,2 MPa

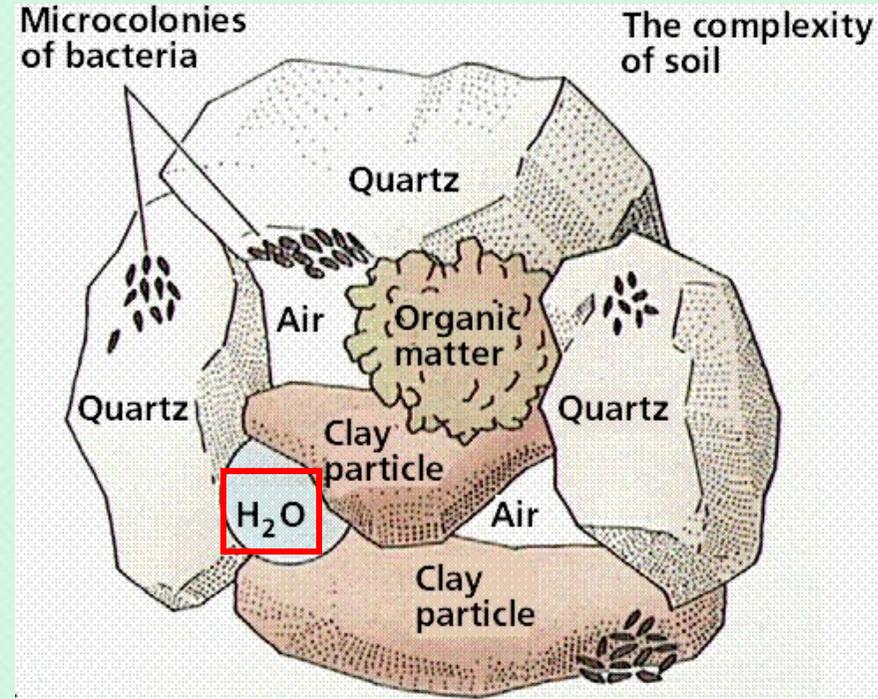


transpiração

absorção

A Água do Solo

- O conteúdo de água do solo e a velocidade de seu transporte dependem do tipo de solo e da sua estrutura.
- A maior parte da água disponível para a planta encontra-se nos espaços entre as partículas.

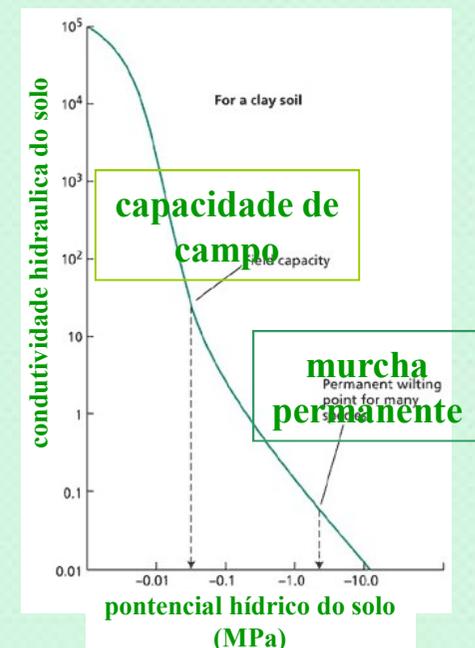


Características físicas de diferentes solos:

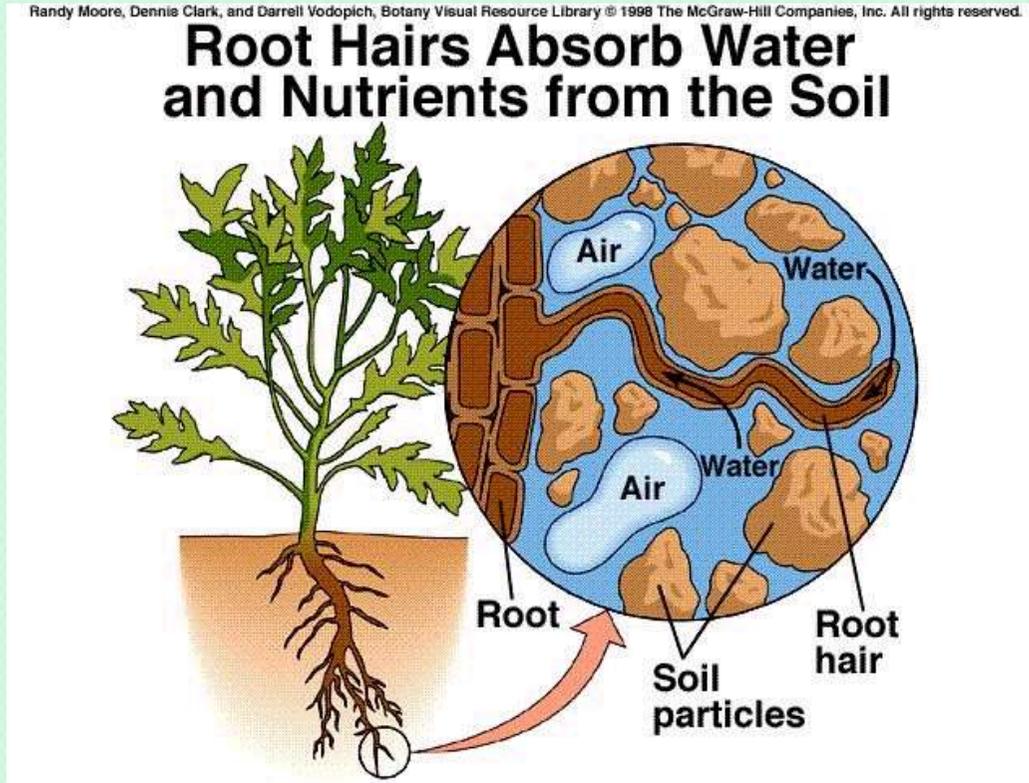
Tipo	diâmetro da partícula (μm)	área de superfície/g (m^2)
areia grossa	2000 – 200	< 1 - 10 (4%*)
areia fina	200 – 20	< 1 - 10
argila	< 2	100 – 1000 (40%*)

* capacidade de retenção da água (v/v)

Murcha permanente:
Girassol: -1,5 MPa
Xerófitas: -10 MPa



Absorção de água pela raiz

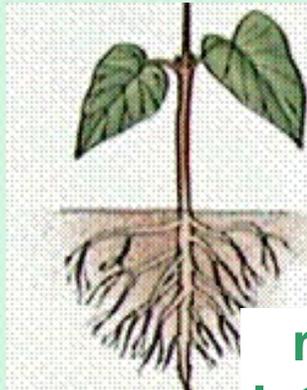


- Os pelos aumentam a superfície de absorção da raiz.
- Pelos têm vida curta (no máximo alguns dias).
- Pelos são substituídos conforme a raiz se alonga.
- Raízes que não se alongam tendem a morrer.

Nota-se que qualquer perturbação do sistema radicular reduz a absorção de água pela raiz.

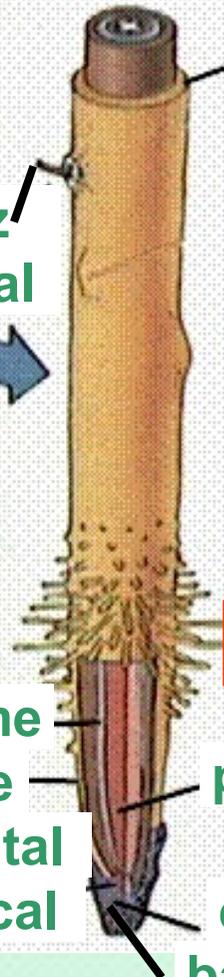
Absorção de água pela raiz

Estrutura da raiz



raiz lateral

regiões da raiz de:
maturação
alongamento
e
divisão celular



epiderme

regiões mais maduras de raiz em grande parte impermeáveis à água

responsáveis pela absorção da maior parte da água

pelos radiculares

endoderme

proderme

procâmbio

meristema fundamental

meristema apical

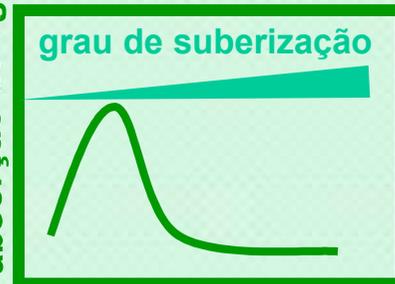
coifa

bainha de mucilagem



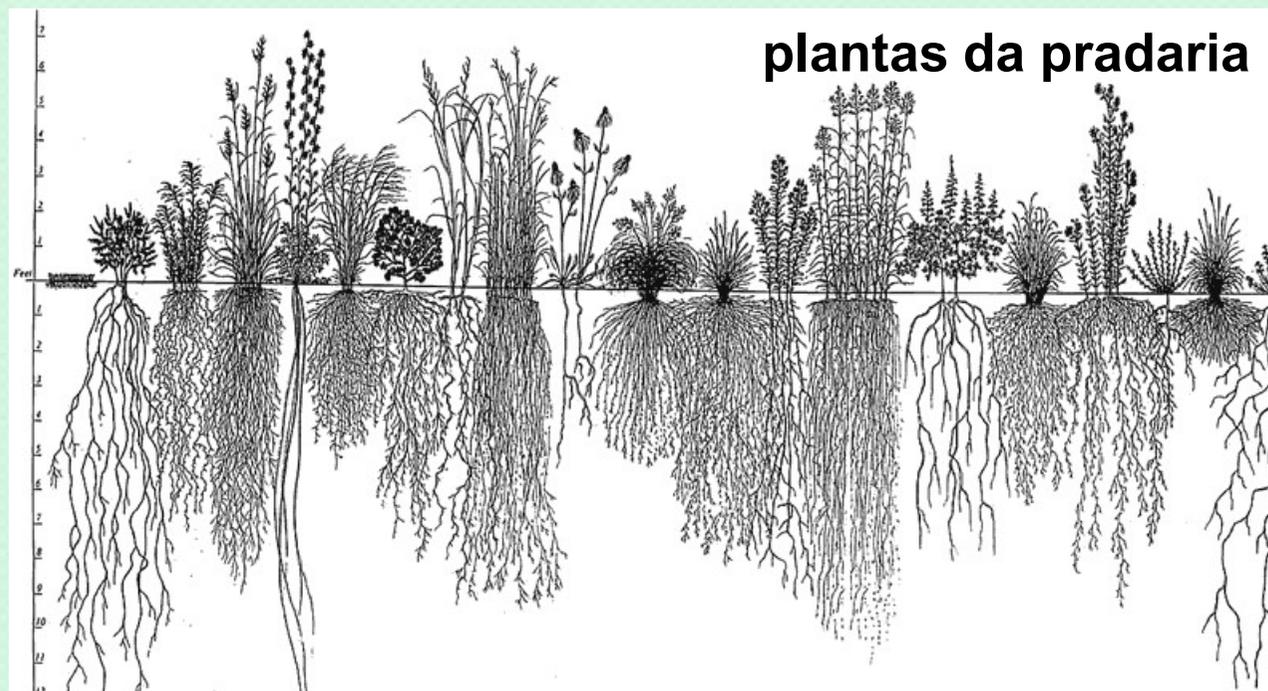
plântula de rabanete

vel absorção de água



distância da ponta

O sistema radicular

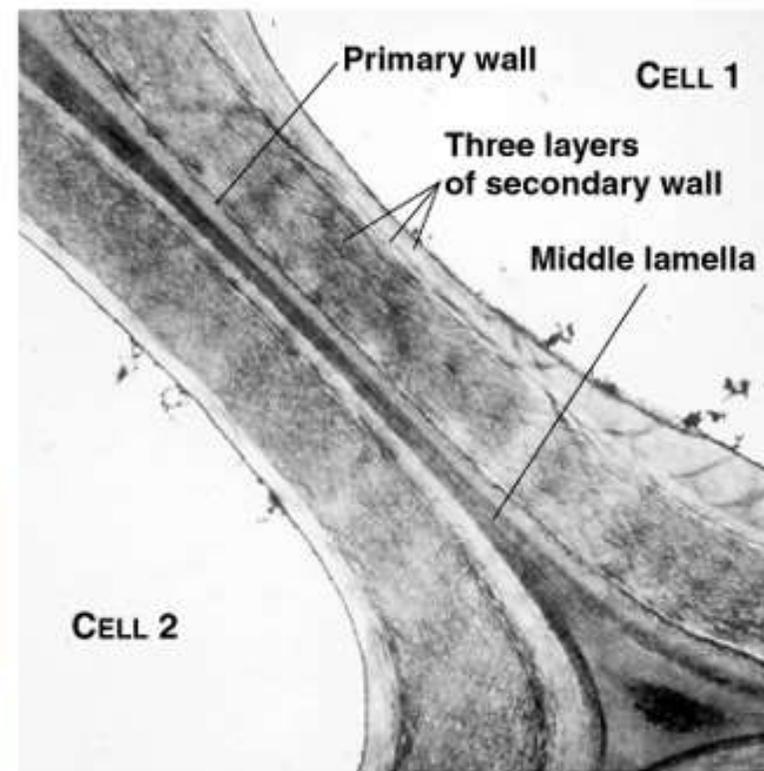
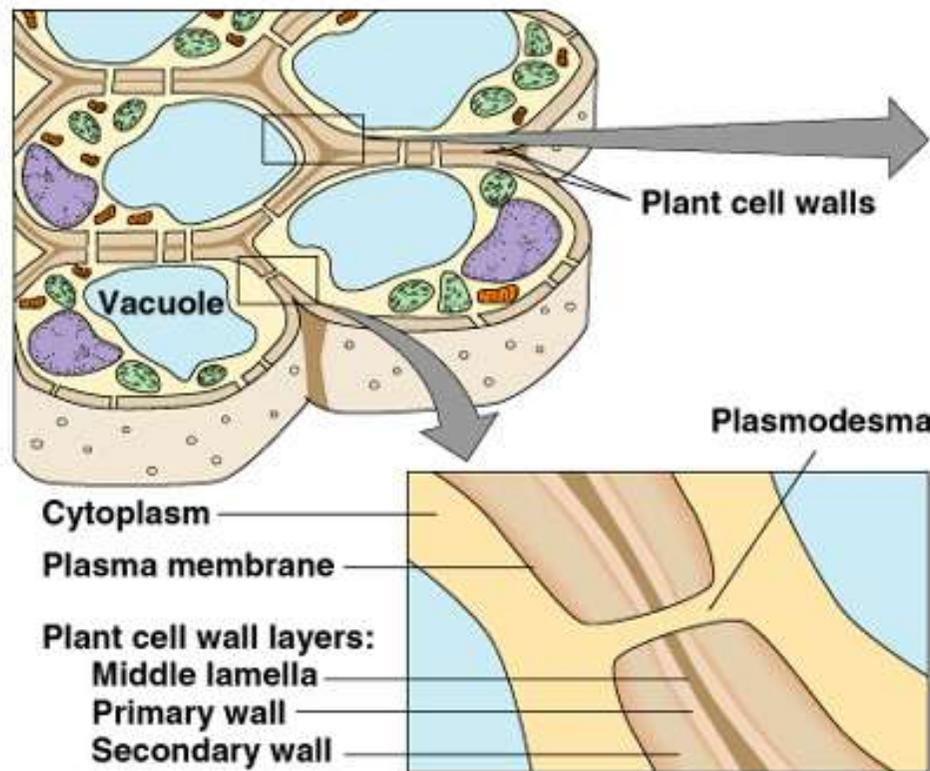


O sistema radicular pode compreender 2/3 da biomassa das plantas. Esta é uma adaptação para a manutenção do balanço hídrico. Permite também crescimento rápido após queimadas pois a raiz contém boa parte das reservas energéticas da planta.

Plantas em cultivo muitas vezes não necessitam de sistema radicular tão desenvolvido (irrigação).

A água move-se RADIALMENTE pela raiz por difusão!

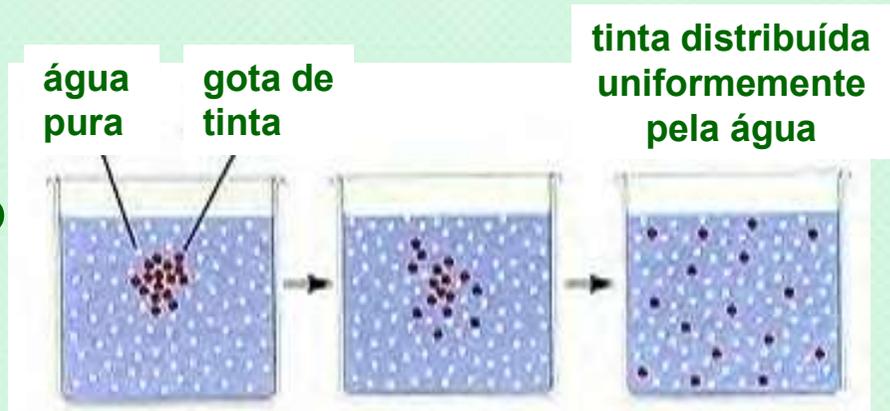
As células vivas da planta estão conectadas entre si por plasmodesmas
simplasto – protoplasmas inter-conectados
apoplasto – parede celular e espaços inter-celulares



1 μm

Transporte inter-celular à curta distância

Difusão



1a. Lei de Flick

$$J_S = - D_S \Delta C_S / \Delta x$$

J_S - velocidade de transporte

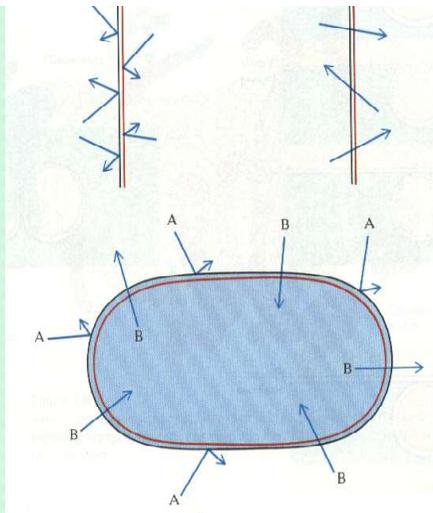
D_S - coeficiente de difusão

$\Delta C_S / \Delta x$ gradiente de concentração

tempo de difusão por distância L:

$$L^2 / D_S$$

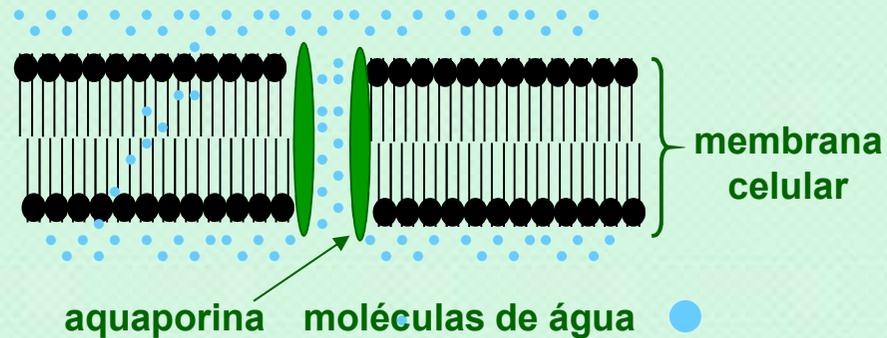
impermeável permeável



semi-permeável

membranas celulares são semi-permeáveis

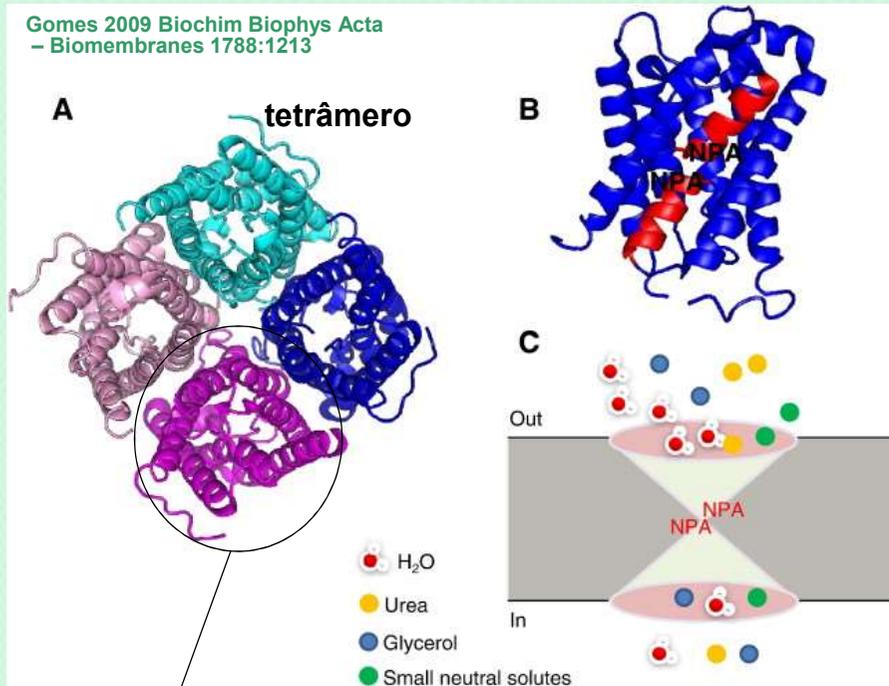
O processo de difusão através de uma membrana é chamado de osmose



A permeabilidade da membrana à água pode ser ativamente regulada pelas células pelo controle do transporte de água através das aquaporinas.

Aquaporinas - proteínas integrais de membrana

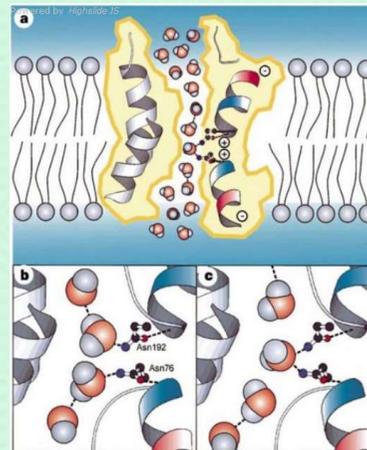
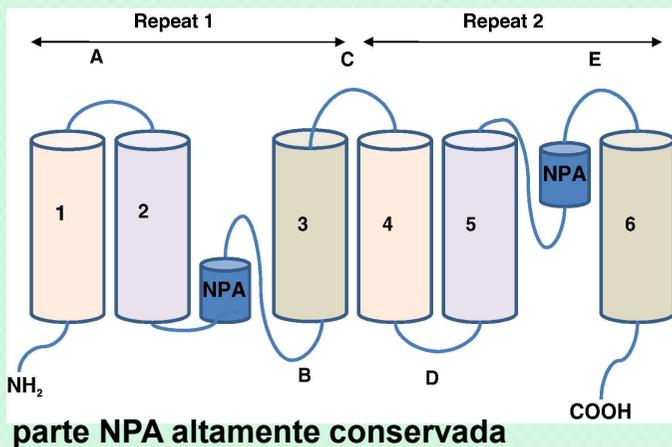
Gomes 2009 Biochim Biophys Acta
- Biomembranes 1788:1213



- presente em todos os seres vivos
- presença quase que universal em membranas
- facilitam a passagem de água através das membranas

subdivididas em dois tipos:

- passagem estrita de água
- passagem de água e alguns outros solutos



a planta compensa a menor quantidade de aquaporinas aumentando a extensão de seu sistema radicular

RNA anti-senso para aquaporina controle



Aquaporinas

em plantas ocorrem em grande número e com funcionalidades diversas

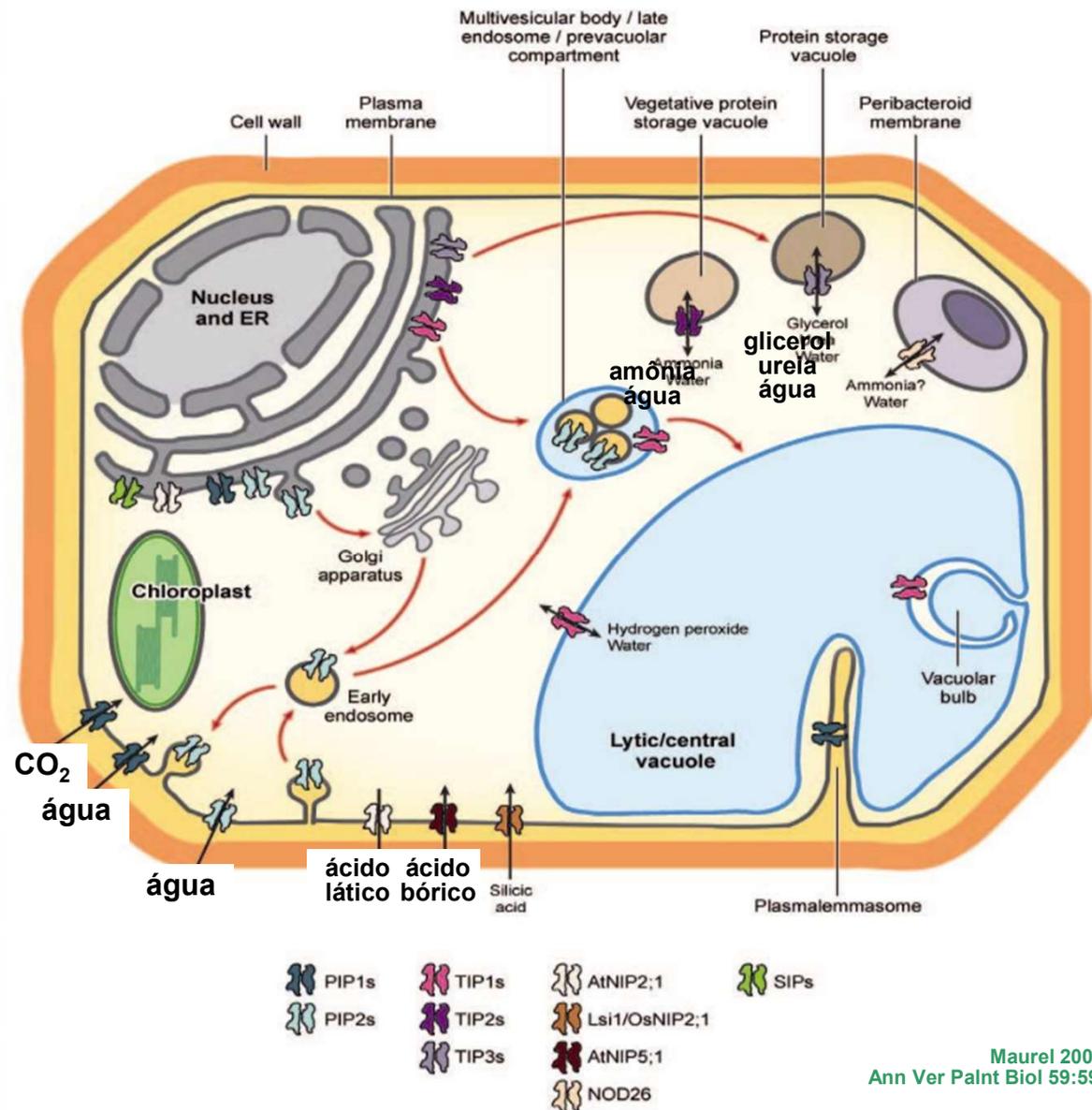
Controle do fluxo de água via aquaporinas:

- expressão gênica
- $[Ca^{++}]$, $[H^+]$
- fosforilação/defosforilação
- mobilização - mudança de alocação

estresses

- hídrico
- osmótico
- térmico

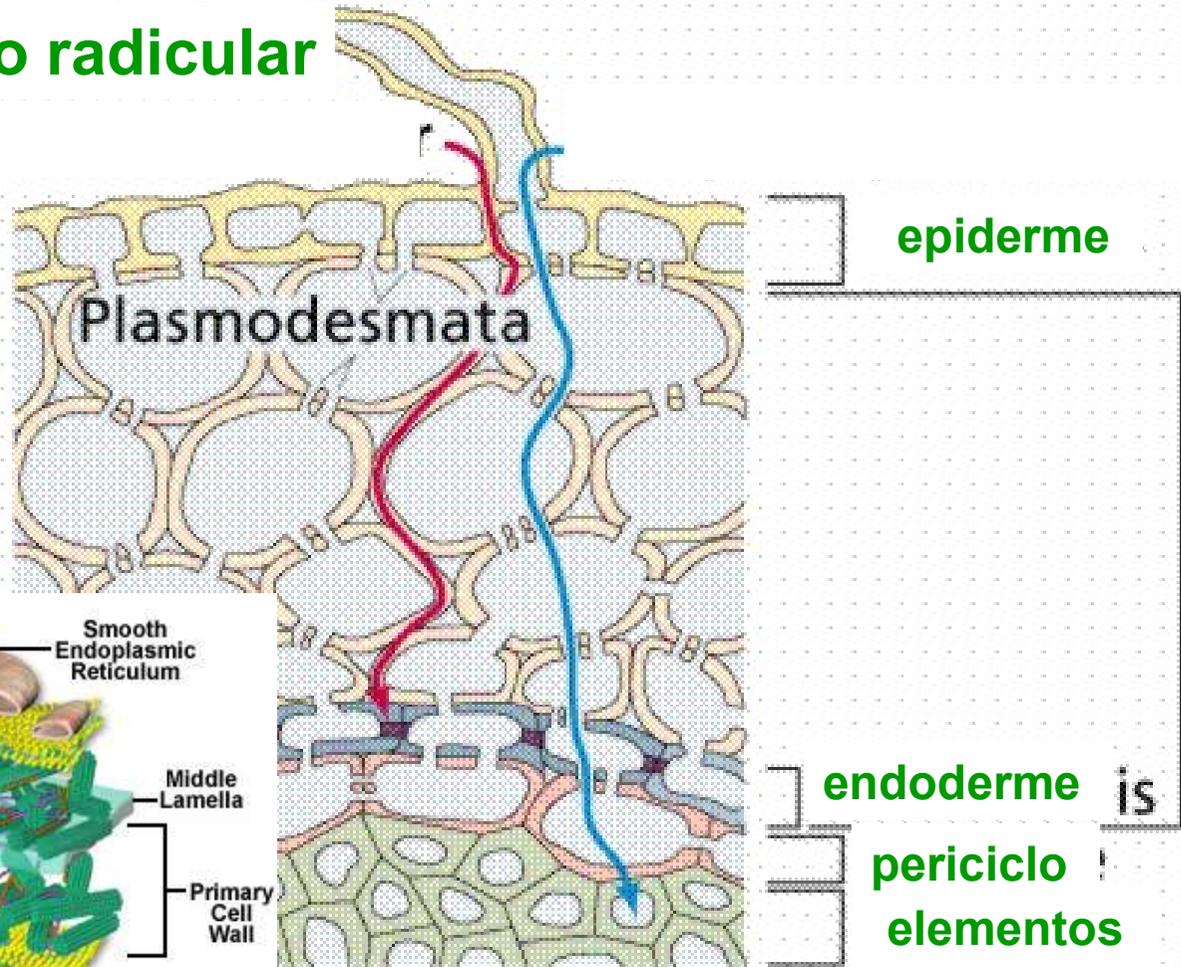
afetam a passagem da água pelas aquaporinas



Penetração e transporte de água na raiz

Na raiz, a água move-se através do simplasto ou do apoplasto ou ainda via transmembrana.

pele radicular



Detalhe de um plasmodesma

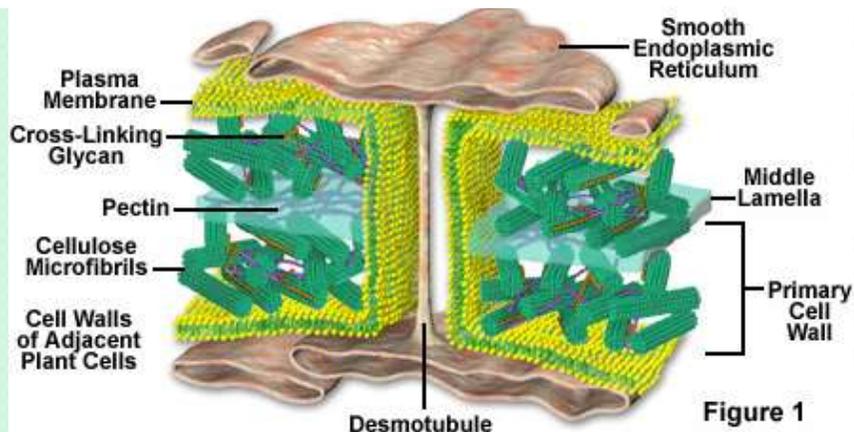
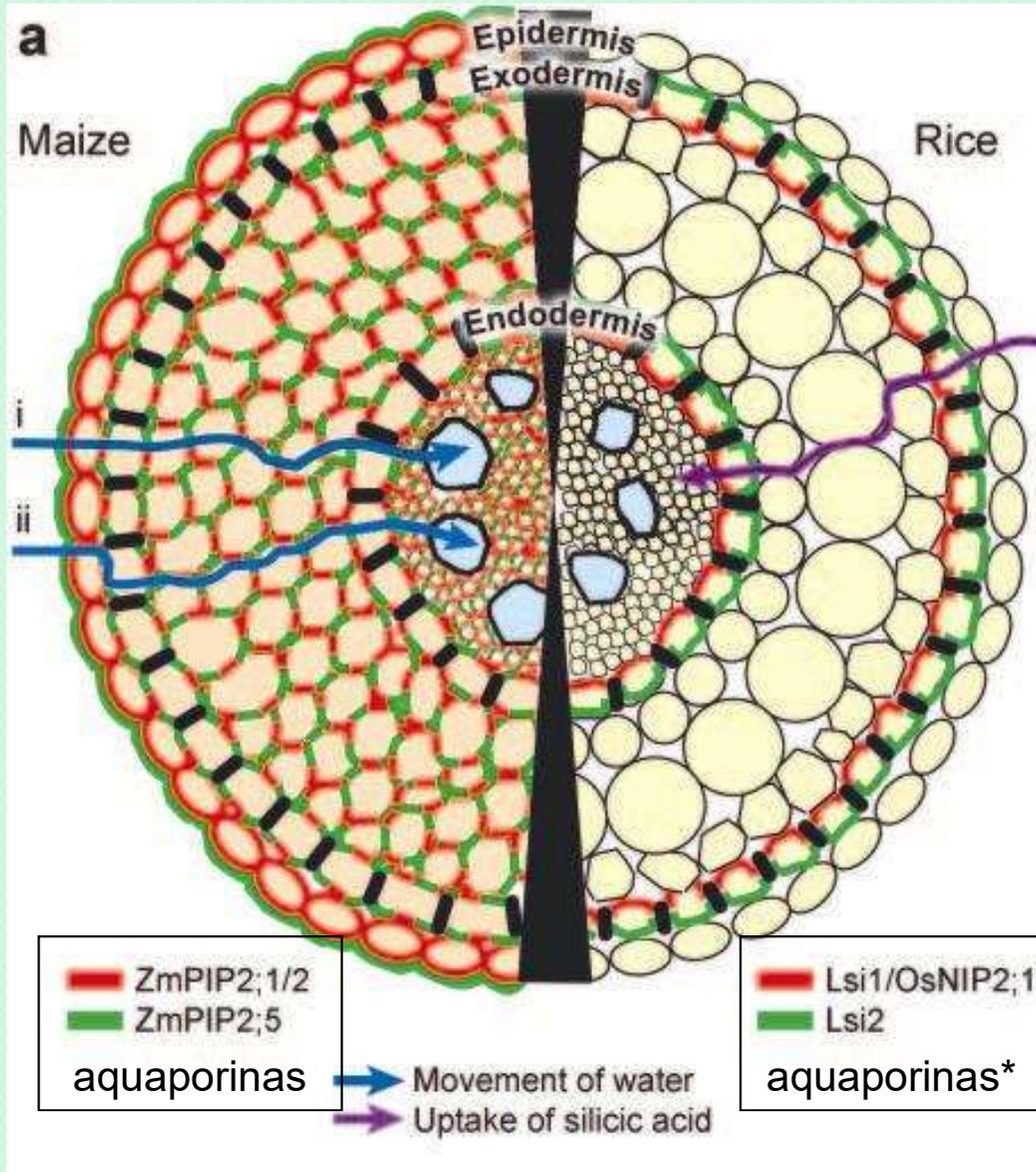


Figure 1

Aquaporinas - participação na absorção de água pela raiz

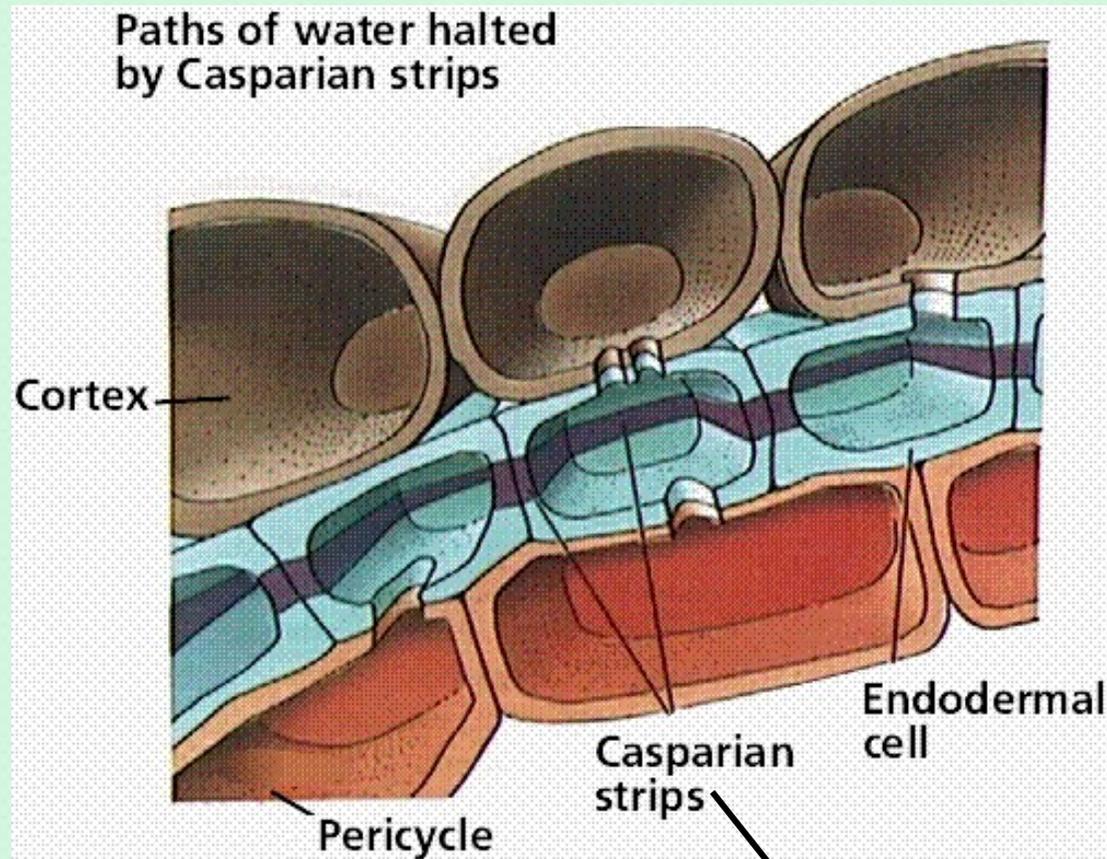


expressão de aquaporinas em vários tecidos:

- epiderme
- exoderme
- endoderme
- estelo

* não restrita à água

Detalhe da estria de Caspari

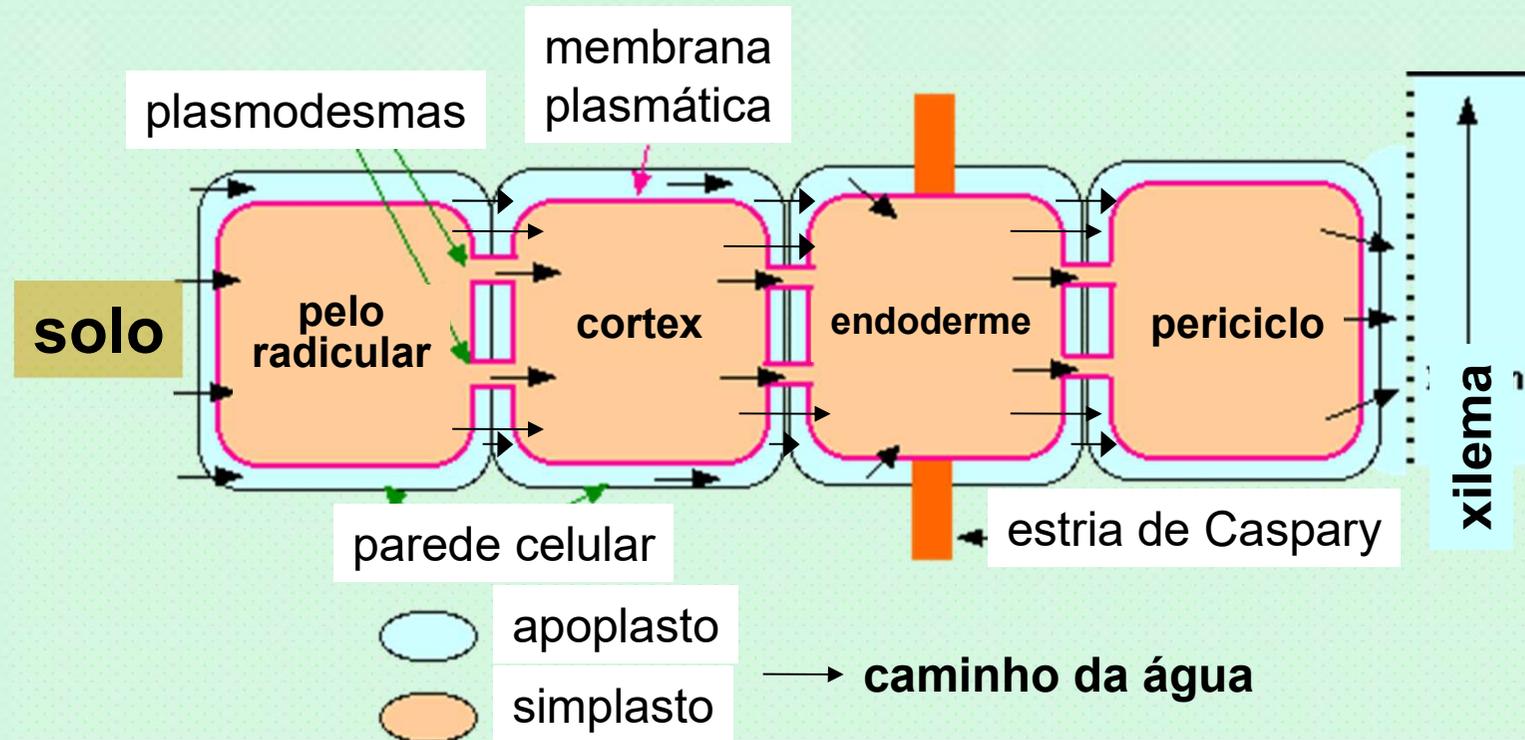


Suberina:

- Polímero de ácidos graxos contendo grupamentos hidroxila e epóxido, e também compostos fenólicos em sua estrutura.
- Impermeável à água.



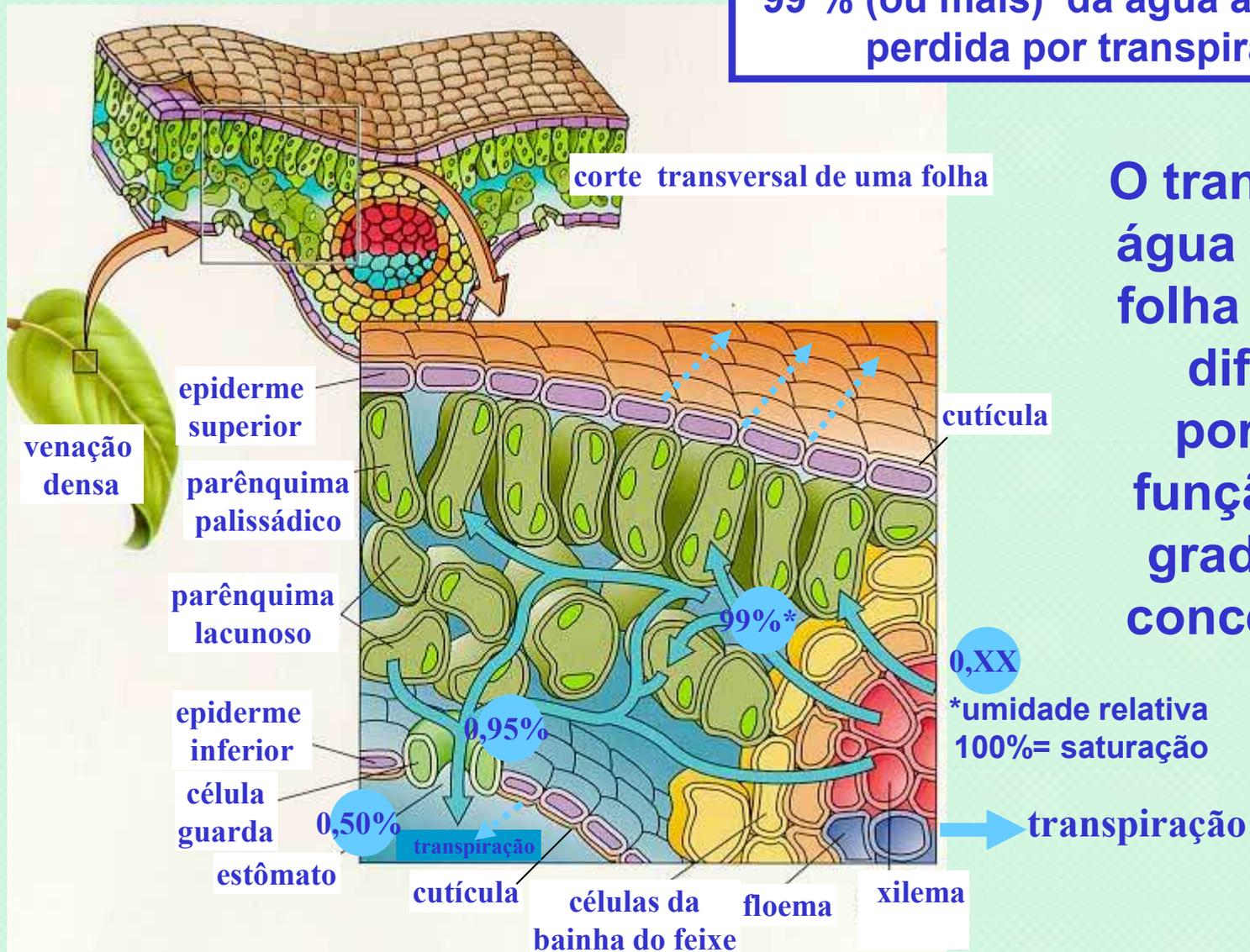
Recapitulando – movimento radial da água do solo até o xilema



A importância relativa desses caminhos da água não é conhecida!

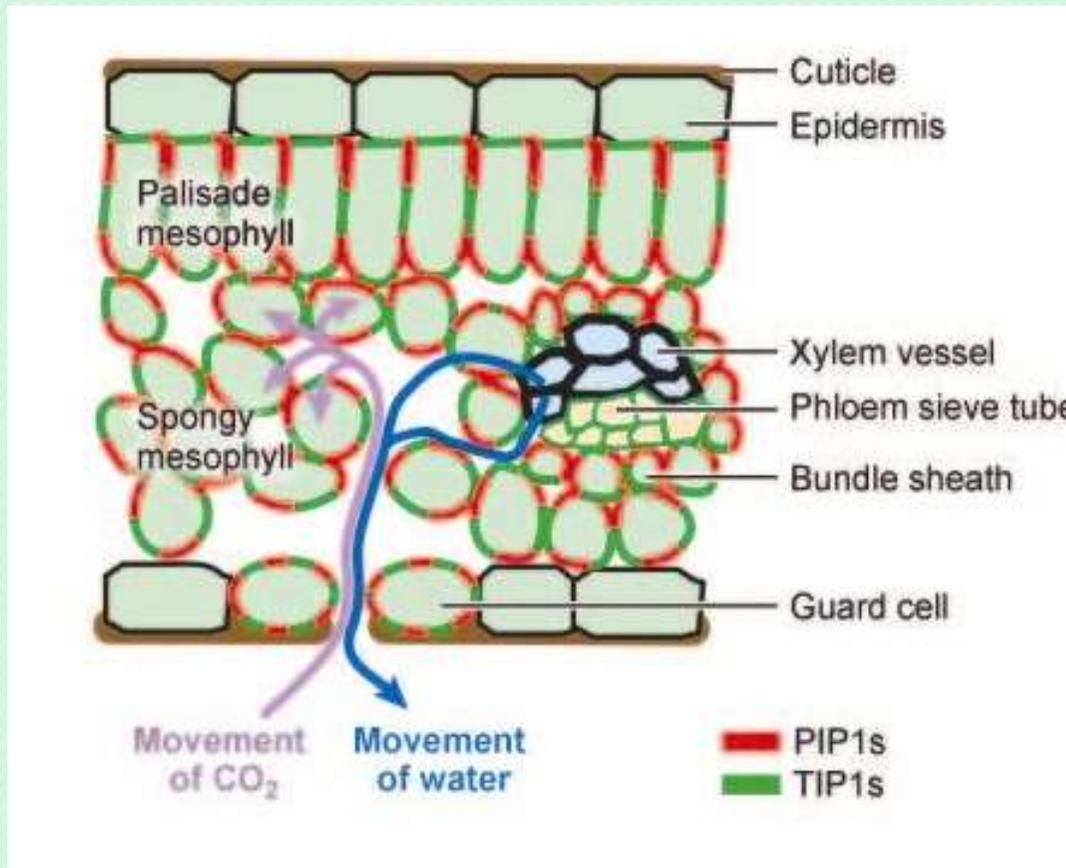
PERDA DE ÁGUA: Transpiração

99 % (ou mais) da água absorvida é perdida por transpiração



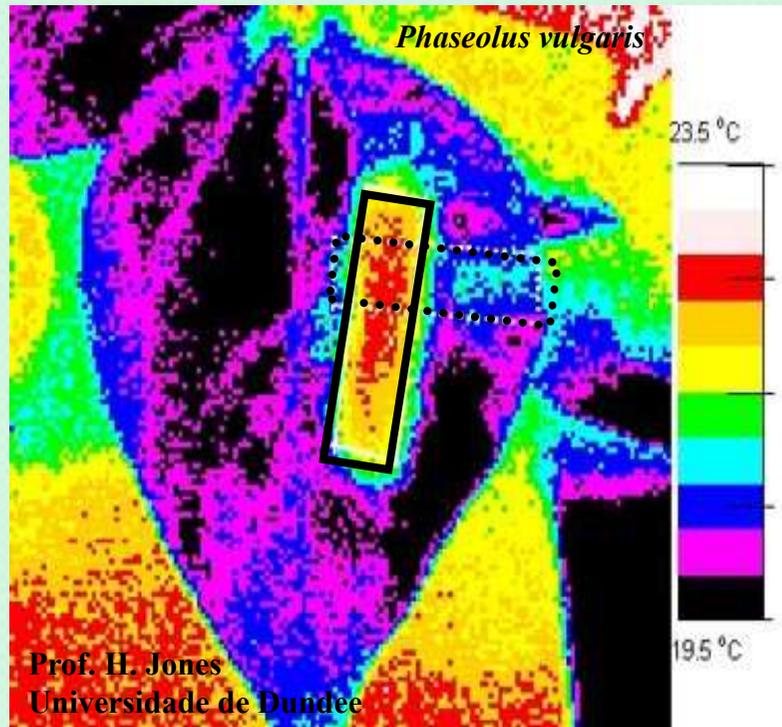
O transporte de água dentro da folha se dá por difusão e portanto é função de um gradiente de concentração.

Aquaporinas – participação na transpiração



o aporte de água para os tecidos onde ocorre a transpiração é mantido pelo fluxo de água líquida por difusão a partir dos vasos condutores do xilema

Expressão de aquaporinas nas diferentes células da folha



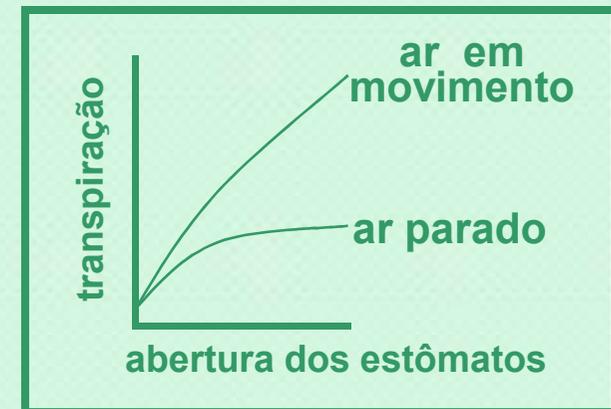
Transpiração na Folha

Efeito da inibição da transpiração sobre a temperatura

—— da superfície abaxial

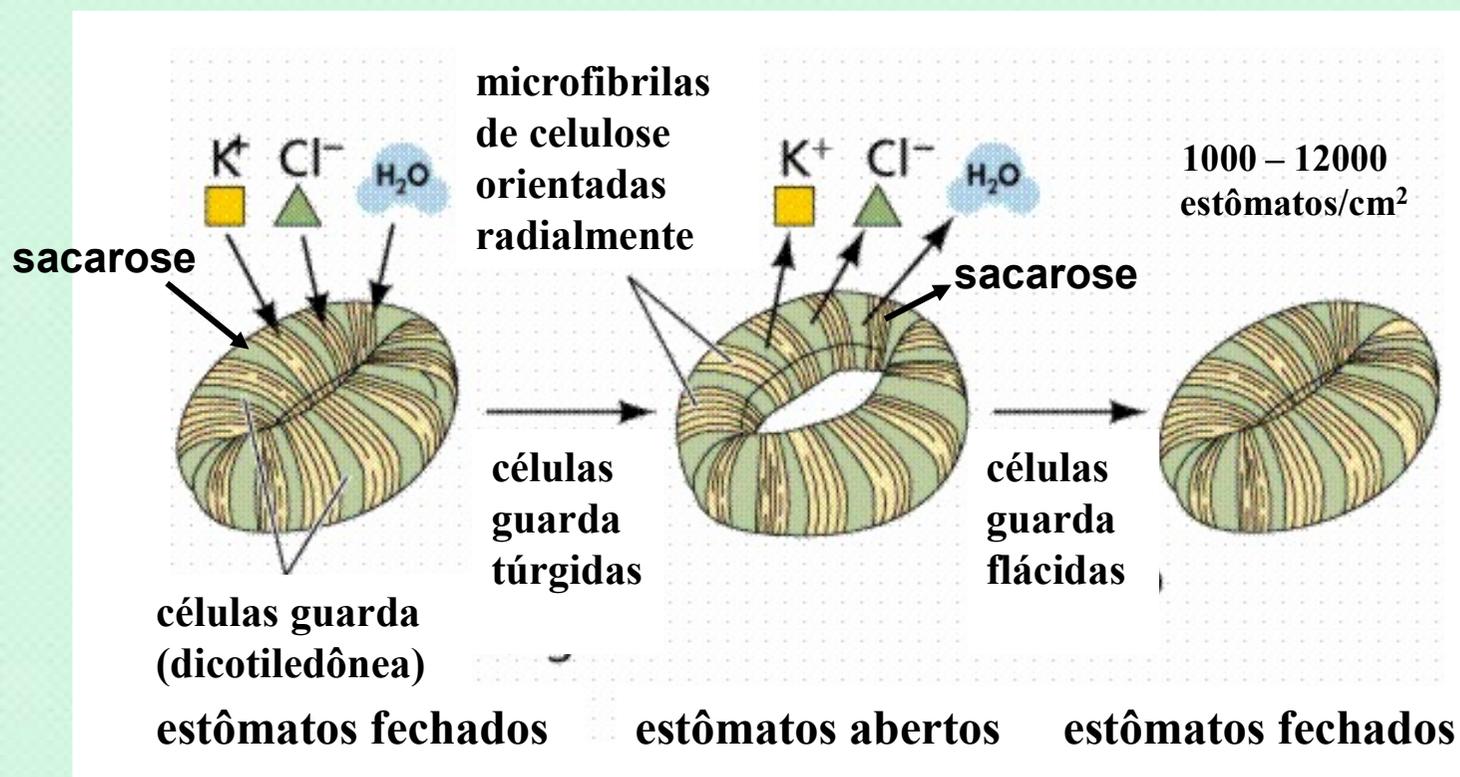
..... da superfície adaxial

A transpiração tem papel fundamental na manutenção da temperatura dos tecidos



Cerca de 90 % da água da folha evapora pelos estômatos, apesar de ocuparem apenas 1 % da sua superfície.

Regulação da abertura e fechamento dos estômatos



O movimento de abertura e fechamento dos estômatos resulta da variação da pressão de turgor das células guarda.

Vários fatores influenciam a abertura e fechamento dos estômatos

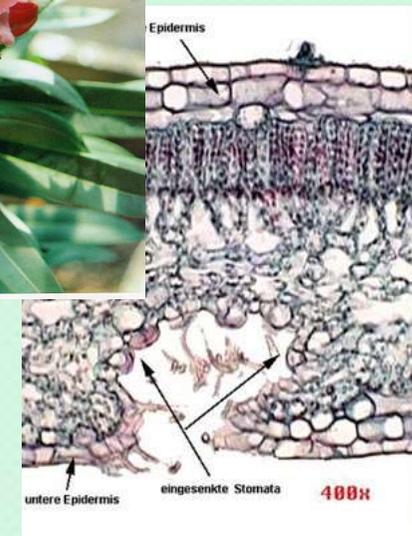
Fatores internos:

- turgor do tecido adjacente
- ácido abscísico
produzido por células do mesófilo
produzido pelas raízes

Fatores externos:

- intensidade da luz
- temperatura
- umidade
- correntes de ar
- concentração de CO₂

Outros fatores influenciam a transpiração, ex:



quantidade de água transpirada/por g CO₂
assimilado em plantas C4: 400 – 500 g

Mecanismos de Transporte de Água por Longas Distâncias

metabolismo ativo depende da hidratação dos tecidos!!!

mm de altura

o tamanho das plantas sem sistema vascular é limitado pois o transporte pelo seu corpo se dá apenas por difusão



120 m de altura

milhões de anos



O transporte a longa distância na planta se dá por transporte em massa.

Presença de:
cutícula
estômatos
tecidos condutores



eras geológicas

Transporte através do xilema

Células do xilema de angiospermas (elementos traqueais):

- traqueídes
- elementos de vaso



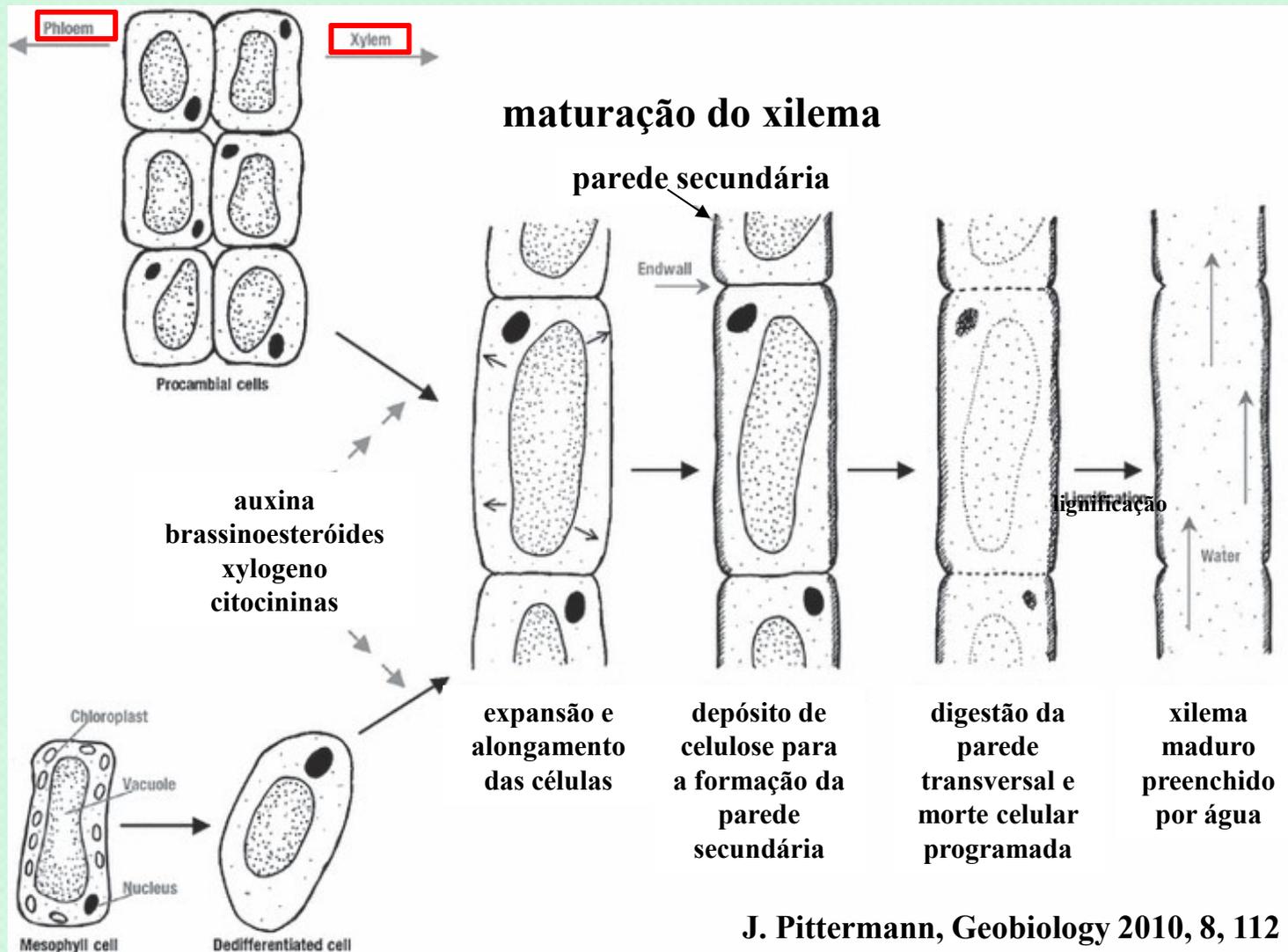
Tipos de elementos de vasos

Estruturas características:

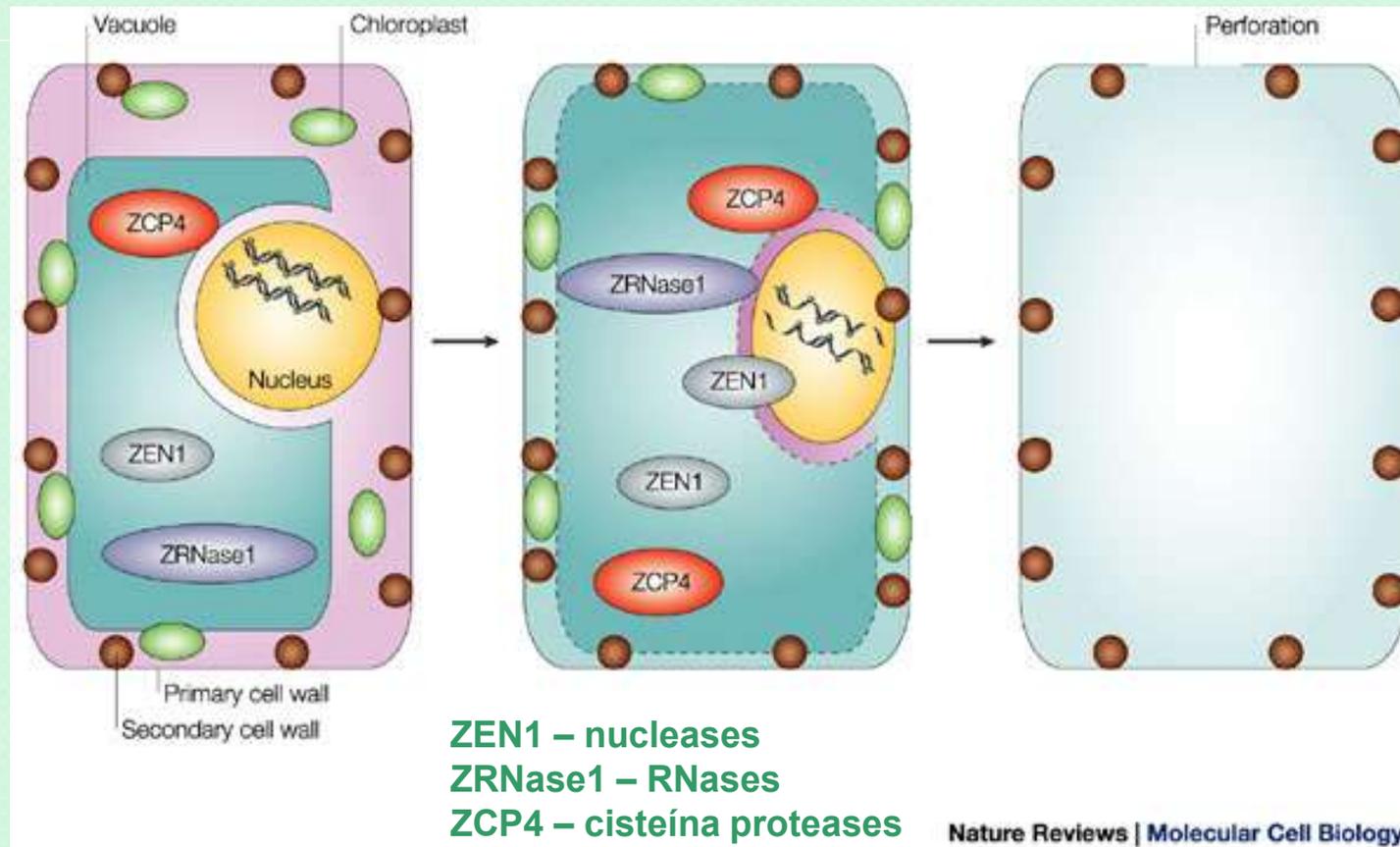
- Alongadas
- Apresentam espessamento característico
- Parede secundária lignificada
- Apresentam pontoações em suas paredes
- Mortas quando funcionais

Transporte de massa 10^6 vezes mais rápido do que via plasmodesmas

Origem e Maturação das Células do Xilema

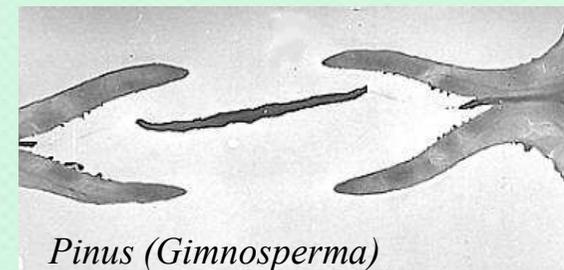
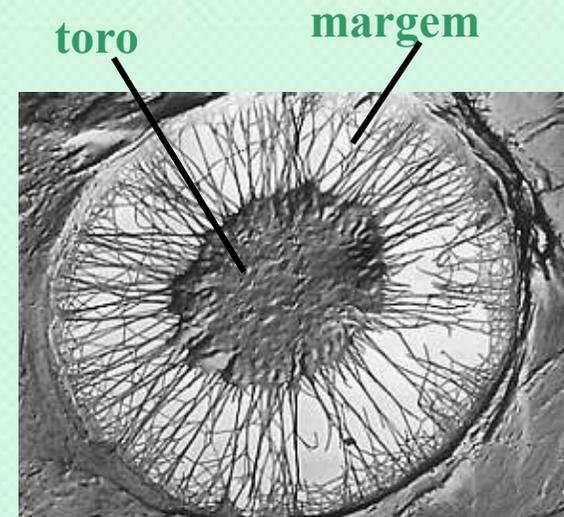
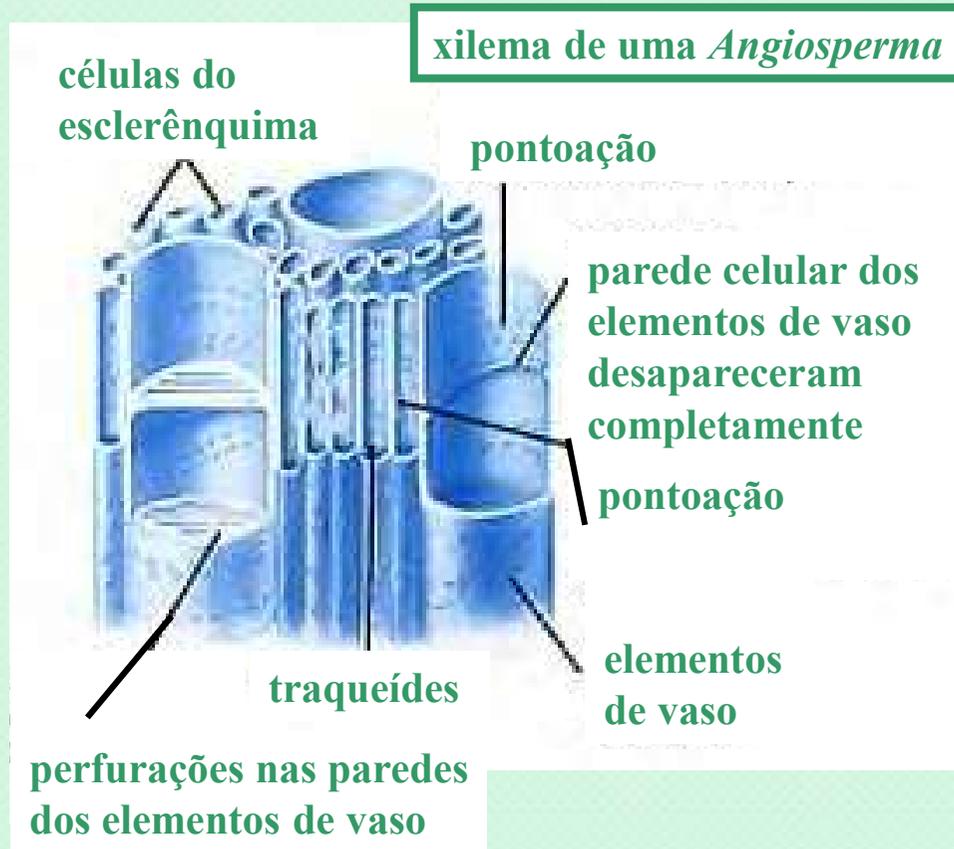


Diferenciação de elementos de vaso induzida por brassinoesteróides morte celular programada



- acúmulo de enzimas específicas no vacúolo
- rompimento do vacúolo com liberação de enzimas no citoplasma
- digestão do conteúdo citoplasmático

Disposição das células do xilema

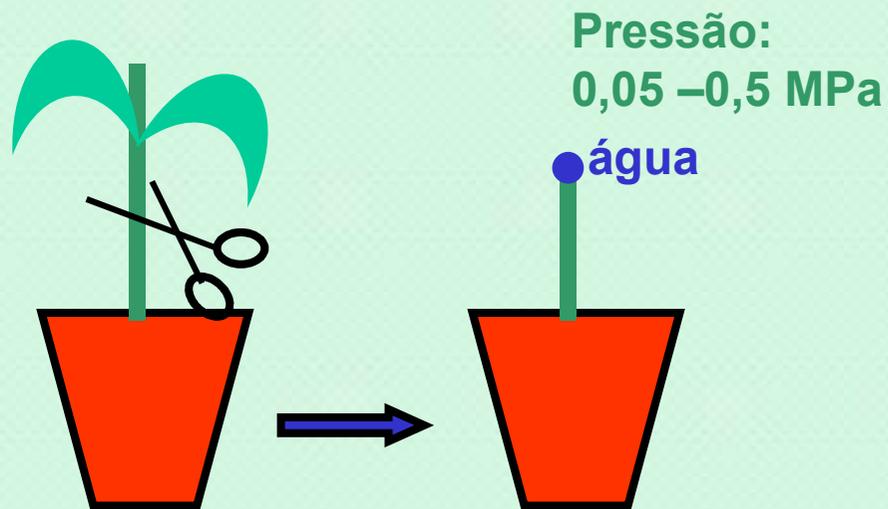


A estrutura do xilema permite que a água seja transportada através dele por transporte de massa.

99,5% (ou mais) da água absorvida pelas raízes é transportada pelo xilema.

Qual a força que move a água das raízes às folhas?

- 1 - Bombeamento de baixo para cima?
- 2 - Sucção de cima para baixo?

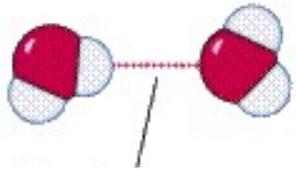


1 - pressão radicular
gerada pelo acúmulo de íons no xilema



Estrutura e propriedades da água – lembrando

A água é uma molécula polar – pontes de hidrogênio



pontes de hidrogênio
entre as moléculas de
água

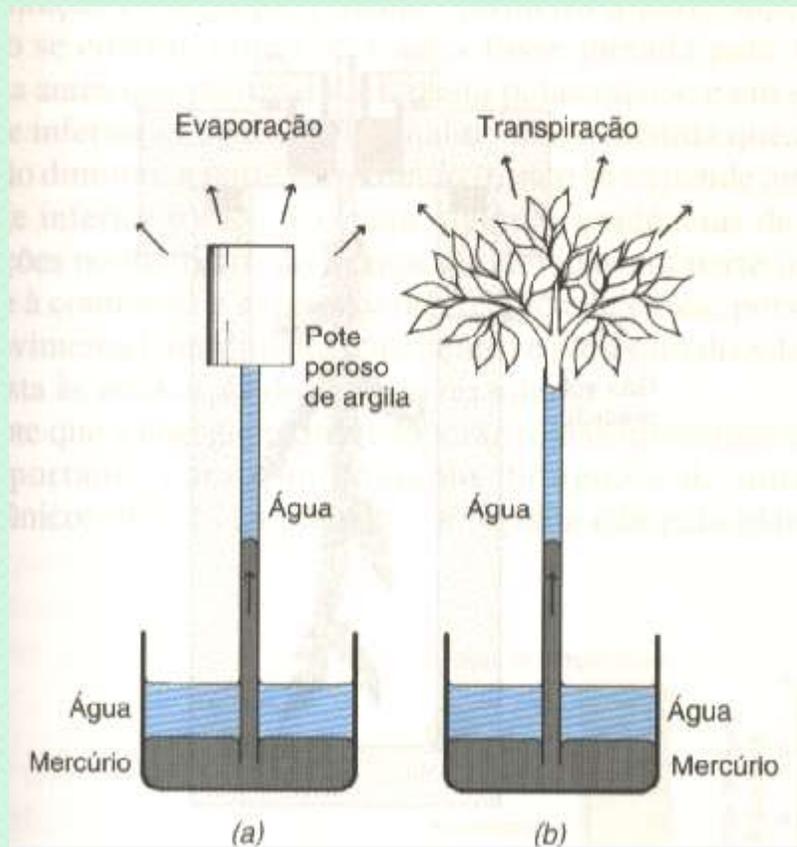
Alto valor de coesão

Alto valor de adesão

Capilaridade Capillary rise (m) = $\frac{14.9 \times 10^{-6}}{\text{radius (m)}}$

O diâmetro de um elemento de vaso típico é de 0,25 mm e permitiria uma subida por capilaridade de 0,6 m de altura.

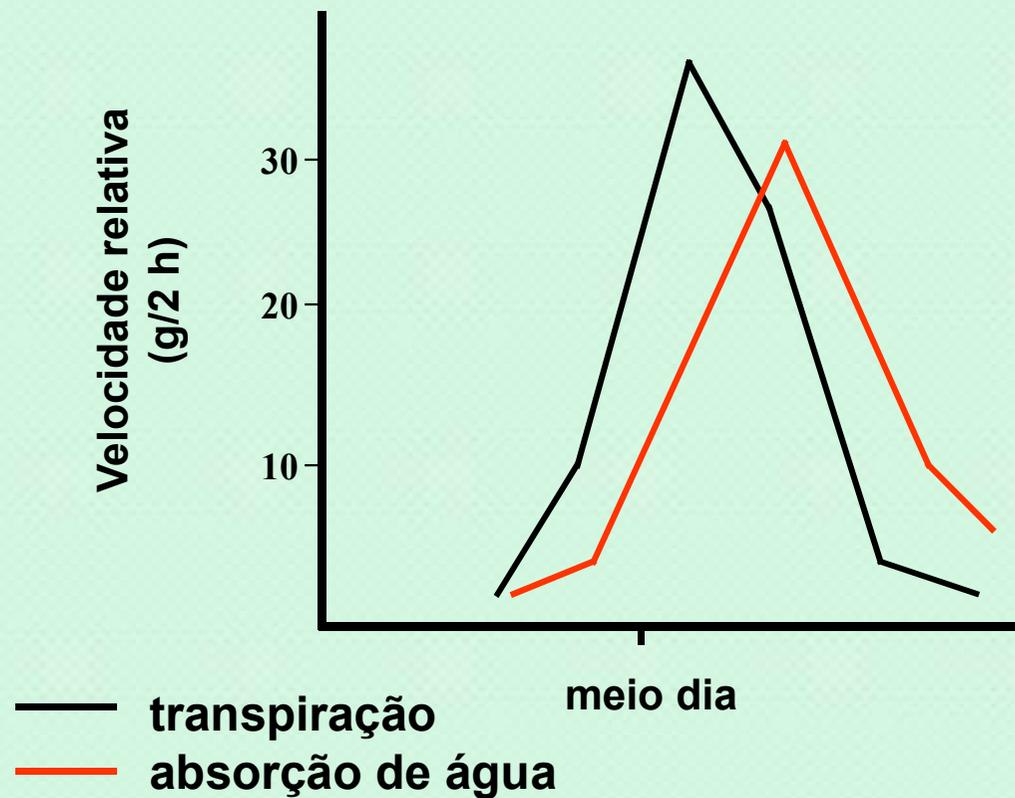
Teoria de tensão-adesão-coesão - demonstração -



A transpiração das folhas
cria uma pressão
negativa que leva a água
a mover-se através dos
dutos (xilema).

Não há envolvimento de
bombeamento ou seja
não há gasto de energia!
Isto é crucial:
lembrar que são
necessárias 500
moléculas de H₂O para
cada C fixado!

Observações que reforçam a teoria da tensão e coesão

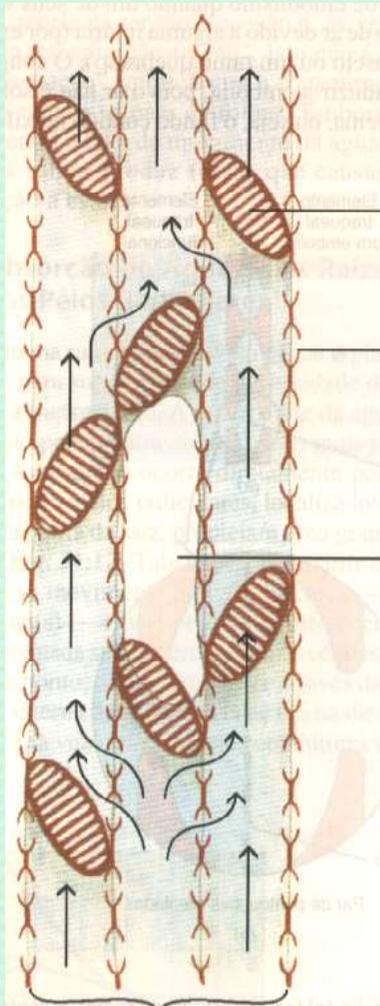


O fato do aumento da absorção de água se dar após o aumento da transpiração sugere que a perda de água gera a força necessária para a sua absorção.

Embolia

Cavitação – ruptura da coluna d'água

Embolia – preenchimento dos vasos por gás



placas de perfuração

pontoações areoladas

bolha de ar ou vapor d'água

água líquida

Em algumas plantas os vasos inutilizados são substituídos por outros periodicamente (crescimento secundário).

Resumo

- A absorção da água pelas raízes se dá principalmente através dos pelos radiculares.
- Na raiz, a água move-se RADIALMENTE por difusão através do simplasto ou apoplasto.
- O movimento da água das raízes para as folhas ocorre através de elementos condutores do xilema por TRANSPORTE DE MASSA.
- A maior parte da água absorvida por uma planta é perdida através dos estômatos.
- O movimento de abertura e fechamento dos estômatos é regulado.
- O movimento da água das raízes até as folhas é explicado pela teoria de tensão e coesão.

Animações

transporte hídrico:

<https://www.youtube.com/watch?v=5CMrK8rlzZw> ***

<https://www.youtube.com/watch?v=9-dicqNoODg> *

<https://www.youtube.com/watch?v=JFb-CWlz7kE>

aquaporinas: <http://www.youtube.com/watch?v=GSi5-y6NHjY>

Para ir além:

Pittermann, J., (2010), Geobiology, 8, 112-139 The evolution of water transport in plants: an integrated approach.