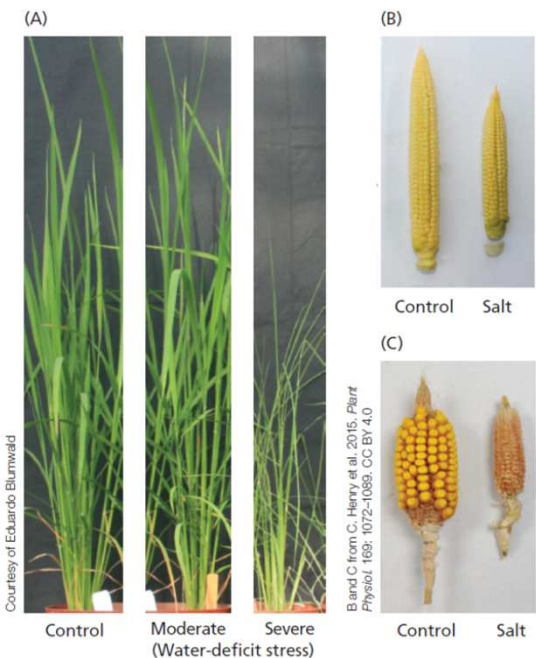




## **STRESSES AMBIENTAIS**

**água**

## Condições ideais de crescimento de uma planta?



(A) Control Moderate Severe (Water-deficit stress)

(B) Control Salt

(C) Control Salt

Courtesy of Eduardo Blumwald

Band C from C. Henry et al., 2015, *Plant Physiol.* 169: 1072–1089. CC BY 4.0

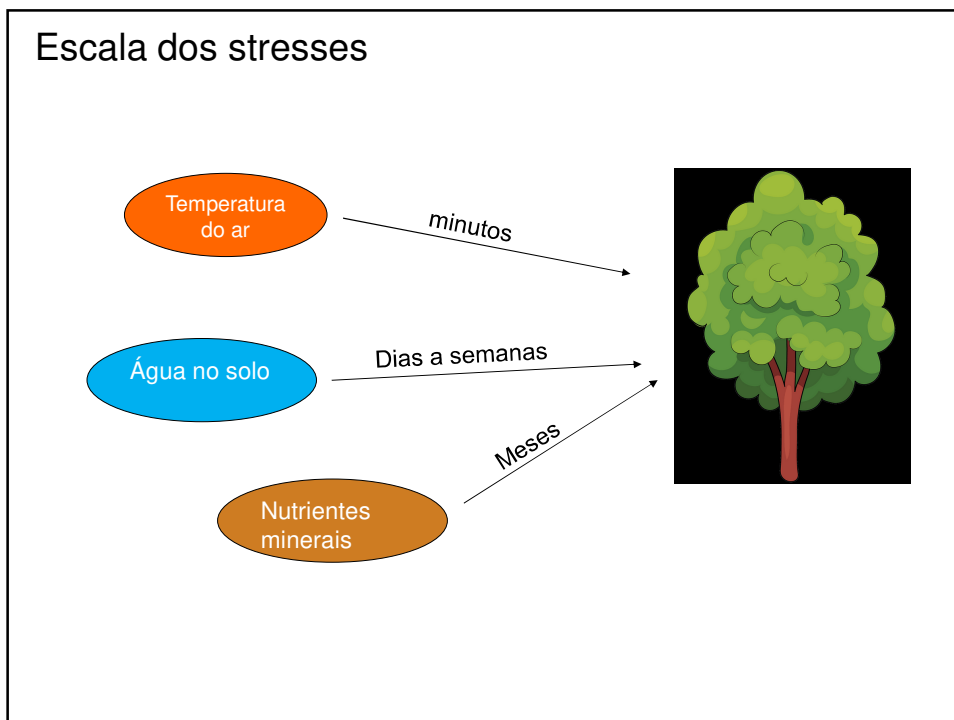
- condições que permitem à planta atingir o seu máximo potencial de crescimento e reprodução
- medido pelo:
  - peso total
  - altura e
  - número de sementes,
- que em conjunto constituem a **biomassa total da planta**

# Stresse?

## Stresse

- qualquer condição ambiental que impeça a planta de atingir os seu pleno potencial genético medido em condições ideais de crescimento

Como se pode medir o efeito do stress?



**Aclimação e adaptação ?**

**Aclimação ≠ adaptação ao  
stress**

## **Aclimação ao stresse**

É o processo através do qual plantas individuais respondem a mudanças periódicas no ambiente por mudarem a sua morfologia ou fisiologia.

Não necessita de modificações genéticas e são reversíveis

## **Adaptação ao stresse**

É caracterizado por mudanças genéticas numa população inteira determinadas por seleção natural ao longo de muitas gerações



A adaptação e aclimação a stresses ambientais resulta de uma série de eventos integrados que ocorrem **a todos os níveis de organização**, desde os anatómicos a morfológicos, celulares, bioquímicos e moleculares.

- A aclimação representa uma alteração não permanente na fisiologia ou morfologia de um indivíduo **que pode ser revertida** se as condições ambientais prevaletentes se alterarem

Exemplos de adaptações? E de aclimação?

## Exemplo - Azinheira (*Quercus rotundifolia*)



<https://florestas.pt/conhecer/azinheira-o-carvalho-com-a-bolota-mais-doce/>

## Adaptação

- folhas pequenas, espessas e coriáceas (*folhas esclerófilas*);
- cutícula cerosa que reduz a perda de água;
- sistema radicular profundo;
- hábito perenifólio, permitindo fotossíntese ao longo do ano quando as condições são favoráveis.

Estas características evoluíram ao longo de muitas gerações e são geneticamente herdáveis, permitindo à espécie sobreviver aos verões quentes e secos típicos da região mediterrânica.

<https://florestas.pt/conhecer/azinheira-o-carvalho-com-a-bolota-mais-doce/>

## Aclimação

O mesmo indivíduo de azinheira pode também aclimatar-se a um verão particularmente seco através de respostas fisiológicas como:

- diminuição da condutância estomática;
- redução da taxa fotossintética;
- aumento do ajustamento osmótico nos tecidos foliares;
- produção de folhas mais pequenas durante anos de seca.

Estas respostas ocorrem durante a vida do indivíduo e podem ser reversíveis caso as condições ambientais melhorem. Assim, não correspondem a alterações genéticas evolutivas.

## Deficit hídricos e tolerância à seca

Que estratégias?

## Tolerância ao stress

aptidão (*fitness*) de uma planta para lidar com um ambiente desfavorável

Um ambiente desfavorável para uma espécie pode não o ser para outra

Interacção entre stresses

## Três estratégias principais

**Adiamento da  
dessecação  
(desiccation  
postponement)**

Capacidade de manter a hidratação dos tecidos

**Tolerância à  
dessecação  
(stress  
tolerance)**

Capacidade de funcionar desidratado  
líquenes

**Fuga à seca  
(drought  
escape)**

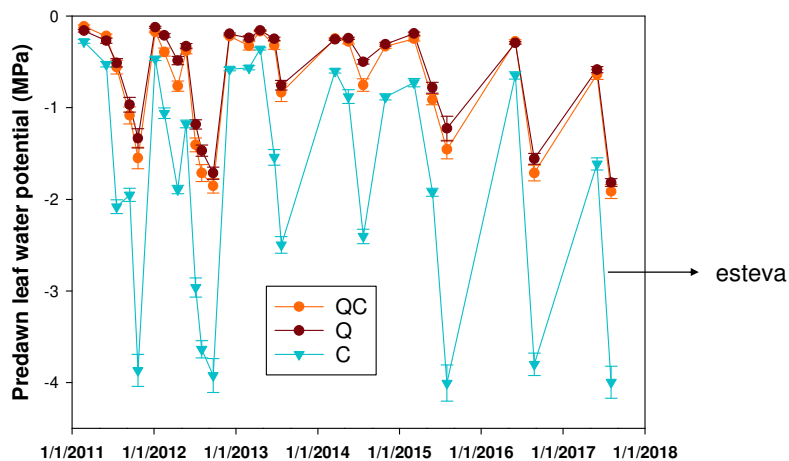
Plantas que completam os seus ciclos de vida durante a estação húmida

### Adiamento da dessecação (desiccation postponement):

- **Economizadoras de água (*water savers*)** – utilizam a água mais conservativamente, conservando alguma da água do solo para a usarem mais tarde;
- **Gastadoras de água (*water spenders*)** – consomem água agressivamente, utilizando muitas vezes enormes quantidades;



Prosopis,  
<http://www.arc.agric.za>



Por exemplo, espécies que podem enfrentar conteúdos foliares em água baixos pois podem persistir durante um período de deficit hídricos sem necessitarem de água

**Deficits hídricos** qualquer conteúdo em água de tecido ou célula abaixo do conteúdo máximo em água, que corresponde ao estado de maior hidratação

**(insuficiente disponibilidade de água)**

**Seca** é o termo meteorológico para um período de precipitação insuficiente que resulta no deficit hídrico das plantas

Quando as plantas são sujeitas o deficit hídricos, ocorre a desidratação das células, o que afecta adversamente muitos processos fisiológicos importantes

## Várias estratégias de aclimatação

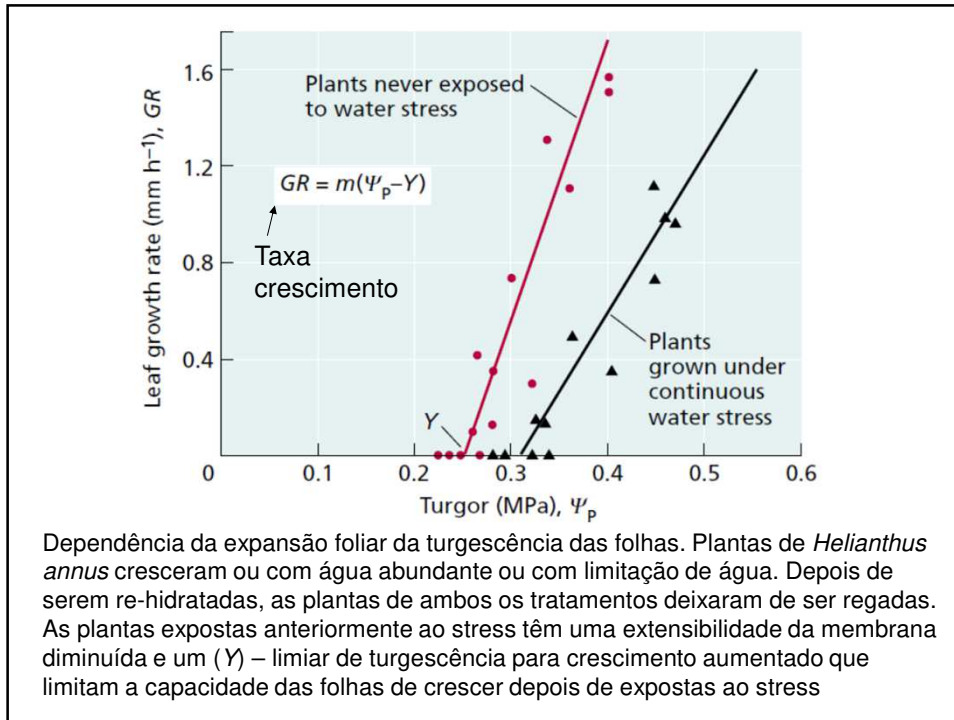
### Quando há deficit hídrico

À medida que o teor em água da planta diminui, as células encolhem e as paredes celulares relaxam



Diminui a pressão de turgescência e aumenta a concentração de solutos nas células

A redução do turgescência é o primeiro efeito biofísico significativo do stress hídrico e assim as actividades dependentes da pressão de turgescência como a expansão das folhas e crescimento raízes são as mais sensíveis aos deficits hídricos



Inibição da expansão celular → ↓ Área foliar

Primeira linha de defesa relativa à seca

Parcelas emparelhadas– Verão 2012, Vila Viçosa

A área foliar total de uma planta (nº de folhas x área de cada folha) não fica constante depois de todas as folhas terem maturado.

Se as plantas desenvolverem stress hídrico parte das folhas podem senescer e eventualmente cair



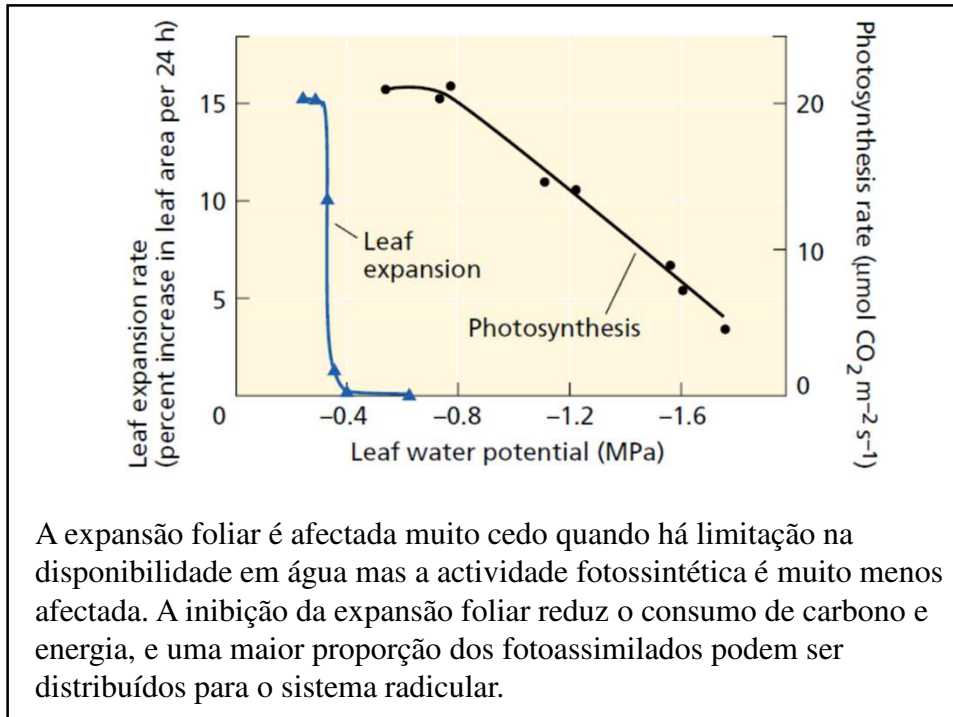
A abscisão foliar resulta em grande parte do aumento da síntese de etileno

**O deficit de água aumenta a extensão da raiz e a razão raiz/ parte aérea**

*“a shoot will grow until it is so large that water uptake by the roots becomes limiting to further growth”*

*“conversely, roots will grow until their demand for photosynthate from the shoot equals the supply.”*

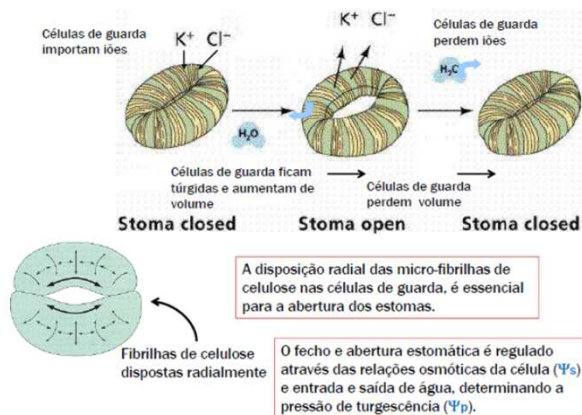
Taiz & Zeiger 2012



Crescimento das raízes em maior profundidade na direcção solo húmido pode ser considerado uma segunda linha de defesa contra a seca

### O estomas fecham durante o deficit hídrico

Absorção e perda de água nas células guarda muda a sua turgescência e medeia a abertura e encerramento dos estomas.



O encerramento dos estomas pode ser:

- **Hidropassivo:** como as células guarda estão localizadas na epiderme, podem perder turgescência como resultado de perda directa de água por evaporação para a atmosfera. Este mecanismo opera em ar com baixo teor de humidade, quando a perda de água das células guarda é rápida demais para ser contrabalançada pelo movimento de água para as células guarda das células adjacentes da epiderme
- **Hidroactiva:** quando a folha inteira ou as raízes se encontram desidratadas e o encerramento dos estomas depende dos processos metabólicos nas células guarda → redução no conteúdo de solutos das células guarda, que resulta em perda de água e diminuição de turgescência, fazendo com que os estomas encerrem (o ABA tem um papel importante neste processo)

O encerramento dos estomas pode ser considerado uma terceira linha de defesa contra a seca

Um stress leve afecta a taxa fotossintética e a condutância estomática

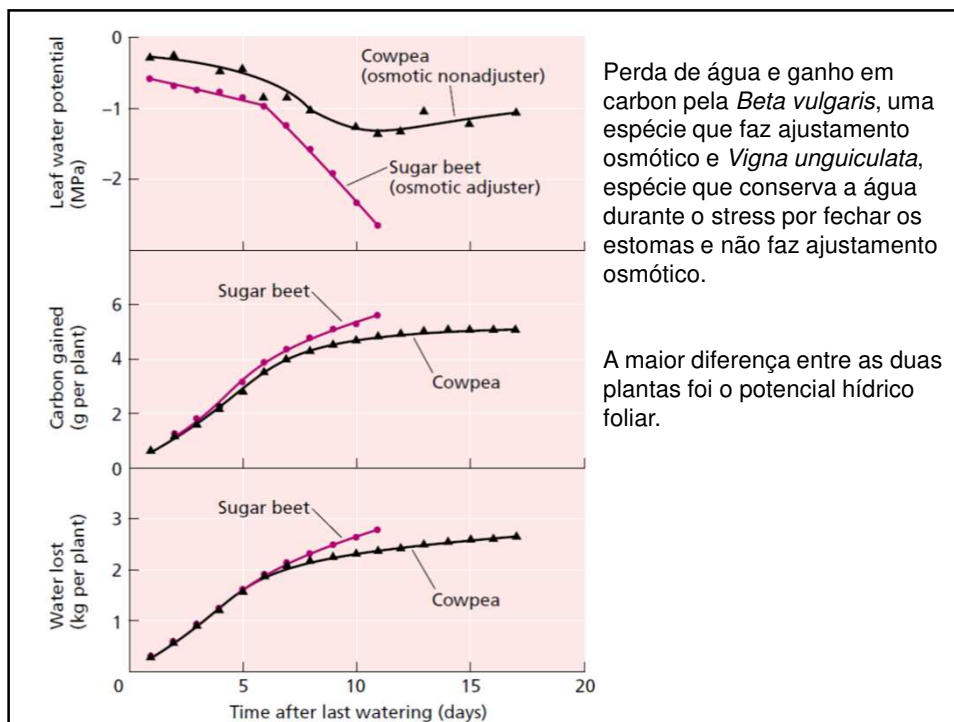


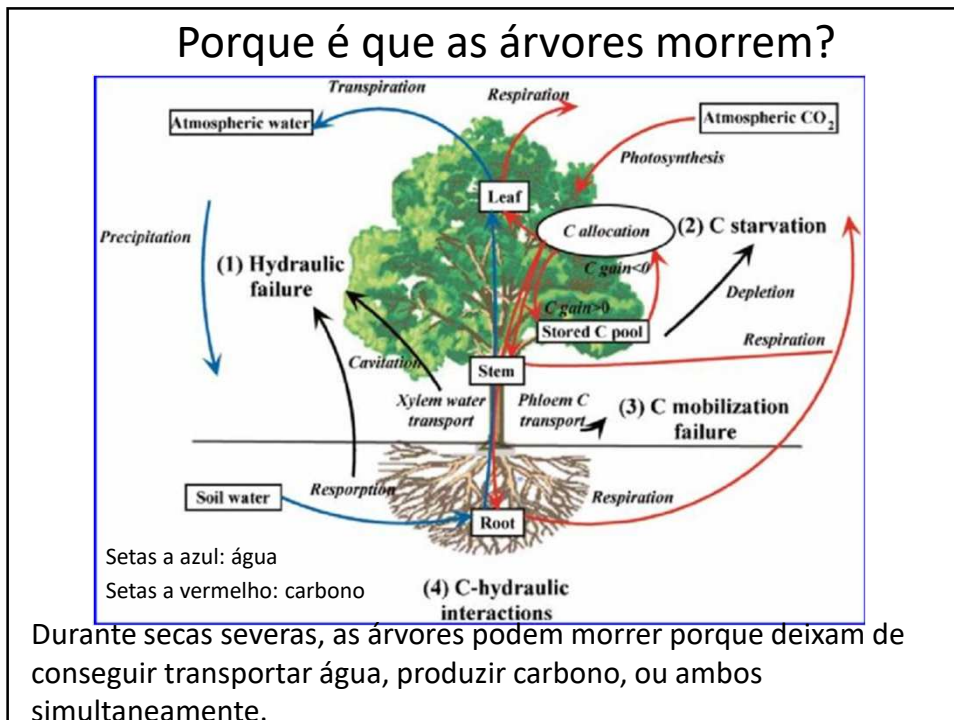
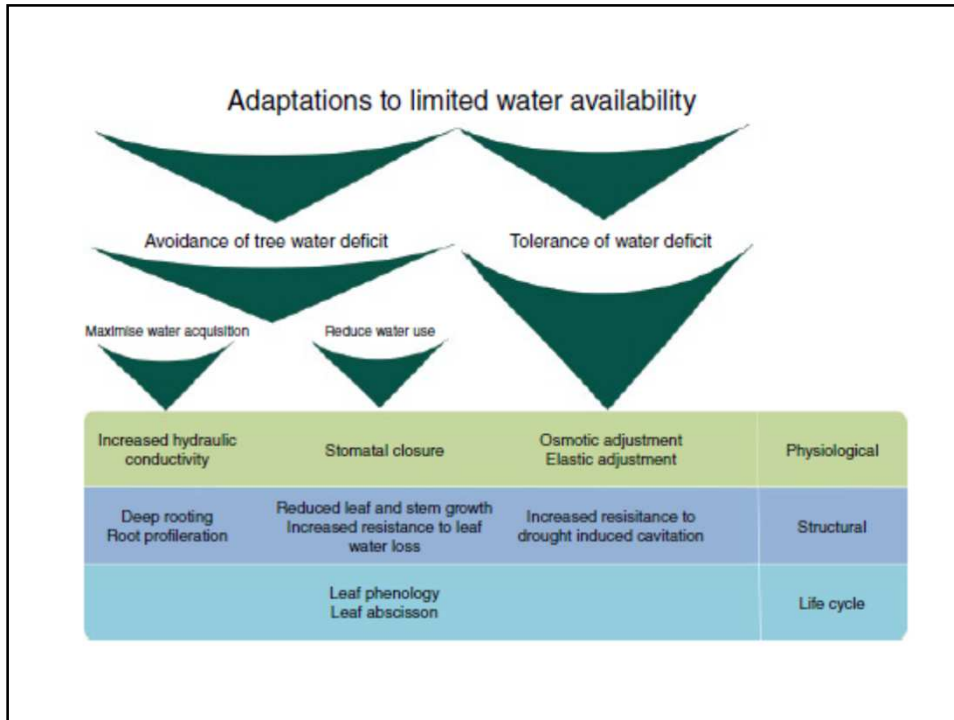
A eficiência de uso de água pode aumentar (i.e., mais  $\text{CO}_2$  é absorvido por unidade de água transpirada) porque os estomas inibem a transpiração mais do que diminuem a concentração intercelular de  $\text{CO}_2$

À medida que o stress se torna mais severo, a desidratação das células do mesófilo inibem a fotossíntese, o metabolismo do mesófilo é afectado, e a eficiência de uso de água geralmente diminui

O **ajustamento osmótico** ajuda as células a manter o balanço hídrico das plantas

- À medida que o solo seca, as plantas só conseguem absorver água enquanto o seu potencial de água ( $\Psi_w$ ) for menor que o do solo;
- O **ajustamento osmótico**, ou **acumulação de solutos** (osmorregulação) pelas células, é um processo pelo qual o potencial de água pode diminuir sem ser acompanhado por um decréscimo na pressão de turgescência ou diminuição do volume da célula;
- O decréscimo em  $\Psi_s$  é geralmente limitado a 0.2 a 0.8 MPa, excepto em plantas adaptadas a condições extremamente secas;
- Solutos: açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos, iões inorgânicos





### Hipótese da falha hidráulica (*Hydraulic failure*)

- À medida que o solo seca, o potencial hídrico torna-se mais negativo e aumenta a tensão da água no interior do xilema.
- Essa tensão excessiva pode provocar cavitação, isto é, a formação de bolhas de ar nos vasos ou traqueídeos.
- As bolhas originam embolismos que bloqueiam a condução de água.
- Quando uma parte significativa do xilema deixa de conduzir água, os tecidos passam a sofrer desidratação, os estomas fecham para reduzir a perda hídrica e a planta deixa de conseguir manter as suas funções fisiológicas, podendo acabar por morrer.
- Esta hipótese é atualmente um dos principais modelos para explicar mortalidade de árvores associada a secas severas e alterações climáticas.

### Hipótese da fome de carbono (*Carbon starvation*)

- Durante a seca, os estomas fecham para reduzir a perda de água por transpiração, mas esse fecho também limita a entrada de dióxido de carbono necessário para a fotossíntese.
- Como consequência, a produção de fotoassimilados diminui significativamente. Ao mesmo tempo, a planta continua a consumir reservas de carbono para manutenção celular, respiração, defesa e reparação de tecidos.
- Se a seca persistir, as reservas de hidratos de carbono esgotam-se e a planta deixa de conseguir sustentar funções metabólicas essenciais, acabando por morrer.

Esta hipótese é frequentemente considerada complementar à hipótese da falha hidráulica, já que em muitas situações os dois processos ocorrem simultaneamente.