



FLORESTAS · PT

---

# O papel dos ecossistemas florestais nos ciclos da água e do carbono

---

Maria da Conceição de Brito Caldeira

26 julho 2022



# Índice

---



|   |    |
|---|----|
| 1. A água e o funcionamento das árvores   | 3  |
| O balanço entre a água e o carbono  | 8  |
| A resposta das árvores à seca   | 13 |
| 2. O efeito do aumento do CO <sub>2</sub> nas árvores                             | 19 |
| 3. As florestas são os principais reguladores do ciclo da água, energia e carbono | 21 |
| 4. As florestas como soluções climáticas naturais                                 | 27 |



FLORESTAS · PT

---

# A água e o funcionamento das árvores

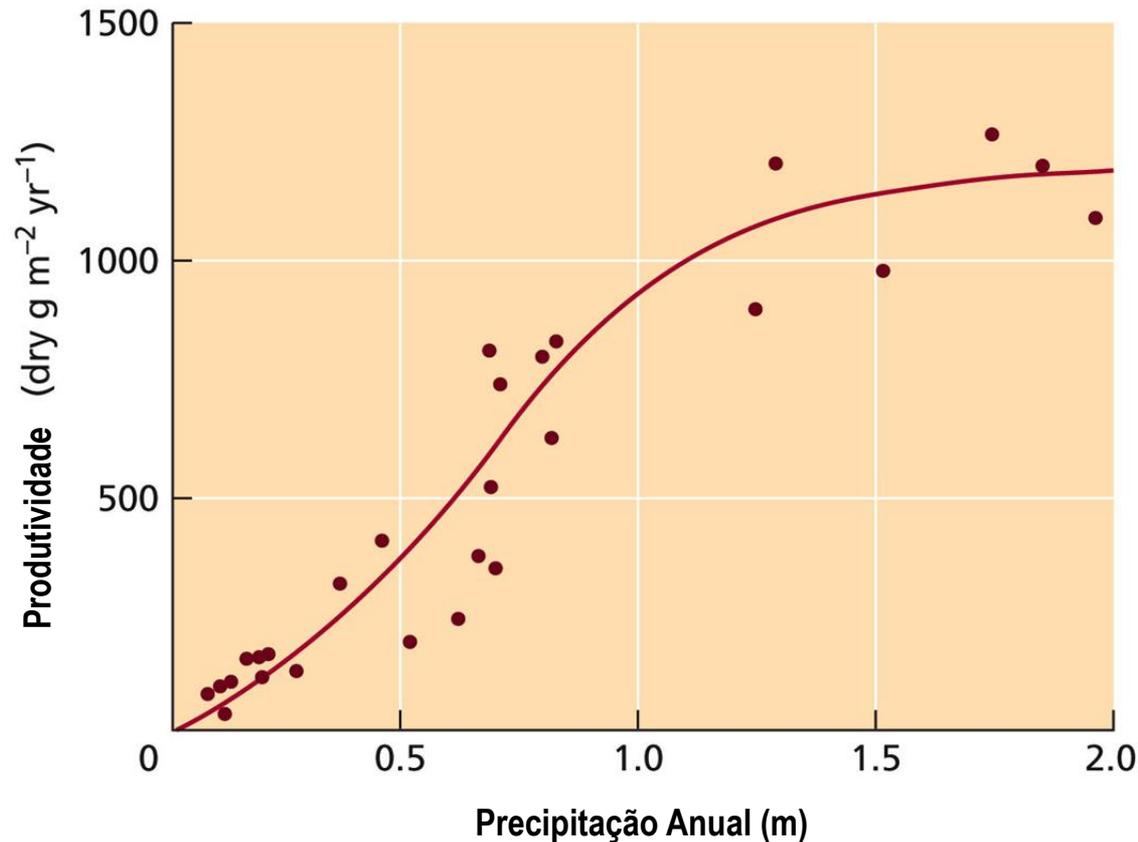
---



# A água e o funcionamento das árvores



A água determina em grande parte a produtividade da Terra

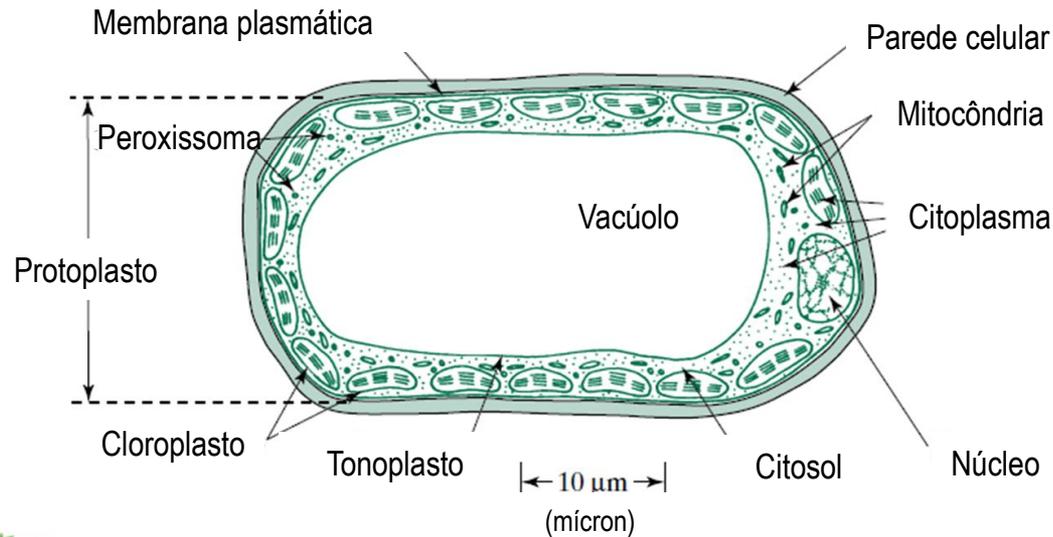


PLANT PHYSIOLOGY, Fourth Edition, Figure 3.2 © 2006 Sinauer Associates, Inc.

# A água e o funcionamento das árvores



A água é um constituinte essencial das células e tecidos vegetais



70-95% do peso de tecidos não lenhosos

50% de tecidos lenhosos



# A água e o funcionamento das árvores

---



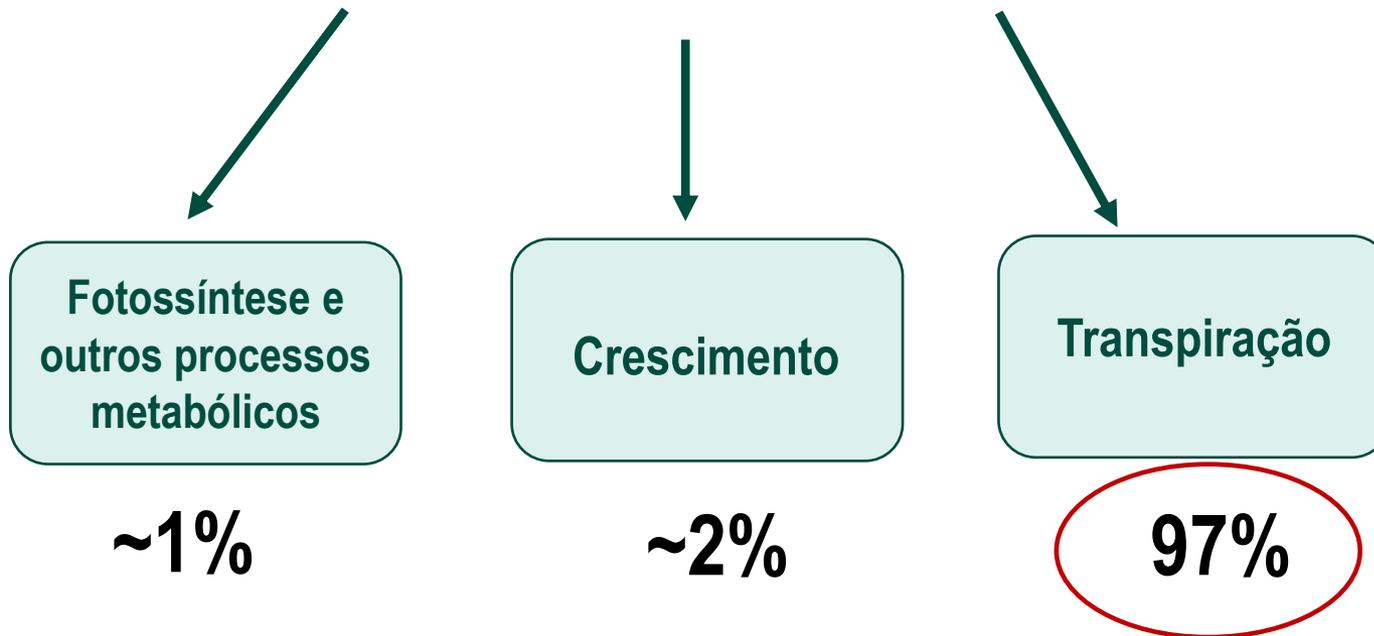
Uma árvore pode absorver pelas raízes, transportar até 20, 30 ou mesmo 100 metros de altura e transpirar **300 litros ou mais** de água por dia!

# A água e o funcionamento das árvores

---



Em que é que as árvores usam estas quantidades elevadas de água?



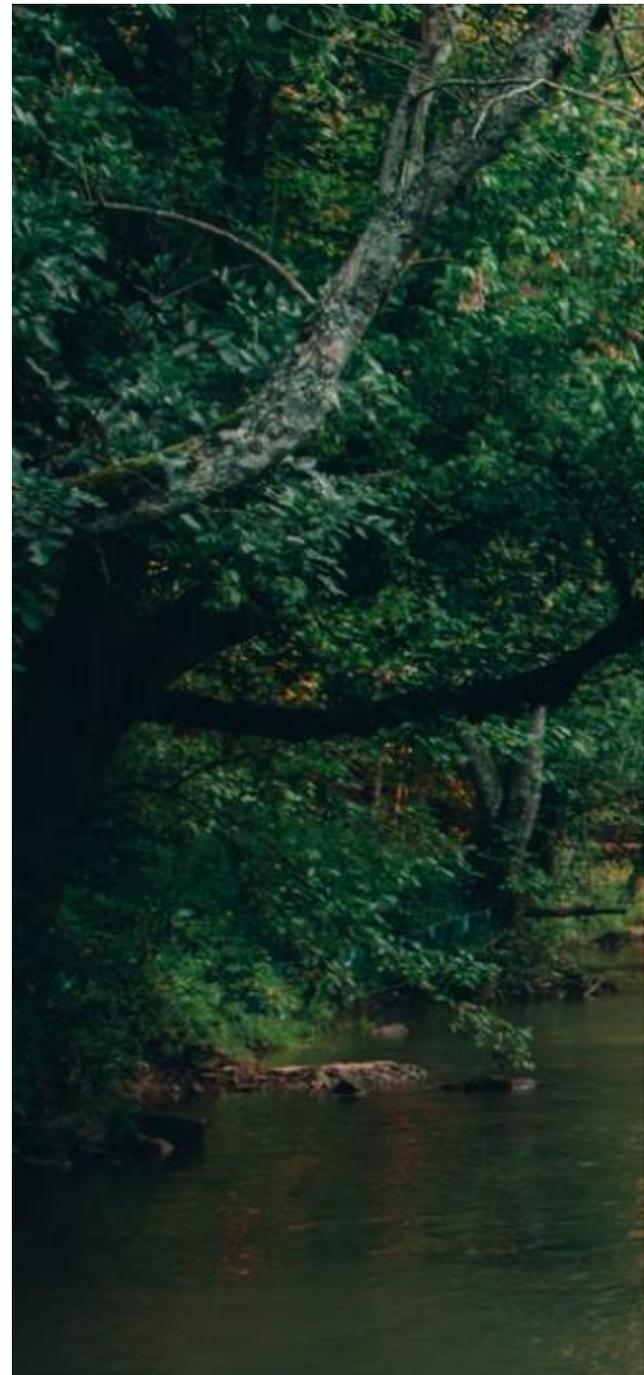


FLORESTAS · PT

---

# O balanço entre a água e o carbono

---



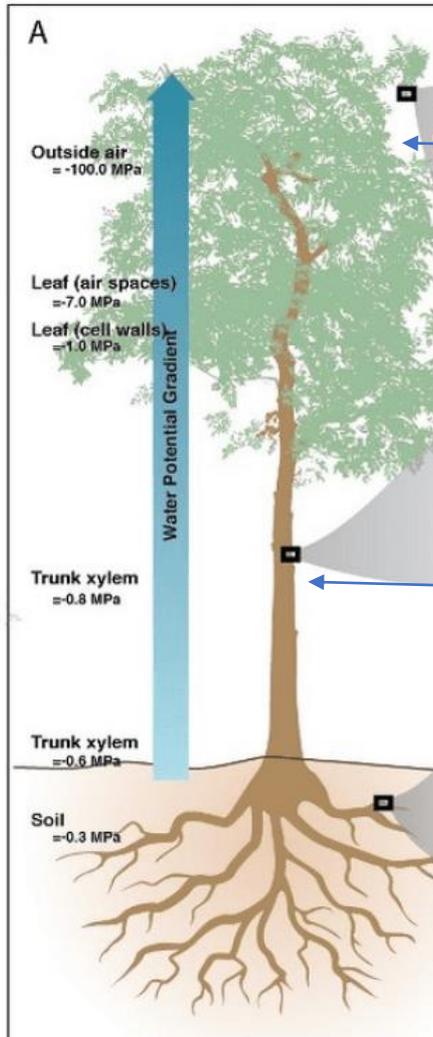
# O balanço entre a água e o carbono

---



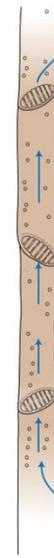
Todas as plantas terrestres necessitam de absorver  $\text{CO}_2$  da atmosfera para a **fotossíntese**, mas precisam, simultaneamente, de limitar as perdas de  $\text{H}_2\text{O}$  a partir das folhas (**transpiração**).

# O balanço entre a água e o carbono

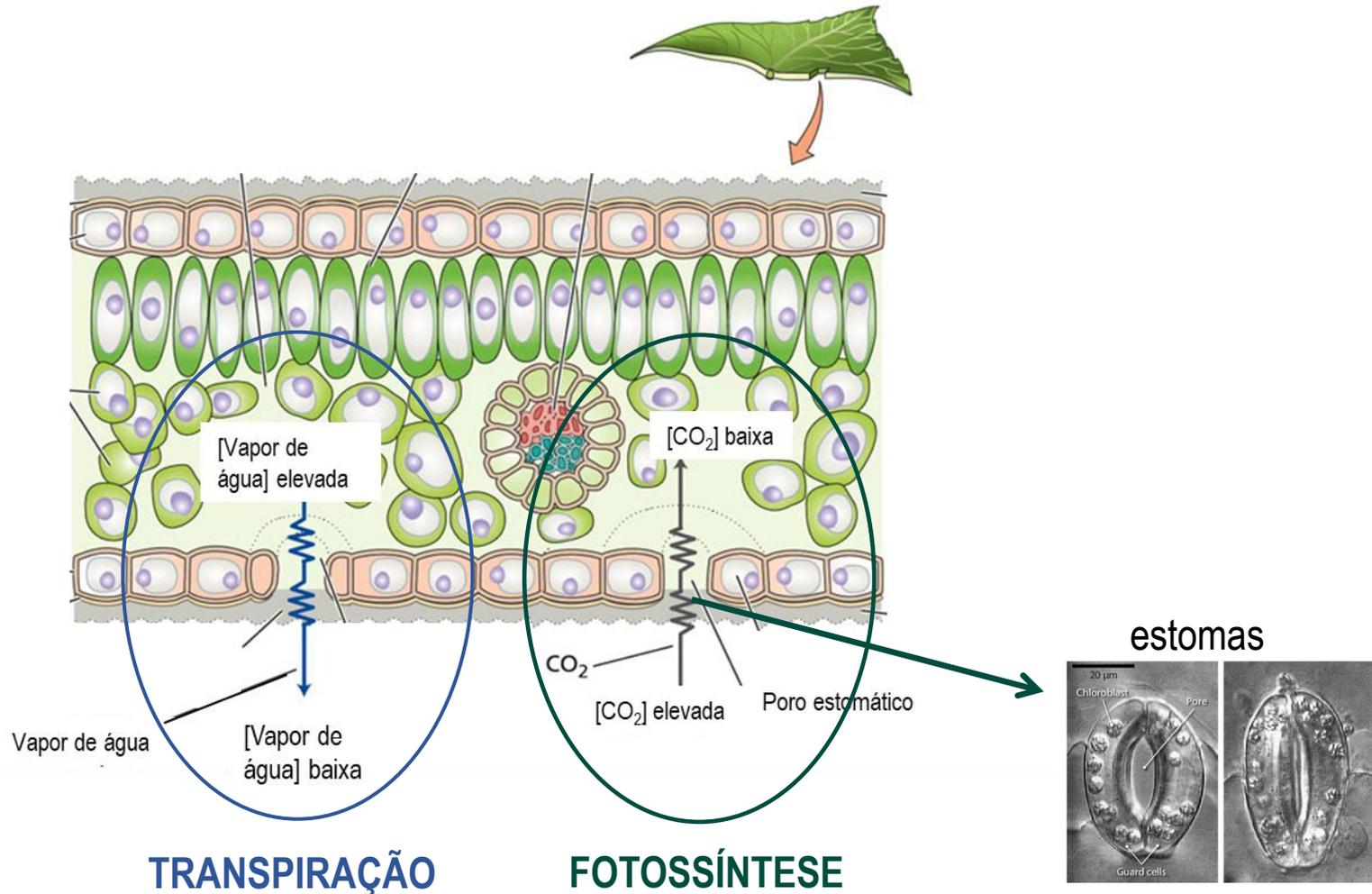


- A água é transpirada através de poros microscópicos (estomas) nas folhas

- 99% da água transportada ocorre em vasos condutores (xilema) que são células mortas!



# O balanço entre a água e o carbono



Fonte: Taiz, L., Zeiger, E. (2010) *Plant Physiology*. 5th Edition. Sinauer Associates, 782 p.; Figura: Scavo, A., Sidhom, M., Rangel, F.J, Miaule, A., Emuka, C., Poomchongko, N., Ali, S., Rappel, W-J., Schroeder, J.I. (2018) Possible impacts of rising CO<sub>2</sub> on crop water use efficiency and food security. *California Agriculture* 72(3):155-158. <https://doi.org/10.3733/ca.2018a0028>



FLORESTAS · PT

---

## A resposta das árvores à seca

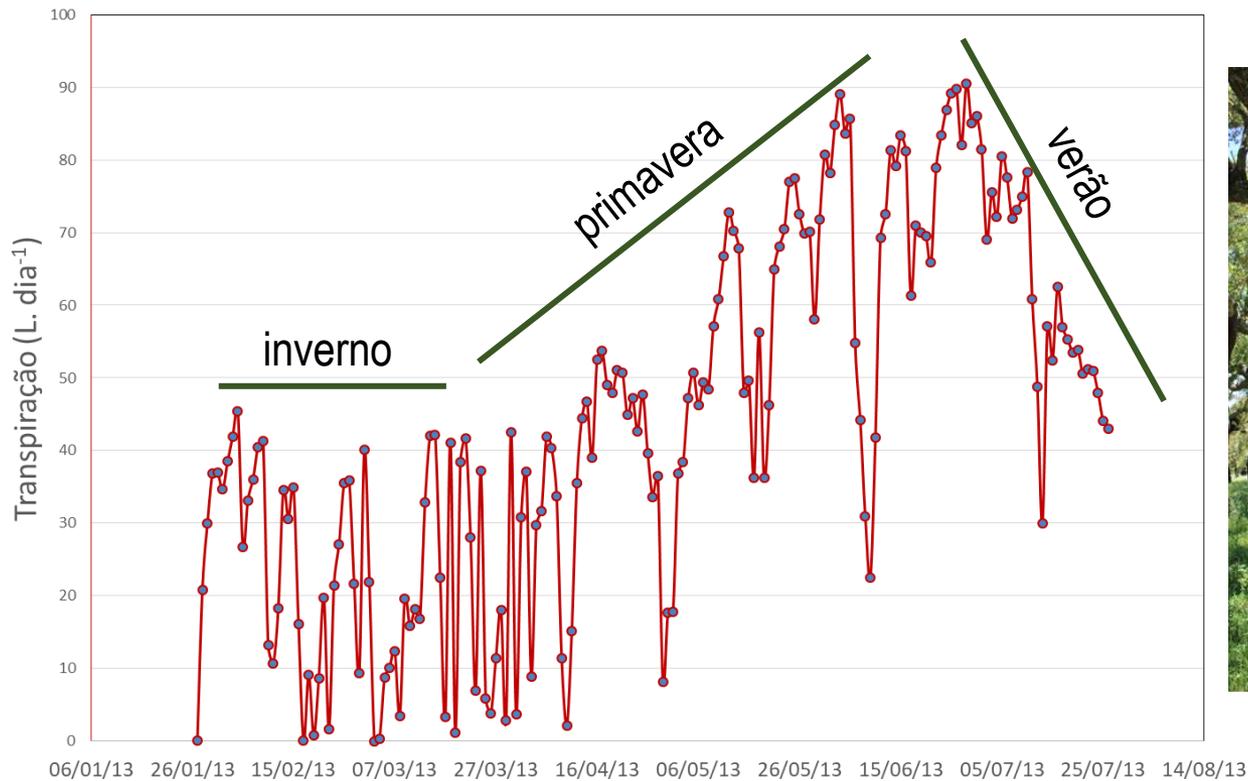
---



# A resposta das árvores à seca



Sobreiro (*Quercus suber*)



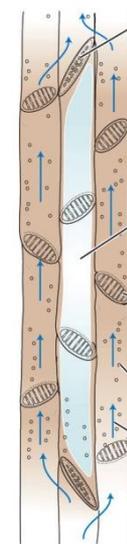
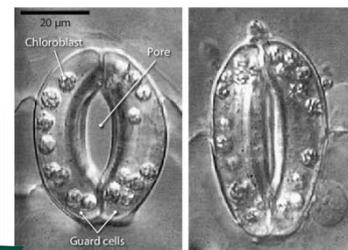
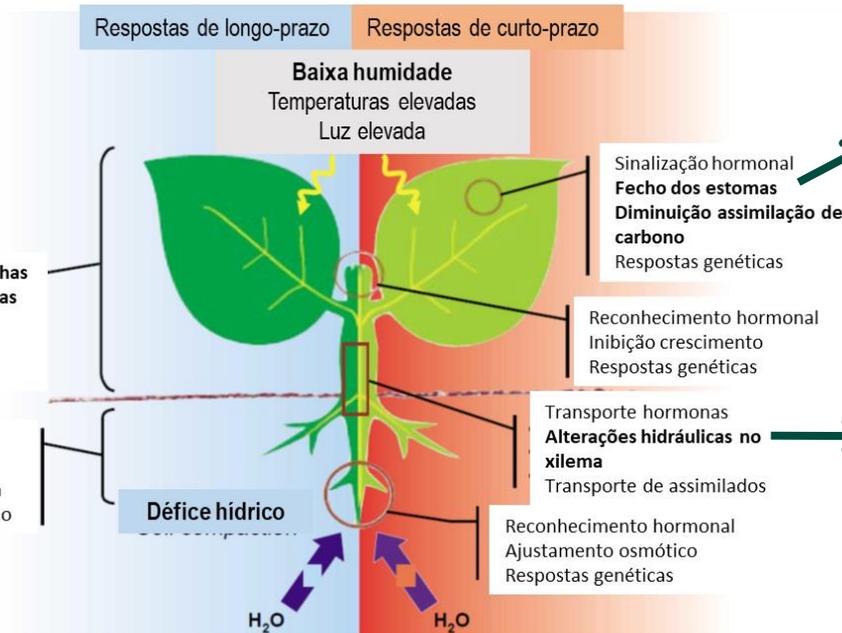
# A resposta das árvores à seca



**Inibição crescimento folhas**  
**Diminuição área de folhas**  
 Respostas genéticas  
 Aclimação metabólica  
 Ajustamento osmótico



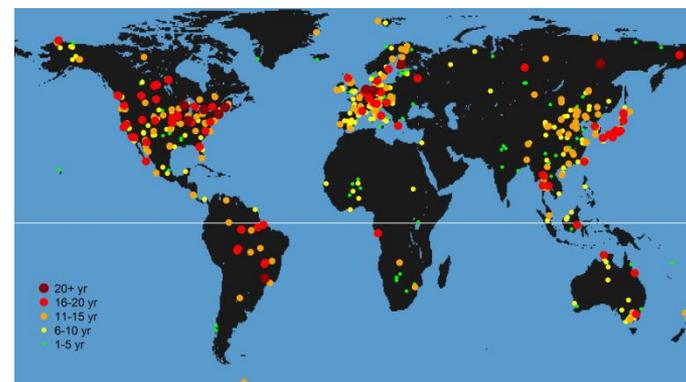
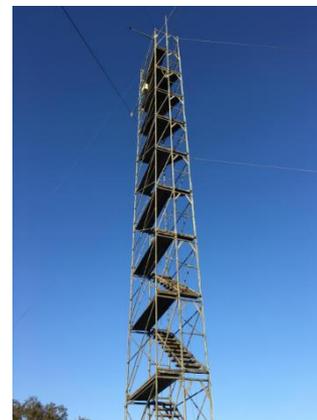
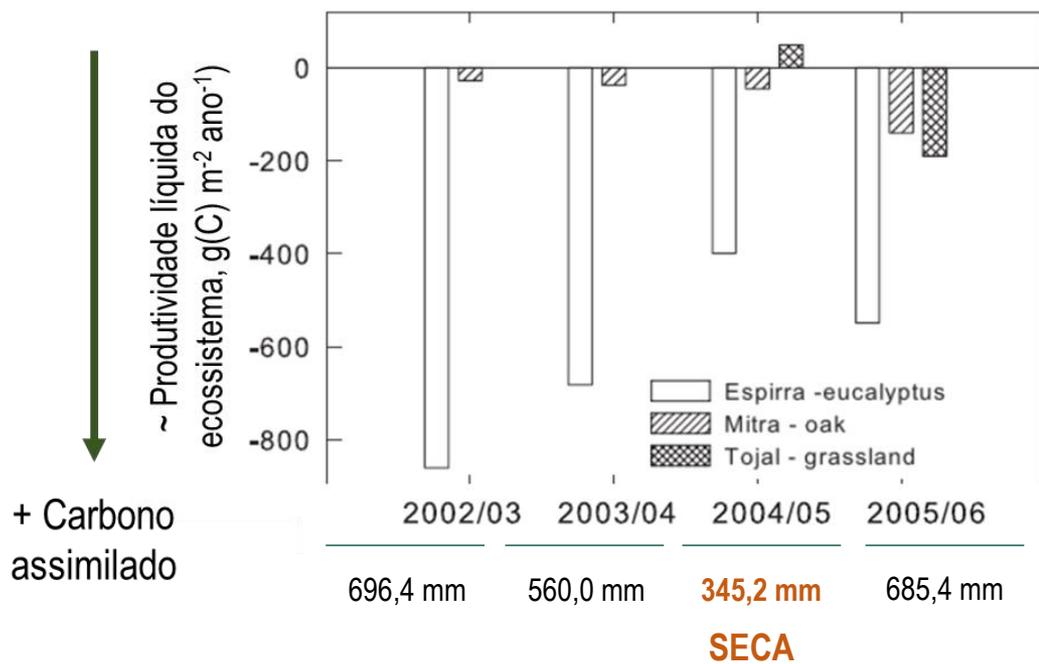
Manutenção turgidez  
 Crescimento raízes  
 Aumento raiz/parte aérea  
 Aumento área de absorção



**Vasos embolizados**

Fonte: Adaptado de Chaves MM, Maroco JP, Pereira JS. Understanding plant responses to drought - from genes to the whole plant. *Funct Plant Biol.* 2003 Mar;30(3):239-264. doi: 10.1071/FP02076. Figura estomas: Scavo, A., Sidhom, M., Rangel, F.J, Miaule, A., Emuka, C., Poomchongko, N., Ali, S., Rappel, W –J., Schroeder, J.I. (2018) Possible impacts of rising CO2 on crop water use efficiency and food security. *California Agriculture* 72(3):155-158. <https://doi.org/10.3733/ca.2018a0028>

# A resposta das árvores à seca



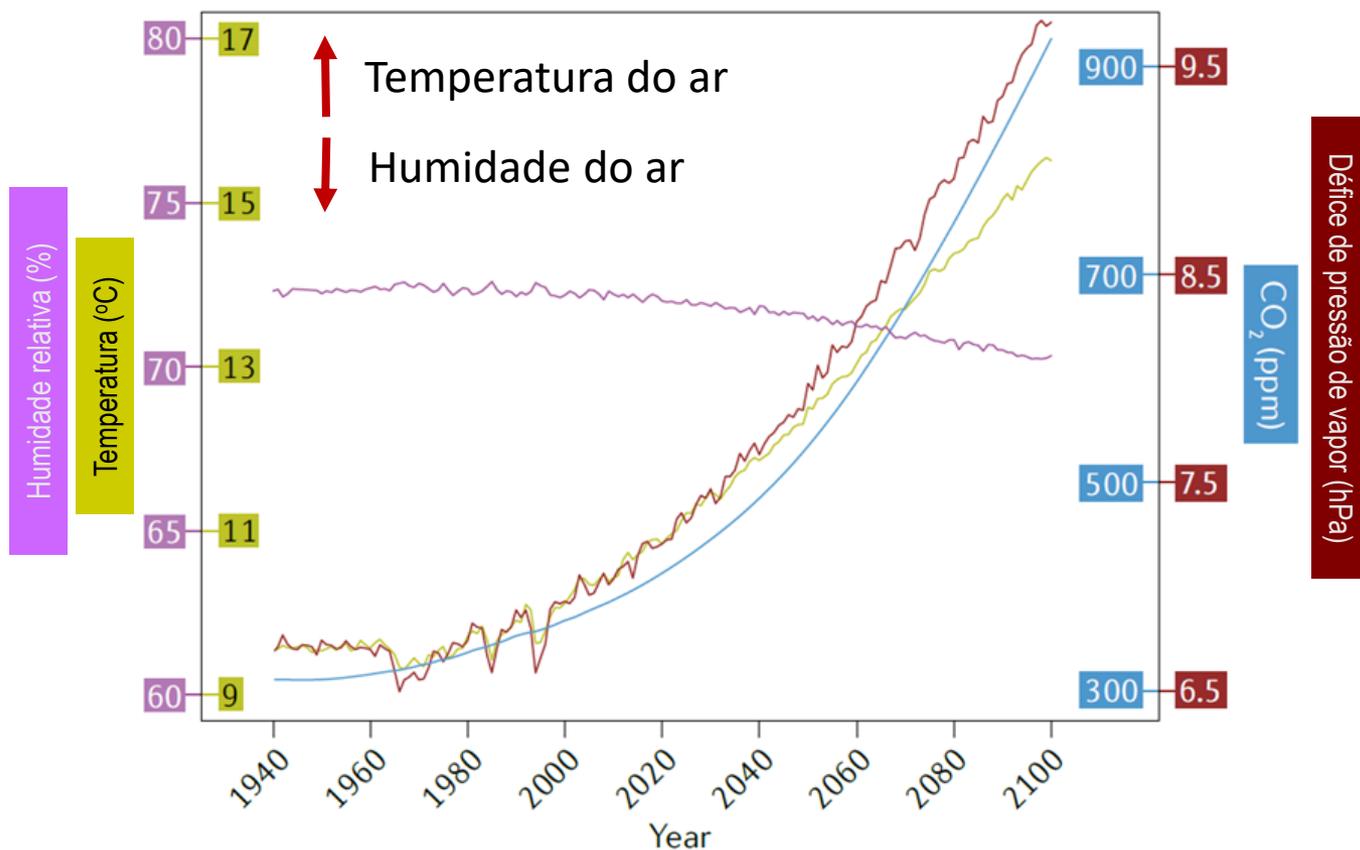
Fluxnet.org

Fonte: Pereira, J. S., Mateus, J. A., Aires, L. M., Pita, G., Pio, C., David, J. S., ... Rodrigues, A. (2007). Net ecosystem carbon exchange in three contrasting Mediterranean ecosystems &ndash; the effect of drought. *Biogeosciences*, 4(5), 791–802. <https://doi.org/10.5194/bg-4-791-2007>

# A resposta das árvores à seca



## Alterações climáticas

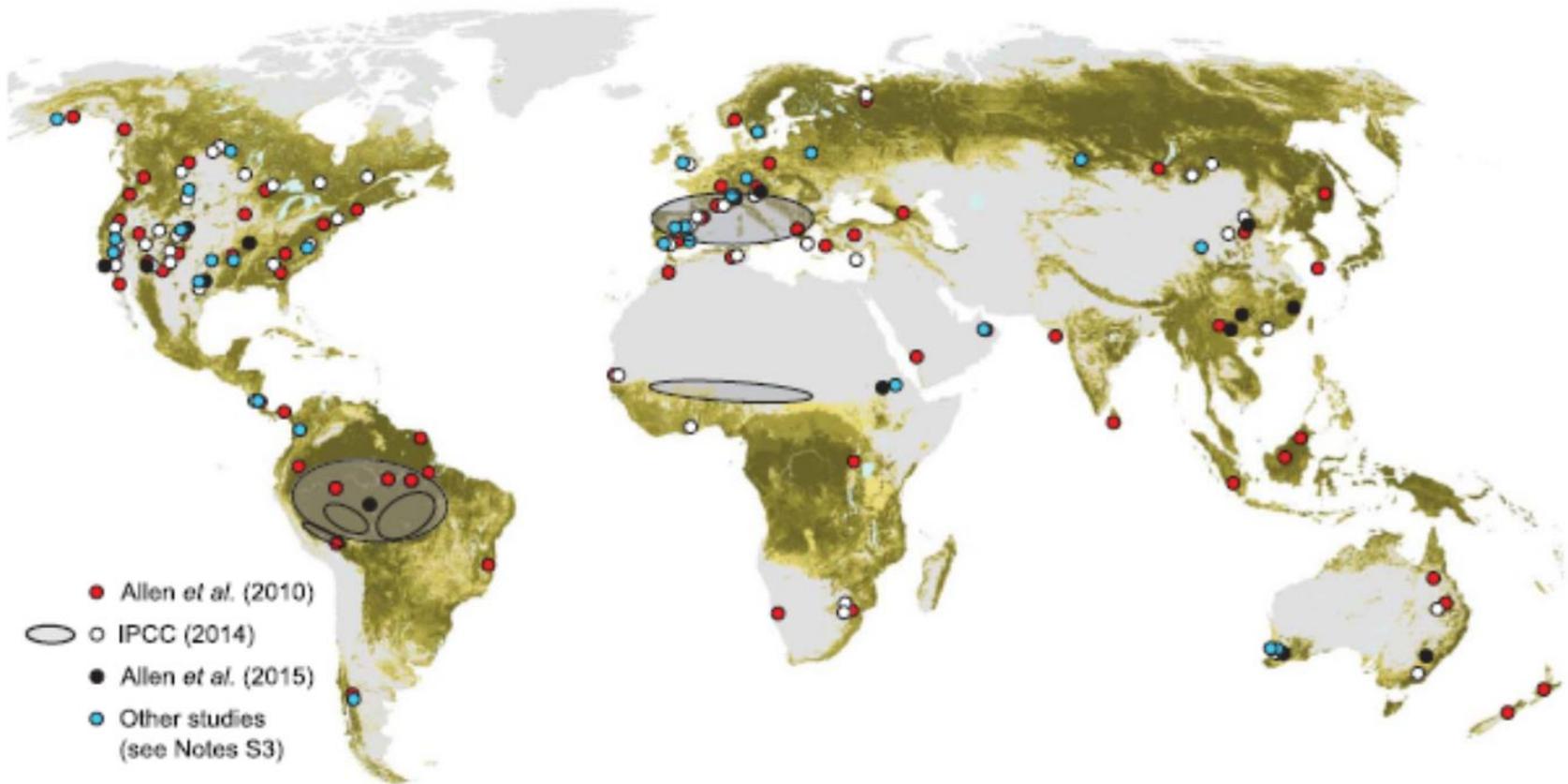


Fonte: McDowell, N.G., Sapes, G., Pivovarov, A. *et al.* Mechanisms of woody-plant mortality under rising drought, CO<sub>2</sub> and vapour pressure deficit. *Nat Rev Earth Environ* 3, 294–308 (2022). <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00272-1>

# A resposta das árvores à seca



## Eventos de mortalidade de árvores



Fonte: Hartmann, H., Moura, C.F., Anderegg, W.R.L., Ruehr, N.K., et al. (2018), Research frontiers for improving our understanding of drought-induced tree and forest mortality. *New Phytol*, 218: 15-28. <https://doi.org/10.1111/nph.15048>

# A resposta das árvores à seca

---



## Morte das árvores: fome ou sede?





FLORESTAS · PT

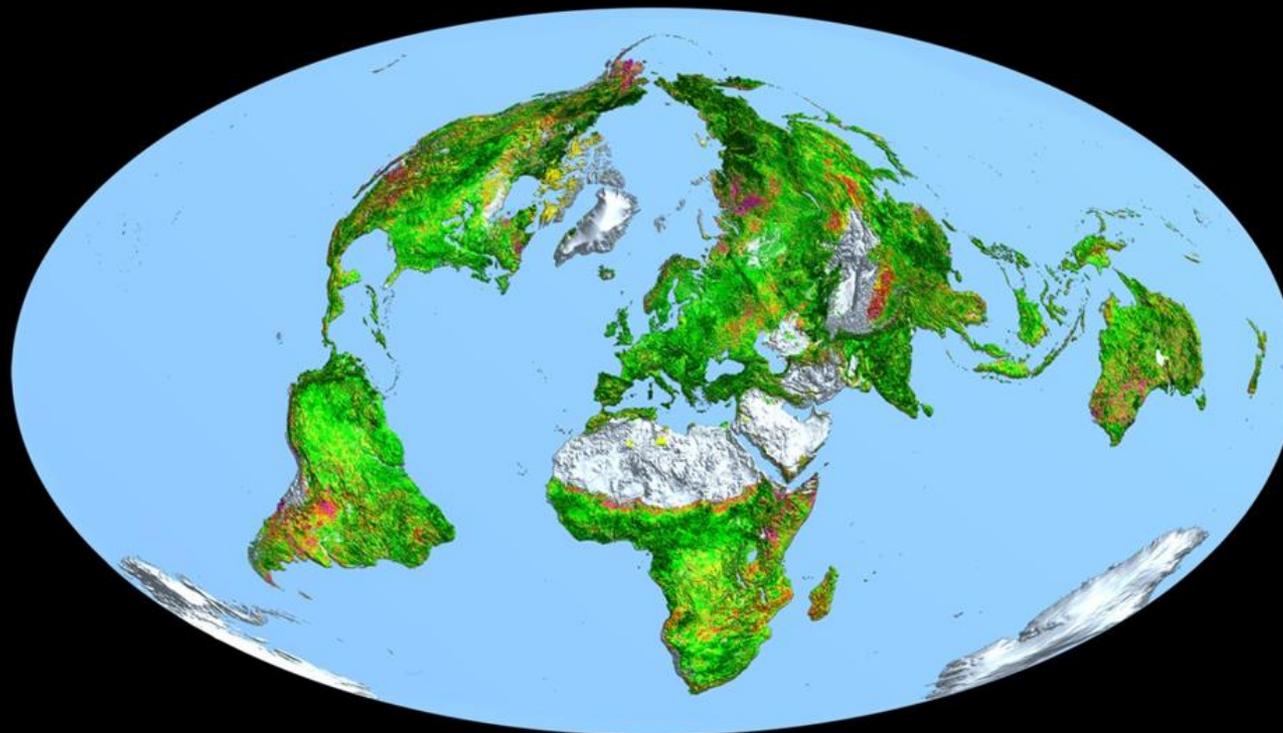
---

## O efeito do aumento do CO<sub>2</sub> nas árvores

---



# O efeito do aumento do CO<sub>2</sub> na vegetação



Alterações da área foliar 1982 - 2015

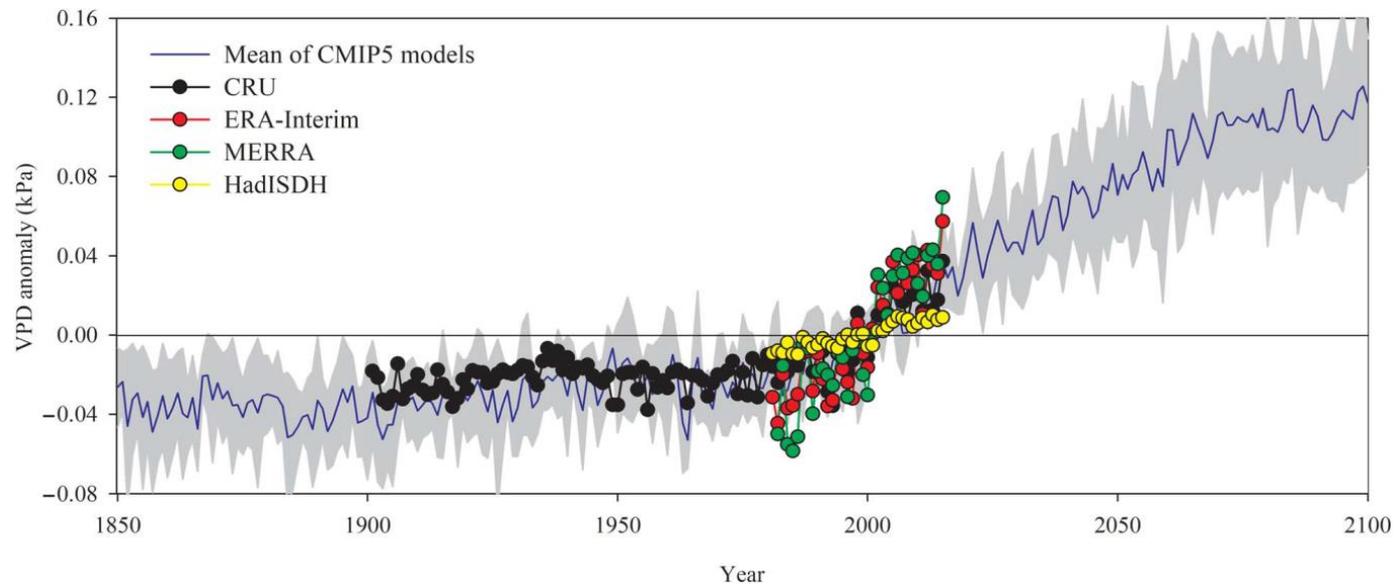


Porcentagem

# O efeito do aumento do CO<sub>2</sub> na vegetação



## A atmosfera está a tornar-se mais seca





FLORESTAS · PT

---

As florestas são os  
principais reguladores  
dos ciclos de água,  
energia e carbono

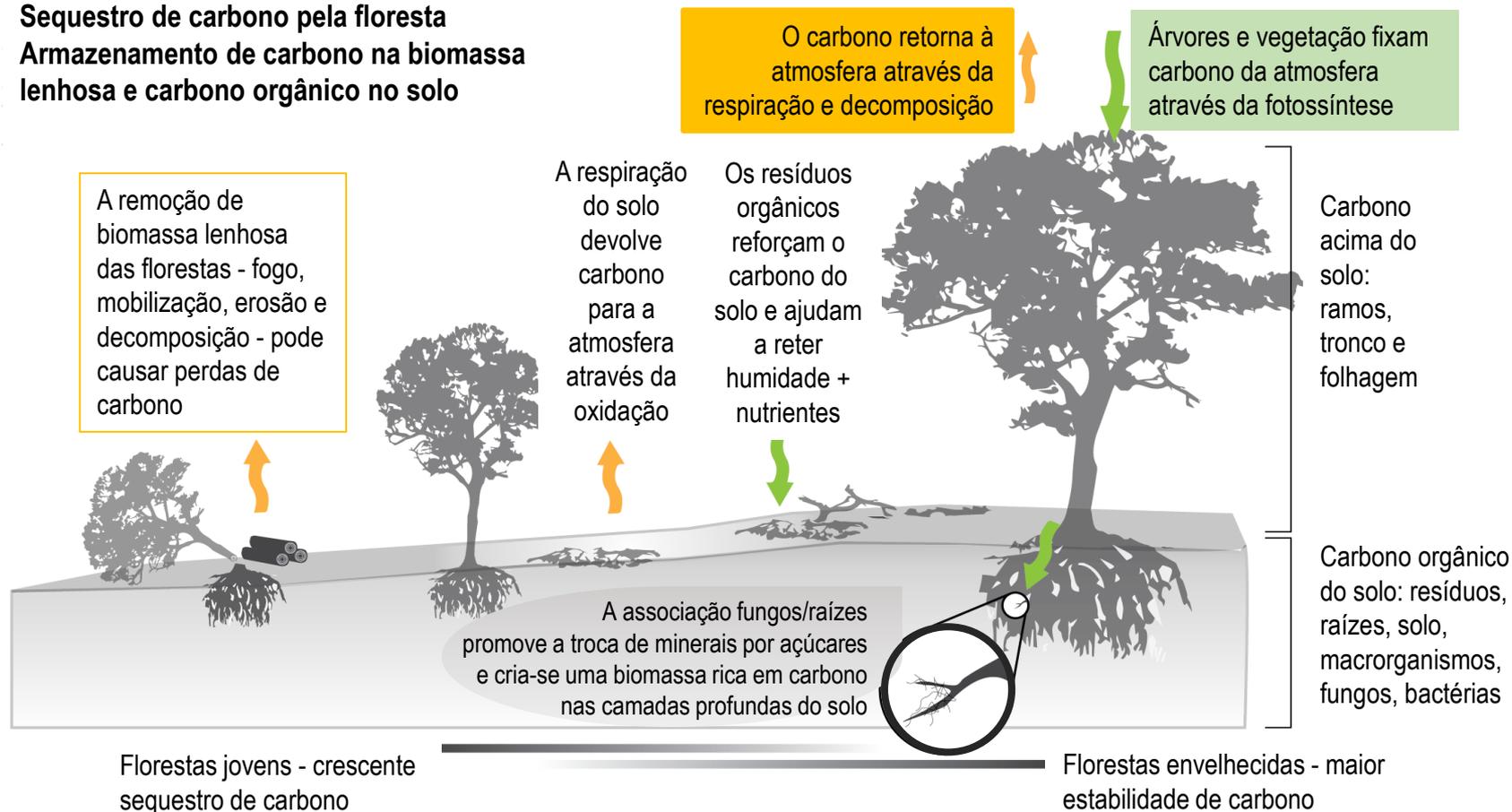
---



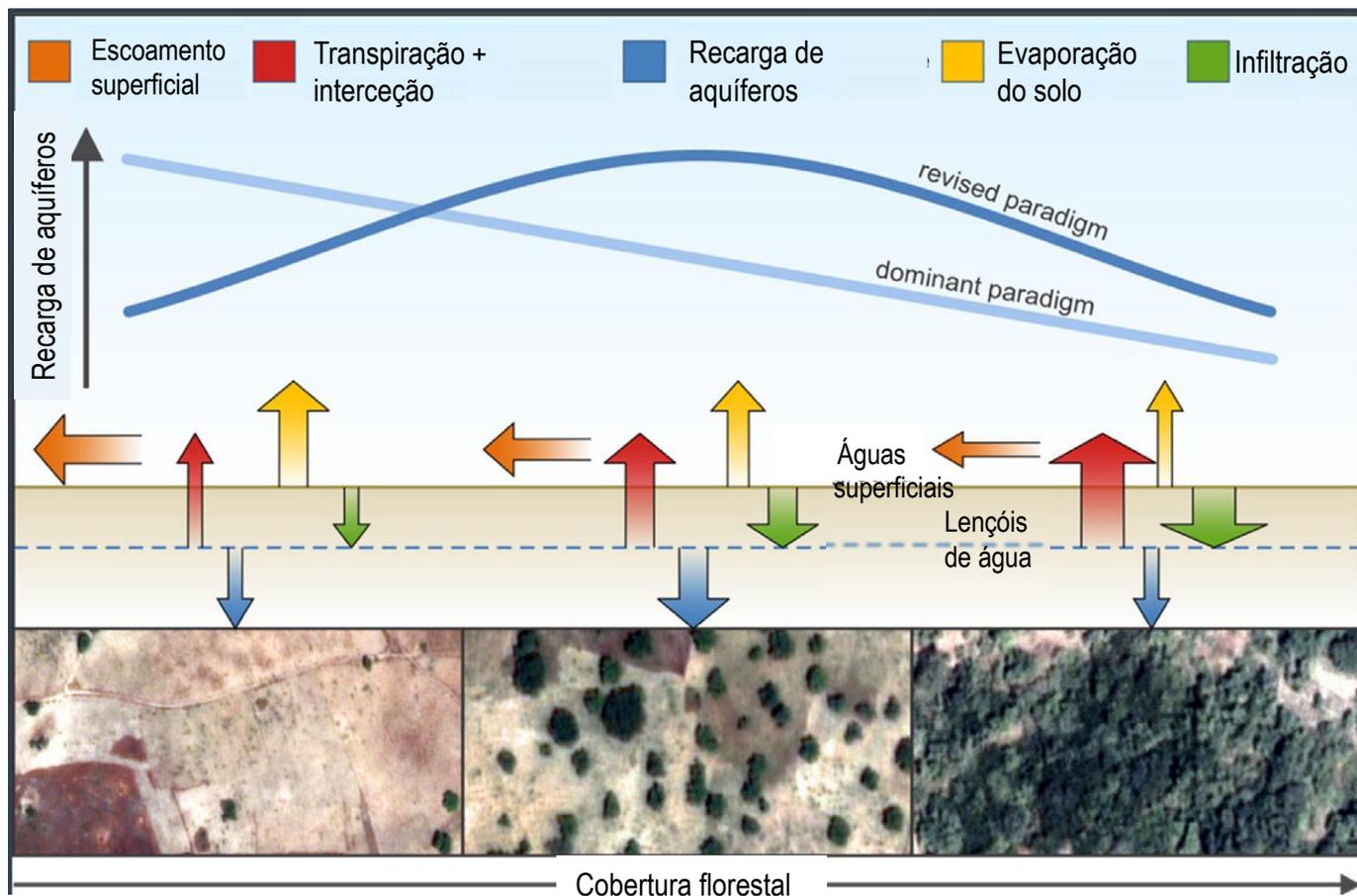
# Regulação do ciclo de carbono



## Sequestro de carbono pela floresta Armazenamento de carbono na biomassa lenhosa e carbono orgânico no solo

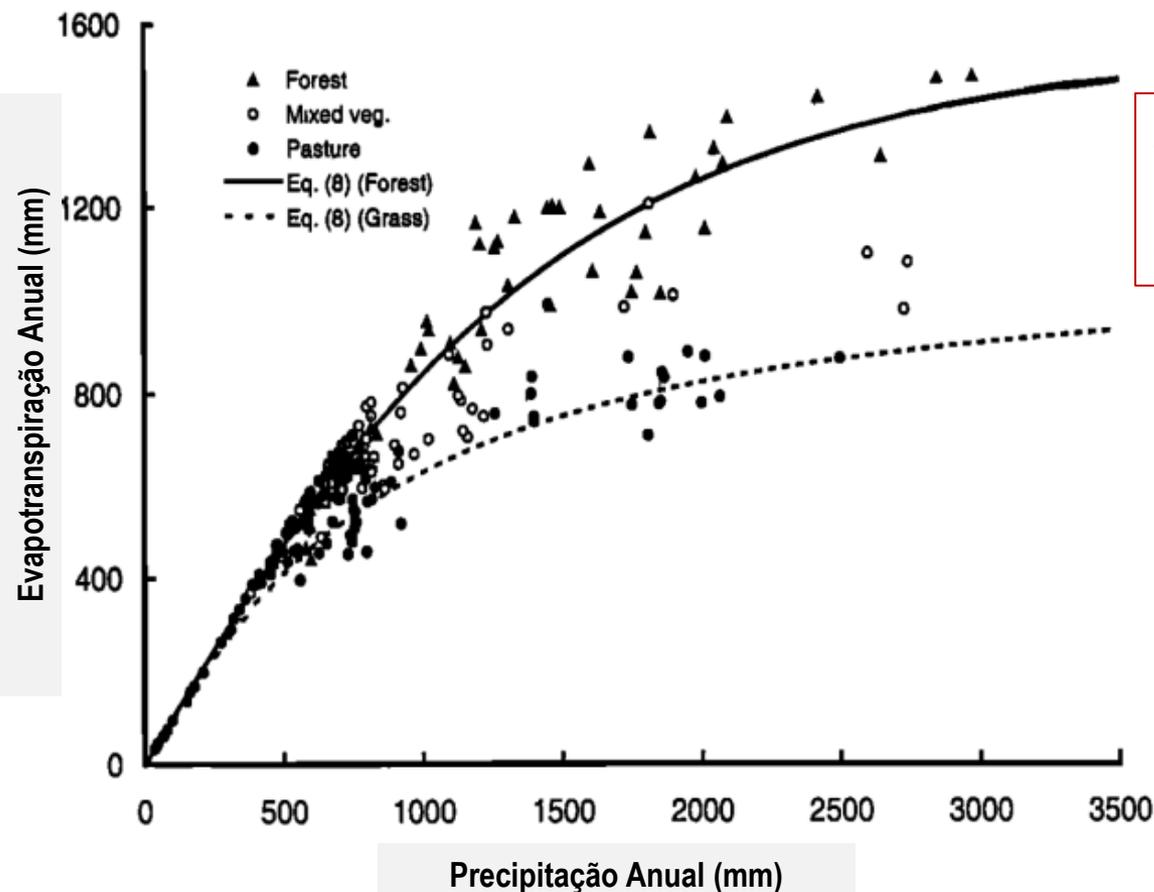


# Regulação ciclo de água e energia



Fonte: Ellison, D., Morris, C. E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarso, D., ... Sullivan, C. A. (2017). Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. *Global Environmental Change*, 43, 51–61. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002>

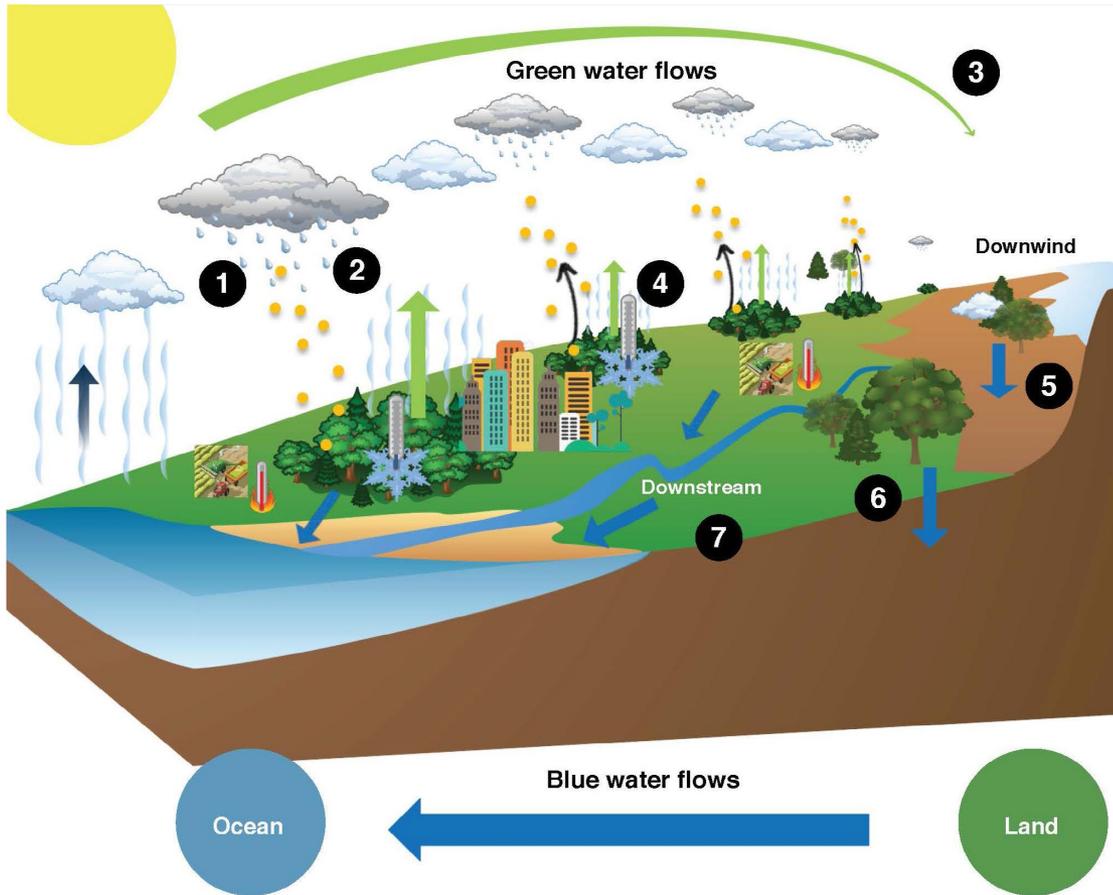
# Regulação ciclo de água e energia



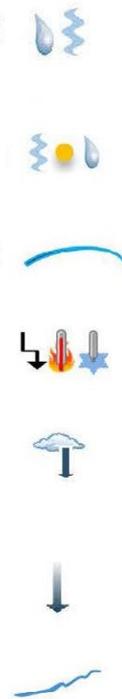
A transpiração das plantas representa 80-90% da evapotranspiração terrestre

Fonte: Zhang, L., Dawes, W. R., and Walker, G. R. (2001), Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale, *Water Resour. Res.*, 37( 3), 701– 708, doi: [10.1029/2000WR900325](https://doi.org/10.1029/2000WR900325).

# Regulação ciclo de água e energia



1. Reciclagem da precipitação à escala regional e continental
2. Ativação da humidade e bioprecipitação
3. Transporte da humidade atmosférica
4. Interceção do nevoeiro e nuvens
5. Aquecimento e arrefecimento à escala local e global
6. Infiltração e recarga de aquíferos subterrâneos
7. Moderação das cheias





FLORESTAS · PT

---

# As florestas como soluções climáticas naturais

---



# Florestas como soluções climáticas naturais

---



- As florestas têm um papel primordial como soluções climáticas naturais
- A conservação das florestas e a gestão florestal sustentável são essenciais para esta função

# RESUMO

---



- A água é o recurso mais limitante no desenvolvimento e crescimento das árvores, sendo transportada e evaporada através das folhas em grande quantidade.
- Durante a fotossíntese, as folhas das árvores absorvem dióxido de carbono a partir da atmosfera, mas simultaneamente perdem água por transpiração.
- A seca diminui a assimilação de carbono e a transpiração, podendo causar a morte das árvores, por embolia - o que interrompe o transporte de água entre as raízes e as folhas.
- As árvores e as florestas são soluções climáticas naturais pelo seu papel no ciclo de água e do carbono.

# Nota biográfica

---



***Maria da Conceição Brito  
Caldeira***

*Professora Auxiliar do ISA*

*caldmaria@edu.ulisboa.pt*

Doutorada em Ciências Florestais (Biodiversidade e Funcionamento dos Ecossistemas), Conceição Caldeira é professora no ISA - Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, e coordenadora do grupo de investigação do “Forest Ecology” do Centro de Estudos Florestais do mesmo instituto.

Autora de mais de 60 artigos científicos, coordenou e integrou equipas de investigação envolvidas em mais de 15 projetos científicos.

Os seus principais interesses de investigação focam-se na compreensão integrada do funcionamento e biodiversidade dos ecossistemas, incluindo interações entre árvores, arbustos e pastagens. Em particular, interessa-se pela compreensão dos mecanismos de mortalidade das árvores e a sua resposta a secas recorrentes, combinadas com outros fatores bióticos e abióticos.



FLORESTAS · PT

---

obrigada

---

- O conteúdo patente na apresentação é da responsabilidade da autora -

