

1100222 - Modelagem de Crescimento de Culturas Agrícolas  
LEB5048 - Modelagem de Culturas Agrícolas I  
**Aula #4 – Modelando o efeito do CO2 nas culturas agrícolas**

Prof. Fábio R Marin

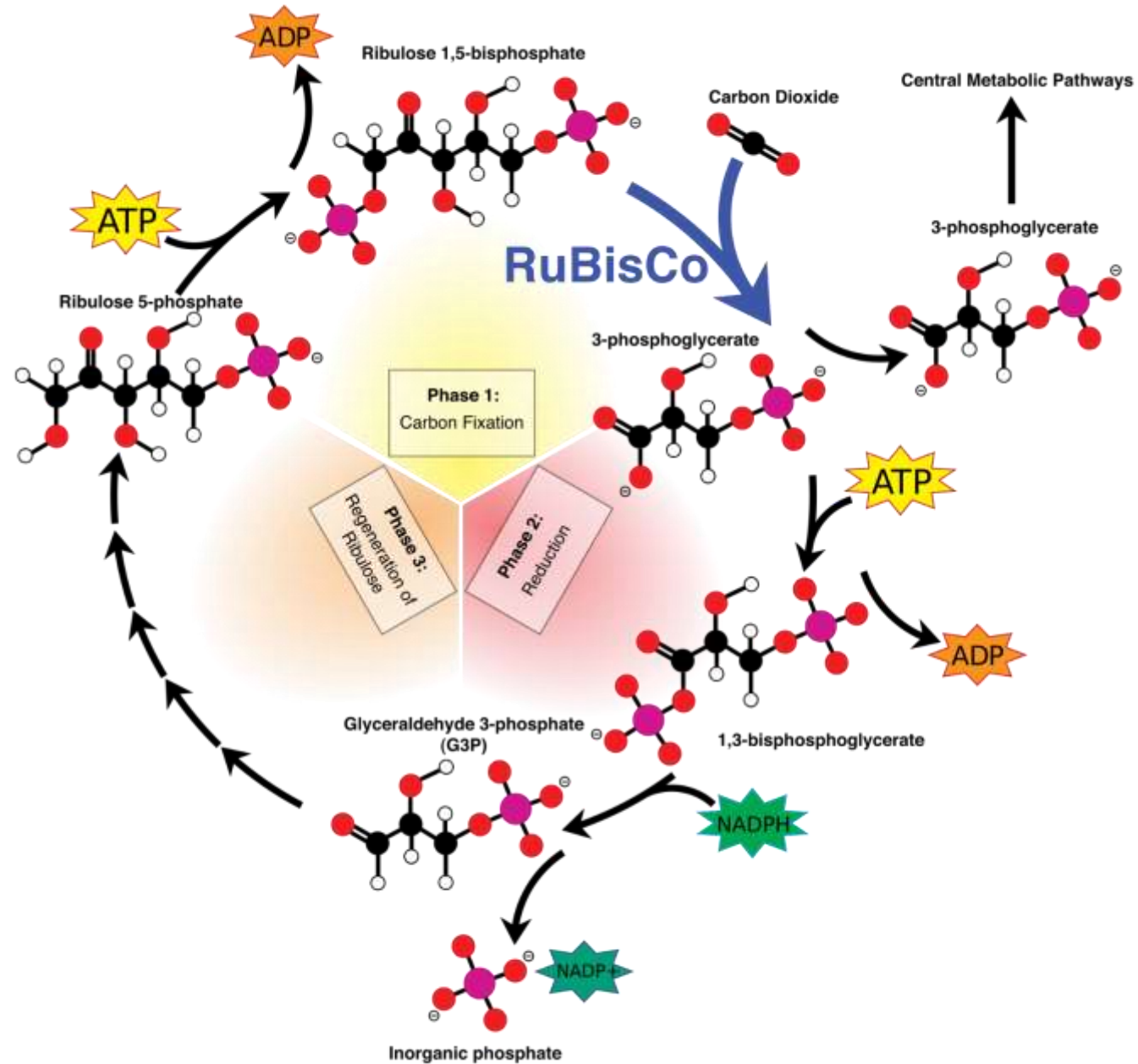
Prof. Quirijn de Jong van Lier

c)  $P[\Delta T(\text{JJA}) > 2^\circ\text{C}]$ , physics

d)  $P[\Delta T(\text{JJA}) > 2^\circ\text{C}]$ , multi-model



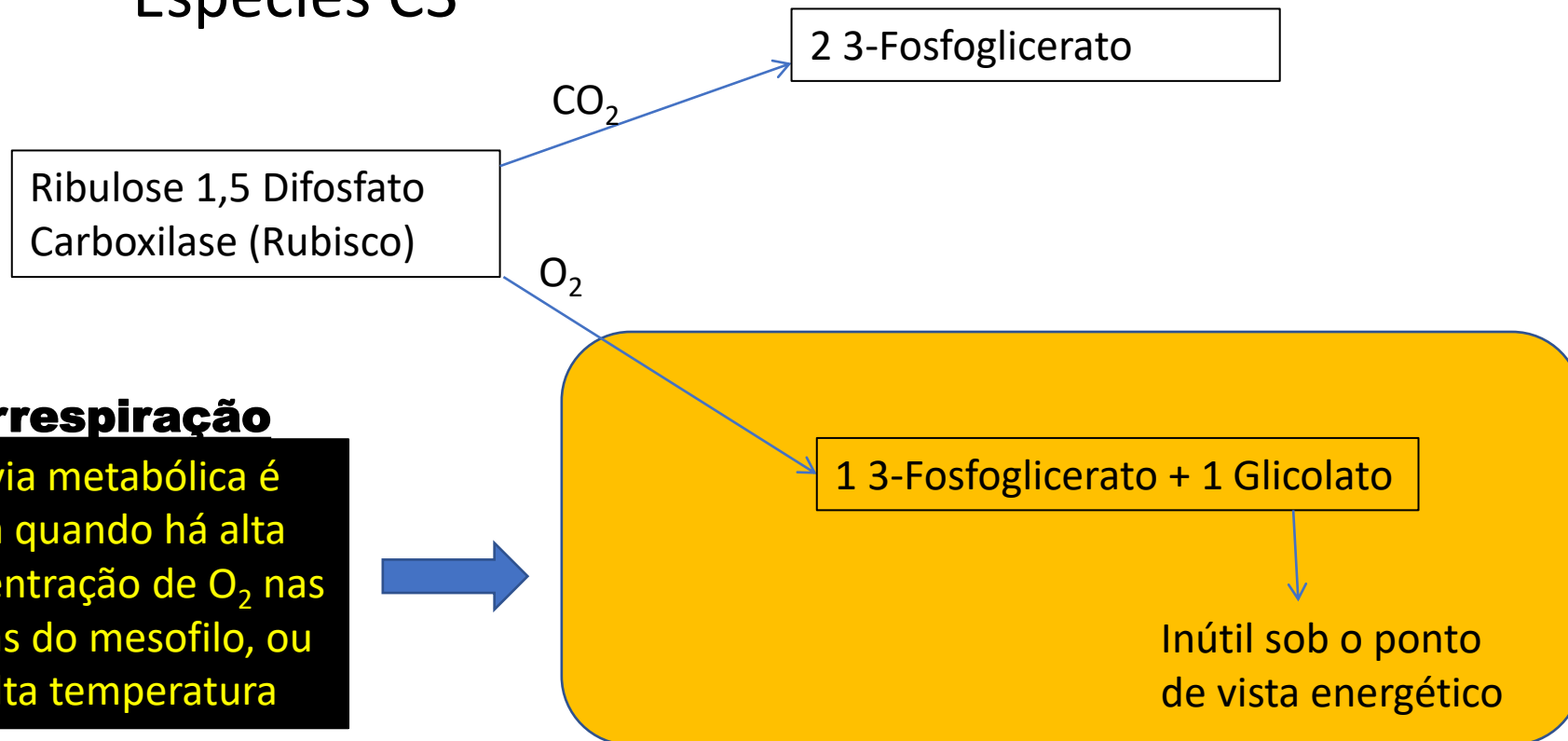
# Relação CO<sub>2</sub> X Fotossíntese: Ciclo de Calvin



# Mudança no Clima e a Produção Agrícola

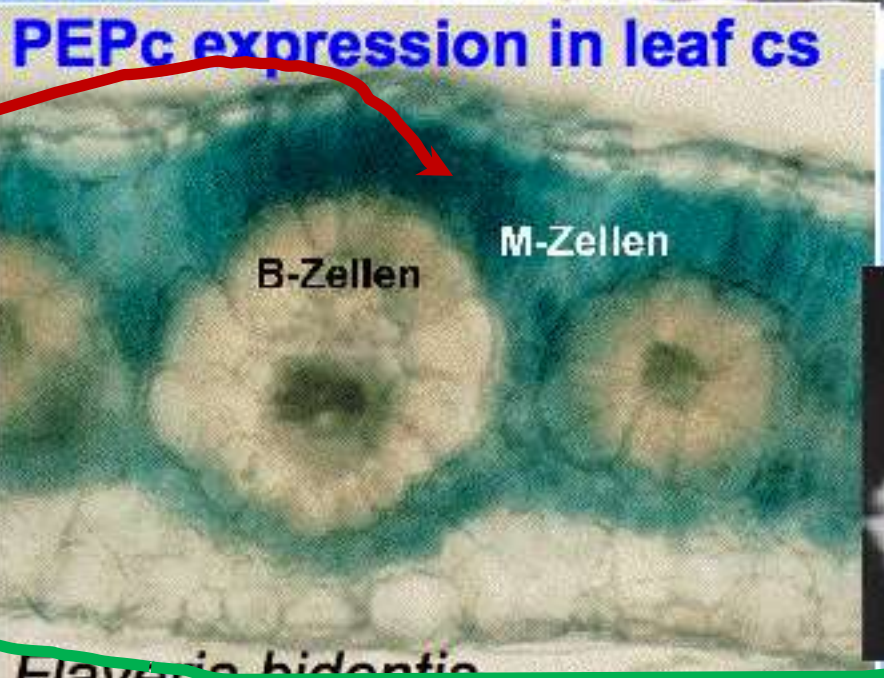
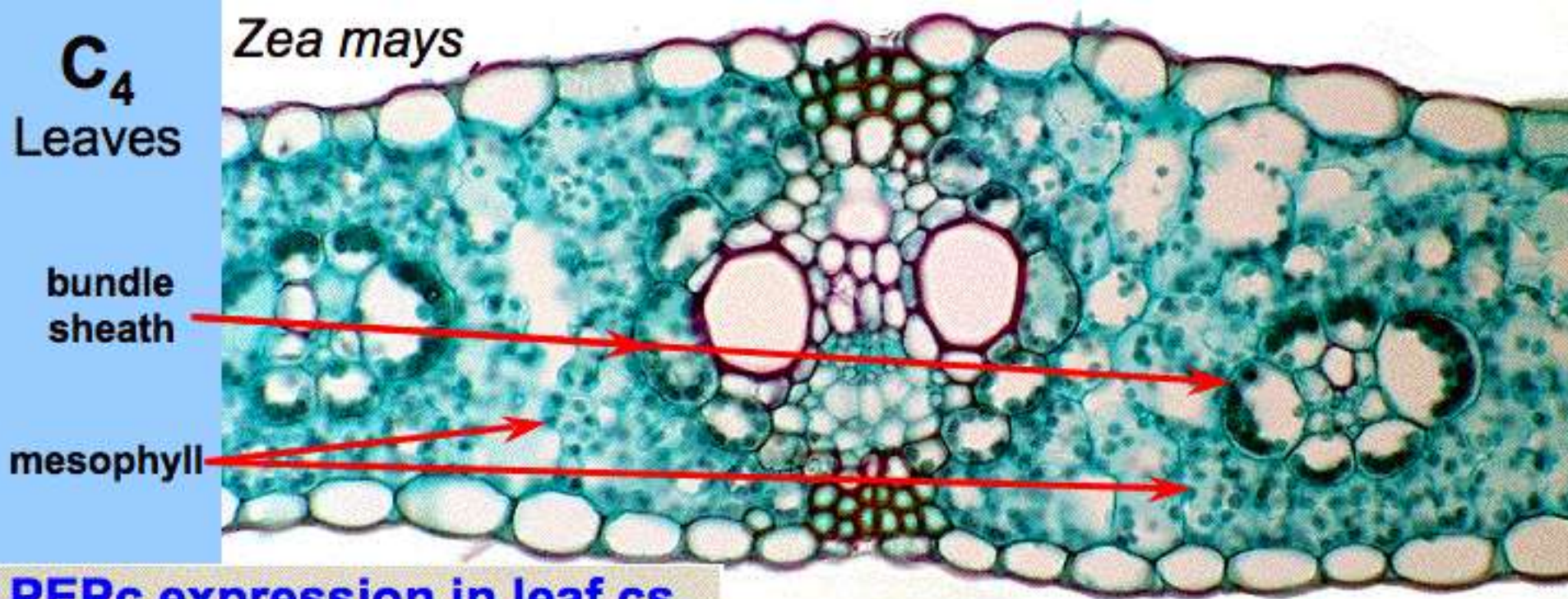
## Fotorrespiração

### Espécies C3

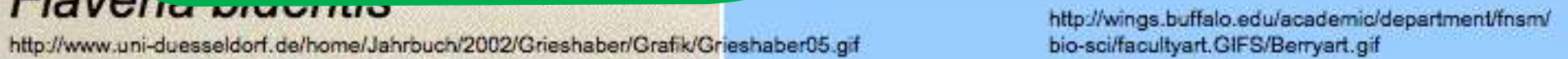




# Morfologia C4



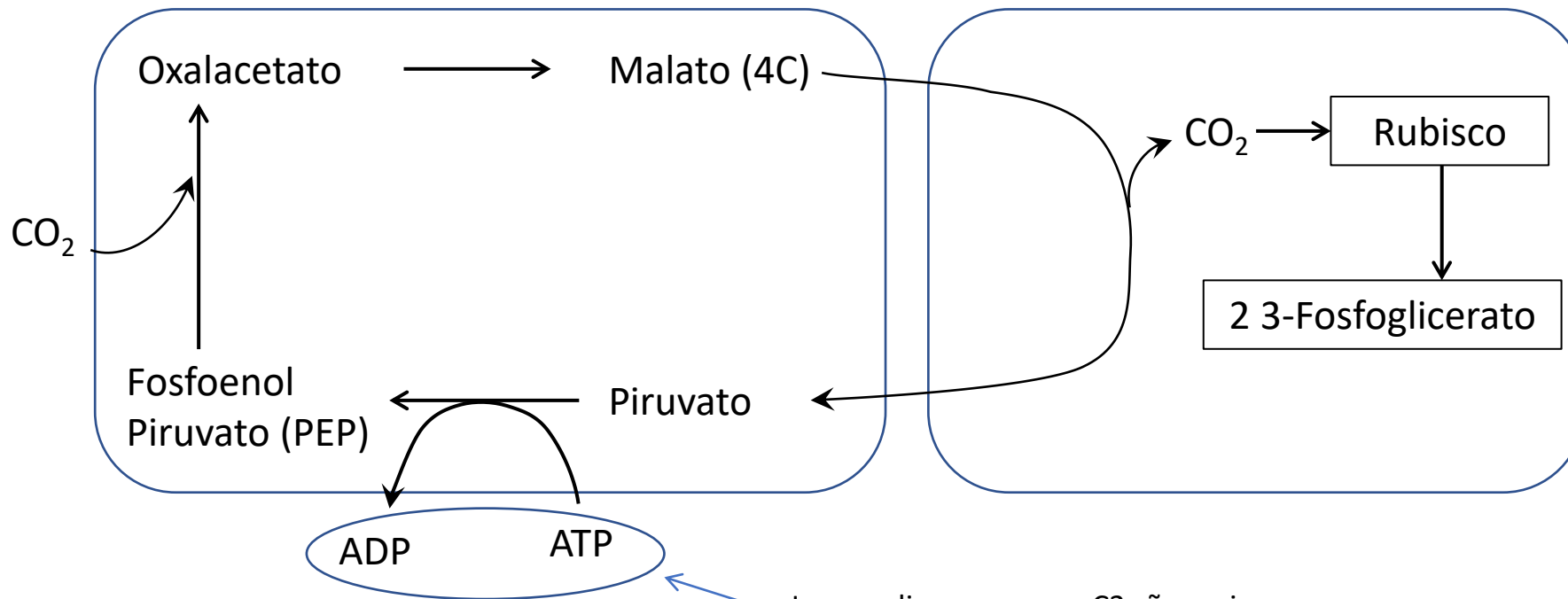
Observe que a **PEP** fica no mesófilo, enquanto a **RUBISCO** fica apenas dentro das bainha vascular, protegida do contato com o O<sub>2</sub>



# Mudança no Clima e a Produção Agrícola

## Ciclo C4

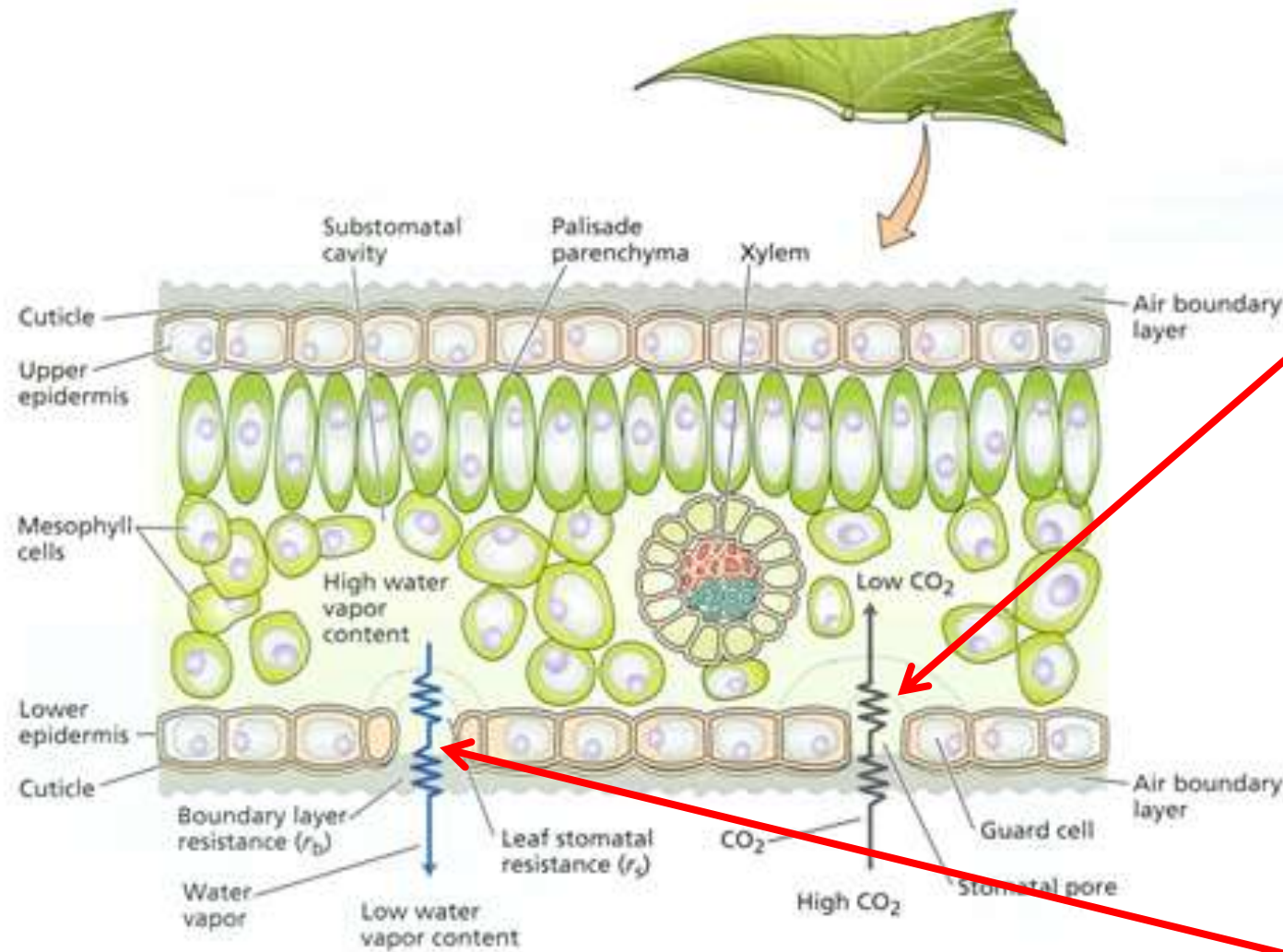
### Espécies C4



Isso explica porque as C3 são mais eficientes sob determinadas condições.



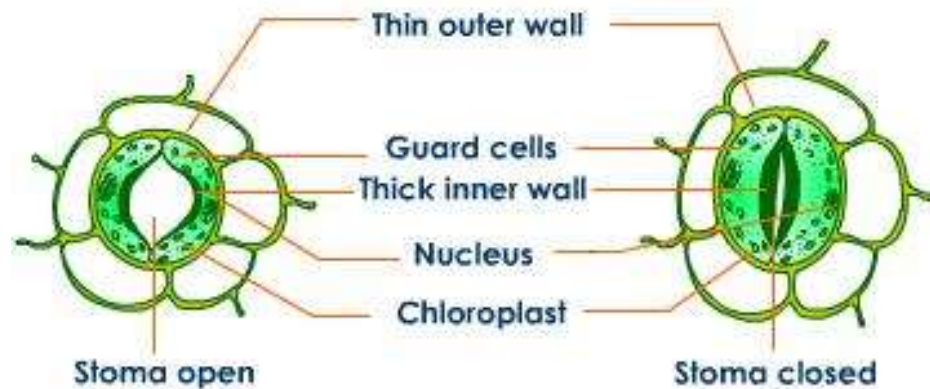
# Transpiração e Absorção de CO<sub>2</sub> e os estômatos



Note que este gradiente é “motor” para o deslocamento do CO<sub>2</sub> para dentro o mesófilo. Se a diferença é grande, a célula pode fechar parcialmente os estômatos mantendo a mesma taxa de fluxo para dentro. Com isso, evita-se a perda de água.

# Regulação Estomática

- Três fatores principais controlam a abertura estomática:
  - 1) **Radiação solar** – fechamento no escuro;
  - 2) **Estado hídrico das folhas** – células guarda túrgidas tornam-se ovaladas e se abrem, permitindo a saída de vapor d'água e a entrada de CO<sub>2</sub>;



Com maior turgor, as células-guarda se abrem e permitem a transpiração e entrada de CO<sub>2</sub>.

Estômato fechado por causa do baixo turgor das células-guarda



Estômato fechado por causa do baixo turgor das células-guarda

Com maior turgor, as células-guarda se abrem e permitem a transpiração e entrada de CO<sub>2</sub>.

# Regulação Estomática

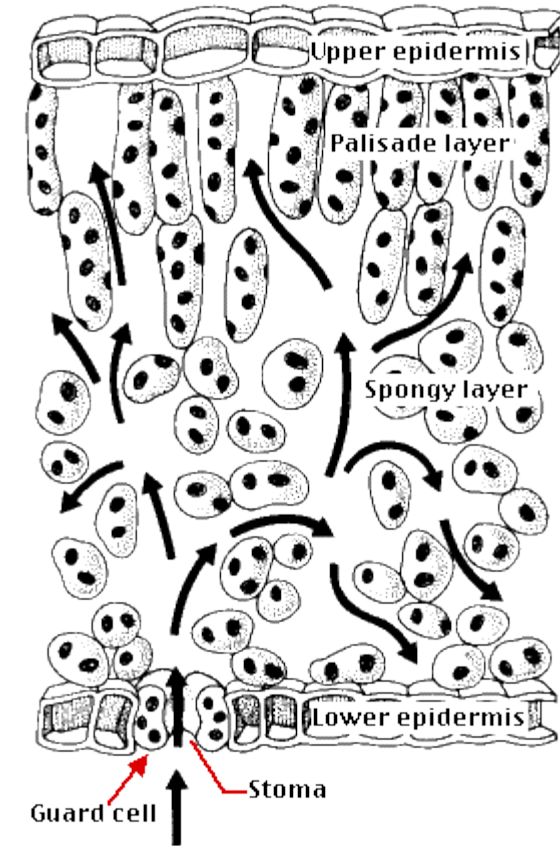
- **3) Concentração de CO<sub>2</sub> no ambiente**

- A queda na concentração de CO<sub>2</sub> interna desencadeia um caminho bioquímico que faz com que as células-guarda tornem-se túrgidas e reabram.

- O fluxo de CO<sub>2</sub> é controlado pelo

- gradiente entre a atmosfera e o interior dos estômatos;

- Pela teoria fluxo-gradiente, com o aumento na concentração externa, o gradiente é mantido mesmo com o estômato relativamente fechado, permitindo a redução da perda de água sem redução na taxa fotossintética.



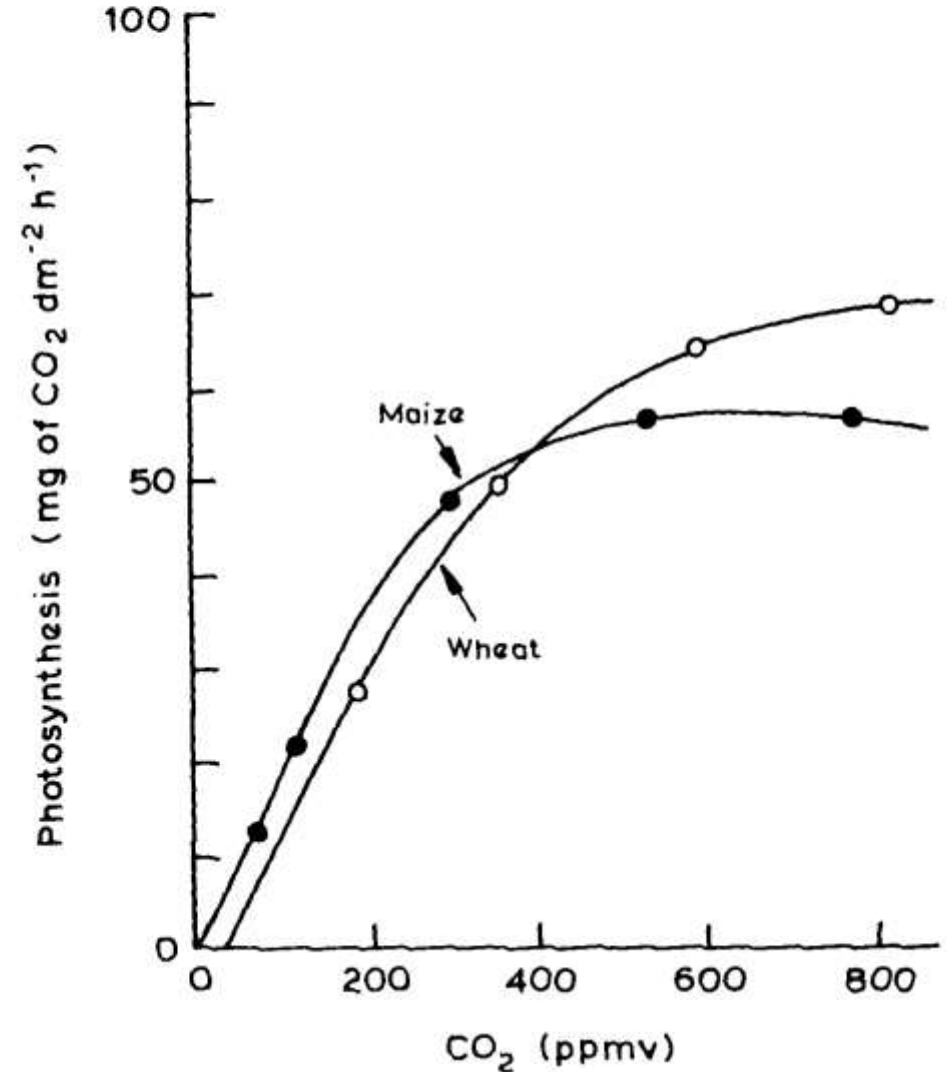


# Efeito da elevação na concentração de CO<sub>2</sub>

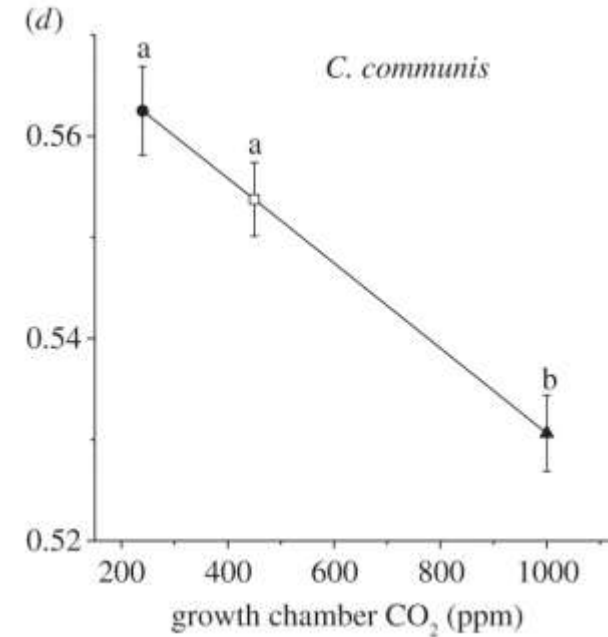
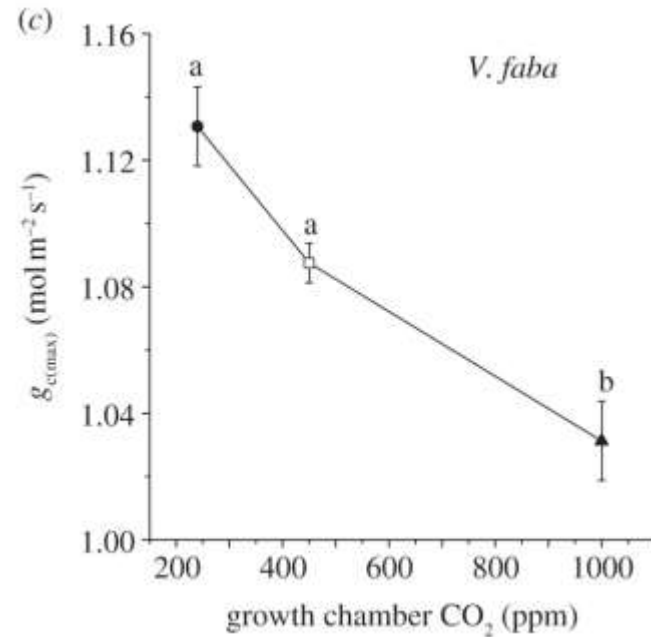
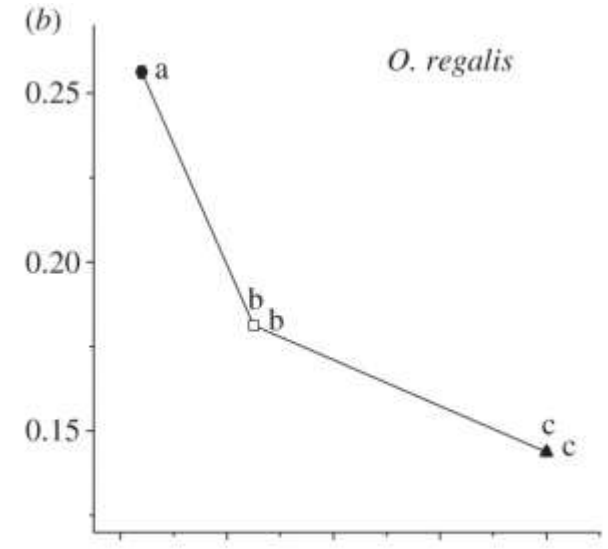
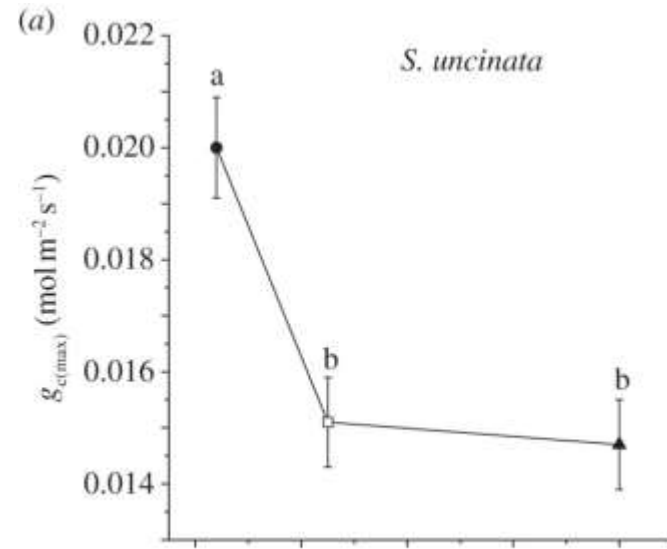
- Ganho fotossintético nas culturas (e daninhas!) C3;
- Ganho fotossintético moderado nas culturas (e daninhas!) C4;
- Ganho na produtividade da água (eficiência de uso de água) das culturas (notadamente C4 em condição de sequeiro)

# Fotossíntese e CO<sub>2</sub>

**Figure 4.1** Typical photosynthesis response of plants to CO<sub>2</sub>. Net photosynthesis of wheat is about 70 mg of CO<sub>2</sub> dm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> compared with maize (about 55 mg of CO<sub>2</sub> dm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>) for equivalent light intensity (0.4 cal cm<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup>). Maize is saturated at a lower CO<sub>2</sub> concentration (c.450 ppmv) than wheat (c.850 ppmv). (Adapted from Akita and Moss, 1973).<sup>4</sup>



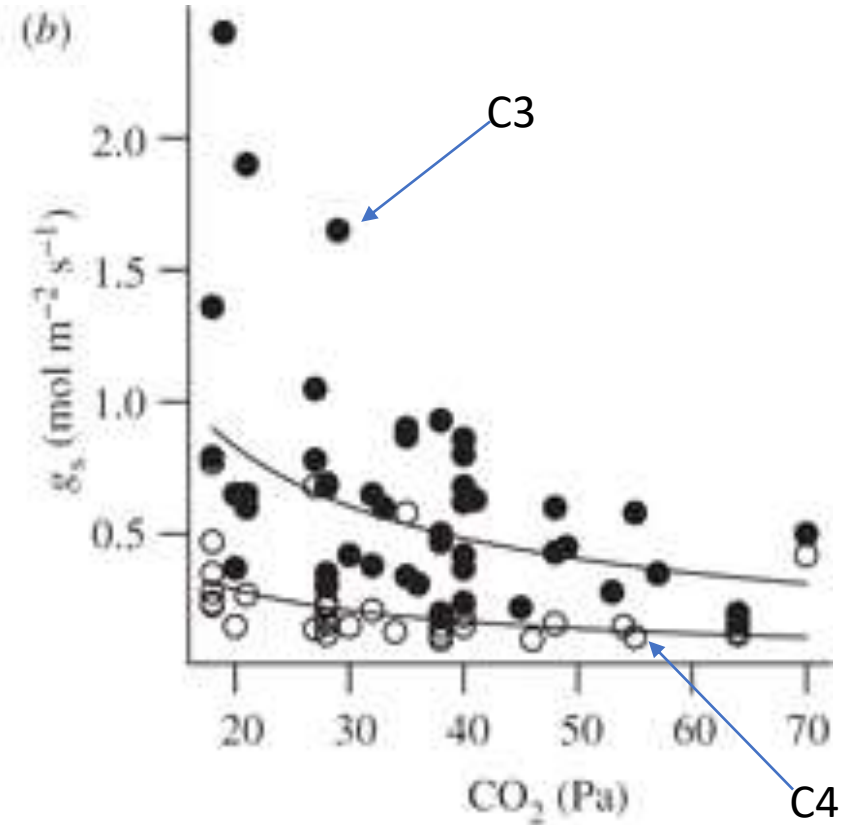
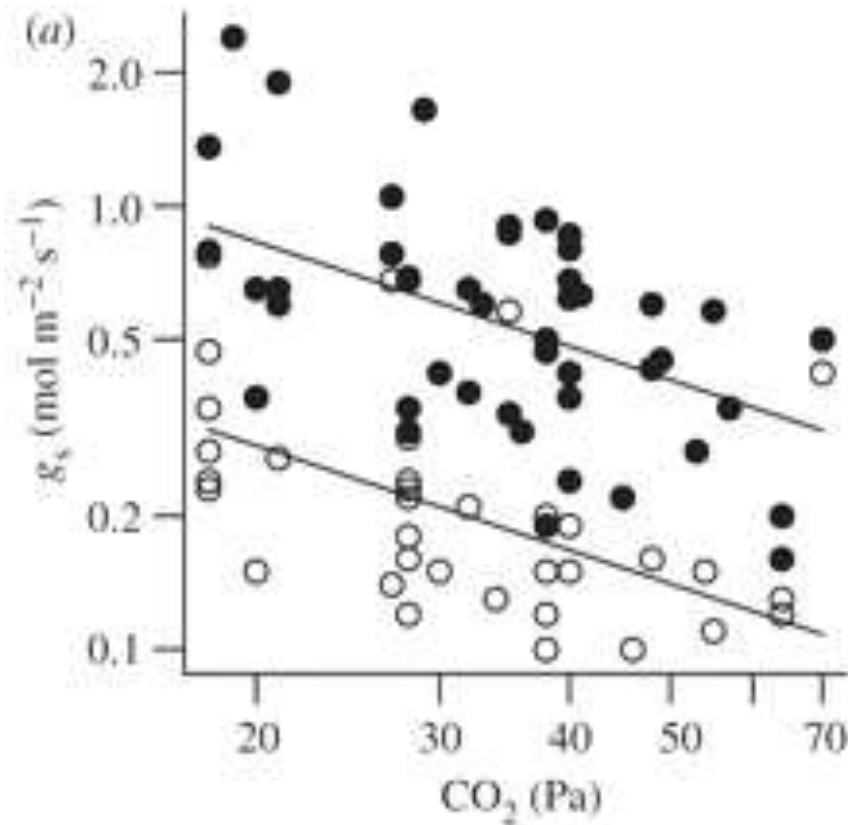
# CO<sub>2</sub> e Abertura Estomática





# CO<sub>2</sub> e Abertura Estomática

Stomatal conductance ( $g_s$ ) for the leaves of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants grown and measured under a range of different CO<sub>2</sub> partial pressures, with an emphasis on experiments investigating the effects of CO<sub>2</sub> below the current ambient level of approximately 40 Pa (data sources: [30,62–65]; electronic supplementary material). The data compilation is based on literature searches for studies reporting the leaf gas exchange of plants under sub-ambient CO<sub>2</sub>. However, values for elevated CO<sub>2</sub> were included when they were reported as part of the same CO<sub>2</sub>-gradient studies. The fitted curve for the C<sub>3</sub> species is  $\ln(g_s) = 2.16 - 0.78 \ln(\text{CO}_2)$ , and for the C<sub>4</sub> is  $\ln(g_s) = 1.10 - 0.78 \ln(\text{CO}_2)$ . Data and curves are shown on (a) log and (b) linear plots to illustrate relative and absolute sensitivity to CO<sub>2</sub>, respectively. The fitted curves produce effect sizes for  $g_s$  at elevated CO<sub>2</sub> in C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> grasses that fall within confidence intervals of previous meta-analyses [66,67]. Filled circles, C<sub>3</sub>; open circles, C<sub>4</sub>.



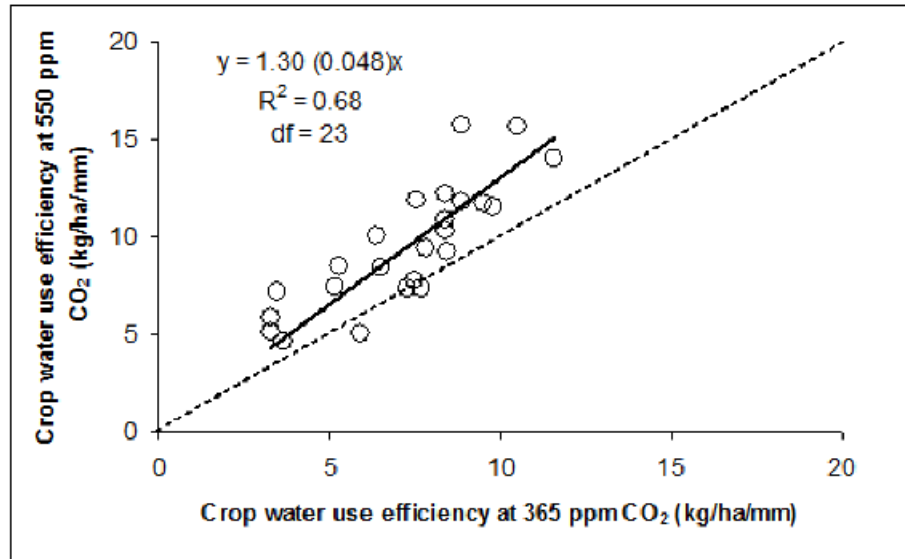
Observe que os estômatos (representado por  $g_s$ ) tendem a fechar conforme aumenta a concentração de CO<sub>2</sub> no ambiente

# Relação - CO<sub>2</sub> X Produtividade da água



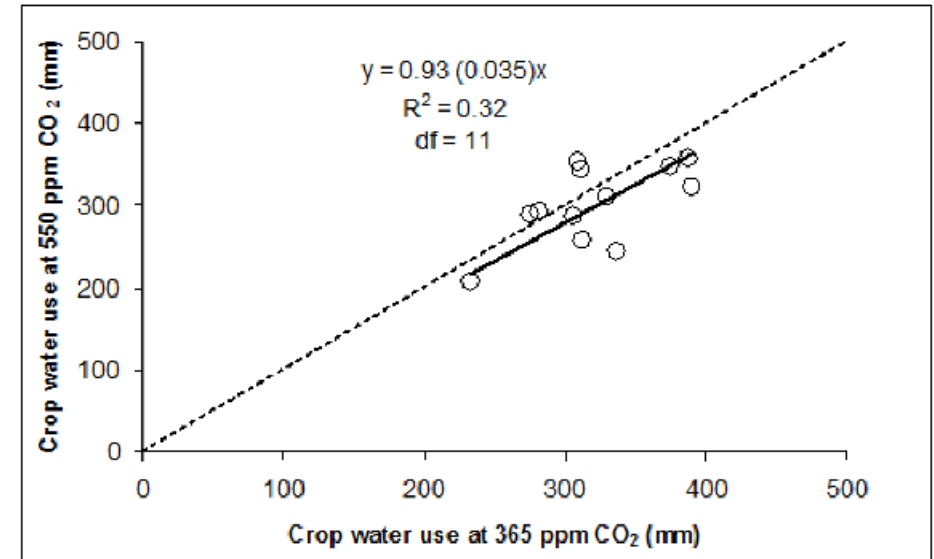
Observe que a produção de matéria seca por milímetro de água consumido aumenta conforme sobe a concentração de CO<sub>2</sub> no ar.

## Produtividade da Água



Comparison of water use efficiency response under elevated CO<sub>2</sub> compared to daytime ambient conditions (365 ppm) of wheat (cv. Yitpi) showing significant ( $P < 0.05$ ) mean increase in water use efficiency (30%) against the 1:1 unity dashed line. Standard error of linear coefficient shown in parentheses.

## Consumo Hídrico



Comparison of water use response under elevated CO<sub>2</sub> compared to daytime ambient conditions (365 ppm) of wheat (cv. yitpi) showing significant ( $P < 0.10$ ) mean decrease in water use (7%) against the 1:1 unity dashed line. Standard error of linear coefficient shown in parentheses.

# APSIM-Sugar

In the APSIM-Sugar model, high atmospheric CO<sub>2</sub> concentration is considered by multiplying the default transpiration efficiency (TUE) and RUE coefficients by modifiers (TUE and RUE CO<sub>2</sub> modifiers), as follows:

$$\text{TUE CO}_2 \text{ modifier} = 0.0008 \cdot [\text{CO}_2] \quad (2)$$

$$\text{RUE CO}_2 \text{ modifier} = \left( \frac{1}{350} \cdot 0.05 \right) \cdot [\text{CO}_2] + 0.95 \quad (3)$$



# DSSAT/Canegro

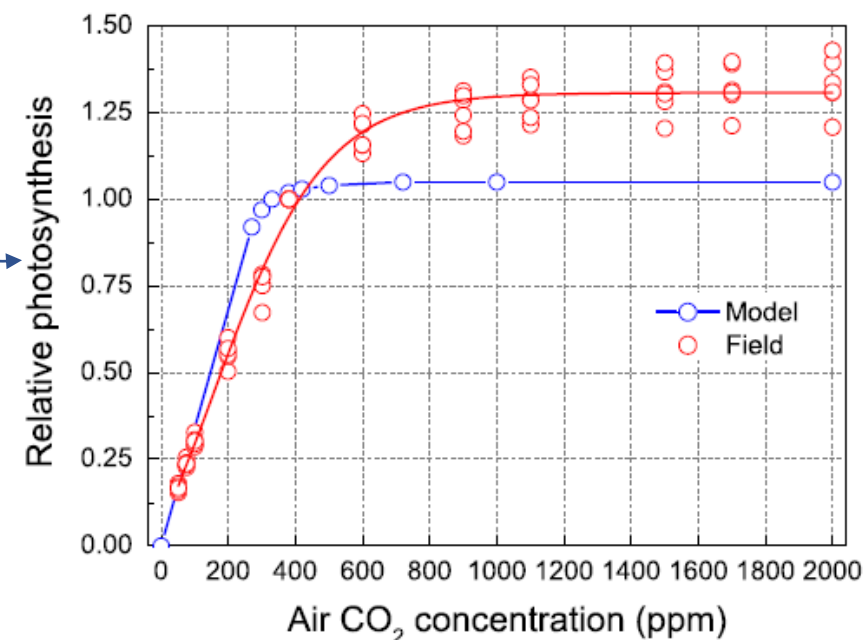
The DC photosynthesis algorithm calculates daily total biomass increments using a RUE approach (Singels and Bezuidenhout 2002) and a [CO<sub>2</sub>] fertilization effect algorithm (Singels et al. 2013), which accounts for the photosynthesis (PG) and hence yields:

$$P_G = FI \times PAR \times \epsilon c \times R_{PG}$$

where FI is fractional interception of PAR, PAR is the photosynthetically active solar radiation (MJ m<sup>-2</sup>) and ec is the RUE (g MJ<sup>-1</sup>).

$$r_s = \frac{\left( 3.28 \cdot 10^{-2} - 5.49 \cdot 10^{-5} \cdot [CO_2] + 2.96 \cdot 10^{-8} \cdot [CO_2]^2 \right)^{-1} + r_{lb}}{LAI}$$

where  $r_s$  is the canopy resistance to water vapor diffusion (s m<sup>-1</sup>), [CO<sub>2</sub>] is the [CO<sub>2</sub>] expressed in ppm,  $r_{lb}$  is leaf boundary resistance (assumed as 10 s m<sup>-1</sup>) and LAI is the leaf area index (m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup>).



# Leitura Sugerida

- **Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro**

Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/v17n02/v17n02a15.pdf>