

# XXII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem

## Eficiência do uso da água



*Durval Dourado Neto*  
Departamento de Produção Vegetal  
ESALQ, Universidade de São Paulo



*Cascavel-PR, 7.11.2012*



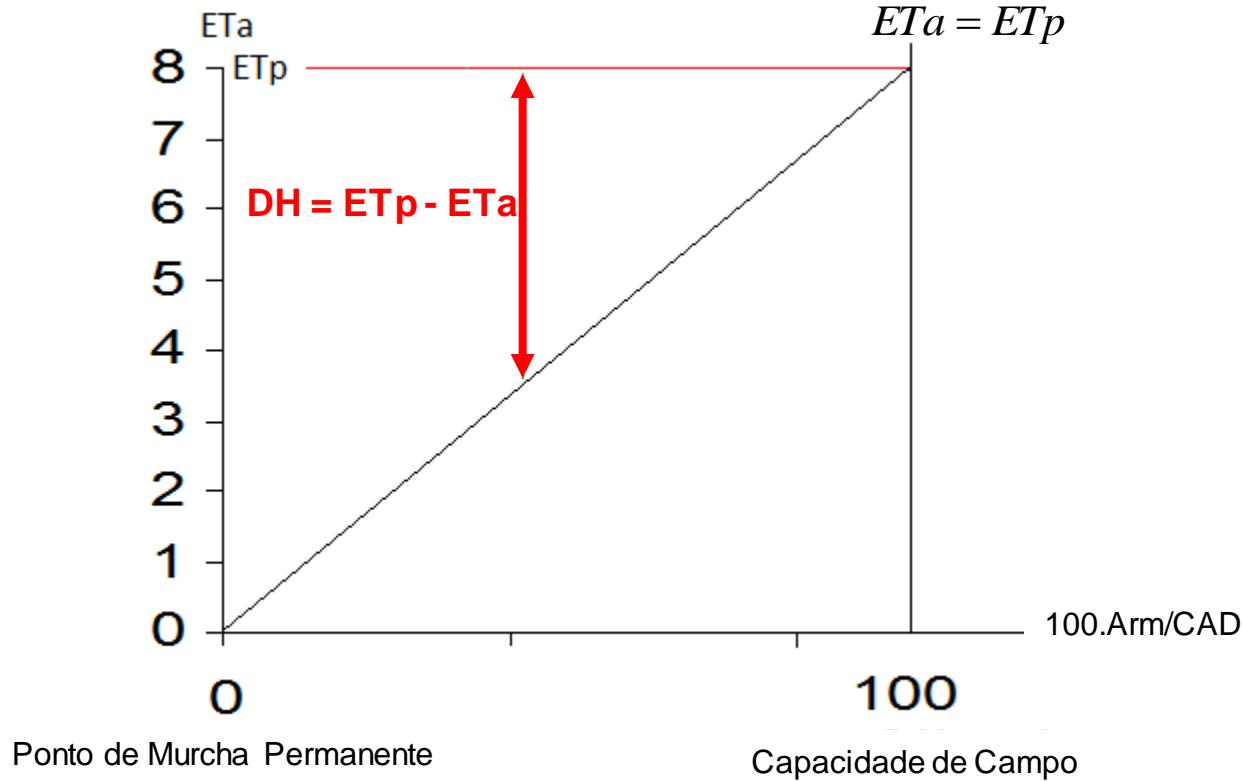
# Sumário

## OBJETIVO DA APRESENTAÇÃO

**Teoria – o conhecimento básico norteia as ações de manejo**

1. O que é deficiência hídrica?
2. Genótipo
  - (a) Produtividade (potencial, atingível e atual)
  - (b) Fotossíntese
  - (c) IAF, espaçamento e população
  - (d) Partição de Carbono, eficiência de conversão e duração do ciclo
  - (e) Eficiência do uso de Luz e Carbono
3. Ambiente de produção
  - (a) CAD e densidade de fluxo
  - (b) Eficiência do uso de água e nutrientes

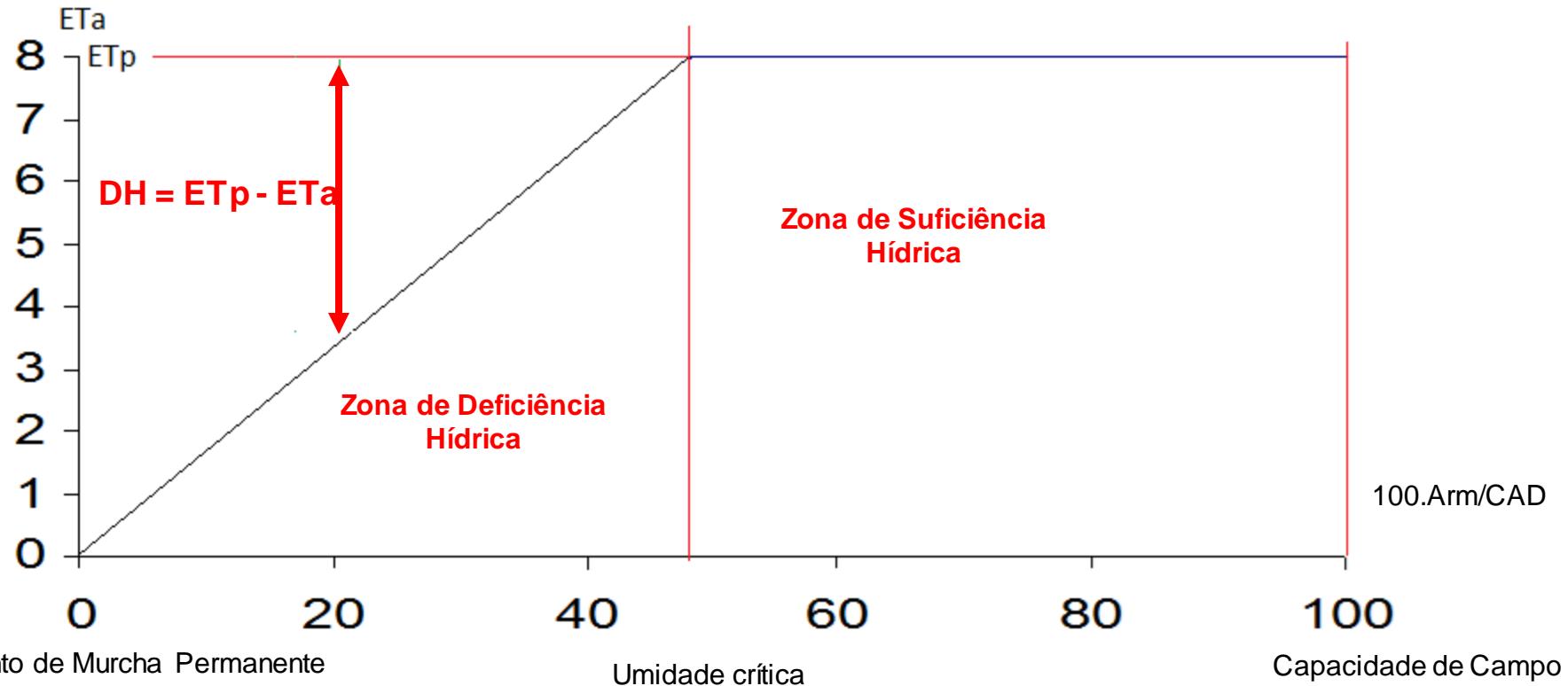
# O que é deficiência hídrica?



$$ETa = ETp \frac{SWH}{SWHC}$$

Thornthwaite & Mather (1955)

# O que é deficiência hídrica?



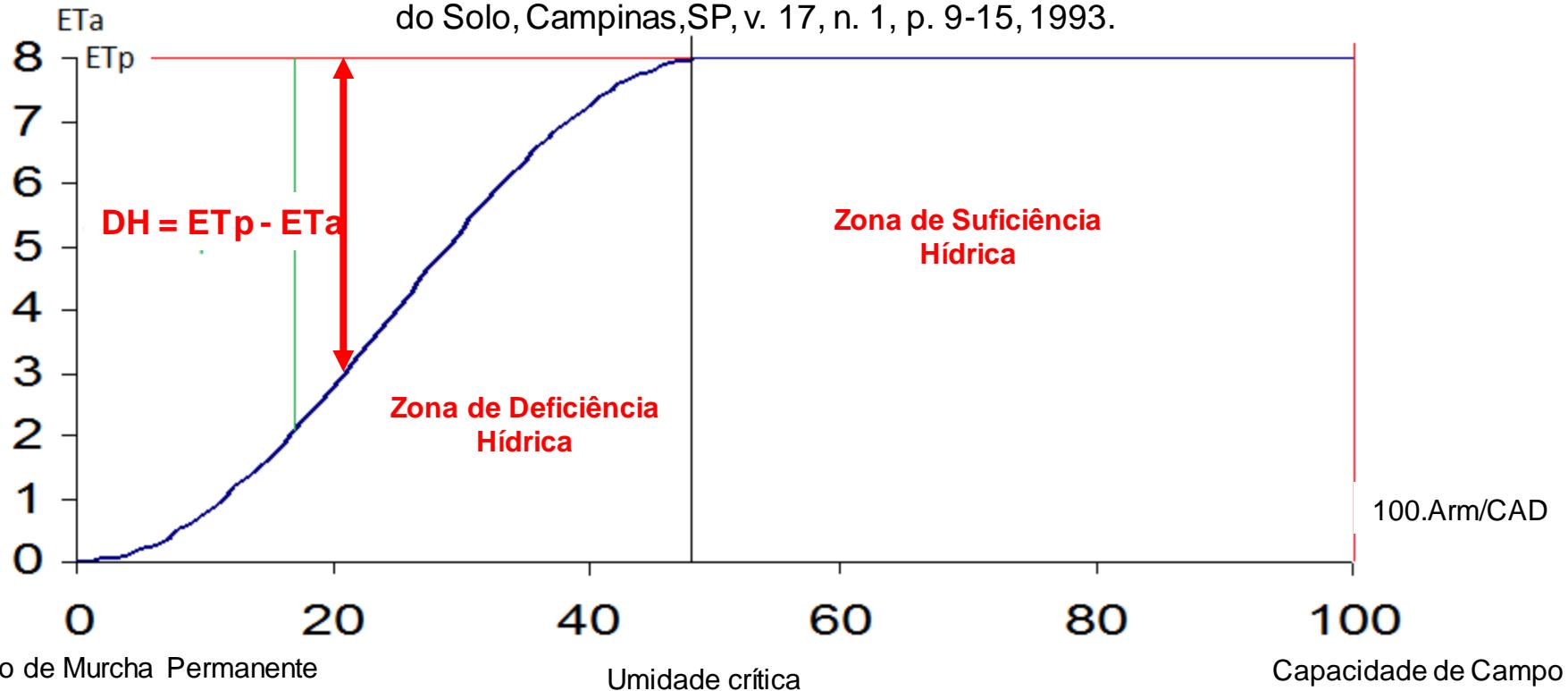
$$ET_a = ET_p \frac{SWH}{(1 - p) \cdot SWHC}$$

$$ET_a = ET_p$$

Rijtema & Abouckhaled (1975)

# O que é deficiência hídrica?

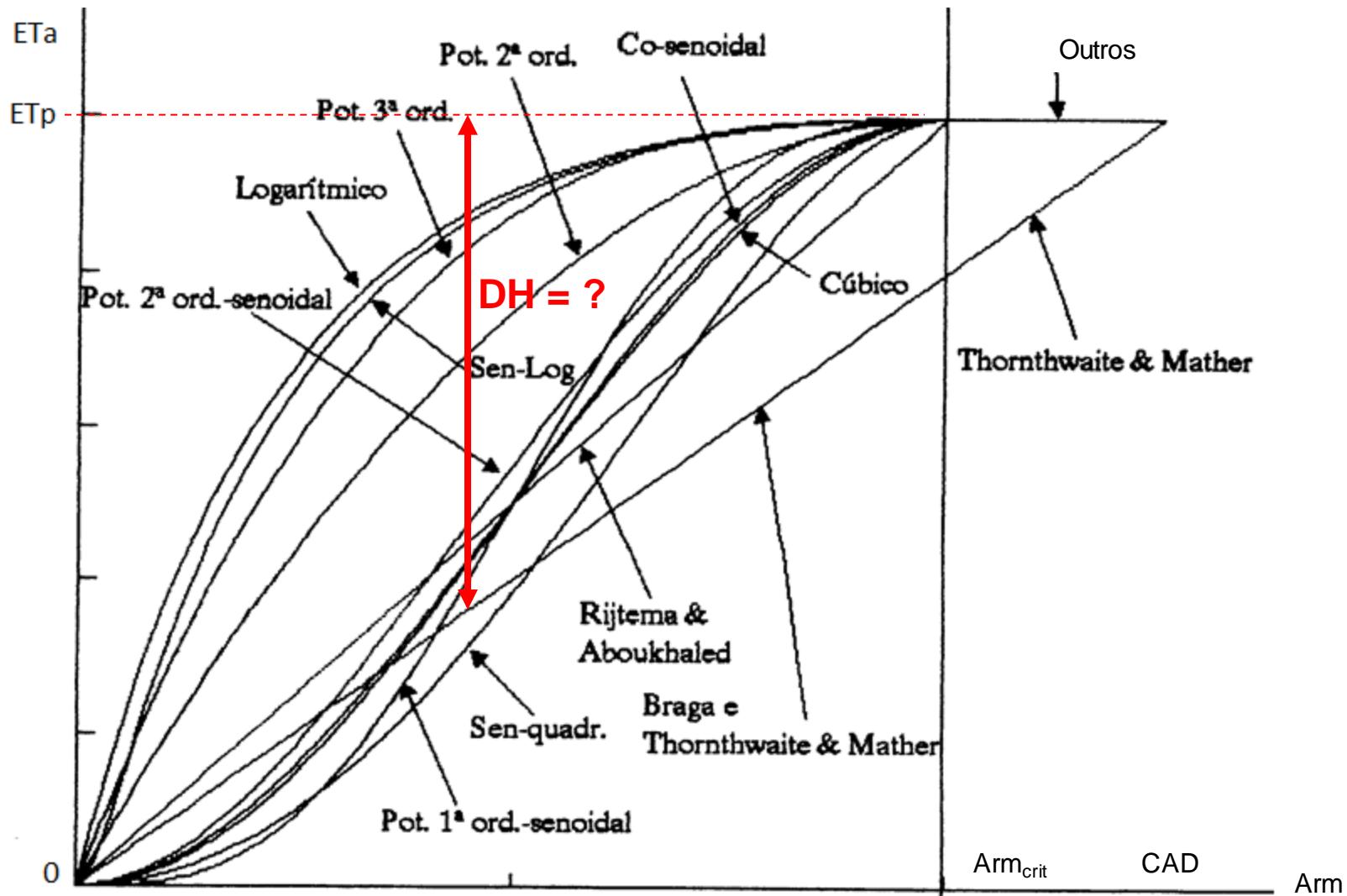
DOURADO NETO, Durval ; JONG VAN LIER, Q. Estimativa do armazenamento de água no solo para realização de balanço hídrico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, SP, v. 17, n. 1, p. 9-15, 1993.



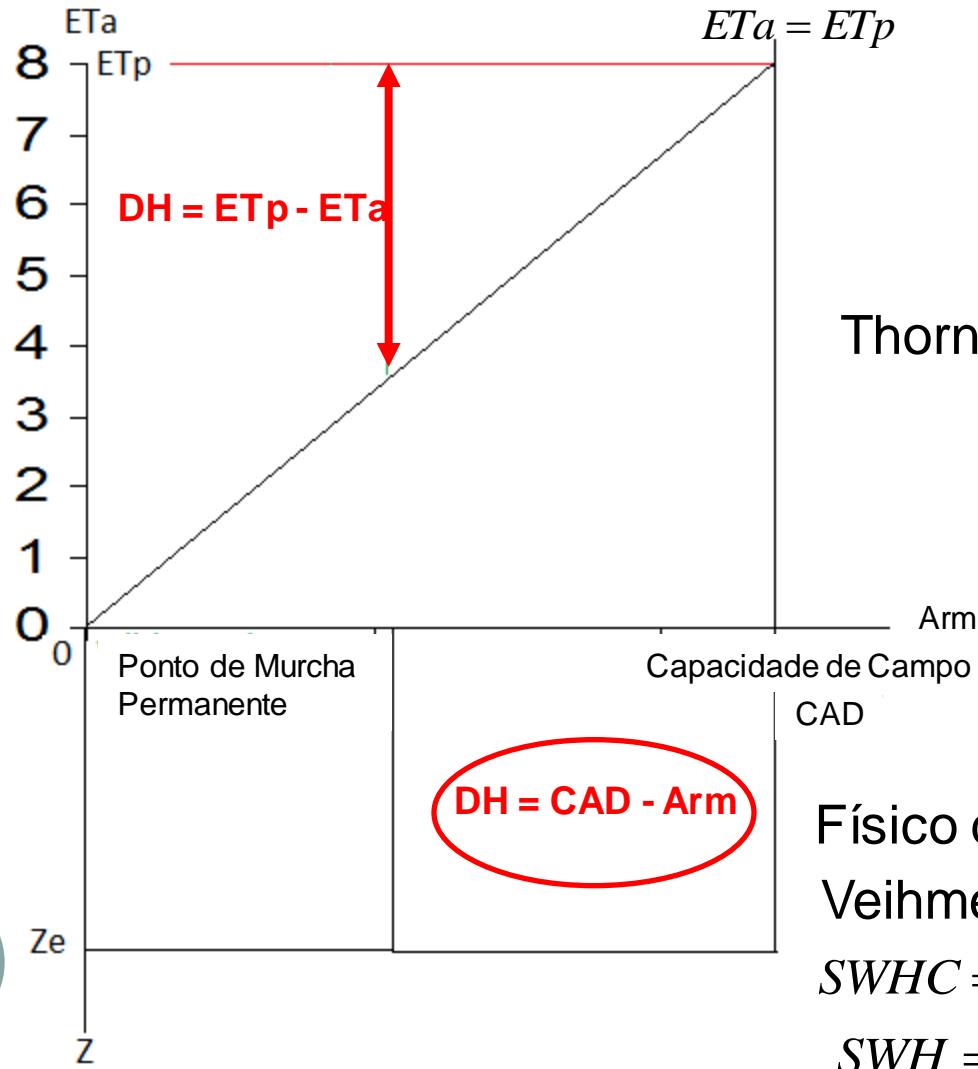
$$ET_a = \frac{ET_p}{2} \left[ 1 - \cos \left\{ \frac{\pi \cdot SWH}{(1-p) \cdot SWHC} \right\} \right]$$

$$ET_a = ET_p$$

# O que é deficiência hídrica?



# O que é deficiência hídrica?



Thornthwaite & Mather (1955)

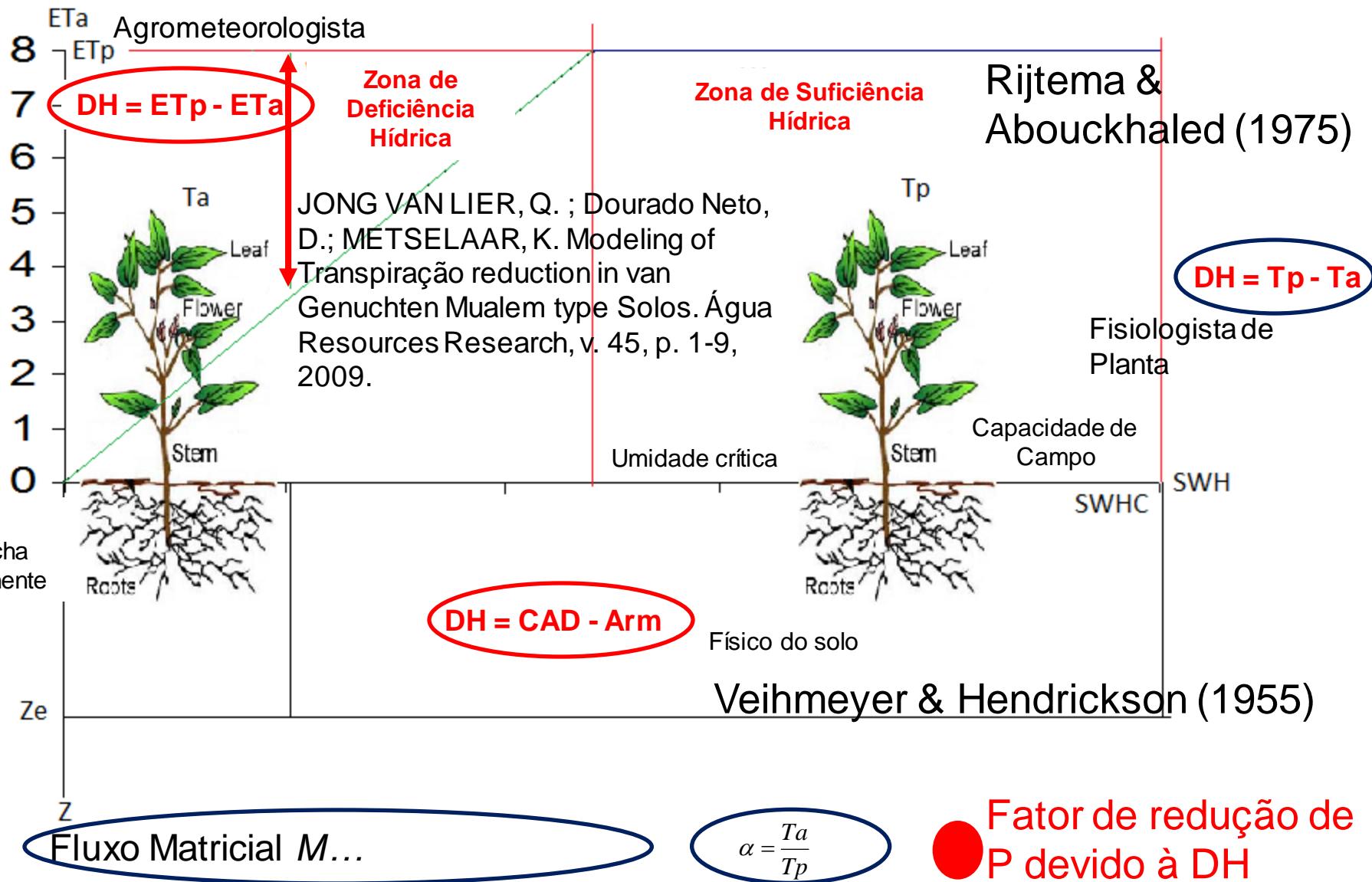
Físico do Solo

Veihmeyer & Hendrickson (1955)

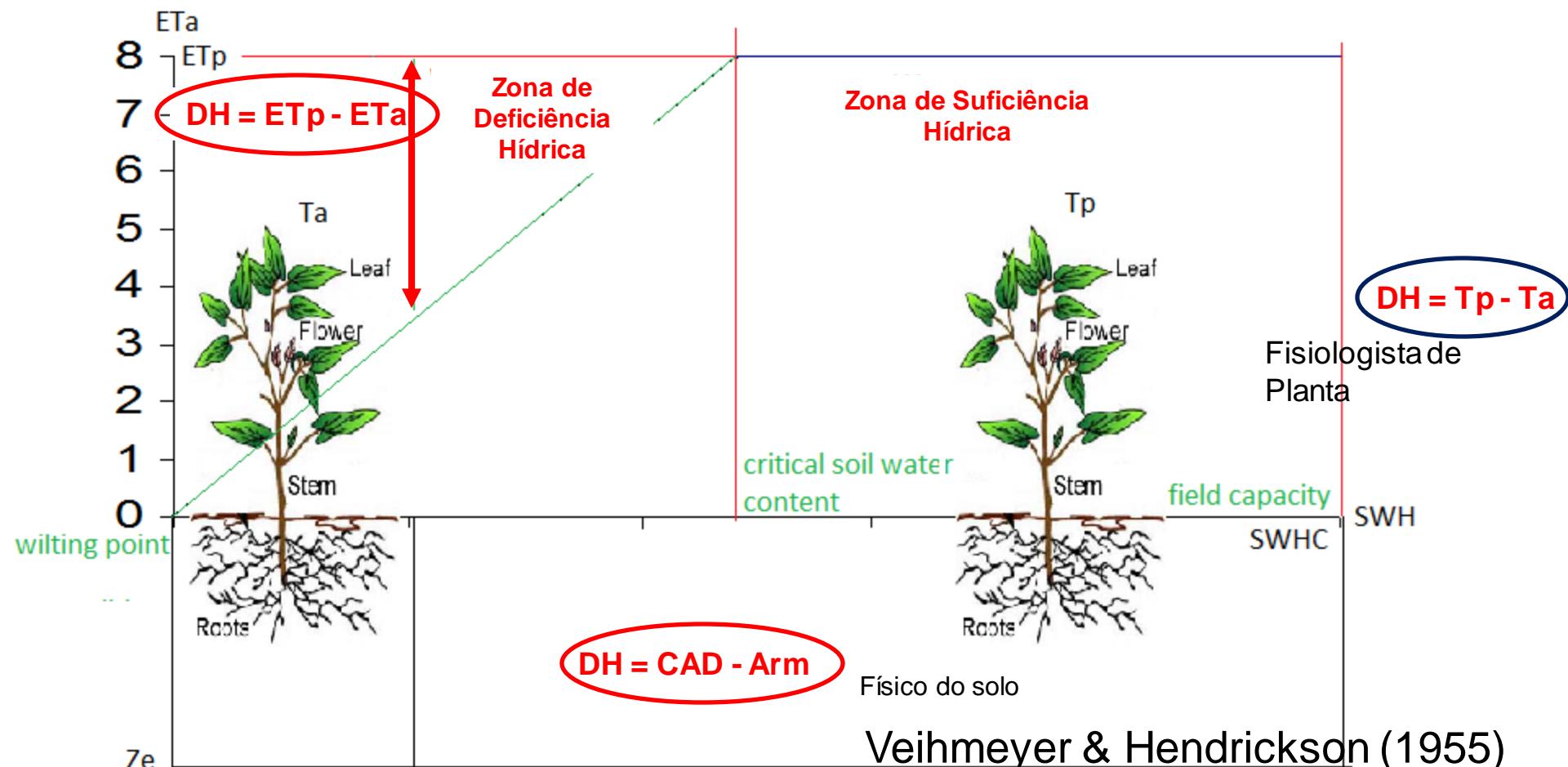
$$SWHC = 10(\theta_{fc} - \theta_{pwp})Ze$$

$$SWH = 10(\theta_a - \theta_{pwp})Ze$$

# O que é deficiência hídrica?



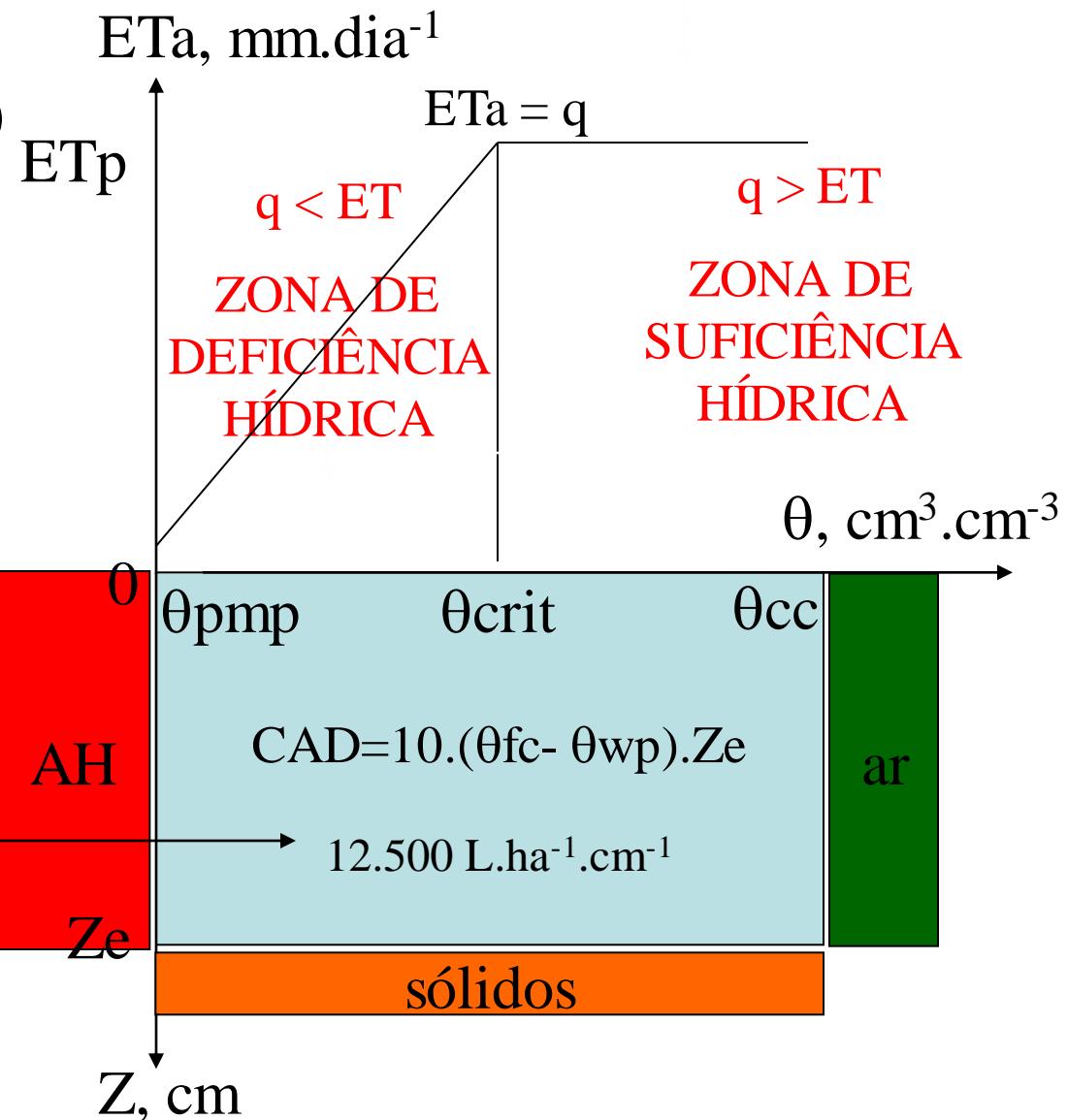
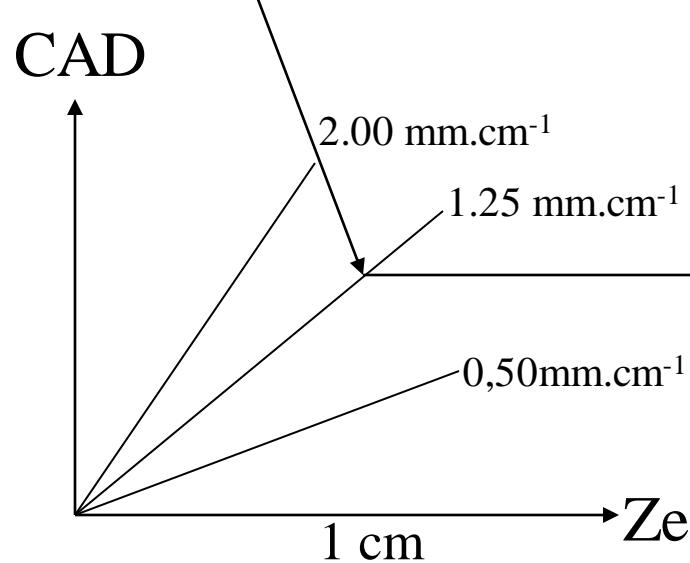
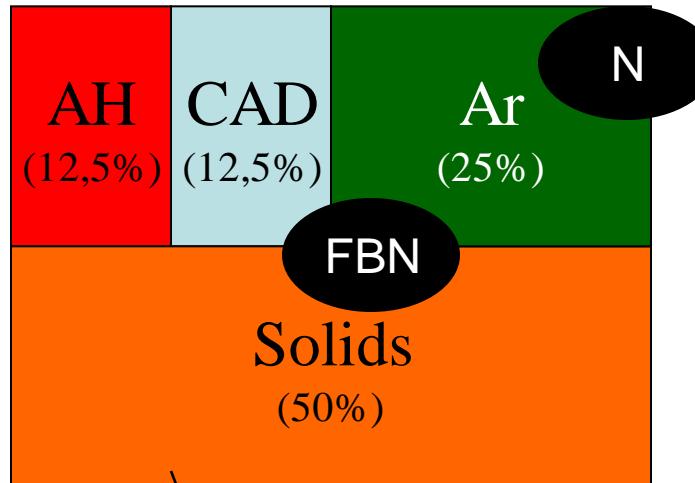
# Irrigação com *deficit* sem deficiência hídrica



$$Ib = \frac{10}{Ef} \left( f \cdot u_{cc} - u_{pmp} \right) \cdot \frac{\rho_s}{\rho_w} \cdot Ze \left[ 1 + \frac{B \cdot CE_w}{2 \cdot (100 + AB)} \right]$$

# O que é deficiência hídrica?

CAD por unidade de Ze...

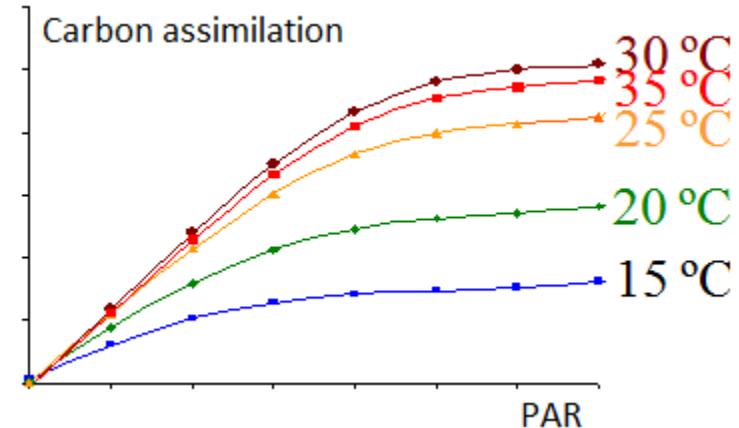
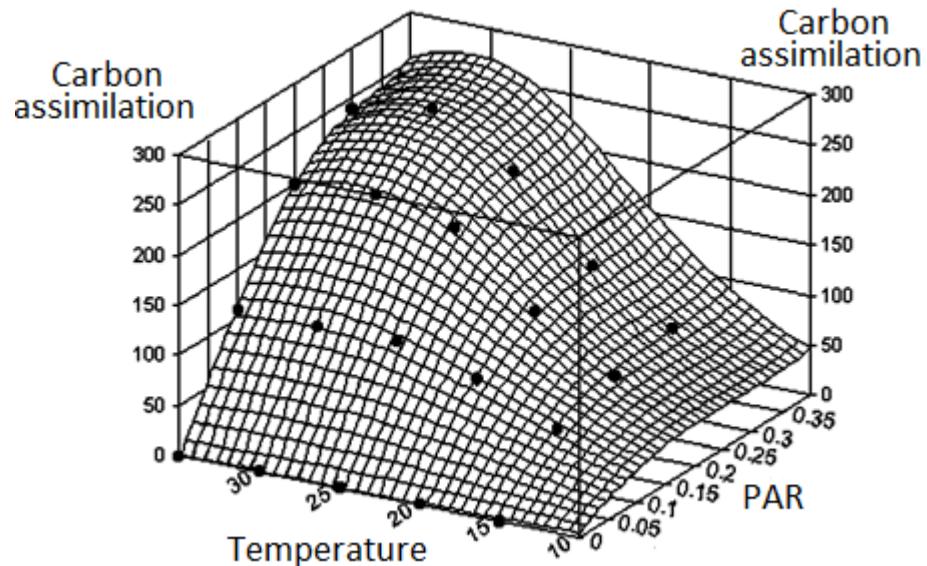
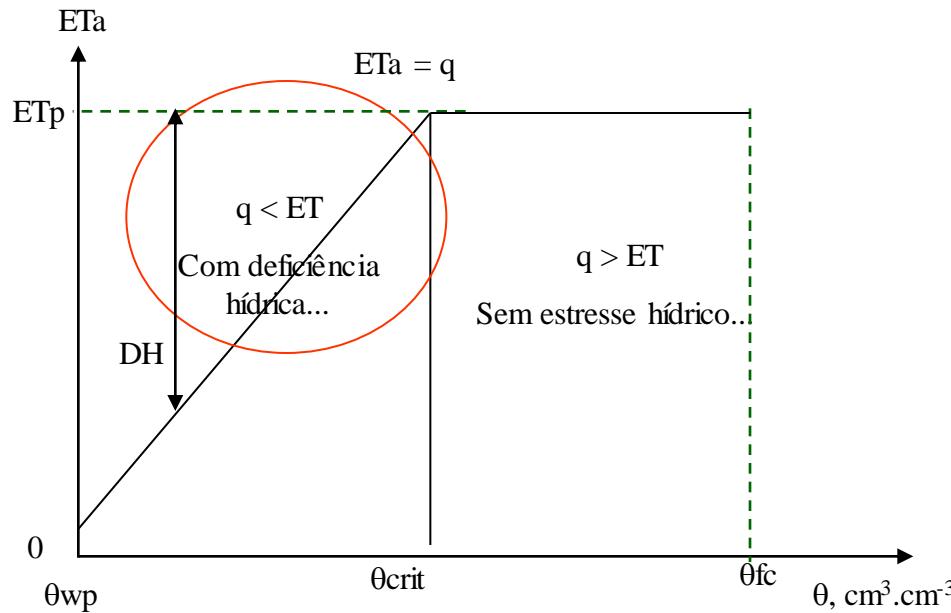


# O efeito da deficiência hídrica na produtividade



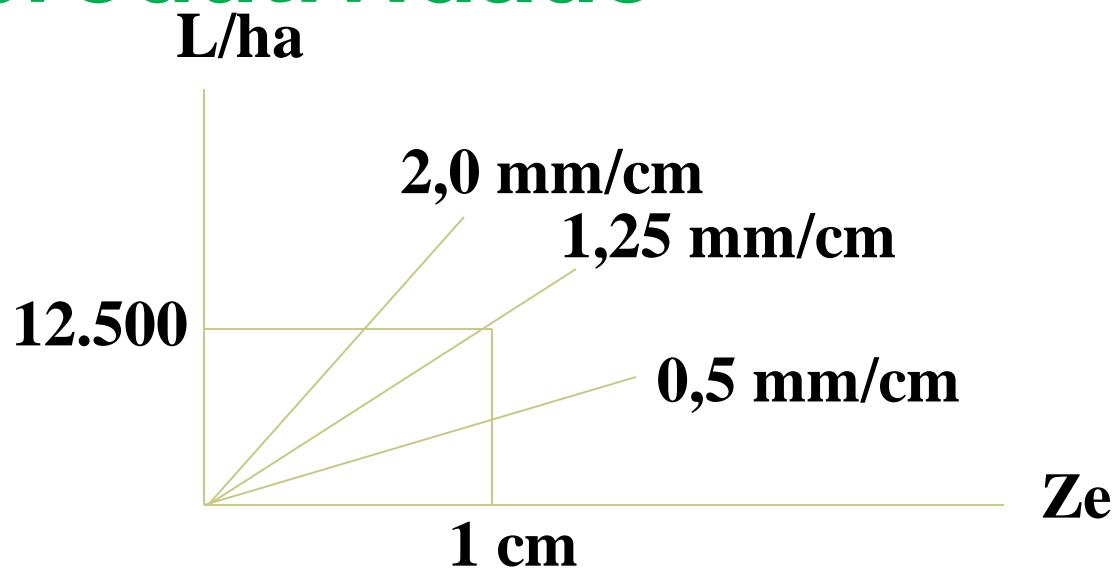
Fisiologia da produção

Modelagem



# O efeito da deficiência hídrica na produtividade

Menos CO<sub>2</sub>...  
Menos CH<sub>2</sub>O...  
Menos Nutrientes...  
Menos DM produção...  
...Menor produtividade



Maior SWHC/Ze:

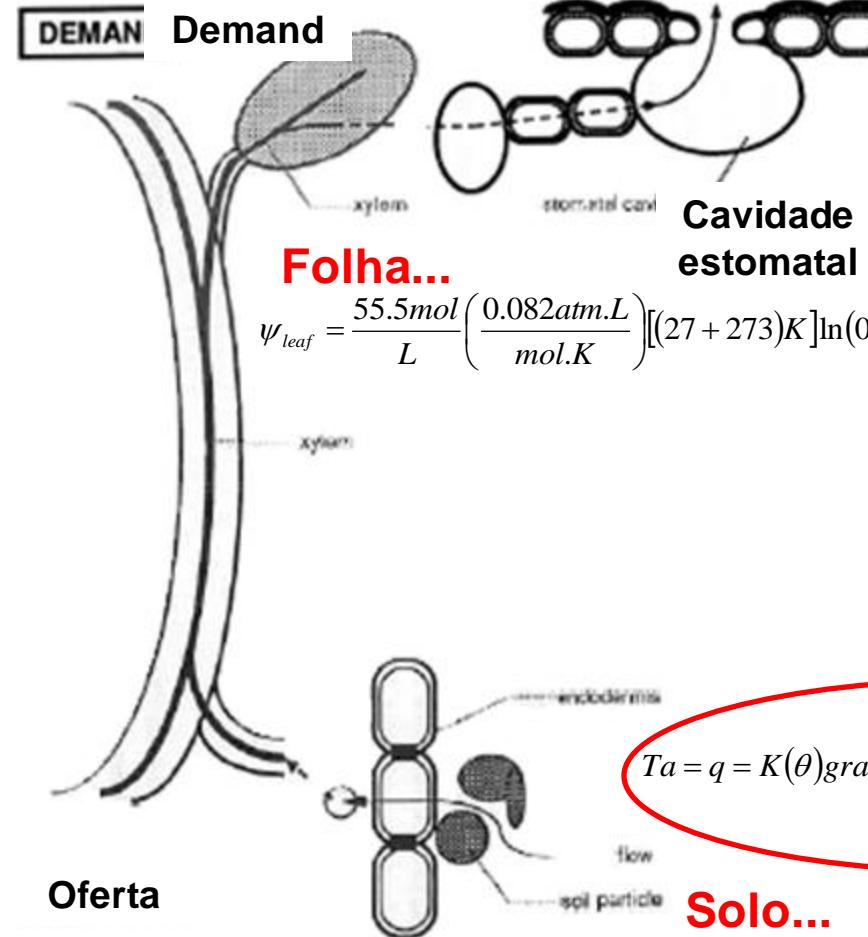
- Alta população de plantas
- Veranico: menor problema
- Fertilidade superficial: não impeditive para raiz crescer

# Água...

$$\psi = 55.5R(T + 273)\ln(RH)$$

**Ar: Noite (Orvalho)...**

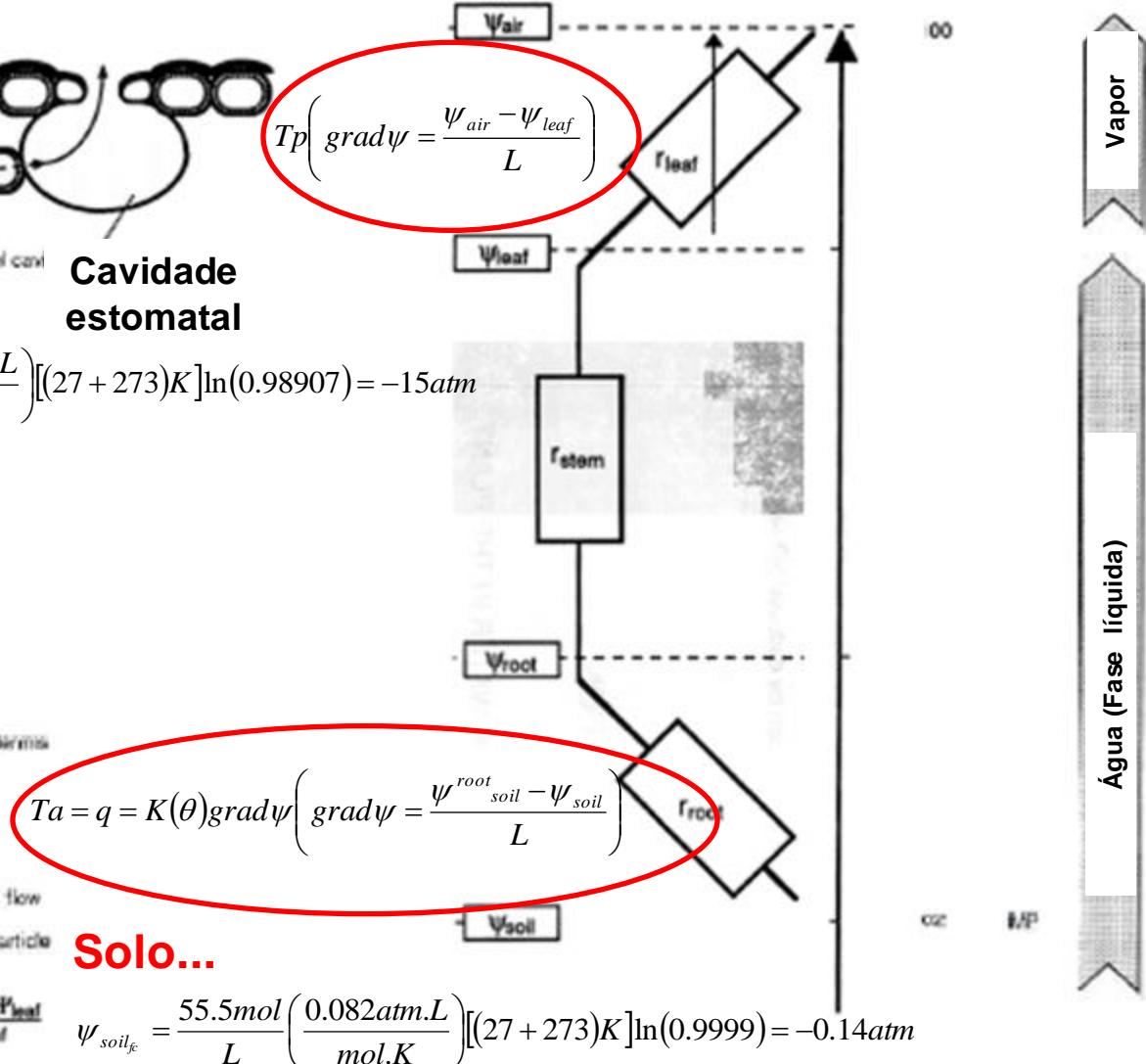
$$\psi_{air}^{2am} = \frac{55.5mol}{L} \left( \frac{0.082atm.L}{mol.K} \right) [(18 + 273)K] \ln(1) = 0 atm$$



$$\psi_{leaf} = \frac{55.5mol}{L} \left( \frac{0.082atm.L}{mol.K} \right) [(27 + 273)K] \ln(0.98907) = -15 atm$$

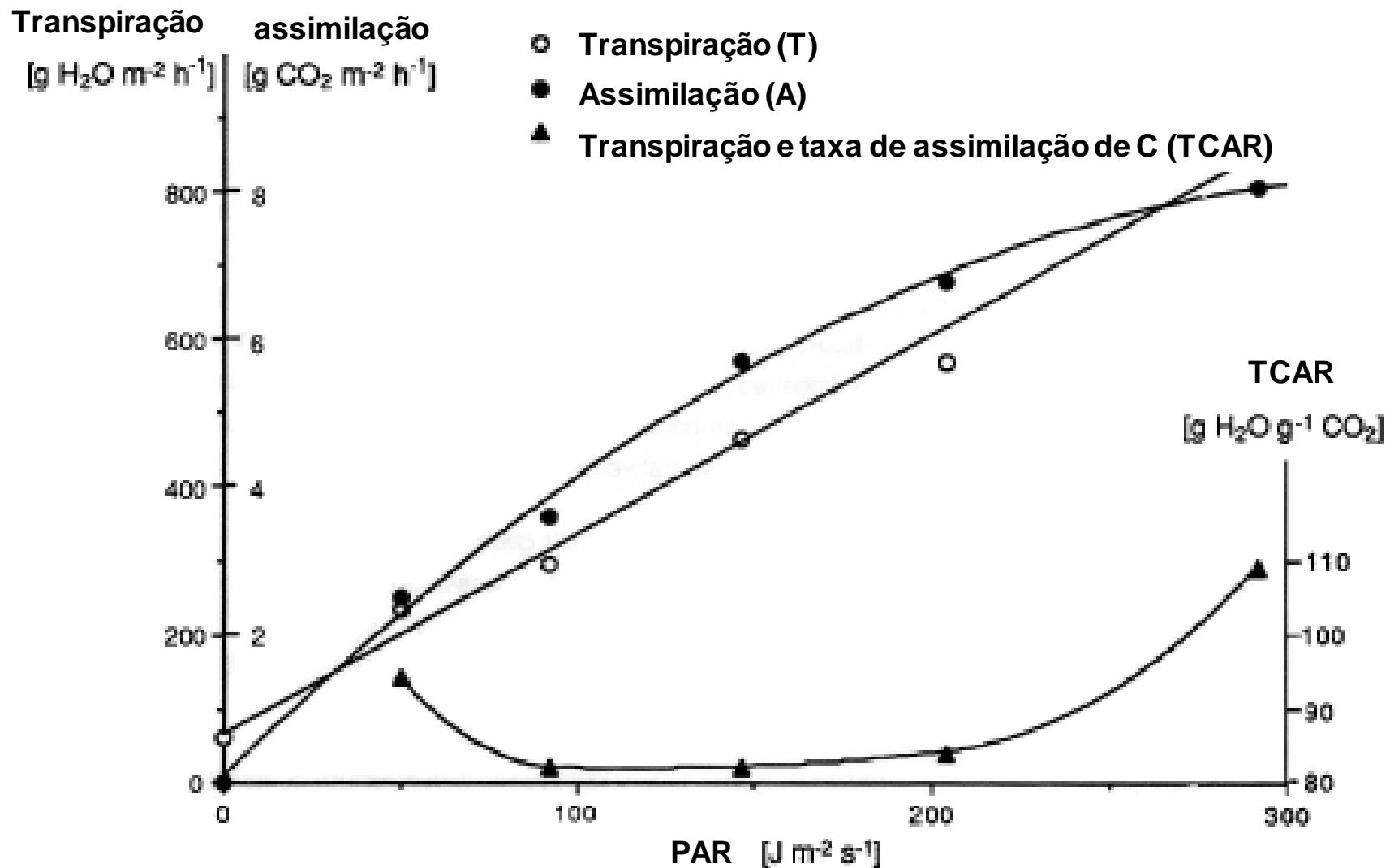
**Ar: dia...**

$$\psi_{air}^{2pm} = \frac{55.5mol}{L} \left( \frac{0.082atm.L}{mol.K} \right) [(27 + 273)K] \ln(0.5) = -946 atm$$

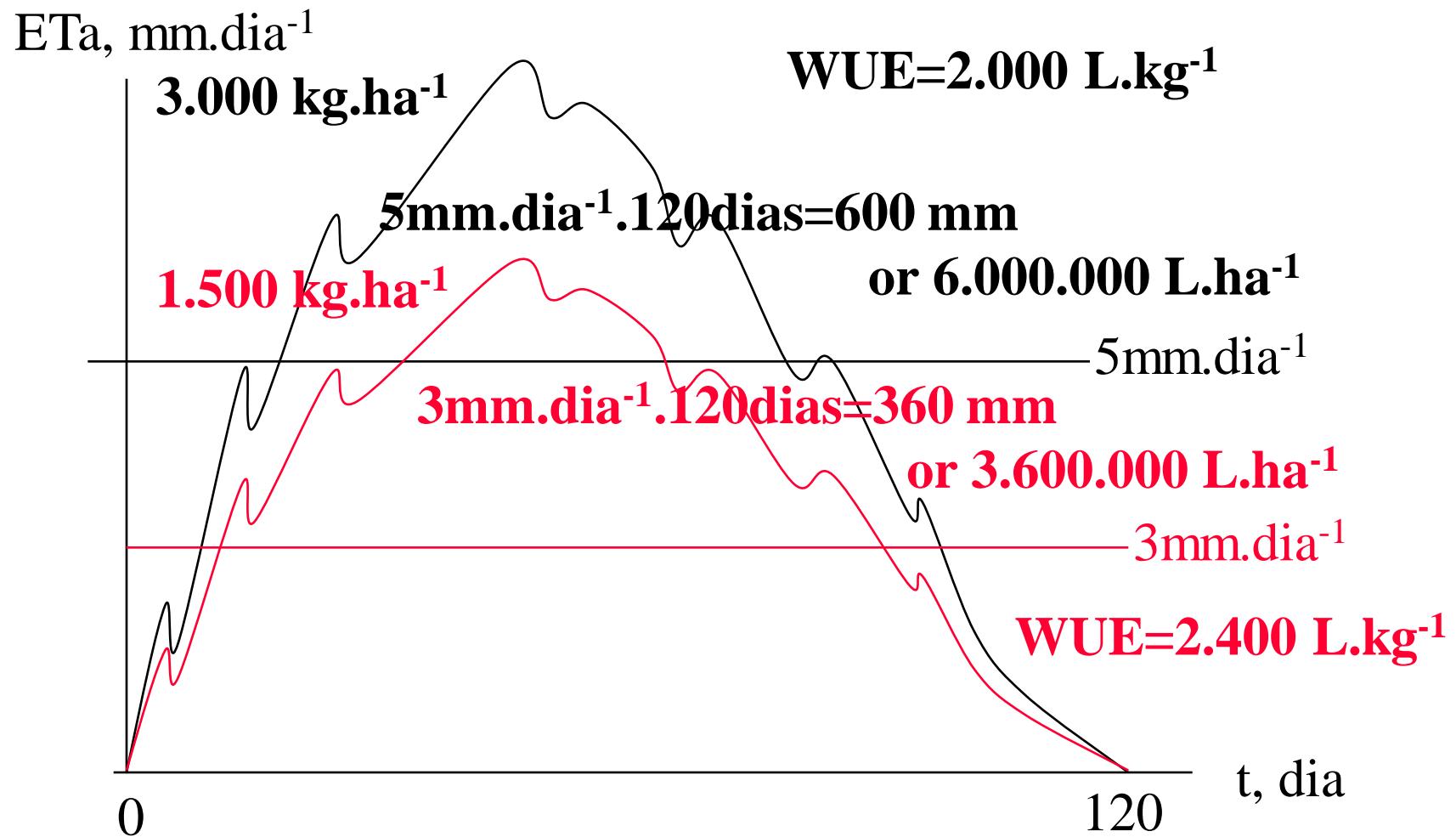


Água (Fase líquida)

# Transpiração and C assimilação



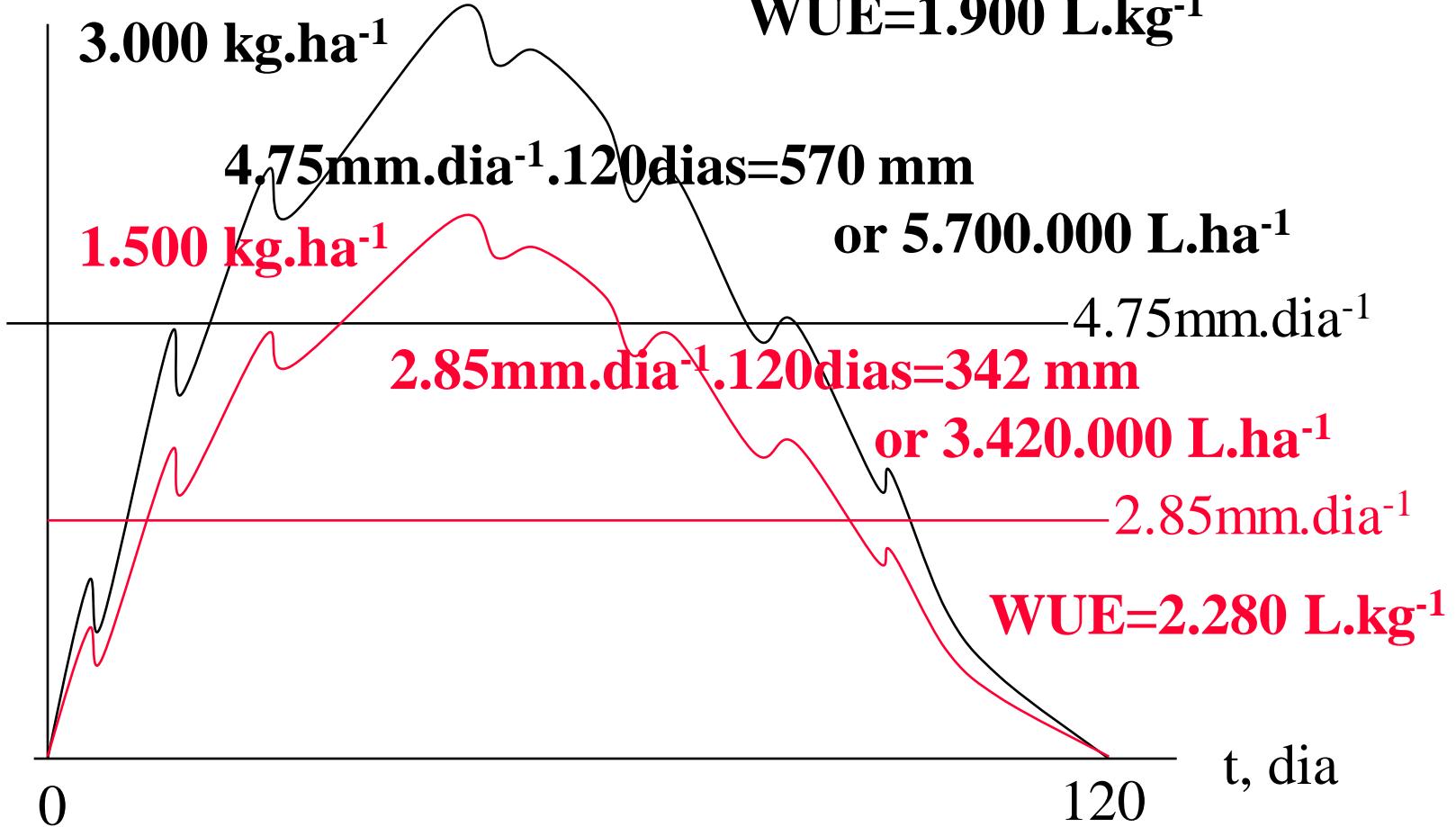
# Evapotranspiração



# Transpiração

$$E=0.05 \times ET_a$$

Ta, mm.dia<sup>-1</sup>



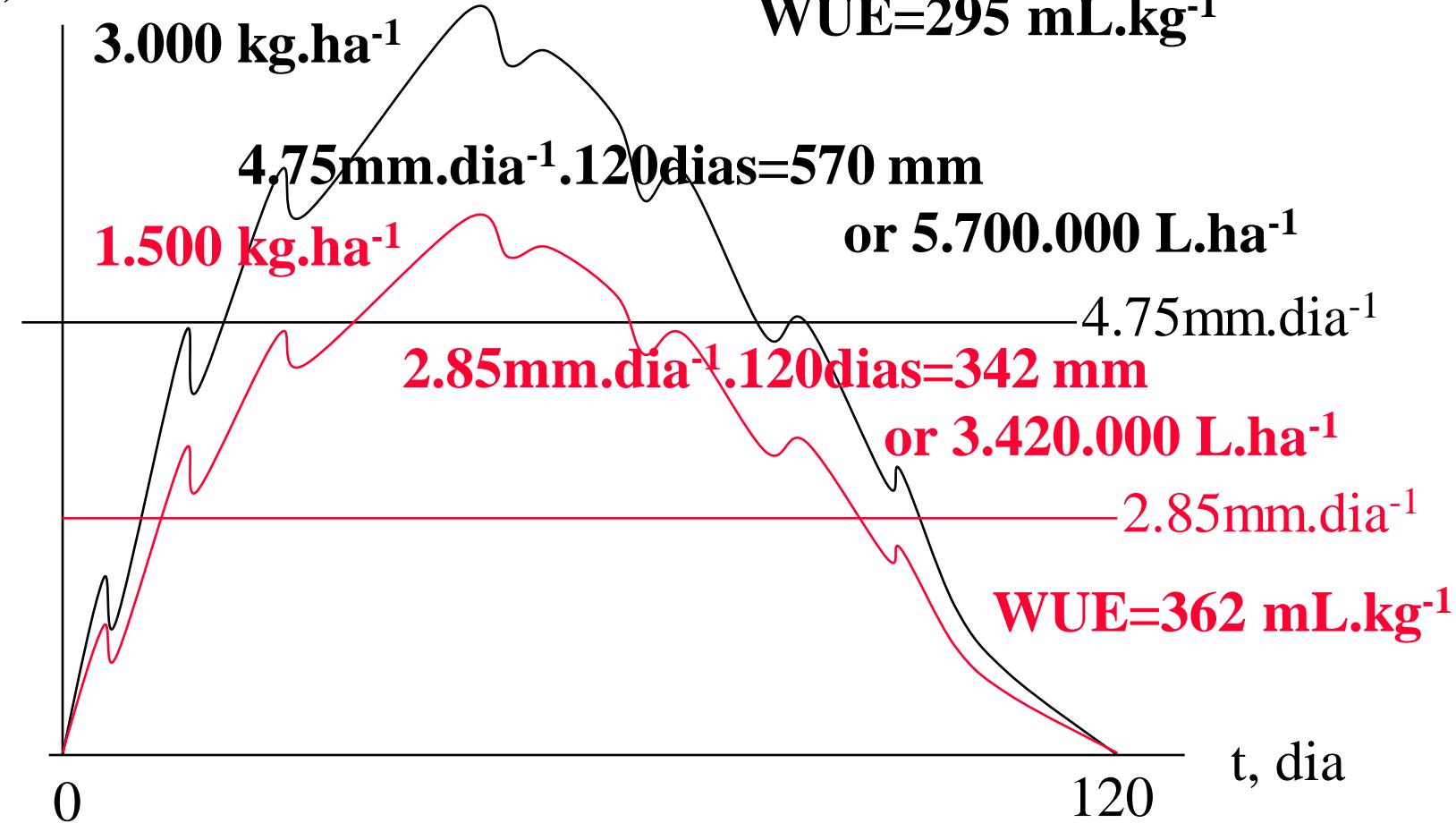
# Água na MS e exportada pelo grão

$$E=0.05 \times ET_a$$

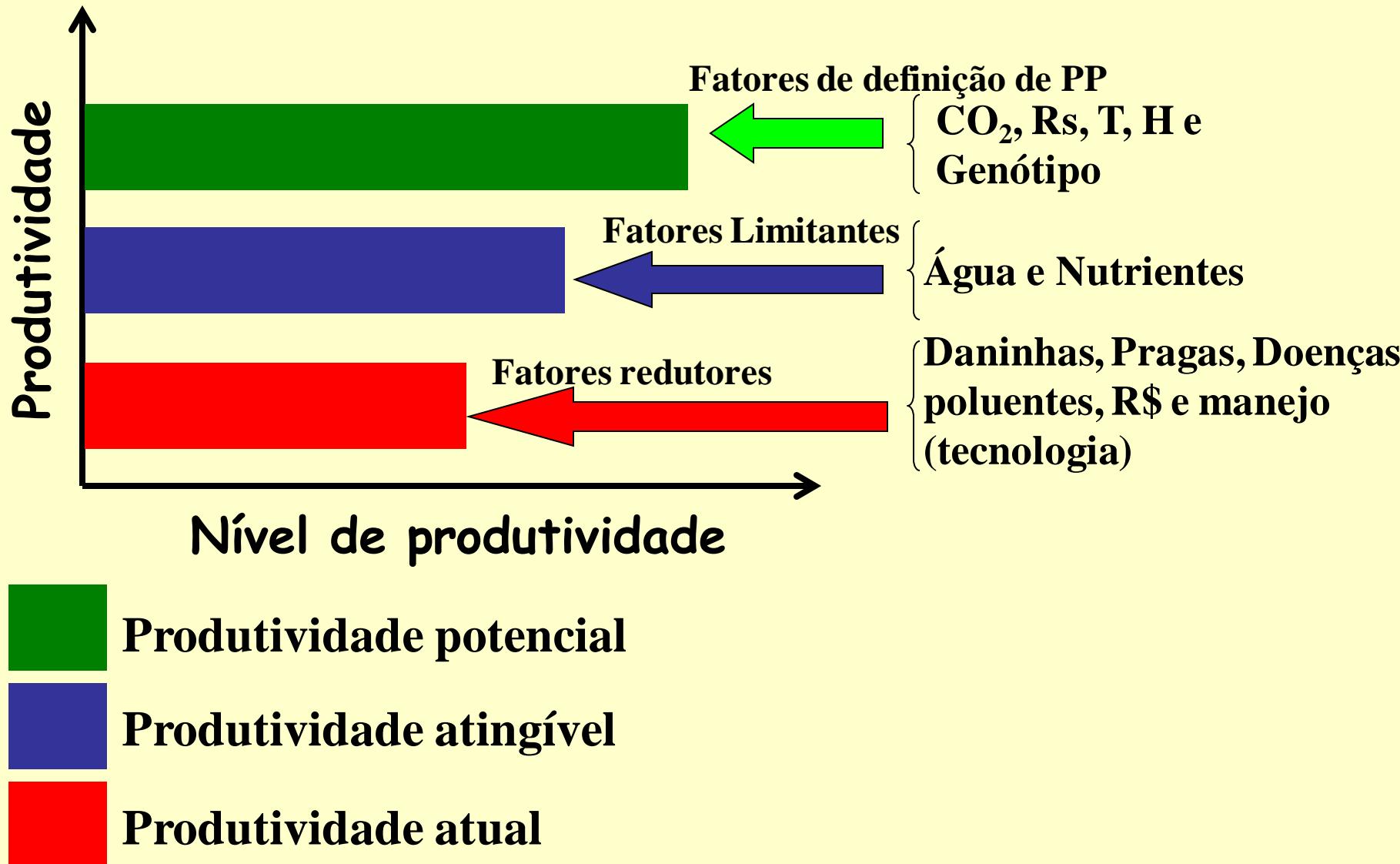
$$HI=0.25/0.35 \text{ kg/kg}$$

$$u=0.13 \text{ g/g}$$

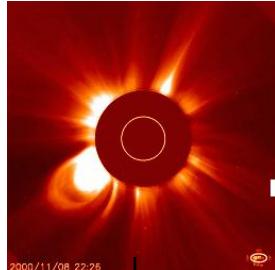
Ta, mm.dia<sup>-1</sup>



# Produtividade

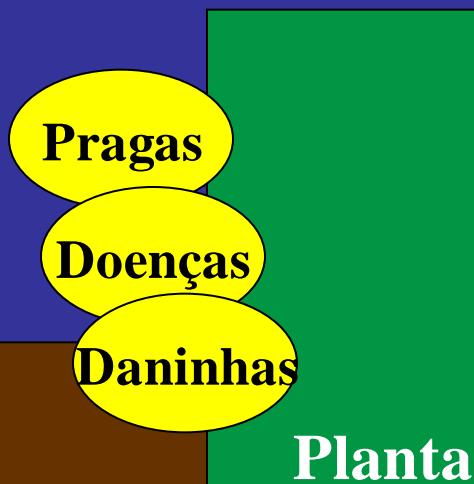


# Produtividade



Radiation  
solar

Atmosfera



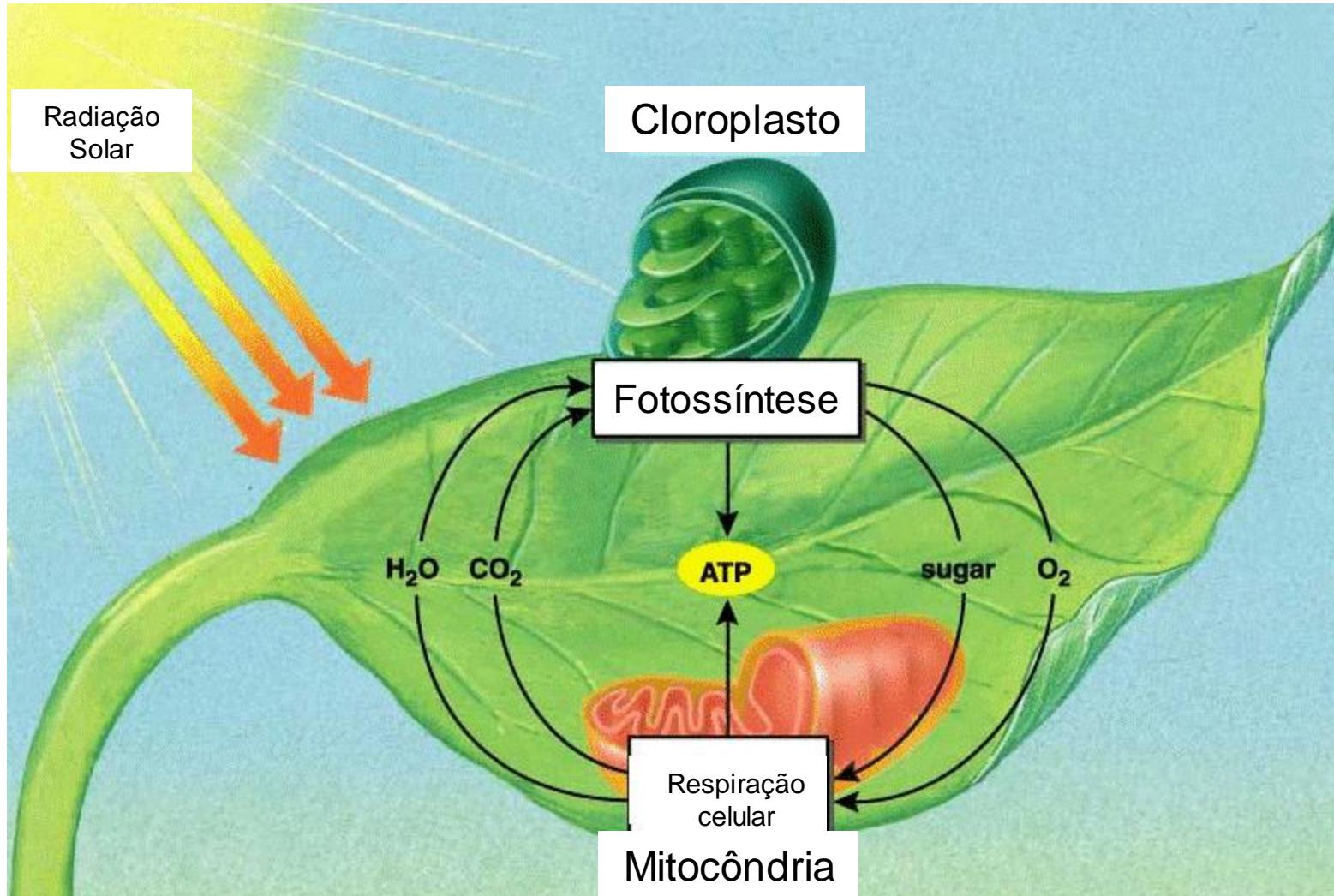
Solo



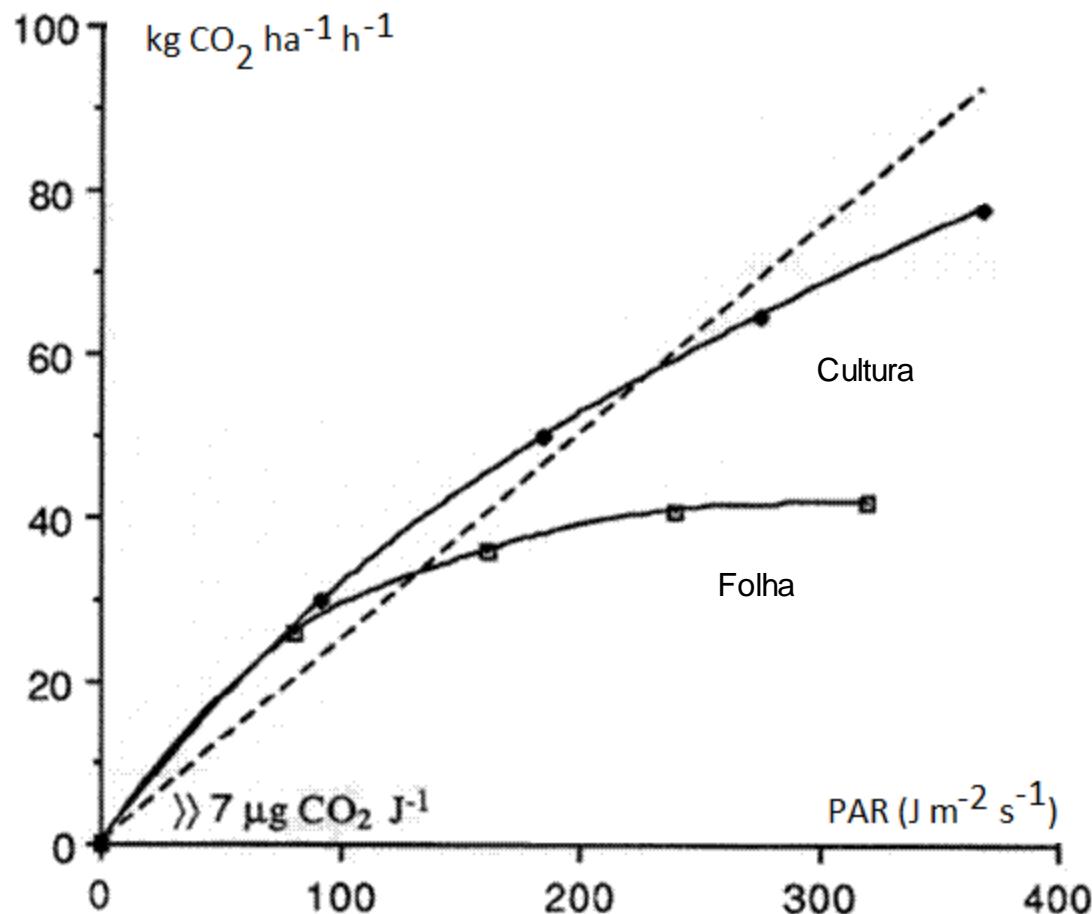
# Produtividade depende de:

- Ambiente de produção
  - Data de semeadura
    - Radiação solar, temperatura e fotoperíodo
    - Chuva
  - Solo
    - CAD e densidade de fluxo
- Genótipo
- Manejo
  - Baseado na fenologia e decisão econômica

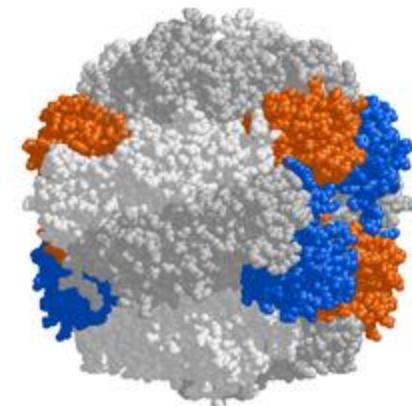
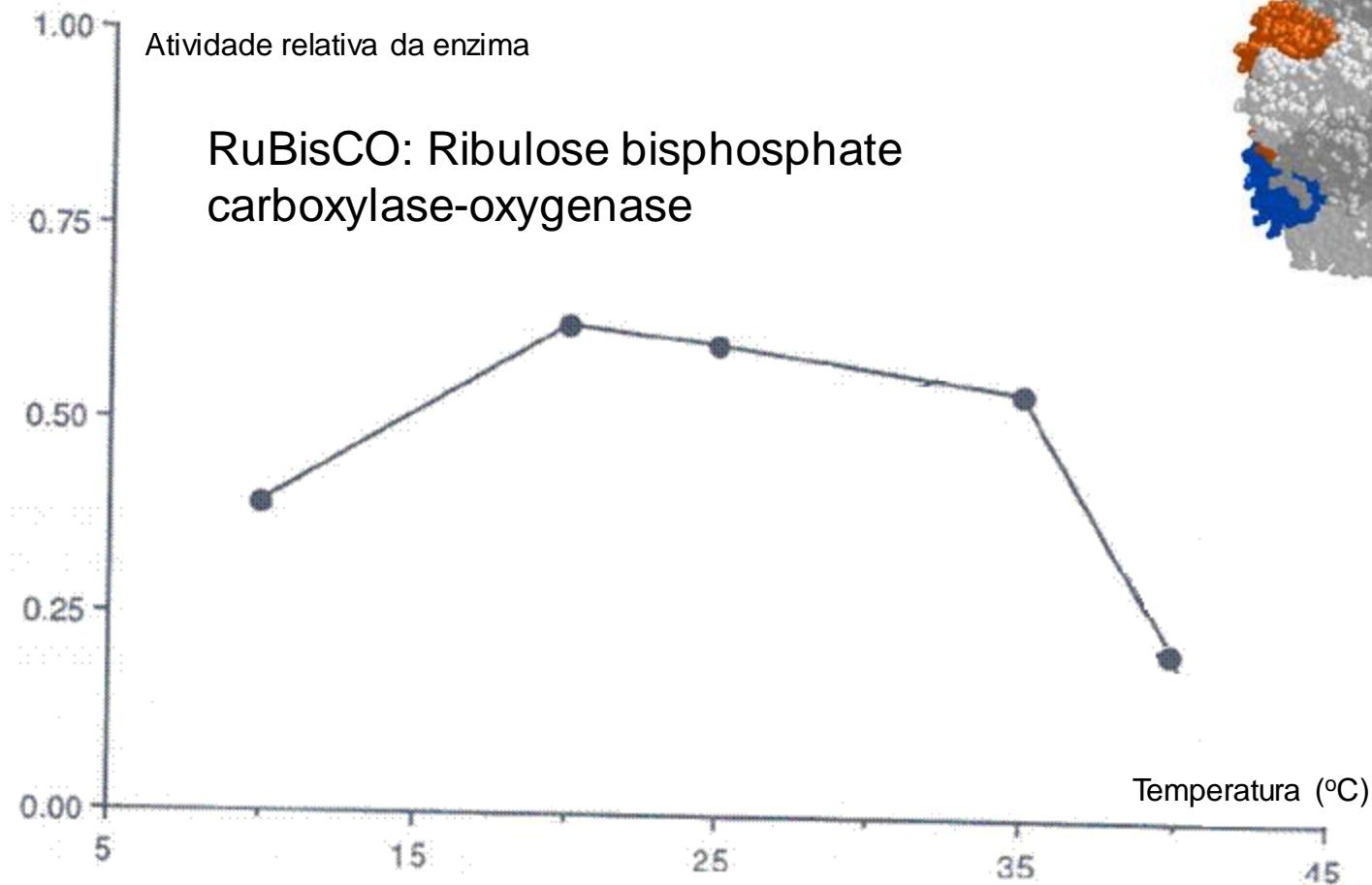
# Fotossíntese



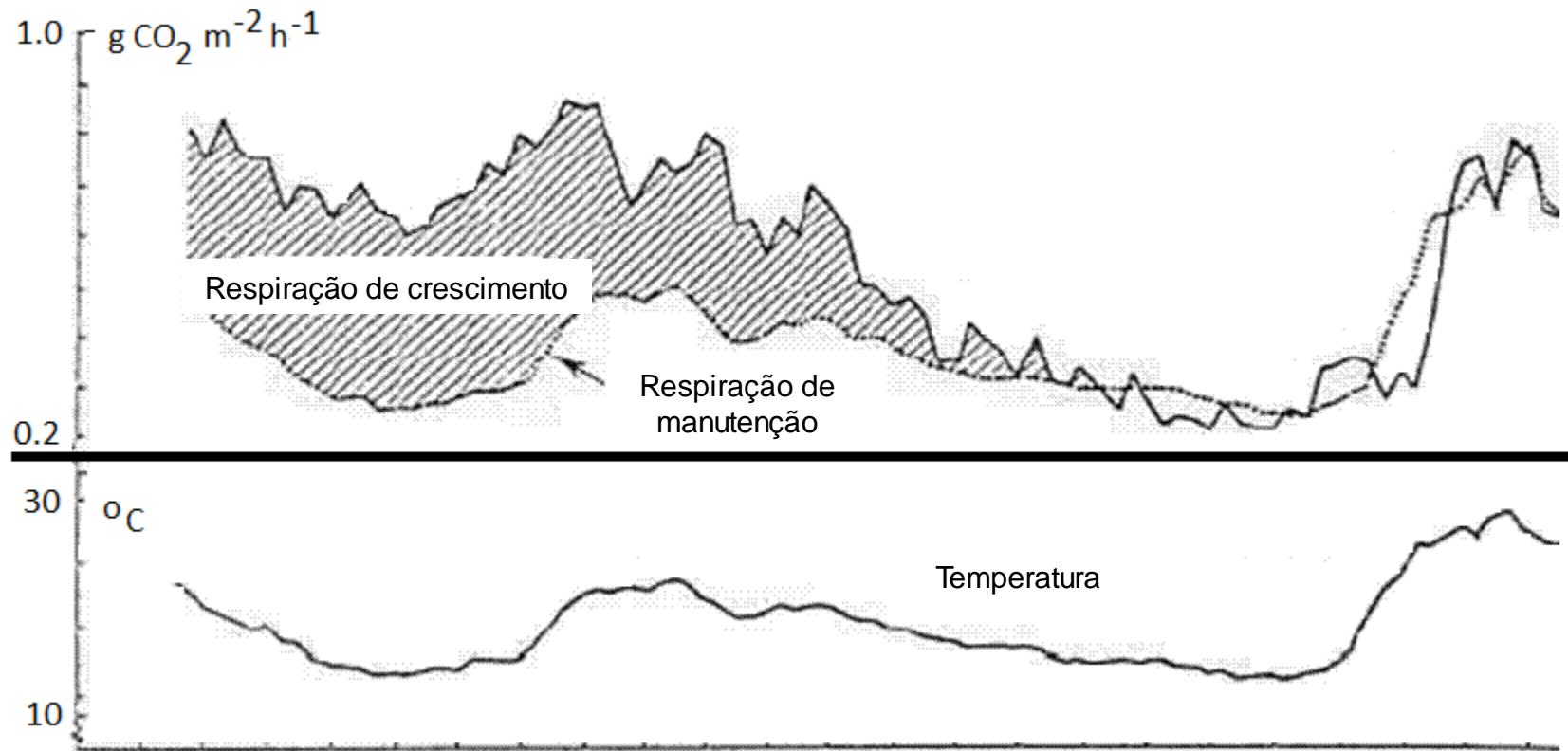
# Fotossíntese bruta



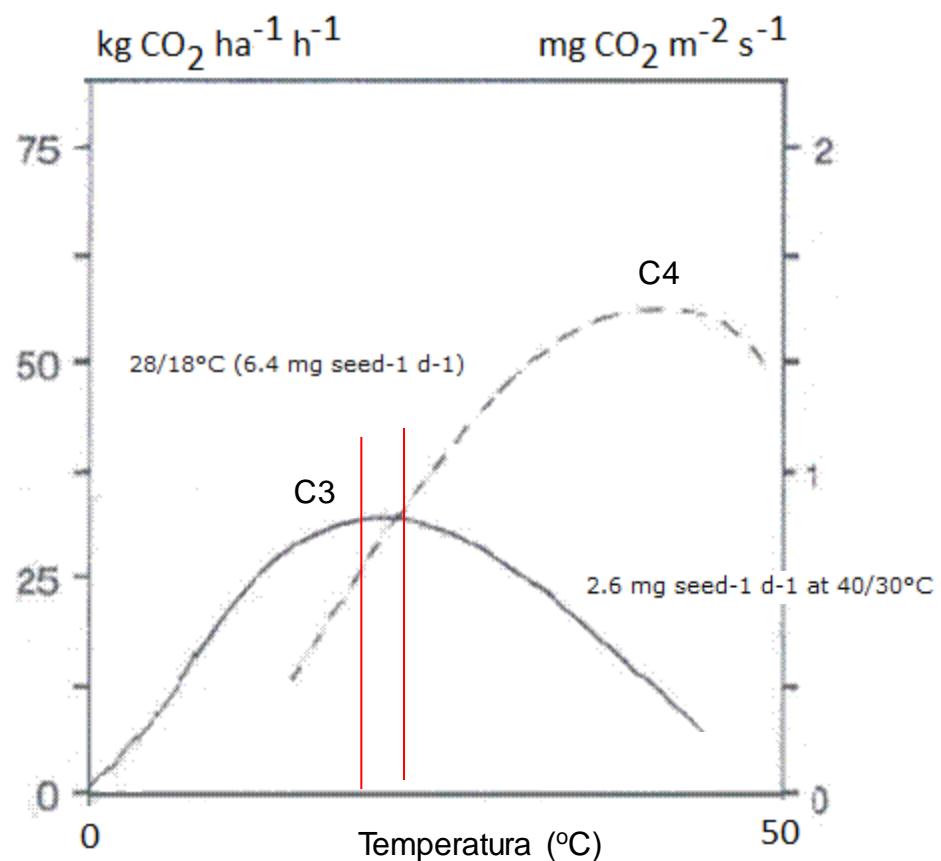
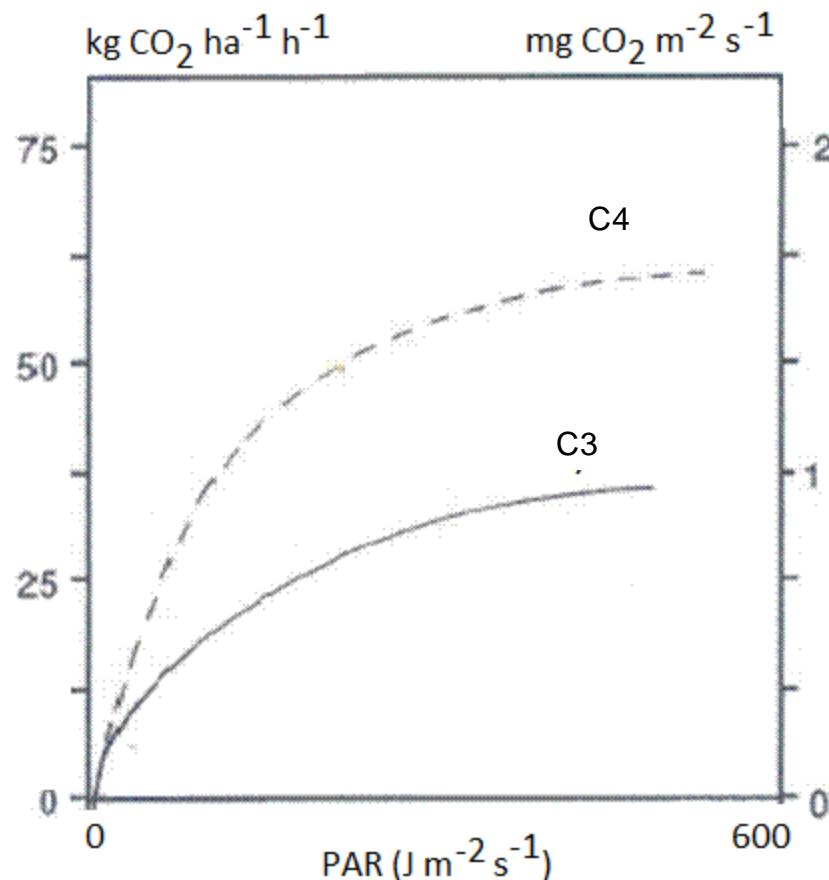
# Atividade enzimática



# Respiração



# Fotossíntese líquida

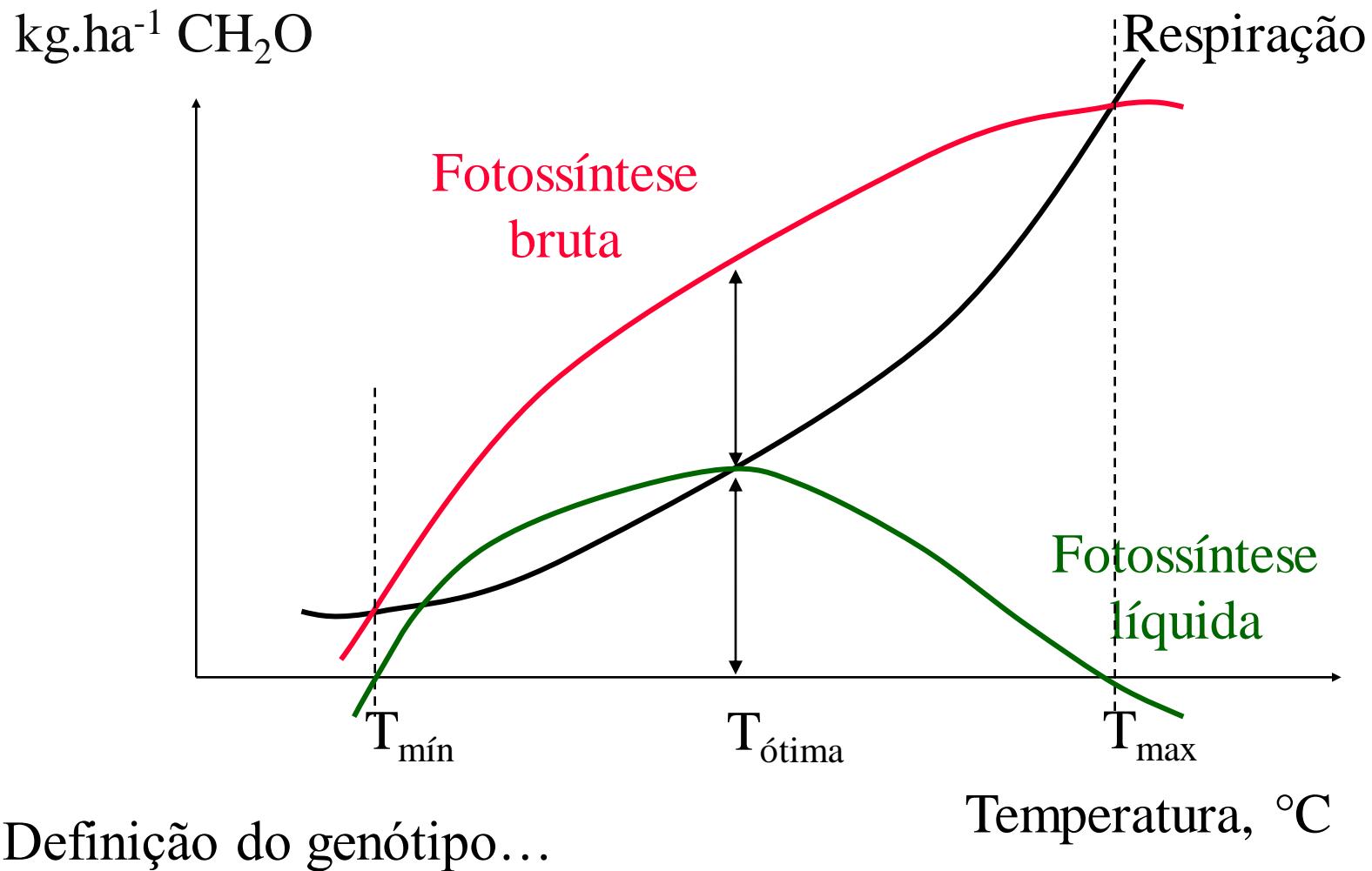


Elevated Temperature Delays Onset of Reproductive Growth and Reduces Seed Growth Rate of Soybean

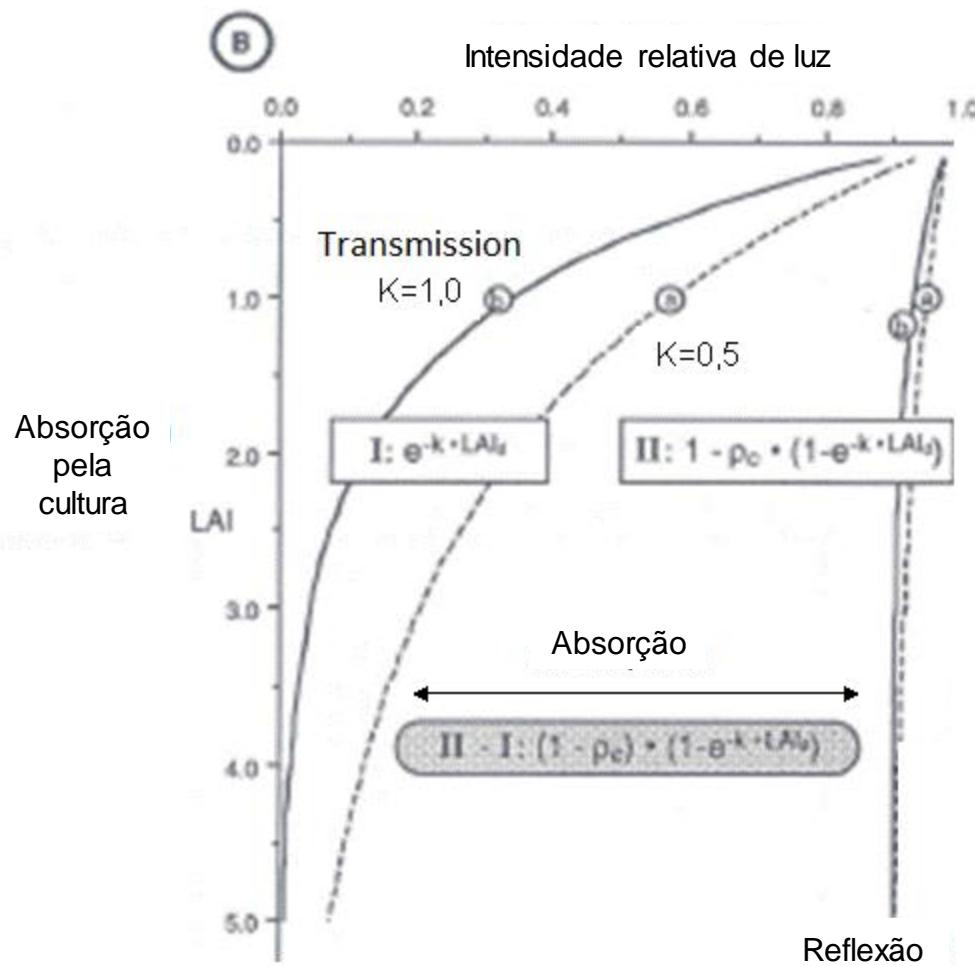
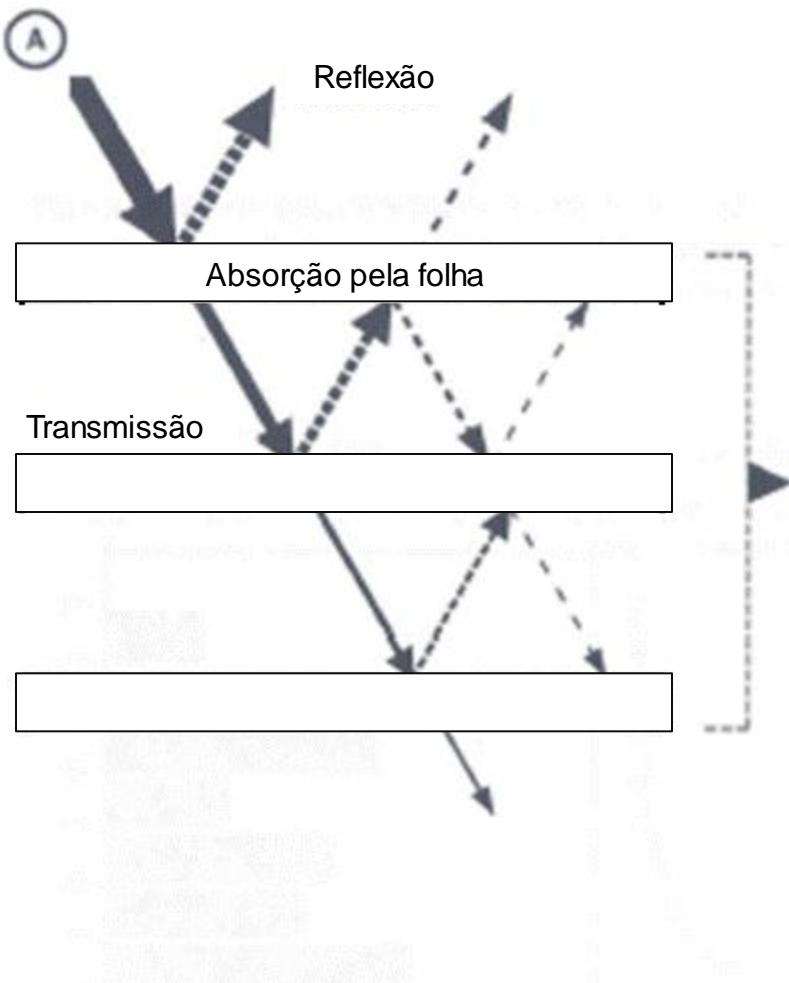
Jean M.G. Thomas, Kenneth J. Boote, Deyun Pan, Leon Hartwell Allen

Journal of Agro Crop Science, Vol 1, No 1 (2010)

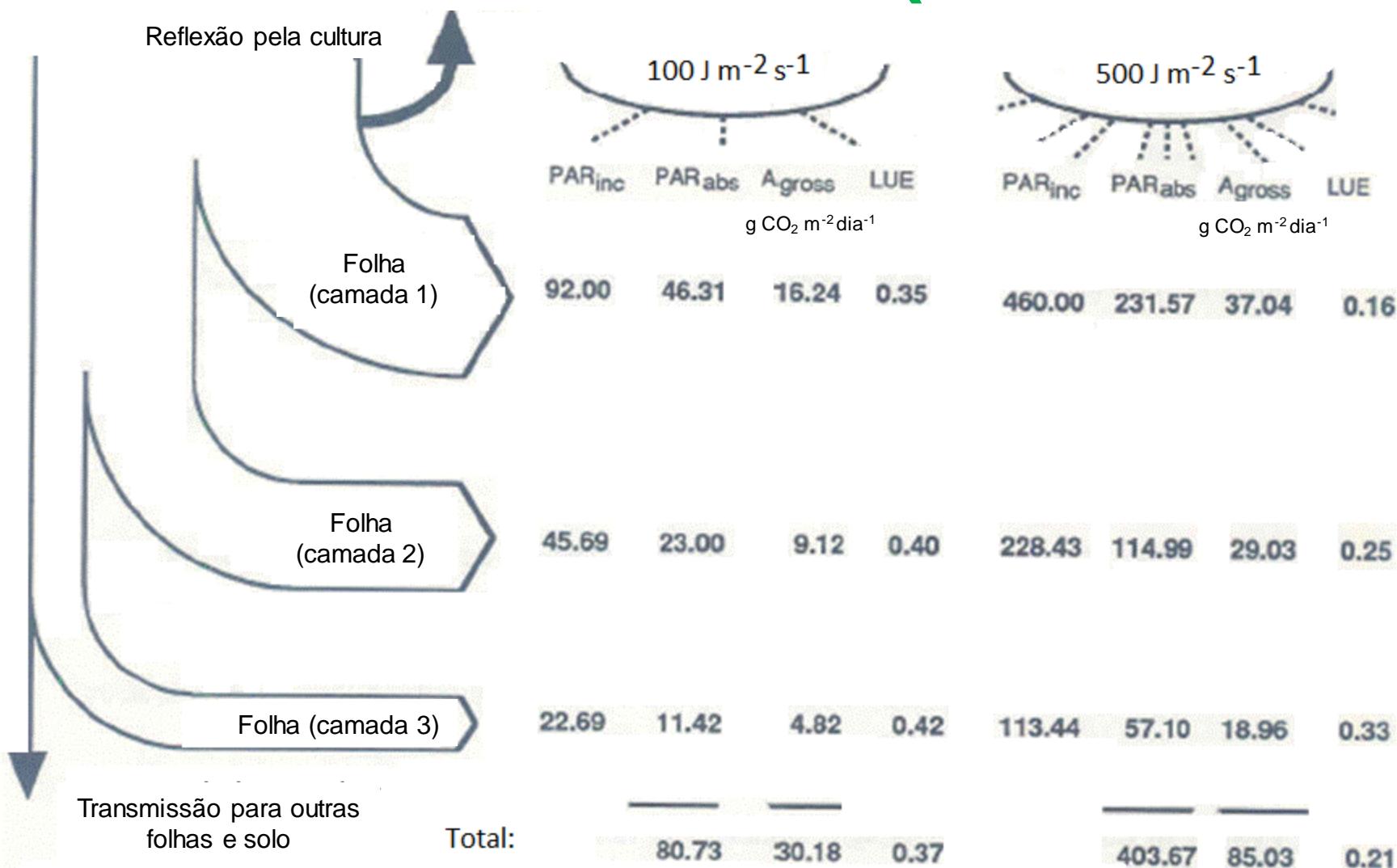
# Fotossíntese líquida



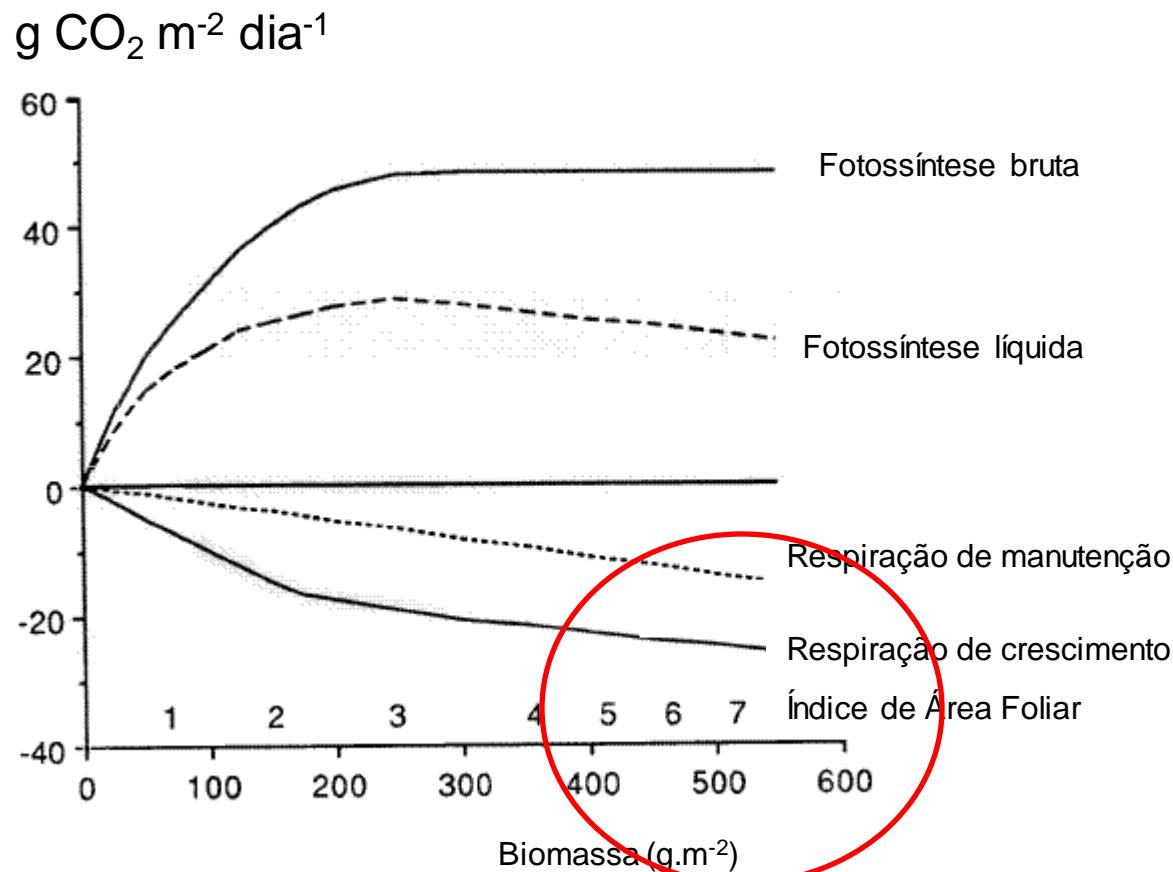
# Índice de área foliar (IAF, m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>)



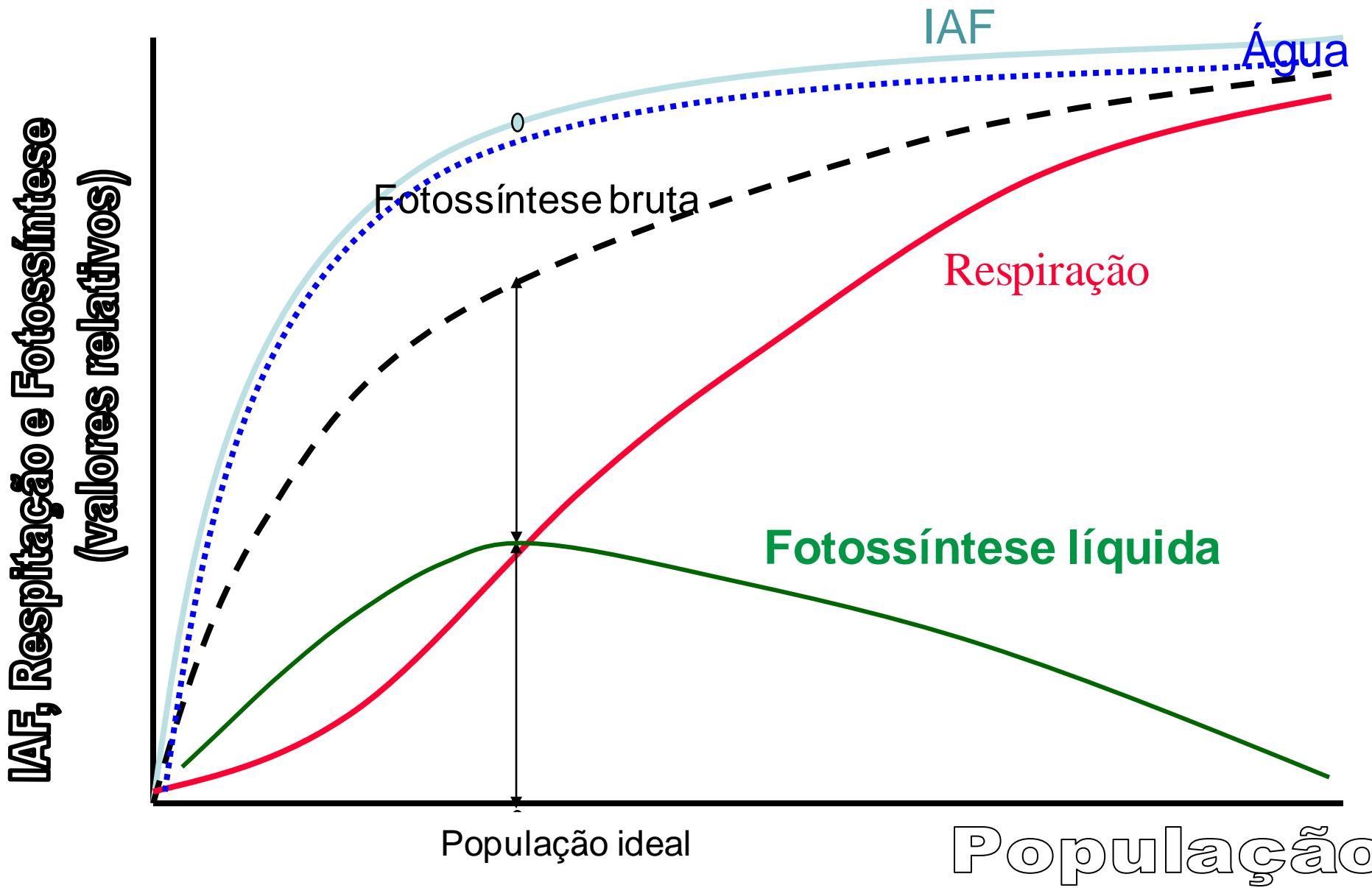
# Índice de área foliar (IAF, $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ )



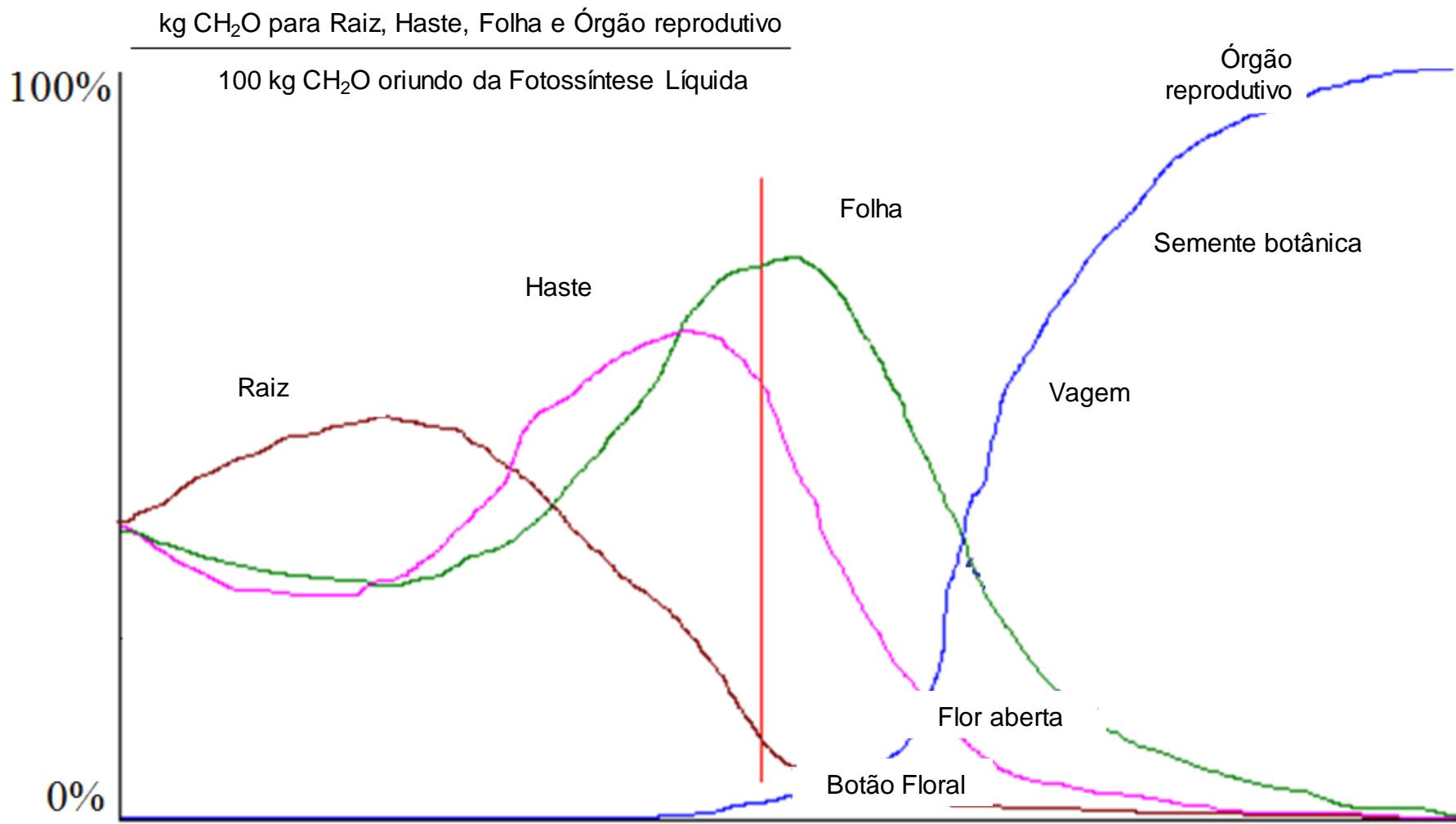
# Biomassa e assimilação de CO<sub>2</sub>



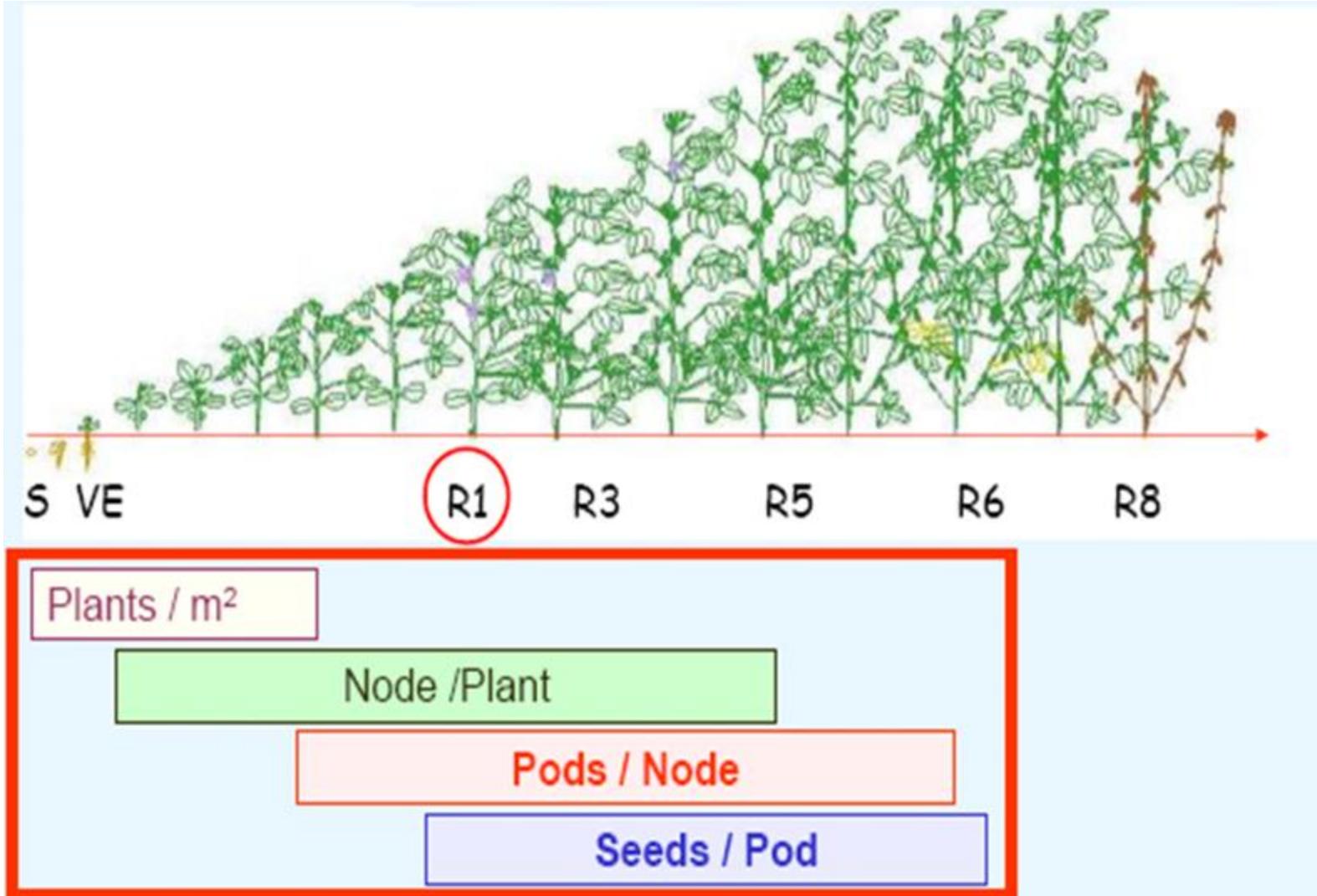
# População



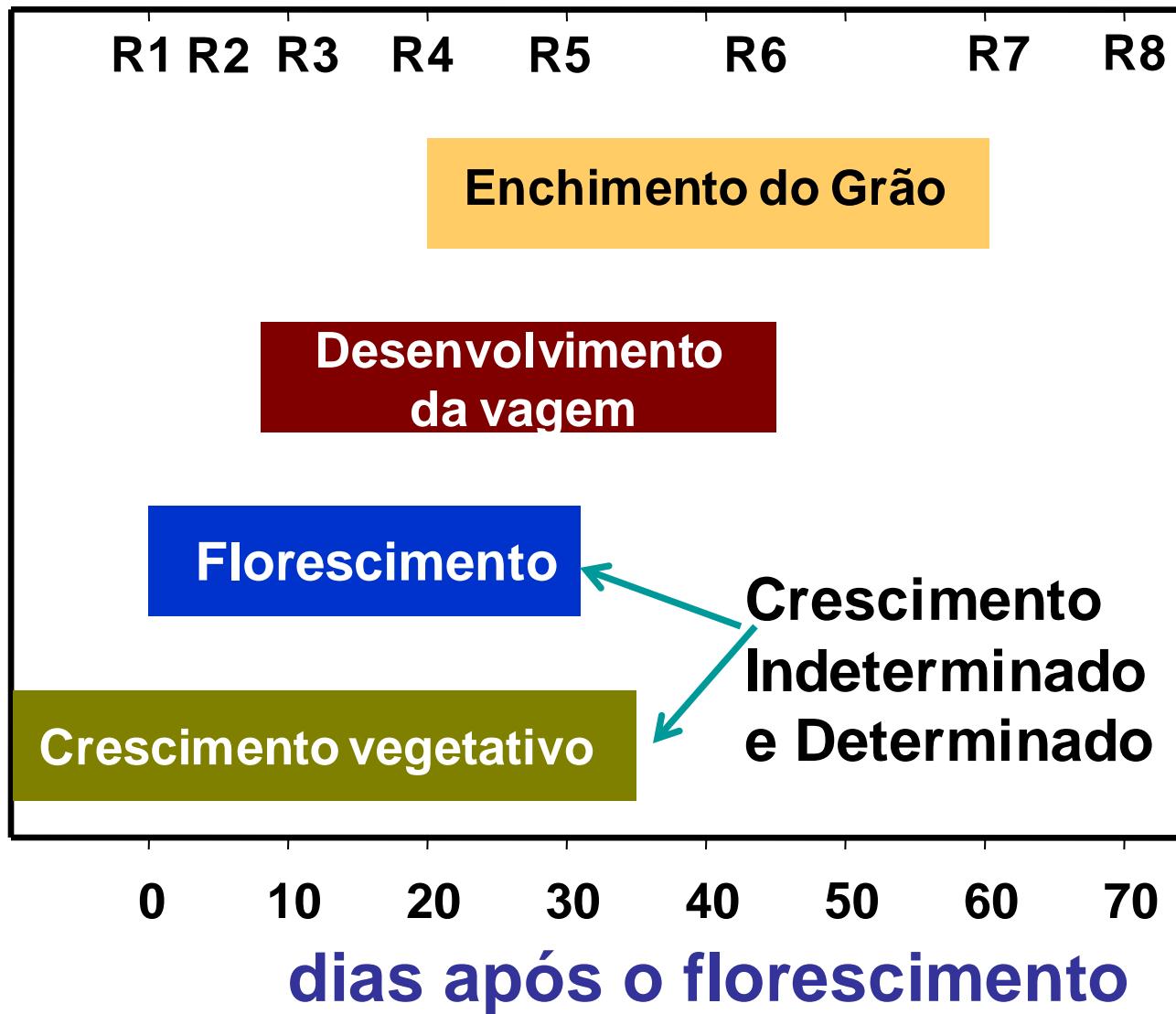
# Partição de Carbono



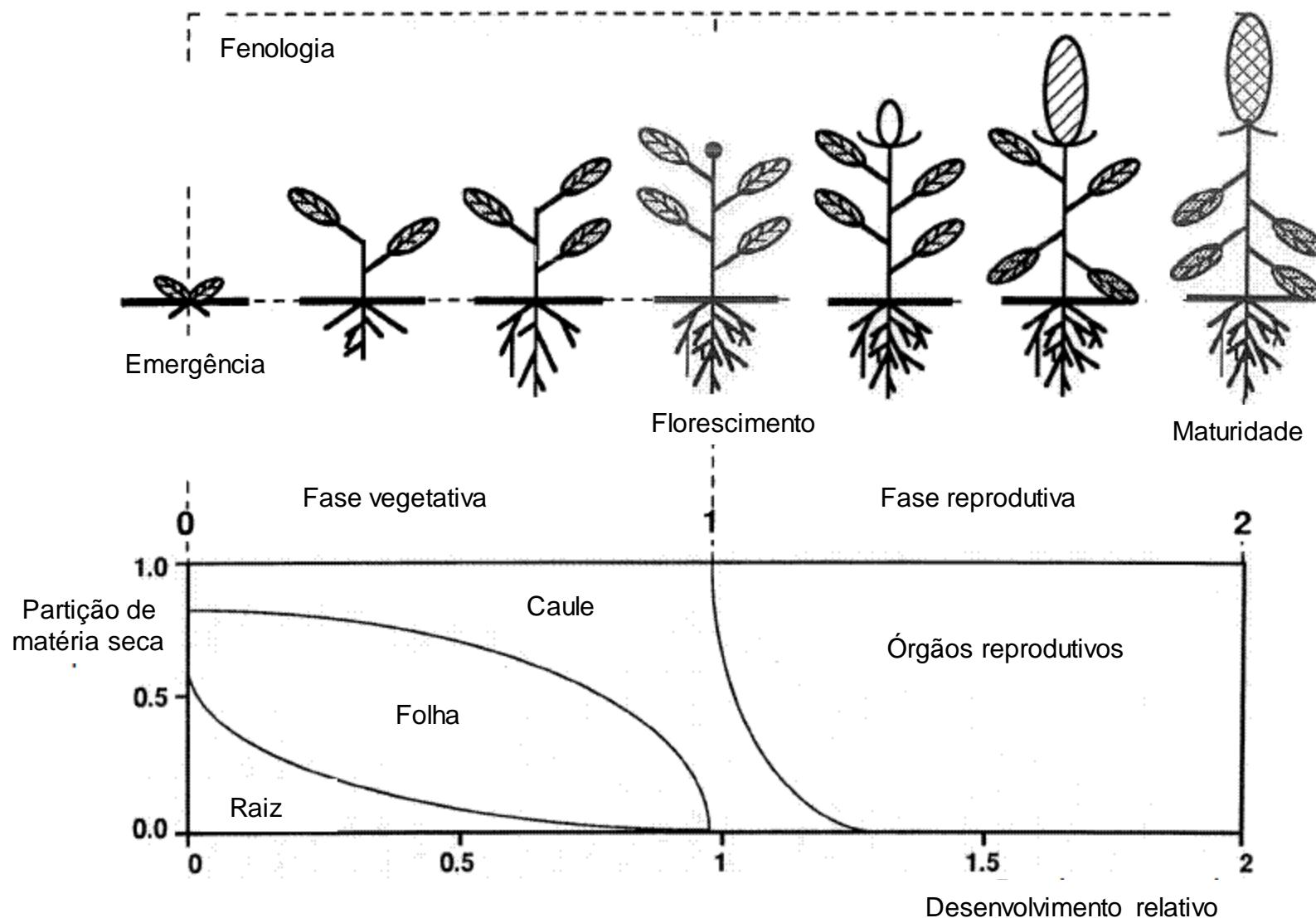
# Fenologia e períodos críticos



# Fase Reprodutiva



# Partição de matéria seca



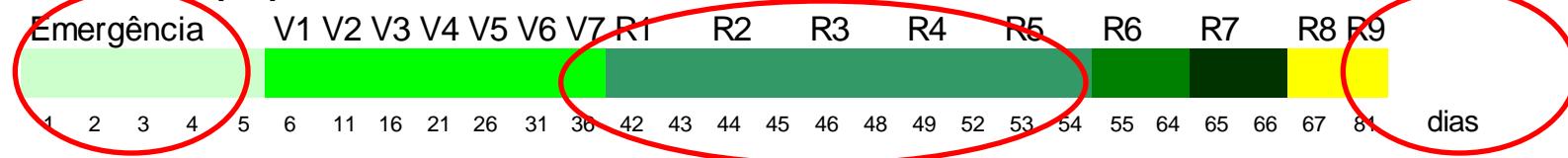
# Fenologia – períodos críticos

Água para estabelecimento

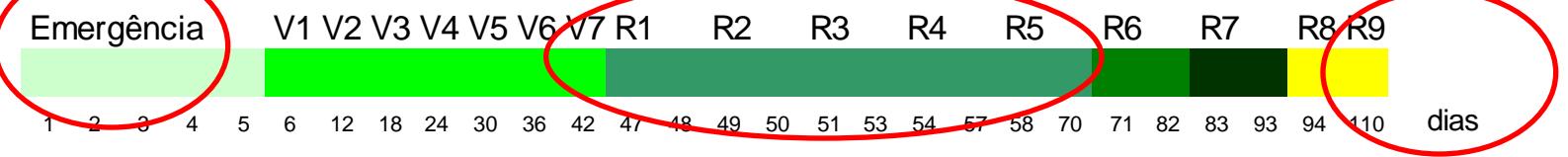
Água durante período crítico

Sem água na colheita

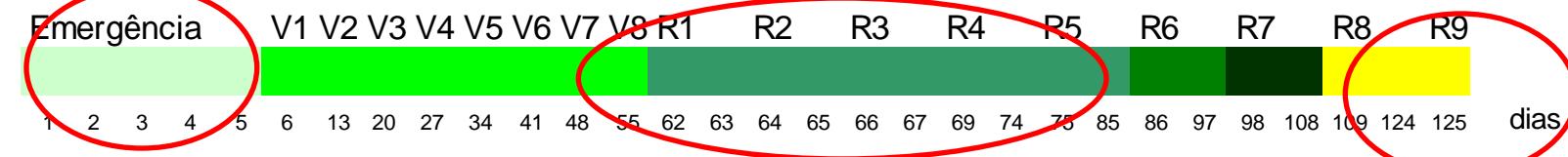
Ciclo: Superprecoce



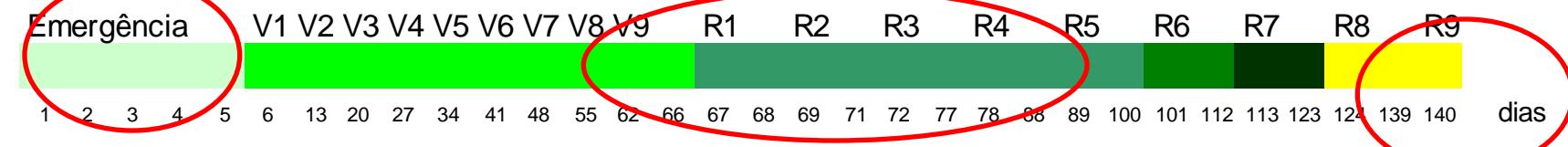
Ciclo: Precoce



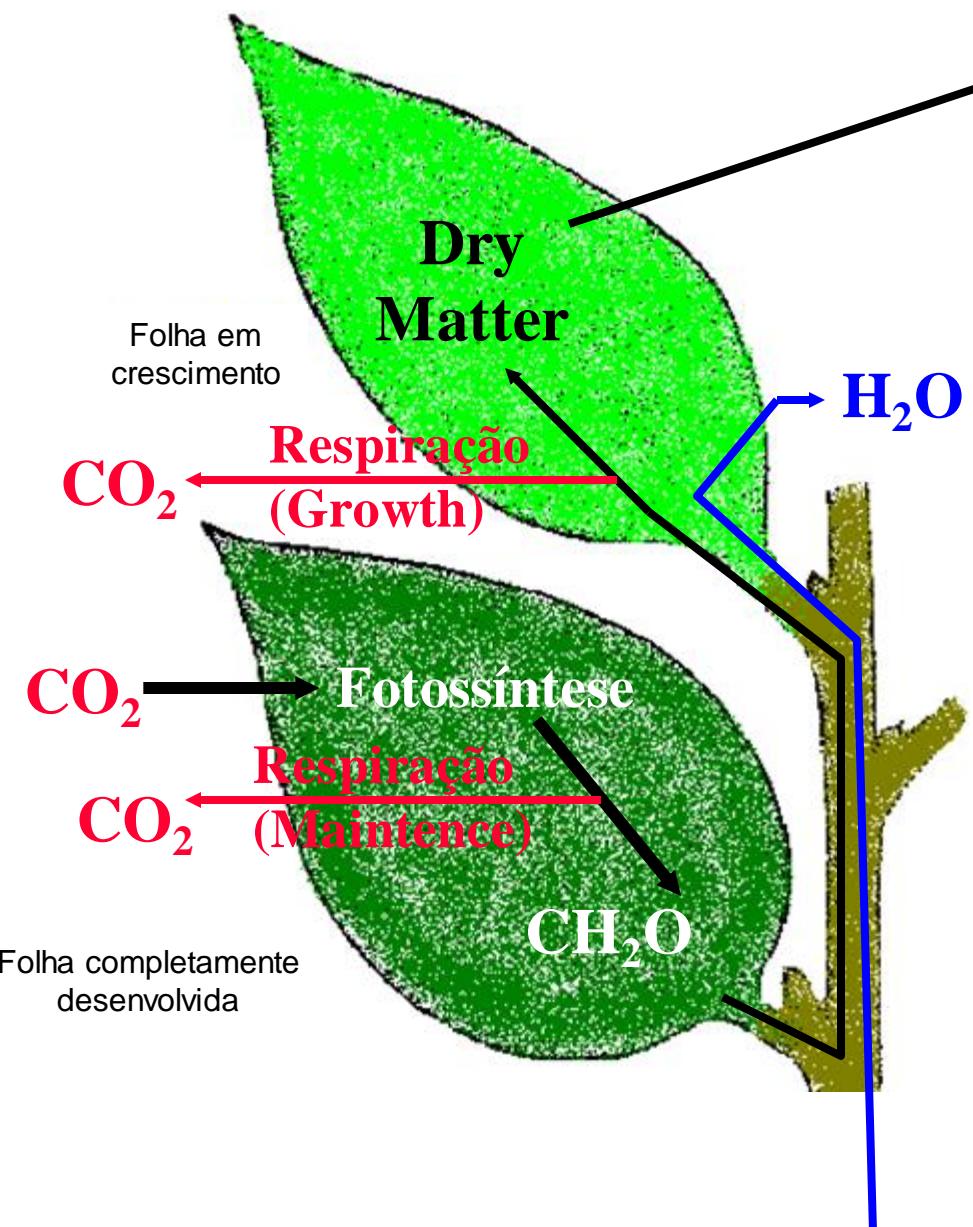
Ciclo: Médio



Ciclo: Tardio



# Eficiência de Conversão



Composição da MS:  
Óleo  
Lignina  
Proteína  
Carbohidrato  
Ácido orgânico  
Minerais



45% C

45% O

6% H

---

96,00%

3,50%

0,03%

0,47%

N,P,K,Ca,Mg,S

B,Cl,Cu,Fe,Mn,Mo,Zn,Ni

100,00%

N

Macronutrientes e nutrientes orgânicos		ppm	Nutriente	%
Nutrientes orgânicos				
C = Carbon 450,000 ppm	C = Carbon 450,000 ppm	450,000	C	45.00
H = Hydrogen 60,000 ppm	H = Hydrogen 60,000 ppm	60,000	H	6.00
O = Oxygen 450,000 ppm	O = Oxygen 450,000 ppm	450,000	O	45.00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>96.00</b>
Macronutrientes				
P = Phosphorus 2,000 ppm	P = Phosphorus 2,000 ppm	2,000	P	0.20
K = Potassium 10,000 ppm	K = Potassium 10,000 ppm	10,000	K	1.00
N = Nitrogen 15,000 ppm	N = Nitrogen 15,000 ppm	15,000	N	1.50
S = Sulfur 1,000 ppm	S = Sulfur 1,000 ppm	1,000	S	0.10
Ca = Calcium 5,000 ppm	Ca = Calcium 5,000 ppm	5,000	Ca	0.50
Mg = Magnesium 2000 ppm	Mg = Magnesium 2000 ppm	2,000	Mg	0.20
<b>SUBTOTAL</b>				<b>3.50</b>
Microutrientes				
Fe = Iron 100 ppm	Fe = Iron 100 ppm	100	Fe	0.01000
Mo = Molybdenum 0.1 ppm	Mo = Molybdenum 0.1 ppm	0.1	Mo	0.00001
B = Boron 20 ppm	B = Boron 20 ppm	20	B	0.00200
Cu = Copper 6 ppm	Cu = Copper 6 ppm	6	Cu	0.00060
Mn = Manganese 50 ppm	Mn = Manganese 50 ppm	50	Mn	0.00500
Zn = Zinc 20 ppm	Zn = Zinc 20 ppm	20	Zn	0.00200
Cl = Chlorine 100 ppm	Cl = Chlorine 100 ppm	100	Cl	0.01000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>0.03</b>
<b>SUBTOTAL</b>		995,296		
<b>TOTAL</b>		1,000,000		
<b>Outros</b>		4,704		0.47

# Eficiência de Conversão

Componente	A Custo da biossíntese g gluc.g <sup>-1</sup> prod	B Custo de transporte g gluc g <sup>-1</sup> prod	C = A + B Custo de conversão g gluc g <sup>-1</sup> prod	D = 1/C CVF g prod g <sup>-1</sup> gluc
Óleo	3.030	0.159	3.189	0.31
Lignina	2.119	0.112	2.231	0.45
Proteína	1.824	0.096	1.920	0.52
Carboidrato	1.211	0.064	1.275	0.78
Ácido orgânico	0.906	0.048	0.954	1.05
Minerais (K,Ca,P,S)	0.0	0.120	0.120	(8.3)

## Composição da matéria (soja):

- Proteína = 40 %
- Óleo = 20 %

1 kg de CH<sub>2</sub>O da Fotossíntese Líquida produz  
0,55 kg de MS de semente de soja

# Ambiente e fisiologia vegetal

## Hormônios Promotores e inibidores e efeito do Ca, B e enzimas



↑ RuBisCO  
↑ Divisão e expansão celular  
↑ MS Folha e IAF



↓ Degradação da clorofila  
↑ divisão e Expansão celular



↑ AIA (Ácido Indol Acético)  
↓ Senescência  
↑ divisão e Expansão celular



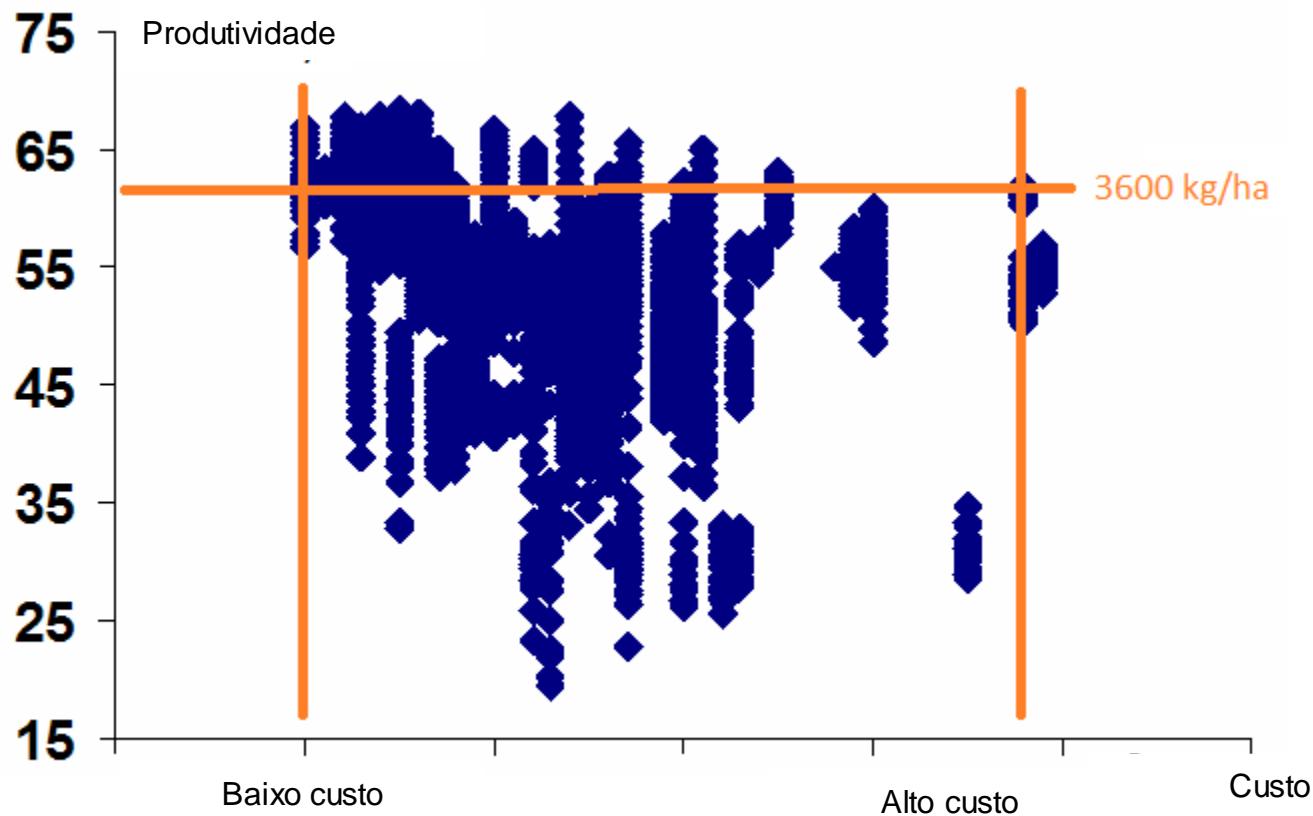
↓ Etileno  
↓ Senescência  
↑ MS de Folha e IAF



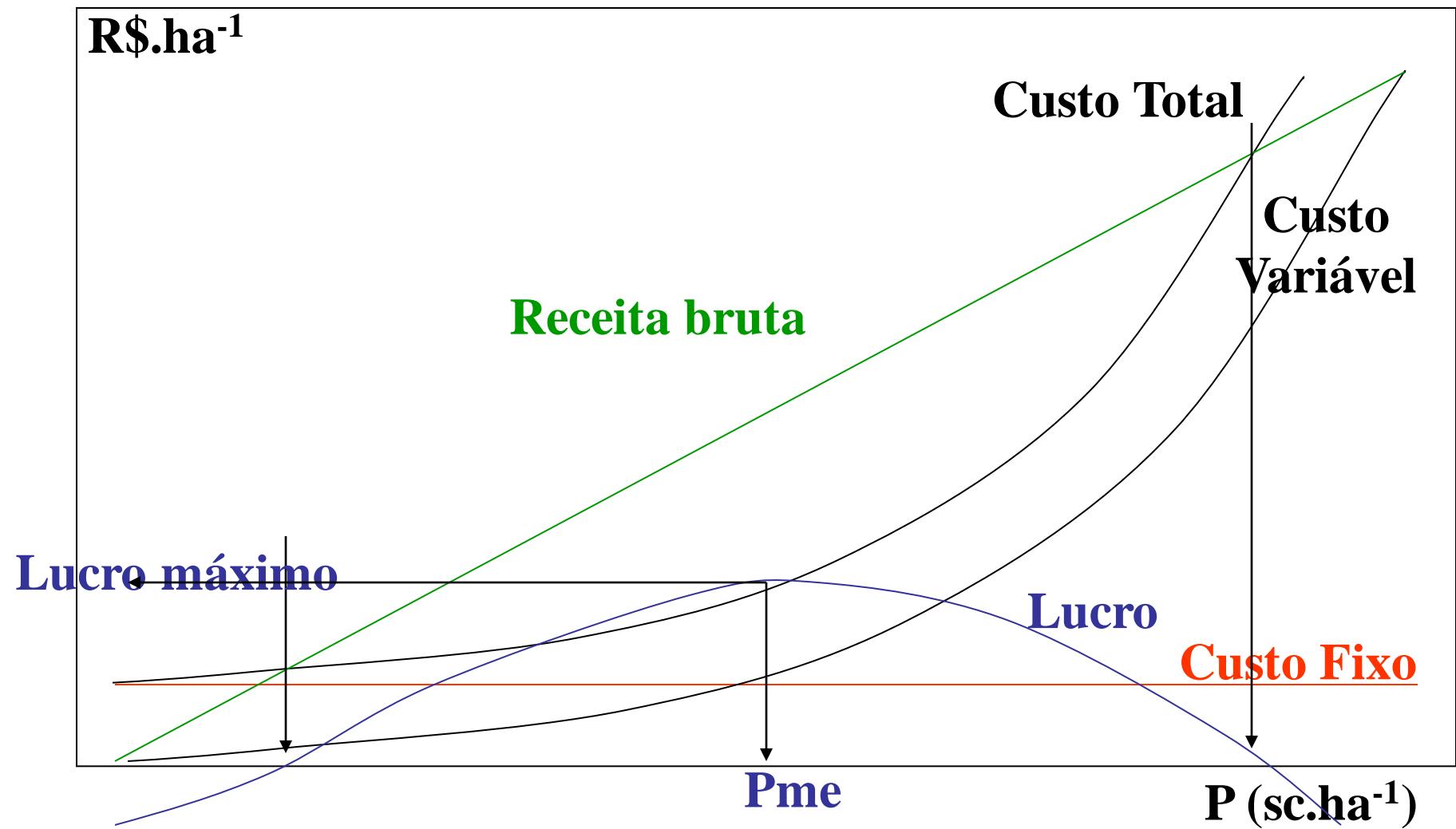
↑ Atividade da POD, SOD e CAT (enzimas)

↓  
Efeito antioxidante (↓ROS):  
Mantém integridade da membrana e inibe a senescência prematura e danos ao DNA  
**Ca e B: Menor abortamento de flores**

# Soja - USA



# Produtividade máxima econômica define TECNOLOGIA ( $P_{me}$ , sc.ha $^{-1}$ )



# Manejo visando alta produtividade (P)



Iowa State University

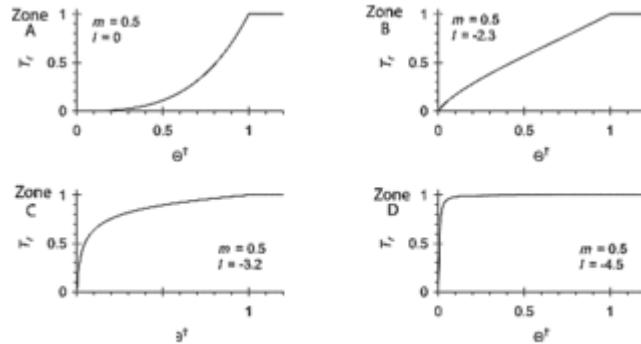
Altas produtividades: 6000 kg/ha em Whiting, Iowa

4800 kg/ha - Leste de Iowa

3900 to 4200 kg/ha em Des Moines, Iowa

# CONCLUSÕES

## Deficiência Hídrica



# CONCLUSÕES

1. Eficiência do Uso de Água
2. Eficiência do Uso de Nutrientes
3. Genótipo
  - (a) Teor de Clorofila – Água e N
  - (b) Índice de Área Foliar
  - (c) Partição de Carbono e Eficiência de Conversão: Matéria Seca Total
  - (d) Hormônios (etileno)
  - (e) Duração do ciclo
  - (f) Produtividade
4. Conhecimento e tecnologia

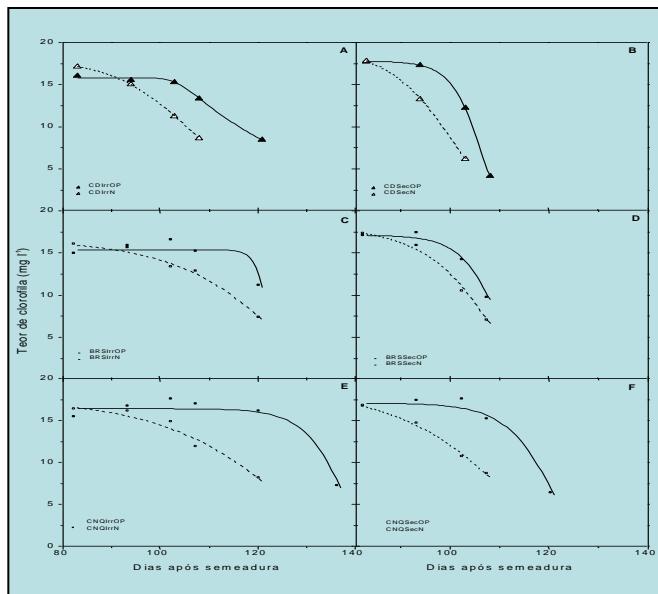
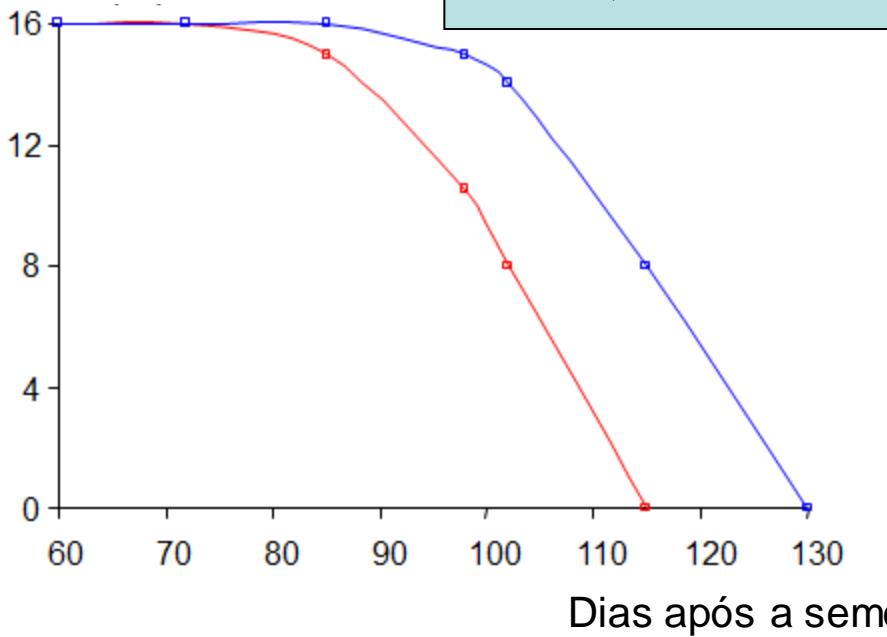


# CONCLUSÕES

Teor de Clorofila:  
Água e N

N

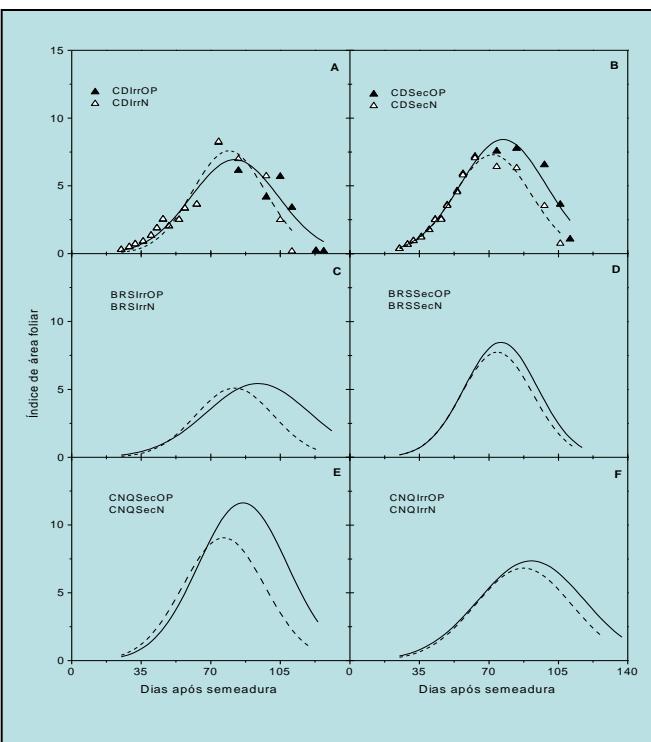
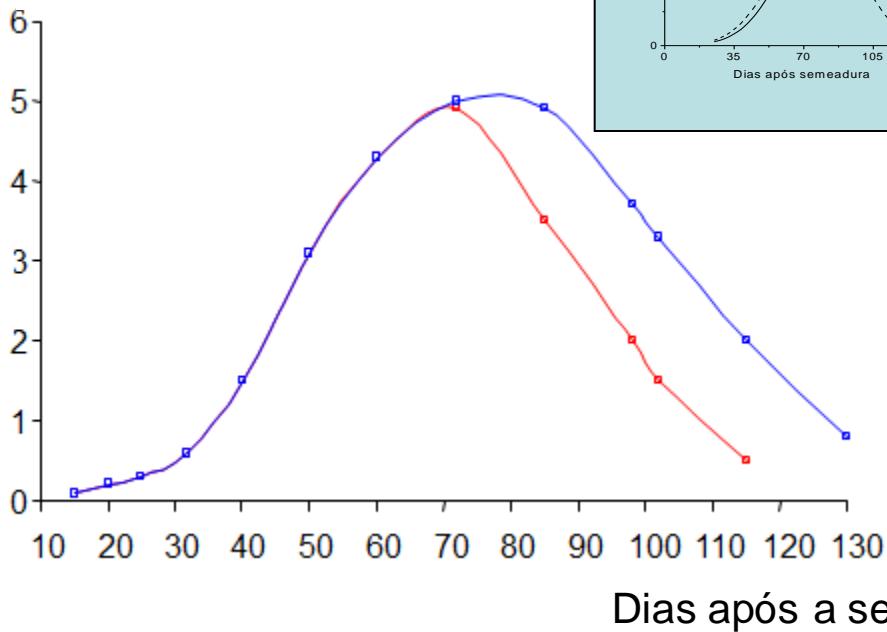
Teor de clorofila



# CONCLUSÕES

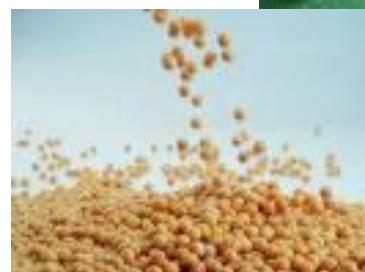
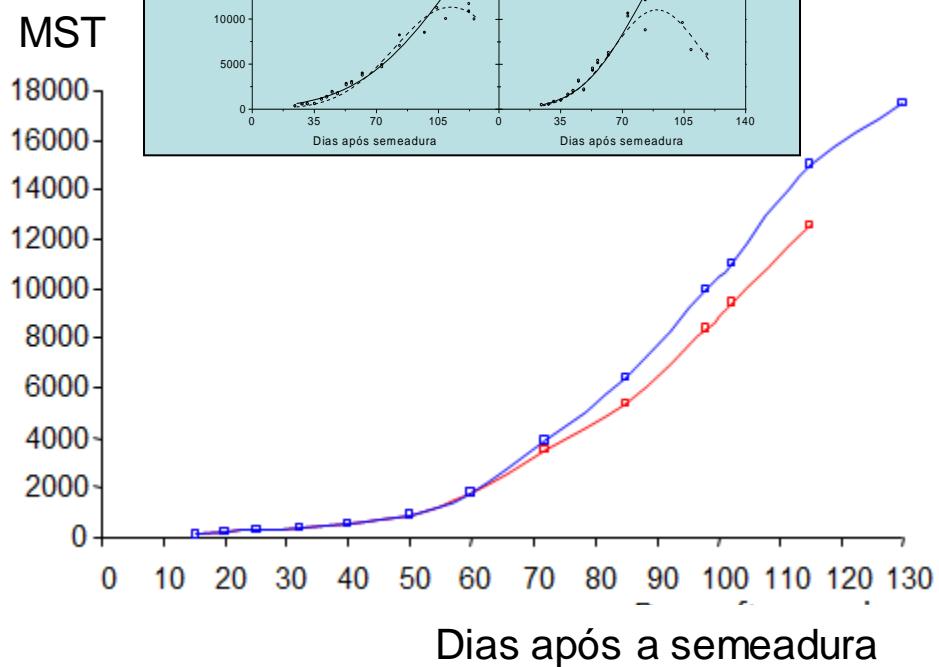
## Índice de Área Foliar

IAF



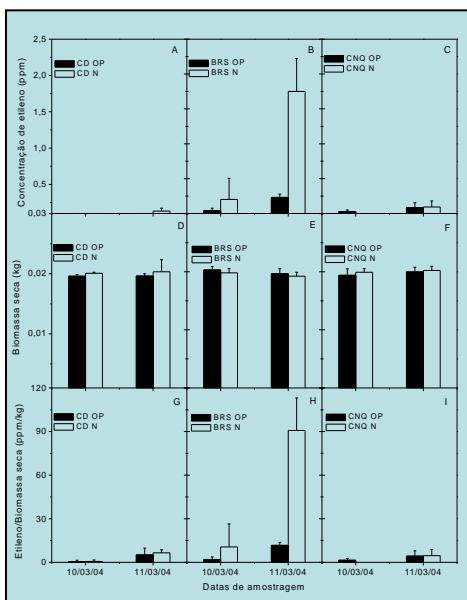
# CONCLUSÕES

## Matéria Seca Total

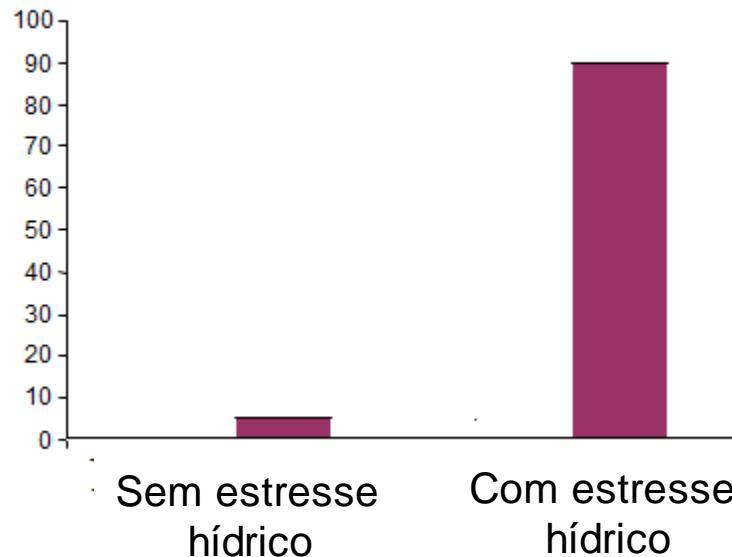


# CONCLUSÕES

## Etileno

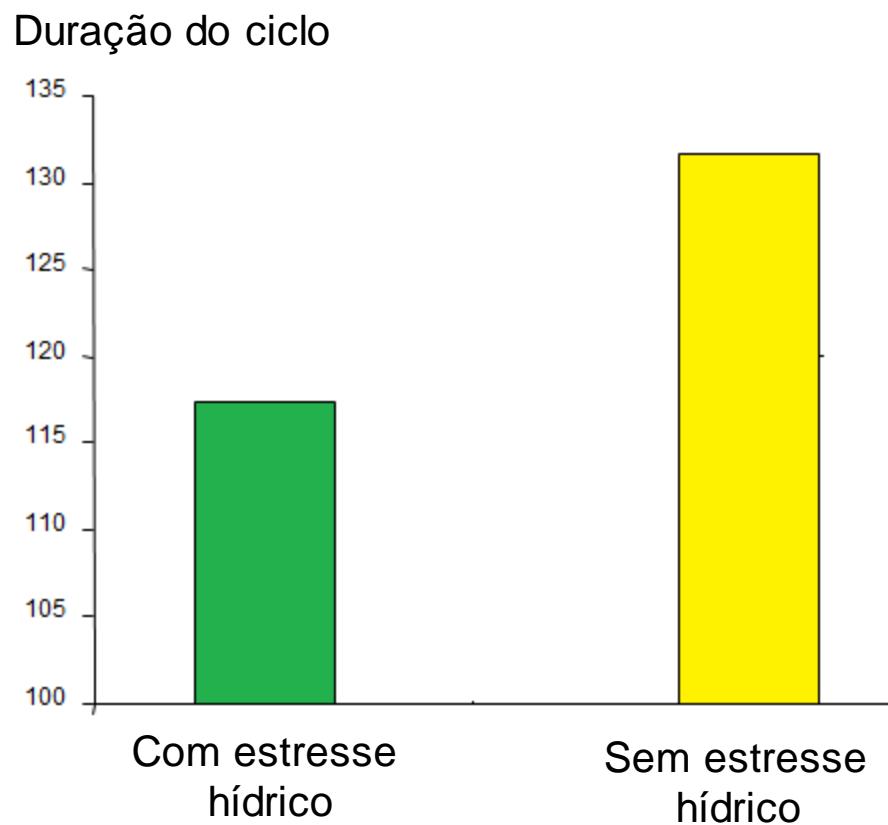


## Etileno



# CONCLUSÕES

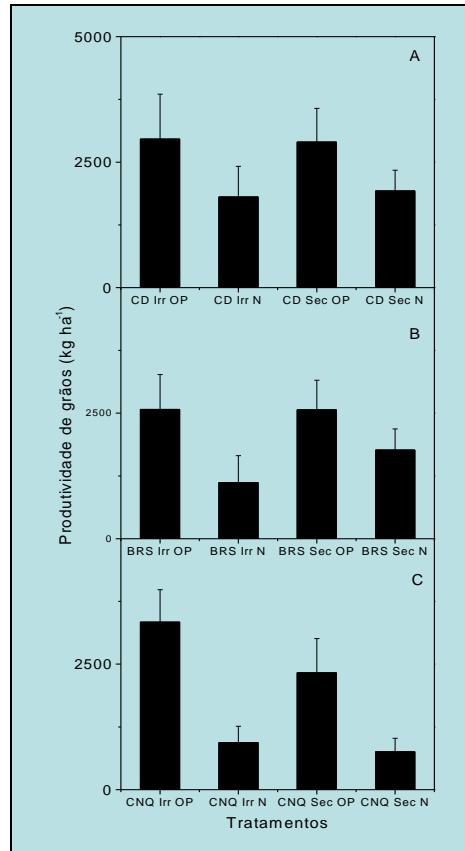
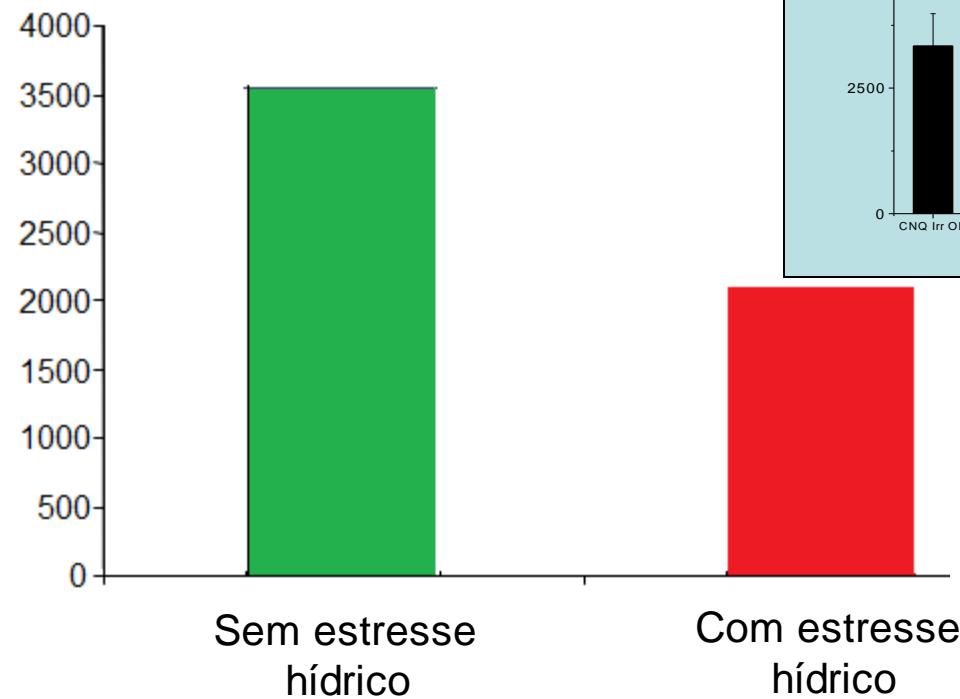
## Duração do ciclo



# CONCLUSÕES

## Produtividade

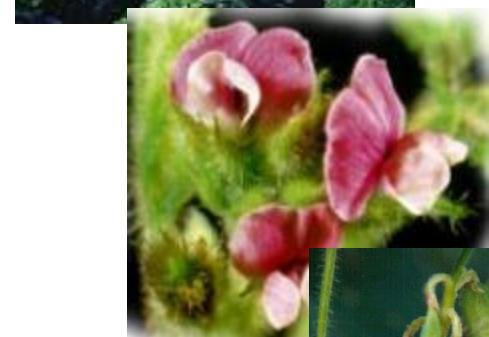
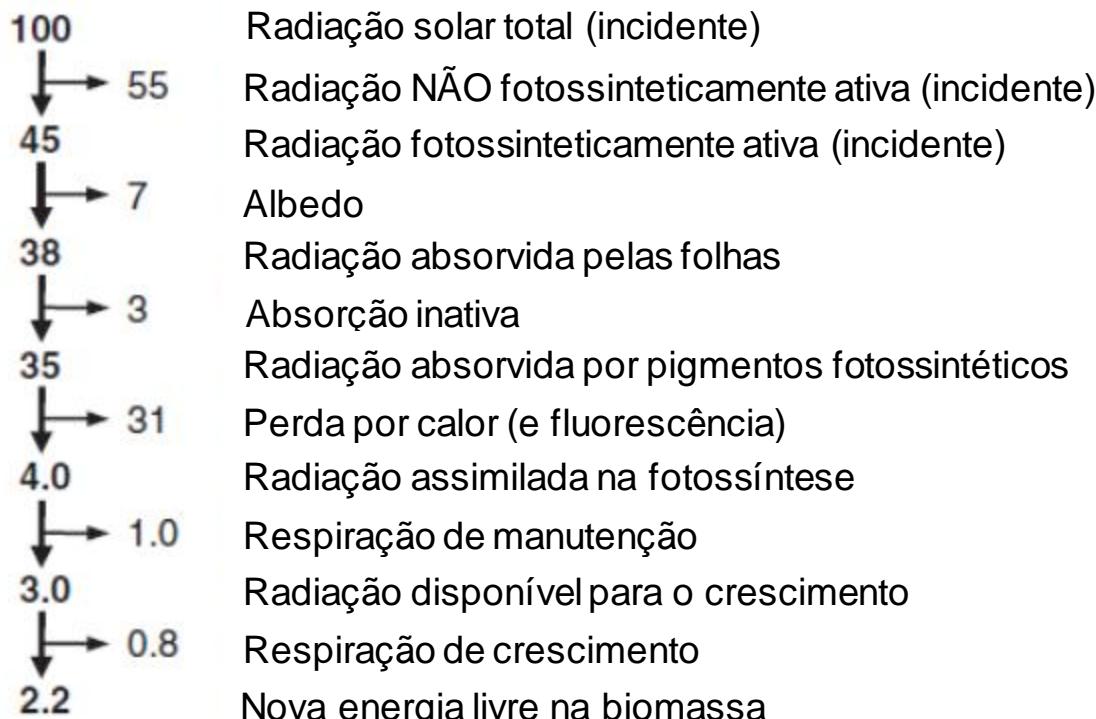
### Produtividade



# CONCLUSÕES

## Eficiência do Uso de Luz e de Carbono

### Eficiência atual (observada)



Tansley review

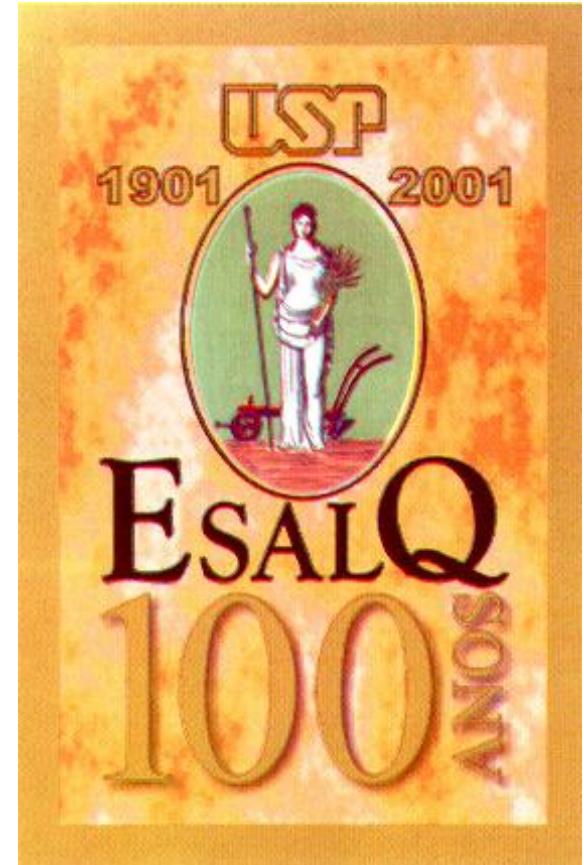
From sunlight to phytomass: on the potential efficiency of converting solar radiation to phyto-energy

Review

# XXII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem



“A essência do  
conhecimento científico  
é a sua aplicação  
prática”



## Eficiência do uso da água

*Durval Dourado Neto*

Departamento de Produção Vegetal

ESALQ, Universidade de São Paulo

*Cascavel-PR, 7.11.2012*