

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



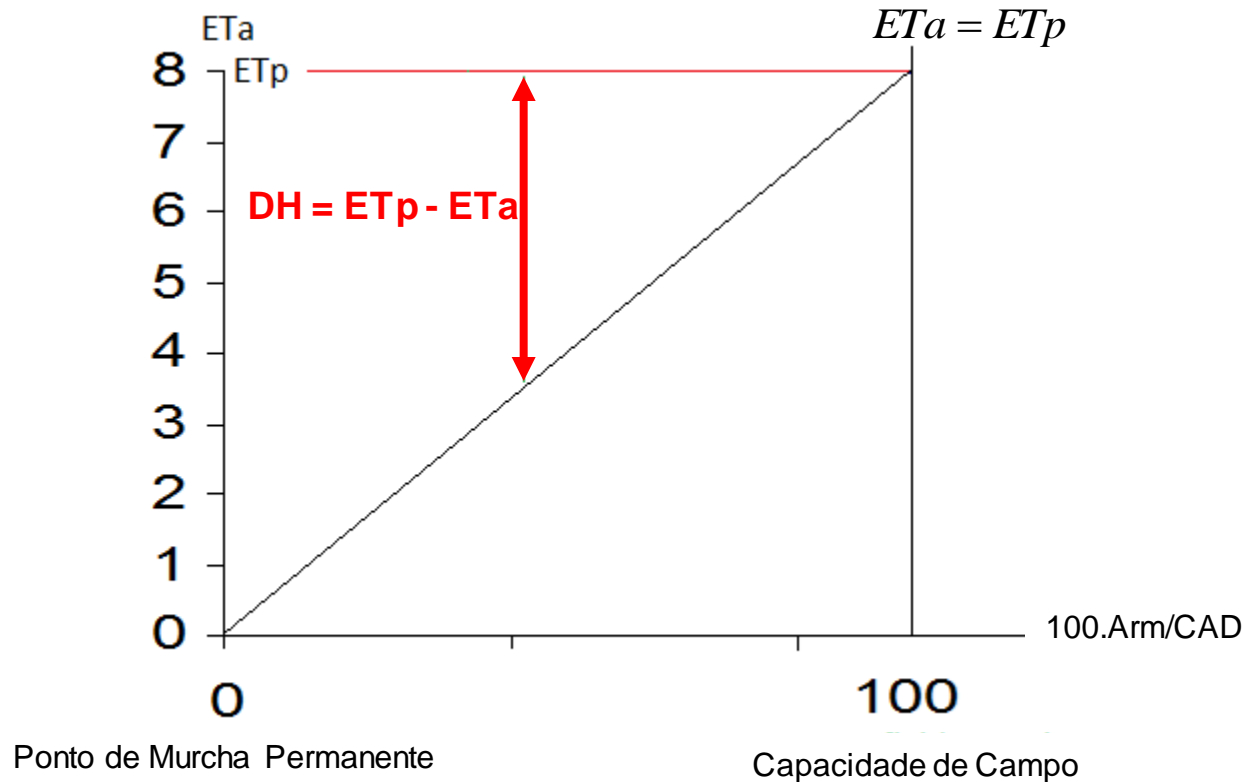
Sumário

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

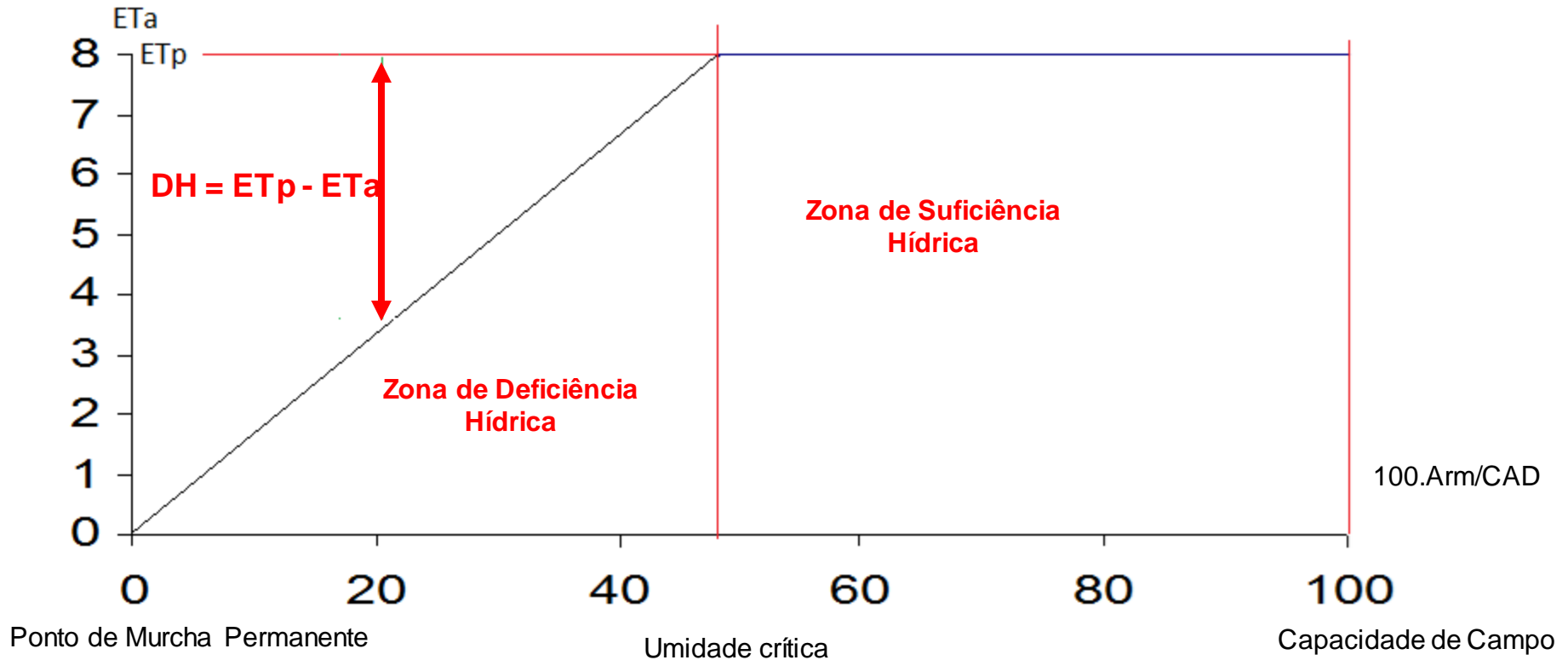
O que é deficiência hídrica?



$$ET_a = ET_p \frac{SWH}{SWHC}$$

Thornthwaite & Mather (1955)

O que é deficiência hídrica?



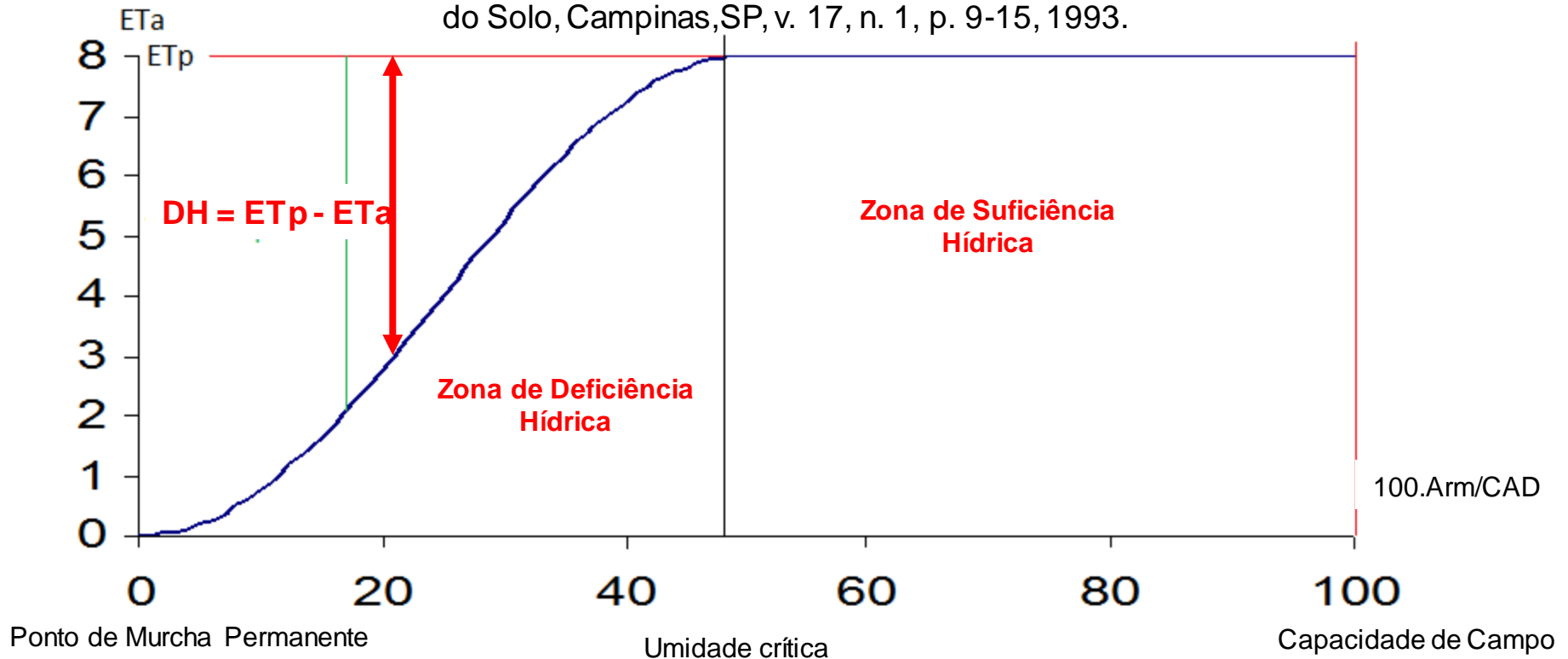
$$ET_a = ET_p \frac{SWH}{(1-p).SWHC}$$

$$ET_a = ET_p$$

Rijtema & Abouckhaled (1975)

O que é deficiência hídrica?

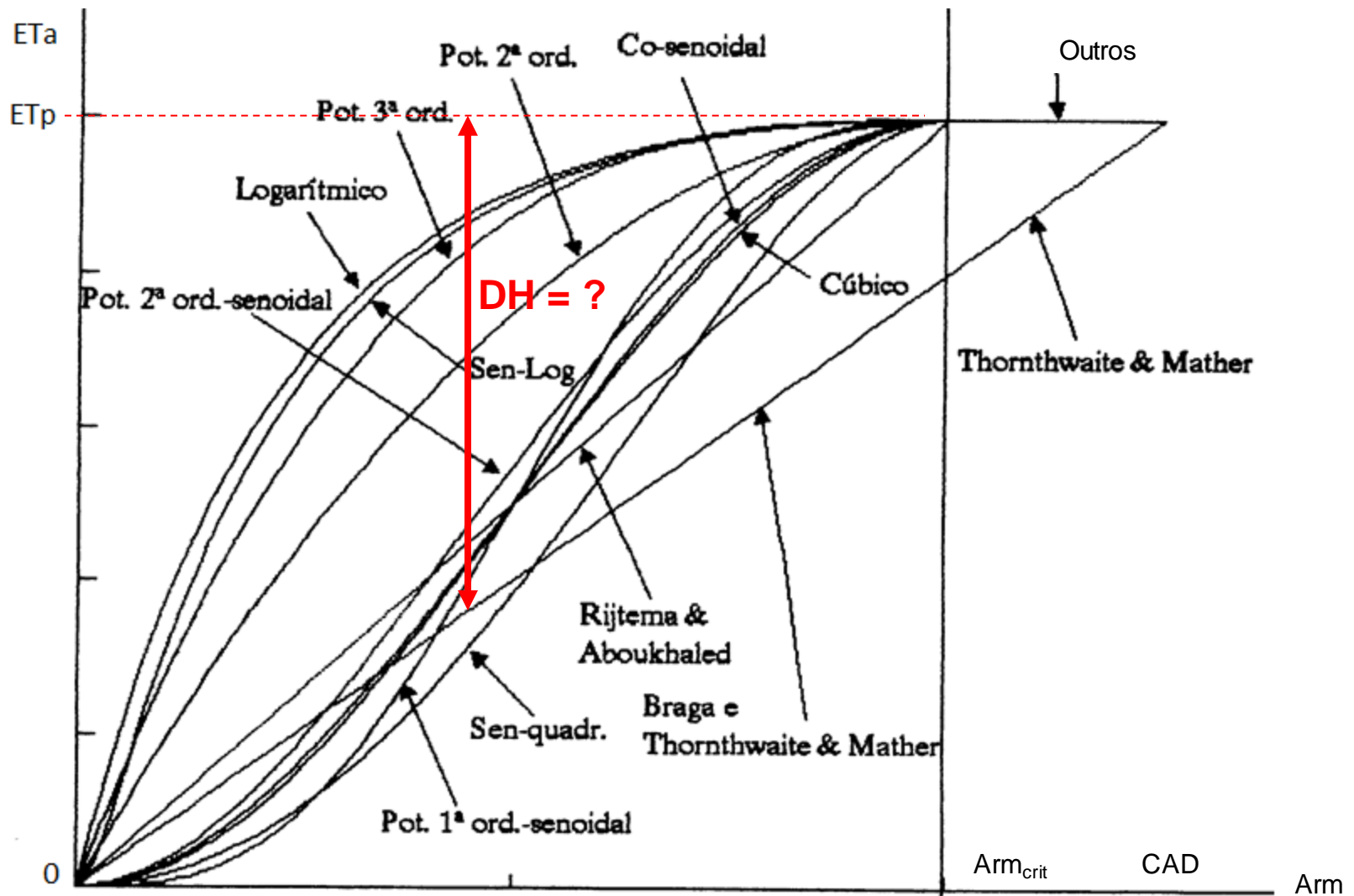
DOURADO NETO, Durval ; JONG VAN LIER, Q. Estimativa do armazenamento de água no solo para realização de balanço hídrico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, SP, v. 17, n. 1, p. 9-15, 1993.



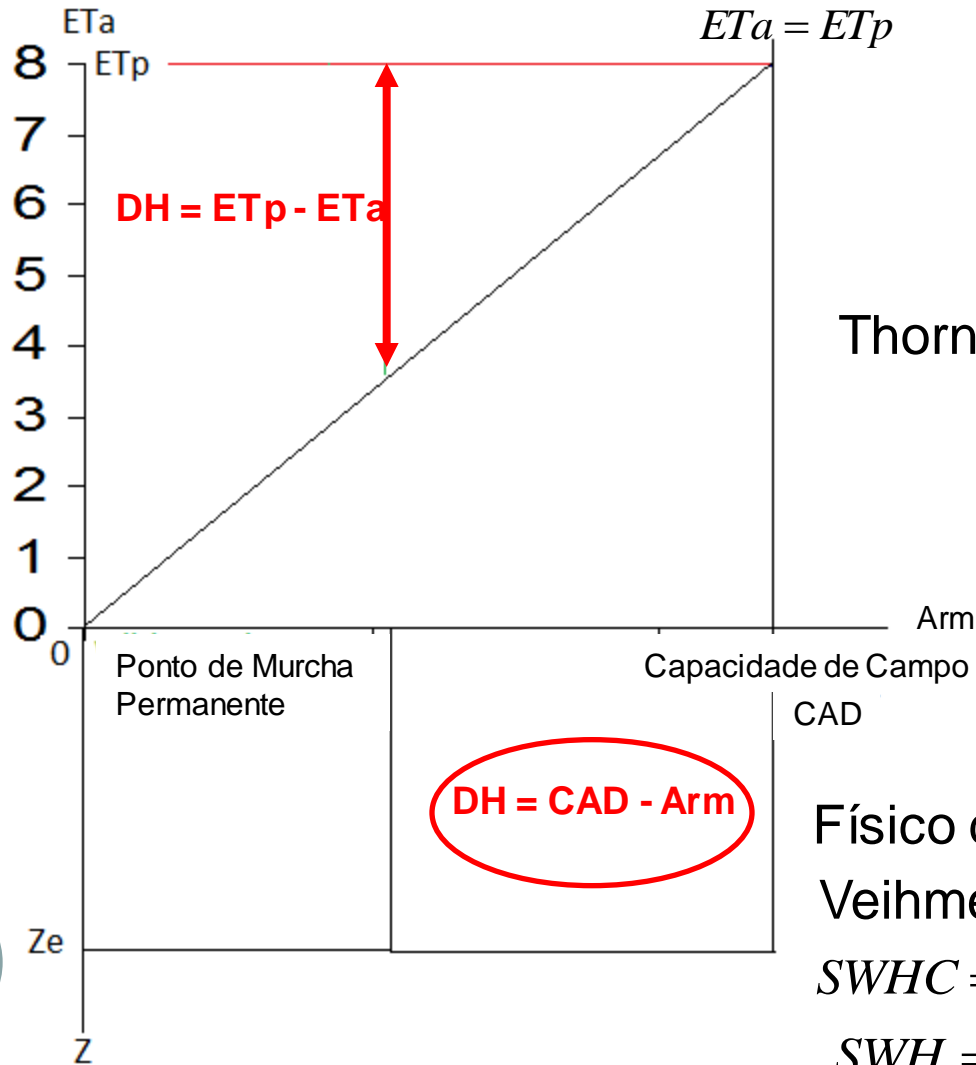
$$ET_a = \frac{ET_p}{2} \left[1 - \cos \left\{ \frac{\pi \cdot SWH}{(1-p) \cdot SWHC} \right\} \right]$$

$$ET_a = ET_p$$

O que é deficiência hídrica?



O que é deficiência hídrica?



Thornthwaite & Mather (1955)

Físico do Solo

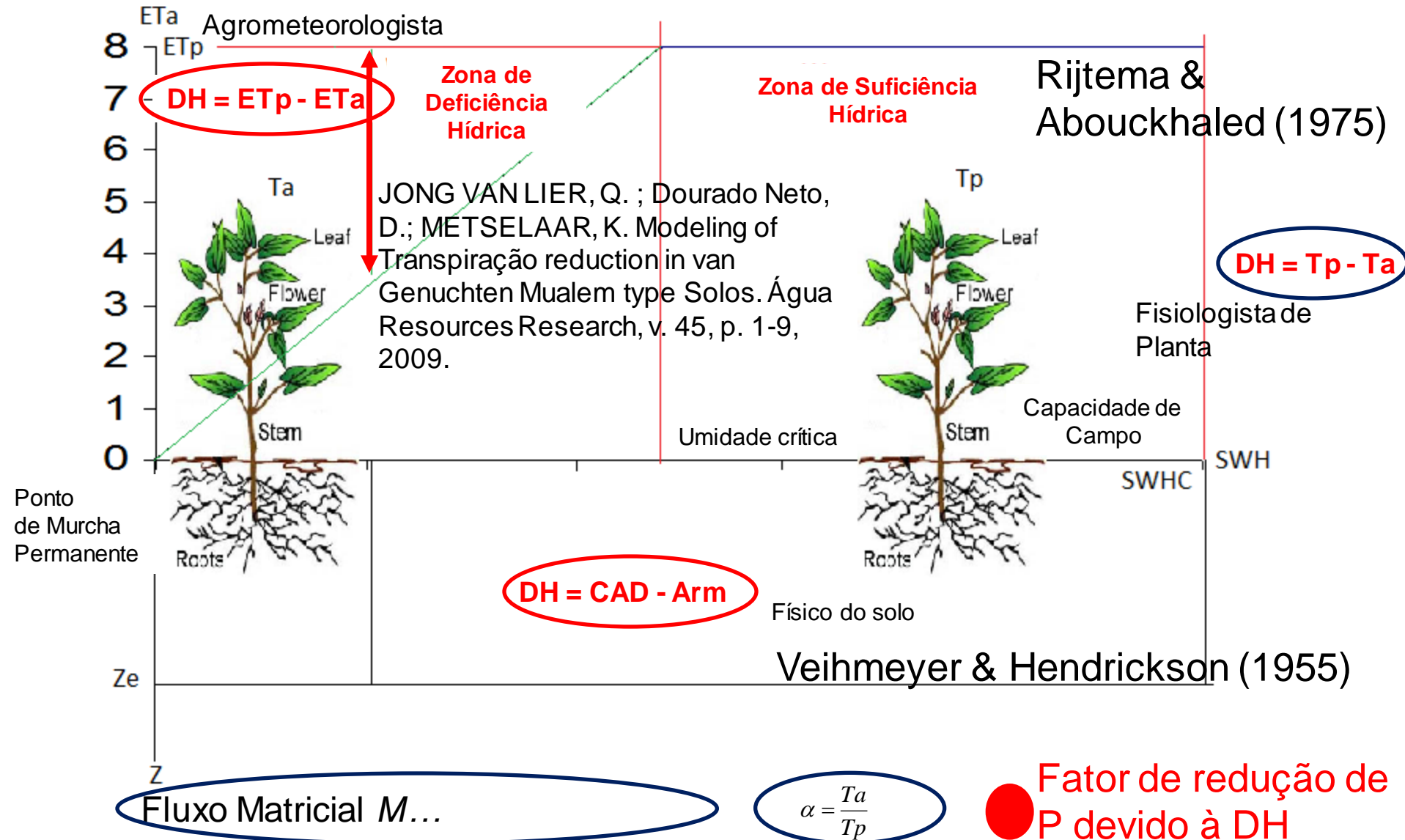
Veihmeyer & Hendrickson (1955)

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

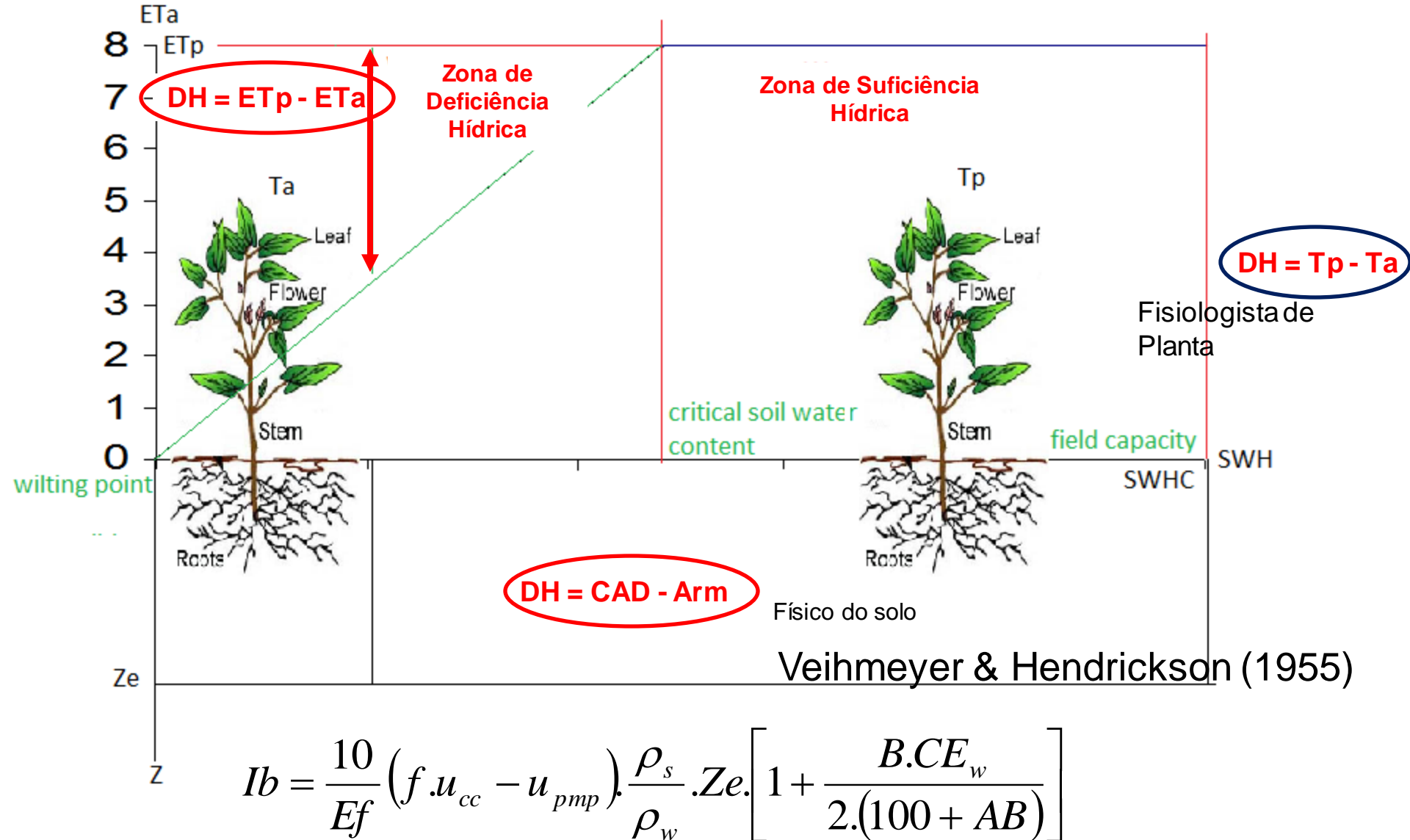
$$SWH = 10(\theta_a - \theta_{pwp})Ze$$

Ze

O que é deficiência hídrica?

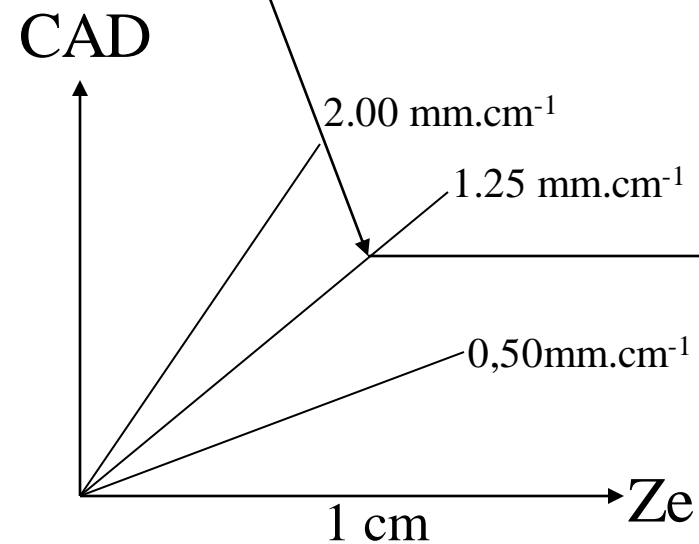
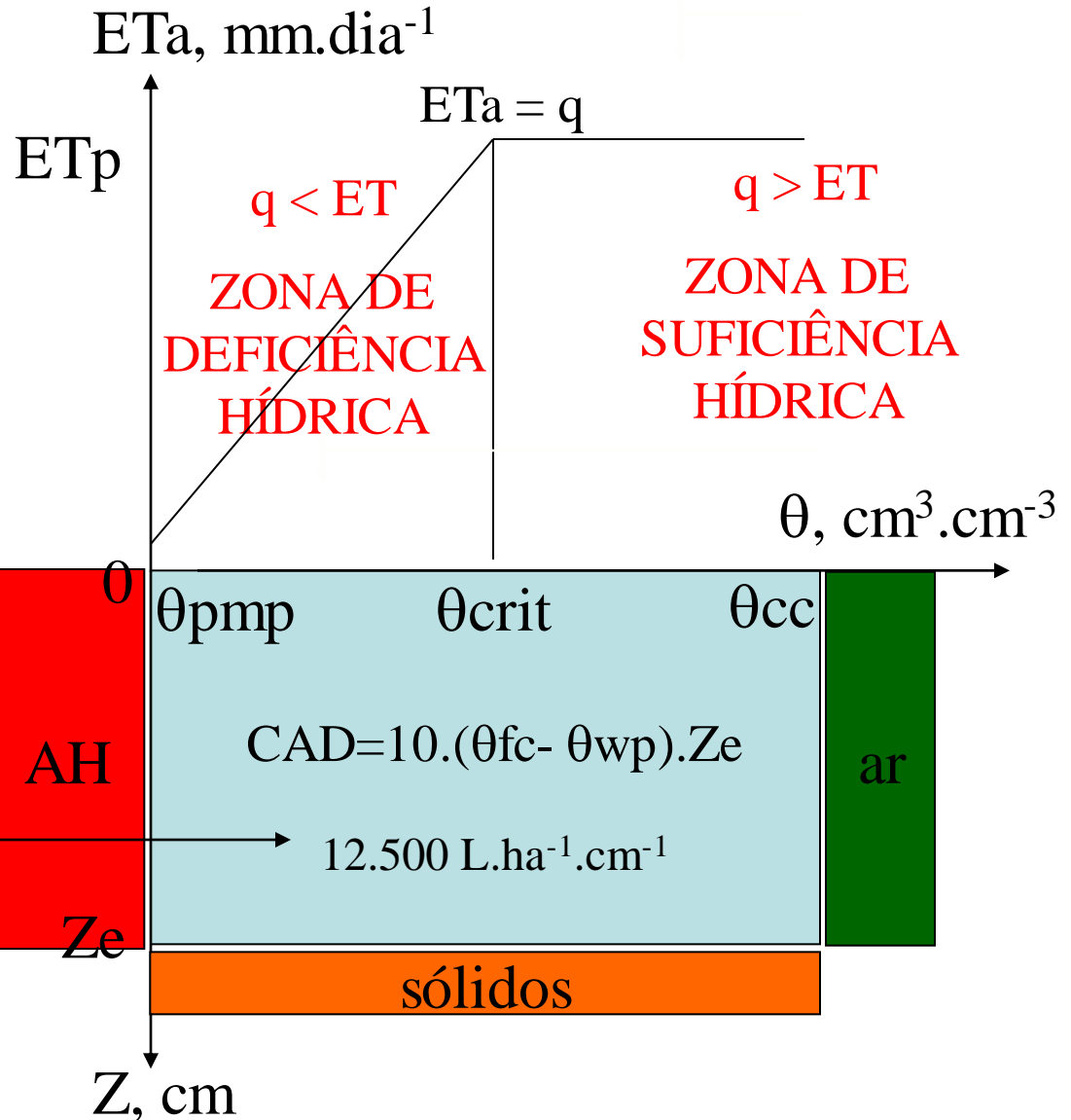
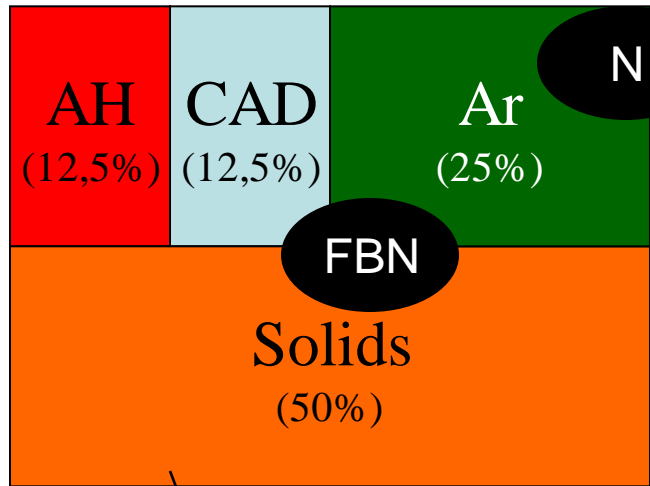


Irrigação com *deficit* sem deficiência hídrica



O que é deficiência hídrica?

CAD por unidade de Ze...



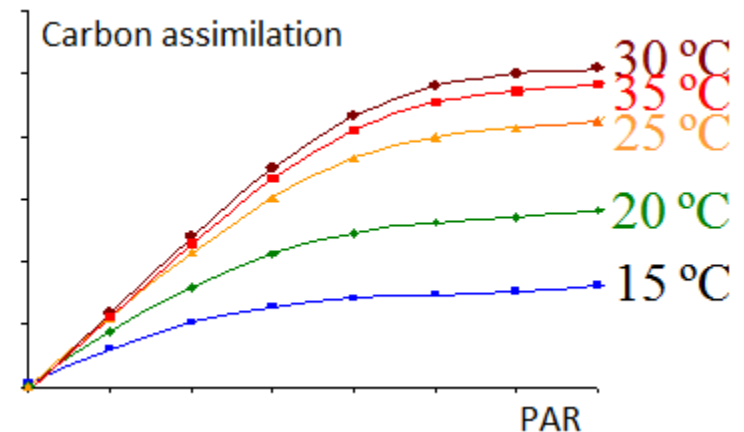
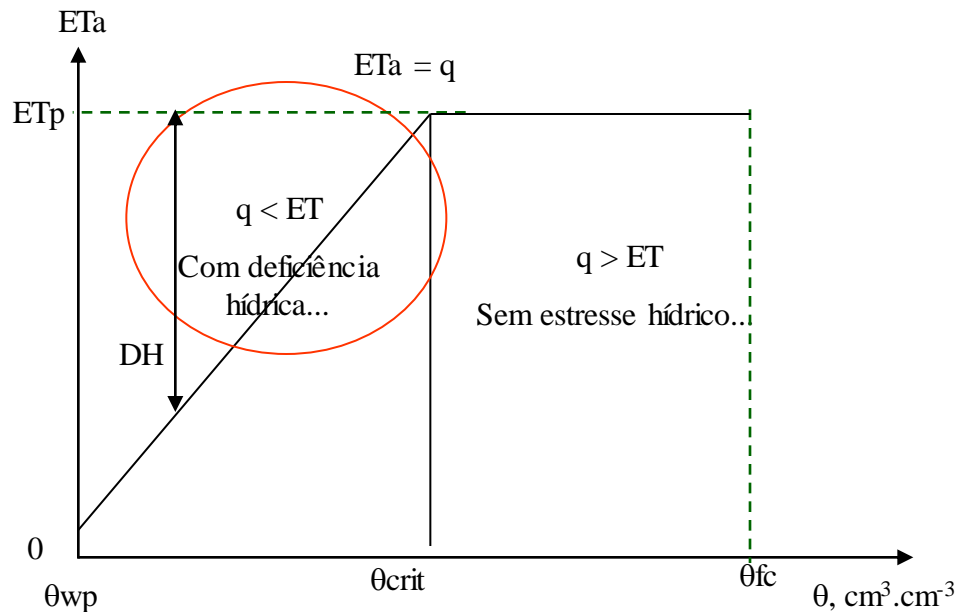
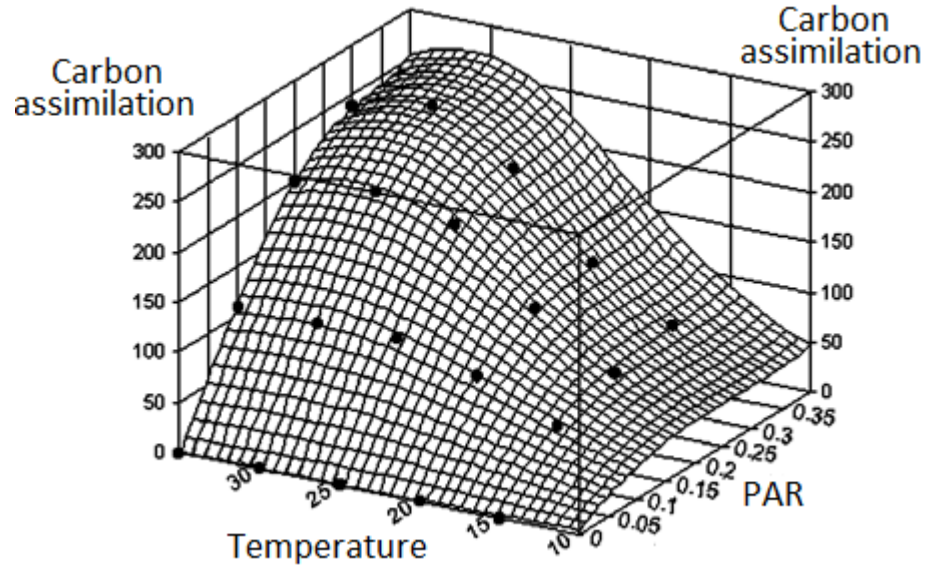
O efeito da deficiência hídrica na produtividade



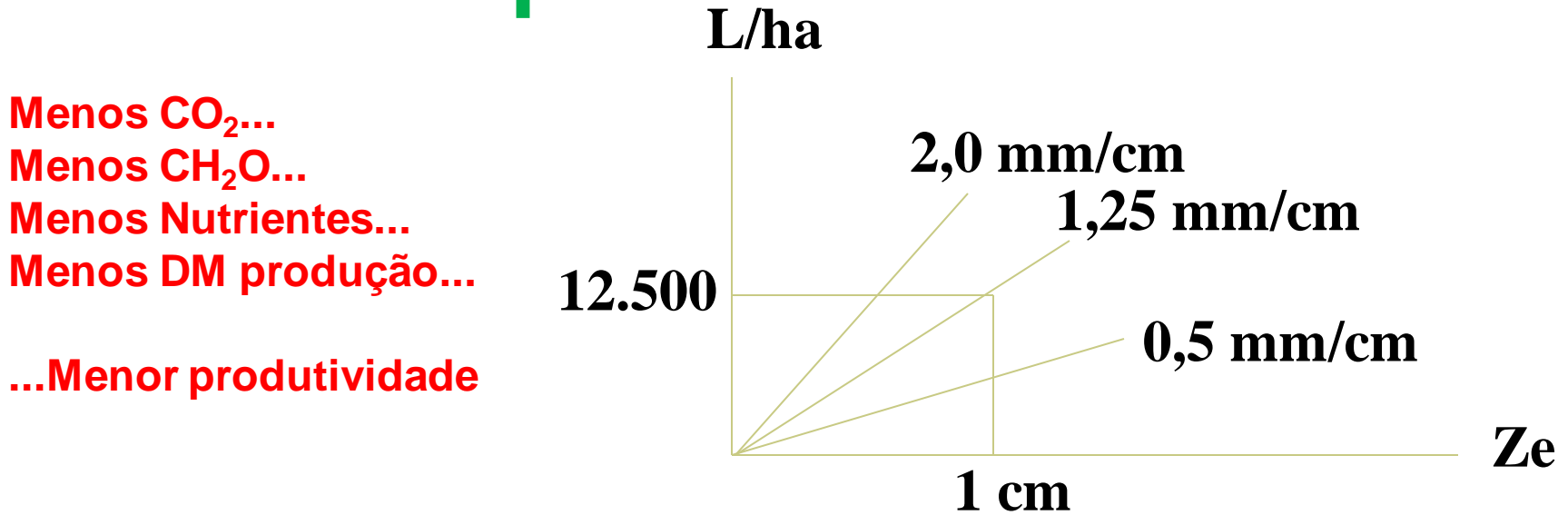
44g 18g 30g 32g

Fisiologia da produção

Modelagem

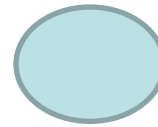


O efeito da deficiência hídrica na produtividade



Maior SWHC/ Z_e :

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



Água...

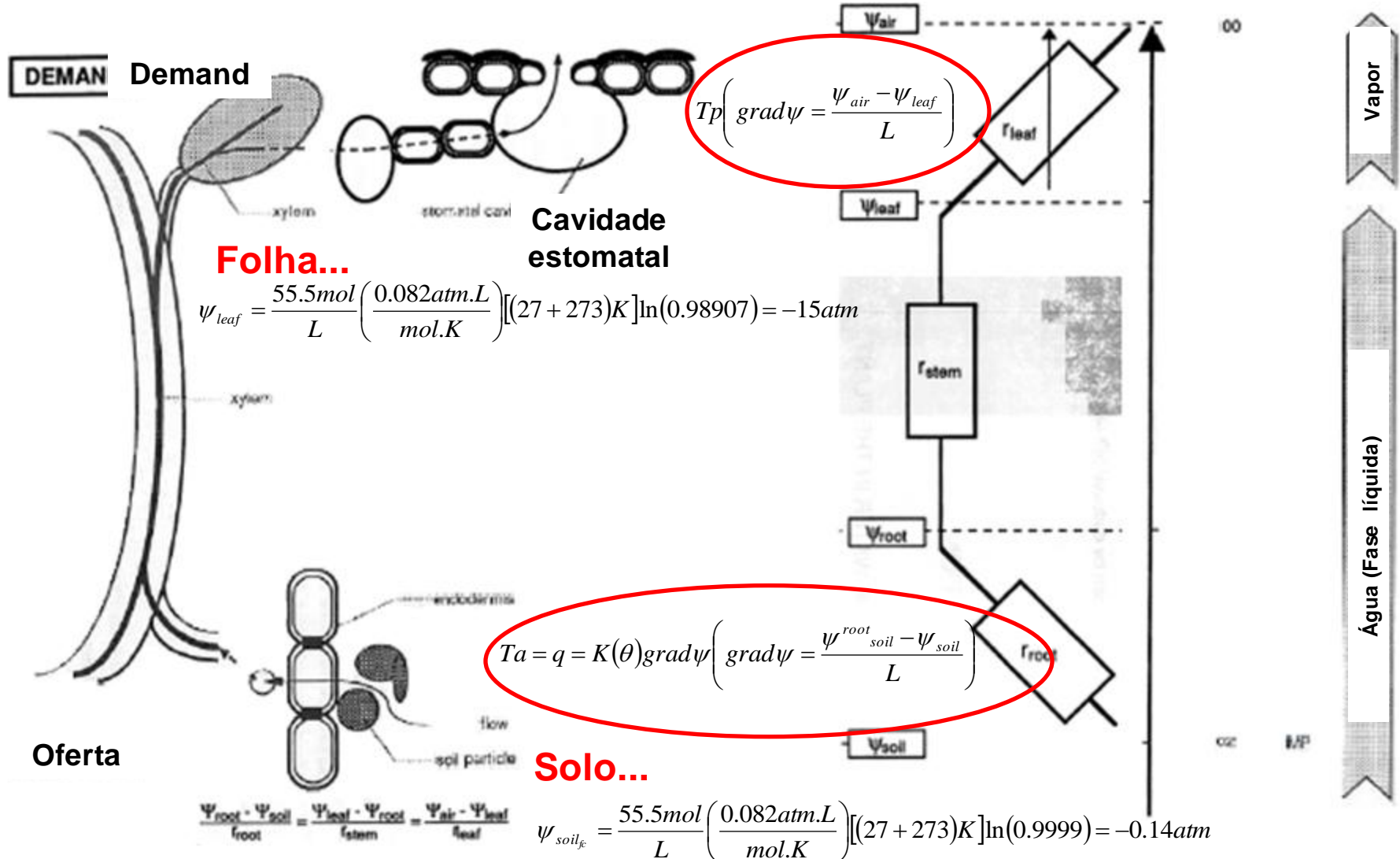
$$\psi = 55.5R(T + 273)\ln(RH)$$

Ar: Noite (Orvalho)...

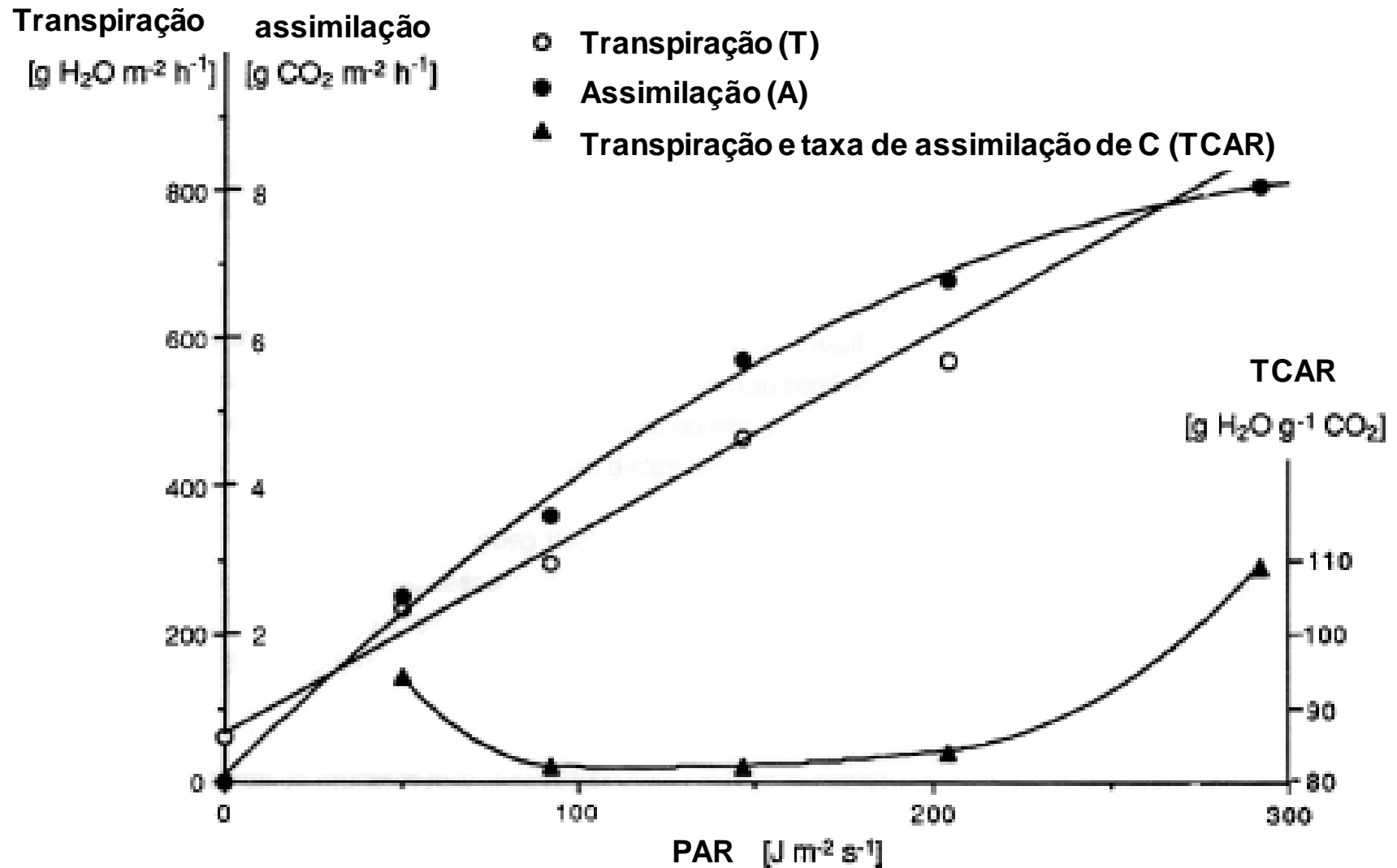
$$\psi_{air}^{2am} = \frac{55.5mol}{L} \left(\frac{0.082atm.L}{mol.K} \right) [(18 + 273)K] \ln(1) = 0atm$$

Ar: dia...

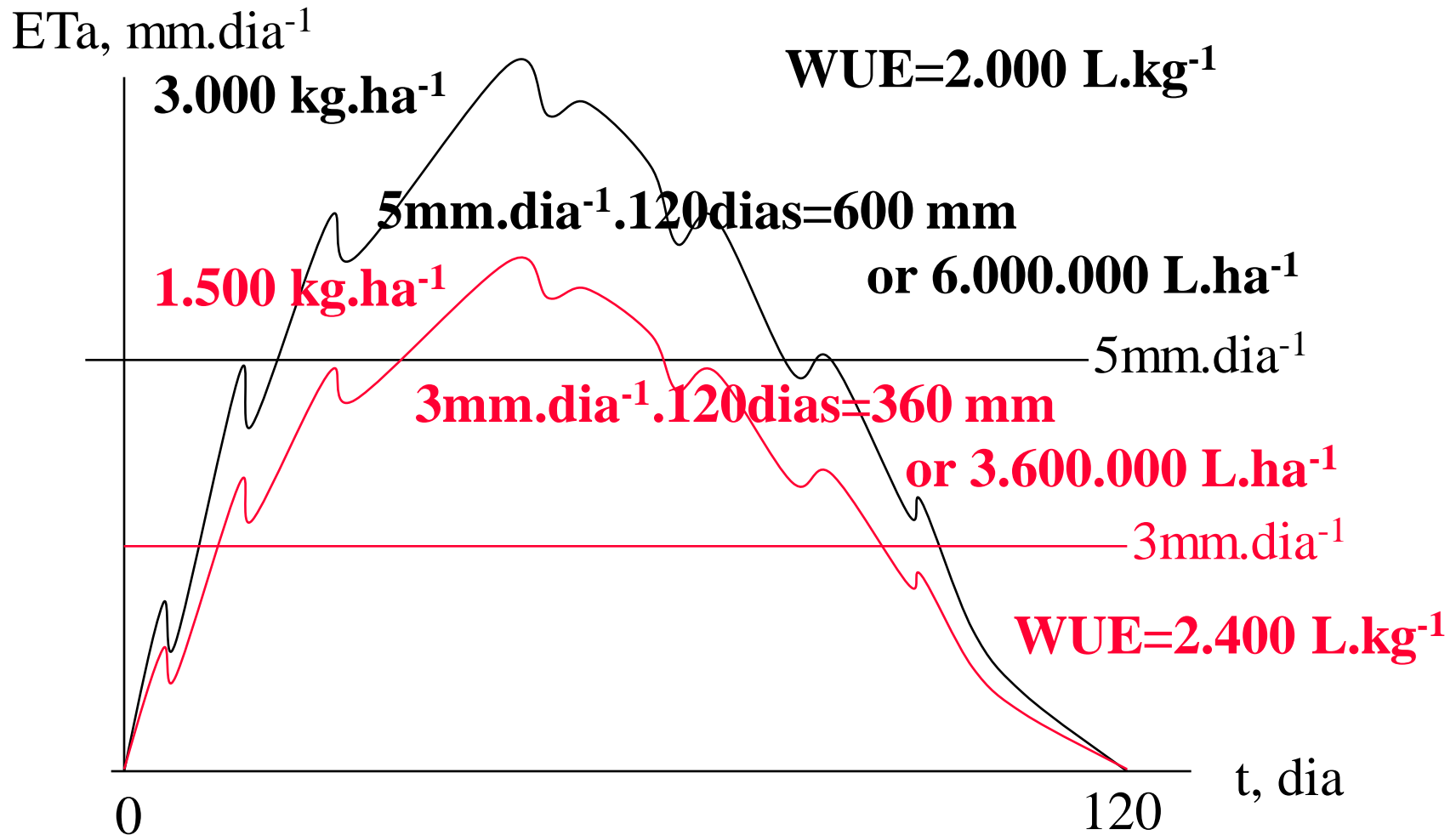
$$\psi_{air}^{2pm} = \frac{55.5mol}{L} \left(\frac{0.082atm.L}{mol.K} \right) [(27 + 273)K] \ln(0.5) = -946atm$$



Transpiração and C assimilação

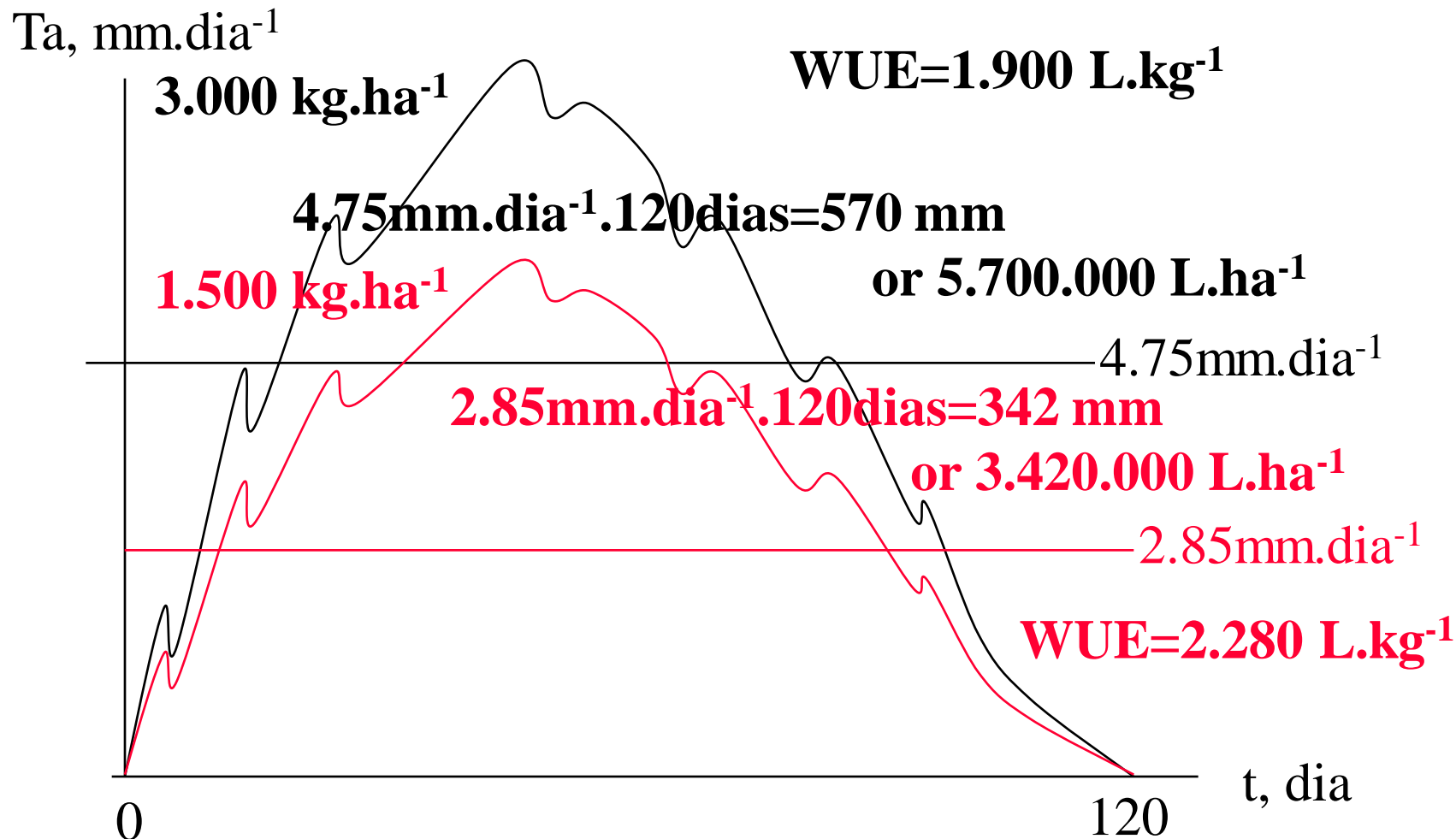


Evapotranspiração



Transpiração

$$E=0.05 \times ET_a$$

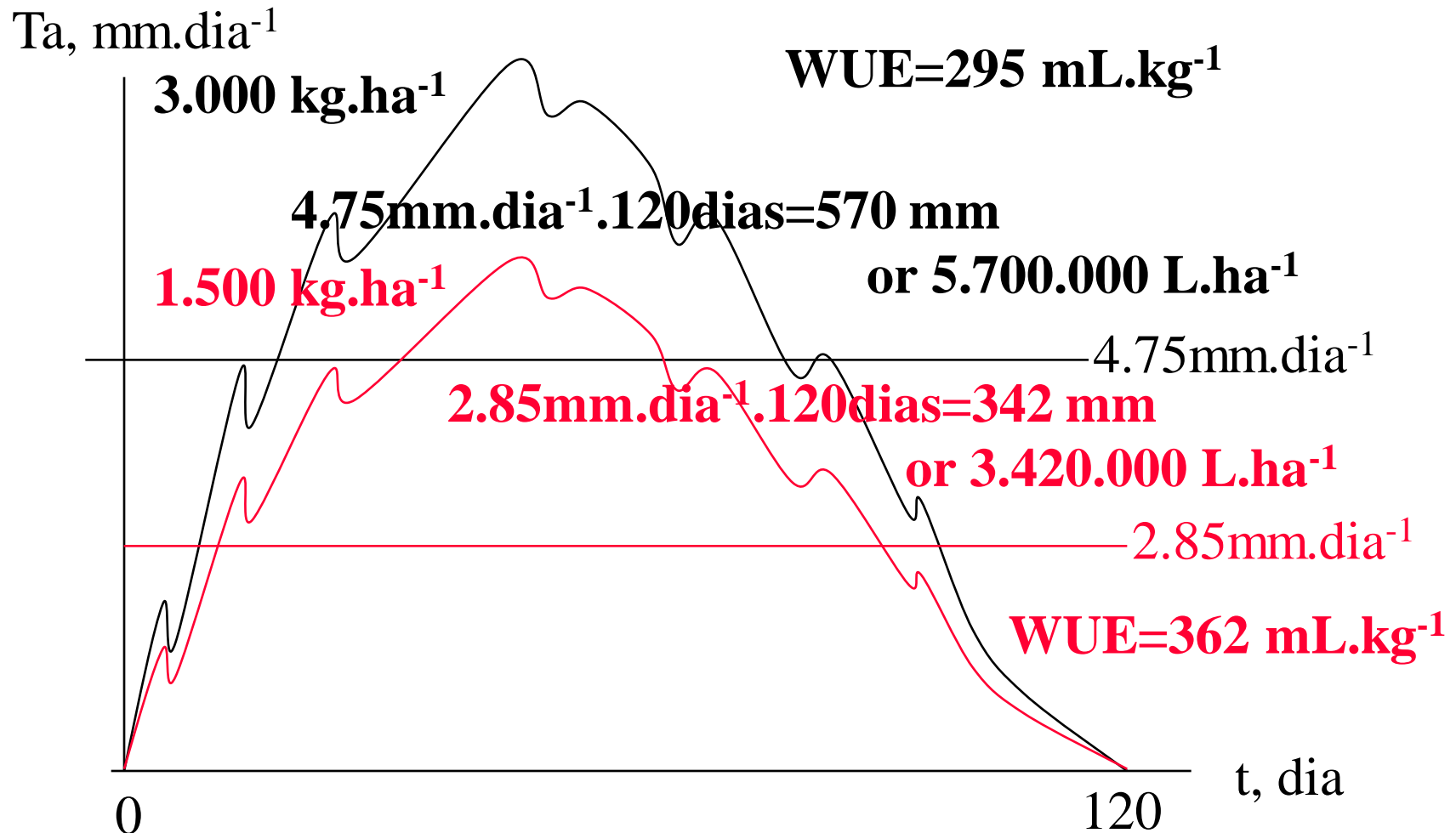


Água na MS e exportada pelo grão

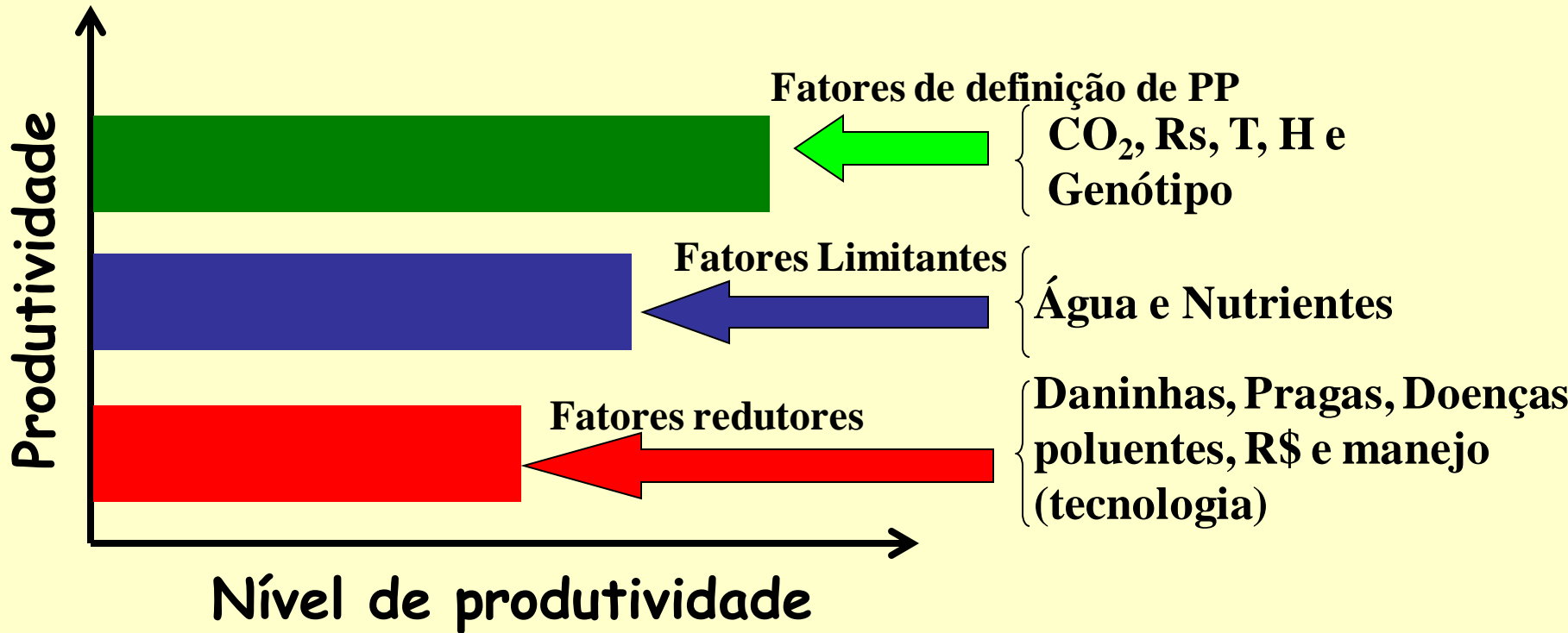
$$E=0.05 \times ETa$$



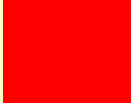
$$HI=0.25/0.35 \text{ kg/kg}$$

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

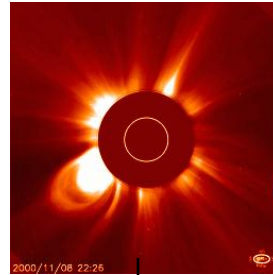


Produtividade



-  Produtividade potencial
-  Produtividade atingível
-  Produtividade atual

Produtividade



**Radiation
solar**

Atmosfera

Pragas

Doenças

Daninhas

Planta

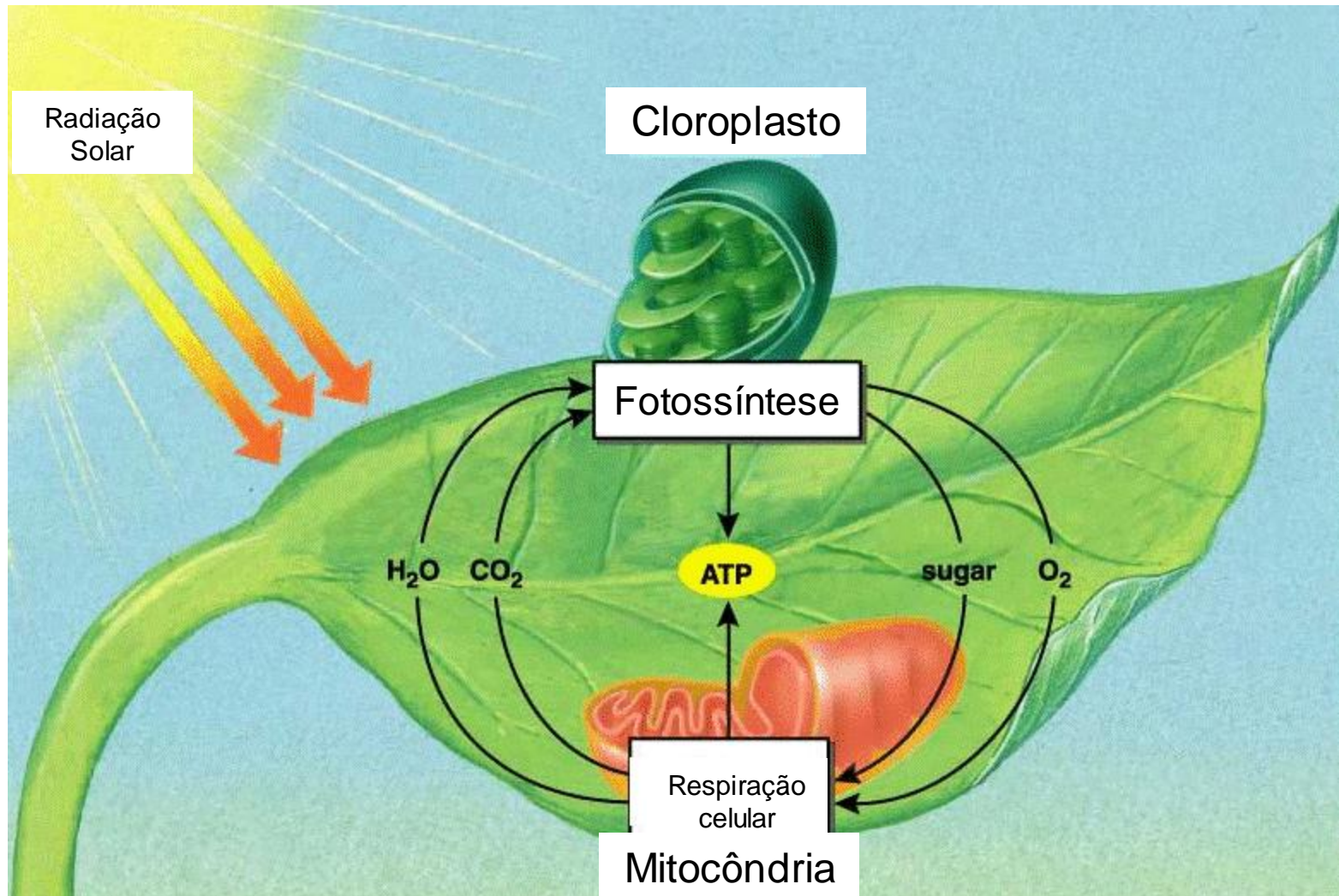
Solo



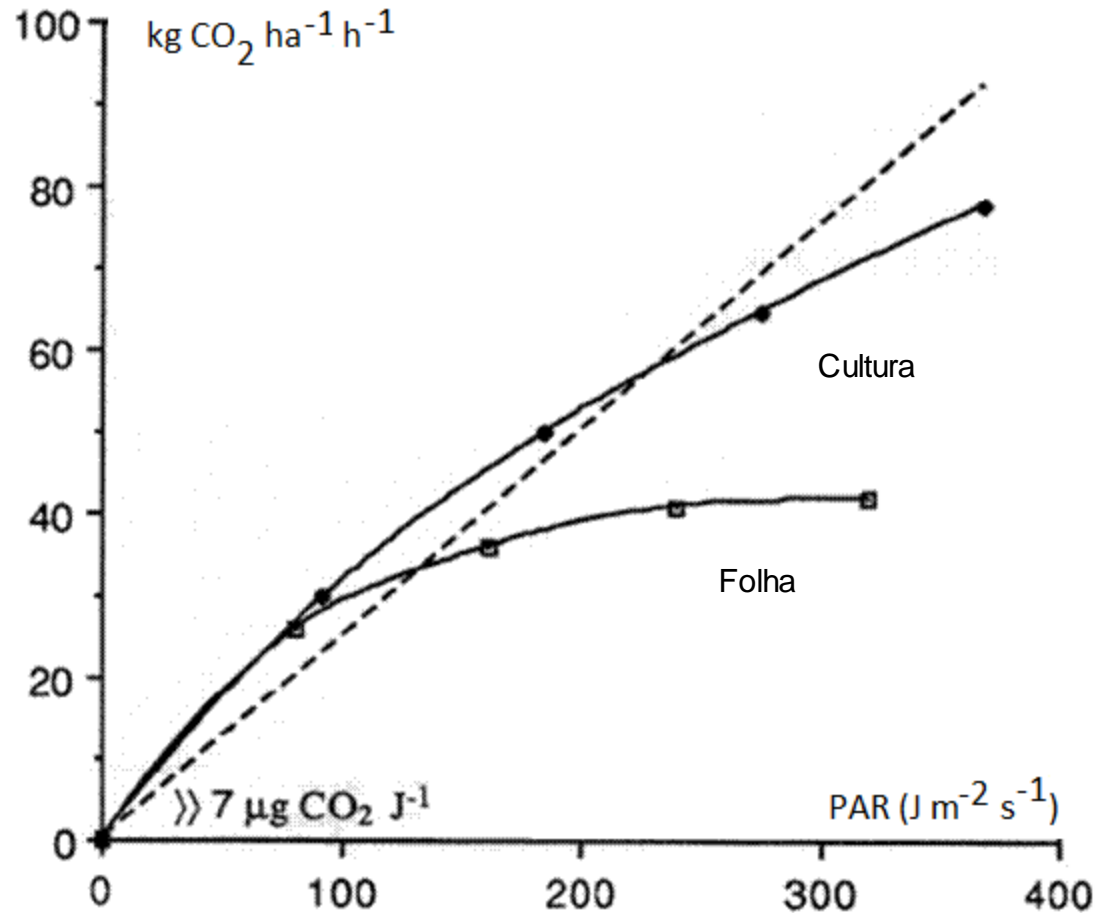
Produtividade depende de:

- **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**

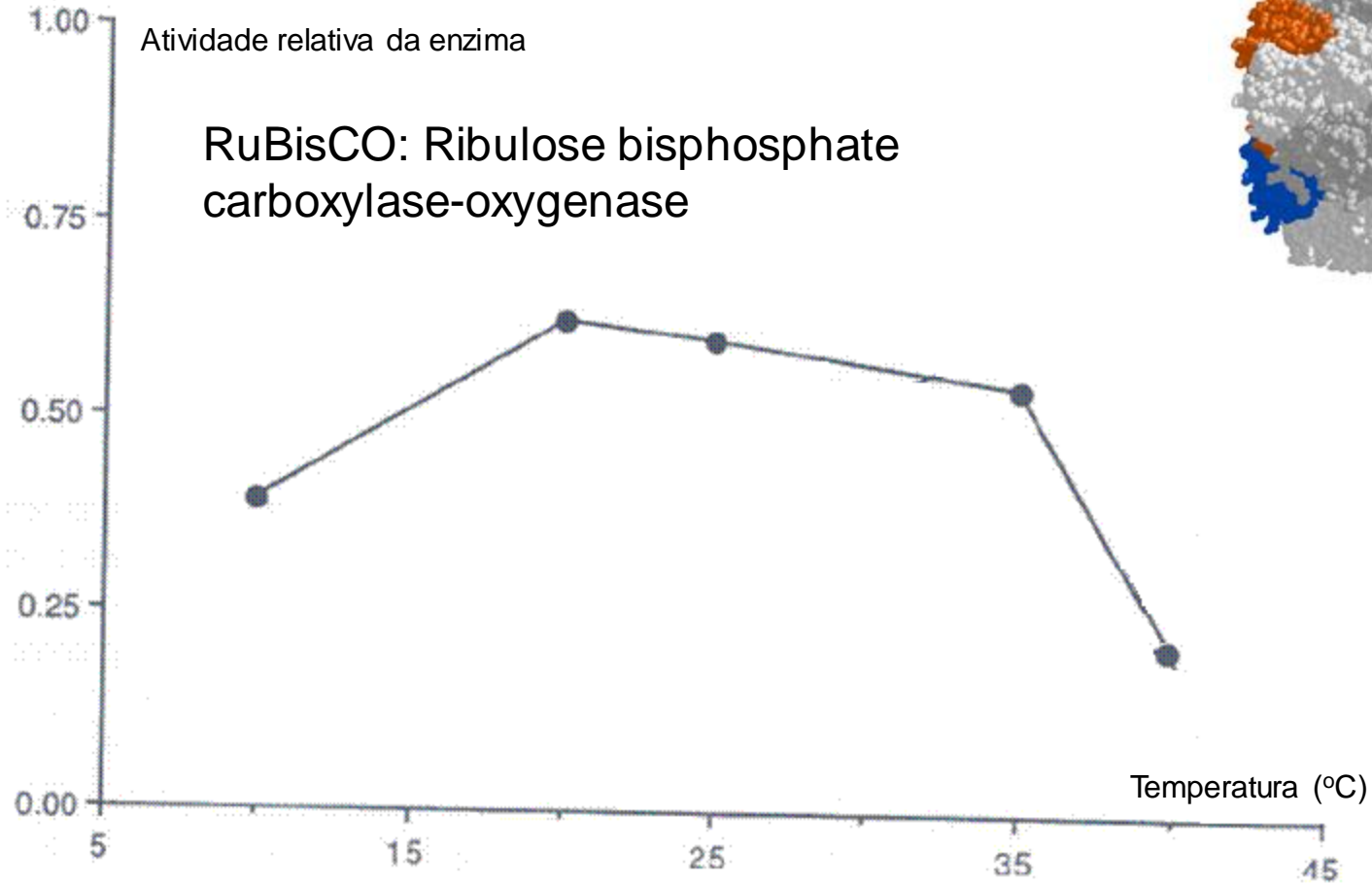
Fotossíntese



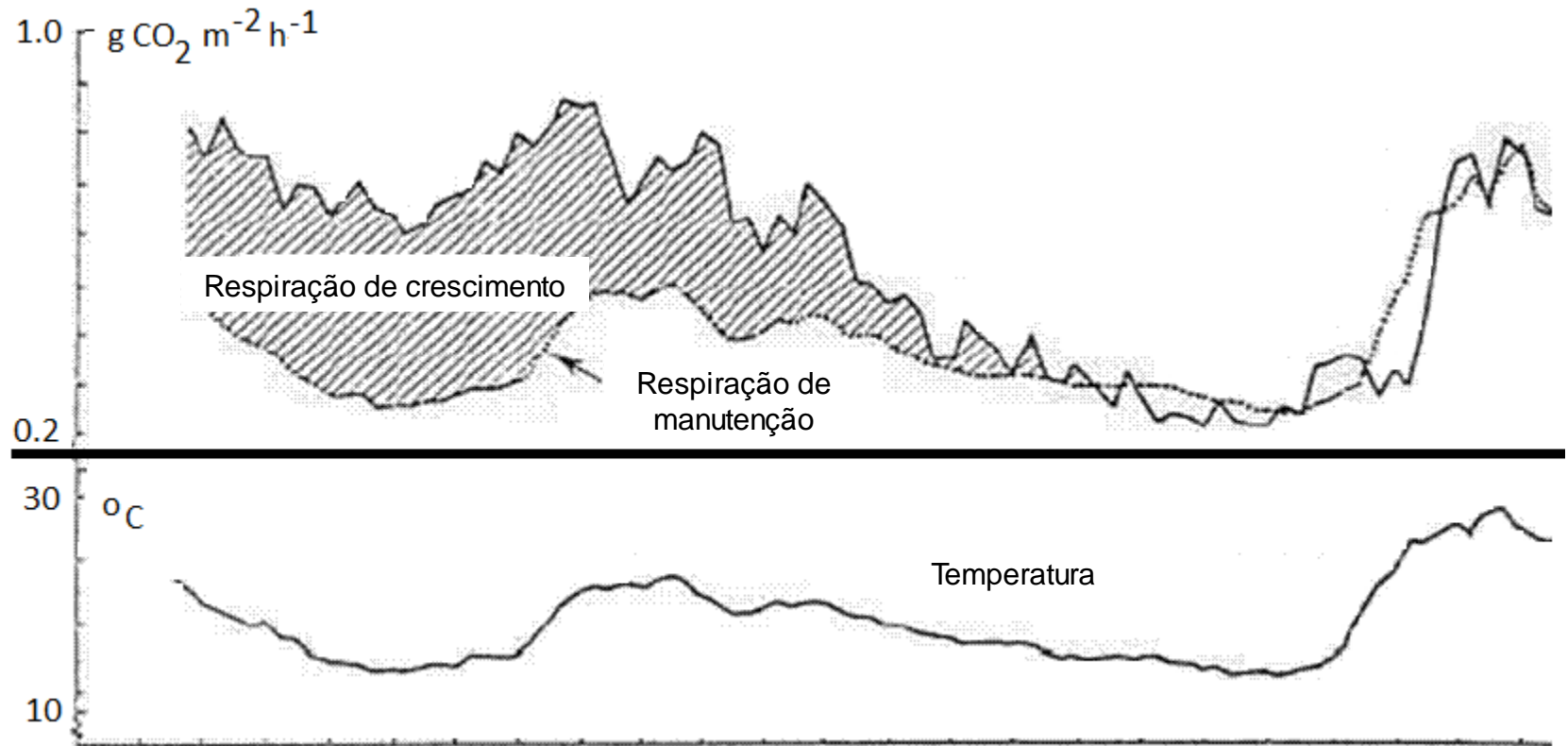
Fotossíntese bruta



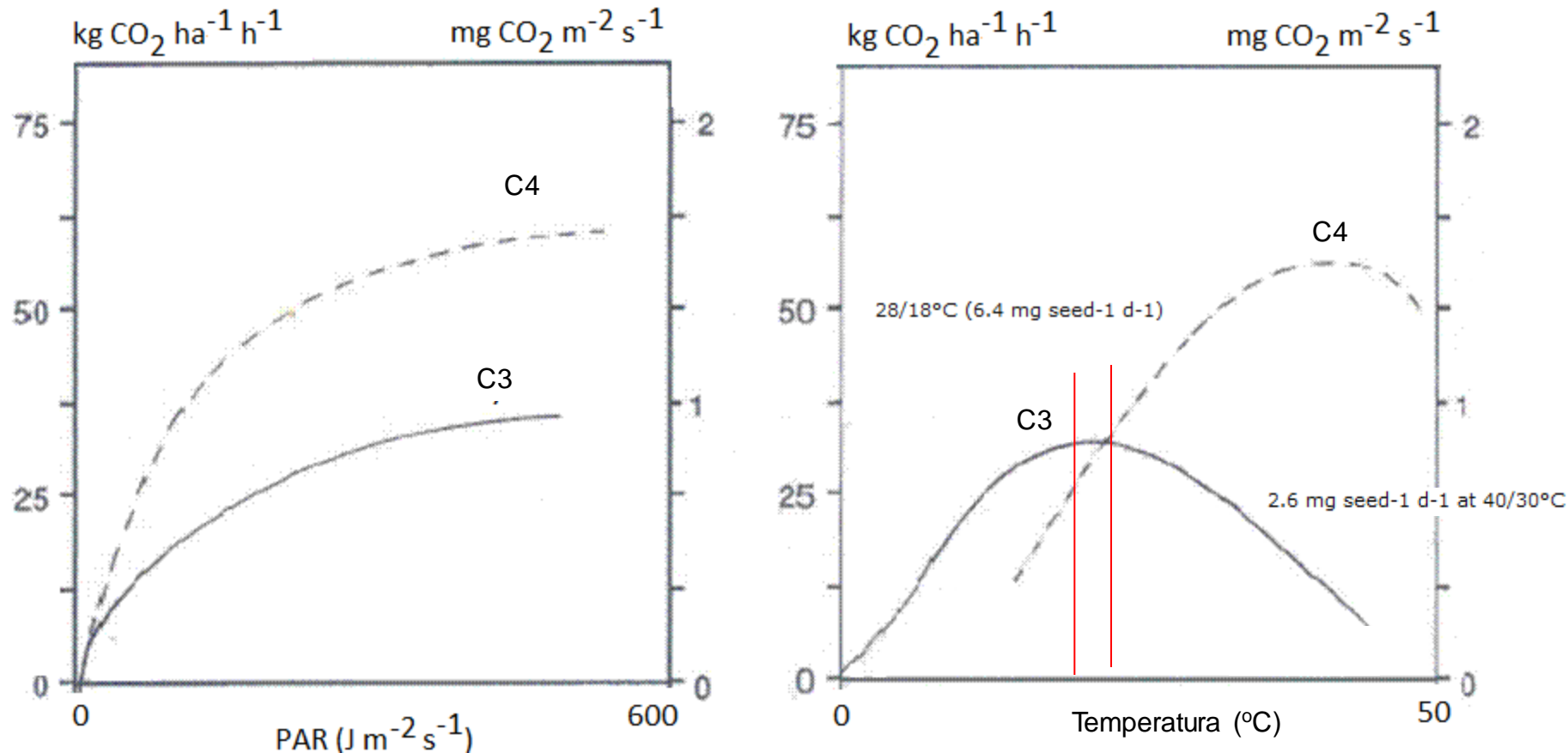
Atividade enzimática



Respiração



Fotossíntese líquida

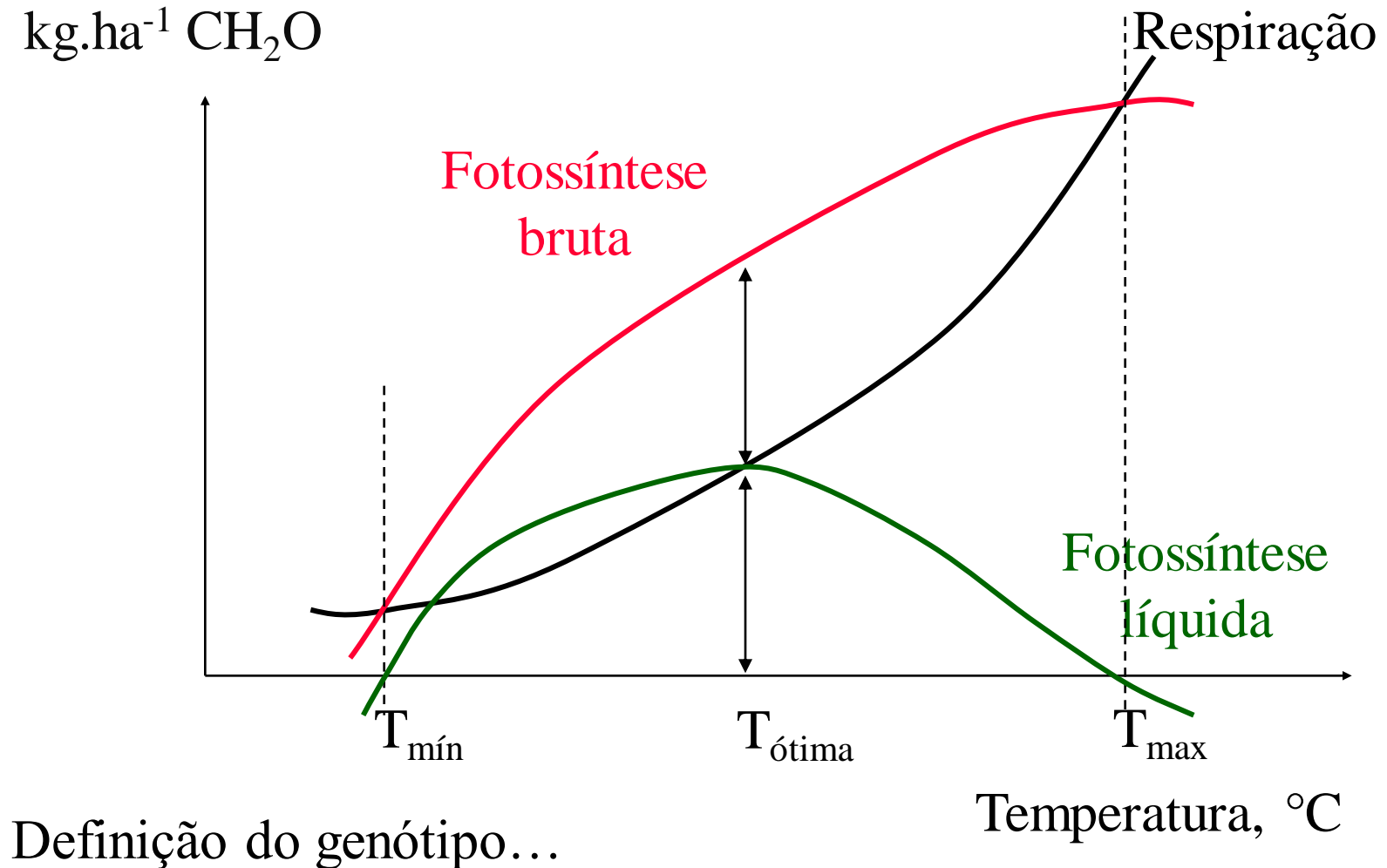


Elevated Temperature Delays Onset of Reproductive Growth and Reduces Seed Growth Rate of Soybean

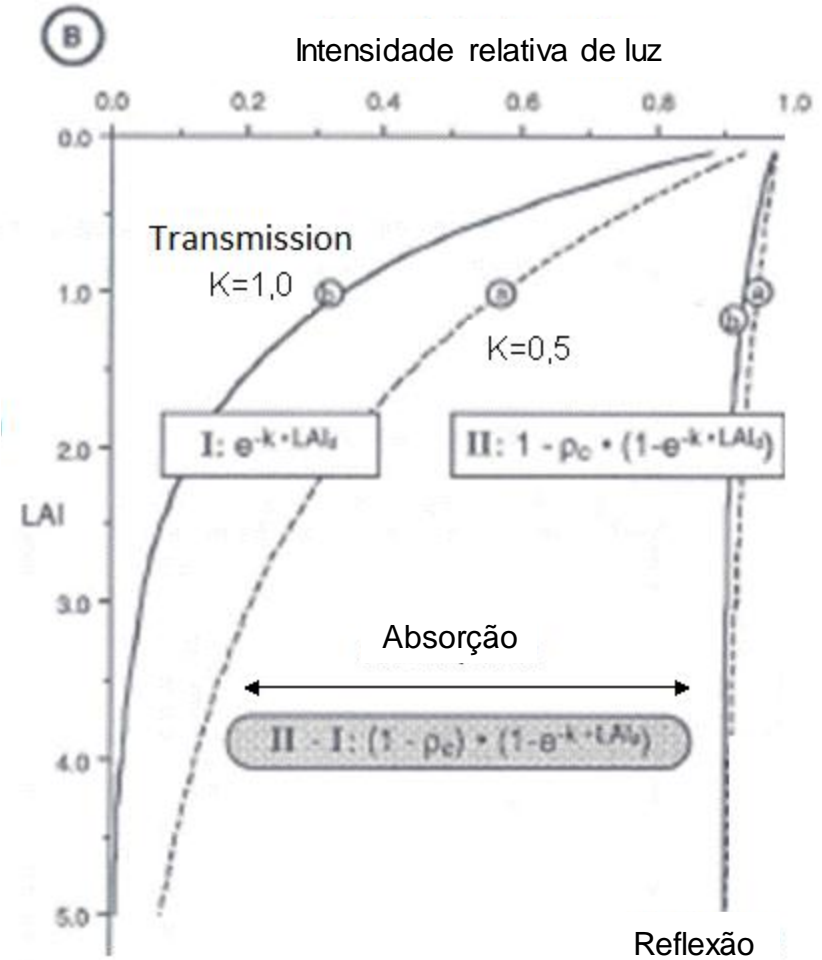
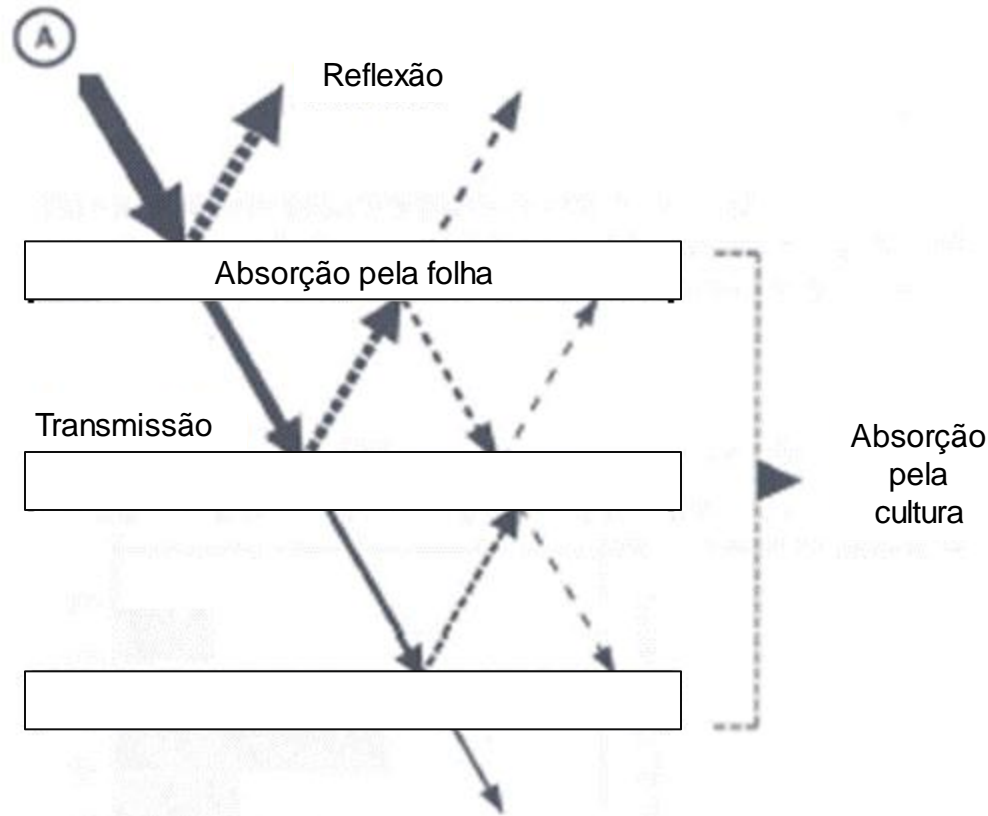
Jean M.G. Thomas, Kenneth J. Boote, Deyun Pan, Leon Hartwell Allen

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

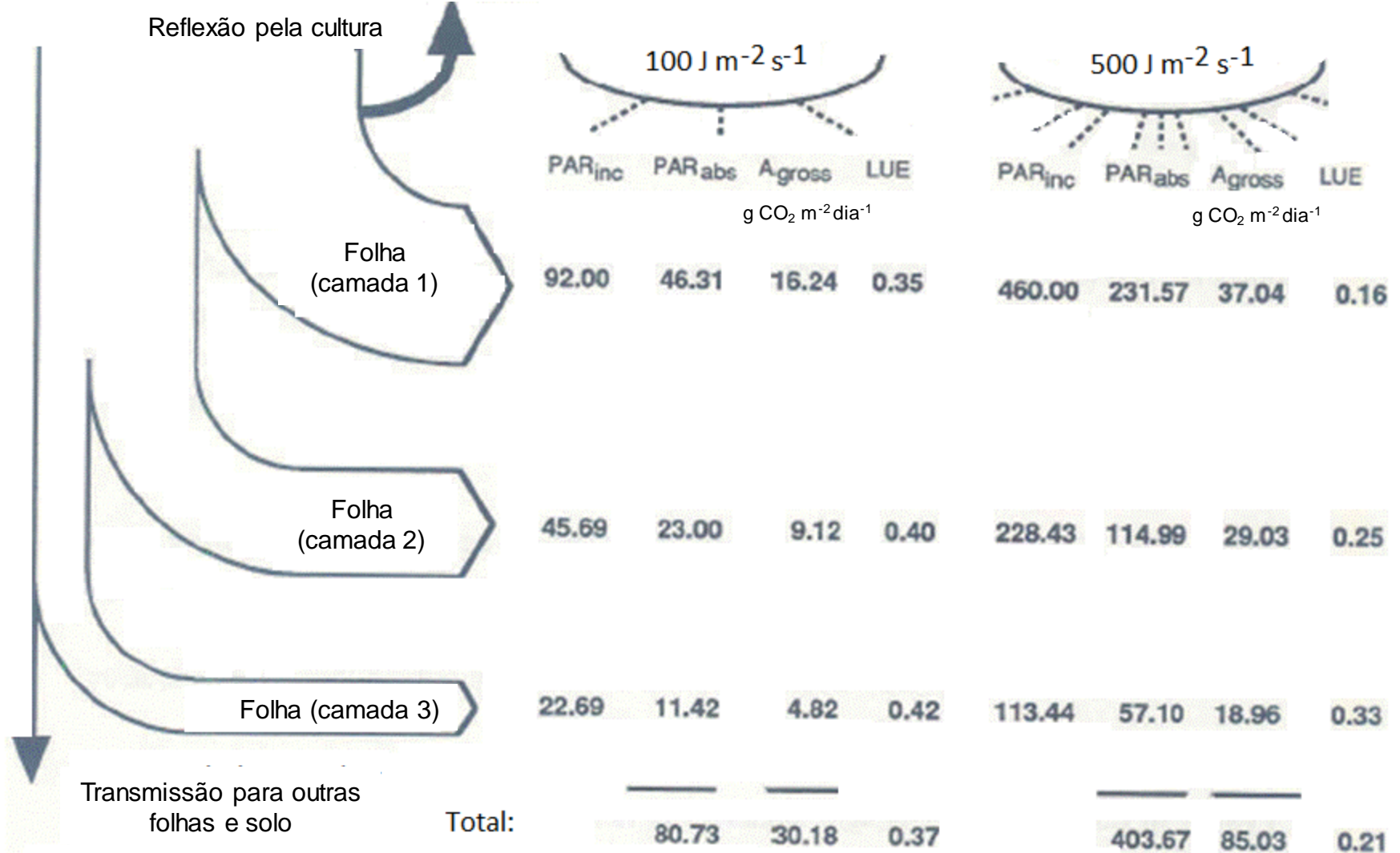
Fotossíntese líquida



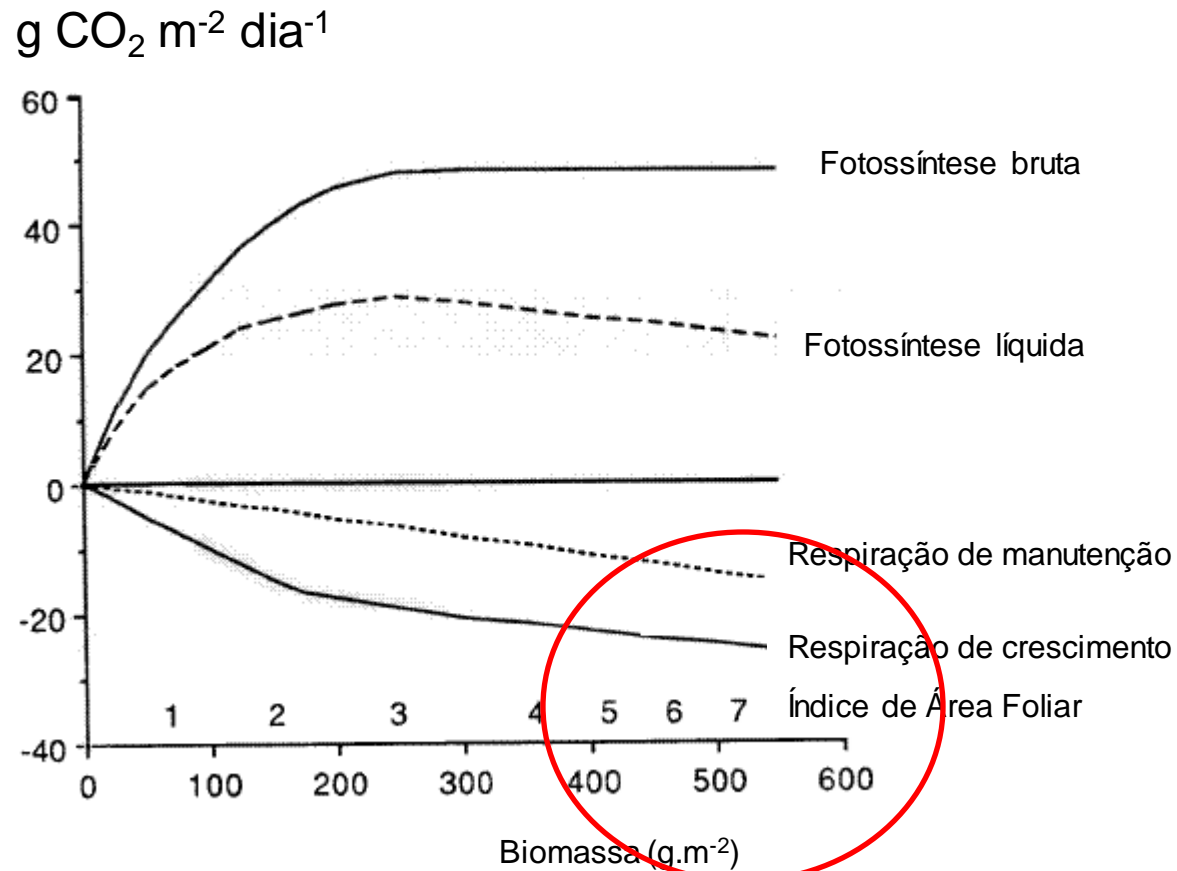
Índice de área foliar (IAF, $\text{m}^2.\text{m}^{-2}$)



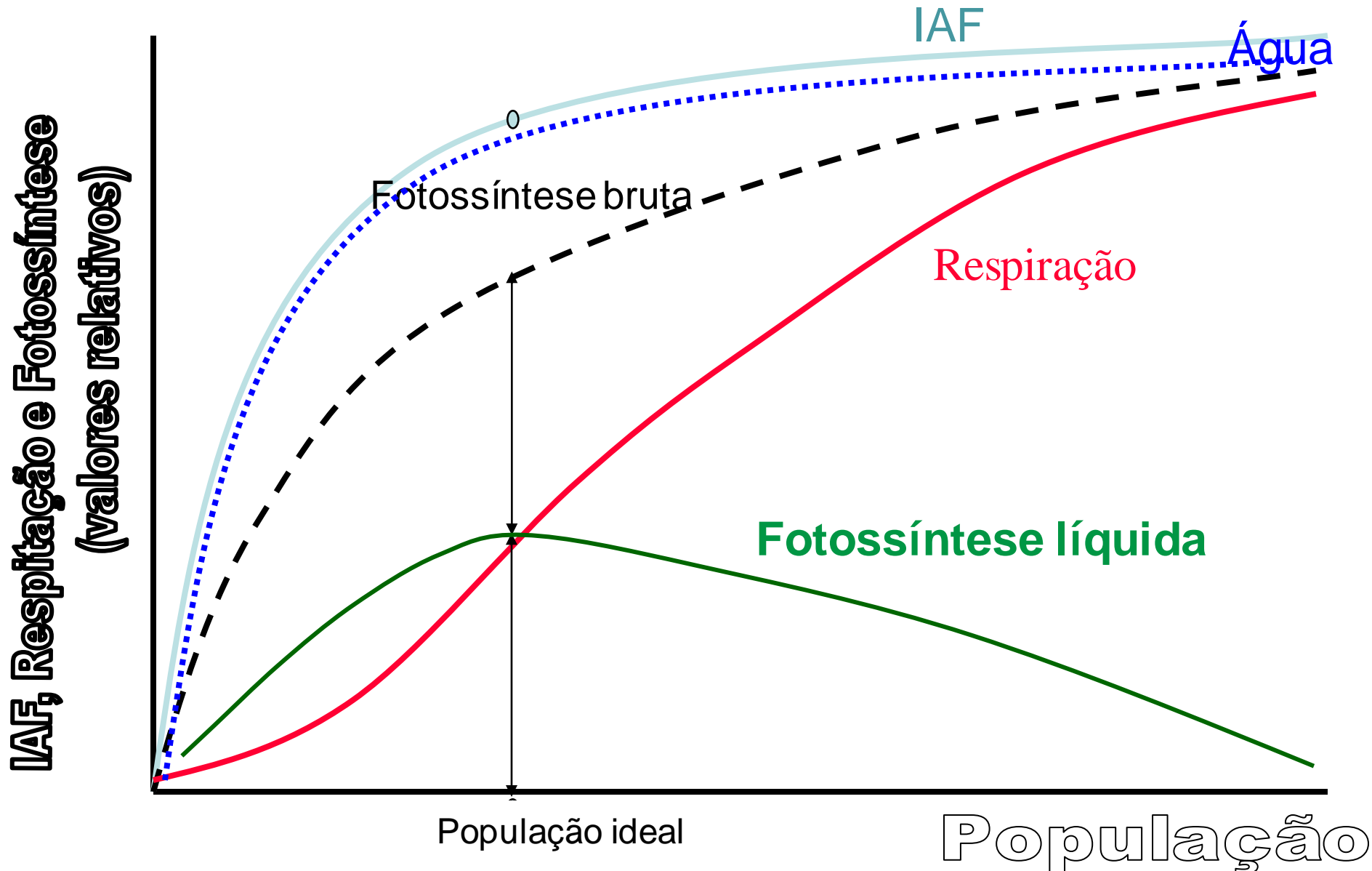
Índice de área foliar (IAF, $\text{m}^2.\text{m}^{-2}$)



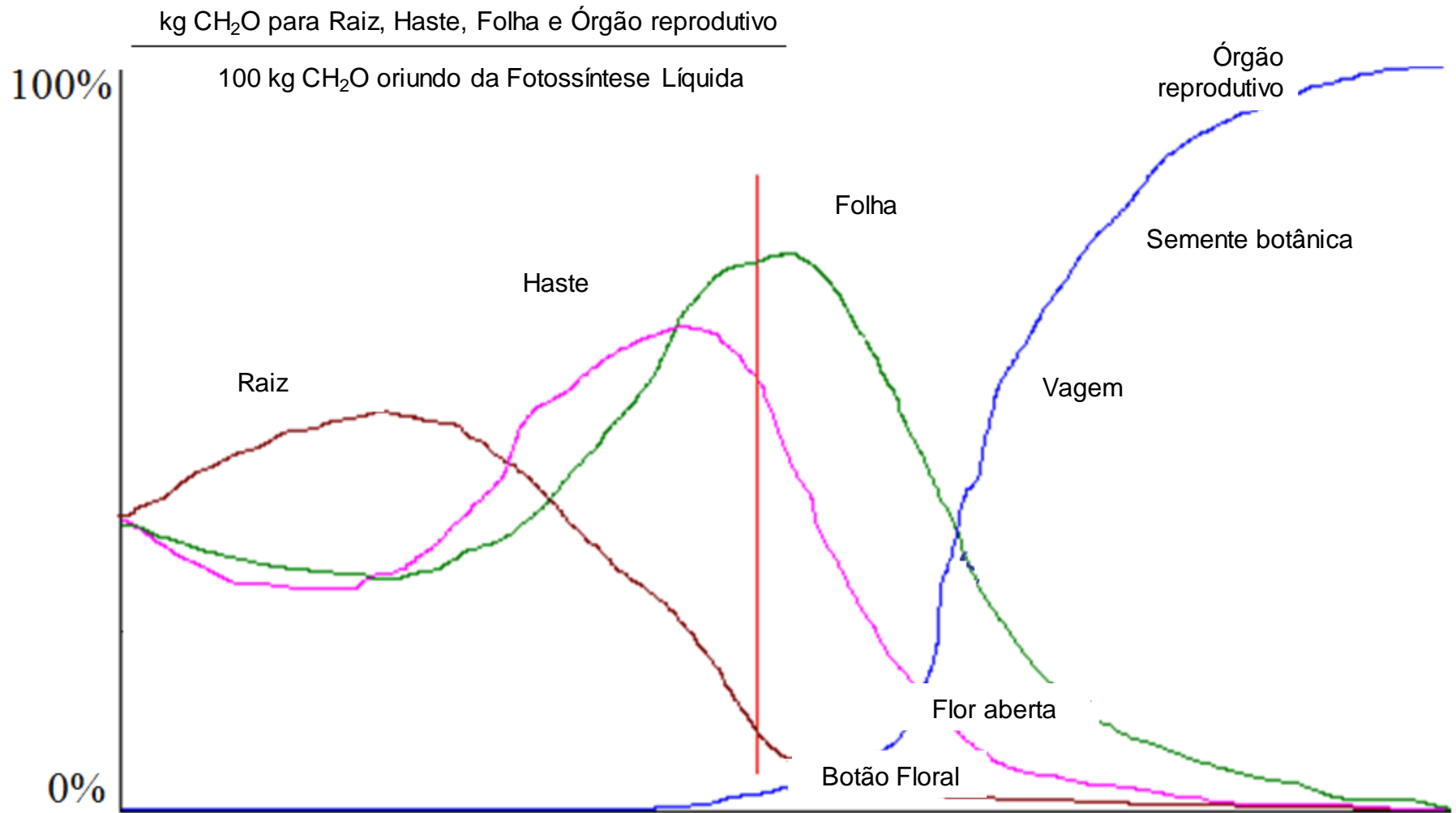
Biomassa e assimilação de CO₂



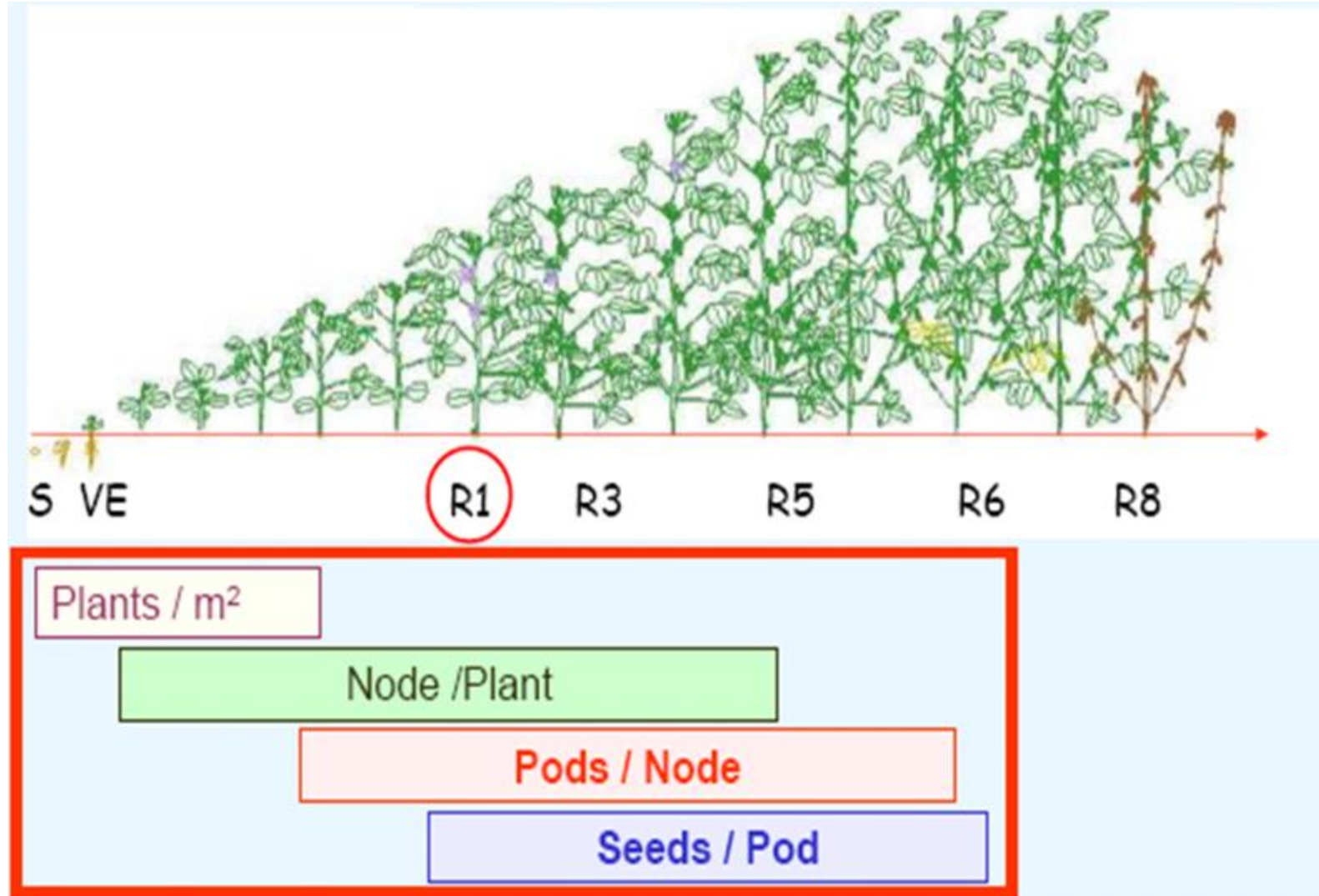
População



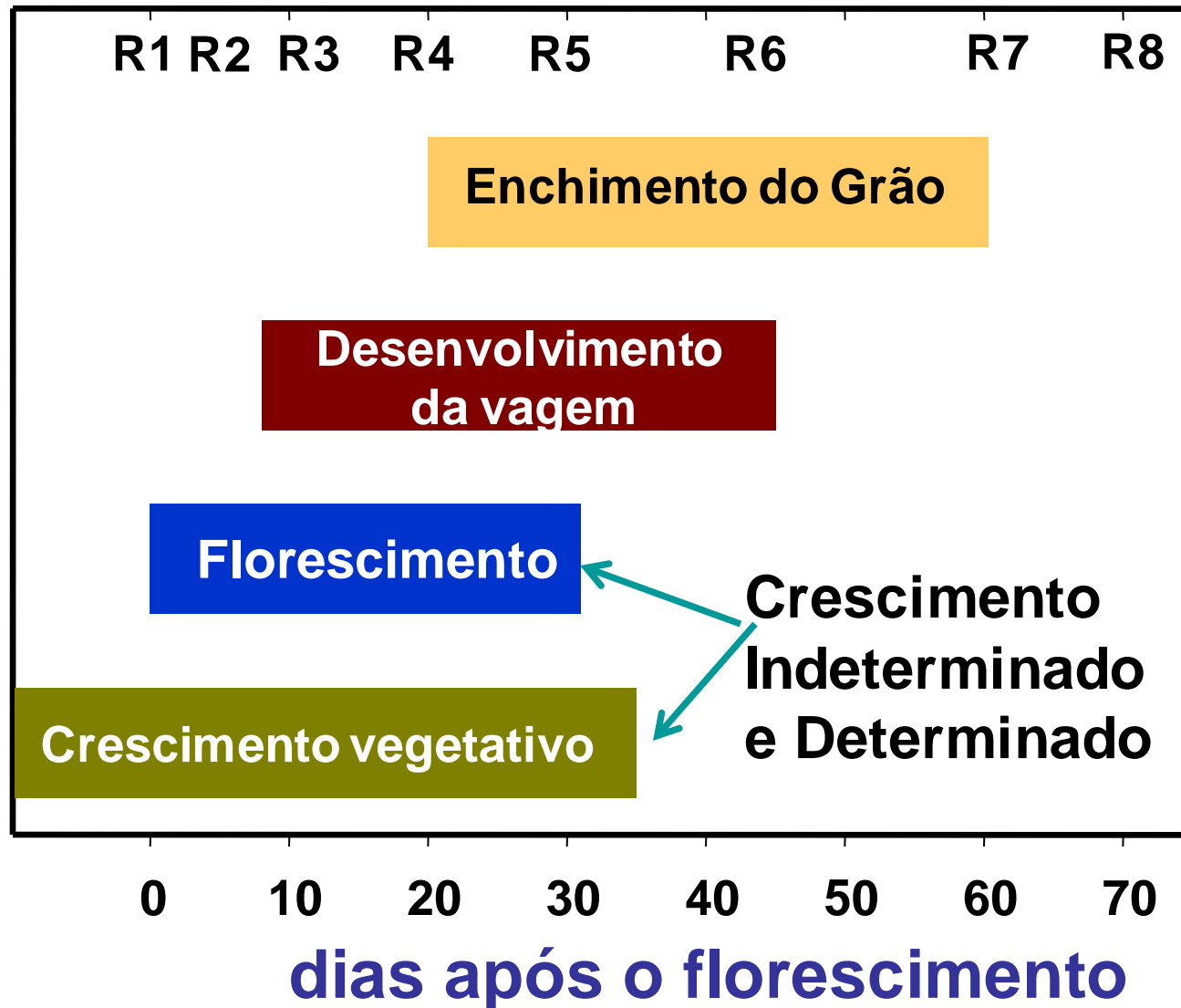
Partição de Carbono



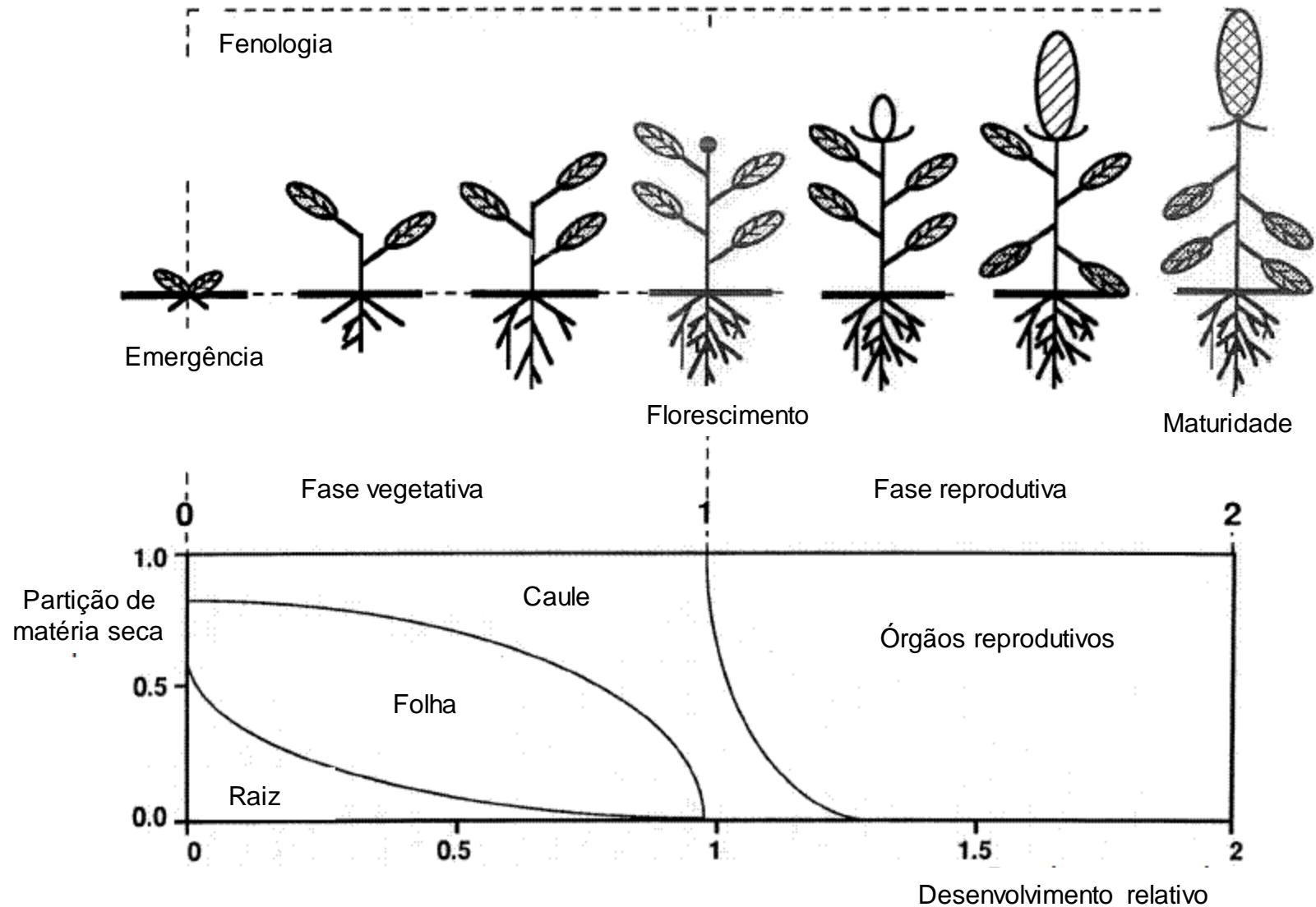
Fenologia e períodos críticos



Fase Reprodutiva



Partição de matéria seca



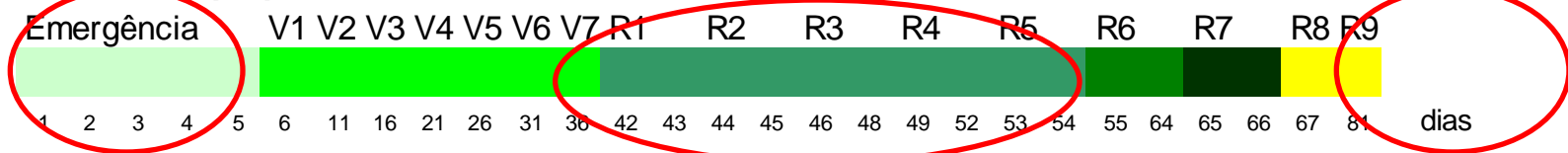
Fenologia – períodos críticos

Água para
estabelecimento

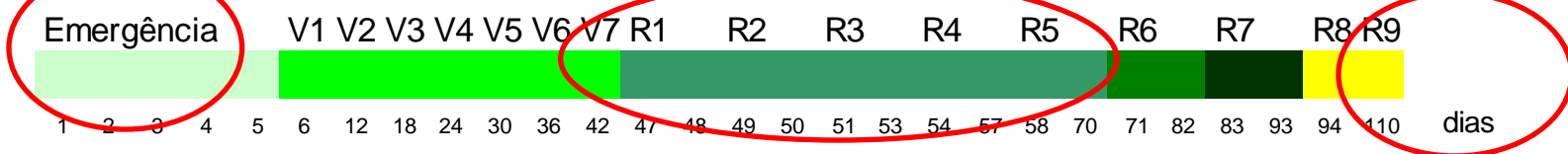
Água durante
período crítico

Sem água na
colheita

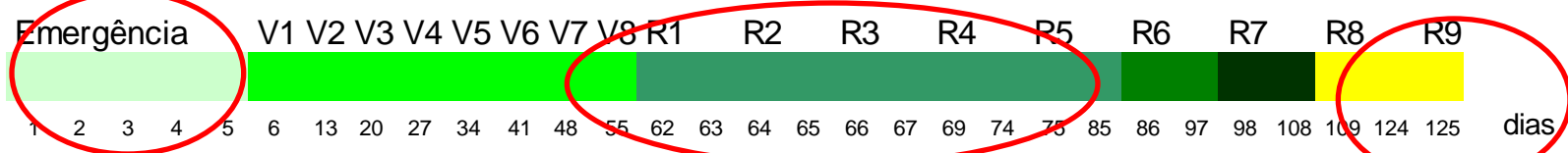
Ciclo: Superprecoce



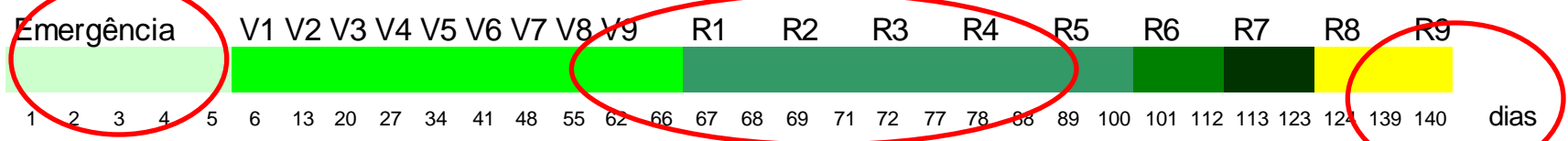
Ciclo: Precoce



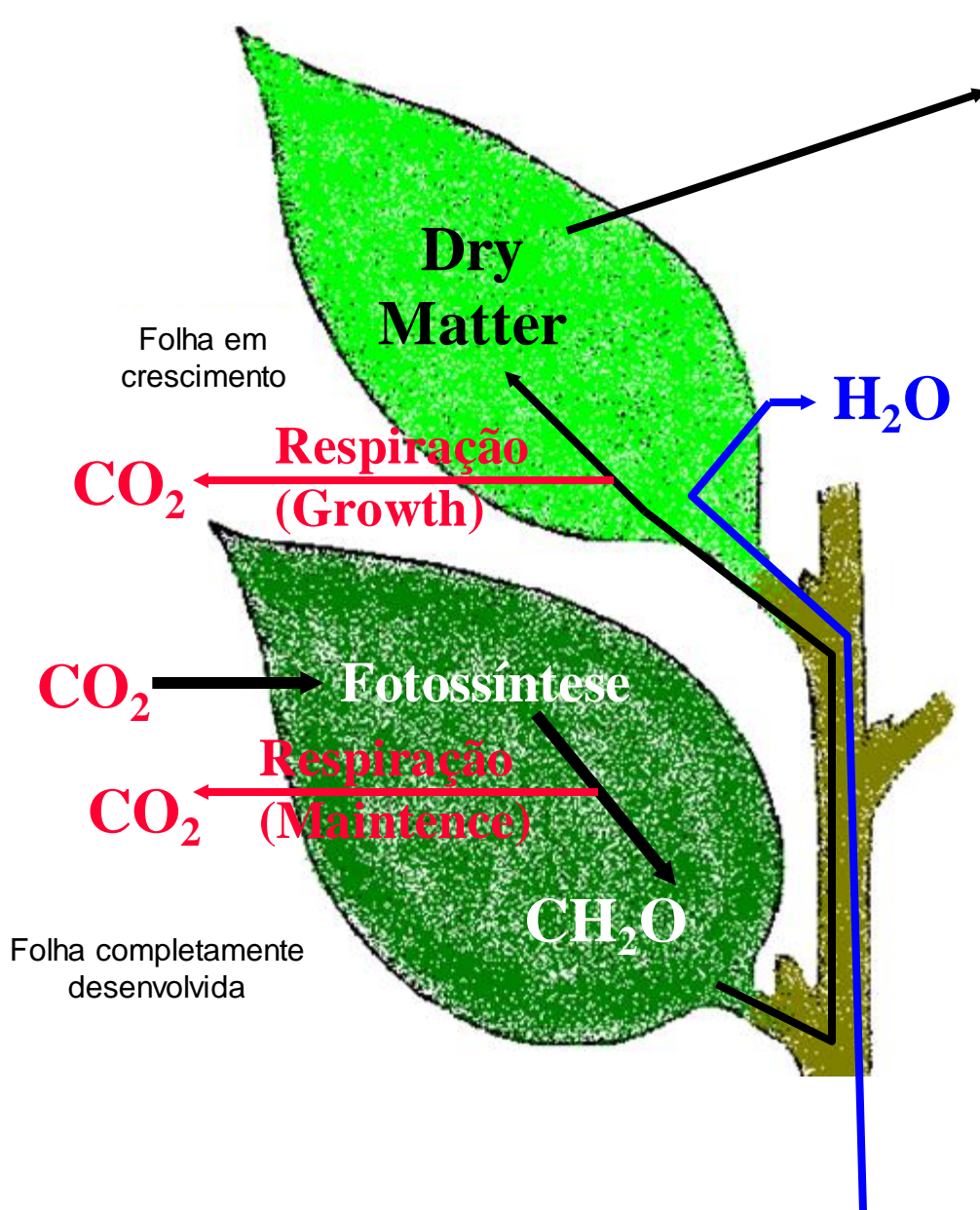
Ciclo: Médio



Ciclo: Tardio



Eficiência de Conversão



Composição da MS:

Óleo

Lignina

Proteína

Carboidrato

Ácido orgânico

Minerais



45% C

45% O

6% H

96,00%

3,50%

N, P, K, Ca, Mg, S

0,03%

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

0,47%

others

100,00%



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
SUBTOTAL				96.00
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
SUBTOTAL				3.50
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
SUBTOTAL				0.03
SUBTOTAL		995,296		
TOTAL		1,000,000		
Outros		4,704		0.47

Eficiência de Conversão

Componente	A Custo da biossíntese g gluc.g ⁻¹ prod	B Custo de transporte g gluc.g ⁻¹ prod	C = A + B Custo de conversão g gluc.g ⁻¹ prod	D = 1/C CVF g prod.g ⁻¹ 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 CH₂O 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



Crescimento
da planta



↑ AIA (Ácido Indol Acético)

↓ Senescência

↑ divisão e
Expansão celular

↓ Degradação
da clorofila

↑ divisão e
Expansão celular



↓ ABA (ácido abscísico)

↓ Etileno

↓ Senescência

↑ MS de Folha e IAF

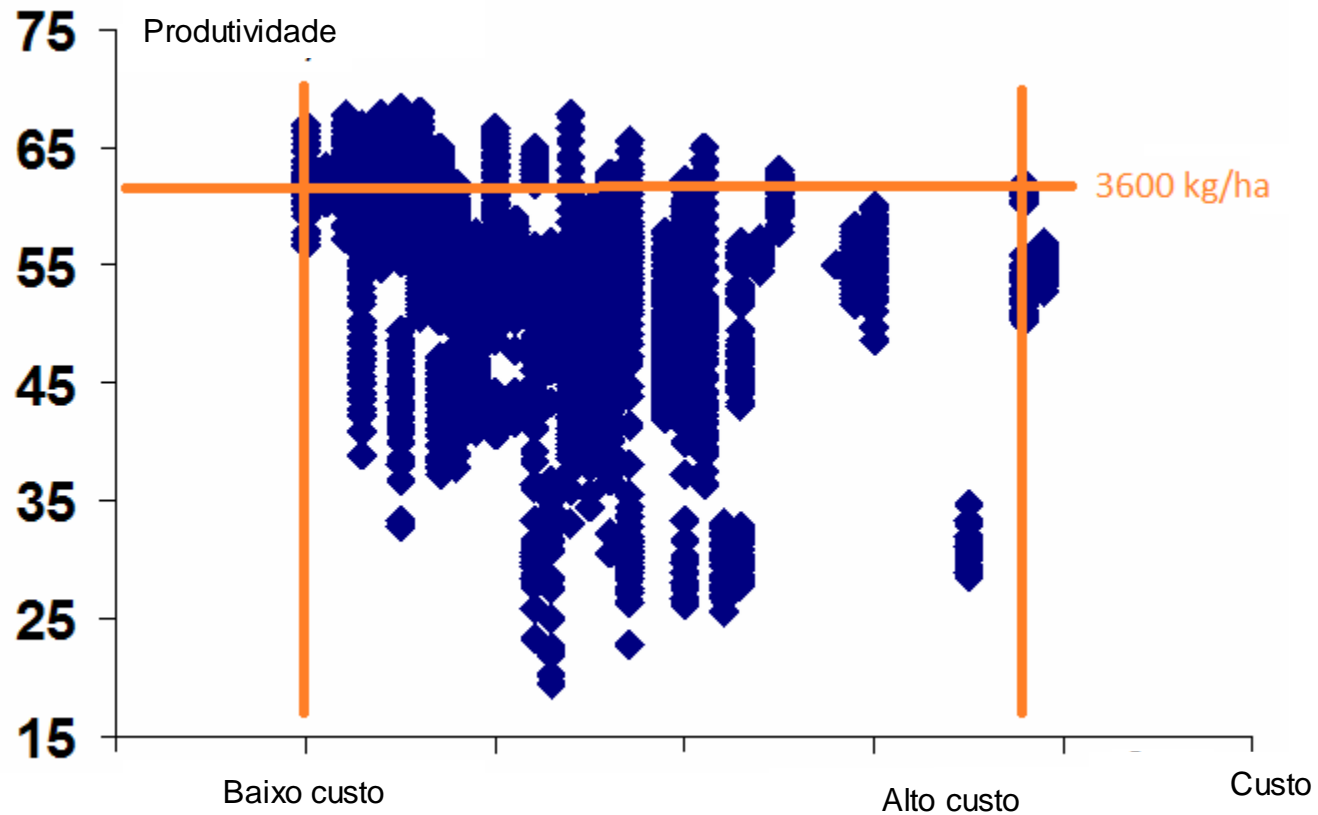


↑ Atividade da POD,
SOD e CAT (enzimas)

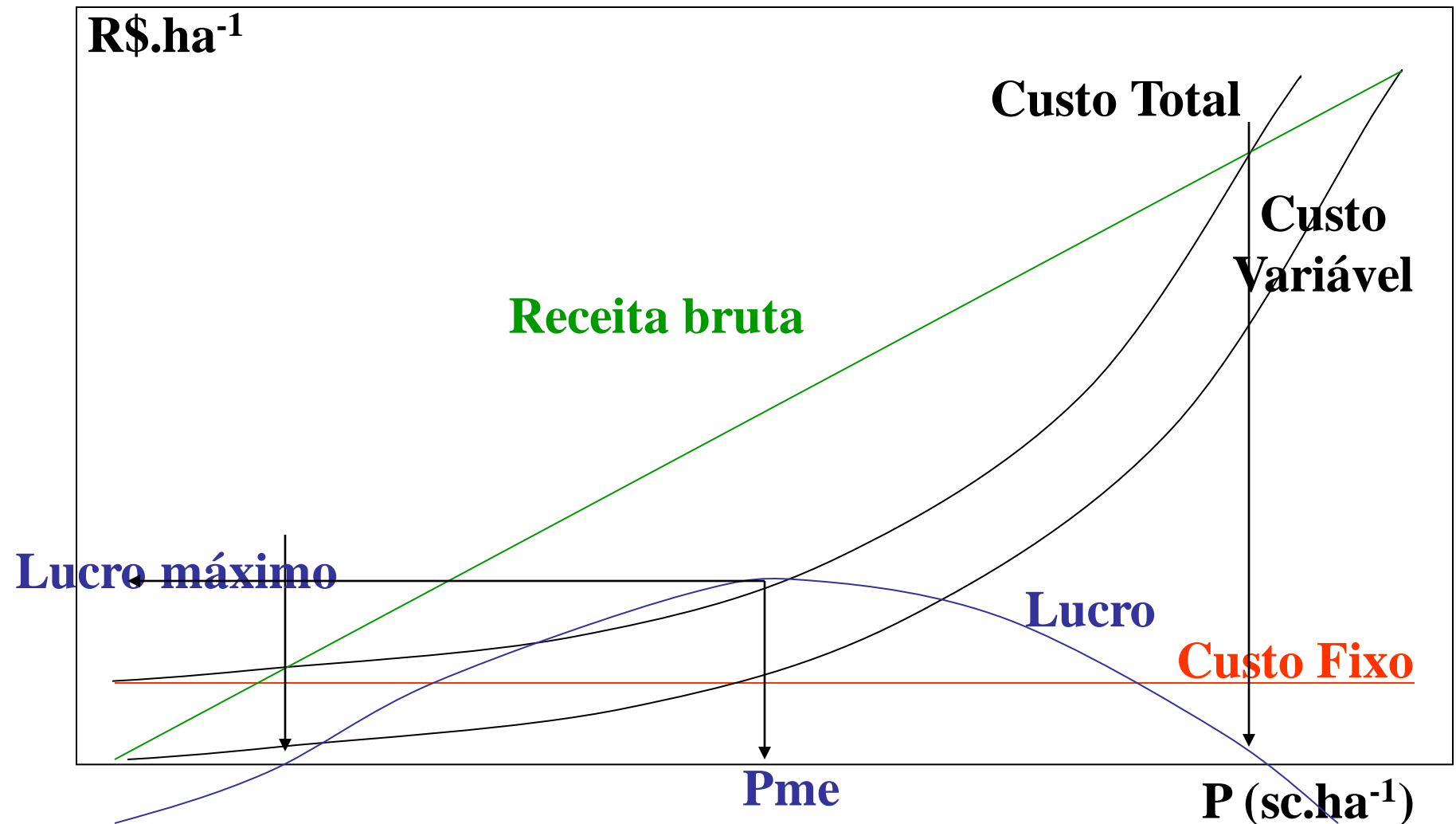
Efeito antioxidante (↓ ROS):
Mantém integridade da membrana e inibe a
senescência prematura e danos ao DNA

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

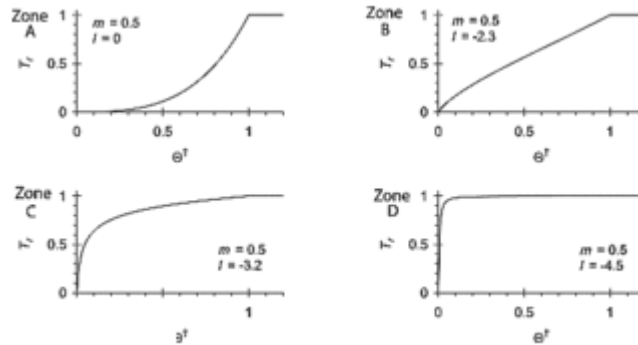
Altas produtividades: 6000 kg/ha em Whiting, Iowa

4800 kg/ha - Leste de Iowa

3900 to 4200 kg/ha em Des Moines, Iowa

CONCLUSÕES

Deficiência Hídrica



1. Modelos consideram valores limítrofes (h or θ) de extração de água em função da transpiração potencial, propriedades hidráulicas do solo e densidade radicular.
2. $h_{mean,lim}$ e $\theta_{mean,lim}$ podem ser calculados a partir do fluxo matricial em função da Transpiração e densidade radicular.

CONCLUSÕES

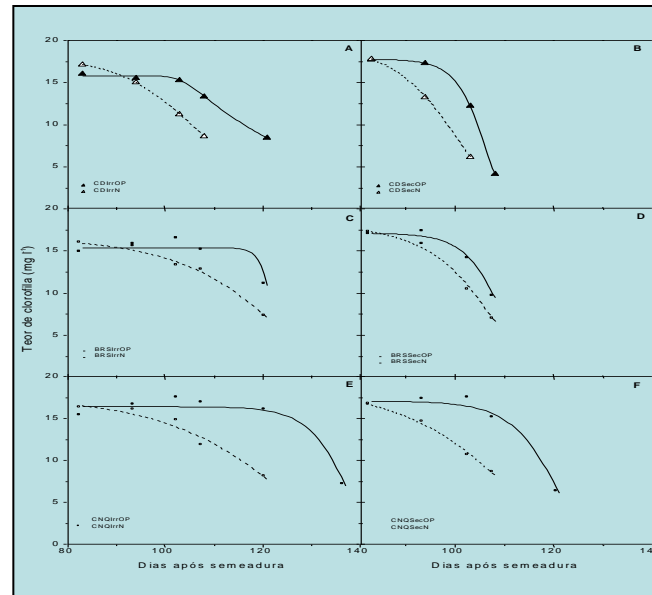
1. Eficiência do Uso de Água
2. Eficiência do Uso de Nutrientes
3. Genótipo
 - (a) Teor de Clorofila – Água e N
 - (b) Índice de Área Foliar
 - (c) Partição de Carbono e Eficiência de Conversão: Matéria Seca Total
 - (d) Hormônios (etileno)
 - (e) Duração do ciclo
 - (f) Produtividade
4. Conhecimento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



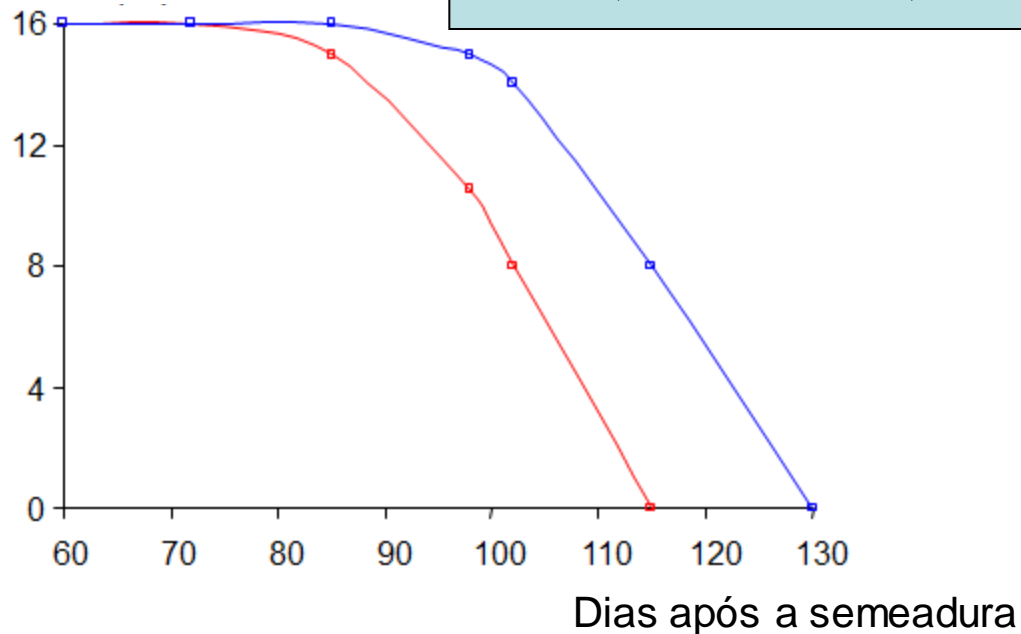
CONCLUSÕES

Teor de Clorofila:
Água e N

N

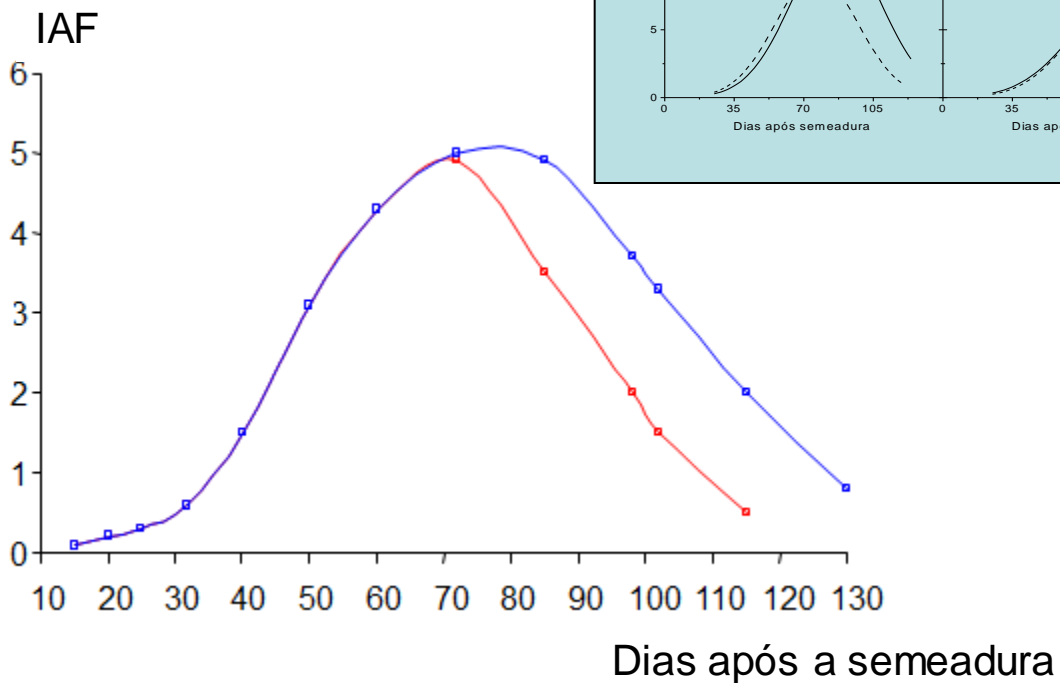
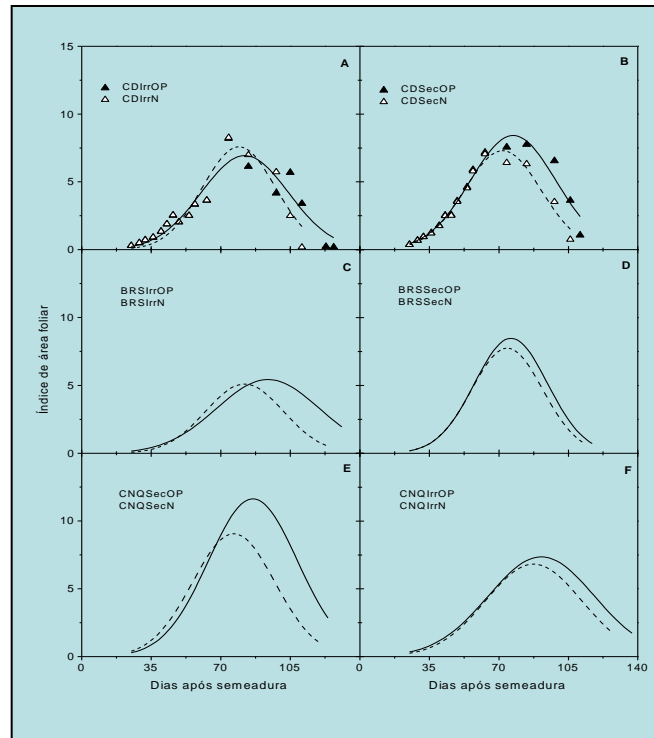


Teor de clorofila



CONCLUSÕES

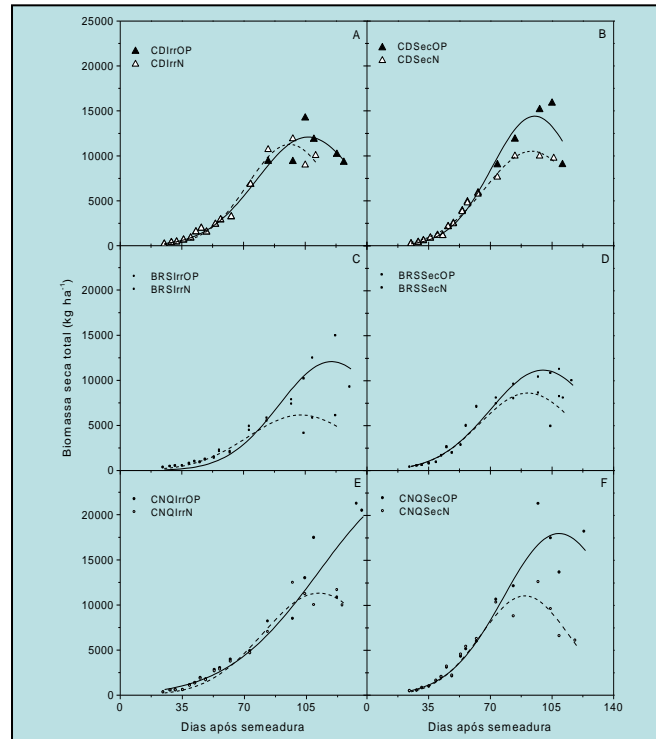
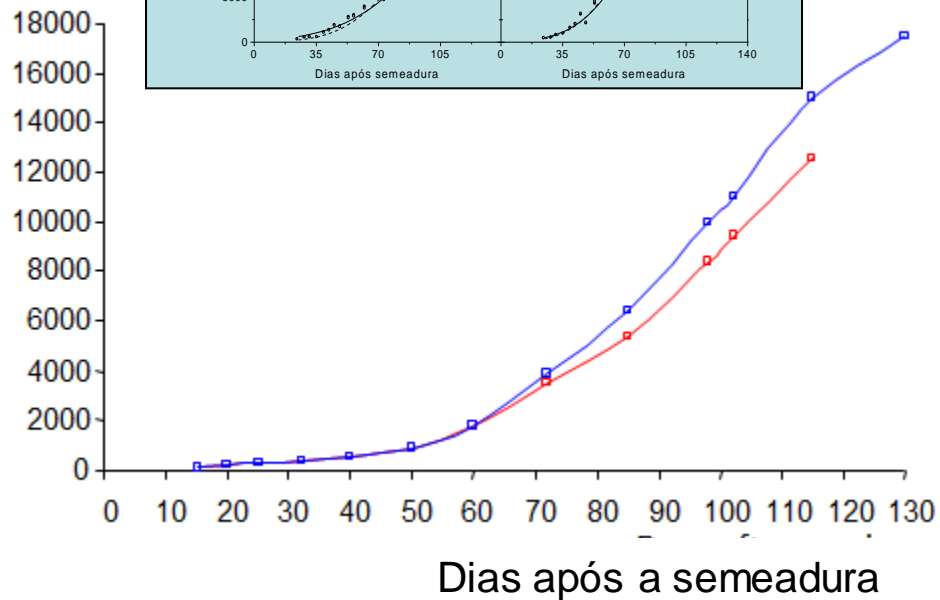
Índice de Área Foliar



CONCLUSÕES

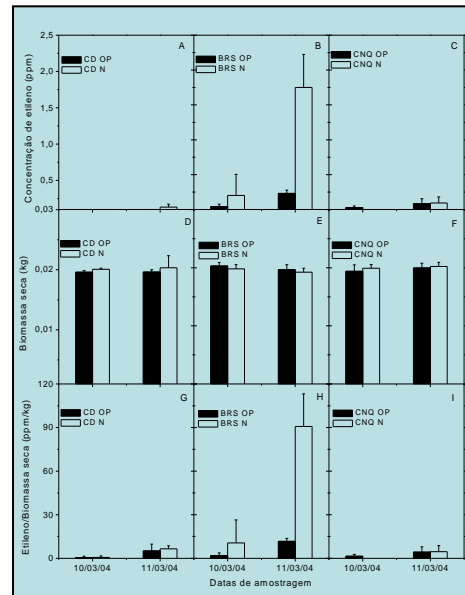
**Matéria Seca
Total**

MST

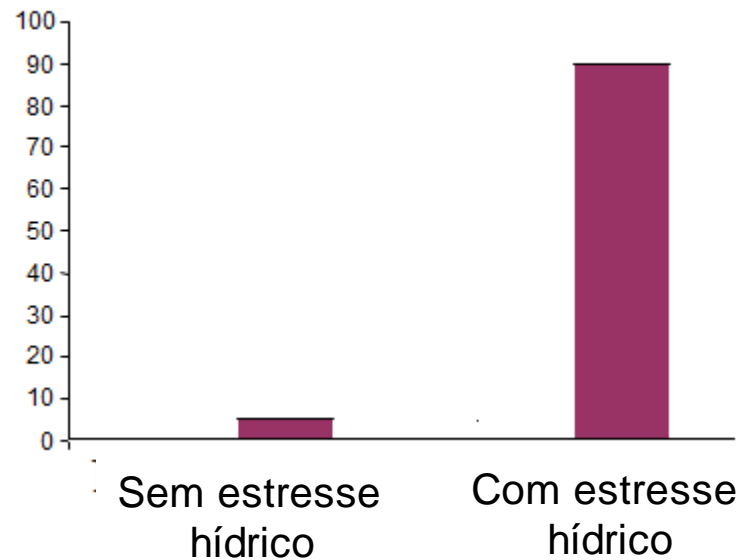


CONCLUSÕES

Etileno

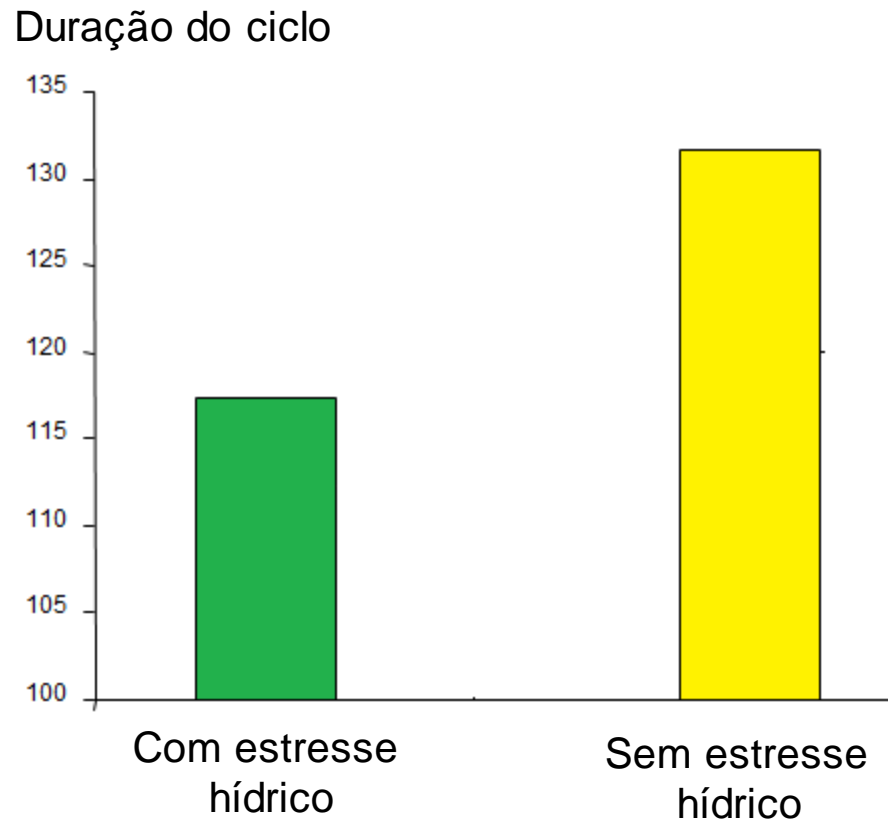


Etileno



CONCLUSÕES

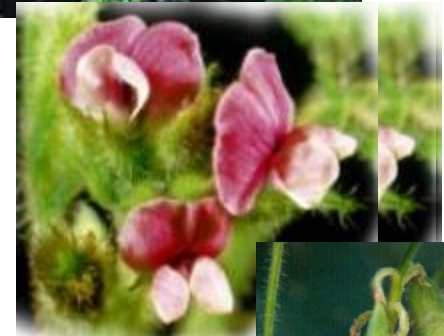
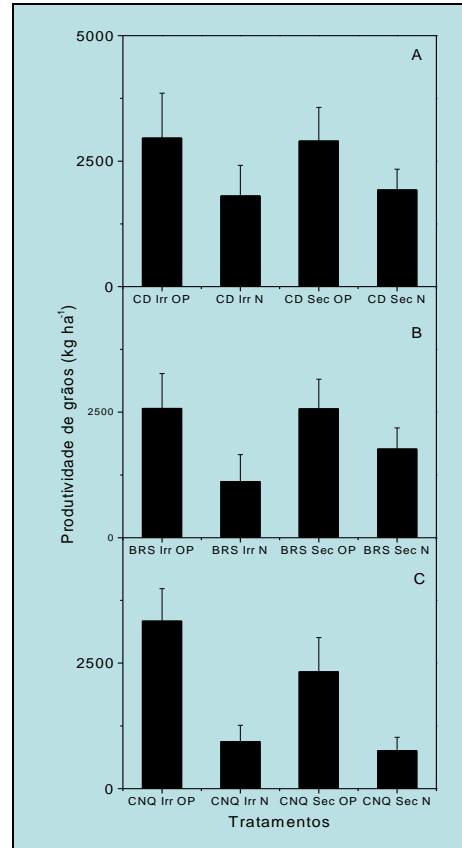
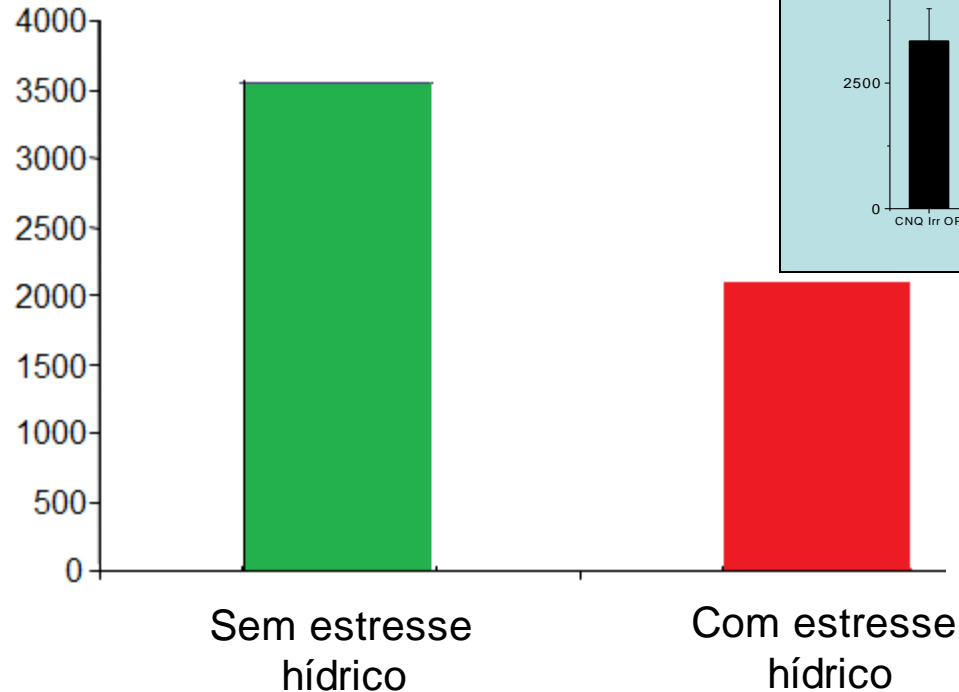
Duração do ciclo



CONCLUSÕES

Produtividade

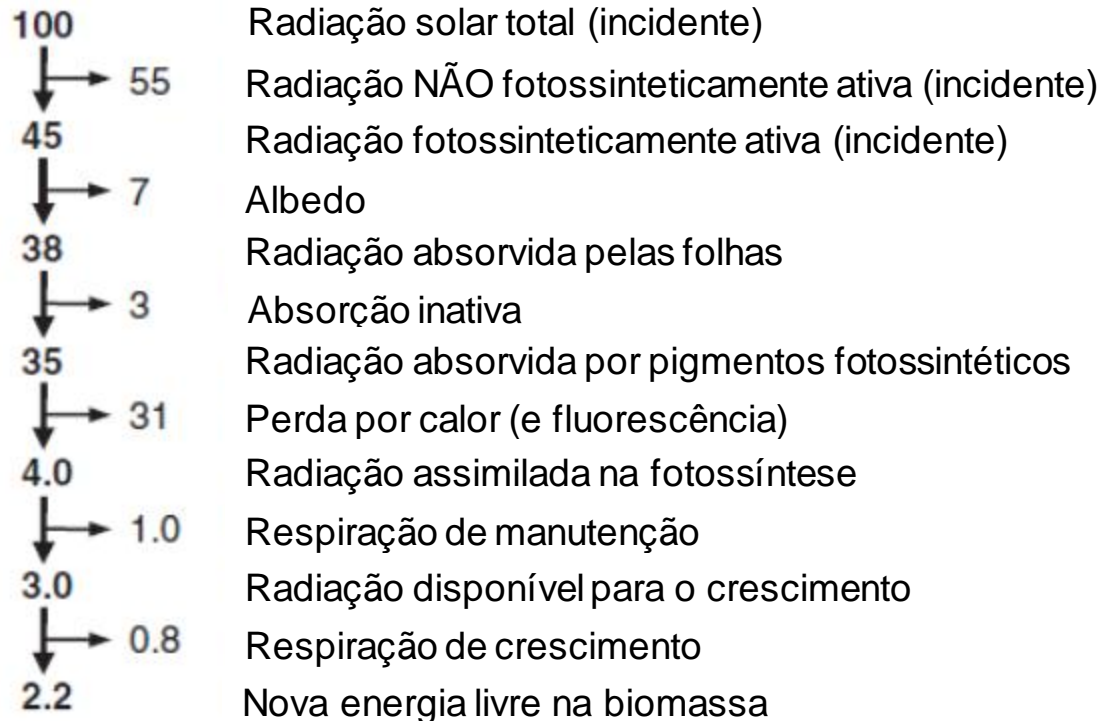
Produtividade



CONCLUSÕES

Eficiência do Uso de Luz e de Carbono

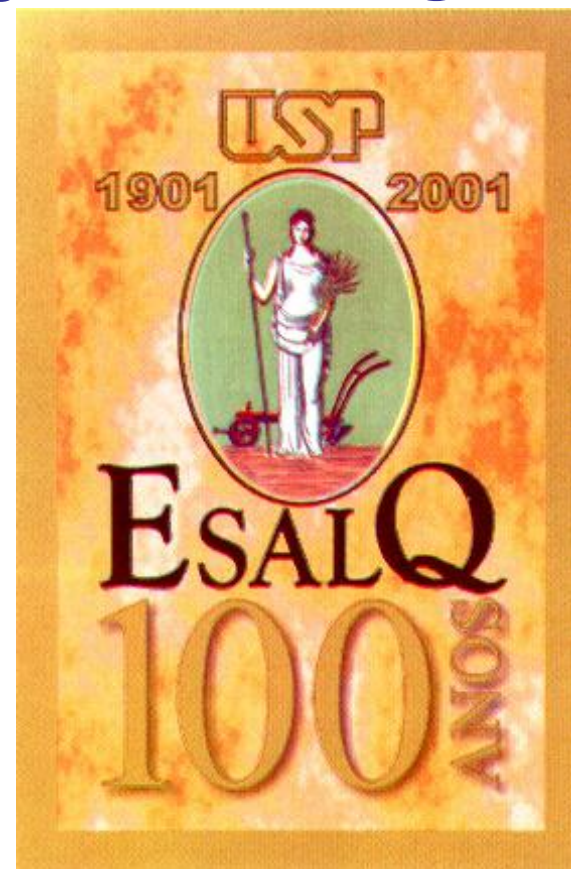
Eficiência atual (observada)



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