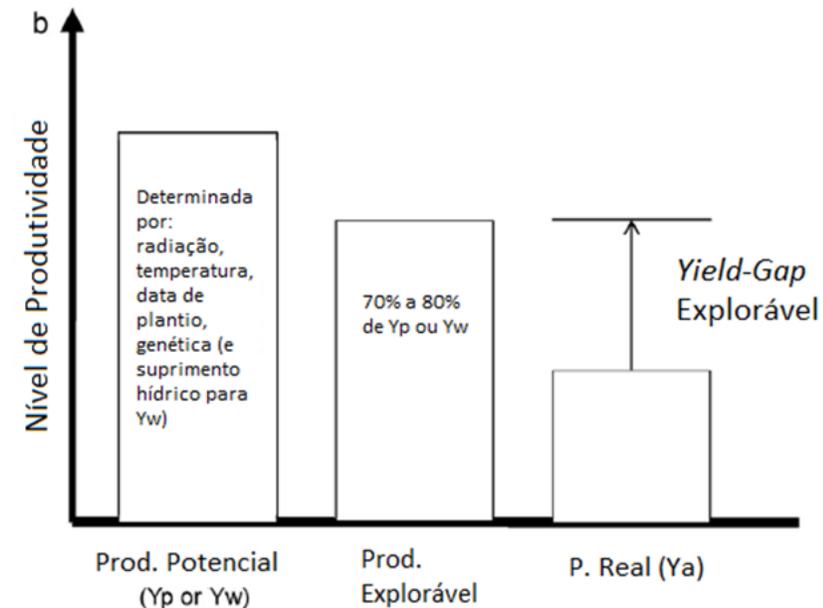
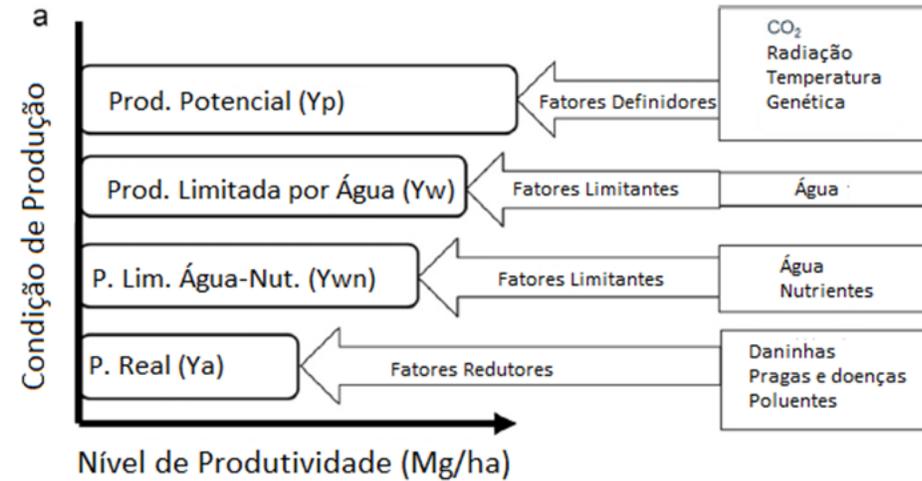


1100222 - Modelagem de Crescimento de Culturas Agrícolas
LEB5048 - Modelagem de Culturas Agrícolas I
Modelando a Interação Radiação-Vegetação

Representando a interceptação da radiação pelas culturas agrícolas

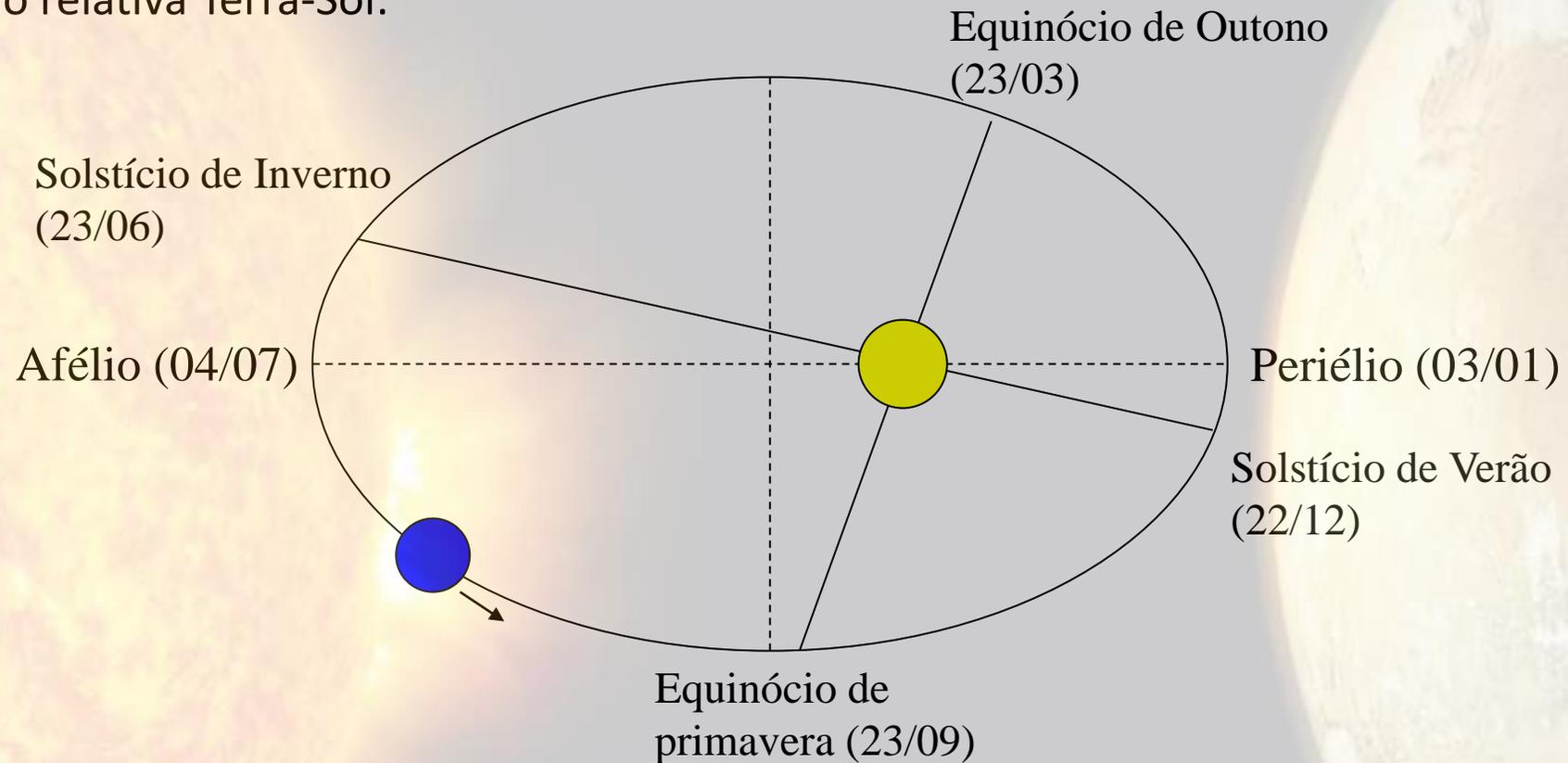
Prof. Fábio Marin
Prof. Quirjn de J. van Lier

Níveis de produção e seus respectivos fatores determinantes/limitantes



De onde vem a radiação solar? Movimentos de rotação e translação

- Posição relativa Terra-Sol:



Estimando a Qo

Constante Solar – máxima densidade de fluxo de radiação em uma superfície perpendicular aos raios solares, fora da atmosfera. Tem valor constante de 1367 W/m² ou **118,11** MJ/m².d

NDA = 96
 Lat = -22,87°
 Declinação = 6,377°
 Hn = 87.2978°
 Jo = 118,11
 Qo = 31,8288 MJ/m².d

$hn = \arccos(-tg\phi.tg\delta)$

$Q_o = \frac{J_o}{\pi} \cdot \left(\frac{d}{D}\right)^2 \cdot \left[\left(\frac{\pi}{180}\right) hn \cdot sen\phi \cdot sen\delta + \cos\phi \cdot \cos\delta \cdot sen\, hn\right]$

$\left(\frac{d}{D}\right)^2 = 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{NDA \cdot 360}{365}\right)$

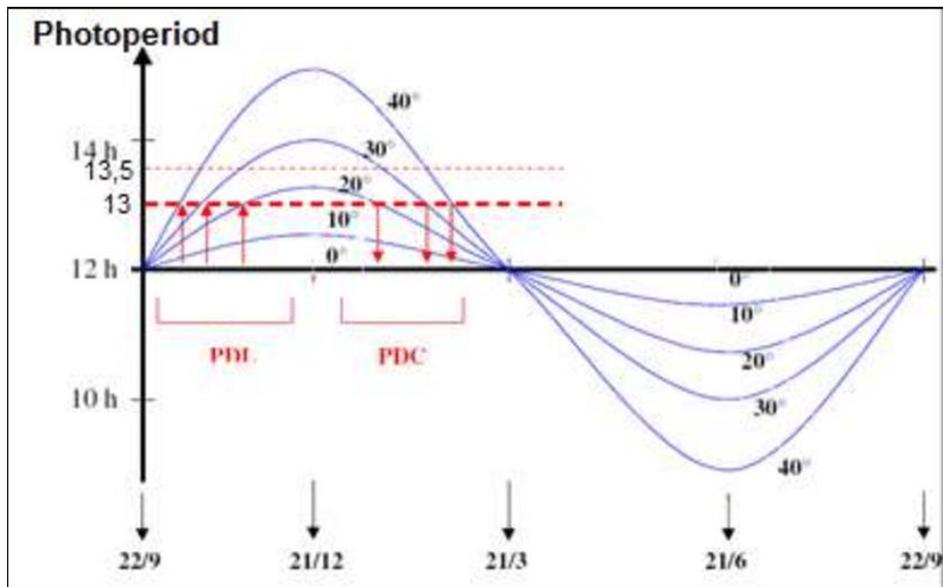
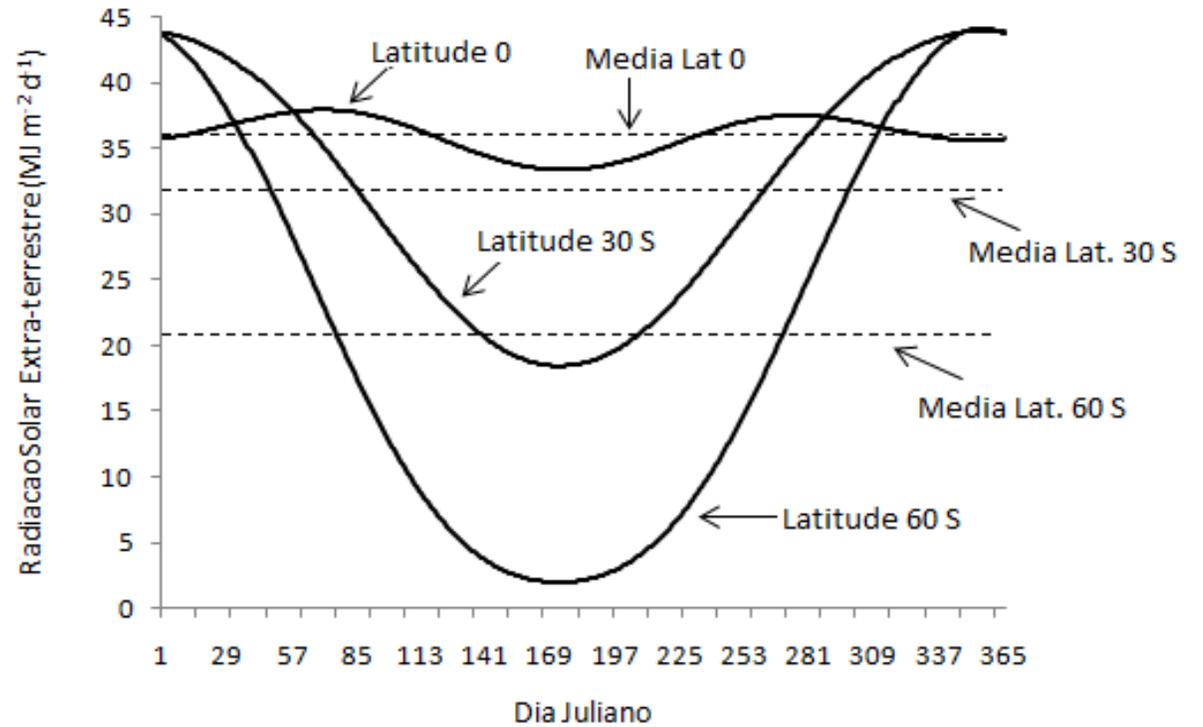
$\delta = 23,45 \cdot sen\left[\frac{360(NDA - 80)}{365}\right]$

Labels in diagram:

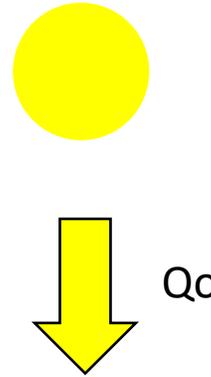
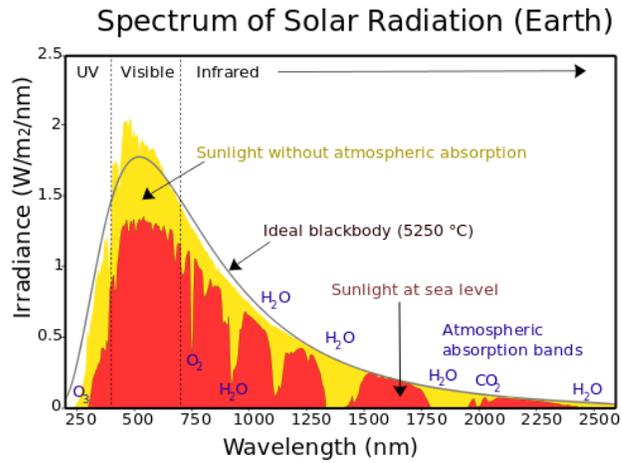
- Jo: Constante Solar
- (d/D): Razão entre a distância Terra-Sol num determinado dia e a distância média Terra-Sol
- (pi/180): Conversion factor for angle
- hn: Ângulo horário do nascer do Sol
- phi: Latitude
- delta: Declinação Solar
- sen, cos: Trigonometric functions
- hn (in cos term): Ângulo horário do nascer do Sol
- NDA: Número do Dia do Ano



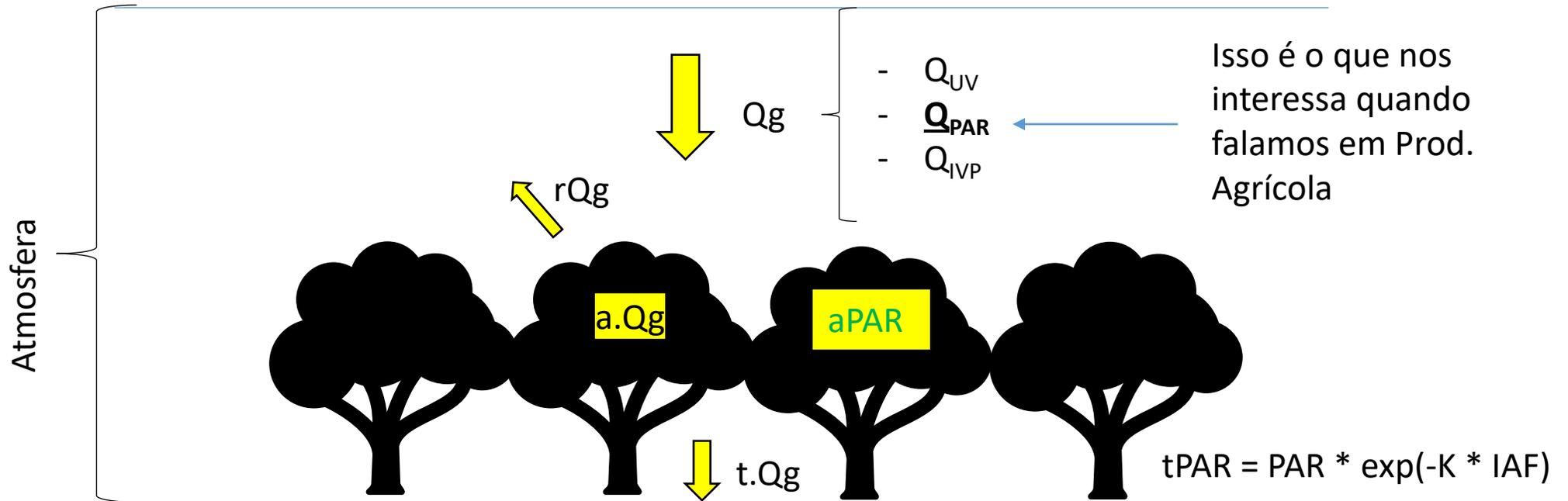
Observe a variação da radiação solar extra-terrestre (Q_0) para diferentes latitudes (linha cheia) e o valor médio anual (linhas pontilhadas)



Interação Radiação - Vegetação

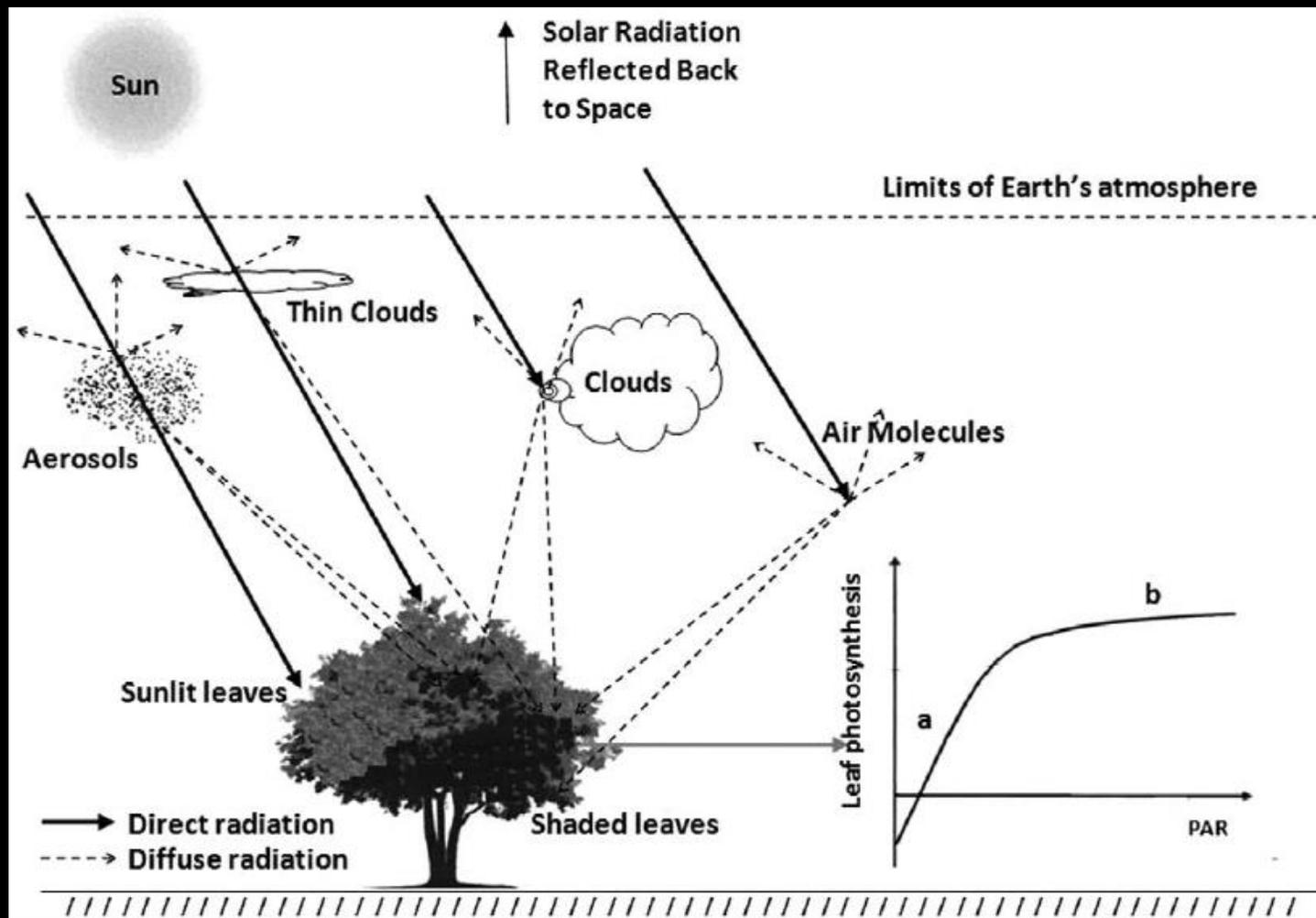


Aproximando:
 $Q_g \sim 0.5 * Q_o$
 $PAR \sim 0.5 * Q_g$



Observe agora um esquema um pouco mais detalhado...

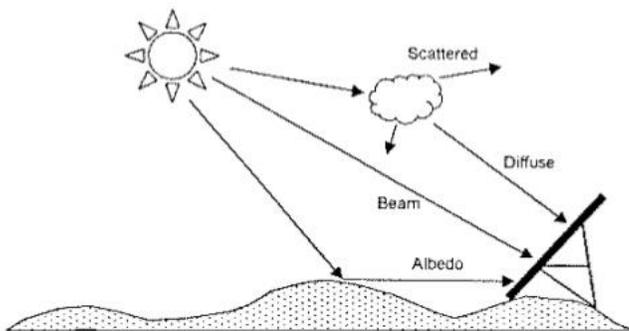
- Representação esquemática da interação entre a radiação solar com a atmosfera, descrevendo a radiação solar direta (linha cheia) e difusa (linha pontilhada), bem como sua interação com a vegetação



Radiação direta e difusa

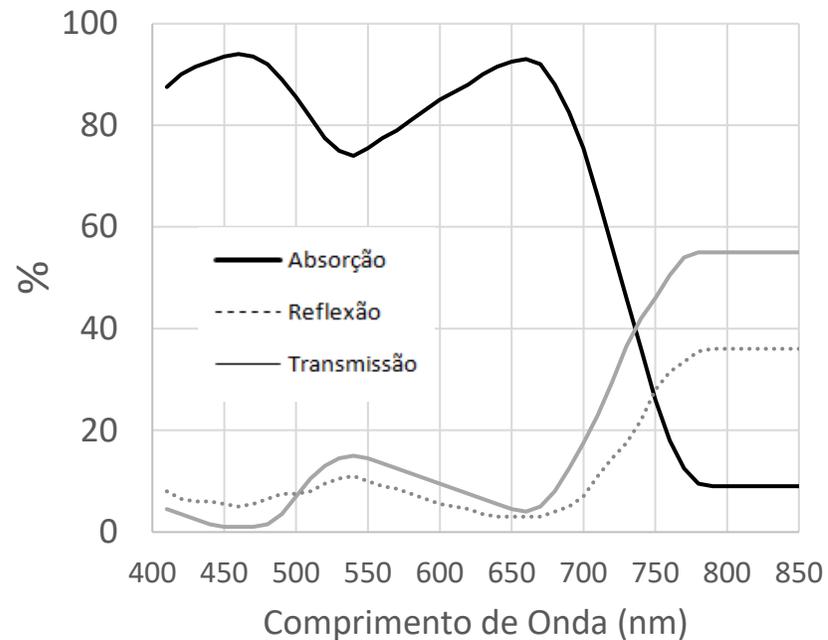
- Quanto ao *processo de difusão* da radiação solar, o efeito dos constituintes atmosféricos apenas muda a direção dos raios solares. Esse processo ocorre nos dias de céu nublado, por exemplo. Nessas situações, que os raios solares vêm de todas as direções possíveis. Evidentemente, esse processo também afeta a quantidade e a qualidade da radiação solar que atinge a superfície da Terra, pois parte desta radiação é difundida de volta para o espaço sideral.
- Quanto mais limpa estiver a atmosfera, menor será a proporção da radiação solar que sofrerá o processo de difusão. Isso significa que maior proporção dos raios solares atingem *diretamente* a superfície. Essa radiação *direta* é que projeta sombra dos objetos e tem uma direção bem definida (unidirecional) e determinada pelo *ângulo zenital (Z)*.

Difference between Beam Radiation and diffuse Radiation



Radiação Absorvida pelo Dossel Vegetativo

Observe a variação espectral da refletância, transmitância e absorbância para uma vegetação hipotética



$$\text{Absorção (A)} = (I_0 - I) / I_0$$

$$\text{Transmissão (T)} = I / I_0$$

$$\text{Reflexão (r)} = I_0 (1 - r)$$

Sendo que I_0 é a radiação que incide sobre as folhas e I é a radiação abaixo da folhagem

Estimando a radiação absorvida pela copa

Lei de Beer (Monsi & Saeki, 1972)

K é o coef. de extinção

$$tPAR = PAR \cdot e^{-k IAF}$$

Como $PAR = aPAR + tPAR + rPAR$ e $rPAR$ pode ser assumido como próximo de zero, tem-se que:

$$aPAR = PAR - PAR * e^{-k IAF}$$

Ou ainda,

$$aPAR = PAR * (1 - e^{-k * IAF})$$



Dados de entrada

NDA

Latitude

IAF

K

RUE

AMI (opcional)

Estimando a taxa de
acúmulo de
biomassa (BR –
biomassa rate)

$$BR = aPAR * RUE$$

Sendo BR dado em [g/m².dia],

$$aPAR = PAR * (1 - e^{-k*IAF}),$$

RUE – Radiation use efficiency (ou eficiência de uso da radiação solar) – dado em gramas de biomassa da parte aérea produzida por unidade (MJ) de PAR interceptado (g/MJ.m²)



RUE

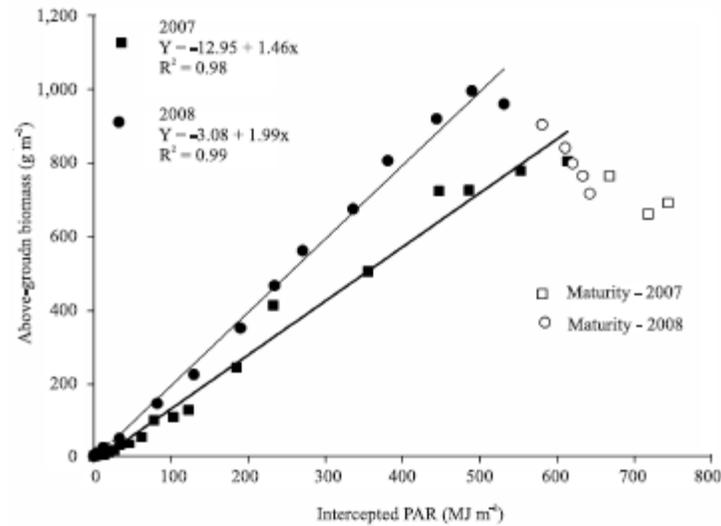
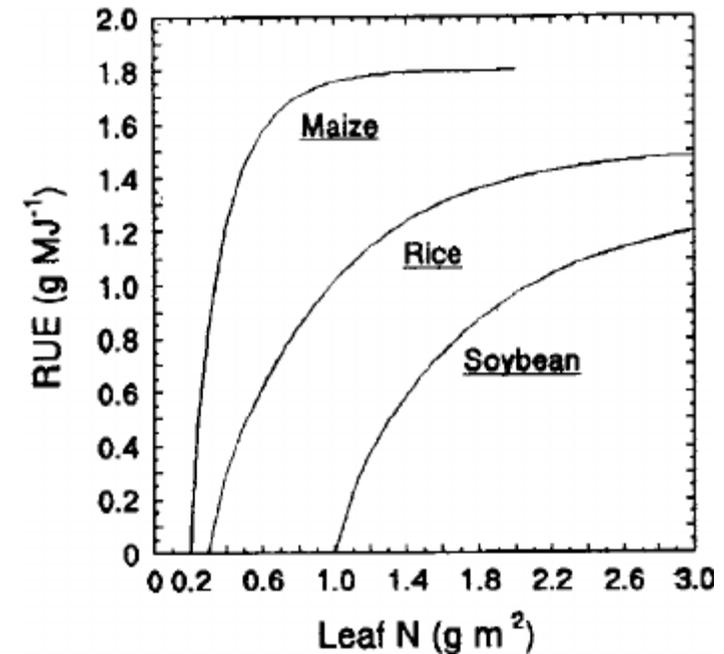


Figure 4. Relation between the rate of aerial or above ground dry biomass production of soybean and the accumulated intercepted radiation.

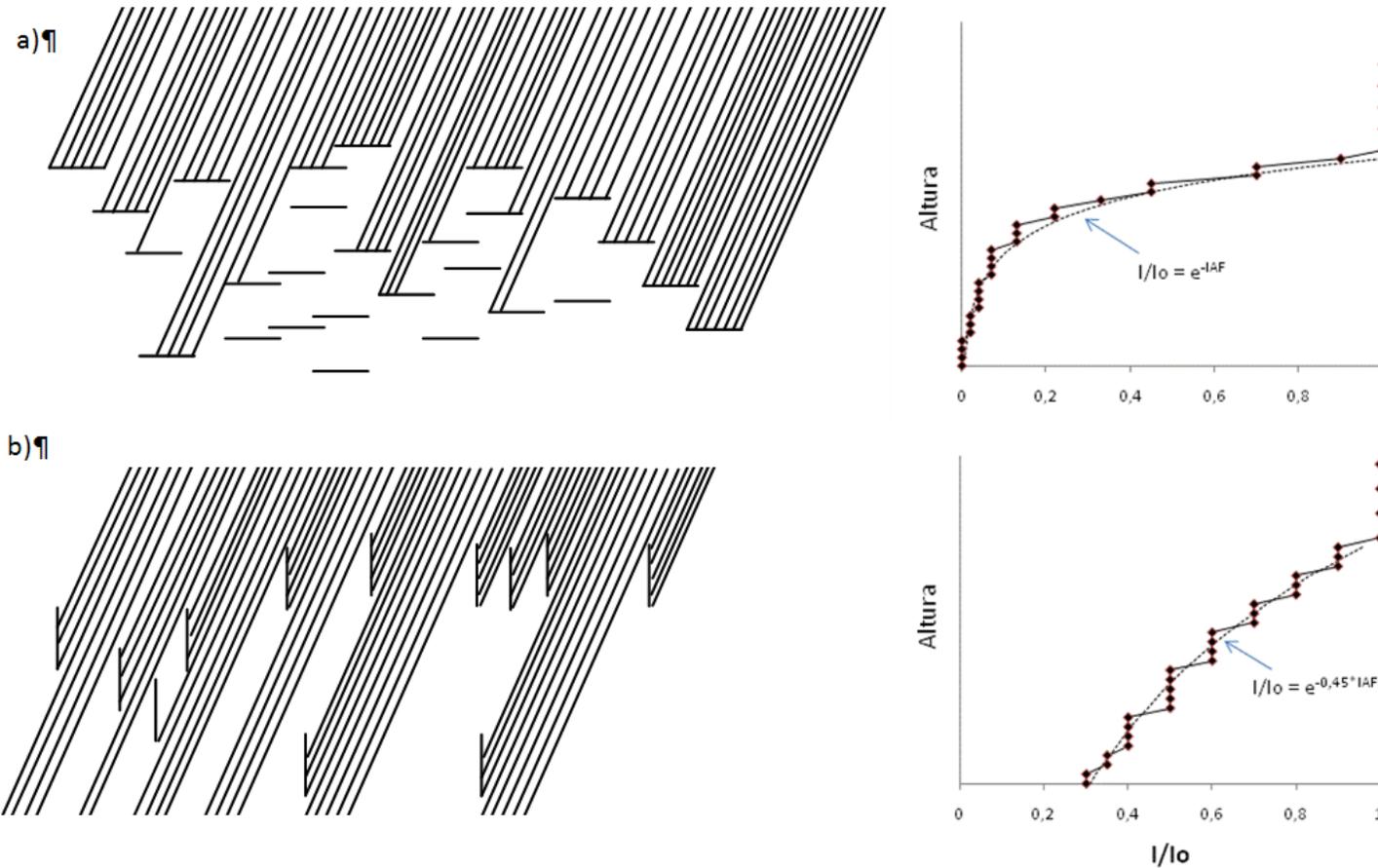


Coeficiente de Extinção

Distribuição do Ângulo Foliar	Coeficiente de Extinção (k)
Horizontal	$k = 1$
Vertical	$k = \frac{(2 \cdot \cot z)}{\pi}$
Esférico	$k = \frac{(2 \cdot \sin z)}{\pi}$
Elipsoidal ¹	$k = \frac{\sqrt{x^2 + (\tan z)^2}}{x + 1,774 \cdot (x + 1,182)^{-0,733}}$
Heliotrópica	$k = \frac{1}{\sin z}$



Penetração da radiação para uma elevação solar de 66º admitindo disposição horizontal das folhas (a) e vertical (b)

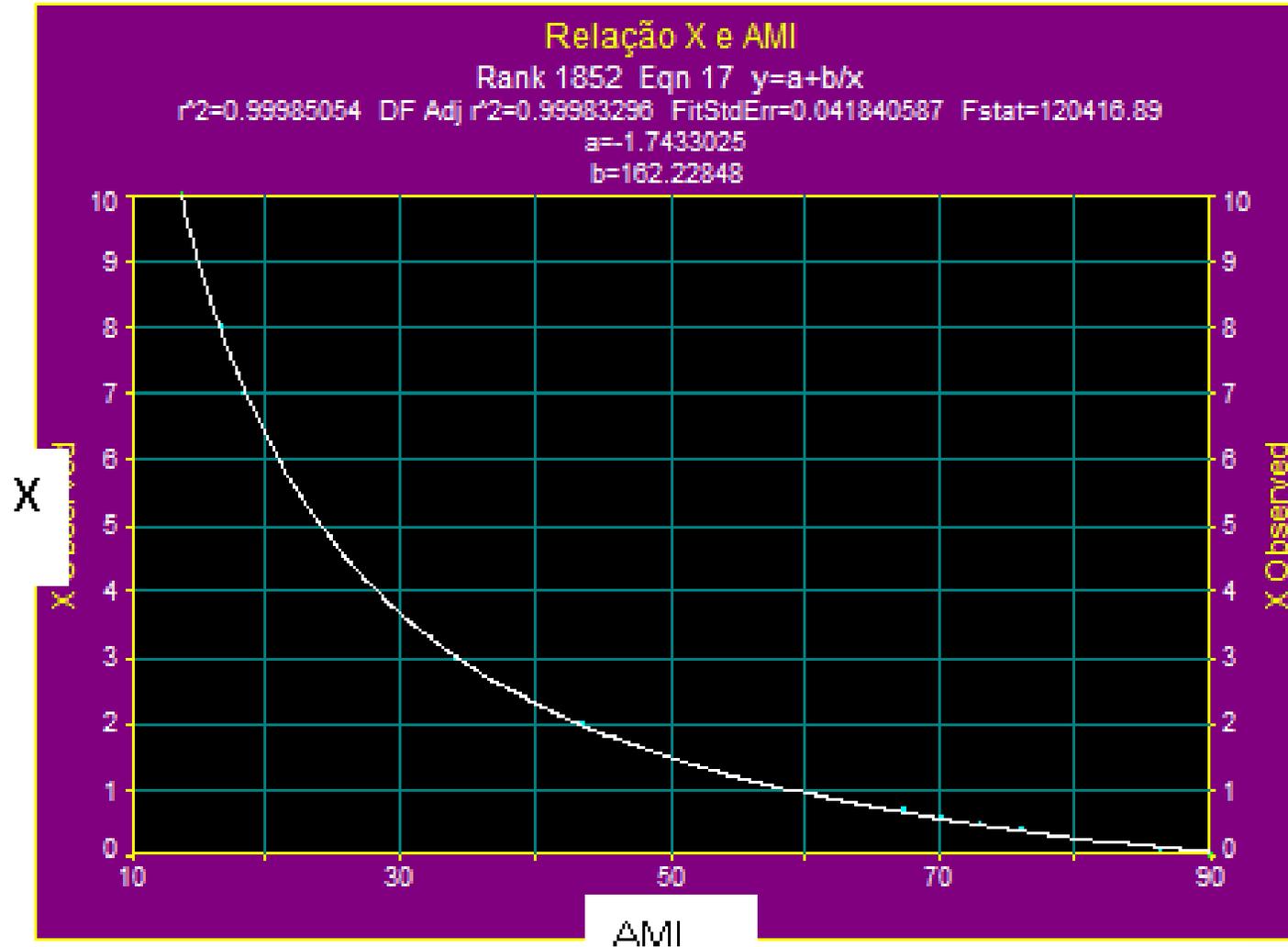


Valores de X

Cultura	X
Azevém	0,67-2,47
Milho	0,76-2,52
Centeio	0,8-1,27
Trigo	0,96
Cevada	1,20
Sorgo	1,43
Colza	1,92-2,13
Pepino	2,17
Tabaco	1,29-2,22
Batata	1,70-2,47
Girassol	1,81-4,1
Morango	3,03
Soja	0,81



Relação X e AMI



Variação do k

Em função do ângulo de inserção foliar

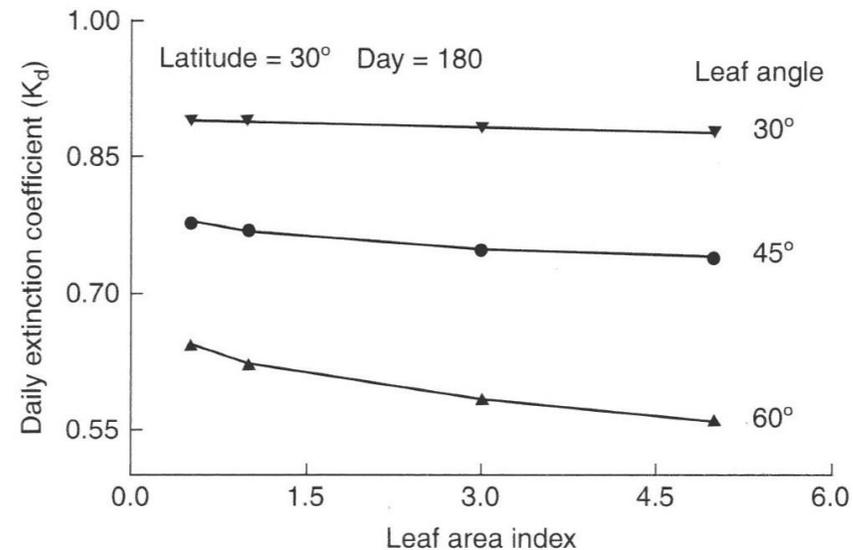


Fig. 10.1. Daily extinction coefficient (K_d) calculated at various leaf area indices and for three leaf angles (Sinclair, 2006).

Em função do horário do dia

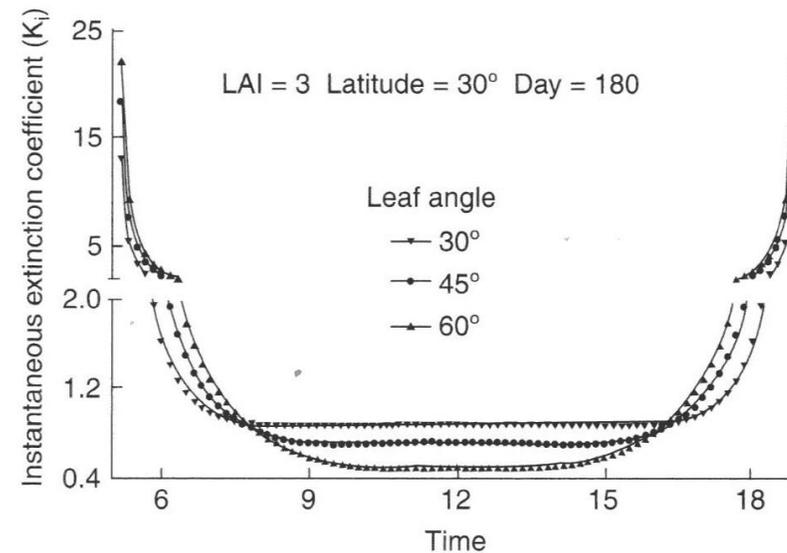


Fig. 10.2. Instantaneous extinction coefficients (K_i) throughout the day for canopies with a LAI of 3.0 and various leaf angles (Sinclair, 2006).

