

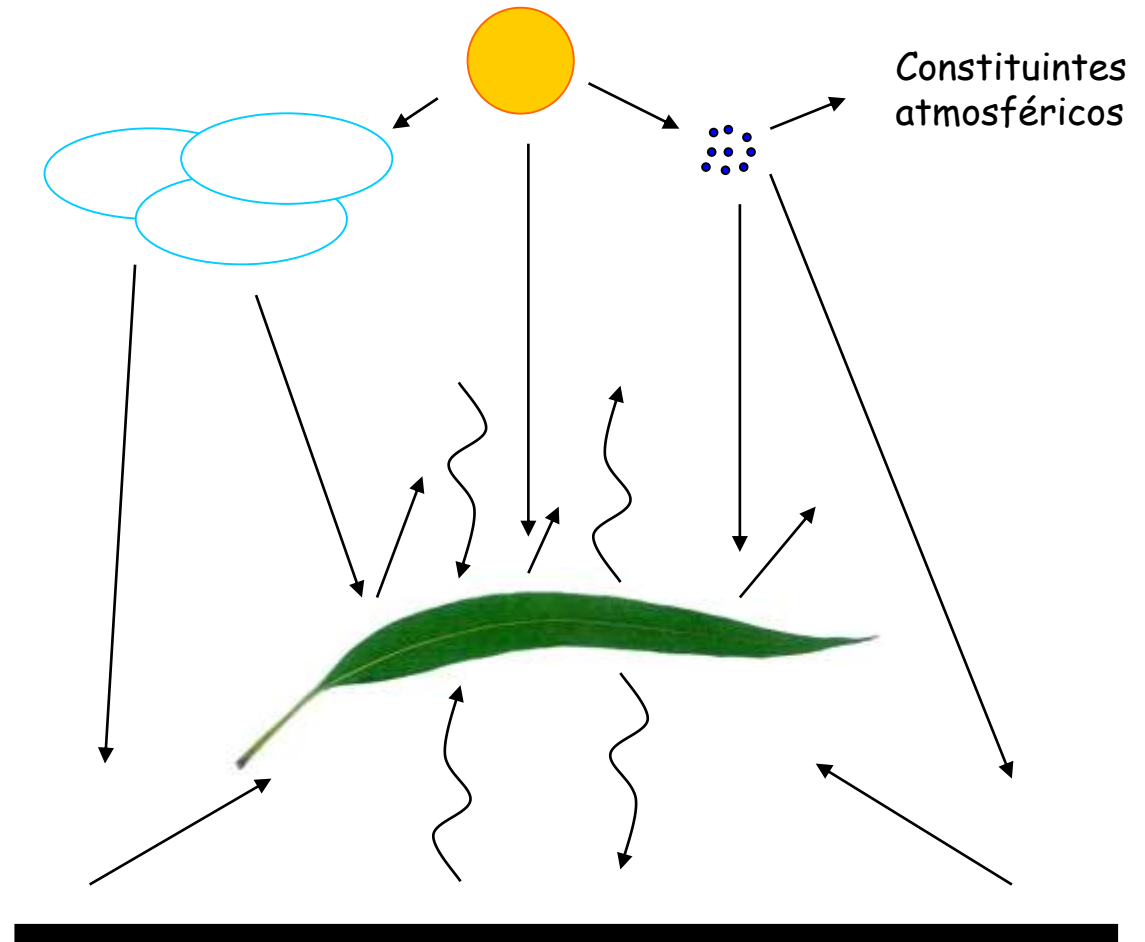


UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIODIVERSIDADE
LEB 306 – Meteorologia Agrícola
1º Semestre de 2018



Balanco de radiação e energia em superfícies naturais

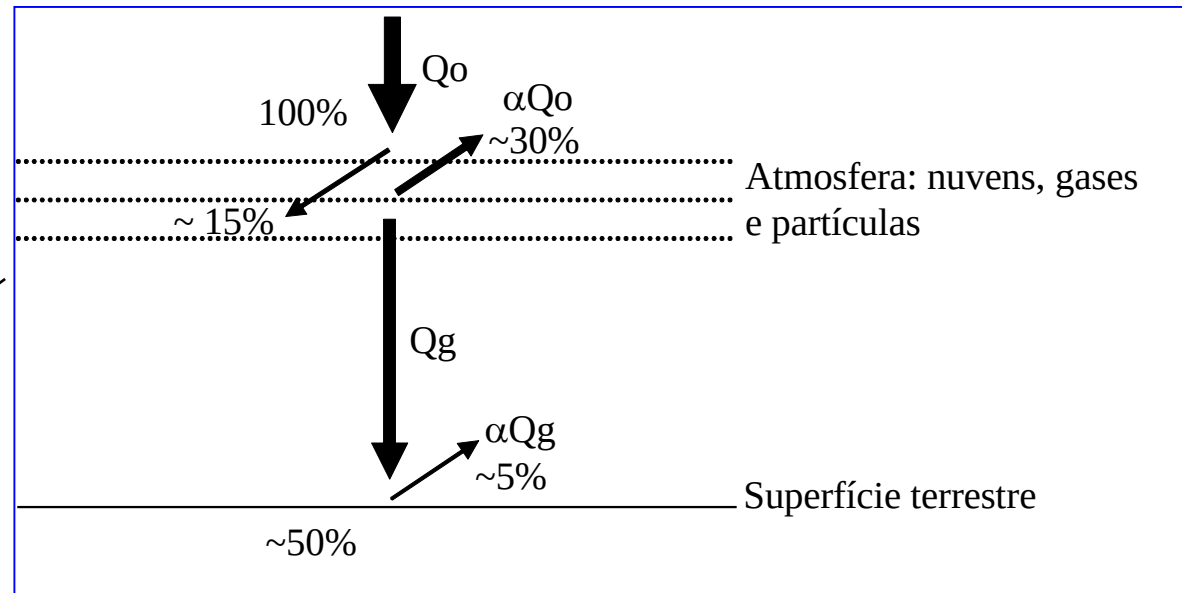
Balanco de Radiação para uma Folha



Balanço médio de ondas curtas:

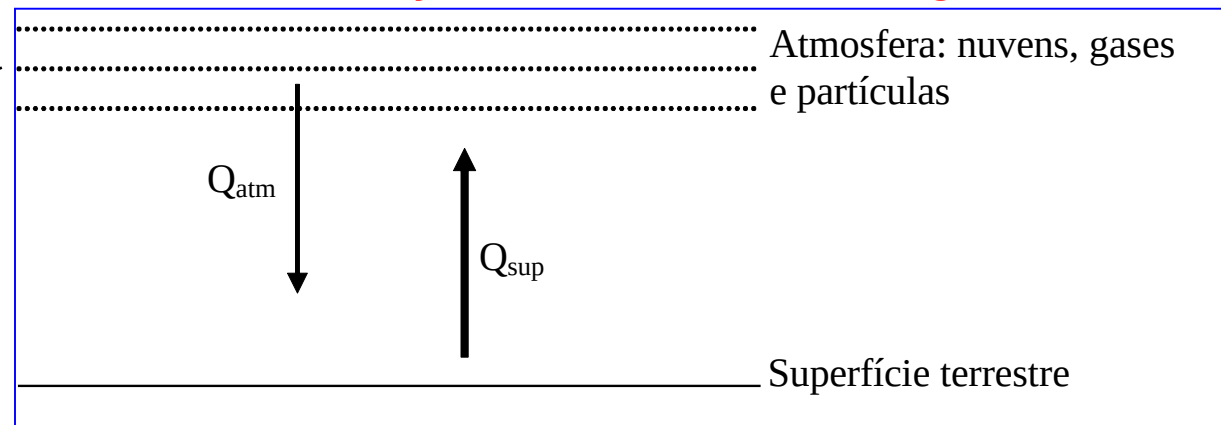
Balanço de Radiação

$\lambda < 3000 \text{ nm}$



Balanço médio de ondas longas:

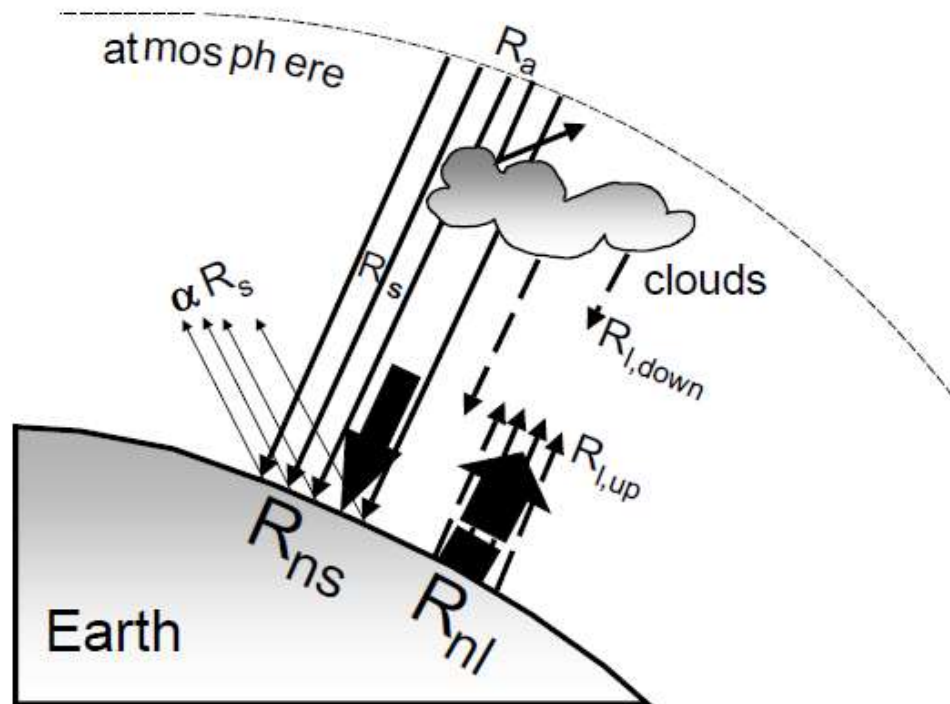
$\lambda > 3000 \text{ nm}$



Balço de Radiaço

A Terra reflete a radiaço (de ondas curtas) emitida pelo Sol, mas também emite sua prpria radiaço (de ondas longas).

FIGURE 15
Various components of radiation

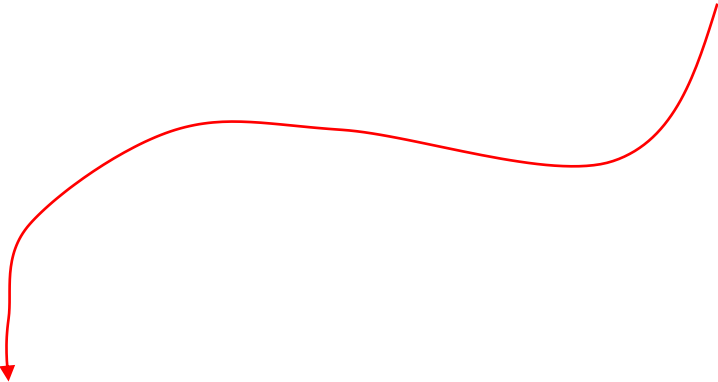


Fonte: Boletim FAO 56

$$\text{BOC} + \text{BOL} = \text{Rn}$$



Balanço de Radiação



$$\text{Rn} = \text{Calor Sensível} + \text{Calor no Solo} + \text{Calor Latente} + \text{Fotossíntese}$$



Balanço de Energia

REPRESENTACAO ESQUEMÁTICA DOS FLUXOS DE ÁGUA, CARBONO, RADIAÇÃO E ENERGIA NA BIOSFERA.

BOC

+

BOL

=

Chuva

=

$$R_n = H + G + LE + F$$

+

Escoamento
lateral

+

Drenagem

+

Arm. Água

+

Respiracao
do solo

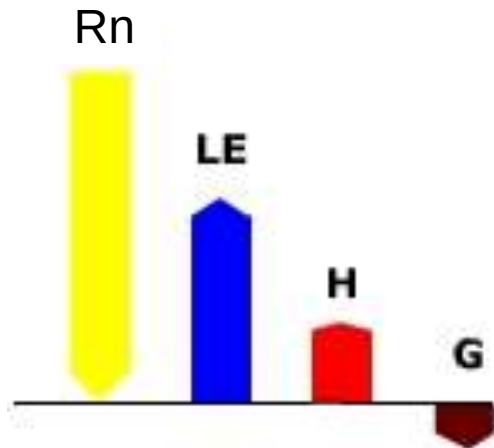
+

Arm.
Carbono

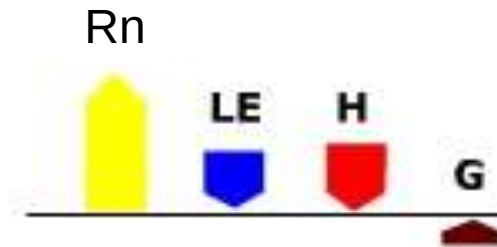
=

Fluxo de
CO₂

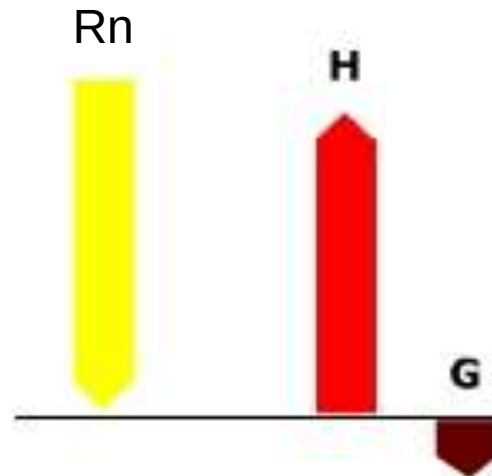
Superfície úmida - dia



Superfície úmida - noite



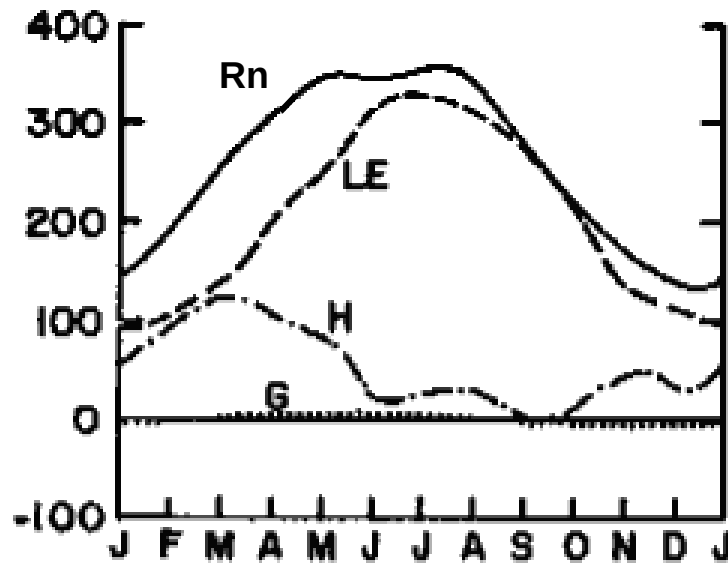
Superfície seca - dia



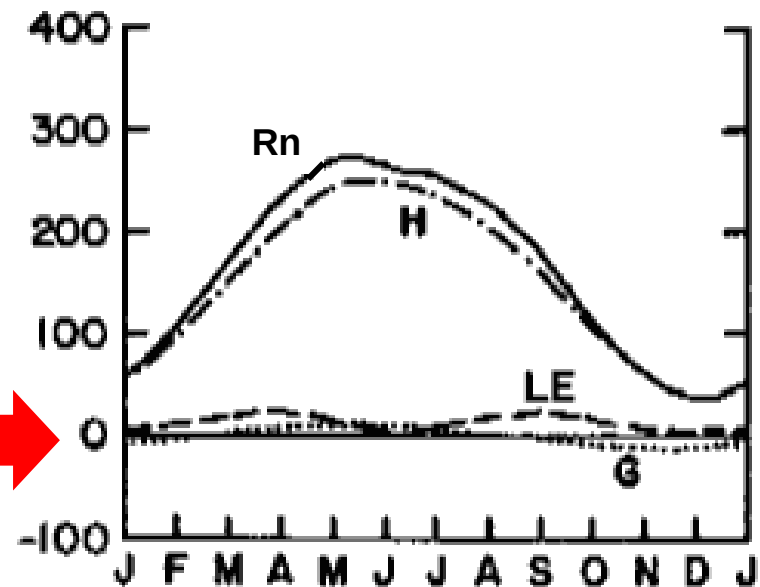
Normalmente, quando a superfície está úmida LE predomina, consumindo cerca de 70 a 80% de Rn

Sob condição de superfície seca, o processo de aquecimento do ar predomina

West Palm Beach, Florida (26.7°N)



Yuma, Arizona (32.7°N)



$LE/Rn \approx 0,75$

$H/Rn \approx 0,20$

$G \approx 0,05$

Ambiente

Úmido

$LE/Rn \approx 0,10$

$H/Rn \approx 0,85$

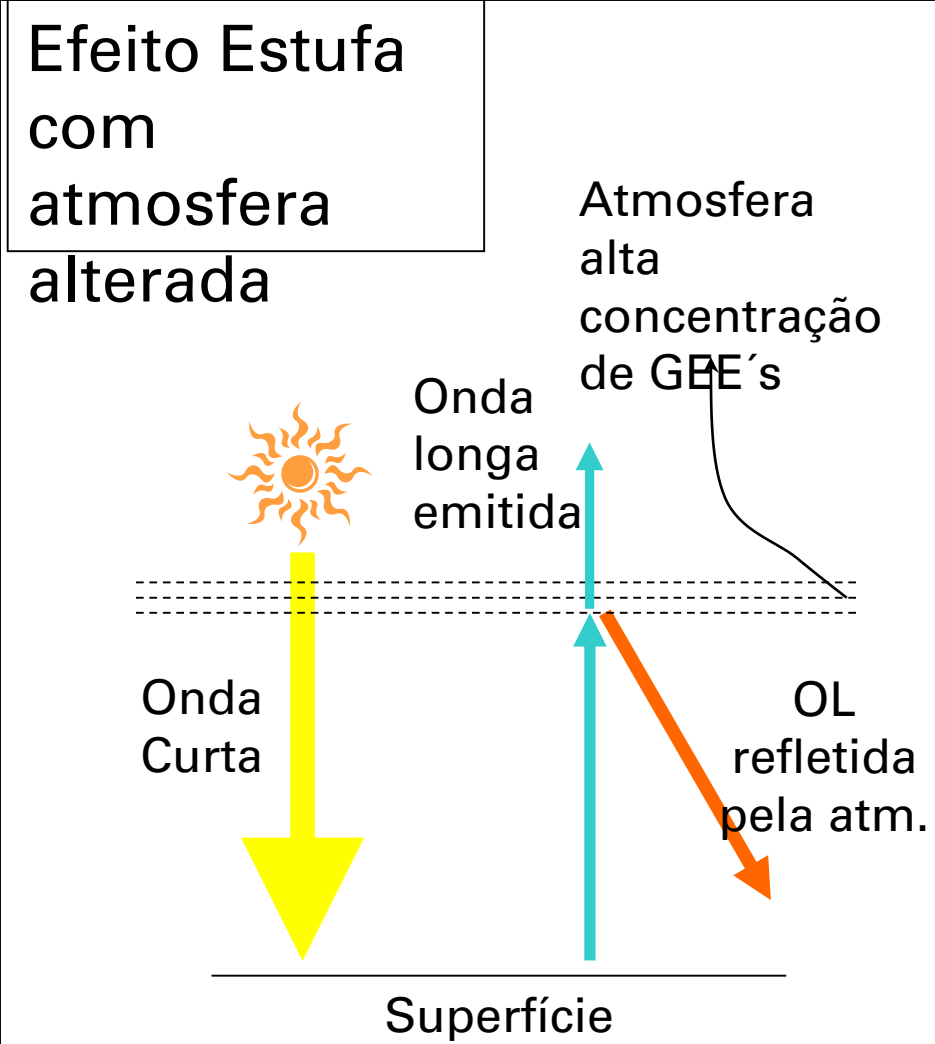
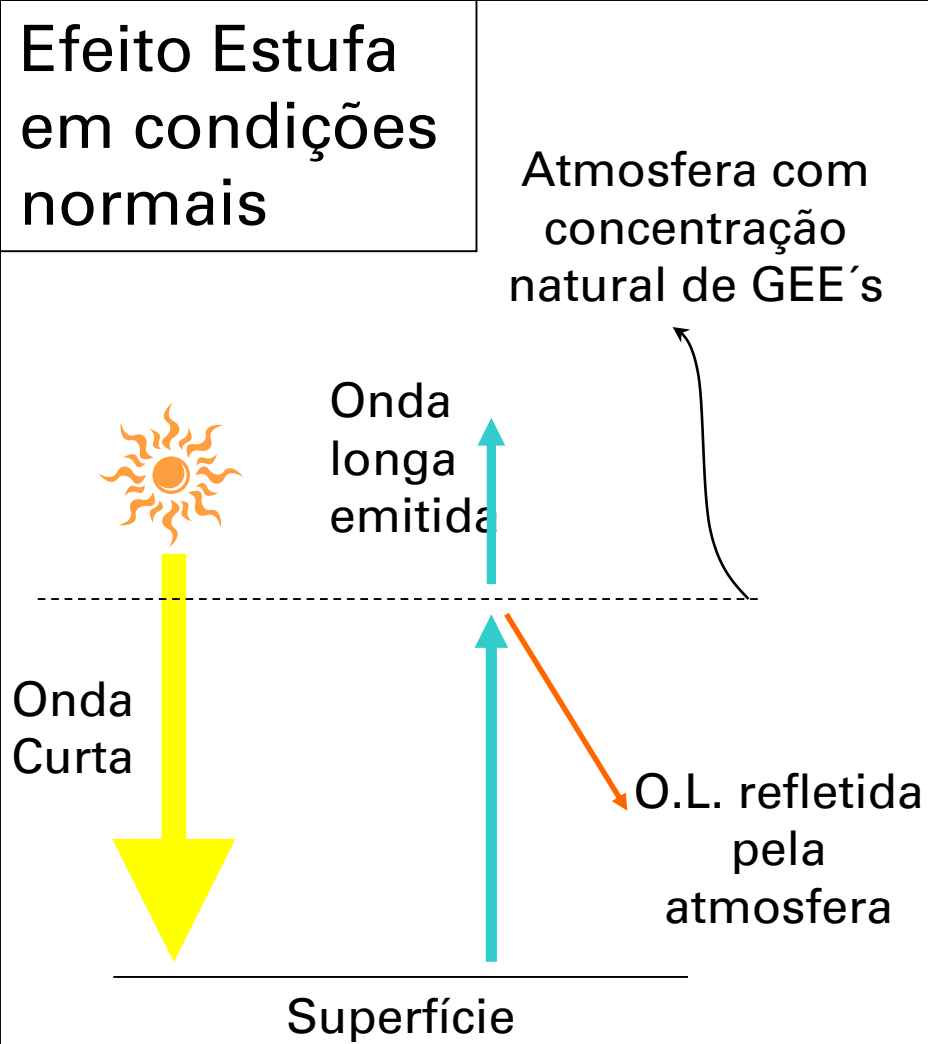
$G \approx 0,05$

Ambiente

Seco

Efeito Estufa: bases físicas

- GEE atuam como filtros para a OL emitida pela superfície – temperatura em torno dos 300 K;
- Ondas curtas emitidas pelo Sol (temperatura em torno dos 6000K) sofrem pouca interferência da atmosfera terrestre, causando desequilíbrio no balanço de radiação da Terra.



A quantidade de energia que chega ao sistema permanece o mesmo, mas uma parte da energia que era emitida ao espaço fica retida, aumentando sua temperatura.

Balanço de Radiação

- Saldo de radiação (R_n)
- $R_n = BOC + BOL$

$$BOC = Q_g - rQ_g$$

Dia: Positivo
Noite: negativo

$$BOL = Q_a - Q_s$$

Dia: negativo
Noite: negativo

$$R_n = Q_g (1-r) + Q_a - Q_s$$

Dia: positivo
Noite: negativo

Balanço de ondas curtas - BOC

$$\text{BOC} = Q_g - rQ_g = Q_g (1 - r)$$

Balanço de ondas longas - BOL

$$\text{BOL} = Q_{\text{atm}} - Q_{\text{sup}}$$

Saldo de Radiação = BOC + BOL

$$R_n = \text{BOC} + \text{BOL} = Q_g - rQ_g + Q_{\text{atm}} - Q_{\text{sup}}$$

Lei de Stefan-Boltzmann

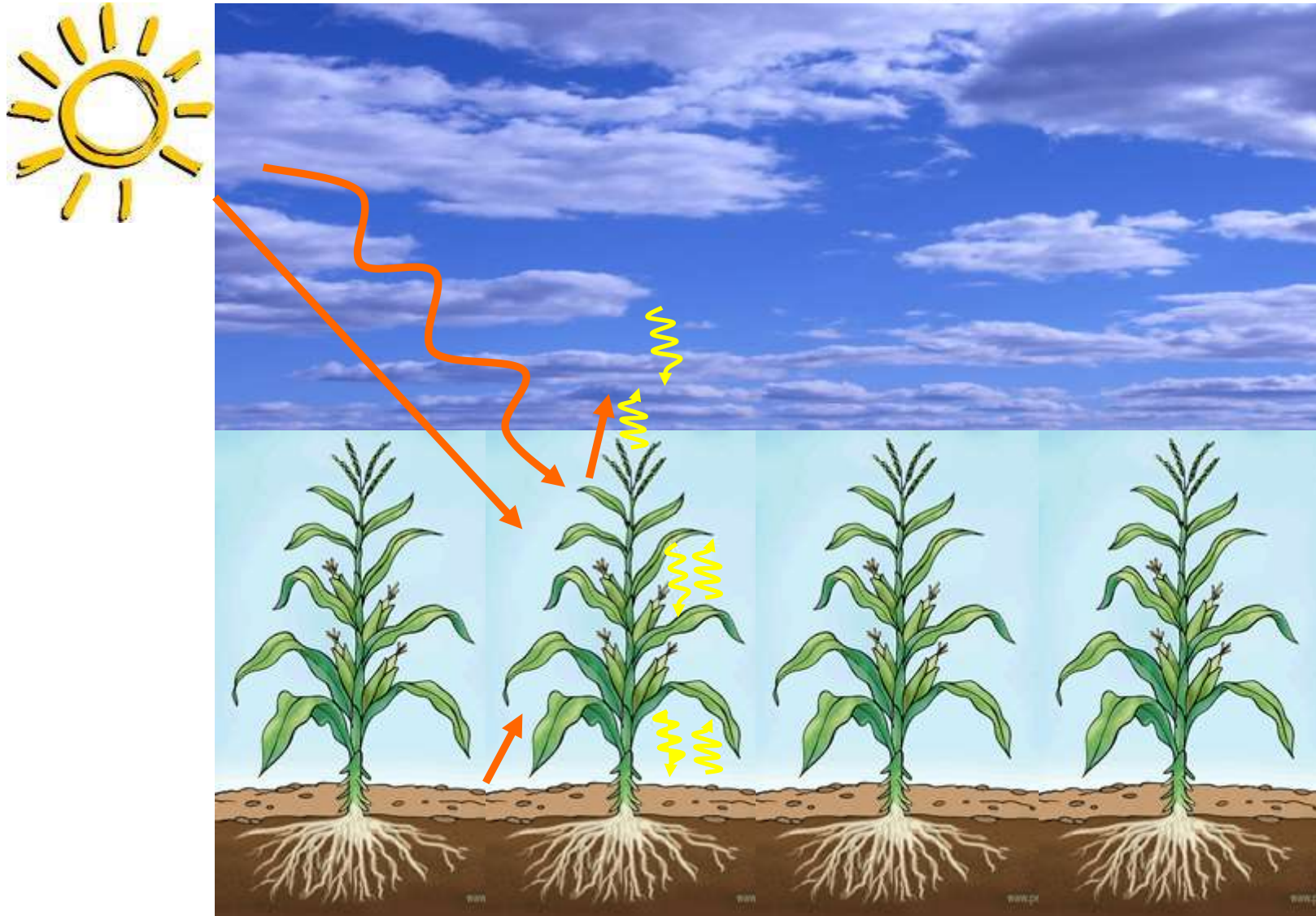
$$Q_{\text{atm}} = \varepsilon_{\text{atm}} \cdot \sigma \cdot T_{\text{atm}}^4$$

$$Q_{\text{sup}} = \varepsilon_{\text{sup}} \cdot \sigma \cdot T_{\text{sup}}^4$$

Tabela 10.1. Coeficientes de reflexão (r) para algumas superfícies. Adaptado de Rosenberg et al. (1983) e de Vianello & Alves (1991).

Superfície	Coef. de Reflexão (r, %)	Superfície	Coef. de Reflexão (r, %)
Água	5	Trigo	24
Areia seca	35 a 45	Feijão	24
Areia úmida	20 a 30	Tomate	23
Solo claro seco	25 a 45	Abacaxi	15
Solo cinza	10 a 20	Sorgo	20
Solo escuro	5 a 15	Videira	18
Gramado	20 a 30	Floresta	10 a 15
Algodão	20 a 22	Nuvens	50 a 90
Alface	22	Animal de pelo preto	10
Milho	16 a 23	Animal de pelo vermelho	18
Arroz	12	Animal de pelo amarelo	40
Batata	20	Animal de pelo branco	50

Medida dos fluxos radiativos em comunidades vegetais



Tipos de Cultivo

1. Monocultura (anual e perene)
2. Consórcios
3. Sistemas Agroflorestais
4. Cultivos em Ambiente Protegido



Medida do Saldo de Radiação

Saldo radiômetros

Medida separada dos balanços de ondas curtas e longas



Kipp & Zonen Net Radiometer

Medida conjugada dos balanços de ondas curtas e longas



Balanço de Radiação

- Aproximação de Brunt (1932):

Admite-se que $T_{sup} \cong T_{atm}$, que $\varepsilon_{sup} \cong 1$ e que $\varepsilon_{atm} \propto$ umidade do ar (ea), tem-se que:

$$BOL = \left[\sigma * \left[\frac{T_{max}^4 + T_{min}^4}{2} \right] * (0,34 - 0,14 * \sqrt{e_a}) * \left(1,35 \frac{Q_g}{Qg_{cs}} - 0,35 \right) \right]$$

$$Qg_{cs} = (0,75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Q_0$$

→ Z é a altitude da estação (m)

- Estimativa do Saldo de radiação (SR) -

$$SR = Qg(1 - \alpha) - \left\{ \sigma * \left[\frac{(T_{max}^4 + T_{min}^4)}{2} \right] * (0,34 - 0,14 * \sqrt{e_a}) * \left(1,35 \frac{Q_g}{Qg_{cs}} - 0,35 \right) \right\}$$

Unidades das Equações

BOL - ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)

σ (constante Stefan-Boltzmann) - ($4,903 \cdot 10^{-9} \text{ MJ K}^{-4} \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ou $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W K}^{-4} \text{ m}^{-2}$)

Tmax - temperatura máxima diária ($\text{K} = \text{T}^{\circ}\text{C} + 273,16$)

Tmin - temperatura mínima diária ($\text{K} = \text{T}^{\circ}\text{C} + 273,16$)

ea - pressão atual de vapor (kPa)

$Q_g/Q_{g_{cs}}$ radiação de onda curta relativa - (máximo 1)

Q_g radiação solar medida ou estimada (métodos estudados) - ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)

$Q_{g_{cs}}$ radiação solar céu límpido (sem nuvens) - ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)

SR - saldo de radiação - ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ou W m^{-2})

Exercício

Calcule o saldo de radiação de uma área gramada, para hoje em Piracicaba (lat: 22°42'30"S, alt. 546m), assumindo que os dados diários registrados na estação foram:

$$T_{\max} = 34,1^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\min} = 20,6^{\circ}\text{C}$$

$$e_a = 1,31\text{kPa}$$

$$n = 10,5 \text{ horas}$$

$$\text{Albedo grama} = 23\% \text{ ou } 0,23$$

Balanço de Radiação e Geada

- Do ponto de vista meteorológico, geada é quando há deposição de gelo sobre as superfícies expostas ao relento em noites de intenso resfriamento. Neste caso, temperatura de 0°C é o suficiente para provocar a geada.
- Do ponto de vista agrônômico, geada é um fenômeno atmosférico que provoca a morte das plantas ou de suas partes (folhas, ramos, frutos), devido à ocorrência de baixas temperaturas que acarretam o congelamento dos tecidos vegetais, havendo ou não a formação de gelo sobre as plantas.

Efeitos da Geada

- O congelamento do tecido gera extravasamento do conteúdo celular e ruptura da membrana plasmática.
- Os resultado desse fenômeno é a desidratação das células, com secamento das folhas, necrosamento dos vasos condutores necrosados e danos aos Nos frutos.

Sensibilidade à Geada

- Cada espécie (as vezes cada variedade!) tem uma temperatura letal abaixo da qual há morte dos vegetais.
- Ela pode ser variável em função da fase fenológica, estado nutricional e fitossanitário.

Cultura	Germinação	Florescimento	Frutificação
Trigo	-9	-2	-4
Aveia	-8	-2	-4
Feijão	-5	-3	-4
Girassol	-5	-3	-3
Soja	-3	-3	-3
Milho	-2	-2	-3
Sorgo	-2	-2	-3
Algodão	-1	-2	-3
Arroz	-0,5	-1	-1

Planejamento e Controle

- A seleção de áreas e espécies/variedades
- Regiões mais elevadas têm maiores riscos (macroescala);
- Terrenos com face voltada para o Sul e áreas de vale podem ter “deposição” de ar frio com elevação do risco de geada (topoescala);
- Uso de técnicas de consorciação, nebulização e cobertura de plântulas podem ser utilizadas para controlar as geadas (microescala).