

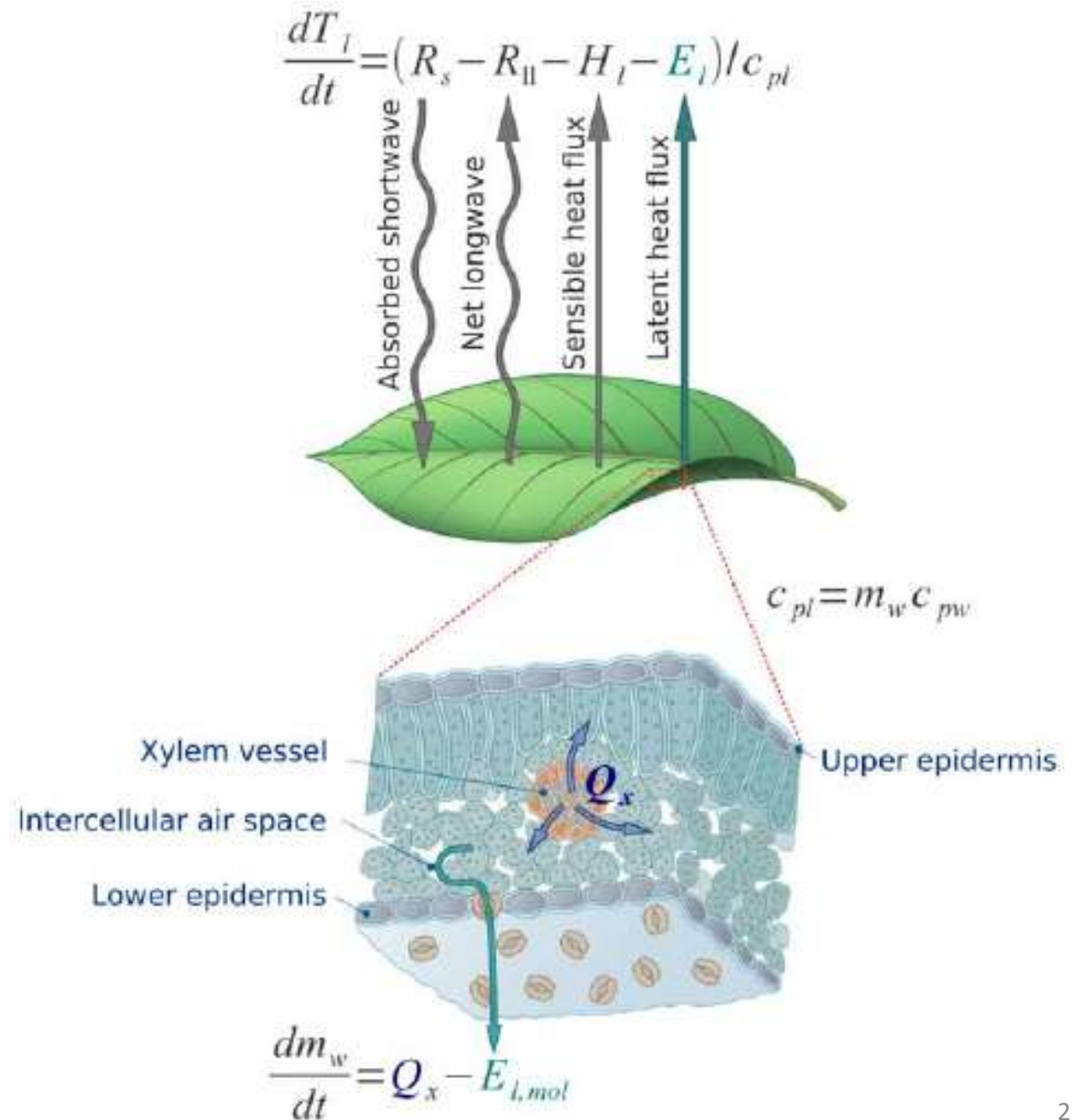
Aula 3- Balanço de radiação e energia em superfícies naturais

Prof. Fábio Marin

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
Departamento de Engenharia de Biosistemas
LEB 306 – Meteorologia Agrícola



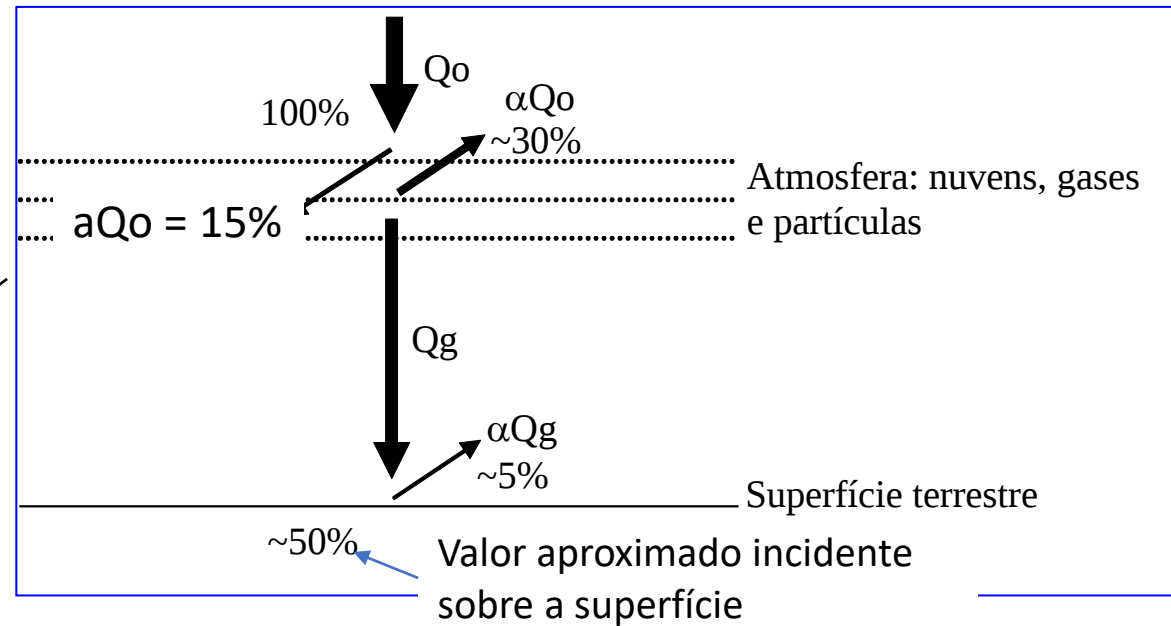
Balço de Radiao para uma Folha



Balanço de Radiação

$\lambda < 3000 \text{ nm}$

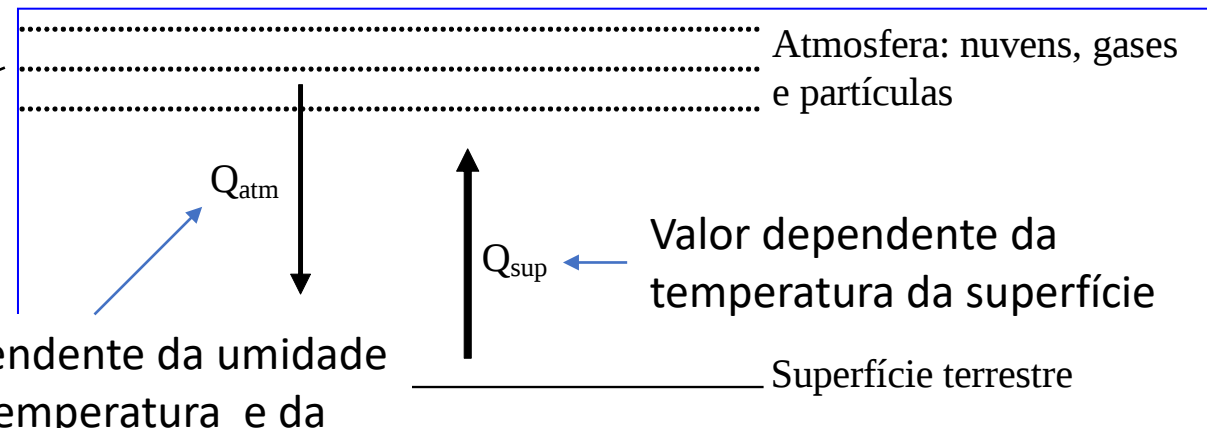
Balanço médio de ondas curtas:



Nota: nesta figura, α (alfa) representa o coeficiente de reflexão (r)

Balanço médio de ondas longas:

$\lambda > 3000 \text{ nm}$

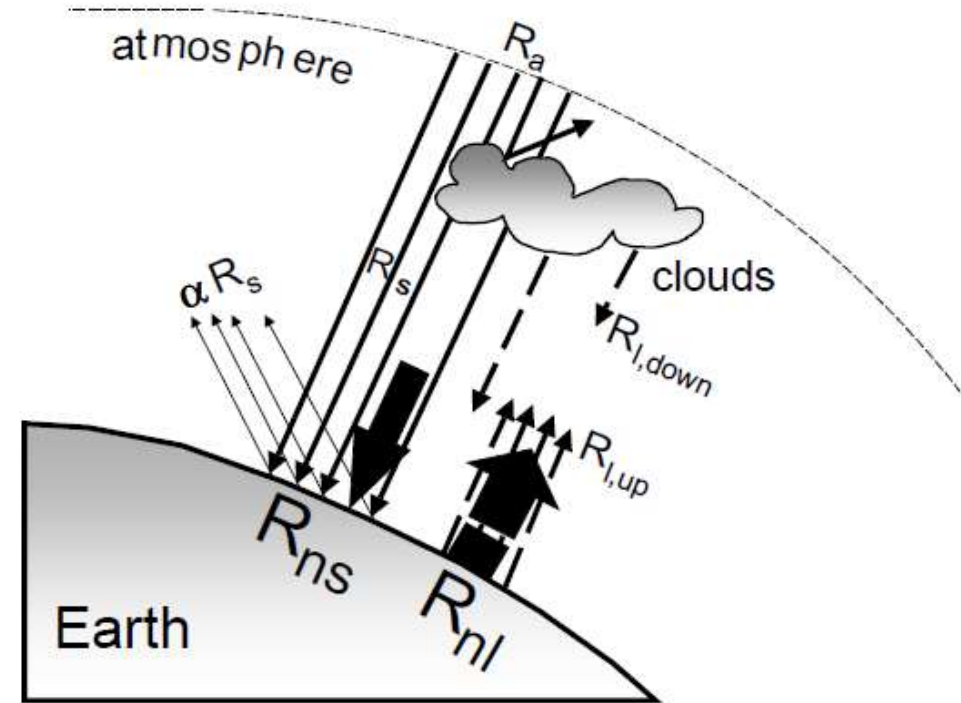


Valor dependente da umidade do ar, da temperatura e da nebulosidade na atmosfera

Balanço de Radiação

A Terra reflete a radiação (de ondas curtas) emitida pelo Sol, mas também emite sua própria radiação (de ondas longas). Atenção nisso: Qualquer corpo, ao emitir radiação, perde energia e por isso esfria. Essa é a razão da noite ser mais fria que o dia e a temperatura mínima ocorrer um pouco antes do nascer do Sol.

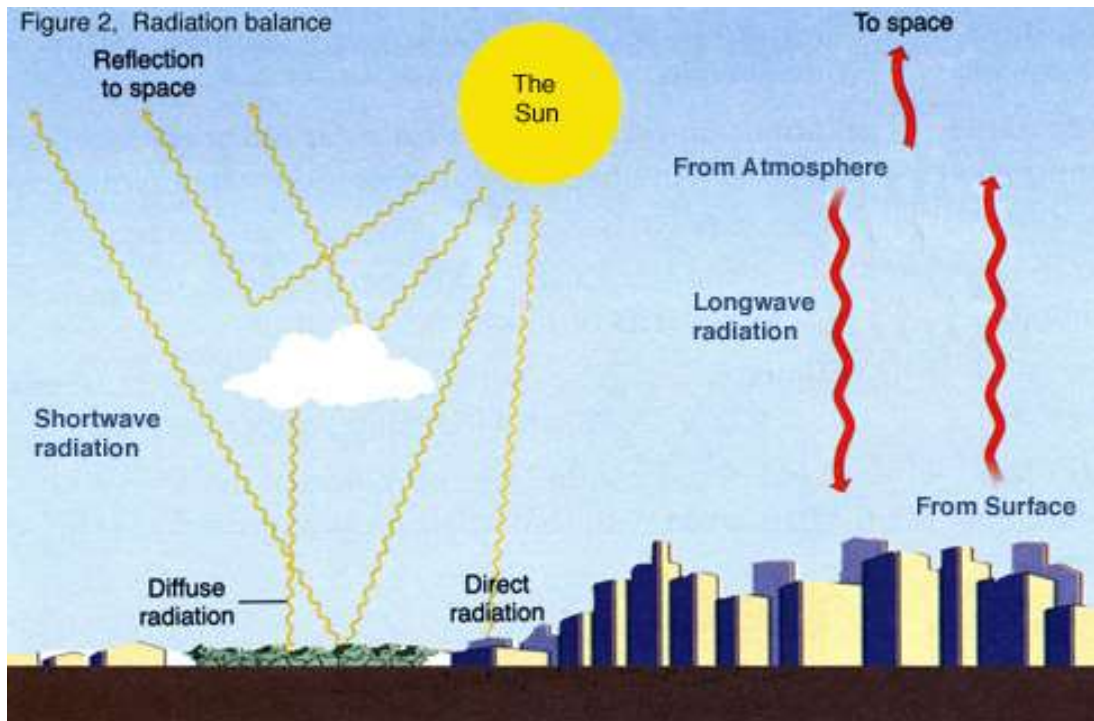
FIGURE 15
Various components of radiation



Fonte: Boletim FAO 56

Balanço de Radiação

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



$$BOC = Q_g - rQ_g$$

Dia: Positivo
Noite: negativo
Funciona no período diurno

$$BOL = Q_a - Q_s$$

Dia: negativo
Noite: negativo
(funciona por 24hs)

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

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 do Saldo de Radiação

Saldo radiômetros

**Medida separada dos balanços
de ondas curtas e longas**



**Medida conjugada dos
balanços de ondas curtas
e longas**



Balanço de Radiação

- Aproximação da equação de Brunt (1932) segundo Allen et al. (1998):

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:

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

Kelvin

Pressão parcial de vapor, a ser estudado nas próximas aulas

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

z é a altitude da estação (m)

Qg_{cs} é o valor teórico de Qg em um dia sem qualquer nebulosidade

- Estimativa do Saldo de radiação (SR) -

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

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

$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W K}^{-4} \text{ m}^{-2}$)

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

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

e_a – pressão atual de vapor (kPa)

$Q_g/Q_{g_{cs}}$ radiação de onda curta relativa – (varia entre 0 e 1, adimensional)

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 Tarefa

Calcule o saldo de radiação de uma área gramada, para hoje(24/3) em Piracicaba (lat: 22°42'30"S, alt. 546m), assumindo que os dados diários registrados na estação foram:

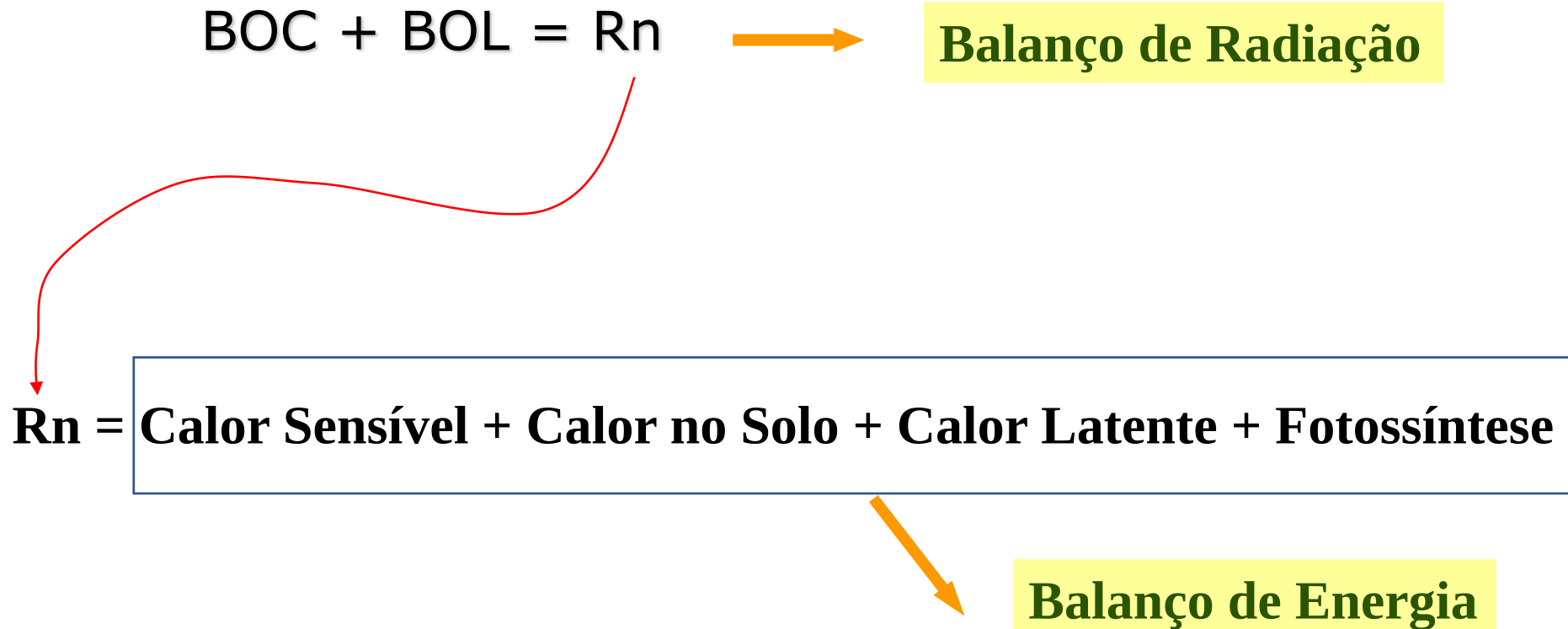
- $T_{\max} = 34,1^{\circ}\text{C}$
- $T_{\min} = 20,6^{\circ}\text{C}$
- $e_a = 1,31\text{kPa}$
- $n = 10,5$ horas
- albedo do gramado (r) = 0,23

BALANÇO DE ENERGIA

Nos informa sobre quais processos consumiram a energia produzida pelo balanço de radiação

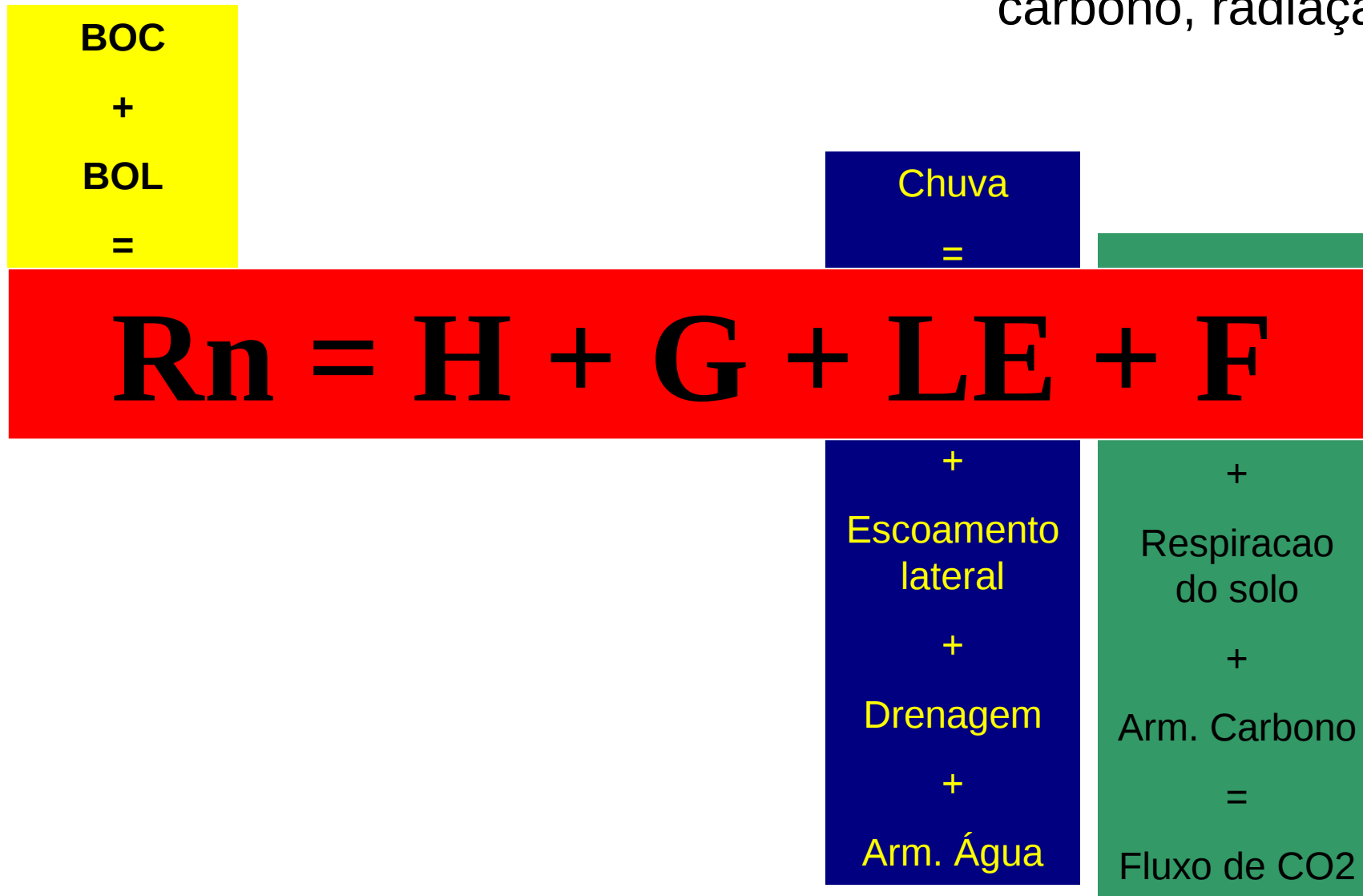
$$\text{BOC} + \text{BOL} = \text{Rn}$$

Balanço de Radiação

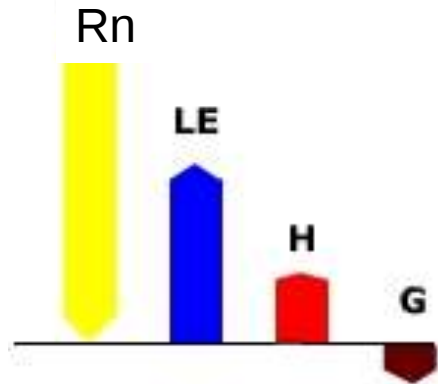

$$\text{Rn} = \text{Calor Sensível} + \text{Calor no Solo} + \text{Calor Latente} + \text{Fotossíntese}$$

Balanço de Energia

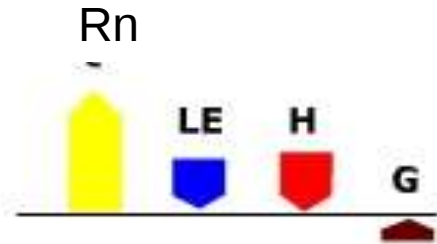
Representação esquemática dos fluxos de água, carbono, radiação e energia na biosfera.



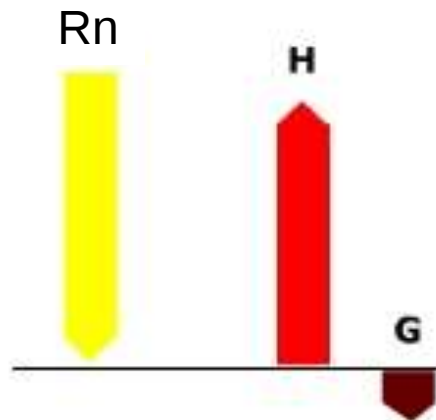
Superfície úmida - dia



Superfície úmida - noite



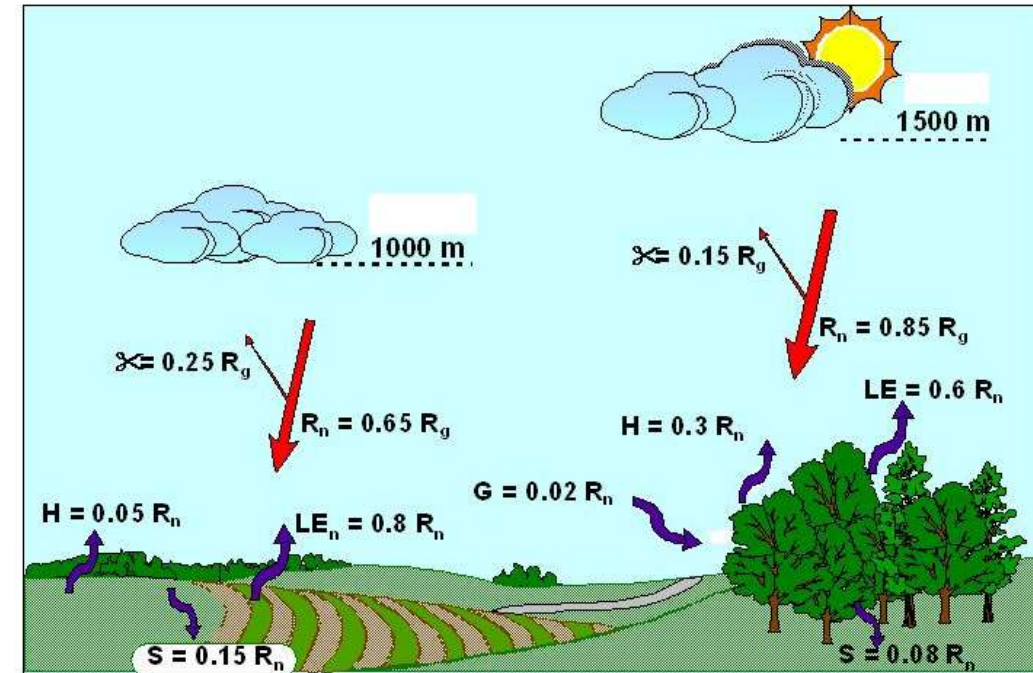
Superfície seca - dia

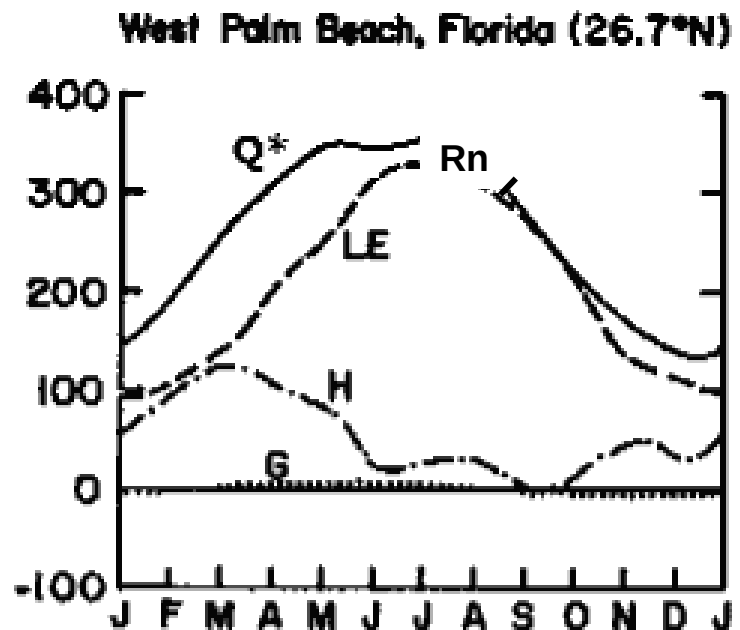


Normalmente, quando a superfície está úmida LE predomina, consumindo cerca de 70 a 80% de R_n

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

Efeito das culturas e florestas sobre o balanço de energia da superfície



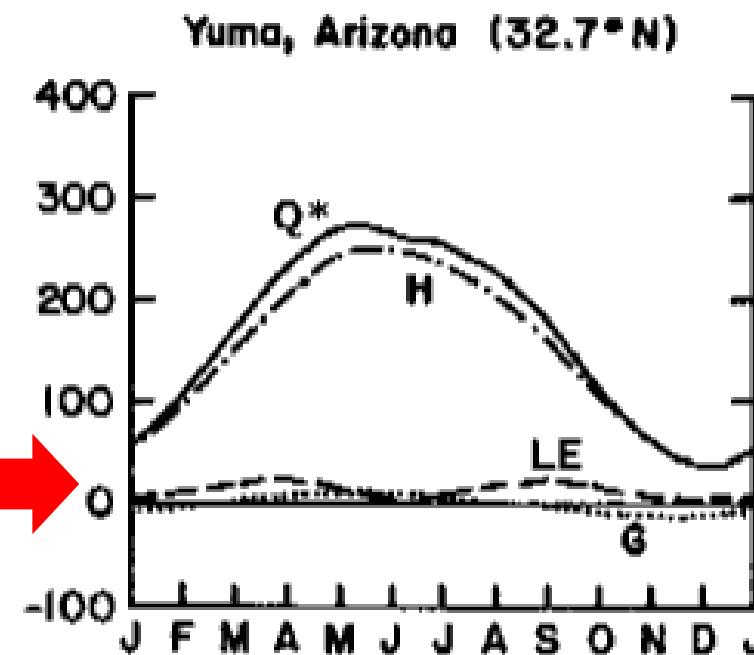


$LE/Rn \approx 0,75$
 $H/Rn \approx 0,20$
 $G \approx 0,05$

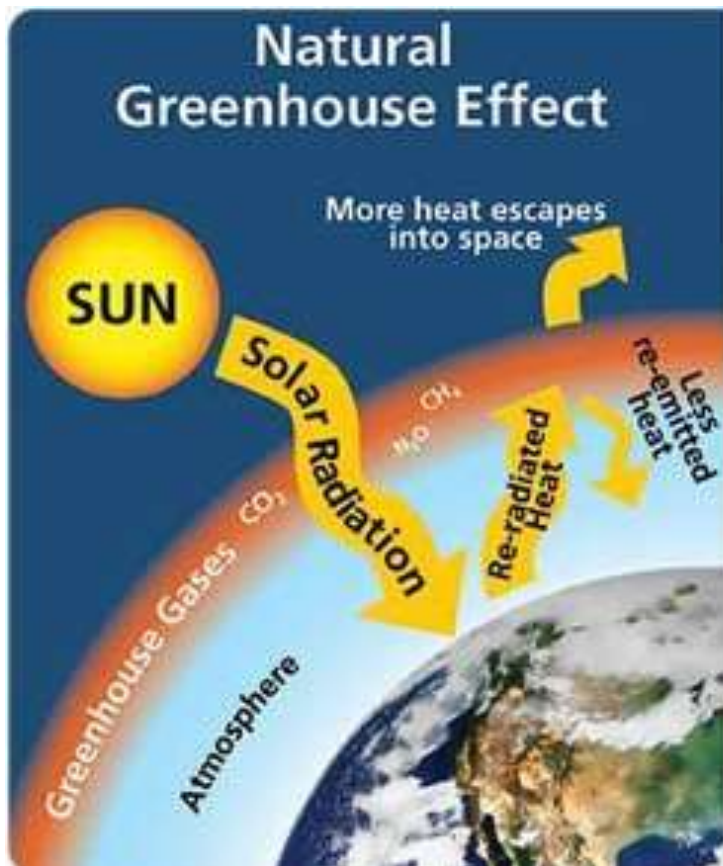
Ambiente
Úmido

$LE/Rn \approx 0,10$
 $H/Rn \approx 0,85$
 $G \approx 0,05$

Ambiente
Seco



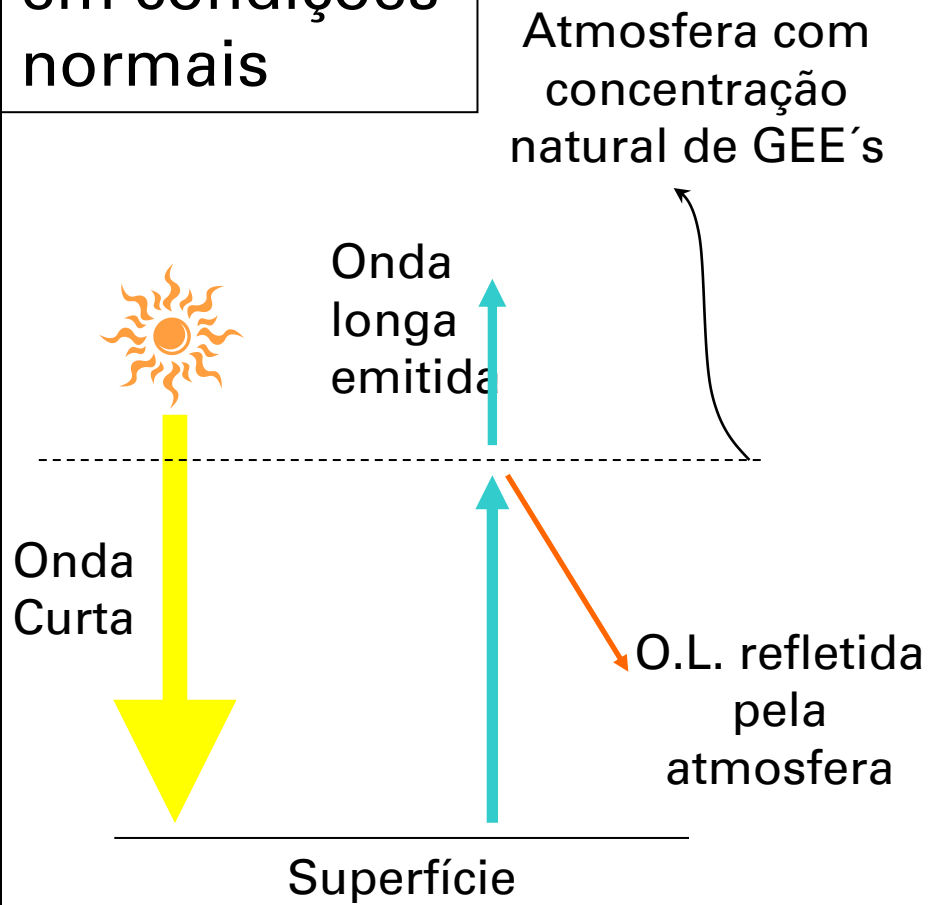
Mudanças Climáticas



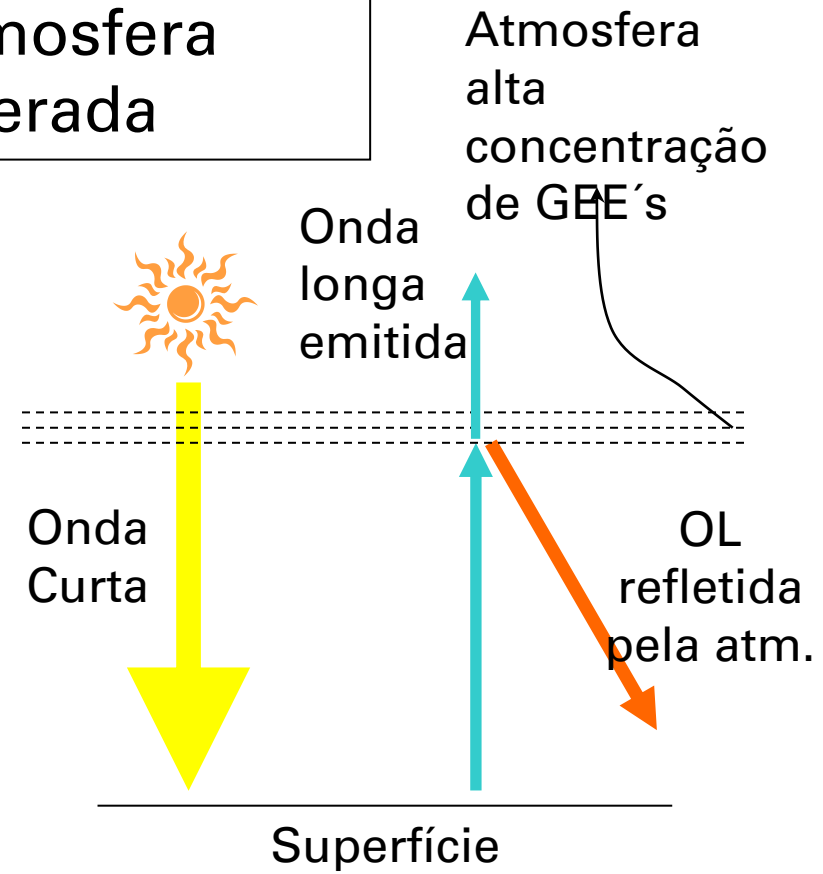
- GEE atuam como filtros para a OL emitida pela superfície – temperatura em torno dos 300 K;
- Ondas curtas emitidas pelo Sol (temperatura em torno dos 6000K) sofrem pouca interferência da atmosfera terrestre, causando desequilíbrio no balanço de radiação da Terra.

Efeito Estufa: bases físicas

Efeito Estufa em condições normais

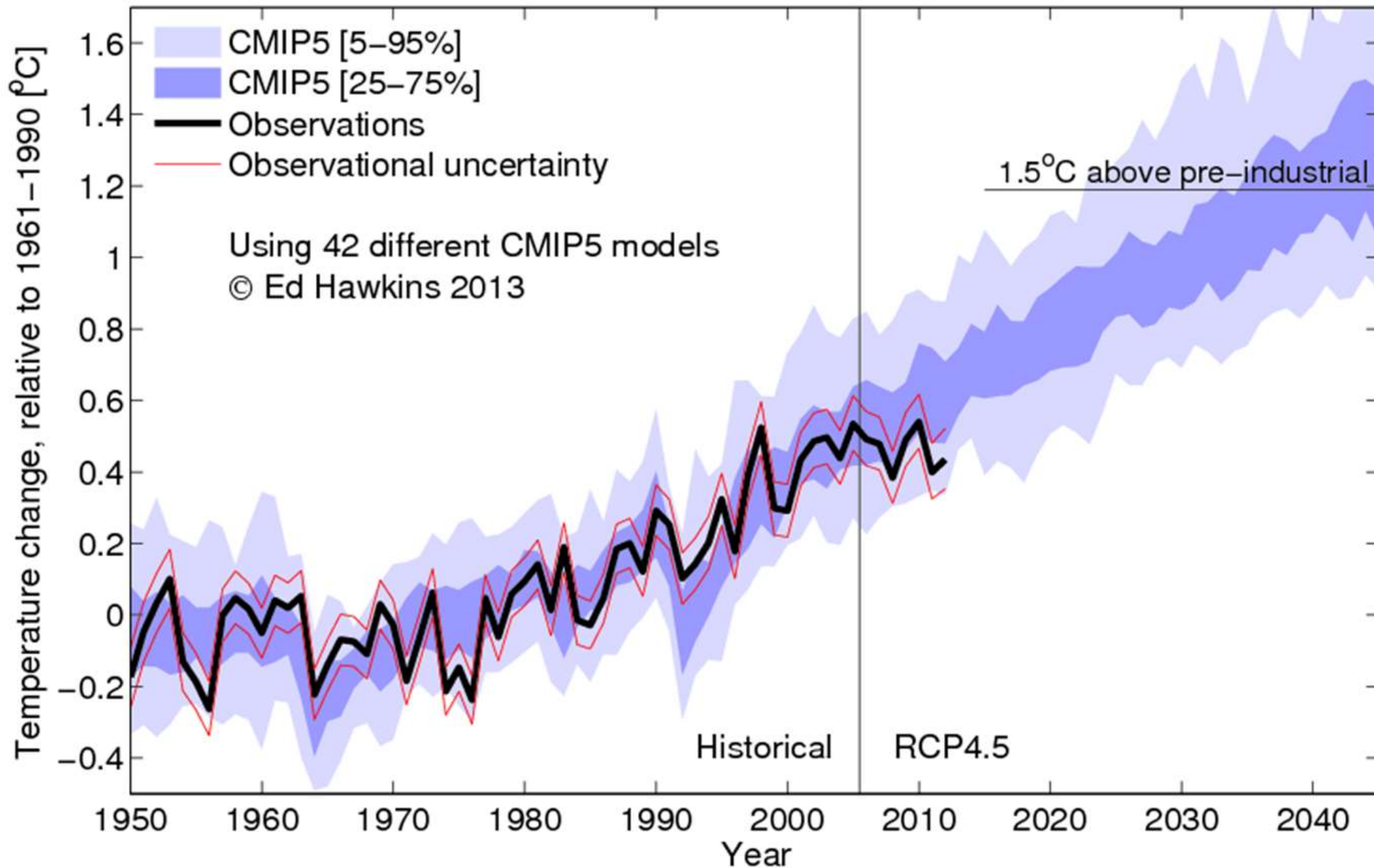


Efeito Estufa com atmosfera alterada

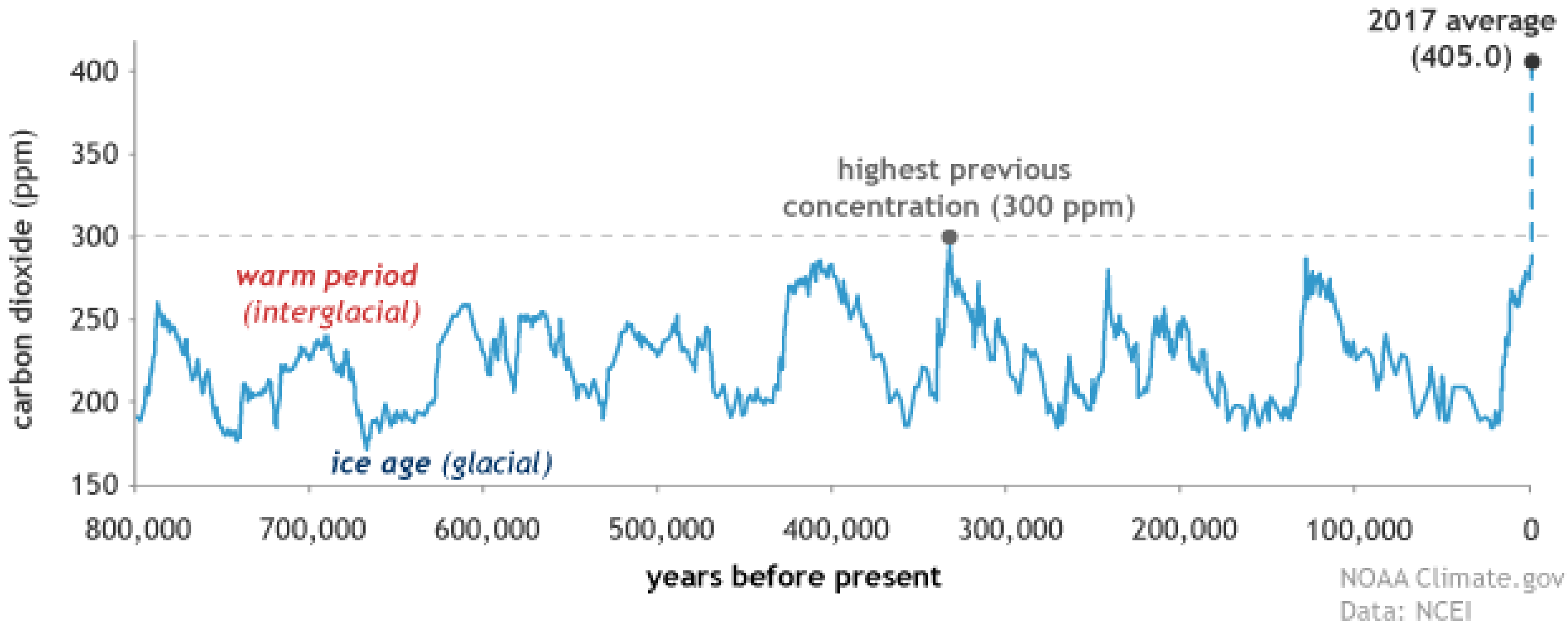


A quantidade de energia que chega ao sistema permanece o mesmo, mas uma parte da energia que era emitida ao espaço fica retida, aumentando sua temperatura.

GLOBAL TEMPERATURES: comparing CMIP5 & HadCRUT4



CO₂ during ice ages and warm periods for the past 800,000 years





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.

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



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.

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).

Obrigatória:

Pereira, Angelocci, Sentelhas. Meteorologia Agrícola. Apostila. ESALQ. 2007.
Caps 10 e 19.

Disponível em

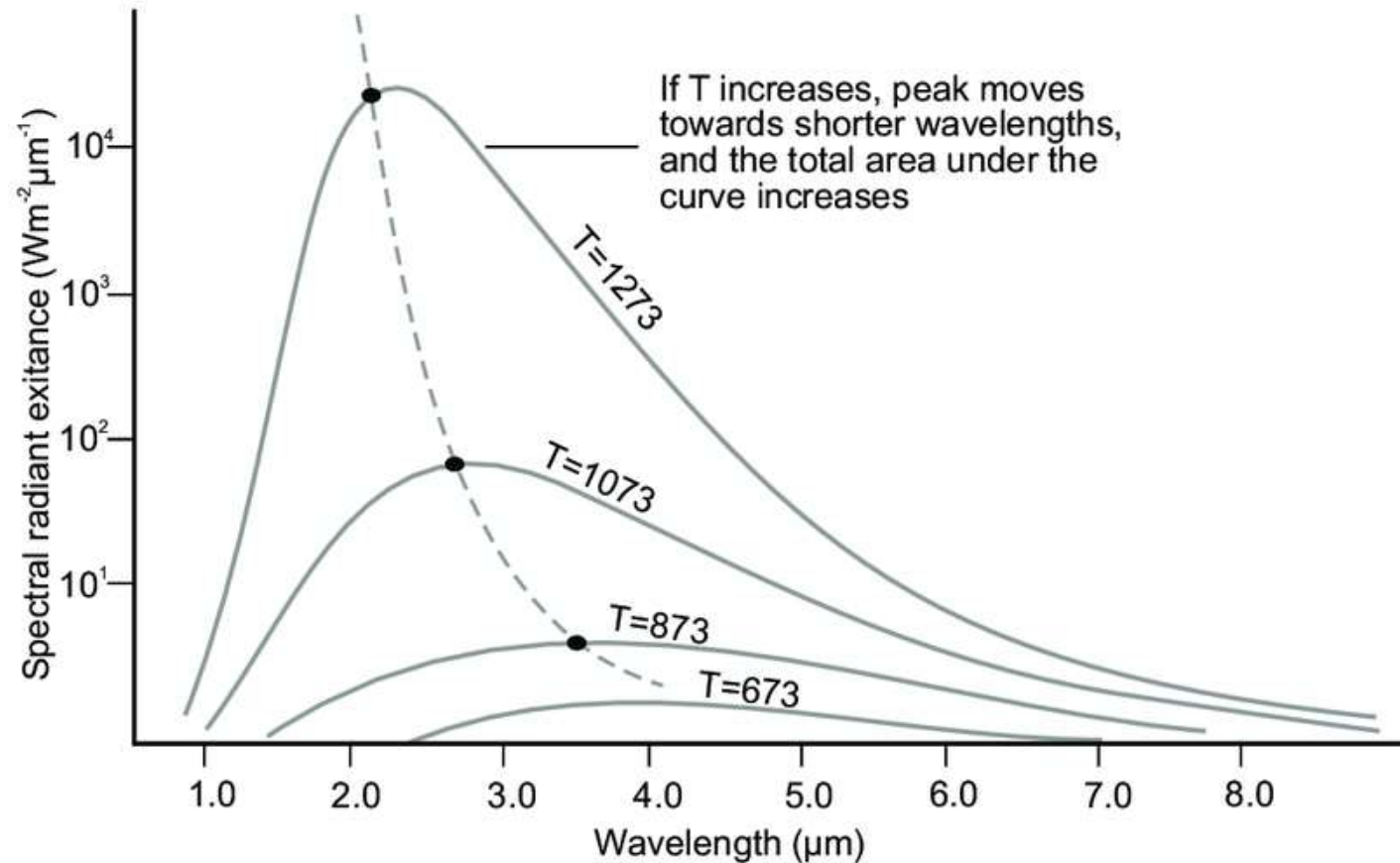
http://www.ler.esalq.usp.br/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf

Leitura

Revisão

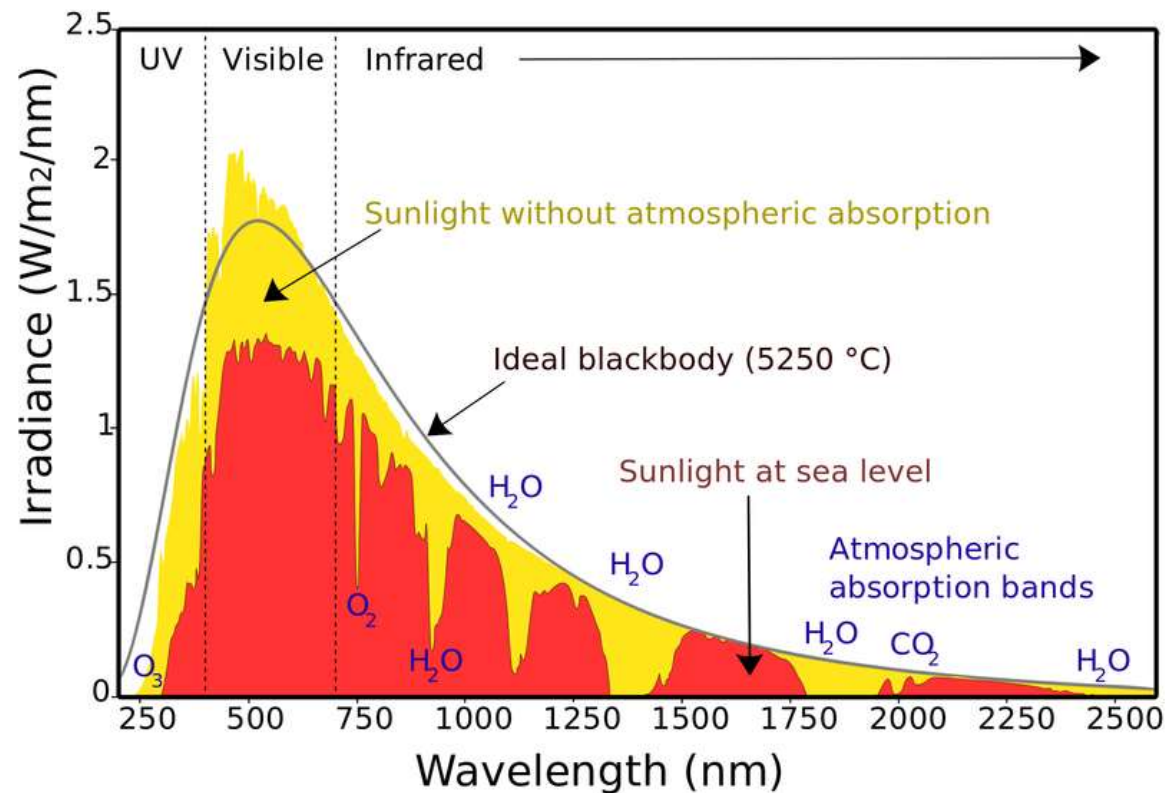
A temperatura de um corpo define a quantidade de energia e qualidade da radiação (comprimento de onda) emitida por ele. Aqui, estudamos a relação entre dois corpos com temperatura bastante diferente – o Sol (~6000K) e a Terra (~300K).

Lei de Stefan Boltzman (Quantidade)
Lei de Wien (Qualidade)



Revisão

Spectrum of Solar Radiation (Earth)



Onda curta

Onda longa

