



# Termodinâmica e Estrutura da Matéria

## Aula 19 – Transmissão de Calor: Radiação

**Carlos A. Santos Silva**

Professor Associado Convidado

Cátedra WS – Energia

Departamento de Física

[carlos.santos.silva@tecnico.ulisboa.pt](mailto:carlos.santos.silva@tecnico.ulisboa.pt)



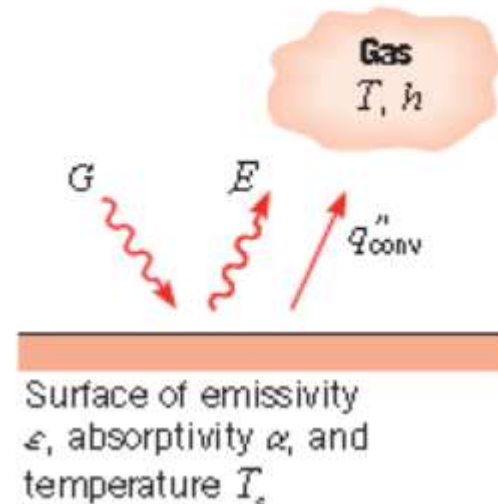
# Sumário

- Radiação
  - Lei de Stefan-Boltzman
  - Ondas
  - Radiação Solar

# RADIAÇÃO

# Radiação

- É a energia transmitida por corpos que não estão a zero graus (0 K)
  - Corresponde a alterações na configuração dos eletrões
  - A energia é transportada por radiação eletromagnética



# Ondas

- Tipo de perturbação do meio que é propagada no tempo e no espaço
- As ondas diferem da matéria:
  - Pode haver sobreposição (duas ondas podem estar no mesmo instante no mesmo local)
  - Transportam energia e não o meio ( o meio vibra)
  - A velocidade da onda depende do meio de propagação ( e não da força)
    - Fornecer energia à onda apenas aumenta a sua amplitude
- Tipos de onda
  - som
  - luz
  - água

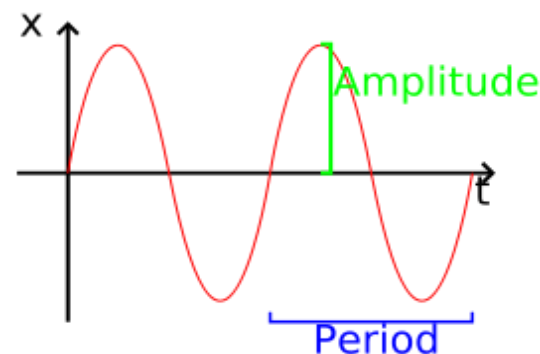


# Período, Frequência e Amplitude

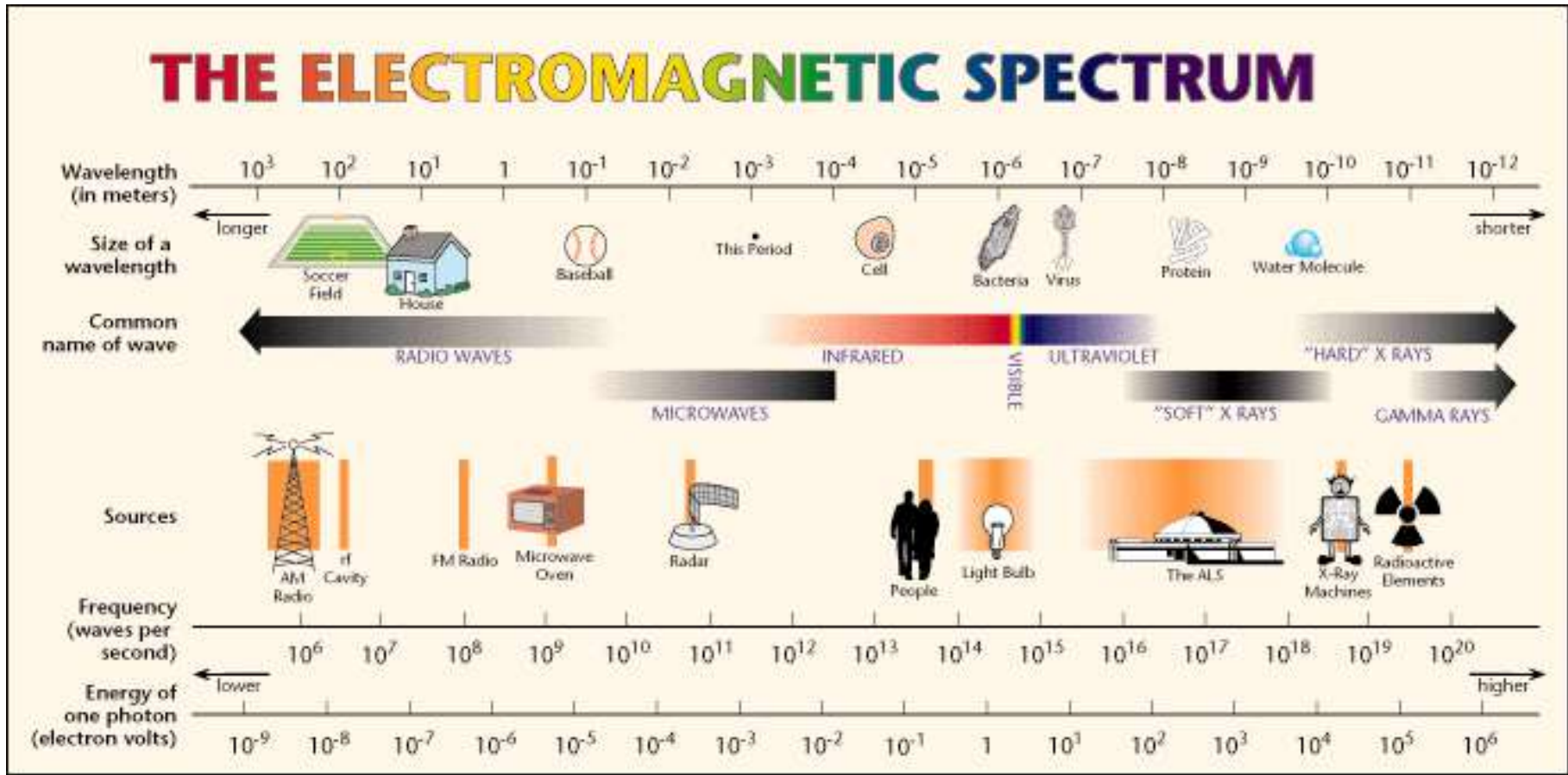
- Período
  - Intervalo de tempo que demora a repetir a vibração (T)
- Frequência (Hz= $s^{-1}$ )
  - Número de eventos/ repetições por segundo (f)
- Comprimento de onda ( $\lambda$ )
  - Distância entre eventos repetidos
- Amplitude
  - Máxima variação durante a vibração

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\lambda = \frac{V}{f}$$



# Radiação eletromagnética



# Lei de Stefan-Boltzman

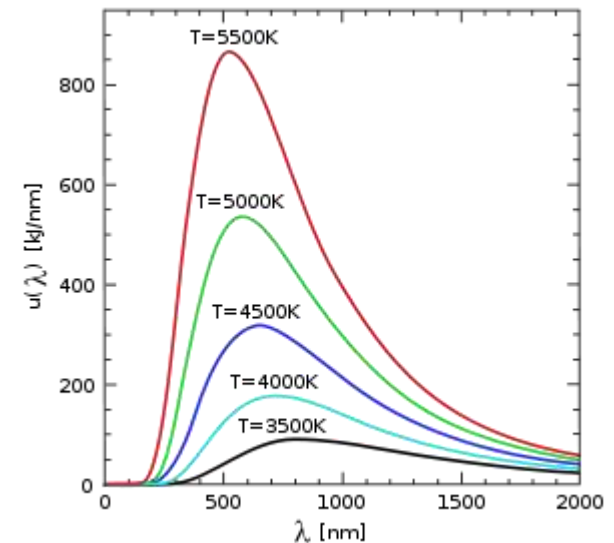
- A temperatura do objeto está relacionada com
  - Energia radiada ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$$\dot{q} = \varepsilon \sigma T^4$$

- $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{W}/\text{m}^2 \text{K}^4$
- $0 < \varepsilon < 1$  (emissividade do corpo)

- Corpo negro

- radiador ideal ( $\varepsilon = 1$ )

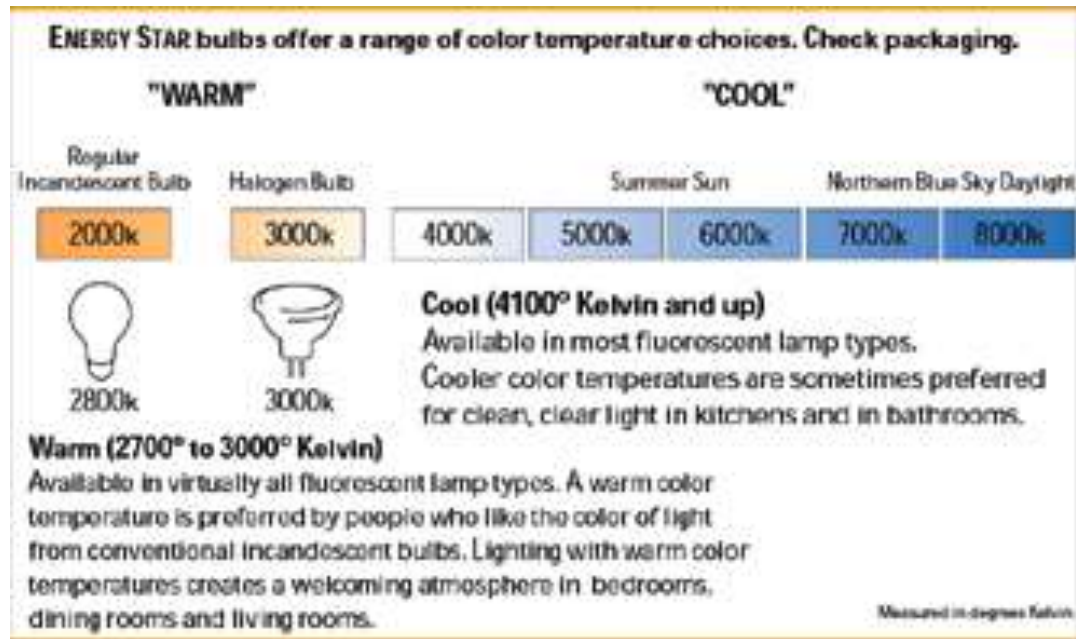


**Lei de Wien**

$$T = \frac{2,897768 \times 10^{-3} \text{mK}}{\lambda_{max}}$$



# Temperatura lâmpadas



# Emissividade

## Emissivity

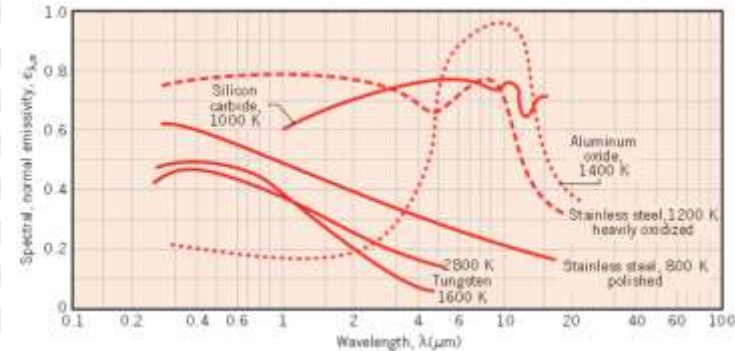
Material	Emissivity ( $\epsilon$ )
Aluminum alloy-oxidized	0.40
Aluminum-highly polished	0.04-0.06
Aluminum-oxidized	0.11-0.31
Aluminum-Anodized sheet	0.55
Brass-Oxidized	0.60
Brass-polished	0.03
Chromium-polished	0.10-0.38
Copper-polished	0.02-0.05
Copper-heated at 600 C	0.57
Gold-pure, highly polished	0.02
Iron-polished	0.21
Iron-oxidized	0.94
rusted iron plate	0.65
Iron-rough steel plate	0.94-0.97
Lead-gray and oxidized	0.28
Mercury	0.09-0.12
Nickel-polished	0.12
Nickel-oxidized	0.37-0.85
Platinum-pure polished plate	0.05-0.10
Platinum-wire	0.06-0.16
Silver-pure and polished	0.02-0.03
Stainless steel-polished	0.16
Stainless steel-oxidized	0.74-0.87
Tin-bright	0.07-0.08
Tungsten-filament	0.32-0.39
Zinc-polished commercial pure	0.05
Zinc-galvanized sheet	0.23

## METALS

## Emissivity

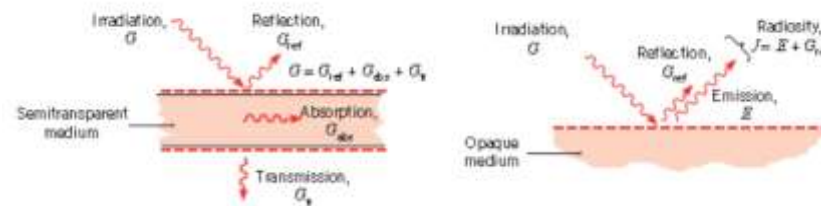
Material	Emissivity ( $\epsilon$ )
Asbestos Board	0.96
Asphalt, tar, pitch	0.90-0.98
Brick-red and rough	0.93
Brick-fireclay	0.75
Carbon-filament	0.53
Carbon-lampblack	0.96
Cement	0.54
Ceramic	0.90-0.94
Concrete	0.92-0.97
Frost crystals	0.98
Glass	0.80-0.95
Human skin	0.98
Ice	0.96-0.98
Marble-polished light gray	0.90
Paints, lacquers, varnishes Black	0.90-0.95
Paints, lacquers, varnishes aluminum paints	0.55
Paints, lacquers, varnishes flat black lacquer	0.96-0.98
Paints, lacquers, varnishes white lacquer	0.95
Paper	0.94
Plastic	0.84-0.94
Porcelain-glazed	0.92
Propellant-Liquid rocket engine	0.90
P.V.C.	0.91-0.93
Quartz-opaque	0.75
Rubber	0.95-0.97
Sand	0.90
Snow	0.96-1.00
Soil	0.92-0.95
Tape-Masking	0.92-0.95
Wallpaper	0.85-0.90
Water	0.95-0.96
Wood-planed oak	0.82-0.89

## NONMETALS

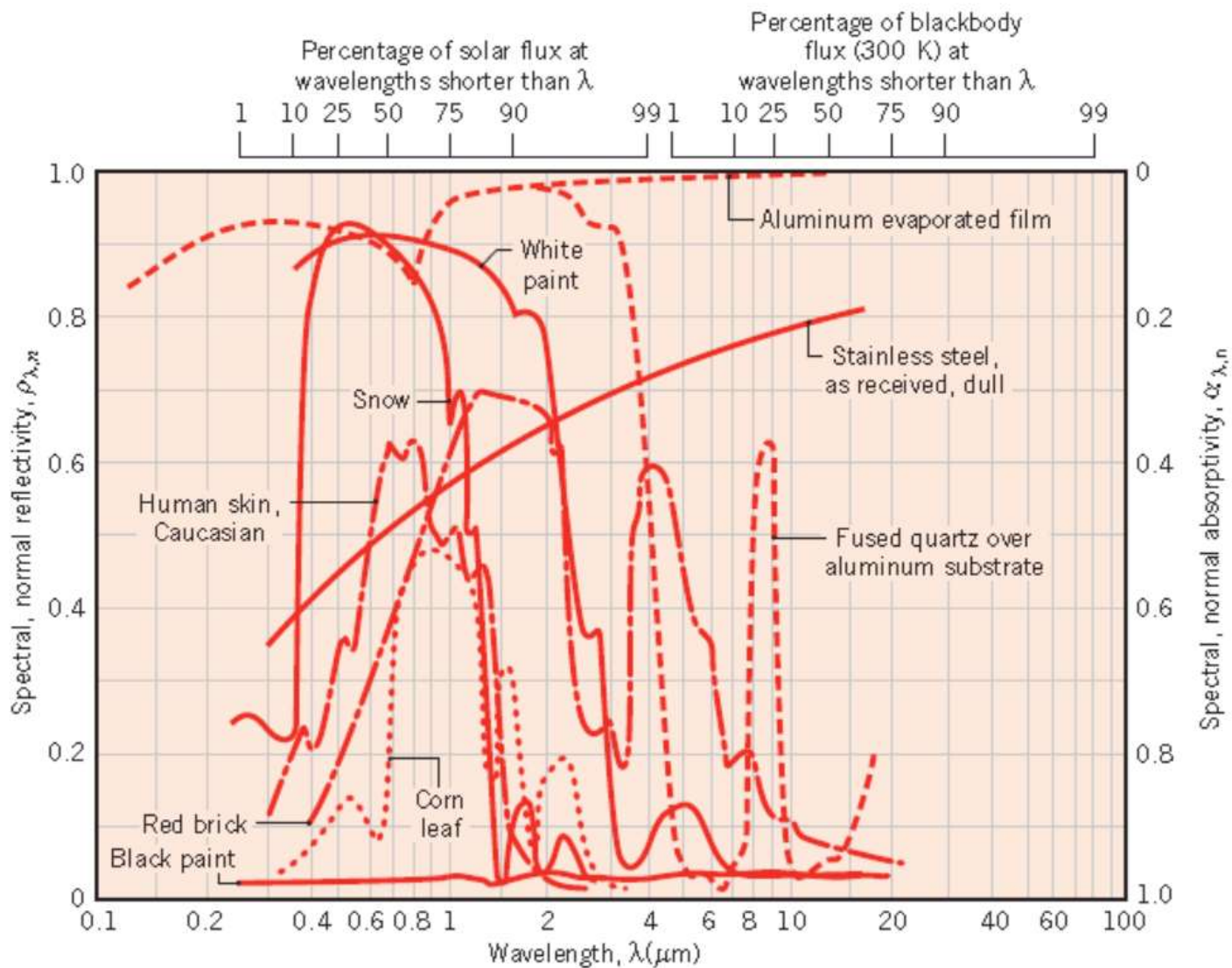


# Fluxos de radiação

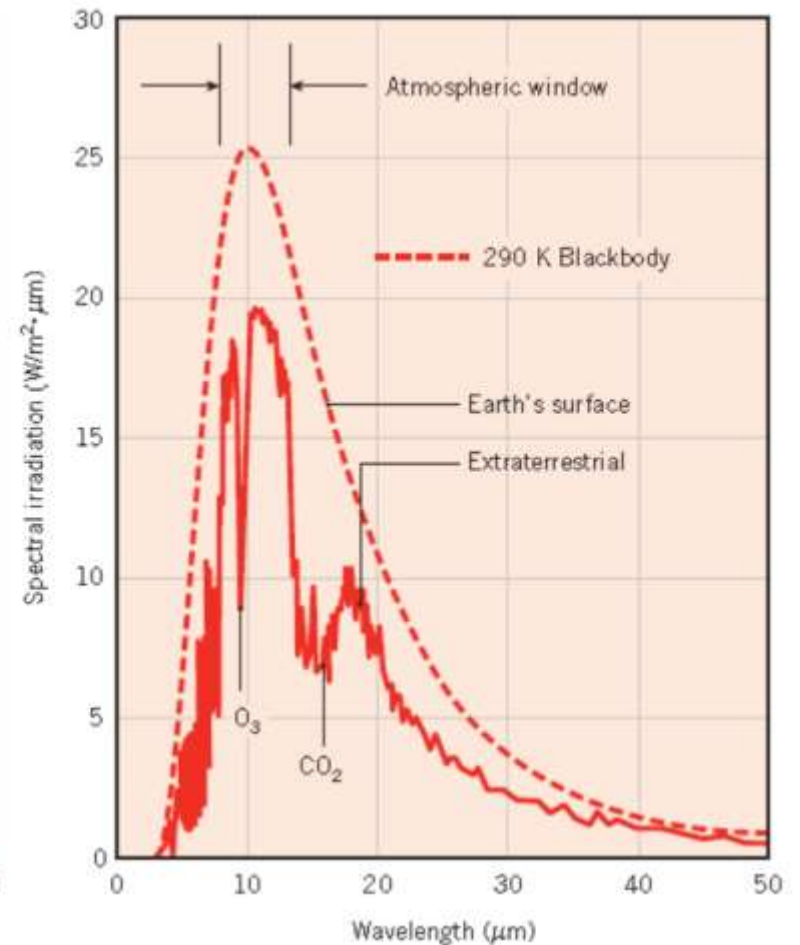
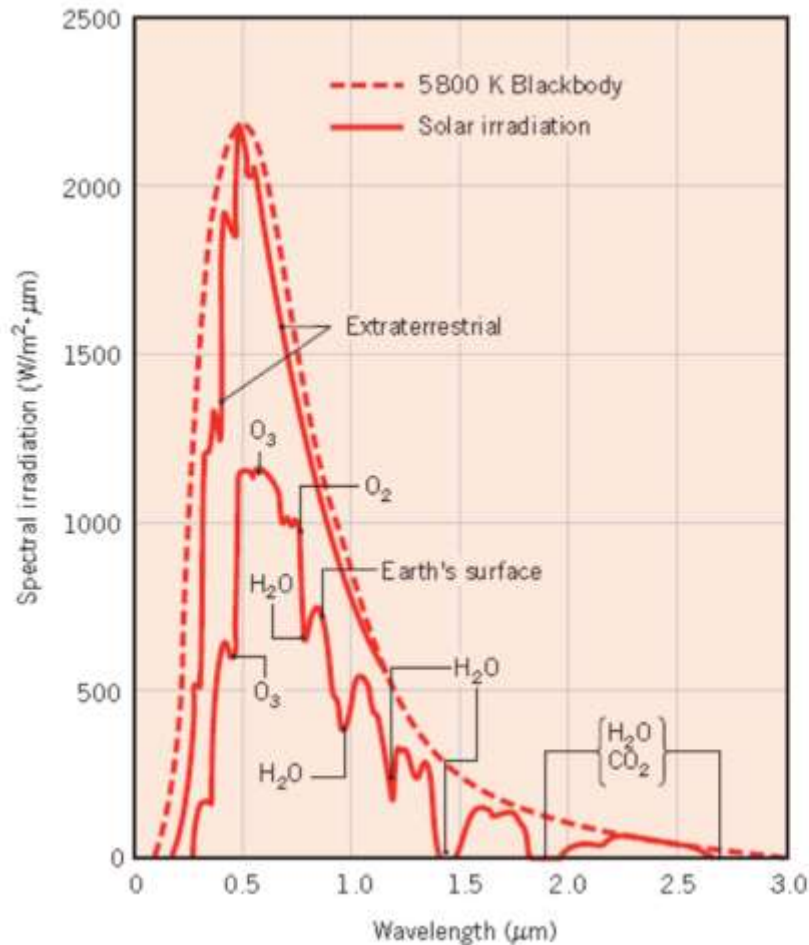
- Energia radiada (U)
  - Taxa a que a radiação é emitida por unidade de área
- Irradiação (G)
  - Taxa de radiação incidente de outra superfície por unidade de área
- Radiosidade (J)
  - Taxa a que a radiação sai por unidade de área



# Absorção

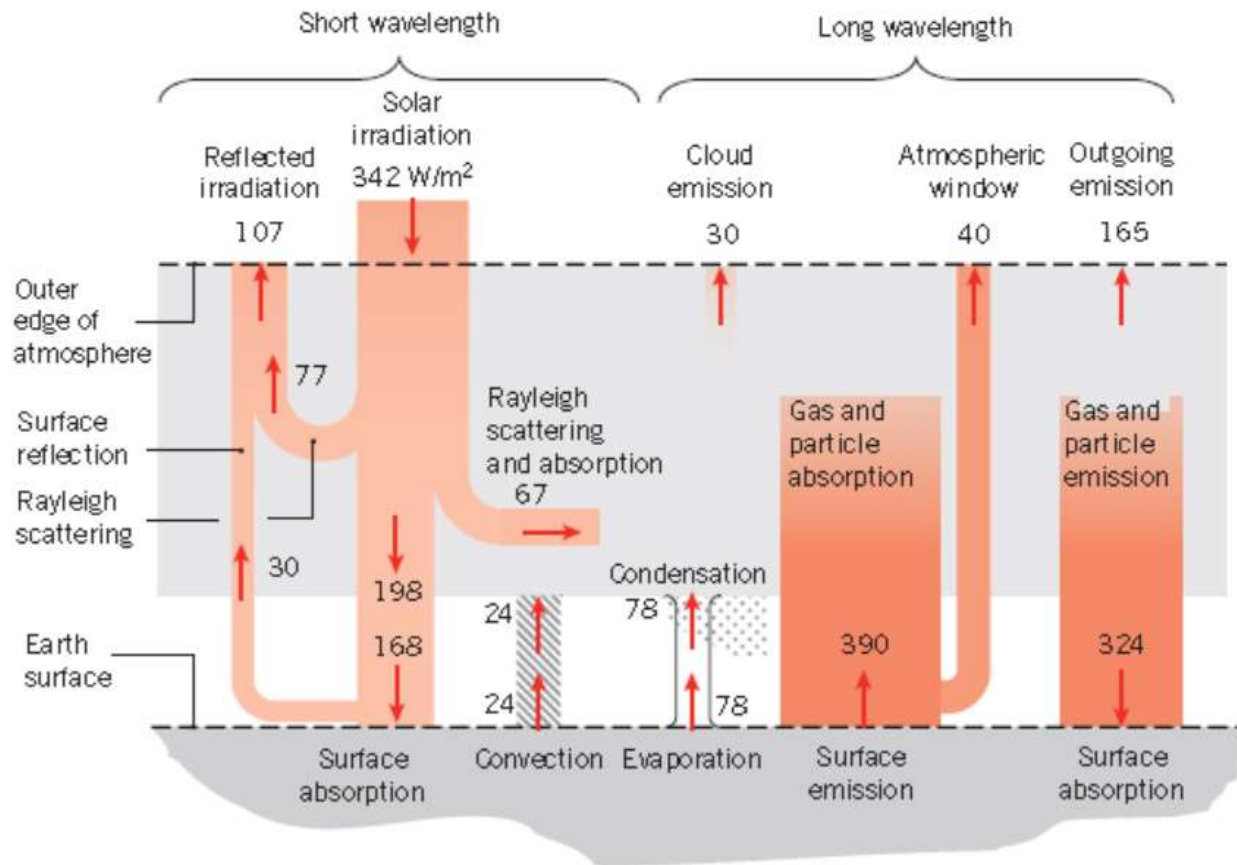


# Radiação solar e da terra





# Radiação solar



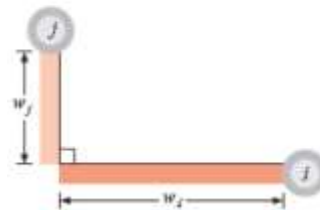
# Transferência de calor entre duas superfícies

- A transferência de calor por radiação entre superfícies depende da posição e geometria das superfícies (fator de vista F)

$$q = A_1 \epsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

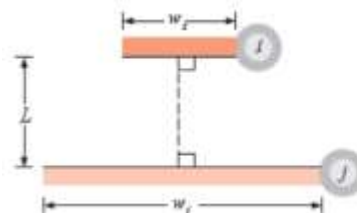
$$q = A_1 F (T_1^4 - T_2^4)$$

Perpendicular Plates with a Common Edge



$$F_{ij} = \frac{1 + (w_j/w_i) - [1 + (w_j/w_i)^2]^{1/2}}{2}$$

Parallel Plates with Midlines Connected by Perpendicular



$$F_{ij} = \frac{[(W_j + W_i)^2 + 4]^{1/2} - [(W_j - W_i)^2 + 4]^{1/2}}{2W_i}$$

$$W_i = w_i/L, W_j = w_j/L$$