

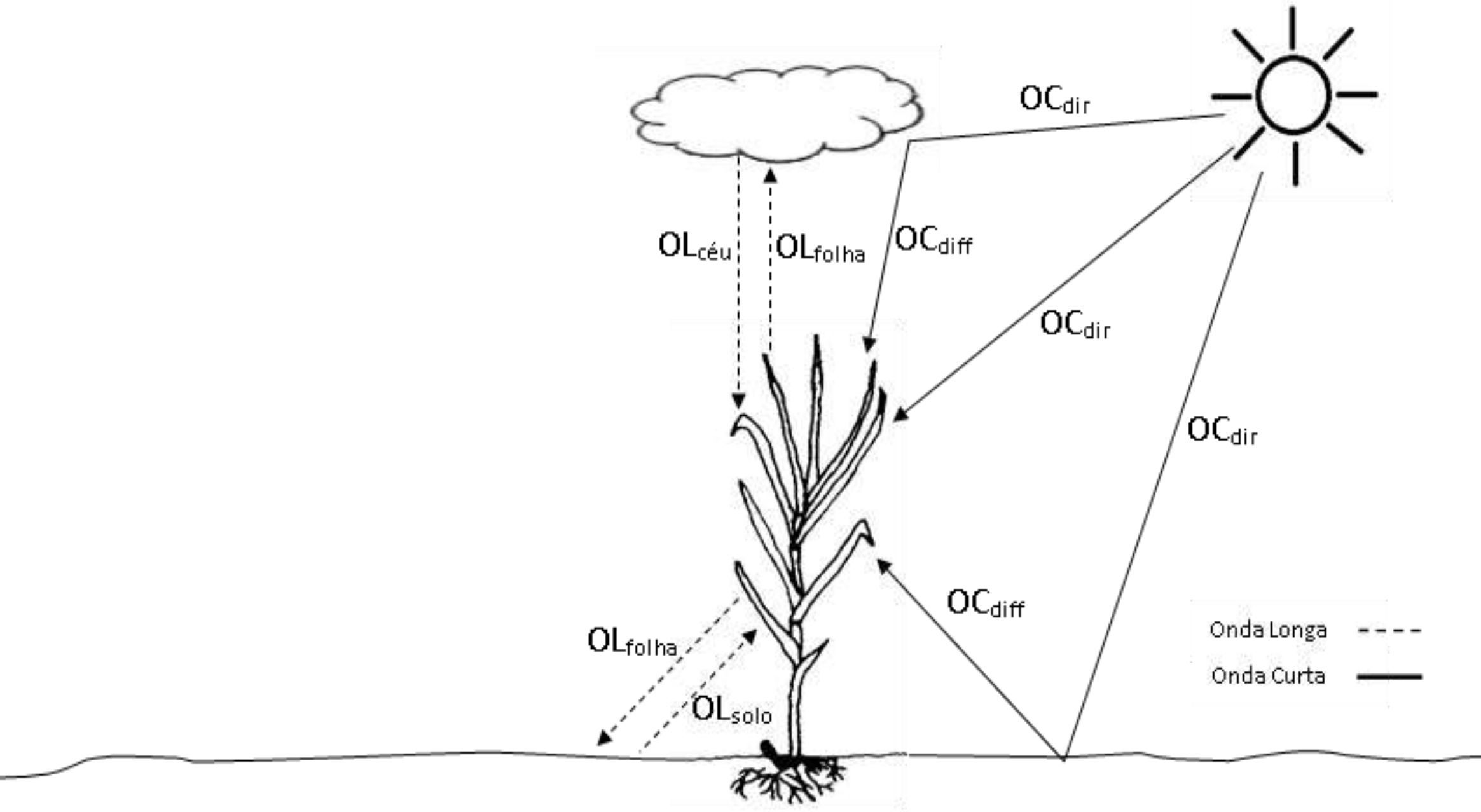
Aula 5 – Balanço de Radiação e Energia em Comunidades Vegetais

Prof. Fábio Marin

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
Departamento de Engenharia de Biossistemas
LEB 5036 – Microclimatologia Agrícola



Esquema básico do Balanço de Radiação em uma cultura



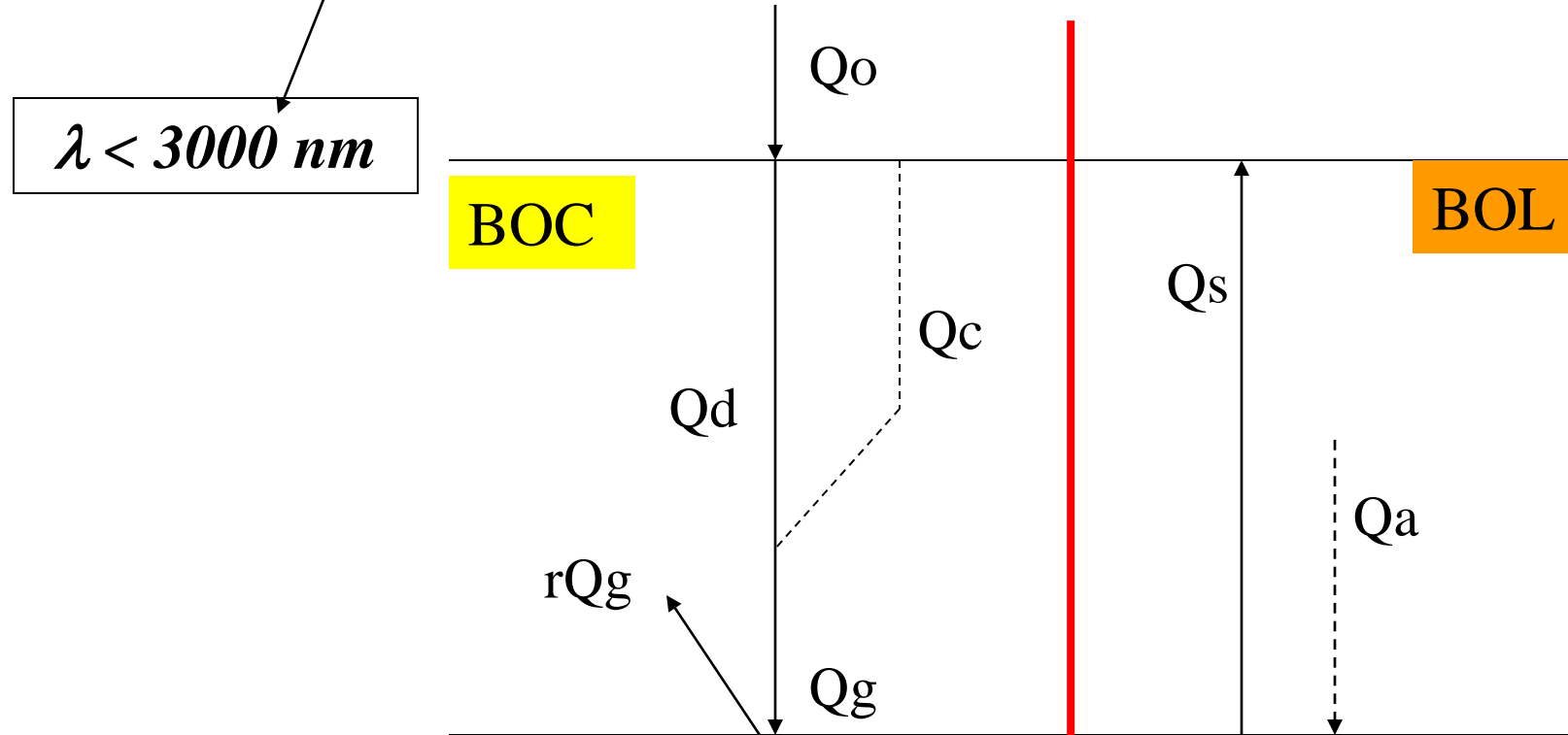
Esquema básico do Balanço de Radiação em uma cultura

- Saldo de radiação (R_n)

- $R_n = \text{BOC} + \text{BOL}$

$$\lambda < 3000 \text{ nm}$$

$$\lambda < 3000 \text{ nm}$$



Revisando o Balanço de Radiação em uma cultura ao longo das 24 horas

- Saldo de radiação (SR ou Rn)
- $SR = BOC + BOL$

$$BOC = Q_g - rQ_g$$

$$BOL = Q_a - Q_s$$

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

Dia: Positivo
Noite: negativo

Dia: negativo
Noite: negativo

Dia: positivo
Noite: negativo

Entendendo o balanço de ondas longas

$$\text{BOL} = Q_a - Q_s$$

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

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

•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:

Estimando o Balanço de Radiação – A equação de Brunt (1932)

- Estimativa do Saldo de radiação (SR) -

$$BOL = - \left[4,903 * 10^{-9} * \left[\frac{T_{\max}^4 + T_{\min}^4}{2} \right] * \left(0,34 - 0,14 * \sqrt{e_a} \right) * \left(1,35 \frac{Q_g}{Q_{cs}} - 0,35 \right) \right]$$

$$SR = Qg(1-r) - \left[4,903 * 10^{-9} * \left[\frac{T_{\max}^4 + T_{\min}^4}{2} \right] * \left(0,34 - 0,14 * \sqrt{e_a} \right) * \left(1,35 \frac{Q_g}{Q_{cs}} - 0,35 \right) \right]$$

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

Relações empíricas para estimativa do saldo de radiação baseado na radiação solar global.

| Local | Superfície | Equação | Unidade, R ² | Referência |
|----------------------------------|--|--|--|-------------------------------|
| Mead, Nebraska, EUA ¹ | Alfafa (dados integrados para 24 horas do dia) | $SR = -0,34 + 0,69 \cdot Q_g$ | MJ·m ⁻² ·d ⁻¹ , 0,96 | (Rosemberg, 1969) |
| Tel Amara, Líbano ¹ | n.d ² . | $SR = -0,38 + 0,73 \cdot Q_g$ | MJ·m ⁻² ·d ⁻¹ , 0,92 | Sarraf e Aboukhaled (1970) |
| Israel ¹ | Diversos | $SR = -98 + 0,85 \cdot Q_g$ | W·m ⁻² , 0,92 | Stanhill et al. (1966) |
| Ames, Iowa, EUA ¹ | Gramado | $SR = -0,88 + 0,75 \cdot Q_g$ ³ $SR = -0,35 + 0,87 \cdot Q_g$ ⁴ | MJ·m ⁻² ·d ⁻¹ , 0,97 MJ·m ⁻² ·d ⁻¹ , 0,98 | Shaw (1956) |
| Botucatu, SP | Alface em estufa | $SR = 0,593 \cdot Q_g$ | MJ·m ⁻² ·d ⁻¹ , n.d ² . | Frisina e Escobedo (1999) |
| Dourados, MS | Gramado | $SR = 0,435 \cdot Q_g$ | MJ·m ⁻² ·d ⁻¹ , 0,93 | Fietz e Fisch (2008) |
| Piracicaba, SP | Gramado | $SR = 0,48 \cdot Q_g$ | MJ·m ⁻² ·d ⁻¹ , 0,92 | Sentelhas e Nascimento (2003) |
| Piracicaba, SP | Pomar de Lima Acida Tahiti | $SR = 0,61 \cdot Q_g$ | MJ·m ⁻² ·d ⁻¹ , 0,89 | Marin et al. (2001) |
| Piracicaba, SP | Cafezal | $SR = 0,49 \cdot Q_g$ | MJ·m ⁻² ·d ⁻¹ , 0,88 | Marin (2003) |
| Piracicaba, SP | Capim Tanzânia | $SR = 0,528 \cdot Q_g$ | MJ·m ⁻² ·d ⁻¹ , 0,93 | Silva et al. (2007) |
| Piracicaba, SP | Gramado | $SR = 0,541 \cdot Q_g$ | MJ·m ⁻² ·d ⁻¹ , 0,84 | Silva et al. (2010) |

Balanço de Ondas Curtas

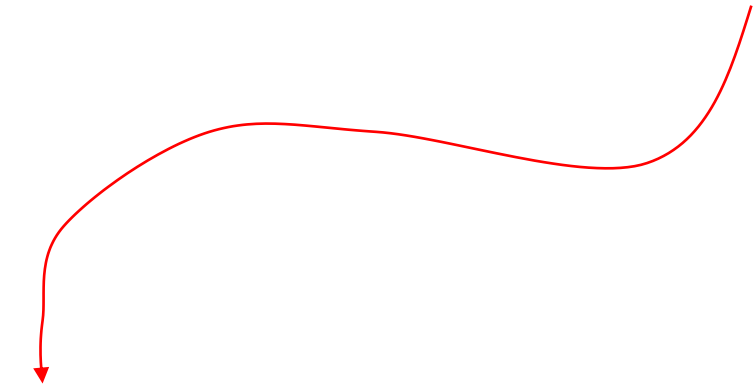
Coeficiente de reflexão ou albedo

| Superfície | Coef. Reflexão (r, %) |
|-------------|-----------------------|
| Água | 5 |
| Solo escuro | 5 a 15 |
| Solo claro | 25 a 45 |
| Gramado | 20 a 30 |
| Milho | 16 a 23 |
| Floresta | 10 a 15 |

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



Balanço de Radiação

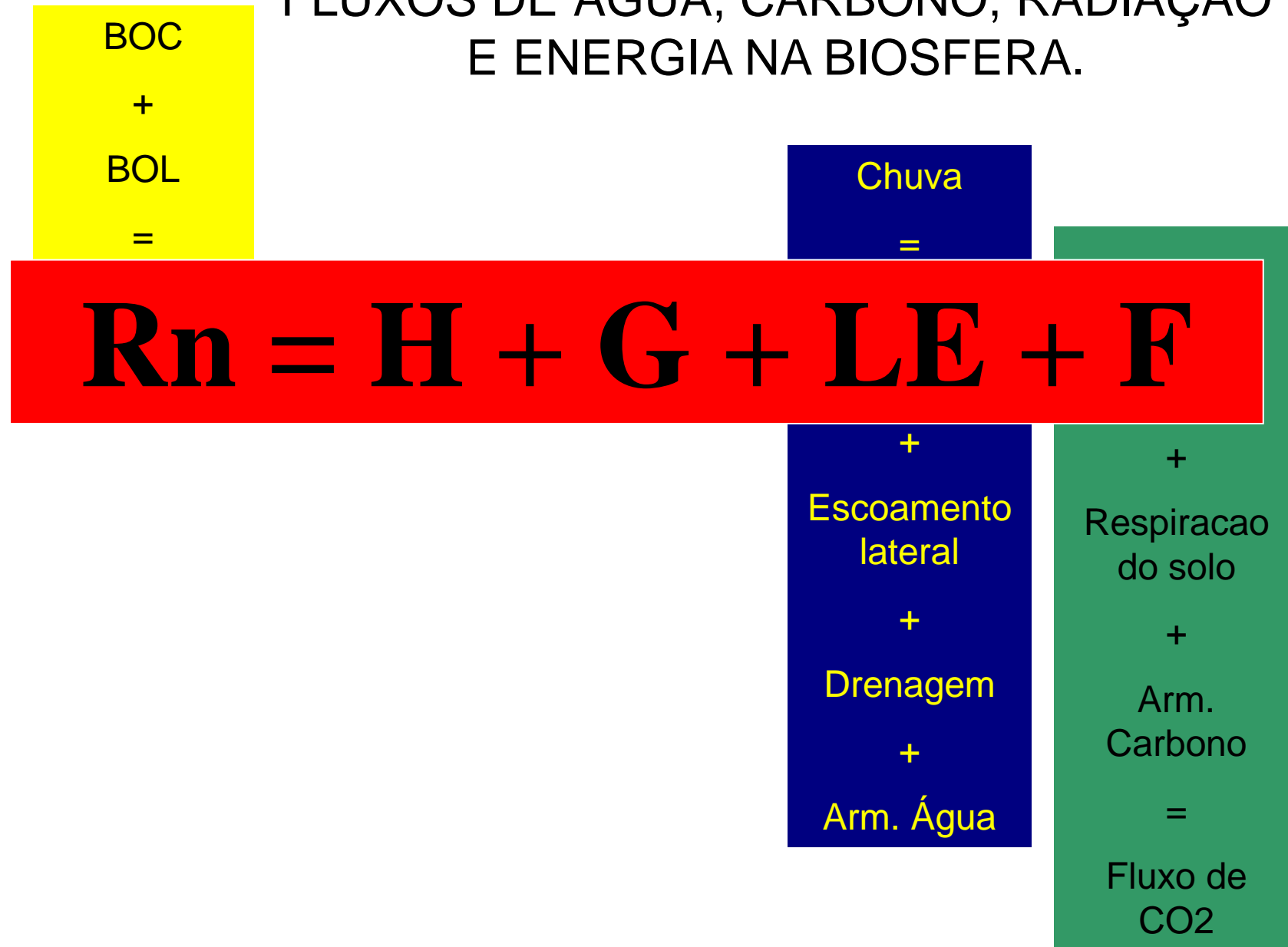


$$\text{Rn} = \text{Calor Sensível} + \text{Calor no Solo} + \text{Calor Latente} + \text{Fotossíntese}$$

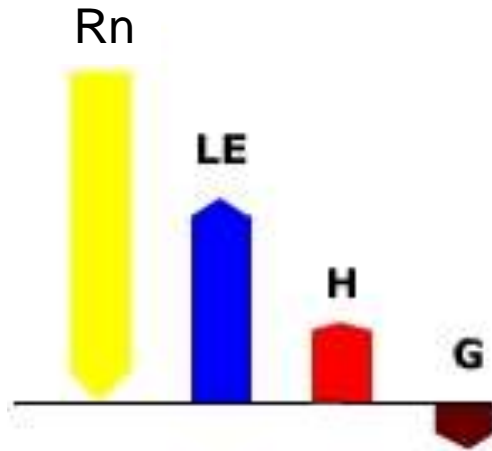


Balanço de Energia

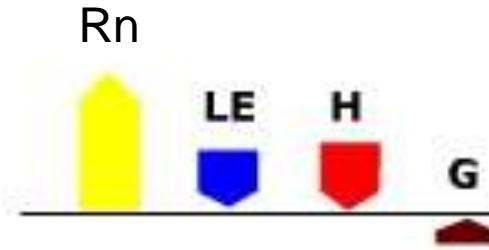
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS FLUXOS DE ÁGUA, CARBONO, RADIAÇÃO E ENERGIA NA BIOSFERA.



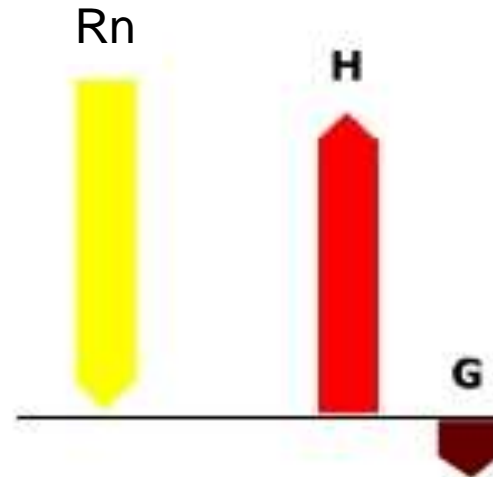
Superfície úmida - dia



Superfície úmida - noite



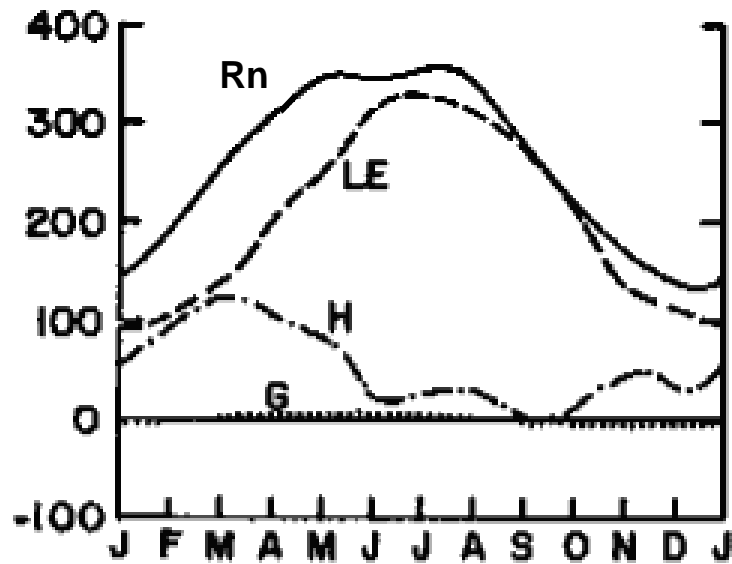
Superfície seca - dia



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

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

West Palm Beach, Florida (26.7°N)



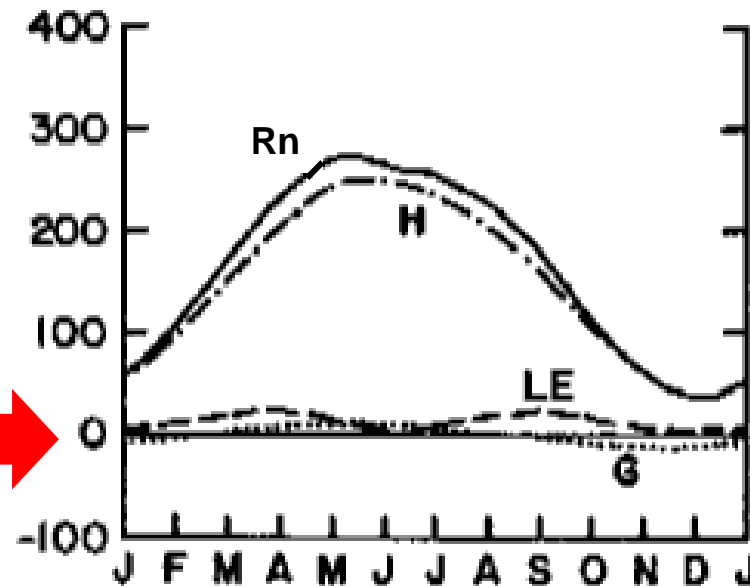
$LE/Rn \approx 0,75$

$H/Rn \approx 0,20$

$G \approx 0,05$

Ambiente
Úmido

Yuma, Arizona (32.7°N)



$LE/Rn \approx 0,10$

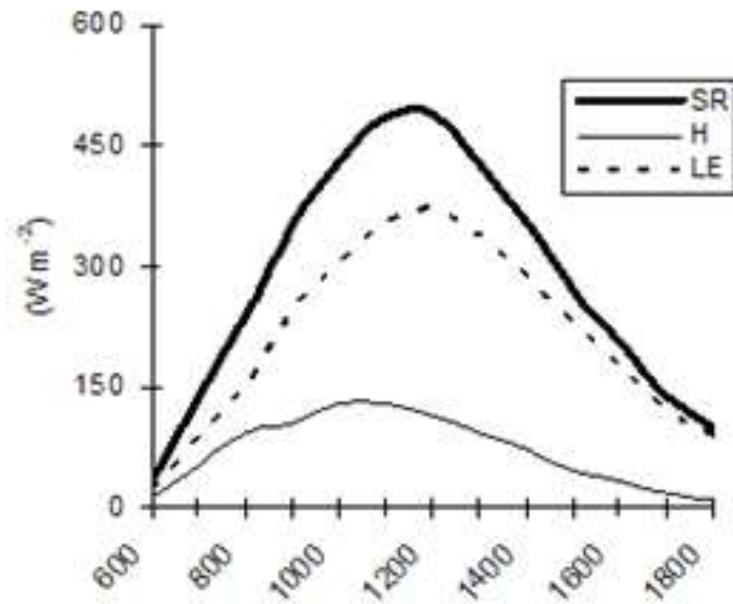
$H/Rn \approx 0,85$

$G \approx 0,05$

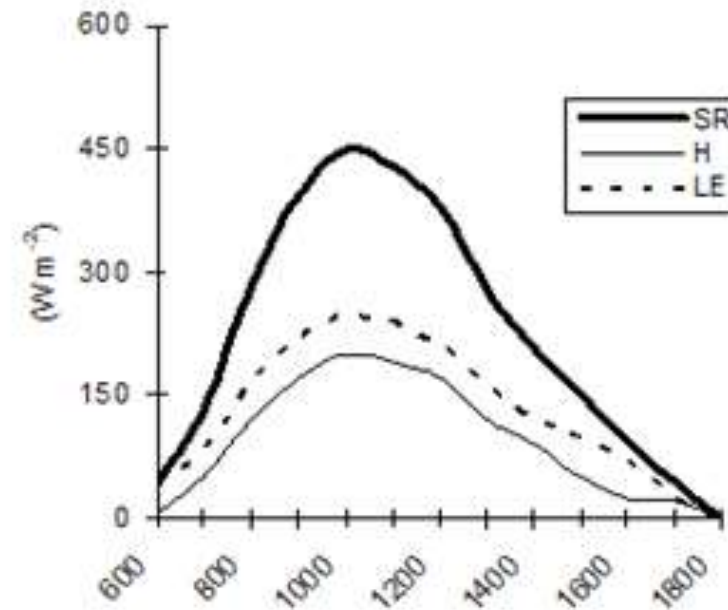
Ambiente
Seco

Balanço de Energia em Pomar de Limão Tahiti

a) Época úmida



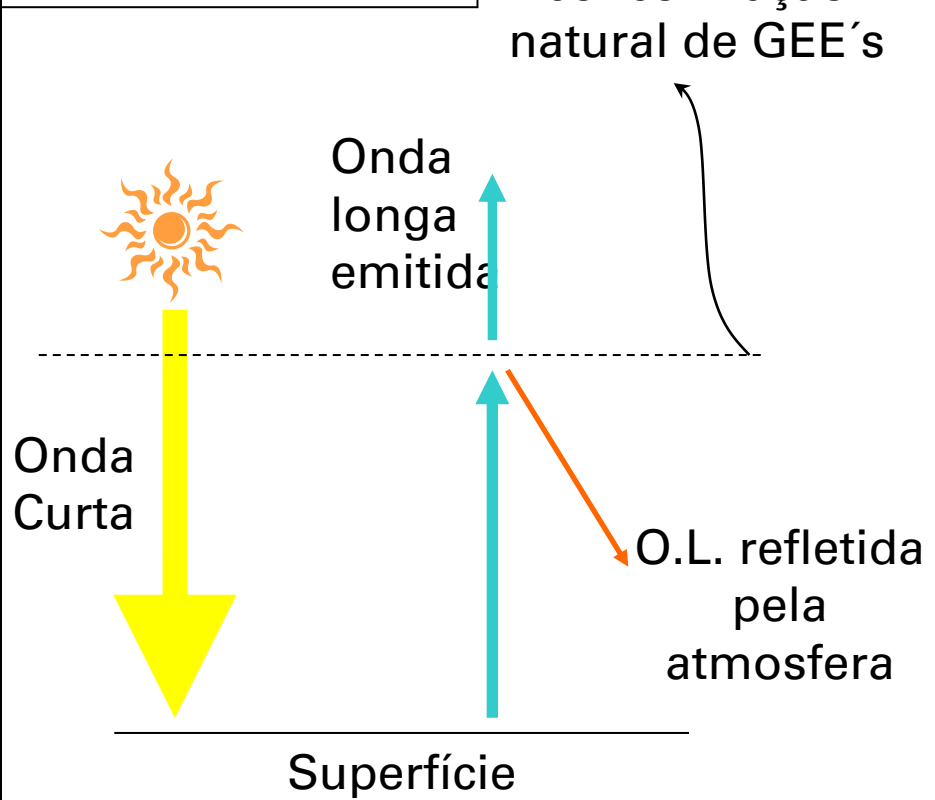
b) Época Seca



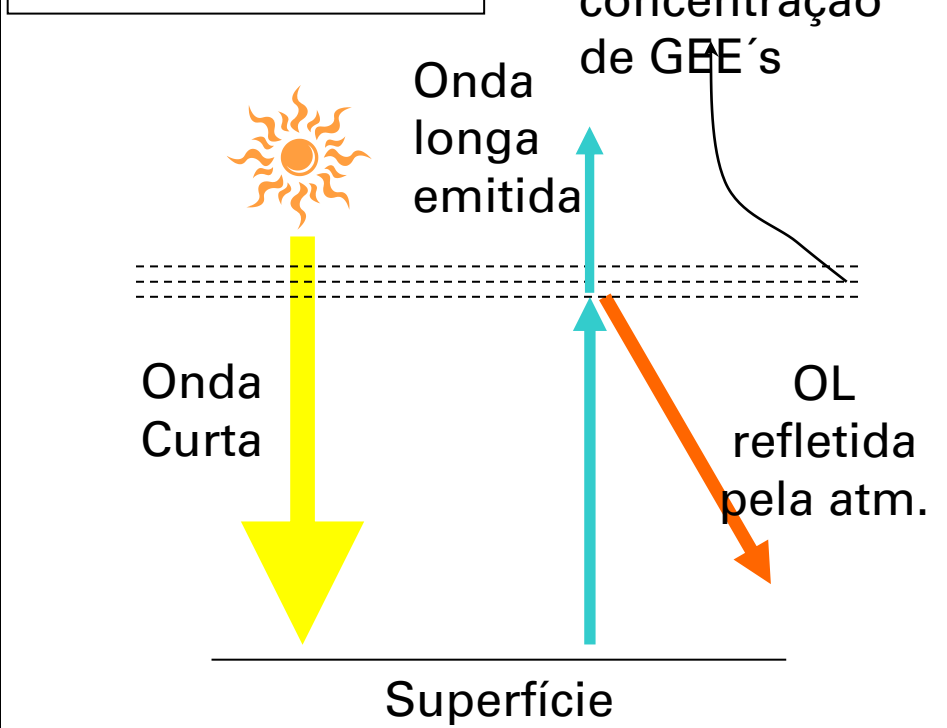
Efeito Estufa: bases físicas

- 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.

Efeito Estufa em condições normais

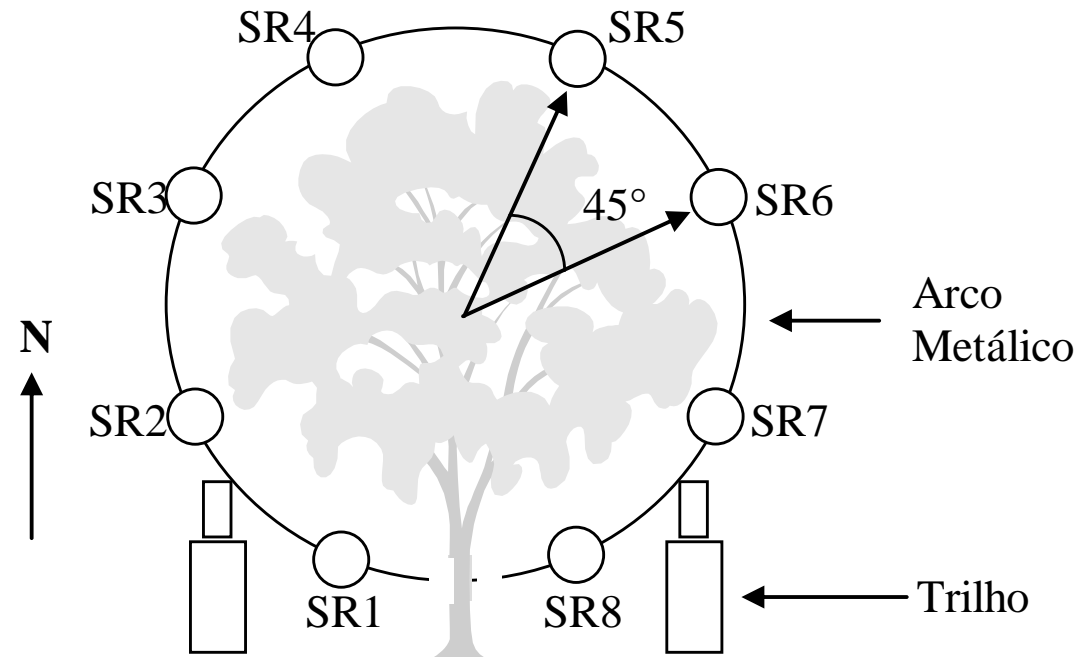


Efeito Estufa com atmosfera alterada

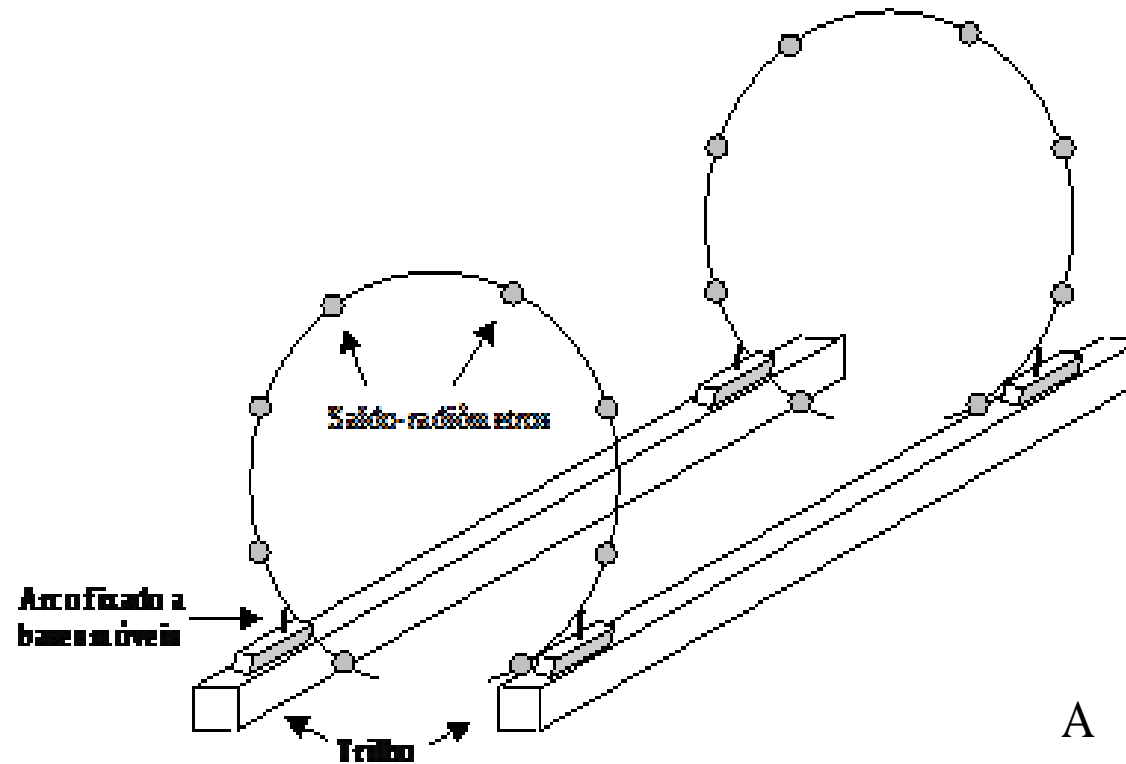


A quantidade de energia que chega ao sistema permanece o mesmo, mas uma parte da energia que era emitida ao espaço fica retida, aumentando sua temperatura.

Saldo de Radiação em Culturas com Cobertura Esparsa



Saldo de Radiação em Culturas com Cobertura Esparsa



A



Saldo de Radiação em Culturas com Cobertura Esparsa

$$SR_{ef} = \left(\frac{1}{8} \cdot \sum_{i=8}^8 SR_i \right) d_h \cdot 2 \cdot \pi \cdot R$$

$$\frac{SR_c}{AF} = \frac{SR_{ac} \cdot (1 - e^{-k \cdot IAF})}{IAF}$$

Saldo de Energia em Culturas com Cobertura Esparsa

