

RADIAÇÃO E ENERGIA SOLAR

Este exame tem 2 partes, cada uma com a duração de 1 hora. Leia cuidadosamente as perguntas e justifique todos os cálculos. Se para a resolução de uma alínea considerar que precisa de resultados de alíneas anteriores a que não respondeu, considere um valor apropriado e indique-o claramente. As cotações de cada alínea estão indicadas com [X]. Cada parte é cotada para 10 valores.

Parte 2

2.1. Indique se as afirmações são verdadeiras ou falsas. Uma resposta certa vale 1 mas uma resposta errada desconta 0.5. A classificação mínima é zero. [5]

- a) A constante solar é constante ao longo do ano.
- b) O número de horas noturnas ao longo de um ano não depende da latitude.
- c) O céu é azul devido à dispersão de Rayleigh da radiação solar.
- d) Um piranómetro mede a irradiância solar direta num plano perpendicular aos raios solares.
- e) Os pireliómetros são calibrados para medir apenas a luz visível.

2.2. Considere uma parede vertical orientada a sul em Lisboa (38 N, 9 W).

Para o dia 13 de janeiro determinar:

- a) A hora (solar) do ocaso. [1]
- b) A altura solar às 14h30. [1]
- c) O ângulo de incidência da radiação solar na parede às 14h30. [1]
- d) A radiação diária total que incide na parede (desprezando o efeito da atmosfera). [1]
- e) Considerando que se trata de um ambiente urbano, junto de uma estrada com muito movimento, discuta o efeito da poluição no espectro solar que incide no edifício. [1]

Formulário

$$I_{\lambda,e}(\lambda, \theta, \phi) = \frac{dq}{dA_1 \cos \theta \cdot d\omega \cdot d\lambda}$$

$$E_\lambda(\lambda) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda,e}(\lambda, \theta, \phi) \cos \theta \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\phi$$

$$I_{\lambda,b}(\lambda, T) = \frac{2hc_0^2}{\lambda^5 [\exp(hc_0/\lambda k_B T) - 1]}$$

$$E_{cn} = \sigma T^4$$

$$\lambda_{max} T = C_3 \quad C_3 = 2898 \mu\text{m K}$$

$$\sigma = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

$$F_{0 \rightarrow \lambda} = \frac{\int_0^\lambda E_{\lambda, cn} d\lambda}{\sigma T^4} = f(\lambda T)$$

$$\rho_\lambda(\lambda) \equiv \frac{G_{\lambda, \text{ref}}(\lambda)}{G_\lambda(\lambda)}$$

$$\tau_\lambda = \frac{G_{\lambda, \text{tr}}(\lambda)}{G_\lambda(\lambda)}$$

$$E_0 = (r_0/r)^2 = 1 + 0.033 \cos[(2\pi d_n/365)]$$

$$\delta = 23.45 \sin\left[\frac{360}{365}(d_n + 284)\right]$$

$$E_t = (0.000075 + 0.001868 \cos \Gamma - 0.032077 \sin \Gamma - 0.014615 \cos 2\Gamma - 0.04089 \sin 2\Gamma)(229.18)$$

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta)$$

$$\cos \psi = (\sin \alpha \sin \phi - \sin \delta) / \cos \alpha \cos \phi$$

$$\sin \psi = \cos \delta \sin \omega / \cos \alpha$$

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega = \sin \alpha$$

$$\omega'_s = \min\{\cos^{-1}(-\tan \delta \tan \phi), \cos^{-1}[-\tan \delta \tan(\phi - \beta)]\}$$

$$\cos \theta = \cos \beta \cos \theta_z + \sin \beta \sin \theta_z \cos(\psi - \gamma)$$

$$I_0 = I_{SC} E_0 (\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega_1)$$

$$H_0 = \frac{24}{\pi} I_{SC} E_0 [(\pi/180) \omega_s (\sin \delta \sin \phi) + (\cos \delta \cos \phi \sin \omega_s)]$$

$$I_{0, \beta \gamma} = I_{SC} E_0 [(\sin \phi \cos \beta - \cos \phi \sin \beta \cos \gamma) \sin \delta + (\cos \phi \cos \beta + \sin \phi \sin \beta \cos \gamma) \cos \delta \cos \omega_1 + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega_1]$$

$$H_{0, \beta \gamma} = (12/\pi) I_{SC} E_0 (\cos \beta \sin \delta \sin \phi | \omega_{ss} - \omega_{sr} | \pi/180 - \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma | \omega_{ss} - \omega_{sr} | \pi/180 + \cos \phi \cos \delta \cos \beta | \sin \omega_{ss} - \sin \omega_{sr} | + \cos \delta \cos \gamma \sin \phi \sin \beta | \sin \omega_{ss} - \sin \omega_{sr} | + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma | \cos \omega_{ss} - \cos \omega_{sr} |)$$

$$I_{n, \lambda} = I_{0n, \lambda} \exp(-k_n m)$$

$$\tau_n(\lambda) = 1.031 \times 0.00838 \lambda^{-\left(3.916 + 0.074 \lambda + \frac{0.050}{\lambda}\right)}$$

$$k_{n, \lambda} = \beta \lambda^{-\alpha}$$

$$\beta = (0.55)^{(3.912/\text{Vis} - 0.01162)} [0.02472(\text{Vis} - 5) + 1.132]$$

$$\tau_{g, \lambda} = \exp[-1.41 k_{g, \lambda} m_a / (1 + 118.93 k_{g, \lambda} m_a)^{0.45}]$$

$$\tau_{w, \lambda} = \exp[-0.2385 k_{w, \lambda} w m_r / (1 + 20.07 k_{w, \lambda} w m_r)^{0.45}]$$

$$I_{b, \lambda} = I_{0n, \lambda} \cos(\theta_z) \tau_\lambda$$

$$T_e = \left[\frac{S_0(1 - \alpha_p)}{4\sigma} \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$\sigma T_a^4 = \frac{1}{4} (1 - \alpha_p) S_0 = \sigma T_e^4$$

$$\sigma T_s^4 = \frac{1}{4} (1 - \alpha_p) S_0 + \sigma T_e^4 = 2\sigma T_e^4$$

$$T_s = \left(\frac{2}{2 - \epsilon} \right)^{\frac{1}{4}} T_e$$