

TESTE CORRIGIDO RADIAÇÃO SOLAR 24/25

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].

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 componente refletida da irradiância incidente numa superfície pode ser superior à irradiância global horizontal.
 - b) O sol põe-se sempre a poente.
 - c) A dispersão de Rayleigh está associada a poeiras e aerossóis.
 - d) Os pireliómetros exigem um sistema de seguimento solar.
 - e) O número de horas diurnas ao longo de um ano no equador é superior ao número de horas diurnas em regiões com latitudes acima do círculo polar ártico.

2. Considere o dia 16 janeiro em Lisboa (38° N).

- 1.1. Determine a hora do nascer do sol e a duração do dia. [1]
- 1.2. Determine o comprimento e orientação da sombra do Cristo Rei (28m de altura) às 13h00. [2]
- 1.3. Determine o ângulo de incidência numa parede orientada a sul a essa hora. [1]
- 1.4. A essa hora, a irradiância medida na horizontal era 230 W/m². Sabendo que a fração de radiação difusa a essa hora era 0.35, determine a irradiação direta na horizontal e a irradiância na parede considerando um albedo de 0.30. [1]

Formulário

$$\cos \psi = \frac{\sin \alpha \sin \phi - \sin \delta}{\cos \alpha \cos \phi}$$

$$\sin \psi = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha}$$

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

$$E_0 = 1 + 0.033 \cos \left(\frac{2\pi d}{365} \right)$$

$$\omega_s = \arccos(-\tan \phi \tan \delta)$$

$$\omega = 15 (12 - h)$$

$$Hora\ local = Hora\ solar - EOT + \frac{LSM - LONG}{15}$$

$$EOT(mins) = -7.655 \sin \left(\frac{360}{365} d \right) + 9.873 \sin \left(2 \frac{360}{365} d + 205.7 \right)$$

$$GI(\beta) = DNI \cos \theta + \rho GHI \frac{1 - \cos \beta}{2} + DHI \frac{1 + \cos \beta}{2}$$

$$H_0 = \frac{24}{\pi} I_{sc} E_0 \left(\frac{\pi}{180} \omega'_s \sin \delta \sin(\phi - \beta) + \cos \delta \cos(\phi - \beta) \sin \omega'_s \right)$$

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

$$\cos \theta = \sin \delta \sin(\phi - \beta) + \cos \delta \cos(\phi - \beta) \cos \omega$$

$$\omega'_s = \min\{\arccos(-\tan \phi \tan \delta), \arccos(-\tan(\phi - \beta) \tan \delta)\}$$

$$I_0|_{t_1}^{t_2} = I_{sc} E_0 \left((t_2 - t_1) \sin \delta \sin \phi + \frac{12}{\pi} (\sin(15 t_1) - \sin(15 t_2)) \cos \delta \cos \phi \right)$$

$$k_d \equiv \frac{I_d}{I} = \begin{cases} 1.012 - 0.248 k_t & \Leftarrow k_t \leq 0.3 \\ 1.45 - 1.67 k_t & \Leftarrow 0.3 < k_t \leq 0.78 \\ 0.147 & \Leftarrow k_t > 0.78 \end{cases}$$

Pistas para a resolução

1.

a) A componente refletida da irradiância incidente numa superfície pode ser superior à irradiância global horizontal.

✓ Verdadeiro.

Porquê?

A irradiância global horizontal (IGH) é a soma da componente direta e difusa sobre uma superfície horizontal. No entanto, se tivermos uma superfície muito refletora (como neve ou espelhos), a irradiância incidente for elevada, mas com um elevado ângulo de incidência (e.g. altura solar baixa), a componente refletida pode ser maior do que a GHI, especialmente em superfícies inclinadas ou verticais. Exemplo: Painéis solares perto de neve recebem radiação refletida extra.

b) O sol põe-se sempre a poente.

✗ Falso.

Por definição, “poente” significa direção oeste. A direção do pôr do sol varia ao longo do ano.

c) A dispersão de Rayleigh está associada a poeiras e aerossóis.

✗ Falso.

A dispersão de Rayleigh ocorre devido às moléculas do ar (gases) e é responsável pelo céu azul. Poeiras e aerossóis causam dispersão de Mie, que afeta mais comprimentos de onda maiores e dá tons esbranquiçados.

d) Os pireliómetros exigem um sistema de seguimento solar.

✓ Verdadeiro.

O pireliómetro mede irradiância direta normal (DNI), ou seja, a radiação solar que chega em linha reta do Sol. Para isso, precisa estar sempre apontado para o Sol.

e) O número de horas diurnas ao longo de um ano no Equador é superior ao número de horas diurnas em regiões com latitudes acima do círculo polar ártico.

✗ Falso.

O número anual de horas diurnas é exatamente metade do ano, independentemente da latitude. A sua distribuição ao longo do ano é que vai variando (extremos: no Equador é sempre 12h por dia, nos Polos são 6 meses seguidos).

2.

Dados principais

- Latitude: $\phi = 38^\circ \text{ N}$
- Data: 16 de janeiro
- Local: Lisboa
- Cristo Rei: altura = 28 m
- Hora: 13h00 (hora solar)
- Irradiância horizontal: $G_h = 230 \text{ W/m}^2$
- Fração difusa: $f_d = 0.35$
- Albedo: $\rho = 0.30$

a) Determine a hora do nascer do sol e a duração do dia.

Declinação solar (δ):

$$\delta \approx -23.45^\circ \cdot \cos\left(\frac{360}{365}(n + 10)\right)$$

onde $n = 16$.

Depois:

$$\omega_s = \arccos(-\tan \phi \cdot \tan \delta)$$

Duração do dia:

$$\text{Dia} = \frac{2\omega_s}{15^\circ/\text{h}}$$

Nascer do sol:

$$\text{Hora solar} = 12 - \frac{\omega_s}{15^\circ/\text{h}}$$

b) Determine o comprimento e orientação da sombra do Cristo Rei (28m de altura) às 13h00.

Ângulo horário (ω):

$$\omega = 15^\circ \cdot (\text{hora solar} - 12)$$

Altura solar (α):

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

Comprimento da sombra:

$$L = \frac{\text{altura}}{\tan \alpha}$$

Orientação: depende do azimute solar (γ_s):

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha}$$

c) Determine o ângulo de incidência numa parede orientada a sul a essa hora.

Ângulo de incidência (θ)

$$\cos \theta = \sin \delta \sin(\phi - \beta) + \cos \delta \cos(\phi - \beta) \cos \omega$$

com $\beta = 90^\circ$.

d) A essa hora, a irradiância medida na horizontal era 230 W/m^2 . Sabendo que a fração de radiação difusa a essa hora era 0.35, determine a irradiação direta na horizontal e a irradiância na parede considerando um albedo de 0.30.

Irradiância difusa:

$$D = 0.35 \text{ GHI}$$

Irradiância direta na horizontal:

$$G_{bh} = \text{GHI} - D$$

Irradiância direta normal:

$$G_{bn} = \frac{G_{bh}}{\sin \alpha}$$

Irradiância na parede:

$$G_{\text{parede}} = G_{bn} \cdot \cos \theta + D \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \cdot \text{GHI} \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2}$$

$$G_{\text{parede}} = G_{bn} \cos \theta + \frac{1}{2} D + \frac{1}{2} \rho \text{ GHI}$$