

## NECESSIDADES HÍDRICAS E SISTEMAS DE REGA

### EXERCÍCIOS SOBRE NECESSIDADES HÍDRICAS DAS CULTURAS

- Determine o valor de  $K_{cini}$  para as seguintes condições: período inicial da cultura decorre no mês de Maio ( $E_{To} = 4 \text{ mm dia}^{-1}$ ), o intervalo entre os acontecimentos de humedecimento é de 5 dias; a altura média das precipitações/rega ocorridas: 18 mm; a textura do solo é limosa ( $K_{cini} = 0.614$ )
- Determine os valores de  $K_{cmid}$  para a cultura do milho para os seguintes climas:
  - clima húmido com  $u = 1.3 \text{ m s}^{-1}$  e  $HR_{min} = 75\%$ ; ( $K_{cmid} = 1.07$ )
  - clima árido com  $u = 4.6 \text{ m s}^{-1}$  e  $HR_{min} = 44\%$ . ( $K_{cmid} = 1.30$ )
- Considere uma cultura de beterraba em solo franco-limoso em Beja, cuja sementeira ocorre no dia 23 de maio. Durante o desenvolvimento inicial a  $E_{To}$  vale  $5.5 \text{ mm dia}^{-1}$  e são realizadas regas intervaladas em 14 dias e dotação de 10 mm. Durante o desenvolvimento intermédio a  $HR_{min}$  do ar é de 30 % e a velocidade média de vento é  $2.2 \text{ m s}^{-1}$ . No período final a  $HR_{min} = 45 \%$  e velocidade do vento =  $2 \text{ m s}^{-1}$ . Não há rega nos dias que antecedem a colheita.
  - Construa a curva dos coeficientes culturais;
  - Calcule os  $K_c$  médios mensais;
  - Determine o  $K_c$  do dia 183 (DDA) (2 de Julho)
  - Determine a evapotranspiração cultural acumulada para o mês de Julho se a  $E_{To}$  média for  $7 \text{ mm d}^{-1}$
- Considere os dados seguintes: Morango:  $Z_r = 0.20 \text{ m}$ ;  $p = 0.25$ ; Batata doce:  $Z_r = 1.3 \text{ m}$   $p = 0.65$ ; Solo:  $\theta_{CC} = 0.2 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ;  $\theta_{CE} = 0.1 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ 
  - Determine a RU e a RFU das culturas do morango e da batata doce para solo franco arenoso; (20 mm, 5 mm)
  - Represente graficamente RU, RFU e LRFU
- Determine, para uma cultura de tomate ( $Z_r = 0.8 \text{ m}$ ,  $p = 0.4$ ,  $K_c = 1.2$ ) num solo limoso ( $\theta_{CC} = 0.32$  e  $\theta_{CE} = 0.12 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ):
  - RU, RFU e LRFU; (160 mm; 64 mm; 96 mm)
  - Determine a depleção de água no solo nos dias em que o armazenamento (A, mm) de água no solo é 100 e 50 mm. (60 e 110 mm)
  - Em algum desses dias há stress hídrico? Justifique (no 2º dia)
  - De acordo com a alínea anterior determine o coeficiente de stress hídrico; (1; 0.52)
  - Determine a evapotranspiração para os dias de c), sendo a  $E_{To} = 6 \text{ mm d}^{-1}$  (7.2 e 3.75 mm d<sup>-1</sup>)
- Considere uma cultura de tomate plenamente desenvolvida ( $Z_r = 0.8 \text{ m}$ ,  $p = 0.40$  e  $K_c = 1.2$ ) cultivada num solo limoso ( $\theta_{CC} = 0.32$  e  $\theta_{CE} = 0.12 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ):
  - Estime o efeito do stress hídrico sobre a evapotranspiração durante os próximos 10 dias, sendo  $D_p$  inicial = 55 mm, não sendo esperadas chuvas ou regas. A  $E_{To}$  esperada para o decénio seguinte é  $5 \text{ mm dia}^{-1}$ .
  - Apresente graficamente a evolução temporal da  $ET_c$  e da  $ET_{adj}$
- Considere que uma cultura do feijão em solo franco. O  $K_y$  para esta cultura é 1.15 (FAO Irrigation and Drainage Paper No 33, Tabela 24).
  - Compare o efeito de diferentes níveis de redução da evapotranspiração sobre a produção;
  - Se a produção máxima for de  $9000 \text{ kg ha}^{-1}$ , determine a produção a esperar quando o défice de  $ET$  médio ao longo do ciclo é de 20%. (6930 kg m<sup>-3</sup>)
- Considere a cultura do milho. Considerando que houve restrições no uso da água de rega no final do ciclo, levando a uma redução da  $ET$ , determine:
  - o impacto que teve sobre a produção; (-1.5%)

b) a redução que ocorreria caso o stress tivesse ocorrido durante a fase intermédia.

(-17.25%)

|                                    | $ET_c$ | $ET_{adj}$ | $K_y$ |
|------------------------------------|--------|------------|-------|
| Fase de desenvolvimento vegetativo | 50     | 50         | 0.4   |
| Fase intermédia                    | 250    | 250        | 2.3   |
| Fase final                         | 100    | 70         | 0.2   |

9. Numa determinada região, a cultura do girassol apresenta uma produtividade média de 2 400 kg ha<sup>-1</sup>. A produção potencial para a variedade usada na zona, na ausência de défice hídrico e com boas práticas agronómicas, é de 3 200 kg ha<sup>-1</sup>. Sabendo que o  $K_y$  do girassol é 0.95 e que a  $ET_c$  total durante o ciclo cultural é de 520 mm, determine a quebra relativa da evapotranspiração.

10. A produção de feijão numa determinada zona é de 1100 kg ha<sup>-1</sup>. A produção potencial na zona para a variedade utilizada na região, na ausência de stress hídrico e com boas práticas agronómicas, é de 1800 kg ha<sup>-1</sup>. Sendo o  $K_y$  do feijão de 1.15 e a  $ET_c$  total de 350 mm, faça uma estimativa de  $ET_{adj}$  da cultura nesta região. (231.7 mm)

### EXERCÍCIOS SOBRE NECESSIDADES DE REGA DAS CULTURAS

11. Determine a dotação de rega diária que foi aplicada a uma cultura durante o período  $Dt = 3$  dias. Dados:  $\theta_{t1} = 0.2 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ;  $\theta_{t2} = 0.22 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ;  $Z_r = 0.3 \text{ m}$ ;  $Pe = 0$ ,  $Ac = 0$ ;  $ES = 0$ ;  $DR = 0$ ,  $ET_c = 5 \text{ mm dia}^{-1}$

12. Considere a situação do exercício anterior e determine a variação de armazenamento que ocorrerá nos 5 dias seguintes na ausência de rega e o teor de água final, quando  $ET_c = 4 \text{ mm dia}^{-1}$ ;  $Pe = 2.5 \text{ mm}$ ;  $Ac = 0$ ;  $ES = 0$ ;  $DR = 0$

13. Um solo apresenta teores volumétricos de água à capacidade de campo de 16%, e no coeficiente de emurchecimento, de 8 %. A sua porosidade é de 35 %. A cultura nele instalada apresenta, para as diferentes fases do ciclo, as profundidades radiculares do Quadro seguinte. A fração da reserva facilmente utilizável é 0.4. Calcule RU, RFU e LRFU e apresente graficamente a sua evolução ao longo do ciclo.

|                        | Início | Zr   |
|------------------------|--------|------|
| Fases do ciclo         | dia    | m    |
| Estabelecimento        | 23/mai | 0,01 |
| Rápido desenvolvimento | 12/jun | 0,17 |
| Reprodução/maturação   | 12/jul | 1,00 |
| Senescência            | 21/ago | 1,00 |

14. Considere uma cultura de milho para forragem semeado no dia 23 de Maio num solo franco arenoso com  $\theta_{cc} = 0.16 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  e  $\theta_{ce} = 0.1 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . O sistema de rega é a aspersão fixa com cobertura total (pretende aproveitar-se a RFU do solo). O  $p$  da cultura é 0.4. Ver  $P_{inf}$  e  $ET_c$  no Quadro 1.

| Fases | Início     | Zr (m) |
|-------|------------|--------|
| Est   | 23/05/2025 | 0.01   |
| DR    | 12/06/2025 | 0.17   |
| Rep   | 12/07/2025 | 0.7    |
| Sen   | 21/08/2025 | 0.7    |

a) Calcule RU, RFU e LRFU;

b) Apresente graficamente a sua evolução ao longo do ciclo;

c) Determine os dias de rega e as dotações considerando que se pretende:

- manter a cultura sempre na zona de conforto hídrico;
- aproveitar a RFU do solo e regar até encher o reservatório
- regar no início do dia
- Acabar as regas no dia 1 de setembro
- Recorra aos dados do Quadro 2

- Considere que no início do primeiro dia  $A = 85\%$  de RU
- d) Represente graficamente a evolução do armazenamento, com rega, ao longo do período de desenvolvimento intermédio
- e) Apresente um quadro com os dias e as dotações de rega
- Quadro 2.

| Datas      | ETc<br>(mm) |
|------------|-------------|
| 12/06/2024 | 8.83        |
| 13/06/2024 | 8.03        |
| 14/06/2024 | 6.84        |
| 15/06/2024 | 6.62        |
| 16/06/2024 | 6.73        |
| 17/06/2024 | 7.49        |
| 18/06/2024 | 8.71        |
| 19/06/2024 | 7.42        |
| 20/06/2024 | 8.12        |
| 21/06/2024 | 7.48        |
| 22/06/2024 | 5.97        |

15. Considere os seguintes dados referentes a uma cultura de batata em solo franco

- a) Determine os armazenamentos mínimos de água no solo permitidos antes de uma rega para as situações de reserva facilmente utilizável totalmente explorada,  $MAD = 70\%$  da reserva utilizável e  $MAD = 30\%$  da reserva utilizável
- b) Quais os limites correspondentes? Represente-os graficamente

|               |                                    |
|---------------|------------------------------------|
| $\theta_{CC}$ | 0,276 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ |
| $\theta_{CE}$ | 0,098 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ |
| Zr            | 0,6 m                              |
| p             | 0,6                                |

16. Considere a cultura da batata do exemplo anterior, na fase intermédia do ciclo, com início no dia 7 de Julho. Tenha em conta as seguintes informações:

- Precipitação na fase intermédia do ciclo = 0;
- $K_{cmid} = 1.15$  (tabela 12 da FAO)
- HR mínima na fase intermedia = 45 %;
- velocidade média do vento durante a fase intermedia =  $2 \text{ m s}^{-1}$
- armazenamento inicial de água no solo 30 % RFU

Determine a próxima data de rega e a sua dotação útil, para a seguinte situação: Stress hídrico com  $MAD = 80\%$  RU e reposição do armazenamento até 40% da RU (=LRFU).  
Nota: considere que se rega no início do dia.

17. Estime para cada dia do período de 10 dias apresentado o armazenamento e a depleção de água no solo, considerando que no início, devido às precipitações, o solo estava à CC e que no fim do 8º dia é efetuada uma rega de 27 mm (Dotação bruta). Considere os seguintes dados adicionais:  $\theta_{CC} = 0.21 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$   $\theta_{CE} = 0.08 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$   $z_r = 0.4 \text{ m}$   $p = 0.3$

| Dia | ET <sub>c</sub><br>mm | P <sub>inf</sub><br>mm | D <sub>u</sub><br>mm | A<br>mm | D <sub>p</sub><br>mm | K <sub>s</sub><br>- | ET <sub>adj</sub><br>mm |
|-----|-----------------------|------------------------|----------------------|---------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| 1   | 5.3                   | 0                      |                      |         |                      |                     |                         |
| 2   | 5.0                   | 15                     |                      |         |                      |                     |                         |
| 3   | 5.3                   | 0                      |                      |         |                      |                     |                         |
| 4   | 5.5                   | 0                      |                      |         |                      |                     |                         |
| 5   | 5.4                   | 0                      |                      |         |                      |                     |                         |
| 6   | 5.6                   | 0                      |                      |         |                      |                     |                         |
| 7   | 5.8                   | 0                      |                      |         |                      |                     |                         |
| 8   | 6.3                   | 0                      |                      |         |                      |                     |                         |
| 9   | 5.7                   | 0                      |                      |         |                      |                     |                         |
| 10  | 5.5                   | 0                      |                      |         |                      |                     |                         |

18. Considere as dotações de rega calculadas para um período de 31 anos apresentadas no Quadro.

a) diga quais foram os passos de cálculo necessários para chegar aos valores apresentados e quais os dados necessários;

b) determine a dotação de projeto caso se trate de uma cultura anual e de um pomar. Justifique

| Ano  | D (mm) |  | Ano  | D (mm) |
|------|--------|--|------|--------|
| 1960 | 254,4  |  | 1976 | 276,1  |
| 1961 | 260,1  |  | 1977 | 214,8  |
| 1962 | 211,1  |  | 1978 | 206,2  |
| 1963 | 236,4  |  | 1979 | 218,8  |
| 1964 | 260,8  |  | 1980 | 263,8  |
| 1965 | 243,8  |  | 1981 | 243,8  |
| 1966 | 221,2  |  | 1982 | 221,2  |
| 1967 | 204,8  |  | 1983 | 204    |
| 1968 | 212,5  |  | 1984 | 211,5  |
| 1969 | 269,7  |  | 1985 | 270,7  |
| 1970 | 241,6  |  | 1986 | 241,6  |
| 1971 | 262,6  |  | 1987 | 262,6  |
| 1972 | 205,9  |  | 1988 | 220,1  |
| 1973 | 257,8  |  | 1989 | 277,1  |
| 1974 | 206,3  |  | 1990 | 214,6  |
| 1975 | 220,3  |  |      |        |

19. Pretende regar-se uma área de 3 ha cultivada com milho grão. A dotação de ponta obtida por análise de frequência de uma série de 31 anos é a calculada no exercício 16. Sabendo que i) a fração de lavagem é 0.2; ii) a disponibilidade horária para a rega é de 8 h e que iii) o intervalo mínimo entre regas pretendido é de três dias, determine:

- O caudal fictício contínuo
- O caudal específico
- O caudal de dimensionamento ou projeto

$$(q_{fc} = 0.98 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1})$$

$$(q_e = 6.86 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1})$$

$$(q_d = 20.6 \text{ L s}^{-1})$$