



**Interreg**  
España - Portugal

Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



UNIÃO EUROPEIA  
UNIÓN EUROPEA

**Innoace**



INVESTIGACIÓN INNOVACIÓN TECNOLOGÍA EMPRENDIMIENTO  
INVESTIGAÇÃO INOVAÇÃO TECNOLOGIA EMPREENDEDORISMO

# MANUAL PRÁCTICO SOBRE LAS NECESIDADES HÍDRICAS EN GRANADO



Sofia Ramôa<sup>1</sup>; Justino Sobreiro<sup>1</sup>; Isabel Guerreiro<sup>1</sup>; Hilário Catronga<sup>2</sup>; Pedro Oliveira e Silva<sup>1</sup>; Valme González<sup>3</sup> y M<sup>a</sup> Henar Prieto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biociências - Instituto Politécnico de Beja, Beja, Portugal.

<sup>2</sup>Trevo - Floresta, Agricultura e Ambiente, Lda, Beja, Portugal.

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Agrarias Finca "La Orden-Valdesequera". Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX). España.

## I. Introdução

A romãzeira *Punica granatum* L., pertence à família *Punicaceae*. A origem da romãzeira situa-se onde é hoje o Irão, Afeganistão, Paquistão e Azerbaijão. Esta planta está profundamente enraizada na cultura humana desde tempos antigos, tanto na culinária como na medicina, onde ocupou lugar de destaque nas civilizações da Grécia Antiga, Egito, Mesopotâmia, Pérsia e do vale do Indo.

A romãzeira viajou através da Rota da Seda para países da Ásia central e oriental como a Índia e a China, onde foi introduzida durante a dinastia Han 206 aC -220 dC. Caminhou também para Oeste, onde está presente em países mediterrânicos como Portugal, Espanha, Marrocos, Tunísia, Egito, Turquia e Israel. Pensa-se que a romãzeira terá entrado na Península Ibérica no século IV ou V antes de Cristo pelas mãos dos Fenícios.

A cultura da romãzeira necessita de solos férteis e bem drenados, primorosamente preparados antes da sua plantação e dotados de fontes de água de boa qualidade. Esta fruteira é sensível a ataques de insetos e de algumas doenças e também a danos devido a baixas temperaturas, como granizo ou geada primaveril. Os frutos são suscetíveis a fendilhamento antes da colheita.

- Principais países produtores

A romãzeira é cultivada em todo o mundo, nas zonas mediterrânicas, subtropicais e tropicais. Os pomares podem ser encontrados na Europa, Ásia central e oriental, África, América do Norte e Sul e Austrália. Os maiores produtores são países asiáticos: China (1 600 000 T), Índia, Irão e Turquia. Os Estados Unidos da América representam a maior produção do continente americano. Dos países do Hemisfério Sul, o Perú tem uma produção expressiva de 16 000 T seguido do Chile com 6 230 T. Dos restantes países, a África do Sul e a Austrália têm pequenas produções de romã com 5 500 T e 4 000 T, respetivamente. No mundo são produzidas cerca de 5 000 000 toneladas de romãs.

Na bacia do Mediterrâneo destacam-se a Turquia, Tunísia, Israel e Marrocos. A Espanha, com a produção de 48 137 T, e a Itália com 13 956 T, são os maiores produtores europeus. A cultura está em expansão nestes dois países. Espanha concentra a sua produção na Andaluzia, Alicante e Valencia (Sarkhosh *et al*, 2020). Portugal produz atualmente 2 889 T, repartidos pelo Alentejo e Algarve (INE, 2019). Portugal duplicou a quantidade de romãs produzidas na última década e tem uma enorme potencialidade para esta cultura. O Alentejo, para além de possuir um clima muito favorável, tem a particularidade de poder oferecer água de excelente qualidade para rega.

- Taxonomia

A romãzeira pertence ao género *Punica* da família *Punicaceae*, onde são conhecidas 2 espécies *Punica granatum* L. e *Punica protopunica* Balf., esta uma última endémica da ilha de Socotra no Oceano Índico.

Esta fruteira ocupa um nicho ecológico mediterrânico que vai da Europa aos Himalaias onde existem mais de 500 cultivares de romãzeira, evidenciando uma alta diversidade genética (Bar-Ya'akov, *et al*, 2019).

- Condições edafoclimáticas

A romãzeira é uma espécie subtropical naturalmente adaptada a regiões com Invernos suaves a frios (temperaturas invernais superiores a  $-12^{\circ}\text{C}$ ), Verões e Outonos quentes e secos, dos 300 a 1800 m em montanhas, e em aluviões junto a rios. Durante o Inverno mediterrânico a romãzeira necessita de pelo menos 300 horas com temperatura inferior a  $7,2^{\circ}\text{C}$  para quebrar a sua endodormência, de forma a iniciar o seu ciclo vegetativo primaveril.

A romãzeira cresce em diferentes tipos de solo com distintas texturas, da areia à argila. Prefere solos ligeiramente ácidos ou neutros com pH de 5,5 a 6,5, mas pode tolerar pH até 7,5. Solos muito calcários ou muito salinos são desfavoráveis ao cultivo. Embora seja uma espécie com uma boa resistência à secura ela cresce melhor em solos com adequada presença de água natural ou veiculada pela rega.

- Botânica e fisiologia

A romãzeira cresce como um pequeno arbusto com 2,5 m a 4,5 m de altura e pode viver mais de 100 anos. Possui um tronco ereto muito ramificado e espinhoso, com crescimento basítono. As romãzeiras tendem a ser caducifólias, embora as que crescem nas regiões tropicais possam ser também perenifólias, consoante as cultivares.

- Fenologia e ciclo vegetativo

A romãzeira tem um período juvenil curto, de 2 a 3 anos, e a maioria das cultivares começa a produzir flores ou frutos ao segundo ou terceiro ano de crescimento. As diferentes cultivares (cv.) podem produzir colheitas significativas 3 a 5 anos depois da plantação.

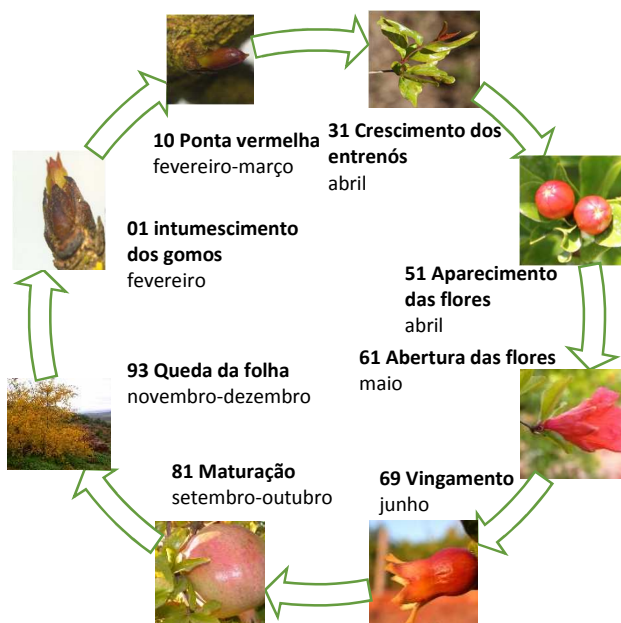


Figura 1 – Fenologia e ciclo vegetativo da romãzeira na escala BBCH<sup>1</sup> (cv. Mollar de Elche ou Wonderful). (Fotos Justino Sobreiro).

<sup>1</sup> Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie

Na Ibéria, o intumescimento dos gomos ocorre em fevereiro ou princípio de março. O período da floração dura cerca de 1,5 meses, conforme as cultivares, e ocorre em média um mês e meio após o abrolhamento. A floração acontece de abril a junho (Figura 1), mas pode prolongar-se até ao final da Primavera ou mesmo ao início do Verão, particularmente em árvores jovens ou em consequência de invernos amenos. Em clima mediterrânico, as flores tardias, embora férteis, caem frequentemente ou resultam em frutos que permanecem imaturos.

No vale central da Califórnia as romãzeiras florescem predominantemente de meados de maio a meados de junho. Em clima tropical a floração ocorre ao longo do ano, como acontece no Centro e no Sul da Índia.

A indução foral ocorre no Verão do ano anterior ao da floração, diferenciando-se as flores durante o período da dormência invernal. No caso das espécies tropicais a indução e a diferenciação florais acontecem imediatamente antes da floração.

O desenvolvimento dos bagos ou arilos está completo 80 dias depois do vingamento e está associado a um progressivo aumento de açúcares reductores, açúcares totais e antocianinas. Os compostos fenólicos, o ácido ascórbico e a acidez total diminuem progressivamente após o vingamento enquanto se observa a passagem da cor das sépalas de vermelho alaranjado para verde.

A colheita ocorre de setembro a novembro. Em Portugal as folhas adquirem uma cor amarelada após a colheita e a sua queda inicia-se em dezembro.

Ainda que, como já foi referido, sejam necessárias horas de frio para a quebra da dormência nas romãzeiras caducifólias das zonas temperadas, as romãzeiras são sensíveis às geadas, sobretudo as cultivares doces, mais sensíveis do que as ácidas.

- Amadurecimento dos frutos

A romãzeira é uma planta  $C_3$  que requer um ciclo de crescimento longo, quente e seco para produzir boa produtividade e alta qualidade de frutos. Os açúcares movem-se na planta em forma de sacarose, sorbitol ou manitol (açúcares álcoois). Embora as romãzeiras estejam bem adaptadas a uma faixa lata de condições climáticas, o clima do tipo Mediterrânico propicia condições ótimas de crescimento. Neste tipo de clima a elevada exposição solar, Invernos suaves e longos Verões sem chuva, durante as últimas fases do desenvolvimento dos frutos, favorecem o seu tamanho, a cor, e a acumulação de açúcar. Pelo contrário, áreas com alta humidade relativa, chuva ou solos pouco drenados conduzem a frutos com falta de gosto e a maior propensão para fendilharem. A falta de água durante a fase de maturação do fruto tem geralmente um efeito adverso no tamanho dos frutos e na produtividade total do pomar.

Em geral os índices de maturação dos frutos estão dependentes da cultivar. No caso da cv. Wonderful, a colheita pode realizar-se quando o teor de sólidos solúvel varia de 15 a 17% e os ácidos totais são inferiores a 1,85%.

- Conservação dos frutos

Durante a fase de maturação, a respiração dos frutos vai gradualmente baixando. No primeiro mês após o vingamento, os frutos produzem quantidades vestigiais de etileno. A aplicação de

etileno endógeno aumenta 30 a 100% a taxa de respiração de frutos com 1- 5 meses de idade (Sarkhosh *et al*, 2020). A maturação dos frutos não evolui depois da colheita e assim estes só devem ser colhidos quando estão totalmente maduros. Após a colheita, o fruto mantém uma baixa taxa respiratória com tendência a decrescer com o tempo. O armazenamento a baixas temperaturas de 4,5- 7°C e 85% de humidade relativa pode manter a taxa de respiração muito baixa e permitir até seis meses de conservação, se conjugada com atmosfera controlada. Os teores gasosos mais adequados para a conservação da romã são 5% de O<sub>2</sub> e 15% de CO<sub>2</sub>, quando a temperatura é de 7°C (Defilippi *et al*, 2006).

## II. Necessidades hídricas da romãzeira e gestão da rega:

As principais condicionantes impostas pelo clima Mediterrânico à agricultura são a concentração das chuvas na estação fria, tornando-as excessivas sobretudo nos solos de pior aptidão, e a sua falta na estação mais favorável ao crescimento das culturas, associada à variabilidade climática interanual. A rega, permite superar o principal obstáculo deste tipo clima, a seca estival, e também contribui para equilibrar a alternância das produções e assegurar níveis de produções rentáveis das culturas tradicionais assim como, permitir o recurso a novas opções culturais.

Embora condicionado pelo sentido da modificação climática, o recurso à rega é considerado uma das principais adaptações para sustentar a produção das culturas face às alterações climáticas e que alguns modelos de previsão de riscos de seca antecipam, vão originar condições de maior aridez nas regiões de clima Mediterrânico (Ramôa *et al.*, 2019). Por outro lado, há ainda a considerar que utilização de água pela atividade agrícola concorre com outros setores da atividade económica, num quadro de procura cada vez maior, afetando o potencial de adaptação climática através da rega.

O principal objetivo da rega é o fornecimento da quantidade de água necessária às plantas de modo a satisfazer as suas necessidades hídricas. Entre outros fatores, do rigor na determinação destas necessidades vai depender a otimização da relação produção/consumo de água pela cultura. Elas correspondem praticamente à evapotranspiração da cultura (ET<sub>r</sub>) ao longo do ciclo, desde a fase de abrolhamento até à fase da queda da folha da romãzeira, dado que a água utilizada pelas plantas nos seus processos metabólicos é menos de 1% do total.

A evapotranspiração da cultura compreende a evaporação (perda de água a partir do solo) e a transpiração que corresponde à perda de água através de cutículas e dos estomas das plantas (Allen *et al.*, 1998). No caso de culturas como a romãzeira, há ainda a considerar a transpiração da cobertura vegetal da entrelinha (Bhantana & Lazarovich, 2010) mas, se a gestão desta cobertura for realizada de forma correta, o contributo da sua transpiração para a estimativa das doses úteis de rega é  $\cong 0$  mm.

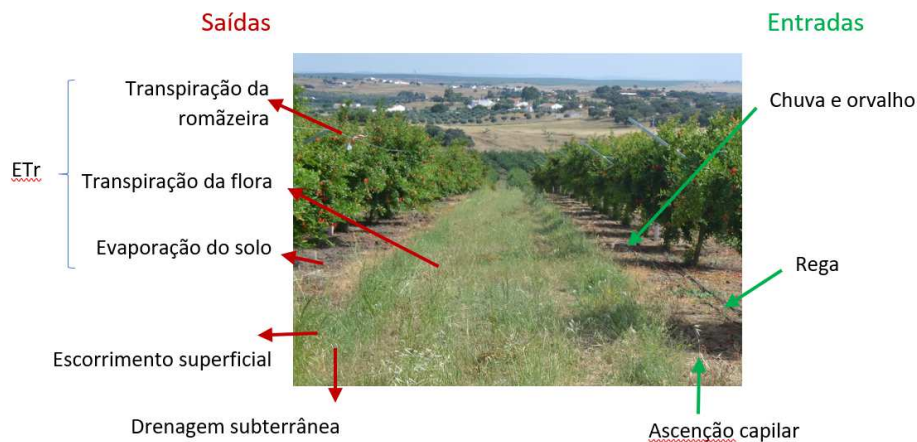


Figura 2 - Balanço hídrico da romãzeira.

Quando a cultura dispõe de condições ótimas, a ETr corresponderá à quantidade de água necessária para restituir ao solo a água perdida por evapotranspiração de uma cultura sã, cultivada em áreas extensas e sem limitações de solo, água e nutrientes, de maneira a se atingir uma produção máxima face às condições do meio (Oliveira, 2011). Esta evapotranspiração, na ausência de restrições hídricas, designa-se por evapotranspiração cultural (ETc) e corresponderá ao valor de ETr, desde que a humidade existente no solo não seja um fator limitante.

Dada a dificuldade em medir a evapotranspiração da cultura ela é, geralmente, obtida de forma indireta a partir do valor da evapotranspiração de uma cultura de referência (ETo) que, segundo Allen *et al.* (1998), é a taxa de evapotranspiração que se verifica numa área mais ou menos extensa, com um coberto hipotético, em crescimento ativo, com uma altura uniforme de 8-15 cm, cobrindo completamente o solo, sem qualquer restrição de água e livre de doenças. Este valor pode ser obtido por estimativa de acordo com a metodologia proposta no manual 56 da FAO (Allen *et al.*, 1998), utilizando preferencialmente o modelo de Penman-Monteith, com base em variáveis meteorológicas como a temperatura, humidade do ar, radiação, insolação, vento e evaporação.

Poder-se-á obter esta informação agrometeorológica em Estações Meteorológicas Automáticas (EMA) pertencentes a entidades públicas mais próximas do pomar, mas também em EMA instaladas na própria exploração agrícola. Para calcular os valores de ETo, pode utilizar-se o *software* livre (*The ETo calculator*) desenvolvido pela *Land and Water Division* da FAO e disponível em <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/eto-calculator/en/> (acedido a 30/03/2021).

No entanto, muitos dos organismos nacionais como o IPMA, INAG e rede SAGRA-COTR permitem, ao agricultor, acesso aos valores já estimados de ETo.

Para a determinação da evapotranspiração cultural (ETc) é necessário conhecer o valor do coeficiente cultural (Kc), que representa a relação entre ETc e ETo. Este coeficiente, adimensional, está relacionado com as culturas, a fase de desenvolvimento cultural, densidade das plantas, bem como outros fatores que afetam a evapotranspiração (Oliveira, 2011).

Assim,

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \Leftrightarrow ETc = ETo \times Kc \quad (1)$$

Embora haja pouca informação disponível sobre os valores de  $Kc$  na cultura da romãzeira, é possível, recorrendo a bibliografia da especialidade, encontrar valores desta variável para apoio à estimativa da  $ETc$ . Os valores de  $Kc$  não se mantêm constantes ao longo do tempo: numa fase inicial, os valores são mais baixos e, à medida que aumenta o crescimento e ocupação da superfície do solo, vão aumentando, atingindo valores máximos na fase de floração e fase inicial da formação dos frutos. A partir da maturação, os valores de  $Kc$  começam a diminuir rapidamente. Os valores de  $Kc$  também variam com a idade da planta como, no caso da cultura da romãzeira, observaram Meshram *et al.* (2019) (Figura 3).

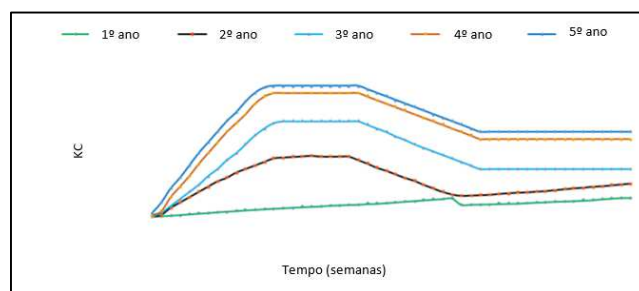


Figura 3 - Variação do coeficiente cultural ( $Kc$ ) semanal médio, para romãzeiras desde o 1º ano ao 5º ano de implantação (Meshram *et al.*, 2019).

Outro fator que pode influenciar o valor de  $Kc$  é a salinidade da água da rega que Banthana & Lazarovich (2010) estudaram em romãzeiras jovens de cv. Wonderful, tendo observado que em condições mais favoráveis de salinidade ( $CEa = 0,8$  dS/m), os valores de  $Kc$  variaram entre 0,16 e 0,64 enquanto que, em condições mais desfavoráveis ( $CEa = 8,0$  dS/m), os valores de  $Kc$  variaram entre 0,09 e 0,21 (Quadro 2).

Quadro 2. Valores de  $Kc$  para romãzeira jovem (Banthana & Lazarovich, 2010).

DAA	$CEa = 0,8$	$CEa = 8,0$
30	0,16	0,09
60	0,19	0,09
90	0,49	0,13
120	0,64	0,12
150	0,53	0,17
180	0,39	0,21
210	0,22	0,16
240	0,20	0,15

DAA: Dias após o abrolhamento;  $CEa$  condutividade elétrica da água de rega (dS/m).

A Figura 4, representa os resultados de Banthana & Lazarovich (2010) relativos aos Kc e diferentes níveis de salinidade da água da rega.

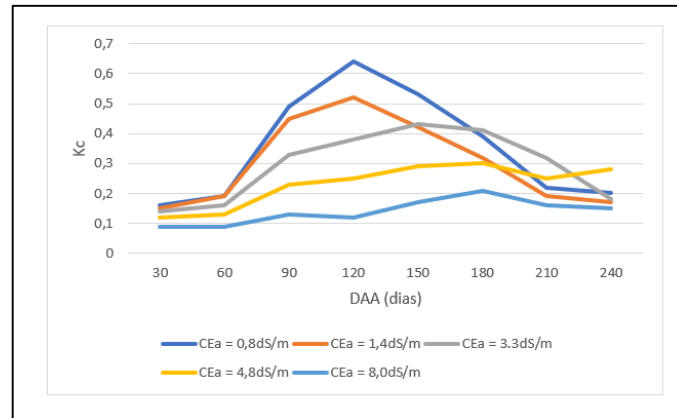


Figura 4 - Valores de Kc para romãzeiras jovens, cv. Wonderful, para diferentes condições de salinidade de água da rega.

A rega deverá permitir o humedecimento da zona radical das plantas, sem que ocorram perdas por lixiviação ou, eventualmente, de uma profundidade superior, para promover o crescimento radicular ou realizar uma lavagem dos sais, sendo este aspeto relevante no caso da rega gota-a-gota.

Na romãzeira, considerada uma fruteira tolerante aos sais, habitualmente não se atende à necessidade de se proceder a uma lavagem do perfil do solo com recurso à rega.

Assim, na ausência de lavagem do solo, o intervalo entre as regas e a dotação de rega a aplicar ao longo das diversas fases do ciclo cultural para se atingir um determinado nível de produção, são em geral estabelecidos por forma a reabastecer o solo na zona explorada pelas raízes, normalmente até ao máximo da sua reserva de água utilizável.

O modo de gestão, que se apresenta de seguida, é baseado na estimativa das necessidades hídricas da romãzeira através do cálculo da evapotranspiração da cultura, a partir da qual se avaliaram as necessidades de rega, nos períodos em que a precipitação natural é insuficiente para as satisfazer. Esta análise, sempre que possível, deverá ser aferida com informação sobre a dinâmica da água do solo e/ou sobre os indicadores do estado hídrico da cultura.

O sistema de rega habitualmente utilizado em pomares de romãs é a rega localizada gota-a-gota, que apresenta vantagens em relação ao crescimento vegetativo das árvores, produção, tamanho dos frutos e reduz a acumulação de água na zona das raízes, minimizando a possibilidade de ocorrência de asfixia radicular e o desenvolvimento de doenças, como é o caso da *Phytophthora* (AJAP, 2017).

Neste método de rega, verifica-se uma menor evapotranspiração que pode ser estimada utilizando um fator de redução da E<sub>Tc</sub> para considerar o efeito da localização, o K<sub>l</sub> (coeficiente de localização), que depende da área do solo sombreada.



Assim, em vez de  $ET_c$  é usual considerar  $ET_l$ , que corresponde à evapotranspiração localizada em condições de conforto hídrico (mm).

$$ET_l = ET_c \times K_l = ET_o \times K_c \times K_l \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

A determinação do  $K_l$  pode ser feita a partir do valor de  $A$  (fração da área sombreada) que se obtém a partir da seguinte fórmula:

$$A = \frac{\text{área sombreada}}{\text{compasso}} = \frac{\pi \times \frac{D^2}{4}}{L \times l} \quad (3)$$

Onde,

$D$  corresponde ao diâmetro médio (m) da projeção da área sombreada ao meio-dia solar registado em duas direções perpendiculares,  $L$  à distância na entrelinha (m) e  $l$  à distância na linha (m).

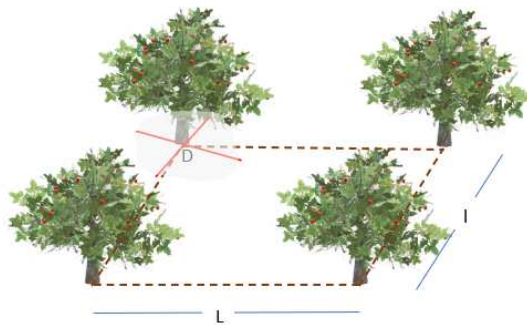


Figura 5 - Fração da área sombreada.

O coeficiente de localização ( $K_l$ ) poderá ser estimado seguindo o seguinte procedimento: calculam-se os quatro valores de  $K_l$  com base nas quatro nas fórmulas que se expõem de seguida, excluem-se os valores extremos, e faz-se a média aritmética dos valores intermédios (Pizarro, 1996):

Fórmula de Aljiburi  $K_l = 1,34 \times A$

Fórmula de Decroix  $K_l = 0,1 + A$

Fórmula de Hoare  $K_l = A + 0,5 \times (1 - A)$

Fórmula de Keller  $K_l = A + 0,15 \times (1 - A)$

Independentemente da estimativa obtida, o valor de  $K_l$  a utilizar não deverá ser inferior a 0,5 (Raposo, 1994).

O contributo da precipitação para a satisfação destas necessidades avalia-se através do cálculo da precipitação efetiva ( $Pe$ ), que corresponde à fração da precipitação que é útil para a cultura, em qualquer fase do seu desenvolvimento.

$$Pe = P - Es - Dr \quad [\text{mm}] \quad (4)$$

Onde,

$P$  corresponde à precipitação (mm),  $Es$  ao escoamento superficial (mm) e  $Dr$  à drenagem para além da zona radical (mm).

A precipitação efetiva mensal pode ser estimada, de diversas formas, por exemplo com recurso à seguintes fórmulas empíricas (Smith, 1992):

$$Pe = 0,6 \times P - 10 \quad \text{quando } P < 70 \text{ mm} \quad [\text{mm}] \quad (5)$$

ou

$$Pe = 0,8 \times P - 24 \quad \text{quando } P > 70 \text{ mm} \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

Onde,

$P$  corresponde à precipitação mensal (mm). Para períodos inferiores a um mês, por exemplo na estimativa das precipitações decendiais, as equações anteriores são modificadas considerando  $Pe/3$ .

Para a condução da rega, os valores de dose útil de cada rega ( $DUR_i$ ) podem ser estimados a partir dos consumos ( $ETr_i$ ) e do contributo da precipitação ( $Pe_i$ ), tendo por objetivo repor no solo a água consumida no período considerado.

Se,  $ETr_i - Pe_i < 0$  não se rega, mas se  $ETr_i - Pe_i > 0$ :

$$DUR_i = ETr_i - Pe_i \quad [\text{mm}] \quad (7)$$

Em condições de clima Mediterrânico, e durante o período estival, o contributo de  $Pe \cong 0$  mm.

As necessidades úteis no ciclo da cultura serão:

$$Nu = \sum_i DUR_i = \sum_i (ETr - Pe)_i - \sum_i \text{outros } inputs_i \quad [\text{mm}] \quad (8)$$

Onde,

$Pe$  corresponde à precipitação efetiva (mm).

Exemplo de outros *inputs*, poderá ser a contribuição do lençol freático e a ascensão capilar.

Na ausência de outros *inputs*, as necessidades úteis em água de rega da cultura da romãzeira ( $Nu$ ), podem ser obtidas através da expressão:

$$Nu = \sum_i DUR_i = \sum_i (ETr - Pe)_i \quad [\text{mm}] \quad (9)$$

A dose útil a aplicar em cada rega ( $DUR_i$ ), quando a estratégia de rega visa manter a cultura em conforto hídrico será, no limite, a necessária para repor a água do solo facilmente utilizável pelas culturas ( $DUR_{Max}$  em mm). Tendo em conta as características do solo e do sistema de rega, poderá ser conveniente regar com uma dose útil de rega inferior, realizando mais aplicações:

$$DUR_i \leq DUR_{Max} \quad [\text{mm}] \quad (10)$$

Se não se considerar o contributo da precipitação natural, os intervalos entre regas (IR) podem ser obtidos a partir dos valores da  $DUR_i$  e dos consumos da cultura ( $ETr_i$ ) permitindo estabelecer, a partir da data da rega anterior, a data da próxima rega:

$$IR = \frac{DUR_i}{ETr_i} \quad [\text{dias}] \quad (11)$$

Para o cálculo da dose total de rega ( $DTR_i$ ), considera-se a seguinte equação:

$$DTR_i = \frac{DUR_i}{E_a} \quad [\text{mm}] \quad (12)$$

Onde,

$E_a$  corresponde à eficiência de aplicação.

A eficiência de aplicação, no caso de rega gota-a-gota, está geralmente compreendida entre 85-95% com um valor médio de cerca de 90% (Raposo, 1994).

Após o cálculo da dose total de rega (equação 12) e para estabelecer o tempo de rega, recorre-se à seguinte equação:

$$TR_i = \frac{DTR_i \times dG \times L}{DG} \quad [\text{horas}] \quad (13)$$

$$TR_i = \frac{DTR_i \times dG \times L}{DG} \times 60 \quad [\text{minutos}] \quad (14)$$

Onde,

$TR_i$  corresponde ao tempo de rega (horas ou minutos) e  $DG$  ao débito dos gotejadores (l/hora),  $dG$  a distância dos gotejadores (m) e  $L$  à distância na entrelinha (m).

A conversão do débito dos gotejadores ( $DG$ ) de l/hora para mm/hora é feita através de:

$$DG = \frac{DG(l/h)}{dG \times L} \quad [\text{mm/hora}] \quad (15)$$

Onde,

$DG$  corresponde ao débito dos gotejadores (litros/hora),  $dG$  a distância dos gotejadores (m) e  $L$  à distância na entrelinha (m).

O volume de água ( $V_{\text{árvore}}$ ) aplicado por romãzeira pode ser obtido através da equação seguinte:

$$V_{\text{árvore}} = DTR_i \times L \times l \quad [l/\text{árvore}] \quad (16)$$

Onde,

L corresponde à distância na entrelinha (m) e l à distância entre plantas na linha (m).

### III. Estratégia de Rega Deficitária Controlada

Ao nível da parcela agrícola, a eficiência da rega poderá ser aumentada com recurso a estratégias conservativas orientadas para o uso mais eficiente, racional e sustentado da água, como alternativas ao modo de gestão tradicional. O uso racional da água passa por uma programação e gestão da rega que garantam uma aplicação de água otimizada, face às necessidades em água ao longo do ciclo vegetativo das culturas.

Esta forma de gestão da rega poderá compreender níveis diferentes de aplicação de água em função das fases fenológicas, com menor redução nas fases em que a sensibilidade hídrica é maior, de que é exemplo a Rega Deficitária Controlada (RDC). Esta estratégia de rega, que alguns consideram como uma técnica cultural adaptativa, com elevado potencial para a redução do uso consumptivo de água pela agricultura de regadio, é uma alternativa ao modo de gestão tradicional, (Oliveira e Silva & Ramôa, 2019). Desta forma, será necessário definir as dotações mínimas que, mesmo existindo períodos de stress hídrico, garantam bons índices de eficiência de utilização de água pela cultura, mantendo as produções próximas dos máximos potencialmente verificáveis, assegurando assim um nível interessante de rendimento ao agricultor.

A elevada rentabilidade deste tipo de culturas, de que é exemplo a romãzeira, viabilizando o investimento em sistemas de rega localizada, permite a condução da rega sob estratégias de rega deficitária, desde que os empresários agrícolas disponham do *know how* necessário à sua implementação (Fereres & Soriano, 2007), nomeadamente para gestão do nível de stress, que requer um controlo adequado do estado hídrico da planta ou do solo.

No caso da romãzeira, existem alguns trabalhos sobre a utilização da RDC que apontam para uma possível redução das dotações, em determinadas fases do ciclo, sem prejuízo para a produção da cultura (Volschenk, 2021).

No ensaio realizado em Beja, no âmbito do projeto INNOACE, utilizaram-se duas estratégias de RDC nos seguintes períodos:

- 25% da dotação de rega do agricultor durante a fase da floração/fase inicial da formação do fruto e 100% da dotação de rega do agricultor (conforto hídrico) nas restantes fases;
- 25% da dotação de rega do agricultor durante a fase final do crescimento do fruto e a maturação e 100% da dotação de rega do agricultor (conforto hídrico) nas restantes fases.

Os resultados sugerem que o recurso à rega deficitária pode contribuir para uma maior eficiência do uso da água de rega, aumentando a sustentabilidade ambiental desta cultura de regadio. Do

ponto de vista da produção da cultura e qualidade do fruto, a estratégia RDC correspondente à redução da dotação de rega no período da fase final da frutificação/maturação, revelou-se a mais interessante como alternativa ao conforto hídrico.

Para o cálculo da dose útil de cada rega ( $DUR_i$ ), nesta estratégia de rega deficitária, utiliza-se o valor do coeficiente de stress ( $K_s$ ) para expressar as reduções do consumo de água pela cultura, calculando as necessidades de rega a partir do valor da  $ETC_{adj}$ :

$$DUR_i = ETC_{adj_i} - Pe_i = (ETc \times KI \times Ks)_i - Pe_i = (ETI \times Ks)_i - Pe_i \quad [mm] \quad (17)$$

Onde,

$ETC_{adj}$  corresponde à evapotranspiração cultural ajustada sob condições de RDC.

#### IV. Gestão da rega com base no estado hídrico da planta

A gestão da rega pode ser realizada com base na monitorização de parâmetros relacionados com o estado hídrico das culturas. A técnica habitualmente usada para o feito consiste na medição de tensão de água na planta ( $\psi$ ), através da câmara de pressão ou de *Scholander*. O nível de stress hídrico da planta pode ser avaliado durante a noite, com os estomas fechados, quando ocorre o equilíbrio entre os potenciais hídricos da planta e do solo em redor das raízes. A tensão de água registada nestas circunstâncias (valores, em MPa, obtidos antes do amanhecer) designa-se por potencial hídrico de base ( $\Psi_b$ ). Também, poderá ser registado o potencial hídrico ao meio-dia, o potencial xilémico ( $\Psi_{md}$ ), que permite a determinação de picos de stress hídrico.

Este indicador do estado hídrico das culturas é de grande utilidade para avaliar a condução da rega no sentido de verificar se a planta está em conforto hídrico ou sujeita a diferentes níveis de stress hídrico.

O Quadro 3 mostra a relação entre os diferentes processos fisiológicos e as condições de stress hídrico expressas pelo potencial xilémico observados em folhas de culturas perenes (Taiz. *et al.*, 2017).

Quadro 3 - Relação dos diferentes processos fisiológicos e o potencial xilémico observados em folhas de culturas perenes.

Acumulação de solutos e ácido abscísico				
Fotossíntese e condutância estomática				
Síntese proteica e da parede celular				
Expansão celular			Stresse hídrico nas espécies perenes	
Potencial hídrico (MPa)	0 a -1	-1 a -2	-2 a -3	-3 a -4
Efeito nas plantas	Plantas túrgidas	Plantas em stresse moderado	Plantas em climas áridos ou desérticos	

Este método permite, de um modo rápido, obter a estimativa do potencial hídrico das folhas e a avaliação do estado hídrico da cultura. Na romãzeira, dada a anatomia da folha, a medição do potencial hídrico pode ser feita no ramo do ano.

Para a determinação do  $\Psi_b$ , corta-se um ramo saudável que se encerra numa câmara onde é submetido a uma pressão crescente até ao surgimento de seiva que corresponde à pressão de equilíbrio. Esta medição terá de ser realizada antes do sol nascer. Para a obtenção do  $\Psi_{md}$ , antes da realização da medição ao meio-dia solar, têm de se preparar os ramos colocando-os num saco de plástico e envolvendo-os, de seguida, com de papel de alumínio, pelo menos 2 horas antes da medição.



Figura 6 - Preparação do ramo para leitura do potencial ao meio-dia.



Figura 7 - Leitura na câmara de pressão de Scholander.

## V. Caso de Estudo

De seguida, apresenta-se um exemplo de um caso prático com base na tarefa 2.1.6. do projeto INNOACE *Innovación abierta e inteligente en la EUROACE*, com a referência 0049\_INNOACE\_4\_E, baseado nas características do local onde se realizaram os ensaios de diferentes estratégias de gestão de rega. Considerou-se, assim, um pomar de romãzeiras situado em Beja, em condições de clima Mediterrânico, mesotérmico húmido, com estação quente e seca no Verão (Csa, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger).



No caso do coeficiente cultural (Kc), optou-se por utilizar os valores mensais obtidos pela IVIA (Bartual *et al.*, 2014), por se aproximarem mais dos valores utilizados pelo agricultor no pomar em que decorreu o ensaio.

#### DADOS DA CULTURA:

O pomar com cerca de 5 anos de idade está plantado com a cv. Wonderful (cultivar tardia).  
 Compasso: L=5,5m e l= 3,5m  
 Abrolhamento: 01 de março  
 Colheita: 15 de outubro  
 Enrelvamento natural da entrelinha e um sistema de condução em vaso com aramação. Esta cobertura vegetal tem baixa densidade e é frequentemente triturada pelo que contribui pouco para a evapotranspiração.

#### DADOS DA REGA:

Campanha de rega: início a 1 de abril e término a 30 de setembro (a rega termina 15 dias antes da data prevista da colheita).

Estratégia de rega: conforto hídrico desde maio até final de agosto (A); RDC durante o mês de setembro (B) e, neste caso de estudo concreto que se apresenta, um Ks de 0,5 (Quadro 4).

Quadro 4 – Estratégia de condução da rega.

	Fase desenvolvimento		
	Fase Inicial	Fase de floração e inicial da formação do fruto	Fase não linear de crescimento do fruto e maturação
		A	B
Estratégias de rega	100 % da ETC	100 % da ETC	50 % da ETC

Os dados da evapotranspiração de referência e precipitação, foram obtidos a partir da EMA instalada na propriedade do agricultor.

Sistema de rega localizada gota-a-gota, com gotejadores auto-compensantes.

Débito dos gotejadores: 2,2 l.h<sup>-1</sup>, embebidos e distanciados entre si de 0,5 m.

Eficiência de aplicação (Ea) = 90%

A água da rega apresenta um teor de sais da ordem dos CEa = 0,26 dS/cm - água da rega de boa qualidade

### Estimativa do KI em função da fração de área sombreada – A (3):

Quadro 5 - Estimativa do KI.

		Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Diâmetro médio da copa (m) (Fig. 8)		2,85	2,95	3,00	3,20	3,25	3,25	3,25	3,10
$A = \frac{\pi \times \frac{D^2}{4}}{L \times I}$ (m)		0,33	0,36	0,37	0,42	0,43	0,43	0,43	0,39
Aljibury et al.	KI = 1,34 · A	0,444	0,476	0,492	0,560	0,577	0,577	0,577	0,525
Decroix	KI = 0,1 + A	0,431	0,455	0,467	0,518	0,531	0,531	0,531	0,492
Hoare et al.	KI = A + 0,5 · (1 – A)	0,666	0,678	0,684	0,709	0,715	0,715	0,715	0,696
Keller	KI = A + 0,15 · (1 – A)	0,432	0,452	0,462	0,505	0,516	0,516	0,516	0,483
	KI médio	0,44	0,47	0,48	0,54	0,55	0,55	0,55	0,51
	KI a utilizar	0,50	0,50	0,50	0,54	0,55	0,55	0,55	0,51

Excluíram-se os valores extremos (a verde) e calculou-se a média dos valores intermédios. Quando os valores calculados são inferiores a 0,5 segundo Raposo (1994) usa-se o valor 0,5.



Figura 8 - Medição do diâmetro da copa em dois pontos perpendiculares (linha amarela).

### Débito dos gotejadores (mm/hora) – DG (15):

Débito dos gotejadores: 2,2 l.h<sup>-1</sup>

Embebidos e distanciados entre si de 0,5 m.

Eficiência de aplicação = 0,9

Assim, o débito dos gotejadores (mm/h):

$$DG = \frac{2,2}{0,5 \times 5,5} = 0,8 \text{ mm. h}^{-1}$$



Quadro 6 – Simulação da gestão da rega na cultura da romãzeira.

Mês	Mar			Abr			Mai			Jun			Jul			Ago			Set			Out		
Decêndio	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ETo (mm/dia)	2,4	2,7	3,0	3,9	3,6	3,2	4,4	4,9	5,3	6,8	6,1	5,5	6,3	7,0	7,7	6,9	6,2	5,6	4,0	4,4	4,8	3,1	2,8	2,5
dias	10	10	11	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	11	10	10	11	10	10	11	10	10	11
ETo (mm/decêndio) = ETo (mm/dia) x 10 (ou x 11)	24,3	27,0	32,7	39,3	35,8	32,2	43,7	48,6	58,8	67,5	61,4	55,2	62,6	69,6	84,2	68,5	62,3	61,7	39,6	44,0	53,2	30,7	27,9	27,6
Kc (Bartual <i>et al.</i> , 2014)	0,32	0,32	0,32	0,42	0,42	0,42	0,53	0,53	0,53	0,63	0,63	0,63	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
ETc (mm/decêndio) = ETo (mm/decêndio) x Kc	7,8	8,6	10,5	16,5	15,0	13,5	23,2	25,7	31,1	42,5	38,7	34,8	43,2	48,0	58,1	48,0	43,6	43,2	29,3	32,6	39,4	22,7	20,6	20,4
KI (Quadro 5)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,51	0,51	0,51
ETI (mm/decêndio) = ETc x KI	3,9	4,3	5,2	8,3	7,5	6,8	11,6	12,9	15,6	22,9	20,8	18,8	23,9	26,6	32,2	26,6	24,2	23,9	16,2	18,0	21,8	11,6	10,5	10,4
Ks	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,5	0,5	0,5	---	---	---
ETc adj (mm/decêndio) = ETI x Ks	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8,1	9,0	10,9	---	---	---
P (mm/decêndio)	16,9	16,9	16,9	18,4	18,4	18,4	10,3	10,3	10,3	4,4	4,4	4,4	0,3	0,3	0,3	1,2	1,2	1,2	10,5	10,5	10,5	27,2	27,2	27,2
Pe (mm/decêndio) (5 ou 6)	6,8	6,8	6,8	7,7	7,7	7,7	2,8	2,8	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	3,0	13,8	13,8	13,8
ETI (ou ETc adj) - Pe	-2,9	-2,5	-1,6	0,5	-0,2	-1,0	8,8	10,0	12,7	22,9	20,8	18,8	23,9	26,6	32,2	26,6	24,2	23,9	5,1	6,0	7,9	-8,0	-8,5	-8,6
DUR = ETI (ou ETc adj) - Pe (mm/decêndio), se [ETI (ou ETc adj) - Pe] > 0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	8,8	10,0	12,7	22,9	20,8	18,8	23,9	26,6	32,2	26,6	24,2	23,9	5,1	6,0	7,9	0,0	0,0	0,0
DTR (mm/decêndio) = DUR / Ea	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	9,7	11,2	14,2	25,5	23,2	20,8	26,6	29,6	35,8	29,5	26,8	26,6	5,7	6,7	8,8	0,0	0,0	0,0
TR (horas) = DTR / DG (mm/h)	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	12,2	13,9	17,7	31,8	28,9	26,0	33,2	36,9	44,7	36,9	33,6	33,2	7,1	8,4	11,0	0,0	0,0	0,0
Várvore (l/árvore) = DTR x L x I (l/decêndio)	0,0	0,0	0,0	11,6	0,0	0,0	187,3	214,8	272,6	490,3	445,7	401,1	512,0	568,9	688,4	568,5	516,8	511,7	110,1	129,4	169,9	0,0	0,0	0,0
Período sem rega																								
Estratégia A																								
Estratégia B																								



## VI. Bibliografia

- AJAP (2017). *Manual boas práticas para as culturas emergentes. A cultura da romã*. Pensar global, pela competitividade, ambiente e clima. Lisboa, Portugal. ISBN 978-989-8319-19-7
- Allan, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and drainage paper 56*.
- Bar-Ya'akov, I., Tian, L., Amir, R. & Holland, D. (2019). Primary Metabolites, Anthocyanins, and Hydrolyzable Tannins in the Pomegranate Fruit. *Frontiers in Plant Science*, 10. 10.3389/fpls.2019.00620.
- Bartual, J., Bonet, L., Intrioglio, D.S., Palou, L. & Pomares, F. (2014). Técnicas de cultivo del granado. *Agrícola Vergel*, nº 379:359-363.
- Bhantana, P & Lazarovitch, N. (2010). Evapotranspiration, crop coefficient and growth of two young pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties under salt stress. *Agricultural Water Management*, 97: 715-722. doi.org/10.1016/j.agwat.2009.12.016
- Defilippi, B. G., Whitaker, B. D., Hess-Pierce, B. M. & Kader, A. A. (2006). Development and control of scald on wonderful pomegranates during long-term storage. *Postharvest Biology Technology*, 41: 234–243.
- Fereres, E. & Soriano, M. (2007). Deficit Irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58(2): 147-159.
- INE – Instituto Nacional de Estatística de Portugal. (2019). [www.ine.pt](http://www.ine.pt). Consultado em 24 de março de 2021.
- Meshram, D.T., Gorantiwar, S.D., Wadne, S.S. (2019). Crop Coefficient and Evapotranspiration of Pomegranate (*Punica granatum* L.) for Western Part of Maharashtra, India. *Acta Scientific Agriculture*, 3.7 (2019): 218-223.
- Pizarro, F. (1996). *Riegos localizados de alta frecuencia*. 3ª edición, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid
- Oliveira, I. (2011). *Técnicas de Regadio. Teórica e Prática*. Volume I e II. ISBN 978-989-20-2692-3. (2ª ed).
- Oliveira e Silva, P. & Ramôa, S. (2019). A eficiência da rega como resposta às alterações climáticas. *Revista Em Rede nacional*, 9: 34-35.
- Raposo, J. (1994). *A rega localizada*. Edições Correio Agrícola. Lisboa.
- Ramôa, S., Gouveia, C.M., Vieira, I., Páscoa, P., Alonso, C., Silva, P.O. & Russo, A. (2019). Impacts of extreme climatic events on the agricultural and forestry systems- Project IMPECAF. *Proceedings of The 5<sup>th</sup> Ibero-American Congress on Entrepreneurship, Energy, Environment and Technology - CIEEMAT 2019*, 38 (1): 11.
- Sarkhosh, A., Yavari, A. & Zamani, Z. (2020). *The Pomegranate: Botany, Production and Uses*. 596p.



Smith, M. (1992). CROPWAT. A computer program for irrigation planning and management. *FAO Irrigation and drainage paper 46*.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., Murphy A. (2017). *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6ª Ed., Artmed Editora. ISBN: 9788582713662

Volschenk, T. (2021). Effect of water deficits on pomegranate tree performance and fruit quality – A review. *Agricultural Water Management* 246: 106499. doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106499