



**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA**  
**ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA**  
**Mestrado em Agronomia**

**Estratégias de rega na cultura da romãzeira**  
**Um caso de estudo no Alentejo**

**Joaquim Paulo Curre Madeira**

**Beja**

**2020**



**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA**  
**ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA**  
**Mestrado em Agronomia**

**Estratégias de rega na cultura da romãzeira**  
**Um caso de estudo no Alentejo**

**Dissertação de mestrado apresentada na Escola Superior Agrária do Instituto  
Politécnico de Beja**

**Elaborado por:**

**Joaquim Paulo Curre Madeira**

**Orientado por:**

**Professora Doutora Sofia Ramôa; Professor Doutor Pedro Oliveira e Silva**

**Beja**

**2020**



## **Agradecimentos**

Queria primeiramente agradecer ao projeto INNOACE “Innovación abierta e inteligente en la EUROACE”, com a referência 0049\_INNOACE\_4\_E. (tarefa 2.1.6.)

Agradeço ao Eng<sup>o</sup>. Daniel Montes da Empresa Trevo pela disponibilização do local e pelas condições proporcionadas para a realização do ensaio e ao Eng<sup>o</sup> Hílário Catronga pela disponibilidade e ajuda.

Agradeço ao Sr. Professor Doutor Pedro O. Silva e em especial à Sr<sup>a</sup>. Professora Doutora Sofia Ramôa pela oportunidade de realizar este trabalho, pela orientação, disponibilidade, ajuda, simpatia e conhecimentos transmitidos ao longo deste percurso.

Agradeço ao CEBAL pela cedência da informação sobre a qualidade do fruto.

Agradeço à Sílvia Parenzan pela companhia e ajuda nas medições efetuadas neste estudo.

Agradeço à Escola Superior Agrária de Beja e a todos os docentes pelos conhecimentos transmitidos ao longo do tempo e pela simpatia e disponibilidade sempre demonstrada.

Agradeço a todos os colegas do Curso de Mestrado em Agronomia, da Escola Superior Agraria de Beja, por todo apoio, disponibilidade e companheirismo.

Por último agradeço a toda a minha família, em especial à minha pequena e linda.



## Resumo

A romãzeira é uma cultura muito bem-adaptada ao clima Mediterrânico que, nos últimos anos, surge na forma de pomares intensivos de regadio na região do Alentejo. O ensaio decorreu em 2018, na região do Baixo Alentejo, num pomar com cerca de 5 anos (*cv.* Wonderful). O objetivo foi avaliar três estratégias de rega: rega em conforto hídrico (rega do agricultor - Controlo), rega deficitária controlada na fase de floração-início da formação do fruto (25 % da  $ET_c$  – RDC1) e rega deficitária controlada na fase final de crescimento do fruto-maturação (25 % da  $ET_c$  – RDC2).

O efeito destas estratégias foi avaliado periodicamente através do crescimento vegetativo, estado hídrico das fruteiras, produção, propriedades físico-químicas e nutricionais dos frutos produzidos.

A estratégia RDC2 revelou-se a mais interessante como alternativa à forma de condução da rega do agricultor, com uma poupança de água de 23,4 %; um aumento na produtividade física da água e da produtividade económica da água de 22 % e 23 %, respetivamente. A análise preliminar dos resultados, do ano 2018, sugere que o recurso à rega deficitária pode contribuir para uma maior eficiência do uso de água de rega, aumentando a sustentabilidade ambiental desta cultura de regadio.

**Palavras chave:** Uso eficiente da água; *Punica granatum* L.; Estado hídrico da planta; Análise de crescimento; Produção; Qualidade do fruto.

## Abstract

Pomegranate is a very well adapted crop to the Mediterranean climate, and in recent years irrigated high density orchards can be found in Alentejo.

The trial took place in 2018 in Baixo Alentejo region, in a five-year-old orchard planted with Wonderful cv and it aimed to evaluate three irrigation strategies: water comfort irrigation (farmer's irrigation management - control), regulated deficit irrigation in flowering-beginning stage of fruit formation (25 % of  $ET_c$  – RDI1) and regulated deficit irrigation in the final phase of fruit growth- maturation (25 % of  $ET_c$  – RDI2).

The effects of these strategies were evaluated periodically through the vegetative growth, water status of the fruit trees, pomegranate production, physicochemical and nutritional properties of the harvested fruit.

The RDI2 strategy proved to be the most interesting strategy as an option to the farmer's irrigation management, with water savings of 23,4 %, and an increase in the physical water productivity and the economical water productivity of 22 % and 23 %, respectively.

Preliminary results, in 2018, suggest that regulated deficit irrigation can contribute to increase water's use efficiency and improve the environmental sustainability in irrigated pomegranate orchards.

**Keywords:** Water use efficiency; *Punica granatum* L.; Plant water status; Vegetative growth; Crop production; Fruit quality.

# Índice

Agradecimentos.....	I
Resumo.....	II
Abstract.....	III
Índice de Figuras .....	VI
Índice de Tabelas.....	VIII
Lista de Abreviaturas e Siglas .....	IX
1 Introdução.....	1
2 Estado da arte.....	3
2.1 Importância e escassez de água.....	3
2.2 Maximização da economia da água em regadio: Rega deficitária controlada...	4
2.3 A cultura da romã .....	6
2.3.1 Aspectos gerais e históricos .....	6
2.3.2 Taxonomia.....	8
2.3.3 Características morfológicas .....	10
2.3.4 Exigências edafo-climáticas .....	19
2.3.5 Práticas agrícolas .....	20
3 Materiais e métodos.....	24
3.1 Parcela experimental.....	24
3.2 Caracterização edafo-climática.....	25
3.3 Delineamento Experimental .....	28
3.4 Técnicas culturais .....	29
3.5 Rega .....	30
3.6 Variáveis da planta quantificadas .....	35
3.6.1 Monitorização do crescimento vegetativo.....	35
3.6.2 Monitorização do estado hídrico da planta.....	35



3.6.3	Produção .....	40
3.6.4	Qualidade dos frutos .....	41
3.7	Uso eficiente da água e produtividade da água.....	42
3.8	Análise estatística dos dados.....	43
4	Resultados e Discussão.....	44
4.1	Monitorização do crescimento vegetativo .....	44
4.2	Estado hídrico da planta.....	45
4.2.1	Condutância estomática .....	45
4.2.2	Potencial hídrico de base e xilémico (ao meio dia).....	48
4.2.3	Teor em clorofila .....	51
4.3	Produção .....	54
4.4	Qualidade dos frutos .....	55
4.5	Produtividade da água de rega .....	58
5	Considerações finais .....	60
6	Bibliografia.....	61

## Índice de Figuras

Figura 1- Principais fatores que condicionam a definição de estratégias de RDC (Olalla, <i>et al.</i> , 2005).....	5
Figura 2- Produtos de romã (Fonte: Wong, 2020. Site <a href="http://verywellhealth.com">verywellhealth.com</a> ).....	8
Figura 3- <i>Punica granatum</i> , ilustração de Thomé, 1885 (Fonte: Thomé, 1885. Site <a href="http://wikipedia.org">wikipedia.org</a> ).....	9
Figura 4- A) Crescimento vegetativo da romãzeira; B) Folha madura (Esquerda) e jovem (Direita); C) Rebento jovem. ....	10
Figura 5- Diferentes ráculos de flores de romãzeira. ....	11
Figura 6- Flor hermafrodita (Esquerda) e masculina (Direita).....	12
Figura 7- Ilustração da floração e vingamento escalonado da romãzeira.....	12
Figura 8-Romã em crescimento (Esquerda) e romã madura (Direita). ....	13
Figura 9- Corte longitudinal da romã. ....	14
Figura 10- Estados fenológicos das cultivares Mollar de Elche e Mollar de Játiva. ....	15
Figura 11- Enraizamento de romãzeira a partir de estacas. ....	18
Figura 12- Localização da exploração agrícola no território de Portugal Continental...	25
Figura 13- Temperatura e precipitação média mensal da estação meteorológica de Beja para o período 1971 a 2000 (IPMA, 2020).....	27
Figura 14- Temperatura média mensal, temperatura máxima mensal e precipitação mensal registadas na estação meteorológica da Quinta da Saúde para o ano de 2018 (COTR, 2020).....	27
Figura 15- Parcela de estudo no Monte das Carvoeiras. ....	28
Figura 16- Aplicação mensal N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O em UF/ha. ....	30
Figura 17- Sistema de rega e adaptações para as estratégias de rega. ....	31
Figura 18- Imagens que ilustram a alteração do sistema de rega do agricultor e unidade de programação.....	31
Figura 19- Dotação de rega ao longo dos meses de 2018 nas diferentes estratégias de rega. ....	33
Figura 20- ET <sub>0</sub> e precipitação mensal para o ano de 2018 (COTR, 2020).....	34
Figura 21- Medição da altura média total da planta (linha vermelha) e medição da copa em dois pontos perpendiculares (linha amarela). ....	35
Figura 22- Porómetro usado nas medições efetuadas no ensaio. ....	36

Figura 23- Esquema de uma câmara de pressão de Scholander (adaptada de Smartse, 2009).....	38
Figura 24- Preparação do ramo para leitura do potencial ao meio dia para leitura na câmara de pressão.....	39
Figura 25- Leitura na câmara de pressão de Scholander.....	39
Figura 26- Medidor do teor de clorofila digital CL-01 da Hansatech.....	40
Figura 27- Árvore na altura da colheita (esquerda); medição de calibre > 85 mm Ø (centro); romãs colhidas em caixas (direita).....	41
Figure 28- Altura média das plantas para as diferentes estratégias de rega.....	44
Figura 29- Condutância estomática (cm/s) nas diferentes estratégias de rega. As barras de erro representam o desvio padrão.....	47
Figura 30- Potencial do ramo ao meio dia ( $\Psi_{md}$ ) (MPa) nas diferentes estratégias de rega. As barras de erro representam o desvio padrão.....	49
Figure 31- Potencial de base do ramo ( $\Psi_b$ ) (MPa) nas diferentes estratégias de rega. As barras de erro representam o desvio padrão.....	51
Figura 32- Teor em clorofila (unidades nas diferentes estratégias de rega. As barras de erro representam o desvio padrão.....	53
Figura 33- Proporção de bagos nas diferentes estratégias de rega adotadas. As barras de erro representam o desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). (Adaptado de Fialho & Jerónimo, 2019).....	56
Figura 34- Sólidos Solúveis Totais nas diferentes estratégias de rega adotadas. As barras de erro representam o desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). (Adaptado de Fialho & Jerónimo, 2019).....	57

## Índice de Tabelas

Tabela 1- Classificação taxonómica da romã (Euro+Med PlantBase, 2020).....	9
Tabela 2- Descrição e imagens das cultivares de romãs mais indicadas para o território português. ....	16
Tabela 3- Exigências edafo-climáticas da cultura da romã (adaptado de Morton, 1987; Melgarejo & Martinez, 1989; Kumar, 1990; Melgarejo, 2003; Holland <i>et al.</i> , 2009; AJAP, 2017).....	19
Tabela 4- Valores de referência para o conteúdo foliar ótimo de nutrientes (cultivar Mollar de Elche) (Agustí, 2010).....	21
Tabela 5- Análise de solos da parcela em estudo. ....	26
Tabela 6- Aplicação mensal de Azoto (N), Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) e Potássio (K <sub>2</sub> O) em UF/ha. ....	29
Tabela 7- Estratégias de rega adotadas.....	32
Tabela 8- Data de início e fim de cada estratégia de rega e a dotação total. ....	32
Tabela 9- Valores de K <sub>c</sub> , usados pelo agricultor, para a cultura da romãzeira.....	34
Tabela 10- Efeito das diferentes estratégias de rega na altura das romãzeiras.....	44
Tabela 11- Efeito das diferentes estratégias de rega nos indicadores do estado hídrico da planta. ....	46
Tabela 12- Efeito das estratégias de rega no rendimento da produção. ....	54
Tabela 13- Parâmetros físico-químicos do fruto. (Adaptado de Fialho & Jerónimo, 2019). ....	55
Tabela 14- Parâmetros físico-químicos e atividade antioxidante dos bagos de romã. ....	57
Tabela 15- Efeito das estratégias de rega na produtividade e rendimento da água. ....	58

## Lista de Abreviaturas e Siglas

$\emptyset$ - Diâmetro

**a.C.**- Antes de Cristo

**ABTS**- 2,2'-azinobis 3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonate

**B**- Boro

**C**- Área sombreada da cultura

**CaO**- Cálcio

**CEBAL**- Centro de Biotecnologia Agrícola e Agro-Alimentar do Alentejo

**COTR**- Centro Operativo e Tecnologia de Regadio

**cv**- Cultivar

**EAG**- Equivalentes de Ácido Gálico

**EFe**- Equivalentes de Fe

**EPM**- Erro Padrão da Média

**ET**- Evapotranspiração

**ET<sub>o</sub>**- Evapotranspiração de Referência

**ET<sub>c</sub>**- Evapotranspiração Cultural

**Fe**- Ferro

**K<sub>2</sub>O**- Potássio

**K<sub>c</sub>**- Coeficiente Cultural

**MgO**- Mágnesio

**Mn**- Manganês

**MPa**- Megapascal

**N**- Azoto

**Na**- Sódio

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**- Fósforo

**Pe**- Precipitação efetiva

**ppm**- Partes Por Milhão

**RDC**- Rega Deficitária Controlada

**SST**- Sólidos Solúveis Totais

**UF**- Unidades Fertilizantes

**Zn**- Zinco

$\Psi_b$ - Potencial de Base

$\Psi_{md}$ - Potencial xilémico, ao meio dia



## 1 Introdução

A romã (*Punica granatum* L.) é uma fruteira caducifólia nativa da Ásia central bem adaptada a condições de clima Mediterrânico (tolerante ao défice hídrico do solo), com expressão na região ao sudeste de Espanha surgindo, agora, como nova cultura nos novos perímetros de rega do Alentejo. A romãzeira insere-se num conjunto de culturas consideradas emergentes referidas, em inquéritos realizados a nível nacional por parte dos técnicos da Associação dos Jovens Agricultores de Portugal, junto de organismos e instituições de referência do setor (AJAP, 2017). É uma das culturas que se destaca não só pela componente de inovação, mas também pela rentabilidade da exploração agrícola, aumentando assim a competitividade do setor da fruticultura. O interesse no consumo da romã deve-se, sobretudo, às suas características organolépticas e aos seus efeitos benéficos na saúde humana.

Segundo Selahvarzi *et al.* (2017), existem duas causas que condicionam a produção da romã: a limitação dos recursos hídricos em regiões de clima Mediterrânico e a floração escalonada da romãzeira. A escassez de água nestas regiões é uma questão potenciada pelo aumento populacional, atividades urbanas, turísticas e industriais e, mais importante ainda, pelas mudanças climáticas. Apesar do recurso à rega aumentar a disponibilidade hídrica das culturas, a maior pressão sobre os recursos hídricos requer uma gestão cada vez mais orientada para o uso eficiente e a maximização da produtividade da água, sendo a rega deficitária controlada, uma estratégia possível (Oliveira e Silva *et al.*, 2018).

Alguns autores efetuaram estudos sobre rega deficitária na romã, na região Mediterrânica, nomeadamente Intrigliolo *et al.* (2011, 2013) em Elche, Alicante, Espanha; Rodríguez *et al.* (2012) em Murcia, Espanha; Aydin *et al.* (2017) na Turquia e Pourghayoumi *et al.* (2017) e Parvizi *et al.* (2014) no Irão.

Em Portugal ainda são poucos os estudos sobre a gestão da água da rega em pomares de romãs com recurso a estratégias de rega deficitária. Com os condicionalismos inerentes ao clima Mediterrânico e num cenário, a sul de Portugal, agravado pelas alterações climáticas (Ramôa *et al.*, 2019), as questões relacionadas com o uso eficiente da água

tomam particular relevância em relação a uma cultura que é ainda pouco conhecida para os agricultores da região alentejana.

O trabalho proposto tem por base o estudo do uso eficiente da água da rega através da implementação de diferentes estratégias de rega na cultura da romã (*Punica granatum* L.), em condições de clima Mediterrânico em que o regime de precipitação inter-anual e intra-anual é variável, associado às altas temperaturas durante o período estival. A cultura da romã é referida por Galindo *et al* (2018), como uma das culturas com melhor resposta a uma estratégia de rega deficitária. O principal objetivo a alcançar com esta estratégia baseia-se no princípio de que a sensibilidade das plantas não é constante durante o ciclo, pretendendo-se avaliar se é possível reduzir a quantidade total de água utilizada sem afetar a produção de romãs, quer sob o ponto de vista quantitativo, quer qualitativo..

Assim, procedeu-se à avaliação do efeito de três estratégias de rega na cultura da romã sobre o crescimento vegetativo, produção e qualidade do fruto produzido. As três estratégias estudadas foram as seguintes: rega em conforto hídrico, rega deficitária, controlada na fase de floração e inicial da formação do fruto, e rega deficitária controlada numa parte mais tardia do ciclo correspondente à fase não linear de crescimento do fruto e maturação.

Os dados analisados na Dissertação de Mestrado foram obtidos durante a campanha de 2018, num estudo que decorreu na exploração Monte das Carvoeiras situada em Beja (Baixo Alentejo).

Para além da Introdução, esta dissertação está estruturada da seguinte forma: Estado de Arte; Material e Métodos; Resultados e Discussão e Considerações finais.

Este estudo foi realizado no âmbito do projeto INNOACE “Innovación abierta e inteligente en la EUROACE”, com a referência 0049\_INNOACE\_4\_E. (tarefa 2.1.6.).



## 2 Estado da arte

### 2.1 Importância e escassez de água

A água é essencial para a vida e, embora cubra aproximadamente 70 % da área da crosta terrestre, apenas uma pequena fração da água é realmente compatível com as formas de vida terrestre (Shiklomanov, 1993). Esta pequena fração de água doce (2,5 % do total de água na hidrosfera), encontra-se principalmente na forma de gelo e em cobertura permanente de neve nas regiões antártica e ártica (68,7 %).

Segundo Shiklomanov (1993) uma das primeiras razões para a escassez de água observada é que a fração de água disponível para o consumo humano, existente em rios, lagos, reservatórios e aquíferos, não é distribuída uniformemente pelo mundo. Como consequência, 40% da área total do globo terrestre inclui zonas climáticas classificadas como áridas, semi-áridas e sub-húmidas (FAO, 2008).

O crescimento demográfico, o desenvolvimento económico com a melhoria dos padrões de vida, as mudanças climáticas e a poluição levam, simultaneamente, a uma crescente necessidade de recursos hídricos (FAO, 2012). Estima-se que, em algumas regiões do mundo, o uso da água tenha aumentado duas vezes mais rápido que a população humana.

Segundo a FAO (2012), o regadio consome até 70 % da captação de água anual e o uso de água doce tem excedido os níveis mínimos de recarga, levando à dessecação dos cursos de água e à depleção das águas subterrâneas (UNDP, 2006; WWDR, 2020).

As alterações climáticas estão a alterar os padrões climáticos, assim como o abastecimento de água em todo o mundo, tendo sido observado um aumento da temperatura média da Terra e da intensidade e frequência de eventos climáticos extremos (WWDR, 2020). Desta forma, os recursos hídricos globais são afetados de forma muito negativa e a escassez de água e as secas estão a emergir como questões importantes em todo o mundo, atingindo zonas onde, até ao momento, a água não tem sido considerada um fator limitante (Bixio *et al.*, 2006; EU, 2007; FAO, 2012).

A escassez de água afeta pelo menos 11 % da população europeia e 17 % do território da União Europeia (UE). Desde 1980, os números de eventos de seca na Europa aumentaram e têm vindo a ser mais severos, com um custo estimado na ordem dos 100 mil milhões de Euros durante os últimos 30 anos. Estima-se que até 2030, mais de 50 % das bacias hidrográficas da Europa sejam afetadas por estes eventos (EU, 2007).

As projeções apontam para que, até 2050, mais de 50 % da população mundial enfrentará situações de stress ou escassez de água, sendo isso um incentivo sério para encontrar opções de gestão sustentável dos recursos hídricos (Kölbel *et al.*, 2018; WWDR, 2020).

## **2.2 Maximização da economia da água em regadio: Rega deficitária controlada**

A escassez do recurso água que nos últimos anos se tem feito notar em todo o mundo, e em particular na região do Alentejo, é uma realidade em regiões com clima Mediterrânico e com implicações severas na produção agrícola.

A rega, considerada como uma prática cultural eficaz para intensificar o uso dos fatores de produção e diversificar a produção agrícola, contribui também para atenuar a desertificação populacional das regiões do interior de Portugal e permite superar o principal obstáculo do clima Mediterrânico que é a seca estival (Oliveira e Silva & Ramôa, 2019). Segundo os mesmos autores, o recurso à rega é também considerado uma das principais adaptações para sustentar a produção das culturas face às alterações climáticas, sendo condicionada pelo sentido destas alterações.

Neste sentido, os empresários agrícolas destas regiões deverão estar preparados para adotar medidas que otimizem a eficiência do uso da água na agricultura, utilizando o recurso água de forma estratégica e eficiente, sabendo que é um recurso natural escasso e limitado, bem como para assegurar a sua disponibilidade futura (Toureiro *et al.* 2007), garantindo a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Ao nível da parcela, 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 estar relacionada com níveis diferentes de aplicação de água em função das fases fenológicas, onde se verifica uma maior sensibilidade hídrica de que é exemplo a Rega Deficitária Controlada (RDC).

Esta estratégia de rega é uma alternativa ao modo de gestão tradicional, que alguns consideram como uma técnica cultural adaptativa, com elevado potencial para a redução do uso consumptivo de água pela agricultura de regadio (Oliveira e Silva & Ramôa, 2019). Desta forma, será necessário verificar as dotações mínimas que, mesmo existindo períodos de stress hídrico, garantam bons índices de eficiência de utilização de água pela

cultura, mantendo as produtividades, ou até mesmo aumentando-as, próximas mesmo dos máximos potencialmente verificáveis, assegurando assim um nível interessante de rendimento económico do agricultor.

O conceito de RDC surgiu com os primeiros trabalhos realizados por Mitchell *et al.* (1984) e Chalmers (1990), os quais fundamentam a utilização de estratégias de redução da quantidade de água fornecida às culturas em função dos estados fenológicos e em que o stress hídrico controlado não afetará a quantidade e a qualidade da produção final. Hargreaves & Samani (1984) afirmam que a RDC poderá proporcionar um retorno económico por unidade de área, igual ou superior à prática da rega em que a ótica de gestão assenta na maximização da produção, traduzindo-se também em eficiência de uso da água, igual ou superior.

Segundo Wilkinson & Hartung (2019), a RDC baseia-se no princípio de que algumas plantas são mais sensíveis à regulação estomática (através do fecho dos estomas) e da redução da área foliar através de sinais químicos produzidos nos plastídeos (produção de ácido abscísico) em condições de stress hídrico, do que ao processo fotossintético e o crescimento dos frutos/grãos. A definição de estratégias de gestão com RDC, implica a consideração de determinados fatores, os quais poderão mesmo condicionar a sua viabilidade. A figura 1 ilustra esses fatores.

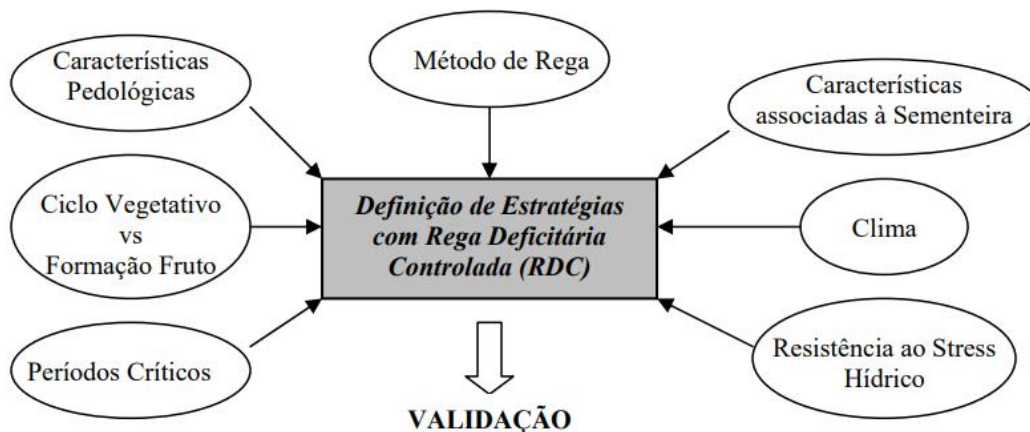


Figura 1- Principais fatores que condicionam a definição de estratégias de RDC (Olalla, *et al.*, 2005).

A forma como cada um destes fatores condiciona a integração de estratégias de gestão com RDC, é descrita por Olalla *et al.* (2005).

A integração de resultados experimentais em ensaios com estratégias de RDC em modelos água/produção, permitem estimar a produção da cultura em função da água por ela utilizada e têm vindo a despertar grande interesse, nas últimas décadas, pelo importante papel que podem desempenhar como auxiliar de gestão, bem como pela otimização de recursos escassos, sendo de grande utilidade quando se trata de gerir a rega em condições de carência hídrica.

É apontado, também, que as estratégias de rega deficitária favorecem o desenvolvimento reprodutivo, aumentando a produção de romãs (Intrigliolo *et al.*, 2013; Selahvarzi *et al.*, 2017).

## **2.3 A cultura da romã**

### **2.3.1 Aspetos gerais e históricos**

A romãzeira (*Punica granatum* L.) é uma das primeiras árvores a ser domesticada no mundo. Trata-se de um dos mais antigos frutos comestíveis, estando referenciada como símbolo de saúde e fertilidade (Morton, 1987).

Sendo uma árvore muito bem adaptada a um largo espectro de climas e condições de solo, surge em inúmeras regiões (Holland *et al.*, 2009). Segundo os mesmos autores, as romãs comestíveis surgem na Pérsia (Irão) em  $\approx$  3000 a.C. e, em  $\approx$  2000 a.C., os Fenícios levaram-nas para a Tunísia e para o Egipto. Por volta da mesma época, a romã surge cultivada na Turquia e na Grécia. A sua expansão continuou por todo o mundo, chegando à China em 100 a.C. (Stover & Mercure 2007). A expansão desta fruteira continuou durante o Império Romano, chegando até Espanha e Portugal.

Também a expansão marítima do Império espanhol, levou a romãzeira até à América Central e América do Sul em 1500 e 1600. Encontra-se documentado que, por volta de 1770, a romã crescia na Califórnia (Seelig, 1970; Morton, 1987).

Na atualidade, devido à elevada adaptabilidade desta árvore, encontram-se pomares comerciais instalados em muitas regiões, especialmente na bacia do Mediterrâneo, onde são obtidos frutos de alta qualidade (Stover & Mercure 2007; Selahvarzi *et al.* 2017). Em áreas tropicais e subtropicais, a romã é considerada um dos frutos mais importantes devido ao baixo custo de manutenção, bons rendimentos e a capacidade de crescer sob condições adversas.

As principais regiões produtoras de romã são o Irão, Afeganistão, Índia e países da bacia do Mediterrâneo como Marrocos, Espanha, Turquia, Tunísia e Egito (Jbir *et al.*, 2008; Melgarejo *et al.*, 2009). O Irão é maior produtor a nível mundial com uma área de plantação de 70.000 ha produzindo 1.000.000 t/ano (Iran Ministry of Agriculture, 2016). A romã iraniana é conhecida pela sua grande qualidade sendo reconhecida como uma romã “premium”. Este reconhecimento resulta do elevado conteúdo em antioxidantes e do seu elevado °Brix, tornando-a uma fruta agradavelmente doce.

A Índia é o segundo maior produtor a nível mundial, com uma área de plantação de 112.000 ha e uma produção de 772.400 t/ano, (NHB, 2012). A Espanha, com aproximadamente 3.000 ha de área de plantação e 40.000 t/ano de produção, é o maior produtor do oeste europeu e o principal exportador mundial de romã (mais de 55% do comércio mundial de romã), cuja produção tem vindo a aumentar como resultado dos altos preços de mercado (Costa e Melgarejo, 2000; Hernández *et al.*, 2012).

Em Portugal, a produção é pequena e com maior expressão no Algarve e Alentejo. A região do Algarve é a mais representativa do país, com 80 % da área e 95 % da produção total (OMAIAA, 2011). Segundo Neves (2019), em 2017 a produção de romãs atingiu o valor de 2.659 t, cinco vezes maior à produção registada em 2013. As cultivares mais representativas são a Mollar de Elche, a Mollar de Játiva, de origem espanhola, e a Asseria (OMAIAA, 2011). As exportações de romãs são praticamente nulas, sendo a Espanha o principal fornecedor deste fruto, com uma quota de quase 100 % (OMAIAA, 2011). Atualmente começam a surgir, no Alentejo, novas áreas de regadio na zona de influência do Alqueva com plantação de alguns pomares de romãzeiras de elevada densidade de plantação.

Existem relatos muito antigos dos benefícios da romã na saúde humana e de ser usada na medicina tradicional como um tónico para a saúde. Por exemplo, os antigos egípcios usavam os extratos de raiz de romã para o tratamento de parasitas (Wren, 1988). Por volta de 400 a.C., existem relatos de uso de extratos de romã para outros propósitos, como para o tratamento da inflamação ocular e problemas de digestão (Holland, 2009). Outros, mencionam o uso de extratos de flores de romã para aliviar as inflamações na boca e garganta (Morton, 1987). Recentemente, o consumo de romãs aumentou, grande parte, através da fruta já processada como, por exemplo, em compotas ou sumos. Vários estudos recentes, com o intuito de quantificar e entender melhor os benefícios nutricionais da

romã, confirmam os seus benefícios para a saúde associados ao seu consumo. Estes estudos mostram que as sementes de romã contêm altos níveis de vitaminas C e K, antioxidantes e fibras; e que possuem qualidades antibacterianas, antifúngicas e antivirais. A romã, e seus derivados, mostraram ser eficazes e ter efeitos preventivos num variado número de tipos de cancro, doenças coronárias, aterosclerose, hipercolesterolemia, hipertensão, diabetes, HIV, doenças infecciosas, envelhecimento e distúrbios cerebrais (Langley, 2000; Holland *et al.*, 2009; Tehranifar *et al.*, 2010). Uma descrição exaustiva sobre os produtos alimentares à base de romã e seus derivados, e os potenciais benefícios para a saúde humana, encontra-se em Kandyliis & Kokkinomagoulos (2020).

Os consumidores, em geral, estão mais alerta para os benefícios da romã, levando a um aumento no consumo desta fruta e de seus produtos derivados. Atualmente existe uma gama muito diversificada de produtos de romã como sumos, geleias, compotas, xaropes, óleos essenciais, bagaço de romã, romã desidratada, cosméticos, entre outros.



Figura 2- Produtos de romã (Fonte: Wong, 2020. Site verywellhealth.com)

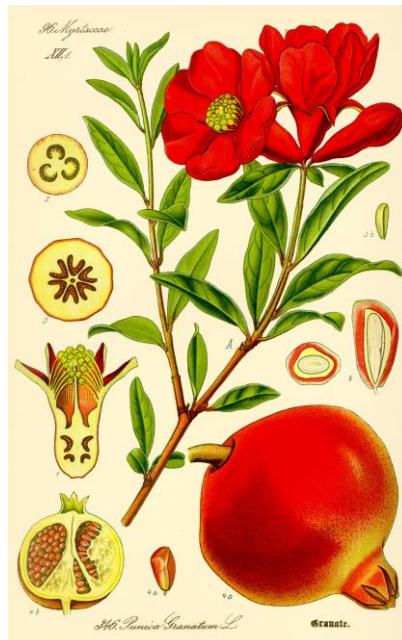
### 2.3.2 Taxonomia

A romã, é uma árvore da família das Lythraceae J. St. Hil. (anteriormente designada Punicaceae), e do género *Punica* L., cientificamente designada por *Punica granatum* L. (Euro+Med PlantBase, 2020).

Dentro do género *Punica*, para além da espécie mais conhecida e cultivada pelos seus frutos, a já referida *Punica granatum* L., existem outras espécies, como a *Punica granatum* var. *nana*, espécie anã de uso ornamental e frutos comestíveis e a *Punica protopunica* Balf. fil., endémica do arquipélago de Socotra no Iémen (Holland *et al.*, 2009).

Tabela 1- Classificação taxonómica da romã (Euro+Med PlantBase, 2020)

Reino	Plantae
Filo	Tracheophyta
Subfilo	Spermatophytina
Classe	Magnoliopsida
Super Ordem	Rosanae
Ordem	Myrtales Bercht. & J. Presl
Família	Lythraceae J. St.-Hil.
Género	<i>Punica</i> L.
Espécie	<i>Punica granatum</i> L.

Figura 3- *Punica granatum*, ilustração de Thomé, 1885 (Fonte: Thomé, 1885. Site wikipedia.org)

A romãzeira sendo uma fruteira muito disseminada pelo mundo, ao longo do tempo, tem uma grande diversidade genética que lhe permitiu adaptar-se a diversas condições climáticas.

Os bancos de germoplasma da espécie evidenciam a sua grande diversidade como é o caso de Espanha, o Irão (principal produtor) e o Turquemenistão com 104, 760 e 1117, exemplares respetivamente (Holland *et al.*, 2009).

### 2.3.3 Características morfológicas

#### 2.3.3.1 Aspectos morfológicos gerais

A romãzeira é uma árvore pequena, com 3 a 6 m de altura. Apresenta tendência basítona, o que significa que no primeiro ano de seu desenvolvimento, o tronco principal do arbusto eleva-se muito pouco acima do solo. No segundo ano formam-se ramos vigorosos que ultrapassam o tronco principal. O tronco é tortuoso, a madeira é dura e a casca é escamosa (Morton, 1987). Tem uma grande tendência para produzir ramos ladrões junto do tronco a partir do solo. A maioria das cultivares de romãzeiras são árvores de folha caduca. No entanto, existem vários genótipos que se comportam como perenes na Índia (Singh *et al*, 2006). A romãzeira tem ramos que, dependendo da cultivar, podem ser bastante espinhosos. A esperança de vida desta fruteira é extremamente longa, encontrando-se algumas espécies, em França, com cerca de 200 anos (Morton, 1987). O sistema radicular é muito superficial e horizontal, não tendo uma raiz principal muito definida. A raiz é nodosa e consistente, possui cor avermelhada e contém um alcaloide, que é a punicina.

As folhas são de cor verde brilhante, lustrosas, inteiras e surgem opostas ou agrupadas em ramalhetes (figura 4). Têm forma lanceolada a ovada e pecíolo curto (Holland *et al*, 2009). Geralmente medem 2 a 8 cm de comprimento e 0,8 a 2 cm de largura.

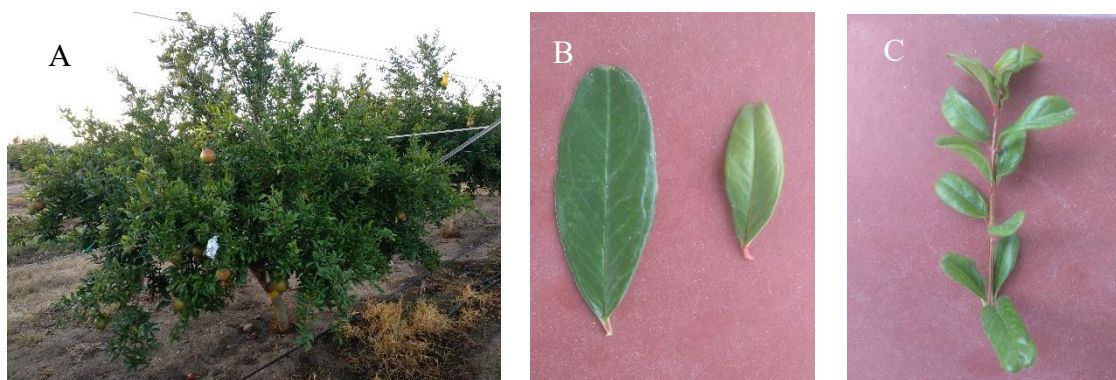


Figura 4- A) Crescimento vegetativo da romãzeira; B) Folha madura (Esquerda) e jovem (Direita); C) Rebento jovem.

#### 2.3.3.2 As Flores

As flores da romãzeira são normalmente vermelhas a vermelha-alaranjadas e tem uma forma afunilada (cálice). As romãzeiras podem ser autopolinizadas ou podem sofrer polinização cruzada realizada por insetos (Morton, 1987). As flores nascem sobretudo sub-terminalmente, principalmente em ramos laterais curtos com mais de 1 ano, embora



em algumas cultivares se podem encontrar flores nas axilas dos ramos. As flores (figura 5) podem aparecer solitárias ou em ráculos (2-7 flores), sendo mais comum aparecerem em ráculos de 3. A maior parte das flores solitárias aparece nas axilas dos ramos enquanto que os ráculos são terminais (Holland *et al.*, 2009). A romãzeira inicia a floração em meados de maio até o início de junho, e é escalonada (Mars, 2000).



Figura 5- Diferentes ráculos de flores de romãzeira.

As flores da romãzeira são hermafroditas (férteis e em forma de vaso) e flores masculinas (inférteis e em forma de sino) na mesma planta (figura 6). As flores hermafroditas têm partes femininas bem formadas (estigma, estilete, ovário) e masculinas (filetes e anteras). As flores masculinas produzem partes masculinas bem desenvolvidas, mas estudos demonstraram conter partes femininas reduzidas e por isso são descritas como flores funcionalmente masculinas. Os frutos só se desenvolvem a partir de flores hermafroditas e como as flores masculinas não conseguem dar frutos, normalmente, caem (Holland *et al.*, 2009; Wetzstein *et al.*, 2011). As flores podem ser autopolinizadas ou de fecundação cruzada.



Figura 6- Flor hermafrodita (Esquerda) e masculina (Direita).

A posição do estigma, nas flores hermafroditas, está à mesma altura das anteras ou emerge acima delas, de modo que a autopolinização seja dominante comparado com a polinização por insetos. A proporção entre os sexos das flores na romãzeira pode afetar a capacidade do vingamento dos frutos, a produtividade e o rendimento (Mars, 2000; Holand *et al*, 2009). Além da floração (figura 7), também o vingamento é escalonado e consequentemente vão ocorrer diferentes épocas de maturação dos frutos. A qualidade dos frutos vai diminuindo à medida que o vingamento é mais tardio (Morton, 1987).



Figura 7- Ilustração da floração e vingamento escalonado da romãzeira.

### 2.3.3.3 Os Frutos

A romã é uma baga globosa, denominada balaústia (fruto sincárpico, proveniente de ovário ínfero, com o pericarpo coriáceo e o interior dividido em câmaras, por lamelas delgadas, repletas de arilos encostados uns aos outros (glossário da U. Coimbra)), (figura 8). Na base é coroada por um proeminente cálice que se mantém até à maturidade. Possui uma casca rija contendo muitas sementes rodeadas pelos sumarentos arilos ou bagos, que

são a parte comestível desta fruta (Holland *et al*, 2009). A casca dura é tipicamente vermelha brilhante, rosada e verde amarelado e é composta por duas partes, o epicarpo que corresponde à camada exterior rija e o mesocarpo, que corresponde ao tecido branco e esponjoso (câmaras) na parede interna do fruto onde os arilos estão ligados. Os frutos amadurecem 5 a 6 meses após a floração (Morton, 1987) e são colhidos quando a sua qualidade alcança o espetável pelo mercado. O tamanho e o peso do fruto aumentam até 150 dias após a ântese (abertura das flores), quando o fruto atinge a maturação. Existe uma grande diferença entre cultivares de romã no que respeita a peso do fruto, volume, número de sementes, cor e aparência geral (Mir *et al.*, 2012).



Figura 8-Romã em crescimento (Esquerda) e romã madura (Direita).

Dependendo das cultivares, os arilos variam desde vermelho escuro a praticamente incolores, e são constituídos por água (85 %); açúcares (10 %), nomeadamente frutose e glicose; ácidos orgânicos (1,5 %), designadamente, ácido ascórbico, cítrico e málico; e compostos bioativos, tais como polifenóis e flavonoides (principalmente antocianinas). O número de câmaras e arilos varia de fruto para fruto. Em geral, as partes comestíveis da romã representam 52% do peso total, composto por 78 % de sumo e 22 % de sementes (El-Nemr *et al*, 1990). A figura 9, representa um corte longitudinal da romã onde se pode observar as câmaras e os arilos.



Figura 9- Corte longitudinal da romã.

No fruto, o conteúdo em sumo, sólidos solúveis totais (SST) e antocianinas, regra geral, aumentam continuamente durante a maturação enquanto que a acidez diminui. Shulman *et al.* (1984) reportaram que os açúcares mais relevantes na romã são a glucose e a frutose e que a sacarose e maltose são praticamente inexistentes. Os principais ácidos presentes são o málico e o cítrico. O volume do fruto, peso dos arilos e percentagem de sumo aumentam durante o crescimento do fruto, enquanto que o peso da casca diminui com o a maturação do fruto (Dhillon & Kumar, 2004a).

A cor vermelha do sumo da romã na maioria das cultivares deve-se à presença de antocianinas. Estes compostos são importantes devido à sua ação antioxidante que apresentam proteção contra os radicais livres e retardam o processo de envelhecimento das células (Melgarejo *et al.*, 2000). Gil *et al.* (2000), estimaram que 10 % da capacidade antioxidante do sumo de romã deve-se à presença de antocianinas e que são três vezes superiores aos do vinho tinto e do chá verde.

#### **2.3.3.4 Crescimento vegetativo e reprodutivo**

A romãzeira apresenta um repouso vegetativo durante o período frio de inverno e inicia o seu desenvolvimento/atividade vegetativa com o abrolhamento dos gomos foliares ou mistos, seguido do aparecimento dos ramos jovens e folhas. Segue-se a atividade reprodutiva com o início da floração, a polinização, vingamento (tal como foi referido anteriormente, é escalonado e varia em função das cultivares) e maturação dos frutos. No caso das fruteiras de folha caducas, estas caem antes do início do repouso invernal seguinte.

Na figura 10 estão representados os estados fenológicos da romã e as datas da sua ocorrência para duas cultivares de romã, a Mollar de Elche e Mollar de Játiva, em Beja Portugal (Regato & Guerreiro, 2012). Constata-se um intervalo de tempo bastante alargado em cada um dos estados fenológicos, consequência do escalonamento da floração, com as implicações que tem ao nível da calendarização das operações culturais. A cultivar Wonderful apresenta uma colheita tardia, entre outubro e novembro.

ESTADOS FENOLÓGICOS								
								
	Entumescimento do gomo	Ponta vermelha	Aparecimento das 1.ª folhas Separação das folhas Crescimento das folhas Alargamento dos entrenós	Aparecimento dos gomos florais Entumescimento dos gomos florais Alargamento da flor e do cálice Abertura do cálice Início da abertura das flores	Flor aberta	Início da queda das flores Queda das pétalas / vingamento	Desenvolvimento do fruto	Maturação do fruto
CULTIVARES								
Mollar de Elche	20/01 a 05/03	05/02 a 17/03	09/02 a 20/03	23/03 a 12/07	28/04 a 12/07	30/04 a 20/07	20/06 a 20/09	20/09 a 16/10
Mollar de Játiva	15/01 a 02/03	03/02 a 15/03	07/02 a 20/03	23/03 a 26/04	26/04 a 09/07	03/05 a 16/07	25/06 a 15/09	15/09 a 10/10

Figura 10- Estados fenológicos das cultivares Mollar de Elche e Mollar de Játiva.



### 2.3.3.5 Cultivares







Existem mais de 500 cultivares, com características que variam entre os diferentes génotipos de romãs e que são importantes para a sua identificação, preferência do consumidor, preferência de uso e do nicho de mercado potencial (Stover & Mercure 2007).

As características mais importantes são: tamanho dos frutos; cor da pele (variando desde o amarelo até roxo, sendo que o vermelho e rosa são as mais comuns); cor dos arilos (variando entre o branco e o vermelho); dureza dos mesmos; estado de maturação; conteúdo em sumo; acidez; doçura e adstringência.

A grande maioria das cultivares de romã cultivadas, hoje em dia, resultaram da seleção a partir de cultivares selvagens com vista a dar resposta às exigências dos consumidores locais, sendo essa a razão de existirem diferentes cultivares locais que refletem as prioridades de cada país ou região. Seguidamente descrevem-se algumas das cultivares atualmente mais indicadas para as condições do nosso território:

Tabela 2- Descrição e imagens das cultivares de romãs mais indicadas para o território português.

Cultivar	Descrição	Imagem ilustrativa do fruto
<b>Wonderful</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivar de origem Californiana, Estados Unidos. Neste momento esta cultivar é uma das mais cultivadas no mundo (EUA, Israel, Grécia, Chile, etc.).</li> <li>• Fruto de calibre médio a grande e coroa larga, apresenta uma coloração externa vermelha muito intensa, com sementes pequenas, de cor vermelha, agridoces ou ácidas, dependendo da época de colheita.</li> <li>• Grau brix de 13 a 18; uma acidez de 2 a 3; alta percentagem de sumo 30 a 45 %.</li> <li>• A sua epiderme é resistente ao transporte e manipulação.</li> <li>• A colheita é tardia, entre o final de setembro e o final de outubro, e a produtividade varia entre 35-40 t/ha.</li> </ul>	
<b>Smith</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É uma cultivar de sabor muito agradável e intenso com elevado grau brix de 14 a 18 quando madura, superior ao da maioria das cultivares de romã, acidez média entre 1 e 1,6 (Mena <i>et al.</i>, 2011).</li> <li>• Esta cultivar tem um rendimento que pode variar entre 25 a 30 t/ha. A época de colheita realiza-se de setembro a outubro.</li> </ul>	

<p><b>Acco</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivar israelita, cujo fruto apresenta um interior de cor vermelho escuro e o exterior com uma tonalidade que varia de vermelho a rosa.</li> <li>• As produtividades nesta cultivar situam-se entre 15 a 25 t/ha e a colheita decorre entre meados de agosto e outubro (Fawole <i>et al.</i>, 2012).</li> </ul>	
<p><b>Mollar de Elche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivar espanhola mais cultivada na Espanha (96 % da produção espanhola). Tem a sua origem em Elche (Alicante), Espanha</li> <li>• Apresenta um grau brix mínimo de 14; acidez entre 0,18 e 0,24.</li> <li>• As produtividades médias, de acordo com a estrutura de plantação, são de 25-35 t/ha e a colheita é tardia decorrendo entre outubro e novembro (Melgarejo <i>et al.</i>, 2011).</li> </ul>	
<p><b>Valenciana</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivar espanhola.</li> <li>• Esta cultivar apresenta um grau brix de 13,9 a 15,5; uma acidez de 0,14 a 0,26; cor rosa intenso na pele e rosa claro nos arilos.</li> <li>• Colhida no final de agosto até o final de setembro, a sua produção varia entre 25-30 t/ha (Melgarejo <i>et al.</i>, 2011).</li> </ul>	
<p><b>EMEK</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivar israelita cujo fruto apresenta casca de cor rosa escuro, uniforme em toda a casca, e interior vermelho.</li> <li>• As produtividades nesta cultivar rondam as 30 t/ha, sendo uma cultivar precoce (Fawole <i>et al.</i>, 2012).</li> </ul>	
<p><b>Shani</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivar israelita com casca de cor vermelha a rosa, uniforme em toda a casca e o interior de cor vermelho escuro.</li> <li>• Cultivar precoce com produtividades a rondar as 30 t/ha (Fawole <i>et al.</i>, 2012).</li> </ul>	
<p><b>Kingdom</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivar de grande tamanho e casca avermelhada.</li> <li>• Cultivar de produção tardia cuja época de colheita se realiza entre final de outubro e novembro. É bastante produtiva com produtividades que rondam as 40 t/ha.</li> </ul>	

**Bigful**

- Cultivar espanhola que apresenta frutos de muito bom calibre com casca de cor vermelha e interior de cor vermelho intenso.
- É uma cultivar precoce, sendo interessante devido ao seu potencial produtivo, data de colheita e qualidades gustativas.



A escolha da cultivar deve atender não só aos aspetos relacionados com a sua adaptabilidade às condições edafo-climáticas da região produtora mas, também, aos aspetos relacionados com a comercialização da fruta, podendo optar-se por cultivares mais precoces ou tardias. Outro aspeto muito importante, e que pode ser um constrangimento, prende-se com o facto de algumas cultivares de romã não serem livres de *royalties*, o que significa os produtores terem de pagar aos detentores dos registos dessas cultivares. No caso das cultivares indicadas como exemplo, as que estão livres de *royalties* são a Mollar de Elche, Wonderful, Valenciana e a Acco.

### 2.3.3.6 Propagação

A romãzeira propaga-se facilmente por sementes. No entanto, este método não é utilizado pois as árvores podem perder algumas das qualidades das cultivares que lhes deram origem. O principal método de propagação da cultura é por estaca, pela facilidade de enraizamento sem necessidade de aplicação de hormonas de enraizamento e de serem previamente plantadas em vasos de viveiros. Também, permite assegurar uma maior uniformidade das plantas (Ozguven & Ak, 1993).



Figura 11- Enraizamento de romãzeira a partir de estacas.

As estacas, para enraizamento, devem ser retiradas de ramos maduros com um ano e inseridas no solo cerca de dois terços do seu comprimento.



### 2.3.4 Exigências edafo-climáticas

A tabela seguinte resume as exigências edafo-climáticas da cultura da romã.

Tabela 3- Exigências edafo-climáticas da cultura da romã (adaptado de Morton, 1987; Melgarejo & Martinez, 1989; Kumar, 1990; Melgarejo, 2003; Holland *et al.*, 2009; AJAP, 2017).

Exigências edafo-climáticas	
Temperatura	<p>Bem adaptada a ambientes mediterrânicos (invernos frescos e verões quentes e secos), para amadurecer adequadamente.</p> <p>Tem a capacidade de resistir a temperaturas abaixo de 0 °C, na fase de dormência invernal, mas não abaixo dos -10 °C.</p> <p>Tolera temperatura máximas superiores a 40 °C na fase vegetativa, sendo que a temperatura de 38 °C, em condições de clima seco durante o desenvolvimento do fruto, produzem os frutos de boa qualidade.</p> <p>Temperatura ótima para o desenvolvimento da planta entre os 20 e os 30 °C.</p> <p>Necessidades de horas de frio invernal (número de horas com temperaturas inferiores a 7 °C) entre 80h a 200h.</p> <p>Resistência a baixas temperaturas.</p> <p>Sensível às geadas tardias de outono, antes de entrar no período de dormência, e também às geadas tardias de primavera, quando os diferentes órgãos da árvore estão formados, como os frutos vingados, as flores e as gemas, levando à floração tardia.</p>
Precipitação	<p>Bem adaptada a largos períodos de seca.</p> <p>Conduzida em sequeiro necessita de uma precipitação anual bem repartida de 500-700mm, para obtenção de frutos com qualidade.</p> <p>Como a precipitação do clima mediterrânico é sazonal e assimetricamente repartida, considera-se que para obter bons resultados nesta cultura, é benéfico a prática da rega.</p>
Humidade relativa	<p>Humidade relativa elevada durante a floração e a fase inicial de desenvolvimento do fruto é inadequada ao cultivo desta fruteira.</p> <p>A elevada humidade relativa tende a diminuir o °Brix, e causar o rachamento do fruto. O ataque de fungos, como por exemplo os do género <i>Alternaria</i> e <i>Phytophthora</i> também é potenciado pela existência de elevada humidade relativa em certas fases fenológicas.</p>
Vento	<p>Ventos fortes podem dificultar a ação dos insetos responsáveis pela polinização das árvores;</p> <p>Pode provocar queda dos frutos recém vingados, dessecação das folhas pelo aumento da taxa de transpiração e danos nas árvores.</p> <p>Árvores jovens também podem ser afetadas pelos ventos fortes; o uso de tutores minimizam este facto.</p> <p>É importante orientar a plantação na direção dos ventos dominantes para minimizar os danos causados.</p>
Solos	<p>Apresentam adaptabilidade a vários solos.</p> <p>O melhor desenvolvimento é verificado em solos profundos, frescos, permeáveis e de textura ligeira.</p> <p>Tolerante à salinidade dos solos, suportando água de rega com condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de 5 dS/m.</p> <p>Tolerantes a solos moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos, desenvolvendo-se melhor para valores de pH entre 5,5 a 7,2.</p>

### **2.3.5 Práticas agrícolas**

#### **2.3.5.1 Definição e preparação do terreno da parcela**

O local de plantação deve ser definido tendo em conta a circulação do ar e a exposição solar. Segundo Melgarejo *et al.* (2000), conseguem-se bons níveis de produção e qualidade de frutos da romãzeira em locais com médias diárias de 6 horas de radiação solar direta.

Na escolha do local de plantação devem ser evitadas zonas que favoreçam o desenvolvimento de geadas, tal como zonas de vales (Holand *et al.*, 2009).

Podem ter que ser realizadas mobilizações profundas até 1 m de profundidade, caso se verifiquem a existência de horizontes compactos do perfil de solo. Algumas valas terão de ser abertas para permitirem a drenagem e a instalação das tubagens do sistema de rega gota-a-gota (Holand *et al.*, 2009).

Com alguma antecipação, deverão ser realizadas análises de solos para que se possam definir planos de adubação de fundo e/ou correções que sejam necessárias efetuar antes da plantação.

Poderá haver a necessidade da construção de camalhões quando o solo é pouco profundo. Esta técnica cultural aumenta a drenagem dos solos, prevenindo problemas de asfixia radicular, uma vez que o arejamento aumenta e também aumenta o volume de solo explorado pelas raízes, permitindo o crescimento e distribuição das raízes e, conseqüentemente, aumentando as disponibilidades em água e nutrientes às árvores (Rodriguez *et al.*, 2012).

#### **2.3.5.2 Plantação**

No hemisfério norte, a melhor altura para realizar a plantação está compreendida entre o início de janeiro e a entrada da primavera (dependendo se o transplante é feito com plantas de raiz nua ou envasadas), que corresponde ao período de repouso vegetativo da romãzeira (AJAP, 2017).

A plantação deve ser feita, idealmente, com plantas (estacas) com 1 ano de idade, realizando uma rega diária, nos primeiros tempos, para manter o solo à capacidade de campo (Holand *et al.*, 2009).

Como a romã é uma espécie com tendência basítona, cria rebentos vigorosos na base dos troncos, assim como ramos ladrões no tronco e ramos principais. O método tradicional de condução das romãzeiras é o de múltiplo tronco, embora atualmente, nas novas plantações, se comecem a utilizar outros sistemas de condução, como a condução em vaso e a tutoragem em aramação (Blumenfeld *et al.* 2000). Este último é, atualmente, o sistema mais utilizado nos pomares mais modernos de Israel e Espanha, e também em Portugal, registando-se aumentos da produção em cerca de 20 %.

No sentido de proporcionar as melhores condições de luminosidade para o desenvolvimento dos frutos, para o método de condução tradicional o compasso de 6 x 4 m é apontado como o mais indicado. No entanto, podem também ser adotados outros compassos (6 x 3 m; 5 x 3 m; 5 x 2,5 m), dependendo do vigor e porte das cultivares e do modo de condução utilizado (Rodriguez *et al.*, 2012).

### 2.3.5.3 Fertilização

Em relação à cultura da romã, os dados disponíveis da bibliografia relativamente à fertilização são limitados. A maioria dos ensaios de fertilização relatados foram realizadas na Índia, na Turquia e no Irão. A romãzeira é uma árvore pouco exigente e cresce bem em solos com níveis baixos em nutrientes, e a produção aumenta com a aplicação de adubos e fertilizantes. As condições ecológicas do local (solos e clima) também condicionam as exigências nutricionais das árvores (Holand *et al.*, 2009).

A tabela 4 indica os valores referentes aos teores em nutrientes das folhas considerados ótimos para a cultivar Mollar de Elche, e que variam consoante as cultivares e modo de exploração do pomar, mais ou menos intensivo (Agustí, 2010).

Tabela 4- Valores de referência para o conteúdo foliar ótimo de nutrientes (cultivar Mollar de Elche) (Agustí, 2010).

<b>Macronutriente</b>	<b>(%)</b>	<b>Micronutriente</b>	<b>(ppm)</b>
Azoto (N)	1,34-1,76	Ferro (Fe)	49-118
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,11-0,15	Zinco (Zn)	2-5
Potássio (K <sub>2</sub> O)	0,55-0,69	Manganês (Mn)	25-47
Cálcio (CaO)	0,66-1,55	Cobre (Cu)	10-16
Magnésio (MgO)	0,29-0,37	Boro (B)	11-14
		Sódio (Na)	208-277

Não existem, ainda, estudos que nos indiquem quais as extrações anuais de nutrientes de uma romãzeira adulta em exploração comercial, sendo, por isso, ainda desconhecidas com precisão as suas exigências nutricionais. Os valores apontados de fertilização são algo empíricos. Agustí (2010), indica 200 kg/ha de N; 300 kg K<sub>2</sub>O/ha e 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Outros autores (Kosto *et al.*, 2007), indicam que, para produções da ordem dos 30000 kg/ha.ano a romãzeira necessita, em média, de 216 kg/ha de N, 416 kg K<sub>2</sub>O/ha e 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.

O azoto é aplicado desde o início da campanha de rega, até duas semanas antes da colheita. Poderá ser realizada uma fertilização adicional de azoto após a colheita em cultivares precoces. Aplicações excessivas ou tardias de azoto podem atrasar a maturação dos frutos e o desenvolvimento da cor. O potássio e o fósforo são aplicados ao longo da campanha de rega.

#### **2.3.5.4 Rega**

A fruticultura, em regiões áridas e semiáridas, deve ser direcionada para o uso de material vegetal menos exigente em água e mais resistente ao stress hídrico o que, em conjunto com a rega deficitária, irá permitir significativas poupanças de água e produção de fruta de qualidade (Melhisho *et al.*,2012). A romãzeira é considerada uma cultura resistente à seca, suporta elevadas temperaturas e, por isso, pode desenvolver-se nestas ou até mesmo em zonas desérticas. Em condições áridas e semiáridas, para atingir boas produções e boa qualidade do fruto para produção comercial, há necessidade de regar ao longo do período estival (Prasad *et al.*, 2003; Holland *et al.*, 2009).

Daí que a gestão da rega na romãzeira é muito importante, não só ao nível da produção frutícola mas, também, ao nível de uma melhor gestão da água.

Os sistemas de rega gota-a-gota têm um efeito positivo no crescimento vegetativo das plantas (altura da planta, diâmetro da haste, propagação) e na produção (Prasad *et al.*, 2003) e consomem até menos 66 % de água quando comparados com outros tipos de rega, por exemplo, a rega por sulcos, também praticada em pomares de romãs do mundo. Uma vantagem deste sistema de rega gota-a-gota em relação a esta cultura, é que reduz a acumulação de água na zona das raízes, devido à separação entre gotejadores e ao afastamento das tubagens em relação ao tronco, minimizando a possibilidade de ocorrência de asfíxia radicular e o desenvolvimento de doenças, como é o caso da *Phytophthora*.

As necessidades totais em água, para a campanha de rega, da romãzeira rodam os 5000 a 6000 m<sup>3</sup>/ha, dependendo do tipo de solo e das exigências evaporativas locais, podendo atingir produções da ordem dois 25 a 45 t/ha. (Holland *et al.*, 2009).

A qualidade da água da rega também deve ser tida em conta. As romãzeiras são tolerantes à salinidade da água de rega com intervalo entre 1600 e 2500 ppm (Mars, 1990).

Quando se rega para além das necessidades hídricas ou após um evento de precipitação, em particular na fase de maturação do fruto, pode ocorrer o rachamento do mesmo (Ozguven *et al.*, 2012). Sempre que possível recomenda-se um fornecimento de água adequado ao longo da época de crescimento, que contribui para o crescimento vegetativo, a produção, e reduz o fenómeno de rachamento.

O teor de humidade do solo e o nível de stress hídrico da planta, devem ser monitorizados para se conseguir fornecer a quantidade de água necessária em intervalos adequados (fonte de informação importante para a gestão da rega). A correta gestão da rega é muito importante para otimizar o uso dos recursos hídricos existentes, ou seja, fornecer a quantidade de água necessária à cultura e, ao mesmo tempo, minimizando problemas ambientais que possam ocorrer como a erosão hídrica, salinização dos solos e eutrofização das águas superficiais e subterrâneas.

A rega deficitária tem demonstrado influenciar vários processos fisiológicos e bioquímicos em plantas (Hepaksoy *et al.*, 2009). O estado hídrico da planta pode ser avaliado através de sintomas visuais, conjugando com outras metodologias mais rigorosas como o recurso à câmara de pressão de Scholander (potencial hídrico), porómetros (condutância estomática), medidores de clorofila (teor em clorofila), dendrómetros (variação do diâmetro do tronco), sensores de fluxo de seiva (transpiração) e termómetros de infra-vermelhos (temperatura do coberto vegetal).

#### **2.3.5.5 Poda**

Por norma, a poda das romãs das zonas mediterrânicas é realizada no final de janeiro, início de fevereiro. Tem como finalidade a remoção de madeira velha e a que apresenta ataques de pragas ou doenças; o arejamento e a permissão da entrada de luz no interior da copa, e facilitar a aplicação de tratamentos fitossanitários.

Existem diferentes sistemas de poda, e na romãzeira a par de outras fruteiras, são usados tendo em conta o ciclo vegetativo anual e tendo em conta o ciclo de vida da árvore. Assim,

durante o ciclo anual distingue-se a poda em verde e a de inverno, e durante o ciclo de vida podem realizar-se a poda de formação, de produção e de rejuvenescimento.

#### **2.3.5.6 Colheita**

Não sendo um fruto climatérico, a romã deverá ser colhida madura. Atrasos na colheita poderão aumentar a percentagem de frutos rachados.

Os frutos estão, por norma, prontos para ser colhidos 5 a 6 meses após o aparecimento de botões florais. O calendário de colheita, no hemisfério norte, varia de agosto (para as cultivares mais precoces) a novembro (para as cultivares mais tardias), dependendo também das regiões. Devido a esta fruteira apresentar uma floração escalonada, e consequentemente uma não uniformidade nos frutos, poderá ser necessário fazer mais do que uma passagem de colheita.

A colheita é feita de forma manual com recurso a tesoura de poda. Esta deve ser feita com muito cuidado para prevenir golpes e hematomas na fruta (Mir *et al.*, 2012), em particular na fruta para consumo humano.

### **3 Materiais e métodos**

#### **3.1 Parcela experimental**

Este estudo foi realizado em 2018, num pomar de romãzeiras situado no Monte das Carvoeiras, na freguesia de Nossa Senhoras das Neves, Beja (37°99'73.4'' N, 7°81'03.8'' W, 236 m altitude) (figura 12).

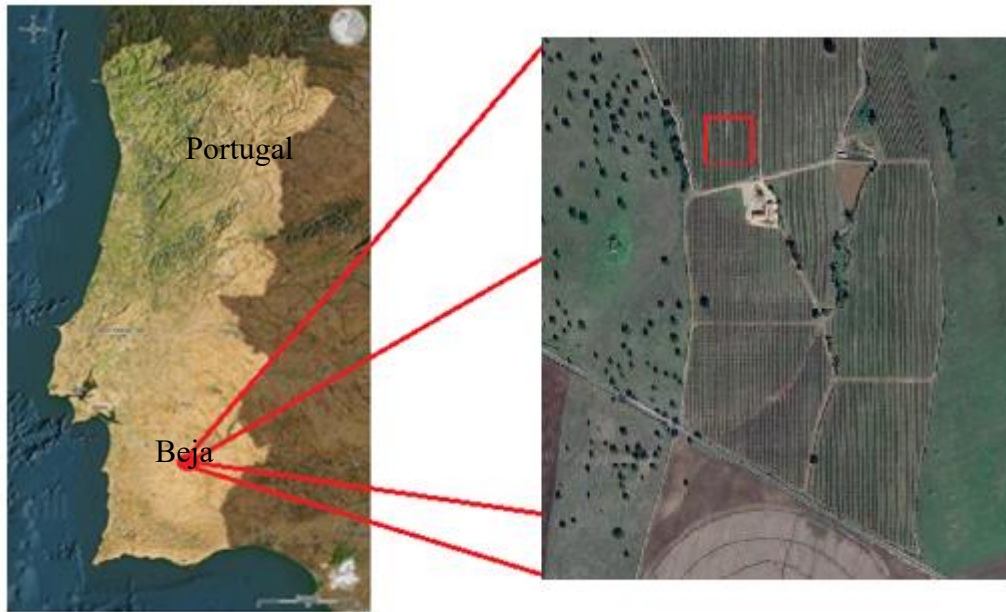


Figura 12- Localização da exploração agrícola no território de Portugal Continental.

O pomar tem cerca de 23 ha e os trabalhos experimentais foram conduzidos numa parcela com cerca de 3 ha. A parcela apresenta uma topografia de declive suave e está ocupada pela cv. Wonderful (com cerca de 5 anos de idade) e com um compasso de 5,5 m x 3,5 m. Apresenta um enrelvamento natural da entrelinha e um sistema de condução em vaso com aramação.

### 3.2 Caracterização edáfo-climática

Para a caracterização do solo da parcela em estudo, colheram-se 3 amostras compostas de solo, perturbadas, em cada unidade experimental, que foram analisadas pelo Centro Tecnológico Agroalimentar da Extremadura (CTAEX) em Badajoz, cujos resultados se encontram na tabela 5, e foram determinados de acordo com a metodologia descrita em Martinez (1990).

Tabela 5- Análise de solos da parcela em estudo.

Parâmetros		Metodologia	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
pH (H <sub>2</sub> O 1/2,5)		Potenciometria	7,9	6,4	6,6
Condutividade (extrato 1/5 µS/cm)		Condutividade	124,3	45,5	88,0
Azoto (%)		Kjeldahl	0,1	0,1	0,1
Relação C/N		Cálculo	13,	9,9	8,4
Fósforo (ppm)		Egner-Riehm	52,1	36,9	66,1
Catiões de troca (meq/100g)	Potássio	Extração com acetato de amónio	0,5	0,3	0,4
	Cálcio		15,4	12,5	14,5
	Magnésio		3,5	4,1	4,6
	Sódio		2,6	2,6	1,7
Matéria orgânica (%)	Carbono orgânico total	Walkley-Black	1,1	0,8	1,1
	Matéria orgânica *	Cálculo	1,8	1,3	1,9
Micronutrientes (ppm)	Cobre	ICP espectrometria	2,3	2,5	2,4
	Ferro		29,7	39,3	46,8
	Manganês		4,7	8,1	7,5
	Zinco		2,5	3,2	2,1
	Boro		0,1	0,1	0,1
Classe Textural		Sistema internacional	Franco- arenoso	Franco- argilo- arenoso	Franco- Argilo- Arenoso
Textura (%)	Areia	Crivagem e pipetagem	71,4	71,1	56,7
	Limo		9,6	6,0	14,0
	Argila		18,9	22,9	29,3

\*Considerando que o teor em matéria orgânica do solo contém 58% do carbono orgânico total

Em termos climáticos, o Baixo Alentejo é uma região de clima Mediterrânico, mesotérmico húmido, com estação quente e seca no Verão (Csa, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger). A temperatura média anual, registada entre 1971 e 2000, foi de 15,8 °C, sendo que se registaram valores de temperatura média mensal entre os 25 °C e os 9 °C Para o mesmo período de tempo, o regime de precipitações variou ao longo do ano, com valores de precipitação anual da ordem dos 506 mm, sendo que a sua maior ocorrência prevalece nos meses de outono e inverno, enquanto que nos meses de verão verificam-se níveis de precipitação muito baixos (figura 13).



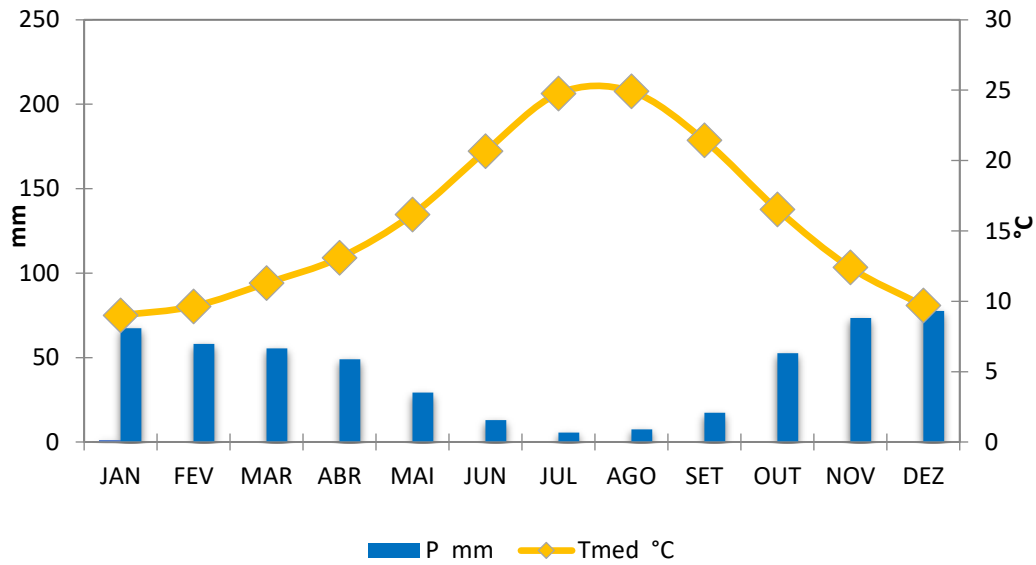


Figura 13- Temperatura e precipitação média mensal da estação meteorológica de Beja para o período 1971 a 2000 (IPMA, 2020).

Segundo a informação da Estação Meteorológica da Quinta da Saúde pertencente ao Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio (COTR) (latitude 38° 02' N, longitude 7° 53' W e altitude 206 m), localizada a cerca de 8 km do local onde decorreu o ensaio de campo, em relação ao ano de 2018, a precipitação anual foi de 650 mm e a temperatura média anual foi de 16,2 °C (figura 14).

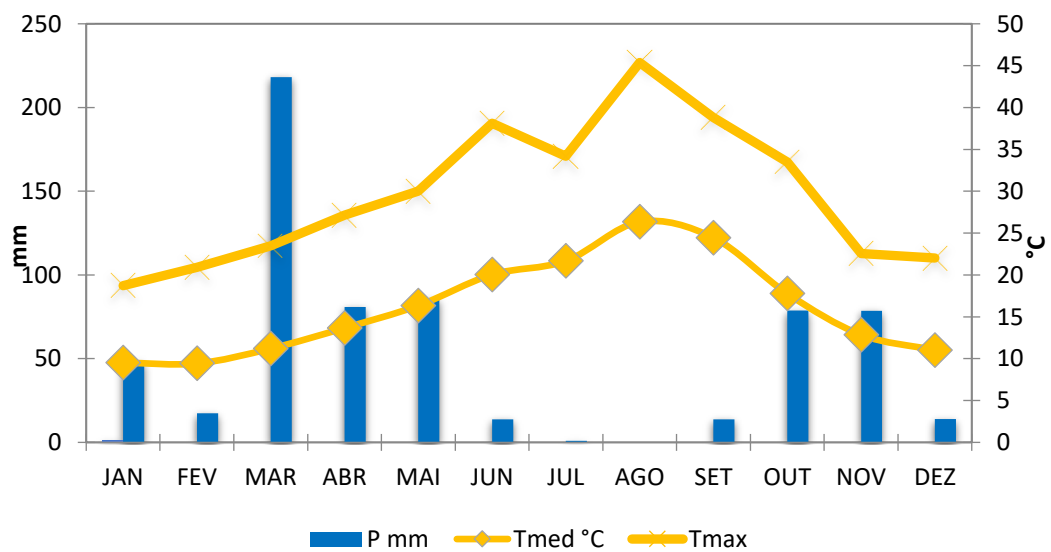


Figura 14- Temperatura média mensal, temperatura máxima mensal e precipitação mensal registadas na estação meteorológica da Quinta da Saúde para o ano de 2018 (COTR, 2020).

Podemos verificar que, para o ano de 2018, as temperaturas médias mensais nos meses de inverno foram mais baixas, nos meses de primavera foram muito semelhantes e nos meses de verão e outono foram superiores, comparativamente, à média de temperaturas registadas entre 1971 e 2000. De referir também que em agosto registou-se uma temperatura média de 26,3 °C, com alguns dias de calor extremo, com temperaturas máximas superiores a 40 °C em três dias consecutivos (2, 3 e 4 de agosto). Em termos de precipitação, podemos observar que o ano de 2018 foi diferente comparativamente às normais climatológicas de 1971 a 2000. No mês de janeiro a precipitação foi inferior no ano de 2018 em relação ao respectivo valor da normal climatológica. O mês de fevereiro apresenta uma diferença mais acentuada, de menos 40 mm. Em março verificou-se o oposto, com um aumento acentuado na precipitação, de 163 mm. Em abril e maio, os níveis de precipitação também aumentaram, mas com uma diferença menor comparativamente aos valores das normais climatológicas. É de salientar que os meses de julho e agosto, referentes ao ano de 2018, apresentam valores de precipitação praticamente nulos. O mês de outubro apresenta uma precipitação 26 mm superior relativamente à normal. Em novembro a precipitação ocorrida é semelhante, mas em dezembro é inferior à respetiva normal climatológica.

### 3.3 Delineamento Experimental

Para a seleção do local de estudo, considerou-se uma parcela com características o mais homogéneas possível, que fosse representativa do local e onde fosse exequível proceder à adaptação do sistema de rega do agricultor. O delineamento utilizado no ensaio encontra-se representado na figura 15.

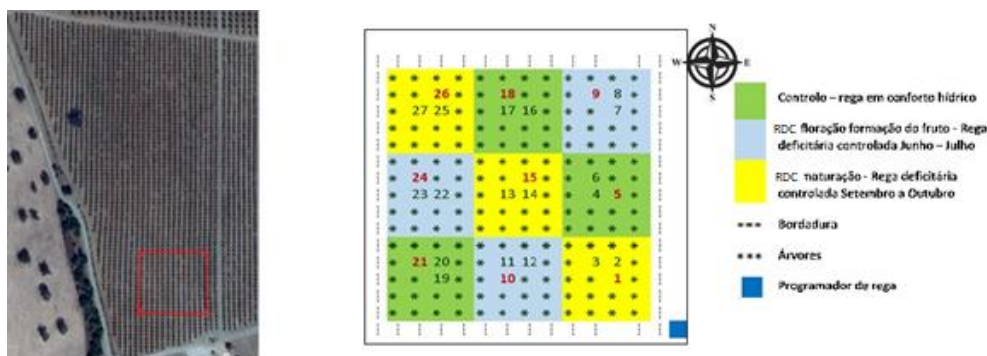


Figura 15- Parcela de estudo no Monte das Carvoeiras.

Para a avaliar a resposta da romãzeira às estratégias de rega aplicadas, identificaram-se 9 árvores, nas 2 linhas centrais de cada modalidade totalizando 27 árvores, numeradas na figura 15, e que foram sempre monitorizadas.

### 3.4 Técnicas culturais

À exceção da gestão da rega, todas as técnicas culturais foram idênticas em todo o ensaio e foram da responsabilidade do agricultor.

Em junho, foi realizada uma poda de aclaramento com o intuito de mitigar a criação de microclimas e para promover o arejamento no interior da copa, e em julho foi realizada uma monda manual de frutos.

Em agosto foi efetuada uma aplicação de caulino para evitar o escaldão devido aos elevados valores de temperatura registados durante esse mês.

Em termos de fertilização, aplicaram-se, mensalmente, as seguintes unidades fertilizantes (UF)/ha, através de fertirrega (tabela 6 e figura 16).

Tabela 6- Aplicação mensal de Azoto (N), Fósforo ( $P_2O_5$ ) e Potássio ( $K_2O$ ) em UF/ha.

Mês	UF/ha		
	N	$P_2O_5$	$K_2O$
janeiro	0	0	0
fevereiro	0	0	0
março	9	6	17
abril	3	2	0
maio	19	12	22
junho	24	14	47
julho	22	10	30
agosto	26	11	28
setembro	11	5	37
outubro	5	1	16
novembro	1	0	2
dezembro	0	0	0
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>61</b>	<b>197</b>

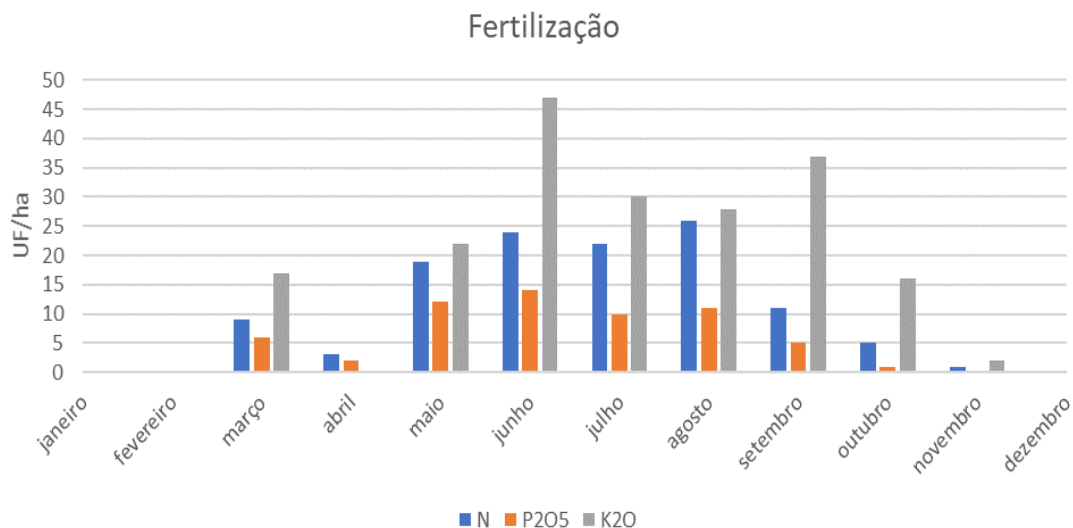


Figura 16- Aplicação mensal N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O em UF/ha.

Como mencionado anteriormente, há pouca informação acerca da fertilização da romãzeira. Agustí (2010), refere valores da ordem dos 200 Kg/ha de N; 300 Kg/ha de K e 60 Kg/ha de P. Podemos referir que a fertilização praticada na parcela de estudo, no ano de 2018, foi muito próxima ao referido em relação ao P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> com 61 UF/ha, e inferior ao referido em termos de N e K<sub>2</sub>O com 120 UF/ha e 197 UF/ha, respetivamente.

### 3.5 Rega

O pomar está dotado de um sistema de rega localizada gota-a-gota, com gotejadores auto-compensantes, com um débito de 2,2 L/h, embebidos e distanciados entre si de 0,5 m.

Na parcela experimental houve necessidade de proceder à alteração do sistema de rega existente (figura 17), tendo sido necessário incorporar um programador de rega (figura 18) que permitiu a gestão da rega para as duas estratégias de RDC adotadas. Esta alteração foi efetuada a 14 de maio de 2018.

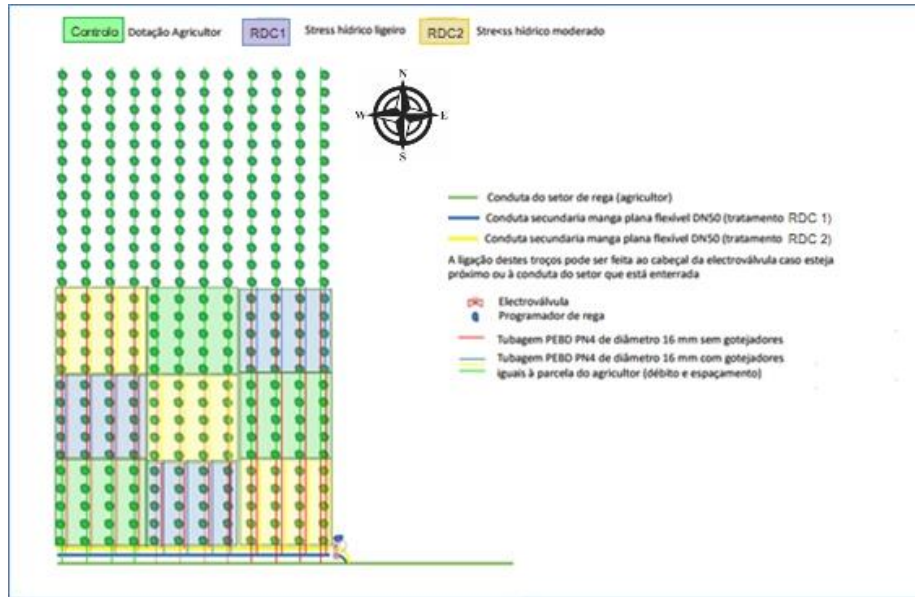


Figura 17- Sistema de rega e adaptações para as estratégias de rega.



Figura 18- Imagens que ilustram a alteração do sistema de rega do agricultor e unidade de programação.

As estratégias de rega utilizadas foram as seguintes (tabela 7):

- Rega do agricultor (Controlo) – rega em conforto hídrico correspondente a 100 % da Evapotranspiração cultural (100 %  $ET_c$ );

- Rega Deficitária Controlada à floração (RDC1) – rega aplicada durante a floração e fase inicial da formação do fruto (25 % da  $ET_c$  e 100 % da  $ET_c$  nas restantes fases do ciclo cultural);
- Rega Deficitária Controlada na maturação (RDC2) – rega aplicada durante a fase não linear de crescimento do fruto e maturação (25 % da  $ET_c$  e 100 % da  $ET_c$  nas restantes fases do ciclo cultural).

Tabela 7- Estratégias de rega adotadas.

Estratégias de rega	Fase desenvolvimento		
	Fase Inicial	Fase de floração e fase inicial da formação do fruto (julho)	Fase não linear de crescimento do fruto e maturação (setembro e outubro)
Controlo	100 %	100 %	100 %
RDC1	100 %	25 %	100 %
RDC2	100 %	100 %	25 %

Na tabela seguinte apresentam-se as datas em que decorreram as diferentes estratégias de rega e a respetiva dotação de rega:

Tabela 8- Data de início e fim de cada estratégia de rega e a dotação total.

Estratégias de Rega	Data início	Data fim	Dotação total (mm)
Controlo / RDC1 / RDC2	29 março	10 novembro 2018	330,9
Stress em RDC1	29 junho 2018	30 julho 2018	303,4
Stress em RDC2	10 setembro 2018	30 outubro 2018	255,0

A primeira estratégia de rega deficitária iniciou a 29 de junho e durou praticamente um mês, onde o agricultor regou 3 vezes por semana durante aproximadamente 2,5 h/dia. A segunda estratégia iniciou a 10 de setembro e terminou a 30 de outubro e teve uma duração de aproximadamente 1 h/dia, todos os dias até 15 de outubro, passando a 1 h/dia, de 3 em 3 dias, a partir desta data.

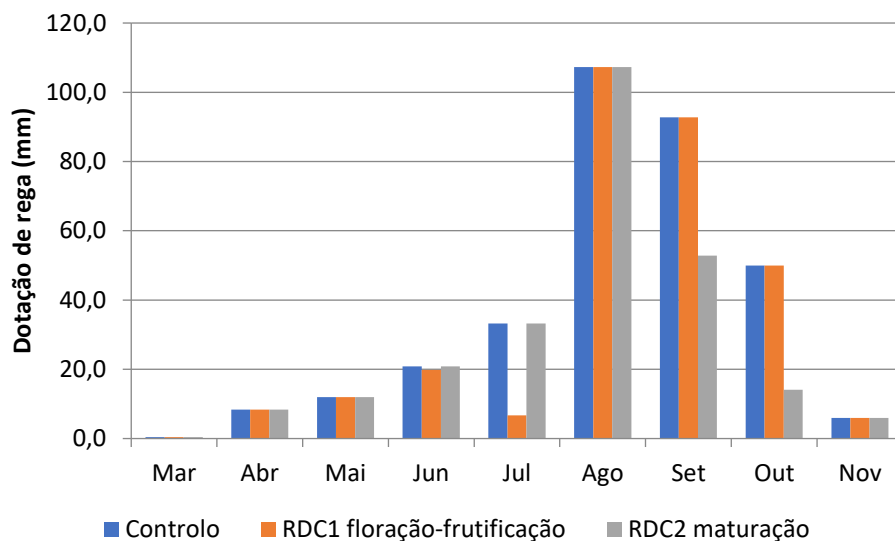


Figura 19- Dotação de rega ao longo dos meses de 2018 nas diferentes estratégias de rega.

Em novembro regou-se durante a colheita, uma vez que esta foi muito prolongada em consequência da ocorrência de intensa precipitação durante esse período e, por isso, houve necessidade de se aplicar cálcio e potássio para manter o °Brix e o calibre dos frutos.

As estratégias de rega adotadas tiveram como ponto de partida a rega do agricultor (Controlo). Esta dotação foi quantificada, semanalmente, de acordo com a metodologia da FAO para a determinação dos consumos hídricos das culturas e foi da responsabilidade do agricultor durante o período do ensaio.

O stress hídrico foi aplicado através da diminuição da duração do período de rega, uma vez que os caudais são constantes, mantendo-se, no entanto, a frequência da rega para todos os tratamentos.

A metodologia da FAO consiste em calcular a evapotranspiração (ET) para uma cultura fictícia, semelhante a um relvado extenso, sempre bem abastecido de água e mantido permanentemente com 12 cm de altura. A ET calculada para esta cultura de referência denomina-se Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) e depende da demanda evaporativa da atmosfera. Uma vez calculada a  $ET_0$ , é necessário converter os valores para a cultura em causa. Para o efeito multiplica-se a  $ET_0$  por um coeficiente, designado de Coeficiente Cultural ( $K_c$ ), que terá um valor inferior a 1 para culturas que precisam de menos água do que a relva e superior a 1 para culturas que precisam de mais água.

A Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) multiplicada pelo coeficiente cultural ( $K_c$ ) traduz a Evapotranspiração cultural ( $ET_c$ ):

$$ET_c = ET_0 \times K_c$$

O  $K_c$  depende das culturas, da sua fase fenológica e do teor de humidade do solo. De maneira geral, os  $K_c$  são tabelados para cada cultura e diferenciados durante o ciclo vegetativo da cultura, em  $K_c$  inicial, máximo e final (Allen *et al.*, 1998). Neste ensaio, para o cálculo da dotação de rega foram utilizados os valores de  $K_c$  utilizados pelo agricultor e que estão indicados na tabela seguinte:

Tabela 9- Valores de  $K_c$ , usados pelo agricultor, para a cultura da romãzeira.

	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
$K_c$	0,63	0,69	0,70	0,68	0,53

A figura 20 representa os valores da  $ET_0$  obtidos pelo agricultor e, na ausência de valores da precipitação, foram utilizados os valores registados na Estação Meteorológica do COTR, em Beja e em 2018.

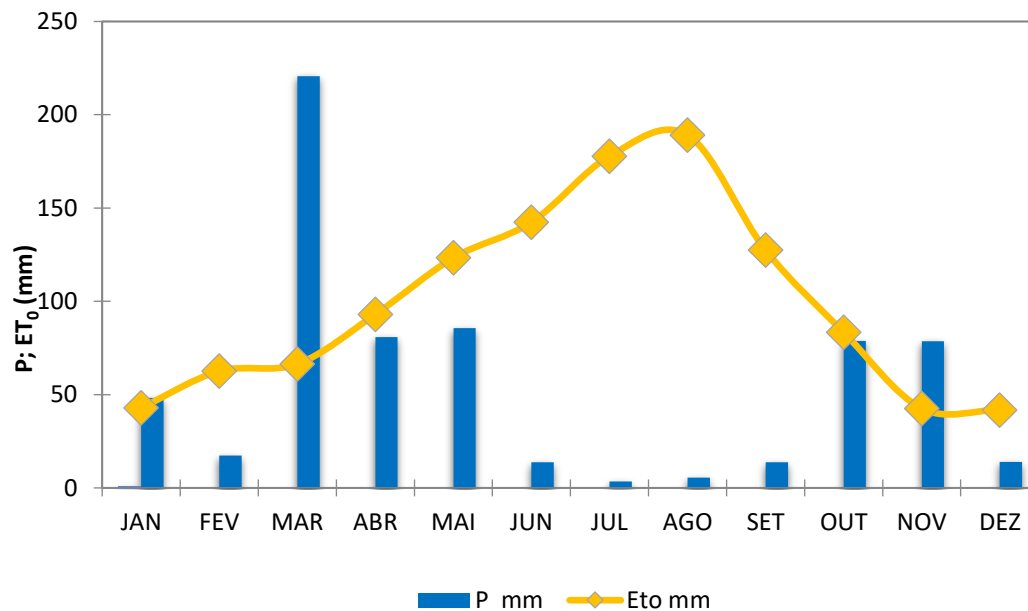


Figura 20-  $ET_0$  e precipitação mensal para o ano de 2018 (COTR, 2020).



### 3.6 Variáveis da planta quantificadas

#### 3.6.1 Monitorização do crescimento vegetativo

Pretendeu-se monitorizar a evolução do crescimento das plantas, de forma a comparar as três estratégias de rega adotadas. Para tal, mediu-se a altura média total da planta e do diâmetro da copa semanalmente, de junho a setembro. A medição da copa foi efetuada em dois pontos perpendiculares ao centro da copa (figura 21) e tinha como objetivo inicial serem usados na condução da rega. No entanto, e porque mais tarde se revelou mais conveniente em condições de stress, seguiu-se outra metodologia na condução da rega e os valores do diâmetro da copa não foram utilizados no âmbito deste trabalho com o objetivo inicialmente proposto.



Figura 21- Medição da altura média total da planta (linha vermelha) e medição da copa em dois pontos perpendiculares (linha amarela).

#### 3.6.2 Monitorização do estado hídrico da planta

De modo a avaliar o estado hídrico das plantas ao longo do estudo, foram medidos os seguintes parâmetros: condutância estomática e teor em clorofila, ambas com periodicidade semanal; potencial hídrico de base e potencial xilémico ao meio dia solar, o primeiro com periodicidade quinzenal, e o segundo com uma periodicidade semanal coincidindo nos mesmos dias em que se quantificou o crescimento e os outros parâmetros que traduzem o estado hídrico das árvores.

### 3.6.2.1 Método para avaliar a condutância estomática

A condutância estomática é a medida das trocas gasosas através dos estomas, entrada de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e saída de vapor de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ). O controlo estomático é um mecanismo fisiológico importante por meio do qual as plantas limitam a perda de água, ocasionando reduções na condutância estomática e, geralmente, reduzindo as trocas gasosas como forma de resposta das plantas a diversos fatores, incluindo o stress hídrico (Wilkinson & Hartung, 2019).

A medição da condutância estomática foi efetuada utilizando um porómetro (Porometer type AP4 Delta-T Devices) (figura 22). Este equipamento portátil está dotado de um sensor tipo mola que se coloca nas folhas da planta. Os valores obtidos, expressos em  $\text{cm/s}$ , fornecem informações acerca da maior ou menor facilidade com que essas trocas gasosas estão a ser efetuadas. Como a transpiração da planta é controlada principalmente pela abertura e fecho dos estomas, o porómetro é muito utilizado em muitas áreas da investigação (Verhoef, 1997). É um método não destrutivo, que minimiza o stress da planta durante as medições e que regista o valor direto da condutância ou resistência estomática.



Figura 22- Porómetro usado nas medições efetuadas no ensaio.

As medições foram efetuadas nas 27 árvores (9 árvores por estratégia de rega) em folhas localizadas na parte média da planta, na orientação com maior exposição solar, entre 3 de julho e 23 de novembro e próximo do meio dia solar.

### **3.6.2.2 Método para avaliar o potencial hídrico de base e xilémico (ao meio dia) - Câmara de pressão de Scholander**

O potencial hídrico representa o potencial químico da água, ou seja, a energia livre associada às moléculas de água. Devido ao reduzido valor da pressão osmótica, esta é considerada insignificante, como tal, o potencial de pressão é igual ao potencial hídrico da folha (Turner, 1981). A câmara de pressão de Scholander mede a pressão hidrostática negativa (tensão) que existe no xilema de muitas plantas, exceção para as plantas com metabolismo CAM. É considerado que o potencial de água no xilema é muito próximo do potencial médio de água de todo o órgão.

Segundo Turner (1988), com a câmara de pressão de Scholander é possível avaliar o nível de stress hídrico da planta, informação esta que otimiza a gestão da rega. Como não ocorrem trocas gasosas através dos estomas durante a noite, os potenciais hídricos estão em equilíbrio em toda a planta e são semelhantes ao potencial hídrico do solo em redor das raízes - potencial hídrico de base ( $\Psi_b$ ).

O potencial hídrico ao meio dia ou potencial xilémico ( $\Psi_{md}$ ), é normalmente usado para determinar períodos de picos de stress hídrico ou alterações diurnas que ocorrem no estado hídrico da planta (Williams & Araujo, 2002).

O procedimento geral adotado para a leitura do potencial hídrico através da câmara de pressão consistiu na colocação de um ramo do ano (normalmente é utilizada apenas uma folha, mas devido ao tamanho reduzido das folhas de romã decidiu-se utilizar um ramo do ano) num disco metálico com um orifício, onde é colocada a sua extremidade. Este disco, com o ramo, é depois roscado num cilindro (câmara) de modo a ficar hermeticamente fechado. É posteriormente aberta uma válvula que permite a adição de gás pressurizado, neste caso azoto comprimido, lentamente à câmara. À medida que a pressão aumenta, e num dado momento, o conteúdo líquido da amostra será forçado a sair do xilema e ficará visível na extremidade cortada do ramo. A pressão necessária para tal é igual e oposta ao potencial hídrico da amostra, e vem expressa em MPa (figura 23).

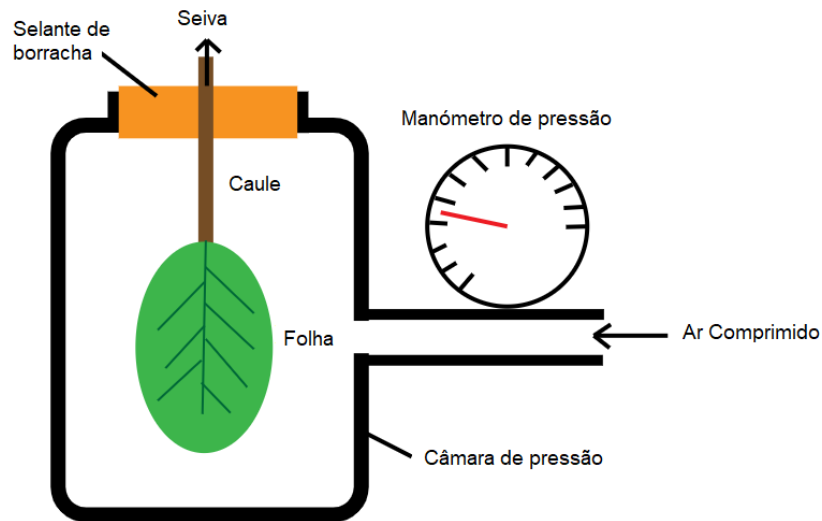


Figura 23- Esquema de uma câmara de pressão de Scholander (adaptada de Smartse, 2009).

O potencial hídrico de base e o potencial xilémico foram medidos com recurso a uma câmara de pressão Model 1000 Pressure Chamber Instrument, seguindo os procedimentos do fabricante.

As medições foram efetuadas em 9 plantas (3 plantas por estratégia de rega). Para o potencial hídrico xilémico, as medições foram efetuadas entre 22 de junho e 23 de novembro, e para potencial de base entre 8 de agosto e 24 de outubro (figura 25).

Foram selecionados ramos pequenos e jovens (do ano) orientados na direção de norte, na parte média da planta. Para o potencial de base, os raminhos foram colhidos e lidos na câmara de pressão, ao início do dia, antes do sol nascer, garantindo que a radiação não influenciasse a abertura estomática.

Para proceder às leituras do potencial xilémico, os ramos selecionados das árvores monitorizadas foram embrulhados com um saco de plástico, seguido de papel de alumínio, pelo menos 2 horas antes da medição.



Figura 24- Preparação do ramo para leitura do potencial ao meio dia para leitura na câmara de pressão.



Figura 25- Leitura na câmara de pressão de Scholander.

### 3.6.2.3 Método para avaliar o teor em clorofila – Medidor de Clorofila Digital

A clorofila é uma molécula especializada em absorver energia solar, visível nos comprimentos de onda na banda do azul e vermelho do espectro eletromagnético. Estas gamas de radiação, ao serem absorvidas, vão ativar os fotossistemas I e II produzindo ATP e NAPH+H<sup>+</sup>, energia necessária para a produção de fotoassimilados durante a fase química do processo fotossintético.

O stress hídrico é um dos fatores que afeta a fotossíntese e o teor de clorofila. Segundo Araus *et al.* (1998), Guo e Li (2000) e Fracheboud *et al.*, (2007), o teor em clorofila pode ser utilizado para estimar a influência do stress ambiental no crescimento. Chai et al. (2015) também documentaram que o teor de clorofila é um bom indicador do estado hídrico das plantas através da modificação da cor das folhas.

Para efetuar a medição do teor de clorofila das folhas de romãzeira, utilizou-se o medidor de clorofila digital CL-01 da Hansatech (figura 26), que fornece uma medição de baixo custo do teor de clorofila de uma amostra foliar. Este equipamento faz leituras instantâneas sem necessidade de destruição da folha. As leituras são feitas de forma simples, na superfície da folha, com uma câmara em forma de mola (Kalaji *et al.*, 2018).



Figura 26- Medidor do teor de clorofila digital CL-01 da Hansatech.

As medições foram efetuadas nas 27 plantas, com 3 leituras em cada planta em folhas do ano situadas na parte média da planta e a meio do ramo. Tiveram início em 22 de junho e terminaram em 23 de novembro.

### 3.6.3 Produção

Foi avaliada a produção de frutos por árvore quando foi realizada a colheita. A data de colheita foi determinada pelo agricultor e foi efetuada em duas datas, 31 de outubro e 3 de novembro (figura 27). Foi contabilizada a produção total, peso da romã de maior calibre ( $> 85 \text{ mm } \varnothing$ ), peso da romã de menor calibre ( $< 85 \text{ mm } \varnothing$ ), número total de frutos e número de frutos rachados. O diâmetro ( $\varnothing$ ) dos frutos colhidos foi condicionado por questões que tiveram a ver com a comercialização, concretamente com os critérios do primeiro comprador das romãs, ainda na árvore.

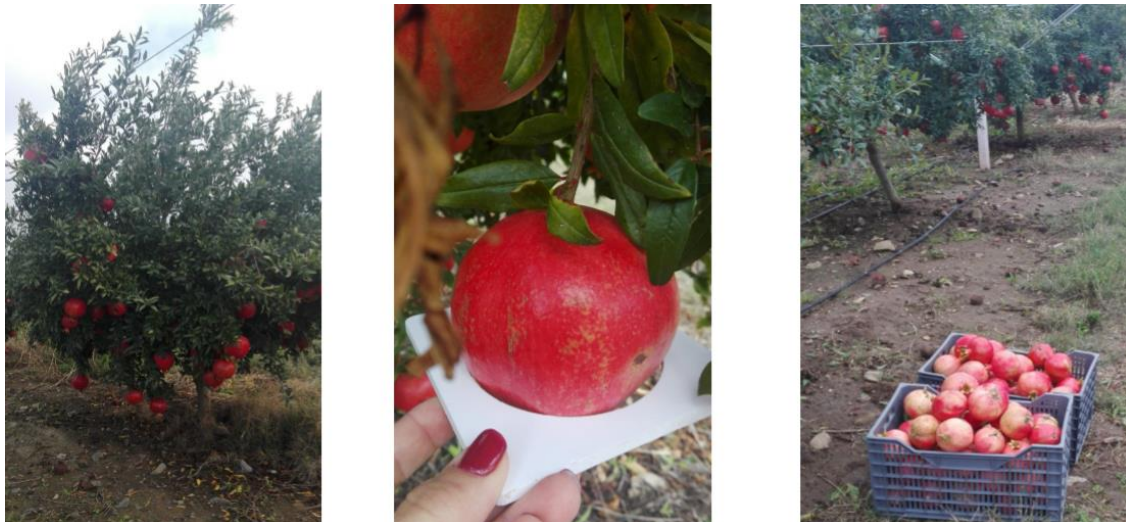


Figura 27- Árvore na altura da colheita (esquerda); medição de calibre > 85 mm Ø (centro); romãs colhidas em caixas (direita).

### 3.6.4 Qualidade dos frutos

A análise físico-química dos frutos, desde a colheita, análise estatística e dos resultados, foi da responsabilidade da equipa do CEBAL (Centro de Biotecnologia Agrícola e Agro-Alimentar do Alentejo), parceiro nesta tarefa do projeto Innoace, e que se descreve de seguida.

Para análise do impacto da estratégia de rega sobre a qualidade e valor nutricional do fruto, foram colhidas 5 romãs por árvore. Em cada uma das romãs foram avaliados os seguintes parâmetros físicos-químicos: peso do fruto, diâmetro transversal e longitudinal, cor do fruto (casca) e peso da fração comestível (bagos). Nos bagos foi analisada a cor, firmeza, teor em sólidos solúveis totais, acidez titulável, pH, teor em fenóis totais e atividade antioxidante.

As determinações da cor na casca e bagos foram realizadas através do sistema CIELAB ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), recorrendo a um colorímetro CR-400 (Konica Minolta, Japão). Na casca foram realizadas 4 medições ao longo do plano equatorial. Para a avaliação da cor nos bagos foi utilizado o acessório CR-A50 (Konica Minolta, Osaka, Japão), com três medições em cada fruto.

Todas as medições foram realizadas a 20 °C e os resultados foram expressos em N. As determinações de pH, teor em sólidos solúveis totais, acidez titulável, teor em fenóis totais e atividade antioxidante foram realizadas no sumo de romã.

O teor em sólidos solúveis totais foi determinado num refratómetro digital (RX-5000α, Atago, Japão) a 20 °C, e os resultados expressos em °Brix. A acidez titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N de 1 mL de sumo diluído em 10 mL de água destilada após adição de indicador de fenolftaleína (1 %). Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico.

O pH foi medido num potenciómetro (C861, Consort, Turnhout, Bélgica), a temperatura ambiente. A quantificação de fenóis totais nos bagos de romã foi realizada pelo método Folin-Ciocalteau (Falleh *et al.*, 2008). Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por g (mg EAG/100 mL).

A atividade antioxidante foi avaliada pelo método de redução do ferro (Benzie & Strain, 1999) e pelo método da captura do radical ABTS (2,2'-azinobis 3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonate) (Re *et al.*, 1999). Os resultados foram expressos em mg de equivalente de Fe por 100 mL de sumo (mg EFe/100 mL) e em mg de equivalentes de Trolox por 100 mL de sumo (mg ETrolox/100 mL), respetivamente.

### 3.7 Uso eficiente da água e produtividade da água

A rega por árvore (m<sup>3</sup>) foi calculada tendo em conta o número de regas, o débito dos gotejadores, a distância entre eles e o compasso.

$$\begin{aligned} \text{Rega por árvore } \left(\frac{m^3}{h}\right) \\ = \frac{\text{Débito}_{got} \left(\frac{m^3}{h}\right)}{\text{Distância}_{got}(m)} * \text{Distância entre árvores na linha } (m) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rega total por árvore } (m^3) \\ = \text{Rega por árvore } \left(\frac{m^3}{h}\right) * \text{Tempo de rega } (h) * N^o \text{ de regas} \end{aligned}$$

A produtividade física da água (kg/m<sup>3</sup>), foi calculada com base no valor da produção por árvore (kg) a dividir pela rega por árvore.

A produtividade económica da água (€/m<sup>3</sup>) foi calculada com base no valor da produção por árvore (€) a dividir pela rega por árvore.



### **3.8 Análise estatística dos dados**

A análise estatística foi realizada com recurso ao programa Excel, tendo sido previamente calculadas todas as médias das variáveis em estudo, correspondentes às diferentes unidades experimentais. Os dados relativos aos resultados das variáveis da planta e da produção foram tratados estatisticamente através da análise de variância a um fator (rega). Nos casos em que o efeito do fator foi significativo efetuou-se o teste da diferença mínima significativa com um nível de significância de 5 %, para a comparação de médias.

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Monitorização do crescimento vegetativo

No que se refere à altura média das árvores, verificamos que esta aumenta com o tempo, evoluindo com o mesmo padrão nas 3 estratégias de rega adotadas (figura 28). É de referir que a 27 de junho foi efetuada uma poda em verde das árvores (linha amarela figura 28).

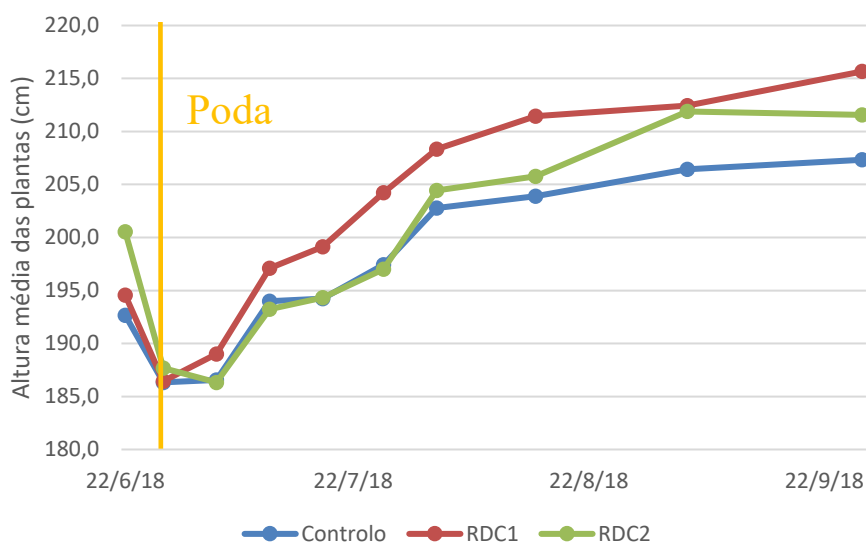


Figure 28- Altura média das plantas para as diferentes estratégias de rega.

Realizou-se uma análise de variância para a data de 27 de setembro, que corresponde ao ponto médio da aplicação da estratégia RDC2. Neste período, fase final de maturação dos frutos, os crescimentos poder-se-ão considerar muito reduzidos ou nulos. Os resultados da análise de variância aplicada aos valores da altura média das árvores (tabela 10), não mostraram efeito significativo.

Tabela 10- Efeito das diferentes estratégias de rega na altura das romãzeiras.

Tratamento	Controlo	RDC1	RDC2	Valor de P
Altura (cm)	207	216	212	ns

Assim, o crescimento expresso através da altura média das árvores não foi afetado pelas diferentes estratégias de rega adotadas. No entanto, apesar de a altura ter a mesma evolução para as 3 estratégias, as árvores sujeitas a stress hídrico revelaram-se sempre, mais altas que as do Controlo. Uma possível explicação poderá ser devido ao crescimento radicular em profundidade, nestas árvores, com reflexos, na parte aérea. Estes resultados estão de acordo com Intrigliolo *et al.*, (2013), que verificaram que as estratégias de RDC

não afetaram o crescimento vegetativo das romãzeiras. No entanto, outros autores (Abo-Taleb *et al.*; 1988; Ibrahim & Abd El-Samad, 2009; Khattab *et al.*, 2011), observaram que o stress hídrico leva a uma diminuição do crescimento das romãzeiras através do comprimento dos lançamentos, número de folhas por lançamento e área foliar das árvores. Mpelasoka *et al.* (2001b) propõe que a redução do crescimento vegetativo, em condições de stress hídrico, possa ser devido a uma baixa taxa fotossintética e condutância estomática. No futuro, para além da altura média das árvores, deverá proceder-se à avaliação do crescimento através da medição dos parâmetros propostos pelos autores anteriores: comprimento dos lançamentos, número de folhas por lançamento e área foliar das árvores.

## **4.2 Estado hídrico da planta**

### **4.2.1 Condutância estomática**

A tabela 11 mostra os valores médios das leituras obtidas relativamente aos parâmetros da planta relacionados com o seu estado hídrico, onde se incluem os valores da condutância estomática e os resultados da análise de variância.

Em relação à condutância estomática, realizou-se uma análise de variância em duas datas, aproximadamente a meio de cada estratégia de stress aplicada: 18/07/2018 para RDC1 e 04/10/2018 para RDC2.

Os resultados da análise de variância aplicada aos valores das leituras da condutância estomática indicam, que apesar de existirem diferenças nos valores médios, não foram significativas, indicando que as estratégias de rega utilizadas não afetaram a abertura estomática das folhas das árvores.

Tabela 11- Efeito das diferentes estratégias de rega nos indicadores do estado hídrico da planta.

Estratégia de Rega	18/07/2018			Valor de P	04/10/2018			Valor de P
	Controlo	RDC1	RDC2		Controlo	RDC1	RDC2	
Condutância estomática (cm/s)	0,36	0,28	0,39	ns	0,58	0,56	0,36	ns
Potencial xilémico ( $\Psi_{md}$ ) (MPa)	-1,33	-1,88	-1,63	< 0,05	-1,18	-1,07	-1,82	< 0,05
Potencial base ( $\Psi_b$ ) (MPa)*	-1,03	-1,15	-0,87	ns	-0,60	-0,47	-0,87	Ns
Teor em clorofila (unidades)	30,7	29,5	33,6	ns	52,89	53,77	55,77	Ns

\*primeira medição realizada a 02/08/2018 e não a 18/07/2018

A figura 29 representa a condutância estomática nas 3 estratégias de rega adotadas. No gráfico está representado o período de RDC1, que está identificado desde o início das medições até à linha encarnada e o período de RDC2, que está identificado entre as duas linhas verdes.

As 3 estratégias de rega apresentam o mesmo padrão de evolução ao longo do tempo. No entanto, enquanto se aplica a RDC1, verificamos as árvores desta estratégia apresentaram uma condutância estomática menor relativamente à estratégia Controlo.

Podemos observar também que, depois de terminar o período RDC1, a condutância estomática na estratégia RDC1 aproxima-se dos valores da estratégia Controlo mantendo-se relativamente próximos durante o restante período de ensaio.

Durante o período RDC2, observamos, da mesma maneira, que a condutância estomática na estratégia RDC2 apresentou um valor menor em relação à estratégia Controlo durante este período.

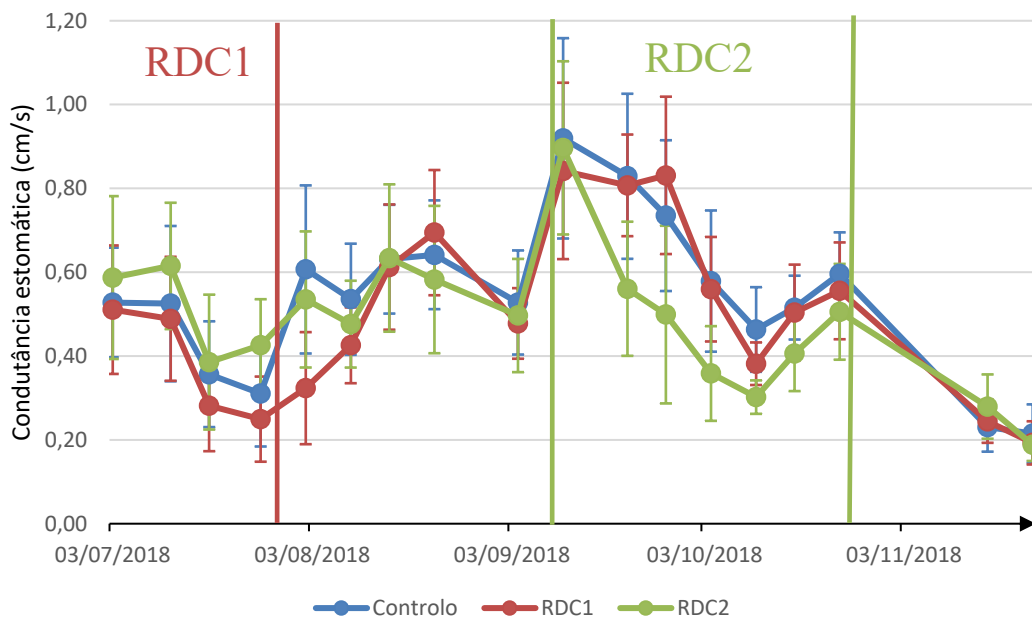


Figura 29- Condutância estomática (cm/s) nas diferentes estratégias de rega. As barras de erro representam o desvio padrão.

A redução da condutância estomática, nos dois períodos RDC1 e RDC2, e posterior aumento quando voltaram a ser regadas em conforto hídrico (100% da  $ET_c$ ), poderá ser indicativo de que a abertura estomática, após a reidratação das folhas, foi controlada por um mecanismo hidroátivo que controla diretamente a abertura dos estomas (Torrecillas *et al.*, 1995). O atraso na recuperação da abertura dos estomas após a reidratação das árvores pode ser atribuído a um efeito persistente do ácido abscísico produzido durante o período de stress hídrico (Mellisho *et al.*, 2012).

É de notar também que, na rega deficitária à floração (RDC1) a recuperação da abertura estomática foi mais lenta, e teve lugar quando as árvores voltaram a estar em conforto hídrico. Alguns estudos indicam que árvores sujeitas a stress hídrico severo acionam alterações hormonais nas folhas, que podem adiar a abertura estomática depois da reidratação (Ruiz-Sánchez *et al.*, 1997; Rodríguez *et al.*, 2012; Selahvarzi *et al.*, 2017).

Comparativamente à outra estratégia de rega deficitária (RDC2), a recuperação da abertura estomática teve início ainda no período da sua aplicação. Este facto deveu-se, provavelmente, à menor temperatura média sentida neste período do ano, comparativamente ao período de floração.

#### 4.2.2 Potencial hídrico de base e xilémico (ao meio dia)

Em relação ao potencial xilémico, também foi efetuada uma análise de variância nas duas datas aproximadamente a meio de cada estratégia de stress aplicada: 18/07/2018 para RDC1 e 04/10/2018 para RDC2.

De uma forma geral podemos observar diferenças no estado hídrico das árvores da estratégia Controlo em comparação às árvores sujeitas tanto à RDC1 como RDC2. A análise de variância (tabela 11), indica que as diferenças verificadas entre as duas estratégias de RDC e a Controlo são significativas. O teste efetuado para verificar a diferença entre médias foi o DMS.

A figura 30 representa a variação do potencial xilémico para as 3 estratégias de rega adotadas. No gráfico está representado o período de RDC1, que está identificado entre as 2 linhas encarnadas, e o período de RDC2, que está identificado entre as 2 linhas verdes

No que respeita ao potencial ao meio dia ( $\Psi_{md}$ ), nas árvores Controlo podemos observar que houve uma diminuição gradual até ao início de agosto de -0,93 até -1,77 MPa, a partir dessa data a  $\Psi_{md}$  começou a aumentar até ao final da campanha, terminando com -1,18 MPa. Estas variações de  $\Psi_{md}$  estarão relacionadas com as diferenças das condições climáticas ao longo da campanha.

Para as árvores em RDC1 verificamos que, comparativamente às árvores Controlo, o  $\Psi_{md}$  também diminui até ao início de agosto mas de forma mais acentuada, chegando aos -2,33 MPa, uma diferença de 0,65 MPa em relação ao Controlo.

Depois desse período, a  $\Psi_{md}$  das árvores RDC1 começa a aumentar até igualar os valores das árvores Controlo permanecendo relativamente igual a esta durante o restante período de ensaio.

Para as árvores em RDC2, a  $\Psi_{md}$  é semelhante aos valores das árvores Controlo e durante o período de RDC2 observamos que as árvores sujeitas a este stress hídrico apresentam uma diminuição de  $\Psi_{md}$ , chegando aos -1,93 MPa. Esta é uma diferença de 0,67 MPa em relação às árvores Controlo que permanece até meio do período começando a aumentar na segunda metade. De notar que nunca chegam a recuperar para os valores das árvores controlo até ao final da campanha.

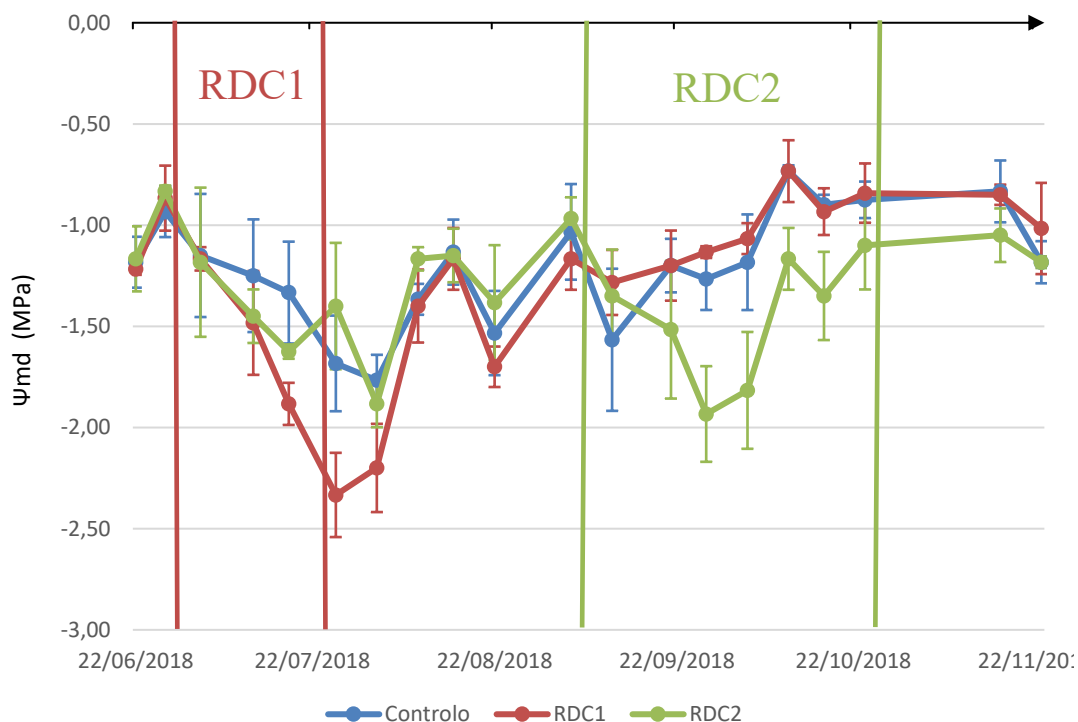


Figura 30- Potencial do ramo ao meio dia ( $\Psi_{md}$ ) (MPa) nas diferentes estratégias de rega. As barras de erro representam o desvio padrão.

Em ambas as estratégias de rega deficitária as plantas recuperaram rapidamente o seu estado hídrico quando voltaram a ser regadas em conforto hídrico. Os mesmos resultados foram reportados por Mellisho *et al.* (2012), Intrigliolo *et al.* (2013) e Selahvarzi *et al.* (2017).

Os resultados obtidos sugerem que as romãzeiras regularam o seu estado hídrico apresentando um comportamento isohídrico (Tardieu & Simonneau, 1998) que é um mecanismo de regulação hídrica caracterizado pelo forte controlo estomático da taxa de transpiração, que previne o potencial hídrico das plantas de cair abaixo de um limite crítico sobre condições de stress hídrico (Tyree & Sperry, 1989; Franks *et al.*, 2007).

A leitura do  $\Psi_{md}$  já tem sido adotada como indicador de stress hídrico (McCutchan & Shackel, 1992). Os resultados mostram que a medição do  $\Psi_{md}$  pode ser usado na gestão da rega, uma vez que permite prever a resposta das romãzeiras ao stress hídrico. Verificou-se também o seu potencial para monitorização da resposta à utilização de estratégias de rega deficitária (Naor, 2000).

É de salientar que, em linha com os resultados observados, outros estudos documentaram que as árvores recuperaram de forma célere ao nível do  $\Psi_{md}$  quando foram novamente regadas em conforto hídrico (Torrecillas *et al.*, 1995; Ruiz-Sánchez *et al.*, 1997).

A figura 31 representa a variação do potencial de base para as 3 estratégias de rega adotadas. No gráfico está representado o período de RDC2, que está identificado desde a linha verde até ao final das medições.

Para o potencial de base ( $\Psi_b$ ), observou-se uma variação ao longo do período de medições, nas três estratégias de rega, entre, em média, -1,02 MPa e -0,43 MPa.

Para este parâmetro não se efetuaram medições durante o período de rega deficitária controlada na floração (RDC1) logo não é possível concluir os seus efeitos para o  $\Psi_b$  durante a fase do primeiro stress. Apesar de não ter sido realizada a medição do potencial de base em 18/07/2018, a ANOVA foi realizada em relação aos dados obtidos a 02/08/2018. Esta data coincidiu com a 1ª semana da retoma da rega do agricultor mas, também, com o início do mês de agosto em que se registaram temperaturas máximas muito elevadas nesse ano.

No que respeita às árvores sujeitas à RDC2, podemos observar que o  $\Psi_b$  se manteve igual ao das árvores Controlo durante o início do período do stress hídrico na fase não linear de crescimento do fruto e maturação.

Sensivelmente a meio deste período, verificamos uma diminuição do  $\Psi_b$  das árvores sujeitas à RDC2, de -0,70 MPa para -0,87 MPa, com uma diferença de 0,17 MPa em relação às árvores Controlo.

Na última medição verificamos que o valor do  $\Psi_b$  das árvores RDC2 aumentaram relativamente à medição anterior, aproximando-se do valor do  $\Psi_b$  das árvores Controlo que também aumentaram.



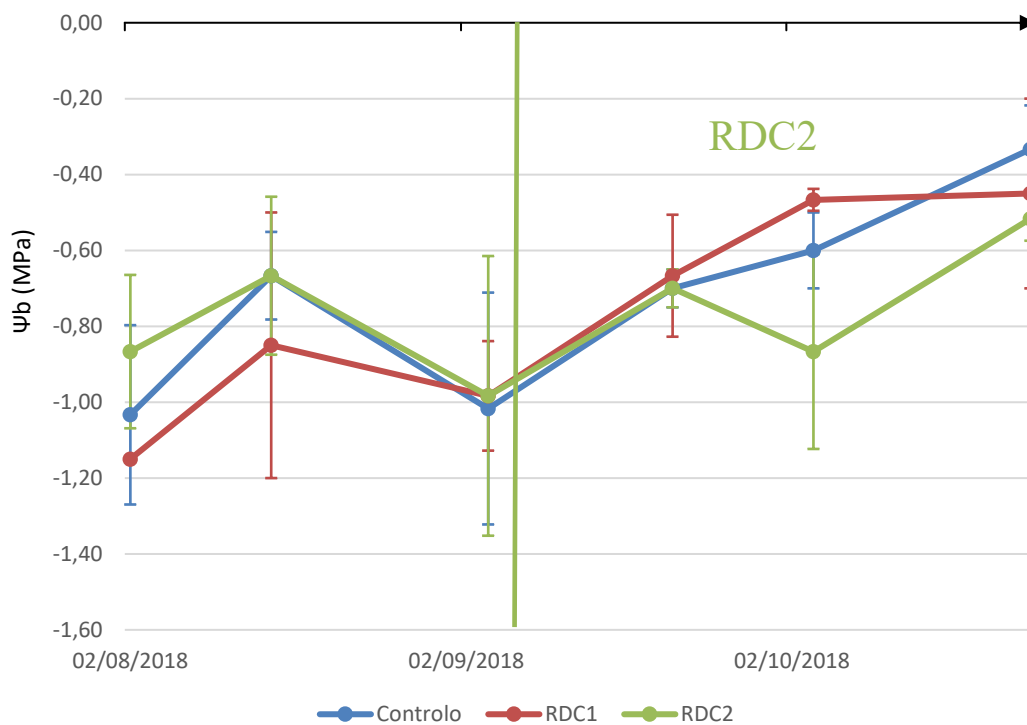


Figure 31- Potencial de base do ramo ( $\Psi_b$ ) (MPa) nas diferentes estratégias de rega. As barras de erro representam o desvio padrão.

Os resultados obtidos a partir da análise de variância (tabela 11), revelam que não existiram diferenças significativas entre tratamentos no que respeita ao  $\Psi_b$ , ao contrário de Rodríguez *et al* (2012).

A variação que se observa nas medições (barras de erro do desvio-padrão); o período curto de medições (comparativamente aos restantes parâmetros seguidos) e o espaçamento entre medições pode ter de certa forma ocultado as diferenças no  $\Psi_b$  entre as estratégias de rega controlo e deficitárias.

#### 4.2.3 Teor em clorofila

Em relação ao teor em clorofila, a análise de variância foi também realizada nas duas datas aproximadamente a meio de cada estratégia de stress aplicada: 18/07/2018 para RDC1 e 04/10/2018 para RDC2.

No que respeita aos valores do teor em clorofila das árvores não se observaram diferenças significativas em relação aos valores médios das árvores para as 3 estratégias estudadas e nas duas datas (tabela 11).

A figura 32 representa o teor em clorofila nas 3 estratégias de rega adotadas. No gráfico está representado o período de RDC1, que está identificado entre as 2 linhas encarnadas, e o período de RDC2, que está identificado entre as 2 linhas verdes.

Ao nível do teor em clorofila, os valores medidos nas árvores correspondentes às diferentes estratégias de rega apresentaram o mesmo padrão de evolução ao longo do tempo (figura 32).

- Primeiro, verifica-se uma descida nos valores de clorofila desde o início das medições até ao início de julho de  $\pm 38$  para  $\pm 23$  unidades.
- Em seguida, podemos observar uma subida gradual dos valores até ao seu máximo no final de setembro com  $\pm 60$  unidades.
- Por último, podemos atentar uma descida acentuada dos valores de clorofila até ao final das medições, terminando com  $\pm 20$  unidades.

Em relação às diferenças entre as árvores Controlo e as sujeitas ao stress hídrico, verificamos que para as árvores da estratégia RDC1 os valores de clorofila começam a diminuir em relação aos valores das árvores controlo no final do período RDC1 em diante. Esta diminuição não é muito acentuada apresentando uma diferença média de  $\pm 7$  unidades. Os valores de clorofila das duas estratégias voltam a ser iguais no final de setembro, onde o teor atinge o seu máximo, até ao final do período de medições.

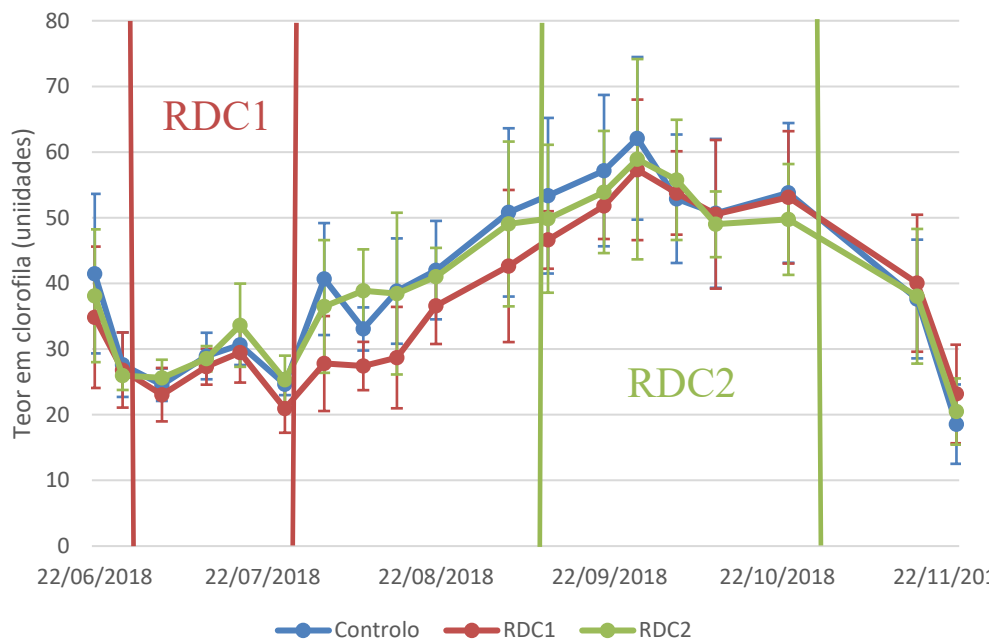


Figura 32- Teor em clorofila (unidades nas diferentes estratégias de rega. As barras de erro representam o desvio padrão.

É de referir que não se observaram diferenças acentuadas nos períodos de stress hídrico. No entanto é de mencionar que, para as árvores da estratégia RDC1, se verificou uma pequena diferença nos valores de clorofila em relação às árvores Controlo a partir do final do período de stress hídrico durante a floração e fase inicial da formação do fruto, levando algum tempo a atingir novamente os valores das árvores controlo, esta observação pode estar relacionada com a elevada temperatura neste período e a sua influência no aparelho fotossintético.

Para as árvores da estratégia RDC2 não se verificou nenhuma alteração ao longo do período de stress hídrico durante a fase não linear de crescimento do fruto e maturação.

Estes resultados sugerem que a estratégia de rega não conduziu a perda quantitativa no aparelho fotossintético. Um aparelho fotossintético resistente à desidratação com capacidade de recuperação após o período de stress hídrico severo é característico de plantas tolerantes à seca, como é o caso da romãzeira (Ni & Pallardy, 1992, Torrecillas *et al.*, 2000).

### 4.3 Produção

No que respeita à produção das diferentes estratégias de rega, podemos referir que não se verificaram diferenças significativas em nenhuma das medições da produção (tabela 12).

No entanto, no que respeita ao componente número de frutos rachados por árvore apesar de não se verificarem diferenças significativas entre o Controlo e as duas estratégias de rega deficitária, é de referir que para a RDC1 verificou-se um aumento de 73 % de número de frutos rachados por árvore em relação à rega controlo. Para a RDC2 verificou-se um aumento de 57 % de número de frutos rachados por árvore em relação à rega controlo.

A observação destas diferenças não significativas podem se dever à grande variação existente dentro de cada uma das estratégias de rega, nos respetivos blocos.

Tabela 12- Efeito das estratégias de rega no rendimento da produção.

Estratégia de rega	Controlo	RDC1	RDC2	EPM	Valor de P
Produção total (kg/árvore)	43,3	38,6	40,6	2,22	Ns
Peso da romã de maior calibre (kg/árvore)	37,9	30,3	33,4	1,7	Ns
Peso da romã de menor calibre (kg/árvore)	5,3	8,3	7,2	1,27	Ns
Nº total de frutos/árvore	119	122	118	9,08	Ns
Nº total de frutos rachados/árvore	10	37	23	5,52	Ns

EPM- Erro padrão da média

Podemos concluir que, ao nível do efeito das estratégias de rega na produção e seus componentes, não influenciou na produção total de frutos. Intrigliolo *et al.* (2013), em Alicante, Espanha, para a cv. Mollar de Elche também reportou que a rega deficitária controlada em diferentes estados fenológicos não influenciou significativamente a produção total de frutos da romãzeira, no total de 3 anos de estudo. No entanto, Selahvarzi *et al.* (2017), na província Khorasan Razavi, Irão, para a cv. Shahvar indicou diferenças significativas entre a rega em conforto e rega deficitária controlada ao nível da produção total.

Em termos de peso do fruto de maior calibre, apesar das diferenças não serem significativas, verificou-se que as árvores controlo apresentaram um maior peso para este fruto comparativamente às duas estratégias de RDC, mais evidente para a RDC1.

Para o peso da romã de maior calibre verificou-se que as árvores da rega controlo apresentaram menor peso comparativamente às árvores da RDC1 e RDC2, mas as diferenças verificadas não foram significativas.

O número total de frutos por árvore foi muito semelhante em todas as estratégias de rega, não se verificando diferenças significativas. No entanto, estudos na mesma área como o de Intrigliolo *et al.* (2013) indicaram diferenças significativas no número de frutos por árvore, entre as árvores com rega Controlo e as com RDC na floração e ao início da maturação. Para as árvores com RDC no crescimento e maturação do fruto a diferença do número de frutos por árvore não foi significativamente diferente das árvores Controlo. Selahvarzi *et al.* (2017) também verificaram diferenças significativas no número de frutos por árvore entre a estratégia Controlo e a RDC, mencionando que, neste estudo, esta estratégia foi feita da seguinte forma: sem rega até ao vingamento do fruto, a partir daí e em diante a rega foi similar ao controlo.

Por último, analisamos o número de frutos rachados por árvore, que é um dos principais problemas da produção de romãs. Os resultados obtidos estão em linha com os reportados por Intrigliolo *et al.* (2013), que não verificaram quaisquer diferenças entre as diferentes RDC's e o Controlo no que respeita ao fenómeno de rachamento dos frutos.

#### 4.4 Qualidade dos frutos

Os resultados médios totais obtidos para os vários parâmetros físico-químicos determinados no fruto e bagos são apresentados nas Tabelas 14 e 15, respetivamente. De entre os parâmetros físico-químicos analisados apenas a % de bagos (fração comestível) e o teor em sólidos solúveis totais foram afetados pelo sistema de rega, apresentando diferenças significativas.

Tabela 13- Parâmetros físico-químicos do fruto. (Adaptado de Fialho & Jerónimo, 2019).

Parâmetros do fruto		Média	EPM	Valor de P
Peso (g)		376,5	59,93	Ns
Diâmetro (mm)		92,5	5,58	Ns
Altura (mm)		92,6	5,73	Ns
Bagos (%)		49	4,05	< 0,05
	L*	48,7	4,27	Ns
Parâmetros da cor da casca	a*	39,5	5	Ns
	b*	24,5	2,24	Ns
	C	46,9	3,95	Ns
	H	32,7	5,06	Ns

EPM- Erro padrão da média. ;L\* (luminosidade); a\* (intensidade de vermelho); b\* (intensidade de azul); C (Croma); H (Tonalidade)

A figura 33 representa os valores médios dos parâmetros do fruto que obtiveram diferenças significativas para as diferentes estratégias de rega, ou seja, a proporção de bagos.

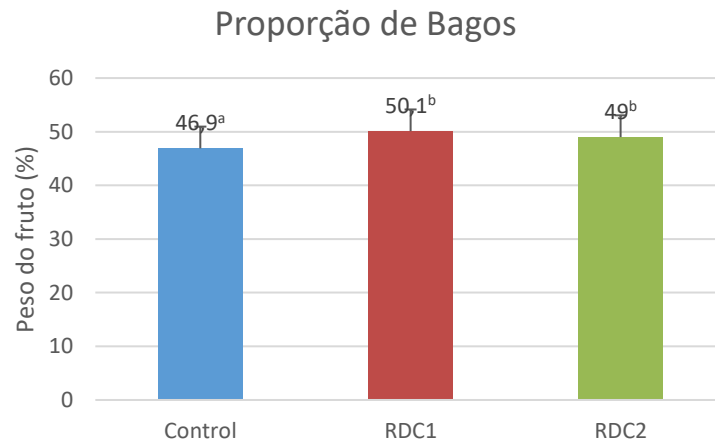


Figura 33- Proporção de bagos nas diferentes estratégias de rega adotadas. As barras de erro representam o desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). (Adaptado de Fialho & Jerónimo, 2019).

Ambas as estratégias de RDC resultaram numa maior % de bagos, que a estratégia de rega Controlo, nomeadamente 50,1 % para a RDC1; 49 % para a RDC2 e 46,9 % para a rega Controlo.

Consequentemente, a percentagem de casca foi inversamente menor. Estes resultados também podem ser expressos na razão entre bagos e casca (% bagos/ % casca).

Wetzstein *et al.* (2011) mencionaram que um menor número de flores com ovários maiores e mais óvulos nas árvores regadas segundo uma estratégia de RDC, podem aumentar a fertilidade das mesmas produzindo, assim, mais bagos. Este fenómeno ocorre porque cada óvulo na romã é fertilizado de forma independente para produzir cada bago (Selahvarzi *et al.*, 2017).

Tabela 14- Parâmetros físico-químicos e atividade antioxidante dos bagos de romã.

Parâmetros dos bagos		Média	EPM	Valor de P
Parâmetros da cor	L*	25,9	1,7	ns
	a*	9,8	1,41	ns
	b*	4,5	0,94	ns
	C (Croma)	10,8	1,57	ns
	H (Tonalidade)	24,8	3,66	ns
pH		2,9	0,13	ns
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)		16,1	1,1	< 0,05
Acidez Titulável (% Ácido Cítrico)		2,0	0,41	ns
Fenóis Totais (mg EAG <sup>1</sup> /100 ml sumo)		158,5	35,53	ns
FRAP (mg EFe <sup>2</sup> /100 ml sumo)		537,3	129,6	ns
TEAC (mg ETrolox <sup>3</sup> /100 ml sumo)		386,9	72,13	ns

EPM- Erro padrão da média; 1EAG – Equivalentes de ácido gálico; 2EFe – Equivalentes de Fe; 3ETrolox – Equivalentes de Trolox (FRAP- Ferric-reducing antioxidant capacity; TEAC- Trolox equivalent antioxidant capacity)

A figura 34 representa o parâmetro físico-químico dos bagos que revelou diferenças significativas entre as 3 estratégias de rega adotadas, nomeadamente os Sólidos Solúveis Totais.

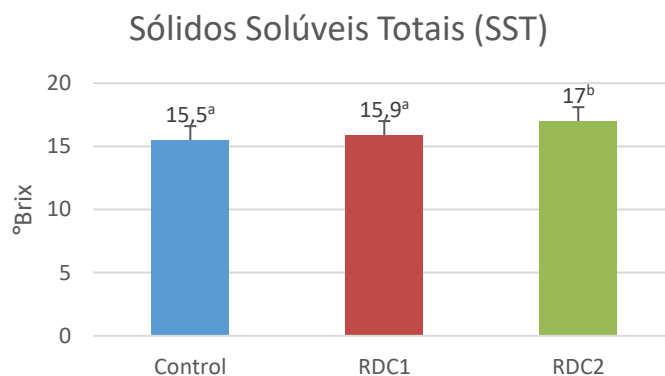


Figura 34- Sólidos Solúveis Totais nas diferentes estratégias de rega adotadas. As barras de erro representam o desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). (Adaptado de Fialho & Jerónimo, 2019).

O teor em Sólidos Solúveis Totais foi maior nas romãs da estratégia RDC2 (17,0 °Brix) comparativamente com as outras estratégias de rega adotadas (16 °Brix para a RDC1 e 15,3 °Brix para a rega Controlo). A precepção do sabor dos frutos é altamente influenciada pela concentração de Sólidos Solúveis Totais (Brückner & Wyllie, 2008), como tal, podemos considerar que as diferenças observadas foram relevantes. Os resultados obtidos

são suportados por outros estudos, onde observaram aumentos nos Sólidos Solúveis Totais em fruteiras submetidas a RDC (Li *et al.*, 1989; Ebel *et al.*, 1993; Crisosto *et al.*, 1994; Mpelasoka *et al.*, 2001b; Marsal *et al.*, 2012). É importante referir que durante o stress hídrico a maioria dos frutos age como forte acumulador de fotoassimilados, ou seja, de substâncias produzidas na fotossíntese, em grande parte de açúcares (Caspari *et al.*, 1994; Mills *et al.*, 1996). Kramer (1988) referiu que esta acumulação, pode ser devida ao facto de que o stress hídrico melhora a conversão de amido a açúcar (ao impedir a conversão de sacarose em amido, aumenta a concentração de açúcar), podendo influenciar a elevada acumulação de açúcares no fruto como resultado da RDC (Laribi *et al.*, 2013).

#### 4.5 Produtividade da água de rega

A seguinte tabela resume os resultados das diferentes estratégias de rega em relação à quantidade de água utilizada por árvore e inclui os valores da produtividade física da água e económica da água.

Tabela 15- Efeito das estratégias de rega na produtividade e rendimento da água.

Estratégia de rega	Controlo	RDC1	RDC2
Quantidade de água por árvore (m <sup>3</sup> /árvore)	6,4	5,8	4,9
Produtividade física da água (kg/m <sup>3</sup> )	6,8	6,6	8,3
Produtividade económica da água (€/m <sup>3</sup> )	4,4	4,3	5,4

A poupança de água obtida com a aplicação da RDC1 em relação à estratégia controlo foi de 9,4 % (tabela 15). Para a RDC2 esta poupança em relação à estratégia Controlo foi de 23,4 % (tabela 15).

Em relação à produtividade física da água, ou seja, a produção obtida tendo em conta o consumo de água, podemos referir que para a RDC1 a eficiência foi inferior (3 %) em relação à estratégia Controlo. Para a RDC2 a eficiência foi superior (22 %) à estratégia de rega Controlo (tabela 15).

A produtividade económica da água, como mencionado anteriormente, relaciona o preço obtido pela fruta por árvore com o consumo de água por árvore. Podemos então referir que, para as árvores da estratégia RDC1 a produtividade económica é praticamente igual às das árvores controlo, enquanto que para as árvores da estratégia RDC2 verificamos um aumento de 23 % relativamente à estratégia Controlo (tabela 15). Os valores da produtividade económica sob as diferentes estratégias de rega têm um comportamento



igual ao da produtividade física, dado que não se observaram diferenças no valor comercial da produção nos diferentes calibres da fruta.

Em relação aos resultados obtidos podemos afirmar que, apesar de termos utilizado menos água por árvore na estratégia RDC1, essa poupança de água não se traduziu em aumento de produtividade, pois nesta estratégia de rega obtivemos uma produção menor que a Controlo.

Os resultados obtidos para a estratégia RDC2 indicam que a poupança de água em relação à estratégia de rega levou, efetivamente, a um uso eficiente da água, concretamente 22 % mais eficiente. Olhando para a produtividade económica da água podemos verificar a mesma situação, que a produtividade das árvores RDC2 foi 23 % maior que das árvores controlo.

Intrigliolo *et al.* (2013) obtiveram os mesmos efeitos para as estratégias de rega deficitária em diferentes fases do ciclo fenológico, tanto em termos de eficiência como de produtividade da água.

Quando a disponibilidade de água é limitada, o agricultor deve ter como objetivo maximizar a receita por unidade de água consumida e não por hectare. Tem, então, sido enfatizado o conceito de produtividade económica da água, definido como o rendimento ou lucro por unidade de água utilizada (Kijne *et al.*, 2003; Fereres & Soriano, 2007).

## 5 Considerações finais

As análises preliminares dos resultados sugerem que a rega deficitária possa ser um modo alternativo de gestão da rega em pomares comerciais de romã, como uma prática para manter a produção e aumentar a qualidade do fruto. As estratégias de RDC não apresentaram diferenças significativas em relação à estratégia Controlo, ao nível da produção. Podemos ainda referir que, ao nível da qualidade dos frutos, as estratégias de rega deficitária mostraram aumentar a % de bagos dos frutos assim como o teor de sólidos solúveis totais, na RDC2. Os resultados, também, apontam para que a medição do  $\Psi_{md}$  possa ser usado para gestão da rega da cultura, uma vez que permite prever o estado hídrico das árvores. A rega deficitária controlada parece ser uma estratégia promissora na poupança de água, mantendo a produção dos frutos. A aplicação da estratégia de rega deficitária controlada no período de frutificação/maturação do fruto levou a uma poupança de água de 23,4 %; a um aumento na produtividade física da água de 22 % assim como de 23 % na produtividade económica da água, em relação à estratégia de rega Controlo.

Assim, a rega deficitária controlada na cultura da romãzeira pode ser uma estratégia que contribua para mitigar os problemas de escassez de água na região do Alentejo. Este ensaio/projeto, continuou, no ano de 2019 e a análise desses resultados irão contribuir para obter mais informações sobre esta questão.

No caso da romãzeira, sendo uma árvore tolerante à seca é também importante, no futuro investigar os mecanismos fisiológicos que utiliza para lidar com os níveis de stress hídrico.

## 6 Bibliografia

- Abo-Taleb, A.S., Noaman, F.V. Sari El-Deen, S., 1998. Growth of pomegranate transplants as affected by different water regimes. *Ann. Agric. Sci. Moshtohor.* 36: 1073-1091.
- Adams, F., 1849. *Genuine works of Hippocrates.* William Wood and Co., New York.
- Agustí, M., 2010. *Fruticultura.* Ediciones Mundi-Prensa, pp. 507.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. *Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements.* FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, Italy, pp. 300.
- Araus, J.L., Amaro, T., Voltas, J., Nakkoul, H., Nachit, M.M., 1998. Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Field Crops Research.* 55: 209-223.
- Aydin, Y., Mikail, N., Pakyurek, M., Saltuk, B., Seven M., 2017. Water-yield relationship of zivzik pomegranate under deficit irrigation conditions. *Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering.* 6: 81-86.
- Bambal, S.B., Wavhal, K.N., Nasralkar, S.D., 1991. Effect of foliar application of micronutrients on fruit quality and yield of pomegranate (*Punica granatum L.*) cv. Ganesh. *Maharashtra. J. Hort.* 5: 32-36.
- Benzie, I. F. F., Strain, J. J., 1999. Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration, in: *Methods in Enzymology.* pp. 15–27.
- Bixio, D., Thoeye, C., De Koning, J., Joksimovic, D., Savic, D., Wintgens, T., *et al.*, 2006. Wastewater reuse in Europe. *Desalination.* 187: 89–101.
- Blumenfeld, A., Shaya, F. Hillel, R., 2000. Cultivation of pomegranate. *Options Méditerranéennes Ser. A.* 42: 143-147.

Brückner, B., Wyllie, S.G., 2008. Fruit and vegetable flavour. Recent advances and future prospects. 1ª Edição. Woodhead Publishing Limited, England. pp. 25.

Caspari, H.W., Behboudian, M.H., Chalmers, D.J., 1994. Water use, growth, and fruit yield of 'Hosun' Asian pears under deficit irrigation. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 119: 383-388.

Chai, Q., Gan, Y., Zhao, C., Xu, H.-L., Waskom, R. M., Niu, Y., Siddique, K. H. M., 2015. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(1). doi:10.1007/s13593-

Chalmers, D.J., 1990. Control del crecimiento de la planta por la regulación de los déficits de agua y la limitación de la zona de humectación. *Frut* 5: 369-375.

Costa, Y., Melgarejo, P., 2000. A study of the production costs of two pomegranate varieties grown in poor quality soils. *Options Méditerranéennes Ser A.* 42: 49-53.

COTR. 2020. Centro Operativo e Tecnologia de Regadio. Fornecidos pela Marta Santos a 27/05/2020.

Crisosto, C.H., Johnson, R.S., Luza, J.G., Crisosto, G.M., 1994. Irrigation regimes affect fruit soluble solids concentration and rate of water loss of 'O'Henry' peaches. *HortScience.* 29: 1169-1171.

Dhillon, W.S. & Kumar, A., 2004a. Studies on fruit growth and development in pomegranate. *J. Res. Punjab Agric. University.* 41: 205-209.

Ebel, R.C., Proebsting, E.L., Patterson, M.E., 1993. Regulated deficit irrigation may alter apple maturity, quality, and storage life. *HortScience.* 28: 141-143.

El-Nemr, S.E., Ismail, I.A., Ragab, M., 1990. Chemical composition of juice and seeds of pomegranate fruit. *Nahrung.* 34: 601-606.

EU, 2007. Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union. European Union (EU), Brussels (COM/2007/0414).

Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M. and Abdelly, C., 2008. Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies.* 331:372-379.

FAO, 1986. Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs. In: Brouwer, C., M. Heibloem. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

FAO, 2008. Drylands, people and land use. In: Koochafkan, P., Stewart, B.A. (Eds.), *Water and Cereals in Drylands*. Food and Agriculture Organization of the 21 United Nations (FAO), Roma. ISBN: 978-92-5-1060520, pp. 5–16.

FAO, 2012) *Coping with water scarcity. An action framework for agriculture and food security*. FAO Water Reports. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. ISBN: 978-92-5-107304-9.

Fawole, O.A., Opara, U.L., Theron, K.I., 2012a. Chemical and phytochemical properties and antioxidant activities of three pomegranate cultivars grown in South Africa. *Food Bioprocess and Technology* 5: 2934-2940.

Fereres, E. & Soriano, M.A., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*. 58(2): 147-159.

Fialho, L. & Jerónimo, E., 2019. Impacto da utilização de rega deficitária controlada na qualidade da romã. Seminário -“Uso Eficiente de Água e Nutrientes na Cultura da romãzeira.

Fracheboud, Y., Jompuk, C., Ribaut, J.M., Stamp, P., Leipner, J., 2007. Genetic analysis of cold-tolerance of photosynthesis in maize. *Plant Molecular Biology*. 56: 241-253.

Franks, P., Drake, P., Froend, R., 2007. Anisohydric but isohydrodynamic: seasonally constant plant water potential gradient explained by a stomatal control mechanism incorporating variable plant hydraulic conductance. *Plant Cell Environ*. 30: 19-30.

Galindo, A., Collado-González, J., Griñán I., Corell, M., Centeno, A., Martín-Palomo, M.J., Girón, I.F., Rodríguez, P., Cruz, Z.N., Memmi, H., Carbonell-Barrachina, A.A., Hernández, F., Torrecillas, A., Moriana, A., Pérez-López, D., 2018. Deficit irrigation and emerging fruit crops as a strategy to save water in Mediterranean semiarid agrosystems. *Agricultural water management*. 202: 311-324.

Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M., Kader, A. A., 2010. Antioxidant Activity of Pomegranate Juice and Its Relationship with Phenolic Composition and Processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48 (10): 4581-4589.

Guo, P. & Li, R., 2000. Effects of high nocturnal temperature on photosynthetic organization in rice leaves. *Acta Botanica Sinica*. 42: 13-18.

Hargreaves, G.H.Y., Samani, Z.A., 1984. Economic considerations of deficit irrigation. *J. Irrigation and Drainage Eng.* 110: 343-358.

Hepaksoy, S., Kukul, Y.S., Engin, H., Erogul, D., Aksehirli, M., 2009. Leaf water potential of pomegranate (*Punica granatum L.*) under different irrigation levels. *Acta Hort. (ISHS)*. 818: 193-198.

Holland, D.K., Hatib, Bar-Yáakov I., 2009. Pomegranete: Botany, horticulture ,breeding. *Hort. Rev.* 35:127-191.

[https://www.uc.pt/herbario\\_digital/learn\\_botany/glossario](https://www.uc.pt/herbario_digital/learn_botany/glossario) a 16/09/2020

Ibrahim, A.M. & Abd El-Samad, G.A., 2009. Effect of different irrigation regimes and partial substitution of N-mineral by organic manures on water use, growth and productivity of pomegranate trees. *Euro. J. Sci. Res.* 38:199-218.

Intrigliolo, D.S., Bonet, L., Nortes, P.A., Puerto, H., Nicolas, E., Bartual, J., 2013. Pomegranate trees performance under sustained and regulated deficit irrigation. *Irrig. Sci.* 31: 959-970.

Intrigliolo, D.S., Nicolas, E., Bonet, L., Ferrer, P., Alarcón, J.J., Bartual J., 2011 Water relations of field grown Pomegranate trees (*Punica granatum*) under different drip irrigation regimes. *Agricultural Water Management.* 98: 691–696.

Iran Ministry of Agriculture, 2016. Statistics of Agricultural Products for 2015, Vol.3, Horticultural Commodities. Ministry of Agriculture, Office of Statistics and Information Technology, Tehran, pp. 253.

Jbir, R., Hasnaoui, N., Mars, M., Marrakchi, M., Trifi M., 2008. Characterization of Tunisian poegranate (*Punica Granatum L.*) cultivars using amplified fragment length polymorphism analysis *Sci. Hortic.* 115: 231-237.

Kalaji, H.M., Bąba, W., Gediga, K., Goltsev, V., Samborska, I.A., Cetner, M.D., Dimitrova, S., Piszcz, U., Bielecki, K., Karmowska, K., Dankov, K., Kompała-Bąba, A., 2018. Chlorophyll fluorescence as a tool for nutrient status identification in rapeseed plants. *Photosynth Res.* 136(3): 329–343.

Kandyliis, P., Kokkinomagoulos, E., 2020. Food applications and potential health benefits and its derivatives. *J. Foods.* 9(2): 122-144.

Khattab, M.M., Shaban, A.E., El-Shrief, A.H., Mohamed, A.S., 2011. Growth and productivity of pomegranate trees under different irrigation levels, I: Vegetative growth and fruiting. *J. Hortc. Sci. & Orn. Plants.* 3: 194-198.

Kijne, J., Barker, R., Molden, D., 2003. Improving water productivity in agriculture: Editors' Overview, in Jacob Kijne and others (Eds.) *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement, Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture.* UK: CABI Publishing in Association with International Water Management Institute.

Kölbl, J., Strong, C., Noe, C. and Reig, P., 2018. Mapping Public Water Management by Harmonizing and Sharing Corporate Water Risk Information. Technical Note. World Research Institute (WRI).

Kosto, I., Aharonovich, A., Azmon, I., Hilel, R., 2007. Work procedure-fertilization. *Agr. Ext. Serv., Orchards, Bet Dagan.*

Kramer, J.P., 1988. Measurement of plant water status: Historical perspectives and current concerns. *Irrig. Sci.* 9: 275-287.

Kumar, G.N.M., 1990. Pomegranate. P. 328-347. In N.P.E. Steven and Shaw Wardowski (eds.), *Fruits of Tropical and Subtropical Origin. Composition, properties and uses.* Florida Science Sources (FSS) Inc. Lake Alfred, Florida.

Langley, P., 2000. Why a pomegranate? *British Medical Journal* 321: 1153-1154.

Laribi, A.I., Palou, L., Intrigliolo, D.S., Notes, P.A., Rojas-Argudo, C., Taberner, V., Bartual, J., Pérez- Gago, M.B., 2013. Effect of sustained and regulated deficit irrigation on fruit quality of pomegranate cv. 'Mollar de Elche' at harvest and during cold storage. *Agricultural Water Management.* 125: 61-70.

Li, S.H., Huguet, J.G., Schoch, P.G., Orlando, P., 1989. Response of peach tree growth and cropping to soil water deficit at various phenological stage of fruit development. *J. Hortic. Sci.* 64: 541-552.

Mars, M., 2000 Pomegranate plant material: genetic resources and breeding, a review. *Options Méditerranéennes Ser A, Séminaires Méditerranéens.* 42:55-62.

Marsal, J., Lopez, G., Mata, M., Girona, J., 2012. Postharvest deficit irrigation in ‘Conference’ pear: effects on subsequent yield and fruit quality. *Agricultural Water Management*. 103: 1-7.

Martinez, H.C.G, 1990. Métodos analíticos para análisis de suelos. Serie: Agricultura. Junta de Extremadura. pp. 33.

Martinez, J.J., Melgarejo, P., Martinez, F., 2000. Study of the floral morphology of the pomegranate clones: PTO8, CRO1 and ME14. *Options Méditerranéennes ser. A*. 42: 105-113.

McCutchan, H. & Shackel, K.A., 1992. Stem water potential as a sensitive indicator of water stress in prune trees (*Prunus domestica* L. cv French). *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 117: 607-611.

Melgarejo, P., Martínez F., 1989. El granado. Colegio Oficial de Ingenieros Agronomo.s. Murcia pp. 111.

Melgarejo, P., Martinez. J.J., Martinez, F., Hernández, R., Legua, P., Oncina, R., Martínez-Murcia, 2009. Cultivar identification using 18S-18S rDNA intergenic spacer-RFLP in pomegranate (*Punica Granatum* L.) *Sci. HOrtic.* 120: 500-503.

Melgarejo, P., Salazar, D.M., Artés, F., 2000. Organic acids and sugars composition of harvested pomegranate fruits. *European Food Research Technology*. 211: 185–190.

Melgarejo, P., Sánchez, A.C., Vázquez-Araújo, L., Hernández, F., Martinez, J.J., Legua, P., Carbonell-Barrachina, A.A., 2011. Volatile composition of pomegranates from 9 Spanish cultivars using headspace solid phase microextraction. *Journal of Food Science*. 76: 114-120.

Mellisho, C.D., Egea, I., Galindo, A., Rodríguez, P., Rodríguez, J., Conejero, W., Romajaro, F., Torrecillas, A., 2012. Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit response to different deficit irrigation conditions. *Agric Water Manag.* 114: 30-36.

Mena, P., C. García-Viguera, J. Navarro-Rico, D.A. Moreno, J. Bartual, D. Saura and N. Marti., 2011. Phytochemical characterization for industrial use of pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 91: 1893-1906.



Mills, T.M., Behboudian, M.H., Clothier, B.E., 1996. Water relations, growth, and the composition of 'Braeburn' apple fruit under deficit irrigation. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 21: 286-291.

Mir, M.M., Sofi, A.A., Umar, I., Sheikh, M.A., Rehman, M.U., Rather, G.H., 2012. Quality evaluation of pomegranate crop – a review. *Int. J. Agric. Biol.* 14: 658-667.

Mitchell, P.D., Jerie, P.H.Y, Chalmers, D.J., 1984. Effects of regulated water deficits on pear tree growth, flowering, fruit growth and yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109: 1604-606.

Morton, J., 1987. *Fruits of warm climates*. Miami, FL.

Mpelasoka, B.S., Behboudian, M.H., Mills, T.M., 2001b. Effects of deficit irrigation on fruit maturity and quality of "Braeburn" apple. *Sci. Hortic.* 90: 279-290.

Neves, A (2019) A romã: novas formas de consumo e comercialização. Edição nº 30 AGROTEC. As novas tendências da fruticultura.

NHB (National Hort. Board), 2012. *Horticulture data base for the year 2011/2012*.

Ni, B.R. & Pallardy, S.G., 1992. Stomatal and nonstomatal limitations to net photosynthesis in seedling of woody angiosperms. *Plant Physiol.* 99: 1502–1508.

Olalla, M.A.S., Fuster, P. L., Belmonte, C., 2005. *Agua y Agronomia*. Universidade Castilla-La Mancha. Ediciones Mundi-Prensa.

Oliveira e Silva, P., Ramôa, S., Canário, R., Amaral, A., Guerreiro, C., Boteta, L., Guerreiro, I., Fernandes, A., 2018. Um caso de estudo em vinha para vinho sob rega deficitária controlada no Baixo Alentejo, *Agrotec / Grandes Culturas*. 27: 54-57.

Oliveira e Silva, P. & Ramôa, S., 2019. A eficiência da rega como resposta às alterações climáticas. *Revista Em Rede nacional*. 9: 34-35.

OMAIAA- Observatório dos Mercados Agrícolas e das Importações Agro-Alimentares, 2011. A produção e comercialização do diospiro em Portugal (artigo online). [Consultado em 20 janeiro de 2020] Disponível em [http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id\\_item=117](http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id_item=117).

Ozguven, A.I. & Ak, B.E., 1993. The effects of indole butyric acid (IBA) on rooting of pomegranate cuttings. *J. Agric. Fac. Of Cukurova University*. 8(3): 1:10.

Ozguven, A.I., Yilmaz, C., Keles, D., 2012. Pomegranate biodiversity and horticultural management. *Acta Hort. (ISHS)*. 940: 21-28.

Parvizi, H., Sepaskhah, A.R., Ahmadi, S.H., 2014. Effect of drip irrigation and fertilizer regimes on fruit yields and water productivity of a pomegranate (*Punica granatum* (L.) cv. Rabab) orchard. *Agricultural Water Management*. 146: 45–56.

Pourghayoumi, M., Rahemi, M., Bakhshi, D., Aalami, A., Kamgar-Haghighi A.A., 2017. Responses of pomegranate cultivars to severe water stress and recovery: changes on antioxidant enzyme activities, gene expression patterns and water stress responsive metabolites. *Physiol Mol Biol Plants*. 23(2):321–330.

Prasad, R.N., Bankar, G.J., Vashishtha, B.B., 2003. Effect of drip irrigation on growth, yield and quality of pomegranate in arid region. *Indian J. Hort.* 60: 140-142.

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. 38 (1): 11.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26: 1231–1237.

Rodríguez, P., Mellisho, C.D., Conejero, W., Cruz, Z.N., Ortuño, M.F., Galindo, A., Torrecillas A., 2012. Plant water relations of leaves of pomegranate trees under different irrigation conditions. *Environmental and Experimental Botany*. 77: 19– 24.

Ruiz-Sánchez, M.C., Domingo, R., Savé, R., Biel, C., Torrecillas, A., 1997. Effects of water stress and rewatering on leaf water relations of lemon plants. *Biol. Plant*. 39: 623-631.

Seelig, R.A., 1970. *Fruit & vegetable facts and pointers: Pomegranates*. United Fresh Fruit Association, Washinton DC.

Selahvarzi, Y., Zamani, Z., Fatahi, R., Talaei, A., 2017. Effect of deficit irrigation on flowering and fruit properties of pomegranate (*Punica granatum* cv. Shahvar). *Agricultural Water Management*. 192: 189–197.

Shiklomanov, I.A., 1993. World fresh water resources. In: Gleick, P.H. (Ed.), *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. Oxford University Press, New York, pp. 13-24.

Shulman, Y., Fainberenstein, L., Lavee, S., 1984. Pomegranate fruit development and maturation. *J. Hort. Sci.* 59:265-274.

Singh, D.B., Samadia, D.K., Kingsly, A.R.P., 2006. Conservation, characterization and evaluation of pomegranate germplasm under arid ecosystem in India. In: ISHS, 1st Internacional Symposium, Pomegranate and minor mediterranean fruits, p15.

Smartse, 2009. Pressure Bomb image. Acedido em 8 de março de 2020, em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Scholander\\_pressure\\_bomb](https://en.wikipedia.org/wiki/Scholander_pressure_bomb).

Stover, E. & Mercure, E.W., 2007. The pomegranate: a new look at the fruit of Paradise *HortScience* 42(5): 1088-1092.

Tardieu, F. & Simonneau, T., 1998. Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modelling isohydric and anisohydric behaviours. *J. Exp. Bot.* 49: 419-432.

TehraniFar, A., Zarei, M., Nemati, Z., Esfandiyari, B., Vasifeshenas, M.R., 2010. Investigation of physico-chemical properties and antioxidant activity of twenty Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. *Sci. Hortic.* 126: 180-185.

The Euro+Med PlantBase- information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. Acedido a 30 de março de 2020, em: .

Thomé, O.W., 1885. Illustration *Punica granatum*. Acedido a 20 de janeiro de 2020, em <https://en.wikipedia.org/wiki/Pomegranate>.

Torrecillas, A., Guillaume, C., Alarcón, J.J., Ruiz-Sánchez, M.C., 1995. Water relations of two tomato species under water stress and recovery. *Plant Sci.* 105: 169-176.

Torrecillas, A., Sánchez-Blanco, M.J., Ruiz-Sánchez, M.C., 2000. Response of woody crops to water deficits. Water relations and yield. V Simposium Hispano-Portugués de Relaciones Hídricas en las Plantas, Madrid, pp. 23-35.

Toureiro, C.M.C., Serralheiro, R.P., Oliveira, M.R., 2007. Maximização da economia da água em regadio: Rega deficitária controlada. II Congresso Nacional de Rega e Drenagem 1: 1-15.

Turner, N.C. 1988. Measurement of plant water status by the pressure chamber technique. *Irrig. Sci.* 9:289-308.

Turner, N.C., 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and Soil*, 58:339-366.

Tyree, M.T. & Sperry, J.S., 1989. Vulnerability of xylem to cavitation and embolism. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 40: 19-38.

UNDP, 2006. *Beyond Scarcity: Power, Poverty and the Global Water Crisis*. United Nations Development Programme (UNDP), New York, USA 0-230-50058-7.

Varasteh, F., K. Argani, Z. Zamani and A. Mohseni, 2009. Evaluation of the most important characteristics of some commercial pomegranate (*Punica granatum L.*) cultivars grown in Iran. *Acta Horticulturae* 818: 103-108.

Verhoef, A., 1997. The effect of temperature differences between porometer head and leaf surface on stomatal conductance measurements. *Plant, cell and Environment*. 20: 641-646.

Wetzstein, H.Y., Ravid, N., Wilkins, E., Martinelli, A.P., 2011. A morphological and histological characterization of bisexual and male flower types in pomegranate. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 136: 83–92.

Williams, L.E., Araujo, F.J., 2002. Correlations among Predawn Leaf, Midday Leaf, and Midday Stem Water Potential and their Correlations with other Measures of Soil and Plant Water Status in *Vitis vinifera*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 127 (3): 448–454.

Wilkinson, S. & Hartung, W., 2019. Food production: reducing water consumption by manipulating long-distance chemical signaling in plants. *Journal of Experimental Botany*, 60 (7): 1885–1891.

Wong, C., 2020. Health Benefits of Pomegranate Juice. Acedido a 20 de janeiro de 2020, em: <https://www.verywellhealth.com/pomegranate-juice-may-interact-with-certain-medications-89171>.

World Water Development Report, 2020. Water and Climate Change. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.  
<https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2020/>

Wren, R.C. 1988. Potter's new cyclopedia of botanical drugs and preparations. C.W. Daniel, Essex, UK.