



**Efeito do regime hídrico e da aplicação de caulino
na mitigação do stresse hídrico da amendoeira
(*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb)**

Susana dos Anjos Caetano Capitão

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para
obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia*

Orientado por
Prof. Doutor. António Castro Ribeiro
MSc. David Santos Barreales

**Bragança
2021**

O presente trabalho foi realizado com financiamento do projeto “EGIS: Estratégias para uma gestão integrada do solo e da água em espécies produtoras de frutos secos”, Referência nº PDR2020-101-030987”

Agradecimentos

Gostaria de expressar os meus agradecimentos a todos aqueles que me apoiaram durante o meu percurso académico e durante a execução desta dissertação. Agradeço em particular:

Ao meu orientador, Professor Doutor António Castro Ribeiro, por todos os conhecimentos transmitidos e pela orientação da presente dissertação.

Ao meu coorientador, Mestre David Barreales, por todo o companheirismo e contribuição para esta dissertação.

Aos meus colegas de trabalho que de alguma forma contribuíram para esta dissertação, em particular a Ângela Monteiro.

Aos meus queridos amigos

A toda a minha família, sobretudo os meus pais, a minha irmã e o meu namorado, porque sem eles este percurso não teria sido possível de forma alguma.

Resumo

Na região de Trás-os-Montes, os pomares de amendoeiras são maioritariamente cultivados em condições de sequeiro, em que as árvores, durante parte do seu ciclo vegetativo, sofrem um stresse hídrico severo, com consequência na redução da produtividade. Tendo em conta as alterações climáticas em que a situação de secura estival tende a agravar-se, colocando em risco a sustentabilidade da cultura, o estudo de estratégias para mitigar o efeito do stresse hídrico é de interesse muito relevante.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a resposta da amendoeira a duas estratégias de mitigação do efeito do stresse hídrico nas variedades Vairo e Constantí: a rega deficitária e a aplicação foliar de caulino. O estudo foi realizado num amendoal, situado em Alfândega da Fé (lat. 41°20'37.1"N; long. 6°56'32.8"W, alt. 550 m). Foi implementado um delineamento experimental em blocos causalizados com dois regimes hídricos: rega correspondente a 100% da evapotranspiração da cultura (100% ETc) e rega correspondente a 100%ETc até ao fim do crescimento do fruto (julho) e redução posterior para 35% da ETc (100/35% ETc), e um tratamento de caulino em cada regime hídrico, nas variedades Vairo e Constantí.

Ao longo do ciclo vegetativo foram avaliados diferentes parâmetros fisiológicos (potencial hídrico, trocas gasosas, índice relativo de clorofila, índice de vegetação por diferença normalizada) e, no final, parâmetros físicos da qualidade da amêndoa (biometria, textura e cor) e parâmetros agronómicos (produtividade do amendoal e produtividade da água).

Os resultados mostram o efeito positivo da rega que se traduz num maior conforto hídrico das amendoeiras regadas com 100% da ETc durante o ciclo vegetativo em comparação com as amendoeiras em que a rega foi reduzida a 35% da ETc. A aplicação de caulino não influenciou o estado hídrico das amendoeiras nos dois regimes hídricos estudados. O maior conforto hídrico não se traduziu, contudo, de forma significativa no comportamento fisiológico nem na generalidade dos parâmetros da qualidade da amêndoa. Relativamente aos parâmetros agronómicos, o tratamento com rega de 100% da ETc, da variedade Vairo, foi o que obteve maior produtividade em amêndoa com casca (2785 kg ha⁻¹). Um dos aspetos mais importantes que pode ser retirado deste trabalho,

refere-se ao facto de a rega deficitária não ter tido um impacto drástico na redução da produtividade, traduzindo-se esse facto num incremento da produtividade da água e, por essa via, contribuindo para a sustentabilidade do regadio no amendoal.

Palavras chave: rega deficitária, caulino, stresse hídrico, amendoeira, Trás-os-Montes

Abstract

In the region of Trás-os-Montes, almond orchards are mostly cultivated in dry conditions, where the almond trees, during part of their vegetative cycle, suffer severe water stress, with a consequent reduction in productivity. Considering the climate change, in which the summer drought tends to worsen, putting the sustainability of the crop at risk, the study of strategies to mitigate the strong water effect is of very relevant interest.

Thus, the present work aims to evaluate the response of the almond tree to two strategies for mitigating the effect of water stress in Vairo and Constantí almond varieties: deficit irrigation and kaolin application. The study was carried out in an adult almond grove located in Alfândega da Fé (lat. 41° 20'37.1"N; long. 6°56'32.8"W, alt. 550 m). A randomized block experimental design with two water regimes was implemented: irrigation corresponding to 100% of crop evapotranspiration (100% ETc) and irrigation corresponding to 100% ETc until the end of fruit growth and subsequent reduction to 35% of ETc (100/35% ETc), and a kaolin treatment in each water regime, in the Vairo and Constantí varieties.

During the vegetative cycle, different physiological parameters were evaluated (water potential, gas exchange, relative chlorophyll index, normalized difference vegetation index) and, in the end, almond quality parameters (biometry, texture and color) and agronomic parameters (almond yield and water productivity). The results show the positive effect of irrigation with a better water status of almond trees irrigated with 100% ETc during the growing season compared to almond trees where irrigation was reduced to 35% of ETc. Kaolin application did not influence the water status of almond trees in the two irrigation regimes. However, the best water status did not significantly affect the physiological behavior or the almond quality parameters. Regarding agronomic parameters, the treatment with irrigation of 100% of the ETc, of the Vairo variety, was the one with the highest productivity (2785 kg ha⁻¹). One of the most important aspects that can be drawn from this work refers to the fact that the deficit irrigation has not had a drastic impact on the yield reduction, leading to an increase in water productivity and, in this way, contributing to the sustainability of the irrigation in the almond grove.

Keywords: deficit irrigation, kaolin, water stress, almond trees, Trás-os-Montes

Lista de abreviaturas e siglas

AJAP - Associação dos Jovens Agricultores de Portugal

RDI - Rega Deficitária Regulada

SDI - Rega Deficitária Sustentada

PRD - Rega Parcial do Sistema Radicular

ETc – Evapotranspiração da cultura

Ψ_{base} – Potencial hídrico de base

$\Psi_{\text{meio-dia}}$ – Potencia hídrico do meio-dia

m³ – Metro cúbico

ha – Hectare

A - Taxa fotossintética líquida

gs - Condutância estomática ao vapor de água

E - Taxa de transpiração

PAR - Radiação Fotossinteticamente Activa

Ci - Concentração interna de CO₂ (Ci)

Tf - Temperatura da folha

Ta - Temperatura do ar

IRC - Índice Relativo de Clorofila

NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

N – Newton

mm – Milímetro

kg – Kilograma

s – Segundo

L* - Componente de brilho

a* - Componente vermelho

b* - Componente azul

C* - Croma

H* - Ângulo Hue

Índice de Figuras

Figura 1- Origem e distribuição da espécie <i>Prunus dulcis</i> . Fonte: AJAP (2017).....	15
Figura 2- Evolução da produção (toneladas) e da área (hectares) a nível mundial desde 1970 até 2019. Fonte: FAOSTAT (2021).....	16
Figura 3- Distribuição dos países com a produção de amêndoa a nível mundial referente ao ano 2018. Fonte: FAOSTAT (2021).....	17
Figura 4- Produção acumulada relativamente aos anos de 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019, em percentagem, dos principais países produtores de amêndoa a nível mundial. Fonte: FAOSTAT (2021).	17
Figura 5 - Exemplo de um amendoal tradicional combinado com olival, situado em Alfândega da Fé.....	18
Figura 6 - Evolução da área (ha) e da produção (ton) em Portugal. Fonte: FAOSTAT (2021). 19	
Figura 7 - Distribuição da área de produção de amendoeira em Portugal.	21
Figura 8 – Produção média (kg de grão/ha) de variedades de amêndoa sob diferentes regimes hídricos. Fonte: Miarnau et al. (2016).....	22
Figura 9 – Ciclo anual da amendoeira. Fonte: Girona et al. (1993).....	23
Figura 10- (A) Localização do concelho de Alfândega da Fé (Portugal); (B) Parcela do ensaio experimental; (C) Esquema dos diferentes tratamentos.	30
Figura 11 – Dados climatológicos de Alfândega da Fé, respetiva aos anos 1999 e 2019: Precipitação (mm), Temperatura máxima e mínima (C°).	34
Figura 12- Medição do índice relativo de clorofila.....	37
Figura 13- Medição NDVI.....	38
Figura 14 - (A)- Colheita da amêndoa; (B)- Separação das folhas e cascarão da amêndoa depois da colheita	39
Figura 15 - (A)-Visualização dos parâmetros medidos: largura, comprimentos e espessura; (B)- Pesagem do grão.	40
Figura 16- Medição da cor na parte interior e exterior do grão	40
Figura 17- Medição da textura	41
Figura 18 - Temperatura média mínima e máxima mensal e precipitação acumulada registradas durante o período experimental (2019)	42
Figura 19 - Potencial hídrico de base, medido em dias diferentes (1 de agosto e 29 de agosto de 2019). Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).....	46
Figura 20 - Potencial hídrico do meio-dia, medido em dias diferentes (1 de agosto e 29 de agosto de 2019). Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p- value < 0,05).	47

Figura 21 - Índice relativo de clorofila (IRC) medido no dia 13 e 29 de agosto nos diferentes tratamentos. Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p- value < 0,05).....	51
Figura 22 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) medido no dia 1 e 29 de agosto nos diferentes tratamentos. Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p- value < 0,05).....	53
Figura 23 - Produtividade de amêndoa por hectare (kg/ha), de cada tratamento. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05). .	54
Figura 24 - Produção de amêndoa por volume de copa (kg/m ³), de cada tratamento. Letras diferentes nas barras mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).	55
Figura 25 - Produtividade da água (kg/m ³), de cada tratamento. Letras diferentes nas barras mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).	56

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Superfície (ha) e produção (t) da cultura da amendoeira nas cinco NUTS II de Portugal, referentes ao ano 2020.	20
Tabela 2 - Identificação dos tratamentos do ensaio e água aplicada na rega.	32
Tabela 3 - Principais estados fenológicos, ocorridos durante o ciclo vegetativo, de acordo com a escala BBCH.	44
Tabela 4 - Taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs) e taxa fotossintética (A) medidas a 1 de agosto de 2019, pelas 10h00. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).....	48
Tabela 5 - Taxa de transpiração, condutância estomática e taxa fotossintética medidas a 29 de agosto de 2019, pelas 10h00 e 15h00. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).....	49
Tabela 6 – Parâmetros morfológicos na variedade Constantí realizados nas amêndoas e miolos. NS = não significativo em p <0,05; *, **, ***; significativo em p <0,05; 0,01 e 0,001 respetivamente. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos.	58
Tabela 7 - Parâmetros morfológicos na variedade Vairo realizados nas amêndoas e miolos. NS = não significativo em p <0,05; *, **, ***; significativo em p <0,05; 0,01 e 0,001 respetivamente. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos.	59
Tabela 8 – Parâmetros da cor medidos no miolo da amêndoa no exterior e interior. Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p- value < 0,05). 61	
Tabela 9 – Parâmetros da textura: Rotura da pele (N), Elasticidade (mm) e Dureza (N.sec.), medidos nas amêndoas. Letras diferentes na tabela, representam diferenças significativas entre os tratamentos.....	62

Índice

1. Introdução	13
2. A cultura da amendoeira.....	15
2.1 Origem e distribuição mundial.....	15
2.2 Produção e distribuição em Portugal.....	18
3. Estratégias para mitigar o efeito do stress estival no amendoal.....	21
3.1 Efeito do stress hídrico na amendoeira	21
3.2 Estratégias de mitigação.....	24
3.2.1 A rega deficitária no amendoal	25
3.2.2 Aplicação do caulino	27
4. Material e métodos	30
4.1 Localização e desenho experimental	30
4.2 Caracterização das variedades	32
4.3 Caracterização climática e condições meteorológicas durante o ano de 2019	33
4.4 Cálculo das necessidades de rega	34
4.5 Estados fenológicos	35
4.6 Medições fisiológicas.....	35
4.6.1 Potencial hídrico.....	35
4.6.2 Trocas gasosas	36
4.6.3 Índice Relativo de Clorofila (IRC).....	36
4.6.4 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	37
4.7 Componentes agronómicos	38
4.8 Parâmetros da qualidade da amêndoa.....	39
4.8.1 Biometria.....	39
4.8.2 Cor	40
4.8.3 Textura	40
5. Resultados e discussão	42
5.1 Condições meteorológicas durante o período de ensaio	42
5.2 Fenologia.....	43
5.3 Parâmetros fisiológicos.....	45

5.3.1 Potencial hídrico	45
5.3.2 Trocas gasosas	48
5.3.3 Índice relativo de clorofila (IRC)	50
5.3.4 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	52
5.4 Parâmetros agronômicos.....	53
5.4.1 Produtividade	53
5.4.2 Produtividade da água	55
5.5 Parâmetros qualitativos	57
5.5.1 Biometria.....	57
5.5.2 Cor	60
5.5.3 Textura	62
6. Conclusões	64
7. Bibliografia.....	65

1. Introdução

A amendoeira (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb) é uma das espécies de frutos secos mais característica da paisagem da Terra Quente Transmontana, estando também distribuída pelas regiões do Alentejo e Algarve. Esta cultura tradicional de fruto de casca rija é das mais produzidas em Portugal. Embora se trate de uma cultura bem-adaptada às condições edafoclimáticas desta região, a produtividade dos amendoais é geralmente baixa devido, em parte, ao uso de técnicas de produção pouco adequadas. De facto, o cultivo desta espécie na região transmontana continua a ser muito tradicional, com poucas intervenções e onde o regadio é quase inexistente, o que pode ajudar a explicar as baixas produtividades do amendoal.

Perante as alterações climáticas de causa humana é indispensável que surjam respostas apropriadas, a dois níveis: a mitigação e a adaptação (Santos, 2006). Com o intuito de se ajustar e adaptar às alterações climáticas, o agricultor poderá recorrer a cultivares adaptadas a temperaturas mais elevadas, optar por culturas alternativas e intensificar algumas técnicas culturais, tal como a rega (Hoogenboom et al., 1995). A rega poderá ser alterada, quer na frequência, quer na quantidade de água fornecida. As medidas de adaptação terão que assegurar que os períodos de stresse serão evitados, nomeadamente o stresse hídrico e térmico (Pinto e Brandão, 2002).

Em Portugal, e na região de Trás-os-Montes, a influência das alterações climáticas nos sistemas agrícolas será mais evidente no que respeita ao regime hídrico dos solos já que, situando-se na área dos climas Mediterrânicos, o provável aumento da temperatura reflete-se diretamente na evapotranspiração, agravando particularmente a xerofilia estival. Por outro lado, a diminuição da quantidade de precipitação no semestre chuvoso irá agravar a reserva de água disponível para suprir a sua falta no período de crescimento vegetativo das diversas culturas (Gonçalves, 2012). Nestas circunstâncias, as culturas de sequeiro terão menos água disponível e maiores necessidades hídricas, o que em clima mediterrânico se traduz em produções mais baixas (De Melo-Abreu et al., 2011).

A implementação de rega nos amendoais é de extrema importância para aumentar a produtividade e a qualidade da produção. Torna-se cada vez mais uma solução evidente,

no entanto, pressupõe mais recursos financeiros e maior consumo de água que nem todos os agricultores poderão suportar. Tendo em conta as limitações em termos de disponibilidade de água, a utilização de estratégias de rega deficitária poderá conduzir a um aumento da eficiência do uso da água.

Em relação às medidas de adaptação ao stresse térmico, mas que também podem influenciar o stresse hídrico, existe um conjunto de protetores foliares que têm o objetivo de diminuir os efeitos negativos ocasionados por alta intensidade luminosa e elevadas temperaturas. Entre estes encontra-se caulino, uma argila quimicamente inerte com excelentes propriedades refletoras.

Neste trabalho pretende-se avaliar o efeito de duas estratégias de mitigação do efeito do stresse hídrico estival no amendoal: a rega deficitária e a aplicação de caulino. Para estas duas estratégias, pretende-se avaliar a sua influência no comportamento fisiológico e agronómico da amendoeira e na qualidade da amêndoa.

2. A cultura da amendoeira

2.1 Origem e distribuição mundial

A amendoeira (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb) é uma árvore de folha caduca que pertence ao reino Plantae, classe Magnoliopsidae, à família das Rosaceae, subfamília das Prunoideae, género *Prunus* L. e espécie *Prunus dulcis* (Miller), cujo fruto seco comestível é a amêndoa (Grasselly et al., 1997).

Esta é uma espécie originária das zonas áridas e montanhosas da Ásia Central (Fig. 1) de onde se expandiu para todas as regiões do mundo onde é cultivada. Trata-se de uma espécie bem-adaptada a climas com invernos suaves e húmidos, verões quentes e secos com défice hídrico ao longo desta estação, sendo considerada uma cultura mediterrânea. É na Bacia Mediterrânica e na América Norte onde apresenta maior importância económica (Monteiro et al., 2003).

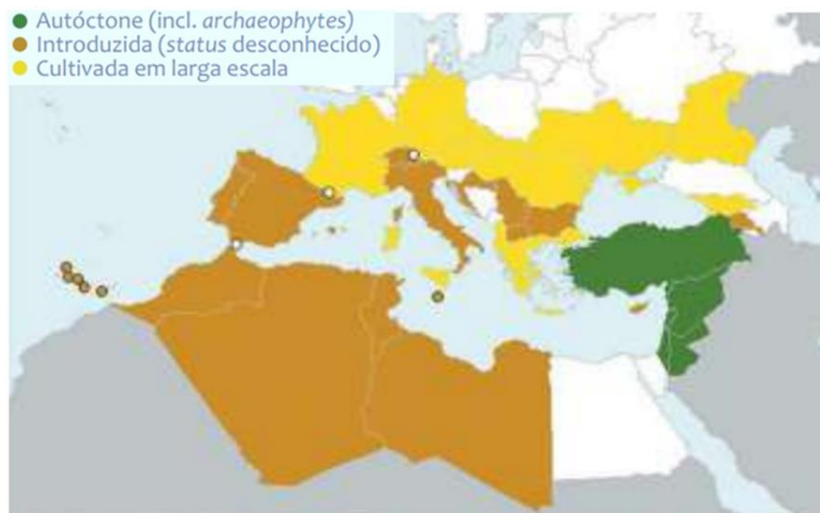


Figura 1- Origem e distribuição da espécie *Prunus dulcis*. Fonte: AJAP (2017)

A produção mundial de amêndoa experimentou o maior crescimento na última década, tendo o volume de produção quase duplicado desde 2004 (INC, 2016). Este aumento da oferta foi impulsionado pelo aumento da procura do fruto, em resultado da conjugação de

vários fatores, como o crescimento do consumo em mercados não tradicionais e a intensificação da procura do fruto impulsionada pelos atributos associados à nutrição, saúde e ligação à dieta mediterrânica, assim como, o aumento da variedade de utilizações do fruto (Cabo, 2017). Este crescimento na produção mundial de amêndoa deve-se, a um aumento da superfície dedicada ao amendoal e essencialmente a melhorias nas técnicas culturais, aumentando muito a produção por hectare (Miarnau et al., 2010).

Assim, pela observação da evolução da produção e área a nível mundial (Fig. 2) verifica-se que existe uma tendência crescente para ambos os fatores e a título de exemplo observa-se que nas últimas 2 décadas, desde 1998 até 2018, a área de produção aumentou 29%, passando de 1.568.847 hectares para 2.025.955 hectares (FAOSTAT, 2021). A produção, nesse mesmo intervalo de tempo, aumentou 146%, tendo-se produzido, em 1998, 1.310.894 toneladas e em 2018, 3.224.900 toneladas (FAOSTAT, 2021) (Fig. 2). O facto de a percentagem de acréscimo da produção ser maior do que o da área é uma indicação de que está a haver maior intensificação na produção, através da plantação de novas variedades, utilização de novos porta-enxertos, aumento da densidade de plantação e dos fatores de entrada para a exploração como a água (rega), produtos fitofármacos e fertilizantes. Dado como exemplo, constata-se que a aplicação do azoto na fertilização aumentou 32% de 1998 a 2018 (FAOSTAT, 2021).

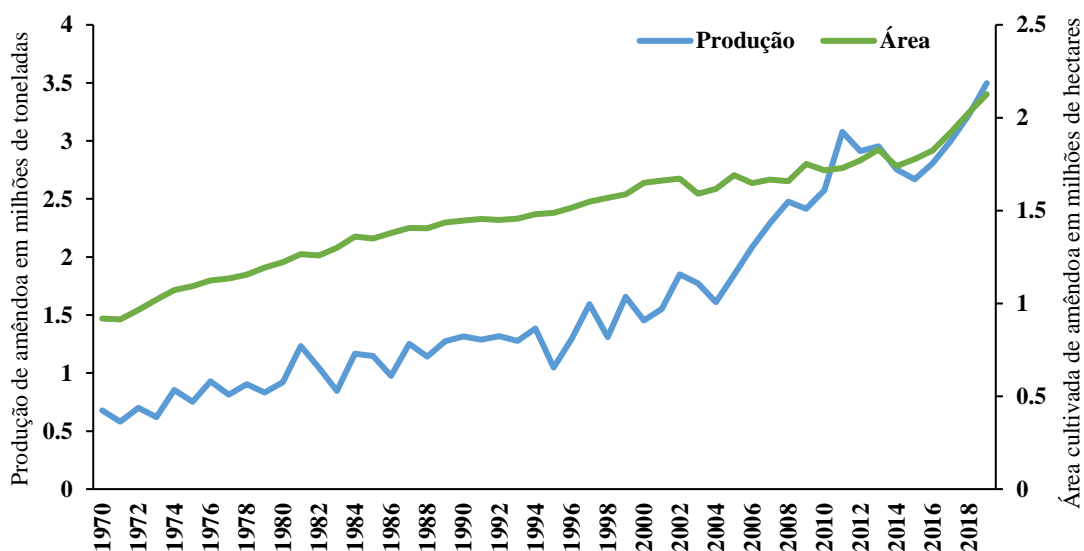


Figura 2- Evolução da produção (toneladas) e da área (hectares) a nível mundial desde 1970 até 2019.

Fonte: FAOSTAT (2021)

Entre os principais produtores de amêndoa encontram-se países, que na sua maioria, apresentam um clima do tipo mediterrâneo e que estão acima do Trópico de Câncer, como se pode observar na Figura 3, em que os países representados a cores mais escuras possuem maiores produções e as mais claras, produções inferiores ou inexistentes. Apesar desta abrangência geográfica, a produção de amêndoa está especialmente concentrada nos Estados Unidos da América (EUA), sendo este país responsável por cerca de 55% da produção mundial, seguido pela Espanha (9%) e Irão (5%) (Fig. 4).

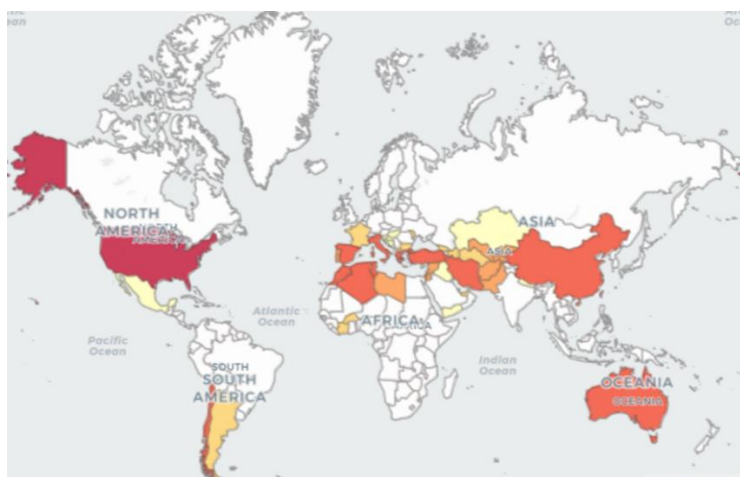


Figura 3- Distribuição dos países com a produção de amêndoa a nível mundial referente ao ano 2018. Fonte: FAOSTAT (2021)

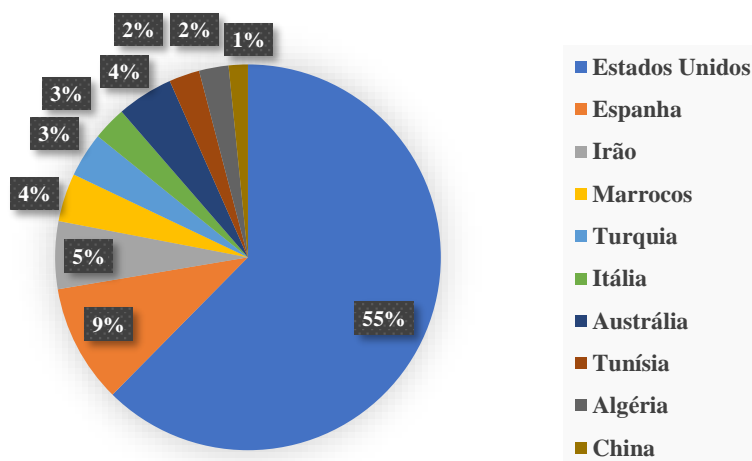


Figura 4- Produção acumulada relativamente aos anos de 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019, em percentagem, dos principais países produtores de amêndoa a nível mundial. Fonte: FAOSTAT (2021).

O amendoal norte-americano localiza-se maioritariamente na Califórnia (Almond Board of California, 2016), sendo que mais de 70% da produção do país se destina à exportação. Naquele estado norte-americano, o cultivo da amendoeira assenta no sistema intensivo com regadio, que aliado à elevada fertilidade dos solos (profundos e bem drenados) e às características da principal variedade local, Nonpareil, muito produtiva e de alto rendimento em miolo (60%-65%), conseguem alcançar grandes produtividades por hectare. Esta variedade, ao ser de casca mole, possui excelente valor comercial, devido à sua aptidão para a transformação industrial e ao seu aspeto atrativo para o consumidor. Por estes fatores justifica-se a elevada produtividade da cultura e a posição dominante dos EUA na produção mundial (Nunes, s/d).

2.2 Produção e distribuição em Portugal

A introdução da amendoeira em Portugal está documentada a partir do século XII e terá sido introduzida pelos árabes (DGADR, 2017). Sendo uma das principais culturas tradicionais do país, a amendoeira assenta numa forte tradição regional, nomeadamente, na cultura gastronómica. Tradicionalmente, o amendoal tem sido instalado em solos pouco férteis e com fortes declives, era uma forma de aproveitar parcelas improdutivas de cereais e outras culturas herbáceas. Muitas vezes tem sido cultivado em combinação com vinhas e olival (Fig.5).



Figura 5 - Exemplo de um amendoal tradicional combinado com olival, situado em Alfândega da Fé

A Fig. 6 representa os dados de superfície e produção do amendoal desde o ano 1970 até o ano 2018, em Portugal. Verifica-se uma tendência crescente da área cultivada e da produção até ao ano de 1992. Foi neste ano que se atingiu o pico relativamente à área (42.600 ha) e à produtividade (45.940 ton/ha). A partir desta data, verifica-se um decréscimo resultante, do desinteresse pela cultura da amendoeira devido à sua baixa rentabilidade, assistindo-se ao abandono de parte significativa do amendoal nacional que foi substituindo por outras culturas mais rentáveis como o olival ou a vinha. No entanto, a partir de 2010 assistiu-se à renovação do interesse pela produção de amêndoa, em resultado da crise económica que o país atravessava, e da recente valorização do fruto, cujo preço ao produtor experienciou uma taxa de crescimento real (preços constantes de 2005) superior a 90%, entre 2010 e 2014. Nesta tendência houve reconversão da parte do amendoal tradicional e implantação de novos pomares, sobretudo nas regiões de Alto Trás-os-Montes (Valpaços e Mirandela) e Alentejo (nos novos perímetros de rega do Alqueva) (Cabo, 2017).

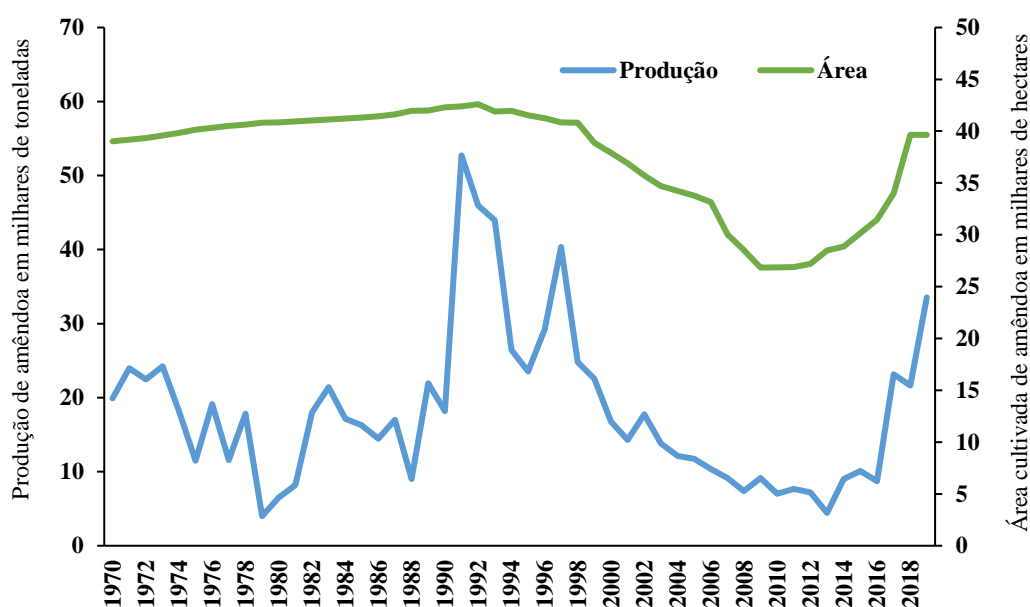


Figura 6 - Evolução da área (ha) e da produção (ton) em Portugal. Fonte: FAOSTAT (2021)

Embora esta reconversão esteja a aumentar, a região de Trás-os-Montes, depara-se com problemas relacionados com a falta de dimensão das parcelas e pouca disponibilidade de recursos hídricos (Santos e Teixeira, 2020). Nos novos pomares encontram-se variedades

estrangeiras, nomeadamente francesas e espanholas, que têm floração tardia e extrataria, com um potencial de produtividade elevado, resistência a algumas doenças e rendimento médio ao descasque superior a 30%. Cabe destacar a utilização de novos porta-enxertos híbridos, como por exemplo o GF677 ou o Garnem, que aumentam a precocidade e o vigor. Através dos dados do recenseamento agrícola de 2019, verifica-se que, a área de amendoal duplicou face a 2009, com a zonagem desta cultura, habitualmente repartida por Trás-os-Montes e Algarve, agora sem o Algarve, mas com o Alentejo devido à superfície desta última região ter aumentado dezasseis vezes (Figura 7). Os dados das Estatísticas Agrícolas de 2020 vão exatamente de encontro com essa distribuição de produção em Portugal, em que a zona Norte (principalmente Trás-os-Montes e Alto Douro) ocupa 49 % da área de produção, o Alentejo 34 % e o Algarve com 10% (Tabela 1). Relativamente à produção, a zona Norte também é a que mais produz (43 % da produção nacional) com a mínima diferença entre a zona do Alentejo já produz 42 % da produção nacional. Por fim, o Algarve com uma produção menos significativa, apenas 3%.

Tabela 1 – Superfície (ha) e produção (t) da cultura da amendoeira nas cinco NUTS II de Portugal, referentes ao ano 2020.

NUTS II	Cultura da amêndoa em Portugal	
	Superfície (ha)	Produção (t)
Continente	52.344	31.610
Norte	25.612	13.567
Centro	3.863	3.780
Área Metropolitana de Lisboa	53	12
Alentejo	17.803	13.385
Algarve	5.013	865

Fonte: INE, Estatísticas agrícolas 2020

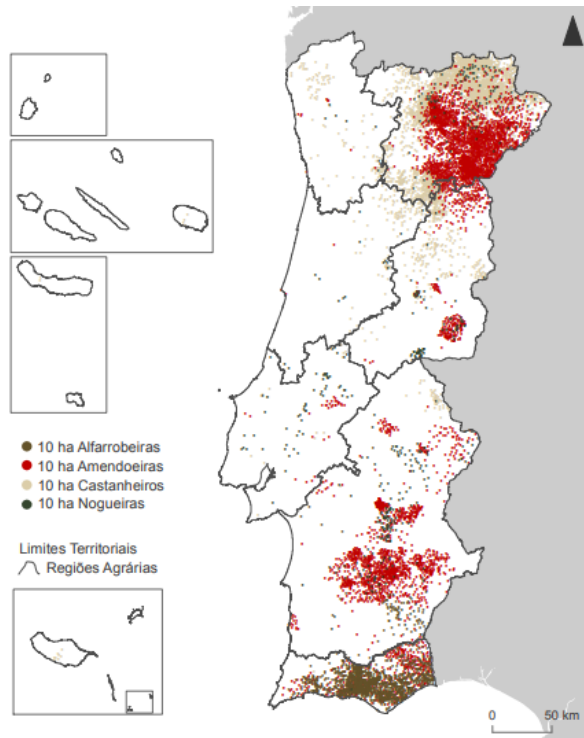


Figura 7 - Distribuição da área de produção de amendoeira em Portugal.

Fonte: INE, Recenseamento Agrícola 2019

O Algarve tem baixas produtividades devido à impossibilidade de mecanização nas áreas tradicionais, sendo a cultura menos nobre e cuja colheita, os produtores mais desprezam (Nunes, s/d). O amendoal alentejano tem vindo a ganhar importância recentemente, devido ao aproveitamento das novas zonas de regadio do Alqueva e ao investimento em novas plantações de grande dimensão (mais eficientes no uso da mecanização) e com produtividades elevadas, fruto do cultivo de variedades seleccionadas, em sistema intensivo (Cabo, 2017).

3. Estratégias para mitigar o efeito do stresse estival no amendoal

3.1 Efeito do stresse hídrico na amendoeira

O clima é um fator indissociável do sucesso de todos os sistemas agrícolas, ao influenciar a adaptação de uma cultura a uma determinada região e moldar a respetiva produção e

qualidade, potenciando assim a sustentabilidade económica. As secas sazonais, muito frequentes no tipo de clima Mediterrâneo e características da nossa região, são responsáveis por quebras significativas na produção. No entanto, sob as condições deste clima, os rendimentos máximos do amendoal são obtidos quando é cultivado com rega (Arquero, 2013). Assim, a produtividade da amendoeira está diretamente relacionada com a rega dessa cultura. Em pomares regados, são obtidos aumentos significativos na produtividade em relação aos de sequeiro, como se pode observar na Figura 8. Neste estudo de longa duração verificou-se que as amendoeiras no seu décimo ano, cultivadas em sequeiro, alcançaram uma produtividade de aproximadamente 750 kg/ha, enquanto que com rega plena, triplicaram a produtividade até os 2.800 kg/ha.

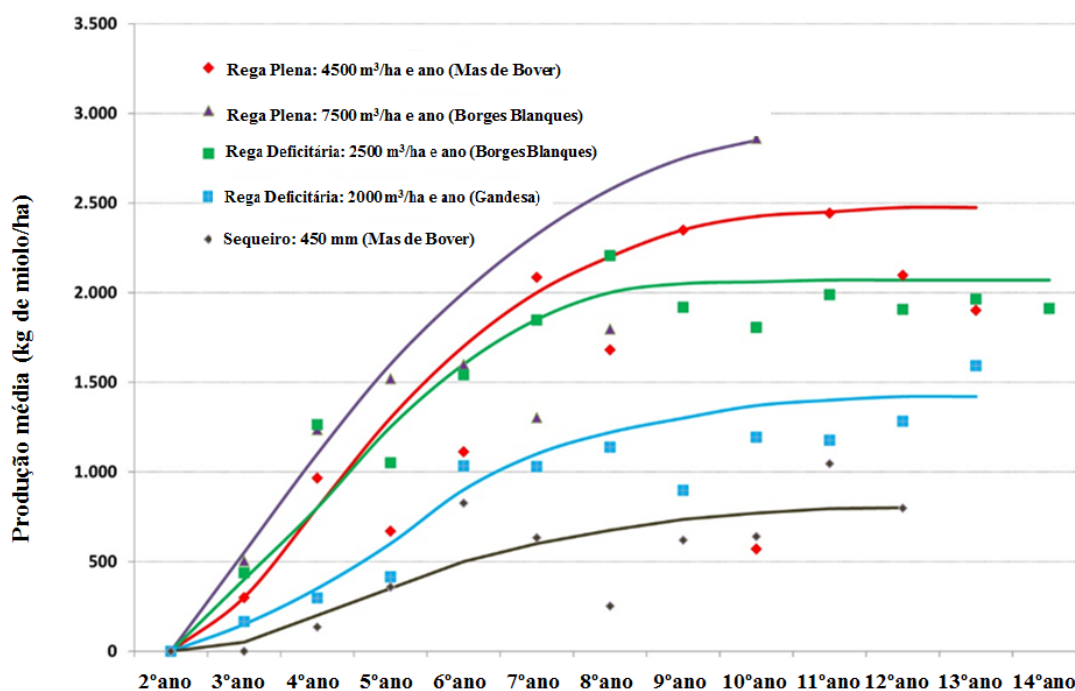


Figura 8 – Produção média (kg de grão/ha) de variedades de amêndoa sob diferentes regimes hídricos. Fonte: Miarnau et al. (2016)

Existem períodos críticos nas culturas, que correspondem aos momentos fenológicos nos quais o aparecimento de situações de défice hídrico pode condicionar de forma importante a produção e a qualidade da colheita (Duarte, 2007). Num estudo sobre a produção de amêndoa em condições de sequeiro, Doll e Shakel (2015) referem que o stresse hídrico em nível moderado ou severo, durante qualquer período da estação de crescimento, não

é recomendado porque vai reduzir o crescimento vegetativo, o que leva a baixos resultados futuros. Para além disto, se o défice hídrico for severo, a planta pode não recuperar durante o ciclo anual da cultura em que ocorre o fenómeno e levar mais de um ciclo vegetativo para a completa recuperação das suas reservas e órgãos (Duarte, 2007). Até à máxima expansão foliar, cerca de 4 a 5 semanas após a floração, as necessidades hídricas são geralmente asseguradas pela reserva de água no solo ou, em casos excepcionais, pela aplicação de regas moderadas (Ribeiro, 2017). Todavia, à medida que a estação avança, o crescimento da amendoeira pode ser severamente afetado pelo défice de água no solo, resultante do aumento do consumo de água devido à maior procura climática da atmosfera e menor, ou mesmo ausência, de precipitação (Ribeiro, 2017). Os sintomas do stresse hídrico começam por se manifestar através da diminuição do crescimento dos ramos e ramalhetes, com consequências negativas no próprio ano e principalmente nos anos seguintes (Esparza et al., 2001).

O ciclo de crescimento da amêndoa pode ser dividido em 4 fases (Lipan et al., 2018). A fase 1 corresponde à floração (março-abril), a fase 2 consiste no crescimento da semente, no tamanho de embrião (maio), a fase 3 ao aumento do peso da semente (junho-agosto) e a fase 4 à pós-colheita até caída das folhas (Fig. 9).

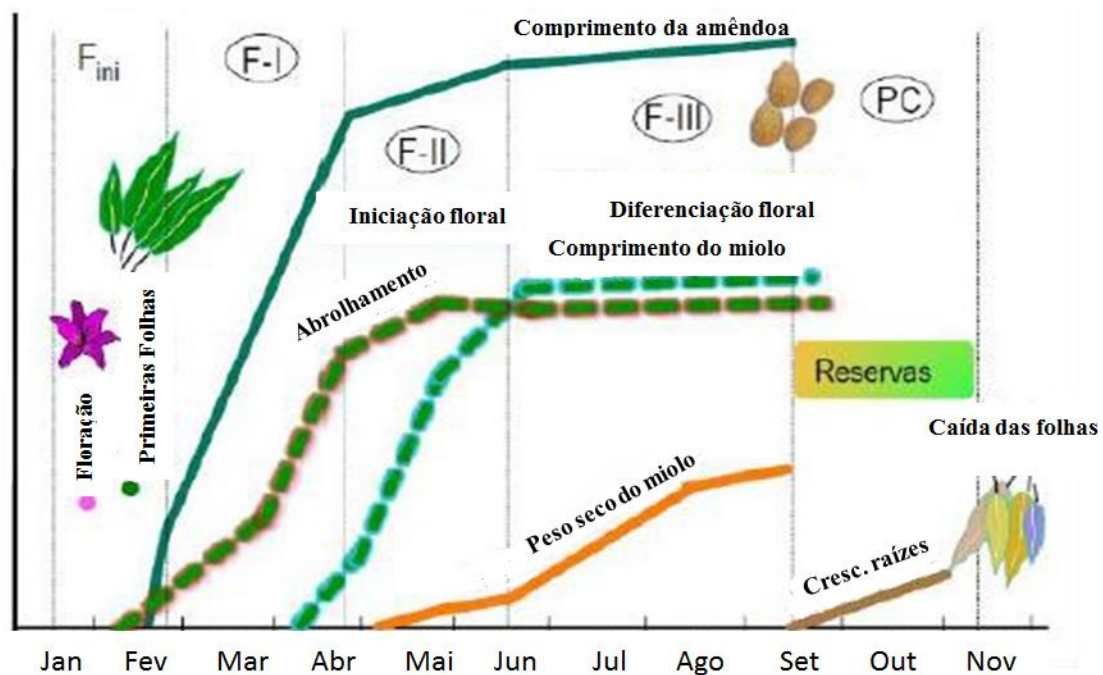


Figura 9 – Ciclo anual da amendoeira. Fonte: Girona et al. (1993)

Durante a fase 1, se houver um stresse hídrico severo, o fruto e o grão serão menores, devido à redução da divisão celular e expansão (Lipan et al., 2018). Na fase 2 diminuirá a acumulação de carboidratos, bem como o tamanho da amêndoa (Lipan et al., 2018). Se o stresse hídrico ocorrer na fase 2 pode levar a que a amêndoa fique enrugada, com diminuição do peso (Lipan et al., 2018) e uma maior adesão do mesocarpo à casca, dificultando o posterior processamento de descasque. No entanto, a ocorrência de stresse hídrico no final desta fase mostra um impacto muito baixo, quer no rendimento quer na qualidade da amêndoa (Girona et al., 2005). Finalmente, se o stresse hídrico na fase 4 for severo pode reduzir os rendimentos até 74% no ano seguinte, o tamanho e a qualidade da amêndoa na estação atual é também perceptível, mas não tão grave como no ano seguinte devido ao impacto do stresse na diferenciação floral (Lipan et al., 2018).

Para além disto, também nesta fase, pós colheita, a queda prematura das folhas diminui a área foliar reduzindo a capacidade fotossintética e a consequente produção de carboidratos (Ribeiro, 2017). Neste caso, também as consequências na quebra da produção podem verificar-se nos anos seguintes, pelo efeito cumulativo na redução do crescimento dos ramos e ramalhetes.

3.2 Estratégias de mitigação

Como já referido anteriormente, o stresse hídrico afeta negativamente muitos processos fisiológicos da planta, especialmente em certos períodos do ciclo vegetativo, que causam reduções consideráveis na produtividade da planta. Assim, o fator mais limitante na produtividade do amendoal nas regiões mediterrânicas é a água.

Ainda que, o aporte de água mediante a rega seja uma das melhores estratégias para combater e reduzir o stresse hídrico da amendoeira, existem outras estratégias que por si mesmas ou combinadas podem mitigar os efeitos da seca estival (Santos e Teixeira, 2020).

Desta forma, desde a plantação do pomar temos de ter em conta múltiplos aspetos. A preparação do solo, mediante ripagem e eliminação de grandes pedras, para melhorar a

capacidade de acumulação de água do solo e facilitar a penetração das raízes e assim conseguir aproveitar a água das camadas mais profundas (Martins et al., 2010). A eleição correta dos porta-enxertos, no referente a resistência a seca e equilíbrio entre vigor da variedade e desenvolvimento radicular. A aplicação de fertilizantes de forma equilibrada para favorecer um bom desenvolvimento das árvores e evitar carências nutricionais que agravem os efeitos do stresse hídrico. A gestão adequada do coberto do solo que evite a competição pela água com as plantas infestantes e ao mesmo tempo evite a erosão do mesmo (Rodrigues, 2017).

Na continuação desta dissertação serão focadas aquelas que são objeto de estudo: a rega deficitária e a aplicação foliar de caulino.

3.2.1 A rega deficitária no amendoal

A nível mundial, um dos principais problemas deste século na prática agrícola é a escassez de água. Como a agricultura é o principal utilizador de água doce, encontra-se sob pressão para reduzir os consumos na gestão das culturas e melhorar a eficiência de utilização deste recurso (Azevedo, 2018). Como a bacia do Mediterrâneo tem um solo extremamente seco devido à escassez de chuvas e alta procura evaporativa durante o crescimento da amêndoa, os produtores devem adotar estratégias de rega com a finalidade de obter rentabilidade, produtos de alta qualidade e por último, mas não menos importante, ecologicamente sustentáveis (Egea et al., 2013). Desta forma, uma das estratégias de mitigação do stresse hídrico é a rega deficitária que é atualmente praticada para aumentar a eficiência com que as culturas usam a água (Egea et al., 2009). Esta estratégia, conforme definido por Chalmers et al. (1981), baseia-se na redução da rega durante certos períodos do ciclo de crescimento em que as culturas apresentam baixa sensibilidade ao stresse hídrico, ou seja, é a aplicação de água que satisfaça apenas parte das necessidades hídricas da cultura (Feres e Soriano, 2007).

Existem diversas práticas de rega deficitária, que diferem no padrão (temporal, espacial, ou uma combinação de ambos) do stresse imposto à cultura (Egea et al., 2011). Dentro destas aquelas que são mais usuais são a rega deficitária controlada ou regulada (RDI), a rega deficitária sustentada (SDI) e a rega parcial do sistema radicular (PRD). A rega

deficitária controlada (RDI) é caracterizada por aplicar menos quantidade de água em certos períodos do ciclo de crescimento que são menos sensíveis ao stresse hídrico. Assim, dentro desta técnica, a quantidade de água de rega aplicada é reduzida sem afetar significativamente a produção, aumentando assim a produtividade da água (Lipan et al., 2018). Com o objetivo de reduzir o custo de poda, a RDI também é usada para controlar o crescimento vegetativo excessivo, ou seja, além de aumentar a produtividade da água, esta estratégia também aumenta a rentabilidade para os produtores (Du et al., 2015).

A rega deficitária sustentada (SDI) consiste também numa aplicação de uma menor quantidade de água em cada rega, mas esta é feita em todo o ciclo vegetativo (Fererres e Soriano, 2007). Ao invés de reter a água durante um período de tempo, ou seja, o stresse hídrico é criado por não reabastecer completamente a zona da raiz durante a rega (Goldhamer et al., 2006). Por fim, a rega parcial do sistema radicular (PRD), como a designação indica, é caracterizada por uma rega parcial do sistema radicular alternadamente (Lipan et al., 2018). A premissa desta prática é que enquanto as raízes do lado que estão a ser regadas estão a absorver água suficiente para sustentar a condição hídrica da planta, as raízes em sequeiro são as responsáveis da síntese do ácido abscísico (ABA) que é transportado para as folhas reduzindo condutância estomática e a transpiração (Galindo et al., 2017).

A aplicação de RDI em amendoeiras permitiu uma redução no uso de água com pouco ou nenhum impacto na produtividade da cultura (Romero et al., 2004; Girona et al., 2005). No entanto, a resposta ao stress hídrico na amendoeira depende do padrão e da severidade do stress imposto. Os resultados de ensaios experimentais efetuados na amendoeira mostram que a rega deficitária tem um efeito significativo na diminuição do crescimento do tronco e do volume da copa (Egea et al., 2010). A rega deficitária controlada ou regulada (RDI) quando aplicada após terminar o crescimento do fruto, no período de acumulação de matéria seca do grão ou enchimento do grão, o efeito na quebra de produção é nulo (Romero et al., 2004) ou pouco significativo (2 -3% no peso do grão), quando comparados com a rega plena (Goldhamer e Girona, 2012). Como neste período as necessidades hídricas do amendoal são maiores, a redução da água aplicada na rega traduz-se num aumento significativo da produtividade da água (razão entre a produção e a água mobilizada para a cultura). Por outro lado, quando estas estratégias são aplicadas noutros estados fisiológicos, como no enchimento do grão, a intensidade da privação de

água tem efeitos perceptíveis no peso do grão e na data de colheita, especialmente para o tratamento mais severamente estressados, em que o seu peso é inferior e é antecipada a data de colheita (Egea et al., 2009). Também Goldhamer et al. (2006) verificaram que o crescimento do grão foi reduzido em função da severidade do stresse hídrico pré-colheita, levando a um peso e rendimento do grão mais baixos em condições de maior severidade do stresse.

O peso do miolo é um importante indicador de qualidade para amêndoas, e a indústria prefere grãos de maior calibre (Kodad e Socias, 2006). Também em termos de qualidade, Egea et al. (2009) compararam amêndoas, utilizando tratamentos de rega de RDI e PRD (70%, 50% e 30%), tendo concluído que a composição química (lipídio, proteína, açúcar e orgânico ácidos) não foi afetada quando comparada com o controle de rega total, mas tendo um impacto negativo, o peso seco do grão era inferior, para os tratamentos de rega mais deficitária.

A implementação e gestão de rega utilizando estratégias de rega deficitária deverá ser preferencialmente acompanhada da monitorização do estado hídrico do solo ou da planta (Ribeiro, 2017).

3.2.2 Aplicação do caulino

Tendo consciência das atuais mudanças no sistema climático à escala global, é esperado que o aumento da temperatura média e da intensidade de radiação, as diminuições da precipitação, particularmente durante o período primavera-verão, conduzam a um cenário de menor disponibilidade de água para a atividade agrícola. Neste sentido, diversos produtos têm sido desenvolvidos e utilizados com o objetivo de diminuir os efeitos negativos ocasionados por alta intensidade luminosa, altas temperaturas e défice hídrico na produtividade das culturas. Dentre eles, destacam-se certos produtos químicos que podem ser usados para reduzir a taxa de transpiração e mitigar o stresse da planta, aumentando a resistência das folhas à difusão do vapor de água (Ahmed, 2014).

Com base no mecanismo de ação, estes antitranspirantes são agrupados em três categorias, sendo elas: partículas de filme, materiais refletores e os que promovem o fecho

estomático. Os antitranspirantes com características de partículas de filme cobrem a superfície da folha com películas que diminuem a perda de vapor de água. Os materiais refletivos induzem a reflexão de uma parte da radiação que incide sobre a superfície vegetal onde foi aplicado, podendo ser, por exemplo, um fruto ou uma folha. E, por último, os antitranspirantes que promovem o fechamento estomático, interferindo nos processos metabólicos nos tecidos foliares (Ahmed, 2014).

Entre os antitranspirantes, o mais estudado é o caulino, um mineral que pode ser utilizado puro ou adicionado a uma formulação. A pulverização de caulino pode ser uma estratégia viável para contrastar o aumento das altas temperaturas e também pode ser uma técnica importante em áreas onde o stresse térmico do verão limita a expansão da cultura (Luciani et al., 2020). Este mineral contribui para o aumento da reflectância da folha (Sotelo-Cuitiva et al., 2011); reduz o risco de danos nas folhas e frutos (queimaduras solares) devido à acumulação da carga de calor na partícula criada pela pulverização de caulino (Brito et al., 2018); diminui a temperatura da superfície foliar (Jifon et al., 2003); melhora a taxa de assimilação de CO₂ e condutância estomática (Steiman et al., 2007); melhora a eficiência do uso da água (Jifon, 2003) e, conseqüentemente, melhora o desenvolvimento da planta e produção de frutos com maior qualidade (Ahmed, 2014).

Vários estudos confirmam a alta eficiência do caulino e a sua ampla utilização em pomares de áreas quentes e secas (Glenn e Puterka, 2005).

Estudos sobre o efeito da aplicação de caulino na cultura da vinha mostraram uma diminuição significativa da temperatura das folhas com caulino e um aumento do potencial hídrico; estas respostas associadas a importantes alterações bioquímicas nas folhas culminaram num aumento da taxa fotossintética, na redução do escaldão e da senescência foliar (Moutinho-Pereira et al., 2014). Em consequência, o potencial produtivo das plantas aumentou, bem como o peso das uvas (Correia et al., 2015).

Rosati et al. (2006) usaram caulino para reduzir os efeitos prejudiciais das altas temperaturas e do stresse hídrico em amendoeiras e nozeiras e constataram que o uso de caulino não compensa os efeitos negativos de altas temperaturas e stresse hídrico, mas é positivo para alguns índices fisiológicos. Além disso, Rosati et al. (2007) estudaram os efeitos do caulino na distribuição e absorção da luz dentro da copa de nozeiras e amendoeiras e os dados comprovam que a aplicação de caulino altera a distribuição da

luz dentro da copa, aumentando radiação incidente especialmente nas folhas internas da copa.

Lampinen et al. (2006) e De Buse et al. (2010) observaram que o tratamento com caulino reduz a temperatura da copa das árvores, resultando em queimaduras solares reduzidas nas folhas e frutos de nozeiras. Os autores referem que a aplicação de caulino não é economicamente eficiente se for aplicada apenas para reduzir as queimaduras solares. Porém, quando outros objetivos, como controle de pragas, entram na equação, então talvez se possa tornar economicamente viável.

A aplicação do caulino em amendoais da região de Trás-os-Montes está a ser utilizada para combater algumas pragas, sobretudo em amendoais cultivados em biológico e para reduzir os efeitos da seca estival e das altas temperaturas (Marcotegui et al., 2015). Nas condições de Trás-os-Montes ainda há poucos estudos no que respeita à aplicação de caulino em amendoais e os seus possíveis efeitos.

4. Material e métodos

4.1 Localização e desenho experimental

A parcela do campo experimental localiza-se no Concelho de Alfândega da Fé, no Nordeste de Portugal, distrito de Bragança (latitude 41°20'37.1"N e longitude 6°56'32.8"W) com uma altitude de 550 metros (Fig.10).

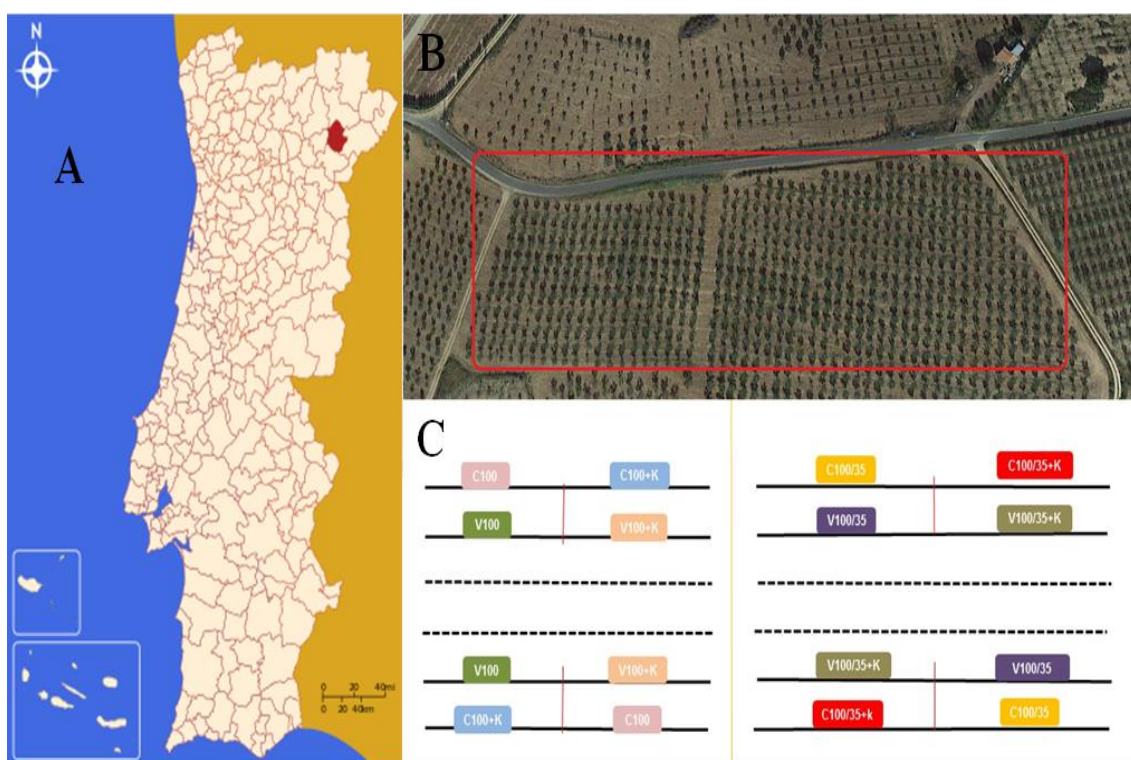


Figura 10- (A) Localização do concelho de Alfândega da Fé (Portugal); (B) Parcela do ensaio experimental; (C) Esquema dos diferentes tratamentos.

O ensaio foi realizado durante o ano 2019 num amendoal de 5 anos de idade das cultivares Vairo e Constantí (*Prunus dulcis* Mill. (D.A. Webb)), sobre o porta-enxerto GF677 e um compasso de 5m x 6m. No sistema de rega foram utilizados gotejadores autocompensantes a uma distância de 1 m e com um caudal médio de 3,6 l/h. As amendoeiras foram regadas desde o primeiro ano de plantação. A fertilização foi aplicada ao solo e na mesma quantidade para todas as árvores: 45 kg de N, 35 kg de P₂O₅ e 35 kg

K₂O por hectare. Relativamente ao sistema de formação e poda, nos 3 primeiros anos, as amendoeiras tiveram uma poda de formação em vaso e nos anos seguintes uma poda mínima de manutenção, eliminando ramos interiores ou que dificultavam a recolheção.

A gestão do coberto do solo foi feita mediante aplicação de herbicida no início da primavera na linha das árvores e com escarificação nas entrelinhas.

O delineamento experimental consistiu no estabelecimento de 2 tratamentos de rega, um com rega máxima, 100% da evapotranspiração da cultura (ET_c), que foi utilizado como controlo e outro com 100% da ET_c até o período do endurecimento do endocárpio (fim do crescimento e início da acumulação de biomassa), momento no qual a rega passou a deficitária com 35% da ET_c. No mesmo momento em que começou a rega deficitária foi aplicada uma solução aquosa de caulino (BAS 24000 F, SURROUND[®] – 95%) com a concentração de 4%, aplicando 2 l/árvore.

Os tratamentos de rega e caulino repetiram-se nas duas variedades, Vario (V) e Constantí (C) em blocos causalizados com um total de 14 árvores por tratamento (Fig. 10), perfazendo 8 tratamentos. Os tratamentos com os códigos utilizados para designar cada um de eles de aqui em diante apresentam-se na Tabela 2.

No ano do ensaio, 2019, a rega começou no dia 3 de junho e finalizou no dia 26 de agosto. A mudança para rega deficitária do 35% foi feita no dia 8 de julho, no mesmo dia foi aplicado o caulino.

Tabela 2- Identificação dos tratamentos do ensaio e água aplicada na rega.

Tratamentos	Rega (%ETc)	Variedade	Caulino	Água aplicada na rega (m³/ha)
C100	100	Constantí	Não	2.189,9
C100K	100	Constantí	Sim	2.189,9
V100	100	Vairo	Não	2.189,9
V100K	100	Vairo	Sim	2.189,9
C100/35	100/35	Constantí	Não	1.287,8
C100/35K	100/35	Constantí	Sim	1.287,8
V100/35	100/35	Vairo	Não	1.287,8
V100/35K	100/35	Vairo	Sim	1.287,8

V: Vairo: C: Constantí. K: Caulino.

4.2 Caracterização das variedades

A variedade Vairo foi obtida a partir do cruzamento entre “4-665” x “Lauranne”, feita em 1991 em Mas de Bover (Constantí, Tarragona). Tem uma excelente capacidade produtiva, pela sua notável intensidade e vigor de frutificação. Possui uma boa regularidade de produção, baixa safra e contrassafra. É de floração tardia e frutifica principalmente em ramalhotes. É uma variedade fácil de formar e podar e com boa aptidão para a colheita mecânica pois o fruto desprende-se com facilidade na vibração da árvore. É auto fértil, com um bom nível de autogamia. No entanto, para favorecer a polinização cruzada pode ser associada com a variedade "Constantí" ou outras variedades com data de floração similar ("Glorieta", Francolí, "Guara", etc). É uma variedade tolerante ao "fusicoccum" (*Phormopsis amygdali* Del.) e "mancha ocre" (*Polystigma ochraceum* Whal.). A amêndoa tem uma forma cordiforme-amigdalóide. O grão tem um tamanho médio (aproximadamente 1,2g) e tem um aspeto atrativo, uma vez que, é liso, de cor clara e sem rugas. Tem um rendimento de descasque de aproximadamente 29% (IRTA, 2021).

A variedade Constantí foi obtida a partir do cruzamento entre “FGFD2” x Polinização livre, realizado em 1991 em Mas de Bover (Constantí, Tarragona). É uma variedade com boa capacidade produtiva, vigorosa e, aparentemente, bem-adaptada ao cultivo em sequeiro. É de floração tardia, fácil de formar e podar. É uma variedade auto fértil, com um bom nível de autogamia. No entanto, para favorecer a polinização cruzada pode ser associado com ‘Vairo’, ‘Francolí’, ‘Glorieta’, etc. É tolerante "fusisocum" (*Phormopsis amygdali* Del.) e "mancha ocre" (*Polystigma ochraceum* Whal.). A amêndoa tem uma forma de cordiforme-amigdalóide. O grão tem um tamanho médio (aproximadamente 1,2g) e também esta possui um aspeto atrativo, uma vez que, é liso, de cor clara e sem rugas. Tem um rendimento de descasque de aproximadamente 29% (IRTA, 2021)

4.3 Caracterização climática e condições meteorológicas durante o ano de 2019

O clima é do tipo mediterrânico com algumas influências continentais. A partir dos dados obtidos da Fig. 11 que reportam aos dados climáticos em Alfândega da Fé, entre os anos 1999 e 2019, pode concluir-se que: no inverno existe muita mais pluviosidade do que no verão, tendo um total de 256 mm de precipitação. Também são neste período em que as temperaturas são bastante inferiores, sendo o mês de janeiro o mês mais frio, tendo uma temperatura mínima média de 2 C° e uma temperatura máxima de 9,7 C°. No verão, julho e agosto são os meses mais secos do ano com 15 mm e 16 mm de precipitação, respetivamente. São estes mesmos meses, os meses mais quentes do ano com uma temperatura máxima de 29,3 C° e mínima de 16,2 em julho e 29,4 C° de temperatura máxima e 16,3 de mínima no mês de agosto. Segundo a classificação de Köppen, Alfândega da fé tem um clima do tipo Csb caracterizado por invernos temperados e chuvosos e verões quentes e secos.

Desde o começo do ensaio, foi instalada uma estação meteorológica automática (Campbell Scientific; Automatic Weather Station) na própria parcela para avaliar as principais variáveis meteorológicas. Assim, foram registadas a temperatura do ar, a humidade relativa, a radiação solar global, a velocidade do vento e a precipitação. Os valores registados serão apresentados adiante no capítulo de Resultados e Discussão.

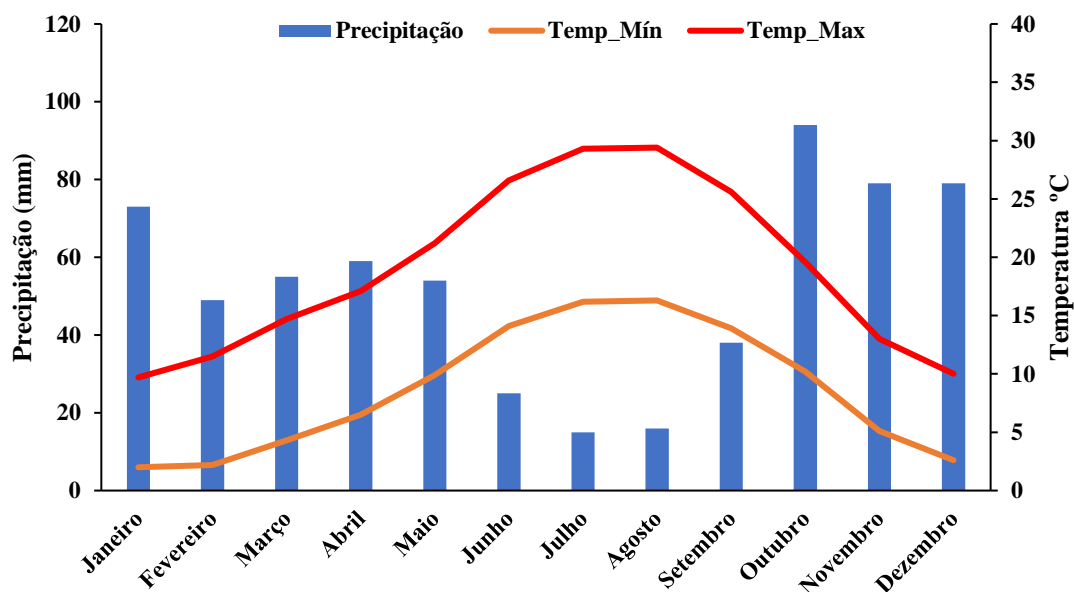


Figura 11 – Dados climatológicos de Alfândega da Fé, respectiva aos anos 1999 e 2019: Precipitação (mm), Temperatura máxima e mínima (C°).

Fonte: Climate Data Alfândega da Fé from Climate-Data.org. (2021)

4.4 Cálculo das necessidades de rega

As dotações de rega foram calculadas semanalmente de acordo com a metodologia proposta por Allen et al. (1998), calculando os valores da evapotranspiração de referência (ET_o) de acordo com a equação modificada da FAO Penman-Monteith a partir dos dados meteorológicos obtidos na estação meteorológica automática (Campbell, Sci) localizada próximo do ensaio.

A evapotranspiração da cultura (ET_c , mm d^{-1}) foi calculada através da seguinte equação:

$$ET_c = K_c ET_o K_r \quad (1)$$

onde K_c é o coeficiente cultural, K_r é um coeficiente empírico relacionado com a projeção vertical da sombra da árvore (área sombreada). O coeficiente K_r , foi calculado através da equação obtida por Fereres et al. (1982) para o amendoal:

$$K_r = -0,00012 C^2 + 0,0226 C \quad (2)$$

em que percentagem de área sombreada foi calculada através da seguinte expressão:

$$C = \frac{\pi D^2 N}{400} (\%) \quad (3)$$

onde D é o diâmetro médio da copa (m) e N o número de plantas por hectare.

O início da rega foi determinado a partir dos valores de potencial hídrico de base das medições feitas no final do mês de maio e início de junho. Quando este potencial entrou em valores entre -0,4 a 0,5 MPa foi iniciada a rega, segundo o descrito por Egea et al. (2010) e Girona et al. (2005).

O final do período de rega foi determinado pelo momento da colheita, parando-se uma semana antes para facilitar a abertura dos mesocarpos e a caída das amêndoas na operação de vibração da árvore. As dotações de rega totais para cada tratamento apresentam-se na tabela 1.

4.5 Estados fenológicos

O registro dos estados fenológicos foi realizado semanalmente, ao longo do ano, utilizando para o efeito a escala BBCH (Meier, 2001). As observações foram feitas em 3 árvores de cada cultivar, realizando-se à volta da árvore e à altura do observador. Para o procedimento experimental registou-se, 1 vez por semana o estado mais atrasado, o estado mais adiantado e o estado dominante.

4.6 Medições fisiológicas

4.6.1 Potencial hídrico

Para avaliar o nível de stresse hídrico das árvores e para determinar o início do período de rega, assim como para o controlo nos diferentes tratamentos durante os meses de rega foram feitas medições de potencial hídrico de base (Ψ_{base}) e do potencial hídrico do ramo (Ψ_{ramo}). Para determinar estes dois potenciais, utilizou-se uma câmara de pressão de Scholander (Model 1000, PMS Instrument Company, Albany, USA). Para a medição do

potencial hídrico de base (Ψ_{base}), a folha foi cortada antes de nascer o sol e rapidamente colocada na câmara de pressão. A câmara é portátil e foi colocada em cada determinação de valores o mais próximo possível dos locais de ensaio, de modo a evitar alterações a nível do estado hídrico da folha recolhida.

Para as medições do potencial do ramo (Ψ_{ramo}), as folhas eram colocadas no escuro, mediante um envoltório de papel de alumínio, uma hora antes de cada medição. Com isto consegue-se que a folha feche completamente os estomas, reduzindo a sua transpiração e estabelece um equilíbrio com o ramo. Foram utilizadas o mesmo número de amostras que na medição do potencial hídrico de base. Todas as folhas recolhidas eram adultas, em bom estado fitossanitário, com boa exposição solar, sem roturas. Para cada dia de medição era medidas no mínimo três folhas por tratamento.

4.6.2 Trocas gasosas

A avaliação das trocas gasosas foi efetuada através de um analisador de gases por infravermelhos, geralmente designado por IRGA (Infrared Gas Analyzer). Neste ensaio foi utilizado o modelo LCA-4, Analytical Development Co., Hoddesdon, England . Este equipamento permite obter os registos de vários parâmetros, como a taxa fotossintética líquida (A), a condutância estomática ao vapor de água (gs), a taxa de transpiração (E), a radiação fotossinteticamente activa (PAR), a concentração interna de CO₂ (C_i), a temperatura da folha (T_f) e a temperatura do ar (T_a). Fizeram-se medições em dois momentos diferentes do dia, no início da manhã, às 10h, e no meio-dia solar, às 15h. As medições foram feitas com 6 repetições para cada tratamento.

4.6.3 Índice Relativo de Clorofila (IRC)

O conteúdo de clorofila foi medido com um analisador portátil (Model, SPAD-502 plus, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan). O medidor de clorofila mede a transmitância da luz através das folhas em dois comprimentos de onda para os quais a absorvância da

clorofila é diferente, fornecendo estimativas adimensionais do teor foliar de clorofila, transmitindo o tom de verde da folha, o qual é afetado por vários fatores.

As medições foram feitas em folhas adultas, bem expostas. Foram feitas 3 medições para cada tratamento, sendo que em cada medição utilizaram-se 8 folhas de árvores diferentes.



Figura 12- Medição do índice relativo de clorofila

4.6.4 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O índice de vegetação por diferença normalizada, do inglês - Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) foi medido com o equipamento Fieldscout Cm 1000®NDVI, (Spectrum Technologies, Plainfield, Illinois, USA) compara, por detecção remota, a luz emitida sobre uma folha e refletida, em dois comprimentos de onda, 660 nm (em que a clorofila absorve) e 840 nm (em que a clorofila não absorve).



Figura 13- Medição NDVI

4.7 Componentes agronômicos

A colheita das amêndoas foi feita no dia 4 de setembro de 2019. Foi pesada a produção de cada árvore nos diferentes blocos. No total, foi avaliada a produção de 14 árvores por tratamento.

Em janeiro de 2019, antes de começar o ensaio, e em dezembro 2019, após a queda da folha e antes da poda de inverno, foram feitas medições das dimensões das árvores selecionadas: altura máxima da copa, diâmetro da copa entre linhas e dentro da linha, diâmetro do tronco a uma altura de 30 cm desde o solo e altura do tronco até a inserção do primeiro ramo. Com estas medições pretendeu-se avaliar o crescimento das árvores ao longo do seu ciclo vegetativo, assim como determinar o volume da copa. Esta foi determinada segundo a equação descrita por Ferreira et al., (2018):

$$CV = 2/3 \pi R^2 (L + S)$$

onde R é o raio médio da copa em seu ponto mais largo, L é a distância do ponto mais largo e o topo da copa ($2/3$ da altura da copa) e S é a distância entre o ponto mais largo da copa e a base da copa ($1/3$ da altura total da copa).

A partir dos valores de produtividade por árvore, das dotações de rega, das precipitações e das dimensões de cada árvore foi calculado de forma indireta a produtividade por superfície, produtividade por volume de copa e a produtividade da água.



Figura 14 - (A)- Colheita da amêndoa; (B)- Separação das folhas e cascarão da amêndoa depois da colheita

4.8 Parâmetros da qualidade da amêndoa

4.8.1 Biometria

Após a redução da rega para 35% da ETc e da aplicação do caulino nos tratamentos correspondentes, iniciou-se, em todos os tratamentos, a avaliação do crescimento das amêndoas até a colheita. Assim, com uma periodicidade quinzenal, eram colhidas 30 amêndoas por tratamento e transportadas para o laboratório em condições de refrigeração. Posteriormente, com auxílio de um paquímetro digital (Powerfix® Electronic Digital Caliper, Model: Z22855, Paget Trading Ltd, London, UK) e de uma balança analítica (Kern, ACJ 220-4M, Germany), com precisão de 0,001 g eram avaliados alguns parâmetros biométricos: comprimento, largura, peso amêndoa e peso miolo.

Um mês depois da colheita, quando as amostras estavam secas a temperatura ambiente e a modo de poder avaliar os possíveis efeitos da rega deficitária e do caulino na morfologia das amêndoas, foi feita uma avaliação biométrica detalhada seguindo a metodologia descrita por Oliveira et al. (2016). Esta avaliação foi feita em 100 amêndoas por tratamento. Foram medidos os parâmetros biométricos de frutos com casca (peso, comprimento, largura, espessura). Os frutos foram descascados e os mesmos parâmetros biométricos de grãos. Foram calculados os seguintes índices: rendimento em miolo, relação comprimento / largura (C / L), relação comprimento / espessura (C / E), proporção largura / espessura (L / E), volume (V). Foram ainda calculados os índices relativos à forma, I1 e I2.



Figura 15 - (A)-Visualização dos parâmetros medidos: largura, comprimentos e espessura; (B)- Pesagem do grão.

4.8.2 Cor

Para a medição da cor foram utilizadas 25 amêndoas por tratamento e nestas foi medido a cor exterior das amêndoas, depois de cortadas a meio foi também medida a cor interior das mesmas. A análise da cor foi usando o colorímetro Minolta CR-400 (Osaka, Japan), no espaço de cores CIELab, através das coordenadas: L^* , a^* e b^* .

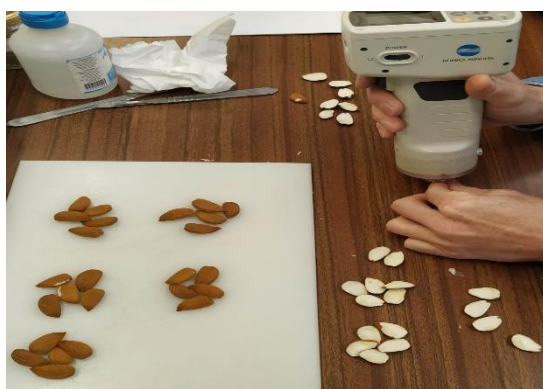


Figura 16- Medição da cor na parte interior e exterior do grão

4.8.3 Textura

A análise do perfil de textura foi realizada com um aparelho TA.XT Texture Analyser (Stable Micro Systems) seguindo a metodologia descrita por Fernandes et al., (2020). Foi

medida a força máxima de penetração (N), a distância em que ocorre (elasticidade) (mm) e a área abaixo da curva entre força e tempo (indicativo de dureza) (N/s) através da penetração com uma sonda de cilindro de 2 mm e uma velocidade de teste de 1,0 mm /s.

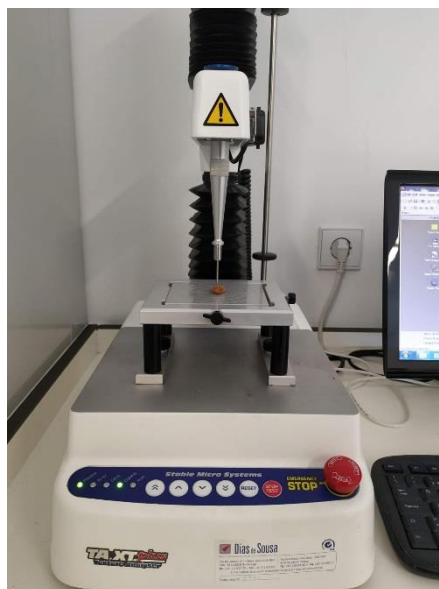


Figura 17- Medição da textura

5. Resultados e discussão

5.1 Condições meteorológicas durante o período de ensaio

No hidrograma da Fig. 18 pode-se observar os valores médios mensais da temperatura máxima e mínima do ar e a precipitação mensal acumulada. No ano de 2019, em Alfândega da Fé, ocorreu uma pluviosidade de 677 mm. No período de Outono e Inverno, nos meses de outubro (76mm), novembro (115mm) e dezembro (219mm) (Fig.17) concentrou-se 75% da precipitação anual. Observa-se ainda que o mês de abril houve uma precipitação significativa, com aproximadamente 74 mm.

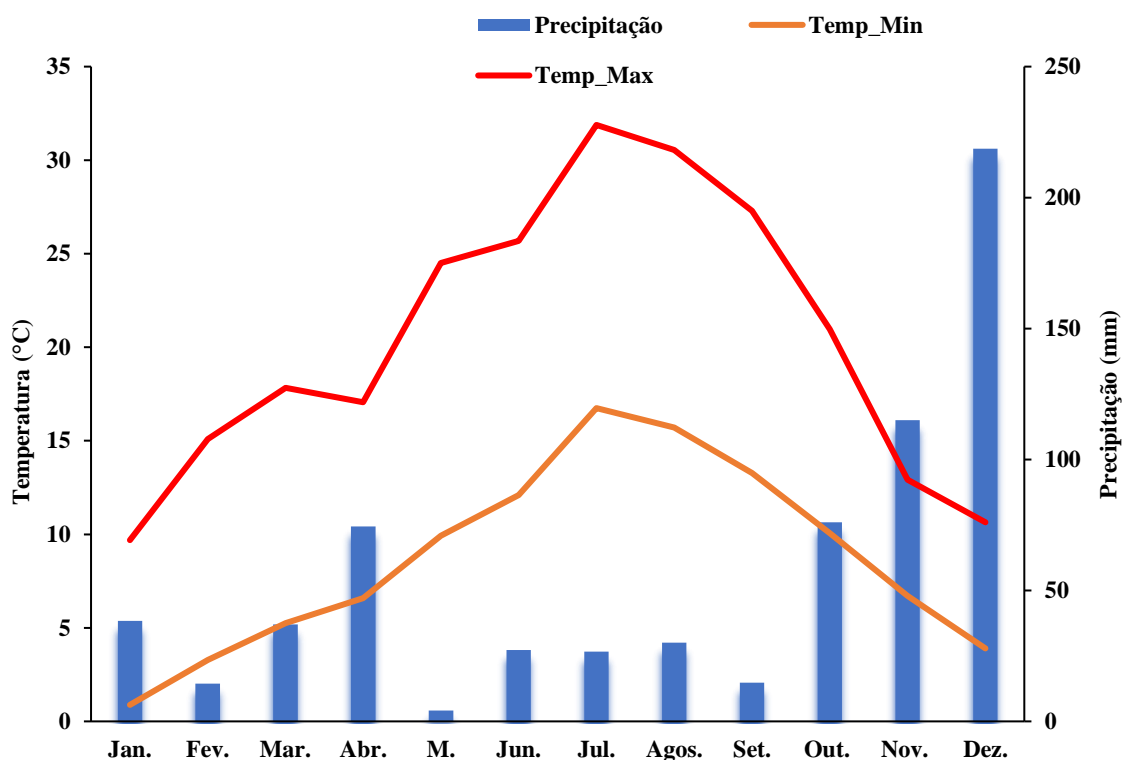


Figura 18 - Temperatura média mínima e máxima mensal e precipitação acumulada registradas durante o período experimental (2019)

A partir dos dados registrados podemos ver como durante o ciclo vegetativo da amendoeira, existem meses com temperaturas muito elevadas (junho, julho, agosto e setembro) e escassa precipitação, que não é suficiente para satisfazer as necessidades

hídricas das amendoeiras como poderemos ver mais a frente, com as medições do potencial hídrico.

Na altura da floração, no início de março, a precipitação foi considerável, podendo ter sido, por esse motivo, afetada a polinização, uma vez que estudos realizados por Feio (1991) reportam que pode haver 10% de quebras de produção por cada 25mm de precipitação que ocorra durante a época de plena floração, por afetar a movimentação das abelhas.

Em relação à temperatura, tanto a máxima como a mínima reportam valores médios maiores nos meses de verão e menores nos meses de Inverno (Fig. 17). O mês de janeiro foi o mês mais frio com uma temperatura mínima média de 8,8 °C e uma temperatura máxima média de 9,7 °C. O mês mais quente foi o mês de julho com uma temperatura mínima média de 16,8 °C e uma temperatura máxima média de 31,9 °C. Também foi neste mês em que se obteve a temperatura mais elevada do ano, 38,1°C, um fator importante, uma vez que, segundo Arquero (2013) temperaturas acima dos 40°C podem causar desidratação, necroses na madeira, queda de folhas e danos nos frutos.

Na generalidade das variáveis climáticas, em 2019 não se verificaram valores anormais e na sua maioria estão de acordo com a caracterização climática da região, como descrita na parte de material e métodos. (Fig.11).

5.2 Fenologia

Na Tabela 2, pode observar-se que as plantas deixaram de estar em dormência e iniciaram a sua atividade vegetativa, através do abrolhamento dos gomos, no fim do mês de janeiro. Qualquer estado fenológico é influenciado diretamente pelas condições climáticas e nesta fase. Segundo Couvillon e Erez (1985) se a exposição dos gomos ao frio for insuficiente são necessárias mais horas de calor para iniciar o abrolhamento dos gomos.

Tabela 3 - Principais estados fenológicos, ocorridos durante o ciclo vegetativo, de acordo com a escala BBCH.

Estados fenológicos			
Data	Estado		Descrição
16.01.2019	00	00	Dormência
30.01.2019	01	5.1	Inchamento dos gomos
27.02.2019	10	5.3	Início da abertura dos gomos
20.03.2019	19	6.7	Mais do que 50% pétalas caem
08.07.2019	-	80	Fruto no tamanho final
14.08.2019	-	81	Início da separação do exocarpo
04.09.2019	-	8.9	Fruto apto para colheita

A floração é momento chave do ciclo vegetativo da amendoeira. Esta começou no fim de fevereiro e atingiu a plena floração no início de março (50% das flores abrem). Esta fase é bastante influenciada pela acumulação de temperatura. Alonso et al. (2010) determinou GHC (graus de hora de crescimento) para várias cultivares da amendoeira e verificou a data da ocorrência da plena floração, por exemplo, para as variedades Guara e Soleta, duas variedades espanholas com comportamento idêntico às variedades em estudo, atingiam em média a sua plena floração a 4 e 2 de março, respetivamente.

Logo a seguir à plena floração, as pétalas começam a cair, tendo sido registado esse estado a 20 de março. É do interesse da planta descartar-se rapidamente das pétalas, logo a seguir à polinização, porque os polinizadores deixam de ser necessários e há risco de atrair a atenção de insetos fitófagos.

O resto dos estados são observados apenas no fruto desde o vingamento até à maturação do fruto. Na primeira semana de julho o fruto atinge o seu tamanho final e ocorre também a lenhificação do endocárpio. Foi nesta fase que, foi feita a aplicação de caulino e que também foi alterada a rega de 100% da ETc para 35% da ETc nos quatro tratamentos (C100/35, C100/35K, V100/35 e V100/35K).

Na fase final do desenvolvimento do fruto, a maturação principia com a desidratação do mesocárpio e depois a sua separação e este processo teve início a 14 de agosto (Tabela 3). No fim deste processo o fruto está nas condições ótimas para ser colhido. A colheita foi realizada a 4 de setembro.

5.3 Parâmetros fisiológicos

5.3.1 Potencial hídrico

Na avaliação do estado hídrico realizada em 1 de agosto não se verificaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo o tratamento C100/35K o que apresenta valores mais negativos (-0,96 MPa), traduzindo-se num maior stresse hídrico das plantas. Na avaliação de 29 de agosto observaram-se diferenças significativas entre tratamentos, em que os tratamentos regados a 100% da ETc tiveram valores menos negativos, os tratamentos com rega deficitária obtiveram valores de potencial hídrico 42% mais negativos que os tratamentos em rega plena. A aplicação de caulino não teve influência no potencial hídrico, nas duas medições, o que vai de encontro aos resultados obtidos por Rosati et al. (2006), em que também não verificou efeito do caulino no potencial hídrico em tratamentos com e sem aplicação de caulino em amendoeiras. Por outro lado, seria de esperar que com o prolongar do stresse hídrico ao longo do ciclo vegetativo, os valores do potencial hídrico fossem mais negativos o que não aconteceu. Esta situação pode ter a ver com a precipitação de 30 mm que ocorreu nos dias entre a realização das duas medições.

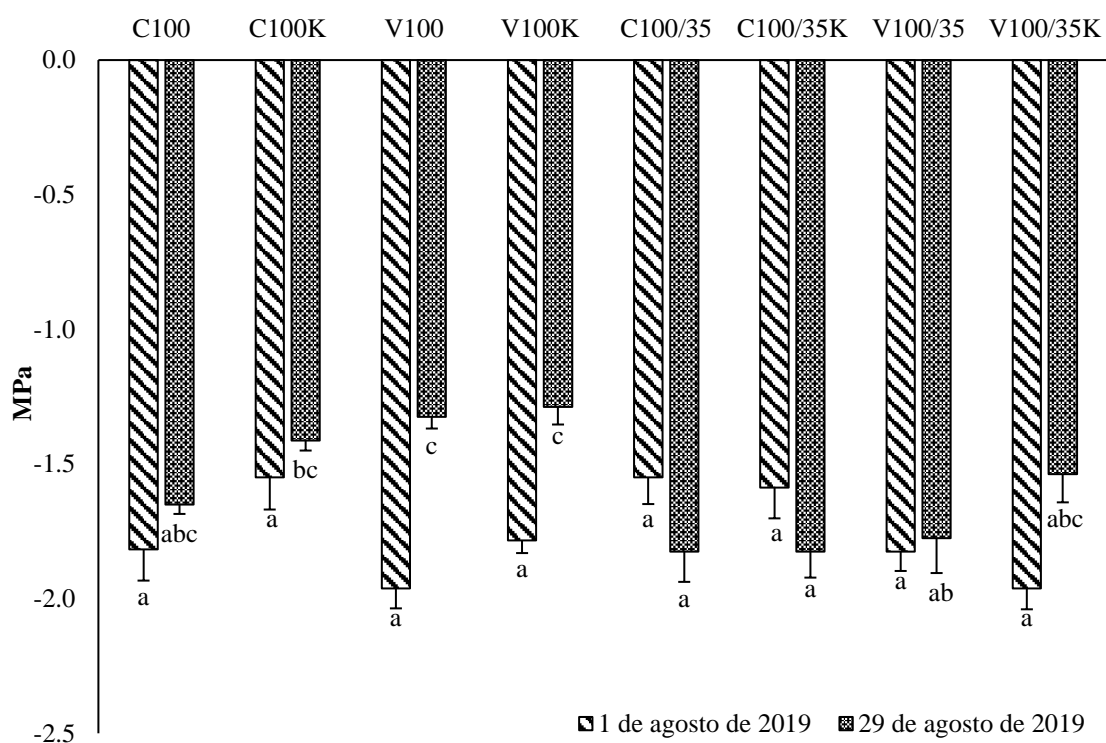


Figura 19 - Potencial hídrico de base, medido em dias diferentes (1 de agosto e 29 de agosto de 2019). Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).

Em relação ao período do dia para a medição potencial hídrico da amendoeira, há consenso geral de que o potencial do ramo, Ψ_{ramo} , sob demanda evaporativa máxima, é uma medida confiável e consistente de avaliação do stresse na amendoeira para controlo da rega (Shackel, 2011).

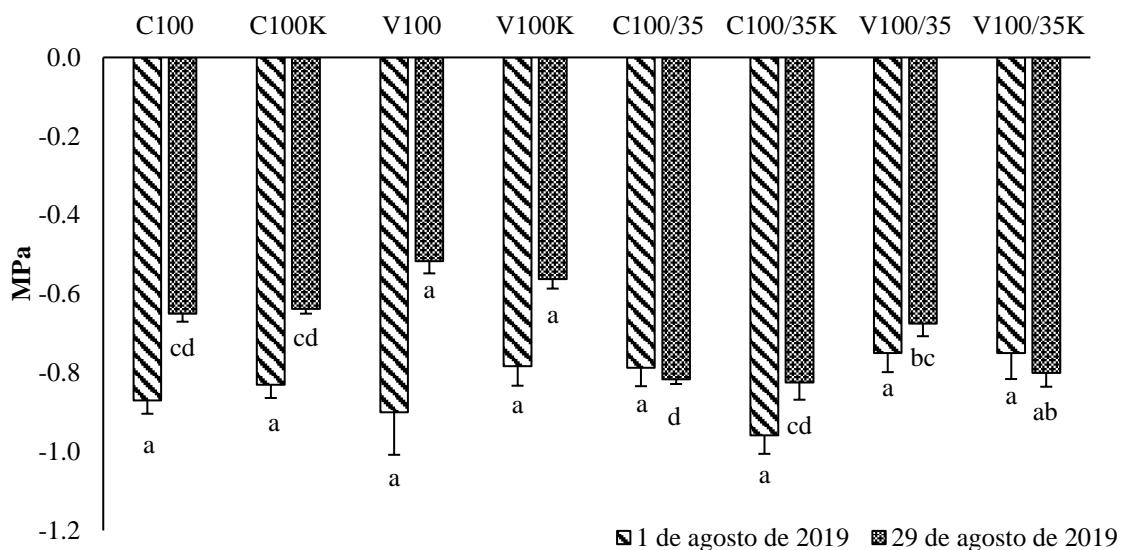


Figura 20 - Potencial hídrico do meio-dia, medido em dias diferentes (1 de agosto e 29 de agosto de 2019). Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p -value < 0,05).

Na Fig. 20 encontram-se os valores do potencial hídrico do ramo dos dois dias de medição (1 e 29 de agosto). Na primeira medição não existem diferenças significativas, o que vai de encontro com os dados obtidos através da medição do potencial hídrico de base (Fig. 19), em que também não apresentaram diferenças significativas. Assim, nesta primeira medição (1 de agosto) não foi possível observar os efeitos do corte da rega nos tratamentos em que a dotação de rega foi reduzida a 35% da ETc. Também Egea et al., (2010) ao avaliar o potencial hídrico na fase II e III do ciclo vegetativo da amendoeira no primeiro ano de ensaio não obteve diferenças significativas entre tratamentos de rega deficitária e rega plena mas quando esta medição foi realizada na fase IV obteve diferenças significativas, em que os valores menos negativos reportavam ao tratamento de rega plena e os valores mais negativos ao tratamento com menor dotação de rega.

Na segunda medição (29 de agosto), observaram-se diferenças significativas em que, tal como no Ψ_{base} , os tratamentos regados a 100% da ETc e da variedade Vairo obtiveram os valores menos negativos. Portanto, nesta data verifica-se com clareza que os tratamentos com menor dotação de rega apresentavam valores mais negativos, maior stresse hídrico, do que os tratamentos que estavam em regar a 100% da ETc. Rosati et al. (2006) também verificou que o stress hídrico afetou muito o Ψ , entre amendoeiras regadas e não regadas.

5.3.2 Trocas gasosas

Sendo os estomas o principal mecanismo de controlo que as plantas têm para reduzir as perdas de água, a medição das trocas gasosas ao nível destes foi utilizada como forma de avaliar a atividade fotossintética, a transpiração e a condutância estomática nas amendoeiras.

Pela observação dos dados obtidos verifica-se que em todos os parâmetros e nas duas datas existem diferenças significativas entre tratamentos, sem influência da aplicação de caulino ou da variedade (Tabela 4).

Tabela 4 - Taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs) e taxa fotossintética (A) medidas a 1 de agosto de 2019, pelas 10h00. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).

Tratamento	E (mmol H₂O m⁻²s⁻¹)	gs (mmol H₂O m⁻²s⁻¹)	A (mmol CO₂ m⁻²s⁻¹)
C100	4,99 ± 0,33ab	0,17 ± 0,03a	18,53 ± 1,78cd
C100K	4,44 ± 0,23a	0,14 ± 0,01ab	19,32 ± 2,10d
V100	5,58 ± 0,27b	0,26 ± 0,14c	20,06 ± 0,90d
V100K	4,84 ± 0,71a	0,14 ± 0,04ab	18,99 ± 2,61cd
C100/35	5,54 ± 0,66b	0,18 ± 0,04abc	12,36 ± 4,15a
C100/35K	5,60 ± 0,40b	0,19 ± 0,08bc	15,99 ± 2,02bc
V100/35	4,81 ± 0,34a	0,13 ± 0,02ab	14,32 ± 2,19ab
V100/35K	4,40 ± 0,71a	0,11 ± 0,02a	13,55 ± 2,73ab

Em relação à taxa de transpiração verifica-se que, esta tem valores maiores para os tratamentos que foram regados a 100% da ETc, apesar de estas diferenças não serem tão pronunciadas na primeira medição. Pode-se observar ainda que, os valores deste parâmetro aumentam consideravelmente na medição feita às 15h do dia 29 de agosto (Tabela 5), o que é facilmente justificado pela maior temperatura do ar a essa hora. Em que o tratamento com maior taxa de transpiração medido às 10 horas, V100, passa de 4,56 mmol H₂O m⁻²s⁻¹, para 5,75 mmol H₂O m⁻²s⁻¹, quando medido às 15 horas. Também se pode verificar que existe uma descida nos valores medidos à mesma hora do dia 1 para o dia 29 de agosto, o que pode ir de encontro aos dados apresentados pelo potencial hídrico (Fig. 19 e 20).

Relativamente à condutância estomática observa-se que, os valores dos tratamentos regados a 100% da ETc apresentam valores significativamente mais elevados em todas as medições feitas. Esta tendência verifica-se também no trabalho de Gomes-Laranjo et al. (2006) em que numa das variedades de amendoeira (Glorieta) estudadas verificou um aumento de 48% nos valores da condutância estomática de um tratamento regado em comparação com um de sequeiro.

Tabela 5 - Taxa de transpiração, condutância estomática e taxa fotossintética medidas a 29 de agosto de 2019, pelas 10h00 e 15h00. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).

	Tratamento	E (mmol H₂O m⁻²s⁻¹)	gs (mmol H₂O m⁻²s⁻¹)	A (mmol CO₂ m⁻²s⁻¹)
10h00 da manhã	C100	3,98 ± 0,25abc	0,14 ± 0,01bcd	15,78 ± 1,21abc
	C100K	3,36 ± 0,16ab	0,12 ± 0,01abcd	12,60 ± 3,47ab
	V100	4,56 ± 0,15c	0,17 ± 0,01cd	17,93 ± 0,88c
	V100K	4,27 ± 0,22bc	0,18 ± 0,07d	16,05 ± 1,33bc
	C100/35	3,29 ± 1,59a	0,11 ± 0,07abc	12,14 ± 7,52ab
	C100/35K	3,07 ± 0,24a	0,07 ± 0,01a	10,77 ± 0,71a
	V100/35	3,86 ± 0,47abc	0,11 ± 0,03abc	15,46 ± 1,98abc
	V100/35K	3,15 ± 0,25a	0,08 ± 0,01ab	12,45 ± 1,20ab
15h00 da tarde	C100	5,64 ± 0,83bcd	0,15 ± 0,04bc	18,88 ± 1,19c
	C100K	5,97 ± 0,23cd	0,17 ± 0,01c	16,92 ± 2,08c
	V100	5,75 ± 0,24cd	0,15 ± 0,02bc	14,52 ± 2,37bc
	V100K	6,32 ± 0,42d	0,17 ± 0,03c	24,15 ± 4,21d
	C100/35	4,74 ± 0,53ab	0,09 ± 0,02a	8,79 ± 4,57a
	C100/35K	5,84 ± 0,76cd	0,14 ± 0,03bc	12,57 ± 3,47abc
	V100/35	5,34 ± 0,55bc	0,12 ± 0,03ab	11,10 ± 1,71ab
	V100/35K	4,45 ± 0,48a	0,10 ± 0,02a	9,43 ± 2,23a

No que concerne à taxa fotossintética, os valores médios dos tratamentos verificam a mesma tendência que a taxa de transpiração e a condutância estomática. Desta forma, vão de encontro ao mesmo estudo de Gomes-Laranjo (2006), em que o tratamento com a

mesma variedade regada obteve uma taxa fotossintética superior em 266% em relação ao tratamento não regado.

5.3.3 Índice relativo de clorofila (IRC)

O conteúdo de clorofila na folha é um parâmetro fundamental para compreender a resposta de uma planta às condições ambientais e em particular ao regime hídrico. Pela análise dos dados verifica-se que existem diferenças significativas nos dois dias em que foram feitas medições, em que o tratamento C100K obteve os valores mais altos para ambos os dias, 47, IRC no dia 13 de agosto e 45.7 IRC no dia 29 de agosto. O tratamento V100/35 também teve, para ambos os dias, os valores mais baixos, 42,1 e 42,5, respetivamente. Verifica-se, na generalidade, que a aplicação de caulino teve influência nos resultados.

Os valores foram mais elevados para os tratamentos em que foi feita a aplicação de caulino. Também para os tratamentos que foram regados a 100% da ETc obtiveram valores substancialmente mais elevados, o que poderá estar relacionado com o efeito positivo da rega e da aplicação de caulino na atenuação da degradação das clorofilas.

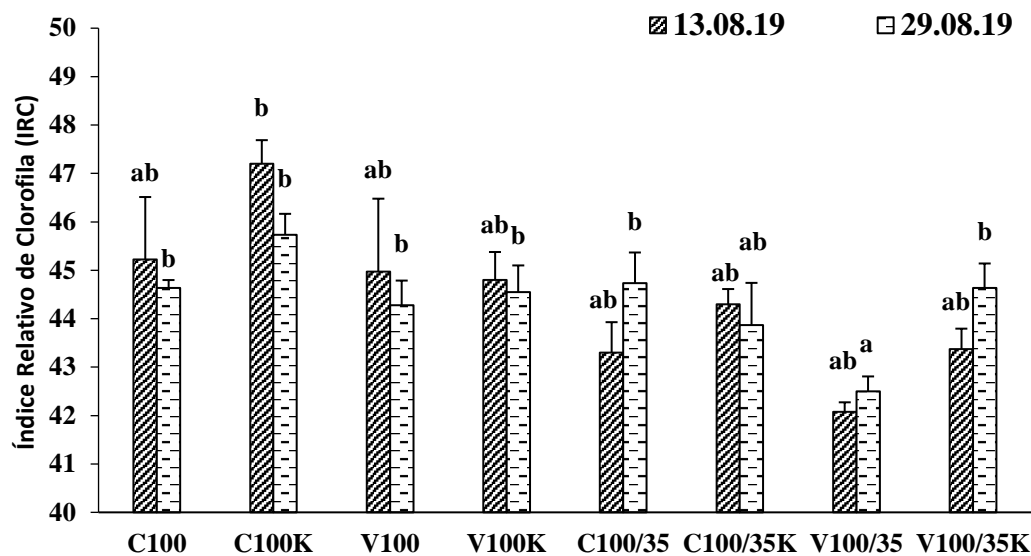


Figura 21 - Índice relativo de clorofila (IRC) medido no dia 13 e 29 de agosto nos diferentes tratamentos. Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p- value < 0,05).

Munné-Bosch e Celas (2006) referem que o nível de clorofila e a proporção de clorofila a + b não foram afetados pelo défice hídrico. Por outro lado, Guerfel et al. (2005) relataram que défice de água diminuiu o nível de conteúdo de clorofila (a +b) em diferentes variedades de azeitonas tunisinas (*Olea europaea* L.). Noutro estudo, também feito em oliveiras, os valores mais elevados para a concentração de clorofilas foram observados no tratamento em que foi aplicado caulino, evidenciando que é um sinal de menor estresse oxidativo, permitindo que estas plantas possam usar a energia da luz com mais eficiência (Brito et al.,2018).

Para além disto, um estudo de (Guang-cheng et al., 2011) com tratamentos de rega deficitária na pimenta (*Capsicum annuum* L.), em que foram avaliados parâmetros fotoquímicos, através da técnica de fluorescência modulada da clorofila a, mostram que quando o défice em água foi imposto à cultura os valores destes parâmetros diminuíram. Este acontecimento sugere que a eficiência do fotossistema diminuiu. Os parâmetros medidos neste estudo são frequentemente medidos para explicar a integridade ou saúde do aparelho fotossintético durante o stresse ambiental e neste contexto, os resultados obtidos neste estudo vão de encontro ao apresentado na Figura 21.

5.3.4 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Parâmetros biofísicos relevantes envolvidos na transpiração da cultura podem ser descritos pelo NDVI (Rocha et al., 2012). Ao analisar os dados obtidos verifica-se que nas duas datas existem diferenças significativas entre os tratamentos, em que os tratamentos regados a 100% da ETc têm valores ligeiramente mais elevados (Fig. 22). O tratamento V100 obteve os valores mais elevados nas duas datas, com 0,73 e 0,72.

Sendo o NDVI indicador da quantidade verde presente nas folhas, verifica-se então que as amendoeiras destes tratamentos se encontram num menor estado de senescência foliar e num maior conforto hídrico. Também se verifica que o caulino influencia os resultados, de forma negativa, uma vez que, os tratamentos onde este foi aplicado possuem valores menores, o que diverge do estudo de Rosati et al. (2006).

Bellvert et al. (2018), num estudo realizado em amendoeiras verificaram que ao longo do ciclo vegetativo os valores do NDVI foram decrescendo. Na altura do crescimento vegetativo obteve o valor máximo de 0,86 e depois da colheita teve uma queda perceptível, justificada pela redução da área foliar, resultante, da senescência das folhas, bem como a vibração feita nas árvores com a máquina da colheita.

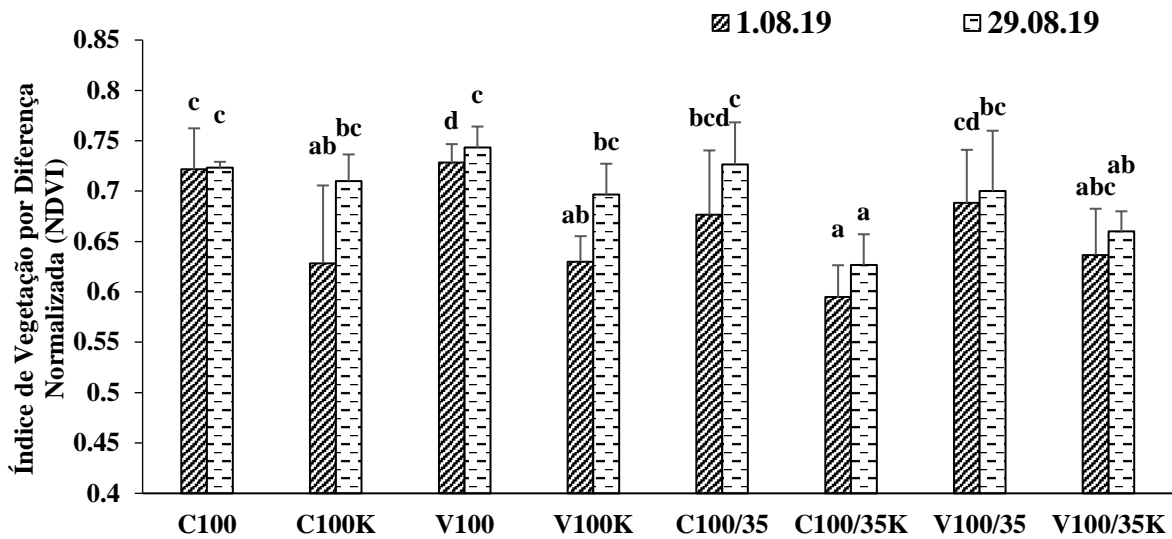


Figura 22 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) medido no dia 1 e 29 de agosto nos diferentes tratamentos. Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p- value < 0,05).

No entanto, os dados obtidos na Figura 21 contrariam esta linha, uma vez que, na segunda data de medições os valores de NDVI são superiores. Por outro lado, estão em concordância com os dados obtidos pelo índice relativo de clorofila (Fig. 21), pelo potencial hídrico (Fig. 19 e 20), uma vez que, todos os valores obtidos na segunda medição (29 de agosto) apresentam valores superiores.

5.4 Parâmetros agronômicos

5.4.1 Produtividade

A rega e o caulino não tiveram um efeito significativo na produtividade (Fig. 23). Analisando as diferenças significativas, constata-se que a variedade Vairo obteve produtividades superiores à variedade Constantí. Analisando os valores de produtividade, verificou-se que tratamento mais produtivo foi o que regava a 100% da ETC, da variedade Vairo com uma produtividade de 2785 kg/ha embora a diferença para os restantes tratamentos desta variedade não seja estatisticamente significativa.

O facto de a diferenciação floral das amendoeiras do estudo ter ocorrido no ano anterior, em que todas as plantas eram regadas de igual forma, pode ajudar a explicar a inexistência de diferenças significativas entre tratamentos de rega.

Egea et al. (2010) num ensaio da cultivar Marta, utilizando a comparação da rega plena com 4 tratamentos de rega deficitária (RDI, PRD₃₀, PRD₅₀, PRD₇₀), no primeiro ano de estudo não obteve diferenças significativas entre tratamentos relativamente à produtividade, o que não se passou nos anos seguintes.

Em relação à aplicação de caulino Luciani et al., (2020), num estudo feito em avelaneiras (*Corylus avellana* L.) verificou que não houve diferenças significativas na produtividade entre tratamentos (aplicação e não aplicação de caulino).

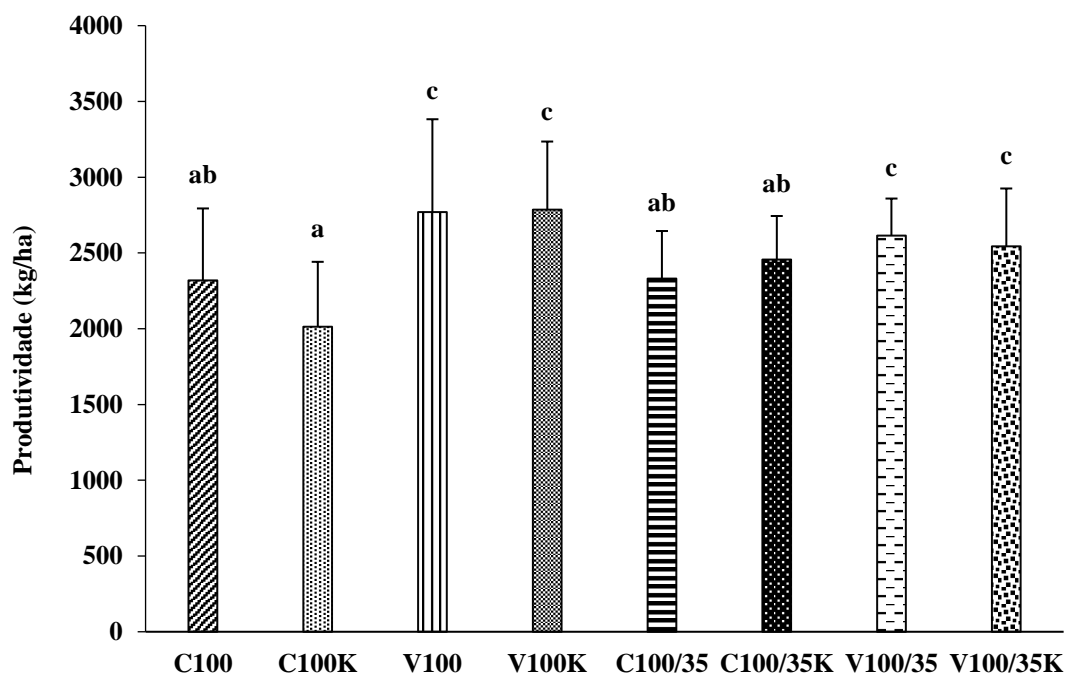


Figura 23 - Produtividade de amêndoa por hectare (kg/ha), de cada tratamento. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).

A Fig. 24 representa os valores da produção de amêndoa por volume de copa da árvore (kg/ha). Pode observar-se que os valores são muito idênticos e apenas com dois tratamentos a terem diferenças significativas, com os valores mais elevados, C100/35K e

C100/35 com produções por volume de copa de 0,54 e 0,55 kg/m³, respectivamente. Portanto, isto pode dar informação relevante no que concerne à variabilidade das árvores nos tratamentos. Para além disto, consegue-se explicar as diferenças significativas da Fig. 23 relativamente à produtividade da amêndoa, verificando que a maior produtividade dos tratamentos da variedade Vairo pode ser justificada pelo seu maior potencial produtivo, visto ter um maior volume de copa.

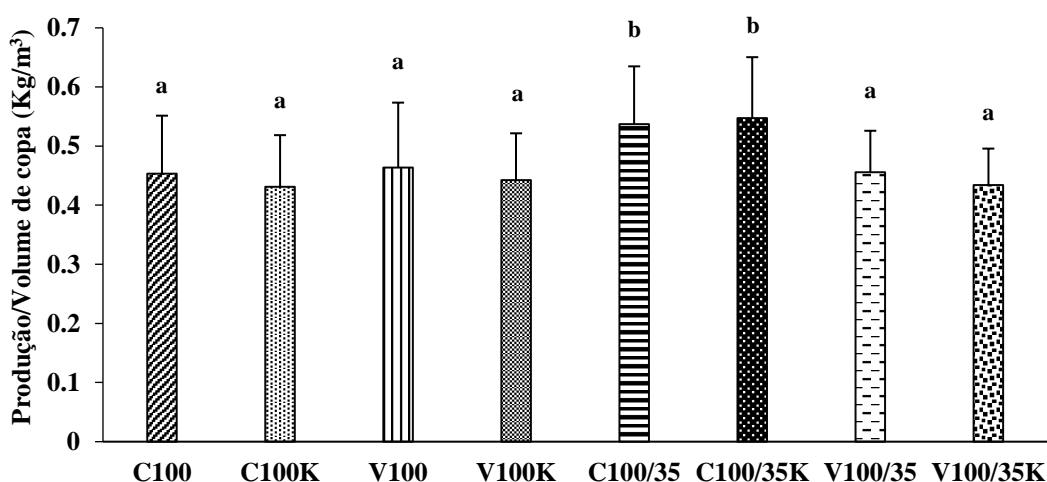


Figura 24 - Produção de amêndoa por volume de copa (kg/m³), de cada tratamento. Letras diferentes nas barras mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).

5.4.2 Produtividade da água

Práticas adequadas de gestão da rega, como a rega deficitária (DI), podem ajudar a garantir a sustentabilidade da rega e reduzir os custos de produção (Egea et al, 2013). Desta forma, para avaliar a sustentabilidade da rega com a rega deficitária, foram calculadas as produtividades da água (kg/m³) para os diferentes tratamentos (Fig. 25). Os tratamentos em que foram aplicadas menores dotações de rega (C100/35, C100/35K, V100/35 e V100/35K) obtiveram produtividades da água maiores, com diferenças significativas. Por sua vez, o tratamento C100K foi o que apresentou o valor mais baixo da produtividade da água e o tratamento V100/35 o que apresentou valores mais altos, com 0,92 kg de amêndoa produzida por m³ de água fornecida e 2,03 kg de amêndoa produzida por m³ de água fornecida, respetivamente.

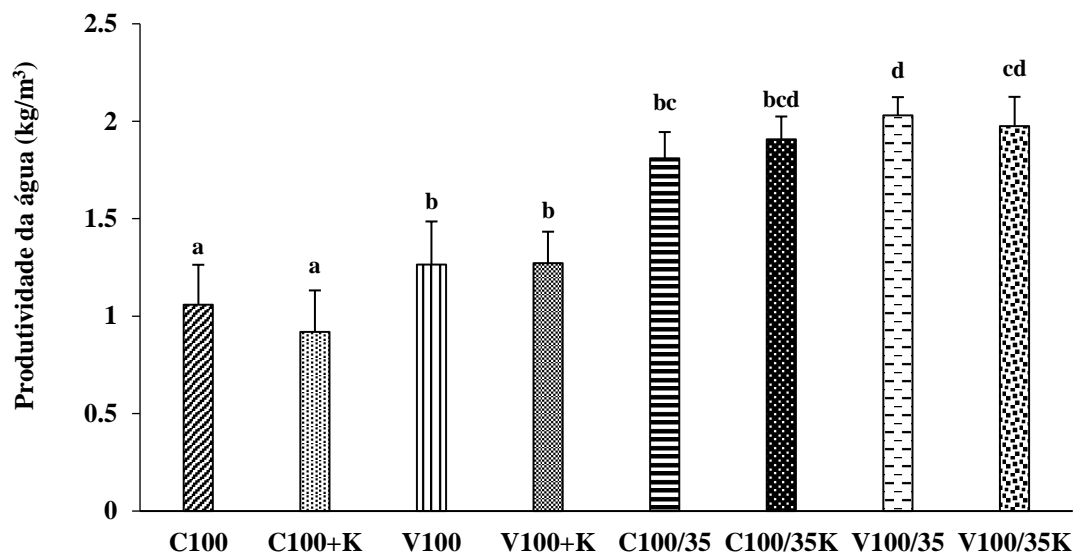


Figura 25 - Produtividade da água (kg/m³), de cada tratamento. Letras diferentes nas barras mostram diferenças significativas entre os tratamentos (p-value < 0,05).

Num estudo de Gutiérrez-Gordillo et al. (2019) realizado em Sevilha, com três variedades de amendoeiras (Guara, Marta e Lauranne), em que avaliaram 3 regimes hídricos (rega plena a 100% da ETc, rega a 150% da ETc e rega deficitária a 65% da ETc) verificaram que nos dois anos consecutivos de estudo (2017 e 2018) não obtiveram diferenças significativas na produtividade da amêndoa (kg/ha) para as cultivares Guara e Lauranne, apresentando diferenças significativas a variedades Marta, com maiores produtividades para o regime hídrico de 150% da ETc. Também neste mesmo estudo, os autores obtiveram produtividades da água superiores no tratamento de rega deficitária. Portanto, poderá pensar-se existir uma resposta diferencial clara em termos de cultivar, mas também de como diferentes dotações de rega não se refletem de uma forma proporcional na produtividade.

5.5 Parâmetros qualitativos

5.5.1 Biometria

O peso da amêndoa, bem como a percentagem de descascamento são considerados características importantes pelos produtores (Oliveira et al., 2018). Neste estudo observaram-se diferenças significativas no peso da amêndoa da variedade Constantí, em que os tratamentos com a aplicação de caulino (100K e C100/35K) obtiveram os valores mais altos com o peso de 4,53 e 4,78 gramas, respetivamente (Tabela 6). O que vai de encontro aos resultados obtidos por Gharaghani et al. (2018) que observaram que aplicação de caulino em nozes aumentou o seu peso. Apesar de na variedade Vairo não haver diferenças significativas, o seu peso também foi maior nos tratamentos com aplicação de caulino (Tabela 7).

Em relação ao rendimento em miolo, apenas se verificaram diferenças significativas na variedade Constantí em que os valores mais elevados foram obtidos nos tratamentos em que foi aplicada a rega deficitária, C100/35 e C100/35K, com valores de 26,32% e 26,40%, respetivamente.

Na maioria dos parâmetros morfológicos não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, com exceção dos parâmetros C/L, C/E, L/E, I1, I2 e Volume. Egea et al. (2010), num estudo realizado com a variedade Marta também não observaram qualquer resposta comportamental específica entre vários tratamentos de rega deficitária em relação ao rendimento e peso.

Tabela 6 – Parâmetros morfológicos na variedade Constantí realizados nas amêndoas e miolos. NS = não significativo em $p < 0,05$; *, **, ***; significativo em $p < 0,05$; 0,01 e 0,001 respectivamente. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos.

Parâmetros morfológicos	ANOVA Test	Tratamento			
		C100	C100K	C100/35	C100/35K
Amêndoa					
Peso (g)	*	4,56 ± 0,47ab	4,73 ± 0,59b	4,49 ± 0,58a	4,58 ± 0,46ab
Comprimento (mm)	NS	31,95 ± 1,47	32,10 ± 1,67	31,83 ± 1,67	32,03 ± 1,35
Largura (mm)	*	22,54 ± 0,99ab	22,79 ± 1,45b	22,49 ± 1,45ab	22,32 ± 1,14a
Espessura (mm)	NS	16,18 ± 0,75	16,20 ± 0,75	16,43 ± 0,78	16,44 ± 0,93
C/L	NS	1,42 ± 0,06	1,41 ± 0,08	1,42 ± 0,08	1,44 ± 0,07
C/E	**	1,98 ± 0,09b	1,98 ± 0,09b	1,94 ± 0,09a	1,95 ± 0,12ab
L/E	***	1,39 ± 0,06bc	1,41 ± 0,09c	1,37 ± 0,07ab	1,36 ± 0,09a
I1	**	50,71 ± 2,42a	50,51 ± 2,19a	51,67 ± 2,50b	51,37 ± 2,85ab
I2	NS	70,61 ± 3,02	71,08 ± 4,21	70,72 ± 4,36	69,74 ± 3,35
Volume (cm ³)	NS	6,12 ± 0,68	6,23 ± 0,82	6,19 ± 0,85	6,18 ± 0,75
Miolo					
Peso (g)	NS	1,16 ± 0,11	1,20 ± 0,12	1,18 ± 0,14	1,21 ± 0,11
Comprimento (mm)	NS	22,96 ± 1,17	23,11 ± 1,31	22,79 ± 1,17	22,85 ± 0,97
Largura (mm)	NS	13,76 ± 0,61	13,83 ± 0,79	13,60 ± 0,79	13,58 ± 1,00
Espessura (mm)	*	8,33 ± 0,48ab	8,37 ± 0,43ab	8,24 ± 0,53a	8,44 ± 0,44b
C/L	NS	1,67 ± 0,09	1,67 ± 0,11	1,68 ± 0,11	1,69 ± 0,13
C/E	NS	2,76 ± 0,18	2,77 ± 0,17	2,78 ± 0,21	2,72 ± 0,17
L/E	*	1,66 ± 0,11b	1,66 ± 0,12b	1,66 ± 0,13b	1,61 ± 0,12a
I1	NS	36,36 ± 2,37	36,28 ± 2,18	36,22 ± 2,75	36,97 ± 2,30
I2	NS	60,01 ± 3,21	59,98 ± 3,67	59,76 ± 3,70	59,47 ± 4,63
Volume (cm ³)	*	1,38 ± 0,15ab	1,40 ± 0,16b	1,34 ± 0,16a	1,37 ± 0,16ab
Espessura da casca (mm)	NS	3,33 ± 0,41	3,30 ± 0,45	3,35 ± 0,48	3,43 ± 0,47
Rendimento do miolo (%)	***	25,51 ± 1,34 a	25,46 ± 1,80 a	26,32 ± 1,62 b	26,40 ± 1,36 b
Miolos duplos (%)	-	1	1	1	1
Miolos secos (%)	-	0	1	1	0

Tabela 7 - Parâmetros morfológicos na variedade Vairo realizados nas amêndoas e miolos. NS = não significativo em $p < 0,05$; *, **, ***; significativo em $p < 0,05$; 0,01 e 0,001 respectivamente. Letras diferentes na tabela, mostram diferenças significativas entre os tratamentos.

Parâmetros morfológicos	ANOVA Test	Tratamento			
		V100	V100K	V100/35	V100/35K
Amêndoa					
Peso (g)	NS	3,74 ± 0,45	3,80 ± 0,39	3,74 ± 0,48	3,85 ± 0,38
Comprimento (mm)	***	34,38 ± 2,06a	34,98 ± 1,97ab	34,69 ± 2,14a	35,63 ± 1,94b
Largura (mm)	NS	20,87 ± 1,35	21,20 ± 1,15	20,85 ± 1,52	21,13 ± 1,08
Espessura (mm)	*	14,27 ± 0,64ab	14,29 ± 0,61ab	14,22 ± 0,57a	14,45 ± 0,57b
C/L	**	1,65 ± 0,07a	1,65 ± 0,08a	1,67 ± 0,10ab	1,69 ± 0,07b
C/E	*	2,41 ± 0,14a	2,45 ± 0,16ab	2,44 ± 0,15ab	2,47 ± 0,15b
L/E	NS	1,46 ± 0,08	1,49 ± 0,09	1,47 ± 0,10	1,46 ± 0,08
I1	NS	41,60 ± 2,45	40,96 ± 2,64	41,11 ± 2,63	40,67 ± 2,79
I2	**	60,74 ± 2,58b	60,69 ± 3,11b	60,19 ± 4,48ab	59,37 ± 2,49a
Volume (cm ³)	**	5,39 ± 0,81a	5,56 ± 0,63ab	5,40 ± 0,71a	5,71 ± 0,61b
Miolo					
Peso (g)	NS	1,06 ± 0,11	1,07 ± 0,09	1,06 ± 0,12	1,09 ± 0,10
Comprimento (mm)	**	24,18 ± 1,55a	24,11 ± 1,55a	24,24 ± 1,90a	24,88 ± 1,40b
Largura (mm)	***	12,68 ± 0,50b	12,83 ± 0,86b	12,40 ± 0,76a	12,67 ± 0,55b
Espessura (mm)	NS	7,28 ± 0,52	7,33 ± 0,50	7,20 ± 0,54	7,20 ± 0,48
C/L	***	1,91 ± 0,14a	1,88 ± 0,13a	1,96 ± 0,14b	1,97 ± 0,10b
C/E	**	3,34 ± 0,30a	3,30 ± 0,30a	3,39 ± 0,35ab	3,47 ± 0,31b
L/E	**	1,14 ± 0,62a	1,76 ± 0,18b	1,73 ± 0,18b	1,77 ± 0,15b
I1	***	30,22 ± 2,75b	30,50 ± 2,72b	29,83 ± 2,93ab	29,02 ± 2,48a
I2	***	52,62 ± 3,85bc	53,36 ± 4,27c	51,31 ± 3,51ab	51,03 ± 2,75a
Volume (cm ³)	*	1,17 ± 0,13ab	1,19 ± 0,15b	1,14 ± 0,16a	1,19 ± 0,13b
Espessura da casca (mm)	***	3,05 ± 0,44 b	2,88 ± 0,43 a	3,05 ± 0,56 b	2,86 ± 0,32 a
Rendimento do miolo (%)	NS	28,44 ± 2,80	28,24 ± 2,07	28,48 ± 1,97	28,36 ± 1,50
Miols duplos (%)	-	0	1	0	0
Miols secos (%)	-	0	1	0	1

5.5.2 Cor

A cor é um parâmetro importante na descrição da qualidade da amêndoa crua (Contador et al., 2015). Os valores médios das coordenadas de cor (L^* , a^* , b^*) e os atributos de cor (H , C) das amêndoas, cor exterior e interior, dos tratamentos em estudo são apresentados na Tabela 7 em que L^* traduz a luminosidade (0 = branco e 100 = preto), a coordenada de cor a^* fornece informações sobre se uma amostra é mais vermelha, quando valores positivos são obtidos, ou mais verdes para os negativos e a coordenada de cor b^* fornece informações sobre se uma amostra é mais amarela, quando valores positivos são obtidos, ou mais azul para os negativos. Em relação aos atributos, C é o croma que traduz a saturação das cores e H (Ângulo Hue) é considerado o atributo qualitativo de cor com as cores definidas tradicionalmente como avermelhada, esverdeada, entre outras.

Pela análise dos dados fornecidos pela Tabela 8, verifica-se que para todos os parâmetros medidos, exceto para a coordenada de cor a^* medida no interior da amêndoa, existem diferenças significativas entre os tratamentos. Estas diferenças significativas são difíceis de explicar, visto que não há nenhum fator que esteja em estudo (rega, caulino e variedade) que esteja a influenciar a maioria dos resultados. No entanto, para o parâmetro a^* da cor interior, a variedade interfere nos resultados mostrando que a variedade Vairo tem uma cor mais esverdeada do que a Constantí. Este parâmetro pode ser explicado tal como algumas diferenças existentes noutras parâmetros, nas duas variedades, pela diferença dos tempos de maturação das variedades. Uma vez, colhidas na mesma data, a variedade Vairo estava num estado de maturação superior.

Um estudo feito em amendoeiras por Valverde et al. (2006), ao determinar a cor da cultivar Guara com dois tratamentos de rega (regados e não regado) e três tratamentos de fertilização, concluiu que as diferenças significativas existentes foram devidas ao ano e os resultados não foram influenciados pelos tratamentos de rega nem de fertilização.

Por outro lado, Lipan et al. (2020), encontrou uma correlação positiva significativa entre o tratamento de rega deficitária sustentada e os tratamentos de rega plena e deficitária controlada, em relação aos parâmetros de cor, mostrando que um nível de stresse mais alto leva a valores mais altos das coordenadas L^* , a^* e b^* , na variedade Vairo.

Tabela 8 – Parâmetros da cor medidos no miolo da amêndoa no exterior e interior. Letras diferentes nas barras, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p- value < 0,05).

Tratamento	Cor exterior					Cor interior				
	L*	a*	b*	C	H	L*	a*	b*	C	H
C100	42,82 ± 2,40 ^{ab}	15,71 ± 0,94 ^{bc}	27,45 ± 2,86 ^b	31,85 ± 2,81 ^{bc}	60,13 ± 1,84 ^{ab}	84,04 ± 2,73 ^b	-0,20 ± 0,84 ^a	14,46 ± 2,23 ^a	14,53 ± 2,30 ^{ab}	90,55 ± 3,39 ^a
C100k	42,25 ± 2,24 ^a	15,23 ± 1,18 ^a	26,76 ± 2,94 ^b	30,89 ± 2,94 ^b	60,32 ± 1,45 ^{ab}	84,63 ± 2,05 ^b	-0,25 ± 0,77 ^a	14,02 ± 1,18 ^a	14,02 ± 1,18 ^{ab}	90,93 ± 3,04 ^a
V100	46,94 ± 2,00 ^c	15,16 ± 0,66 ^a	29,21 ± 2,12 ^{cd}	32,83 ± 1,99 ^{cd}	61,83 ± 4,52 ^{cd}	82,28 ± 3,94 ^a	0,49 ± 0,34 ^b	14,06 ± 2,06 ^a	14,08 ± 2,06 ^{ab}	87,90 ± 1,47 ^b
V100K	47,30 ± 2,01 ^c	15,35 ± 0,75 ^{ab}	29,20 ± 2,12 ^{cd}	31,95 ± 3,10 ^{bc}	61,13 ± 5,09 ^{bc}	84,03 ± 2,45 ^b	0,45 ± 0,30 ^b	14,26 ± 2,02 ^a	14,40 ± 2,08 ^{ab}	88,18 ± 1,17 ^b
C100/35	43,72 ± 2,36 ^b	15,95 ± 1,11 ^c	28,81 ± 3,73 ^c	33,18 ± 3,78 ^d	60,16 ± 4,08 ^{ab}	84,51 ± 3,24 ^b	-0,34 ± 0,86 ^a	14,33 ± 2,27 ^a	14,34 ± 2,28 ^{ab}	91,28 ± 3,25 ^b
C100/35K	42,13 ± 1,93 ^a	15,28 ± 1,13 ^a	25,60 ± 2,45 ^a	29,72 ± 2,73 ^a	59,15 ± 1,56 ^a	84,76 ± 2,32 ^b	-0,26 ± 0,72 ^a	13,91 ± 1,56 ^a	13,93 ± 1,56 ^a	91,15 ± 3,02 ^b
V100/35	47,35 ± 2,06 ^c	15,26 ± 0,81 ^a	30,07 ± 2,06 ^d	33,56 ± 2,28 ^d	63,33 ± 2,98 ^e	84,14 ± 6,57 ^b	0,36 ± 0,19 ^b	13,84 ± 1,90 ^a	13,87 ± 1,90 ^a	88,47 ± 0,84 ^a
V100/35K	46,51 ± 5,02 ^c	15,23 ± 0,80 ^a	29,89 ± 2,47 ^d	33,59 ± 2,38 ^d	62,96 ± 1,37 ^{de}	83,73 ± 2,53 ^b	0,42 ± 0,26 ^b	14,49 ± 2,13 ^a	14,72 ± 2,31 ^b	88,37 ± 0,96 ^a

5.5.3 Textura

A textura é um parâmetro importante para a avaliação da qualidade da amêndoa crua (Contador et al., 2015). As propriedades texturais, especialmente a crocância, são de extrema importância para a aceitabilidade do consumidor (Cheely et al., 2018).

Na Tabela 9 encontram-se os valores referentes a parâmetros da textura que foram medidos nos tratamentos em causa, a força máxima de penetração, a elasticidade e a dureza. Pela sua análise verifica-se que houve diferenças significativas nos três parâmetros. Em relação à força máxima de penetração, verificou-se que o tratamento em que obteve o valor mais alto foi o V100/35 (25,29 N) e o valor mais baixo o C100 (23,32 N). Este tratamento também obteve os valores mais baixo para a elasticidade e dureza. O tratamento V100K tem o valor mais elevado para a elasticidade e o tratamento C100/35 foi o que teve valores superiores, o que quer dizer teve a sua penetração máxima num tempo inferior.

Tabela 9 – Parâmetros da textura: Rotura da pele (N), Elasticidade (mm) e Dureza (N.sec.), medidos nas amêndoas. Letras diferentes na tabela, representam diferenças significativas entre os tratamentos.

Tratamento	Força máxima de penetração (N)	Elasticidade (mm)	Dureza (N.s)
C100	23,32 ± 2,50a	2,72 ± 0,61a	54,18 ± 5,65a
C100K	24,16 ± 2,57ab	2,81 ± 0,48ab	55,22 ± 5,72ab
V100	24,12 ± 2,75c	2,79 ± 0,46b	55,75 ± 5,88ab
V100K	24,56 ± 2,12bc	2,93 ± 0,25b	54,7 ± 4,90a
C100/35	24,68 ± 2,78bc	2,80 ± 0,53ab	57,41 ± 5,44b
C100/35K	24,12 ± 2,75ab	2,79 ± 0,46ab	55,75 ± 5,88ab
V100/35	25,29 ± 3,16c	2,87 ± 0,39ab	56,02 ± 6,34ab
V100/35K	24,91 ± 2,53bc	2,89 ± 0,36ab	55,64 ± 4,91ab

Segundo o trabalho de Civille et al. (2010), a textura das amêndoas cruas pode relacionar-se com a variedade de amêndoas, mas mesmo dentro da mesma variedade havia uma

grande variabilidade de resultados. No entanto, os resultados da Tabela 8 mostram que para os três parâmetros não há uma clara evidência da influência da variedade, da rega ou da aplicação de caulino. Para Vickers et al. (2014), a textura das amêndoas é afetada pelas características fenotípicas, determinadas pela variedade, pelo teor de humidade e consequentemente pela composição química. O aumento da humidade tem influência na diminuição da crocância. Neste sentido, seria de esperar que os resultados demonstrassem valores mais elevados para os tratamentos em que a dotação de rega foi maior, 100% da ETc, o que não se verificou.

6. Conclusões

Os resultados apresentados neste trabalho dizem respeito ao primeiro ano de ensaios e, por isso, as conclusões são de carácter preliminar. Contudo, é possível extrair algumas conclusões sobre o efeito da rega deficitária e da aplicação de caulino, no comportamento fisiológico e agronómico da amendoeira e nos parâmetros de qualidade da amêndoa das variedades Vairo e Constantí.

O maior conforto hídrico das plantas submetidas ao tratamento de rega plena (100 % da ETc) teve efeitos positivos no seu desempenho fisiológico traduzido numa maior condutância estomática, taxa de fotossintética, taxa de transpiração, Índice relativo de clorofila e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. No entanto, não se verificou influência da aplicação de caulino nestes parâmetros.

A nível da produtividade da amêndoa observou-se que esta não foi influenciada pela rega nem pela aplicação de caulino. Relativamente à produtividade da água a rega deficitária foi benéfica para o aumento da produtividade relativamente ao tratamento de rega plena. A aplicação de caulino não influenciou a produtividade da água nas duas variedades.

Por último, os resultados relativos a alguns parâmetros de qualidade revelaram que, apesar de haver diferenças significativas entre tratamentos, estes não eram influenciados nem pela rega, nem pela aplicação de caulino.

Neste primeiro ano de estudos não foi possível extrair conclusões definitivas, sendo por isso necessários mais anos de estudo para confirmar algumas tendências observadas neste trabalho com o objetivo de tirar conclusões mais sólidas e robustas.

7. Bibliografia

- Ahmed, Y.M. (2014). Impact of spraying some antitranspirants on fruiting of williams bananas grown under Aswan region conditions. *Stem Cell*. 5(4): 34-39.
- 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, Rome. almendro en regadío. *Rev. Frutic.* 2010, 10, 94–103.
- Almond Board of Australia (2016). Australian Almond Insights Report 2014-15.
- Alonso, J., Espiau, M., Socias i Company, R. (2010). Increase in the chill and heat requirements for blooming of the new almond cultivars. *Options Méditerranéennes. Serie A*. 94, 65-69.
- Arquero, O. (2013). Manual del Almendro. Sevilla, España, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
- Azevedo, P. (2018) Aplicações de Big Data e algoritmos de Machine Learning à gestão inteligente da rega.
- Bellvert, J., Adeline, K., Baram, S., Pierce, L., Sanden, B. L., & Smart, D. R. (2018). monitoring crop evapotranspiration and crop coefficients over an almond and pistachio orchard throughout remote sensing. *Remote Sensing*, 10(12).
- Brito, C., Dinis, L. T., Ferreira, H., Rocha, L., Pavia, I., Moutinho-Pereira, J., & Correia, C. M. (2018). Kaolin particle film modulates morphological, physiological and biochemical olive tree responses to drought and rewatering. *Plant Physiology and Biochemistry*, 133, 29–39.
- Cabo, P., Matos, A. (2017). Manual técnico, Amendoeira: Estado de Comercialização. Editor, CNCFS
- Chalmers, D.J., Mitchell, P.D., Van Heek, L.A.G. (1981). Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density, and summer pruning. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 106, 307–312
- Cheely, A.N., Pegg, R.B., Kerr, W.L., Swanson, R.B., Huang, G., Parrish, D.R., Kerrihard, A.L. (2018). Modeling sensory and instrumental texture changes of dry-roasted almonds under different storage conditions. *LWT* 91, 498–504.

Civille, G. V., Lapsley, K., Huang, G., Yada, S., Seltsam, J. (2010). Development of an almond lexicon to assess the sensory properties of almond varieties. *J. Sens. Stud.* 25, 146–162.

Climate-Data.org (1999,2019). Disponível em <https://pt.climate-data.org/europa/portugal/alfandega-da-fe/alfandega-da-fe-6936/> (acedido em 9 de Setembro de 2021).

Contador, L., Robles, B., Shinya, P., Medel, M., Pinto, C., Reginato, G., Infante, R. (2015). Characterization of texture attributes of raw almond using a trained sensory panel. *Fruits* 70, 231–237.

Correia, C.M., Dinis, L.T., Fraga, H., Pinheiro, C., Ferreira, H.M., Costa, J., Gonçalves, I., Oliveira, A.A., Pinto, G., Santos, J.A., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J. (2015). Enhanced yield and physiological performance of Mediterranean grapevines through foliar kaolin spray. *Procedia Environmental Sciences*, 29:247-248.

Couvillon, G. e Erez, A. (1985). Effect of level and duration of high temperatures on the rest in the peach. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 110, 579-581.

De Buse, C., Hasey, J., Kelley Anderson, K., Metcalf, S., Contador, L., Stewart, B., Glenn, M., Lampinen, B. (2010). Kaolin particle clay film effects on physiology, quality, and productivity in Tulare and Howard walnut. *Walnut Research Reports*. University of California, Davis, CA., USA.

De Melo-Abreu, J.P., Paço, T.A., Ribeiro, A.C., Barba, N.G. Cordeiro, A.M., Neves, A., Abreu, I., Oliveira, H., Oliveira, C. & Mexia, A. (2011). Impactos das alterações climáticas na agricultura portuguesa. In: *Engenharia dos Biosistemas*. Edições Colibri e CEE R. Lisboa, 3-6.

DGADR (2017). *Produtos Tradicionais Portugueses – Doces e Produtos de Pastelaria*. Disponível em <<https://tradicional.dgadr.pt/pt/>>

Doll, D. e Shakel. (2015). *Drought Management for California Almonds. Impacts of Stress on Almond Growth and Yield*. Califórnia, ANR Publication 8515, University of California Davis.

Du, T., Kang, S., Zhang, J., Davies, W. J., (2015). Deficit irrigation and sustainable water-resource strategies in agriculture for China's food security. *Journal of Experimental Botany*, 66, 2253-2269.

- Duarte, A. (2007). A técnica da rega deficitária controlada: opção ante situações de carência de água. *Agroforum: Revista Da Escola Superior Agrária de Castelo Branco*, 15:19, 23–28.
- Egea, G., Nortes, P. A., Domingo, R., Baille, A., Pérez-Pastor, A., González-Real, M. M. (2013). Almond agronomic response to long-term deficit irrigation applied since orchard establishment. *Irrigation Science*, 31, 445–454.
- Egea G.; Dodd I.C.; González-Real M.M.; Domingo R., Baille A. (2011). Partial rootzone drying improves almond tree leaf-level water use efficiency and afternoon water status compared with regulated deficit irrigation. *Funct. Plant Biol.* 38, 372–385.
- Egea G., Nortes, P.A., González-Real, M.M., Baille, A., Domingo, R. (2010). Agronomic response and water productivity of almond trees under contrasted deficit irrigation regimes. *Agricultural Water Management* 97, 171–181
- Egea, G., González-Real, M. M., Baille, A., Nortes, P. A., Sánchez-Bel, P., Domingo, R. (2009). The effects of contrasted deficit irrigation strategies on the fruit growth and kernel quality of mature almond trees. *Agricultural Water Management*, 96(11), 1605–1614.
- Esparza, G., DeJong, T.M., Weinbaum, S.A., Klein, I. (2001). Effects of irrigation deprivation during the harvest period on yield determinants in mature almond trees. *Tree Physiology* 21, 1073– 1079.
- FAOSTAT (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Disponível em <<http://faostat3.fao.org/home/E>> (acedido entre janeiro de 2021 e setembro de 2021).
- Feio, M. (1991). *Clima e Agricultura. Exigências climáticas das principais culturas e potencialidades agrícolas do nosso clima*. Lisboa, Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação.
- Fereres E. e Soriano A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Exp. Bot.* 58,147–159.
- Fernandes, L., Pereira, E.L., Do Céu Fidalgo, M., Gomes, A., Ramalhosa, E. (2020). Physicochemical properties and microbial control of chestnuts (*Castanea sativa*) coated with whey protein isolate, chitosan and alginate during storage. *Sci. Hortic.* 263.
- Ferreira, I. Q., Rodrigues, M. Â., Moutinho-Pereira, J. M., Correia, C. M., Arrobas, M. (2018). Olive tree response to applied phosphorus in field and pot experiments. *Scientia Horticulturae*, 234, 236–244.

Galindo, A., Collado-Gonzalez, J., Griñán, I., Corell, M., Centeno, A., Martin-Palomo, M. J., Giron, I. F., Rodriguez, P., Cruz, Z. N., Memmi, H., Carbonell-Barrachina, A. A., Hernández, F., Torrecillas, A., Moriana, A., Lopez-Perez, D., (2017). Deficit irrigation and emerging fruit crops as a strategy to save water in Mediterranean semiarid agrosystems. *Agricultural Water Management*, In Press.

Girona, J., Marsal, J., Cohen, M., Mata, M., & Miravete, C. (1993). Physiological, growth and yield responses of almond (*prunus dulcis* l.) To different irrigation regimes. *Acta Horticulturae*, (335), 389–398.

Girona, J., Mata, M., Marsal, J. (2005). Regulated deficit irrigation during the kernel-filling period and optimal irrigation rates in almond. *Agric. Water Management* 75,152-167.

Glenn, D.M.,e Puterka, G.J. (2005). Particle films: a new technology for agriculture. *Hortic Rev.*,31, 1- 44.

Goldhamer, D. A., Viveros, M., Salinas, M. (2006). Regulated deficit irrigation in almonds: effects of variations in applied water and stress timing on yield and yield components. *Irrig Sci*, 24, 101–114.

Goldhamer, D.A. e Girona, J. (2012). Almond In: Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E., Raes, D. 2012. Crop yield response to water. *Irrigation and Drainage Paper Nr. 66*, Rome, Italy, FAO.

Gomes-Laranjo, J., Coutinho, J. P., Galhano, V., Cordeiro, V. (2006). Responses of five almond cultivars to irrigation: Photosynthesis and leaf water potential. *Agricultural Water Management*, 83(3), 261–265.

Gonçalves D., Figueiredo, T., Ribeiro, A.C. (2012). ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E AGRICULTURA. In ah APH Associação Portuguesa de Horticultura.

Grasselly, C., Duval, H., Belluau, E. (1997). L' amandier. Paris Monografie ISBN: 2-87911-083-1.

Guang-Cheng, S., Rui-Qi, G., Na, L., Shuang-En, Y., & Weng-Gang, X. (2011). Photosynthetic, chlorophyll fluorescence and growth changes in hot pepper under deficit irrigation and partial root zone drying. *African Journal of Agricultural Research*, 6(19), 4671–4679.

Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaïbi, W., Zarrouk, M. (2005). Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 119: 257-263.

Gutiérrez-Gordillo, V.H., Durán-Zuazo, I., García-Tejero, (2019). Response of three almond cultivars subjected to different irrigation regimes in Guadalquivir river basin, *Agricultural Water Management*, Volume 222,72-81, ISSN 0378-3774.

Hoogenboom, G., Tsuji, G.Y., Jones, J.W., Singh, U., Godwin, D.C., Pickering, N.B. e Curry, R.B. (1995). II.3 Decision Support System to Study Climate Change Impacts on Crop Production. In *Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impacts*, C. Rosenzweig, L.H. Allen Jr., L.A. Harper, S.E. Hollinger e J.W. Jones (ed(s)). ASA Special Publication Number 59. American Society of Agronomy, Madison, USA., 51-75.

INC (2016). *Nuts and Dried Fruits. Global Statistical Review 2015/2016*. Reus, Spain, International Nut and Dried Fruit Foundation.

INE, (2021). Instituto Nacional de Estatística. *Estatísticas Agrícolas 2020*. Edição 2021. ISSN 0079-4139.

INE, (2021). Instituto Nacional de Estatística. *Recenseamento Agrícola - Análise dos principais resultados – 2019*.

IRTA, 2021. Disponível em <<https://www.irta.cat/es/produccion-vegetal/fruta-seca-y-olivicultura/>>. (Acedido a 11/09/2021).

Jifon JL, Syvertsen JP. 2003. Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of ‘Ruby Red’ grapefruit leaves. *Journal of American Society for Horticultural Science* 128, 107–112.

Kodad, O., Socias, R., 2006. Influence of genotype, year and type of fruiting branches on the productive behaviour of almond. *Sci. Hortic.* 109, 297–302.

Lampinen, B., Anderson, K., Metcalf, S., Negron, C., 2006. Effects of kaolin clay particle film on leaf temperature, nut temperature and sunburn susceptibility in walnut. *Walnut Research Reports*. University of California, Davis, CA., USA.

Lipan, L., Cano-Lamadrid, M., Hernández, F., Sendra, E., Corell, M., Vázquez-Araújo, L., Carbonell-Barrachina, Á. A. (2020). Long-term correlation between water deficit and quality markers in hydrosustainable almonds. *Agronomy*, 10(10).

Lippan, L., Rodríguez, L.S., González, J.C., Sendra, E., Burló, F., Hernández, F., Vodnar, D., Carbonell Barrachina, A. (2018). Sustainability of the Legal Endowments of Water in Almond Trees and a New Generation of High Quality Hydrosustainable Almonds – a review. *Bulletin UASVM Food Science and Technology* 75, 95-108.

- Luciani, E., Palliotti, A., Frioni, T., Tombesi, S., Villa, F., Zadra, C., & Farinelli, D. (2020). Kaolin treatments on Tonda Giffoni hazelnut (*Corylus avellana* L.) for the control of heat stress damages. *Scientia Horticulturae*, 263.
- Marcotegui, A., Sánchez-Ramos, I., Pascual, S., Fernández, C., Cobos, G., Armendáriz, I., Cobo, A., González-Núñez, M. (2015). Kaolin and potassium soap with thyme essential oil to control *Monosteira unicastata* and other phytophagous arthropods of almond trees in organic orchards. *Journal of Pest Science* 88, 753-765.
- Martins, A., Raimundo, F., Borges, O., Linhares, I., Sousa, V., Coutinho, J. P., Gomes-Laranjo, J., Madeira, M. (2010). Effects of soil management practices and irrigation on plant water relations and productivity of chestnut stands under Mediterranean conditions. *Plant Soil* 327, 57–70.
- Miarnau, X., Torguet, L., Batlle, I., Romero, A., Rovira, M., Alegre, S. (2016). Comportamiento Agronómico y productivo de las nuevas variedades de almendro. *Fruticultura Profesional* 42-59.
- Miarnau, X., Vargas, F.J., Montserrat, R., Alegre, S. (2010). Aspectos importantes en las nuevas plantaciones de almendro plantaciones en las nuevas en regadío. *Revista de Fruticultura* 94–103.
- Monteiro, A. M., Cordeiro, V.P., Gomes-Laranjo, J. (2003). *A Amendoeira. Mirandela: João Azevedo Editor.*
- Moutinho-Pereira, J., Dinis, L.T., Fraga, H., Pinheiro, R., Ferreira, H., Costa, J., Gonçalves, I., Oliveira, A.A., Pinto, G., Santos, J.A., Malheiro, A.C., Correia, C.M. (2014). Physiological and yield responses of grapevines to kaolin under summer stress. In: *Proceedings of Xth International Terroir Congress, Vol. 2, 202-206:6-11.*
- Munné-Bosch, S. e Cela, J. (2006). Effects of water deficit on photosystem II photochemistry and photoprotection during acclimation of lyreleaf sage (*Salvia lyrata* L.) plants to high light. *Journal of Photochemistry and Photobiology* 85, 191-197.
- Nunes, M. (s/d). Relatório Sectorial da Amêndoa. Projecto Cordão Verde – Associação In Loco, Cooperação LEADER para o Desenvolvimento.
- Oliveira, I., Meyer, A., Afonso, S., Ribeiro, C., Gonçalves, B. (2018). Morphological, mechanical and antioxidant properties of Portuguese almond cultivars. *Journal of food science and technology*, 55(2), 467-478.

Oliveira, I., Meyer, A., Afonso S., Ribeiro, C., Gonçalves, B. (2017). Caracterização biométrica e mecânica de cultivares portuguesas de amendoeira. IX congresso ibérico de agroengenharia: livro de resumos, 86.

Pinto, P.A. e Brandão, A.P., 2002. 7. Agriculture. In *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures - SIAM Project*, F.D. Santos, K. Forbes e R. Moita (ed(s).), pp. 221- 239. Gradiva, Lisboa, Portugal.

Ramos, M.E.; Robles, A.B.; Sánchez-Navarro, A. e González- Rebollar, J.L. (2011). Soil responses to different management practices in rainfed orchards in semiarid environments. *Soil Till. Res.* 112, 85–91.

Ribeiro, A.C., (2017). Amendoeira: Estado da Produção. Em Aguiar, C., Pereira, J. A., Arrobas, M., Almeida, A., Bento, A., Cortés, I. L., Rodrigues, N., Rodrigues, M. A., Santos, S. A. P., Gouveia, M. E., Coelho, V., Moura, L., *Frutos secos: Da produção à comercialização*. Bragança, Bragança, Portugal: CNCFS - Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos. Obtido de Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos, 303-345.

Rocha, J., Perdiao, A., Melo, R., Henriques, C. (2012). Remote Sensing Based Crop Coefficients for Water Management in Agriculture. In *Sustainable Development— Authoritative and Leading Edge Content for Environmental Management*; Curkovic, S., Ed.; IntechOpen Limited: London, UK; Chapter 8, 167–191.

Rodrigues, M. A., (2017). Amendoeira: Estado da Produção. Em Aguiar, C., Pereira, J. A., Arrobas, M., Almeida, A., Bento, A., Cortés, I. L., Rodrigues, N., Ribeiro, A.C., Santos, S. A. P., Gouveia, M. E., Coelho, V., Moura, L., *Frutos secos: Da produção à comercialização*. Bragança, Bragança, Portugal: CNCFS - Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos. Obtido de Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos, 303-345.

Romero, P., Botía, P., García, F. (2004). Effects of regulated deficit irrigation under subsurface drip irrigation conditions on vegetative development and yield of mature almond trees. *Plant and Soil* 260, 169-181.

Rosati, A., Metcalf, S., Buchner, R., Fulton, A., Lampinen, B., (2007). Effects of kaolin application on light adsorption and distribution, radiation use efficiency and photosynthesis of almond and walnut canopies. *Ann. Bot.* 99 (2), 255–263.

Rosati, A., Metcalf, S.G., Buchner, R.P., Fulton, A.E., Lampinen, B.D., (2006). Physiological effects of kaolin applications in well-irrigated and water-stressed walnut and almond trees. *Ann. Bot.* 98 (1), 267–275.

- Santos, F.D. (2006). 1 - Problemática das alterações climáticas no início do século XXI. In *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projecto SIAM II*, F.D. Santos e P. Miranda (ed(s)). Gradiva, Lisboa, Portugal, 17-43.
- Shackel, K., (2011). A plant-based approach to deficit irrigation in trees and vines. *HortScience* 46, 173 - 177
- Sotelo-Cuitiva, Y. M., Restrepo-Díaz, H., García-Castro, A., Ramírez-Godoy, A., Flórez-Roncancio, V. J. (2011). Effect of Kaolin Film Particle Applications (Surround WP ®) and Water Deficit on Physiological Characteristics in Rose Cut Plants (Rose spp L.). *American Journal of Plant Sciences*, 02(03), 354–358.
- Santos, A., e Teixeira, S. (2020). Panorama nacional do amendoal. *Revista das Ciências Agrárias*. 43, 3-9.
- Steiman, S., Bittenbender, H., Idol, T. (2007). Analysis of Kaolin Particle Film Use and Its Application on Coffee. *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science*. 42, 1605-1608.
- Valverde, M., Madrid, R., & García, A. L. (2006). Effect of the irrigation regime, type of fertilization, and culture year on the physical properties of almond (cv. Guara). *Journal of Food Engineering*, 76(4), 584–593
- Vickers, Z.; Peck, A.; Labuza, T.; Huang, G. (2014). Impact of almond form and moisture content on texture attributes and acceptability. *J. Food Sci.* 79, S1399–S1406.