

**Avaliação do comportamento agronómico da amendoeira cv.  
Lauranne em sistema de condução em sebe sob três regimes  
de rega**

**Jorge Miguel Sousa Vieira**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia Agronómica**

**Orientadores:** Professora Doutora Cristina Maria Moniz Simões Oliveira, ISA;  
Doutor Ignasi Iglesias Castellarnau, Agromillora

**Presidente**

Doutora Maria do Rosário da Conceição Cameira, Professora associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

**Vogais**

Doutora Cristina Maria Moniz Simões Oliveira, Professora associada com agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutora Maria Teresa Gomes Afonso do Paço, Professora auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Engenheiro Nuno Paulo de Noronha Wagner Geraldês Barba, Professor adjunto da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Santarém.

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer aos meus orientadores, Professora Doutora Cristina Oliveira e Doutor Ignasi Iglesias pela delineação do tema, por toda a paciência e disponibilidade ao longo de todo o trabalho.

À empresa VeraCruz, engenheiros responsáveis e ao Sr. José Mendes da Herdade Carvalhal pela disponibilização da parcela onde foi realizado o estudo, por todos os dados que me facultaram e por toda a ajuda prática que me prestaram.

Ao Luís Murteira, pela ajuda semana após semana na recolha de dados e pela disponibilidade em ajudar naquilo que fosse preciso.

Agradeço também ao Eng. Pedro Salamanqueiro e Eng. Eduardo Capitão pelo seu apoio persistente e pela disponibilidade facultada.

À minha família e amigos, em especial aos meus pais, por serem modelos de coragem, pelo seu apoio incondicional, incentivo e pelos inúmeros sacrifícios para que eu pudesse hoje estar aqui.

Enfim, quero demonstrar o meu agradecimento, a todos aqueles que, de um modo ou de outro, tornaram possível a realização da presente dissertação.

A todos o meu sincero e profundo “Muito Obrigado!”

## Resumo

Para satisfazer a crescente procura de amêndoa é necessário proceder a práticas agrícolas mais intensivas. Deste modo e de maneira a corresponder às novas normas europeias e a uma futura política agrícola comum é necessário fazer uma transição do modelo químico-mecânico atual para uma intensificação sustentável, optando por estratégias de rega mais sustentáveis e eficientes.

Neste trabalho avaliou-se então a fenologia e o efeito da rega na produtividade e biometria das árvores sujeitas a três esquemas de rega num amendoal superintensivo cv. Lauranne plantado em 2018 no Fundão. No controlo a água aplicada foi de modo a satisfazer 100% das necessidades da cultura, valor estimado através da evapotranspiração cultural. Um outro sector foi gerido através de uma estratégia de rega deficitária regulada (RDI), sendo aplicadas 100% das necessidades da cultura, expeto para a fase IV do desenvolvimento amendoeira correspondente ao início do endurecimento da casca, a partir do qual se aplicou cerca de 70% das necessidades da cultura. O 3º sector foi gerido através de uma estratégia de rega deficitária sustentada (SDI), onde uma fração fixa das necessidades de água da cultura foi aplicada durante todo o seu ciclo, cerca de 70%. Nos três setores aplicou-se um total de 3885,4 m<sup>3</sup>/ha, 3384,2 m<sup>3</sup>/ha e 2719,8 m<sup>3</sup>/ha, respetivamente.

Apenas foram registadas diferenças estatisticamente significativas ( $P < 0,05$ ) nos diferentes esquemas de rega para as variáveis: diferença de área seccional do tronco entre Março e Agosto que foi maior no esquema de rega controlo (1,61 cm<sup>2</sup>) comparativamente ao RDI e SDI, produção de miolo por área seccional do tronco que foi maior na estratégia SDI e RDI (1,60 e 1,59 kg/cm<sup>2</sup>, respetivamente) comparativamente ao controlo, (0.60 kg/cm<sup>2</sup>). O volume de copa foi mais reduzido no esquema de rega SDI (3,04 m<sup>3</sup>), comparativamente ao controlo e RDI (3,23 m<sup>3</sup> e 3,27 m<sup>3</sup>, respetivamente). Em relação à produção de amêndoa com casca por AST o tratamento SDI atingiu o maior valor 7,62 kg/cm<sup>2</sup>, o RDI intermédio 7.22 kg/cm<sup>2</sup> o controlo o menor valor 2,85 kg/cm<sup>2</sup>. A evolução das componentes do fruto foi semelhante nos três esquemas de rega. A poupança de 30% de água associada à estratégia de rega SDI ou RDI e o inerente reduzido do volume de copa pouco influenciou a produção (kg por árvore).

**Palavras-chave:** Potencial hídrico, Produtividade, *Prunus dulcis*, rega deficitária regulada, rega deficitária sustentada

## Abstract

To meet the growing demand for almonds, more intensive agricultural practices are needed. In this way, and to respond to the new European standards and a future common agricultural policy, it is necessary to make a transition from the current chemical-mechanical model to sustainable intensification, opting for more sustainable and efficient irrigation strategies.

In this work was evaluated the phenology and the effect of irrigation on productivity and biometrics of trees subjected to three irrigation schemes in a super-intensive almond orchard cv. Lauranne planted in 2018 in Fundão. In the control treatment, the water was applied to satisfy 100% of the requirements of the culture, estimated value through cultural evapotranspiration. Another sector was managed through a regulated deficit irrigation (RDI) strategy, applying 100% of the crop's needs, except for phase IV of the almond development corresponding to the beginning of the hardening of the shell, and 70% after this phase. The third sector was managed through a sustainable deficit irrigation (SDI) strategy, where a fixed fraction of the crop's water requirements was applied throughout the growing season, around 70%. In the three sectors, 3885.4 m<sup>3</sup>/ha, 3384.2 m<sup>3</sup>/ha and 2719.8 m<sup>3</sup>/ha, respectively, were applied.

Statistically significant differences ( $P < 0.05$ ) were only registered for the different irrigation schemes for the differences in the sectional area of the trunk between March and August, which was greater in the control irrigation treatment (1.61 cm<sup>2</sup>) compared to the RDI and SDI. Production in kg kernels per trunk sectional area) was larger in SDI and RDI (1.60 and 1.59 kg/cm<sup>2</sup>, respectively) compared to control (0.60 kg/cm<sup>2</sup>). The canopy volume was smaller in the SDI irrigation scheme (3.04 m<sup>3</sup>), compared to the control and RDI (3.23 m<sup>3</sup> and 3.27 m<sup>3</sup>, respectively). Regarding the production of almond in shell by AST, the SDI treatment reached the highest value 7.62 kg/cm<sup>2</sup>, RDI an intermediate value 7.22 kg/cm<sup>2</sup> and the control the lowest value 2.85 kg/cm<sup>2</sup>. The evolution of the fruit components was similar in the three irrigation schemes. The 30% water savings associated with the SDI or RDI irrigation strategy and the inherent reduced canopy volume had little influence on production (kg per tree).

**Keywords:** Productivity, *Prunus dulcis*, regulated deficit irrigation, sustained deficit irrigation, water potential

## Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>11</b>
2.1	A CULTURA DA AMÊNDOA NO MUNDO	11
2.2	A CULTURA DA AMÊNDOA EM PORTUGAL	11
2.3	TAXONOMIA E FENOLOGIA	12
2.4	CRESCIMENTO DO FRUTO	15
2.5	VARIEDADE EM ESTUDO	16
2.6	PORTA-ENXERTO	17
2.7	REQUISITOS EDAFOCLIMÁTICOS	18
2.7.1	<i>Temperatura</i>	18
2.7.2	<i>Precipitação</i>	18
2.7.3	<i>Humidade relativa</i>	18
2.7.4	<i>Vento</i>	18
2.7.5	<i>Solos</i>	19
2.8	SISTEMA DE CONDUÇÃO	19
2.9	CONDUÇÃO DA ÁGUA NA CULTURA DA AMÊNDOA	21
2.9.1	<i>Necessidades hídricas da cultura e necessidades de rega</i>	21
2.9.2	<i>Estratégias de défice hídrico</i>	22
2.9.3	<i>Défice hídrico na amendoeira</i>	22
2.9.4	<i>Equipamentos de monitorização para apoio à condução da rega</i>	23
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>24</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA EXPLORAÇÃO	24
3.1.1	<i>Local experimental e caracterização da parcela</i>	24
3.1.2	<i>Características do solo</i>	25
3.1.3	<i>Características climáticas da região</i>	26
3.1.4	<i>Sistema de rega</i>	29
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	30
3.2.1	<i>Divisão da parcela em setores</i>	30
3.2.2	<i>Calendário da rega dos setores em estudo</i>	31
3.2.3	<i>Fenologia</i>	31
3.2.4	<i>Floração e vingamento</i>	32
3.2.5	<i>Crescimento vegetativo</i>	32

3.2.6	<i>Área seccional do tronco</i> .....	33
3.2.7	<i>Volume da copa</i> .....	33
3.2.8	<i>Crescimento do fruto</i> .....	34
3.2.9	<i>Peso fresco e peso seco do grão</i> .....	35
3.2.10	<i>Endurecimento do endocarpo</i> .....	35
3.2.11	<i>Maturação</i> .....	35
3.2.12	<i>Produção</i> .....	35
3.2.13	<i>Potencial hídrico da cultura</i> .....	36
3.2.14	<i>Sonda de humidade de solo</i> .....	37
3.3	TRATAMENTO ESTATÍSTICO DE DADOS .....	38
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>39</b>
4.1	FENOLOGIA.....	39
4.1	POTENCIAL PRODUTIVO.....	40
4.1.1	<i>Floração e Vingamento</i> .....	40
4.1.2	<i>Crescimentos dos ramos</i> .....	42
4.2	CRESCIMENTO DO FRUTO .....	44
4.3	CARACTERÍSTICAS DO FRUTO.....	48
4.4	PESO DAS AMÊNDOAS .....	49
4.5	PRODUÇÃO E ÁREA SECCIONAL DO TRONCO .....	49
4.6	VOLUME DE COPA.....	51
4.7	REGA.....	53
4.7.1	<i>Dados sondas</i> .....	54
4.8	POTENCIAL HÍDRICO .....	56
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>59</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>61</b>

## Índice Figuras

Figura 1 - Estados fenológicos da amendoeira, relativos à floração e ao desenvolvimento do fruto (Escala BBCH e Alfabética).....	14
Figura 2 - Diagrama representativo da amêndoa 12 semanas após a floração.....	15
Figura 3 - Fases desenvolvimento (I – V) da árvore de <i>P. dulcis</i> . As curvas mostram os valores relativos cumulativos de crescimento do fruto, crescimento do ramo jovem e a acumulação de matéria seca do fruto (enchimento da semente), em relação ao seu máximo. Linhas verticais delimitam o início e o final de cada estágio de desenvolvimento. DA (dia do ano). Adaptado de Nortes et al., (2009).....	16
Figura 4 - Interceção da radiação por parte da copa nas diferentes horas do dia e em sistemas de condução <i>open vase</i> - vaso e SHD em sebe. <i>LI Light interception</i> .....	20
Figura 5 - Produção de amêndoa com casca (kg/ha) no ano de 2018 e 2019.....	21
Figura 6 - Limite da Herdade do Carvalhal e da parcela 34.....	25
Figura 7 - Perfil de Solo nº17 .....	26
Figura 8 - Estação meteorológica da Herdade do Carvalhal .....	27
Figura 9 - Temperaturas registadas na estação meteorológica da herdade.....	28
Figura 10 - Pluviograma relativo a 2021, Dados da estação meteorológica da herdade	28
Figura 11 – (A) Gráfico da evapotranspiração de referência diária; (B) Gráfico da evapotranspiração cultural diária.....	29
Figura 12 - Setores em estudo .....	30
Figura 13 - Medição da área com um odómetro de roda.....	31
Figura 14 - (A) Medição do comprimento do ramo produtivo; (B) Medição do diâmetro do ramo produtivo. Dia 8/03/2021 .....	32
Figura 15 - Medição do diâmetro do tronco em diferentes posições.....	33
Figura 16 - Medição da altura das árvores .....	34
Figura 17 - Medições efetuadas L1- comprimento total do fruto; L2- comprimento do nucelo; L3- comprimento do embrião .....	35
Figura 18 - Medidor de humidade .....	36
Figura 19 - (A) Folha envolta com alumínio; (B) - Medição do potencial hídrico .....	37
Figura 20 - (A) Sonda de humidade de solo T_soil da TERRAPRO; (B) Sonda de humidade de solo Legacy da AquaSpy.....	38
Figura 21 - Estados fenológicos observados da variedade Lauranne, relativos à floração e ao desenvolvimento do fruto, na Capinha em 2021 (Escala BBCH e Alfabética).....	39

Figura 22 - Média de comprimento de novos ramos de cada sector; N = 120. Barras correspondem a duas vezes o erro padrão. ....	44
Figura 23 - Média do comprimento de 30 pericarpos por modalidade; N=30. Barras correspondem a duas vezes o erro padrão. ....	45
Figura 24 - Média do comprimento de 30 nucelos. Barras correspondem a duas vezes o erro padrão. ....	45
Figura 25 - Média do comprimento de 30 embriões. Barras correspondem a duas vezes o erro padrão. ....	46
Figura 26 - Média do peso fresco de 30 embriões de cada modalidade; A linha a tracejado representa a data de redução de água no sistema RDI (12 de Julho).....	47
Figura 27 - Peso seco de 30 embriões; A linha a tracejado representa a data de redução de água no sistema RDI (12 de Julho).....	47
Figura 28 - Teores de humidades do solo referentes ao setor C, regido por uma estratégia de rega SDI (70%), dados de 01/06/2021 a 10/09/2021 .....	55
Figura 29 -Teores de humidades do solo referentes ao setor B, regido pelo plano de rega controlo (100%), dados de 03/05/2021 a 05/09/2021.....	56
Figura 30 - Média do potencial hídrico de 3 amendoeiras de cada setor. ....	57

## Índice Quadros

Quadro 1 - Produção de amêndoa (toneladas) dos 7 principais países produtores de amêndoa.....	11
Quadro 2 - Produção e superfície do amendoal em Portugal nos anos de 2019 e 2020.	12
Quadro 3 - Produção e superfície de amendoal por NUTS II em 2020.....	12
Quadro 4 - Dados fenológicos e produtivos da variedade Lauranne.....	17
Quadro 5 - Parâmetros do perfil 17 .....	26
Quadro 6 - Datas da fenologia da ‘Lauranne’, na Capinha 2021 .....	40
Quadro 7 - Média do número de flores, média da percentagem de vingamento e média do número de amêndoas por ramo e por modalidade.....	41
Quadro 8 - Média do número de flores, média da percentagem de vingamento e média do número de amêndoas segundo a orientação por tratamento.....	42
Quadro 9 - Média do comprimento inicial (08 de março), média do comprimento final (30 de agosto) e diferença entre os comprimentos iniciais e finais de 4 ramos de 6 árvores de cada setor (ramos produtivos).....	43
Quadro 10 - Média da área seccional inicial, média da área seccional final e média da diferença da área seccional do tronco final e inicial por tratamento.....	43
Quadro 11 - Percentagem do peso seco dos componentes do fruto.....	48
Quadro 12 - Peso fresco e seco médio dos diferentes constituintes da amêndoa e o respetivo peso total, de 100 amêndoas (4 de setembro) .....	49
Quadro 13 - Média da produção final de amêndoa com casca por modalidade por árvore e por área seccional de tronco (AST) medida no fim do ciclo da cultura .....	50
Quadro 14 - Média de produção de miolo por árvore e por área seccional de tronco (AST) .....	51
Quadro 15 - Média do volume da copa, média da produção de miolo por volume de copa e média de produção de miolo por ha de cada setor por volume de copa .....	52
Quadro 16 - Média da produção de amêndoa com casca de 6 árvores (agrupadas duas a duas) de cada setor por volume de copa.....	53
Quadro 17 - Número de horas totais de rega e cálculo do volume de água utilizada na rega de cada parcela.....	54

## 1 Introdução

A amêndoa é um fruto cujo procura mundial tem vindo a aumentar em média 5% por ano (Casanova-Gascón et al., 2019). Este aumento deve-se à diversidade de fins que este fruto possui, podendo ser utilizado tanto na cosmética como na alimentação devido às suas características nutricionais. Estudos sobre a composição nutricional mostraram que a amêndoa é muito rica em ácidos gordos, proteínas, hidratos de carbono, vitaminas e ainda minerais, tornando-se assim num fruto de excelência para a alimentação humana (Barreca et al., 2020).

Devido ao crescimento na procura deste fruto é necessária a instalação de novos pomares para satisfazer o mercado mundial. Em virtude de as normas europeias serem cada vez mais exigentes e preconizarem que se pratique uma agricultura eficiente e sustentável. Este estudo incide então como tema a questão da água, sendo este um fator limitante em algumas regiões, e ainda um fator de elevada importância na produção deste fruto.

A administração da rega mais adequada às necessidades hídricas é um dos fatores determinantes da boa gestão do pomar, tanto sob os aspetos económicos como ecológicos. Se, por um lado, interessa manter uma elevada disponibilidade de água para as plantas de modo a favorecer o seu crescimento, por outro, o consumo energético associado à rega e a eventual redução do tamanho do miolo da amêndoa devido a um excesso de stress hídrico, requerem um estudo balanceado de ambos os aspetos. A escolha de uma variável que permita quantificar direta ou indiretamente o estado hídrico das plantas, bem como a identificação de limiares a partir dos quais há um agravamento pertinente dos efeitos do stress hídrico é um tema habitual na engenharia da rega.

Sabe-se que a introdução de melhorias na condução da rega, quer em regime normal ou deficitário, passa por um rigoroso conhecimento das necessidades hídricas da cultura, utilizando-se para o efeito equipamentos de monitorização para medições do nível de humidade do solo e do estado hídrico da planta, através da medição do potencial hídrico foliar ou do caule.

Este estudo tem como objetivo:

- Avaliar a fenologia da cultivar Lauranne para a região da Capinha, Fundão;
- Avaliar a influência de três estratégias de rega sobre a produtividade e biometria e em particular no crescimento do fruto e embrião de um amendoal, superintensivo (*Super High Density* ou *SHD* ou sebe) da cultivar Lauranne;
- Avaliar o impacto das três estratégias de rega nos níveis do potencial hídrico na planta e conseqüentemente o nível de stress hídrico imposto.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 A cultura da amêndoa no mundo

Relativamente à produção mundial, destacam-se os Estados da América, Espanha e Austrália, como os três grandes produtores deste fruto. Desde 2014 até 2019, estes três países destacaram-se dos restantes, estando os Estados Unidos da América largamente diferenciado (Quadro 1). O aumento da produção ao longo dos anos é explicada pelo aumento da procura deste fruto.

**Quadro 1 - Produção de amêndoa (toneladas) dos 7 principais países produtores de amêndoa**

País	2014	2015	2016	2017	2018	2019
EUA	1 545 500	1 302 998	1 376 337	1 476 539	1 872 500	1 936 840
Espanha	195 704	211 084	199 167	255 503	339 033	340 420
Austrália	55 978	63 331	72 902	75 373	69 880	146 410
Marrocos	101 026	97 723	112 681	116 923	117 270	102 185
Irão	136 338	146 000	111 845	129 566	139 029	177 015
Itália	74 016	70 399	74 584	79 599	79 801	77 300
Turquia	73 230	80 000	85 000	90 000	100 000	150 000

Fonte: Beltrán et al., (2021)

### 2.2 A cultura da amêndoa em Portugal

Em 2020, segundo o INE, Portugal tinha uma área de 52344 hectares de amendoal e uma produção de 31610 toneladas (Quadro 2), o que corresponde, em relação à área e produção total de frutos secos em Portugal, a 47,7 % e 40 % respetivamente. Estes valores são o reflexo do peso que esta cultura tem vindo a conquistar ao longo do tempo. É possível observar um aumento da superfície de amendoal entre 2019 e 2020 de 2999 ha. O posicionamento da amêndoa enquanto alimento nutritivo e benéfico para a saúde, a introdução de novos hábitos de consumo e o preço da amêndoa pago ao produtor foram determinantes para esta evolução.

**Quadro 2 - Produção e superfície do amendoal em Portugal nos anos de 2019 e 2020**

Anos	Superfície		Produção	
	2019	2020	2019	2020
	ha		t	
Principais frutos de casca rija				
Amêndoa	49 345	52 344	32 299	31 610

Fonte: INE 2020

No Quadro 3, estão presentes a produção de amêndoa e a superfície de amendoal no ano de 2020 por NUTS II. É evidente que a distribuição desta cultura está mais centrada na região norte de Portugal, sendo que cerca de 48,9% da superfície de amêndoa fica nesta região correspondendo a 42,9% da produção. Seguindo-se o Alentejo como a segunda região com 34% da área total e 42,3% da produção total. Devido ao estabelecimento recente de aproveitamentos hidroagrícolas, incluindo a Barragem do Alqueva e sua albufeira no rio Guadiana, tem existido uma expansão considerável de plantações modernas nos últimos cinco anos. Esta expansão vai continuar, e o sector verá uma duplicação das plantações nas regiões do Alentejo, Beira e Ribatejo (Doll et al., 2021).

**Quadro 3 - Produção e superfície de amendoal por NUTS II em 2020**

NUTS II	Culturas	Amêndoa	
		Superfície	Produção
		ha	t
<b>Continente</b>		<b>52 344</b>	<b>31 610</b>
Norte		25 612	13 567
Centro		3 863	3 780
Área Metropolitana de Lisboa		53	12
Alentejo		17 803	13 386
Algarve		5 013	865

Fonte: INE 2020

### 2.3 Taxonomia e fenologia

A amendoeira, cientificamente designada por *Prunus dulci* (Mill.) D. A. Webb, é uma árvore da família das *Rosaceae* e do género *Prunus* (*Flora Europea* (*Euro+Med PlantBase*), n.d.).

Em relação à morfologia a amendoeira é uma árvore de folha caduca que pode atingir até 8-10 m de altura, no entanto em amendoais modernos, a amendoeira não passa dos 4 m de altura devido à utilização de porta-enxertos ananizantes. O porte da árvore depende do sistema de condução praticado e do porta-enxerto utilizado sendo que no sistema intensivo esta terá um porte maior em relação ao sistema superintensivo, também denominado em sebe (Pereira et al., 2009).

Em relação à fenologia, as plantas apresentam uma série de fenómenos biológicos periódicos ao longo do ano. Esses fenómenos estão estreitamente relacionados com a meteorologia, principalmente com as variações de temperatura durante o ciclo. As observações fenológicas são muito importantes para a tomada de decisão na gestão da cultura, como rega, tratamentos fitossanitários e colheita.

De modo a existir um registo e uma codificação uniforme dos estados fenológicos para todas as espécies herbáceas e lenhosas, foi criado em 1989 uma escala denominada BBCH (Meier et al., 2009). A escala BBCH é organizada em dez eventos fenológicos principais de crescimento, descritos usando os números de 0 a 9 em ordem crescente. Para cada evento fenológico principal, são descritos estados fenológicos secundários, também codificados usando os números de 0 a 9 (Figura 1). A anotação dos estados fenológicos secundários permite obter um histórico mais completo das fases de desenvolvimento da planta, visando uma análise mais pormenorizada de cada estado fenológico principal (Vallejo, 2014). Esta escala foi adaptada para a amendoeira por Sakar et al., (2019).

Para além da escala numérica pode ser usada ainda uma escala alfabética (Figura 1) este tipo de escala foi proposta por diferentes autores de acordo com as espécies ou determinados grupos de espécies, tornando-se assim mais simples visto que a escala é adaptada para cada espécie. Para a cultura da amêndoa, a mesma foi proposta por Felipe (1977).



**Figura 1 - Estados fenológicos da amendoeira, relativos à floração e ao desenvolvimento do fruto (Escala BBCH e Alfabética).**

Fonte: <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-frutales-y-fruticultura/almendro/285-almendro-estadios-fenologicos>

00-A: Gomo de inverno

01-B: Início do intumescimento do gomo

03-C: Fim do intumescimento e aparecimento das sépalas

55-D1: Abrolhamento

57-D3: Abertura das sépalas

60-E: Pétalas em “balão” – Estames visíveis

67-F: Plena Floração

69-G: Queda das pétalas

10-C1: Aparecimento das primeiras folhas

31-C2: Início do crescimento do ramo

72-H: Crescimento do ovário e separação das sépalas

75-I2: Fruto atinge 50% do seu tamanho final

81-J: Fruto atinge o seu tamanho definitivo

87-K: Descerramento do epicarpo

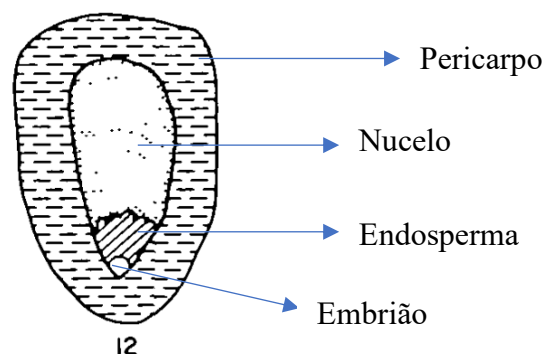
90-L: Separação do epicarpo e mesocarpo

Em relação às flores desta espécie estas são hermafroditas, embora nas variedades tradicionais sejam auto incompatíveis, o que implica nestas variedades a necessidade de recorrer a polinização cruzada. Em contrapartida, as variedades utilizadas recentemente são auto férteis, diminuindo-se assim a dependência do uso de polinizadoras. O fruto é uma drupa, apresentando endocarpo, mesocarpo e epicarpo.

## 2.4 Crescimento do fruto

No final da floração dá-se a queda das pétalas, os estiletos e os estames murcham e inicia-se o desenvolvimento dos frutos. Os frutos atingem praticamente o seu tamanho definitivo no final da primavera, cerca de 8 semanas após a floração (Martinez-Gomez et al., 2006). Na etapa seguinte, que antecede a maturação, completam-se os processos de diferenciação morfológica das várias partes que compõem o fruto, bem como a lenhificação do endocarpo, ao mesmo tempo que continua a acumulação de fotoassimilados na semente (fase do enchimento da semente). A maturação do fruto acontece cerca de 28 semanas após a floração, quando o mesocarpo desidrata e começa a sua abscisão.

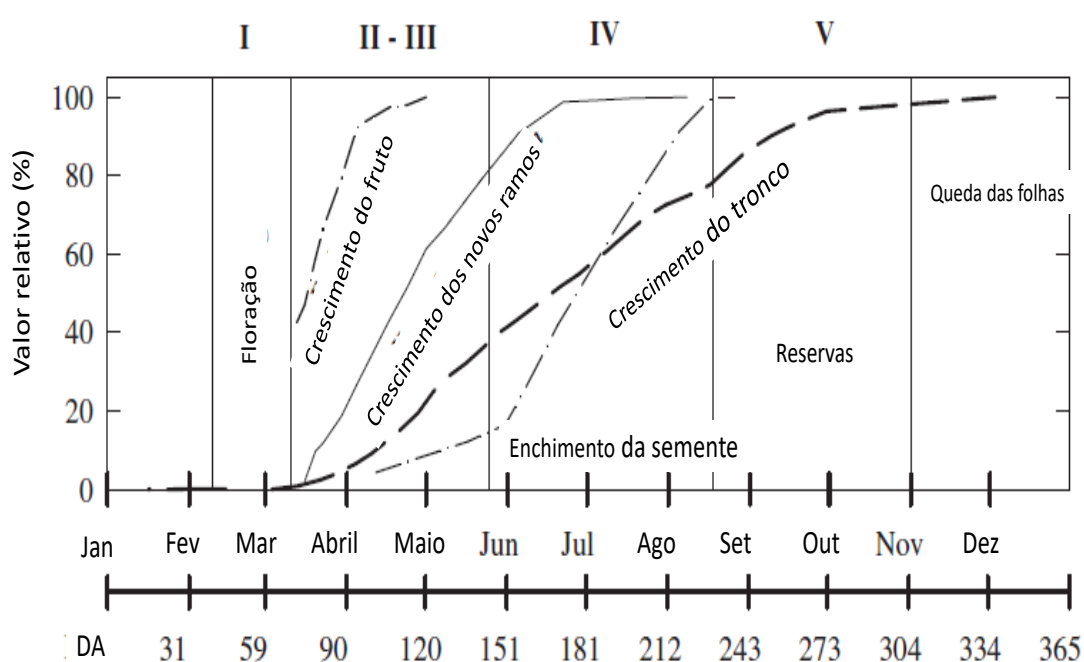
O espaço delimitado pelo pericarpo (epicarpo + mesocarpo + endocarpo) é preenchido pelo nucelo durante a fase de alargamento nas primeiras 10 a 12 semanas (Figura 2). Nas 6 semanas seguintes dá-se a proliferação do endosperma com um crescimento concomitante do embrião. Devido ao crescimento contínuo do embrião, nas semanas imediatas dá-se a diminuição do endosperma. O embrião atinge então o tamanho final cerca de 20 semanas após a floração (Hawker & Buttrose, 1980).



**Figura 2 - Diagrama representativo da amêndoa 12 semanas após a floração.**

Fonte: Hawker & Buttrose (1980)

A Figura 3 representa esquematicamente as fases de desenvolvimento (I – V) da árvore de *P. dulcis*. As curvas mostram os valores relativos cumulativos de crescimento do fruto, crescimento do ramo jovem e a acumulação de matéria seca do fruto (enchimento da semente), em relação ao seu máximo, para a cultivar cv. Marta em conforto hídrico no sul de Espanha, em função dos dias do ano. Neste esquema verifica-se por exemplo que a fase do enchimento da semente começa mais tarde relativamente ao crescimento do fruto (fase II e III). Outra observação importante é que existe concorrência pelos fotoassimilados entre o crescimento dos novos ramos (sobretudo na fase final), o enchimento da semente e o crescimento do tronco (fase IV).



**Figura 3 - Fases desenvolvimento (I – V) da árvore de *P. dulcis*. As curvas mostram os valores relativos cumulativos de crescimento do fruto, crescimento do ramo jovem e a acumulação de matéria seca do fruto (enchimento da semente), em relação ao seu máximo. Linhas verticais delimitam o início e o final de cada estágio de desenvolvimento. DA (dia do ano). Adaptado de Nortés et al., (2009).**

## 2.5 Variedade em estudo

A variedade ‘Lauranne’, também conhecida como ‘Lauranne® Avijor’ é uma variedade originária de França – INRA, que surgiu do cruzamento entre duas variedades, ‘Ferragnés’ e ‘Tuono’. Esta apresenta um vigor médio, floração tardia e é auto fértil, o que reduz perdas para geadas e ainda o risco de problemas associados à polinização. Tem

uma rápida entrada em produção e é pouco sensível ao *Fusicoccum*. A semente tem uma forma amigdalóide e tamanho intermédio. Esta variedade é muito produtiva e mantém uma produção mais ou menos constante ao longo dos anos (Fuster & Fuente, 2019).

Um estudo realizado em 2017 por Ignacio Valcárcel, em Tedelche, Helín (Albacete), citado em Fuster & Fuente, 2019 num amendoal superintensivo com dois anos e um compasso de 4 m x 1,5 m permitiu adquirir alguns dados produtivos referentes a diversas variedades de amêndoa, incluindo a 'Lauranne'. Os dados obtidos encontram-se no Quadro 4.

**Quadro 4 - Dados fenológicos e produtivos da variedade Lauranne**

<b>Variedade</b>	<b>Data Floração</b>	<b>Produção de Casca (kg/árvore)</b>	<b>Rendimento em semente (%)</b>	<b>Produção de semente (kg/ha)</b>
<b>Lauranne</b>	24 de fevereiro	2,51	33	1375

Fonte: (Fuster & Fuente, 2019)

Foi também determinada a data de colheita do fruto desta variedade, sendo que a mesma ocorreu aproximadamente a 31 de Agosto  $\pm$  1 dia.

Fonte: Castellví et al., (2007).

## **2.6 Porta-enxerto**

Denomina-se porta-enxerto o material vegetal que configura a componente subterrânea da árvore, onde será enxertada a variedade, que irá formar o tronco, ramos, folhas, flores e frutos. Mediante a diversidade de porta-enxertos que atualmente se dispõe para a cultura da amendoeira e enquanto se aguardam mais resultados da investigação, são recomendados os híbridos pessegueiro x amendoeira, dado o bom comportamento agronómico que apresentam para as condições mediterrâneas. Todavia, como em qualquer fruteira enxertada, a eleição do porta-enxerto é uma das decisões mais difíceis que o fruticultor tem que tomar aquando da implantação do amendoal, pois vários fatores influenciam essa decisão, nomeadamente o sistema cultural (sequeiro ou regadio), o controlo de vigor em função do grau de intensificação cultural e a adaptabilidade às condições do meio. (Sousa, 2020)

## **2.7 Requisitos edafoclimáticos**

Os fatores climáticos que mais influenciam a adaptação e produtividade da cultura são a temperatura, precipitação, humidade relativa e o vento.

### **2.7.1 Temperatura**

A amendoeira, tem um intervalo ótimo de temperatura para a atividade fotossintética situando-se entre 25-30 °C, existindo uma forte redução com temperaturas abaixo de 15 °C ou acima de 35 °C (Arquero et al., 2013). Para que se dê início ao período vegetativo e para que ocorra uma floração adequada, a amendoeira necessita de horas de frio. As necessidades de frio desta cultura variam entre as 200 e as 500 horas de temperaturas acumuladas abaixo de 7,2 °C (Rodrigues, 2017).

### **2.7.2 Precipitação**

A cultura da amêndoa adapta-se bem ao sistema de cultivo de sequeiro, necessitando entre 300 mm a 600 mm de pluviosidade por ano. No clima mediterrâneo, a distribuição da precipitação não é homogênea, existindo meses do ano de elevado déficit hídrico. Assim sendo, as produções desta cultura beneficiam largamente com a implementação de um sistema de rega (AJAP, 2017).

### **2.7.3 Humidade relativa**

Valores muito baixos de humidade relativa induzem o fecho estomático, afetando negativamente a atividade vegetativa e reprodutiva. Acresce que as principais doenças originadas por fungos que atingem a cultura da amêndoa desenvolvem-se em tempo húmido (Arquero et al., 2007).

### **2.7.4 Vento**

O vento forte tem uma série de efeitos negativos para a cultura da amêndoa, tais como: aumento da taxa de transpiração, contribuindo para o aumento do stress hídrico; dificuldade na condução das árvores; diminuição da atividade das abelhas, contribuindo para uma polinização mais deficiente; danos físicos nas árvores, incluindo queda de flores, de frutos e quebra de ramos (Arquero et al., 2013).

### 2.7.5 Solos

Os solos muito pesados e pouco profundos são prejudiciais devido à facilidade existente na ocorrência de encharcamentos pois a amendoeira é uma árvore sensível à asfixia radicular. Para mitigar este problema é aconselhável o uso de camalhões, de modo a aumentar o volume de solo explorado pelas raízes e ainda evitar a acumulação de água junto à zona radicular. Assim, os solos franco-arenosos são os mais favoráveis para as árvores desta espécie (AJAP, 2017).

### 2.8 Sistema de Condução

A amendoeira tem tido grande expansão nos últimos anos com o aparecimento de novas plantações de norte a sul do país, com a intensificação do sistema produtivo, o aumento da área regada, o uso de variedades auto férteis, de floração mais tardia, mais produtivas, mas com necessidade de maiores cuidados culturais. Todos os fatores de produção têm um impacto ao nível da produtividade e o sistema de condução não é exceção.

No Algarve e em Trás-os-Montes, apesar da recente instalação de amendoais com compassos mais apertados, do recurso a sistemas de regadio e do uso de variedades auto férteis e de floração tardia, a grande maioria dos pomares continuam a ser pomares tradicionais. Os amendoais tradicionais são constituídos por várias espécies consociadas, de baixa densidade e maioritariamente de sequeiro. A dependência de precipitação, o compasso exageradamente largo e a reduzida mecanização resultam numa falta de rentabilidade, levando este sistema de produção ao desuso (CNCFS, 2019).

Mais recentemente no Alentejo, na Beira Baixa e na Beira Alta, os sistemas de condução mais utilizados são o sistema intensivo e o sistema superintensivo, sendo a quase totalidade dos amendoais de regadio. O sistema intensivo é caracterizado por ter compassos de plantação largos, sendo os compassos de 6 m x 4 m, 7 m x 6 m e 7 m x 5 m os mais utilizados. Devido ao elevado volume de copa de cada árvore, existem algumas zonas improdutivas no seu interior. No entanto, e de acordo com um estudo efetuado por Casanova-Gascón et al., (2019), em que se comparou a interceção de luz (PAR) como percentagem de luz disponível acima da copa em dois sistemas de condução, intensivo (*open vase*) e em sebe (*SHD*) durante 3 datas (21 de junho, 25 de julho e 31 de agosto) e ao longo do dia (Figura 4), verificou-se que, em média, no sistema em vaso a interceção da luz é mais elevada, em média 73,5%, devido a uma copa maior e tridimensional. Estes

amendoais são tendencialmente regados utilizando sistemas com duas linhas de rega gota-a-gota sob pressão com dotações de rega variando de 4500 a 8000 m<sup>3</sup>/ha. Uma vez que é utilizada bastante água, são utilizados porta-enxertos mais vigorosos, como 'GF677,' 'GARNEM' e 'RootPac-R' (Doll et al., 2021). As produções de amêndoa com casca por hectare podem chegar aos 9500 kg, tornando estes sistemas muito rentáveis apesar da maior despesa inerente à colheita com recurso a vibradores de tronco e às podas manuais (Figura 5).

O sistema superintensivo (*Super High Density* ou *SHD* ou *sebe*), é um sistema na sua maioria mecanizado, em que as árvores estão dispostas segundo um compasso muito apertado, mais recentemente 3 m x 1,25 m. Estes amendoais utilizam porta-enxertos ananícantes, que incluem 'Root-Pac-20' e 'Root-Pac-40'. As árvores são regadas utilizando sistemas pressurizados gota-a-gota de linha simples ou dupla, com dotações de rega de 4.500 a 6.000 m<sup>3</sup>/ha (Doll et al., 2021). Os pomares iniciam a sua produção efetiva ao 3º ano e com cerca de 5 anos têm produções de 1.800 kg de miolo por hectare, já a produção de amêndoa com casca atinge um pouco mais que 4.000 kg por hectare (Figura 5). O sistema superintensivo permite ainda mitigar o padrão de produção alternante das amendoeiras, e assim obter produções mais homogêneas temporalmente. A forma de condução das árvores deste sistema resulta numa baixa interceção da radiação por parte da copa, cerca de 54,4% devido à sua forma bidimensional e vertical (Figura 4).

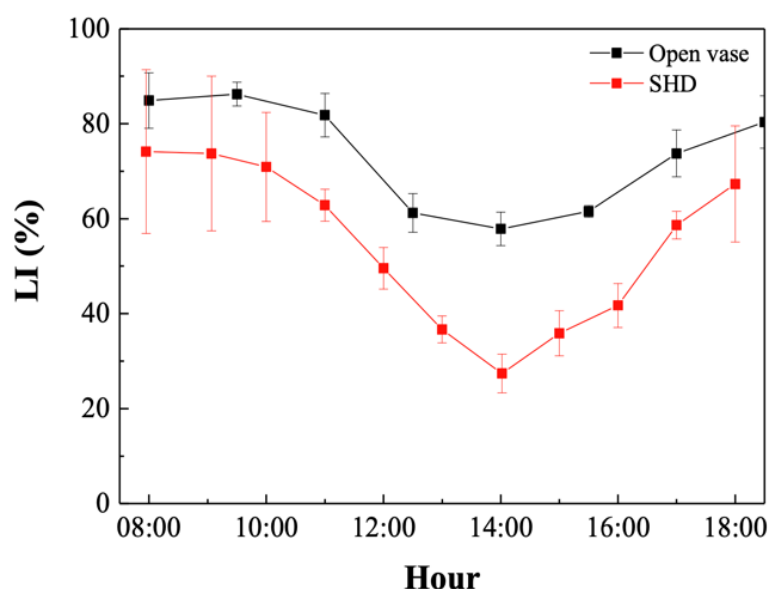
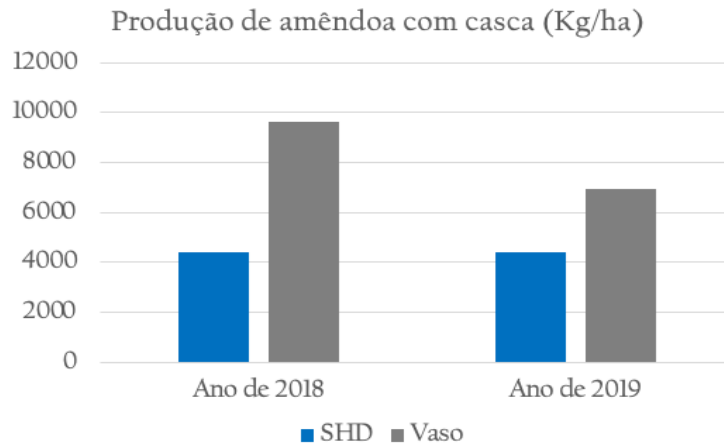


Figura 4 - Interceção da radiação por parte da copa nas diferentes horas do dia e em sistemas de condução *open vase* - vaso e SHD em sebe. *LI Light interception*.

Fonte: Casanova-Gascón et al., (2019)



**Figura 5 - Produção de amêndoa com casca (kg/ha) no ano de 2018 e 2019**

Fonte: Casanova-Gascón et al., (2019)

## 2.9 Condução da Água na Cultura da Amêndoa

Para uma rega eficiente e de precisão é necessário regar cada planta com a quantidade ideal de água e no momento certo (Smith & Baillie, 2009). Para tal, é necessário existir uma combinação ótima entre o sistema de rega, a estratégia de rega, e o calendário de rega. Usualmente, as regas mais precisas e eficientes estão associadas a estratégias de défice hídrico devido à facilidade existente em aumentar o valor da relação produção / m<sup>3</sup> de água (Fernández, 2017).

### 2.9.1 Necessidades hídricas da cultura e necessidades de rega

A amendoeira, embora capaz de produzir em condições de sequeiro, responde com grande aumento de produção à aplicação da rega. Em sequeiro, nas condições do clima mediterrânico, as produções máximas de miolo por hectare não ultrapassam os 300 quilos (Neves, 2015). Em termos de rendimento e qualidade, a rega é considerada o principal fator limitante para a amêndoa. Allen et al., 2006, estimaram que as necessidades de água desta cultura para as condições climáticas da Califórnia, semelhantes às existentes em algumas zonas da Península Ibérica, oscilam entre 9.000 e 13.500 m<sup>3</sup>/ha, dependendo da densidade de plantação, porta-enxerto, sistema de condução, entre outros fatores. Recentemente, López-López et al., (2018) definiram os volumes máximos de rega para amêndoas nas condições climáticas do sul da Espanha perto de 8.000 m<sup>3</sup>/ha. Os volumes de rega são calculados através da evapotranspiração cultural, descontando-se os inputs como a precipitação.

## 2.9.2 Estratégias de déficit hídrico

Segundo Fernández (2017), existem diferentes estratégias de rega que podem ser utilizadas tais como:

- Rega deficitária suplementar ou complementar – Consiste na realização de uma rega quando o limite previamente definido para o stress hídrico é alcançado. São apenas realizadas 2 ou 3 regas na época de rega. Este método é muito utilizado quando existe uma elevada escassez de água ou em regiões temperadas com baixas taxas de evapotranspiração ou alta pluviosidade, pois pode levar a aumentos substanciais no desempenho da cultura, em comparação com sistemas de sequeiro.

- Rega deficitária de baixa frequência – Quando a quantidade de água no solo é inferior à RFU (reserva facilmente utilizável) realiza-se uma rega com o objetivo de perfazer a capacidade de campo.

- Rega deficitária contínua (SDI) – Uma fração fixa das necessidades de água da cultura é aplicada em toda a época de rega. A frequência de realização de regas pode variar entre 2-4 vezes por semana ou diariamente.

- Rega parcial da zona radicular (PRD) – Semelhante ao método SDI, mas a água é aplicada em apenas metade da zona radicular, alternando-se a cada 2-3 semanas.

- Rega deficitária controlada (RDI) – As quantidades de rega são iguais ou próximas às necessidades de água da cultura durante várias fases do ciclo vegetativo. A rega nesses períodos é aplicada diariamente, ou pelo menos várias vezes por semana. Para o resto do ciclo da cultura, a rega é reduzida (não só a quantidade é reduzida, mas também a frequência) (Egea et al., 2013).

## 2.9.3 Déficit hídrico na amendoeira

A redução da água disponível no solo para a planta influencia negativamente o seu crescimento e desenvolvimento. Sendo que a utilização de variedades de amendoeira e porta enxertos distintos têm respostas diferentes quando submetidas à mesma estratégia de déficit hídrico (Gutiérrez et al., 2019).

Devido às elevadas necessidades hídricas da amendoeira, Gutiérrez et al., (2019) propuseram a redução da quantidade de água aplicada por hectare, utilizando estratégias

de déficit hídrico onde a água aplicada foi de 75% e 65% das necessidades da cultura. Sendo registada uma diminuição de aproximadamente 150 quilos de amêndoa por ha em relação ao sistema de controlo cujas dotações fornecidas tinham como objetivo satisfazer todas as necessidades hídricas da cultura.

#### **2.9.4 Equipamentos de monitorização para apoio à condução da rega**

Para realizar uma rega deficitária com precisão, é necessário monitorizar a reação da planta e, consoante a resposta obtida, adequar os níveis de stresse hídrico. Os equipamentos de monitorização para apoio à condução da rega podem ser instalados na planta ou no solo e devem fornecer informações sobre as quantidades de água a aplicar, o momento certo para regar e ainda permitir o diagnóstico correto dos níveis de stress aplicados (Mendes et al., 2014). Quando instalados no solo, possibilitam o conhecimento da dinâmica da água e como esta se distribui, assim que aplicada, e ainda a sua extração pelo sistema radicular da planta. Estes equipamentos não medem diretamente o teor de humidade no solo, mas sim a resposta à variação da constante dielétrica. Os aparelhos mais utilizados são os do tipo “EnviroSCAN”. Os sensores do sistema “EnviroSCAN” utilizam a capacitância elétrica para medir a humidade do solo. É criado um campo elétrico de alta frequência à volta de cada sensor e que se estende através do tubo de acesso no solo. Os valores obtidos são guardados no logger da sonda e transmitidos por via GSM ou rádio para uma plataforma de gestão de dados. Estes equipamentos permitem assim monitorizar de forma contínua a quantidade de água no solo a diferentes profundidades.

Quando instalados na planta, proporcionam uma medição indireta do estado hídrico desta. Sendo os métodos mais utilizados a medição do potencial hídrico foliar ou do caule e a condutância estomática, respetivamente.

O potencial hídrico foliar ( $\Psi_l$ ) e do caule ( $\Psi_{stem}$ ) podem ser medidos a qualquer hora do dia, sendo as observações mais comuns realizadas ao meio-dia solar. O termo “meio-dia” refere-se à hora do dia em que os valores mínimos de  $\Psi_l$  ou  $\Psi_{stem}$  são registados. Para a medição de  $\Psi_l$ , são escolhidas folhas jovens e bem desenvolvidas em locais externos e expostos da copa. Em plantas com copas altas, as folhas são geralmente selecionadas a cerca de 1,4-1,7 m acima do solo (Fernández, 2017). Para  $\Psi_{stem}$ , são selecionadas folhas individuais ou pontas dos rebentos da parte interna da copa, perto do tronco ou de um ramo principal, são embrulhadas em papel alumínio ou envoltas em sacos plásticos de

alumínio cerca de 1–2 h antes da medição, para evitar a transpiração (Ortuño et al., 2006). Assim, o potencial hídrico dessas folhas torna-se semelhante ao do xilema do caule nas proximidades da folha.

O estudo realizado por Garnier & Berger (1985) foi pioneiro na avaliação do potencial hídrico pois foi o primeiro a reportar que o potencial hídrico do caule é um indicador muito mais estável do estado hídrico das árvores do que o potencial hídrico foliar. Anos mais tarde o mesmo foi comprovado por McCutchan & Shackel (1992).

Para a medição do potencial hídrico é utilizada uma câmara de pressão do tipo Scholander (Fulton et al., 2014). Estas câmaras têm como função aplicar pressão a uma folha, onde a maior parte da folha está dentro da câmara, mas uma pequena parte do pecíolo está exposta do lado de fora através de um pequeno orifício. A pressão necessária para fazer com que a água apareça na superfície de corte do pecíolo informa a tensão: um alto valor de pressão significa um alto valor de tensão e um elevado grau de stress hídrico. Sendo os valores observados negativos, visto que é uma tensão que está a ser medida. Estes valores estão dependentes da cultivar em estudo e do porta-enxerto, do conteúdo de água no solo e ainda das condições atmosféricas. Para a cultura da amêndoa em geral, não é comum a observação de valores de 0 bar a -6.0 bar para o potencial hídrico. Sendo que esta se encontra em conforto hídrico quando são registados valores presentes no intervalo de -6.0 bar a -10 bar. Já os valores de stress muito elevado variam entre -20 bar e -30 bar, afetando já determinadas funções fisiológicas da árvore (Fulton et al., 2014).

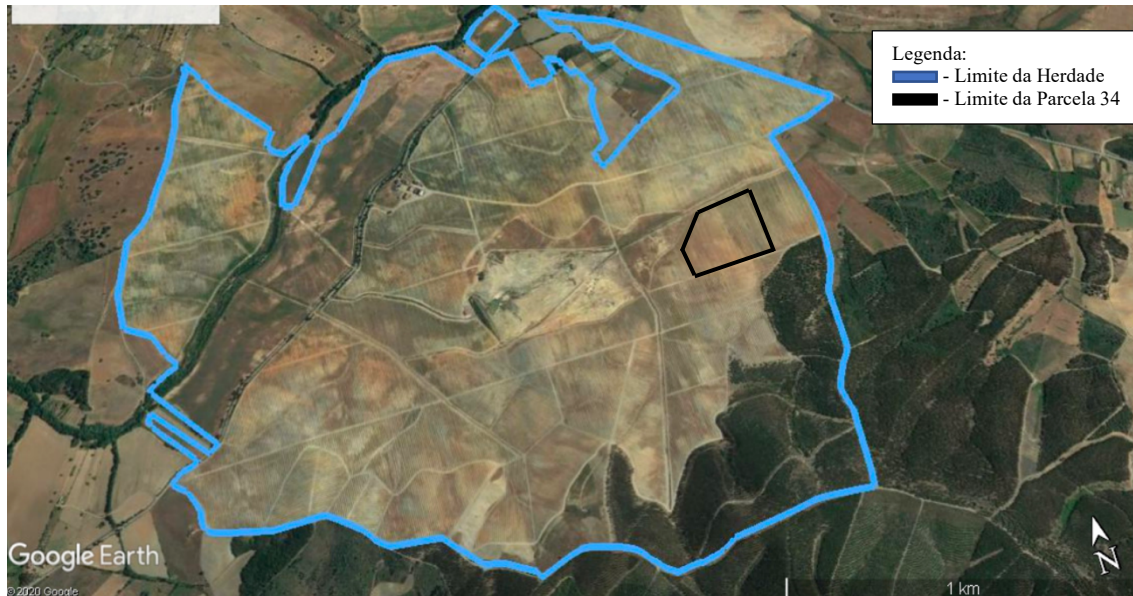
### **3 Materiais e Métodos**

#### **3.1 Caracterização da exploração**

##### **3.1.1 Local experimental e caracterização da parcela**

Para a elaboração deste estudo os ensaios realizados tomaram lugar na parcela 34 da Herdade do Carvalhal do grupo Veracruz, localizada no Fundão, no distrito de Castelo Branco (Figura 6). Esta exploração tem uma área total de 330 ha e uma área plantada de 267,18 ha. Os sistemas de condução presentes dividem-se entre sistema de Super Alta Densidade (*SHD*) e Alta Densidade (Intensivo) abrangendo as variedades Soleta, Lauranne e Penta, Isabelona, respetivamente.

A variedade presente na parcela 34 é a ‘Lauranne’, enxertada em RootPAC-20. As árvores desta parcela foram plantadas em setembro de 2018, segundo um compasso de 3 x 1,25 m perfazendo um total de 2.666 árvores por hectare.



**Figura 6 - Limite da Herdade do Carvalho e da parcela 34**

### **3.1.2 Características do solo**

Para o estudo do solo foram abertos 20 perfis na herdade, sendo que o perfil mais próximo da parcela em estudo (parcela 34) é o perfil 17 (Figura 7). No quadro 5 encontram-se os parâmetros associados a este perfil. É possível verificar que este tipo de solo tem um teor de matéria orgânica (MO) muito baixo, um valor de condutividade elétrica muito alto, e um pH ligeiramente ácido. Em relação aos macronutrientes principais, o nível de azoto está nos parâmetros normais, por outro lado os níveis de fósforo e potássio encontram-se muito abaixo dos parâmetros normais. Todos estes parâmetros apresentados irão influenciar a produtividade e o desenvolvimento da cultura instalada.



**Figura 7 - Perfil de Solo nº17**

**Parâmetros**

Areia (%)	24
Argila (%)	39
Limo (%)	37
pH (25O 1:5)	5.50
CE (mS/m)	458
N(mg/kg)	1460
P2O5(mg/kg) (Olsen)	5,00
K2O(meq/100 g)	0,04
MO	0,54
Ca (meq/100 g)	0,62
Mg (meq/100 g)	1,15
Fe (mg/kg)	47,9
Mn (mg/kg)	0,81
Cu (mg/kg)	3,47
Zinco (mg/kg)	1,34
Al (mg/kg)	124
B (mg/kg)	0,20
Sódio (meq/100 g)	0,93
Calcário ativo	0,10
Carbonatos	0,10
Relação Ca/C g	0,54
Relação K/Mg	0,04
Relação C/N	2,16

**Quadro 5 - Parâmetros do perfil 17**

### 3.1.3 Características climáticas da região

O Fundão está situado a cerca de 498 m acima do nível do mar. O clima é temperado com verão quente e seco. De acordo com Köppen e Geiger o clima é classificado como Csa. A temperatura média anual é 14,4 °C e a pluviosidade média anual 991 mm.

Na região de estudo, a média de horas de frio acumuladas entre 1 de Outubro de 2020 e 1 de Abril 2021 foi de 765 h, sendo este valor suficiente para suprir as necessidades fisiológicas da amendoeira (IPMA, 2021).

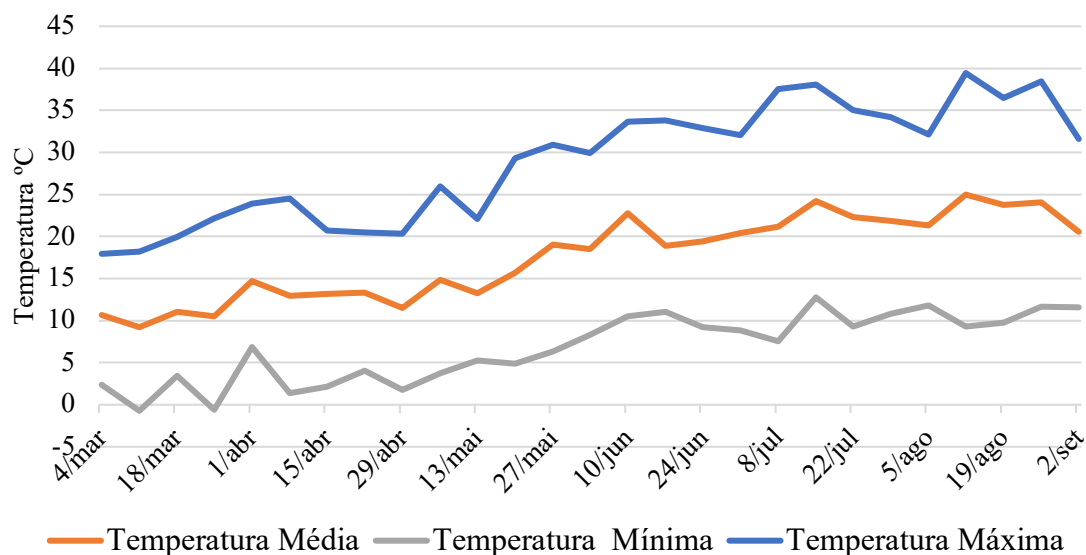
### 3.1.3.1 Dados meteorológicos

A análise dos dados climáticos é reportada ao intervalo em que se efetuaram trabalhos experimentais nas parcelas, ou seja, no período de 1 de março a 4 de setembro com base nos dados da estação meteorológica que a Herdade possui (Figura 8).



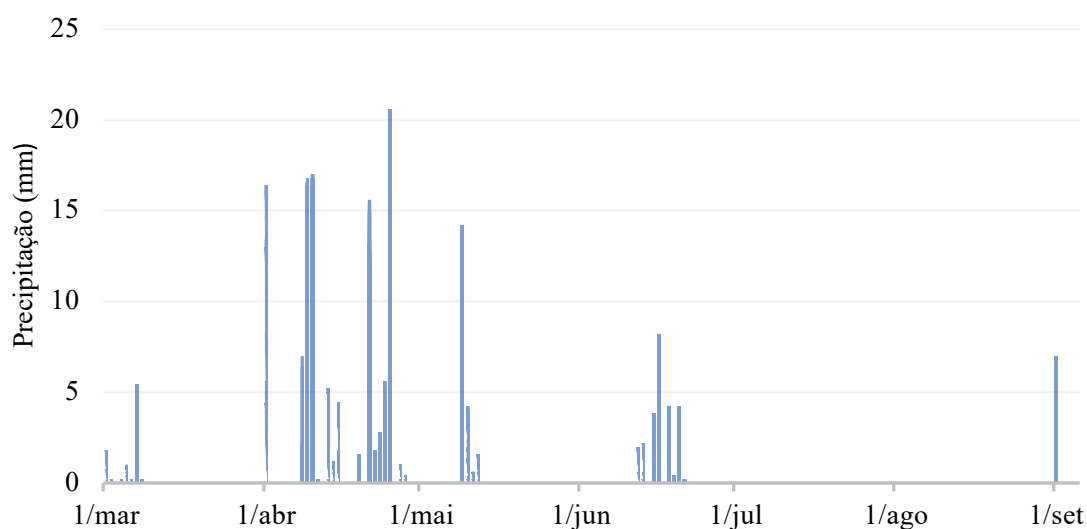
**Figura 8 - Estação meteorológica da Herdade do Carvalhal**

Relativamente a temperaturas do ar estas foram monitorizadas pois as mesmas estão relacionadas tanto com o potencial hídrico, como com a condutância estomática, podendo deste modo, altas temperaturas provocar, normalmente, uma diminuição dos valores de potencial hídrico e da condutância estomática. Na figura 9, verificam-se algumas oscilações nos valores máximos e mínimos de temperatura ao longo da série. No dia 13/08/2021 e 14/08/21 foi registado o valor mais alto de temperatura máxima, 39,4 °C, o valor mínimo registado foi de -0,7 °C no dia 10/03/2021.



**Figura 9 - Temperaturas registadas na estação meteorológica da herdade**

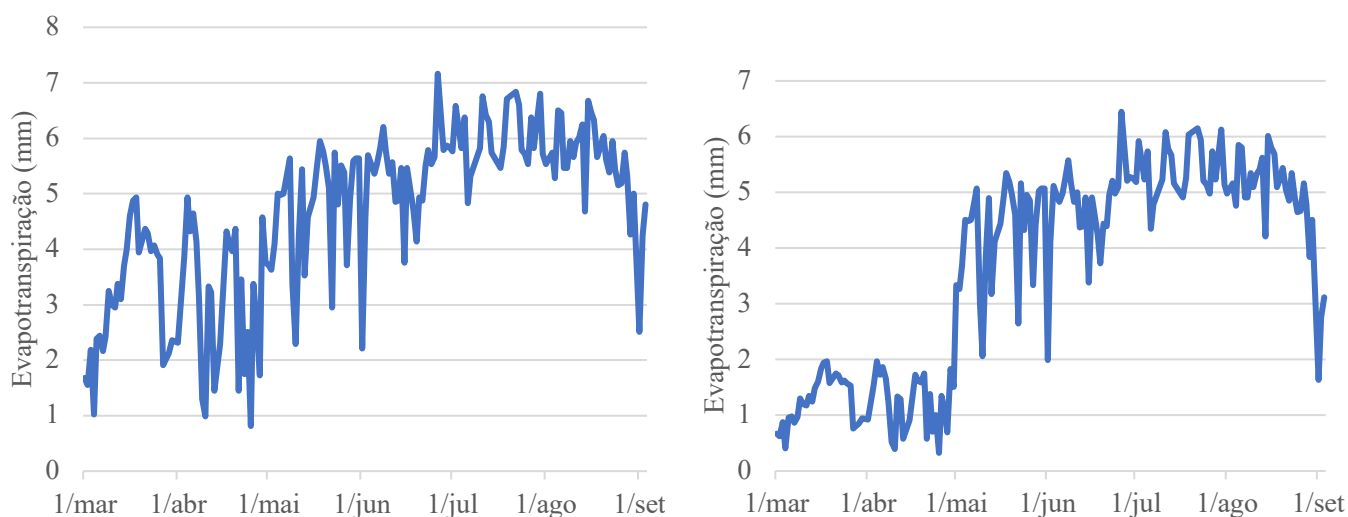
A disponibilidade de água torna-se muita das vezes um fator limitante, podendo ocasionar perturbações fisiológicas, morfológicas e influenciar a produção e desenvolvimento das plantas por controlar a abertura dos estomas, influenciando tanto o potencial hídrico como a condutância estomática sendo que a ocorrência de precipitação considerável conduz ao aumento dos mesmos. Daí a importância de analisar a precipitação ocorrida no local experimental. De acordo com o pluviograma da figura 10, o maior valor de precipitação, 20,6 mm, foi registado no dia 25/04/2021 e desde 1 de Março até 4 de Setembro foi registado um total de 178,2 mm de água proveniente da chuva.



**Figura 10 - Pluviograma relativo a 2021, Dados da estação meteorológica da herdade**

A evapotranspiração é o processo combinado de evaporação a partir da superfície do solo e dos seres vivos (nomeadamente as plantas) e de transpiração através da superfície dos seres vivos. A abertura dos estomas funciona então como reguladora da evapotranspiração, reduzindo-se quer em condições de excessiva evapotranspiração, quer em condições de limitação da humidade do solo (Rodrigues, 2012).

De acordo com a figura 11 B o valor mais alto de evapotranspiração cultural, 6,5 mm, foi registado no dia 26/06/2021, o valor mais baixo foi de 0,352 mm, valor coincidente com o dia em que foi registado o maior valor de precipitação, dia 25/04/2021. Uma observação minuciosa dos gráficos presentes na figura 11 permite ainda asseverar que o baixo valor de evapotranspiração cultural registado no dia 25/04/2021 é coincidente com uma altura do ano em que se registaram baixas temperaturas (última quinzena de abril).



**Figura 11 – (A) Gráfico da evapotranspiração de referência diária; (B) Gráfico da evapotranspiração cultural diária**

### 3.1.4 Sistema de rega

Os laterais de rega, são constituídos por tubo PEBD PN4 de 20 mm, com gotejadores integrados, distanciados entre si 0,75 m. No dimensionamento considerou-se o funcionamento em compensação entre 1,0 bar e 3,5 bar, para um caudal por gotejador de 1,6 l/h.

## 3.2 Delineamento experimental

### 3.2.1 Divisão da parcela em setores

De modo a realizar um estudo mais coerente e correto os setores utilizados para a execução do mesmo foram selecionados de modo contíguo, a partir da parcela 34, para não existirem discrepâncias no solo, e outros fatores abióticos. A representação geográfica dos setores está representada na figura 12. Assim, foram atribuídas as denominações de “Setor A”, “Setor B” e “Setor C”. Em ambos os setores as linhas estão orientadas N-S.



**Figura 12 - Setores em estudo**

O setor A tem uma área de 1,9 hectares, um total de 5066 árvores e um caudal de 13,51  $\text{m}^3/\text{h}$ , o setor B tem 1,93 hectares, um total de 5.133 árvores e um caudal de 13,69  $\text{m}^3/\text{h}$ , e o setor C tem uma área de 1,61 hectares, um total de 4.280 árvores e um caudal de 11,41  $\text{m}^3/\text{h}$ . Para a medição da área de cada setor recorreu-se ao uso de um odómetro de roda como representado na figura 13.



**Figura 13 - Medição da área com um odómetro de roda**

### **3.2.2 Calendário da rega dos setores em estudo**

No “Setor B” a água aplicada foi de modo a satisfazer 100% das necessidades da cultura, valor estimado através da evapotranspiração cultural. Enquanto o “Setor A” foi gerido através de uma estratégia de rega deficitária regulada (RDI), sendo então aplicadas quantidades de água em torno de 100% das necessidades da cultura excepto para a fase IV do desenvolvimento da amendoeira correspondente ao início do endurecimento da casca (Nortes *et al.*, 2009) em que as dotações aplicadas foram de modo a perfazer cerca de 70% das necessidades da cultura até ao fim do ciclo da mesma. O “Setor C” foi gerido através de uma estratégia de rega deficitária sustentada (SDI), onde uma fração fixa das necessidades de água da cultura foi aplicada durante todo o seu ciclo, cerca de 70%. As quantidades de água aplicadas em cada setor serão discriminadas no seguimento do trabalho, sendo estas de total responsabilidade da empresa.

### **3.2.3 Fenologia**

A demarcação dos estados fenológicos foi baseada na escala alfabética adaptada por Felipe 1977 para a amendoeira. Para tal, foram seleccionadas 6 árvores consecutivas no Setor A, onde de 7 em 7 dias foi registada todas as alterações nos estados fenológicos. Este registo iniciou-se a partir do dia 22/02/2021.

### 3.2.4 Floração e vingamento

Para a variedade em estudo foi determinada a percentagem de vingamento dos frutos. Para isso, foram assinaladas 6 árvores, semelhantes em volume, em cada um dos setores de rega, em 3 linhas diferentes e em grupos de duas árvores. No dia 01/03/2021, em cada árvore foram marcados 4 ramos, entre os 60 cm e 80 cm, segundo os quatro pontos cardeais (N, S, E, W)<sub>2</sub> e procedeu-se à contagem do número de flores por ramo. Após o vingamento, foi contado o número de frutos presentes nos mesmos ramos onde a floração foi avaliada, sendo assim possível determinar a percentagem de vingamento existente. Posteriormente, no dia 30/08/2021, o total de frutos em cada ramo foi determinado mais uma vez, devido à possibilidade de ocorrer uma queda natural dos frutos.

Foram medidos ainda os comprimentos e os diâmetros dos 4 ramos marcados (Figura 14). Estas medições têm como objetivo determinar a área seccional dos ramos e ainda o crescimento dos ramos produtivos.



**Figura 14 - (A) Medição do comprimento do ramo produtivo; (B) Medição do diâmetro do ramo produtivo. Dia 8/03/2021**

### 3.2.5 Crescimento vegetativo

Para determinar o crescimento vegetativo foram seleccionados ao acaso ramos do ano, num total de 20 novos ramos por árvore, nas mesmas árvores utilizadas para determinar a floração e vingamento (6 árvores por setor). De 7 em 7 dias procedeu-se à medição do

comprimento dos novos ramos, iniciando-se esta monitorização no dia 19/04/2021 tendo por término o dia 28/06/2021.

### 3.2.6 Área seccional do tronco

Para a determinação do crescimento do tronco foram realizadas medições em 8 de março e 30 agosto 2021. A área seccional do tronco foi determinada através do valor do diâmetro, valor obtido com recurso a uma craveira. De modo a adquirir valores equiparáveis todas as medições foram efetuadas 20 cm acima da enxertia. Como o tronco da árvore não representa um círculo perfeito foram realizadas duas medições perpendiculares, como representado na Figura 15 e posteriormente feita a média. A área seccional do tronco irá permitir avaliar o crescimento e ainda a eficiência produtiva.



Figura 15 - Medição do diâmetro do tronco em diferentes posições

A área seccional do tronco foi então obtida pela seguinte equação:

$$\text{Área seccional do tronco (cm}^2\text{)} = \pi \times \left(\frac{D}{2} \times 0,1\right)^2$$

Onde D é o diâmetro do tronco em milímetros.

### 3.2.7 Volume da copa

Também nas 6 árvores por setor utilizadas anteriormente, distribuídas por 3 linhas e agrupadas duas a duas, foram feitas 4 medições a 4 de setembro de 2021: altura da sebe

constituída pelas duas árvores, largura da sebe, distância do solo aos ramos e comprimento das duas árvores consecutivas (Figura 16). O volume de copa da sebe constituída pelas duas árvores consecutivas foi então obtido pela seguinte equação:

$$\text{Volume da copa (m}^3\text{)} = (h - t) \times w \times c$$

Sendo que  $h$  representa a altura da copa,  $t$  é a altura acima do nível do solo mantida livre de folhagem,  $w$  é a largura da sebe medida à altura do peito e  $c$  o comprimento da sebe constituída pela copa das duas árvores consecutivas.



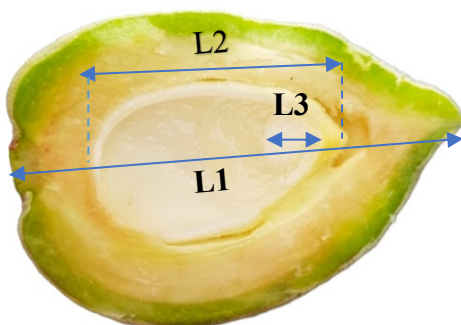
**Figura 16 - Medição da altura das árvores**

### **3.2.8 Crescimento do fruto**

O crescimento do fruto foi avaliado entre 30 de Março de 2021 e 12 de Julho de 2021. Após o vingamento dos frutos foram recolhidas aleatoriamente 30 amêndoas de 7 em 7 dias, em cada um dos setores de rega, nas árvores previamente destinadas a testes destrutivos (10 árvores em cada esquema de rega).

Depois de recolhidos os frutos, estes foram cortados longitudinalmente e foram mensurados três comprimentos diferentes, como representado na figura 17. Atribuindo-

se a denominação de: L1- comprimento total do fruto; L2- comprimento do nucelo; L3- comprimento do embrião (Figura 17).



**Figura 17 - Medições efetuadas L1- comprimento total do fruto; L2- comprimento do nucelo; L3- comprimento do embrião**

### **3.2.9 Peso fresco e peso seco do grão**

Data: 30 de Março de 2021 até 12 de Julho de 2021

Nas mesmas 30 amêndoas recolhidas para cada esquema de rega, depois de mensurados todos os comprimentos, foi retirada a semente e pesada em fresco com uma balança Kern 572 (*Germany*). De seguida foram colocadas numa estufa Memmert 600 (*Germany*), na qual estiveram a secar durante 48 h a uma temperatura de aproximadamente 60 °C, de modo a obter o peso seco.

### **3.2.10 Endurecimento do endocarpo**

A data correspondente ao endurecimento da casca coincidiu com o dia em que para medir os crescimentos do fruto não foi possível efetuar o corte com uma faca ou tesoura de poda. Registrando-se assim esse dia como a data de endurecimento da casca.

### **3.2.11 Maturação**

A data de maturação foi determinada visualmente, tendo-se como critério para deliberação da mesma o facto de 75% das amêndoas terem o pericarpo aberto.

### **3.2.12 Produção**

Para estimar a produção total de amêndoa, foram colhidas e pesadas todas as amêndoas das 6 árvores marcadas em cada setor e determinada a percentagem de humidade no

momento da colheita (3.2.12.1). De seguida foram seleccionadas 100 amêndoas de cada setor e procedeu-se à pesagem do seu mesocarpo, endocarpo e semente. De modo a determinar o peso constante dos diferentes componentes da amêndoa, estes foram colocados numa estufa durante aproximadamente 48 h a uma temperatura de 60 °C. A determinação do peso dos diferentes componentes da amêndoa permitiu determinar a percentagem de cada um no peso total de amêndoa.

### 3.2.12.1 Humidade

A humidade da amêndoa no momento de colheita foi determinada sobre uma amostra de semente proveniente de 1,4 kg de amêndoa (semente + endocarpo). O medidor de humidade utilizado está representado na figura 18. O aparelho miniGAC da marca DICKEY-john tem um erro associado a cada medição de 0,1% de humidade.



Figura 18 - Medidor de humidade

### 3.2.13 Potencial hídrico da cultura

Para a monitorização do estado hídrico das plantas foram realizadas medições do potencial hídrico das folhas recorrendo a uma câmara de pressão *PMS Instruments*, modelo *Pump-up Pressure Chamber*. As medições realizadas foram efetuadas a meio do dia, valor correspondente a aproximadamente 2 h a 4 h depois do meio dia solar, isto porque os valores mínimos de potencial hídrico são registados neste intervalo horário (Fernández, 2017). Para além das medições terem sido realizadas no intervalo

mencionado, foi necessário escolher criteriosamente as folhas a monitorizar, optando-se assim por folhas localizadas no interior da copa, de modo a aproximar o potencial hídrico foliar do potencial no xilema dos ramos, próximas do tronco e à altura de 1,4 m a 1,7 m acima do solo de modo a realizar medições homogêneas em todas as árvores. Foram então selecionadas 3 árvores por setor de rega e 1 folha por árvore. De seguida, cada folha selecionada foi envolvida por um saco de alumínio (Figura 19 A), no mínimo durante 15 min, de forma a evitar existência de transpiração. Assim, o potencial hídrico dessas folhas torna-se similar ao potencial do xilema nas proximidades da folha. Após esse tempo, a folha envolvida no saco de alumínio foi colocada na câmara de pressão e procedeu-se à sua medição (figura 19 B). Cada medição teve a duração de aproximadamente 3 minutos após a extração da folha. A esta medição está associada a uma incerteza de 0,25 bar.



**Figura 19 - (A) Folha envolta com alumínio; (B) - Medição do potencial hídrico**

As sondas utilizadas para avaliação dos teores de humidade de solo estão representadas na Figura 20, sonda *T\_soil* (fornecedor: *Terrapro*) e a sonda *Legacy* (fornecedor: *Aquaspy*). Estas sondas de capacitância do solo permitem medir a resistência através de uma corrente elétrica criada pelos sensores da mesma, indicando assim a quantidade de água no solo a diferentes profundidades.

Os equipamentos  $T_{soil}$  da *TERRAPRO* permitem a medição do teor de humidade do solo até aos 80 cm de profundidade. Os dados adquiridos podem ser consultados num software – *uSENS V3.0*. Este permite o acesso contínuo aos dados de todos os sensores e realizar o cruzamento de todo o tipo de informação proveniente dos sensores. Os equipamentos *Aqua Spy - legacy* apresentam sensores de recolha de dados até aos 100 cm de profundidade. Os valores absolutos de humidade do solo fornecidos por estes equipamentos não são comparáveis, visto que não foi realizada uma calibração das sondas para uma amostra de solo não perturbada. Apenas pode ser comparável a dinâmica dos gráficos fornecidos.



**Figura 20 - (A) Sonda de humidade de solo  $T_{soil}$  da *TERRAPRO*; (B) Sonda de humidade de solo Legacy da *AquaSpy***

### **3.3 Tratamento estatístico de dados**

O tratamento dos dados recolhidos foi feito com auxílio do programa Statistix 9.0 (*Analytical Software, Tallahassee, Florida*) e do Microsoft Excel. Primeiramente foram verificados os pressupostos da homogeneidade de variâncias e da normalidade. De seguida, foi realizada uma análise às variâncias recorrendo a uma ANOVA a um fator, dependendo dos dados a tratar, onde foi obtido o valor de F que esclarece se o teste é estatisticamente significativo ou não. Por fim, foi feito um teste de comparação de médias (Teste de Tukey com  $\alpha=0,05$ ).

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1. Fenologia

A fenologia estuda todos os fenômenos que ocorrem nas plantas ao longo do tempo. Estes fenômenos estão intimamente relacionados com o clima, sendo a temperatura o fator climático de maior relevância para as árvores frutíferas. Uma avaliação dos estados fenológicos, em congruência com os dados meteorológicos permite averiguar as causas que podem estar na origem de efeitos menos desejados. Permitindo assim realizar um estudo do comportamento agronômico, podendo o mesmo servir de referência para anos futuros. Na Figura 21 é possível observar os distintos estados fenológicos registados nas árvores destinadas a este estudo.



**Figura 21 - Estados fenológicos observados da variedade Lauranne, relativos à floração e ao desenvolvimento do fruto, na Capinha em 2021 (Escala BBCH e Alfabética)**

As datas relativas aos estados fenológicos registados encontram-se no Quadro 6. Uma análise das mesmas e a sua comparação com dados similares para outras variedades permite afirmar que a variedade Lauranne tem uma floração tardia, permitindo assim reduzir perdas por geada e o risco de problemas associados à polinização, consequentemente aumentando o potencial produtivo. Para esta variedade o endurecimento da casca ocorreu na semana de 12 de Julho. Já a data de colheita foi

determinada quando o teor de água da amêndoa atingiu em média os 11,4 % de humidade (dia 4 de setembro).

**Quadro 6 - Datas da fenologia da ‘Lauranne’, na Capinha 2021**

<b>Início da floração (55-D1 e 57-D3)</b>	22/fev
<b>Plena Floração (67-F)</b>	01/mar
<b>Queda das pétalas (69-G)</b>	15/mar
<b>Vingamento do fruto (72-H)</b>	22/mar
<b>Frutos Jovens (75-I2)</b>	05/abr
<b>Fruto com o seu tamanho definitivo (81-J)</b>	17/mai
<b>Início do endurecimento da casca</b>	12/jul
<b>Rotura do mesocarpo (87-K)</b>	16/ago
<b>Fruto Maduro (90-L)</b>	04/set

Fuster e Fuente (2019) em Tedelche, Hellín (Albacete) no ano de 2017 determinaram para árvores de 2 anos da variedade Lauranne, a data de início de floração, obtendo como resultado o dia 24 de fevereiro. Apenas diferindo 2 dias do resultado obtido neste estudo para árvores de 3 anos, sendo este resultado apenas indicativo. Também em Albacete, mas no ano de 2015, Mañas (2017), citado por Fuster e Fuente (2019), determinou o período de maturação da ‘Lauranne’, dia 27 de agosto a 31 de agosto, resultado este muito similar com o alcançado neste presente estudo.

#### **4.1 Potencial Produtivo**

##### **4.1.1 Floração e Vingamento**

No Quadro 7 está presente a média do número de flores por ramo, obtida no dia 1 de março, a média do respetivo vingamento, obtida no dia 29 de março, e ainda a média do número de amêndoas por ramo, valor obtido no dia 30 de agosto. Mediante o valor da probabilidade do teste F, podemos concluir que não existem diferenças estatísticas significativas para nenhuma variável, no entanto foi encontrada uma grande variabilidade no número de flores e frutos por ramo, revelando assim heterogeneidade entre os indivíduos. Uma análise minuciosa permite ainda destacar o facto de um menor número

de flores por ramo estar associado a uma maior percentagem de vingamento, tal facto reflete-se no tratamento de controlo.

**Quadro 7 - Média do número de flores, média da percentagem de vingamento e média do número de amêndoas por ramo e por modalidade.**

<b>Tratamento</b>	<b>Nº flores/ramo</b>	<b>Nº flores/metro linear</b>	<b>% Vingamento/ramo</b>	<b>Nº Amêndoas/ramo</b>
<b>Controlo</b>	48,9	71,5	77,8	18,1
<b>RDI</b>	63,3	90,6	75,5	20,3
<b>SDI</b>	60,5	90,8	74,3	19,7
<b>EPM</b>	6,05	9,23	2,85	0,99
<b>Probabilidade do teste-F</b>	0,208	0,244	0,703	0,674

EPM = Erro padrão da média, N = 24

Presente no Quadro 8 encontram-se os dados referentes à média do número de flores por ramo, respetiva percentagem de vingamento e ainda a média do número de amêndoas por ramo, consoante a orientação do ramo. De acordo com dados apresentados, podemos concluir que não existe evidência estatística, para um nível de significância de 95%, de que a orientação do ramo influencie as variáveis descritas acima. No entanto, o número de flores por ramo tende a ser superior segundo a orientação W (Oeste), e a respetiva percentagem de vingamento menor.

**Quadro 8 - Média do número de flores, média da percentagem de vingamento e média do número de amêndoas segundo a orientação por tratamento.**

<b>Orientação do ramo</b>	<b>Nº Flores/ramo</b>	<b>% Vingamento</b>	<b>Nº Amêndoas/ramo</b>
<b>N</b>	49,5	76,2	19,26
<b>W</b>	65,9	72,0	20,1
<b>S</b>	57,3	77,7	19,5
<b>E</b>	57,6	77,7	19,0
<b>EPM</b>	7,06	3,29	0,99
<b>Probabilidade do teste-F</b>	0,444	0,574	0,9831

EPM = Erro padrão da média; N = 18

Segundo Casanova-Gascón et al. no ano de 2019, a percentagem de vingamento obtida para amendoeiras de 9 anos dispostas segundo um compasso de plantação superintensivo e localizadas em Lleida, Espanha, foi aproximadamente de 42%. Comparando com o valor obtido no presente estudo estamos perante uma discrepância de sensivelmente 33%. Estes resultados podem ser explicados pelo facto da amendoeira seguir um padrão de produção alternante ou pela ocorrência de geadas tardias no local experimental, precipitação e vento.

#### **4.1.2 Crescimentos dos ramos**

As árvores submetidas à estratégia de rega RDI foram as que registaram os maiores crescimentos apicais dos ramos produtivos, sendo que cada ramo cresceu em média 10,7 cm (Quadro 9). Por outro lado, os menores crescimentos observados tomaram lugar nas árvores regidas pelo sistema de controlo, sendo que tal não era expectável. O elevado crescimento dos ramos das árvores do tratamento SDI irá proporcionar uma menor produção, visto que numa situação de stress hídrico a árvore optou por utilizar maior quantidade de fotoassimilados no vingamento e crescimento dos frutos em prol do crescimento dos ramos. No entanto, depois de realizado o teste de Tukey conclui-se que os comprimentos dos ramos nas três modalidades eram semelhantes.

**Quadro 9 - Média do comprimento inicial (08 de março), média do comprimento final (30 de agosto) e diferença entre os comprimentos iniciais e finais de 4 ramos de 6 árvores de cada setor (ramos produtivos).**

<b>Tratamento</b>	<b>Comprimento do ramo inicial (cm)</b>	<b>Comprimento do ramo final (cm)</b>	<b>Diferença Comprimento ramos (cm)</b>
<b>Controlo</b>	68,4	74,2	5,7
<b>RDI</b>	72,0	82,7	10,7
<b>SDI</b>	67,1	74,1	7,1
<b>EPM</b>	1,55	1,64	1,36
<b>Probabilidade do teste-F</b>	0,069	0,040	0,316

EPM = Erro padrão da média; N = 24

No Quadro 10 estão presentes as médias da área seccional dos ramos para cada estratégia de rega utilizada, não existindo diferença estatística significativa entre os diferentes esquemas de rega.

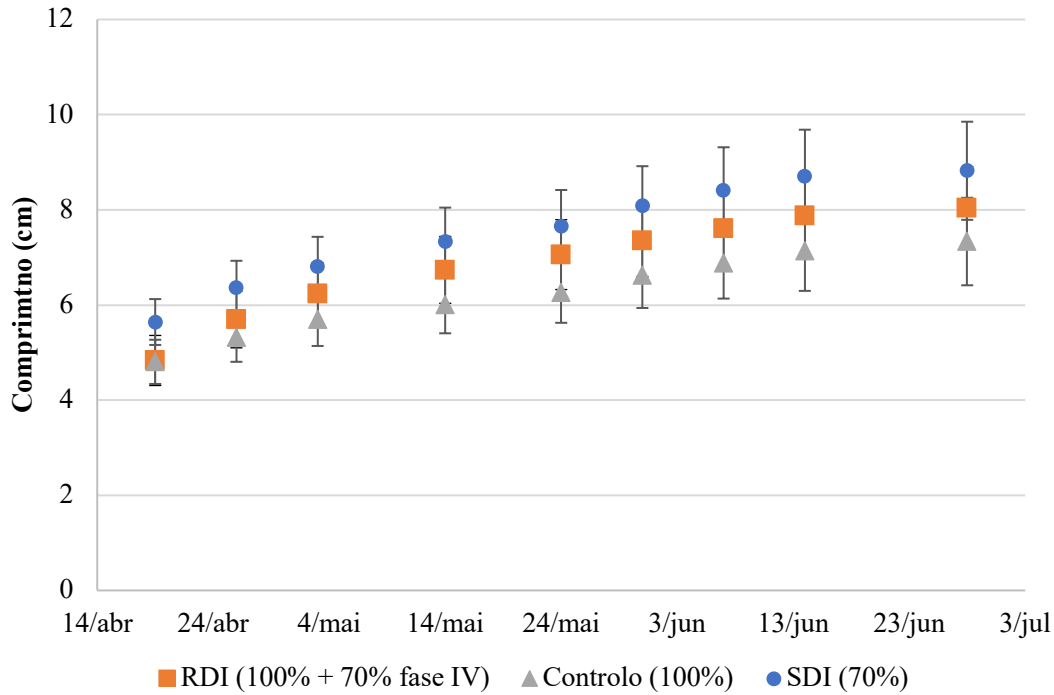
**Quadro 10 - Média da área seccional inicial, média da área seccional final e média da diferença da área seccional do tronco final e inicial por tratamento.**

<b>Tratamento</b>	<b>Área seccional dos ramos inicial (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Área seccional dos ramos final (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Diferença da Área seccional dos ramos (cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Controlo</b>	0,63	0,83	0,20
<b>RDI</b>	0,62	0,80	0,18
<b>SDI</b>	0,60	0,77	0,17
<b>EPM</b>	0,04	0,03	0,02
<b>Probabilidade do teste-F</b>	0,847	0,735	0,867

EPM = Erro padrão da média; N = 24

Comparando os dois quadros (Quadro 9 e Quadro 10), podemos concluir que os tratamentos de rega não afetaram o crescimento dos ramos.

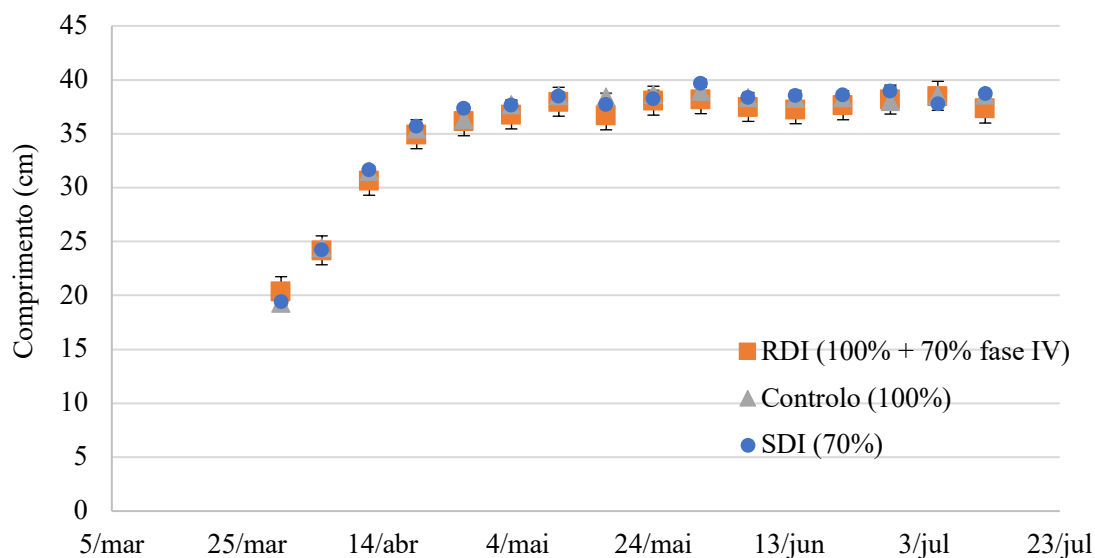
Na Figura 22 está presente o gráfico referente à média do comprimento de novos ramos de cada modalidade ao longo do ciclo de crescimento sendo que as barras de erros apresentadas representam duas vezes o erro padrão. Como as mesmas se sobrepõem não existe evidência estatística de que o comprimento dos novos ramos seja influenciado pela estratégia de rega.



**Figura 22 - Média de comprimento de novos ramos de cada sector; N = 120. Barras correspondem a duas vezes o erro padrão.**

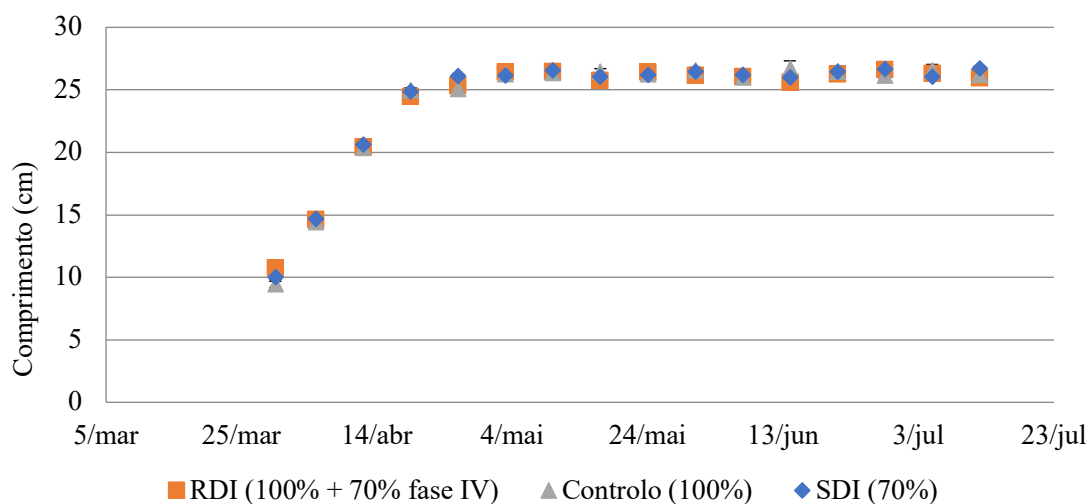
#### 4.2 Crescimento do Fruto

Mediante a análise do gráfico referente ao comprimento de 30 pericarpos (figura 23) é possível notar que o pericarpo teve um crescimento muito acentuado nas primeiras cinco semanas (30/03/2021 a 26/04/2021) estagnando a partir da sexta semana (03/05/2021). Importante referir que pela observação do gráfico não é possível asseverar a presença de diferenças significativas entre estratégias de rega, esta indicação é dada pelas barras de erro.



**Figura 23 - Média do comprimento de 30 pericarpos por modalidade; N=30. Barras correspondem a duas vezes o erro padrão.**

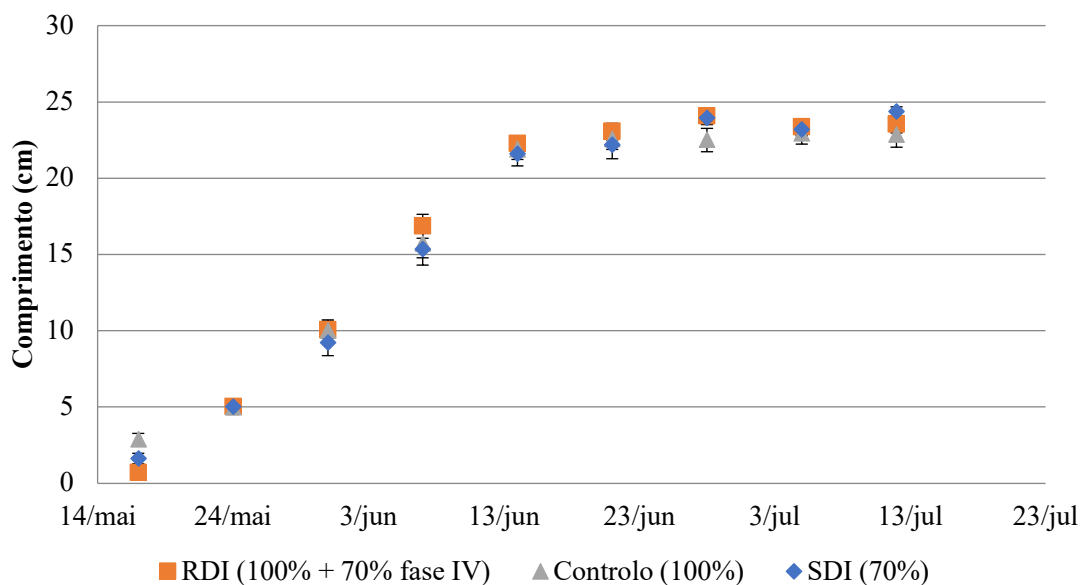
O gráfico da Figura 24 representa o crescimento de nucelo de uma amostra de 30 amêndoas por modalidade, o mesmo tem uma variação absoluta muito idêntica ao gráfico referente do crescimento do pericarpo (Figura 23). Podendo-se assim afirmar que o crescimento do nucelo acompanha o crescimento do pericarpo, crescendo em iguais proporções. Também não foram observadas diferenças significativas entre os 3 esquemas de rega utilizados.



**Figura 24 - Média do comprimento de 30 nucelos. Barras correspondem a duas vezes o erro padrão.**

Na Figura 25 está representado o gráfico referente ao comprimento dos embriões de uma amostra de 30 amêndoas. Pela análise do mesmo é possível averiguar que existiu um

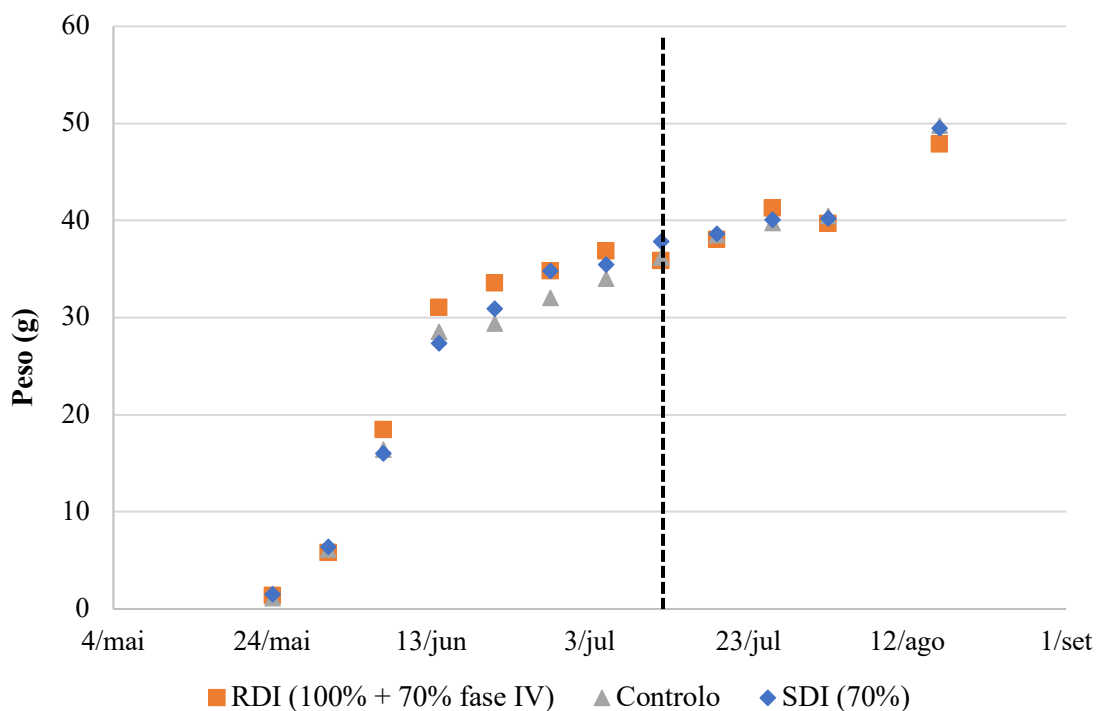
crescimento quase proporcional nas primeiras 4 semanas (17/05/2021 a 07/06/2021), sucedendo-se uma fase de estagnação do crescimento a partir de 14/06/2021. Uma análise criteriosa das barras de erros associadas às diferentes observações permitiu aferir que para a primeira observação (17/05/2021) existiu diferença estatística significativa para todas as estratégias de rega. Também para a sétima observação (28/06/21), é possível verificar que o plano de rega “controle” diferiu significativamente dos restantes.



**Figura 25 - Média do comprimento de 30 embriões. Barras correspondem a duas vezes o erro padrão.**

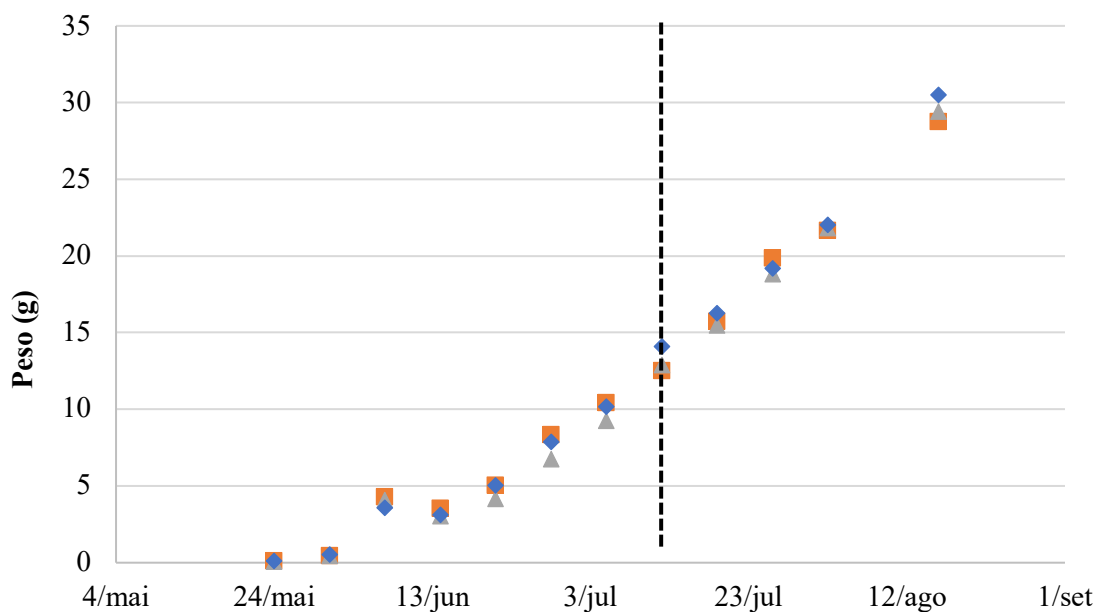
Sendo que a redução da água aplicada no plano de rega RDI deu-se no dia 12/07/2021 e o estudo do comprimento do fruto teve como término o dia 12/07/2021, pela comparação dos gráficos das Figura 23, 24 e 25 verifica-se que a redução da água a partir da fase IV não afeta o comprimento do fruto, o que está de acordo com Nortés et al., (2009) que indicam que o crescimento do fruto se dá nas fases II e III.

Pela análise do gráfico da Figura 26 é possível constatar que o peso fresco dos embriões registou um aumento pouco regular ao longo do tempo. Tal como indicado por Nortés et al., (2009) o peso do embrião aumenta durante as fases III e IV, o que é comprovado pelo gráfico abaixo.



**Figura 26 - Média do peso fresco de 30 embriões de cada modalidade; A linha a tracejado representa a data de redução de água no sistema RDI (12 de Julho).**

Pela análise do gráfico da Figura 27 é possível constatar que o peso seco dos embriões esteve em constante aumento durante todo o período de recolha de dados, tal como observado por Nortes et al., (2009) até ao início de Julho processa-se a uma taxa mais lenta e depois a uma taxa mais alta até meados de Agosto.



**Figura 27 - Peso seco de 30 embriões; A linha a tracejado representa a data de redução de água no sistema RDI (12 de Julho)**

Comparando os dois gráficos acima (Figura 26 e Figura 27) é notória a associação existente entre o peso fresco e o peso seco. Isto prova que o teor de humidade do fruto na altura de colheita da amostra foi similar entre todas as estratégias de rega.

De acordo com Nortes et al. (2009) a fase IV do desenvolvimento da amêndoa (enchimento da semente) tem início no fim de maio ou princípio do mês de Junho. No entanto, optou-se por realizar a redução da quantidade de água aplicada no esquema de rega RDI a meio da fase IV do desenvolvimento do fruto e não no início. A data desta redução coincidiu com a data de endurecimento da casca (12 de Julho). Nortes et al. (2009) mostraram que as melhores fases para aplicar a estratégia de deficit controlado foram durante o enchimento da semente e na fase final da colheita, o que foi comprovado por outros autores como Egea et al., 2009 e Cornacchia et al., 2010 que não encontraram resultados significativos sobre a produção quando a redução da rega foi efetuada nesta fase fenológica.

#### 4.3 Características do Fruto

No Quadro 11 são apresentadas as percentagens dos diversos constituintes do fruto em relação ao peso seco total do fruto. Tendo-se obtido valores muito semelhantes para os três esquemas de rega. Comparando a percentagem de miolo obtida com o valor apresentado por Fuster & Fuente, 2019, de 33% de rendimento em miolo para árvores também em sistema superintensivo mas com 2 anos de idade é possível afirmar que existiu uma discrepância enorme entre valores. Esta discórdia de valores pode estar associada às quantidades de água aplicada, visto que no estudo realizado por Fuster & Fuente, 2019 as árvores foram regadas sob um esquema de rega onde foram dotados 8049 m<sup>3</sup>/ha.

**Quadro 11 - Percentagem do peso seco dos componentes do fruto.**

	<b>% capote</b>	<b>% miolo</b>	<b>% casca</b>	<b>% TOTAL</b>
<b>RDI</b>	30	22	48	100
<b>Controlo</b>	31	21	48	100
<b>SDI</b>	30	21	49	100

N=100

#### 4.4 Peso das amêndoas

No Quadro 16 estão presentes os diferentes pesos frescos e secos dos diversos constituintes da amêndoa. Analisando os valores de peso seco é possível constatar que o peso do mesocarpo de 100 amêndoas foi muito semelhante entre os diferentes esquemas de rega executados, o mesmo não é válido para o peso de semente e peso do endocarpo, estes foram superiores no tratamento “controle”. Em relação ao peso total de amêndoa seca, é possível averiguar que este foi superior no tratamento “controle”, seguindo-se a estratégia RDI e por fim a estratégia SDI. O peso seco menor apesar de não significativo poderá ser uma manifestação da redução de água existente entre esquemas de rega.

**Quadro 12 - Peso fresco e seco médio dos diferentes constituintes da amêndoa e o respetivo peso total, de 100 amêndoas (4 de setembro)**

Tratamento	Peso fresco (g)				Peso seco (g)			
	Peso capote	Peso miolo	Peso casca	Total	Peso capote	Peso miolo	Peso casca	Total
Controle	173	125	280	578	150	110	261	521
RDI	184	123	281	588	153	104	256	513
SDI	160	115	262	537	150	105	255	510

#### 4.5 Produção e área seccional do tronco

No Quadro 12 é apresentado a média da produção final com casca por tratamento. Em relação à produção por árvore não existe evidência estatística de que esta seja significativamente diferente entre estratégias de rega, no entanto parece haver uma tendência decrescente na produção mediante a redução da quantidade de água, principalmente na estratégia SDI, onde a produção (kg/árvore) deste sistema foi ligeiramente menor que nos restantes tratamentos.

A área seccional do tronco inicial e final também não foi significativamente diferente entre estratégias de rega, porém, como é possível observar no Quadro 12 existe evidência estatística de que a diferença entre estas duas áreas seccionais é significativamente diferente entre tratamentos ( $P < 0,05$ ). O tratamento “controle” apresenta o maior valor

de diferença entre área seccional do tronco, concluímos que apenas este tratamento difere das outras estratégias de rega.

De acordo com Nortes et al. (2009) na fase IV de desenvolvimento da árvore existe concorrência para os fotossimilados entre o crescimento do tronco e enchimento da semente, hipótese que pode estar na explicação do facto do tratamento “controlo” ter uma maior área seccional do tronco do que os restantes.

É ainda apresentado no Quadro 12 a produção por área seccional do tronco, esta variável foi obtida através do quociente entre a produção e a área seccional do tronco final. A elevada área seccional do tronco das árvores do tratamento “controlo” refletem uma baixa produção por área seccional do tronco. Por outro lado, a baixa produção e reduzida área seccional do tronco na estratégia SDI está também inerente a uma baixa produção por área seccional do tronco, consequentemente originando diferenças entre estratégias de rega. Foi então concluído para a variável “produção por área seccional do tronco” que existem diferenças estatísticas significativas entre a estratégia de rega RDI e as restantes.

**Quadro 13 - Média da produção final de amêndoa com casca por modalidade por árvore e por área seccional de tronco (AST) medida no fim do ciclo da cultura**

<b>Tratamento</b>	<b>Produção (kg/árvore)</b>	<b>AST Inicial</b>	<b>AST Final</b>	<b>Diferença de AST (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Produção por AST (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Controlo</b>	4,46	19,27	31,94	1,61 a	0,14 b
<b>RDI</b>	4,97	20,79	29,30	0,74 b	0,17 a
<b>SDI</b>	3,94	20,45	28,19	0,65 b	0,14 b
<b>EPM</b>	0,39	1,33	2,05	0,12	0,01
<b>Probabilidade do teste-F</b>	0,209	0,704	0,437	< 0,001	< 0,001

EPM = Erro padrão da média; N = 6;

A produção de miolo e a produção de miolo por área seccional do tronco é apresentada no Quadro 13. Mediante os dados obtidos para a variável “produção de miolo” é notório que não existem diferenças significativas entre as diferentes estratégias de rega utilizadas,

no entanto, tal como na produção de amêndoa presente no Quadro 12 o tratamento que ocasionou as menores produções foi o SDI, apesar desta diferença não ser significativa. Em relação á variável “produção miolo por área seccional de tronco” existem diferenças significativas entre a estratégia de rega RDI e as restantes.

**Quadro 14 - Média de produção de miolo por árvore e por área seccional de tronco (AST)**

<b>Tratamento</b>	<b>Produção miolo (kg/árvore)</b>	<b>Produção miolo por AST (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Controlo</b>	0,94	0,03 b
<b>RDI</b>	1,09	0,04 a
<b>SDI</b>	0,83	0,03 b
<b>EPM</b>	0,08	0,0018
<b>Probabilidade do teste-F</b>	0,118	0,004

EPM = Erro padrão da média; N = 6

Segundo Egea et al., (2013), para árvores cv. Marta de 3 anos dispostas sob um compasso de plantação intensivo, o peso de miolo de amêndoa segundo o esquema de rega controlo foi 0,265 kg/árvore, segundo uma estratégia RDI (100% - 60% fase IV) foi de 0,265 kg/árvore, e por fim, segundo uma estratégia SDI (75%), foi de 0,179 kg/árvore. Estes valores são relativamente diferentes dos obtidos, uma possível explicação para tal é o facto da variedade Marta entrar em produção mais tarde relativamente à variedade Lauranne, e ainda o facto do sistema de condução, as podas e o volume de serem diferentes.

#### **4.6 Volume de copa**

A relação entre a produção e o volume de copa possibilita o conhecimento sobre a taxa de produção por volume de copa. O Quadro 14 disponibiliza os valores relativos à produção de miolo por cada m<sup>3</sup> de volume de copa, das três estratégias de rega. Pela análise do mesmo, é possível constatar que o setor regido por um plano de rega SDI foi o que obteve menores volumes de copa, existem diferenças significativas entre o volume da copa da estratégia de rega SDI e as restantes.

Também no Quadro 14 está presente a produção de miolo por volume de copa e produção de miolo por hectare, dos resultados apresentados é possível conferir que não existem diferenças significativas entre os diferentes esquemas de rega para estas variáveis. Mais uma vez é notório uma tendência por parte da árvore em produzir menos em prol da redução da quantidade de água aplicada, sendo que o menor valor registado de produção de miolo por hectare foi no sistema SDI.

**Quadro 15 - Média do volume da copa, média da produção de miolo por volume de copa e média de produção de miolo por ha de cada setor por volume de copa**

<b>Tratamento</b>	<b>Volume de copa (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Produção miolo por volume de copa (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Produção miolo por ha (kg/ha)</b>
<b>Controlo</b>	3,23 a	0,29	2497,0
<b>RDI</b>	3,27 a	0,34	2914,1
<b>SDI</b>	3,04 b	0,27	2204,8
<b>EPM</b>	0,01	0,03	222,45
<b>Probabilidade do teste-F</b>	<0,001	0,236	0,115

EPM = Erro padrão da média; N = 6

Comparando a produção de miolo por hectare obtida com o valor apresentado por Fuster & Fuente, 2019, de 1375 kg/ha para árvores também em sistema superintensivo mas com 2 anos de idade é possível afirmar que existiu uma discrepância elevada entre valores. Apesar de Fuster & Fuente, 2019 utilizarem dotações de 8049 m<sup>3</sup>/ha, o que deveria estar associado a maiores produções, o compasso de plantação utilizado foi de 4 x 1,5 m, resultando em menos árvores por hectare e consequentemente uma menor produção. Mas o mais importante é que as árvores apenas tinham 2 anos de idade, ou seja, era o primeiro ano produtivo das mesmas.

No Quadro 15 é apresentado a produção total de amêndoa com casca por unidade volume de copa e a produção total de amêndoa por hectare. A análise do mesmo diz-nos que não existem diferenças estatísticas significativas entre os diferentes esquemas de rega.

**Quadro 16 - Média da produção de amêndoa com casca de 6 árvores (agrupadas duas a duas) de cada setor por volume de copa**

<b>Tratamento</b>	<b>Produção amêndoa c/ casca por Volume de copa (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Produção de amêndoa c/casca por ha (kg/ha)</b>
<b>Controlo</b>	1,38	11890
<b>RDI</b>	1,52	13246
<b>SDI</b>	1,29	10499
<b>EPM</b>	0,12	1032,2
<b>Probabilidade do teste-F</b>	0,429	0,209

EPM = Erro padrão da média; N = 6

Segundo um estudo realizado por Gutiérrez-Gordillo et al. em 2018 para amendoeiras ‘Lauranne’ plantadas em 2013 segundo um compasso intensivo, em Espanha, a produção de miolo por hectare (kg/ha) para estratégias de rega cujas dotações de água aplicadas foram de modo a suprir 100% da necessidades da cultura, 75% das necessidades da cultura e ainda 65% das necessidades da cultura foi respetivamente 2349 kg/ha, 2343kg/ha e 2241 kg/ha. Valores estes muito idênticos aos obtidos neste presente estudo, não sendo registada qualquer diferença significativa na produção de miolo de amêndoa entre os diferentes esquemas de rega executados.

#### **4.7 Rega**

No Quadro 17 é perceptível a quantidade de água utilizada nos diferentes esquemas de rega. Sabendo que existe um total de 4444 gotejadores por hectare foi possível calcular o total de m<sup>3</sup> por hectare visto que os gotejadores utilizados são autocompensantes de 1,6 l/h e o total de horas de rega ficou registado no programador AGRÓNIC. Foi então multiplicado o número de gotejadores por hectare por 1,6 de modo a obter os litros por horas por hectare (7111,1 l/h/ha). De seguida, multiplicou-se este valor pelo total de horas de rega e converteu-se litros a metros cúbicos de modo a obter o total de metros cúbicos de água por hectare para cada esquema de rega. Entre o esquema de rega controlo e o SDI existiu uma diferença de 1165,6 m<sup>3</sup>/ha. Já entre o esquema de rega RDI e o Controlo a diferença registada foi de 501,2 m<sup>3</sup>/ha, correspondendo a uma redução de aproximadamente 13%. Esta diferença apesar de reduzida e da restrição da água na

estratégia RDI apenas ter ocorrido a meio da fase IV, tem um grande impacto na sustentabilidade visto que se esta exploração optar pela estratégia de rega RDI numa área de 267,18 ha poupa por campanha 133.911 m<sup>3</sup> de água. Se porventura for optado por uma estratégia SDI pode-se reduzir cerca de 311.425 m<sup>3</sup> para a área em questão.

**Quadro 17 - Número de horas totais de rega e cálculo do volume de água utilizada na rega de cada parcela**

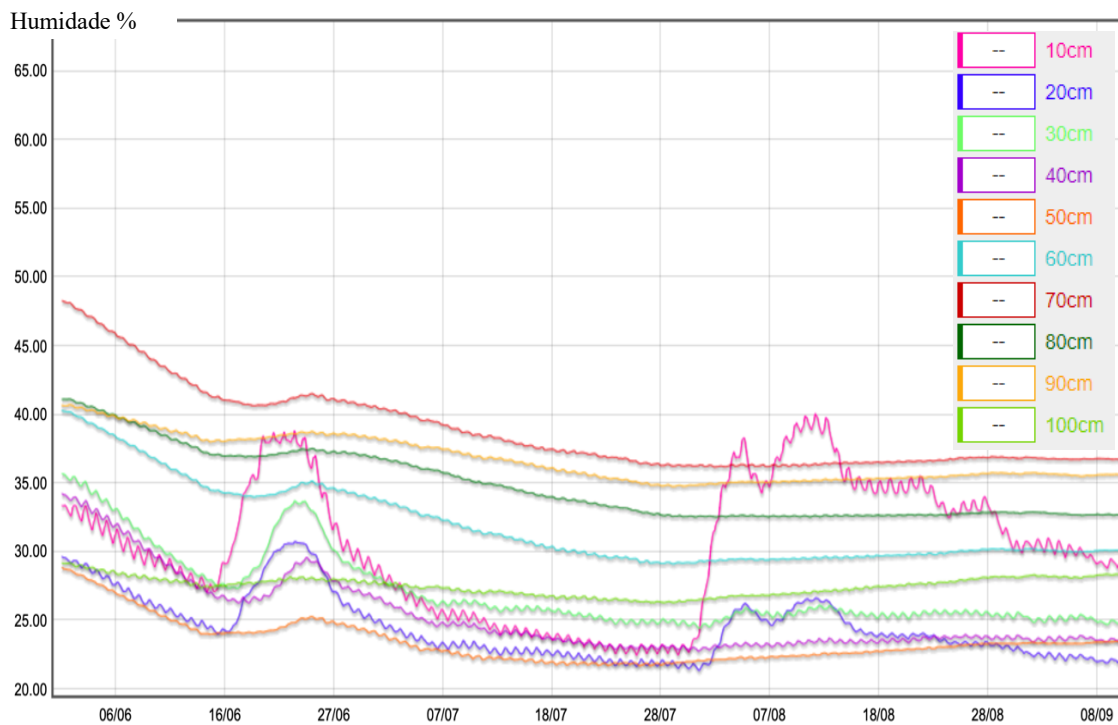
	Nº horas	Área (ha)	l/h/ha	Total Litros	Total m <sup>3</sup> /ha
<b>Controlo</b>	546,38	1,93	7111,1	3885386	3885,4
<b>RDI</b>	475,9	1,90	7111,1	3384172	3384,2
<b>SDI</b>	382,47	1,61	7111,1	2719759	2719,8

Segundo um estudo realizado por Gutiérrez-Gordillo et al. em 2018 para amendoeiras ‘Lauranne’ plantadas em 2013 segundo um compasso intensivo em Espanha, a quantidade de água aplicada às árvores (m<sup>3</sup>/ha) para estratégias de rega cujas dotações de água aplicadas foram de modo a suprir 100% da necessidades da cultura, 75% das necessidades da cultura e ainda 65% das necessidades da cultura foi respetivamente 4974 m<sup>3</sup>/ha, 3713 m<sup>3</sup>/ha e 3342 m<sup>3</sup>/ha. Valores estes calculados de acordo com as características climáticas de região e a evapotranspiração da cultura (Necessidades de rega = ETc – Precipitação). De acordo com estes valores e os obtidos neste presente estudo podemos afirmar que existiu uma aplicação de quantidades de água excessiva, visto que as árvores em estudo receberam maiores quantidades de água para um volume de copa muito mais reduzido visto que estão dispostas segundo um compasso de plantação superintenso.

#### **4.7.1 Dados sondas**

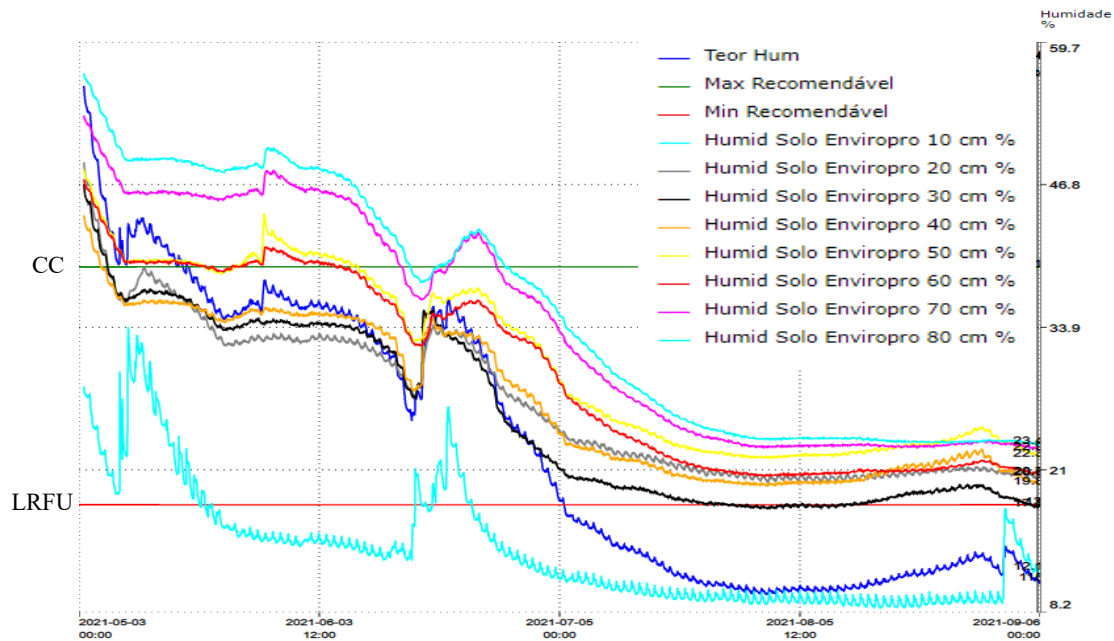
Uma análise da dinâmica do gráfico da Figura 28, obtido através de valores de humidade recolhidos pelos sensores da sonda *AquaSpy*, instalada no setor C (SDI 70%) permite validar a existência de regas no período de 01/06/2021 até 10/09/2021, representadas com pequenas variações nas curvas de humidade. Para além do referido, é destacada a existência de duas variações de elevada amplitude, a primeira, ocorrida na semana de 16/06/2021 deve-se à precipitação ocorrida no local experimental, aproximadamente 21

mm. A segunda, ocorrida na semana de 2 agosto não era expectável, visto que não foi registado nenhum valor de precipitação. Assim, existem duas explicações possíveis para a ocorrência desta enorme variação: i) avaria nos sensores de 10 cm de profundidade; ii) ocorrência sistemática de regas, o que levou ao aumento excessivo de teor de humidade nos primeiros 10 cm de solo, refletindo-se também, mas com menor intensidade a uma profundidade de 20 cm, sendo esta a razão mais plausível.



**Figura 28 - Teores de humidades do solo referentes ao setor C, regido por uma estratégia de rega SDI (70%), dados de 01/06/2021 a 10/09/2021**

Uma análise da dinâmica do gráfico da Figura 29, obtido através de valores de humidade recolhidos pelos sensores da sonda *TERRAPRO*, instalada no setor B (controlo) permite validar a existência de regas no período de 03/05/2021 a 06/09/2021, representadas por variações de pequena amplitude nas curvas de humidade. Já as variações de maior amplitude registadas maioritariamente nos sensores de 10 cm representam a precipitação ocorrida ou então a ocorrência de regas sistemáticas. A primeira variação registada de grande amplitude está inerente a uma precipitação de 19 mm ocorrida na semana de 10/05/2021. A segunda grande variação, registada na semana de 16/06/2021, ocorreu também devido à precipitação, mas desta de vez de 21 mm. Por último, foi também registada uma volubilidade no dia 01/09/2021, devido igualmente à precipitação de 7 mm ocorrida no local experimental.



**Figura 29 -Teores de humidades do solo referentes ao setor B, regido pelo plano de rega controlo (100%), dados de 03/05/2021 a 05/09/2021. CC- Capacidade de Campo; LRFU - Limite da reserva facilmente utilizável.**

Não é possível proceder à comparação dos valores absolutos dos gráficos da Figura 28 e Figura 29 pois as sondas em questão não foram calibradas para uma amostra de solo não perturbada. Assim, e apenas comparando a dinâmica dos gráficos é notório que a humidade do solo variou principalmente nos primeiros 10 cm e registou-se uma tendência decrescente nos valores de humidade nas restantes profundidades. Normalmente o sensor de 10 cm apresenta dados muito pouco consensuais, daí a importância de conhecer o tipo de solo em questão. Na verdade, traduz-se numa amostra muito pouco representativa pois podem existir inúmeros tipos de solo numa parcela.

#### 4.8 Potencial hídrico

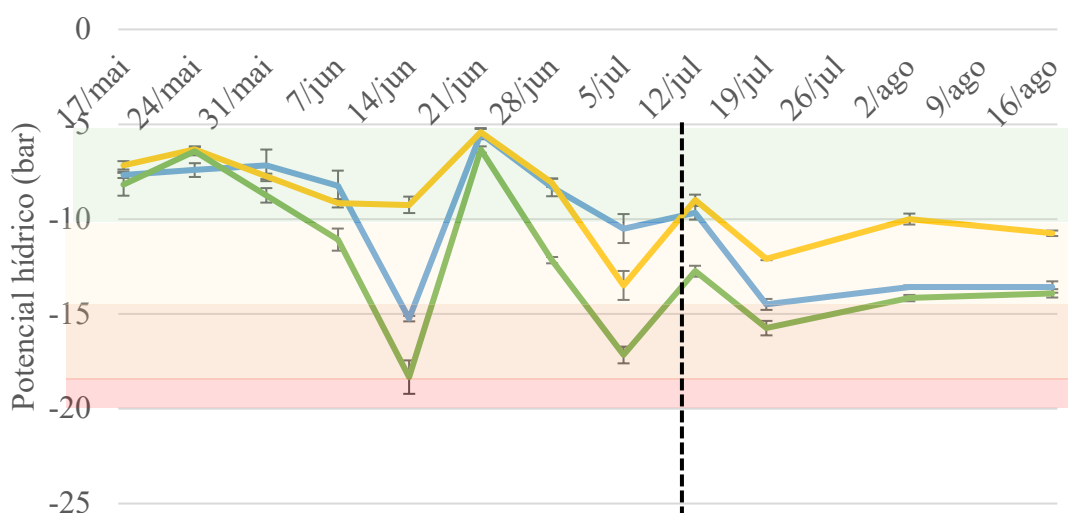
Na Figura 30 está representado o gráfico referente ao potencial hídrico de três amendoeiras de cada esquema de rega. Como também a data em que se procedeu á redução das dotações aplicadas nas árvores da estratégia de rega RDI e ainda os diferentes níveis de stress hídrico de acordo com os dados obtidos para amendoeira (Fulton et al., 2014):

- Banda verde (-6 bar a -10 bar) – Conforto hídrico;
- Banda amarela (-10 bar a -14 bar) – Stress hídrico baixo;
- Banda laranja (-14 bar a -18 bar) – Stress hídrico moderado;

- Banda vermelha (-18 bar a -20 bar) – Stress hídrico elevado.

Analisando o gráfico (Figura 30), de acordo com as gamas de valores em que se inserem os resultados obtidos do potencial hídrico para as árvores do esquema de rega controlo é possível admitir que estas árvores estiveram em conforto hídrico na maioria do período de estudo. Em relação ao esquema de rega RDI, as árvores demonstraram níveis de stress hídrico maioritariamente baixos, principalmente depois de dia 19/07/2021, data posterior à redução de 30% das dotações de água, e onde estiveram muito próximas de atingir níveis de stress hídrico moderados. Para a estratégia de rega que visou aplicar 70% de água das necessidades da cultura (SDI), foi registado uma grande variação de valores de potencial hídrico, mas na sua maioria as árvores deste esquema de rega permaneceram sob um stress hídrico baixo e moderado. Algo que não seria de esperar, o previsto era estas árvores residirem sob valores de stress hídrico moderado a alto na maioria do seu ciclo.

A dinâmica da variação dos valores do potencial hídrico para os três esquemas de rega é muito semelhante, o que nos permite concluir pela presença de precipitação e/ou regas efetuas. O elevado valor de potencial hídrico registado no dia 21 de junho para as árvores das três estratégias de rega está correlacionado com uma precipitação de 21 mm ocorrida durante a semana anterior no local experimental, algo também constatado nos gráficos das Figuras 28 e 29.



**Figura 30 - Média do potencial hídrico de 3 amendoeiras de cada setor; A linha a tracejado representa a data de redução de água no sistema RDI (12 de Julho). A verde, potencial hídrico entre -6 e -10 bar (conforto hídrico) a amarelo, entre -10 e -14 bar (stress hídrico baixo) a laranja, entre -14 e -18 bar (stress moderado), vermelho, entre -18 e -20 bar, (stress elevado) de acordo com Fulton et al., 2014.**

Comparando as três curvas de potencial hídrico é possível constatar que as quantidades de água utilizadas foram excessivas, não se conseguindo induzir o stress pretendido, visto que os valores de potencial hídrico esperados para as árvores do esquema de rega SDI era em torno dos -16 bar a -18 bar, ou seja, sempre num limiar de stress hídrico moderado a elevado. Esta hipótese também é validada pela curva de potencial hídrico das árvores do esquema de rega RDI, que depois de ocorrer o corte de água na fase IV do fruto, os valores de potencial hídrico desceram, mas nunca ultrapassaram os -18 bar.

## 5 Conclusões

Face aos objetivos iniciais definidos para este trabalho experimental, conclui-se que:

- As datas dos diferentes estados fenológicos obtidos para a variedade Lauranne estão de acordo com a bibliografia.
- Apenas foram registadas diferenças significativas para os diferentes esquemas de rega para as variáveis “diferenças de área seccional do tronco”, “produções por área seccional do tronco”, “produção de miolo por área seccional do tronco” e “volume de copa”.
- O valor do diâmetro do tronco foi recolhido com recurso a uma craveira, com um erro de 0,005 mm associado a cada medição. Desta forma, acho pertinente a instalação de um dendrómetro em uma árvore de cada setor, de modo a comparar os resultados obtidos. Para além do mais, o dendrómetro permite descartar o erro humano, visto que a medição realizada por uma pessoa pode ser diferente da realizada por outra pessoa. Este equipamento pode ser ainda conectado ao *logger* da sonda de solo e fornecer dados contínuos sobre a dilatação do diâmetro da árvore, valores que estão associados à abertura/fecho dos estomas.
- O facto de o sistema de condução neste estudo ser em sebe quanto menor o volume de copa melhor pois a necessidade de realização de podas torna-se menos frequente, de tal forma a poupança de água associada à estratégia de rega SDI (70%) e o inerente reduzido do volume de copa permite então, a redução de custos associados a mão de obra, combustível e desgaste do material. A redução de 30% da quantidade de água em todo o ciclo da cultura pouco influenciou a produção, não existindo diferenças significativas entre tratamentos. Tornando este método mais apelativo, mas que necessita de ser comprovado pela realização de um estudo com mais anos.
- Os valores da quantidade de água aplicada não são totalmente fidedignos pois foram obtidos por cálculos indiretos a partir da informação relativa a horas de rega fornecidas pelo programador de rega AGRÓNIC. De tal forma, acho relevante a instalação de um caudalímetro nas rampas de rega juntos das sondas de solo já previamente instaladas, visto que é possível associar os dois equipamentos e deste modo obter informação relativa ao registo de rega e o seu impacto no teor de humidade de solo.

- Como o solo não é homogêneo, os valores absolutos dos gráficos obtidos pelas sondas de solo instaladas no local não são comparáveis, visto que estes equipamentos fornecem os teores de humidade de solo no exato local onde estão instalados. Deste modo, e para se proceder á sua comparação é necessário proceder a uma calibração das sondas numa amostra de solo não perturbada.
- De modo a realizar um estudo mais completo, era vantajoso instalar uma sonda de solo no setor A (RDI 100% + 70% fase IV).
- Para uma melhor análise e comparação da dinâmica dos gráficos relativos ao teor de humidade do solo é recomendável que se utilize apenas uma plataforma para armazenamento e tratamento dos dados, uma boa opção seria a *Irristrat*<sup>TM</sup> - que é uma plataforma de condução de rega inteligente que obtém e processa em tempo-real dados da cultura, meteorológicos e da humidade do solo, permite ainda garantir a estratégia de rega com o mínimo desperdício de água e a obtenção dos objetivos da campanha, quer quantitativos quer qualitativos.
- Constatou-se que foram aplicadas dotações de água possivelmente elevadas para o volume de copa das árvores em estudo, no entanto como as árvores têm 3 anos é possível que a empresa não queira comprometer o crescimento vegetativo.

## 6 Referências Bibliográficas

- AJAP. (2017). *Manual boas práticas para culturas emergentes a cultura da amêndoa*. Associação dos Jovens Agricultores de Portugal, Lisboa. ISBN: 978-989-8319-16-6
- Alegre Castellví, S., Miarnau i Prim, X., Romero Romero, M., & Vargas García, F. (2007). Potencial productivo de seis variedades de almendro. *Fruticultura Profesional*, 169(1), 23–29.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. (2006). Guidelines for Computing Crop Water Requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*. FAO, Rome, Italy. 300pp., 300. <http://www.fao.org/3/X0490E/x0490e00.htm#Contents>
- Arquero, O., Casado, B., Khlifi, M., Lovera, M., Mamouni, A., Navarro, A., Oukabli, A., Salguero, A., & Viñas, M. (2007). *Manual practico para el cultivo del almendro - manuel pratique pour la culture d'amandier*. 196 pp. [https://frutales.files.wordpress.com/2011/05/manual\\_cultivo\\_almendro.pdf](https://frutales.files.wordpress.com/2011/05/manual_cultivo_almendro.pdf).  
Acedido a 27 de Outubro de 2021
- Arquero, Octavio, Belmonte, A., Casado, B., Cruz-Blanco, M., Espadafor, M., Fernández, J. L., Gallego, J. C., García, A., Lorite, I., Lovera, M., Parra, M. Á., Ramírez, A., Roca, L., Romacho, F. J., Romero, J., Salguero, A., Santos, C., Serrano, N., Trapero, A., ... Viñas, M. (2013). Manual del Almendro. *Editorial Junta de Andalucía*, 78.
- Barreca, D., Nabavi, S. M., Sureda, A., Rasekhian, M., Raciti, R., Silva, A. S., Annunziata, G., Arnone, A., & Tenore, G. C. (2020). *Almonds (Prunus Dulcis Mill. D. A. Webb): A Source of Nutrients and Health-Promoting Compounds*. *Nutrients* 2020, 12, 672. <https://doi.org/10.3390/nu12030672>
- Beltrán Sanahuja , A., Maestre, S. E., & Teruel, N. (2021). *Variability of Chemical Profile in Almonds ( Prunus dulcis ) of Different Cultivars and Origins*. *Foods*. 2021;10(1):153. Published 2021 Jan 13. doi:10.3390/foods10010153
- CNCFS. (2019). *Estudo de produção e comercialização da amêndoa nas Terras de Trás-os-Montes*. 1–96. [https://www.cimttm.pt/cimttm/uploads/document/file/237/estudo\\_amendoa\\_.pdf](https://www.cimttm.pt/cimttm/uploads/document/file/237/estudo_amendoa_.pdf). Acedido a 20 de setembro 2021

- Cornacchia, R., Amodio, M.L., Colelli, G., Tortosa, P.A.N. 2010. Effect of irrigation water reduction strategies on quality at harvest and during storage of in-shell almonds. *Acta Horticulturae*, 887, 251-260. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.877.28>
- Doll, D.A., Andrade, J. F., & Serrano, P. (2021). *Produção de amêndoa em portugal* - Agrogés. <https://almondpt.com/wpcontent/uploads/2021/07/AgrogésArtigoTecnico2021-03-18.pdf>. Acedido a 20 de Setembro 2021
- 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, 1605-1614. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.06.017>
- 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(3), 445–454. <https://doi.org/10.1007/s00271-012-0322-8>
- Estadios fenológicos del almendro*. (n.d.). <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-frutales-y-fruticultura/almendro/285-almendro-estadios-fenologicos>. Acedido a 20 de Setembro 2021
- Felipe, J. . (1977). Almendro. Estados fenológicos. *Informacion Tecnica Economica Agraria*, 27, 8–9.
- Fernández, J. E. (2017). Plant-based methods for irrigation scheduling of woody crops. *Horticulturae*, 3(2):35. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3020035>
- Flora Europea (Euro+Med PlantBase)* - European Distribute Institute of Taxonomy. <https://euoplusmed.org>. Acedido a 20 de Setembro 2021
- Fulton, A., Grant, J., Buchner, R., & Connell, J. (2014). Using the Pressure Chamber for Irrigation Management in Walnut, Almond and Prune. *Using the Pressure Chamber for Irrigation Management in Walnut, Almond and Prune*, May. <https://doi.org/10.3733/ucanr.8503>
- Fuster, P. L., & Fuente, M. P. (2019). *El almendro Guía práctica de cultivo*. 299 pp. Mundi-Prensa. ISBN: 978-84-8476-747-3
- Garnier, E., & Berger, A. (1985). Testing water potential in peach trees as an indicator of water stress. *Journal of Horticultural Science*, 60(1), 47–56. <https://doi.org/10.1080/0014620316.1985.11515600>
- Casanova-Gascón, J., Figueras-Panillo, M., Iglesias-Castellarnau, I., & Martín-Ramos,

- P. (2019). *Comparison of SHD and Open-Center Training*. *Agronomy*, 9(12), 874. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120874> .
- Gutiérrez-Gordillo, S., García-Tejero, I. F., García-Escalera, A., Galindo, P., Arco, M. D. C., & Zuazo, V. H. D. (2019). Approach to yield response of young almond trees to deficit irrigation and biostimulant applications. *Horticulturae*, 5(2), 38. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5020038>
- Gutiérrez-Gordillo, S., Lipan, L., Durán Zuazo, V. H., Sendra, E., Hernández, F., Hernández-Zazueta, M. S., Carbonell-Barrachina, Á. A., & García-Tejero, I. F. (2020). Deficit Irrigation as a Suitable Strategy to Enhance the Nutritional Composition of HydroSOS Almonds. *Water*, 12(12), 3336. <http://dx.doi.org/10.3390/w12123336>
- Hawker, J. S., & Buttrose, M. S. (1980). Development of the almond nut (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb). Anatomy and chemical composition of fruit parts from anthesis to maturity. *Annals of Botany*, 46(3), 313–321. <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085922>
- INE (2020). *Estatísticas Agrícolas 2020*. [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESpub\\_boui=437147278&PUBLICACOESmodo=2IPMA](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=437147278&PUBLICACOESmodo=2IPMA)
- (2021). *Horas de Frio Acumuladas*. <https://www.ipma.pt/pt/agrometeorologia/fruticultura/>. Acedido a 20 de Setembro 2021
- López-López, M., Espadador, M., Testi, L., Lorite, I. J., Orgaz, F., & Fereres, E. (2018). Water use of irrigated almond trees when subjected to water deficits. *Agricultural Water Management*, 195, 84–93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.10.001>
- Martinez-Gomez, P., Sanchez-Pérez, R., & Dicenta, F. (2006). Fruit development in almond. *Acta Horticulturae*, 726 241–246. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2006.726.38>
- McCutchan, H., & Shackel, K. A. (1992). Stem-water Potential as a Sensitive Indicator of Water Stress in Prune Trees (*Prunus domestica* L. cv. French). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(4), 607–611. <http://dx.doi.org/10.21273/jashs.117.4.607>
- Meier, U., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hack, H., Heß, M., Lancashire, P., Schnock, U., Stauß, R., & Van Den Boom, T. (2009). The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants—history and publications. *Journal Für Kulturpflanzen*, 61(2), 41–52. ISSN 0027-7479

- Mendes, J., Boteta, L., Fabião, M., Santos, M., Varela, M., Brás, P., & Silvestre, J. (2014). *Rega: Boas Práticas no Olival e no Lagar*. Ed. Jordão P. INIAV, 139–165.
- Neves, M. A. R. (2015). Relatório Sectorial da Amêndoa. Cordão verde. Um cordão verde para os Territórios Rurais. Manutenção da Biodiversidade associado às Actividades Económicas Acção 2.2. Análise da Fileira de Produtos Estratégicos, UAlg. FCT. [http://www.in-loco.pt/upload\\_folder/files/Relatorio-Sectorial-Amendoa\\_acao-2-2.pdf](http://www.in-loco.pt/upload_folder/files/Relatorio-Sectorial-Amendoa_acao-2-2.pdf). Acedido da 20 de Setembro 2021
- Nortes, P. A., Gonzalez-real, M. M., Egea, G., & Baille, A. (2009). Seasonal effects of deficit irrigation on leaf photosynthetic traits of fruiting and non-fruiting shoots in almond trees. *Tree Physiology* 29(3):375–388 <http://dx.doi.org/10.1093/treephys/tpn032>
- Ortuño, M. F., García-Orellana, Y., Conejero, W., Ruiz-Sánchez, M. C., Alarcón, J. J., & Torrecillas, A. (2006). Stem and leaf water potentials, gas exchange, sap flow, and trunk diameter fluctuations for detecting water stress in lemon trees. *Trees - Structure and Function*, 20(1), 1–8. <http://dx.doi.org/10.1007/s00468-005-0004-8>
- Rodrigues, C. M. (2012). Evaporação e evapotranspiração. in Hidrologia Agrícola, cap. 8. ICAAM - ECT da Universidade de Évora <http://hdl.handle.net/10174/7755>
- Rodrigues, M. Â. (2017). *Manual Técnico Amendoeira: Estado da Produção*. Ed CNCFS <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/15777/3/Amendoeira-producao%20cap%203.pdf>- Acedido a 20 de Setembro 2021
- Sakar, E. H., El Yamani, M., Boussakouran, A., & Rharrabti, Y. (2019). Codification and description of almond (*Prunus dulcis*) vegetative and reproductive phenology according to the extended BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 247, 224–234. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.024>
- Smith, R. J., & Baillie, J. N. (2009). Defining precision irrigation: A new approach to irrigation management. *Irrigation and Drainage Conference*, 1–6. @inproceedings{Smitha2009DefiningPI. Acedido a 20 de Setembro 2021
- Urbina Vallejo, V. (2014). Fenologia d'espècies llenyoses cultivades d'interès agrícola. *Dossier Tècnic*, 72, 3–8. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/552447>. Acedido a 20 de Setembro 2021
- Pereira, S. (2009). *Principais pragas e auxiliares associados à amendoeira no Planalto Mirandês*.