



## **Avaliação das necessidades de rega de um amendoal na área de influência do Alqueva**

**Rafael António Dias Moita**

Dissertação para obtenção do Grau Mestre em:  
**Engenharia Agronómica**

Orientadores: Doutor João Rui Rolim Fernandes Machado Lopes  
Doutor José Luís Monteiro Teixeira

### **Júri:**

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

Vogais: Doutora Paula Cristina Santana Paredes, Professora auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Doutor João Rui Rolim Fernandes Machado Lopes, Professor auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

## **Agradecimentos**

Desde o momento em que comecei a trabalhar nesta dissertação, várias foram as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para a concretização deste projeto, não poderia passar, sem deixar-lhes aqui, uma palavra de agradecimento.

Agradecer ao meu orientador Prof. Dr. João Rolim, por me acompanhar de perto durante toda a dissertação, desde o dia da escolha do tema até aos últimos pontos finais. A sua constante procura em enriquecer este trabalho e todo o conhecimento e métodos de trabalho que me transmitiu.

A sorte de ter como coorientador o Prof. Dr. José Luís Teixeira, com todo o seu conhecimento e experiência na área. Agradecer-lhe toda a ajuda e ensinamentos sobre o programa ISAREG.

Um muito obrigado ao Eng.º Daniel Montes por me ter permitido realizar a dissertação na sua exploração assim como utilizar os seus dados no desenvolvimento da mesma. Agradecer ao Eng.º Hilário Catronga toda a disponibilidade e tempo despendido comigo, aceder a todos os meus pedidos e esclarecer todas as minhas dúvidas.

Quero agradecer ao Eng.º António Ramos e à Aquagri, por me apresentar o Eng.º Daniel Montes, e por todos os dados e ajuda acerca da rega da exploração.

Ao Instituto Superior de Agronomia, por muito ter contribuído para minha formação, pelos amigos que me deu e pelas pessoas que cruzou no meu caminho. A todos os professores e funcionários desta grande instituição pelo conhecimento que me transmitiram.

Aos meus amigos de “sempre” e aos de “para sempre” que acompanham os meus passos.

Agradecer aos meus Pais e ao meu Irmão, foram eles que me deram a oportunidade de estudar, os meus princípios e os meus valores, e todas as bases para a minha formação enquanto homem. Um muito obrigado a toda a minha família, que perto ou longe, sempre me apoiou.

À Andreia por me dar a mão, e à sua família.

Obrigado Deus por tornares tudo isto possível.

## Resumo

A área de amendoal de regadio, sofreu um grande aumento nos últimos anos, na zona de influência do Alqueva. Tratando-se de uma cultura permanente e com registos de elevados consumos de água, torna-se importante avaliar as necessidades de rega de um amendoal intensivo nesta zona do país.

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar a condução de rega efetuada num pomar intensivo na região do Alentejo e propor um calendário de rega alternativo ao do produtor, com base na modelação do balanço hídrico do solo.

Este estudo realizou-se num amendoal da variedade “Vairo” no Monte das Carvoeiras, localizado nas proximidades da cidade de Beja. O amendoal tem uma área de 9,38 hectares, num compasso 7 x 6 m, e é regado por um sistema gota-a-gota com uma rampa de emissores por linha de cultura.

Utilizaram-se os calendários de rega da exploração nos anos de 2018 e 2019, e os dados da sonda capacitiva para o mesmo período, para a parametrização do modelo do balanço hídrico do solo ISAREG.

Parameterizado o modelo para as condições do local, e considerando um registo meteorológico para o período entre 2002 e 2019, realizaram-se três simulações que levaram à proposta de um calendário de rega alternativo para rega em conforto hídrico, e dois para rega deficitária, um aplicando 80 % das necessidades de rega no período intermédio e outro aplicando 60 %. Os valores obtidos de necessidades anuais de rega, foram de 410,2 mm para rega em conforto, 391,5 mm para 80 %, e 357,1 mm para 60 %.

Analisando a condução da rega realizada pelo produtor, verificou-se que esta é, na generalidade, feita de forma correta e parcimoniosa, procurando introduzir alguma percentagem de défice no período menos sensível ao stress hídrico. Contudo poderá existir ainda um pouco de drenagem, realizando-se algumas recomendações que procuram evitá-la.

**Palavras chave:** Amendoal intensivo, rega deficitária, necessidades hídricas, simulação do balanço hídrico do solo, evapotranspiração cultural

## Abstract

The irrigated area of almond orchards in the Alentejo region has presented a great increase in the recent years. As this is a permanent crop with records of high water consumptions, it is important to assess the irrigation requirements of the intensive almond orchards in this part of the country.

The objective of this study is to evaluate the irrigation scheduling performed in an intensive almond orchard in the Alentejo region, and to propose improved irrigation schedules, based on the modeling of the soil water balance.

The study was conducted on a “Vairo” intensive almond orchard, located at Monte das Carvoeiras, near the city of Beja. The almond orchard occupies an area of 9.38 hectares, with a spacing of 7 x 6 m, and is irrigated by a drip irrigation system, with a lateral line with drip emitters per crop line.

For the calibrating of the ISAREG soil water balance model were used the 2018 and 2019 irrigation schedulings performed by the farmer, alongside with the capacitive probe data for the same period.

After calibrating the model to the local conditions, was considered the meteorological data for the period between 2002 and 2019, to perform three simulations aiming to propose alternative irrigation schedules for irrigation with no stress, and for two deficit irrigation strategies, one applying 80% of the irrigation requirements in the mid-season period and the other applying 60%. The values obtained for annual irrigation requirements were 410.2 mm for no stress, 391.5 mm for 80% of irrigation requirements, and 357.1 mm for 60%.

Analyzing the irrigation scheduling performed by the producer, it was found that in general terms it was done properly, with some water deficit in the period less sensible to water stress. However, there may exist some drainage, and therefore it was suggested some recommendations to reduce it.

**Key-words:** Intensive almond orchard, deficit irrigation, crop water requirements, soil water balance simulation, crop evapotranspiration.

# Índice

<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisão bibliográfica.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 A cultura do amendoal .....</b>	<b>2</b>
2.1.1. A importância da cultura .....	2
2.1.2. A cultura da amendoeira .....	4
2.1.3. Fases do ciclo cultural.....	7
2.1.4. Métodos de condução do amendoal.....	11
<b>2.2. Rega do amendoal .....</b>	<b>13</b>
2.2.1. Necessidades de água das culturas e a sua estimativa.....	16
2.2.2. Balanço hídrico do solo .....	18
2.2.3. Rega deficitária no amendoal .....	21
2.2.4. Monitorização da água no solo.....	24
<b>3. Material e métodos .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1. Caracterização do local de estudo .....</b>	<b>26</b>
3.1.1. Monte das Carvoeiras.....	26
3.1.2. Características edafoclimáticas da região de estudo .....	27
3.1.3 Descrição do amendoal .....	30
<b>3.2. Modelação do balanço hídrico do solo .....</b>	<b>33</b>
3.2.1. Modelo ISAREG .....	34
3.2.2. Dados da cultura .....	35
3.2.3. Parametização do modelo.....	36
3.2.4. Definição de calendários de rega alternativos ao do produtor.....	37
3.2.5. Produtividade da água.....	38
<b>4. Resultados e discussão.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1. Análise preliminar dos dados da estação meteorológica do Monte das Carvoeiras....</b>	<b>39</b>
<b>4.2. Acompanhamento da cultura em 2020.....</b>	<b>42</b>
<b>4.3. Parametização do modelo.....</b>	<b>48</b>
<b>4.4. Proposta de calendário de rega alternativo ao do produtor .....</b>	<b>53</b>
4.4.1. Rega em conforto hídrico .....	53
4.4.2. Rega deficitária .....	55

<b>4.5. Análise do calendário de rega efetuado pelo produtor.....</b>	<b>59</b>
<b>5. Conclusões .....</b>	<b>62</b>
<b>6. Referências bibliográficas .....</b>	<b>63</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>68</b>

## Lista de Figuras

Figura 1 – a) Área de amendoal no mundo no ano de 2019; b) produção mundial de amêndoa no ano de 2019; Fonte: FAOSTAT, (2020) .....	3
Figura 2 - Evolução da área ocupada por amendoal no EFMA. Fonte: EDIA, (2019). .....	4
Figura 3 - Crescimento e desenvolvimento da amendoeira. Adaptado de (Ribeiro, 2018). ....	7
Figura 4- Excerto de estados fenológicos da amendoeira (Filipe, 1977).....	8
Figura 5 – Partes do fruto da amêndoa. Adaptado de Arquero, (2013).....	10
Figura 6 - Amêndoa na Fase II, crescimento do embrião. Adaptado de Flint (2002).....	11
Figura 7 – Bolbos molhados (bolbos húmidos) criados por um gotejador num solo de textura ligeira e num solo de textura pesada (Cameira, 2019).....	14
Figura 8 - Diferentes sistemas de rega do amendoal segundo Pou, (2004).....	14
Figura 9 – Uso mensal de água de um pomar adulto em plena produção sem cobertura vegetal e sem stress hídrico significativo numa das principais zonas climáticas de cultivo de amêndoa na Califórnia. Adaptado de Schwankl et al., (2018). .....	15
Figura 10 - Curva de distribuição do coeficiente cultural ao longo do ciclo de uma cultura anual. Adaptado de Allen et al., (1998). .....	17
Figura 11 - Esquema do balanço hídrico do solo. Fonte: Teixeira, 1994.....	19
Figura 12 - Coeficiente de stress hídrico. Adaptado de Allen et al., (1998).....	20
Figura 13 - Fases de desenvolvimento da amêndoa e os diferentes períodos de stress hídrico segundo Ribeiro, (2018) representados por a), b) e c) e segundo Doll, (2015) representados por I), II) e III). Adaptado de Micke, (1996). .....	23
Figura 14 - Exemplo de sonda capacitiva. Sonda EnviroSCAN (Sentek, 2020). .....	25
Figura 15 - Esquema do Monte das Carvoeiras. Adaptado de Google Earth. ....	26
Figura 16 - Normais climatológicas 1971/2000, temperatura do ar em Beja. Fonte IPMA (2020).....	27
Figura 17 - Normais climatológicas 1971/2000, precipitação em Beja. Fonte IPMA (2020). ..	28
Figura 18 - Termopluviograma com as precipitações médias mensais (P), e a média das temperaturas mensais média (Tmed), máxima (Tmax), e mínima (Tmin) para os anos de 2002 a 2019, para a estação meteorológica da Quinta da Saúde em Beja. ....	29
Figura 19 – Média mensal da evapotranspiração de referência, para os anos de 2002 a 2019, para a estação meteorológica da Quinta da Saúde em Beja. ....	29
Figura 20 - Esquema do setor de rega do amendoal “Vairo” do Monte das Carvoeiras (excerto). .....	31
Figura 21 - Distancia média de 50 cm entre a árvore e a rampa-de-rega. ....	31

Figura 22 – a) Charca da exploração abastecida por água do perímetro de rega de Alqueva. b) Casa de máquinas alimentada por energia fotovoltaica.....	32
Figura 23 - Linha e entrelinha de amendoal da variedade "Vairo", de compasso 7 x 6 m, do Monte das Carvoeiras. Fotografia de 27-02-2020.....	33
Figura 24 - Esquema genérico do programa ISAREG. Fonte: Teixeira (1994).....	34
Figura 25 - Análise dos dados de $ET_o$ entre a estação do Monte das Carvoeiras e a estação da Quinta da Saúde.....	39
Figura 26 - Diagrama de dispersão e reta de regressão linear da variável $ET_o$ .....	40
Figura 27 - Análise da Radiação Solar Global entre a estação do Monte das Carvoeiras e a estação da Quinta da Saúde. ....	40
Figura 28 - Diagrama de dispersão e reta de regressão linear da variável Radiação Solar Global.....	41
Figura 29 - a) Amendoeira florida, entre o estado fenológico F, “flores abertas” e o estado fenológico G, “queda das pétalas” em 27.02.2020; Cultura no estado fenológico I, “frutos jovens” em b) 12.03.2020, c) 26.03.2020 e d) 08.04.2020.....	43
Figura 30 - Amendoeira no estado fenológico J, “fruto desenvolvido” em a) 22.04.2020, b) 06.05.2020, c) 21.05.2020 e d) 04.06.2020. ....	44
Figura 31 - Amendoeira no estado fenológico J, “fruto desenvolvido” em a) 18.06.2020, b) 02.07.2020 e c) 17.07.2020; d) Amendoeira no estado fenológico K, “rotura do mesocarpo” em 30.07.2020. ....	45
Figura 32 – a) Cultura no dia da colheita. Amendoeira no estado fenológico L, “fruto maduro” em 20.08.2020; b) Cultura no estado fenológico A, “gomos dormentes” em 03.12.2020. ....	46
Figura 33 -Trator acoplado com vibrador telescópico, em posicionamento para a vibração, controlado por operador no terreno. Solo coberto por panos verdes de colheita. ....	47
Figura 34 – Máquina de limpeza acoplada a trator. Operação de separação da amêndoa com casca do mesocarpo. É visível os mesocarpos no chão e a amêndoa a ser encaminhada para o balde frontal do empilhador telescópico.....	47
Figura 35 – Resultado gráfico da simulação de balanço hídrico e dados do teor de água no solo para o ano de 2018, utilizando um fator de redução de 2,757. ....	48
Figura 36 - Resultado gráfico da simulação de balanço hídrico e dados do teor de água no solo para o ano de 2019, utilizando um fator de redução de 2,757. ....	49
Figura 37 - Abertura de trincheira perpendicular à linha de cultura e correspondente rampa de rega.....	51
Figura 38 - Sistema radical exposto pela abertura da trincheira. ....	51
Figura 39 – Necessidades de rega em conforto. ....	53
Figura 40 - Necessidades de rega deficitária em que se satisfazem 80 % das necessidades de rega.....	55

Figura 41 - Necessidades de rega deficitária em que se satisfazem 60 % das necessidades de rega.....	57
Figura 42 - Necessidades globais de rega em conforto hídrico considerando toda a parcela. ....	59
Figura 43 - Regas fornecidas pelo produtor nos anos de 2018 e 2019.....	60

## Lista de Quadros

Quadro 1 - Importações e exportações da Europa e de Portugal de amêndoa sem casaca em 2019. Fonte FAOSTAT, (2021b).....	3
Quadro 2 - Estados fenológicos da amendoeira. Adaptado de Aguiar et al., (2017). ....	9
Quadro 3 - Diferentes compassos de amendoal intensivo de regadio. Adaptado de (Iannamico, 2015).....	12
Quadro 4 - Efeito do déficit hídrico na amendoeira em 3 diferentes períodos. (Ribeiro, 2018). .....	22
Quadro 5 - Efeito do déficit hídrico em três diferentes períodos do crescimento do endosperma e do embrião. Adaptado de Doll, (2015). ....	22
Quadro 6 - Dados de entrada do solo Pardo Mediterrâneo no modelo ISAREG; (Cardoso, 1965).....	30
Quadro 7 - Fases do ciclo da amendoeira com base no caderno de campo dos anos 2018 e 2019. ....	35
Quadro 8 - Valores de $K_c$ médio mensal. Adaptado de (Schwankl et al., 2018). ....	36
Quadro 9 - Resultados da simulação do ano de 2018. ....	49
Quadro 10 - Déficit médio por mês no ano de 2018 durante o período de rega.....	49
Quadro 11 - Resultado da simulação do ano de 2019. ....	50
Quadro 12 - Déficit médio por mês no ano de 2019 durante o período de rega.....	50
Quadro 13 - Produtividade da água para os valores de amêndoa com casca e para os valores de miolo de amêndoa, no ano de 2018, 2019 e 2020. ....	52
Quadro 14 - Análise frequencial das necessidades anuais de rega em conforto. ....	54
Quadro 15 - Calendário alternativo para rega em conforto. Necessidades de rega médias para o período considerado (2002-2019), decendiais e totais mensais (mm) (NR úteis na faixa regada).....	55
Quadro 16 - Análise frequencial das necessidades anuais de rega deficitária com 80% das necessidades de rega. ....	56
Quadro 17 - Calendário alternativo para rega deficitária com 80 % das necessidades de rega. Necessidades de rega médias para o período considerado (2002-2019), decendiais e totais mensais (mm) (NR úteis na faixa regada). ....	57
Quadro 18 - Análise frequencial das necessidades anuais de rega deficitária com 60% das necessidades de rega. ....	58
Quadro 19 - Calendário alternativo para rega deficitária com 60 % das necessidades de rega. Necessidades de rega médias para o período considerado (2002-2019), decendiais e totais mensais (mm) (NR úteis na faixa regada). ....	59

## Lista de Abreviaturas:

BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemical Industry)

CC (capacidade de campo)

CE (coeficiente de emurchimento)

COTR (Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio)

EFMA (Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva)

EUA (Estados Unidos da América)

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

FDR (*frequency domain reflectometry*)

IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera)

IRTA (*Institut de Recerca i Tecnologies Agrolimentàries*)

PRD (*Partial Root-Drying*)

RDI (*Regulated Deficit Irrigation*)

SAGRA (Sistema Agrometeorológico para a Gestão da Rega no Alentejo)

SDI (*Sustained Deficit Irrigation*)

TDR (*time domain reflectometry*)

WRB (*World Reference Base for Soil Resources*)

## Lista de símbolos:

- $A_c$  - ascensão capilar (mm)  
 $D_r$  - drenagem profunda ou percolação (mm)  
 $E_s$  - evaporação a partir do solo (mm)  
 $P_e$  - precipitação efetiva (mm)  
 $R_g$  - rega (mm)  
 $R_n$  - radiação líquida na superfície da cultura (MJ/(m<sup>2</sup>.d))  
 $u_2$  - velocidade do vento a 2 m de altura (m/s)  
 $\theta_{cc}$  - teor de água no solo ao nível da CC (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>)  
 $\theta_{ce}$  - teor de água no solo ao nível do CE (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>)  
 $\theta_{LRFU}$  - teor de água no solo ao nível do LRFU (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>)  
ET<sub>c</sub> - evapotranspiração cultural (mm/d)  
ET<sub>c act</sub> - evapotranspiração cultural atual (mm/d)  
ET<sub>o</sub> - evapotranspiração de referência (mm/d)  
 $G$  - densidade do fluxo de calor do solo (MJ/(m<sup>2</sup>.d))  
 $K_c$  - coeficiente cultural (adimensional)  
 $K_l$  - fator de redução (adimensional)  
 $K_s$  - coeficiente de stress (adimensional)  
LRFU - limite da reserva facilmente utilizável (mm)  
NR - necessidades de rega (mm)  
 $p$  - fração facilmente utilizável (adimensional)  
 $R$  - volume de água útil armazenado na zona radical (mm)  
 $R^2$  - coeficiente de determinação (adimensional)  
RFU - reserva facilmente utilizável (mm)  
 $R_{min}$  - limite correspondente ao LRFU (mm)  
RU - reserva utilizável (mm)  
 $\gamma$  - constante psicrométrica (kPa/°C)  
 $\Delta$  - declive da curva de pressão de vapor (kPa/°C)  
 $\Delta S$  - variação do armazenamento de água no solo (mm)  
 $\Delta t$  - intervalo de tempo (dia)  
 $\Delta z$  - espessura da camada de solo (m)  
 $\lambda$  - calor latente de vaporização (MJ/kg)

## Introdução

Têm-se assistido nos últimos anos à plantação de grandes áreas de amendoal no Alentejo, estando esta cultura a assumir um papel de grande importância na região.

O amendoal é no Alentejo uma cultura permanente de regadio que é plantado maioritariamente em sistemas intensivos. As vastas áreas de plantação, associadas às elevadas necessidades hídricas desta planta, fazem com que esteja vulnerável a anos de seca (AJAP, 2017; Iannamico, 2015).

Verificamos que na sociedade são crescentes as preocupações ambientais, especialmente o consumo de água, que é um bem escasso. Esta cultura, dada a dotação aplicada, que pode chegar aos 7000 m<sup>3</sup>/ha na Península Ibérica (Iannamico, 2015), está sujeita a pressões no sentido de redução dos consumos de água. Assim é de grande importância caracterizar corretamente as necessidades de rega de uma cultura tão recente na região.

A cultura do amendoal é de elevado valor, com grande interesse económico para os agricultores que tentam obter dela os melhores rendimentos, o que, num cenário de pouca informação pode levar à aplicação de dotações erradas de água.

A junção destes dois fatores, o elevado consumo de água e o elevado rendimento da cultura, associados às grandes áreas existentes e ainda em crescimento na região do Alentejo, especialmente na zona de influência do Alqueva, faz com que a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre as necessidades de rega do amendoal seja cada vez maior.

Temos assim como objetivo da presente dissertação:

- i. Avaliar a condução da rega efetuada num amendoal intensivo na região do Alentejo;
- ii. Identificar os consumos e as produtividades da água atuais;
- iii. Propor calendários de rega alternativos ao do produtor, com base na modelação do balanço hídrico do solo, considerando diferentes estratégias de rega.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1 A cultura do amendoal

#### 2.1.1. A importância da cultura

O amendoal não é uma cultura tradicional no Alentejo. Em Portugal estava essencialmente centrada no Algarve e no Douro, mas alguns produtores viram o seu potencial, associado ao regadio, nesta região (Barbosa, 2016).

A amendoeira está distribuída um pouco por todo o mundo. No ano de 2019 verificamos que é na Europa que se encontra a maior área de plantação desta cultura, 38 %, e é o continente da Oceânia aquele que menor área desta cultura possui, 2 %. O continente Americano aparece apenas em terceiro lugar com 23 %, atrás ainda do continente Africano, 25 %. A Ásia detém 13 % da área mundial da cultura (FAOSTAT, 2021a) (Figura 1a). Espanha é o país com maior área de amendoal, 30 %, seguida dos Estados Unidos da América que têm na Califórnia 20 % da área mundial (Aguiar et al., 2017). Segundo a EDIA (2019a), em 2018 Portugal possuía 39642 ha de amendoal, estando destes, 9168 ha no Alentejo.

Quanto à produção de amêndoa com casca, segundo dados de 2019, o continente Americano produz 57 % da amêndoa do mundo enquanto a Europa produz 14 % desta (Figura 1b). São os Estados Unidos da América o país com maior expressão, representando 55% da produção mundial, seguido da Espanha, 10% e Irão, 5% (FAOSTAT, 2021a).

Quanto à produtividade média por hectare, encontram-se valores muito diferentes. Segundo as médias de 2017, 2018 e 2019, os EUA apresentam a maior produtividade com valores médios de 4026 kg/ha de amêndoa com casca. Com valores muito relevantes encontra-se ainda a Austrália com produtividades de 3977 kg/ha. Noutro nível de produtividade encontra-se a Europa com valores médios de 584 kg/ha. Espanha e Portugal registam respetivamente valores médios de 471 kg/ha e 691 kg/ha (FAOSTAT, 2021a). Estas evidentes diferenças de produtividade devem-se à disponibilidade de água para a cultura. Espanha apresenta 90 % da área de produção em sequeiro, enquanto os EUA e Austrália apresentam a cultura produzida em regadio (Aguiar et al., 2017). A idade dos amendoais na região norte de Portugal, maioritariamente com mais de 30 anos, assim como os solos marginais muitas vezes utilizados para o seu cultivo, contribuem também para a fraca produtividade observada em pomares de sequeiro em Portugal (Martins, 2014).

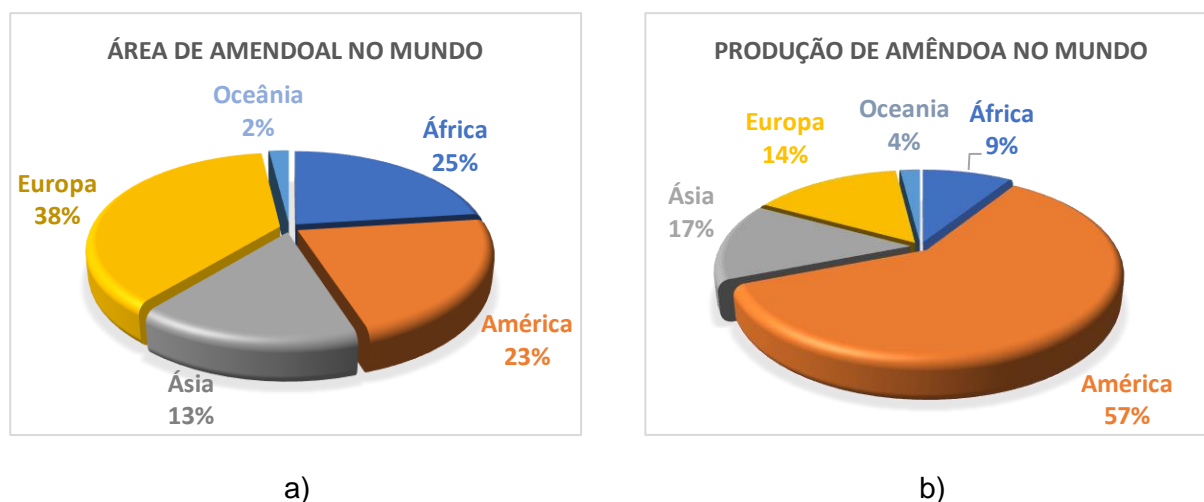


Figura 1 – a) Área de amendoal no mundo no ano de 2019; b) produção mundial de amêndoa no ano de 2019; Fonte: FAOSTAT, (2020)

A balança comercial apresenta em Portugal e na Europa valores negativos como é observável no Quadro 1 que apresenta as importações e exportações de amêndoa sem casca no ano de 2019.

Quadro 1 - Importações e exportações da Europa e de Portugal de amêndoa sem casaca em 2019. Fonte FAOSTAT, (2021b).

	Europa	Portugal
<b>Importação (ton)</b>	460446	3806
<b>Exportação (ton)</b>	189096	1150

A amêndoa foi, no final do sec. XIX uma das principais exportações portuguesas do sector agrícola. Era nas regiões quentes do interior Norte e no Algarve que esta cultura se encontrava abundantemente distribuída (Rodrigues et al., 2018).

Em Portugal a principal região produtora é Trás-os-Montes, seguida do Alentejo, que vê entrar em velocidade cruzeiro muitos dos amendoais plantados nos últimos anos, verificando-se assim o aumento da produção nesta região. No ano de 2020, houve uma redução da produção na região de Trás-os-Montes devido a dificuldades de floração/vingamento. Esta redução não se fez sentir significativamente a nível nacional dado o aumento da produção no Alentejo. Assim, as perdas de produção a nível nacional foram apenas de 5% em comparação com o ano de 2019, produzindo-se em média 0,8 toneladas por hectare (INE, 2020b). Na

última década foram instalados 4/5 dos amendoais da região do Alentejo, sendo estes de regadio. Este desenvolvimento da cultura na região contribuiu para aumentar a contribuição do Alentejo de 10% para 43% da produção nacional de amêndoa, entre o ano de 2015 e 2018 respetivamente. A produção global de 2020 foi de 30 mil toneladas, a segunda maior das últimas duas décadas, superada apenas pelas 34 mil toneladas de 2019 (INE, 2020a).

Na região de influência do Alqueva, mais especificamente no Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), houve uma evolução da área ocupada por amendoal, de 975 ha em 2015 para 11448 ha em 2019 (Figura 2). Sendo de destacar que houve um aumento de 35% de 2018 para 2019 (EDIA, 2018, 2019a).

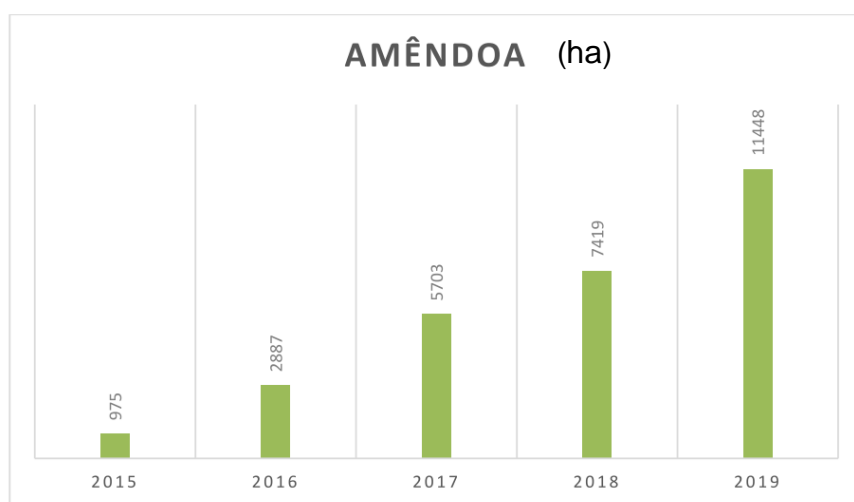


Figura 2 - Evolução da área ocupada por amendoal no EFMA. Fonte: EDIA, (2019).

### 2.1.2. A cultura da amendoeira

A amendoeira foi uma das primeiras árvores de fruto a ser domesticada, havendo registos do seu cultivo no Crescente Fértil com mais de 11000 anos. (Aguiar et al., 2017). Aos EUA chegou por volta de 1700, tendo desde então ocupado grande extensão no estado da Califórnia (Ladizinsky, 1999). Atualmente cultiva-se em todo o mundo, sendo contudo os países costeiros do mar Mediterrâneo e a América do Norte os maiores produtores (Agustí, 2014).

Floresce cedo, antes de todas as outras árvores de fruto, adquirindo assim uma importante estratégia para fugir ao efeito da falta de água no sucesso reprodutivo. Este fator, associado à sua fraca exigência em horas de frio para quebra de dormência e temperatura

relativamente baixa para desencadear o abrolhamento dos gomos, tornou esta árvore uma das importantes culturas da Península Ibérica. Por outro lado, esta precocidade faz com que a amendoeira esteja sujeita a geadas tardias, frio e chuvas que podem comprometer a produção (Aguiar et al., 2017).

A amendoeira, *Prunus dulcis*, foi classificada taxonomicamente pela primeira vez, pelo botânico inglês Philip Miller em 1768, sob o nome *Amygdalus dulcis*, posteriormente, o irlandês Webb em 1967, recombinau o nome no género *Prunus* (Aguiar et al., 2017).

É uma árvore de folha caduca, da família *Rosaceae*, que em situação de cultivo pode atingir 4 a 6 metros de altura e desenvolver um sistema radical até 4 metros de profundidade, quando em regime de sequeiro, em condições muito favoráveis ao desenvolvimento do sistema radical, e dependendo do porta-enxerto. As flores são hermafroditas, e as árvores, tradicionalmente auto-incompatíveis. Contudo, as variedades melhoradas, plantadas recentemente, são auto-férteis. (AJAP, 2017).

A amendoeira tradicional é uma árvore muito rustica, fazendo com que se consiga adaptar a grandes variações de temperaturas, a longos períodos de seca e até a cultivo em solos pobres. Contudo, nestas condições, a sua produtividade vai ser muito reduzida (Salazar & Melgarejo, 2002).

A temperatura ótima para a atividade fotossintética encontra-se entre os 25°C e os 30°C, verificando-se considerável redução desta para temperaturas inferiores a 15°C e superiores a 35°C. A necessidade de horas de frio, isto é, a quantidade de horas abaixo dos 7°C para que se inicie corretamente o período vegetativo, varia entre 100 e 400 horas, dependendo da variedade, não sendo considerada uma cultura exigente em horas de frio. Aquando o repouso invernal a amendoeira é muito resistente ao frio, suportando temperaturas de -15°C. Esta situação não se verifica quando já houve o desenvolvimento de alguma parte vegetativa, aí é bastante suscetível a geadas, sendo de primordial importância, selecionar uma variedade em que o período de maior risco não coincida com o possível risco de geadas na região (AJAP, 2017).

Em termos de necessidades hídricas a amendoeira pode ser plantada num regime de sequeiro em regiões em que a pluviosidade se encontre entre os 300 mm e os 600 mm por ano. Contudo, o clima Mediterrâneo é caracterizado pela falta de água nos meses de maior necessidade da cultura (junho, julho e agosto), pelo que as produtividades são largamente beneficiadas pela implementação de rega. Hoje em dia, as variedades cultivadas são enxertadas em porta-enxertos desenvolvidos para regadio, apresentando assim uma reduzida tolerância ao défice hídrico (AJAP, 2017).

A amendoeira prefere solos franco-arenosos, produzindo também em solos francos. Solos muito pesados podem levar a problemas de encharcamento, algo prejudicial para a amendoeira uma vez que se trata de uma árvore sensível à asfixia radical, e muito sensível a doenças como *Armillaria* e *Phytophthora* (fungos) (AJAP, 2017). Esta cultura requer solos com uma profundidade mínima de um metro e com boa drenagem e permeabilidade. Quando isto não se verifica é possível instalar a cultura em camalhões (Iannamico, 2015).

Na atualidade existem muitas variedades de amendoeira, resultantes dos mais variados cruzamentos. Antes da instalação de um amendoal, deve realizar-se um estudo para que se encontre a variedade mais adequada à região e às condições em que a cultura vai ser produzida, uma vez que, entre variedades, variam fatores como o período de floração, a auto-fertilidade e o período de maturação do fruto (Oliveira, 2019).

Existem muitas variedades de amendoeira que se podem dividir em variedades de casca dura, exemplo de “*Marona*”, “*Largueta*”, “*Planeta*”, “*Mallorca*”, “*Valencias*”, “*Ferraduel*”, “*Antoñeta*”, “*Ferragnes*”, “*Desmayo*”, e variedades de casca mole, exemplo de “*Mollares*”, “*Fitas*” e “*Guara*” (EDIA, 2019a). É de referir o *Institute of Agrifood Research and Technology* (IRTA- *Institut de Recerca i Tecnologies Agrolimentàries*) situado na Catalunha, que desenvolveu diferentes variedades, com diferentes adaptações, como a resistência a doenças e boa resposta produtiva, das quais se destacam “*Vairo*”, “*Constantí*”, “*Marinada*”, “*Tarraco*”, “*Masbovera*”, “*Glorieta*” e “*Francolí*” (Vargas et al., 2009).

A variedade utilizada neste estudo, “*Vairo*”, foi obtida no IRTA através do cruzamento entre (“*Primorskij*” x “*Cristomorto*”) e “*Lauranne*”. (Aguiar et al., 2017). É uma variedade de casca dura, floração tardia e grande capacidade produtiva dada a sua notável intensidade de frutificação e vigor, associada ao fato de ser auto-fértil com um bom nível de autogamia. Origina uma árvore fácil de formar e podar, com um bom calibre de fruto e tolerante à seca, ao fungo “*Fusicoccum*” e à “*Mancha Ocre*”. Para favorecer a polinização cruzada pode associar-se com a variedade “*Constantí*” ou outras variedade com data de floração similar (“*Glorieta*”, “*Francolí*”, “*Guara*”, entre outras) (Vargas et al., 2009).

Os pomares de amendoeiras têm uma vida útil de vinte a vinte e cinco anos, a sua plantação faz-se desde a primavera até outubro e começam a produzir a partir do terceiro ano, e atingem uma velocidade de cruzeiro a partir do quinto (Barbosa, 2016). A colheita é realizada no final do verão, sendo que o facto desta colheita ser temporalmente desfasada da colheita da azeitona, e em termos práticos muito parecida com esta, fez com que a sua recetividade no Alentejo fosse ainda maior (Freire, 2015).

A instalação de um pomar em sistema intensivo, pode chegar hoje em dia aos 7000 €/ha. Os custos com a cultura variam um pouco de produtor para produtor, sendo cerca de 2500 € ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>. Os ganhos líquidos por ano são cerca de 3000 € ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> (Freire, 2015).

### 2.1.3. Fases do ciclo cultural

A amendoeira é uma árvore que tem o seu ciclo vegetativo anual dividido em duas fases, o repouso invernal, correspondente ao período entre a queda das folhas e o início da atividade vegetativa, e o período de atividade vegetativa, que tem início no fim do inverno com os primeiros sinais de atividade, até à queda das folhas. Esta última compreende períodos como a floração, o crescimento e enchimento do fruto, crescimento dos ramos jovens, crescimento do tronco e acumulação de reservas (Figura 3). É também nesta fase que se diferenciam os vários órgãos, assistindo-se aos diferentes estados fenológicos da amendoeira. (AJAP, 2017; Ribeiro, 2018).

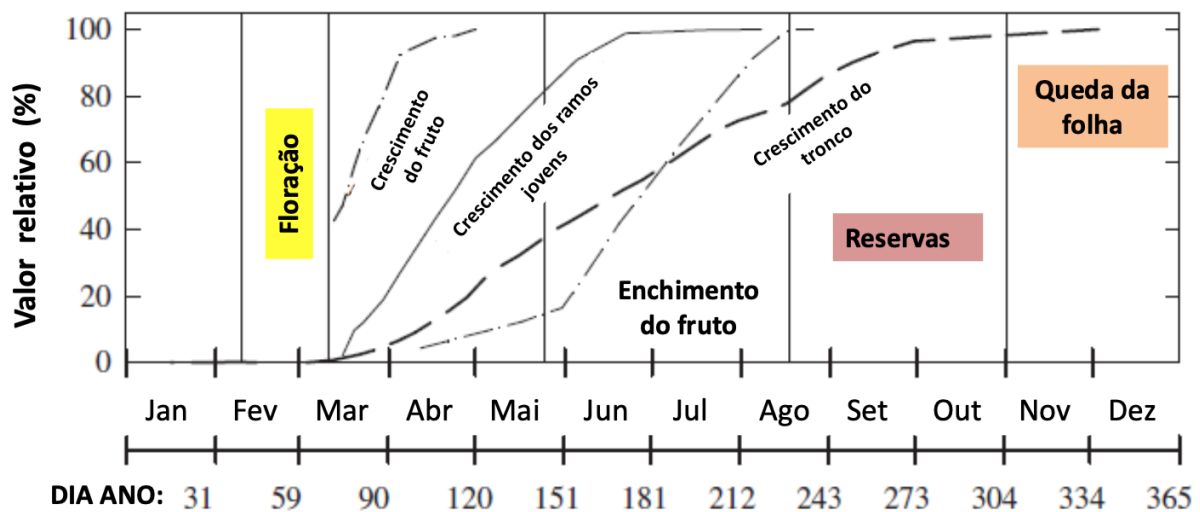


Figura 3 - Crescimento e desenvolvimento da amendoeira. Adaptado de (Ribeiro, 2018).

O conhecimento dos estados fenológicos de uma cultura tem grande utilidade. Permite comparar datas de floração entre variedades, identificando compatibilidades entre cultivares, permite definir datas para tratamentos fitossanitários, ou até projetar datas de colheita (Aguiar et al., 2017; Pou, 2004; Salazar & Melgarejo, 2002).

A escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemical Industry) veio suprir a necessidade de existência de uma escala que normalizasse os estados fenológicos de forma a ser aplicada a plantas com flor em todo o mundo, tornando universal a linguagem fenológica. Na amendoeira estes estados são observados nos gomos florais e posteriormente nas flores. Esta escala utiliza um sistema decimal, de 0 a 9, para codificar os estados fenológicos principais. Posteriormente os estados fenológicos principais são subdivididos em estados fenológicos secundários, estes também escalonados de 0 a 9, que codificam a categoria ou percentagem de desenvolvimento de um estado fenológico principal (Meier et al., 1998).

Para a amendoeira em particular, foi desenvolvida uma escala por Felipe (1977), em que, utilizando uma linguagem de A a L, reconheceu 12 estados de desenvolvimento fenológico da amendoeira (Figura 4) (Felipe, 1977).

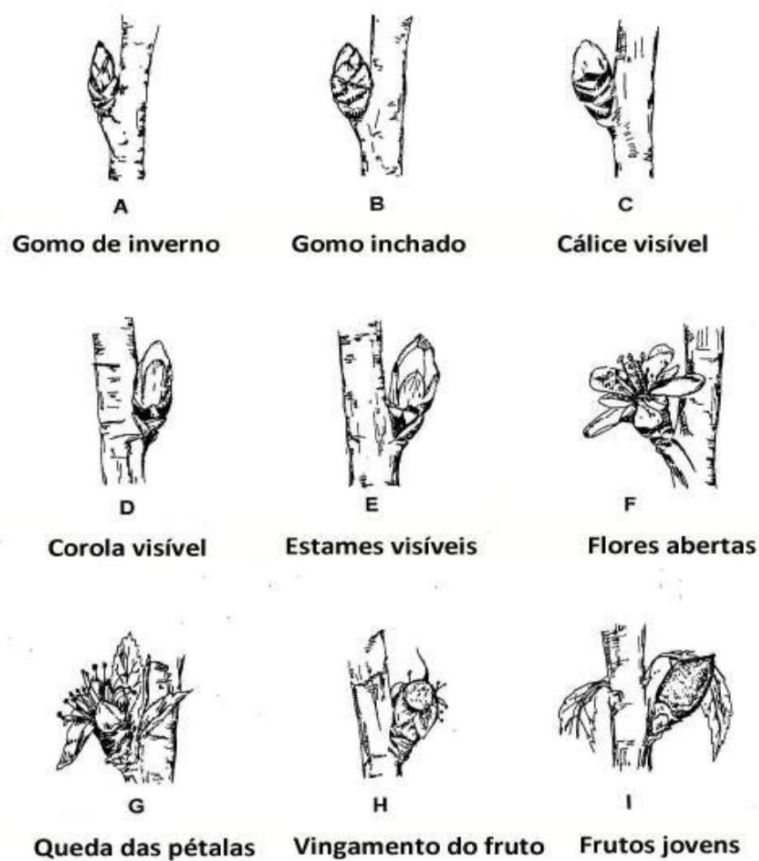


Figura 4- Excerto de estados fenológicos da amendoeira (Filipe, 1977).

É possível estabelecer uma relação entre as duas escalas anteriormente mencionadas (Quadro 2).

Quadro 2 - Estados fenológicos da amendoeira. Adaptado de Aguiar et al., (2017).

<b>Estado fenológico (Felipe, 1977)</b>	<b>Correspondência na escala BBCH (Meier et al., 1998)</b>
A – Gomos dormentes / gomos de inverno	00 - Dormência
B – Gomos intumescidos / gomos inchados	01 – Início do intumescimento dos gomos
C – Cálices visíveis (ponta verde)	55 – Flores visíveis
D – Corolas visíveis (ponta rosa)	57 – Sépalas abertas, pétalas visíveis
E – Estames visíveis	Sem correspondência
F – Flores abertas (floração ou antese)	65 – Plena floração (pelo menos 50% das flores abertas)
G – Queda das pétalas	69 – Fim da floração: todas as pétalas caíram
H – Vingamento do fruto	71 – Queda dos frutos não vingados (crescimento do ovário)
I – Frutos jovens	75 – Frutos com 50% do tamanho final
J – Fruto desenvolvido	81 – Frutos com o tamanho definitivo
K – Rotura do mesocarpo	87 – Fruto deiscente
L – Fruto maduro	89 – Fruto maduro
Sem correspondência	97 – Todas as folhas caíram

O início da atividade vegetativa é marcado pelo inchar dos gomos florais, que levam à separação dos catáfilos, que se destacam da árvore aquando da emergência das flores. A flor desenvolve-se e surgem os seus órgãos, primeiro o cálice, seguido da corola e por fim os estames. A flor abre-se, expondo aos agentes polinizadores os órgãos sexuais. Embora no amendoal a plena floração corresponda a uma data exata, pode haver flores abertas por um período de 2 a 3 semanas. Terminada a floração o estilete e os estames secam e as pétalas caem (Aguiar et al., 2017). A floração é um período de grande importância uma vez que, consoante o número de flores produzidas, e a percentagem destas que é polinizada com sucesso, irão verificar-se maiores ou menores produções de amêndoa (Steduto et al., 2012).

De seguida vem o vingamento, este é o período em que se inicia a diferenciação dos frutos. Há um aumento de volume a nível do ovário que leva à rotura do cálice que acaba por cair. O vingamento está diretamente dependente do sucesso da polinização, fecundação e condições climáticas (Aguar et al., 2017).

O crescimento inicial do fruto ocorre, em grande parte, ao mesmo tempo que o crescimento das folhas e ramos jovens (Figura 3), isto faz com que, exista competição pelos recursos da árvore, essencialmente carboidratos. Assim, em anos de alta floração e frutificação, o crescimento de ramos jovens é menor (Goldhamer & Girona, 2012).

O fruto é uma drupa de forma ovoide-oblonga, constituída pelo exocarpo e mesocarpo, juntos formam a camada que mais tarde se irá destacar do restante fruto. Mais internamente encontramos o endocarpo a que comumente chamamos de casca e por fim encontramos a semente, formada pelo tegumento e embrião. É esta a parte comestível que comumente chamamos de miolo (Figura 5). O tegumento pode apresentar diferentes tons de castanho (AJAP, 2017; Arquero, 2013).

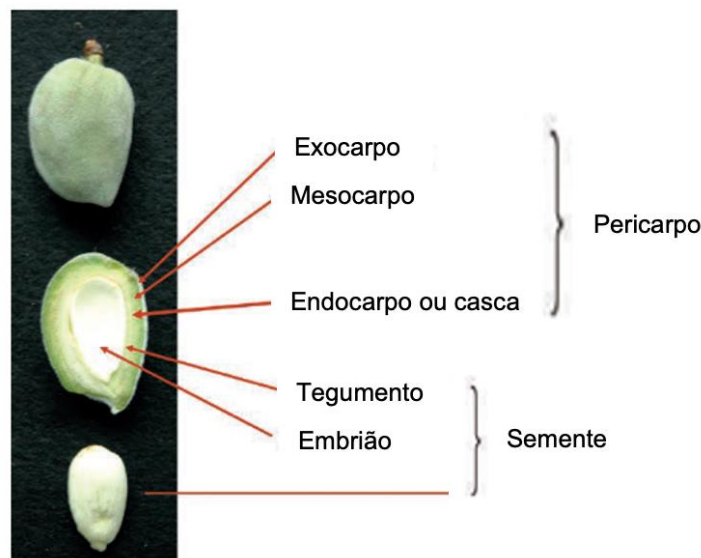


Figura 5 – Partes do fruto da amêndoa. Adaptado de Arquero, (2013).

O desenvolvimento do fruto divide-se em três fases, crescimento do fruto, crescimento do embrião e aumento do peso da semente. A primeira fase é marcada por um rápido crescimento do fruto, mas é na segunda fase, crescimento do embrião, que a semente é preenchida, correspondendo à parte comercialmente valorizada. Aqui, o embrião desenvolve-se envolto num tecido aquoso, o endosperma (Figura 6). A última fase é essencialmente caracterizada pela acumulação de matéria seca na semente (Goldhamer & Girona, 2012).

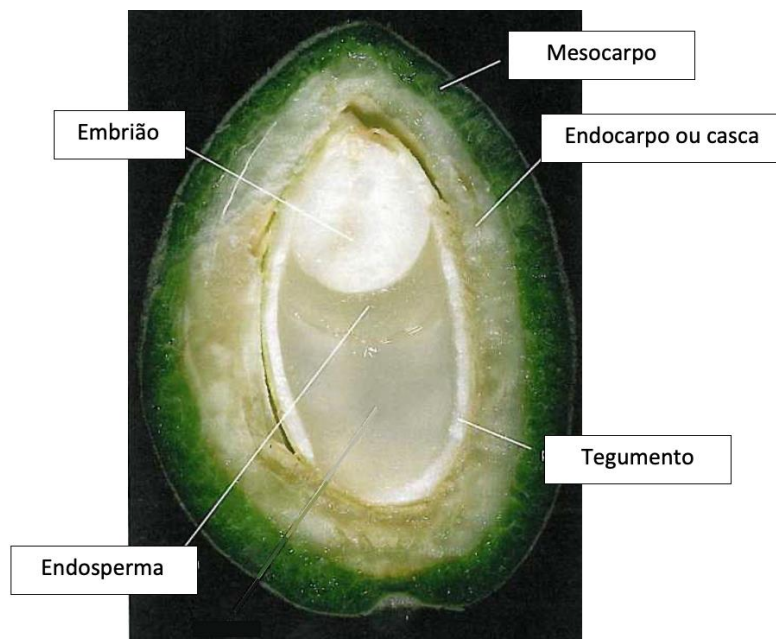


Figura 6 - Amêndoa na Fase II, crescimento do embrião. Adaptado de Flint (2002).

Quando o fruto atinge o tamanho final, dá-se a lenhificação do endocarpo. A fase final de desenvolvimento do fruto, a maturação, inicia-se com a desidratação do mesocarpo, que leva ao rompimento deste e exposição do caroço. Na maturação há um desprendimento do mesocarpo do endocarpo e o pedúnculo seca, isto faz com que o fruto se desprenda facilmente da árvore (Aguiar et al., 2017).

#### 2.1.4. Métodos de condução do amendoal

Em Portugal a amendoeira tem uma ampla tradição na região de Trás-os-Montes, nomeadamente nos vales e encostas do Douro Superior. A cultura desenvolveu-se nesta região, dada a sua boa aptidão às condições edafoclimáticas aqui encontradas. Dava uma boa resposta às difíceis condições existentes para o sequeiro. A cultura era aqui conduzida, essencialmente, em vaso. Contudo não se verificou um acompanhar da evolução da cultura que foi vendo as suas produções aumentar em outros países que apresentavam melhores condições edafoclimáticas e utilizavam variedades e métodos culturais mais evoluídos (Mantas et al., 1994).

O método tradicional, em sequeiro, era muito utilizado, sendo necessário plantar com espaçamento suficiente para a árvore conseguir explorar um volume de solo que permitia

satisfazer as suas necessidades hídricas e nutricionais. Assim, era frequente o uso de compassos 7 x 10 m, pois não era recomendável ultrapassar uma densidade de 150 árvores/ha (Arquero, 2013; Salazar & Melgarejo, 2002).

Os amendoais plantados hoje em dia, são na sua generalidade amendoais de regadio, isto permitiu evoluir na forma do desenho de plantação, aumentando a densidade de árvores por hectare.

Iannamico (2015) distingue três categorias de compasso para o amendoal de regadio (Quadro 3).

*Quadro 3 - Diferentes compassos de amendoal intensivo de regadio. Adaptado de (Iannamico, 2015).*

<b>Compasso de plantação</b>	
<b>Densidade baixa</b>	Desde 7 x 6 m (238 plantas/ha) até 6 x 5 m (333 plantas/ha)
<b>Densidade médio-alta</b>	5 x 5 m (400 plantas/ha); 6 x 4 m (416 plantas/ha); 5 x 4 (500 plantas/ha)
<b>Densidade muito alta</b>	Desde 4,5 x 2,5 m (888 plantas/ha) até 4 x 1,5 m (1666 plantas/ha)

Ao aumentar a densidade de plantação da cultura, vai haver uma antecipação da entrada em produção da mesma, assim como a chegada à plena produção. O aumento de densidade de plantação leva a um aumento de captação de radiação luminosa que está intimamente relacionada com o aumento produtivo da cultura (Iannamico, 2015).

Por outro lado, uma maior densidade de árvores, aumenta os custos de implantação da cultura, favorece a incidência de doenças e reduz a vida útil da plantação (Pou, 2004).

É importante a realização de um estudo para a tomada de decisão sobre o espaçamento e densidade de plantação da cultura, pois há que ter em conta diferentes fatores como as condições ambientais, o potencial de desenvolvimento vegetativo da variedade escolhida e as características da maquinaria que vai ser utilizada para os tratamentos culturais (Salazar & Melgarejo, 2002).

Para plantações intensivas, é importante escolher material vegetal que não seja excessivamente vigoroso, para evitar o ensombramento entre árvores e manter a entre linha com espaçamento suficiente para a passagem de maquinaria. Para que isto aconteça deve

garantir-se um espaçamento entre linhas de 7 a 8 metros, e entre árvores de 5 a 6 metros. O sistema de condução mais utilizado neste caso é o sistema em vaso (Pou, 2004).

Desde há alguns anos, a cultura do amendoal, surgiu também associada a uma plantação de muito alta intensidade, superior a 1000 árvores/ha, o chamando amendoal superintensivo ou amendoal em sebe. Aqui, há que escolher variedades com porta enxerto pouco vigoroso, e as árvores devem ser conduzidas em eixo central, de forma a facilitar a apanha que se vai realizar com colhedoras cavalgadoras (Iannamico, 2015).

É desaconselhado o aumento de densidade de uma plantação, isto é, a introdução de árvores novas entre árvores de mais idade. Isto fará que as árvores novas levem muitos anos a se desenvolver pois sofrem a competição das árvores mais velhas já presentes no terreno, para além de dificultar a gestão da plantação (Arquero, 2013).

## **2.2. Rega do amendoal**

Apesar da amendoeira ser uma árvore adaptada a condições de sequeiro, beneficiada pela profundidade e complexidade do seu sistema radical, e pela capacidade de resistência à dessecação por parte das suas folhas, o regadio melhora consideravelmente o rendimento desta espécie. O processo de fotossíntese está diretamente relacionado com a água e o CO<sub>2</sub>, utilizados pela planta. As árvores respondem fisiologicamente à falta de água e a maioria dessas respostas traduz-se na redução do crescimento e da produtividade (Pou, 2004; Salazar & Melgarejo, 2002).

Contudo, foram desenvolvidos alguns trabalhos sobre a utilização de rega deficitária em pomares de amendoeiras e os resultados foram positivos. Como veremos na Secção 2.2.3, há momentos do ciclo em que é mais importante a aplicação de água, como o período compreendido entre o pós-vingamento e o fim do crescimento do fruto, e o período após a colheita. E outro em que a cultura tolera melhor o stress hídrico, período compreendido entre o fim do crescimento do fruto e a colheita (Doll, 2015; Ribeiro, 2018). A rega nos momentos cruciais está associada a aumentos de produção.

Tal como o défice pode ser prejudicial, também o excesso o é, assim, o excesso de água provocado por elevada precipitação ou por rega em excesso, pode levar a problemas de asfixia radical e ao desenvolvimento de doenças a nível do sistema radical e do tronco, assim como perda de qualidade gustativa e organoléptica da amêndoa (Pou, 2004; Salazar & Melgarejo, 2002).

Segundo Lopez et al., (1997) a distribuição de raízes é coincidente à distribuição de humidade no solo, com aumento da densidade na zona molhada. Assim sendo, há a necessidade, de procurar desenvolver um bolbo húmido que satisfaça as necessidades hídricas da planta, e a leve a desenvolver o seu sistema radical (Figura 7) (Andreu, Hopmans, & Schwankl, 1997).

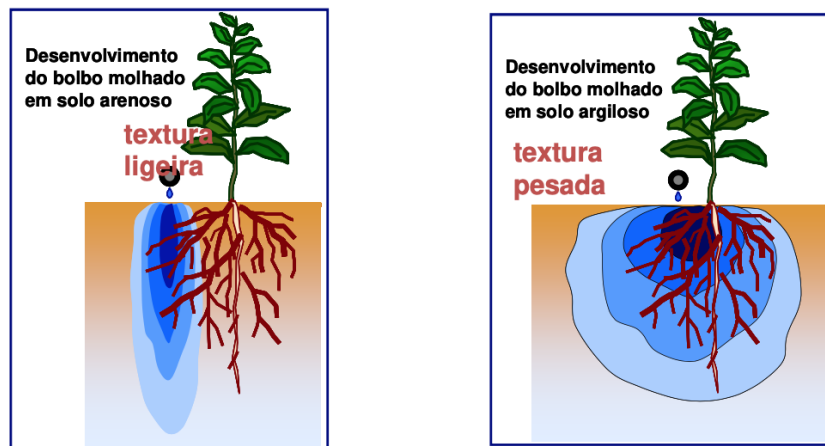


Figura 7 – Bolbos molhados (bolbos húmidos) criados por um gotejador num solo de textura ligeira e num solo de textura pesada (Cameira, 2019).

Segundo Pou, (2004) os sistemas de rega utilizados em amendoal, na Califórnia, e na Bacia Mediterrânea podem ser divididos em dois grandes grupos (Figura 8).

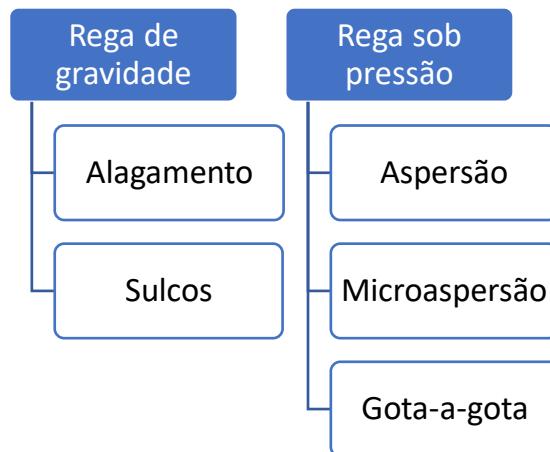


Figura 8 - Diferentes sistemas de rega do amendoal segundo Pou, (2004).

Pode-se chamar rega localizada, quando a água é aplicada com frequência, em pequenos volumes, e com pressão reduzida, nos locais do terreno em que se encontram as raízes. Este tipo de rega é classificado em gota-a-gota, micro-aspersão, rega por alagadores e rega sub-superficial (I. Oliveira, 2011; Pereira, 2004).

O sistema de rega mais utilizado no amendoal é o sistema gota-a-gota. Seja de linha simples ou linha dupla. Este sistema é assim chamado por ser um método que aplica a água de rega de uma forma lenta e pontual, sob a forma de gotas, em lugares previamente fixados e por intermédio de emissores, comumente chamados de gotejadores. Estes gotejadores são uniformemente distribuídos ao longo dos ramais (Oliveira, 2011).

A água saída do gotejador, vai distribuir-se no solo à volta deste, de acordo com um determinado padrão de humedecimento. É por isso muito importante a localização dos gotejadores que irão influenciar a planta no desenvolvimento do seu sistema radical (Franco et al., 2000).

O sistema de rega gota-a-gota é muito utilizado em zonas de escassez de água e baixa fertilidade uma vez que têm uma eficiência de aplicação na ordem dos 85% a 95% e opera a baixa pressão, não necessitando de grandes volumes de água. Tem uma instalação relativamente cara, contudo é um sistema muito automatizado. Com uma pressão de água adequada, proporciona uma rega uniforme em toda a parcela (Oliveira, 2011).

Quanto às dotações a ser aplicadas no amendoal, não existe consenso nem um valor bem definido. Em Portugal, segundo EDIA (2019) devem ser aplicadas dotações de 4500 - 5500 m<sup>3</sup>/ha, já segundo AJAP (2017) os valores a aplicar são de 5000 - 6000 m<sup>3</sup>/ha, por fim, segundo Iannamico (2015) deve-se aplicar 6000 – 7000 m<sup>3</sup>/ha.

Na Califórnia os sistemas maioritariamente utilizados são o sistema de rega por inundação, com volumes de 10000 m<sup>3</sup>/ha, e por micro-aspersão, com volumes de 7000 m<sup>3</sup>/ha (Pou, 2004). É comum aplicarem-se valores superiores a 9000 m<sup>3</sup>/ha, chegando a regar-se 12000 m<sup>3</sup>/ha (Figura 9), (Queirós, 2020).

Verifica-se que consoante o sistema de rega utilizado, o compasso utilizado e as estratégias de rega, vão existir diferentes recomendações para os volumes de rega a aplicar.

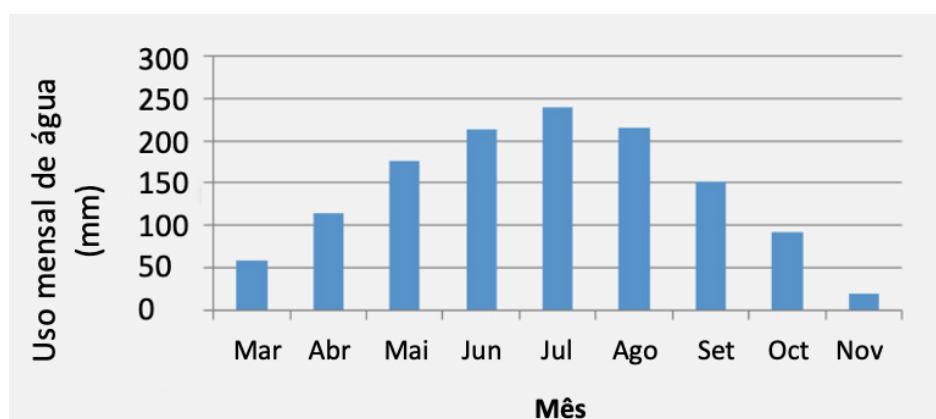


Figura 9 – Uso mensal de água de um pomar adulto em plena produção sem cobertura vegetal e sem stress hídrico significativo numa das principais zonas climáticas de cultivo de amêndoa na Califórnia. Adaptado de Schwankl et al., (2018).

### 2.2.1. Necessidades de água das culturas e a sua estimativa

De acordo com Pereira (2004), a necessidade de água de uma cultura corresponde à procura evapotranspirativa dessa cultura em determinado ambiente, e recebendo determinados tratamentos culturais. A evapotranspiração das culturas ( $ET_c$ ) é a soma da transpiração das plantas (T) com a evaporação da água do solo (E).

$$ET_c = T + E \quad (1)$$

A evapotranspiração cultural pode calcular-se da seguinte forma:

$$ET_c = K_c ET_o \quad (2)$$

Onde  $ET_o$  define-se como a taxa de evapotranspiração de uma cultura de referência hipotética, a qual se assume ter uma altura de 12 cm, uma resistência de superfície constante ( $70 \text{ s m}^{-1}$ ) e um albedo também constante (0.23), semelhante à evapotranspiração de um coberto extenso de relva verde de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e bem abastecido de água (Allen et al., 1998). A  $ET_c$  representa a evapotranspiração de uma determinada cultura que não a de referência, em qualquer estado de desenvolvimento do seu ciclo, sendo influenciada pela fase do ciclo da cultura, pela quantidade e frequência do humedecimento da superfície do solo, e por fatores ambientais e de gestão da parcela (Allen et al., 1998; Doorenbos & Pruitt, 1977). O  $K_c$  é o coeficiente cultural, adimensional, que têm em conta as características de uma dada cultura, num momento específico do seu estado vegetativo, e para um dado teor de humidade do solo (Oliveira, 2011).

Há diferentes métodos para determinar a evapotranspiração. Esta pode obter-se através de métodos diretos, como a depleção de água no solo, o uso de lisímetros, e através do método das flutuações instantâneas. Estes métodos, dado a sua complexidade e custo, são utilizados maioritariamente em investigação ou para calibrar os métodos indiretos. Estes últimos são métodos estimados, mais fáceis de utilizar, que têm por base dados climáticos (Oliveira, 2011).

A equação de FAO-Penman-Monteith (Allen et al., 1998), é o método indireto, mais recomendado, para obter por estimativa o valor de  $ET_o$ . (I. Oliveira, 2011).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (3)$$

onde  $ET_o$  corresponde à evapotranspiração de referência, em mm/d;  $R_n$  à radiação líquida à superfície da cultura, em MJ/(m<sup>2</sup>.d);  $G$  à densidade do fluxo de calor do solo, em MJ/(m<sup>2</sup>.d);  $T$  à média da temperatura do ar a 2 m de altura, em °C;  $u_2$  à velocidade do vento a 2 m de altura, em m/s;  $(e_s - e_a)$  ao déficit da pressão de vapor medido a 2 m de altura, em kPa;  $\Delta$  ao declive da curva de pressão de vapor, em kPa/°C;  $\gamma$  à constante psicrométrica, em kPa/°C; 900 ao coeficiente para a cultura de referência ( $kJ^{-1} kg K$ ); 0,34 ao coeficiente de vento para a cultura de referencia em  $kJ^{-1} kg K$ ; 0,408 ao valor para  $1/\lambda$  com  $\lambda$  (calor latente de vaporização) = 2,45 MJ/kg.

A cultura desenvolve-se, levando à variação do valor de  $K_c$  ao longo do ciclo da cultura, culminado na senescência e maturação das plantas, podendo-se observar na Figura 10 uma representação esquemática da curva de  $K_c$  para uma cultura anual. Durante este período também a fração de cobertura da superfície do solo pela vegetação sofre alterações. Uma vez que o  $K_c$  varia essencialmente com as características da cultura, e pouco com a variação dos fatores climáticos, permite que estes valores seja transferidos e utilizados noutra local (Oliveira, 2011).

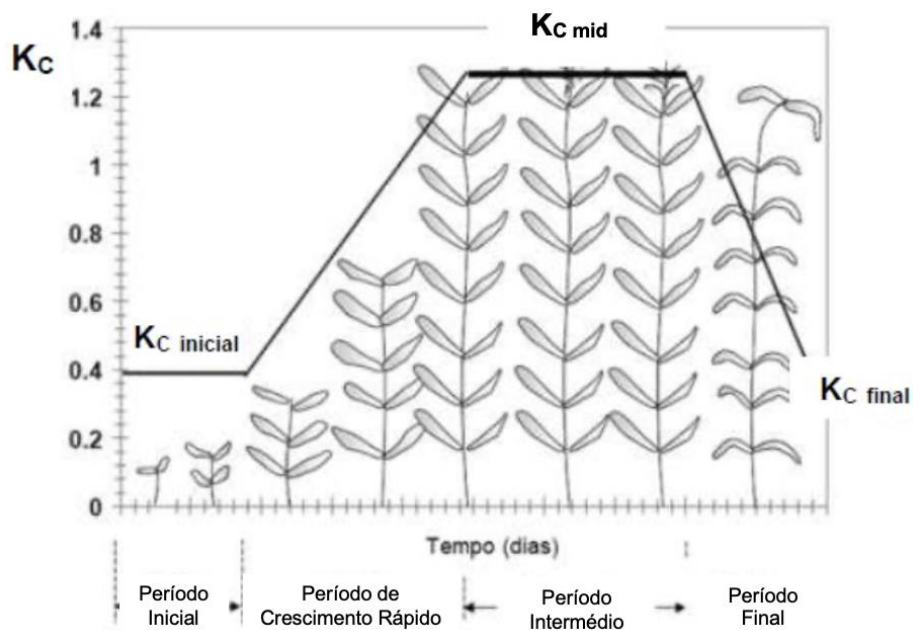


Figura 10 - Curva de distribuição do coeficiente cultural ao longo do ciclo de uma cultura anual. Adaptado de Allen et al., (1998).

Assim, obtendo  $K_c$  através de valores tabelados (ajustados para as condições climáticas do local tendo em conta os valores da humidade relativa mínima e a velocidade do vento) e  $ET_o$  através do método de FAO-Penman-Monteith, recorrendo à equação (2)  $ET_c = K_c ET_o$ , irá obter-se o valor de  $ET_c$ , essencial para o cálculo das necessidades de rega.

As necessidades de rega (NR), correspondem à quantidade de água que é necessário fornecer através da rega para satisfazer a parte das necessidades hídricas da cultura ( $ET_c$ ) que não são fornecidas pela precipitação. Contudo, há um grande conjunto de movimentos de água no solo que pode influenciar este valor, tal como veremos no seguinte ponto (Figura 11).

Na programação e condução da rega, não só a quantidade de água a aplicar, mas também o momento do ciclo da cultura em que se aplica, assim como o modo de aplicação, são fatores a ter em conta na hora de regar, sendo por isso necessário a realização do balanço hídrico do solo (Pereira, 2004; Teixeira, 1994).

### **2.2.2. Balanço hídrico do solo**

A determinação das necessidades de rega das plantas deve fazer-se a partir de balanços hidrológicos do solo adequados. Estes balanços, relativos a um local, obtêm-se a partir da conjugação entre os valores de precipitação e da evapotranspiração, tendo em conta a capacidade de armazenamento de água no solo, e da eventual contribuição de água do lençol freático (Raposo, 1996).

Para poder adequar uma rega a uma cultura e às condições do solo existentes, é preciso conhecer e analisar os movimentos hídricos no solo, na zona do sistema radical. A condução da rega deverá ser entendida como a combinação ótima entre as necessidades hídricas da cultura, as características do solo, tanto como meio de transporte, como de armazenamento de água, e a operação de rega, com as suas condicionantes técnico-económicas (Pereira, 2004).

A equação geral do balanço hídrico na zona de enraizamento, para um intervalo de tempo  $\Delta t$  (dias) e para uma camada de solo de espessura  $\Delta z$  (m), correspondente à zona de enraizamento, é dada por:

$$\Delta S = (P_e + R_g + A_c) - (E_s + D_r + ET_c) \quad (4)$$

sendo  $\Delta S$  a variação do armazenamento de água no solo (mm);  $P_e$  a precipitação efetiva (mm);  $R_g$  a dotação de rega (mm);  $A_c$  a ascensão capilar (mm);  $E_s$  o escoamento superficial (mm);  $D_r$  a drenagem profunda ou percolação (mm) e  $ET_c$  a evapotranspiração cultural (mm) (Pereira, 2004).

Pode chamar-se reserva utilizável (RU) de água no solo, à lâmina de água correspondente à quantidade de água retida até à profundidade radical, isto é, a água que está disponível no solo para ser utilizada pela planta. A reserva facilmente utilizável (RFU), por sua vez, é aquela que a planta utiliza sem afetar a sua produção. Assim, considera-se que uma rega em conforto hídrico, é uma rega que tem como objetivo repor os níveis da RFU, para que não haja diminuição de produção. Já o défice hídrico ocorre quando o teor de água no solo é inferior ao limite da reserva facilmente utilizável (LRFU) pela planta.

Pode definir-se RFU através da seguinte equação:

$$RFU = RU \cdot p \quad (5)$$

onde RFU corresponde à reserva facilmente utilizável (mm); RU à reserva utilizável (mm) e  $p$  à fração facilmente utilizável.

Em cada instante à quantidade de água armazenada no solo que pode ser utilizada pela planta dá-se o nome de volume de água útil armazenado na zona radical,  $R$  (mm).

Segundo a Figura 11, pode considerar-se que as entradas de água no solo se dão pela precipitação efetiva, rega, e ascensão capilar a partir de um lençol freático. Já as saídas, dão-se pela drenagem, escoamento superficial e evapotranspiração cultural (Teixeira, 1994).

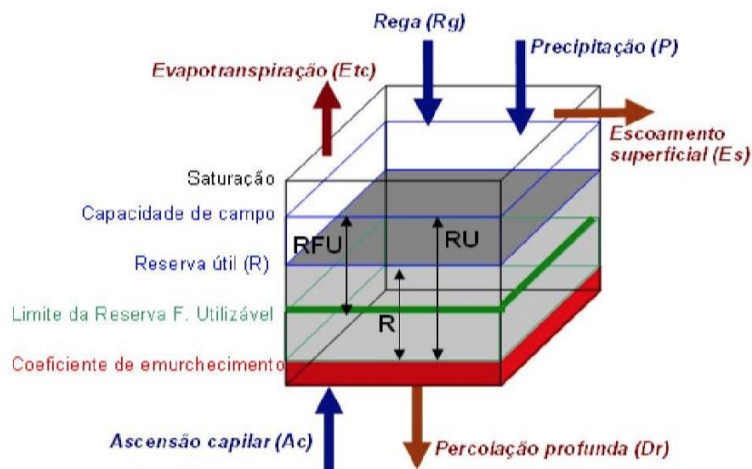


Figura 11 - Esquema do balanço hídrico do solo. Fonte: Teixeira, 1994.

Quando a reserva de água no solo, está abaixo do limite da reserva facilmente utilizável (LRFU), diz-se que a cultura se encontra em stress hídrico (Figura 12). O efeito deste stress na transpiração das culturas, pode descrever-se multiplicando o coeficiente de stress ( $K_s$ ), pelo coeficiente cultural ( $K_c$ ) e pela evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), permitindo o cálculo da evapotranspiração cultural atual ( $ET_{c act}$ ). Esta multiplicação reduzirá o valor da  $ET_c$  (Allen et al., 1998).

$$ET_{c act} = K_s K_c ET_o \quad (6)$$

$\theta$  : Teor de água no solo

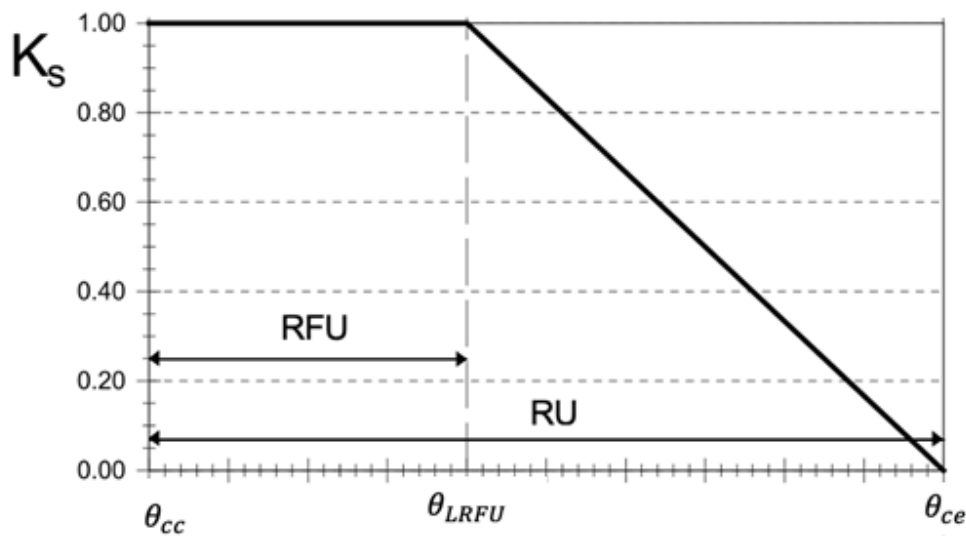


Figura 12 - Coeficiente de stress hídrico. Adaptado de Allen et al., (1998).

A determinação do coeficiente de stress,  $K_s$ , pode ser feita de acordo com a seguinte equação (Teixeira, 1994).

$$K_s = \frac{R}{Rmin} \quad (7)$$

onde  $K_s$  é o coeficiente de stress que varia entre 0 e 1.0 (adimensional);  $R$  o volume de água útil armazenado na zona radical (mm), e  $Rmin$  o valor da reserva quando o solo está no LRFU (mm).

A possibilidade de utilizar computadores com software adequado, permite realizar simulações de balanço hídrico e até realizar uma gestão de rega em tempo real. Para isso utilizam-se modelos de simulação do balanço hídrico do solo como é o caso do modelo ISAREG desenvolvido por Teixeira (1994).

### 2.2.3. Rega deficitária no amendoal

O facto da amendoeira possuir adaptações às condições de secura estival como o controlo sobre a regulação estomática, o sistema radical profundo, a senescência foliar, o ajustamento osmótico e a capacidade de recuperação rápida após stresse hídrico intenso, faz com que seja possível a utilização de diferentes estratégias de rega deficitária. A rega deficitária consiste em reduzir a quantidade de água aplicada pela rega, permitindo o desenvolvimento de um défice hídrico suave com efeitos mínimos na produção (Ribeiro, 2018).

A aplicação de água nos momentos chave do ciclo da cultura, entre o pós-vigamento e o fim do crescimento do fruto, e no pós-colheita, pode transformar colheitas de 500 a 1000 kg/ha em colheitas de 3000 a 5000 kg/ha de amêndoa com casca. Pode haver respostas favoráveis a caudais deficitários de 2000 a 3000 m<sup>3</sup>/ha por ano (Pou, 2004).

Quando se fala em rega deficitária há que distinguir essencialmente dois conceitos, o conceito de rega deficitária controlada (RDI – *Regulated Deficit Irrigation*), que é aplicada em alturas do ciclo da cultura em que o défice hídrico não provoca alterações significativas na produção. E rega deficitária sustentada (SDI – *Sustained Deficit Irrigation*) em que o défice é aplicado em todo o ciclo vegetativo (Fereres & Soriano, 2007).

Mais recentemente, surgiu a rega deficitária alternada (PRD – *Partial Root-Drying*). Este método resulta na rega de metade do sistema radical, enquanto a outra metade não é regada. Passado algum tempo é alternada a zona regada e a não regada. O PRD utiliza respostas hormonais ao stress hídrico para criar um equilíbrio entre o desenvolvimento reprodutivo e vegetativo, procurando um melhor rendimento por unidade de água utilizada (McCarthy et al., 2002).

A falta de água nos momentos críticos da cultura pode levar a elevadas perdas de produção. Há que ter então, especial atenção ao período inicial de crescimento, compreendido entre a floração e a formação completa do fruto. Passada esta fase, a sensibilidade ao stress hídrico é menor, voltando a cultura a requerer especial atenção, após a colheita, com o objetivo de assegurar a reposição de reservas na árvore, antes do repouso vegetativo. Nas primeiras fases de desenvolvimento, fevereiro e março, no clima mediterrânico, é normal existir humidade no solo suficiente para o desenvolvimento da cultura, se assim não for há que considerar a realização de rega (Pou, 2004).

Os efeitos do défice hídrico na amendoeira variam consoante o período em que são aplicados. Segundo Ribeiro, (2018) podem distinguir-se os efeitos do défice hídrico em três diferentes períodos da amendoeira (Quadro 4).

Quadro 4 - Efeito do déficit hídrico na amendoeira em 3 diferentes períodos. (Ribeiro, 2018).

Período	Efeito do déficit hídrico na amendoeira
<b>a) Pós-vingamento até fim do crescimento do fruto (Março – Abril);</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuição da área foliar;</li> <li>• Redução do crescimento dos ramos;</li> <li>• Redução do tamanho do fruto;</li> </ul>
<b>b) Fim do crescimento do fruto até à colheita (Maio – Agosto/Setembro);</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Senescência foliar precoce;</li> <li>• Redução do peso seco da amêndoa;</li> <li>• Amêndoas de textura mais rugosa;</li> </ul>
<b>c) Após a colheita (Agosto/Setembro – Outubro/Novembro);</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afeta a diferenciação dos gomos florais;</li> <li>• Redução do número de frutos do ano seguinte;</li> </ul>

Segundo Doll, (2015) é ainda possível distinguir 3 períodos com diferentes respostas ao déficit hídrico durante o período compreendido entre o fim do crescimento do fruto e a colheita, período este em que se dá o crescimento do endosperma e do embrião (Quadro 5).

Quadro 5 - Efeito do déficit hídrico em três diferentes períodos do crescimento do endosperma e do embrião. Adaptado de Doll, (2015).

Período	Efeito do déficit hídrico na amendoeira
<b>I)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déficit severo neste período levará a formação de miolos enrugados;</li> </ul>
<b>II)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déficit neste período tem efeitos mínimos;</li> </ul>
<b>III)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déficit neste período provocará alterações na textura assim como a perda de peso no miolo;</li> </ul>

Quando a água é um fator limitante deve utilizar-se uma rega deficitária controlada (RDI). Esta acompanha as necessidades da planta e assegura a melhor formação de frutos, a menor queda de flores e um reduzido número de abortos (Bellido et al., 2016; Girona et al., 2005). A aplicação da RDI, após o crescimento do fruto, no período de acumulação de matéria

seca (Figura 13), tem um efeito reduzido na quebra da produção (Ribeiro, 2018; Romero, et al., 2004).

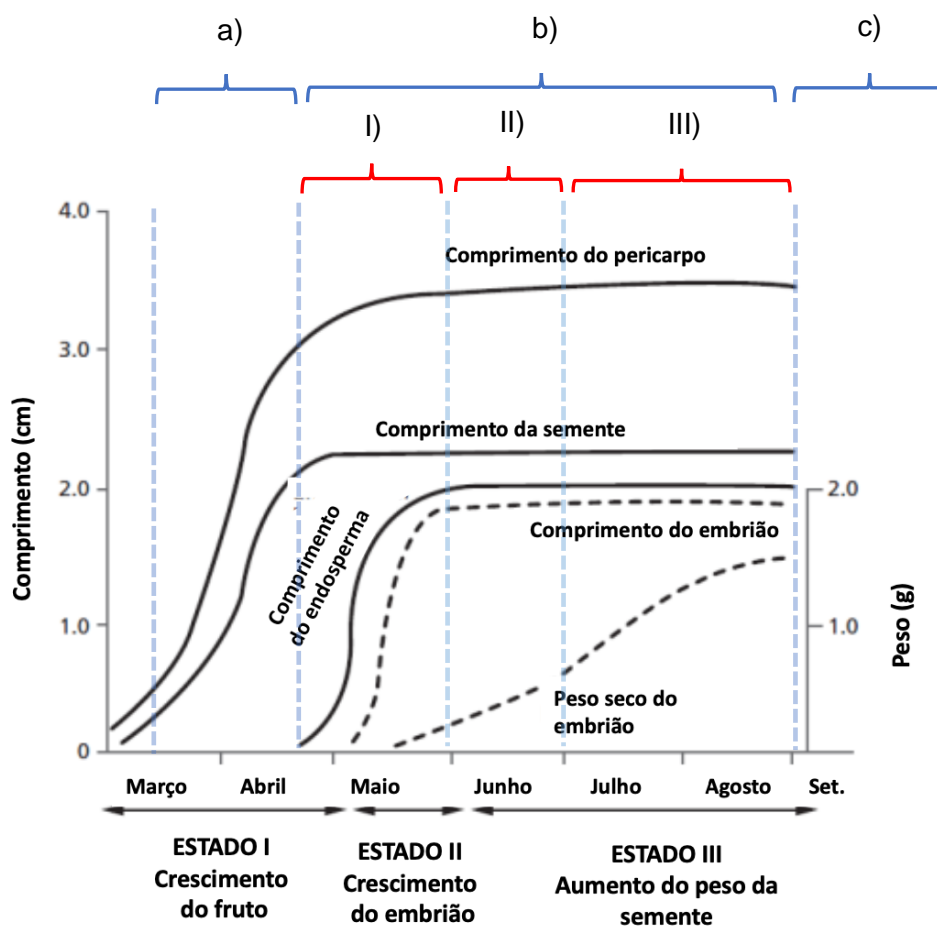


Figura 13 - Fases de desenvolvimento da amêndoa e os diferentes períodos de stress hídrico segundo Ribeiro, (2018) representados por a), b) e c) e segundo Doll, (2015) representados por I), II) e III). Adaptado de Micke, (1996).

Ao estudar um tratamento baseado na redução de 80% das necessidades de rega na fase de enchimento da semente, num amendoal da cultivar “Cartagenera” com 13 anos de idade e plantado num compasso 7 x 5 m, verificou-se um maior benefício do que quando utilizado o tratamento que satisfazia as necessidades totais da cultura. Este benefício foi de 3091 € por hectare para o tratamento com rega deficitária e 2778 € por hectare para o tratamento que satisfazia todas as necessidades. Este valor não está só associado à poupança de água mas também a outros fatores como a redução dos custos com poda, e a diminuição da quantidade de calda a aplicar em tratamentos fitossanitários, dado o menor desenvolvimento vegetativo (García, et al., 2014).

Outros estudos também nos mostraram que a rega deficitária é uma estratégia viável para a cultura da amêndoa na altura de enchimento da semente. Verificou-se que utilizando um tratamento de rega deficitária de baixa frequência durante o enchimento da semente, regando apenas quando os valores de potencial hídrico da folha atingiam os -2 MPa, se poupava 2400 m<sup>3</sup>/ha de água. Não havendo diferenças significativas na produção (Gutiérrez, et al., 2019).

A rega deficitária deve ser bem conduzida pois, situações de seca prolongada provocam inúmeros problemas à planta como a redução do seu período de vida, maior suscetibilidade de contrair doenças, variados problemas de floração e queda prematura das folhas. As produções são severamente afetadas e os frutos produzidos, para além de mais pequenos, apresentam baixa qualidade organolética (Pou, 2004).

#### **2.2.4. Monitorização da água no solo**

O teor de água no solo deve ser quantificado para a realização de uma correta condução de rega, em especial no caso da RDI. Os métodos desenvolvidos para esta quantificação, podem classificar-se como diretos, separação física da água e do solo, e indiretos, através do conhecimento de qualquer propriedade do sistema solo – água que seja função do teor de água no solo (Oliveira, 2011).

A quantificação direta faz-se através do uso do método gravimétrico, este consiste em recolher uma amostra de solo e secá-la em estufa bem ventilada a uma temperatura de 105°C, até que atinja um peso constante, normalmente por período nunca inferior a 24 horas (Oliveira, 2011).

Esta técnica pode ser utilizada para programação das regas, mas não é muito prática dados os procedimentos a realizar, que ao todo demoram geralmente 2 a 3 dias, recolha de amostras em recipiente hermético, transporte e secagem em laboratório, e finalmente o tratamento de resultados. Tem como grande vantagem ser o único método preciso e que possibilita a o dos restantes métodos.

Nos métodos indiretos, através da relação entre a leitura feita pelo equipamento de monitorização e o teor de água no solo, é possível determinar indiretamente este último parâmetro. Este tipo de técnicas exige a calibração do equipamento para as condições locais.

De entre os métodos indiretos destacam-se pela sua aplicabilidade, a aparência do solo, os tensiómetros, os blocos de resistência elétrica, a dispersão neutrónica, e as sondas de

capacitância do solo. Pequenas alterações na quantidade de água livre do solo têm um grande efeito nas propriedades eletromagnéticas do meio. O TDR (*time domain reflectometry*) e FDR (*frequency domain reflectometry*), são métodos que medem a constante dielétrica do solo. O TDR mede a amplitude da reflexão das ondas eletromagnéticas por este lançadas, assim como o tempo percorrido até a sua recepção. Já o FDR mede a capacitância do solo, que está relacionada com a constante dielétrica do solo através da geometria do campo elétrico formado em volta de um par de elétrodos ali inseridos, e conseqüentemente com o teor de água do solo (Figura 14) (Oliveira, 2011).



Figura 14 - Exemplo de sonda capacitiva. Sonda EnviroSCAN (Sentek, 2020).

### 3. Material e métodos

#### 3.1. Caracterização do local de estudo

##### 3.1.1. Monte das Carvoeiras

O estudo foi realizado no Monte das Carvoeiras (Figura 15), propriedade localizada no concelho de Beja, mais concretamente entre Vila Azedo e Padrão (37.99478°N;7.81012°W). Na sua totalidade o Monte das Carvoeiras possui 45 hectares. Esta área divide-se em seis folhas de terreno, onde são exploradas duas culturas, a cultura do amendoal e a cultura da romãzeira. No que toca à cultura da romãzeira, esta ocupa 4 folhas de terreno num total de 25 hectares e divide-se em 3 variedades, “*Wonderfull*”, “*Acco*” e “*Mollar de Elche*”. Quanto à cultura do amendoal, divide-se em duas folhas de terreno, ocupando 20 hectares e fazendo-se representar nas variedades “*Marinada*” e “*Vairo*”. Foi na parcela de 9,38 hectares de amendoal da variedade “*Vairo*”, que o estudo se realizou.



Figura 15 - Esquema do Monte das Carvoeiras. Adaptado de Google Earth.

### 3.1.2. Características edafoclimáticas da região de estudo

#### Clima

A região de Beja, mais concretamente o Monte das Carvoeiras, apresenta, segundo a classificação de Köppen-Geiger, um clima do tipo Csa, clima temperado com verão quente e seco. (Beck et al., 2018; IPMA, 2020).

De acordo com IPMA (2020), analisando as normais climatológicas para o período de 1971-2000, da estação meteorológica de Beja (38,02° N; 7,87° W; alt. 246 m), verificamos que agosto foi o mês que registou a temperatura mais elevada, 45,2 °C, fevereiro e março os meses que registaram a menor temperatura, -3,2 °C em ambos. A temperatura média máxima no mês de maior calor, julho, é de 32,8 °C e a temperatura média mínima no mês mais frio, janeiro, é de 5,3 °C. A média mensal varia entre 9,6 °C em janeiro e 24,3 °C em agosto (Figura 16), o valor de precipitação média anual é de 571,8 mm, sendo dezembro o mês com maior média de precipitação, 100,6 mm, e julho o mês com menor média de precipitação, 2,9 mm (Figura 17).

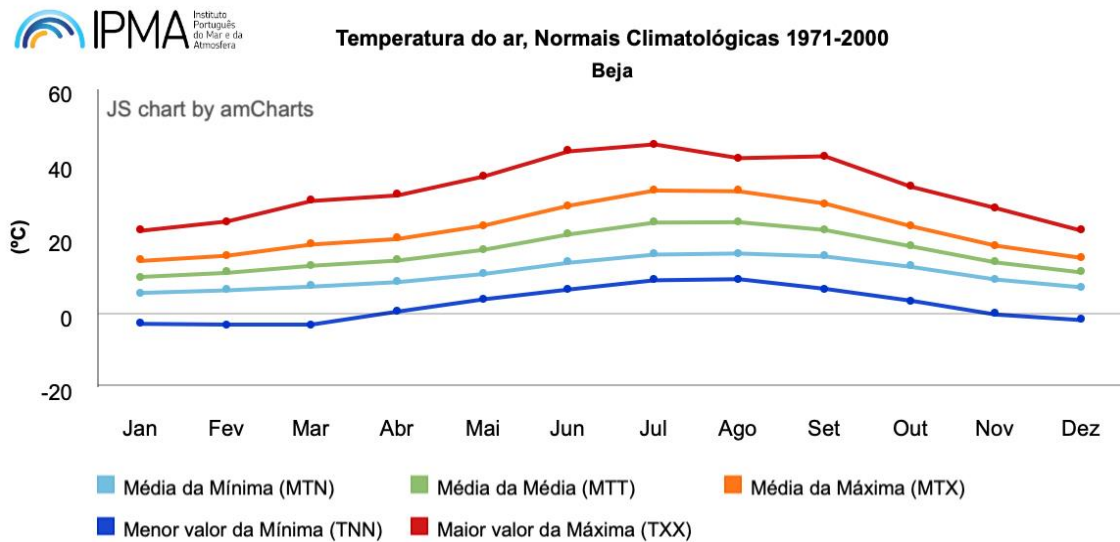


Figura 16 - Normais climatológicas 1971/2000, temperatura do ar em Beja. Fonte IPMA (2020).

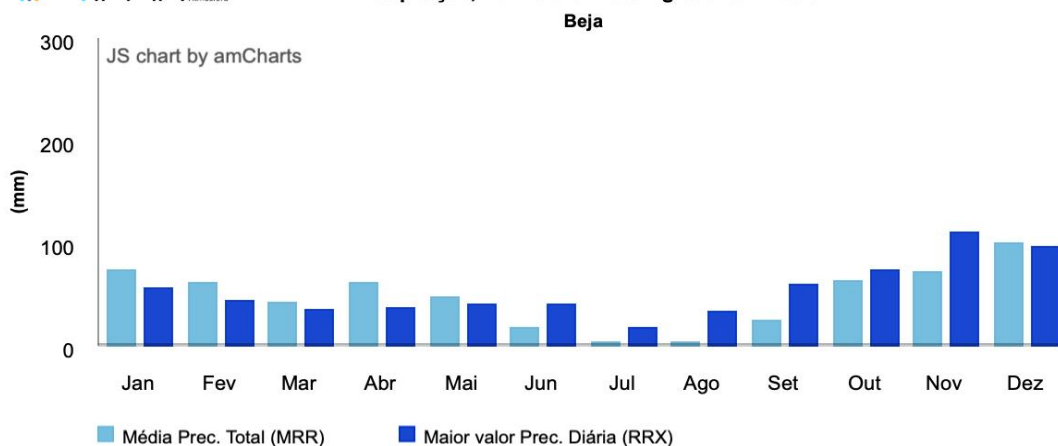


Figura 17 - Normais climatológicas 1971/2000, precipitação em Beja. Fonte IPMA (2020).

### Dados meteorológicos no período de 2002 e 2019

Tanto para a parametrização do modelo como para o cálculo dos calendários alternativos ao do produtor, foram utilizados os dados registados na estação meteorológica da Quinta da Saúde (38,04° N; 7,89° W, alt. 206 m), em Beja, pertencente à rede SAGRA (Sistema Agrometeorológico para a Gestão da Rega no Alentejo) do COTR (Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio). Na parametrização do modelo utilizaram-se os dados referentes aos anos de 2018 e 2019, já para o cálculo dos calendários alternativos utilizou-se os dados referentes ao período de 2002 a 2019.

Apresenta-se o termoplúviograma da média dos anos de 2002 a 2019 da região de Beja na Figura 18.

Analisando o gráfico da Figura 18 verificamos que a precipitação média nestes anos foi máxima nos meses de outubro e novembro com valores de 75,3 mm. Nos meses de Janeiro e Fevereiro a média da precipitação foi de 51,6 mm e 48,3 mm respetivamente. Estes valores encontram-se abaixo da média de precipitação registado nas normais climatológicas para o período entre 1971 e 2000, valores estes que eram 73,7 mm e 61,5 mm respetivamente (Figura 17). A média da precipitação total nos anos analisados foi de 504,9 mm.

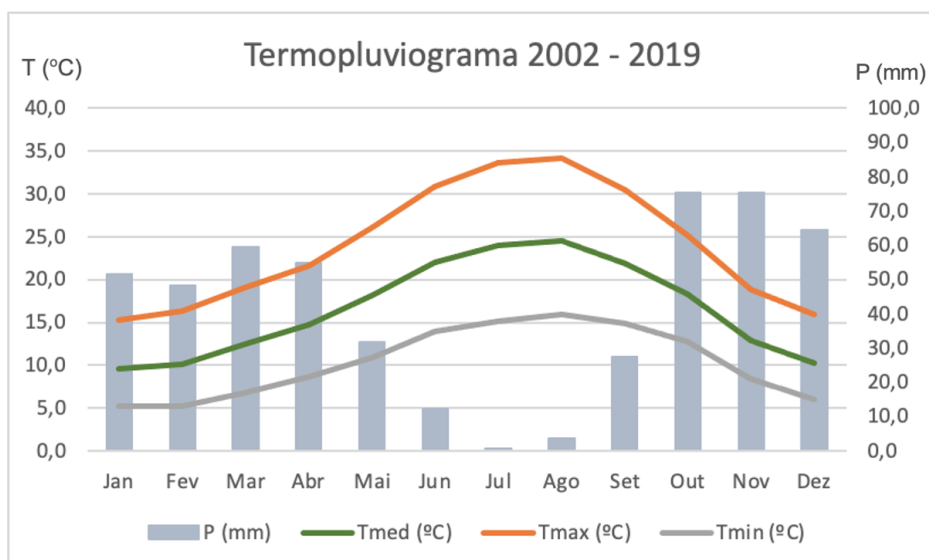


Figura 18 - Termopluviograma com as precipitações médias mensais (P), e a média das temperaturas mensais média (Tmed), máxima (Tmax), e mínima (Tmin) para os anos de 2002 a 2019, para a estação meteorológica da Quinta da Saúde em Beja.

A temperatura máxima, média e mínima apresenta os valores mais elevados no mês de agosto e os mais baixos no mês de janeiro. Em agosto a média da temperatura máxima foi de 34,1 °C e a média da temperatura mínima foi de 16,0 °C. Relativamente às normais climatológicas para o período entre 1971 e 2000, a média da temperatura máxima e mínima para o mesmo mês foram respetivamente de 32,6 °C e 15,9 °C. Em janeiro a temperatura média máxima e mínima foi de 15,3 °C e 5,2 °C respetivamente. Enquanto nas normais climatológicas de 1971 – 2000 foi de 13,0 °C e 5,3 °C respetivamente.

Quanto à evapotranspiração de referência (ETo) esta regista os maiores valores no mês de julho (6,8 mm) e os valores mais baixos nos meses de janeiro e dezembro (ambos com 1,2 mm) (Figura 19).

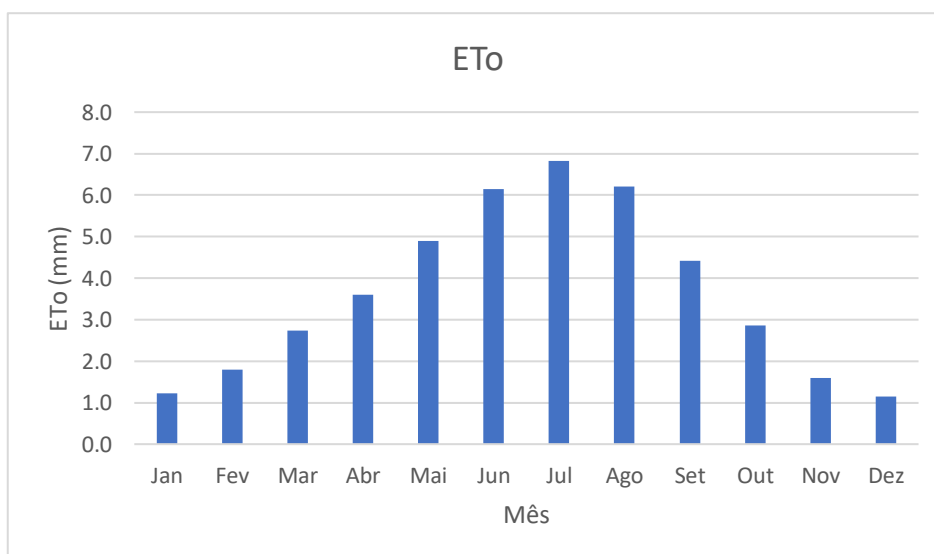


Figura 19 – Média mensal da evapotranspiração de referência, para os anos de 2002 a 2019, para a estação meteorológica da Quinta da Saúde em Beja.

## Solo

No Monte das Carvoeiras o solo pertence à subordem dos Solos Mediterrâneos Pardos, família dos Solos Mediterrâneos Pardos de dioritos ou quartzodioritos ou rochas microfaneríticas ou cristalofílicas afins (Pm) (Cardoso, 1965). De acordo com a classificação *World Reference Base for Soil Resources*, trata-se de um solo pertencente ao grupo dos *Luvisols* (FAO/WRB, 2014). Esta família de solos caracteriza-se por apresentar um horizonte A1 com 15 a 30 cm de profundidade de solos pardos a franco-argilo-arenosos, onde é possível identificar algumas pedras de rocha-mãe. A estrutura granulosa varia entre muito fina a média moderada, são solos friáveis e de pH entre 6,0 e 7,0. O horizonte B encontra-se entre os 20 e os 70 cm de profundidade, sendo pardo-acinzentado muito escuro ou castanho, muito aderente, muito plástico, podendo ser extremamente firme e muito rijo. O pH varia entre 6,5 e 7,5. Após este horizonte surge o horizonte C, composto por material originário proveniente da desagregação de rochas microfaneríticas, ou quartzodioritos ou cristalofílicas (Cardoso, 1965).

No modelo ISAREG foram inseridos os dados do solo, tendo este sido identificado na carta de solos de Portugal (IDRH, 1999), e os parâmetros capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) e coeficiente de emurchecimento ( $\theta_{ce}$ ) foram obtidos em (Cardoso, 1965) (Quadro 6). A profundidade considerada foi de 60 cm que corresponde à profundidade da sonda capacitiva instalada na parcela.

Quadro 6 - Dados de entrada do solo Pardo Mediterrâneo no modelo ISAREG; (Cardoso, 1965).

Prof. sup.	Prof. inf	$\theta_{cc}$	$\theta_{ce}$
0 m	0,60 m	46,9 m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	16,2 m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>

### 3.1.3 Descrição do amendoal

O amendoal da variedade “Vairo” do Monte das Carvoeiras tem uma área de 9,38 ha. As árvores dispõem-se num compasso 7 x 6 m (Figura 20), o que equivale a uma densidade de plantação de sensivelmente 238 árvores/hectare.

A plantação ocorreu em 2014, tendo as árvores uma boa projeção de copa, sensivelmente 4,9 m de largura no sentido perpendicular à linha de cultura e 6 m de largura na linha, isto faz com que as árvores muitas vezes se toquem e cubram grande parte da área

da linha. As árvores apresentam em média 18,4 cm de diâmetro do tronco a uma altura de 50 cm do chão.

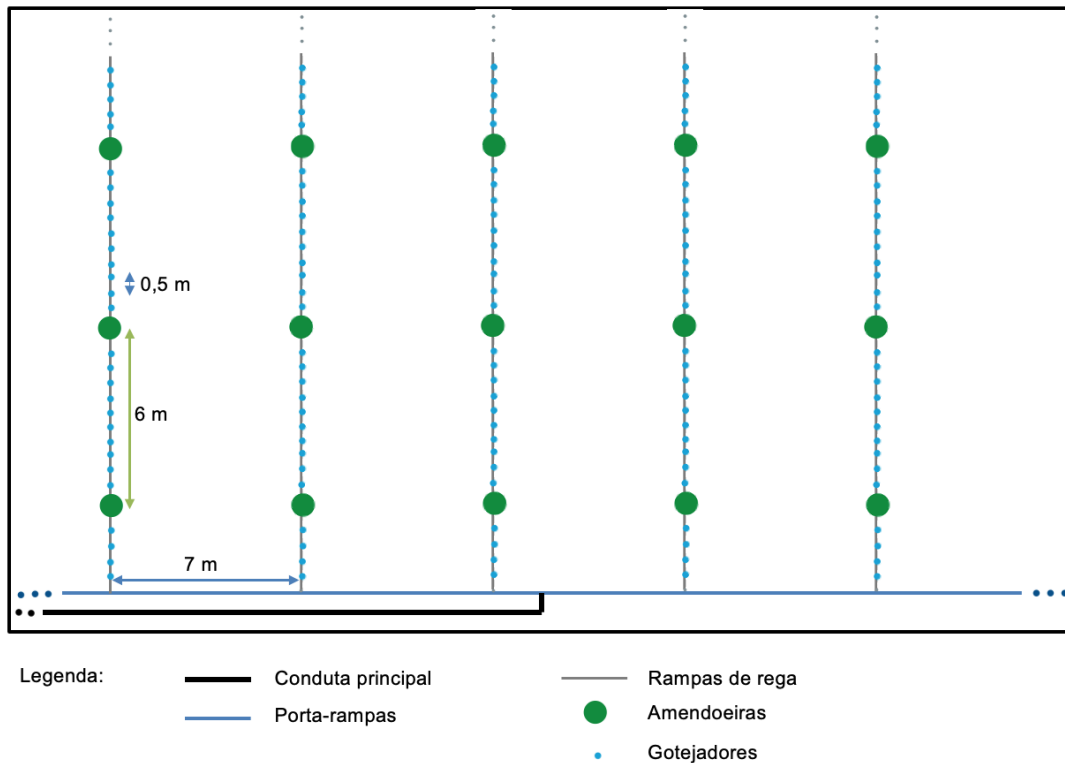


Figura 20 - Esquema do setor de rega do amendoal “Vairo” do Monte das Carvoeiras (excerto).

O amendoal é regado por um sistema de rega gota-a-gota com uma rampa de emissores por linha de cultura. Cada emissor tem um débito nominal de 2,2 L/h e a distância entre gotejadores é de 50 cm. As rampas encontram-se distanciadas em média 50 cm das árvores (Figura 21), o que faz com que o volume de solo explorado pelas raízes seja maior, favorecendo o desenvolvimento do sistema radical.



Figura 21 - Distância média de 50 cm entre a árvore e a rampa-de-rega.

O Monte das Carvoeiras é abastecido de água pelo Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva. A propriedade está inserida no bloco de rega Baleizão-Quintos, sub-bloco 2 (Anexo 11). A água é captada do hidrante H1.5A localizado na entrada principal da exploração, daqui, é conduzida até uma charca localizada no centro da propriedade, visível na Figura 22a. Há a necessidade de armazenar a água na charca uma vez que a pressão e caudal não são suficientes para abastecer toda a exploração. A água, daqui, é bombeada para o amendoal, sendo que cada variedade/sector possui uma bomba de rega própria. Quanto à qualidade da água para rega do bloco Baleizão-Quintos há a referir que os valores de bicarbonatos,  $148 \text{ mg/L CO}_3\text{H}^-$ , é superior ao valor máximo recomendado nas Normas de Produção Integrada ( $90 \text{ mg/L CO}_3\text{H}^-$ ), assim como o pH de 8,8 (Anexo 13).

É utilizada fertirrega, para isso a exploração possui 4 depósitos de 3500 litros e respetivas bombas doseadoras. A energia necessária para o funcionamento do sistema de rega é suportada por painéis fotovoltaicos durante o dia e energia da rede elétrica durante a noite, uma vez que o aproveitamento da energia solar se faz de forma direta sem o recurso a baterias (Figura 22b).

A parcela possui uma sonda capacitiva FDR, instalada na linha, a 3 metros das árvores que a ladeiam e com o ramal de rega na sua proximidade. Esta sonda auxilia na condução da rega ao fornecer estimativas do teor de água no solo às profundidades de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 cm.



a)



b)

Figura 22 – a) Charca da exploração abastecida por água do perímetro de rega de Alqueva. b) Casa de máquinas alimentada por energia fotovoltaica.

O pomar apresenta enrelvamento natural na entrelinha (Figura 23), este permite manter a humidade do solo, controlar o aparecimento de algumas infestantes enquanto previne a erosão, permite ainda a fixação de nutrientes e artrópodes auxiliares. O seu desenvolvimento é controlado com a intervenção de uma destroçadora de correntes com 1,20 m de largura de corte. Para manter limpas as linhas de cultura são realizados 3 tratamentos por ano, um com herbicida de ação residual e dois com herbicida de ação de contacto. O sistema de drenagem impede encharcamentos nos períodos de maior pluviosidade, conduzindo a água para os cursos de água nas extremidades da exploração.



*Figura 23 - Linha e entrelinha de amendoal da variedade "Vairo", de compasso 7 x 6 m, do Monte das Carvoeiras. Fotografia de 27-02-2020.*

### **3.2. Modelação do balanço hídrico do solo**

Diferentes modelos foram desenvolvidos, com o objetivo de realizar o balanço hídrico do solo, de forma a se poder efetuar a calendarização da rega. Alguns deles foram desenvolvidos pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), como o CropWat (FAO, 1992) e o AquaCrop (FAO, 2016). No Instituto Superior de Agronomia em Portugal, foi desenvolvido o software ISAREG (Teixeira, 1994), que é o programa adotado neste trabalho.

### 3.2.1. Modelo ISAREG

O ISAREG é um programa de simulação do balanço hídrico do solo, utilizado à escala da parcela e que pode ser aplicado a qualquer cultura ou sistema de rega. Este modelo permite avaliar um determinado calendário de rega, determinar as necessidades globais de rega, programar a rega e definir os parâmetros de projeto, isto é, calcular as necessidades de rega anuais e o caudal de ponta. Para isto utiliza dados do clima, rega, cultura e solo, que são organizados em ficheiros de dados meteorológicos, dados característicos da rega e dados agronómicos (Teixeira, 1994). Para que seja possível a leitura dos dados por parte do modelo é necessário introduzi-los no formato “*txt., texto separado por tabulações*”. Na Figura 24 observamos o esquema de funcionamento do programa ISAREG.

O modelo ISAREG utiliza o método do  $K_c$  simples, determinando a curva do  $K_c$  ao longo do ciclo. No caso deste trabalho utilizou-se a opção de valores de  $K_c$  tabelados para cada mês do ciclo cultural. A duração de cada fase deve ser introduzida em dias (Teixeira, 1994).

Para a realização deste trabalho ajustou-se o modelo para as condições do amendoal da variedade “*Vairo*” do Monte das Carvoeiras com os dados das campanhas de 2018 e 2019.

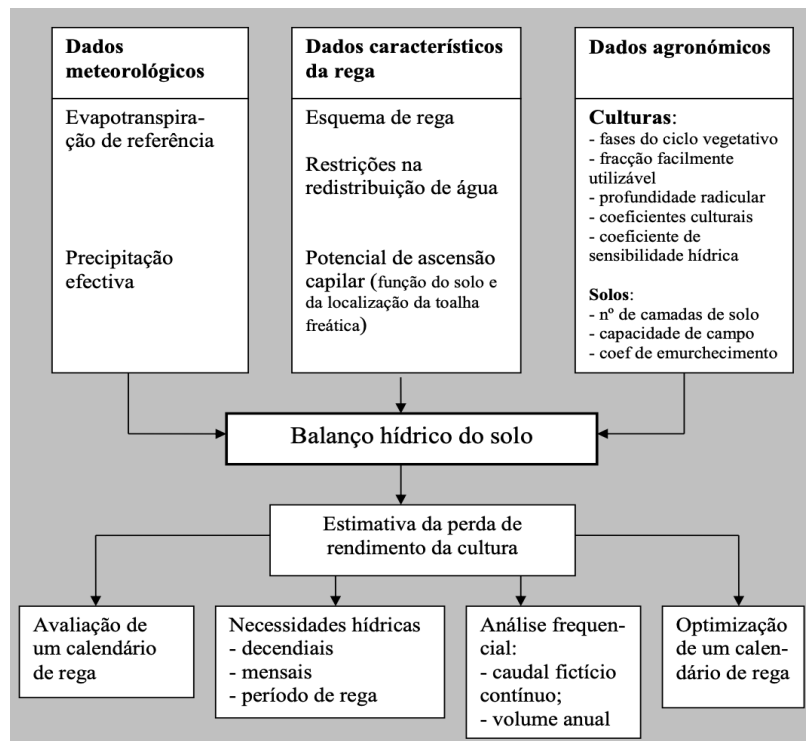


Figura 24 - Esquema genérico do programa ISAREG. Fonte: Teixeira (1994).

### 3.2.2. Dados da cultura

Neste trabalho foram analisados os dados da cultura constantes nos cadernos de campo referentes aos anos de 2018 e 2019. Através destes e recorrendo aos dados disponíveis em Allen et al., (1998) foi possível caracterizar o desenvolvimento da cultura e definir as diferentes fases desta (secção 2.2.1, Figura 10). Posteriormente, o acompanhamento do amendoal no ano de 2020, permitiu verificar e confirmar as datas anteriormente estabelecidas. Este acompanhamento realizou-se quinzenalmente desde o dia 27/02/2020 até a data da colheita a 20/08/2020. Posteriormente realizaram-se mais algumas visitas para continuar a acompanhar o desenvolvimento da cultura e garantir o acompanhamento até final da campanha de rega.

No Quadro 7 pode observar-se a data das diferentes fases estabelecidas, assim como a sua duração.

*Quadro 7 - Fases do ciclo da amendoeira com base no caderno de campo dos anos 2018 e 2019.*

<b>Data (dia.mês)</b>	<b>Estado fenológico</b>	
23.01	Início da floração	<ul style="list-style-type: none"><li><b>Período Inicial (32 dias)</b></li><li><b>Período de Crescimento Rápido (65 dias)</b></li><li><b>Período Intermediário (140 dias)</b></li><li><b>Período Final (31 dias)</b></li></ul>
24.02	Início do desenvolvimento do ramo	
30.04	Desenvolvimento do fruto	
17.09	Início da senescência	
17.10	Senescência (final da campanha de rega)	

Os valores de  $K_c$  utilizados no modelo ISAREG para o cálculo da evapotranspiração da cultura, foram os valores apresentados por Schwankl et al., (2018), (Quadro 8), tendo sido introduzidos como valores mensais (Anexo 4). Estes valores permitem relacionar o parâmetro climático ( $ET_o$ ) com o parâmetro cultural ( $ET_c$ ) ao nível do sistema água-solo-planta (Teixeira, 1994).

Quadro 8 - Valores de  $K_c$  médio mensal. Adaptado de (Schwankl et al., 2018).

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Kc</b>	0,40	0,41	0,62	0,80	0,94	1,05	1,11	1,11	1,06	0,92	0,69	0,43

Os restantes parâmetros culturais necessários para o funcionamento do modelo, introduzidos por fase da cultura, são a profundidade do sistema radical e a fração facilmente utilizável ( $p$ ). No primeiro ponto utilizou-se o valor 0,6 metros, que se considerou um valor acertado dado a idade do amendoal e após a consulta de bibliografia (Aguiar et al., 2017; AJAP, 2017; Pou, 2004), e também por se tratar da profundidade da sonda. Quanto à fração facilmente utilizável ( $p$ ), esta fração traduz o valor da  $RU$  que pode ser utilizada sem causar quebras de produção, ou seja a reserva facilmente utilizável (RFU), sendo que o valor considerado foi  $p = 0,4$  (Allen et al., 1998).

### 3.2.3. Parametrização do modelo

Para que se possa proceder à simulação das necessidades de rega da cultura é necessário, realizar previamente a parametrização do modelo ISAREG. Para isso utilizaram-se os dados da sonda capacitiva e os calendários de rega referentes aos anos de 2018 e 2019. Os dados diários da sonda foram trabalhados na forma de uma média móvel de 5 dias, esta permitiu reduzir a variabilidade, tornando mais perceptível a tendência da curva ao remover um pouco de ruído.

Ao regar, não é molhada toda a área do pomar, mas sim uma faixa que é determinada pelo sistema de rega, pelas dotações aplicadas e pela textura do solo. Assim, através de um processo iterativo, realizou-se um conjunto de simulações até se obter a melhor sobreposição entre os valores do teor de água no solo simulado pelo modelo ISAREG tendo em conta as dotações de rega de 2018 e 2019 e os teores de água no solo medidos pela sonda nestes dois anos. Através destas simulações foi possível ajustar um fator, o fator de redução,  $K_l$ , definido por Raposo, (1996). Este fator depende da fração coberta pelas plantas e do estado vegetativo em que a cultura se encontra.

O fator de redução, juntamente com a eficiência de aplicação (0,9) do sistema de rega, permitiu transformar os valores de dotações globais aplicadas pelo produtor a nível da parcela

para dotações úteis aplicadas na faixa regada, local onde se realizou a simulação do balanço hídrico. Posteriormente, os valores simulados na faixa regada, foram traduzidos de novo para valores globais na parcela.

Assim, neste estudo a relação entre as necessidades de rega globais aplicadas na parcela (mm) e as necessidades de rega úteis na faixa regada da cultura (mm) é expressa da seguinte forma:

$$NR_{\text{globais parcela}} = NR_{\text{uteis faixa regada}} (ISAREG) \times k_l \div Ea \quad (8)$$

sendo que  $Ea$  corresponde à eficiência de aplicação do sistema de rega. Por fim realizou-se uma visita ao amendoal com a abertura de uma vala no terreno de forma a confirmar a extensão do bolbo húmido.

#### **3.2.4. Definição de calendários de rega alternativos ao do produtor**

Para efetuar uma correta caracterização das necessidades de rega e possível recomendação posterior dos valores de água a aplicar na cultura é necessário saber as necessidades de rega em conforto hídrico da cultura sem perdas por drenagem. Após a parametrização do modelo, foram realizadas três simulações, uma para a rega em conforto hídrico e outras duas para a rega deficitária correspondente a um nível de satisfação das necessidades de rega de 80 % e 60 % durante o período intermédio. Para a rega em conforto selecionou-se no menu inicial do modelo ISAREG, a opção “Simulação da rega” e após selecionar os dados meteorológicos de 2002 a 2019, os dados referentes ao sistema de rega e os dados agronómicos, selecionou-se a opção 1 - “Esquema de rega visando o rendimento máximo”, esquema este que se apresenta sem restrições e simula uma rega que visa obter o rendimento máximo da cultura.

No caso da rega deficitária controlada (RDI), considerou-se a satisfação das necessidades de rega em 80 % e 60 % no período menos sensível ao stress hídrico (período intermédio). Escolheram-se estes valores de défice, uma vez que, na simulação de 2018 se verificou que eram valores próximos, dos já adotados pelo produtor. Para esta simulação, selecionou-se a opção 2 - “Fixação da oportunidade e quantidade de rega”. Nesta opção é possível definir restrições de água. Assim, no período intermédio, definiu-se uma relação  $\frac{ETc_{act}}{ETc}$  de 0,8 para a rega com 80% das necessidades de rega e 0,6 para a rega com 60% das necessidades de rega (Anexo 9 e 10).

No âmbito desta tese define-se déficit de água fornecida à cultura como a razão entre a  $ET_c$  *act* ocorrida e a  $ET_c$  ocorrida em conforto hídrico de acordo com a seguinte expressão definida por Teixeira (1994):  $Deficit = \frac{ET_c \text{ act}}{ET_c}$  (9).

Com os dados obtidos estimaram-se as necessidades de rega da cultura para as diferentes estratégias de rega. Utilizou-se uma série de 17 anos (2002 a 2019) de dados meteorológicos, onde o Modelo ISAREG, através de uma análise frequencial, permitiu determinar uma probabilidade de não excedência para as necessidades de rega anuais calculadas para cada ano dessa série. Obtiveram-se também as necessidades de rega em médias decendiais correspondentes à calendarização da rega da cultura, que permitiram proceder-se à comparação dos calendários alternativos com os calendários efetuados pelo produtor nos anos de 2018 e 2018.

### 3.2.5. Produtividade da água

Neste trabalho foi calculada a produtividade da água na parcela da variedade “Vairo”. Esta produtividade foi apresentada quer para os valores de produção de amêndoa com casca quer para os valores de produção de miolo de amêndoa. Foi então calculada esta produtividade da água, dividindo o valor da produção de amêndoa com e sem casca pelos consumos de água globais na parcela registados pelo produtor.

$$Produtividade \text{ da } \acute{a}gua = \frac{Produ\c{c}\tilde{a}o \text{ de } am\tilde{e}ndoa}{Consumo \text{ de } \acute{a}gua \text{ do } produtor} \quad (10)$$

A produtividade da água é apresentada em g/m<sup>3</sup>, a produção de amêndoa em kg/ha e o consumo de água do produtor em m<sup>3</sup>/ha.

## 4. Resultados e discussão

### 4.1. Análise preliminar dos dados da estação meteorológica do Monte das Carvoeiras

Procedeu-se a uma análise preliminar dos dados da estação meteorológica localizada nas proximidades da parcela em estudo (estação do Monte das Carvoeiras), para avaliar se os dados fornecidos por esta, poderiam ser utilizados na realização do estudo.

Realizaram-se algumas comparações entre os dados referentes à estação Monte das Carvoeiras e a estação meteorológica da Quinta da Saúde, localizada a 8 km da parcela e pertencente à rede SAGRA do COTR.

Numa análise inicial observaram-se diferenças nos valores da evapotranspiração de referência,  $ET_o$  (Figura 25). Essa falta de correspondência foi confirmada através da análise do diagrama de dispersão (Figura 26) que embora apresente um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) algo elevado, que traduz uma correlação entre os dados, apresenta também uma reta de regressão com um valor de declive de 1,29, que confirma que os valores de  $ET_o$  da estação do Monte das Carvoeiras se encontram abaixo dos valores de  $ET_o$  da Quinta da Saúde.

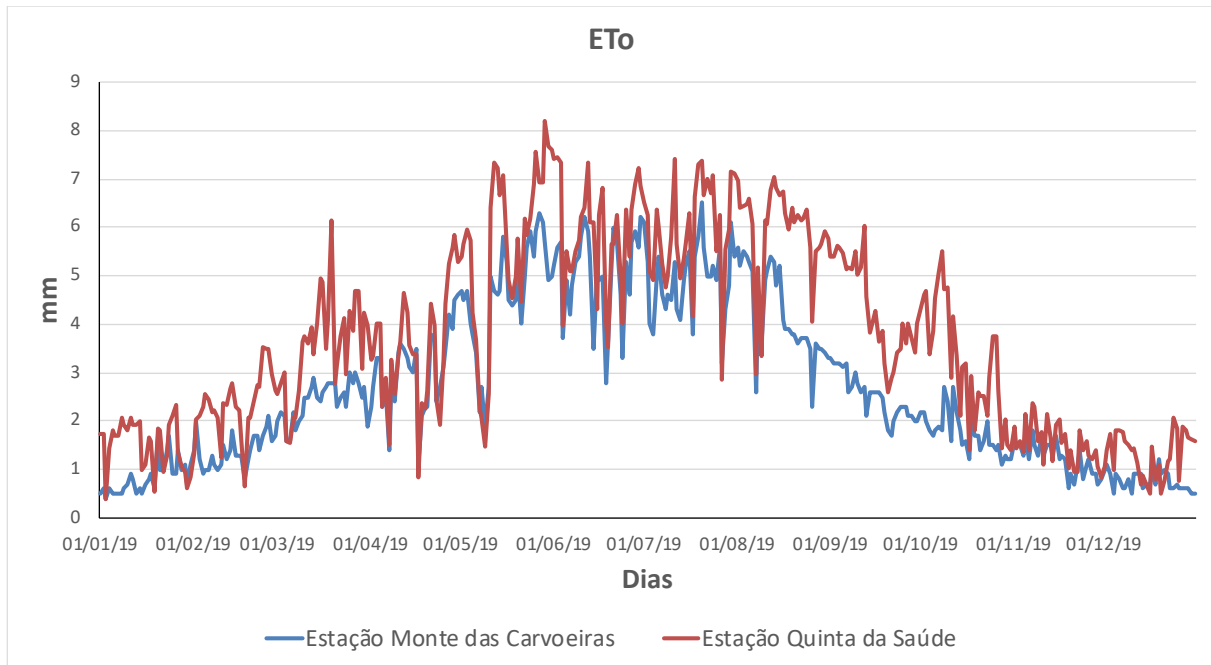


Figura 25 - Análise dos dados de  $ET_o$  entre a estação do Monte das Carvoeiras e a estação da Quinta da Saúde.

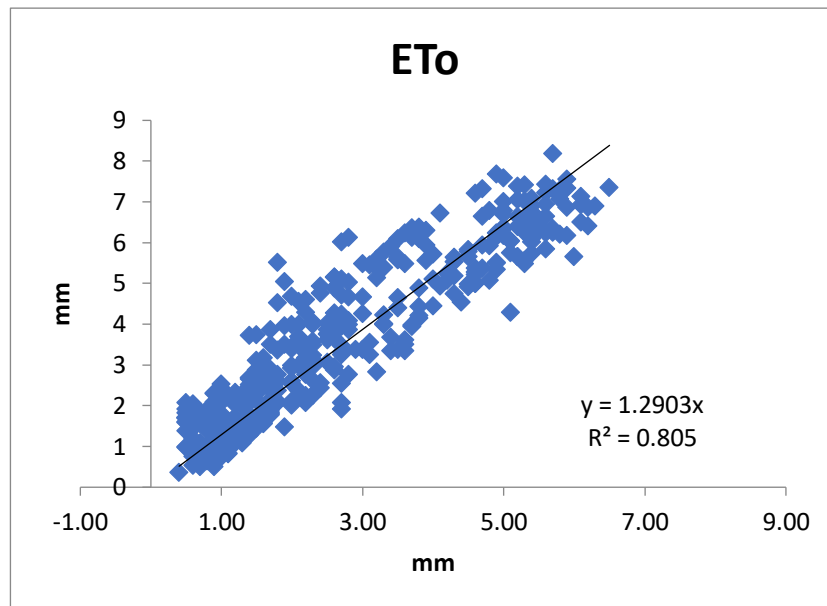


Figura 26 - Diagrama de dispersão e reta de regressão linear da variável  $ET_o$ .

Esta diferença de valores, poderia dever-se, às diferenças observadas nos valores da radiação solar global entre as duas estações. Esta variável foi estudada, tendo-se observado valores mais baixos na estação meteorológica do Monte das Carvoeiras (Figura 27).

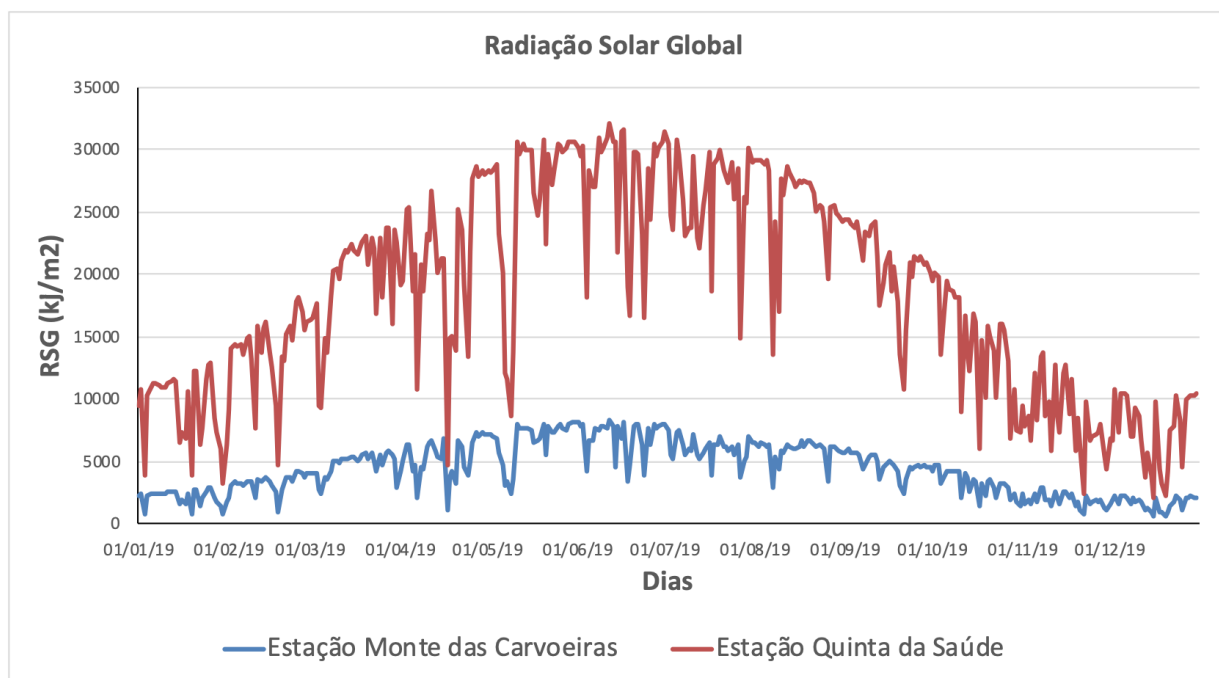


Figura 27 - Análise da Radiação Solar Global entre a estação do Monte das Carvoeiras e a estação da Quinta da Saúde.

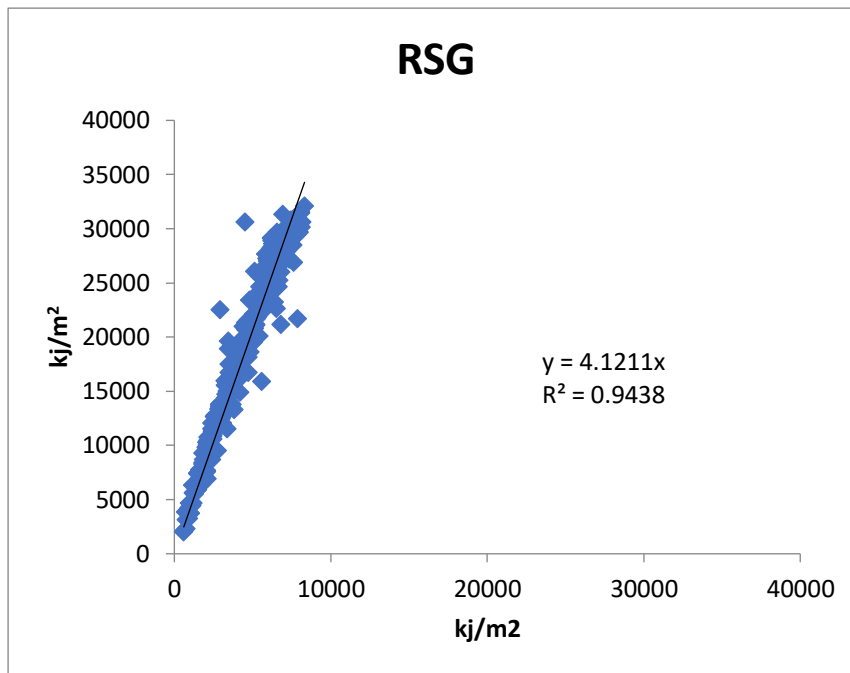


Figura 28 - Diagrama de dispersão e reta de regressão linear da variável Radiação Solar Global.

O diagrama de dispersão apresentado na Figura 28, mostra que as variáveis apresentam uma forte correlação entre elas, contudo o valor do declive, 4,12 é muito elevado, o que significa que a estação do Monte das Carvoeiras subestima a radiação solar global, apresentando valores quatro vezes mais baixos, como é visível na Figura 27.

Posteriormente a esta análise optou-se por utilizar neste trabalho os dados meteorológicos da estação meteorológica da Quinta da Saúde uma vez que poderia existir algum tipo de problema com o equipamento de medição da radiação solar global do Monte das Carvoeiras, algo por vezes comum dado a sensibilidade deste tipo de aparelhos.

## 4.2. Acompanhamento da cultura em 2020

### Acompanhamento fenológico

Durante o ano de 2020 realizou-se um acompanhamento fenológico da cultura quinzenal. Este acompanhamento iniciou-se no mês de fevereiro e terminou no mês de agosto com a colheita. Posteriormente as visitas ao amendoal continuaram, mas com menor periodicidade, com o objetivo de continuar a acompanhar a cultura mesmo após a colheita do fruto, pois a rega só é interrompida em setembro/outubro, para permitir às árvores armazenarem reservas.

Aquando da primeira visita ao amendoal no dia 27-02-2020 (Figura 29a) a cultura encontrava-se segundo a escala de Felipe (1977), entre o estado F, “flores abertas” e o estado G, “queda das pétalas”. Isto porque, embora houvesse uma grande quantidade de flores abertas, já se encontrava no chão da linha uma também grande quantidade de pétalas caídas. No dia 12-03-2020 a cultura já se encontrava na fase I, “frutos jovens” (Figura 29b), que, de acordo com as datas das visitas, em que se procedeu à medição do desenvolvimento do fruto, se prolongou até 08-04-2020, onde os frutos ainda se apresentavam em desenvolvimento (Figura 29d). Posteriormente, verificou-se que as amêndoas, estabilizaram o seu crescimento, anunciando a entrada na fase J, “fruto desenvolvido” que se prolongou até ao dia 17-07-2020 (Figura 31c). Na seguinte visita, dia 30-07-2020 a cultura encontrava-se na fase K, “rotura do mesocarpo” (Figura 31d), sendo que na visita de dia 20-08-2020, visita correspondente ao período de colheita, a cultura encontrava-se na fase L, “fruto maduro” (Figura 32a). Numa visita posterior, a 03-12-2020, encontrou-se o amendoal na fase A, “gomos dormentes” (Figura 32b).

Nas Figuras 29a a 32b é possível analisar as diferenças observadas na cultura, nas diferentes visitas ao amendoal, diferenças estas como a alteração do tamanho, o escurecimento do mesocarpo com a aproximação da maturação do fruto e o rachamento deste, assim como a entrada no período de dormência.



a)



b)



c)



d)

Figura 29 - a) Amendoeira florida, entre o estado fenológico F, "flores abertas" e o estado fenológico G, "queda das pétalas" em 27.02.2020; Cultura no estado fenológico I, "frutos jovens" em b) 12.03.2020, c) 26.03.2020 e d) 08.04.2020.



a)



b)



c)



d)

Figura 30 - Amendoeira no estado fenológico J, "fruto desenvolvido" em a) 22.04.2020, b) 06.05.2020, c) 21.05.2020 e d) 04.06.2020.



a)



b)



c)



d)

Figura 31 - Amendoeira no estado fenológico J, "fruto desenvolvido" em a) 18.06.2020, b) 02.07.2020 e c) 17.07.2020; d) Amendoeira no estado fenológico K, "rotura do mesocarpo" em 30.07.2020.



a)



b)

Figura 32 – a) Cultura no dia da colheita. Amendoeira no estado fenológico L, “fruto maduro” em 20.08.2020; b) Cultura no estado fenológico A, “gomos dormentes” em 03.12.2020.

### **Acompanhamento da colheita**

A colheita iniciou-se no dia 18-08-2020 e prolongou-se por cerca de 6 dias.

Os panos eram estendidos ao longo das linhas e entrelinhas do amendoal, cobrindo por completo a superfície do solo na zona de trabalho, posteriormente o trator, deslocando-se pela entrelinha, levava consigo acoplado na sua traseira um vibrador telescópico, controlado por um operador no exterior do trator (Figura 33). A vibração aplicada à árvore na fase em que o fruto já se encontrava maduro, fez com que este se desprendesse sem grande dificuldade. A amêndoa soltou-se então, para os panos verdes de colheita, ainda com o seu mesocarpo. Posteriormente as pontas do pano foram puxadas por uma moto 4, encaminhando as amêndoas para os panos brancos com argolas nos vértices, estes foram os panos utilizados para transportar a amêndoa para outras partes da exploração, com o auxílio de um trator com carregador frontal.

A amêndoa foi transportada para uma máquina de limpeza que estava acoplada à traseira de um trator e trabalhava através da energia fornecida pela tomada de força deste

(Figura 34). Esta máquina fez a separação entre a amêndoa e o seu mesocarpo, ficando o mesocarpo no chão, enquanto a amêndoa era transportada pelo balde frontal de um empilhador telescópico até um reboque que a levaria para fora da exploração.



*Figura 33 -Trator acoplado com vibrador telescópico, em posicionamento para a vibração, controlado por operador no terreno. Solo coberto por panos verdes de colheita.*



*Figura 34 – Máquina de limpeza acoplada a trator. Operação de separação da amêndoa com casca do mesocarpo. É visível os mesocarpos no chão e a amêndoa a ser encaminhada para o balde frontal do empilhador telescópico.*

### 4.3. Parametrização do modelo

Para parametrizar o modelo (Figura 35) comparam-se os dados da simulação do balanço hídrico com o modelo ISAREG (linha azul) com os dados do teor de água no solo obtido através da sonda capacitiva (pontos vermelhos). Através de processo iterativo, encontrou-se o fator de redução,  $K_I$ , mais adequado às condições existentes, que demonstrava visualmente a melhor sobreposição entre estes dois dados (Figura 35 e 36).

Chegou-se então ao valor de fator de redução ( $K_I$ ) de  $\frac{2,75}{7}$ . Este que é o valor que permite obter a melhor sobreposição entre os dados observados e simulados, e que significa que a faixa molhada pelo sistema de rega, seria de 2,75 metros, ou seja, 1,375 metros para cada lado da rampa de rega. Seria então esta a faixa, que realmente recebia a água fornecida por rega, e a deixaria disponível para a planta.

Como é possível observar (Figura 35 e 36), verificou-se uma muito boa correlação no ano de 2018, durante todo o ciclo da cultura. Contudo no ano de 2019, observou-se uma sobreposição aceitável até meados de julho, mas posteriormente verificou-se um desajuste considerável, estando o modelo a simular a água no solo muito acima das observações. O valor do fator de redução de  $\frac{2,75}{7}$ , determinado em 2018 é então confirmado até julho de 2019. Este desajuste, pode dever-se a problemas na sonda capacitiva que levem à captação de dados desadequados na parte final do ano de 2019, a alguma incerteza que possa existir no registo das regas efetuadas, uma vez que os calendários de rega de 2018 e 2019 são diferentes, e também à incerteza associada à determinação do fator de redução.

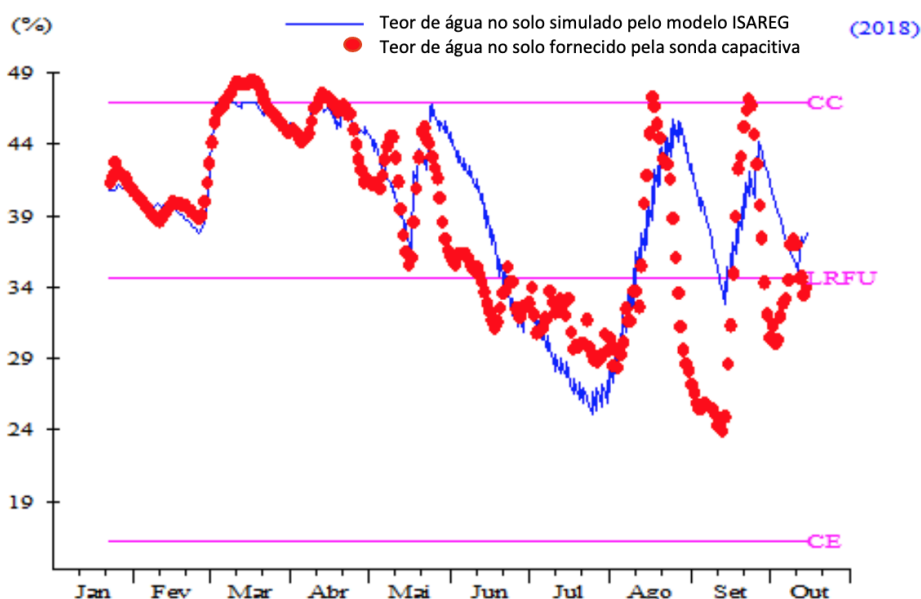


Figura 35 – Resultado gráfico da simulação de balanço hídrico e dados do teor de água no solo para o ano de 2018, utilizando um fator de redução de  $\frac{2,75}{7}$ .

Quadro 9 - Resultados da simulação do ano de 2018.

	Volume útil na faixa regada (ISAREG) (mm)	Fator de redução	Volume líquido na parcela (mm)	Volume global na parcela (mm)
Volume fornecido no período de rega	676,6	$\frac{2,75}{7}$	265,8	295,3
Volume perdido por excesso de água na rega	2,3	$\frac{2,75}{7}$	0,9	1

Quadro 10 - Défice médio por mês no ano de 2018 durante o período de rega.

	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Média $\frac{ETc\ act}{ETc}$	1	1	1	0,971	0,695	0,925	0,996

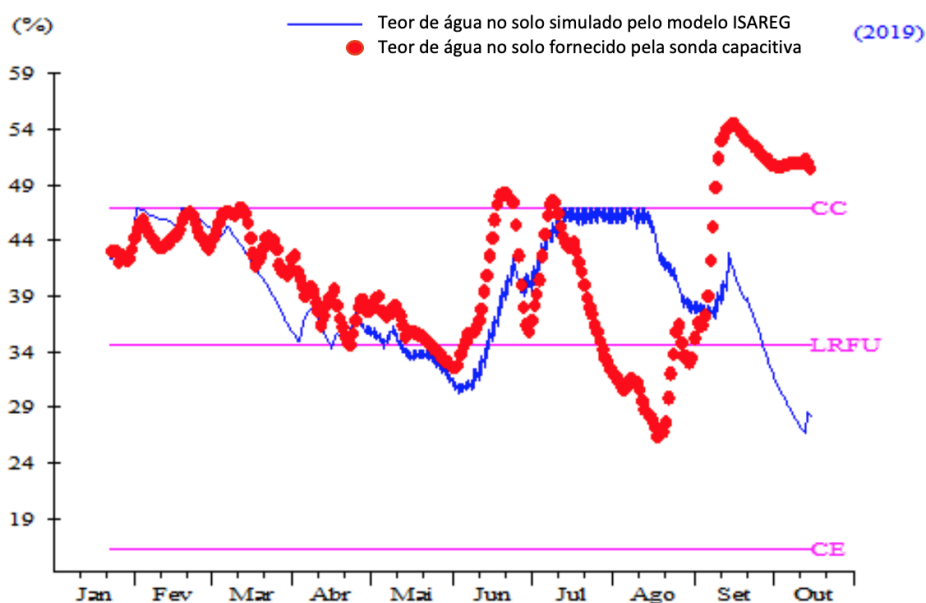


Figura 36 - Resultado gráfico da simulação de balanço hídrico e dados do teor de água no solo para o ano de 2019, utilizando um fator de redução de  $\frac{2,75}{7}$ .

Quadro 11 - Resultado da simulação do ano de 2019.

	<b>Volume útil na faixa regada (ISAREG) (mm)</b>	<b>Fator de redução</b>	<b>Volume líquido na parcela (mm)</b>	<b>Volume global na parcela (mm)</b>
<b>Volume fornecido no período de rega</b>	979,3	$\frac{2,75}{7}$	384,7	427,5
<b>Volume perdido por excesso de água na rega</b>	81,2	$\frac{2,75}{7}$	31,9	35,4

Quadro 12 - Défice médio por mês no ano de 2019 durante o período de rega.

	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>
<b>Média</b> $\frac{ETc\ act}{ETc}$	1	0,97	0,926	1	1	1

A eficiência na condução de rega por parte do produtor foi de 99,7 % para o ano de 2018, e 91,7 % para o ano de 2019.

Através de uma pequena trincheira foi efetuada a estimativa da largura do bolbo húmido onde se desenvolve o sistema radical da cultura, observando-se que é plausível a largura de faixa molhada de 1,375 m para cada lado (Figura 37 e 38).

Podemos ainda observar através dos Quadros 10 e 12, que no ano de 2018 a cultura foi sujeita a défice hídrico nos meses de junho, julho, agosto e setembro, com especial incidência no mês de julho e desprezável no mês de setembro. Já no ano de 2019 verificou-se défice hídrico nos meses de maio e junho, contudo de baixa intensidade.



*Figura 37 - Abertura de trincheira perpendicular à linha de cultura e correspondente rampa de rega.*



*Figura 38 - Sistema radical exposto pela abertura da trincheira.*

### **Produtividade da água no amendoal da variedade “Vairo” no Monte das Carvoeiras**

A produção de miolo de amêndoa nos anos de 2018, 2019 e 2020 foi respetivamente, 4656 kg (496 kg/ha), 14487 kg (1544 kg/ha) e 11062 kg (1179 kg/ha). Estes valores resultaram de produções de amêndoa com casca de 16324 kg (1740 kg/ha) em 2018, 46557 kg (4963 kg/ha) em 2019 e 34274 kg (3654 kg/ha) em 2020 (Quadro 13). A produção do ano de 2018

apresentou-se muito abaixo do esperado devido à forte precipitação nos meses de fevereiro e março desse ano que provocou a queda de 70 % das flores.

A grande variabilidade, entre variedades, da relação miolo/casca, faz com que seja desaconselhável a comparação de valores com casca entre variedades. Em geral as variedades americanas, maioritariamente de casca mole, apresentam melhores relações miolo/casca que as variedades utilizadas em Portugal, maioritariamente de casca dura (California Almonds, 2018; Godini, 1984). Isto faz com que o mesmo valor de amêndoa com casca, possa estar associado a um maior valor de miolo nas variedades americanas. Contudo, tendo em conta os valores FAOSTAT da secção 2.1, podemos observar que os valores com casca apresentados no Quadro 13 são superiores aos valores médios atribuídos a Portugal e parecidos aos atribuídos aos EUA.

*Quadro 13 - Produtividade da água para os valores de amêndoa com casca e para os valores de miolo de amêndoa, no ano de 2018, 2019 e 2020.*

<b>Ano</b>	<b>Consumo de água (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Produção de amêndoa com casca (kg/ha)</b>	<b>Produtividade da água – Amêndoa com casca (g/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Produção de miolo (kg/ha)</b>	<b>Produtividade da água – miolo (g/m<sup>3</sup>)</b>
<b>2018</b>	2953	1740	589	496	168
<b>2019</b>	4271	4963	1162	1544	362
<b>2020</b>	4898	3654	746	1179	241

#### 4.4. Proposta de calendário de rega alternativo ao do produtor

As seguintes simulações foram obtidas utilizando os dados climáticos do período de 2002 a 2019.

Nas simulações da rega dos calendários alternativos considerou-se a rega em conforto hídrico, e uma rega deficitária em que se fornecem 80%, e 60% das necessidades de rega da cultura no período intermédio que corresponde ao período de menor sensibilidade ao stress hídrico da cultura.

##### 4.4.1. Rega em conforto hídrico

Através de simulação do balanço hídrico do solo, obteve-se, praticando uma rega em conforto, um consumo médio anual de água de 410,2 mm para este amendoal (Figura 39). Podemos observar, no Quadro 14, a análise frequencial dos anos em estudo. O ano de maiores necessidades de rega foi o de 2005, com um valor de 503,61 mm, enquanto que o de menores necessidades foi o de 2011, com um valor de 340,46 mm.

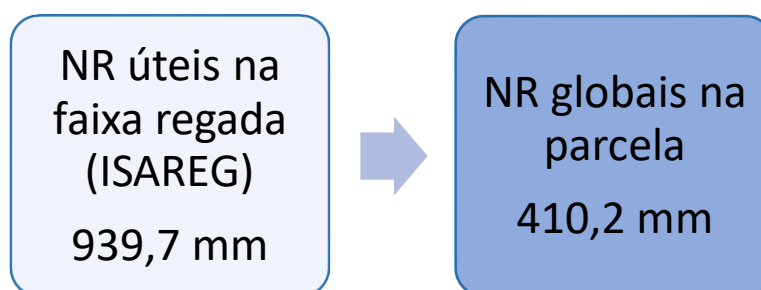


Figura 39 – Necessidades de rega em conforto.

No Quadro 15 é apresentado o calendário alternativo para a rega em conforto. Podemos observar neste, as necessidades decendiais por mês, assim como as necessidades totais mensais. O mês em que se verificam maiores NR úteis na faixa regada, 241,9 mm, é o mês de Julho, o que equivale a 105,6 mm de NR globais na parcela.

Quadro 14 - Análise freqüencial das necessidades anuais de rega em conforto.

<b>Frequência (%)</b>	<b>Ano</b>	<b>NR úteis faixa regada (ISAREG) (mm)</b>	<b>NR globais na parcela (mm)</b>
5,3	2011	780	340,5
10,5	2018	780,6	340,7
15,8	2007	817	356,6
21,1	2008	817,6	356,9
26,3	2010	854,8	373,1
31,6	2014	856,2	373,8
36,8	2002	893	389,8
42,1	2013	929	405,5
47,4	2016	929,4	405,7
52,6	2012	966	421,6
57,9	2006	966,9	422,1
63,2	2003	967,4	422,3
68,4	2019	1002,2	437,5
73,7	2009	1003,8	438,2
78,9	2015	1039,4	453,7
84,2	2017	1076,1	469,7
89,5	2004	1081,1	471,9
94,7	2005	1153,7	503,6

Quadro 15 - Calendário alternativo para rega em conforto. Necessidades de rega médias para o período considerado (2002-2019), decendiais e totais mensais (mm) (NR úteis na faixa regada).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
<b>1º decêndio</b>	0	0	2,1	6,2	22,7	60	78,6	76,5	55,7	24,7
<b>2º decêndio</b>	0	0	4,1	10,3	37,1	62,1	78,6	68,2	39,2	2,1
<b>3º decêndio</b>	0	0	2,1	12,4	41,2	66,1	84,7	70,3	35	0
<b>Mensal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8,2</b>	<b>28,8</b>	<b>101</b>	<b>188,1</b>	<b>241,9</b>	<b>215</b>	<b>129,9</b>	<b>26,7</b>

#### 4.4.2. Rega deficitária

##### Rega com 80 % das necessidades de rega

Simulou-se uma rega em que eram satisfeitas apenas 80 % das necessidades de rega da cultura entre os dias 29 de abril e 16 de setembro, altura identificada como o período intermédio (desenvolvimento da semente), e que segundo a bibliografia seria o mais adequado à aplicação de défice. Identificou-se para estas condições uma NR global, considerando toda a parcela, de 391,5 mm (Figura 40).

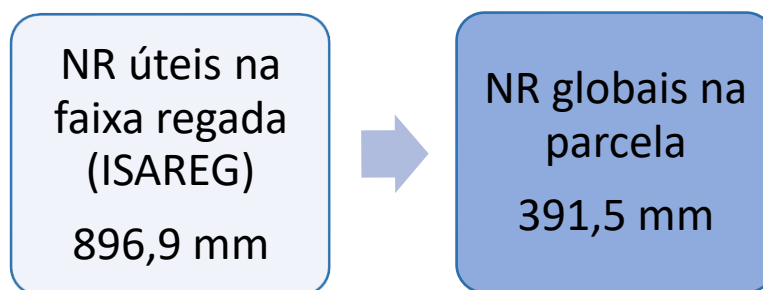


Figura 40 - Necessidades de rega deficitária em que se satisfazem 80 % das necessidades de rega.

Quadro 16 - Análise freqüencial das necessidades anuais de rega deficitária com 80% das necessidades de rega.

<b>Frequência (%)</b>	<b>Ano</b>	<b>NR úteis faixa regada (ISAREG) (mm)</b>	<b>NR globais parcela (mm)</b>
5,3	2018	724	316
10,5	2011	742,7	324,2
15,8	2008	762,3	332,7
21,1	2007	784,9	342,6
26,3	2014	806,7	352,1
31,6	2010	819,7	357,8
36,8	2002	846,7	369,6
42,1	2016	859,2	375,1
47,4	2013	895,2	390,8
52,6	2012	900,1	392,9
57,9	2003	929,2	405,6
63,2	2006	931,9	406,8
68,4	2019	956,2	417,4
73,7	2009	959,6	418,9
78,9	2015	1000,3	436,6
84,2	2004	1035,7	452,1
89,5	2017	1055,7	460,8
94,7	2005	1133,9	495

No Quadro 17 é apresentado o calendário alternativo para a rega deficitária com fornecimento de 80% das NR. O mês em que se verificam maiores NR úteis na faixa de rega, 230,4 mm, é o mês de Julho, o que equivale a 100,6 mm de NR globais na parcela.

Quadro 17 - Calendário alternativo para rega deficitária com 80 % das necessidades de rega. Necessidades de rega médias para o período considerado (2002-2019), decendiais e totais mensais (mm) (NR úteis na faixa regada).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
<b>1º decêndio</b>	0	0	2,1	6,2	16,8	50,7	67	71,1	47,1	22,6
<b>2º decêndio</b>	0	0	4,1	10,3	33,5	53,8	74,9	64,1	56,5	2,1
<b>3º decêndio</b>	0	0	2,1	4,1	40,3	77,9	88,5	64,1	37,1	0
<b>Mensal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8,2</b>	<b>20,6</b>	<b>90,6</b>	<b>182,4</b>	<b>230,4</b>	<b>199,4</b>	<b>140,6</b>	<b>24,7</b>

### Rega com 60 % das necessidades de rega

Simulou-se por fim uma rega em que eram satisfeitas apenas 60 % das necessidades de rega da cultura entre os dias 29 de abril e 16 de setembro. Identificou-se para esta situação, uma NR global, considerando toda a parcela, de 357,1 mm (Figura 41).

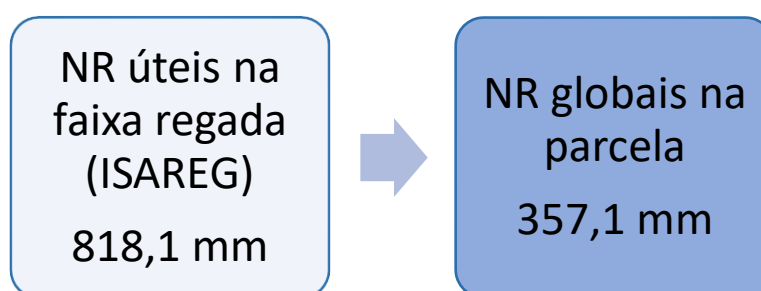


Figura 41 - Necessidades de rega deficitária em que se satisfazem 60 % das necessidades de rega.

Quadro 18 - Análise frequencial das necessidades anuais de rega deficitária com 60% das necessidades de rega.

<b>Frequência (%)</b>	<b>Ano</b>	<b>NR úteis faixa regada (ISAREG) (mm)</b>	<b>NR globais parcela (mm)</b>
5,3	2011	680,8	297,2
10,5	2018	686,5	299,7
15,8	2008	695	303,4
21,1	2007	700	305,6
26,3	2014	732,2	319,6
31,6	2002	743,2	324,4
36,8	2010	749,3	327,1
42,1	2016	788,8	344,3
47,4	2013	803,2	350,6
52,6	2003	826,6	360,8
57,9	2006	835	364,5
63,2	2012	835,7	364,8
68,4	2009	891	388,9
73,7	2019	891,4	389,1
78,9	2015	941,9	411,1
84,2	2004	954	416,4
89,5	2017	963,4	420,5
94,7	2005	1007,4	439,8

O calendário alternativo para a rega deficitária com 60 % das NR é apresentado no Quadro 19. O mês em que se verificam maiores necessidades de rega úteis na faixa regada, 219,9 mm, é igualmente o mês de Julho, que se traduz em 96 mm de NR globais na parcela.

Quadro 19 - Calendário alternativo para rega deficitária com 60 % das necessidades de rega. Necessidades de rega médias para o período considerado (2002-2019), decendiais e totais mensais (mm) (NR úteis na faixa regada).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
<b>1º decêndio</b>	0	0	2,1	6,2	0	55,1	68,9	64,2	54,9	22,6
<b>2º decêndio</b>	0	0	4,1	10,3	41	59,4	73,1	55,1	59	4,1
<b>3º decêndio</b>	0	0	2,1	4,1	22,9	36,6	77,9	59,5	35	0
<b>Mensal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8,2</b>	<b>20,6</b>	<b>63,8</b>	<b>151</b>	<b>219,9</b>	<b>178,8</b>	<b>148,9</b>	<b>26,7</b>

#### 4.5. Análise do calendário de rega efetuado pelo produtor

Para os anos de 2018 e 2019, anos em que foi analisado o calendário de rega do produtor, as NR, para uma rega em conforto hídrico da cultura, após convertidas para os valores de NR globais ao nível da parcela, foram respetivamente, de 340,7 mm e 437,5 mm (Figura 42).

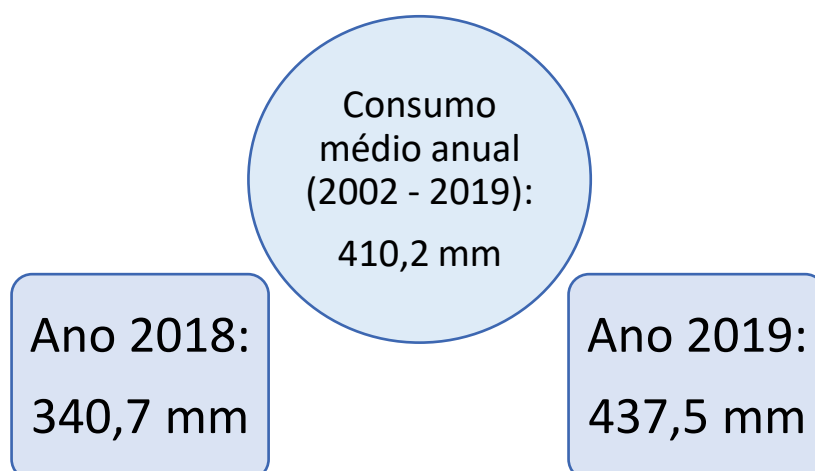


Figura 42 - Necessidades globais de rega em conforto hídrico considerando toda a parcela.

As regas aplicadas pelo produtor foram de 295,3 mm em 2018 e 427,1 mm em 2019, uma média de 361,2 mm por ano (Figura 43).

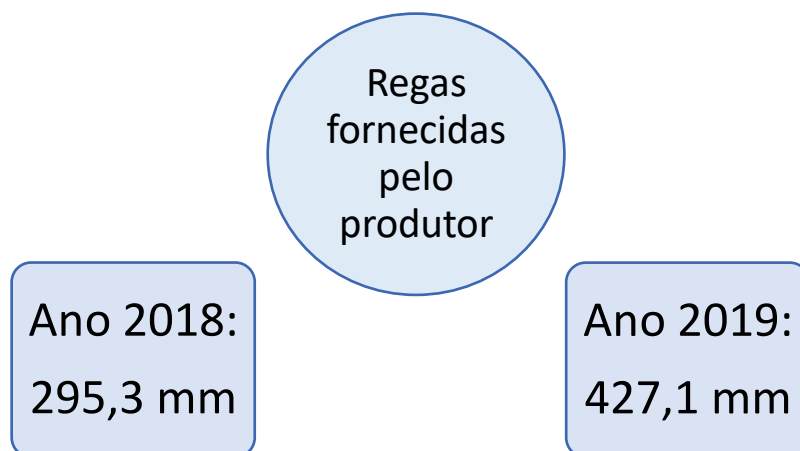


Figura 43 - Regas fornecidas pelo produtor nos anos de 2018 e 2019.

O produtor forneceu regas abaixo das necessidades ótimas da cultura, procurando aplicar um pouco de déficit hídrico. No ano de 2018 este déficit foi essencialmente praticado no mês de julho, aproximadamente 70 % das NR e um pouco no mês de junho e agosto, com 97 % e 93 % das NR respectivamente (Quadro 10). Já no ano de 2019 o produtor praticou uma rega muito próxima do conforto, verificando-se um pouco de déficit no mês de maio, 97 % das NR e junho com 93 % (Quadro 12).

Foi garantido o conforto hídrico nos períodos, que segundo a bibliografia, se impõem como os mais importantes para garantir boas produções, no pós-vingamento, aquando do crescimento do fruto e no pós colheita. De entre os meses mais adequados para sujeitar a cultura a stress hídrico, maio, junho, julho e agosto, o mês de junho é aquele em que a cultura pode ser sujeita a valores de déficit mais acentuados. O produtor sujeitou então a cultura a défices hídricos nos meses adequados, contudo na sua maioria valores de déficit pouco severos, excetuando o aplicado no mês de julho de 2018 (70 % das NR) que idealmente seria mais favorável se aplicado no mês de junho.

Verificou-se através da observação dos Quadros 9 e 11, que existiu um volume perdido por excesso de água na rega, este volume foi a nível da linha, de 2,3 mm em 2018 e 81,2 mm em 2019. Contudo, dada a profundidade das raízes da amendoeira, esta ainda vai conseguir captar alguma da água que ultrapassa a camada dos 60 cm estabelecida para o cálculo do balanço hídrico. Assim, não existirá provavelmente drenagem no ano de 2018, e no ano de

2019, possivelmente será também um valor abaixo dos 81,2 mm estimados na linha (35,4 mm se considerar toda a parcela) pelo modelo. Os valores anteriormente referidos estão também sujeitos á possibilidade de existência de alguma incerteza associada à obtenção do fator de redução, como é visível na parametrização do modelo no ano de 2019.

Na generalidade os resultados obtidos indicam que o produtor estará a adotar uma calendarização da rega adequada, embora não seja de desprezar que possa estar a ocorrer drenagem para lá dos 60 cm considerados no balanço hídrico do solo. Esta possível existência de drenagem poderia ser mitigada com a utilização de duas rampas de rega por linha de cultura, regando alternadamente em cada uma delas, realizando uma rega deficitária alternada (*PRD – Partial Root-Drying*). Assim a água aplicada seria distribuída por uma faixa maior, reduzindo a possibilidade de drenagem. A cultura estaria também sujeita a um conjunto de respostas hormonais que se poderiam traduzir em boas respostas produtivas. A alteração do sistema de rega para duas rampas por linha estaria sempre dependente de um estudo de viabilidade económica.

## 5. Conclusões

Neste trabalho avaliaram-se as necessidades de rega de um amendoal na zona de influência do Alqueva. Para esse fim, utilizaram-se os dados da campanha de rega de 2018 e 2019 de uma parcela de amendoal intensivo do Monte das Carvoeiras, localizado na região de Beja. Os dados destas duas campanhas permitiram a parametrização do modelo ISAREG para as condições da cultura verificadas no local de estudo, procurando a melhor concordância entre os dados do teor de água no solo simulados pelo modelo do balanço hídrico do solo e o teor de água no solo fornecidos pela sonda capacitiva. Desta parametrização obteve-se um valor de fator de redução de  $k_l = \frac{2,75}{7}$ .

Após a parametrização foi realizada a calendarização da rega, para o período de 2002 a 2019, considerando as estratégias de rega em conforto hídrico, e com défice hídrico em que se aplica 80 % e 60 % das necessidades de rega. Procedeu-se á análise da campanha de rega do produtor para os anos de 2018 e 2019 e procurou-se propor algumas melhorias na condução da rega.

O produtor usou valores de dotação de rega de 295,3 mm em 2018 e 427,1 mm em 2019. Estes valores, quando comparados com os valores de rega em conforto para os mesmos anos 340,7 mm em 2018 e 437,5 mm em 2019, mostram que o produtor praticou uma rega deficitária. Depois de analisados os dados e segundo a bibliografia verificou-se que défice foi geralmente bem fornecido, não comprometendo as produções. Embora se trate de uma rega com algum défice, pode ter-se verificado alguma drenagem. Esta pode estar associada ao facto do sistema de rega possuir apenas uma rampa de rega, que origina uma faixa regada relativamente estreita. Aconselha-se então um estudo de viabilidade económica com o objetivo de avaliar a instalação de duas rampas de rega por linha de cultura. Estas teriam como objetivo a realização de uma rega deficitária alternada (*PRD – Partial Root-Drying*), que aumentaria a largura da faixa molhada, e aproveitaria um conjunto de respostas hormonais, que poderiam traduzir-se num aumento da produtividade da água.

Contudo é visível que o amendoal em questão realiza uma rega bastante parcimoniosa em comparação com valores bibliográficos e dotações aplicadas em outros locais como a Califórnia, em que se utiliza a rega por alagamento em algumas áreas. Estes valores muito elevados, referidos na bibliografia, poderiam suscitar alguma preocupação quanto à expansão do amendoal de regadio na região do Alentejo. O estudo demonstra que é possível realizar a condução de rega do amendoal com baixas dotações, recorrendo à rega deficitária controlada, na zona de influência do Alqueva.

## 6. Referências bibliográficas

- Aguiar, C., Pereira, J., Arrobas, M., Almeida, A., Bento, A., Cortés, I., ... Moura, L. (2017). *MANUAL TÉCNICO AMENDOEIRA : ESTADO DA PRODUÇÃO* (Centro Nac).
- Agustí, M. (2014). *Fruticultura* (03–2010th ed.; Mundi Prensa, ed.). Madrid.
- AJAP, A. dos J. A. de P. (2017). *Manual Boas Práticas para Culturas Emergentes A Cultura da Amêndoa*. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000300001>
- Allen, R., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 56, 300.
- Andreu, L., Hopmans, J. W., & Schwankl, L. J. (1997). Spatial and temporal distribution of soil water balance for a drip-irrigated almond tree. *Agricultural Water Management*, 35(1–2), 123–146. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(97\)00018-8](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(97)00018-8)
- Arquero, O. (2013). *Manual del Almendro* (Junta de A; O. Arquero, ed.). Sevilla: Servicio de publicaciones Y Divulgación.
- Barbosa, J. (2016). Amêndoa recomenda-se para o Alentejo. *Vida Rural*.
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future köppen-geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5, 1–12. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Bellido, B. S., Durán, E. G., & Pina, S. V. (2016). *Resultados De Ensayo Manejo Del Riego En El Cultivo Del Almendro*. <https://doi.org/10.21151/cnriegos.2016.c05>
- California Almonds. (2018). *Almond tree fruit weight*. Retrieved from [https://www.almonds.com/sites/default/files/2020-04/17-18\\_almond tree fruit weight.pdf](https://www.almonds.com/sites/default/files/2020-04/17-18_almond tree fruit weight.pdf)
- Cameira, M. R. (2019). Diapositivos das aulas da disciplina Rega e Drenagem. Sistemas de Rega Localizada. *Instituto Superior de Agronomia*.
- Cardoso, J. V. J. D. C. (1965). *Os Solos de Portugal. Sua classificação, caracterização e génese. 1 - A Sul do Rio Tejo*. Lisboa: Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas.
- Doll, D. (2015). Drought Management for Almond. Retrieved December 12, 2020, from <http://thealmonddoctor.com/2015/03/07/drought-management-almond-2015/>
- Doorenbos, J., & Pruitt, W. O. (1977). Crop water requirements. In *FAO Irrigation and Drainage Paper* (Vol. 24).
- EDIA. (2018). *Anuário Agrícola de Alqueva 2018*. Retrieved from [http://www.edia.pt/folder/galeria/ficheiro/225\\_anuario\\_agricola](http://www.edia.pt/folder/galeria/ficheiro/225_anuario_agricola)

alqueva\_2018\_mq6qr91zs4.pdf

- EDIA. (2019a). *Anuário Agrícola de Alqueva 2019*. Retrieved from [http://www.edia.pt/folder/galeria/ficheiro/225\\_anuario\\_agricola\\_alqueva\\_2018\\_mq6qr91zs4.pdf](http://www.edia.pt/folder/galeria/ficheiro/225_anuario_agricola_alqueva_2018_mq6qr91zs4.pdf)
- EDIA. (2019b). *Ficha Baleizão-Quintos 2019*. Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A. - EDIA.
- FAOWRB. (2014). *World reference base for soil resources 2014, World Soil Resources Reports* (No. 106). Roma.
- FAO. (1992). CropWat - A computer program for irrigation planning and management. Retrieved January 22, 2021, from Food and Agriculture Organization of the United Nations website: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>
- FAO. (2016). AquaCrop. Retrieved January 22, 2021, from Food and Agriculture Organization of the United Nations website: <http://www.fao.org/aquacrop/en/>
- FAOSTAT. (2021a). Crops - Food and Agriculture Organization of the United Nations Stats. Retrieved January 6, 2021, from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- FAOSTAT. (2021b). Crops and livestock products - Food and Agriculture Organization of the United Nations Stats. Retrieved January 19, 2021, from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>
- Felipe, A. (1977). Almendro. Estado fenológicos. *Información Técnica Económica Agraria* 27, 8–9.
- Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 147–159. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl165>
- Flint, M. L. (2002). *Integrated Pest Management for Almonds*. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources.
- Franco, J. A., Abrisqueta, J. M., Hernansáez, A., & Moreno, F. (2000). Water balance in a young almond orchard under drip irrigation with water of low quality. *Agricultural Water Management*, 43, 75–98.
- Freire, E. (2015). Amêndoa , a nova aposta para o Alentejo. *Vida Rural*, 1806, 14–18.
- García, J. G., Azorín, P. R., Ordaz, P. B., & Monreal, F. G. (2014). Análisis económico del cultivo de almendro en riego deficitario controlado ( RDC ). *Fruticultura Profesional*, (Nº 154), 43–50.
- Girona, J., Mata, M., & Marsal, J. (2005). Regulated deficit irrigation during the kernel-filling

- period and optimal irrigation rates in almond. *Agricultural Water Management*, 75(2), 152–167. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.12.008>
- Godini, A. (1984). Hull, shell and kernel relationships in almond fresh fruits. *CIHEAM - Options Méditerranéennes*, 1984-II(July), 53–56. Retrieved from <http://om.ciheam.org/om/pdf/s08/CI010788.pdf>
- Goldhamer, D., & Girona, J. (2012). *Almond*. In: Steduto P., Hsiao T., Fereres E., Raes D., Crop Yield Response to Water. FAO 66. Rome.
- Gutiérrez, S. G., Durán, V. H. Z., & García, I. F. T. (2019). *RESPUESTA AGRONÓMICA A LARGO PLAZO DEL CULTIVO DEL ALMENDRO SOMETIDO A DOS ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARIO* (Vol. 1). <https://doi.org/10.17398/AERYD.2019.A01>
- Iannamico, L. (2015). *Cultivo del almendro* (No. Edições INTA). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Rio Negro, Argentina,.
- IDRH. (1999). Carta dos Solos de Portugal e Carta de Capacidade de Uso do Solo. Retrieved October 18, 2020, from Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica website: <https://www.dgadr.gov.pt/cartografia/cartas-solos-cap-uso-analogico>
- INE. (2020a). Boletim Mensal da Agricultura e Pescas. *INE, Instituto Nacional de Estatística*, pp. 8–10. Retrieved from file:///C:/Users/Mariana/Downloads/BMAP\_novembro\_2015.pdf
- INE. (2020b). *Previsões Agrícolas 31 de julho 2020* (pp. 1–8). pp. 1–8. Instituto Nacional de Estatística.
- IPMA. (2020). Normais climatológicas Beja, 1971/2000. Retrieved November 14, 2020, from Instituto Português do Mar e da Atmosfera website: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/#562>
- Ladizinsky, G. (1999). On the Origin of Almond. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1008690409554>
- Lopez, J. R., Abreu, J. M. H., Regalado, A. P., & Hernandez, J. F. G. (1997). *Riego Localizado* (2ª Edição).
- Mantas, A., Martins, L., & Carvalho, S. (1994). A cultura da amendoeira em Trás-os-Montes. *Vida Rural*, 9–12.
- Martins, A. (2014). Gestão do solo em amendoal para otimização do uso da água e sustentabilidade do sistema. In *Jornadas Técnicas da Amêndoa*.
- McCarthy, M. G., Loveys, B. R., Dry, P. R., & Stoll, M. (2002). *DEFICIT IRRIGATION PRACTICES*. Roma: Water Reports 22 - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.

- Meier, U., Enz, M., Dachler, C., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., ... Weber, E. (1998). Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas. Escala BBCH extendida. In *Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas escala BBCH extendida*.
- Micke, W. C. (1996). *Almond Production Manual* (W. C. Micke, Ed.). University of California. Division of Agriculture and Natural Resources.
- Oliveira, A. G. (2019). Área de amendoal duplica em dois anos. *Frutas, Legumes e Flores, Abril 2019*, 86–88.
- Oliveira, I. (2011). *Técnicas de Regadio* (2ª Edição; I. Oliveira, Ed.).
- Pereira, L. S. (2004). *Necessidades de água e métodos de rega*. Publicações Europa-América.
- Pou, M. M. (2004). *El Almendro. Manual Técnico* (Mundi-Pren).
- Queirós, F. (2020). *Manual de boas práticas de fruticultura*. Estação Nacional de Fruticultura Vieira Natividade e COTR.
- Raposo, J. R. (1996). *A Rega. Dos primitivos ragadios às modernas técnicas de rega* (Fundação C). Lisboa: Gráfica Maiadouro.
- Ribeiro, A. C. (2018). *Gestão da água no amendoal*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança.
- Rodrigues, M. Â., Bento, A., & Arrobas, M. (2018). A Amendoeira: Estado da Produção. *Voz Do Campo*, 46–47.
- Romero, P., Botia, P., & Garcia, F. (2004). Effects of regulated deficit irrigation under subsurface drip irrigation conditions on vegetative development and yield of mature almond trees. *Plant and Soil*, 260(1–2), 169–181. <https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000030193.23588.99>
- Salazar, D., & Melgarejo, P. (2002). *El cultivo del almendro* (Mundi-Prensa Libros S.A. 2002, Ed.). Madrid.
- Schwankl, L. J., Prichard, T., & Fulton, A. (2018). *Almond Irrigation Improvement Continuum*.
- Sentek. (2020). *EnviroSCAN Probe*. Retrieved from <https://sentektechnologies.com/product-range/soil-data-probes/enviroscan/>
- Teixeira, J. L. (1994). *Guia do Utilizador do Programa ISAREG*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia.

Vargas, F., Romero, M., Clavé, L., Alegre, S., & Miarnau, X. (2009). *Varietades de almendro*  
*IRTA*.

## Anexos

### Anexo 1 – Dados meteorológicos da Quinta da Saúde (txt.).

Dados_Beja_Rafael.txt										
Data	Tmed. (fC)	Tmax. (fC)	Tmin (fC)	HRmax (%)	HRmin (%)	Quinta da Saúde – Beja				
RSG (Kj/m2)	VVmed (m/s)	P (mm)	ET0 (mm)	Alt. anem. (m)						
01/01/2018	10,1	16	5,3	99,9	60,6	9683,1	1,4	0,1	1,5	
	Long. (f)	Lat. (f)		Alt. (m)						
02/01/2018	11,1	16	5,4	100	67,7	8990,6	1,2	0,2	1,4	
	7.89 W	38.04 N	206							
03/01/2018	13,4	15,6	10,9	99,9	83,5	3432,3	1,2	0	0,6	
04/01/2018	13,6	15,4	12,1	99,6	80,7	3169	1,4	0,3	0,5	
05/01/2018	11	14,3	8,4	99,7	79,6	2244,1	2,2	22,5	0,4	
06/01/2018	7,3	11,4	3,7	98,3	38,7	10506,2	3,2	0	1,6	
07/01/2018	5,9	11,5	2,3	99,2	52,8	10487,7	2,2	0	1,4	
08/01/2018	6,7	11,7	3,3	100	57,9	8242,5	1,6	0,3	1,1	
09/01/2018	8,2	11,7	4	99,2	76,1	2117,5	3	9,5	0,4	
10/01/2018	10,8	16,5	7,3	100	66,9	6530,8	2,4	1,1	0,9	
11/01/2018	8,57	13,87	4,38	98,48	67,91	8099,24	2,11	0,1	1,14	
12/01/2018	8,15	14,45	4,01	98,01	55,29	8328,36	0,89	0,1	1,28	
13/01/2018	9,62	14,08	6,31	100	61,87	8854,06	2,7	6,7	1,3	
14/01/2018	7,93	12,85	4,55	99,24	56,86	10726,96		1,8	3,4	
15/01/2018	7,3	14,3	2	99,5	46,3	11340,7	0,9	0,1	1,7	
16/01/2018	10,22	15,13	5,65	98,97	64,93	7581,55	1,07	0	1,2	
17/01/2018	12,35	18,16	6,96	97,65	50,15	11362,55		2,32	0	
18/01/2018	10,97	18,72	6,12	94,55	42,52	11705,76		1,73	0	
19/01/2018	10,37	18,7	4,1	100	48,29	11589,76		1,28	0	
20/01/2018	9,32	16,89	2,75	100	49,42	11958,3	1,28	0,1	1,87	
21/01/2018	9,87	16,21	5,3	100	67,9	8439,36	1,5	0,1	1,26	
22/01/2018	10,07	16,82	6,15	100	66,87	7918,85	1,41	0,2	1,13	
23/01/2018	7,69	12,31	4,51	100	83,31	5474,13	1,12	0,2	0,64	
24/01/2018	6,85	9,16	4,82	100	98,33	4393,01	1,02	0,3	0,53	
25/01/2018	8,38	13,46	5,01	100	66,53	4828,83	2,45	3	0,7	

Anexo 2 – Dados característicos da rega. Calendário de rega 2018 (mm).

Dia	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
1	-	0	0	0	0	4,089	0
2	-	1,887	0	1,887	0	4,089	1,887
3	-	0	0	0	2,831	4,089	0
4	-	0	1,887	0	0	4,089	0
5	-	0	0	1,887	2,831	4,089	0
6	-	1,887	0	0	0	4,089	2,516
7	-	0	0	1,887	2,831	6,29	0
8	-	0	1,887	0	0	4,089	0
9	-	1,887	0	1,887	2,831	6,29	0
10	-	0	0	0	0	4,089	0
11	-	0	1,258	0	0	6,29	0
12	-	0	0	1,887	2,831	6,29	0
13	-	0	0	0	0	3,774	0
14	-	0	1,258	1,887	2,831	6,29	0
15	-	0	0	0	0	3,774	4,403
16	-	1,887	1,887	2,831	2,831	6,29	4,403
17	-	0	0	0	0	3,774	4,403
18	-	1,258	0	2,831	0	6,29	4,403
19	-	0	0	0	2,831	6,29	4,403
20	-	1,258	0	0	0	3,774	4,403
21	-	0	0	2,831	2,831	6,29	4,403
22	-	0	0,944	0	0	3,774	4,403
23	-	0	0	2,831	2,831	5,032	4,403
24	-	1,258	0	0	0	3,145	4,403
25	-	0	0	0	0	5,032	0
26	-	0	1,887	2,831	4,089	5,032	4,403
27	-	1,887	0	0	0	1,887	0
28	-	0	0	2,831	4,089	3,774	4,403
29	1,258	0	1,887	0	0	1,887	-
30	0	1,258	0	2,831	4,089	0	-
31	0	-	1,887	-	0	1,887	-

Anexo 3 – Dados característicos da rega. Calendário de rega 2019 (mm).

Dia	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
1	-	1,887	1,887	2,516	4,403	2,516
2	-	1,887	1,887	4,403	4,403	2,516
3	-	1,887	1,887	4,403	4,403	2,516
4	-	1,887	1,887	4,403	4,403	2,516
5	-	1,887	1,887	4,403	4,403	2,516
6	-	0	1,887	4,403	4,403	2,516
7	-	1,887	1,887	4,403	4,403	2,516
8	-	1,887	1,887	4,403	4,403	2,516
9	-	1,887	2,516	2,516	4,403	2,516
10	-	1,887	4,403	4,403	0	4,403
11	-	0	2,516	4,403	4,403	4,403
12	-	1,887	4,403	4,403	4,403	4,403
13	-	1,887	4,403	4,403	4,403	4,403
14	-	1,887	4,403	4,403	4,403	4,403
15	-	1,887	4,403	4,403	2,516	4,403
16	-	1,887	4,403	4,403	2,516	-
17	-	1,887	4,403	4,403	2,516	-
18	-	1,887	4,403	4,403	0	-
19	-	1,887	4,403	4,403	0	-
20	-	1,887	4,403	4,403	2,516	-
21	-	1,887	4,403	4,403	2,516	-
22	-	1,887	4,403	4,403	2,516	-
23	-	1,887	4,403	4,403	2,516	-
24	-	1,887	4,403	4,403	2,516	-
25	-	1,887	4,403	4,403	2,516	-
26	2,6	1,887	0	4,403	0	-
27	2,7	1,887	0	4,403	0	-
28	2,8	1,887	2,516	4,403	0	-
29	2,9	1,887	4,403	4,403	2,516	-
30	3	1,887	4,403	4,403	2,516	-
31	-	1,887	-	4,403	2,516	-

Anexo 4 – Dados agronómicos. Ficheiro base de dados da cultura (txt.).

ficheiros\_culturas\_Amendoal\_BAS.txt

BASE DE DADOS DE CULTURAS

Amendoal	Data de sementeira(dia e mês col. #s)					23	1				
Fases	A	B	C	D	F						
Dias após sementeira (fases)				0	30	96	236	266			
Fracão facilmente utilizável (p)					0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		
Profundidade radicular (m)				0,6	0,6	0,6	0,6	0,6			
Dias após sementeira (valores de kc)					0	8	9	36	37	67	
	68	97	98	128	129	158	159	189	190	220	221
	250	251	266								
Coeficiente cultural			0,4	0,4	0,41	0,41	0,62	0,62	0,8	0,8	
	0,94	0,94	1,05	1,05	1,11	1,11	1,11	1,11	1,06	1,06	0,92
Coef. sensibilidade hídrica				1							

Anexo 5 – Dados agronómicos. Ficheiro cultural criado pelo ISAREG (txt.) e ficheiro de solos (txt.).

### Ficheiro cultural criado pelo ISAREG

```

Amendoal_CUL.txt
| 1 5 A B C D F
23/ 1
22/ 2
29/ 4
16/ 9
16/10
 40.00 40.00 40.00 40.00 40.00
  0.60  0.60  0.60  0.60  0.60
  1.00
  2
 20
23/ 1
31/ 1
 1/ 2
28/ 2
 1/ 3
31/ 3
 1/ 4
30/ 4
 1/ 5
31/ 5
 1/ 6
30/ 6
 1/ 7
31/ 7
 1/ 8
31/ 8
 1/ 9
30/ 9
 1/10
16/10
 0.40  0.40  0.41  0.41  0.62  0.62  0.80  0.80  0.94  0.94  1.05  1.05
1.11  1.11  1.11  1.11  1.06  1.06  0.92  0.92

```

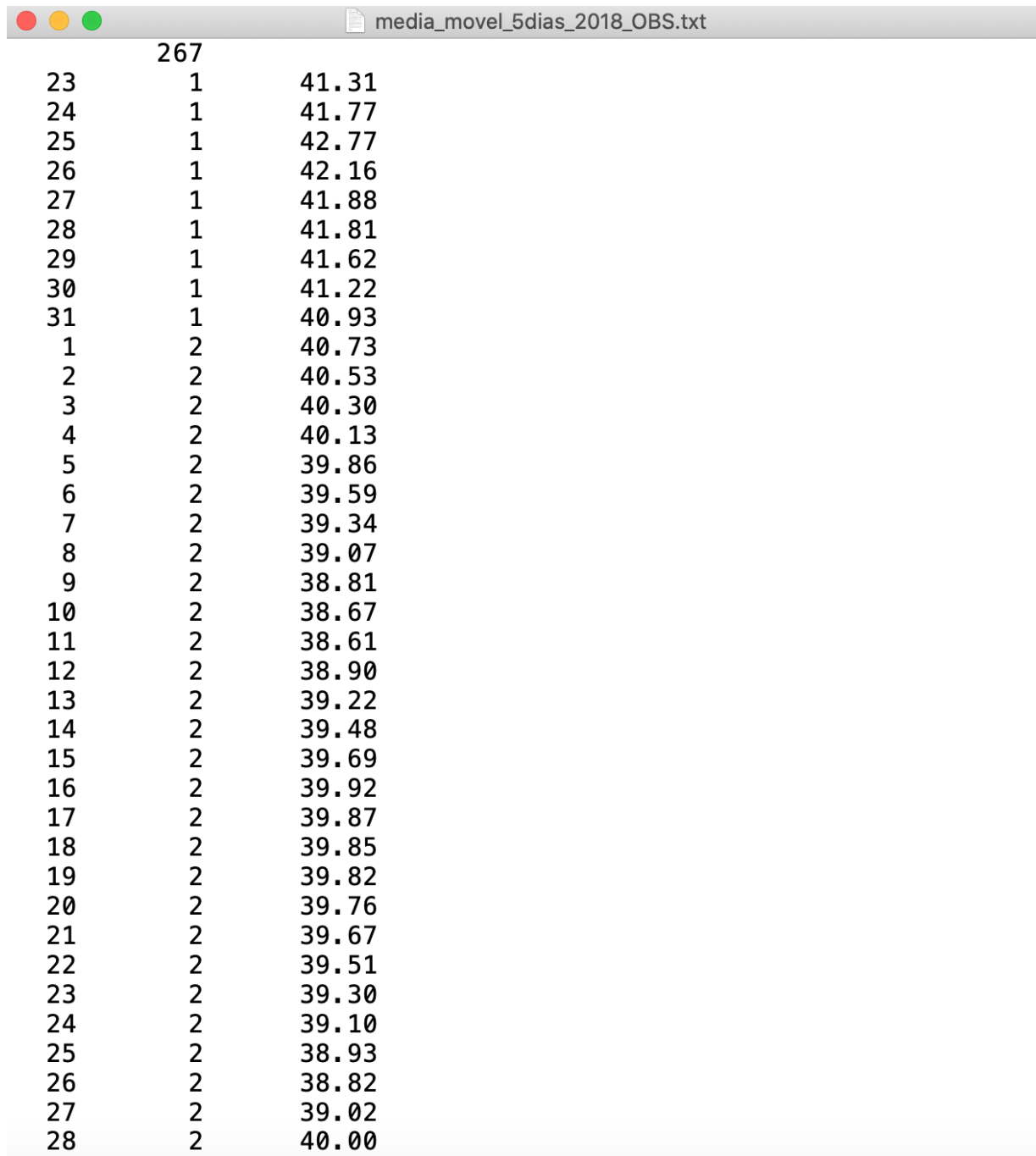
### Ficheiro de solos (txt.)

```

Carvoeiras_SOL.txt
  2
  1
0.00  0.60 46.9 16.2

```

Anexo 6 – Dados agronômicos. Dados da sonda 2018, média móvel a 5 dias (txt.).



267		
23	1	41.31
24	1	41.77
25	1	42.77
26	1	42.16
27	1	41.88
28	1	41.81
29	1	41.62
30	1	41.22
31	1	40.93
1	2	40.73
2	2	40.53
3	2	40.30
4	2	40.13
5	2	39.86
6	2	39.59
7	2	39.34
8	2	39.07
9	2	38.81
10	2	38.67
11	2	38.61
12	2	38.90
13	2	39.22
14	2	39.48
15	2	39.69
16	2	39.92
17	2	39.87
18	2	39.85
19	2	39.82
20	2	39.76
21	2	39.67
22	2	39.51
23	2	39.30
24	2	39.10
25	2	38.93
26	2	38.82
27	2	39.02
28	2	40.00

Anexo 7 – Ficheiro da parametrização do ano de 2018.

2Calib2018\_SAI.txt

Balanço hídrico:

Ano =====> 2018  
 Cultura =====> Amendoal  
 Solo =====> Carvoeiras  
 Evapotranspiração => Dados\_Beja  
 Precipitação =====> Dados\_Beja

FIXAÇÃO DO DIA EM QUE SE REALIZA A REGA (Esq. Tipo 3)  
 % da RU preenchida na zona inicial -----> 80.0  
 % da RU nas restantes camadas de solo -----> 80.0

REGA PROGRAMADA NO INICIO DA CAMPANHA : QUANTIDADES E OPORTUNIDADES DE REGA

DATA	VOLUME (mm)	EXCESSO (mm)	RESERVA (mm)	OPORTUNIDADE DE REGA		
				ETc/ETm	% DA RU	HUMID(% VOL.)
1 <sup>ª</sup> rega 29/ 3	2.9	0.0	176.0	1.00	95.5	45.5
5 <sup>ª</sup> rega 2/ 4	4.3	0.0	171.5	1.00	93.1	44.8
9 <sup>ª</sup> rega 6/ 4	4.3	0.0	166.5	1.00	90.4	43.9
12 <sup>ª</sup> rega 9/ 4	4.3	0.0	172.9	1.00	93.9	45.0
19 <sup>ª</sup> rega 16/ 4	4.3	2.3	182.2	1.00	98.9	46.6
21 <sup>ª</sup> rega 18/ 4	2.9	0.0	178.4	1.00	96.9	45.9
23 <sup>ª</sup> rega 20/ 4	2.9	0.0	173.8	1.00	94.3	45.2
27 <sup>ª</sup> rega 24/ 4	2.9	0.0	178.5	1.00	96.9	46.0
30 <sup>ª</sup> rega 27/ 4	4.3	0.0	171.2	1.00	92.9	44.7
33 <sup>ª</sup> rega 30/ 4	2.9	0.0	171.1	1.00	92.9	44.7
37 <sup>ª</sup> rega 4/ 5	4.3	0.0	164.4	1.00	89.2	43.6
41 <sup>ª</sup> rega 8/ 5	4.3	0.0	152.4	1.00	82.7	41.6
44 <sup>ª</sup> rega 11/ 5	2.9	0.0	146.4	1.00	79.5	40.6
47 <sup>ª</sup> rega 14/ 5	2.9	0.0	136.4	1.00	74.0	38.9
49 <sup>ª</sup> rega 16/ 5	4.3	0.0	128.8	1.00	69.9	37.7
55 <sup>ª</sup> rega 22/ 5	2.2	0.0	162.0	1.00	87.9	43.2
59 <sup>ª</sup> rega 26/ 5	4.3	0.0	179.1	1.00	97.3	46.1
62 <sup>ª</sup> rega 29/ 5	4.3	0.0	172.5	1.00	93.6	44.9
64 <sup>ª</sup> rega 31/ 5	4.3	0.0	172.1	1.00	93.4	44.9
66 <sup>ª</sup> rega 2/ 6	4.3	0.0	167.9	1.00	91.1	44.2
69 <sup>ª</sup> rega 5/ 6	4.3	0.0	159.6	1.00	86.6	42.8

Anexo 8 – Necessidades de rega em conforto hídrico (txt.).

```

100%_Rega_defice_SAI.txt

Balanço hídrico:
Ano =====> 2002-2019
Cultura =====> Amendoal
Solo =====> Carvoeirias
Evapotranspiração => Dados_Beja
Precipitação,o =====> Dados_Beja

FIXAÇÃO DA OPORTUNIDADE E QUANTIDADE DE REGA (Esq. Tipo 2)
% da RU preenchida na zona inicial -----> 80.0
% da RU nas restantes camadas de solo -----> 80.0
nº de dias, antes da colheita, para terminar a rega -> 3

Relação ETC/ETm que desencadeia a rega :
de 23/ 1 a 22/ 2 -----> 1.0
de 22/ 2 a 29/ 4 -----> 1.0
de 29/ 4 a 16/ 9 -----> 1.0
de 16/ 9 a 16/10 -----> 1.0

Volume da rega: --> variável até se atingir 80.0% da R.U.

Humidade inicial do solo SomETc SomETm SomETc/ Quebra na Rega Kcini
(%RU) (mm) (mm) SomETm produção (%) (mm)

2002 Amendoal =====> 80.00 1169.28 1169.30 1.00 0.00 892.98 0.400
2003 Amendoal =====> 80.00 1227.31 1227.33 1.00 0.00 967.44 0.400
2004 Amendoal =====> 80.00 1269.42 1269.46 1.00 0.00 1081.12 0.400
2005 Amendoal =====> 80.00 1283.01 1283.04 1.00 0.00 1153.72 0.400
2006 Amendoal =====> 80.00 1192.30 1192.32 1.00 0.00 966.93 0.400
2007 Amendoal =====> 80.00 1104.01 1104.02 1.00 0.00 817.00 0.400
2008 Amendoal =====> 80.00 1107.51 1107.52 1.00 0.00 817.62 0.400
2009 Amendoal =====> 80.00 1188.20 1188.22 1.00 0.00 1003.78 0.400
2010 Amendoal =====> 80.00 1129.44 1129.46 1.00 0.00 854.77 0.400
2011 Amendoal =====> 80.00 1121.35 1121.36 1.00 0.00 779.97 0.400
2012 Amendoal =====> 80.00 1134.25 1134.27 1.00 0.00 965.95 0.400
2013 Amendoal =====> 80.00 1119.64 1119.65 1.00 0.00 929.01 0.400
2014 Amendoal =====> 80.00 1114.44 1114.46 1.00 0.00 856.24 0.400
2015 Amendoal =====> 80.00 1192.12 1192.13 1.00 0.00 1039.44 0.400
2016 Amendoal =====> 80.00 1176.09 1176.10 1.00 0.00 929.40 0.400
2017 Amendoal =====> 80.00 1268.87 1269.16 1.00 0.02 1076.08 0.400
2018 Amendoal =====> 80.00 1078.17 1078.19 1.00 0.00 780.58 0.400
2019 Amendoal =====> 80.00 1185.80 1185.81 1.00 0.00 1002.24 0.400

```

Anexo 9 – Necessidades de rega satisfazendo 80 % das NR (txt.).



Balanço hídrico:

Ano =====> 2002-2019  
 Cultura =====> Amendoal  
 Solo =====> Carvoeiras  
 Evapotranspiração => Dados\_Beja  
 Precipitação =====> Dados\_Beja

FIXAÇÃO DA OPORTUNIDADE E QUANTIDADE DE REGA (Esq. Tipo 2)

% da RU preenchida na zona inicial -----> 80.0  
 % da RU nas restantes camadas de solo -----> 80.0  
 nº de dias, antes da colheita, para terminar a rega -> 3

Relação ETC/ETm que desencadeia a rega :

de 23/ 1 a 22/ 2 -----> 1.0  
 de 22/ 2 a 29/ 4 -----> 1.0  
 de 29/ 4 a 16/ 9 -----> 0.8  
 de 16/ 9 a 16/10 -----> 1.0

Volume da rega: --> variável até se atingir 80.0% da R.U.

		Humidade inicial do solo (%RU)	SomETc (mm)	SomETm (mm)	SomETc/SomETm	Quebra na produção (%)	Rega (mm)	Kcini
2002	Amendoal	80.00	1127.38	1169.30	0.96	3.58	846.73	0.400
2003	Amendoal	80.00	1183.48	1227.33	0.96	3.57	929.18	0.400
2004	Amendoal	80.00	1224.01	1269.46	0.96	3.58	1035.71	0.400
2005	Amendoal	80.00	1236.46	1283.04	0.96	3.63	1133.93	0.400
2006	Amendoal	80.00	1147.51	1192.32	0.96	3.76	931.93	0.400
2007	Amendoal	80.00	1068.32	1104.02	0.97	3.23	784.93	0.400
2008	Amendoal	80.00	1071.52	1107.52	0.97	3.25	762.26	0.400
2009	Amendoal	80.00	1145.82	1188.22	0.96	3.57	959.64	0.400
2010	Amendoal	80.00	1091.05	1129.46	0.97	3.40	819.71	0.400
2011	Amendoal	80.00	1092.85	1121.36	0.97	2.54	742.72	0.400
2012	Amendoal	80.00	1093.74	1134.27	0.96	3.57	900.10	0.400
2013	Amendoal	80.00	1079.66	1119.65	0.96	3.57	895.21	0.400
2014	Amendoal	80.00	1077.14	1114.46	0.97	3.35	806.66	0.400
2015	Amendoal	80.00	1148.93	1192.13	0.96	3.62	1000.27	0.400
2016	Amendoal	80.00	1136.59	1176.10	0.97	3.36	859.20	0.400
2017	Amendoal	80.00	1223.74	1269.16	0.96	3.58	1055.66	0.400
2018	Amendoal	80.00	1045.12	1078.19	0.97	3.07	724.03	0.400
2019	Amendoal	80.00	1143.68	1185.81	0.96	3.55	956.22	0.400

Anexo 10 – Necessidades de rega satisfazendo 60 % das NR (txt.).

```

60%_Rega_defice_SAI.txt

Balanço hídrico:
Ano =====> 2002-2019
Cultura =====> Amendoal
Solo =====> Carvoeiras
Evapotranspiração => Dados_Beja
Precipitação,o =====> Dados_Beja

FIXA<<=O DA OPORTUNIDADE E QUANTIDADE DE REGA (Esq. Tipo 2)
% da RU preenchida na zona inicial -----> 80.0
% da RU nas restantes camadas de solo -----> 80.0
nº de dias, antes da colheita, para terminar a rega -> 3

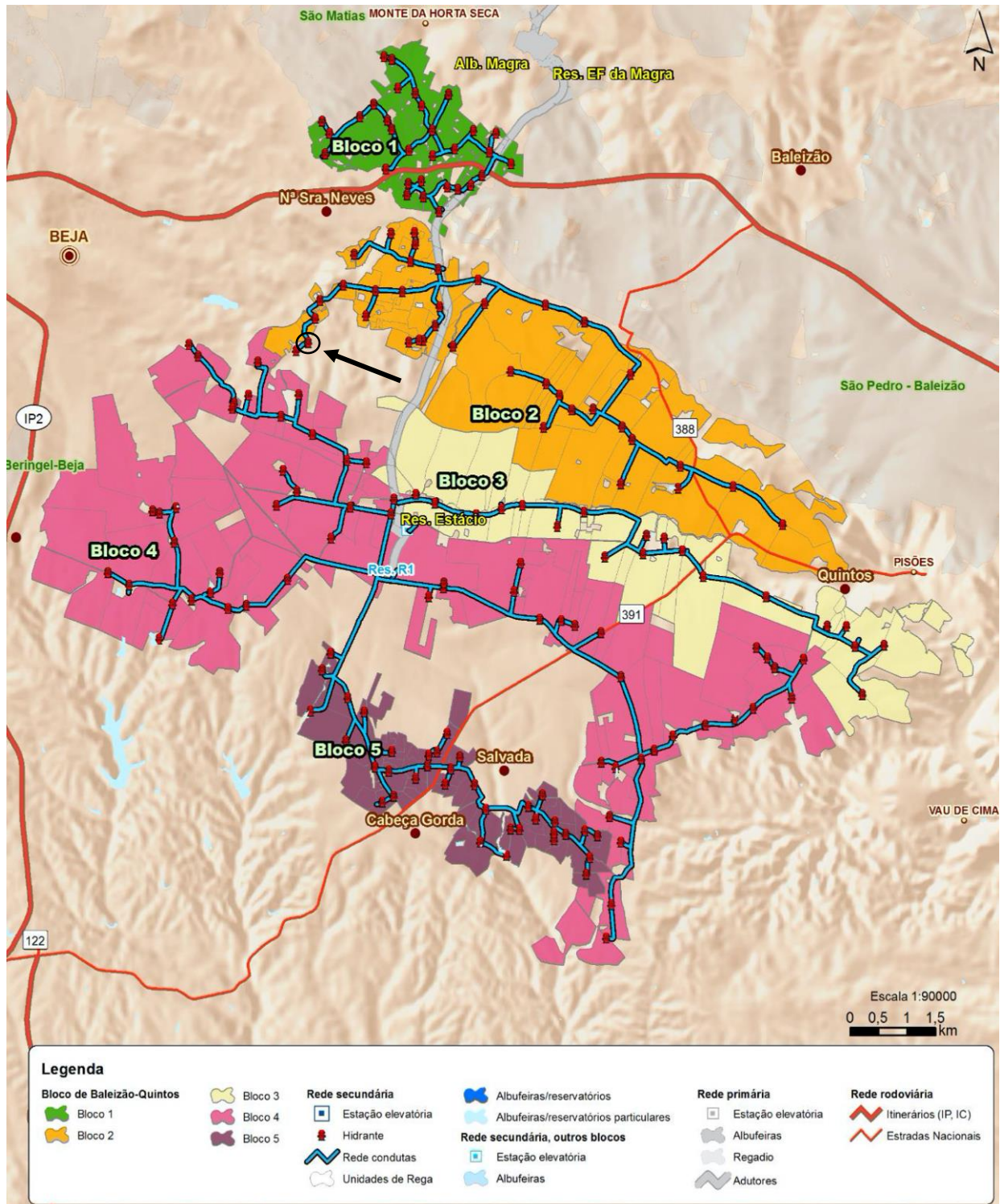
Relação ETC/ETm que desencadeia a rega :
de 23/ 1 a 22/ 2 -----> 1.0
de 22/ 2 a 29/ 4 -----> 1.0
de 29/ 4 a 16/ 9 -----> 0.6
de 16/ 9 a 16/10 -----> 1.0

Volume da rega: --> variável até se atingir 80.0% da R.U.

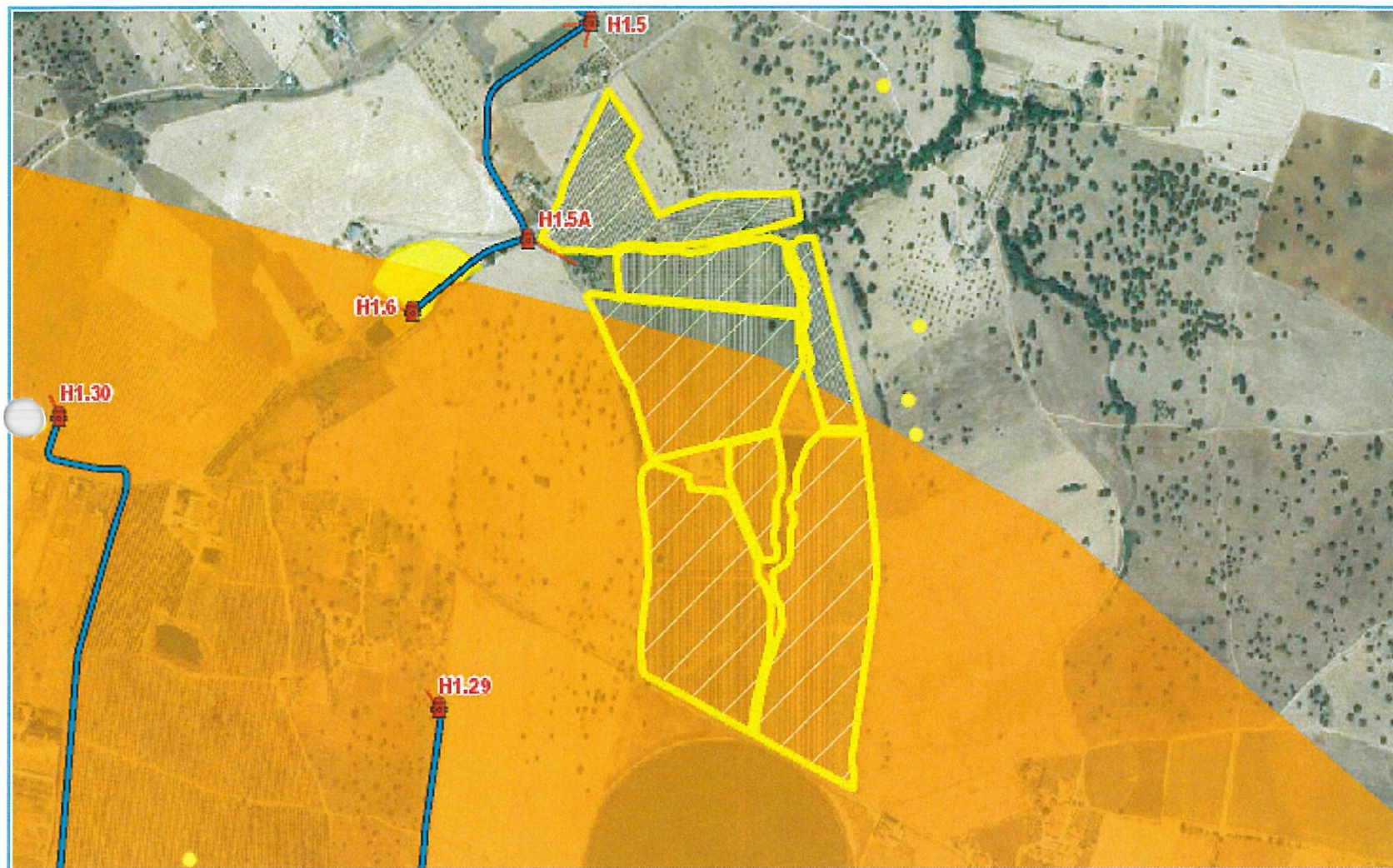
Humidade ini- SomETc SomETm SomETc/ Quebra na Rega Kcini
cial do solo SomETc SomETm SomETc/ Quebra na Rega Kcini
(%RU) (mm) (mm) SomETm produção (%) (mm)
2002 Amendoal =====> 80.00 1039.07 1169.30 0.89 11.14 743.16 0.400
2003 Amendoal =====> 80.00 1107.80 1227.33 0.90 9.74 826.63 0.400
2004 Amendoal =====> 80.00 1143.29 1269.46 0.90 9.94 953.98 0.400
2005 Amendoal =====> 80.00 1138.75 1283.04 0.89 11.25 1007.43 0.400
2006 Amendoal =====> 80.00 1070.40 1192.32 0.90 10.23 834.95 0.400
2007 Amendoal =====> 80.00 994.62 1104.02 0.90 9.91 699.98 0.400
2008 Amendoal =====> 80.00 990.93 1107.52 0.89 10.53 694.96 0.400
2009 Amendoal =====> 80.00 1069.06 1188.22 0.90 10.03 890.98 0.400
2010 Amendoal =====> 80.00 1020.60 1129.46 0.90 9.64 749.26 0.400
2011 Amendoal =====> 80.00 1030.88 1121.36 0.92 8.07 680.75 0.400
2012 Amendoal =====> 80.00 1023.43 1134.27 0.90 9.77 835.74 0.400
2013 Amendoal =====> 80.00 999.30 1119.65 0.89 10.75 803.15 0.400
2014 Amendoal =====> 80.00 999.41 1114.46 0.90 10.32 732.19 0.400
2015 Amendoal =====> 80.00 1070.84 1192.13 0.90 10.17 941.88 0.400
2016 Amendoal =====> 80.00 1066.16 1176.10 0.91 9.35 788.77 0.400
2017 Amendoal =====> 80.00 1131.43 1269.16 0.89 10.85 963.35 0.400
2018 Amendoal =====> 80.00 980.87 1078.19 0.91 9.03 686.50 0.400
2019 Amendoal =====> 80.00 1065.56 1185.81 0.90 10.14 891.41 0.400







```

Anexo 11 – Bloco de rega Baleizão-Quintos. Fonte EDIA, (2019b). Hidrante do Monte das Carvoeiras, H1.5A, indicado por seta preta.



Anexo 12 – Monte das Carvoeiras e respetivo hidrante H1.5A



- |   |   |   |
|---|---|---|
|  Interdito alteração do uso do solo                    |  Condicionado a parecer da EDIA                    |  A título informativo                    |
|  Interdito alteração do uso do solo (Linaria ricardoi) |  Condicionado a parecer da EDIA (Linaria ricardoi) |  A título informativo (Linaria ricardoi) |

## Anexo 13 – Boletim de Qualidade da Água para Rega do Monte das Carvoeiras

### Boletim de Qualidade da Água para Rega Rede Primária do EFMA

Resultados laboratoriais			Qualidade da água para rega (Anexo XVI, DL n.º 236/98)
Laboratório responsável: Cesab (Boletim nº 736/20)			
Parâmetros	Unidades	Resultados	Conformidade
Alcalinidade	mg/L CaCO <sub>3</sub>	130	
Azoto amoniacal	mg/L NH <sub>4</sub>	>LD;<LQ	0,03
Azoto Kjeldahl	mg/L N	0,7	
Azoto total	mg/L N	0,7	
Bicarbonatos	mg/L CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	148	(a)
Boro	mg/L B	0,0297	●
Cálcio	mg/L Ca	38	
Cloretos	mg/L Cl	58	●
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	177	
Ferro total	mg/L Fe	0,07	●
Fosfatos	mg/L P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<LQ	0,007
Fósforo total	mg/L P	0,026	
Magnésio	mg/L Mg	20	
Manganês	mg/L Mn	0,017	●
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	<LQ	0,300354
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	<LD	0,003
Potássio	mg/L K	5,52	
Razão de Absorção de Sódio (SAR)		1,2	●
Razão de Absorção de Sódio ajustada (SARaj)		0	
Sódio	mg/L Na	36	
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	mg/L	282	●
Sólidos Suspensos Totais (SST)	mg/L	<LQ	3
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	47	●
Coliformes totais	NPM/100 mL	583	
Coliformes fecais	NPM/100 mL	3	●

**Nota:** Os ensaios para determinação dos parâmetros estão incluídos no âmbito da acreditação dos laboratórios.

Resultados de campo (Determinados com uma sonda multiparamétrica)			Qualidade da água para rega (Anexo XVI, DL n.º 236/98)
Parâmetros	Unidades	Resultados	
Temperatura	°C	25,9	
pH	Escala Sorensen	8,8	●
Condutividade	µS/cm	567	●

- Inferior ao VMR (Valor Máximo Recomendado).
- Superior ao VMR e inferior ao VMA (Valor Máximo Admitido).
- Superior ao VMR. Para este parâmetro não se encontra definido um VMA.
- Superior ao VMA.

- (a) O valor máximo recomendado nas Normas de Produção Integrada, para a maioria das culturas, é de 90 mg/L  
 (b) O VMA definido no Anexo XVI do Decreto-Lei n.º 236/98 é referente ao ferro dissolvido (5 mg/L Fe).

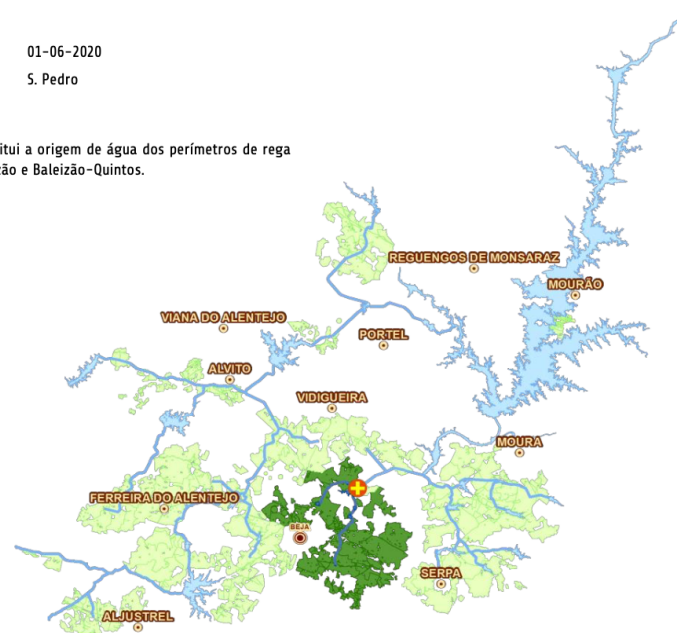
Dep. de Ambiente e Ordenamento do Território

Data da Amostragem: 01-06-2020

Local de Amostragem: S. Pedro

#### Áreas beneficiadas:

A albufeira de S. Pedro constitui a origem de água dos perímetros de rega de s. Matias, São Pedro Baleizão e Baleizão-Quintos.



#### Observações:

O resultado do pH excede o intervalo do Valor Máximo Recomendado para a qualidade de água para rega (VMR:[6,5 -8,4]). Esta situação pode dever-se a um aumento da atividade biológica das algas. Elevados valores de pH podem afetar a capacidade da planta em absorver nutrientes e promover a precipitação de íons ferro, cálcio, magnésio e fosfato, o que poderá promover o entupimento de sistemas de rega gota-a-gota.

Os valores de bicarbonatos excedem o valor máximo recomendado nas Normas de Produção Integrada. Elevadas concentrações de bicarbonatos podem afetar o rendimento das culturas, dificultando a absorção de alguns nutrientes minerais.

Os resultados dos restantes elementos encontram-se dentro dos intervalos de valores expectáveis para esta tipologia de massas de água.

No documento "Qualidade da Água - Informações Complementares" a EDIA recomenda algumas medidas gerais para reduzir a concentração de sais nas massas de água.