

O Aproveitamento hidroagrícola do Caia: Caracterização, evolução e gestão da água. Soluções de gestão da rega aplicada a casos de estudo.

Relatório de Estágio

Curso de Mestrado em Agricultura Sustentável

MARIA CATARINA CARAÇAS RAMALHO

Orientadores:

PROF.<sup>a</sup> DOUTORA PAULA CRISTINA SANTANA PAREDES

Elvas, 2019



MARIA CATARINA CARAÇAS RAMALHO

**O Aproveitamento hidroagrícola do Caia:  
Caracterização, evolução e gestão da água. Soluções de  
gestão da rega aplicada a casos de estudo.**

Relatório de estágio, apresentado para obtenção do grau de mestre em  
AGRICULTURA SUSTENTÁVEL conferido pelo Instituto Politécnico de  
Portalegre

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Doutora Paula Cristina Santana Paredes (ISA-UL)

Arguente principal: Prof. Doutor Carlos Miranda Rodrigues (UÉVORA)

Arguente: Prof. Doutor José Manuel Rato Nunes (ESAE-IPP)

Presidente do Júri: Rute Guedes dos Santos, Presidente do Conselho  
Técnico-Científico da ESAE (IPP)

Classificação: 17 valores

Escola Superior Agrária de Elvas

2019

## **Agradecimentos**

Com a finalização do Estágio quero dirigir o meu profundo agradecimento a toda a equipa da Associação de Beneficiários do Caia quando me acolheram para a realização do trabalho de estágio.

Em especial ao Presidente da Associação Eng.º João Ramalho pela oportunidade que me foi concedida impulsionando a minha entrada para este desafio.

Ao gerente da Associação Eng.º Aristides Chinita pela sabedoria que me prestou ao longo do estágio, sempre com o maior dos entusiasmos.

À Professora Paula Paredes, orientadora deste trabalho, pelo apoio, dedicação e estímulo pelo trabalho desenvolvido, mesmo quando coloquei em dúvida a possibilidade de não concluir o trabalho, dadas as incertezas e dúvidas que me iam surgindo. O espírito de colaboração e disponibilidade demonstrada ao longo da elaboração deste trabalho foram fundamentais para a concretização do trabalho.

À Associação dos Beneficiários da Obra de rega de Odivelas \_ABORO, quero agradecer toda a informação fornecida para a colmatação e comparação de dados reais para o trabalho realizado.

Quero também agradecer a todos os proprietários das parcelas onde se realizaram os estudos possibilitando a realização do trabalho, ao Grupo SOGRIL em especial à Eng<sup>a</sup> Gabriela Cruz Mendes, pela colaboração e conhecimento profundo deixado na gestão de uma empresa agrícola, como ao Grupo da Nora de Úveda com a contribuição da Eng. Paula Martins. E por último agradecer ao empresário agrícola Adérito Onofre pelas informações prestadas.

Agradecer ao Centro Operativo e de Tecnologia Regadio (COTR), pelos dados fornecidos, que cuidadosamente colaboraram para a divulgação de dados. E à Associação de Produtores Agrícolas de Precisão (APAP) juntamente com a Hidrosoph pela colaboração do técnico Ricardo Leonardo.

Como agradecimento final e especial aos meus pais pelo apoio incondicional prestado ao longo da minha vida.

## Resumo

O presente estudo pretende analisar o sistema, incluindo a rede de distribuição, atual do Perímetro Hidroagrícola do Caia e propor soluções que visem a sua sustentabilidade. As perdas de água ao longo da rede de distribuição do perímetro aproximavam-se de 46% no ano 2011 no entanto, com a implementação de melhorias como o revestimento dos canais, a criação de reservatórios intercalares ou o uso de telegestão, essas perdas diminuíram para 20% em 2016. O sistema de fornecimento gravítico de água, é considerado na atualidade obsoleto, uma vez que a quantidade de água fornecida é muito variável e superior aos pedidos de modo a permitir cota suficiente nos canais, o que origina perdas de água significativas em particular nos terminais da rede.

O estágio realizado na Associação de Beneficiários do Caia (ABCaia) focou a análise da rede de distribuição do Perímetro Hidroagrícola do Caia. Adicionalmente, com o intuito de promover uma consciencialização para uma utilização racional da água analisou-se a gestão da água ao nível da parcela, tendo sido selecionadas para a análise, as culturas mais representativas na área de interesse do Perímetro.

O estudo envolveu a modelação e a avaliação da gestão da água em quatro parcelas, que representam 7,7% do Perímetro Hidroagrícola do Caia, focando os diferentes sistemas de culturas mais expressivas - o olival, o milho e o tomate – assim como distintos sistemas rega – micro rega e aspersão. Os resultados indicam que os empresários agrícolas podem ainda melhorar a gestão da rega ao nível da parcela. Verificou-se ser necessário o dimensionamento a nível dos reservatórios e implementar uma gestão de água ao nível da parcela mais eficiente, consoante as necessidades hídricas da cultura ao longo do ciclo tendo em consideração as características dos solos existentes nas parcelas.

Por parte da Associação será premente continuar a implementar tecnologias que permitem o uso racional de água, adaptadas ao sistema existente na impossibilidade de, a curto ou médio prazo, haver uma reconversão total da rede de distribuição para um sistema de pressão.

Palavras Chave: Rega deficitária; Rede de distribuição e abastecimento de água; Perdas de água; Eficiência dos sistemas; Sustentabilidade.

## **Abstract**

The present study intends to analyze the current network system of the Caia Irrigation District and to propose solutions aiming at sustainability. Conveyance water losses along the distribution network were close to 46% in 2011, however, due to the implementation of diverse measures e.g. use of polymers in unlined canals, building intermediate reservoirs or using remote management, these losses have decreased to 20% by 2016. The surface water supply consider is nowadays to be obsolete since water supply is highly variable and much higher than demand thus originating tail-end waste water.

The internship performed at the Caia Water Users Association (ABCaia) focused on the analysis of the distribution network of the Caia Irrigation District. In addition, aiming at promoting a sustainable water use, an assessment of the on-farm water management was performed. The selection of farmers' fields was based upon the most representative cropping systems of the Irrigation District.

The study involved modeling and the evaluation of irrigation management in four fields, representing 7.7% of the Caia Irrigation District, focusing on different cropping systems - olive, maize and tomato - as well as different irrigation systems - micro and sprinkler irrigation systems. Results indicate that farmers should performed a more adequate water management such as the use of reservoirs, to adequate irrigation schedules to crop water requirements and to the soils characteristics.

The Water Users Association should continue the efforts of promoting sustainable water use. Thus, enforcing the implementation of improved technologies that allow minimize waste water and promoting the debate relative to the implementation of a pressurized system.

Keywords: Deficit Irrigation; Distribution and water supply network; Water losses; Systems efficiency; Sustainability.

## **Abreviaturas, Siglas e Acrónimos**

ABORO – Associação de Beneficiários da Obra de Rega de Odivelas;

ABCAIA – Associação de Beneficiários do Caia;

AGDD – Método de acumulação térmica cultural;

AJAP – Associação dos Jovens Agricultores de Portugal;

AI – Área de Interesse;

ANPROMIS – Associação Nacional de Produtores de Milho e Sorgo;

APAP – Associação de Produtores Agrícolas de Precisão;

ARB – Sistemas Informáticos;

CAP – Confederação de Agricultores de Portugal;

CC – Capacidade de campo;

CE – Coeficiente de emurchecimento permanente;

CNA - Confederação Nacional da Agricultura;

CONFAGRI – Confederação Nacional das Cooperativas Agrícolas e do Crédito Agrícola de Portugal;

COTR – Centro Operativo de tecnologia do regadio;

CU – Coeficiente de uniformidade;

DGADR – Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural;

$D_{Lig}$  – Défice ligeiro;

$D_{Mod}$  – Défice Moderado;

DRAP – Direção Regional de Agricultura e Pesca;

$ET_c$  – Evapotranspiração cultural (mm);

$ET_{c\ act}$  - Evapotranspiração cultural atual (mm)

ET<sub>o</sub> – Evapotranspiração da cultura de referência (mm);

f<sub>w</sub> – Fração de superfície de solo humedecida pela rega (%);

FENAREG – Federação Nacional da Regantes e Beneficiários;

ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas;

IM – Instituto de Meteorologia;

INE – Instituto Nacional de Estatística;

INAG – Instituto da Água;

K<sub>c</sub> – Coeficiente cultural (adimensional);

K<sub>cb</sub> – Coeficiente cultural basal (adimensional);

K<sub>c ini</sub> – Coeficiente cultural relativo ao período inicial (adimensional);

K<sub>c med</sub> – Coeficiente cultural relativo ao período intermédio (adimensional);

K<sub>c end</sub> – Coeficiente cultural relativo ao período final (adimensional);

K<sub>e</sub> – Coeficiente de evaporação da água do solo (adimensional);

K<sub>s</sub> – Coeficiente de stress hídrico (adimensional);

KPI – Chaves de desempenho;

K<sub>y</sub> – Fator de resposta da cultura ao défice hídrico (adimensional);

MAD – Limiar de extração desejada em termos de gestão da água no solo (adimensional);

NIR – Necessidades Líquidas da cultura (mm);

NPA – Nível Pleno de Armazenamento;

NMC – Nível Máximo de Cheia;

OYT – Limiar de água no solo facilmente utilizável

p – Fração de esgotamento de água do solo em conforto hídrico (adimensional);

PDM – Plano Diretor Municipal;

PDR 2020 – Programa de Desenvolvimento Rural 2014-2020;

PLEIADES – Participatory multi-Level EO-assisted tools for Irrigation water management and Agricultural Decision-Support;

RAN – Reserva Agrícola Nacional;

RAW- Reserva de água do solo facilmente utilizável (mm);

REN – Reserva Ecológica Nacional;

$R_n$  – radiação líquida disponível à superfície ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );

RYL– quebras potenciais de produção (%);

SCADA – Sistemas de supervisão e aquisição de dados;

SIG – Sistema de Informação Geográfica;

SIGIMAP – Sistema Global para a Inovação e Modernização da Agricultura Portuguesa;

TAW – Água disponível total (mm)

$T_b$  – Temperatura de base ( $^{\circ}\text{C}$ );

$T_{\text{med}}$  – Temperatura média diária ( $^{\circ}\text{C}$ );

$T_x$  – Limiar superior de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ );

UD – Uniformidade de distribuição (%);

ZEP – Zona Especial de Proteção;

$Z_r$  – Profundidade da zona radicular (mm);

$\theta_{\text{FC}}$  – Teor volumétrico de água no solo à capacidade de campo ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ );

$\theta_{\text{WP}}$  – Teor volumétrico de água no solo ao coeficiente de emurchecimento ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ );

$\Delta\text{ASW}$  – Variação do armazenamento de água do solo (mm);

## Índice Geral

<b>Agradecimentos</b> .....	i
<b>Resumo</b> .....	ii
<b>Abreviaturas, Siglas e Acrónimos</b> .....	iv
<b>Índice Geral</b> .....	vii
<b>Índice de Quadros</b> .....	x
<b>Índice de Figuras</b> .....	xii
<b>1. Introdução e Objetivos</b> .....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objetivos.....	2
<b>2. Fundamentos Teóricos</b> .....	4
2.1. Água e a sua gestão .....	4
2.2. Uso racional da água .....	7
2.3. Necessidade de previsão de consumos para apoio à gestão .....	8
2.4. Modelação das necessidades hídricas das culturas.....	10
<b>3. Descrição das Atividades Desenvolvidas</b> .....	16
3.1. Aproveitamento Hidroagrícola do Caia .....	16
3.1.1. Enquadramento .....	16
3.1.2. Central Hidroelétrica- Aproveitamento das energias endógenas .....	20
3.1.3. Sistemas de telegestão.....	21
3.1.4. Reservatório Intercalares.....	23
3.1.5. Áreas a título precário.....	26
3.1.6. SIG- Culturas intercalares.....	27
3.1.7. Taxas de exploração.....	31
3.1.8. Tipos de solos .....	32
3.1.9. Aptidão para o regadio.....	33

3.2. Seleção de casos de estudo.....	35
3.2.1. Clima.....	38
3.2.2. Estrutura da modelação das necessidades de água das culturas .....	41
3.2.3. Localização das parcelas.....	43
3.2.4. Parcela A – Tomate .....	44
3.2.5. Parcela B – Olival intensivo .....	49
3.2.6. Parcela C – Milho.....	55
3.2.7. Parcela D – Olival superintenso.....	60
3.3. Avaliação dos calendários praticados e propostas de alternativas .....	65
3.3.1. Tomate.....	65
3.3.2. Olival intensivo.....	67
3.3.3. Milho .....	69
3.3.4. Olival superintensivo.....	71
3.4. Simulação de calendários de rega alternativos em condições de seca ....	73
<b>4. Análise Crítica e Propostas de Melhoria.....</b>	<b>79</b>
4.1. Análise crítica .....	79
4.1.1. Necessidade de diminuição das perdas ao longo da rede.....	79
4.1.2. Uso racional de água no Aproveitamento Hidroagrícola.....	80
4.1.3. Legalização dos pedidos de água.....	86
4.1.4. Comparação entre consumos e procura estimada .....	87
4.2. Propostas de melhoria.....	91
4.2.1. Diminuição de perdas ao longo da rede .....	91
4.2.2. Custos inerentes à conversão parcial de rega por pressão .....	93
4.2.3. Utilização de tecnologias para a redução da procura da água ao nível da parcela .....	95
4.2.4. Utilização conjugada de outras tecnologias .....	96
<b>5. Considerações Finais e Perspetivas Futuras.....</b>	<b>98</b>

<b>6. Bibliografia</b> .....	101
<b>Anexos</b> - Representação gráfica das aplicações de simulação de rega efetuadas em cada parcela analisada para os calendários de rega observados em 2017 e para os calendários de rega alternativos: em seca severa e extrema.....	113

## Índice de Quadros

<b>Quadro 1-</b> Características da Albufeira .....	18
<b>Quadro 2-</b> Consumos (quantidade de água de rega) e área da parcela A.....	47
<b>Quadro 3-</b> Dados referentes ao cálculo da acumulação térmica cultural para a cultura do tomate.....	48
<b>Quadro 4-</b> Consumos (quantidade de água de rega) e áreas da parcela B. ....	53
<b>Quadro 5-</b> Dados referentes à acumulação térmica- <i>AGDD</i> da parcela B (olival intensivo).....	54
<b>Quadro 6-</b> Consumos (quantidade de água de rega) e áreas da parcela C.....	58
<b>Quadro 7-</b> Dados referentes à acumulação térmica cultural ( <i>AGDD</i> ) da parcela C.....	60
<b>Quadro 8-</b> Consumos (quantidade de água de rega) e áreas da Parcela D.....	63
<b>Quadro 9-</b> Dados referentes á acumulação térmica ( <i>AGDD</i> ) da parcela D.....	64
<b>Quadro 10-</b> Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário de rega praticado pelo agricultor na parcela A em 2017. ....	65
<b>Quadro 11-</b> Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário alternativo para a parcela A, em 2017.....	66
<b>Quadro 12-</b> Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário de rega praticado pelo agricultor na parcela B em 2017. ....	67
<b>Quadro 13-</b> Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário alternativo para a parcela B, em 2017.....	68
<b>Quadro 14-</b> Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário de rega praticado pelo agricultor na parcela C em 2017.....	69
<b>Quadro 15-</b> Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário alternativo para a parcela C, em 2017. ....	70
<b>Quadro 16-</b> Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário de rega praticado pelo agricultor na parcela D em 2017.....	71
<b>Quadro 17-</b> Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário alternativo para a parcela D, em 2017. ....	72
<b>Quadro 18-</b> Condições para os níveis de procura climática severa e extrema para as culturas seleccionadas. ....	75
<b>Quadro 19-</b> Resultados das simulações das diferentes estratégias de rega para a cultura do tomate em condições de seca severa e extrema, parcela A. ....	76

<b>Quadro 20</b> -Resultados das simulações das diferentes estratégias de rega para o olival intensivo em condições de seca severa e extrema, parcela B.....	76
<b>Quadro 21</b> -Resultados das simulações das diferentes estratégias de rega para a cultura do milho em condições de seca severa e extrema, parcela C.....	77
<b>Quadro 22</b> -Resultados das simulações das diferentes estratégias de rega para o olival superintensivo em condições de seca severa e extrema, parcela D....	78
<b>Quadro 23</b> -Volumes e percentagens referentes à campanha de rega 2017 ...	79
<b>Quadro 24</b> -Áreas regadas e Água consumida com ABCaia, no ano 2017.....	88

## Índice de Figuras

<b>Figura 1-</b> Utilização da água em Portugal..	4
<b>Figura 2-</b> Comissão de Implementação e Desenvolvimento..	6
<b>Figura 3-</b> Ortofomapa da Albufeira do Caia.....	16
<b>Figura 4-</b> Composição do sistema de rega e áreas dos canais de distribuição.19 Escala 1:200000.....	19
<b>Figura 5-</b> Mapa com a localização de sistemas em telegestão..	21
<b>Figura 6-</b> Módulo em associação com comporta AMP. ....	22
<b>Figura 7-</b> Módulos no sistema de distribuição. ....	22
<b>Figura 8-</b> Mapa do Aproveitamento hidroagrícola do Caia com a localização do bloco 8.2.....	24
<b>Figura 9-</b> Mapa da distribuição das áreas a título precário26	
<b>Figura 10-</b> Estrutura e Organização do SIGIMAP.....	27
<b>Figura 11-</b> Carta de solos na escala 1:200 0000.32	
<b>Figura 12-</b> Representação esquemática dos solos mais representativos do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia.....	32
<b>Figura 13-</b> Carta de aptidão ao regadio.....	33
<b>Figura 14-</b> Distribuição dos solos do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia, segundo a sua aptidão ao regadio .....	34
<b>Figura 15-</b> Distribuição relativa das culturas existentes no Aproveitamento Hidroagrícola do Caia (área beneficiada e a título precário), relativo ao ano 2017 .....	36
<b>Figura 16-</b> Evolução da ocupação cultural no Aproveitamento Hidroagrícola do Caia, relativo às culturas com maior representatividade. ....	36
<b>Figura 17-</b> Identificação da distribuição das culturas perenes no Aproveitamento Hidroagrícola do Caia, referentes ao ano 2018.....	37
<b>Figura 18-</b> Normais das temperaturas para Portalegre relativas ao período 1971 a 2000. ....	38
<b>Figura 19-</b> Precipitação do ano 2017, registada na estação meteorológica da Alfarófia. ....	39
<b>Figura 20-</b> Temperaturas máximas e mínimas no ano 2017, registada na estação meteorológica da Alfarófia.....	40

<b>Figura 21</b> -Humidade relativa no ano 2017, registada na estação meteorológica da Alfarófia. ....	40
<b>Figura 22</b> -Localização das parcelas em análise. ....	43
<b>Figura 23</b> -Classificação das manchas de solo, na parcela A. ....	44
<b>Figura 24</b> -Quantidade de água, pedidos pelo produtor da parcela A, à entidade ABCaia. ....	47
<b>Figura 25</b> -Aspeto geral do olival. intensivo. ....	50
<b>Figura 26</b> -Classificação das manchas de solo, na parcela B. ....	50
<b>Figura 27</b> -Quantidade de água pedida pelo produtor da parcela B, à entidade da ABCaia. ....	52
<b>Figura 28</b> -Volumes efetuados na parcela B. ....	53
<b>Figura 29</b> -Classificação das manchas de solo, na parcela C. ....	56
<b>Figura 30</b> -Volume pedido à entidade da ABCaia, da Parcela C. ....	57
<b>Figura 31</b> -Volumes efetuados na Parcela C, de julho a setembro no ano 2017. ....	58
<b>Figura 32</b> -Volumes pedidos à ABCaia na parcela D. ....	62
<b>Figura 33</b> -Consumos efetuados na parcela D. ....	63
<b>Figura 34</b> -Dinâmicas da água do solo para a cultura do tomate relativas ao (1) Calendário de rega observado e às estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) défice ligeiro e (1c) défice moderado, com manchas de solo <i>Pac+Pag</i> , 2017 ....	66
<b>Figura 35</b> -Dinâmicas da água do solo para a cultura do olival intensivo relativas ao (1) Calendário de rega observado e às estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) défice ligeiro e (1c) défice moderado, com manchas de solo <i>Pcg</i> , 2017. ....	68
<b>Figura 36</b> -Dinâmicas da água do solo para a cultura do milho relativas ao (1) Calendário de rega observado e às estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) défice ligeiro e (1c) défice moderado, com manchas de solo <i>Pac+Pag</i> , 2017. ....	70
<b>Figura 37</b> -Dinâmicas da água do solo para a cultura do olival superintensivo relativas ao (1) Calendário de rega observado e às estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) défice ligeiro e (1c) défice moderado, com manchas de solo <i>Cpv</i> , 2017 ....	72

<b>Figura 38</b> -Necessidades líquidas de rega(NIR, mm) das culturas do a) tomate; b)olival intensivo; c)milho; d)olival superintensivo, identificando-se as condições de seca severa e extrema. ....	74
<b>Figura 39</b> -Reservatórios de água privados na área de interesse do Caia. ....	86
<b>Figura 40</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do tomate, relativas as manchas de solo $Pac+Pag$ ,(1) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) défice ligeiro e (1c) défice moderado.....	114
<b>Figura 41</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do tomate, relativas as manchas de solo $Pac+Pag$ , para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) défice ligeiro e (2c) défice moderado..	114
<b>Figura 42</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do tomate, relativas as manchas de solo $Pac+Pc$ , para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) défice ligeiro e (2c) défice moderado..	115
<b>Figura 43</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do tomate, relativas as manchas de solo $Pac+Pc$ , para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) défice ligeiro e (2c) défice moderado..	115
<b>Figura 44</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do olival intensivo, relativas as manchas de solo $Pcg$ ,(1) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) défice ligeiro e (1c) défice moderado. ....	116
<b>Figura 45</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do olival intensivo, relativas as manchas de solo $Pcg$ , para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) défice ligeiro e (2c) défice moderado..	116
<b>Figura 46</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do olival intensivo, relativas as manchas de solo $Aac$ ,(1) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) défice ligeiro e (1c) défice moderado..	117
<b>Figura 47</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do olival intensivo, relativas as manchas de solo $Aac$ , para calendários em condições de seca	

severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) déficit ligeiro e (2c) déficit moderado..	117
<b>Figura 48</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do milho, relativas as manchas de solo <i>Pac+Pag</i> ,(1) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) déficit ligeiro e (1c) déficit moderado.....	117
<b>Figura 49</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do milho, relativas as manchas de solo <i>Pac+Pag</i> , para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) déficit ligeiro e (2c) déficit moderado. ....	117
<b>Figura 50</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do milho, relativas as manchas de solo <i>Sr+Pag</i> ,(1) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) déficit ligeiro e (1c) déficit moderado.....	117
<b>Figura 51</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do milho, relativas as manchas de solo <i>Sr+Pag</i> , para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) déficit ligeiro e (2c) déficit moderado. ....	117
<b>Figura 52</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do olival superintensivo, relativas as manchas de solo <i>At</i> ,(1) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) déficit ligeiro e (1c) déficit moderado. ....	117
<b>Figura 53</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do olival superintensivo, relativas as manchas de solo <i>At</i> , para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) déficit ligeiro e (2c) déficit moderado..	117
<b>Figura 54</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do olival superintensivo, relativas as manchas de solo <i>Cpv</i> ,(1) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) déficit ligeiro e (1c) déficit moderado. ....	117
<b>Figura 55</b> -Resultados das simulações de rega para a cultura do olival superintensivo, relativas as manchas de solo <i>Cpv</i> , para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) déficit ligeiro e (2c) déficit moderado..	117

**Figura 56**-Resultados das simulações de rega para a cultura do olival superintensivo, relativas as manchas de solo  $V_c$ ,(1) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) défice ligeiro e (1c) défice moderado. .... 117

**Figura 57**-Resultados das simulações de rega para a cultura do olival superintensivo, relativas as manchas de solo  $V_c$ , para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) défice ligeiro e (2c) défice moderado.. .... 117

## 1. Introdução e Objetivos

### 1.1. Introdução

As previstas alterações climáticas impõem um compromisso com a qualidade do meio ambiente, questionando o modo como utilizamos os recursos naturais. As diversas tecnologias relativas à distribuição e gestão da água têm a premissa de colaborar no uso racional dos recursos hídricos. Estas ferramentas são cada vez mais necessárias para preservar a água. O relatório mundial das nações unidas, menciona que o crescente aumento da necessidade de terra e água pode ser controlado, se a intensificação da produção estiver assente numa intensificação ecológica que permita reduzir os insumos (WWDR,2018).

A Associação Beneficiários do Caia (ABCaia) tutelada pelo Ministério da Agricultura tem a seu cargo a gestão, a exploração e a conservação do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia. Esta é uma entidade preocupada com a conservação da água e com a necessidade de reconversão da conceção inicial da obra por um sistema adaptado a novas tecnologias. A ABCaia tem vindo a alertar e monitorizar as elevadas perdas de água que ocorrem ao longo da rede de distribuição, assim como para um elevado aumento da procura que tem ocorrido nos últimos anos. A importância e o significado da racionalização de água dado o aumento da superfície regada são focadas no estudo do INE (2011). Nesse estudo alertou-se para o aumento de 17% na superfície regada na região do *Alentejo, não obstante o decréscimo existente no número de explorações agrícolas regadas (-39%)*.

O Aproveitamento hidroagrícola do Caia apresenta uma percentagem de perdas de água na rede de distribuição significativas, as quais se aproximaram dos 46% no ano de 2011 tendo esse valor decrescido para 21% no ano 2017. O sistema de fornecimento gravítico de água, é considerado na atualidade anacrónico, uma vez que é muito variável e superior aos pedidos de modo a permitir cota suficiente nos canais, o que origina perdas de água acrescidas nos terminais da rede.

As boas práticas agrícolas baseadas em novas tecnologias visam assegurar maiores produções, com menor uso de água. Para colocar em prática

estas tecnologias é necessário abraçar e procurar inovar em prol de um equilíbrio constante entre preservação e produção. O presente estudo visa analisar o método de distribuição tradicional de água efetuado no aproveitamento e propor soluções baseadas em tecnologias mais sustentáveis e inteligentes, adaptáveis às condições existentes. Este desafio representa um conjunto de alterações a serem realizadas num sistema que tem como missão o abastecimento público e a criação de emprego na área. O sistema pretende agora despoletar, com base em novas tecnologias, a preservação da água, com benefícios a médio e longo prazos.

Neste sentido, o presente estudo está estruturado do seguinte modo: 1) revisão bibliográfica sobre o estado da arte sobre a evolução do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia; 2) avaliação dos sistemas de culturas mais relevantes do perímetro – o olival, milho e tomate - os pedidos de água e os calendários de rega utilizados pelos agricultores no ano hidroagrícola de 2016-2017. Estimaram-se os usos não benéficos (percolação profunda, escoamento superficial e evaporação do solo) ao nível da parcela (Pereira, 2004; 2017) e propôs-se alternativas que visam o uso sustentável de água em cada parcela; 3) realizou-se uma descrição de sugestões de melhorias a aplicar no sentido de proporcionar á entidade Associação de Beneficiários de Caia, elementos que justifiquem mais investimentos para melhoria do sistema atual.

## 1.2. Objetivos

Este trabalho pretende caracterizar e analisar a gestão da água no Aproveitamento Hidroagrícola do Caia baseado em dados concretos fornecidos pela entidade da Associação de Beneficiários do Caia. O objetivo último será a sustentabilidade do perímetro. Ainda que o intuito futuro seja uma conversão do perímetro de rega para um sistema sob pressão, que presentemente aposta na melhoria das infraestruturas existentes, numa área aproximada de 10.801 ha.

A finalidade do estágio consistiu na listagem de um conjunto de propostas de soluções e melhorias no, que visam a diminuição do consumo de água e deste modo aumentar a sustentabilidade a longo prazo. Como caso de estudo foram selecionadas as culturas com maior expressividade nos diferentes sistemas de rega no Aproveitamento hidroagrícola, - o olival, o milho e o tomate.

A gestão da água ao nível da parcela foi avaliada com base na modelação das estimativas das necessidades de água das culturas. Estas necessidades foram comparadas com os calendários utilizados, assim como com os pedidos de águas efetuados pelos agricultores. A avaliação permitiu apontar insuficiências e alternativas que permitam diminuir os gastos (consumos) de água ao nível da parcela incluindo em condições climáticas de seca severa e seca extrema. Com base nesta análise podem ser identificadas soluções sustentáveis a longo prazo.

## 2. Fundamentos Teóricos

### 2.1. Água e a sua gestão

A crescente consciencialização, por parte das entidades reguladoras e gestoras da água, bem como dos empresários agrícolas, de que a água é um recurso escasso, aponta para a adoção de medidas como a poupança, reaproveitamento, despoluição, conservação e tecnologia que permitam gerir a água sustentavelmente.



**Figura 1-Utilização da água em Portugal. (Fonte:Nuncio& Arranja,2017).**

Apesar de que o consumo médio de água no sector agrícola indicar uma evolução positiva no consumo de água, aumentando em 70% a produtividade da água, segundo dados de 2013 (GPP, 2013) devido ao investimento na modernização e na reabilitação dos nossos sistemas de regadio permite reduzir em 50% o consumo unitário de água por hectare regado. O peso da agricultura no uso da água é ainda de 63% (GPP, 2013), como indica a Figura 1.” (Núncio, & Arranja, 2017). Esta situação permite identificar a necessidade de continuar a explorar tecnologias que sejam mais eficazes no uso e gestão da água.

O crescimento populacional mundial e as alterações climáticas têm aumentado a procura de água, o que no médio prazo poderá provocar uma excessiva exploração da mesma e um desequilíbrio ecológico que causa repercussões (de Oliveira, 2016; Pereira, 2017). Ao nível nacional as entidades gestoras da água englobam competências, como a preservação da água assegurando uma adequada quantidade e boa qualidade da água para abastecimento aos municípios e para o sector agrícola, mas esta disponibilidade deve assegurar a sustentabilidade do meio ambiente sem esquecer o potencial económico (de Oliveira, 2016). A entidade responsável pela gestão dos recursos hídricos a nível nacional é a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), a qual

dispõe de vários instrumentos legais relacionados com a gestão da água, dos quais se podem destacar os seguintes:

- Plano Nacional da Água – nº112/2012 de 17 de abril.
- Lei da água através do Decreto de Lei – nº130/2012 de 22 de junho.
- Diretiva Quadro da água (PNA) – Diretiva n.º 2000/60/CE, de 23 de outubro.
- Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH).
- Planos de Gestão de Risco de Inundações – Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro.
- Programa Nacional para o Uso Eficiente de água (PNEUA).
- Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PENSAAR 2020).

Estes instrumentos legais pretendem desenvolver e acompanhar a execução da política nacional dos recursos hídricos, e garantir que existe uma gestão sustentável da água. A APA garante a aplicação das atribuições referidas na Lei da Água;

- *“Visa a proteção, o ordenamento e o planeamento de recursos hídricos como também implementar/estabelecer programas de monitorização dos recursos hídricos;*
- *Emite títulos de utilização dos recursos hídricos e fiscalização no cumprimento da sua aplicação;*
- *Aplica do regime económico e financeiro dos recursos hídricos;*
- *Gestão das situações extremas como secas e cheias, e coordena a adoção de medidas excecionais;*
- *Promove a conciliação de eventuais conflitos que envolvam utilizadores de recursos hídricos;*
- *Promove a elaboração e a execução da estratégia de gestão integrada da zona costeira e assegura a sua aplicação ao nível regional, assegurando a proteção e a valorização das zonas costeiras;”* (APA, 2015a).

A Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR) enquanto Autoridade Nacional do Regadio (D.R. nº 8/2007 de 27 de fevereiro) estabeleceu um projeto designado de Sistema de Informação de Regadio

(SIR). O SIR constitui uma compilação de informação disponível que agrega uma parte do conhecimento sobre o regadio nacional, nomeadamente a referente à sua parte pública, isto é, os Aproveitamentos Hidroagrícolas de iniciativa da Administração Central (de acordo com o D.L. nº 269/82 de 10 de julho com a redação do D.L. nº 86/2002 de 6 de abril).



**Figura 2-Comissão de Implementação e Desenvolvimento.(Fonte: APA, 2017).**

Legenda: DGADR - Direção Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural; DRAP - Direção Regional de Agricultura e Pescas; AJAP - Associação dos Jovens Agricultores de Portugal; CAP - Confederação de Agricultores de Portugal; CNA - Confederação Nacional da Agricultura; CONFAGRI - Confederação Nacional das Cooperativas Agrícolas e do Crédito Agrícola de Portugal; FENAREG - Federação Nacional da Regantes e Beneficiários

A presente compilação pretende agregar o conhecimento de todos os atores no sector, como vemos na Figura 2 de que se destacam a DGADR, as Direções Regionais de Agricultura e Pescas, e as Entidades Gestoras dos Aproveitamentos Hidroagrícolas como a FENAREG e Associações de Regantes. Segundo Núncio e Arranja (2017) a FENAREG é uma associação de utilidade pública, sem fins lucrativos, de âmbito nacional fundada em 2005, que agrupa entidades dedicadas à gestão da água para rega, com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável e a competitividade do regadio. Esta associação representa 90% do regadio organizado em Portugal, representado um total de 135.000 hectares de regadio reunindo mais de 22 mil agricultores.

No âmbito local, o objetivo de fornecer e gerir a água para a agricultura em regadio, em quantidade e qualidade, realiza-se ao nível das Associações de Beneficiários. No presente caso estas funções são asseguradas pela Associação de Beneficiários do Caia (ABCaia). As funções da ABCaia incluem assegurar a

exploração e conservação da Obra de fomento Hidroagrícola, realizar trabalhos complementares destinados a aumentar a utilidade da Obra, promover a criação e participação em unidades industriais e cooperativas nos termos da legislação em vigor, promover ações de melhoria do perímetro de rega, que conduzam a uma utilização racional da terra e da água, fomentando o uso de tecnologias de gestão adequada da água e do solo.

## 2.2. Uso racional da água

A prática de rega na agricultura de regadio, valoriza-se como um discurso de segundo plano quando se trata do seu uso racional, que por parte de muitos empresários agrícolas apenas revelam alguma preocupação em relação ao tema, quando a margem de lucro se revele pequena. Empresários e técnicos são conscientes que existem ferramentas de gestão de água para o uso racional da água, mas o baixo preço a pagar pela água não motiva a utilização de determinadas tecnologias que permitem ajudar a colmatar as perdas de água surgidas nas redes de rega durante o abastecimento e /ou distribuição.

Existem mecanismos disponíveis para o financiamento e a modernização dos sistemas de abastecimento existentes, que maioritariamente fornecem água por gravidade como por exemplo o PDR 2020 (DGADR,2016). Estes processos de modernização passam por reconverter os sistemas de abastecimento existentes para sistemas sob pressão, no entanto, tal levará a um incremento do consumo energético. Deste modo, é necessário compatibilizar e /ou reestruturar os sistemas de abastecimento existentes no perímetro visando o uso racional de água e energia, através de uma gestão adequada dos diferentes sistemas de rega das parcelas incluindo um incremento da eficiência desses sistemas. Esta visão de sustentabilidade requer uma análise dos atuais sistemas de abastecimento visando a procura de medidas conservadoras e a aplicação de tecnologias que minimizem os desperdícios de recursos. Para além, da introdução de tecnologias de rega mais eficientes e da realização de alterações nas redes de distribuição de água, será também necessário criar tarifários que permitam penalizar gastos de água excessivos ao nível da parcela. Adicionalmente, é necessário ao nível da parcela, efetuar a monitorização em tempo real das necessidades da água das culturas e minimizar os usos não benéficos de água (Pereira, 2004; Rijo, 2007).

O uso racional da água de rega deve ser feito com base na adequada estima das necessidades da água da cultura, as quais correspondem a evapotranspiração ( $ET_c$ ) dessa cultura em determinadas condições ambientais, recebendo os tratos culturais necessários à produção potencial.

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 e como armazenamento de água, e a operação de rega com as suas condicionantes técnico-económicas e sociais (Pereira, 2004). Visando a melhoria e a otimização da gestão da rega é necessário saber o que acontece à água no solo o que é conseguido por determinação do balanço hídrico do solo na zona de enraizamento, com a respetiva quantificação dos termos que o constituem (Pereira e Alves, 2016).

Na elaboração de calendários de rega pretende-se não só identificar as necessidades da cultura, como também as respostas da produção à água, bem como identificar as limitações específicas económicas inerentes a cada método de rega e ao equipamento de rega existente.

### 2.3. Necessidade de previsão de consumos para apoio à gestão

É possível selecionar estratégias de rega que proporcionam a melhor combinação entre poupança de água e produtividade, que podem resultar na diminuição das quantidades de água a aplicar. Poupanças de água podem ser conseguidas melhorando a eficiência dos sistemas de rega verificando rotineiramente entre outros as ruturas nos equipamentos de captação e distribuição de água. Deverá promover-se uma adequada uniformidade de distribuição de água no sistema de rega de forma a melhorar o uso da água (Pereira, 2004). Uma baixa uniformidade do sistema de rega implica irregularidades no crescimento da cultura, devido à falta ou excesso de água em alguns locais, levando a variações espaciais de produção dentro da mesma área. Adicionalmente a baixa uniformidade de distribuição da água ao nível da parcela tem implicações em termos de fertilização. A baixa eficiência do sistema de rega poderá trazer consequências como o escoamento superficial e em alguns casos a erosão do solo. Quando a quantidade de água aplicada é superior à necessária proporcionará um processo de retorno aos rios ou lençóis freáticos por

percolação, arrastando sais solúveis, fertilizantes, nitratos, elementos tóxicos e outros, ocasionando possíveis contaminações futuras (Pereira, 2004).

A prática mais generalizada na agricultura tem como objetivo a maximização do rendimento da cultura por unidade de área, aplicando apenas a quantidade de água necessária a suprir as necessidades da cultura. Mas também existe a tendência para maximizar o rendimento da cultura por unidade de água, i.e., maximizar a produtividade da água, tal pode, no entanto, implicar menor aplicação de água do que a necessária às necessidades da cultura com a consequente perda de rendimento da cultura e de lucro do agricultor (Rodrigues e Pereira, 2009).

A monitorização de uma cultura resulta na construção constante de parâmetros que podem ir modificando as tomadas de decisão. A condução da rega é um processo de tomada de decisão pelo empresário agrícola ou técnico, relativamente a quando e quanto regar, de modo a potenciar e a rentabilizar o produto final (Pereira, 2004).

No que respeita à gestão dos sistemas de rega coletivos que são efetuados pelas Associações, as inovações atuais prendem-se com a modelação e a aplicação de sistemas e redes de informação, como instrumentos para a gestão de reservatórios e de redes hidráulicas. Esta gestão é altamente facilitada quando apoiada em: 1.) redes de tratamento e difusão de dados hidrometeorológicos, incluindo bases de dados e sistemas de informação geográfica (SIG); 2.) Sistemas de informação para gestão da rega com base em dados agrometeorológicos, nomeadamente para a exploração de modelos de condução da rega em tempo real, com acesso via Web; 3.) Automatização e controlo remoto para reservatórios e sistemas de transporte e distribuição.

Os sistemas de apoio ao regante podem ser considerados como um instrumento natural de gestão resultando na promoção da eficiência da utilização da água para rega, ajudando os agricultores a reduzir o consumo de água tendo em conta o conhecimento das reais necessidades das culturas, de forma a otimizar a produção e a sua relação custo/eficiência, que resultam na construção e interseção de elementos que o próprio empresário pode usufruir.

Os novos modelos de negócio de empresas pretendem gerar plataformas para fornecimento de previsões meteorológicas, sensores remotos e informações sobre energia, como um serviço para os utilizadores e desenvolvimento de empresas locais, com conselheiros adequados que estejam dispostos a desenvolver aplicações na plataforma. O objetivo desta aplicação, será promover a condução da rega visando a economia de recursos, a redução dos custos e o aumento de produção. No caso de os agricultores recorrem a prestações de serviços, como por exemplo, os oferecidos pelo COTR-Centro Operativo e de Tecnologia do Regadio, que tem apostado em criar um conjunto de ferramentas que possibilitam criar condições de aplicação de tecnologias para a gestão da água, deve ser utilizado em paralelo com outras ferramentas como as disponibilizadas pelo SATR- Serviço de Assistência Técnica ao Regante. O SATR consiste na intervenção e acompanhamento no campo para prestar a informação ao empresário agrícola. Estes serviços são estruturados tendo em conta as necessidades do seu utilizador final, as culturas e os respetivos estados de desenvolvimento, na forma de relatórios enviados aos agricultores. As necessidades hídricas das culturas devem ser determinadas usando dados de campo da zona abrangida, dos solos e características das culturas, para que estas se enquadrem nos perfis técnicos agrícolas e de rega da área.

#### 2.4. Modelação das necessidades hídricas das culturas

A construção das necessidades hídricas, começa na procura da evapotranspiração das culturas ( $ET_c$ , mm dia<sup>-1</sup>) que pode medir-se utilizando várias metodologias: a utilização de lisímetros, através do método das flutuações instantâneas (eddy covariance), pode ser calculada com precisão, recorrendo a observações micrometeorológicas, ou ainda, ser estimada com base em variáveis agrometeorológicas (Pereira, 2004; Allen et al., 2011). A  $ET_c$  pode ser estimada calculando a procura climática representando as condições ambientais, através da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ , mm dia<sup>-1</sup>), por outro lado, considerando a especificidade da cultura através de um coeficiente cultural ( $K_c$ ) (Pereira e Alves, 2016).

A evapotranspiração de referência traduz a influência do clima sobre a cultura de referência, enquanto o coeficiente cultural representa as diferenças de

comportamento energético e aerodinâmico entre a cultura de referência e a cultura em estudo.

O coeficiente cultural ( $K_c$ ) representa a integração dos efeitos de três características que distinguem a evapotranspiração de uma cultura, da evapotranspiração da cultura de referência: A altura da cultura ( $h$ ) que afeta a rugosidade e a resistência aerodinâmica; A resistência de superfície relativa ao par cultura - solo, que é afetada pela área foliar (determinando o número de estomas), pela fração de cobertura do solo pela vegetação, pela idade e condição das folhas, e pelo teor de humidade à superfície do solo; O albedo (fração de radiação eletromagnética solar incidente na terra) da superfície cultura-solo, que é influenciado pela fração de cobertura do solo, pela vegetação e pelo teor de humidade à superfície do solo e influencia a radiação líquida disponível à superfície,  $R_n$  ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), que é a principal fonte de energia, para as trocas de calor e de massa no processo de evaporação (Pereira e Alves, 2016).

Durante o ciclo da cultura, o valor de  $K_c$  varia à medida que a cultura cresce e se desenvolve, do mesmo modo, que varia com a fração de cobertura da superfície do solo pela vegetação, e à medida que as plantas envelhecem e atingem a maturação. Uma vez que a  $ET_o$  representa um índice climático da procura evaporativa, o  $K_c$  varia essencialmente de acordo com as características da cultura, traduzindo em menor escala a variação dos fatores climáticos. Este facto torna possível a transferência de valores padrão dos  $K_c$  de um local para outro e de um clima para outro (Allen et al., 1998; Pereira, 2004).

Existem duas opções para a determinação dos coeficientes culturais, os coeficientes culturais médios e os coeficientes culturais duais (Allen *et al.*, 1998; Pereira, 2004; Paredes *et al.*, 2015). A aproximação dual considera separadamente a transpiração da cultura ( $K_{cb}$ ) da evaporação do solo ( $K_e$ ), sendo o  $K_c$  obtido:  $K_c = K_s K_{cb} + K_e$

O coeficiente de base ( $K_{cb}$ ) é a razão entre a  $ET_c$  e a  $ET_o$  quando a camada superficial do solo se encontra seca, mas sendo o teor em água do solo na zona radicular adequado para manter a cultura em conforto hídrico. Deste modo,  $K_{cb}$  representa a transpiração da cultura. O  $K_{cb}$  representa o limite inferior do  $K_c$  quando se lhe subtraem os efeitos do humedecimento da camada superficial do solo pela rega ou pela precipitação. O coeficiente de stress ( $K_s$ ) é utilizado para

reduzir o valor de  $K_{cb}$ , quando o teor de humidade do solo na zona radicular é insuficiente para manter a plena transpiração das plantas. O coeficiente de evaporação do solo ( $K_e$ ) representa a evaporação do solo húmido. O cálculo do  $K_e$  requer o cálculo diário do balanço hídrico na camada superficial do solo, pelo que em alternativa se podem utilizar os  $K_c$  médios (Allen *et al.*, 1998; Rosa *et al.*, 2010).

Na condução da rega é necessário incluir um conjunto de medidas adicionais ao uso de métodos de rega mais adequados à cultura, ao solo e ao ambiente, à melhoria do desempenho dos sistemas de rega e à adoção de calendários de rega adaptados às disponibilidades de água e às necessidades das culturas. Em condições de seca, devem adotar-se práticas de poupança de água, nomeadamente através da diminuição dos usos não benéficos, assim como, adotar a rega deficitária que permite minimizar/controlar os impactos negativos sobre a produção e o rendimento dos agricultores (Pereira, 2004).

Focando a programação e a condução da rega, o uso de modelos de simulação é muito importante para o apoio à decisão, nomeadamente no estabelecimento de calendários de rega em tempo real, de forma a mitigar os efeitos de restrições de água quando em condições de seca, maximizar o uso da água pelas culturas, como também para minimizar os usos não benéficos de água (Pereira, 2004; Pereira e Alves, 2016).

Existem vários modelos de simulação dos quais, uns permitem a determinação da dinâmica da água no solo pela simulação dos fluxos de água, à qual, é usualmente adotada nos modelos mecanísticos, ou em alternativa através do cálculo do balanço hídrico. Nos modelos mecanísticos os fluxos de água são determinados pelo cálculo da evaporação de água do solo existente na camada evaporativa e calculando a transpiração, utilizando um modelo de extração de água pelas raízes. No entanto, estes modelos são muito exigentes em termos de parametrização, relativos às propriedades hidráulicas do solo, às culturas e aos nutrientes.

Existem vários modelos que estão integrados em de um modo geral em modelos de produção como por exemplo os modelos EPIC (Guerra *et al.*, 2004), CropSyst (Stöckle *et al.*, 2003), ou AquaCrop (Steduto *et al.*, 2012). Em contraste os modelos de balanço hídrico são menos exigentes em termos de dados de entrada, e são de parametrização mais fácil. Estes modelos constituem

ferramentas robustas que são frequentemente utilizadas para o apoio á decisão na condução da rega, onde se incluem os modelos ISAREG (Teixeira e Pereira, 1992; Liu *et al.*, 1998), BUDGET (Raes *et al.*, 2006), Conduzrega (Mendes, 2007), ou o SIMDualKc (Rosa *et al.*, 2012a). Estes modelos podem ser conjugados com modelos de água/produção como por exemplo o modelo de Stewart (Stewart *et al.*, 1977) e deste modo, permitem estimar as quebras de produção associadas á diminuição da água em relação às necessidades das culturas (Paredes, 2017).

No presente estudo selecionou-se o modelo WinISAREG (Pereira *et al.*, 2003) o qual tem vindo a ser aplicado para o apoio da gestão da rega para diversas culturas (Chaterlán *et al.*, 2011; Saraiva e Souza, 2012; Darouich *et al.*, 2017; Grasso *et al.*, 2018) assim como, ao nível da bacia (Victoria *et al.*, 2005; Valverde *et al.*, 2015a,b).

O modelo WinISAREG, versão Windows do modelo ISAREG (Teixeira e Pereira, 1992) integra o programa EVAP56 para o cálculo da evapotranspiração de referência pelo método FAO-PM (Allen *et al.*, 1998; Pereira, 2004), e o programa KCISA para a parametrização das culturas. O modelo adota a aproximação dos coeficientes culturais médios para o cálculo da  $ET_c$ . A simulação do balanço hídrico de um solo regado é feita pelo modelo calculando quer as necessidades de água das culturas, quer as necessidades de rega, permitindo a obtenção de calendários de rega adequados a uma cultura e a uma região.

O modelo WinISAREG inclui um algoritmo para o cálculo da contribuição da toalha freática ( $G_c$ ) e da percolação (Liu *et al.*, 2006), onde  $G_c$  é função da profundidade da toalha freática, da capacidade de armazenamento do solo, das propriedades do solo que influenciam a ascensão capilar e da  $ET_c$ . Para o presente estudo esta opção não foi utilizada, uma vez que a toalha freática dos locais de estudo era muito profunda. A percolação resultante do excesso de água na zona radicular é estimada por uma equação paramétrica que é função das características do solo e do excesso de água relativamente à capacidade de campo.

O balanço hídrico de uma cultura é efetuado ao nível da parcela e para todo o ciclo da cultura. O balanço é efetuado num prisma do solo de área unitária e altura correspondente à profundidade radicular. O impacto do stress hídrico no

rendimento da cultura é avaliado pelo modelo proposto por Stewart *et al.* (1977) no qual as perdas relativas de rendimento dependem do déficit de evapotranspiração relacionando-se com este pelo fator de resposta da cultura ao déficit hídrico  $K_y$ . Uma descrição mais detalhada do modelo é dada por Paredes (2017).

Este modelo responde a um vasto leque de aplicações (Pereira *et al.* 2003) relativas a um sistema cultura-solo-clima, permitindo: I) determinar as necessidades de água e rega de uma cultura, II) determinar o balanço hídrico de uma cultura de sequeiro; III) determinar o calendário de rega em termos de oportunidade e quantidade de água aplicada em cada rega; IV) avaliar um determinado calendário de rega; e v) definir os parâmetros de projeto de rega mediante a construção de séries estatísticas com os valores das necessidades líquidas de rega e do caudal fictício contínuo.

No presente estudo para o cálculo da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) pelo método FAO-Penman-Montheith (Allen *et al.*, 1998) foi utilizado o modelo EVAP56, integrado no WinISAREG. Utilizando-se os dados diários de temperatura máxima e mínima, humidade relativa, velocidade do vento e radiação solar (ou número de horas de sol).

Para o cálculo da evapotranspiração cultural ( $ET_c$ ) foi necessário determinar os coeficientes culturais ( $K_{c\ ini}$ ,  $K_{c\ mid}$  e  $K_{c\ end}$ ). No modelo WinISAREG foi necessário introduzir alguns parâmetros ou coeficientes cujos valores se encontram tabelados (Allen *et al.*, 1998), tais como: duração das fases de crescimento vegetativo (dias); os coeficientes culturais médios,  $K_{c\ mid}$  e  $K_{c\ end}$  para condições de conforto hídrico, a altura máxima da cultura,  $h$  (m); a profundidade radicular máxima,  $Z_{r\ max}$  (m), a fração de água do solo esgotável sem produzir stress hídrico ( $p$ ). Igualmente são necessários ao cálculo numérico do  $K_{c\ ini}$ , os valores das percentagens de areia, limo e argila, e dos teores de humidade do solo à capacidade de campo ( $\theta_{FC}$ ) e no coeficiente de emurchecimento ( $\theta_{WP}$ ) (% vol.) e os valores médios da fração de superfície de solo humedecida pela rega, ( $f_w$ ) (Paredes, 2017).

O modelo WinISAREG foi adicionalmente utilizado para estabelecer e analisar diferentes estratégias de rega para as culturas selecionadas, tendo em

conta as respostas das culturas às disponibilidades hídricas e o método de rega considerando vários níveis de procura climática. A grave escassez de água que se tem verificado, para a qual muito contribui a imprevisibilidade de ocorrência de precipitação, justificam o estudo de estratégias alternativas de rega que permitam poupar água sem diminuição significativa da produção e dos rendimentos dos agricultores.

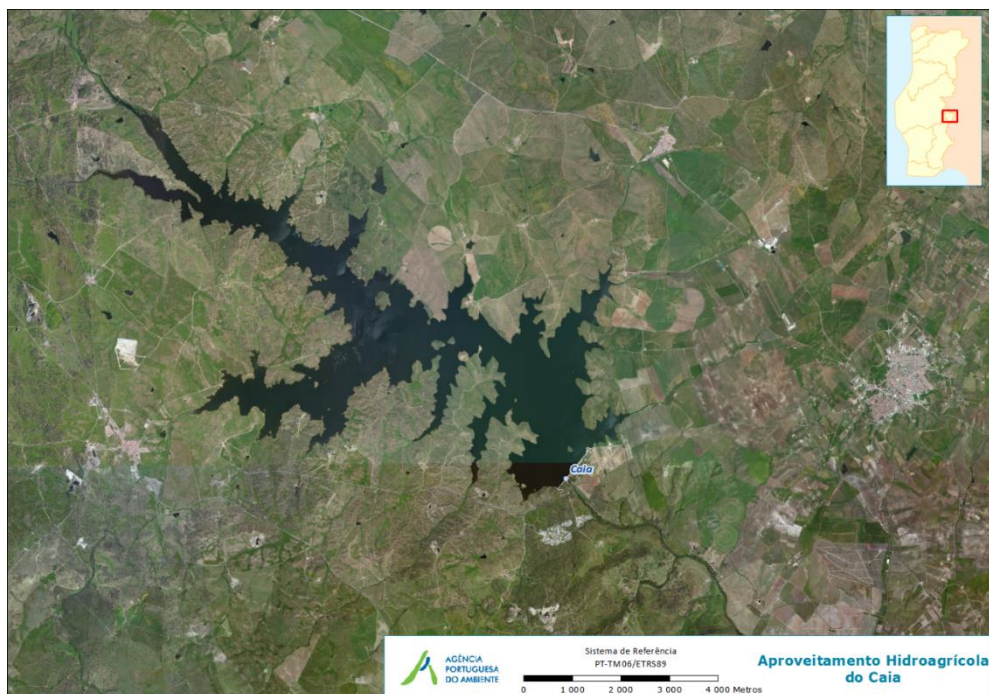
### 3. Descrição das Atividades Desenvolvidas

As atividades desenvolvidas no estágio incluíram: a coleta de informação relativa à evolução do aproveitamento hidroagrícola, sua caracterização, a qual incluiu a evolução das culturas, caracterização dos solos e sua aptidão para o regadio, taxas de exploração, funcionamento dos pedidos de água, a determinação das necessidades de rega por área e cultura, simulações de calendários, estratégias de regas e o funcionamento do sistema SIGIMAP.

#### 3.1. Aproveitamento Hidroagrícola do Caia

##### 3.1.1. Enquadramento

A Obra do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia iniciou-se em 1963 com o lançamento das principais empreitadas (rede de distribuição e estações elevatórias). A 10 de Fevereiro de 1967 foi executado o fecho da comporta da descarga de fundo tendo-se dado início ao enchimento da albufeira. A Associação de Regantes e Beneficiários do Caia (ABCaia) foi criada em 29 de setembro de 1988 (A. B. Caia,2013b).



**Figura 3-Ortofotomapa da Albufeira do Caia. (Fonte: APA,2017).**

A albufeira do Caia, é explorada pela ABCaia, e encontra-se localizada no Distrito de Portalegre, estendendo-se na área territorial das Freguesias de

Assunção no Concelho de Arronches, São João Batista no Concelho de Campo Maior, Santa Eulália e São Vicente e Ventosa no Concelho de Elvas (Fig. 3).

Os Concelhos beneficiados em termos agrícolas por esta albufeira, são Elvas e Campo Maior, correspondendo a uma área de 7.271 ha. Acresce ainda uma área externa de 1.739 ha, totalizando deste modo uma área total de 10.801 ha. O número total de beneficiários é variável de ano para ano (dados registados). Esta Albufeira promove ainda o abastecimento de água nas populações do Concelho de Elvas, Campo Maior, Arronches e Monforte.

Existem quatro tipologias de áreas com diferentes taxações: a Área beneficiada (dentro do perímetro de rega); a Área a título precário (continua ao perímetro) a Área externa (onde a captação de água é realizada diretamente a partir da Albufeira do Caia) e ainda a Área excluída (usualmente de sequeiro ou áreas afetadas a valas, canais, etc.).

A Barragem Américo Thomaz (Plano de Rega do Alentejo, 1967), tem como principal origem de água o rio Caia e vários afluentes sendo os mais importantes a Ribeira de Arronches e a Ribeira de Algalé, na zona de Monforte e Barbacena. As zonas de Campo Maior e Elvas, têm algumas linhas de água como o Caia, o Xévora, o Abrilongo e o Ribeiro do Caiola.

A albufeira possui uma elevada capacidade de abastecimento, foi necessário criar e manter as condições necessárias a um funcionamento adequado de todo o perímetro de rega, uma gestão racional do recurso água e uma manutenção da qualidade da água. Assim, a ABCaia, como entidade gestora da albufeira, definiu como limite uma quantidade média anual prevista para a agricultura é de 6840 m<sup>3</sup>/ha e uma quantidade para abastecimento público máximo anual de 10 000 m<sup>3</sup>. (A. B. Caia, 2013a).

No Quadro 1 apresentam-se as principais características da albufeira. Verifica-se que os limites superior e inferior da albufeira, denominados respetivamente, de máximo de cheia (NMC) e mínimo de exploração são atingidos respetivamente nas cotas 233.9 m e 212 m.

### Quadro I- Características da Albufeira (A. B. Caia, 2016a).

Albufeira	
Nível de Pleno Armazenamento - NPA	233.5 m
Bacia Hidrográfica	571 km <sup>2</sup>
Área Inundada	1970 ha
Escoamento Médio Anual	80.2 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Capacidade Total	203 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Capacidade Morta	10.7 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Capacidade Útil	192.3 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>

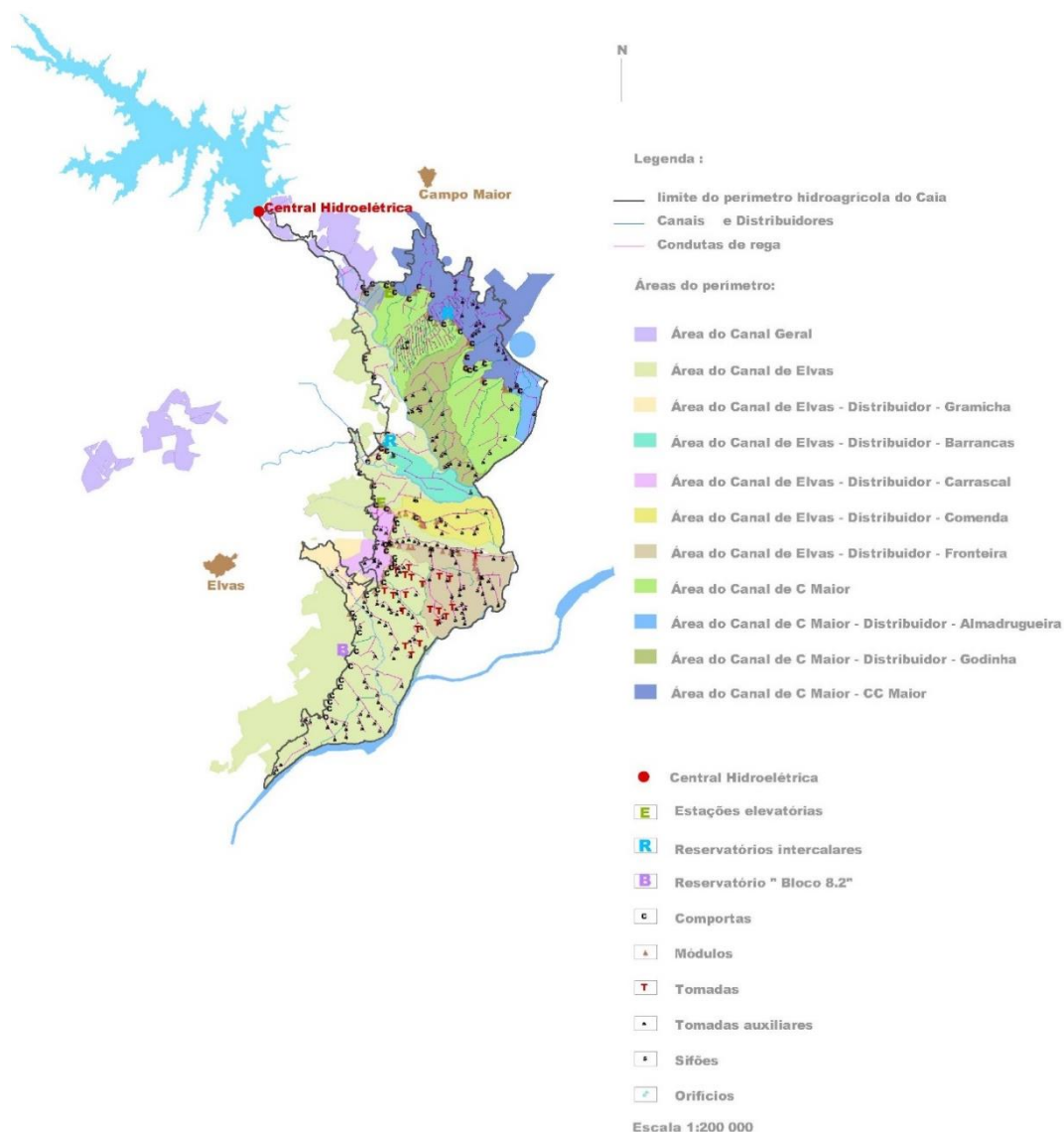
A Barragem é composta por troços de terra e de betão, com uma longitude de 450 metros e 499 metros respetivamente, compreendidos entre 25 contrafortes em betão e uma parte de perfil gravidade maciço.

Os órgãos de segurança da Barragem e de exploração da Albufeira incluem dois tipos de descarregadores, os de superfície, com capacidade de 400.000 litros/segundo e os descarregadores de fundo com capacidade de 60.000 litros/segundo. A tomada de água para a rega, assim como para abastecimento das populações tem uma capacidade de débito de 8.600 litros/segundo. Todos estes órgãos encontram-se integrados no troço de betão da barragem.

Na tomada de água, situada fora de maciço de betão, ou seja, no contraforte da esquerda do descarregador de superfície foi instalado uma derivação para a mini-hídrica. A tomada encontra-se equipada com um obturador disco com regulação automática de caudais para a rega de 8,51 m<sup>3</sup>/s, a qual está montada numa câmara que diretamente dá início ao Canal Condutor Geral, através de um módulo medidor de caudal em combinação automática com o caudal debitado pela mini-hídrica.

A descarga de superfície é efetuada através de duas comportas mecânicas com dimensões de 10 m de largura e 4 m de altura, debitando ao NMC um caudal de 430 m<sup>3</sup>/s. As comportas são comandadas por flutuadores com capacidade de 70 m<sup>3</sup>/s. A descarga de fundo apresenta uma válvula cónica

comandada por motorização elétrica e respetiva comporta de segurança, com capacidade de 10 m<sup>3</sup>/s (A.B. Caia, 2013).



**Figura 4-Composição do sistema de rega e áreas dos canais de distribuição.**

**Escala 1:200000. (Fonte: A. B. Caia, 2018).**

O Aproveitamento Hidroagrícola do Caia (Fig. 4), inclui as áreas abrangidas pelos canais de distribuição, a localização de comportas e módulos, das tomadas e tomadas auxiliares, dos sifões, orifícios e valas coletoras. A montante do perímetro localiza-se a central hidroelétrica como elemento isolado, seguida da bifurcação do canal geral que dá lugar ao Canal Elvas e Campo Maior onde cada um destes elementos integra um reservatório intercalar e uma estação elevatória. Os canais principais totalizam cerca de 40 km de extensão, dos quais ainda derivam os oito canais secundários com cerca de 33 km. A partir da rede de canais principais iniciam-se as redes secundárias em conduta

(regadeiras) de baixa pressão onde estão inseridas caixas de betão com as bocas de rega. Para além destes elementos o Canal de Elvas constitui ainda o Bloco 8.2, o qual funciona como “reservatório” das áreas a jusante.

A generalidade da área do Aproveitamento Hidroagrícola é servida por gravidade. É importante salientar que este, como os grandes sistemas de adução de água (Rijo, 2010), é feita em canal aberto. Razões técnicas e económicas determinam este tipo de opção habitual (Rijo *et al.*, 2016).

A rede de rega é constituída por 239 quilómetros divididos por:

- 1) Canal condutor geral com 6,5 km que distribui água a uma área de 20 ha;
- 2) Canal de Campo Maior com 11,1 km a distribuir água a uma área regada de 2.920 ha;
- 3) Canal de Elvas com 22,9 km a que distribui água a uma área de 4.460 ha;

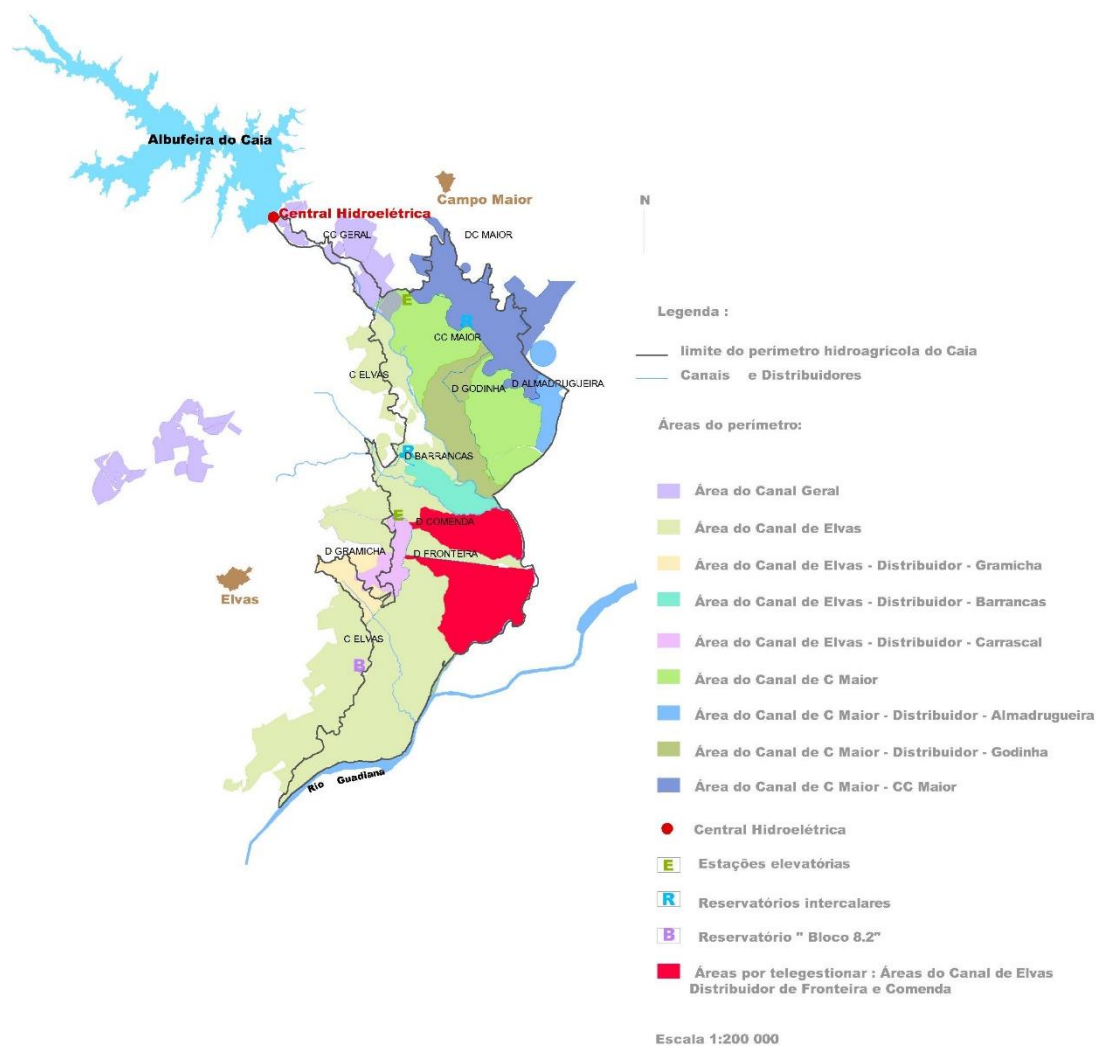
Toda a rede de rega existente em funcionamento, é controlada por montante. À saída da albufeira está instalada a Central Hidroelétrica e existe uma válvula obturadora de disco, a que se segue uma bateria de módulos automatizada, onde se faz o controlo e medição do caudal admitido no canal condutor geral. Ao longo dos canais localizam-se comportas de nível constante que controlam os planos de água necessários ao funcionamento dos módulos. Existem ainda locais com descarregadores em duplo “bico de pato” e comportas AVIO. O controlo dos caudais nas caixas de rega é efetuado por meio de adufas.

### 3.1.2. Central Hidroelétrica- Aproveitamento das energias endógenas

A instalação da Central Hidroelétrica ocorreu em 1992 permitindo, através dos autómatos e programa específicos, realizar a partir da sede da Associação o controlo da abertura e do fecho dos módulos de rega que controlam a água que saí da barragem e é canalizada para a rede primária de rega. A central compreende uma sala de máquinas, onde se localiza o grupo turbogerador, e uma sala de quadros. A potência instalada na central é de 600 kW e a energia média anual produzida pode ascender a 1.500 MWh. O circuito hidráulico é composto por uma conduta forçada em aço com um diâmetro de 1,20 m e com

um comprimento aproximado de 35 m. O canal de restituição é em betão de seção retangular, com largura de 3,0 m e com um comprimento aproximado de 45 m (A. B. Caia,2010).

### 3.1.3. Sistemas de telegestão

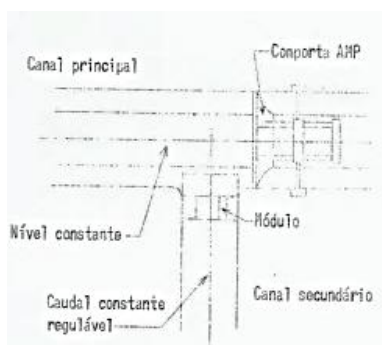


**Figura 5-Mapa com a localização de sistemas em telegestão. (Fonte: A.B. Caia,2017).**

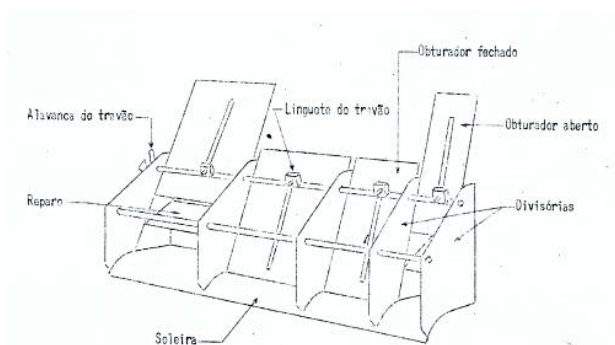
A gestão do perímetro passou a ser efetuada com recurso a sistemas telegestionados onde se incluem a central hidroelétrica, estações elevatórias, os reservatórios intercalares, os nós dos canais e o reservatório “bloco 8.2” localizado no Vale de Rodelas (Fig. 5). Os reservatórios intercalares estão localizados, um no Canal de Elvas e o outro no Canal de Campo Maior. Estes reservatórios permitem regar respetivamente 195 ha e 580 ha. Encontram-se em telegestão os distribuidores de Campo Maior, e no Canal de Elvas encontram-se

em telegestão os distribuidores de Barrancas, Gramicha e Vale de Rodelas localizados (Figura 5).

Verifica que existem aproximadamente 195000 ha de área infraestruturada (SIR, 2017) nos Aproveitamentos Hidroagrícolas do país. Segundo (Rijo, 2008) os canais nacionais estão equipados na sua maioria com controlos por montante, onde o único controlador de alturas de água no interior dos canais são as comportas tipo AMIL/AMP, dado que o seu comportamento impõe imediatamente, quando bem calibrada, a altura a montante correspondente à cota de assentamento do seu eixo. O mesmo estudo indica que este tipo de controlo deve ser, obrigatoriamente, complementado por um controlo manual dos caudais à cabeça de todos os canais.



**Figura 7-Módulo em associação com comporta AMP. (Fonte: A. B. Caia, 2006).**



**Figura 6-Módulos no sistema de distribuição. (Fonte: A.B. Caia, 2006).**

No Aproveitamento hidroagrícola do Caia, a área infraestruturada corresponde a cerca de 7.300 ha. (SIR,2017). As comportas do Perímetro Hidroagrícola são tipo AMP 160 (Figura 6), de funcionamento “automático” para satisfazer o princípio de manter a montante do canal o nível de superfície líquida, a uma determinada cota. Com essa finalidade as comportas autorregulam a abertura respondendo às variações de caudais do nível jusante, ou do canal afluente. Este comando é estritamente hidráulico pelo que não necessita de outras fontes de energia para o seu funcionamento.

Os módulos tipo Neyrpic – Sorefame (Figura 7) são os aparelhos destinados a distribuir caudais determinados, pelos canais secundários das redes de rega. Estes módulos possibilitam a abertura e fecho dos obturadores de diferentes dimensões. Travando os obturadores por meio de travões

apropriados, o caudal escoado pelo módulo fica constante, apesar das variações dos planos da água a jusante e a montante. Um módulo é classificado segundo o caudal máximo que passa por esse módulo, ou que esse conjunto de obturadores pode regular.

As comportas do tipo AMP, visam o controlo de alturas de água no interior dos canais e não permitem o controlo de caudais (Rijo *et al.*, 2016). Por isso, foi colocado o sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) em funcionamento nas tomadas de água. Este sistema permite a monitorização e telecomando de órgãos hidráulicos em tempo real, e deste modo melhorar a gestão dos canais com controlo por montante (Rijo *et al.*, 2016).

No sentido de permitir a distribuição de água a um maior número de parcelas foram construídas as estações elevatórias, do Vale do Morto e Carrascal. Estas estações elevam a água dos canais de cota mais baixa para distribuidores com uma cota mais elevada, de modo a cobrir uma área superior à área dominada por gravidade pela barragem. Estas estações estão equipadas com um ramal de 3000 V e 6000 V.

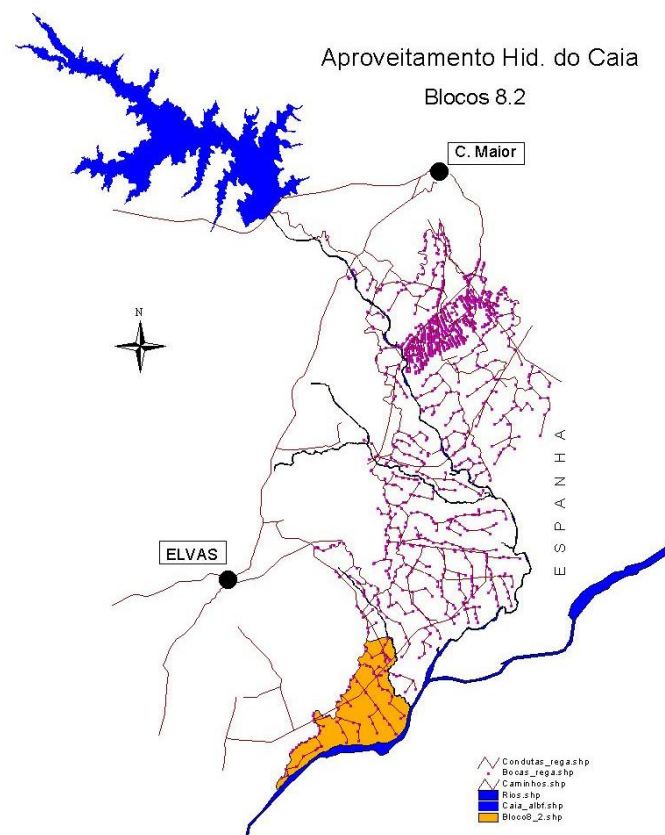
#### 3.1.4. Reservatório Intercalares

A Associação de Beneficiários do Caia, na tentativa de promover uma utilização racional dos recursos hídricos e de modo a satisfazer os pedidos dos utilizadores da obra de rega, no entanto, a Associação não assistiu a um estímulo por parte do Estado na viabilização do projeto. O estudo de reabilitação e modernização do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia foi desenvolvido em 1991, pela empresa Pró-Sistemas. Nos referidos estudos, entre outras medidas, foi proposta a divisão do aproveitamento em blocos e a sua reconversão para o fornecimento de água de rega em pressão. Assim, o estudo contemplava a instalação de nove blocos de rega, sendo cada um deles constituído por um reservatório, uma estação de bombagem e uma rede de distribuição de água à parcela sob pressão.

Apenas um dos blocos foi construído, o localizado no Vale de Rodelas, e designado como “Bloco 8.2”. A construção foi concluída em 2006 e apenas em 2016 / 2017 foi iniciada a sua exploração com a intenção de reduzir as escorrências finais do sistema. Este bloco possui um volume útil de 50.000 m<sup>3</sup>.

A Estação elevatória do Bloco 8.2 encontra-se desarticulada anulando a sua utilização como sistema em pressão. Assim, o bloco funciona apenas como reservatório para a acumulação/utilização de águas sendo que os módulos instalados no Canal de Elvas se encontram sincronizados com a comporta de entrada para o referido reservatório. Este reservatório tem uma dupla finalidade, a de injetar água a jusante do Canal de Elvas, quando a cota do Canal diminua e a de sincronizar a entrada de água no referido reservatório quando existirem excessos. Como se encontra numa zona terminal e a 40 km da Barragem em canal aberto é o local onde se verificavam as maiores irregularidades na cota do referido canal (Chinita, c.p, 2018). Todo o sistema é monitorizado através do sistema SCADA.

O reservatório domina a rede de distribuição do Bloco 8.2, com o serviço a pedido, garantido o caudal e pressão consignados. Este reservatório abrange uma área de 927,55 ha, 46 hidrantes e 55 bocas de rega ou unidades de rega (Fig. 8).



**Figura 8-Mapa do Aproveitamento hidroagrícola do Caia com a localização do bloco 8.2. (Escala 1:200000). (Fonte: A. B. Caia, 2013).**

Com o aumento da escassez de água, desde o ano 2015, que se tem acentuado a diminuição de reservas hídricas. Estas reservas são também influenciadas pelas perdas, devidas à conceção inicial da Obra, nos nove terminais que compõem a rede de distribuição, e com apenas a existência de um reservatório de rega no terminal do Canal de Elvas. Assim, de modo a obter resultados no curto prazo foram tomadas medidas intercalares, que permitiram ultrapassar a necessidade de uma cobertura parcial ou total de água sob pressão.

Foi construído um reservatório modelado no terreno junto ao canal de Elvas, ao lado do distribuidor das Barrancas, com uma capacidade útil da ordem dos 30.000 m<sup>3</sup>, de modo a alimentar por gravidade a partir de uma tomada de água no canal de Elvas. O seu volume total é de 35.414 m<sup>3</sup>, dos quais 29.970 m<sup>3</sup> correspondem ao volume útil de armazenamento.

Os reservatórios estabilizadores de Campo Maior e Elvas, constituem reservas estratégicas de armazenamento e têm as seguintes funções principais:

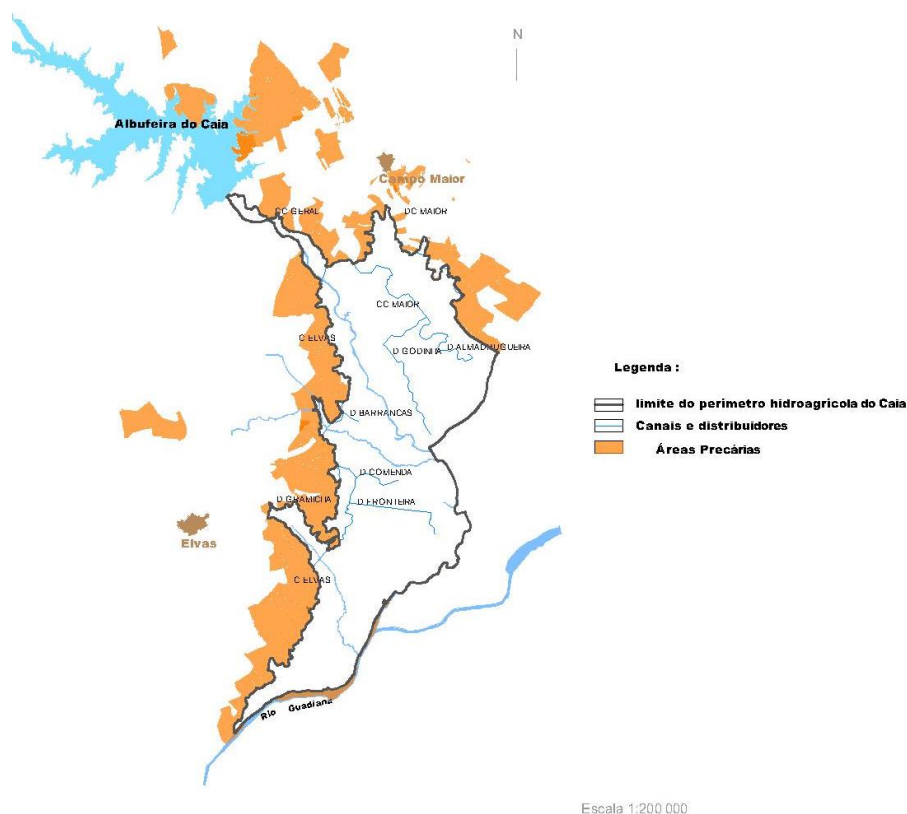
- Permitem conciliar regimes de funcionamento distintos (rígidos versus “a pedido”), dando resposta imediata às solicitações de caudal;
- São uma reserva estratégica para fazer face a paragens imprevistas dos sistemas de montante que os alimentam;
- Ter folga suficiente para encaixar caudais sobrantes em trânsito nos sistemas que os alimentam;

Foi adicionalmente construído um reservatório junto ao Canal de Campo Maior. O reservatório de Campo Maior foi modelado no terreno com a capacidade útil da ordem dos 30.000 m<sup>3</sup>, a alimentar por gravidade a partir de uma tomada de água no canal de Campo Maior, dimensionado como o reservatório de Elvas. Durante o período de ponta serão explorados com pouca água. Para o dimensionamento das infraestruturas considerou-se a alimentação dos reservatórios em contínuo com um caudal de 200 l/s e a restituição por bombagem de 350 l/s durante 10 horas por dia.

Os reservatórios têm a capacidade suficiente para restituir água ao canal para satisfazer pequenas necessidades de rega durante o Outono-Inverno. No Outono-Inverno os reservatórios irão funcionar a plena carga e a restituição de água nos canais será feita por bombagem. Durante o período de ponta (*i.e.* na Primavera-Verão) funcionam a meias águas e possibilitam o encaixe de caudais sobrantes que possam circular no sistema.

### 3.1.5. Áreas a título precário

As áreas a título precário apresentam-se fora do perímetro de rega, representando em 2018 um total de 1660 ha. A Figura 9 apresenta a totalidade das áreas que são abrangidas por esta designação, aproximadamente 1905 ha que dada a rotação cultural, representam uma grande variabilidade de expressão de ano para ano. As áreas a título precário são as mais afetadas quando a água escasseia. No caso de se apresentar uma campanha condicionada por rateios de água, estas serão as últimas áreas a beneficiarem de água. Ao serem abrangidas fora do perímetro, não estão submetidas a uma taxa de solo, mas existe um valor acrescido no pagamento da água.



**Figura 9-Mapa da distribuição das áreas a título precário(Escala 1:200000).  
(Fonte: A. B. Caia, 2017).**

Estas áreas expandiram-se devido à construção dos reservatórios intercalares e a possibilidade de usufruírem do reservatório do Bloco 8.2. A necessidade de aumento destas áreas idealizou-se na necessidade de aproveitar a água, disponibilizada no sistema de distribuição.

### 3.1.6. SIG- Culturas intercalares

Compete à DGADR, como autoridade nacional do regadio (Portaria nº303/2012 de 4/10) coordenar o processo de gestão da água nos aproveitamentos hidroagrícolas, assegurando a sua articulação com a gestão dos recursos hídricos nacionais e propor medidas que conduzam a uma maior eficiência do uso da água, nas áreas beneficiadas (D.G.A. D.R, 2012). As Associações de regantes como extensões da DGADR na gestão dos recursos hídricos, são as entidades mais próximas do empresário agrícola. Todo o sistema deve ajudar o empresário agrícola à tomada de decisão.

A ABCaia possui uma ferramenta de gestão inovadora designada SIGIMAP- Sistema Global para a Inovação e Modernização da Agricultura Portuguesa. Esta é uma plataforma geográfica organizada por cinco módulos (Figura 10), onde cada um dos módulos interagem entre si e usam a informação entre os diferentes módulos de modo a obter a resposta final.



**Figura 10-Estrutura e Organização do SIGIMAP. (Fonte: EDIA, 2013).**

Esta ferramenta específica integra os dois níveis de organização da informação: pelas Associações de Beneficiários e de regantes, como entidades territoriais de gestão dos recursos na área de intervenção do respetivo Aproveitamento Hidroagrícola e as Explorações Agrícolas, com as respetivas parcelas, as quais podem estar integradas na sua totalidade ou não, no interior desse mesmo aproveitamento designadas por Áreas de Interesse (AI) consoante o interesse de cada Associação.

A plataforma engloba diversa informação que se relaciona com outras entidades, que influenciam diretamente a ação do empresário agrícola e da gestão do regadio, nomeadamente a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) e os sistemas informáticos (ARB), agregando toda a informação em indicadores de forma a não ser um mero acumulador de informação e difícil de interpretar. A ferramenta em questão foi estruturada por indicadores ou módulos que afetam na decisão final do utilizador.

O módulo 1 – Potencial para o regadio – inclui informação sobre a identificação e avaliação do uso sustentável dos grandes usos do solo e a indicação das áreas com potencial para o regadio. Este módulo detém um conjunto de cartas com informações sobreponíveis, outorgando ferramentas que são direcionadas para as Associações e para a DGAV este modo permite analisar o uso do solo definindo uma área assim como a simulação de culturas alternativas com interesse para um empresário agrícola (Campelo *et al.*, 2017).

O módulo de aptidão cultural (módulo 2) permite definir a aptidão cultural de uma área, com a possibilidade de comparação com alternativas culturais assim como a criação de modelos conducentes à introdução de novas culturas. Este módulo integra uma cultura de referência comum a todas as Associações colocadas no sistema, que correspondem a 80% de uso dos perímetros hidroagrícolas. Cada uma das Associações pode gerir o sistema com particularidades diferentes das definidas como padrão. Os indicadores de aptidão considerados neste módulo encontram-se divididos em quatro níveis: elevada aptidão, moderada, reduzida e sem aptidão, para determinada cultura não significando que não seja apta para cultivo. Este módulo permite verificar se numa determinada área existem

condicionantes como por exemplo se se encontra numa zona vulnerável a nitratos, se pertence à Rede Natura ou a uma zona de proteção especial. Permite ainda aceder a informação sobre as variáveis edafoclimáticas (Campelo. *et al.*, 2017).

O módulo 3 refere-se à Gestão do regadio. Este modulo permite analisar, as infraestruturas de rega existentes. Tem por objetivos estabelecer uma série de indicadores -chave de performances (KPI) - que permitem identificar as necessidades e oportunidades de melhoria dessas infraestruturas pelas entidades gestoras. A utilização da informação contida neste módulo permite um processo de melhoria contínua de cada organização e fornecendo os valores de referência. É um módulo direcionado para as Associações de regantes e que permite comparar casos entre Associações. Inclui informação sobre a localização da rede de rega (rede geográfica) assim como, as entradas e saídas de água (rede esquemática). Permite calcular indicadores de eficiência como por exemplo aqueles associados à eficiência de distribuição da água nas várias áreas do perímetro ou as necessidades hídricas das culturas. Adicionalmente, possui entre outras informações relativas à qualidade da água ao consumo energético das estações elevatórias (Campelo *et al.*, 2017).

O módulo 4 contempla a Gestão Integrada. Neste módulo faz-se uma avaliação técnico-económica e ambiental das principais culturas regadas. A base de dados inclui informação sobre as contas de cultura. Estas podem ser de dois tipos: 1) detalhadas e incluem informação sobre a necessidade de recursos (maquinaria, recursos humanos, amortizações do equipamento, etc.) para uma determinada operação cultural ou 2) resumidas, quando possuem apenas os números gerais. As contas de cultura detalhadas possuem indicadores de desempenho das máquinas incluindo indicadores ambientais, como emissões de carbono e custos energéticos associados a uma cultura. São analisadas do ponto de vista das 3 aptidões ao regadio (elevada, moderada, reduzida) na realidade estamos a falar de produtividade nos 3 níveis. Com os resultados das contas de culturas é possível realizar comparações entre elas (Campelo *et al.*, 2017).

O módulo de Gestão territorial (módulo 5) identifica e regista as alterações territoriais efetuadas nas áreas dos aproveitamentos. Este módulo tem como

objetivo a emissão de pareceres por parte da Direção Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV) nomeadamente os relativos às utilizações não agrícolas do solo (equipamentos, vias, redes, caminhos, armazéns, telheiros, etc...) com pedidos de exclusão ou inclusão para essas utilizações. Este módulo permite conjugar toda a informação sem dispersão, agregando numa única plataforma todas as fontes documentais. Para as Associações este módulo permite o acompanhamento do processo, o que facilita e acelera a emissão de pareceres. Adicionalmente, permite emitir e fornecer ficheiros acessíveis onde se pode identificar e delimitar o parcelário de um agricultor (Campelo *et al.*, 2017).

As Associações podem aceder aos indicadores de desempenho dos seus associados assim como de outras associações, mas com restrições de visualização entre associações de modo a não comprometer a privacidade dos dados. Cada Associação tem uma área de interesse, ou seja, engloba as áreas do perímetro, as áreas fora do perímetro (regantes a título precário) e áreas da Albufeira. Toda a informação encontra-se normalizada para que todos os registos possuam o mesmo tipo de informação em termos de classes de uso.

Em suma a rede geral da plataforma SIGIMAP deve ser entendida como uma rede de informação que tem como finalidade a recolha, organização e partilha num ambiente Web (Associações e Regantes), de toda a informação temática e dos métodos que foram utilizados para a avaliação da aptidão cultural para o regadio de uma determinada área, unidade territorial ou entidade de avaliação. Este módulo inclui ainda informação de apoio à decisão através do fornecimento de indicadores de natureza espacial (mapas e documentos cartográficos) e alfanuméricos (relatórios temáticos, Quadros, gráficos, etc.), permitindo uma avaliação a diferentes níveis de intervenção da eficiência técnica, económica e ambiental.

O objetivo estratégico da rede SIGIMAP pretende potenciar a rentabilidade dos investimentos realizados no regadio, enquanto setor fundamental para o desenvolvimento e competitividade da agricultura portuguesa. Esta rede funciona como uma plataforma de fluxos de informação, e possibilitando um diálogo permanente entre associações e empresários agrícolas. Pretende

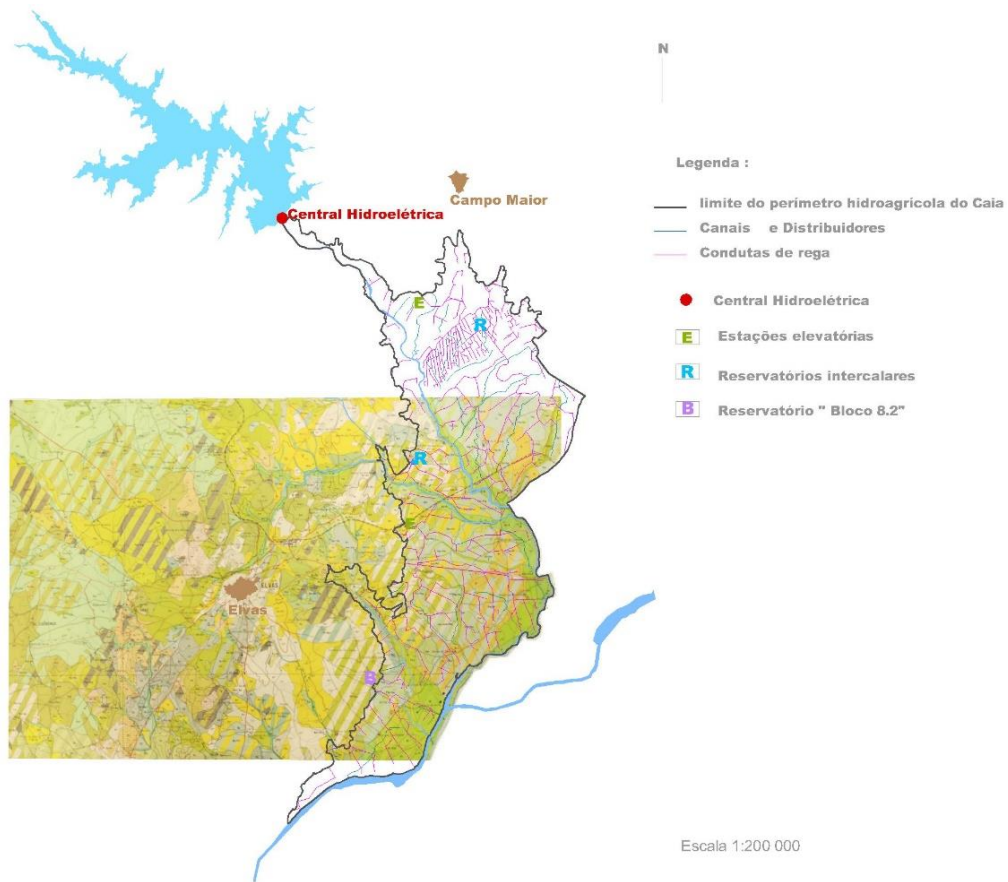
disponibilizar informação conjunta, tratada por métodos de análise credíveis e objetivada em Indicadores standards que permita:

- Avaliar comparativamente as eficiências dos atuais e potenciais sistemas;
- Ter a perceção das correções e melhorias a realizar ou introduzir;
- Avaliar a possibilidade de introdução /realização de novas culturas;
- Avaliar a introdução de novas tecnologias;
- Disponibilizar uma ferramenta de uso simples e versátil que permita apoiar os vários utilizadores:
  - Na tomada de decisão técnica, económica e ambiental;
  - Na tomada de decisão estratégica a propósito da definição de prioridades de investimento;
- Disponibilizar e analisar a informação relevante específica, de interesse para os seus utilizadores, desde que devidamente estruturada e disponível. (Perdigão; Campelo & Braga, 2015).

#### 3.1.7. Taxas de exploração

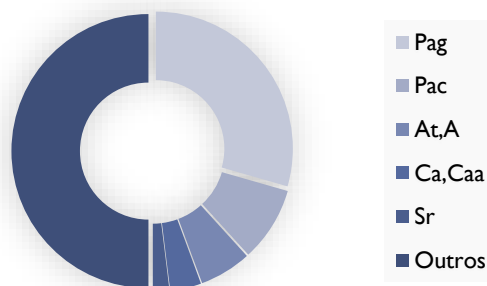
No que respeita aos custos relacionados com a taxa de exploração, a taxa de água possui diferentes valores, para quando utilizada dentro ou fora do perímetro, no regolfo da barragem e ainda prevê uma taxa mínima para áreas precárias com valores acrescidos de 6%, que são consideravelmente mais elevados, já que não são cobradas taxas relativas aos solos. Com a distribuição de área por concelhos e freguesias é possível identificar as três classes de solo existentes no perímetro de rega que são consideradas de 1ª classe, 2ª classe e 3ª classe. A taxa relativa aos solos será cobrada consoante o potencial produtivo.

### 3.1.8. Tipos de solos



**Figura 11-Carta de solos na escala 1:200 000. (Fonte: SROA,1961).**

Por análise da carta de solos do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia (Figuras 11 e 12), verifica-se que os solos predominantes, representando 36,1% do perímetro, são os do tipo mediterrâneos pardos para-hidromórficos de arenito ou conglomerados argilosos ou argilas (*Pag*).

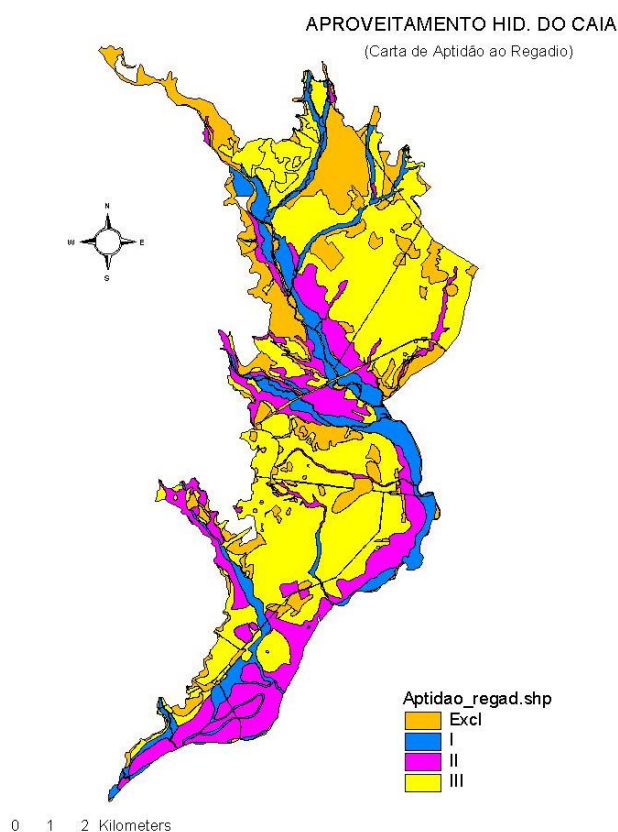


**Figura 12-Representação esquemática dos solos mais representativos do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia. (Fonte: adaptado de Nunes,2013).**

Os solos mediterrâneos Pardos Para-barros de margas ou calcários ou margosos (*Pac*) representam aproximadamente 11% enquanto que os aluviosos modernos e antigos não calcários de textura mediana (*At, A*) representam aproximadamente 8% da área total (Nunes, 2013). Outros solos com menor representatividade são os solos hidromórficos para-aluviosos de textura mediana ou pesada (*Ca Caa*) e os solos mediterrâneos vermelhos ou amarelos ou depósitos afins (*Sr*) que representam respetivamente aproximadamente 5 e 2% da área total (Nunes, 2013).

### 3.1.9. Aptidão para o regadio

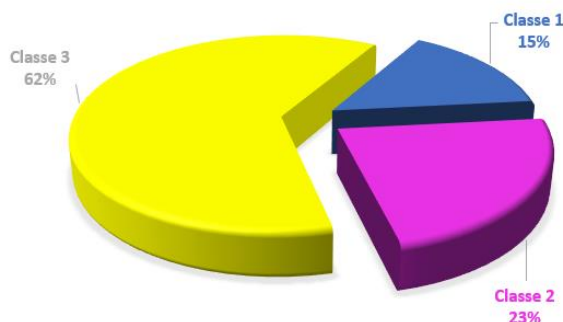
No estudo prévio realizado anteriormente à instalação do aproveitamento, os solos foram agrupados em três classes de aptidão para o regadio de acordo com o tipo de solo, a topografia e a capacidade de drenagem.



**Figura 13-Carta de aptidão ao regadio. (Fonte: A.B. Caia, 2016).**

Os solos pertencentes à classe I possuem excelente aptidão (Fig. 13). As classes II e III possuem respetivamente boa e razoável aptidão para o regadio.

No estudo efetuado pela ABCaia os solos da classe III predominam ocupando aproximadamente 62% da área total do perímetro. Os de classe II e I representam 23% e 15% respetivamente (Fig. 14).



**Figura 14-Distribuição dos solos do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia, segundo a sua aptidão ao regadio (Fonte: A.B. Caia,2017).**

Nos solos com excelente aptidão para o regadio (classe I) encontram-se alguns solos de aluviões franco-arenosos ou argilosos e todos os terrenos de várzeas, com uma boa permeabilidade em todo o perfil e bem estruturados, incluindo aqueles que não possuem horizontes com impermees (Nunes, 2013). Os solos para obterem a classificação de classe 1 possuem as seguintes características: não necessitam de drenagem artificializada e não exigem nivelamento, dado que o declive dos terrenos não ultrapassa os 2%. Estes solos caracterizam-se por possuírem grande capacidade de produção e são de fácil trabalhabilidade e podem ser encontrados nas várzeas dos rios Caia Guadiana e seus afluentes, ribeira Caiola e ribeira da Lã.

Na classe II encontram-se os barros vermelhos calcários com textura franco-argilosa, ou seja, são terras fundas ou medianamente fundas, que podem ser de fácil trabalhabilidade e possíveis de correções. São terrenos que possuem algumas condições de drenagem e que necessitam de algum grau de nivelamento dado que o declive nestes casos pode variar entre os 2 e 4%. Solos pertencentes a esta classe encontra-se em faixas adjacentes às Classes de I, mais propriamente na margem do Rio Caia e Guadiana, estendendo-se um pouco no terminal do Canal de Elvas. Podem ser solos franco-arenosos e argiloarenosos, normalmente encontrados na Ribeira do Caia, o Monte de S. José de Vale I e Monte da Gramicha a Norte, Sul, Oeste. Os solos do tipo

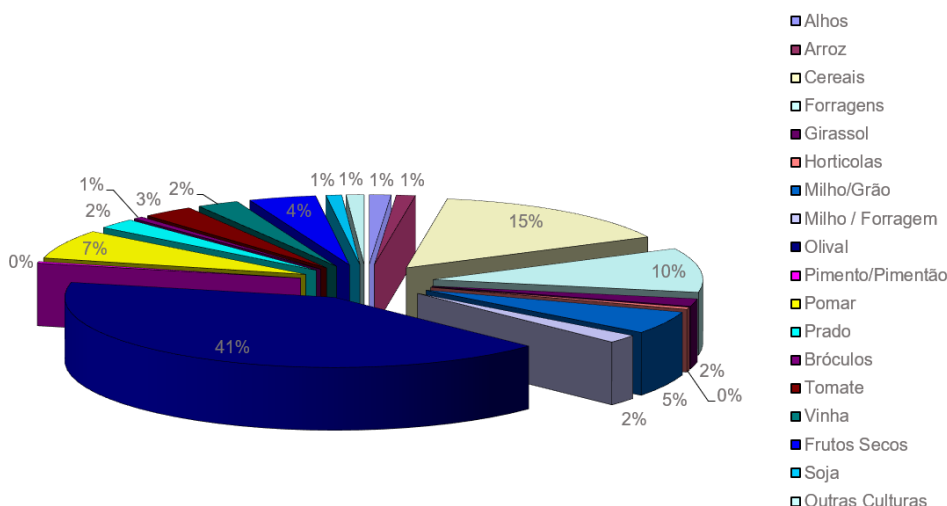
argiloarenoso são conhecidos pelos “barros” e pela grande capacidade de produção em cereais e leguminosas.

À classe III pertencem os solos de terrenos delgados ou medianamente fundos, que por vezes possuem horizontes de textura pesada, com elevado grau de cimentação que podem por isso necessitar obras de drenagem artificial implicando por isso investimentos para o agricultor. São terrenos que exigem trabalhos de nivelamento uma vez que podem ter declives a variar entre 4% e 6%. Considera-se que são solos que têm uma aptidão cultural média, quando cultivados em regime de sequeiro podendo obter-se boas produções. São, no entanto, solos por vezes que podem condicionar a instalação de determinadas culturas como por exemplo a luzerna. Na região estes solos são identificados por “calenhos” e as manchas mais evidentes encontram-se envolventes ao Monte do Passo e da Úveda.

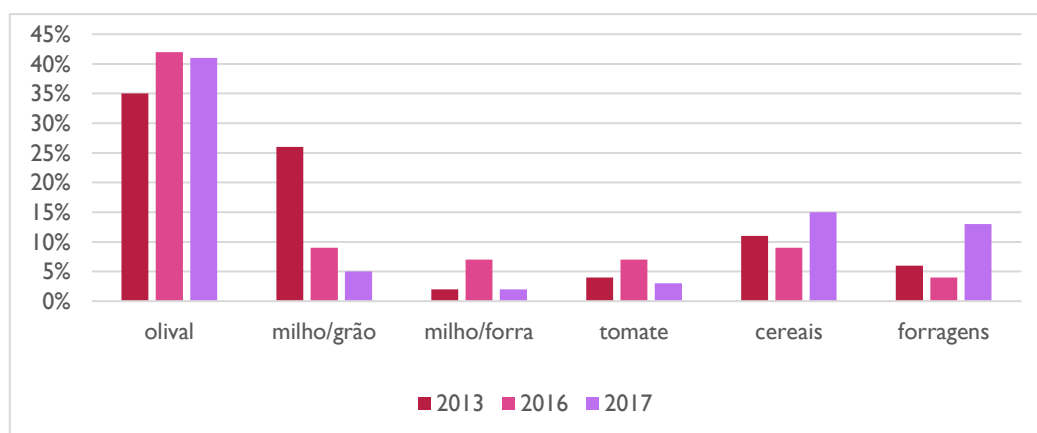
Uma descrição mais pormenorizada dos solos pode ser encontrada em Nunes (2013).

### 3.2. Seleção de casos de estudo

A seleção dos casos de estudo foi condicionada pelas restrições de água para rega ocorridas, devido à seca extrema que ocorreu em 2017-2018 impossibilitando a realização da monitorização e o acompanhamento da campanha de rega. Deste modo, optou-se por efetuar a análise de consumos (necessidades de água de rega) da campanha de 2016/2017. As áreas analisadas correspondem aproximadamente 8% do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia. Para a realização da análise selecionaram-se regantes que eram produtores das culturas mais representativas do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia, os quais estavam instalados em solos com diferentes classes de aptidão de solos e com distintos sistemas de rega.



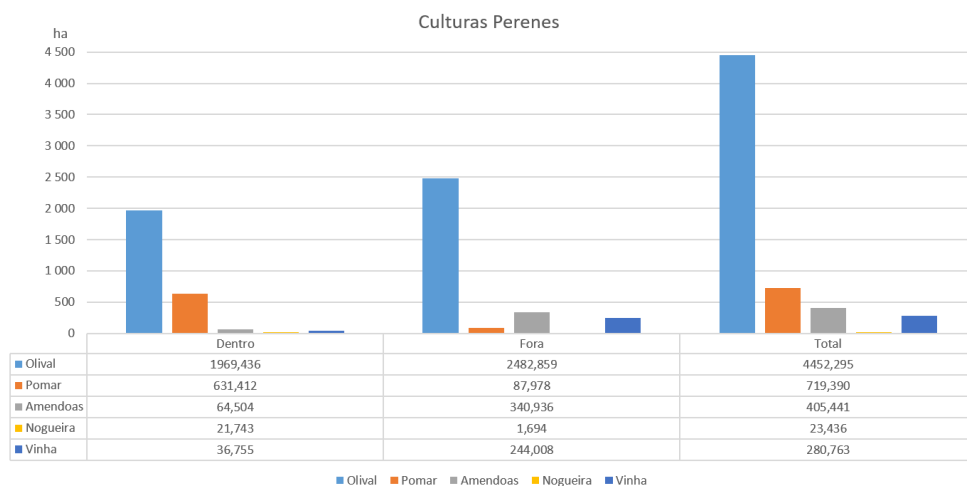
**Figura 15-Distribuição relativa das culturas existentes no Aproveitamento Hidroagrícola do Caia (área beneficiada e a título precário), relativo ao ano 2017 (Fonte: A. B.Caia,2017).**



**Figura 16- Evolução da ocupação cultural no Aproveitamento Hidroagrícola do Caia, relativo às culturas com maior representatividade(Fonte: A.B. Caia,2017).**

No ano 2017 o olival foi a principal cultura regada representando 41% da área, seguindo-se os cereais com 15% e as forragens com 13%. O milho representa atualmente 7% da área de regadio. Os pomares, onde se incluíam até 2017 os frutos secos, representam 7% da área (Fig. 15).

A Figura 16 permite aferir a evolução da ocupação cultural do aproveitamento hidroagrícola. Verifica-se que o olival tem evoluído positivamente ao longo do tempo enquanto que o milho e o tomate, têm vindo a perder a representatividade.



**Figura 17- Identificação da distribuição das culturas perenes no Aproveitamento Hidroagrícola do Caia, referentes ao ano 2018. (Fonte: A.B. Caia,2018).**

Desde 2013 verificou-se uma reconversão bastante significativa, das áreas com culturas anuais para perenes como olivais, pomares e, algumas de nogueiras e amendoeiras (Fig. 17). O aumento deste tipo de culturas dentro e fora do aproveitamento hidroagrícola, leva à conclusão de que o sistema de rega gota-a-gota passou a predominar no perímetro. Estas áreas são ocupadas por olival (41%), pomares (7%), fruteiras para a produção de frutos secos (4%) e vinha (2%).

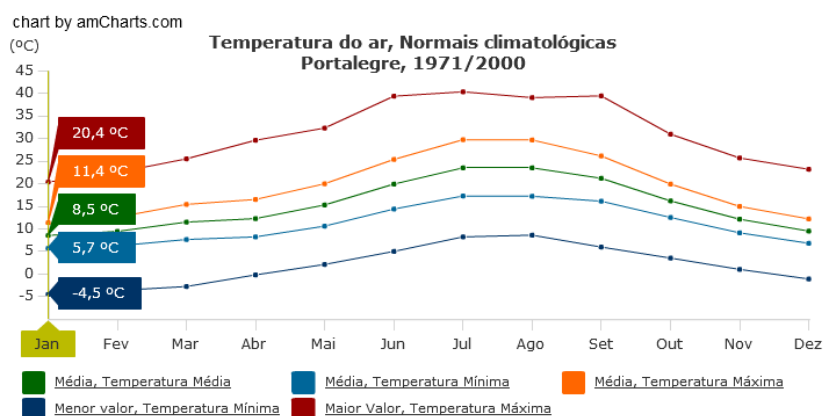
A elevada representatividade do olival, quer o intensivo como super-intensivo, alterou profundamente nestes últimos anos o perímetro de rega, passando do cultivo de forrageiras para culturas em sebe, resultou ser a primeira cultura a analisar neste trabalho. Seguidamente selecionou-se o milho, não se procedendo à análise de pomares já que são culturas semelhantes ao olival em termos de gestão da rega e de método de rega. O milho revela-se como uma cultura que necessita um maior controlo e que tem vindo a perder rentabilidade e expressão neste perímetro. A sua menor expressão, em 2017 comparativamente a anos anteriores é indicativa que os produtores de milho têm de efetuar uma gestão racional e adequada da rega de modo a obter lucro uma vez que o preço de mercado do milho decresceu.

As áreas de tomate têm variado muito, mas foi também considerada para a análise devido ao interesse que suscita na região, pela proximidade dos polos

tomateiros de Espanha. A produção de tomate em Espanha tem vindo a aumentar desde 2013. Só a região da Extremadura produziu, em 2016, 1.772,02 milhões de toneladas em 24.332 hectares de superfície plantados (INE, 2017). Comparativamente Portugal apenas atingiu 1.650 milhões de toneladas com 19.550 ha plantados (INE, 2017). A cultura do tomate está restringida por cotas impostas pela União Europeia e pelos contratos com as fábricas tomateiras. Em 2017 verificou-se que durante o Inverno existia uma baixa quantidade de água armazenada na Albufeira o que desmotivou os empresários agrícolas para a produção de culturas exigentes em água como é o caso do tomate.

### 3.2.1. Clima

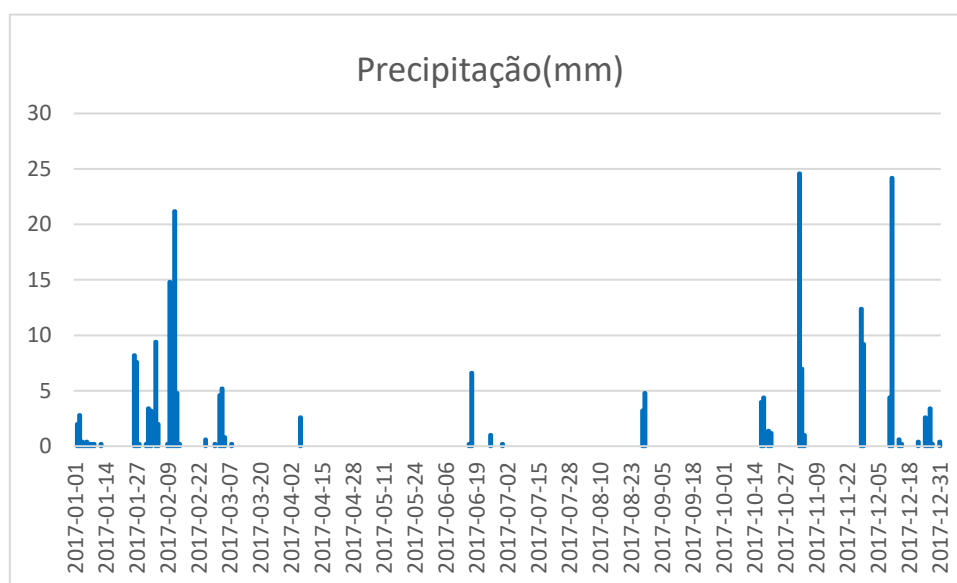
O clima da região das parcelas em estudo é segundo a classificação de Köppen (Kottek, *et al.*, 2006) do tipo Csa. Este clima é típico mediterrânico temperado húmido, com Verão seco e quente. Relativamente à classificação climática de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948), o clima é do tipo C1 b'4 B'2s, caracterizando-se como sendo subhúmido seco, com moderada eficiência térmica, mesotérmico ou temperado e com excesso moderado de água no Inverno (Reis e Gonçalves, 1987).



**Figura 18-Normais das temperaturas para Portalegre relativas ao período 1971 a 2000. (Fonte: IPMA,2018).**

Conjugados estes parâmetros, com as reservas hídricas existentes na barragem no final do ano, mesmo com a antecipação da data de final da campanha de rega e cancelamento dos fornecimentos de água para as culturas de Outono/Inverno onde se incluem os alhos, cereais e forragens, as reservas hídricas não atingiram as quantidades mínimas necessárias à campanha de rega seguinte. Este valor

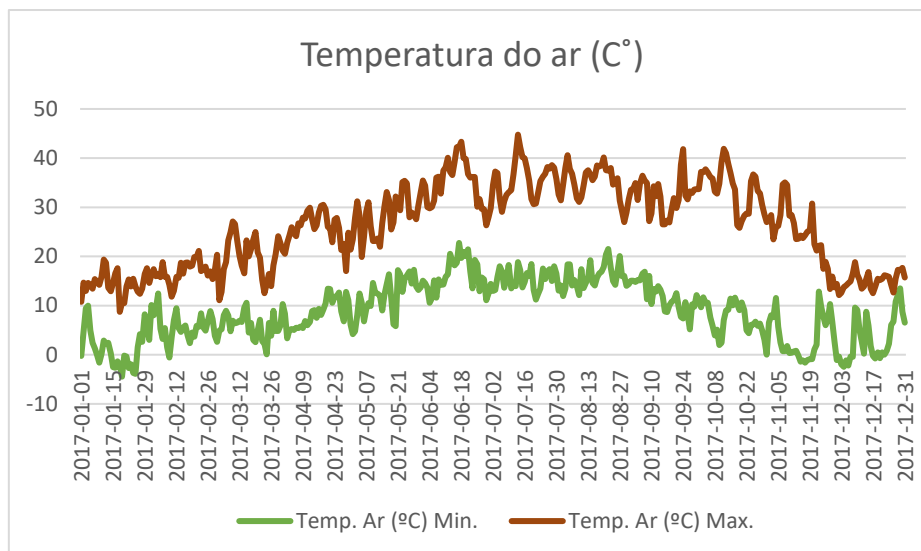
é, na ordem de 5 milhões de metros cúbicos, ou seja, os 13% disponíveis para a agricultura. Assim, foi decidido que se procederia ao cancelamento dos fornecimentos de água para o ano de 2018 caso a situação de seca extrema se mantivesse. A ocorrência de chuvas tardias durante a Primavera de 2018 permitiram fazer face à campanha de primavera/verão. No entanto, dadas as restrições de fornecimentos algumas produções foram afetadas por questões inerentes ao uso da água. Assim, a campanha de rega de 2018 ficou marcada pela incerteza da necessidade de rateios, caso se verificasse que a capacidade útil da Albufeira não fosse atingida.



**Figura 19-Precipitação do ano 2017, registada na estação meteorológica da Alfarófia (Fonte: A.P.A.P,2018).**

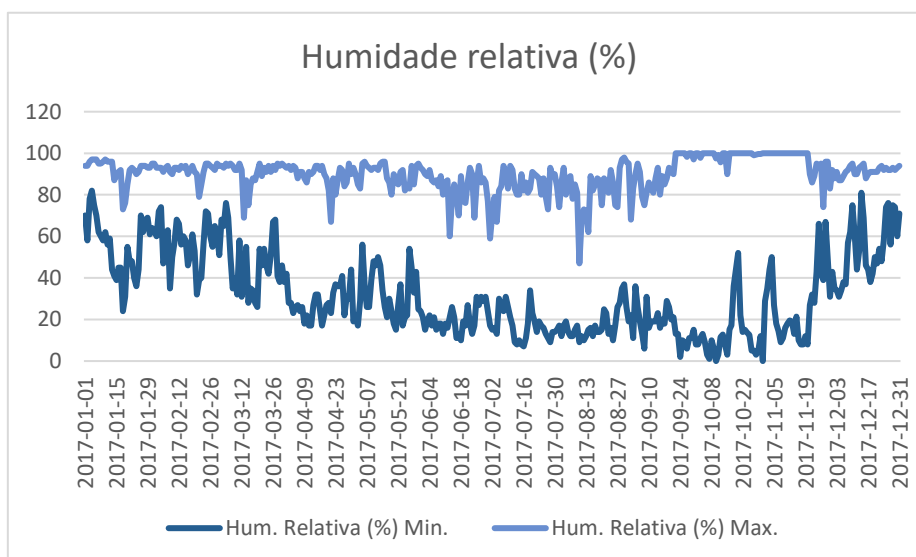
Em termos de precipitação verifica-se por análise da Figura 19 que durante o ano de 2017 ocorreram poucos eventos, os quais foram mais concentrados no período de janeiro-fevereiro e em novembro. A precipitação ocorrida foi inferior á media, em particular nos meses em que geralmente se concentra a maior quantidade de precipitação (abril, setembro e dezembro).

Adicionalmente á falta de precipitação as elevadas temperaturas levaram ao aumento da procura climática ( $ET_0$ ) e conseqüentemente das necessidades hídricas das culturas.



**Figura 20-Temperaturas máximas e mínimas no ano 2017, registada na estação meteorológica da Alfarófia. (Fonte: A.P.A.P,2018.).**

A partir do início de maio as temperaturas já tinham ultrapassado os 30°C e apenas a partir do final de novembro começou a verificar uma descida notória abaixo de este valor. Entre 16 e 19 de junho as temperaturas atingiram os 42°C e 43°C. O mês de setembro, outubro e princípios de novembro indicaram temperaturas acima dos 30°C, persistindo com oscilações significativas (Figura 20).



**Figura 21-Humidade relativa no ano 2017, registada na estação meteorológica da Alfarófia. (Fonte: A.P.A.P, 2018).**

Em relação à humidade relativa, os casos mais preocupantes verificaram nos meses de agosto a outubro com valores muito baixos da humidade relativa mínima, como indica a figura 21.

### 3.2.2. Estrutura da modelação das necessidades de água das culturas

Uma vez efetuada a seleção das culturas procedeu-se à escolha das parcelas com a premissa de se localizarem dentro da área de interesse do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia. A caracterização de cada parcela incluiu informação sobre as suas dimensões, as características do(s) solo(s), cultura e sistemas de rega. Adicionalmente foi recolhida a informação, junto à ABCaia, sobre os pedidos de água efetuados durante a campanha de rega, e sobre os calendários de rega (datas e quantidades aplicadas) junto dos agricultores.

Como referido anteriormente, a avaliação dos calendários de rega praticados pelos empresários agrícolas foi baseada no balanço hídrico do solo simulado com o modelo WinISAREG. De modo a introduzir no modelo os dados relativos aos valores dos pedidos de água como das quantidades efetivamente aplicadas, foram convertidos em milímetros.

Os dados históricos climáticos usados, de 1965 até 2000 foram fornecidos pelo Instituto de Meteorologia (IM) e os registos meteorológicos de 2017 foram obtidos na estação meteorológica do Centro Operativo de tecnologia do Regadio (COTR) localizada na ABCaia.

Os dados meteorológicos da parcela C foram fornecidos pela empresa Hidrosoph para a parcela, com a estação meteorológica instalada na parcela. Estes dados foram introduzidos no programa do modelo WinISAREG, a partir do programa EVAP56, que estima a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) para a região em estudo. Uma vez estimado este valor, procedeu-se ao cálculo do balanço hídrico. Este sistema permitiu introduzir os valores climáticos de (precipitação, dados necessários para o cálculo da evapotranspiração de referência como a temperatura máxima e mínima, o número de horas de sol ou radiação, a humidade relativa e vento, onde se incluem os dados culturais, como a duração do ciclo vegetativo e da profundidade do sistema radicular ( $Z_r$ ), do coeficiente cultural ( $K_c$ ) e da fração facilmente utilizável ( $p$ ) e o fator de resposta da cultura ao défice hídrico ( $K_y$ ).

O modelo WinISAREG foi utilizado para estabelecer e analisar diferentes estratégias de rega (simuladas no Anexo), tendo em conta a resposta das culturas às disponibilidades hídricas e o método de rega, considerando vários

níveis de procura climática. A imprevisibilidade de ocorrência de precipitação e a necessidade para o Aproveitamento Hidroagrícola de rega procurar novas vias de poupança de água justificam o estudo de estratégias de rega sem prejudicar significativamente a produção da cultura.

Na agricultura de regadio a prática de rega mais generalizada é a maximização da produção de uma cultura, por unidade de água. Para tal o empresário agrícola aplica a quantidade de água suficiente a suprir as necessidades da cultura podendo em algumas ocasiões, regar mais do que o necessário (Pereira, 2007). Quando existem disponibilidades limitadas de água para o regadio há a necessidade de modificações na gestão da rega ou que se procure poupar água, quer por melhoria da eficiência dos métodos de rega ou por decréscimo da quantidade de água aplicada relativamente às necessidades da cultura. Neste último caso temos a rega deficitária que é entendida como uma estratégia na qual as culturas são deliberadamente sujeitas a um certo grau de défice de água e de redução de produção (English e Raja, 1996). Nestas condições, os empresários agrícolas necessitam de maior apoio à decisão em termos de calendarização da rega, de modo a que os impactos dos défices de água, impostos ao longo do ciclo da cultura não tenham elevado impacto na produção e, conseqüentemente, no rendimento (Rodrigues e Pereira, 2009). Assim, os fatores a serem considerados quando se realiza um calendário de rega são: precipitação e evapotranspiração, fase do ciclo da cultura, método de rega e limitações do sistema, quantidade de água disponível para a rega, e quantidade de água do solo (Pereira, 2004). A condução da rega, pode ser então efetuada por forma a evitar que ocorra défice hídrico, sendo então definida como data limite para realizar a rega quando o teor de água do solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ,  $\theta_i$ ) atinja o limiar:

$$\theta_t = (1-p)(\theta_{FC} - \theta_{WP}) + \theta_{WP} \quad (1)$$

em que  $p$  é a fração do teor de água disponível que pode ser extraída sem produzir défice hídrico. Este procedimento, tomando como limiar a fração de extração  $p$ , é assumido quando se pretende evitar stress hídrico e se atinja a produção potencial.

A rega pode ser conduzida para um limiar, que traduz a extração desejada em termos de gestão (MAD, i.e., *management allowed depletion*), como definido por Martin *et al.* (1990). De acordo com o objetivo da gestão da rega a fração correspondente a MAD pode ser superior ou inferior a  $p$ .

Assim, a gestão da rega que visa evitar o risco de stress deve tomar-se  $MAD < p$ . Em oposição quando se assume intencionalmente rega deficitária, ou seja, períodos em que o stress hídrico ocorre então nesses períodos toma-se  $MAD > p$ . No presente estudo várias estratégias de rega foram simuladas e avaliadas com o objetivo de minimizar os usos não benéficos, e deste modo melhorar o uso da água.

### 3.2.3. Localização das parcelas

As parcelas selecionadas encontram-se dentro da área de interesse do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia e estão representadas na Figura 22. As parcelas localizam-se no Concelho de Elvas e o fornecimento de água realiza-se através do Canal de Elvas. A parcela A com tomate, a parcela B com olival intensivo e a parcela C com milho.



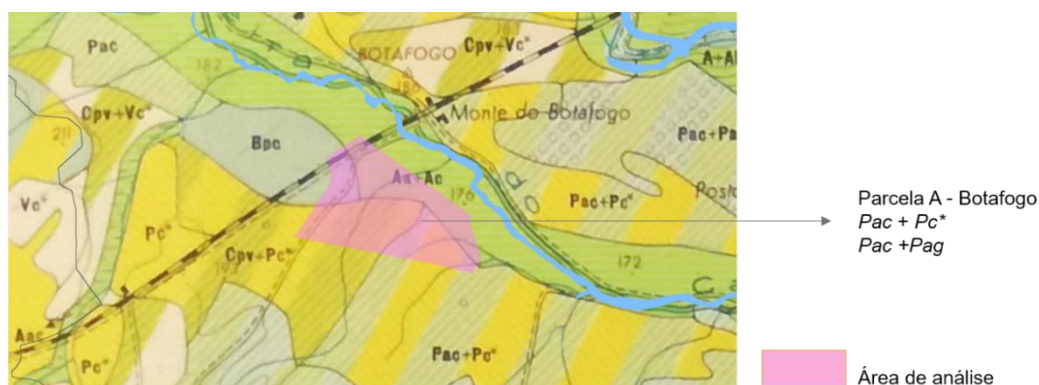
**Figura 22-Localização das parcelas em análise. (Fonte: adaptado de A. B. Caia, 2018).**

A localização da parcela D não consta da Figura 22 por questões de manutenção da privacidade. As parcelas A, B e C estão localizadas acima do reservatório do Vale de Rodelas, contrariamente a parcela D localiza-se após este reservatório, pelo que, a não utilização da água pedida leva a perdas sem possibilidade de recuperação.

### 3.2.4. Parcela A – Tomate

A parcela A localiza-se na freguesia de Caia e S. Pedro, a Este de Elvas, limitada a norte pela via férrea. Segundo o PDM de Elvas esta parcela está vinculada a uma área de REN e encontra-se em zona vulnerável a nitratos (DRAP Alentejo). A parcela pertence ao Sr. Adérito Onofre e abrange um prédio cadastral, designada de Botafogo 8 a qual tem uma área de 29 ha. A parcela possui um declive que oscila entre 1% e 3% e apresenta boas condições de drenagem.

Na parametrização do modelo WinISAREG, foi necessário identificar as manchas de solo existentes na parcela, tendo sido recolhida informação sobre a caracterização das propriedades hidráulicas e texturais em Carvalho Cardoso (1965). Assim foi possível identificar duas manchas de solos na parcela as do tipo *Pac+Pc\** e *Pac+Pag* (SROA, 1961) (Fig. 23).



Escala 1:50 000

*Pac* – Solos Mediterrâneos Pardos de margas ou de calcários margosos;  
*Pc \** – Solos Calcários Pardos de Calcários não compactos associados a dioritos ou gabros ou rochas cristalofílicas básicas;  
*Pag* – Solos Mediterrâneos Pardos Para Solos Hidromórficos de arenito ou conglomerados argilosos;

**Figura 23- Classificação das manchas de solo, na parcela A. (Fonte: SROA, 1961).**

A parcela foi plantada com tomate para indústria no dia 17 de abril de 2017 e a colheita ocorreu no dia 23 de setembro de 2017. A produção final foi de 102.348 kg/ha.

Em Portugal, o ciclo cultural do tomate de indústria, tem uma duração média que varia de 90 a 120 dias, ocorre de março a outubro. O tomate é considerado um fruto de estação quente. É uma cultura sensível á geada, pelo que o local selecionado para a plantação deve apresentar temperatura média superior a 16°C, durante um período superior a 110 dias. A temperatura ótima para o desenvolvimento e frutificação deve situar-se abaixo dos 30°C. Para que a semente germine, a temperatura do solo deverá situar-se entre 18 e 30 °C. A diferenciação floral é favorecida por temperaturas médias diária de aproximadamente 10°C e a floração é favorecida por temperaturas de 17°C a 25 °C (Almeida,2006).

Em termos de exigências edáficas, o tomateiro adapta-se bem a vários tipos de solos desde que bem drenados. No entanto, o tomateiro prefere solos soltos, profundos, de textura franca, areno-argilosa, bem promovidos de matéria orgânica (Almeida,2006).

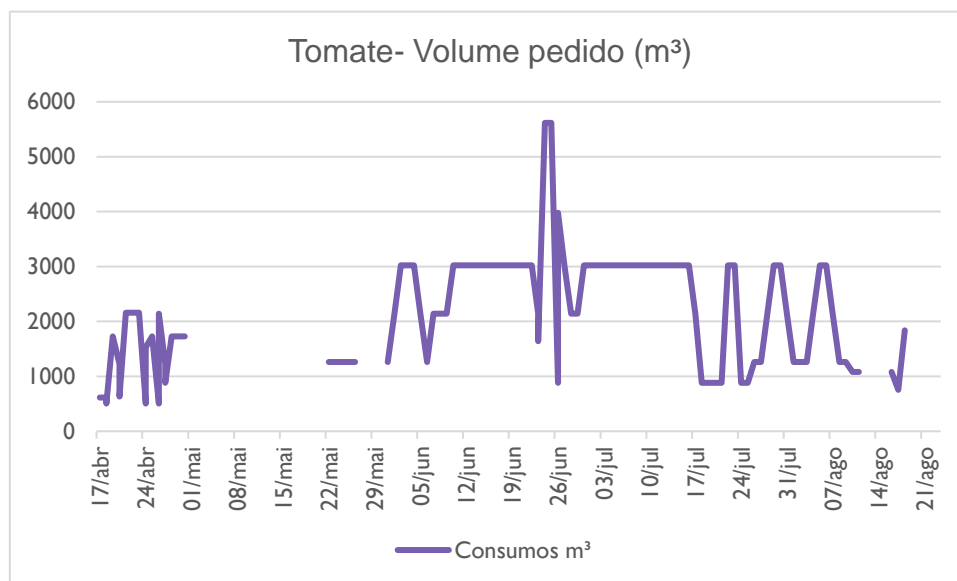
As variedades de tomate a serem utilizadas pelos agricultores, assim como a data de plantação são impostas pela indústria. A escolha da variedade é efetuada tendo em consideração quer parâmetros agrícolas, como por exemplo a tolerância a pragas e doenças e adaptação às técnicas culturais, assim como, parâmetros industriais onde se incluem a firmeza do fruto e o teor de sólidos solúveis (grau Brix), a cor, e o teor em licopeno (Almeida, 2006).

O ciclo de cultivo do tomate apresenta quatro fases importantes, onde a rega assume um papel decisivo no produto final. Na parcela A, o terreno foi devidamente preparado para uma cama esmiuçada. A preparação do terreno, incluiu o nivelamento, as desinfestações, controlo de infestantes, distribuição e incorporação de corretivos e adubos de fundo e finalmente a armação do terreno em camalhões com faixas de 0,60 a 0,80 m.

Em relação ao sistema de rega, a parcela A dispõe de um sistema de rega localizada, por gota-a-gota em fita de plástico. O sistema foi instalado

previamente ao mulch de plástico. A eficiência de rega na parcela, segundo dados do produtor, obteve um coeficiente de uniformidade (*CU*) que se aproximou dos 95%. Este *CU* indica uma qualidade da aplicação de água como excelente de acordo com COTR (2003).

No que se refere ao calendário de rega, foi realizada uma rega à plantação para garantir uma boa instalação e minimizando os efeitos de stress da transplantação e promovendo um melhor contacto entre a planta e o solo envolvente. Nesta 1ª fase efetuaram-se regas ligeiras e frequentes, de modo a manter a humidade nos primeiros 10 cm de profundidade do solo, para minimizar a ocorrência de stress hídrico até ao final de maio. Na 2ª fase, que compreendeu o período da floração ao vingamento, ocorreu um rápido crescimento da planta de modo a cobrir 85% do solo. Nesta fase é possível ter uma estimativa da produção na campanha. Esta é feita em função do número de frutos vingados e do estado vegetativo das plantas. Nesta fase é necessário um cuidado acrescido no controlo da rega de modo a promover o aumento do peso do fruto. Assim, ocorreu um aumento dos pedidos até ao dia 17 de julho (Figura 24). A 3ª fase, corresponde ao desenvolvimento do fruto e a estabilização do crescimento da planta. Nesta fase a rega é necessária para que o peso do fruto aumente. No final desta fase quando o fruto já está totalmente desenvolvido e começa a sua maturação as plantas já não são tão sensíveis ao défice hídrico, pelo que stress ligeiros imposto de forma progressiva, vão favorecer a qualidade dos frutos por aumento do grau brix.



**Figura 24-Quantidade de água, pedidos pelo produtor da parcela A, à entidade ABCaia (Fonte:A.B.Caia,2017).**

O quadro 2 identifica a classificação de solos da parcela e os volumes pedidos pelo empresário à ABCaia, resultando num pagamento final de 234.936 m³ de água para os 29 ha.

**Quadro 2-Consumos (quantidade de água de rega) e área da parcela A. (Fonte: A.B. Caia,2017).**

Cultura	Parcela
Tomate	Botafogo 8
Área – (ha /m²)	28,9 ha (29 ha) – 290.000 m²
Solos	11,7 ha de 1ª Classe
	14.125 ha de 2ª Classe
	2,42 ha de 3ª Classe
	0,72 ha de área excluída
Volumes pedidos (m³)	234.936 m³

Para a determinação das datas das fases de desenvolvimento da cultura, definidas de acordo com Allen *et al.* (1998) recorreu-se à data de sementeira e colheita fornecidas pelo produtor da parcela, sendo as outras datas estabelecidas de acordo com o método da acumulação térmica. A acumulação térmica ou índice de graus-dia de crescimento (AGDD) permite determinar a fenologia das plantas de acordo com a acumulação de temperatura. A acumulação térmica assume que o crescimento da planta ocorre apenas acima de um limiar de temperatura denominada de temperatura base ( $T_b$ , °C) abaixo da qual a taxa de crescimento é insignificante. Adicionalmente existe um limiar

de temperatura superior ( $T_x$ , °C), acima do qual as atividades metabólicas cessam (Steduto *et al.*, 2012; Spinoni *et al.*, 2015). Assim, o número de graus-dia é calculado como:

$$AGDD = \sum(T_{med} - T_b) , \text{ se } T_b \leq T_{med} < T_x \quad (2)$$

sendo,  $T_{med}$  a temperatura média diária,  $T_b$  a temperatura base e  $T_x$  o limiar de temperatura superior (Steduto *et al.*, 2012; Spinoni *et al.*, 2015). O Quadro 3 apresenta os valores de  $T_b$  e  $T_x$  utilizados na determinação dos AGDD. Este método desempenha um papel importante na predição das fases de desenvolvimento de uma cultura, desde a plantação à colheita (Raes *et al.*, 2009; Akyuz *et al.*, 2017; Anandhi, 2016). Vários estudos utilizam esta metodologia para a determinação das datas de desenvolvimento das culturas (e.g. Saadi *et al.*, 2015; Giménez *et al.*, 2016; Paredes *et al.*(a), 2017).

**Quadro 3-Dados referentes ao cálculo da acumulação térmica cultural para a cultura do tomate.**

Cultura	T base (C°) = $T_b$	T máxima (C°) = $T_x$
tomate	10C° (Rinaldi <i>et al.</i> ,2006); (Saadi <i>et al.</i> , 2015)	32 C° (Saadi <i>et al.</i> , 2015)

Os coeficientes culturais para esta cultura foram baseados em estudos aplicados à cultura do tomate (Allen *et al.*, 1998; El Amami *et al.*,2001; Zairi *et al.*, 2003; Valverde *et al.*, 2015). No entanto, e dado que o tomate é cultivado sobre “mulch” de plástico, os valores de  $K_c$  foram ajustados como sugerido por Allen *et al.* (1998), uma vez que a evaporação do solo é reduzida por influência do mulch de plástico em média de 50 a 80%. Segundo Allen *et al.* (1998) os valores de  $K_c$  diminuem em média 10 a 30% devido à redução da evaporação da água do solo. Assim, a informação recolhida permitiu estabelecer que, a percentagem de solo coberto pelo mulch de plástico era de 30% pelo que se assumiu que o  $K_{c\ ini}$  seria igual a 0.50. Uma vez que existe pouca precipitação nos meses de junho a agosto, o tomate é regado por micro-rega sob mulch de plástico e é colhido para indústria os  $K_{c\ mid}$  e  $K_{c\ end}$  foram igualados aos coeficientes culturais de base,  $K_{cb\ mid}$  e  $K_{cb\ end}$ , fornecidos por Allen *et al.* (1998) para a cultura do tomate. Assim, os

valores de  $K_{C_{mid}}$  e  $K_{C_{end}}$  foram de 1.10 e 0.7 respetivamente. Considerou-se um  $p=0.40$  (Allen *et al.*, 1998; Saadi *et al.*, 2015) e a profundidade radicular máxima de ( $Z_r$ ) 0.50 m. O  $K_y$  fator de resposta da cultura à água assumido foi de 1,05 (Doorenbos e Kassam, 1979).

Os calendários de rega denominados observados basearam-se nos pedidos ocorridos em 2017 e respetivas datas. As dotações foram ajustadas ao CU anteriormente referido.

Nas estratégias alternativas de rega definidas no presente estudo, considerou-se uma dotação fixa igual à média das dotações úteis observadas nos calendários praticados pelo agricultor, considerou-se assim dotações de 9 mm. A decisão de cessar a rega foi tomada com base no que foi observado nos calendários fornecidos pelo agricultor. Os limiares de gestão utilizados consideraram as fases do ciclo da cultura em que estas são mais suscetíveis ao stress hídrico (Doorenbos e Kassam, 1979; Steduto *et al.*, 2012), assim como nos estudos económicos realizados para a cultura do tomate por El Amami *et al.* (2001) e Zairi *et al.* (2003) onde indicam que apenas um stress ligeiro deve ser implementado, de modo a que o retorno económico do produtor não seja muito afetado. Assim, consideraram-se os seguintes calendários e limiares:

- (1) Rega que visa aplicar a quantidade de água necessária a suprir as necessidades da cultura (Max) -  $MAD = p$ ;
- (2) Rega deficitária ligeira ( $D_{Lig}$ ) -  $MAD = 1.05 p$ ;  $1.10 p$ ,  $1.01 p$ ;  $1.05 p$ , respetivamente para as fases inicial, de desenvolvimento, média e final do ciclo cultural;
- (3) Rega deficitária moderada ( $D_{Mod}$ ) -  $MAD = 1.10 p$ ;  $1.15 p$ ,  $1.05 p$ ;  $1.10 p$  para as mesmas fases do ciclo.

### 3.2.5. Parcela B – Olival intensivo

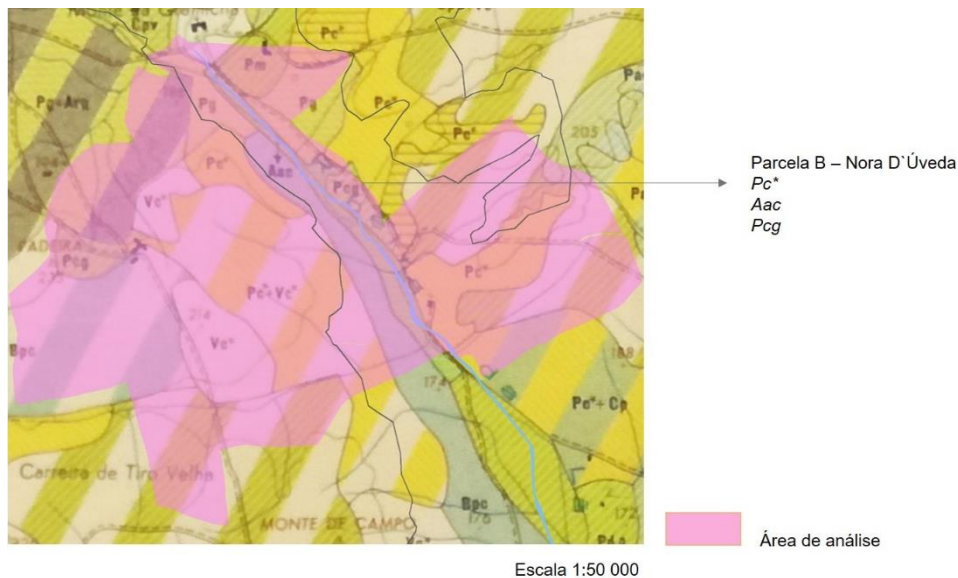
A Parcela B propriedade da empresa *Elaia Investimentos, S.A* localiza-se entre a freguesia de Ajuda, Salvador e Stº Ildefonso e de Caia e S. Pedro, situada a Sudeste de Elvas (Figura. 22). As parcelas estão afetadas no PDM por áreas de REN e de RAN, consideradas em parte como rede natura 2000 e integram ainda uma faixa de zona de proteção de aves. Estas parcelas também estão

integradas em zona vulnerável a nitratos segundo (DRAP Alentejo) e atingem uma área de 300,48 ha. A parcela abrange parcelários anexos à Herdade da Nora D'Úveda, das quais estão consideradas para o estudo as Herdades do Poço do Concelho, Herdade da Gramicha e Herdade da Padeira. Está equipada com uma pequena albufeira de caráter privado. A posição fisiográfica indica que esta área é considerada como sendo de encosta, com declives que variam entre 1% e 3%. Em termos de condições de drenagem a parcela tem solos com boa a excessiva capacidade de drenagem.



No que se refere à cultura, a parcela B dispõe de um olival intensivo, onde as árvores são consideradas adultas, 11 anos (plantação de 2007) e uma entrada em produção de 5 a 7 anos. A variedade do olival é Arbequina, com um compasso variável segundo cada parcelário, das quais algumas se apresentavam em camalhões, mas que em geral resultam de 342 árvores/ha. A orientação do olival na parcela a Norte é (SO)sudoeste, a área central revela

**Figura 25-Aspetto geral do olival. intensivo.** orientação (S) Sul e a área das parcelas a Este têm uma orientação (SE) Sudeste.



Aac – Aluviosolos Modernos de textura pesada, calcários;  
Pc\* – Solos Calcários Pardos de Calcários não compactos associados a dioritos ou gabros ou rochas cristalofílicas básicas;  
Pcg – Solos Calcários Pardos de granitos associados a depósitos calcários ;

**Figura 26-Classificação das manchas de solo, na parcela B. (Fonte: SROA, 1961).**

Os solos da parcela pertencem às famílias *Pc\**, *Aac* e *Pcg* como indica a Figura 26. São solos respetivamente *Aac* – Aluviossolos Modernos de textura pesada, calcários; *Pc\** – Solos Calcários Pardos de Calcários não compactos associados a dioritos ou gabros ou rochas cristalofílicas básicas; *Pcg* – Solos Calcários Pardos de granitos associados a depósitos calcários.

A caracterização das propriedades hidráulicas e texturais das manchas de solos foram obtidas de Carvalho Cardoso (1965).

A variedade é “Arbequina” e tem caracteristicamente muito resistência ao frio, com um vigor reduzido, que permite a sua utilização em olivais intensivos e superintensivos. É muito apreciada pela sua precoce entrada em produção, elevada produtividade, fácil enraizamento, bom rendimento de gordura e excelente qualidade do seu azeite, apesar da sua baixa estabilidade (Barranco *et al.*, 2017).

Esta variedade de oliveira necessita, para um adequado desenvolvimento vegetativo, de temperaturas médias do ar a variarem entre os “10°C e os 30°C (Jordão, 2014). Temperaturas do ar superiores a 35°C impedem o seu desenvolvimento assim como a fotossíntese. A indução floral (formação de gomos florais) é nas oliveiras determinada pela acumulação de horas de frio (de Melo-Abreu *et al.*, 2004). Temperaturas acima dos 30°C após a quebra da dormência podem alterar o desenvolvimento adequado da diferenciação morfológica dos gomos florais ao abrolhamento (Jordão, 2014).

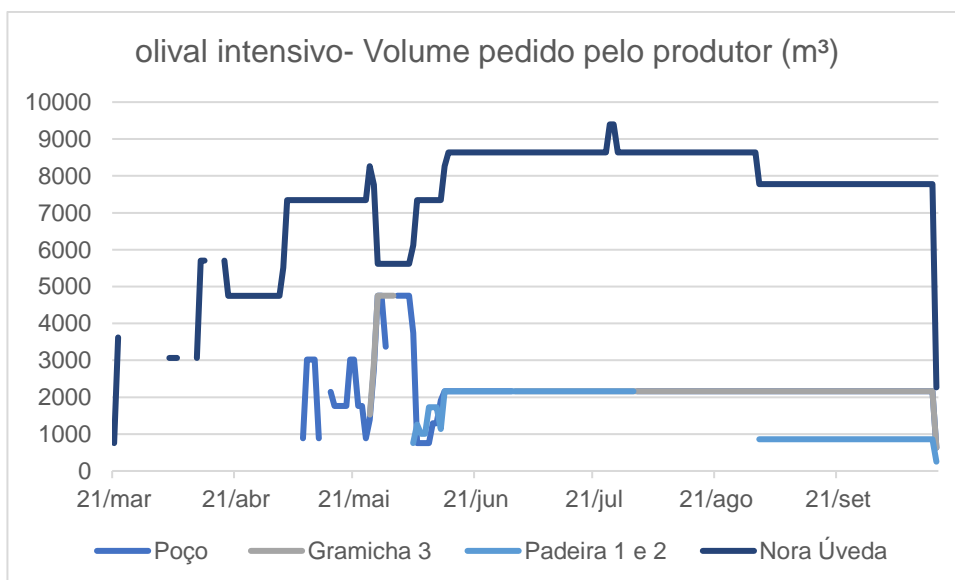
As necessidades de água da cultura estão dependentes da procura climática, enquanto que as necessidades de rega estão também relacionadas com a precipitação. Considera-se que precipitações médias de 300 a 400 mm por ano podem originar uma boa produção (Jordão, 2014). No entanto, boas produções podem ser obtidas em locais com precipitação mais baixa por complemento da precipitação usando uma adequada gestão da rega.

A oliveira, prefere solos de textura franca, franco-limosa, franco argilo-arenosa e franco argilo-limosa. Tal prende-se com o facto deste tipo de solos permitir um arejamento adequado ao desenvolvimento radicular, assim como, uma média a alta capacidade de retenção de água. Adicionalmente estes solos

têm boa permeabilidade e capacidade de drenagem que evitam a asfixia radicular (Jordão, 2014).

É uma cultura bastante tolerante ao stresse hídrico, apesar de que existem três períodos em que não se deve induzir stress hídrico: 1) o período que decorre entre o início do abrolhamento e a floração, 2) o período entre o início de crescimento do fruto e o endurecimento do caroço e 3) durante a maturação da azeitona. A disponibilidade de água deve ser suficiente durante o 1º período para um bom vingamento dos frutos. No período seguinte ocorre a queda fisiológica de frutos. Esta queda é mais reduzida, caso a árvore não se encontre em stress hídrico. A fase de maturação do fruto é caracterizada pela acumulação de azeite na polpa da azeitona. É importante que a planta tenha água disponível no solo para que a árvore possa acumular reservas necessárias para a produção do ano seguinte, limitando assim a alternância de produção típica do olival (Girona Gomis *et al.*, 2005).

O olival intensivo, inicia de um modo geral a sua produção ao 4º ano, embora com uma produção por hectare bastante baixa. A produção estabiliza no 8º ou 9º ano de produção, chegando a produções médias na ordem dos 8.500 a 10.000 kg/ha (Grupo Sovena, c.p, 2017).



**Figura 27-Quantidade de água pedida pelo produtor da parcela B, à entidade da ABCaia. (Fonte: A.B. Caia,2017).**

Os pedidos de água efetuados à entidade ABCaia foram muito elevados, pelo que foi necessário recorrer ao produtor para identificar as dotações reais fornecidas à cultura. Os pedidos foram feitos no período de 21 de março até 28 de novembro de 2017 (Fig. 27). Verificou-se, que o total de pedidos efetuado pelo produtor foi de 2.128.104 m<sup>3</sup> de água para 395,50 ha de olival.



**Figura 28-Volumes efetuados na parcela B. (Fonte: A.B. Caia, 2017).**

Analisando a Figura 28 verifica-se um aumento progressivo das dotações de rega desde março até ao dia 21 de abril. No princípio de maio ocorreu uma diminuição de consumos (quantidade de água de rega), possivelmente para tratamentos fitossanitários e até ao final de junho persistiu o aumento gradual de dotações. Entre o final de junho e o final de outubro os débitos ocorridos foram constantes, terminando o consumo de água no final de novembro quando se efetuou a colheita.

**Quadro 4-Consumos (quantidade de água de rega) e áreas da parcela B. (Fonte: A.B. Caia, 2017).**

Cultura	Subparcelas				Totais
	Poço do Concelho	Gram. 3	Padeira 1 e 2	Nora D'Úveda	
Olival intensivo					
Área (ha /m²)	27,72 ha 277.200 m²	8,72 há 87200 m²	199,35 ha 1.993 500 m²	159,71 ha 1.597.100 m²	395,50 ha 3.955.000 m²
Solos	3,55 ha de 1ª Classe 12.325 ha de 2ª Classe 3,5 ha de 3ª Classe	2.155 ha de 1ªClasse 6,26 ha de 2ªClasse 0,305 ha de 3ª Classe	2,155 ha de 1ª Classe 6,26 ha de 2ª Classe 0,305 ha de 3ª Classe	6,575 ha de 1ªClasse 23 ha de 2ª Classe 17,425 ha de 3ª Classe	
Volumes pedidos (m³)	281.466 m³	259.956 m³	155.322 m³	1.431.360 m³	2.128.104 m³
Volumes efetuados (m³)					3.762 m³

O Quadro 4 identifica a classificação de solos de cada subparcela, os volumes pedidos de cada e as dotações aplicadas pelo empresário. Assim, o

volume pedido pelo produtor da parcela B, foi 2.128.104 m<sup>3</sup> de água, e o aplicado na cultura foi de apenas 3762 m<sup>3</sup>. Como a parcela dispõe de uma pequena albufeira as quantidades de água pedidas foram geridas conforme a necessidade e a capacidade do reservatório existente na parcela.

Quanto ao sistema de rega a parcela B também dispõe de um sistema de rega localizada, por gota-a-gota, com 50 setores de rega e 5 turnos. O sistema de rega está instalado em linha dupla e o espaçamento entre os gotejadores é de 1 metro, ou seja, de 2 gotejadores por árvore. O sistema de rega na parcela B tem, segundo o produtor, um coeficiente de uniformidade (*CU*) de 87,5%.

Para a parametrização do modelo WinISAREG no caso da cultura da parcela B (Olival intensivo) procedeu-se primeiro à identificação das manchas de solo na propriedade da Nora de Úveda, foi classificado como *Aac* e *Pcg* onde a caracterização das propriedades hidráulicas e texturais são a partir de Carvalho Cardoso (1965).

Para as datas das fases de desenvolvimento da cultura recorreu-se à metodologia da *AGDD*, recorrendo apenas aos dados da temperatura média diária do ano 2017.

**Quadro 5-Dados referentes à acumulação térmica-AGDD da parcela B (olival intensivo).**

Cultura	T base (C°) = T <sub>b</sub>	T máxima (C°) = T <sub>x</sub>
Olival int.	8,5 C° (Tanasijevic et al, 2014)	32 C° (Bonofiglio <i>et al.</i> ,2008).

Os coeficientes culturais do olival intensivo foram baseados na literatura (Orgaz e Fereres, 1997; Allen *et al.* 1998; Paço *et al.*, 2014; Valverde *et al.*, 2015), mas os quais foram reduzidos, dado que a fração coberta é menor do que as indicadas por Allen *et al.* (1998), e também pelo facto do método de rega ser a gota-a-gota. Deste modo, o fator de correção segundo a metodologia proposta por Raposo (1996); baseia-se na fração do solo coberta pela cultura de um olival intensivo a qual foi igualada a 28% (Santos, 2018). Assim, o fator de correção tomou o valor de 0.56. Este fator foi aplicado somente ao valor de  $K_{C\ mid}$  e  $K_{C\ end}$  uma vez que no período inicial a quase totalidade da quantidade de água fornecida à cultura é proveniente da precipitação, i.e., a fração molhada é de

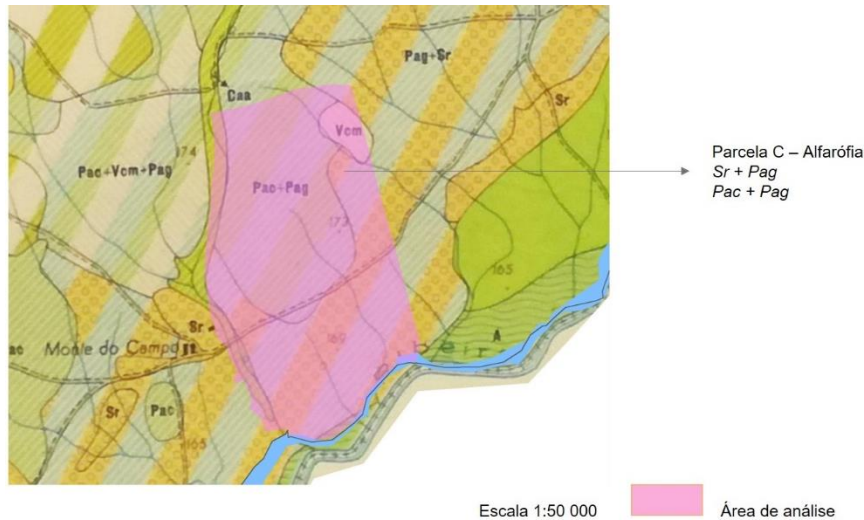
100%. O valor de  $K_{c\ ini}$  considerado foi de 0,60 (Allen *et al.*, 1998) e o  $K_{c\ mid}=0,40$  e o  $K_{c\ end}=0,40$ . A altura da cultura considera foi de 3,5 m. O fator de resposta da cultura ao stress hídrico  $K_y$  1,10 (Doorenbos e Kassam, 1979).

Os calendários de rega denominados observados foram baseados nos pedidos de todas as áreas regadas das parcelas da Nora d'Úveda e na uniformidade do sistema de rega com um coeficiente de uniformidade de 87.5%, que dado o seu sistema de rega considerou-se a qualidade da aplicação de água como boa.

Como no caso anterior, nas estratégias alternativas de rega considerou-se uma dotação fixa igual á média das dotações úteis observadas, i.e., um valor de 12 mm por evento de rega. A decisão de cessar a rega foi tomada com base no que foi observado nos calendários fornecidos pelo agricultor. Os limiares de gestão utilizados consideraram as fases do ciclo da cultura em que estas são mais suscetíveis ao stress hídrico (Doorenbos e Kassam, 1979; Steduto *et al.*, 2012), Os seguintes calendários e limiares foram considerados para o olival intensivo: (a) *Rega que visa* aplicar a quantidade de água necessária a suprir as necessidades da cultura (Max) -  $MAD = p$ ; (b) Rega deficitária ligeira ( $D_{Lig}$ ) -  $MAD = 1.20 p$ ;  $1.20 p$ ,  $1.01 p$ ;  $1.20 p$ , respetivamente para as fases inicial, de desenvolvimento, média e final do ciclo cultural; e (c) Rega deficitária moderada ( $D_{Mod}$ ) -  $MAD = 1.25 p$ ;  $1.25 p$ ,  $1.05 p$ ;  $1.25 p$  para as mesmas fases do ciclo.

### 3.2.6. Parcela C – Milho

A Parcela C, propriedade da Sociedade Agrícola da Herdade da Alfarófia, encontra-se no Concelho de Elvas, na freguesia de Caia e S. Pedro, a Sudeste de Elvas, acessível pela via municipal CM1109. Esta parcela é passível de ser identificada pelo marco geodésico denominado Monte do Campo e pela limitação da parcela a Sul, o rio Caia (Figura 22). Está afeta no PDM a uma área de RAN, a Sul por uma faixa de REN, e integra ainda áreas da rede Natura 2000. Assim como nos casos anteriores é considerada zona vulnerável a nitratos (DRAP Alentejo). A parcela dispõe de uma área regada de 168,075 ha. O declive da parcela varia entre 0% e 1%, e os solos possuem boas condições de drenagem. Para a área em estudo, apenas são considerados 58,33 ha de milho regada por uma rampa pivotante.



Sr – Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de "rañas" ou depósitos afins;  
Pag – Solos Mediterrâneos Pardos Para Solos Hidromórficos de arenito ou conglomerados argilosos;  
Pac – Solos Mediterrâneos Pardos de margas ou de calcários margosos;

**Figura 29- Classificação das manchas de solo, na parcela C. (Fonte: SROA, 1961).**

Como se pode verificar por análise da Figura 29 é possível identificar duas manchas de solo na parcela C, uma de Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de "rañas" ou depósitos afins e Solos Mediterrâneos Pardos Para Solos hidromórficos de arenito ou conglomerado argiloso ( $Sr+Pag$ ) e outra de Solos Mediterrâneos Pardos de Margas ou de Calcários margosos ( $Pac+Pag$ ).

A parcela C foi semeada com milho o híbrido *Diamite da Maisadour* de ciclo curto (FAO 200) para alimentação de pombos. A eleição deste tipo de milho ainda que menos produtivo, deve-se ao competitivo preço de mercado, de 220€ a tonelada. É de salientar que a escolha da mobilização na linha tem sido aplicada na parcela consecutivamente, bem como o uso de sementeira direta.

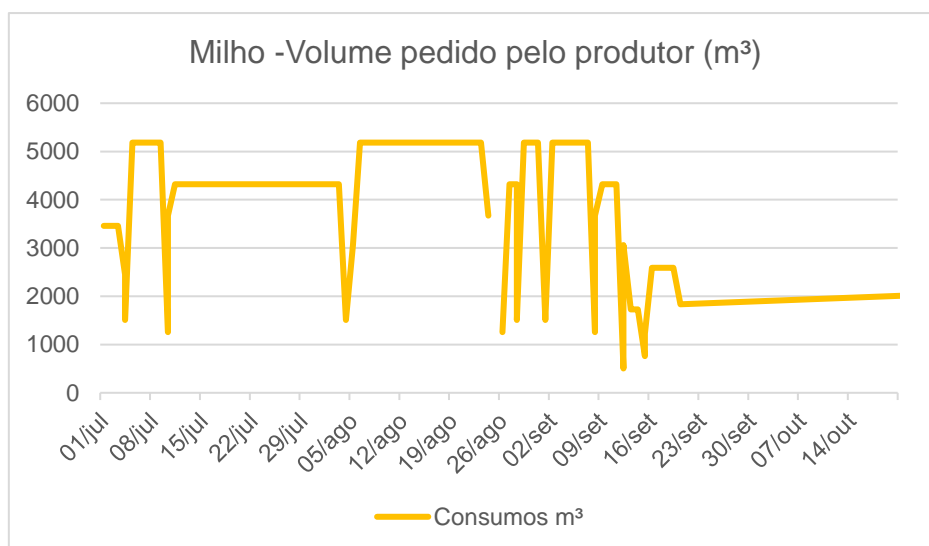
Relativamente à fertilização, a informação fornecida pelo agricultor foi de que a adubação azotada foi efetuada com aplicações fracionadas.

A cultura do milho é sensível ao stress hídrico a partir do início da fase de floração até ao final do enchimento do grão (estado pastoso do grão) (Paredes *et al.*, 2014, 2015). Este período coincide com o período intermédio como definido por Allen *et al.* (1998). Assim, se o stress hídrico for imposto durante o período de floração, leva a uma diminuição do número de grãos por espiga uma vez que a fecundação das flores é afetada. Se, no entanto, o stress ocorrer na

fase de enchimento do grão, vai afetar o peso médio dos grãos (Paredes *et al.*, 2014; Anpromis, 2017).

Uma adequada gestão e condução da rega permitem melhorar a eficiência da adubação azotada. Um adequado fornecimento de água promove a absorção do azoto proveniente da mineralização da matéria orgânica e dos fertilizantes (Anpromis,2017). Adicionalmente a adubação, nomeadamente a azotada, deve ter em consideração as características do solo e as quantidades nele existentes (Anpromis,2017). Esta adequada gestão torna-se crucial nesta parcela uma vez que se encontra localizada numa zona vulnerável.

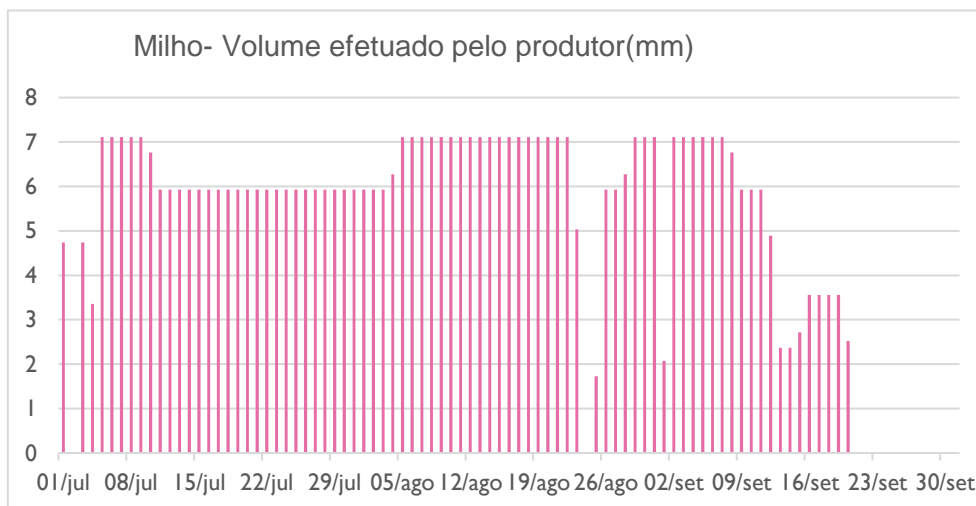
As necessidades de água na cultura do milho dependem maioritariamente das condições climáticas e a calendarização da rega deve ser efetuada de modo a valorizar ao máximo os recursos de água disponíveis (Pereira, 2004; Paredes *et al.*, 2015). Esta parcela tem aconselhamento na gestão da rega fornecido pela empresa Hidrosoph.



**Figura 30-Volume pedido à entidade da ABCaia, da Parcela C. (Fonte: A.B. Caia,2017).**

A Figura 30, é referente aos pedidos efetuados à entidade ABCaia, onde revela que os pedidos de água foram constantes a partir de julho. Recorreu-se ao empresário, para o fornecimento das dotações aplicadas no parcelário, onde foi possível constatar que os pedidos coincidiram com o calendário de rega efetuado. Assim, o total de água pedido pelo produtor foi de 352.152 m³ aplicados a uma área regada de 58,33 ha.

A Figura 31 apresenta o calendário de rega efetuado ao longo do ciclo cultural do milho. As regas iniciaram-se a 06 de junho e terminaram a 23 de setembro.



**Figura 31-Volumes efetuados na Parcela C, de julho a setembro no ano 2017. (Fonte: A.P.A.P, 2018).**

Por análise da Figura 31 verifica-se que inicialmente as dotações foram em menor quantidade, ocorrendo uma paragem de aplicação de água de rega no início de julho. Entre julho e agosto a quantidade de água aplicada aumentou e a rega passou a ser diária. Tal está de acordo com o aumento da procura climática e do desenvolvimento da cultura. A partir do mês de setembro a quantidade de água debitada é aproximadamente igual, foi decrescente até ser interrompida no dia 23 de setembro.

**Quadro 6-Consumos (quantidade de água de rega) e áreas da parcela C. (Fonte: A.B. Caia,2017).**

Cultura	Parcela
Milho	Alfarófia
Área total	172,75 ha (173 ha) – 1.727.500 m <sup>2</sup>
Área regada	58,33 ha – 580.000 m <sup>2</sup>
Solos	5,75 ha de 1ª Classe 33,15 ha de 2ª Classe 129,175 ha de 3ª Classe
Volume total	352.152 m <sup>3</sup>

O quadro 6 indica a classificação de solos da parcela e os volumes efetuados, resultando num pagamento real de 352.152 m<sup>3</sup> de água.

No que se refere ao sistema de rega, a parcela C está equipada com um sistema de rega por aspersão, rampa pivotante da marca *Zimmatic*, com um comprimento total de 440,95 m a regar uma superfície de 61,08 ha. Os emissores são tipo rotators 30Psi e o sistema de bombagem é *Caprari Mec AZRBH2/125A*. A Associação de Produtores Agrícolas de Precisão (APAP) é a entidade responsável pela monitorização e inspeção do equipamento de rega.

A eficiência do sistema de rega da parcela foi avaliada em 2015, tendo-se verificado que o sistema tinha um *CU* de 73% e uma baixa uniformidade de distribuição de 45,8% (*UD*). Esta baixa *UD* era devida ao entupimento de emissores. Após esta avaliação foram efetuadas correções. Assim, em 2017 o agricultor indicou que a *CU* era de 80%. Sendo uma rampa pivotante a qualidade da rega é classificada como média (Heerman e Hein, 1968; Keller and Blisner, 1990).

Para a parametrização do modelo WinISAREG para o caso da cultura da parcela C (Milho) utilizou-se a informação dos solos (Fig. 29) e respetivas características hidráulicas e texturais (Carvalho Cardoso, 1965).

A caracterização da cultura em termos de datas do ciclo foi efetuada com base na informação recolhida junto do produtor. A parcela com uma rampa pivotante começou a sementeira na área Este, no dia 22/05/2017 e terminou a 25/05/2017. A área Oeste foi semeada no período de 31/05 a 12/06. As datas de floração e ocorreram entre 10/08/2017 e 22/08/2017 e de colheita entre 20/09/2017 e 14/10/2017 respetivamente na área Este e Oeste. As datas das outras fases do ciclo cultural foram obtidas por acumulação térmica recorrendo aos valores de  $T_b$  e  $T_x$  apresentados no Quadro 7. Os valores de AGDD para as fases foram baseados nos dados para a cultura do milho de ciclo FAO 200 (Marton *et al.*, 2007).

### Quadro 7-Dados referentes à acumulação térmica cultural (AGDD) da parcela C.

Cultura	T base (C°) = T <sub>b</sub>	T cut-off (C°) = T <sub>x</sub>
milho	8C° (Steduto <i>et al.</i> ,2012).	30 C° (Steduto <i>et al.</i> ,2012).

Os valores dos coeficientes culturais foram baseados em estudos efetuados para a cultura do milho (Allen *et al.*, 1998; Rodrigues *et al.*, 2003; Paredes *et al.*, 2015; Valverde *et al.*, 2015), e ajustado às condições climáticas prevalentes em 2017, com  $K_{cini}=0,74$ ,  $K_{cmed}=1,27$  e  $K_{cend}=0,35$ . A altura média da cultura considerada foi de 2.7 m. Foi utilizado  $p=0,50$  e uma profundidade radicular máxima de  $Z_{max}=0.60$  m uma vez que são efetuadas regas frequentes e os solos são pouco profundos (Paredes *et al.*, 2015).

O valor de  $K_y$  foi retirado de FAO33 (Doorenbos e Kassam, 1979) considerando-se o valor de 1,25 como utilizado em outros estudos de milho (e.g. Paredes *et al.*, 2010).

Como referido anteriormente os calendários de rega basearam-se nos pedidos de 2017, na área regada e uniformidade do sistema de rega. Como nos casos anteriores, foram adicionalmente avaliadas estratégias de rega alternativas tomando-se uma dotação fixa igual a 10 mm, a qual é frequentemente utilizada em culturas regadas por rampas pivotantes. Os limiares de gestão utilizados consideraram as fases do ciclo da cultura anteriormente referidas, como sendo as mais suscetíveis ao stress hídrico (Paredes *et al.*, 2014) assim como em estudos económicos (Rodrigues *et al.*, 2013; Rodrigues e Pereira, 2009). Assim, os seguintes calendários e limiares foram considerados: (a) Rega que visa aplicar a quantidade de água necessária a suprir as necessidades da cultura (*Max*) -  $MAD = p$ ; (b) Rega deficitária ligeira ( $D_{Lig}$ ) -  $MAD = 1.20 p$ ;  $1.05 p$ ,  $1.01 p$ ;  $1.20 p$ , respetivamente para as fases inicial, de desenvolvimento, média e final do ciclo cultural; e (c) Rega deficitária moderada ( $D_{Mod}$ ) -  $MAD = 1.20 p$ ;  $1.20 p$ ,  $1.05 p$ ;  $1.30 p$  para as mesmas fases do ciclo.

#### 3.2.7. Parcela D – Olival superintenso

A parcela D não foi identificada na Fig. 22 devido à necessidade de manter a privacidade de dados desta empresa. Esta parcela encontra-se no Concelho

de Elvas, na freguesia de Ajuda, Salvador e Santo Ildefonso, posicionada a Sudeste de Elvas. Abrange três prédios cadastrais com 349,37 ha na sua totalidade, das quais estão afetadas a áreas de RAN e faixas de REN. A parcela faz parte da Rede Natura 2000. É igualmente uma parcela incluída em zona vulnerável a nitratos (DRAP Alentejo). No que respeita ao declive do terreno a área mais a Sul revela um declive muito ligeiro a variar entre 0% e 1% enquanto que a área mais a Norte apresentam declives a variar entre 1% e 3%. Estas parcelas são ainda consideradas como encostas. No que se refere às condições de drenagem estas são boas na área Sul enquanto que, as parcelas a Norte possuem condições de drenagem excessiva.

Segundo a classificação realizada pelo SROA (1961) esta parcela apresenta três manchas de solos às quais corresponde três subparcelas: 1) calcários vermelhos ou rochas cristalofílicas básicas de calcários associados a dioritos ou gabros (*Vc*"); 2) Solos calcários pardos de calcários não compactos associados a dioritos ou gabros ou rochas cristalofílicas básicas (*Cpv*); e 3) Aluviossolos Antigos de textura mediana (*At*). As características texturais e hidráulicas destas manchas de solos encontram-se descritas em Carvalho Cardoso (1965).

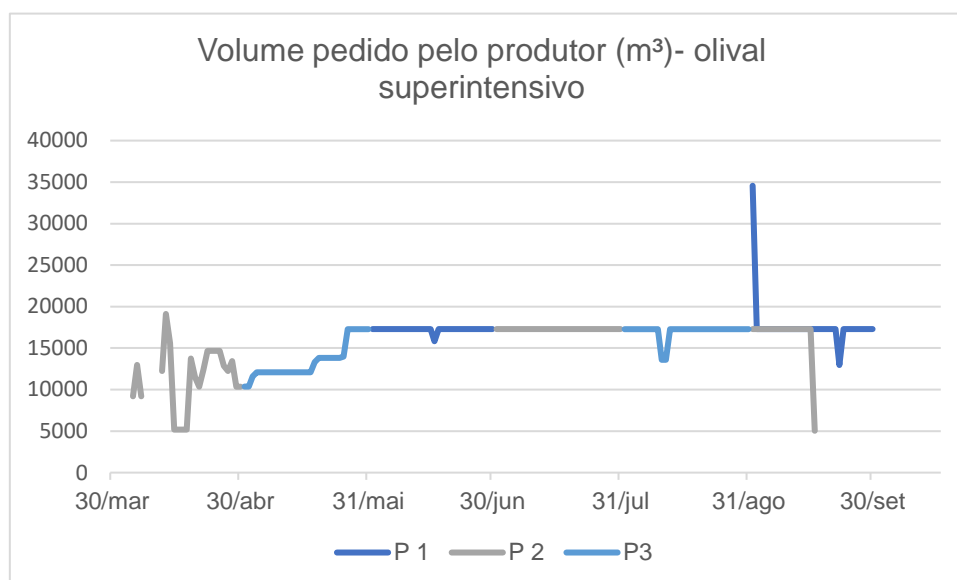
O olival superintensivo da variedade Arbequina apresenta uma densidade de plantação de 1975 plantas/ha, com árvores com 11 anos e com entrada em produção ao fim de 2 a 3 anos. A parcela possui um poço privado para fornecimento de água.

Este sistema intensivo de plantação propõe densidades de plantação que superam as 1.200 oliveiras por hectare, podendo mesmo chegar às 2.000, como o caso em análise. Apesar de exigir um investimento superior, possibilita uma entrada em produção mais precoce assim como uma produtividade acrescida por hectare (Grupo Sovena, c.p, 2017).

Como discutido por Barranco *et al.* (2017) o olival superintensivo veio possibilitar uma maior mecanização quer em termos de tratamentos fitossanitários como a poda, restringindo a poda manual a uma periodicidade de 3 em 3 anos. A colheita neste tipo de olival é integralmente mecanizada,

promovendo uma diminuição das necessidades de mão de obra assim como nos custos de colheita e produção.

Relativamente às produções, um olival superintensivo terá a primeira colheita no 3º ano após a plantação e pode atingir produções médias anuais na ordem dos 10.000 a 12.000 kg/ha a partir do 5º ano (Grupo Sovena, c.p, 2017).



**Figura 32-Volumes pedidos à ABCaia na parcela D. (Fonte: A.B. Caia,2017).**

Na Figura 32 identificamos os volumes pedidos à ABCaia para a parcela. Assim, de modo a melhorar as simulações, uma vez que se podem considerar várias subparcelas, foi necessário recorrer ao empresário para obter o fornecimento dos calendários realizados. É possível verificar que os horários estabelecidos pelo empresário foram maioritariamente em funcionamento contínuo (i.e., rega diária) com a mesma dotação diária aplicada (Fig. 32).



**Figura 33-Consumos efetuados na parcela D. (Fonte: anónimo, 2018).**

Por análise da Figura 33, é possível verificar que as regas iniciaram-se no dia 21 de março e terminaram a 30 de novembro. A quantidade de água aplicada foi aumentando gradualmente até ao final de junho. Entre meses de julho e setembro as dotações aplicadas foram quase constantes. Tendo-se verificado poucas interrupções na rega diária. No final do mês de outubro ocorreram dias sem rega tendo esta cessado no dia 21 de outubro.

**Quadro 8-Consumos (quantidade de água de rega) e áreas da Parcela D. (Fonte: A.B. Caia,2017).**

Cultura	Subparcelas			Totais
	P 1	P 2	P 3	
Olival Superintensivo				
Área total (ha)	16,3415 ha	197,93 ha	135,11 ha	349,38 ha
(m <sup>2</sup> )	160000 m <sup>2</sup>	1970000 m <sup>2</sup>	1350000 m <sup>2</sup>	3490000 m <sup>2</sup>
Volumes. totais pedidos na parcela	1.050.264 m <sup>3</sup>	1.064.916 m <sup>3</sup>	943.920 m <sup>3</sup>	3.059.100 m <sup>3</sup>
Volumes totais realizados				4 278 m <sup>3</sup>

O quadro 8 apresenta os pedidos de água efetuados por subparcela, definidas de acordo com as manchas de solo, os pedidos efetuados e a quantidade de água efetivamente aplicada ao olival pelo empresário.

No que se refere ao sistema de rega a parcela funciona com um sistema de rega localizada, por gota-a-gota, com 60 setores e 6 turnos, onde o espaçamento entre gotejadores é de 0,75 m. Segundo dados do produtor o coeficiente de uniformidade do sistema foi de 92,5% na campanha de 2017.

Na parametrização do modelo WinISAREG para o olival superintensivo baseou-se na introdução dos dados de solo, correspondentes a cada mancha de solo (subparcela). Como nos casos anteriores as datas das fases de desenvolvimento da cultura foram definidas utilizando a metodologia da acumulação térmica (Quadro 9) e dados da literatura (de Melo-Abreu *et al.*, 2004; Paço *et al.*, 2014).

**Quadro 9-Dados referentes á acumulação térmica (AGDD) da parcela D.**

Cultura	T base (C°) = T <sub>b</sub>	T cut-off (C°) = T <sub>x</sub>
Olival sup	8,5 C° (Tanasijevic et al, 2014)	32 C° (Bonofiglio <i>et al.</i> ,2008).

Os valores dos coeficientes culturais do olival superintensivo foram baseados em Allen *et al.* (1998) tendo sido ajustados, dado que a fração do solo coberta pela cultura é de aproximadamente 35% como observado por Paço *et al.* (2014) e Conceição *et al.* (2018), e também pelo facto do método de rega ser a gota-a-gota, ou seja, a fração do solo humedecida pela rega é de aproximadamente 23%. Deste modo, tomou-se um valor do fator de correção (KI) de 0.70 calculado segundo a metodologia proposta por Raposo (1996). Assim, os valores dos coeficientes culturais considerados foram de 0,60, 0,50 e 0,50 respetivamente para a fase inicial, intermédia e final. Um valor de 0,40 foi considerado para o limiar de água no solo sem causar stress, tendo o mesmo valor sido obtido por Paço *et al.* (2014) para um olival superintensivo da variedade Arbequina e por Santos (2018) para um olival superintensivo. A profundidade radicular máxima utilizada foi de  $Z_{max}= 1,1$  m restringida pela profundidade do solo e a altura média considerada foi de 3,5 m (Paço *et al.*, 2014).

Os calendários de rega denominados observados basearam-se na informação fornecida pelo produtor e no coeficiente de uniformidade do sistema de rega. As estratégias de rega alternativas, para o olival superintensivo consideraram uma dotação fixa igual a 13 mm. Os calendários e limiares considerados foram iguais aos estabelecidos para o olival intensivo uma vez que a diferença entre o olival intensivo e superintensivo se deve á densidade de plantação. Assim estabeleceu-se uma estratégia de rega que visa aplicar a

quantidade de água necessária a suprir as necessidades da cultura (Max) e duas estratégias de rega deficitária uma ligeira ( $D_{Lig}$ ) e outra moderada ( $D_{Mod}$ ).

### 3.3. Avaliação dos calendários praticados e propostas de alternativas

#### 3.3.1. Tomate

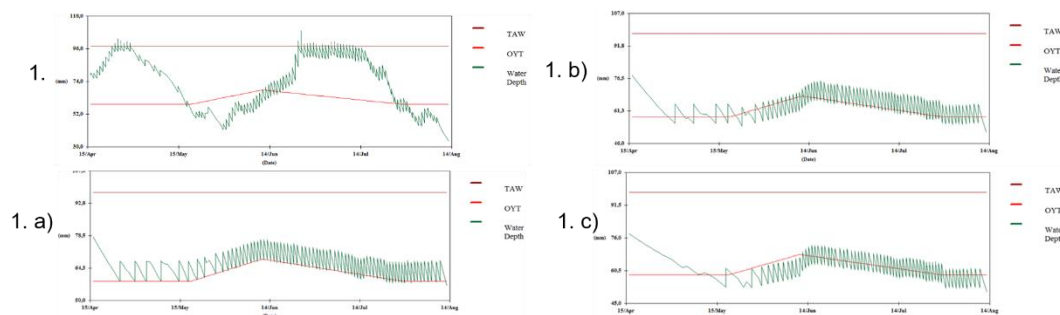
As primeiras aplicações do modelo WinISAREG tiveram como objetivo a avaliação dos calendários de rega praticados pelos agricultores. Para tal foram utilizados os dados anteriormente descritos incluindo os dados climáticos diários, as datas de desenvolvimento das culturas (Quadro 3) e os coeficientes culturais ( $K_{cini}=0,74$ ;  $K_{cmed}=1,27$  e  $K_{cend}=0,35$ ), os dados das diferentes manchas de solo identificadas (Seção 3.2.6, Figura 23), e as dotações de rega aplicadas.

**Quadro 10- Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário de rega praticado pelo agricultor na parcela A em 2017.**

Solo	Rega total (mm)	715
PAC+Pc	$\Delta ASW$ (mm)	51,2
	Precipitação (mm)	9
	Percolação (mm)	46
	$ET_{c act}$ (mm)	723
	$ET_c$ (mm)	744,4
	$RYL$ (%)	3
	PAC+PAG	Rega total (mm)
$\Delta ASW$ (mm)		33,88
Precipitação (mm)		9
Percolação (mm)		61
$ET_{c act}$ (mm)		703
$ET_c$ (mm)		744,9
$RYL$ (%)		6

$\Delta ASW$  – variação do armazenamento de água do solo;  $RYL$  – quebras potenciais de produção

O Quadro 10 apresenta os resultados das simulações do calendário de rega praticado pelo agricultor, para as duas manchas de solo identificadas. Verifica-se que a utilização de um calendário de rega semelhante em ambos os solos, leva a resultados distintos de perdas potenciais de produção. Tal fato deve-se a maiores usos não benéficos nomeadamente por percolação (46 mm vs. 61 mm) e conseqüentemente menores disponibilidades de água para a cultura e maiores perdas de produção.



**Figura 34-Dinâmicas da água do solo para a cultura do tomate relativas ao (I) Calendário de rega observado e às estratégias de rega (Ia) maximização da produção; (Ib) déficit ligeiro e (Ic) déficit moderado, com manchas de solo Pac+Pag, 2017 (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

Verifica-se adicionalmente, por análise da Figura 34, que apesar do elevado número de regas existiram períodos de stress hídrico. Os resultados mostram que o calendário de rega utilizado pelo produtor não é adequado às condições de água do solo: água aplicada em excesso, o conteúdo de água do solo é sempre mantido elevado, produzindo deste modo a percolação. Com o objetivo de minimizar a dotação total de rega a aplicar relativamente à observada, ou seja, diminuir o uso da água, controlando as perdas de produção e consequentemente os impactos no rendimento do agricultor, fossem pouco significativos foram avaliadas as estratégias de rega anteriormente descritas.

**Quadro 11-Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário alternativo para a parcela A, em 2017.**

Solo	Estratégia de rega	Rega total (mm)	$\Delta$ ASW (mm)	Percolação (mm)	$ET_{c\ act}$ (mm)	RYL (%)
<i>Pac-Pc</i>	Max	657	69,8	0	696	0
	D <sub>Lig</sub>	630	74,8	0	664	1,5
	D <sub>Mod</sub>	585	70,1	0	624	5
<i>Pac-Pag</i>	Max	657	56,5	0	687	0
	D <sub>Lig</sub>	621	51,2	0	657	1
	D <sub>Mod</sub>	567	50,5	0	603	4

$\Delta$ ASW – variação do armazenamento de água do solo; RYL – quebras potenciais de produção

Os calendários alternativos (Quadro 11) permitiram controlar a percolação profunda, diminuir a evaporação do solo devido ao elevado número de regas (98 regas vs 73), minimizar as perdas potenciais de produção, assim como, poupar água em 58 mm, ou seja, 9% em relação ao calendário efetuado pelo produtor. Assim, um calendário de rega ajustado ao clima-solo-cultura permite minimizar

os usos não benéficos, assim como, poupanças de água por controlo dos usos não benéficos.

### 3.3.2. Olival intensivo

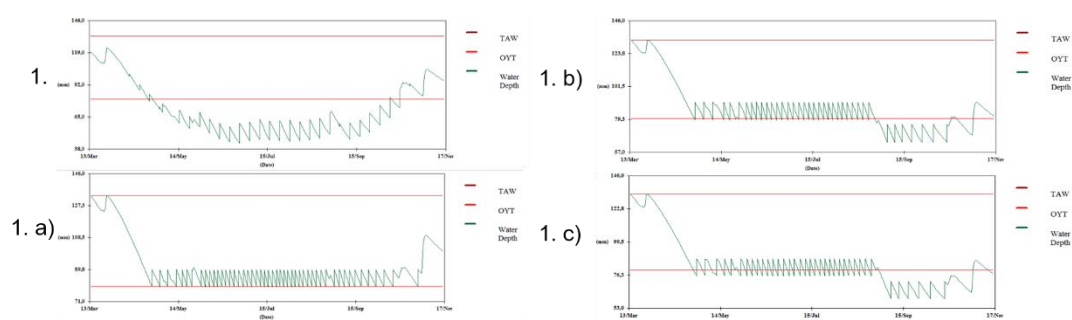
Para o olival intensivo a avaliação dos calendários de rega praticados pelos agricultores, foram utilizados os dados anteriormente descritos incluindo os dados climáticos diários, as datas de desenvolvimento das culturas (Quadro 5) e os coeficientes culturais (de  $K_c\ ini = 0,60$ ;  $K_c\ mid = 0,40$  e o  $K_c\ end = 0,40$ ), os dados das diferentes manchas de solo identificadas (Seção 3.2.5, Figura 25), e as dotações de rega aplicadas.

**Quadro 12-Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário de rega praticado pelo agricultor na parcela B em 2017.**

Solo <i>Pcg</i>	Rega total (mm)	358
	$\Delta ASW$ (mm)	103
	Precipitação (mm)	63
	Percolação (mm)	0
	$ET_{c\ act}$ (mm)	445
	$ET_c$ (mm)	582
	$RYL$ (%)	26
Solo <i>Aac</i>	Rega total (mm)	358
	$\Delta ASW$ (mm)	103
	Precipitação (mm)	63
	Percolação (mm)	0
	$ET_{c\ act}$ (mm)	453
	$ET_c$ (mm)	602
	$RYL$ (%)	27

$\Delta ASW$  – variação do armazenamento de água do solo;  $RYL$  – *quebras potenciais de produção*

O Quadro 12 apresenta os resultados das simulações do calendário de rega praticado pelo agricultor para as duas manchas de solo identificadas. O calendário de rega foi semelhante em ambos os solos, atingindo 27% de perdas de produção. As perdas de produção indicam um desajuste na calendarização da rega e conseqüentemente menores disponibilidades de água para a cultura.



**Figura 35-Dinâmicas da água do solo para a cultura do olival intensivo relativas ao (I) Calendário de rega observado e às estratégias de rega (Ia) maximização da produção; (Ib) défice ligeiro e (Ic) défice moderado, com manchas de solo *Pcg*, 2017 (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

Verifica-se com a análise da Figura 35, que a cultura sofreu um longo período de stress hídrico, provocando as perdas acentuadas na produção potencial. Os resultados indicam que o calendário de rega utilizado pelo produtor, não foi adequado às condições de água do solo: a água foi aplicada depois da fração da reserva facilmente utilizável (RAW), implicando as regas em défice hídrico. O reduzido número de regas efetuado, mais concretamente, 29 regas, levou a perdas de produção, que podem apontar para a tentativa de aportar qualidade ao produto. Com o objetivo de ajustar as dotações de rega a aplicar relativamente à observada, procedeu-se a avaliar diversas estratégias de rega anteriormente descritas (Quadro 13).

**Quadro 13-Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário alternativo para a parcela B, em 2017.**

Solo	Estratégia de rega	Rega total (mm)	$\Delta$ ASW (mm)	Percolação (mm)	$ET_{c act}$ (mm)	RYL (%)
<i>Pcg</i>	Max	657	69,8	0	696	0
	D <sub>Lig</sub>	630	74,8	0	664	1.5
	D <sub>Mod</sub>	585	70,1	0	624	5
<i>Aac</i>	Max	657	56,5	0	687	0
	D <sub>Lig</sub>	621	51,2	0	657	1
	D <sub>Mod</sub>	567	50,5	0	603	4

$\Delta$ ASW – variação do armazenamento de água do solo; RYL – quebras potenciais de produção

Os calendários alternativos permitiram ajustar as dotações de rega. Estes ajustes resultaram no aumento da quantidade de água aplicada e no aumento da evapotranspiração, no sentido de minimizar as perdas potenciais de

produção. Apesar de este aumento de produção, o ajuste não permitiu uma maior poupança de água em relação ao calendário efetuado pelo produtor.

### 3.3.3. Milho

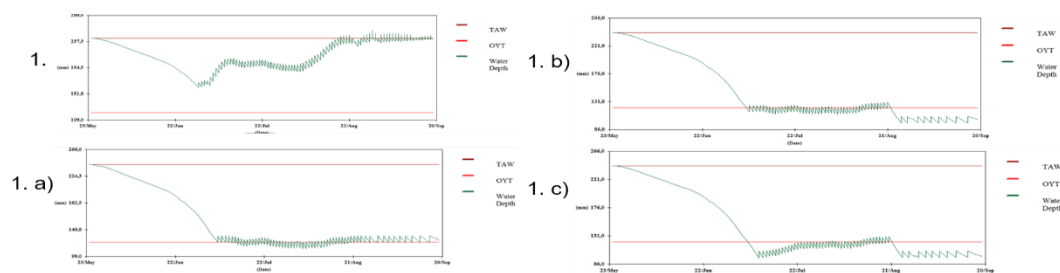
A avaliação dos calendários de rega no caso do milho aplicado pela produtora foi conforme os dados anteriormente descritos (secção 3.2.5), incluindo os dados climáticos diários, as datas de desenvolvimento das culturas (Quadro 7) e os coeficientes culturais ( $K_{cini}=0,74$ ,  $K_{cmed}=1,27$  e  $K_{cend}=0,35$ ), os dados das diferentes manchas de solo identificadas (Secção 3.2.5, Figura 29), e as dotações de rega aplicadas.

**Quadro 14- Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário de rega praticado pelo agricultor na parcela C em 2017.**

<i>Pac-Pag</i>	Rega total (mm)	861
	$\Delta ASW$ (mm)	241
	Precipitação (mm)	9
	Percolação (mm)	144
	$ET_{c act}$ (mm)	720
	$ET_c$ (mm)	720
	$RYL$ (%)	0
<i>Sr-Pag</i>	Rega total (mm)	861
	$\Delta ASW$ (mm)	164
	Precipitação (mm)	4
	Percolação (mm)	208
	$ET_{c act}$ (mm)	733
	$ET_c$ (mm)	733
	$RYL$ (%)	0

$\Delta ASW$  – variação do armazenamento de água do solo;  $RYL$  – *quebras potenciais de produção*

O Quadro 14 apresenta os resultados das simulações do calendário de rega praticado pela agricultora para as duas manchas de solo identificadas. A calendarização foi consoante as manchas de solos, conforme anteriormente descrito (secção 3.2.6), os valores da precipitação também foram variáveis com as manchas de solo, dado que a área Este, onde se verificam as manchas de solo *Pac+Pag*, foram semeadas antes da área Oeste, resultando em acumulações de precipitações diferentes. A aplicação de diferentes calendários de rega proporcionou a não ocorrência de perdas de produção, em contrapartida revela algumas perdas por percolação (144mm vs. 208mm), mais significativas na área a Oeste, resultando em usos não benéficos.



**Figura 36-Dinâmicas da água do solo para a cultura do milho relativas ao (I) Calendário de rega observado e às estratégias de rega (Ia) maximização da produção; (Ib) déficit ligeiro e (Ic) déficit moderado, com manchas de solo Pac+Pag, 2017 (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

O elevado número de regas, mais concretamente 82 momentos de rega, promoveu períodos de percolação (Figura 36). Os resultados mostram que o calendário de rega utilizado pelo produtor não é adequado às condições de água do solo: água aplicada em excesso, o conteúdo de água do solo é sempre mantido em determinado momento, levando a perdas de água por percolação. Na tentativa de minimizar a dotação total de rega a aplicar relativamente à observada, ou seja, diminuir o uso da água, controlando as perdas de produção e conseqüentemente, os impactos no rendimento do agricultor, foram avaliadas diversas estratégias de rega anteriormente descritas.

**Quadro 15-Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário alternativo para a parcela C, em 2017.**

Solo	Estratégia de rega	Rega total (mm)	$\Delta ASW$ (mm)	Percolação (mm)	$ET_{c act}$ (mm)	$RYL$ (%)
<i>Pac-Pag</i>	Max	590	124,8	0	713	3,3
	D <sub>Lig</sub>	540	101,9	0	685,8	3,3
	D <sub>Mod</sub>	510	98,3	0	659,4	3,3
<i>Sr-Pag</i>	Max	540	128,2	0	687	0,2
	D <sub>Lig</sub>	480	96,1	0	657	5,5
	D <sub>Mod</sub>	470	101	0	603	8,3

$\Delta ASW$  – variação do armazenamento de água do solo;  $RYL$  – quebras potenciais de produção

Verifica-se que os calendários alternativos (Quadro 15) permitiram controlar a percolação profunda, diminuir a evaporação do solo devido ao elevado número de regas (82 regas), minimizar as perdas potenciais de produção, assim como, poupar água entre (125 mm e 175mm), em relação ao calendário efetuado pelo produtor. Assim, o calendário de rega ajustado ao clima-solo-cultura permitiu

minimizar os usos não benéficos, como a poupança de água e aumento de produtividade.

### 3.3.4. Olival superintensivo

Na análise do olival superintensivo a avaliação dos calendários de rega praticados pelos agricultores, foram utilizados os dados anteriormente descritos incluindo os dados climáticos diários, as datas de desenvolvimento das culturas (Quadro 9) e os coeficientes culturais (de 0,60, 0,50 e 0,50), os dados das diferentes manchas de solo identificadas (Seção 3.2.7), e as dotações de rega aplicadas (28 momentos de rega).

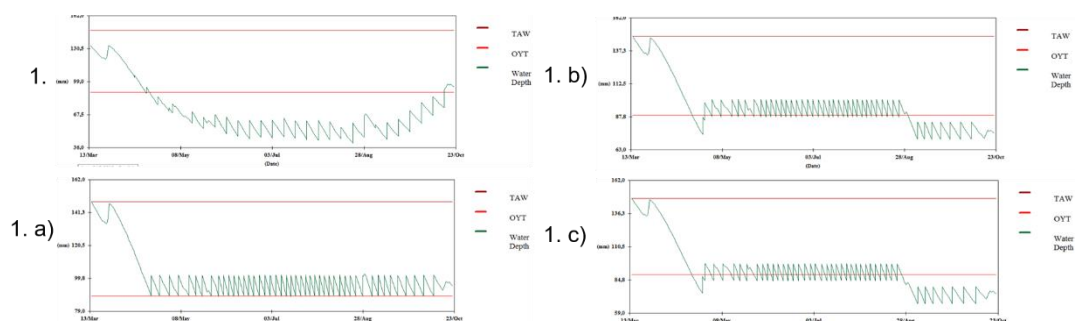
**Quadro 16-Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário de rega praticado pelo agricultor na parcela D em 2017.**

<i>Solo At</i>	Rega total (mm)	391
	$\Delta$ ASW (mm)	94
	Precipitação (mm)	39
	Percolação (mm)	0
	$ET_{c\ act}$ (mm)	469
	$ET_c$ (mm)	685
	RYL (%)	35
<i>Solo Cpv</i>	Rega total (mm)	391
	$\Delta$ ASW (mm)	126
	Precipitação (mm)	39
	Percolação (mm)	0
	$ET_{c\ act}$ (mm)	509
	$ET_c$ (mm)	704
	RYL (%)	30
<i>Solo Vc</i>	Rega total (mm)	391
	$\Delta$ ASW (mm)	83
	Precipitação (mm)	39
	Percolação (mm)	0
	$ET_{c\ act}$ (mm)	457
	$ET_c$ (mm)	675
	RYL (%)	36

$\Delta$ ASW – variação do armazenamento de água do solo; RYL – quebras potenciais de produção

O Quadro 16 apresenta os resultados das simulações do calendário de rega praticado pelo agricultor para as três manchas de solo identificadas. Verifica-se que a utilização de um calendário de rega semelhante em ambos os

solos, leva a resultados distintos de perdas potenciais de produção. Tal fato deve-se a maiores usos não benéficos e conseqüentemente menores disponibilidades de água para a cultura.



**Figura 37-Dinâmicas da água do solo para a cultura do olival superintensivo relativas ao (I) Calendário de rega observado e às estratégias de rega (Ia) maximização da produção; (Ib) déficit ligeiro e (Ic) déficit moderado, com manchas de solo  $C_{pv}$ , 2017 (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

Esta parcela apresentou stress hídrico desde os princípios de maio até outubro, provocando as perdas acentuadas na produção (Figura 37). Os resultados indicam que o calendário de rega utilizado pelo produtor, não seria adequado às condições de água do solo: a água foi aplicada depois da fração da reserva facilmente utilizável (RAW), implicando regas em déficit hídrico. O reduzido número de regas efetuado, levou a perdas de produção, que podem apontar para a tentativa de aportar qualidade ao produto. Com o objetivo de ajustar as dotações de rega a aplicar relativamente à observada, procedeu-se a avaliar diversas estratégias de rega anteriormente descritas (Quadro 17).

**Quadro 17-Resultados da simulação do modelo WinISAREG do calendário alternativo para a parcela D, em 2017.**

Solo	Estratégia de rega	Rega total (mm)	$\Delta ASW$ (mm)	Percolação (mm)	$ET_{c act}$ (mm)	RYL (%)
At	Max	598	94,7	0	690	0
	D <sub>Lig</sub>	559	129	0	670,2	3,1
	D <sub>Mod</sub>	546	106,2	0	658,7	5
C <sub>pv</sub>	Max	585	142,6	0	709	0
	D <sub>Lig</sub>	546	123,7	0	689,3	3
	D <sub>Mod</sub>	520	110,5	0	676,5	5,1
Vc	Max	598	128,2	0	677	0
	D <sub>Lig</sub>	572	71	0	659,7	2,8
	D <sub>Mod</sub>	559	69,5	0	648,2	4,6

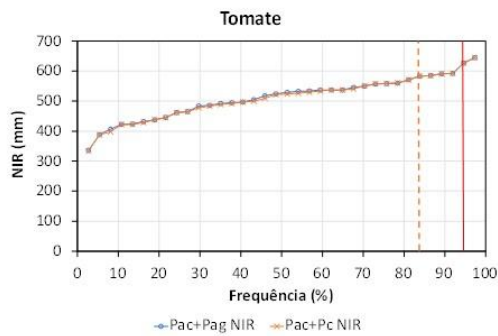
$\Delta ASW$  – variação do armazenamento de água do solo; RYL – quebras potenciais de produção

Os calendários alternativos permitiram ajustar as dotações de rega (Quadro 17). Estes ajustes resultaram no aumento da quantidade de água aplicada e no aumento da evapotranspiração, no sentido de minimizar as perdas potenciais de produção. Apesar de este aumento de produção, o ajuste não permitiu uma maior poupança de água em relação ao calendário efetuado pelo produtor.

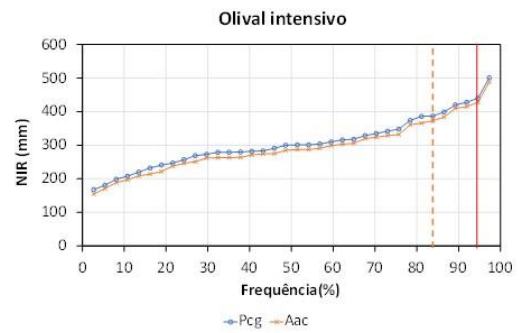
#### 3.4. Simulação de calendários de rega alternativos em condições de seca

A simulação da rega foi efetuada tendo sido testadas e avaliadas as estratégias de rega anteriormente descritas (Subsecção 3.3.1 a 3.3.4) para condições de carência hídrica tomando em consideração os dois níveis de procura climática, forte e muito forte a que corresponde um ano de seca severa e extrema. Estes níveis estão diretamente relacionados com as reservas de água do solo e com as necessidades de rega da cultura.

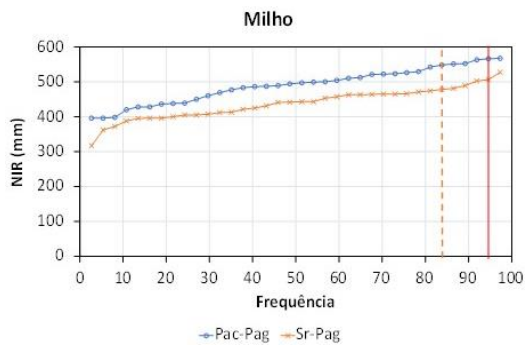
De modo a identificar os anos em que os referidos níveis de procura climática ocorreram, utilizou-se uma série longa de dados climáticos (1965-2000) e aplicou-se o modelo WinISAREG às diferentes combinações cultura – solo a serem estudadas, tendo-se calculado as necessidades líquidas de rega (NIR). O modelo realiza o balanço hídrico para todos os anos da série de dados meteorológicos disponíveis e, determina uma nova série referente às necessidades de rega à qual associa uma frequência de ocorrência. A esta série é ajustável uma função de distribuição normal, o que permite estimar as necessidades de rega para o ano seco (à qual corresponde a uma probabilidade de ser excedida de 20%) e para o ano muito seco (à qual corresponde uma probabilidade de ser excedida de 5%).



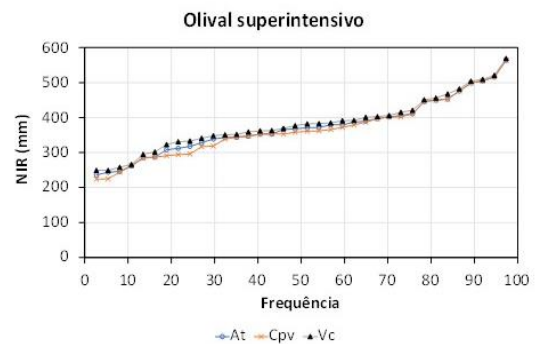
a)



b)



c)



d)

**Figura 38-Necessidades líquidas de rega(NIR, mm) das culturas do a) tomate; b)olival intensivo; c)milho; d)olival superintensivo, identificando-se as condições de seca severa e extrema.**

A Figura 38 apresenta as séries de NIR para cada cultura estudada assinalando-se as condições correspondentes àqueles dois níveis de procura climática. Verifica-se que para todos os casos as diferenças de NIR para as manchas de solo identificadas em cada parcela são relativamente semelhantes, com exceção do caso do milho (parcela C). Este estudo permite aferir a importância da rega de precisão, a qual toma em consideração a variabilidade espacial do solo.

**Quadro 18-Condições para os níveis de procura climática severa e extrema para as culturas selecionadas.**

Condição de procura climática	Cultura	Solo	Precip. total (mm)	$ET_c$ (mm)	Necessidades de rega (mm)			
Seca severa	Tomate	<i>Pac-Pc</i>	62	622	561			
		<i>Pac-Pag</i>						
	Olival intensivo	<i>Pcg</i>	244	501	374			
		<i>Aac</i>				488	361	
	Milho	<i>Pac-Pag</i>	24	568	526			
		<i>Sr-Pag</i>				53	497	431
	Olival superintensivo	<i>At</i>	134	490	411			
						<i>Cpv</i>	490	411
						<i>Vc</i>	494	415
	Seca extrema	Tomate	<i>Pac-Pc</i>	11	637	627		
<i>Pac-Pag</i>								
Olival intensivo		<i>Pcg</i>	287	492	440			
		<i>Aac</i>				480	428	
Milho		<i>Pac-Pag</i>	10	601	567			
		<i>Sr-Pag</i>				1	551	527
Olival superintensivo		<i>At</i>	236	559	516			
						<i>Cpv</i>	559	516
						<i>Vc</i>	564	521

Por análise do Quadro 18 podemos identificar quais as culturas com maiores necessidades hídricas em condições de seca severa e extrema. A cultura assinalada com maiores necessidades hídricas foi o tomate, seguindo-se o milho e por último, o olival. Os resultados obtidos serviram de bons exemplos de diversificação de comportamento de cada cultura em condições climáticas extremas. Adicionalmente verifica-se que o ano de 2017 teve condições de procura climática superiores ao ano de seca extrema, ou seja, situando-se em termos de frequência nos últimos 5% da série de dados utilizados. Esta situação explica e justifica as limitadas disponibilidades de água na barragem que ocorreram no final da campanha. A limitação de áreas de culturas anuais exigentes em água deve ser tomada em consideração pela AB Caia e seus associados, de modo a precaver situações semelhantes no futuro.

Numa perspetiva de convívio com a escassez de água, as estratégias definidas para o ano de 2017, ou seja,  $Max$ ,  $D_{Lig}$  e  $D_{Mod}$ , as últimas com os limiares de stress hídrico anteriormente definidos (Subsecção 3.2.2 a 3.2.7), foram avaliadas para as condições de seca severa e extrema (Quadros 19 a 22).

**Quadro 19-Resultados das simulações das diferentes estratégias de rega para a cultura do tomate em condições de seca severa e extrema, parcela A.**

Procura climática	Estratégia de rega	Solo	Rega total (mm)	$ET_{c act}$ (mm)	RYL (%)
Seca severa	Max	<i>Pac-Pc</i>	558	643,3	0
		<i>Pac-Pag</i>	567	645,2	0
	D <sub>Lig</sub>	<i>Pac-Pc</i>	549	635,5	1,3
		<i>Pac-Pag</i>	549	631,8	1
	D <sub>Mod</sub>	<i>Pac-Pc</i>	504	602,4	4,6
		<i>Pac-Pag</i>	522	607,9	3,6
Seca extrema	Max	<i>Pac-Pc</i>	567	602,8	0
		<i>Pac-Pag</i>	567	595,9	0
	D <sub>Lig</sub>	<i>Pac-Pc</i>	531	574,1	1,5
		<i>Pac-Pag</i>	531	567,1	1,1
	D <sub>Mod</sub>	<i>Pac-Pc</i>	495	535,4	4,5
		<i>Pac-Pag</i>	486	518,5	3,5

Max – calendário de rega que visa aplicar a quantidade de água necessária a suprir as necessidades da cultura; D<sub>Lig</sub> – calendário de rega deficitária ligeira; D<sub>Mod</sub> - calendário de rega deficitária moderada; RYL - quebras potenciais de produção.

Assim, pela análise das simulações constantes no Quadro 19, verifica-se que, em condições de seca severa, a cultura do tomate requer cerca de 558 mm de água, correspondendo a 62 regas, para ser gerida sem carência hídrica. Numa mesma ótica de gestão, em condições de seca extrema as necessidades da cultura aumentam para 567 mm de água. Em ambos os casos as dotações são muito inferiores às dotações totais aplicadas no ano de 2017. Para as mesmas condições de seca severa e extrema, mas no caso da aplicação das estratégias de rega deficitária verifica-se uma poupança de água máxima de 16% da água relativamente à estratégia Max, com perdas de produção máximas de aproximadamente 5%. Existe a necessidade de um estudo económico que suporte a decisão de poupança de água, em relação às perdas de rendimento dos agricultores.

O olival intensivo apresenta necessidades de rega em condições de confronto hídrico aproximadamente de 276 mm e 336 mm respetivamente em condições de seca severa e extrema (Quadro 20). Numa perspetiva de poupança de água e de minimização das perdas de produção (D<sub>Lig</sub>) as poupanças de água em relação ao calendário Max, seriam de 5% a 14% respetivamente em condições de seca severa e extrema. Se o objetivo for o de aumento da poupança de água, os calendários D<sub>Mod</sub> devem ser selecionados (Quadro 20). No entanto, estes calendários resultam num decréscimo mais acentuado na

produção total (24%) não podendo ser avaliado em termos da qualidade do azeite produzido.

**Quadro 20-Resultados das simulações das diferentes estratégias de rega para o olival intensivo em condições de seca severa e extrema, parcela B.**

Procura climática	Estratégia de rega	Solo	Rega total (mm)	ET <sub>c act</sub> (mm)	RYL (%)
Seca severa	Max	Pcg	276	438,7	0
		Aac	300	470	0
	DLig	Pcg	264	434,6	1
		Aac	276	465,1	1,1
	DMod	Pcg	252	429,9	2,2
		Aac	264	462,2	1,8
Seca extrema	Max	Pcg	324	422,8	0
		Aac	336	445,3	0
	DLig	Pcg	300	417,2	1,5
		Aac	312	438,6	1,7
	DMod	Pcg	300	411,4	3
		Aac	312	435	2,6

Max – calendário de rega que visa aplicar a quantidade de água necessária a suprir as necessidades da cultura; DLig – calendário de rega deficitária ligeira; DMod - calendário de rega deficitária moderada; RYL - quebras potenciais de produção

**Quadro 21-Resultados das simulações das diferentes estratégias de rega para a cultura do milho em condições de seca severa e extrema, parcela C.**

Procura climática	Estratégia de rega	Solo	Rega total (mm)	ET <sub>c act</sub> (mm)	RYL (%)
Seca severa	Max	Pac-Pag	400	535,8	0
		Sr-Pag	340	494,4	0
	DLig	Pac-Pag	360	519,5	3,8
		Sr-Pag	300	480,7	3,5
	DMod	Pac-Pag	360	519,5	3,8
		Sr-Pag	300	480,7	3,5
Seca extrema	Max	Pac-Pag	490	620	0
		Sr-Pag	430	551,4	0
	DLig	Pac-Pag	450	597,3	4,6
		Sr-Pag	390	533,5	4,1
	DMod	Pac-Pag	430	583,5	7,4
		Sr-Pag	390	533,7	4

Max – calendário de rega que visa aplicar a quantidade de água necessária a suprir as necessidades da cultura; DLig – calendário de rega deficitária ligeira; DMod - calendário de rega deficitária moderada; RYL - quebras potenciais de produção.

Os calendários em conforto hídrico (Max) para a cultura do milho (Quadro 21) e em condições de seca severa, apresentam necessidades de rega distinta de acordo com o tipo de solo, variando entre 340 mm e os 400 mm. Estas necessidades de rega decrescem, selecionando o calendário DLig, para 300 mm e 360 mm, ou seja, uma poupança de 11% e 13% relativamente à alternativa Max,

mas com perdas de produção aproximadamente de 4%. O calendário D<sub>Mod</sub> não apresenta alterações em termos de poupança de água ou de perdas de produção.

Em condições de seca extrema as necessidades de rega em conforto hídrico aumentam para 430 mm e 490 mm em função do tipo de solo. Selecionando um calendário de rega deficitária controlada poder-se-á poupar 14% da água aplicada no calendário Max, mas com perdas máximas de produção de aproximadamente 7%. Como nos casos anteriores seria necessária uma análise económica que permitisse apoiar a decisão do agricultor, assim como a utilização de serviços de gestão da rega em tempo real.

**Quadro 22-Resultados das simulações das diferentes estratégias de rega para o olival superintensivo em condições de seca severa e extrema, parcela D.**

Procura climática	Estratégia de rega	Solo	Rega total (mm)	ET <sub>c act</sub> (mm)	RYL (%)
Seca severa	Max	At	325	459,1	0
		Cpv	312	480,4	0
		Vc	325	447,9	0
	D <sub>Lig</sub>	At	299	450,9	2
		Cpv	286	470,8	2,2
		Vc	299	440,2	1,9
	D <sub>Mod</sub>	At	286	443,8	3,7
		Cpv	260	463,1	4
		Vc	299	433,6	3,5
Seca extrema	Max	At	429	517,7	0
		Cpv	416	541,4	0
		Vc	429	507	0
	D <sub>Lig</sub>	At	403	510,3	1,6
		Cpv	377	533,7	1,6
		Vc	403	500,2	1,5
	D <sub>Mod</sub>	At	390	503,6	3
		Cpv	364	525,9	3,2
		Vc	390	493,7	2,9

Max – calendário de rega que visa aplicar a quantidade de água necessária a suprir as necessidades da cultura; D<sub>Lig</sub> – calendário de rega deficitária ligeira; D<sub>Mod</sub> - calendário de rega deficitária moderada; RYL - quebras potenciais de produção

Analisando os resultados para o olival superintensivo (Quadro 22) verifica-se que as necessidades de água para obtenção da máxima produção (Max) em condições de seca severa e extrema variam com o tipo de solo respetivamente entre 312 mm e 325 mm e entre 416 e 429 mm. Se a opção for a de poupança de água esta poderia ser no máximo de 20% e de 14% respetivamente em condições de seca severa e extrema. Nestas condições as perdas potenciais de produção não ultrapassariam os 4%.

## 4. Análise Crítica e Propostas de Melhoria

### 4.1. Análise crítica

#### 4.1.1. Necessidade de diminuição das perdas ao longo da rede

Ao nível do Aproveitamento Hidroagrícola do Caia a gestão de água realizada pela ABCaia, indica elevadas perdas ao longo da rede de distribuição. Não foi possível obter dados das perdas reais de cada canal de distribuição devido à falta de sondas no sistema, apenas foi possível criar uma estimativa das quantidades totais de perdas de água sofridas ao longo da totalidade da rede.

**Quadro 23-Volumes e percentagens referentes à campanha de rega 2017. (Fonte: A. B. Caia,2017).**

Anos	Água saída da Barragem(m³)		Água fornecida			Água não aproveitada (a)		
	Água saída	Média	(m³)	%	Média	(m³)	%	Média
2000	36.920,0	46064,8	27.881,1	75,5	30.476,5	11.134,7	30,2	15.688,7
2005	46.290,0	46460,1	29.005,0	62,7	30.209,1	17.284,9	37,3	16.337,8
2010	40.569,0	45698,4	24.204,6	59,7	29.583,2	16.364,4	40,3	16.191,7
2015	51.503,0	46.078,2	39.297,8	76,3	30.348,3	12.205,2	23,7	9.297,3
2016	48.718,0	46.133,2	38.607,6	79,5	30.520,4	10.110,4	20,8	9.459,9
<b>2017</b>	<b>54.204,0</b>	<b>46.298,0</b>	<b>43.015,0</b>	<b>79,4</b>	<b>30.775,0</b>	<b>11.189,0</b>	<b>20,6</b>	<b>9.748,0</b>

a) eliminada a evaporação da Barragem considerando evaporação na rede e perdas nos nove terminais

Desde o ano 2000 até ao ano 2011, a média da percentagem de perdas de água foi de aproximadamente 39%(Quadro 23). Nos últimos cinco anos essas perdas diminuíram para aproximadamente 20%. Para tal muito contribuiu a melhoria na rede de distribuição com o revestimento dos canais, a instalação dos reservatórios intercalares e do reservatório do bloco 8.2. Atualmente as perdas situa-se nos 21%, revelando que a aplicação de medidas racionalizadoras de água devem continuar a ser implementadas.

#### 4.1.2. Uso racional de água no Aproveitamento Hidroagrícola

De modo a colmatar certas insuficiências de materiais resultantes da sua exposição aos elementos naturais, assim como decorrentes da sua elevada utilização o projeto de “melhoria das condições de Segurança da Barragem do Caia” deve ser executado. A gestão do sistema de distribuição, deve ser melhorada com a inclusão de sondas que permitem aferir a estanquicidade e monitorização da rede, a verificação e vedação das comportas de fundo e superfície da barragem, manutenção e reavaliação dos quadros elétricos das componentes mecânicas, iluminação adequada na barragem. Em termos de segurança e gestão será necessário a aprovação de obras nomeadamente a inclusão de sondas de leitura reais da quantidade de água existente, da água que entra e saí da Albufeira. O estudo realizado engloba também elementos indicativos da necessidade de substituição das comportas de fundo e de superfície.

A mini-hídrica iniciou a produção de energia logo após a sua inauguração. Esta tem sido objeto de ações de manutenção e de conservação de todo o equipamento que a constitui, permitindo aumentar a sua durabilidade, mas não evitando o desgaste intrínseco de peças devido ao seu intenso uso. A manutenção tem focado essencialmente o cerne do equipamento nomeadamente as revisões do alternador, da turbina e do transformador os quais são peças essenciais deste conjunto que caso não sejam adequadamente mantidos podem levar ao decréscimo do rendimento na produção de energia.

Nos Aproveitamentos Hidroagrícolas, a gestão e operação dos sistemas de transporte e distribuição de água em canal aberto condiciona, por si só, a qualidade do serviço prestado aos utentes, a eficiência no uso da água ao nível da parcela e bacia hidrográfica, e os impactos da rega ao nível da parcela e da bacia hidrográfica. A operação do sistema exige, habitualmente, a mobilização de muitos recursos incluindo os humanos, de transporte, de hardware e de software.

Estes recursos têm de ser mobilizados de modo eficiente, de forma a responder adequadamente às necessidades de caudais e/ou alturas de água previsíveis e aleatórias do sistema hidráulico.

Os canais tradicionais são, de um modo geral, manuseados manualmente e apresentam baixa qualidade e eficiência em termos de distribuição de água, o que se reflete na produção ao nível da parcela. Assim, a gestão diária deste tipo de canais é muito difícil nomeadamente por causa das restrições quer técnicas como de funcionamento (riscos de galgamento, estabilidade das bermas) (Rijo & Inácio,2014).

A entrada de água no Canal de Campo Maior é atualmente automatizada sendo que, no entanto, a do Canal de Elvas não é totalmente controlada. O sifão pode atuar por tempo indeterminado dada a ausência de controlo, levando a que fortes descargas de água se podem perder. Urge existir algum elemento que controle estas perdas de água.

Como anteriormente referido os canais são controlados utilizando as comportas tipo AMIL/AMP e permitem impor a altura a montante correspondente à cota de assentamento do seu eixo (Rijo *et al.*, 2016). Este tipo de controlo deve ser complementado por um controlo manual dos caudais à cabeça de todos os canais. Este tipo de operação torna a gestão complexa, inflexível e exigente em mão de obra e, eventualmente, em energia. Assim, qualquer desfasamento entre os caudais distribuídos e os caudais admitidos pode originar quer caudais insuficientes nas tomadas de água, sobretudo nos trechos de canal mais a jusante, como caudais em excesso no interior dos canais. Os caudais insuficientes acarretam prejuízos nas culturas de regadio e adicionalmente uma insatisfação por parte dos utentes. Em oposição os caudais em excesso levam a perdas de água para os sistemas de drenagem ao longo dos canais ou para as secções terminais dos canais (Rijo *et al.*, 2016).

O sistema de comportas aplica-se em toda a rede de distribuição deste perímetro, o que por si acarreta custos elevados em mão de obra, por parte da Associação. A distribuição em canal aberto tem propensão para a proliferação de algas as quais são responsáveis por entupimentos e mau funcionamento das comportas, mesmo que possam ser parcialmente controladas com a utilização de limpa grelhas. Os limpa grelhas podem ser acionados por telegestão. Em outras ocasiões, os maus funcionamentos das comportas podem acarretar perdas por galgamento de água em determinados troços da rede.

Como referido anteriormente o perímetro é telegestionado mas há ainda a necessidade de estender a rede no caso do distribuidor de Fronteira e do distribuidor da Comenda do Canal de Elvas. Pretende-se deste modo efetuar a monitorização e o controlo remoto em tempo real, de toda a rede de distribuição. A utilização deste tipo de gestão assegura o controlo de equipamentos como os limpa grelhas, ou o sistema de comportas. Adicionalmente permite a recolha de informação em tempo real sobre parâmetros do funcionamento de todas as infraestruturas geograficamente distribuídas no perímetro. Assim, a telegestão permite dar resposta e apoio à decisão e gestão da água em tempo real, assim como determinar uma ação imediata em caso de anomalias.

A rede SIGIMAP, é uma ferramenta que deve ser utilizada de acordo com os interesses dos empresários agrícolas. É uma ferramenta de apoio à gestão dinâmica, uma vez que permite atualizações de informação nomeadamente a vinculada pelos utentes e atualizada em cada alteração que o empresário pretenda realizar. No entanto, este tipo de ferramenta só funcionará com a colaboração dos empresários agrícolas, e se estes adotarem métodos e tecnologias inovadoras.

A ABCaia como organismo de gestão, até ao presente ainda não prestou nenhum serviço de apoio à utilização desta ferramenta, nem lançou dados no sistema de rede SIGIMAP. Tal é indicativo que os empresários agrícolas ainda não mostraram interesse na utilização desta ferramenta. É assim necessário que existam mais ações de divulgação e informação, que estimulem a utilização desta ferramenta.

O aumento das áreas precárias não está previsto neste Aproveitamento, uma vez que nos últimos anos tem ocorrido escassez de água, associada às condições de seca e a uma gestão da água ao nível da parcela pouco adequada.

Verifica-se, no entanto, uma evolução positiva em termos de sistemas de produção sendo que algumas culturas anuais, como o melão e girassol, têm sido substituídas por perenes nomeadamente o olival, e pomares de fruteiras como as maceiras, as pereiras, os pêssegos e atualmente o aumento do amendoal. É de referir que estas últimas culturas são para os agricultores, a garantia de estabilidade nas infraestruturas existentes e de comercialização, mas que

requerem uma adequada distribuição de água, uma vez que os agricultores não podem mudar para culturas menos exigentes em termos de água. As hortícolas, como o tomate e alhos, batatas, brócolos também experienciaram um crescimento.

Em termos de produção um sistema produtivo com cereal em outono/inverno e silagem de primavera/verão é o que garante o desenvolvimento da produção de leite. No entanto, estes sistemas estão dependentes do fornecimento de água. Este sistema leva a prever um crescimento tanto vegetal como animal, apoiado numa garantia de fornecimento de água, portanto as reservas hídricas têm de ser superiores às necessidades de água para rega. As alterações profundas nos sistemas produtivos, nomeadamente em termos de rega, métodos de rega focando a micro-rega, conduzem a uma poupança de água por decréscimo dos usos não benéficos, ao aumento da eficiência dos sistemas de distribuição e aplicação da água.

A Associação de Beneficiários do Caia no âmbito do Projeto PLEIADES: “Earth Observation products for operational irrigation management”, fez estudos para a gestão eficiente da água, onde o tema em destaque abordava uma agricultura sustentável em condições de escassez água. A Associação apoiou um grande número de projetos, com o objetivo de promover o uso racional de água. Promoveu ações com a participações dos agricultores, para incentivar a adoção de tecnologias que apoiam a tomada de decisões e gestão das áreas a regar, contribuindo assim, para melhorar a gestão da água ao nível da parcela.

No entanto, não obstante a evolução do perímetro o fornecimento de água continua de acordo com a conceção da obra inicial. A rede de rega funciona ainda através de um cronograma de entrega de rotação com frequência e taxa de fluxo com duração fixa (diurno ou noturno). A água é entregue a pedido dos empresários agrícolas, com um dia de antecedência. A água entregue, geralmente corresponde às solicitações dos empresários, mas o facto de a rede de distribuição ser por gravidade acarreta perdas de água por evaporação, como anteriormente referido assim como pela inflexibilidade de horários. Ocorrem significativas perdas operacionais, uma vez que a água que não é desejada flui através do sistema de drenagem ou é transportada no canal. Adicionalmente,

ocorrem perdas ao nível das parcelas nomeadamente pela baixa eficiência na aplicação de água.

Alguns dos utentes do Aproveitamento Hidroagrícola optaram por construir pequenos reservatórios, com o objetivo de terem capacidade de armazenamento temporário de água para um uso posterior, com o propósito de economizar água e diminuir pedidos de água, adaptando estes reservatórios às características das infraestruturas existentes. Os sistemas de rega instalados pelos empresários agrícolas tais como rampas pivotantes, aspersão fixa ou rega gota-a-gota, podem sofrer perdas de água associados, à indevida gestão de água do reservatório ou a avarias no sistema, que não estão associados às perdas inerentes do sistema de distribuição da Obra inicial.

Este sistema de abastecimento de água, leva a que os horários de rega se a mantenham fixos, onde apenas um funcionário tem a responsabilidade de abrir a boca de rega que o utente previamente pediu à sede da Associação. As horas de rega são estimadas e não há possibilidade de cancelamento de pedidos de água. Horários estabelecidos durante os períodos de dia, da noite ou então o contínuo sem retorno, no caso da não utilização após o pedido no dia anterior para o dia seguinte.

O horário estabelecido de segunda à sexta feira:

- 7 da manhã até as 17 horas da tarde- período da manhã onde as energias são mais baratas
- 17horas até 7 horas - (período de tarde)
- horário contínuo.

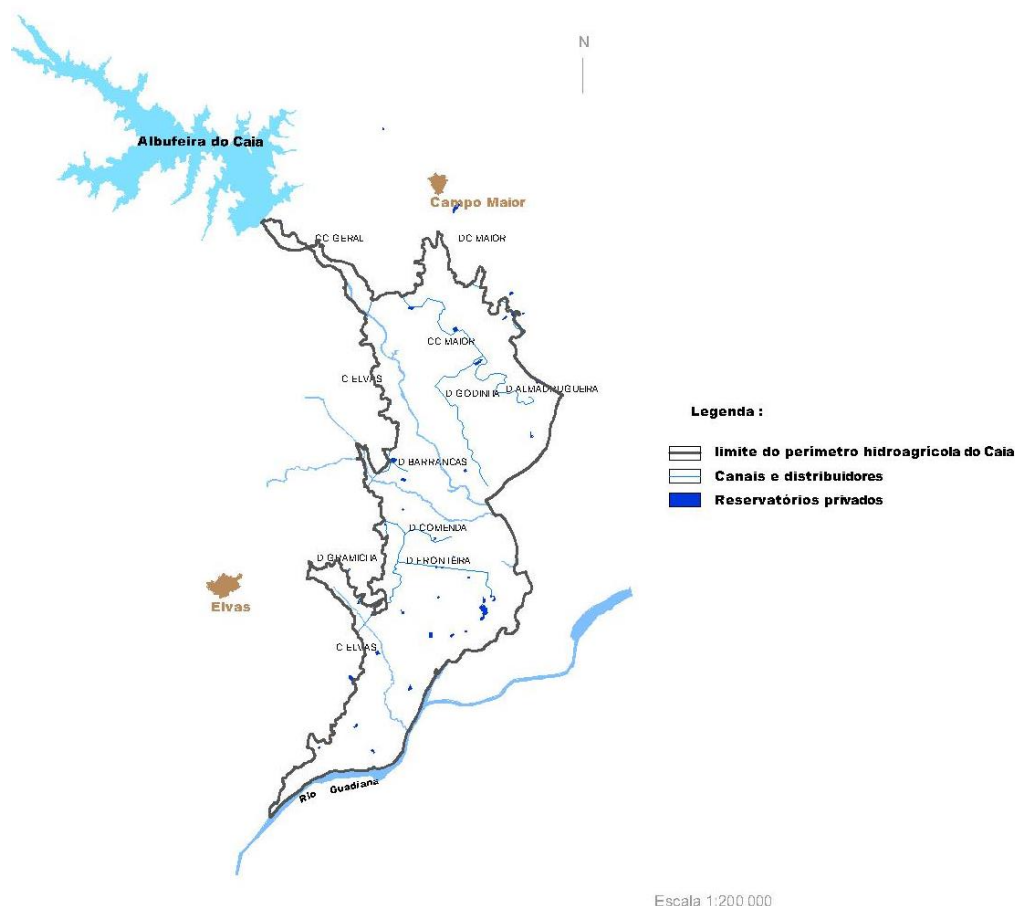
O uso racional da água para este caso pontual tem que começar por ter em conta, o amplo conhecimento da cultura a adotar, e saber previamente que todo o histórico do sistema de distribuição em que se insere, outorga falhas que podem ser colmatadas, através da criação de um reservatório estabilizador para gerir a água pedida à sede. A gestão ao nível da parcela está também dependente da gestão da rede de distribuição. Assim, os empresários agrícolas que não detêm um depósito ou reservatório de água nas suas parcelas estão mais dependentes do sistema de distribuição, pelo que problemas na rede de rega pode repercutir-se na produção. A inflexibilidade do horário, do qual se não existir uma boa gestão e controlo das necessidades hídricas a produtividade poderá ressentir-se. Problemas inerentes associado à ausência de hidrantes que

permitem rega sob pressão: Existe um défice entre a água que a Associação fornece, e a água que o empresário agrícola recebe, em resumo existem sempre perdas que poderiam ser minimizadas se os utentes tiverem uma albufeira ou reservatório de água. Tal permite evitar os constrangimentos associados a um horário fixo, assim como aqueles devidos à avaria no sistema. O empresário agrícola passa a ser responsável pela adequada gestão da água por ele armazenada.

O sistema de distribuição de água fornecido pela Associação terá perdas inerentes devido ao fornecimento de água por gravidade, uma vez que o sistema está obsoleto, e que tem perdas médias de água de 20% anuais (Chinita, c.p, 2017). No perímetro existem 9 canais que tem perdas nos terminais que não conseguem ser controladas, uma vez que é necessário manter a cota de água para satisfação dos pedidos dos utentes. Como anteriormente referido, a construção de três reservatórios, que recebem o excesso do canal e fornecem o défice ao canal, permitiu o decréscimo de perdas na rede de 40% para 18%. A Associação encontra-se a trabalhar no sentido de tentar diminuir estas perdas para os 12% (Chinita, c.p, 2017). No caso dos empresários agrícolas possuidores de um hidrante, apenas necessitam de realizar a gestão do seu depósito, que a partir desta, se desenvolverá a captação para a rede de rega, regando apenas quando a planta necessite. Independentemente da existência de avarias no sistema de distribuição, a água pedida ficará retida no depósito sem perdas inerentes ao sistema implantado no Caia. Por conseguinte, se o empresário agrícola optar por não usufruir deste sistema e uma avaria ocorrer, a Associação já não poderá retirar a água pedida. O objetivo do uso racional de água tem uma infinidade de alternativas, tem de ser escalpelizadas exaustivamente, até alcançar em dar à planta, apenas o que necessita para ser produtiva, diminuindo também os consumos energético, ou seja, promover uma relação de estabilidade entre consumos e produção. Assim, a eficiência do uso da água depende do sistema de captação e condução da água, do sistema de distribuição, do método de rega adotado e da aplicação oportuna e ajustada da água.(DGADR,2014).Complementar a preocupação na redução dos consumos (quantidade de água de rega) com a modernização da Associação não é suficiente. É notório que no perímetro de rega já existe o interesse por parte dos utentes de reduzirem algumas das perdas de água, que ainda persistem no

sistema de distribuição. Atualmente aproximadamente 70% das parcelas do perímetro já possuem reservatórios próprios (Figura 39).

Assim, urge que as perdas ao longo do sistema diminuam, de modo a que a água possa ser adequadamente gerida e, usufruída por todos. Adicionalmente, a Associação poderá gerir o serviço de distribuição de água mediante a interrupção do fornecimento de água que evite as perdas a jusante. Estas medidas têm como objetivo o uso racional da água.



**Figura 39-Reservatórios de água privados na área de interesse do Caia. (Fonte: A.B. Caia, 2017).**

#### 4.1.3. Legalização dos pedidos de água

Como já foi referido o perímetro de rega do Caia foi projetado para a utilização de métodos de rega por gravidade com um horário de rega de 16 horas/dia com dois turnos. No entanto, tal é *inviável devido à limitação da agricultura e da própria Associação, às baixas disponibilidades da mão de obra e aos custos da mesma* (Chinita, c.p, 2017). A Associação optou por efetuar

períodos de rega, de 10 horas no horário noturno e de 14 horas em contínuo e com controlo a montante, minorando as dificuldades apontadas. No entanto, esta última opção, acarreta elevadas perdas de água uma vez que por vezes, as parcelas não conseguem armazenar a água fornecida, bem como podem existir perdas nos terminais dos canais. Um horário de rega longo conduz a uma perda de liberdade por parte dos agricultores. A questão fundamental está na definição de horário de rega “a pedido” é, portanto, compatível com o grau de liberdade a conceder aos agricultores, de modo a que estes fiquem cerceados na sua capacidade de regar.

#### 4.1.4. Comparação entre consumos e procura estimada

As necessidades de água das diferentes culturas neste Aproveitamento Hidroagrícola está associada a um conjunto de fatores, onde se incluem a procura climática (evapotranspiração de referência), e a capacidade de armazenamento dos solos, os quais em conjunto provocam uma variabilidade nas necessidades de rega de cada cultura no mesmo ano e de ano para ano. No entanto, as disponibilidades hídricas na albufeira vão restringir a gestão da água por parte da Associação, e deste modo, as disponibilidades de água para serem distribuídas. As disponibilidades de água estão associadas à quantidade de precipitação ocorrida durante o período invernal, assim como, do armazenamento existente da campanha de rega anterior. Assim, um baixo volume armazenado na Albufeira implicará proceder a rateios relativamente aos pedidos dos empresários agrícolas. A Associação determinará qual a fração de água que irá fornecer, calculada em função das disponibilidades hídricas, das culturas a serem regadas e dos pedidos efetuados pelos agricultores. O caso mais extremo será o de as disponibilidades de água na Albufeira corresponderem à capacidade morta, sendo que apenas será assegurada a distribuição de água às populações.

Verifica-se deste modo, que por vezes as variações anuais na quantidade de água fornecida às diferentes culturas, não estão diretamente relacionadas com as necessidades hídricas das mesmas, estando restringidas pela gestão ao nível da rede de distribuição, assim como, das disponibilidades hídricas na Albufeira. No entanto, a quantidade de água disponibilizada estará diretamente

relacionada com as necessidades totais de cada cultura (Quadro 24). Assim, o arroz será das culturas com maiores necessidades de água (consumos hídricos), seguida do milho, prado, pomar, tomate e pimento enquanto as culturas de menos consumos hídricos são o girassol, o trigo e o olival. Esta última cultura tem, como discutido anteriormente, recentemente aumentado a sua expressão neste perímetro. Esta cultura é reconhecida como uma cultura com resistência às carências hídricas e pelos reduzidos volumes de água que necessita quando em regadio. O girassol e o trigo constituem boas culturas alternativas em anos com baixas disponibilidades hídricas.

**Quadro 24- Áreas regadas e volumes de água pedidos à ABCaia, no ano 2017.**  
(Fonte: A. B. Caia, 2017).

Culturas	Áreas Regadas-(ha)				Consumida (m <sup>3</sup> 10 <sup>6</sup> )
	Fornecimento de água pela ABCAIA			Total	
	Zona dominada Zona excluída	Título Precário			
		Título Precário	Regolfo		
Alho	65	89	0	154	0.346
Arroz	125	0	0	125	2.509
Cereal	1083	302	0	1386	1.025
Fornagem	354	190	0	543	2.617
Girassol	152	75	0	227	0.774
Hortícola	60	10	0	70	0.341
Milho/Grão	525	33	0	557	4.708
Milho / Fornagem	187	0	0	187	1 516
Olival	1847	2207	82	4136	17.040
Pimento/Pimentão	42	0	0	42	0.335
Pomar	245	0	0	245	4.166
Prado	32	26	0	58	0.450
Brócolo	62	0	0	62	0.352
Tomate	221	103	0	324	2.344
Vinha	56	244	0	300	0.549
Fruto Seco	86	48	30	164	0.793
Soja	48	51	0	99	0.489
Outras Culturas	17	25	0	43	0.209
<b>Subtotais</b>	<b>5209</b>	<b>3402</b>	<b>112</b>	<b>8723</b>	<b>40.561</b>
Autarquias				0	2.453
<b>TOTAIS</b>	<b>5209</b>	<b>3402</b>	<b>112</b>	<b>8723</b>	<b>43.015</b>

Com base nas necessidades totais de cada cultura (ver Secção 3.4) foi possível realizar uma comparação com os pedidos de água (consumos) ao nível

das parcelas analisadas. Assim, de acordo com os resultados analisados para o ano de 2017, as culturas com maiores necessidades hídricas, tendo em consideração as aproximações simplificadas utilizadas para cada parcela, foram por ordem decrescente, o tomate, seguido o milho e por último o olival.

Em cada parcela verificou-se que a qualidade na aplicação de água de rega foi abaixo do expectável que seria de excelente, já que o CU variou entre os 80% e 95%, respetivamente para a rampa pivotante e rega localizada. Esta variabilidade da aplicação de água tem impacto na produção final e conseqüentemente no rendimento do agricultor. Significa isto que seria necessária uma maior monitorização, por parte dos empresários agrícolas, das parcelas que exploram a promoverem melhorias nos sistemas de rega no sentido de rentabilizarem ao máximo o produto investido, através de uma adequada gestão dos calendários de rega visando um uso mais racional da água.

Na parcela A, onde se analisou a cultura do tomate, os resultados indicam elevadas perdas de água por percolação. Assim, o calendário de rega utilizado pelo produtor encontrou-se desajustado às necessidades da cultura e ao solo. Adicionalmente, verificou-se que o produtor diminui quantidade de água no final da campanha no qual deveria ter sido mais restritiva, pois iria garantir menos perdas de produção em termos qualitativos e quantitativos.

A parcela B instalada com a cultura de olival intensivo revelou que não sofreu perdas de água por percolação, mas que ocorreram perdas de produção potencial na ordem dos 27%, a qual se justifica pela necessidade de obter uma adequada qualidade do azeite. Verificou-se que os produtores regaram deliberadamente com défice hídrico. É de salientar que o CU apresentado na parcela foi de 87,5%, o que poderá indicar alguns desajustes em termos de pressão ou de entupimento dos gotejadores. Na simulação de calendários de rega deficitários para o ano 2017 verificou-se que as quantidades de água a serem aplicadas não variaram muito com as manchas de solo existentes na parcela. A quantidade de água aplicada em 2017, (358 mm) foram mais baixas do que as simuladas nos calendários de rega alternativos impondo défice ligeiro ou moderado. No entanto as perdas potenciais de produção foram menores variando entre 2,3% a 4,3% mas com dotações totais superiores. Neste sentido

podemos identificar que a parcela poderia aumentar a eficiência do uso de água contribuindo assim para uma maior produtividade, utilizando a mesma quantidade de água.

Relativamente ao milho, cultivado na parcela C, o produtor manifestou um cuidado acrescido em relação à gestão da água ao nível da parcela que explora. O produtor contratou um serviço de aconselhamento de rega, no sentido de adequar a gestão da água às necessidades da cultura. Assim, além de implementar medidas de conservação fazendo mobilizações do solo na linha, acresce a medida de uso racional da água. A análise realizada aos calendários de rega observados de 2017, não indicou perdas de água por percolação, nem perdas de produção. No limite, ao impor calendários de rega alternativos nomeadamente os de défice as perdas de produção seriam inferiores a 9% mas com poupanças de água.

Por último o olival superintensivo, parcela D, apresentou necessidades de rega superiores ao olival intensivo, em aproximadamente 33 mm. Verifica-se que o solo desta parcela ter uma reserva utilizável superior ao da parcela B, e que as regas foram deliberadamente agendadas para ocorrerem após a água do solo descer abaixo da reserva facilmente utilizável, ou seja quando a cultura já se encontra em stress hídrico, pelo que não existiram perdas de água por percolação profunda. A aplicação total de água foi neste olival de 391 mm registada no calendário fornecido pelo agricultor relativamente a 2017.

O comportamento em termos de gestão da rega nos dois olivais foi bastante semelhante, sendo adotada rega deficitária em ambos os casos. No entanto, o olival superintensivo demonstrou maiores consumos, mas também um maior coeficiente de uniformidade da rega, cerca de 92,5% vs. 87,5%, demonstrando que uma gestão mais adequada do sistema de rega permitirá melhorar o uso da água. As simulações dos calendários observados indicaram perdas potenciais de produção até 35,6%, o que se deveu a um maior período em que foi imposta rega deficitária. No caso do olival intensivo a imposição de stress hídrico foi cessada a partir de meados de setembro e a rega foi estendida até outubro. Em contraste o olival superintensivo foi sujeito a stress hídrico intenso até à colheita.

## 4.2. Propostas de melhoria

### 4.2.1. Diminuição de perdas ao longo da rede

No estudo prévio “Melhorias das condições de segurança da barragem do Caia”, realizado em 2017, no âmbito do PDR 2020, foi assinalada a existência de deterioração nos órgãos de segurança da barragem. Tal acarreta problemas de estanquicidade pelo que, de modo a minimizar as perdas de água, foi proposta a elaboração de um projeto que assegura-se a manutenção e monitorização da barragem.

A monitorização e a gestão adequada da barragem, requerem o funcionamento de dispositivos tais como termómetros, extensómetros, piezómetros, e de modo a controlar as entradas e saídas de água da Albufeira são necessários medidores de caudal e sondas. Estes últimos como foram furtados devem ser repostos de modo a permitirem uma mais adequada gestão. Como anteriormente discutido, As comportas devem ser sujeitas a uma manutenção periódica, nomeadamente em termos do controlo do sistema de estanquicidade e deverão ser adaptadas de modo a irem ao encontro da regulamentação em vigor. As adaptações devem focar nomeadamente a fonte de energia utilizada para a operacionalidade assim como uma automatização à distância, uma vez que o sistema atualmente existente requer muita mão-de-obra para o acionamento das comportas. É necessário assegurar um contínuo fornecimento de energia de modo a manter a operacionalidade das comportas assim como a iluminação da barragem. Deste modo, deverá prever-se a construção de um gerador elétrico de emergência, bem como, a construção de novos quadros elétricos.

De modo a controlar e gerir adequadamente os excessos de água no sistema será necessária a instalação de uma comporta vertical, de 2 corpos, motorizada, em substituição da atual Tipo AMP 160, telecomandada e automatizada com o nível de saída de água para o Canal de Campo Maior. Esta comporta permitiria controlar os excessos de água no sistema, minimizando as perdas de água, desviando-os para o Canal de Elvas até ao tanque estabilizador do Bloco de Rega 8.2. A expansão do sistema de telegestão atual a toda a rede, com a inclusão de comportas telegestionadas, permitiriam assegurar o total controlo do sistema. Como sugerido por Rijo e Rodrigues (2016) a solução seria

a criação de um sistema composto por *uma Unidade Local com controlo –(ULcm) a qual permite o comando e a monitorização (supervisão ou telemetria) de todo o equipamento da rede. Este tipo de unidade de controlo permite a:*

- *monitorização de abertura de comportas;*
- *monitorização de alturas de água quer a montante como a jusante de um órgão ou estrutura hidráulica incluindo os limpa grelhas, comporta, descarregador frontal ou lateral;*
- *monitorização de caudais para o sistema de drenagem através de descarregador e/ou com caudalímetro;*
- *controlo de caudais de admissão a distribuidor, reservatório ou de saída através de comporta.*

Quando os associados pedem pequenos caudais, a água é fornecida pelos depósitos reguladores e não pela barragem. Assim, seria necessário aprofundar a análise relativa à necessidade de construção de mais reservatórios intercalares, os quais permitiriam um maior controlo das perdas de água no sistema e deste modo um uso mais racional da água. No futuro e no caso de se pretender reconverter o modo de fornecimento de água, estes reservatórios intercalares poderiam funcionar como volante de distribuição da rede de rega em pressão se esta vier a ser construída. Os desperdícios de água ao longo da rede seriam mitigados, e se no caso de ocorrência de falhas ou avarias no sistema, estas poderiam ser resolvidas sem a preocupação de perdas de água associadas. A mão de obra seria mais reduzida, como também as falhas devido a erros humanos.

As condutas fechadas iriam estar menos sujeitas às intempéries, o que proporcionaria ao utente reduzidas ocorrências de proliferação de algas, e ou interrupções no sistema por animais, que se introduzem no canal, reduzindo mais custos de manutenção. Este sistema de pressão implicaria novos investimentos, como também um maior consumo energético que consequentemente se manifestaria no encarecimento da água para a rega.

Com o sistema de distribuição a pressão, a disponibilidade de mais água para regar seria superior, o que não deve ocorrer, é aumentar expressivamente áreas a título precário, colocando em causa as campanhas futuras deste regadio.

#### 4.2.2. Custos inerentes à conversão parcial de rega por pressão

Esta comparação permitiu avaliar que não existem Perímetros Hidroagrícolas em Portugal que tivessem efetuado a reconversão total do seu sistema, mas que existem alguns casos, como a Associação de Beneficiários do Roxo e a Associação de Beneficiários da obra de rega de Odivelas onde se opera conjuntamente em gravidade e pressão.

Para a avaliação dos custos de conversão realizou-se o pedido dos dados económicos relativos à reconversão efetuada pela Associação de Beneficiários da obra de rega de Odivelas. Esta Associação explora a água com um sistema de distribuição misto, onde uma das áreas com aproximadamente 2000 ha foi convertida para rega sob pressão. Os custos médios anuais de manutenção e energia da estação elevatória indicam que os custos de manutenção são aproximadamente de 90.000€, os custos energéticos são de 165.000€ mas dependentes da quantidade de água a ser bombada. Assim, os custos médios anuais totalizam 255,000€ (A.B.O.R.O, 2018).

Assim, tendo em conta a necessidade de reverter primeiramente o Bolco 8.2 no Vale de Rodelas, que dispõe de 800 ha de área regada, poderíamos supor que os gastos de manutenção e de energia anuais inerentes para ao funcionamento de apenas um “bloco de rega 8.2” ascenderiam a aproximadamente 102.000 €.

Para o empresário agrícola os gastos associados a um sistema em pressão têm de incluir no valor do metro cubico de água os custos da água, custos energéticos, uma taxa de solos, os custos de manutenção do sistema, assim como uma taxação que inclui a mão de obra necessária ao correto funcionamento deste tipo de sistema. Este tipo de sistema implica a utilização de mão de obra mais qualificada.

Exemplo de análise para o custo do empresário agrícola num sistema em pressão: Vamos supor que os 2000 ha regados de Odivelas gastaram

10.000.000 m<sup>3</sup> com uns custos associados de energia e manutenção de 255.000 € logo o preço da energia em pressão seria de 0,039 cêntimos/m<sup>3</sup>. Admitindo que o preço de água será idêntico em ambos os aproveitamentos, em gravidade o custo da água é na ABCaia de 0,0189 cêntimos. Assim, se tomarmos o exemplo do olival que consome em média 5000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> o custo da energia em pressão é de 195 € ha<sup>-1</sup>. Logo, o preço da água por pressão rondará 290 € ha<sup>-1</sup>, somado ao consumo de energia, numa suposição 1 ha custar 120 €, o preço aproximava-se dos 410 € ha<sup>-1</sup>.

**Neste caso o empresário paga o custo da energia em pressão, a água, e ainda a energia, sem contar com a taxa de solos, manutenção e o acréscimo de taxas em conformidade.**

O custo deste mesmo empresário agrícola num sistema em gravidade rondará 94,5 € ha<sup>-1</sup> mais a energia 120 € ha<sup>-1</sup>, o preço seria 214,5 € ha<sup>-1</sup>.

**Em contraste neste caso o empresário paga o custo da água, e da energia, sem contar com a taxa de solos.**

O exemplo identificado acima serve como exercício ao custo de água e energia comparando dois sistemas de fornecimento de água, que revela aqui uma elevada diferença de custos.

Como desvantagem do sistema sob pressão será um custo associado duas a três maior do que um sistema gravitacional. O sistema de distribuição de água a pressão, terá ainda de ser associado a equipamentos produtores de energia como os painéis solares, que evidentemente pressupõe mais um investimento para o empresário agrícola.

Tendo em conta que o Aproveitamento hidroagrícola do Caia gasta anualmente em bruto aproximadamente 40 milhões de m<sup>3</sup> de água, com 20% de perdas associadas, logo podemos identificar que existem 8 milhões de m<sup>3</sup> de água que se perdem ao longo de todo o sistema de distribuição. A aplicação de um sistema em pressão suponha que 5 a 6 milhões de m<sup>3</sup> de água não seriam perdidos podendo ser utilizados no aumento da produção, ou seja, transformados em riqueza. Apesar dos custos de um sistema em pressão é de ter em conta a preservação de um recurso que promove riqueza na região. Parte da água fica

retida em valores ecológicos, mostrando que estes desperdícios de água poderão estar a prejudicar a rede natura. A água é essencial para o desenvolvimento sustentável, que apesar de ter sido alvo de numerosas conferências e debates regionais a internacionais, terá inequivocamente de ser forçada à sua proteção para que de algum modo, exista um equilíbrio e uma sustentabilidade na vida humana.

#### 4.2.3. Utilização de tecnologias para a redução da procura da água ao nível da parcela

Tendo em vista a aplicação universal do sistema de operação e tarifário deste perímetro, será necessário prever a instalação de equipamentos de medição à entrada da parcela. Tal seria vantajoso nomeadamente se se passasse da rega por gravidade para pressão, com a instalação de contadores, possibilitando a rega a qualquer hora, o que permitiria recorrer a horários noturnos quando a energia for mais barata e o processo de evapotranspiração seria menor.

Será necessário focar a atenção na construção de depósitos e/ou albufeiras nas parcelas assim como o redimensionamento dos já existentes. Este tipo de estruturas, que são cada vez mais necessários e vitais, para a minimização de perdas de água assim como no controlo das disponibilidades de água de rega ao longo dos ciclos culturais. Apostar em sistema e / ou redes de distribuição em ciclo fechado, com o reaproveitamento da água pedida poderá ser vantajoso para a sustentabilidade do Aproveitamento hidroagrícola.

Dados os resultados e as análises efetuadas ao nível das parcelas selecionadas, podemos referir que os agricultores devem efetuar a monitorização dos sistemas de rega quer antes da campanha de rega se iniciar como ao longo desta. Os entupimentos e perdas de pressão podem deste modo ser atempadamente detetados e solucionados.

A calendarização da rega deve ser gerida adequadamente de modo a minimizar os usos não benéficos, nomeadamente por percolação profunda. Especificamente a parcela A onde se analisou a cultura do tomate cujo calendário de rega revelou perdas por percolação, que poderiam ter sido

evitadas com dotações adequadas ao tipo de solo da parcela assim como melhor adequando as datas de rega. Adicionalmente, a adequada calendarização permite diminuir as perdas de produção. No caso do olival intensivo e superintensivo, parcelas B e D, verificou-se a que a qualidade na aplicação da água deveria ser melhorada.

No caso da parcela C seria possível implementar melhorias, quer na qualidade da aplicação da água, como também na utilização de rega de precisão, ou seja, adequar o calendário de rega às características do solo. O sistema de rega utilizado permite aplicar diferentes dotações de rega de acordo com o tipo de solo. Assim, na área Este onde se encontra a mancha de solo *Pac+Pag* um calendário com maiores dotações de rega deveria ser aplicado relativamente ao da área a Oeste onde existe um solo do tipo *Sr+Pag*.

Como os agricultores têm de antecipar em 12 horas os pedidos de água a serem fornecidas à cultura a utilização de modelos de balanço hídrico conjugados com previsões climáticas poderá apoiar na tomada de decisão.

#### 4.2.4. Utilização conjugada de outras tecnologias

Os empresários agrícolas devem apostar na utilização de meios e tecnologias como instrumento para a gestão eficiente da água. Em alguns casos, demonstrou-se que a utilização dos dados climáticos, em conjunto com ferramentas de monitorização da água no solo (sondas) como de monitorização da cultura (utilização de imagens de deteção remota próxima ou por satélites), são importantes na tomada de decisão em termos de gestão da rega. A utilização de sistemas de informação geográfica, permitem a adequada caracterização das parcelas nomeadamente em termos de solos e a implementação de rega de precisão. Com o objetivo de sustentabilidade, estas ferramentas são essenciais para a redução de consumos de água, sem perder de vista a rentabilidade da produção.

Algumas das Associações de Regantes são possuidores de sistemas de apoio aos regantes. Estes sistemas são imprescindíveis para uma monitorização adequada assim como, para a gestão dos insumos, como por exemplo a água, energia e fertilizantes. Os últimos quando mal geridos podem ter elevados

impactos ambientais o que é premente neste perímetro onde a maioria das parcelas se encontram em considerada vulnerável. A gestão da rega necessita de informação muita da qual com um caráter dinâmico pelo que necessita de atualização frequentes. Exemplos de informação deste tipo incluem a dinâmica da utilização dos solos, ou o clima. Informação não dinâmica inclui entre outros o tipo de sistema de rega utilizado. Como discutido anteriormente a adesão dos empresários agrícolas ao SIGIMAP é fundamental, e pode resultar em melhorias do funcionamento da rede de informação e gestão do regadio. O SIGIMAP servirá de apoio á decisão do utente e de ferramenta de gestão económica.

## 5. Considerações Finais e Perspetivas Futuras

A política Nacional de Ordenamento de território visa primordialmente o equilíbrio ambiental e a sua sustentabilidade, o desenvolvimento socioeconómico das regiões, e uma parceria e harmonia, entre progresso e a natureza. O aumento das necessidades alimentares, a mudança radical nos hábitos de higiene, a concentração das populações, o aumento da população mundial e o estilo de vida, faz da água o ator principal nestas questões. A existência da Albufeira do Caia permite a utilização do regadio como suporte à produção agrícola. No entanto, a utilização racional e sustentável da água tem de ser considerada. Particular ênfase deve ser dado aos impactos ambientais decorrentes de uma inadequada gestão da rega e dos fertilizantes.

A existência da Albufeira e o do sistema de distribuição de água permite minorar os impactos do clima Mediterrâneo em que o perímetro se encontra.

Os regadios públicos modernos, estão dotados de tecnologias mais atuais, com um fornecimento de água em pressão e dispõem de hidrantes equipados com contadores, que permitem aferir a quantidade de água consumida. Exemplos destes regadios encontram-se os existentes no Perímetro de rega dos Minutos e no do Lucefecit. Estes foram construídos de base com um sistema de distribuição em pressão, e são por isso detentores deste tipo de tecnologia. Este tipo de distribuição permite minimizar perdas de água, mas com maiores gastos energéticos, os quais devem ser analisados.

Nos aproveitamentos hidroagrícolas mais antigos, como é o caso do Caia, as infraestruturas necessitam de manutenção, melhorias nomeadamente em termos de um aumento do número de reservatórios intercalares e talvez de uma reconversão para sistema em pressão. Com as previstas alterações climáticas que irão aumentar o número de eventos extremos, particularmente de secas, a sustentabilidade dos sistemas será colocada em causa. Como anteriormente discutido, neste aproveitamento as estruturas encontram-se obsoletas, possuem menor eficiência e com elevadas perdas de água causadas pela distribuição de água em gravidade. Assim, necessitam de obras de modernização, os equipamentos existente são mais exigentes em manutenção e existe a

necessidade de implementação de equipamentos novos nomeadamente aqueles que permitem a medição dos volumes utilizados.

Uma medida para fomentar o uso racional da água seria a introdução de novos métodos de tarifação com base no volume consumido deverá ser implementada mas tal não se revela tarefa fácil. Tendo em vista a aplicação universal do sistema de tarifário, revela-se necessário que este preveja a instalação de equipamentos de medição da água consumida, bem como a reabilitação e modernização dos aproveitamentos hidroagrícolas mais antigos de modo a minimizar as perdas de água ao longo dos sistemas. Adicionalmente o tarifário deverá fomentar uma utilização sustentável da água por parte dos regantes. A tarifação poderia assentar na aplicação do princípio do consumidor/pagador e do poluidor/pagador. Assim, esta deveria ser realizada em função do volume consumido e atendendo à cultura que está a ser cultivada uma vez que estas têm diferentes necessidades hídricas. É adicionalmente necessário considerar que se deve promover a estimativa de volumes com base nas dotações médias praticadas na região num ano de procura climática elevada, tendo a preocupação de tal ser baseado na ocupação cultural e no tipo de solo das parcelas. O presente estudo pode servir de base para este tipo de estimativa. As entidades gestoras devem estar mais atentas e focadas em identificar eventuais consumos muito superiores à média e que devem por isso ser penalizados no tarifário. De modo a promover a sustentabilidade dos sistemas estas considerações devem ser profundamente analisadas perante os órgãos que gerem o recurso água. Não obstante o dever de proteger os utentes dos perímetros hidroagrícolas devem os preços da água refletir a necessidade de conservar este recurso.

Tendo em consideração que a ABCaia é uma Associação privada de domínio público, carece de responsabilidades ao nível da parcela, pelo que compete aos proprietários assegurarem a manutenção e gestão do sistema de distribuição na própria parcela. Por outro lado, para se reduzirem as perdas de aplicação de água ao nível da parcela de rega, sendo este um objetivo transversal a todos os tipos de regadio, tal como consagrado nos instrumentos de apoio de financiamento ao regadio, no PDR 2020, é de relevante importância proceder, à substituição dos métodos de rega de gravidade para sistemas sob pressão. A sustentabilidade do perímetro poderá ser garantida com a instalação

de equipamentos de medição em todo o sistema do perímetro assim como com a utilização conjunta de sistemas de rega sob pressão, com sistemas de aviso de rega, automatização e adequação dos calendários de rega. O processo de conversão do atual sistema por gravidade para pressão pode não ser exequível no médio prazo, daí que seja necessário apostar em tecnologias que na sua generalidade e envolvente possam conjugar a poupança de água e de energia.

## 6. Bibliografia

**ABORO** (2018) Associação de Beneficiários da obra de rega de Odivelas – Custos de energia e água.

**A.B. Caia** (2006) Associação Beneficiários do Caia – Caderno de encargos.

**A.B. Caia** (2010) Associação Beneficiários do Caia – Caderno de generalidades.

**A.B. Caia** (2013) Associação Beneficiários do Caia – Caracterização da Barragem. [acedido a 11/11/2017] disponível em <://www.abcaia.pt/Files/Relatorio\_2013.pdf.>.

**A.B. Caia** (2013,a) Associação Beneficiários do Caia – Dados Gerais [acedido a 11/11/2017] disponível em <http://www.abcaia.pt/index.php/aproveitamento-hidrico-do-caia/dados-gerais.>

**A.B. Caia** (2013,b) Associação Beneficiários do Caia – Razão de ser da obra do aproveitamento [acedido a 13/11/2017] <www.abcaia.pt/index.php/aproveitamento...do-caia/razao-de-ser-da-obra>.

**A.B. Caia** (2016) Associação Beneficiários do Caia. - Relatório 2016.

**A.B. Caia** (2016,a) Associação Beneficiários do Caia – Caracterização da Barragem [acedido a 15/11/2017] disponível em <www.abcaia.pt/.../aproveitamento...caia/caracterizacao-da-barragem-do-caia.>.

**A.B. Caia** (2017) Associação Beneficiários do Caia. - Relatório 2017.

**A.B. Caia** (2018) Associação Beneficiários do Caia. – Relatórios mensais.

**Akyuz, F. A., Kandel, H., Morlock, D.,** (2017) Developing a growing degree day model for North Dakota and Northern Minnesota soybean. *Agricultural and Forest Meteorology* 239: 134-140.

**Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M.** (1998). Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56, FAO-Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome (<http://www.fao.org/docrep>) ARPAV (2000), La caratterizzazione climatica della Regione Veneto, Quaderni per. *Geophysics*, 156, 178.

**Allen R.G., Pereira L.S., Howell T.A., Jensen M.E.**, (2011). Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. *Agricultural Water Management* 98(6): 899-920

**Almeida, D** (2006) Manual de Culturas Hortícolas, Vol. II, Editorial Presença, Lisboa.

**Anandhi, A.**, (2016). Growing degree days – Ecosystem indicator for changing diurnal temperatures and their impact on corn growth stages in Kansas. *Ecological indicators* 61: 149-158.

**ANPROMIS** (2017) – Associação Nacional de Produtores de Milho e Sorgo. Milho. [acedido a 06/10/2018]. Disponível em <<http://www.anpromis.pt/o-milho.html>>.

**APA** (2015) Agência Portuguesa do Ambiente. Plano Nacional da Água [acedido a 14/12/2017]. Disponível em <[https://www.apambiente.pt/\\_zdata/CONSULTA\\_PUBLICA/2012/PNUEA/Implementacao-PNUEA\\_2012-2020\\_JUNHO.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/CONSULTA_PUBLICA/2012/PNUEA/Implementacao-PNUEA_2012-2020_JUNHO.pdf)>.

**APA** (2015,a) Plano Nacional da Água. Instituto da Água. Lisboa. [acedido a 29-01-2018]. Disponível em <[https://www.apambiente.pt/\\_zdata/Políticas/Agua/PlaneamentoGestao/PNA/2015/PNA2015.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/Agua/PlaneamentoGestao/PNA/2015/PNA2015.pdf)>.

**APA** (2017). Políticas> Água> Planeamento> [acedido a 29-01-2018]. Disponível em <[PNEUAhttp://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=860](http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=860)>.

**APAP** (2018) Associação de Produtores Agrícolas de Precisão.

**Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L.** (2017). El cultivo del Olivo. Ediciones MundiPrensa, 7ª ed., Madrid.

**Bonofiglio, T., Orlandi, F., Sgromo, C., Romano, B., & Fornaciari, M.** (2008). Influence of temperature and rainfall on timing of olive (*Olea europaea*) flowering in southern Italy. *New Zealand journal of crop and horticultural science*, 36(1), 59-69.

**Campelo. J; Soares. A; Braga. R. & Trindade. A** (2017) SIGIMAP -Jornada técnica sobre o sistema de apoio à decisão na Agricultura de Regadio, 21-12-2017. Elvas: sede da Associação de Beneficiários do Caia.

**Cardoso, J. V. C.** (1965). Os solos de Portugal: sua classificação, caracterização e génese. 1-A sul do rio Tejo. Secretaria de Estado da Agricultura. Direção o-Geral dos Serviços Agrícolas;

**Chaterlán Y., León M., Duarte C., López T., Paredes P., and Pereira L.S.,** (2011). Determination of crop coefficients for horticultural crops in Cuba through field experiments and water balance simulation. In: S. Ortega-Farias and G. Selles (Eds) Proc. 6th IS on Irrigation of Hort. Crops, Acta Horticulturae 889, 475-482

**Chinita. A,** comunicação pessoal,2017.

**Chinita. A,** comunicação pessoal,2018.

**Conceição N., L. Tezza, M. Häusler, S. Lourenço, C. A. Pacheco, M. I. Ferreira,** (2017). Three years of monitoring evapotranspiration components and crop and stress coefficients in a deficit irrigated intensive olive orchard. Agricultural Water Management 191: 138–152

**Darouich, H., Cameira, M.R., Gonçalves, J.M., Paredes, P., Pereira, L.S.,** (2017). Comparing sprinkler and surface irrigation for wheat using multi-criteria analysis: water saving vs. economic returns. Water, 9(1), 50; DOI: 10.3390/w9010050

**De Melo-Abreu J. P, D Barranco, A. M. Cordeiro, J. Tous, B.M. Rogado, F. J. Villalobos** (2004) Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. Agricultural and Forest Meteorology 125 117–127.

**DGADR** (2012) D. R. n.º 193, Série I, de 4 de outubro- Fixa a estrutura nuclear da Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. [acedido a 26-01-2018] Disponível em <<https://dre.pt/application/file/a/175629>>.

**DGADR** (2016). O uso eficiente da água e o índice de intensificação do regadio. Publicado no âmbito da Revista Cultivar - Cadernos de Análise e Prospetiva – edição n.º 5, Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral (GPP).

Lisboa [acedido a 26-01-2018] Disponível em <[http://www.gpp.pt/images/GPP/O\\_que\\_disponibilizamos/Publicacoes/Periodicos/Cultivar\\_5.pdf](http://www.gpp.pt/images/GPP/O_que_disponibilizamos/Publicacoes/Periodicos/Cultivar_5.pdf)>.

**Doorenbos, J., & Kassam, A. H.** (1979). Yield response to water. *Irrigation and drainage paper*, 33, 257.

**D'Urso, G., Richter, K., Calera, A., Osann, M. A., Escadafal, R., Garatuza-Pajan, J., ... & Vuolo, F.** (2010) - Earth Observation products for operational irrigation management in the context of the PLEIADeS project. *Agricultural water management*, 98(2), 271-282.

**de Oliveira, J. F. M.** (2016). Levantamento cadastral de uma rede de abastecimento de água. Tese de Mestrado. Universidade do Porto. Faculdade de ciências. [acedido a 26-01-2018]. Disponível em <<http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/1617/1/Dissertação.pdf>>.

**EDIA** - Empresa de desenvolvimento e infraestruturas do Alqueva, S.A. (2013) – Jornadas técnicas sobre o sistema de apoio à decisão na Agricultura de regadio. [acedido a 09/01/2018]. Disponível em <[http://www.edia.pt/folder/galeria/ficheiro/230\\_dgadr\\_4e2unizl1f.pdf](http://www.edia.pt/folder/galeria/ficheiro/230_dgadr_4e2unizl1f.pdf)>.

**El Amami H, Zairi A, Pereira LS, Machado T, Slatni A, Rodrigues PN,** (2001). Deficit irrigation of cereals and horticultural crops. 2. Economic analysis. *Agr. Engng. Intern.* Vol. III, LW 00 007b.

**English, M., & Raja, S. N.** (1996). Perspectives on deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 32(1), 1-14.

**Giménez, L., García-Petillo, M., Paredes, P., Pereira, L.S.,** (2016). Predicting maize transpiration, water use and productivity for developing improved supplemental irrigation schedules in western Uruguay to cope with climate variability. *Water*, 8, 309; doi:10.3390/w8070309.

**Girona Gomis, J., Hidalgo Moya, J., Pastor Muñoz-Cobo, M.** (2005). Riego deficitario controlado. Cultivo del Olivo con Riego. (Ed.). Edições Mundi-Prensa e Junta de Andalucía. Madrid.

**GPP** (2013). Programa de Desenvolvimento Rural 2014-2020 - Indicadores específicos de contexto. Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral. Lisboa.

**Grasso J., Cadenazzi M., Giménez L.,** (2018). Evaluación del modelo de simulación WinISAREG para soja en el litoral oeste del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 22(1):98-106.

**Guerra, L. C., Hoogenboom, G., Boken, V. K., Hook, J. E., Thomas, D. L., & Harrison, K. A.** (2004). Evaluation of the EPIC model for simulating crop yield and irrigation demand. *Transactions of the ASAE*, 47(6), 2091.

**Heermann, D. F.; Hein, P. R.** (1968) Performance characteristics of self-propelled center-pivot sprinkler irrigation system. *Transactions of the ASAE*, Saint Joseph, v. 11, n. 1, p. 11-15, 1968.

**INE** (2011). Recenseamento da Agricultura 2009. Instituto Nacional de Estatística. Lisboa [acedido a 26-01-2018] Disponível em <[\*\*INE\*\* \(2017\) Instituto Nacional de Estatística Nacional, 2018. Agricultura, Silvicultura ganadería y pesca. Madrid, 2018. \[acedido a 02-10-2018\] Disponível em <\[\\*\\*IPMA\\*\\* \\(2018\\) Instituto Português do mar e da atmosfera. Divisão de Clima e Alterações Climáticas. \\[acedido a 04-10-2018\\] Disponível em <\\[\\\*\\\*Jordão, P\\\*\\\* \\\(2014\\\). Exigências edafoclimáticas da oliveira. In: Boas práticas no olival e no lagar. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária. I.N.I.A.V, I.P. \\\[acedido a 02-10-2018\\\]. Disponível em <\\\[>\\\]\\\(http://www.inia.pt/fotos/editor2/jordao\\\_et\\\_al\\\_2015\\\_boas\\\_praticas\\\_no\\\_olival\\\_e\\\_no\\\_lagar\\\_indice\\\_geral.pdf\\\)>.\\]\\(http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/015/></a>>.</p></div><div data-bbox=\\)\]\(http://www.ine.es/prodyser/pubweb/anuario18/anu18\_completo.pdf.></a>>.</p></div><div data-bbox=\)](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOEStipo=ea&PUBLICACOEScolecao=107736&selTab=tab0&xlang=pt.></a>>.</p></div><div data-bbox=)

**Keller, J., Bleisner, R. D.,** (1990). Sprinkler and trickle irrigation. Van Nostrand Reinhold, NY

**Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F.** 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.* 15(3), 259-263.

**Liu, Y., Teixeira, J. L., Zhang, H. J., & Pereira, L. S.** (1998). Model validation and crop coefficients for irrigation scheduling in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 36(3), 233-246.

**Liu, Y., Pereira, L. S., & Fernando, R. M.** (2006). Fluxes through the bottom boundary of the root zone in silty soils: parametric approaches to estimate groundwater contribution and percolation. *Agricultural Water Management*, 84(1-2), 27-40.

**Martin, D. L., Stegman, E. C., & Fereres, E.** (1990). Irrigation scheduling principles. IN: Management of Farm Irrigation Systems. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI. 1990. p 155-203, 19 fig, 9 tab, 81 ref.

**Marton c. L., I. Kálmán, t. Árendás, p. Bónis, d. Szieberth,**(2007). Comparison of some methods for estimating vegetation periods in maize. *Acta agronomica hungarica*, 55(1): 1–5;

**Mendes, J. P.** (2007). Utilização de um modelo expedito no apoio à condução da rega (Conduzrega). In *II Congresso Nacional de Rega e Drenagem*.

**Nuncio, J., & Arranja, C.** (2017). Regadio: binómio água e energia. *Recursos Hídricos*, 38(2). [acedido a 26-01-2018]. Disponível em <<http://www.apren.pt/contents/publicationsothers/recursos-hidricos-dezembro-2017-aprhcompressed.pdf>>.

**Nunes, J.** (2013). Los suelos del perímetro regable del caia (Portugal): Tipos, fertilidade, e impacto del riego en sus propiedades químicas (Doctoral dissertation, Ph. D. Dissertation, Facultad de Ciencias, Universidad de Extremadura, Badajoz, Spain).

**Orgaz, F., Fereres, E.** (1997) Riego. En: El Cultivo del Olivo. Mundi Prensa, Madrid, pp 251–272.

**Paço, T. A., Pôças, I., Cunha, M., Silvestre, J. C., Santos, F. L., Paredes, P., & Pereira, L. S.** (2014). Evapotranspiration and crop coefficients for a super

intensive olive orchard. An application of SIMDual<sub>Kc</sub> and METRIC models using ground and satellite observations. *Journal of hydrology*, 519, 2067-2080.

**Paredes, P., Rodrigues, G. C., Alves, I., & Pereira, L. S.** (2014). Partitioning evapotranspiration, yield prediction and economic returns of maize under various irrigation management strategies. *Agricultural water management*, 135, 27-39.

**Paredes, P., Wei, Z., Liu, Y., Xu, D., Xin, Y., Zhang, B., & Pereira, L. S.** (2015). Performance assessment of the FAO AquaCrop model for soil water, soil evaporation, biomass and yield of soybeans in North China Plain. *Agricultural Water Management*, 152, 57-71. [acedido a 05-01-2018] Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377414003916>>.

**Paredes, P., Rodrigues, G.C., Cameira, M. R., Torres, M. O., Pereira, L.S.,** (2017) - Assessing yield, water productivity and farm economic returns of malt barley as influenced by the sowing dates and supplemental irrigation. *Agricultural Water Management* 179: 132-143.

**Pereira, L.S.**, (2004) Necessidades de Água e Métodos de Rega. Publ. Europa-América, Lisboa, 313 p.

**Pereira, L.S.**, (2017) Water, Agriculture and Food: Challenges and Issues. *Water Resources Management* 31: 2985–2999

**Pereira, H. S., Korndörfer, G. H., Vidal, A. D. A., & Camargo, M. S. D.** (2004). Silicon sources for rice crop. *Scientia agrícola*, 61(5), 522-528.

**Pereira, L. S., Teodoro, P. R., Rodrigues, P. N., & Teixeira, J. L.** (2003). Irrigation scheduling simulation: the model ISAREG. In *Tools for drought mitigation in mediterranean regions* (pp. 161-180). Springer, Dordrecht.

**Pereira L. S.**, (2007). Necessidades de água e programação da rega: modelação, avanços e tendências.: Modernización de Riegos y Uso de Tecnologías de Información (Taller CYTED-Riegos, La Paz, Bolivia). ([http://ceer.isa.utl.pt/cyted/2007/bolivia2007/Tema%201/1.1\\_LSPereira\\_LaPaz\\_Set07.pdf](http://ceer.isa.utl.pt/cyted/2007/bolivia2007/Tema%201/1.1_LSPereira_LaPaz_Set07.pdf)).

**Perdigão. A; Campelo. J & Braga. R** (2015) O Projeto SIGIMAP “Sistema Global de Inovação e Modernização da Agricultura Portuguesa.” VI Congresso

de Estudos Rurais. (ICS-UL) instituto de ciências sociais.16; 17 e 18 de julho de 2015. [acedido a 05-01-2018] Disponível em <[www.aboro.pt/index.php/projetos/sigimap](http://www.aboro.pt/index.php/projetos/sigimap)>.

**Plano de Rega do Alentejo.** (1967) Obra de rega dos Campos do Caia, Ministério das Obras Públicas (Direção dos Serviços Hidráulicos).

**Raes, D., Geerts, S., Kipkorir, E., Wellens, J., & Sahli, A.** (2006). Simulation of yield decline as a result of water stress with a robust soil water balance model. *Agricultural water management*, 81(3), 335-357.

**Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C., & Fereres, E.** (2009). AquaCrop—the FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description. *Agronomy Journal*, 101(3), 438-447.

**Raposo, J. R.** (1996). A rega: dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega. Fundação Calouse Gulbenkian, Lisboa; P-

**Reis, R.M.R., Gonçalves, M.Z.** (1987). O clima de Portugal. Caracterização climática da região agrícola do Alentejo. Fasc. XXXIV. I.N.M.G.

**Rijo, M.** (2007). Modernização de canais de rega. [acedido a 05-02-2018] Disponível em <[https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/3424/3/IICong%20Rega%20Dr enagem-artigo.pdf](https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/3424/3/IICong%20Rega%20Dr%20enagem-artigo.pdf)>.

**Rijo, M.** (2008) Modernização e controlo automático de sistemas de rega em canal -modernization and automatic control of open-channel irrigation systems. [acedido a 05-02-2018] Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/289538750\\_MODERNIZACAO\\_E\\_CONTROLAMENTO\\_AUTOMATICO\\_DE\\_SISTEMAS\\_DE\\_REGA\\_EM\\_CANAL\\_MODERNIZATION\\_AND\\_AUTOMATIC\\_CONTROL\\_OF\\_OPEN-CHANNEL\\_IRRIGATION\\_SYSTEMS](https://www.researchgate.net/publication/289538750_MODERNIZACAO_E_CONTROLAMENTO_AUTOMATICO_DE_SISTEMAS_DE_REGA_EM_CANAL_MODERNIZATION_AND_AUTOMATIC_CONTROL_OF_OPEN-CHANNEL_IRRIGATION_SYSTEMS)>.

**Rijo, M** (2010) – Canais de Adução. Projecto, Operação, Controlo e Modernização. Lisboa. Edições: Sílabo.

**Rijo, M., & Inácio, B.** (2014). Modernização de canais de rega. Uma aplicação. [acedido a 05-02-2018] Disponível em

<[https://www.researchgate.net/profile/Manuel\\_Rijo/publication/299604622\\_Modernizacao\\_de\\_canais\\_de\\_rega\\_Uma\\_aplicacao/links/57029c9b08aeade57a246568.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Manuel_Rijo/publication/299604622_Modernizacao_de_canais_de_rega_Uma_aplicacao/links/57029c9b08aeade57a246568.pdf)>.

**Rijo, M., Inácio, B., & Campos, J.** (2016) Supervisão e controlo de um sistema de canais de rega. Parte I-Definição e apresentação geral. [acedido a 14-12-2017] Disponível em <<http://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/19258/1/versao%20publicada%2002.pdf>>.

**Rijo, M., & Rodrigues, C.** (2016). Supervisão e controlo de um sistema de canais de rega. Parte II-Calibração hidráulica. [acedido a 14-12-2017] Disponível em <<http://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/19258/1/versao%20publicada%2002.pdf>>.

**Rinaldi M., Di Paolo E. and Vonella A. V.** (2006). Efficiency of water use in sugar beet and processing tomato cropped in Southern Italy. *Italian Journal of Agronomy*, 1(3): 369-378.

**Rodrigues, G.C., Pereira, L.S.,** (2009). Assessing economic impacts of deficit irrigation as related to water productivity and water costs. *Biosystems Engineering* 103: 536-551

**Rodrigues, P. N., Machado, T., Pereira, L. S., Teixeira, J. L., El Amami, H., & Zairi, A.** (2003). Feasibility of deficit irrigation with center-pivot to cope with limited water supplies in Alentejo, Portugal. In *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions* (pp. 203-222). Springer, Dordrecht.

**Rodrigues, G. C., Paredes, P., Gonçalves, J. M., Alves, I., & Pereira, L. S.** (2013). Comparing sprinkler and drip irrigation systems for full and deficit irrigated maize using multicriteria analysis and simulation modelling: Ranking for water saving vs. farm economic returns. *Agricultural water management*, 126, 85-96.

**Rosa R.D., Paredes P., Rodrigues G.C., Alves I., Pereira L.S.,** (2010). O modelo SIMDualKc para a simulação da rega e geração de calendários de rega. In: Pereira LS, Mexia JT, Pires CAL (Eds) 2010. *Gestão do Risco em Secas. Métodos, tecnologias e desafios*. Edições Colibri e CEER, Lisboa, pp. 279-300

**Rosa, R. D., Paredes, P., Rodrigues, G. C., Fernando, R. M., Alves, I., Pereira, L. S., & Allen, R. G.** (2012). Implementing the dual crop coefficient approach in interactive software: 2. Model testing. *Agricultural Water Management*, 103, 62-77.

**Saadi, S., Todorovic, M., Tanasijevic, L., Pereira, L. S., Pizzigalli, C., & Lionello, P.** (2015). Climate change and Mediterranean agriculture: impacts on winter wheat and tomato crop evapotranspiration, irrigation requirements and yield. *Agricultural Water Management*, 147, 103-115.

**Saraiva K. R., de Souza F.,** (2012). O efeito das mudanças climáticas nas necessidades hídricas do feijão-caupi no Curu-Pentecoste utilizando o modelo “ISAREG”. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 6(1): 8-13

**Santos, F.** (2018). Olive Water Use, Crop Coefficient, Yield, and Water Productivity under Two Deficit Irrigation Strategies. *Agronomy*, 8(6), 89.

**SIR** (2017) Área infraestruturada – total Nacional 2017. Sistema de Informação do Regadio, Autoridade Nacional do Regadio, Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, Lisboa, Portugal. [acedido a 01-02-2018]. Disponível em < <http://sir.dgadr.pt/exp-infra.>>.

**SOVENA**, Grupo - Comunicação pessoal, 2017.

**Spinoni, J., Vogt, J., Barbosa, P.,**( 2015). European degree-day climatologies and trends for the period 1951-2011. *International Journal of Climatology* 35: 25-36.

**SROA** (1961) – Serviço de reconhecimento e ordenamento Agrário - Carta de Solos.

**Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D.** (2012). *Crop yield response to water* (Vol. 1028). Rome: fao. [acedido a 31-10-2018]. Disponível em <[https://www.researchgate.net/profile/Nageswara\\_Rao\\_V/publication/236894273\\_Suhas\\_P\\_Wani\\_Rossella\\_Albrizio\\_V\\_Nageswara\\_Rao\\_2012\\_Sorghum\\_In\\_Crop\\_Yield\\_response\\_to\\_Water\\_FAO\\_Irrigation\\_and\\_Drainage\\_Paper\\_66\\_Eds\\_Pasquale\\_Steduto\\_Theodore\\_C\\_Hsiao\\_Elias\\_Fereres\\_and\\_Dirk\\_RaesPages\\_/links/0deec51a01ddf96cca000000/Suhas-P-Wani-Rossella-Albrizio-V-Nageswara-Rao-2012-Sorghum-In-Crop-Yield-response-to-Water-FAO-](https://www.researchgate.net/profile/Nageswara_Rao_V/publication/236894273_Suhas_P_Wani_Rossella_Albrizio_V_Nageswara_Rao_2012_Sorghum_In_Crop_Yield_response_to_Water_FAO_Irrigation_and_Drainage_Paper_66_Eds_Pasquale_Steduto_Theodore_C_Hsiao_Elias_Fereres_and_Dirk_RaesPages_/links/0deec51a01ddf96cca000000/Suhas-P-Wani-Rossella-Albrizio-V-Nageswara-Rao-2012-Sorghum-In-Crop-Yield-response-to-Water-FAO-)

Irrigation-and-Drainage-Paper-66-Eds-Pasquale-Steduto-Theodore-C-Hsiao-Elias-Fereres-and-Dirk-RaesP.pdf>.

**Stewart, W. D. P., & Rodgers, G. A. (1977).** The cyanophyte-hepatic symbiosis II. Nitrogen fixation and the interchange of nitrogen and carbon. *New Phytologist*, 78(2), 459-471.

**Stöckle, C. O., Donatelli, M., & Nelson, R. (2003).** CropSyst, a cropping systems simulation model. *European journal of agronomy*, 18(3-4), 289-307.

**Tanasijevic, L., Todorovic, M., Pereira, L. S., Pizzigalli, C., & Lionello, P. (2014).** Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management*, 144, 54-68.

**Teixeira, J. L. (1992).** Pereira, L.S., "ISAREG, irrigation scheduling simulation model" In: Pereira, L.S., Perrier, A., Ait Kadi, M., and Kabat (eds.) *Crop Water Models, Special Issue of the ICID Bulletin*, 41(2), 29-48.

**Thorntwaite, C. W. (1948).** An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review*, 38(1), 55-94.

**Valverde, P.; Carvalho, M.; Serralheiro, R.; Maia, R.; Ramos, V.; Oliveira, B. (2015 a)** Climate Change Impacts on Rain fed Agriculture in the Guadiana River Basin (Portugal). *Agricultural Water Management* 150 (2015) 35–45

**Valverde, P.; Serralheiro, R.; Carvalho, M.; Maia, R.; Oliveira, B.; Ramos, V (2015 b)** Climate Change Impacts on Irrigated Agriculture in the Guadiana River Basin (Portugal). *Agricultural Water Management* 152 (2015) 17–30R

**Victoria F.B., Viegas Filho J.S., Pereira L.S., Teixeira J.L., Lanna A.E., (2005).** Multi-scale modeling for water resources planning and management in rural basins. *Agric. Water Manage.* 77: 4-20

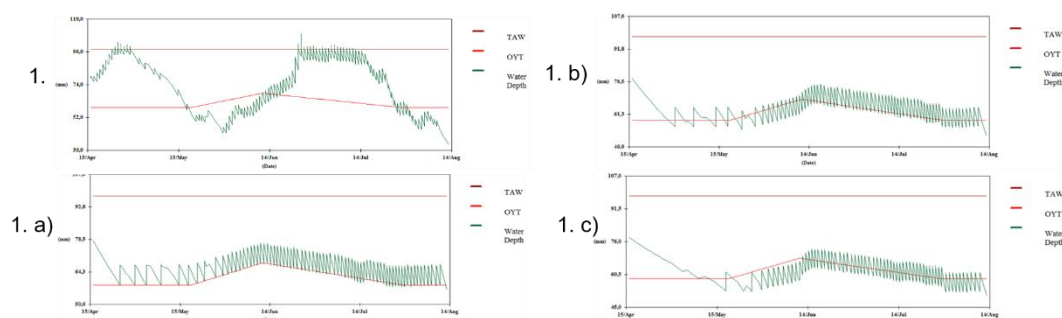
Victoria, F. B., Viegas Filho, J. S., Pereira, L. S., Teixeira, J. L., & Lanna, A. E. (2005). Multi-scale modeling for water resources planning and management in rural basins. *Agricultural Water Management*, 77(1-3), 4-20.

**WWDR** (2018) World Water Development Report, Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos Recursos Hídricos. [acedido a 08-10-2018]. Disponível em <[www.unesdoc.unesco.org](http://www.unesdoc.unesco.org)>.

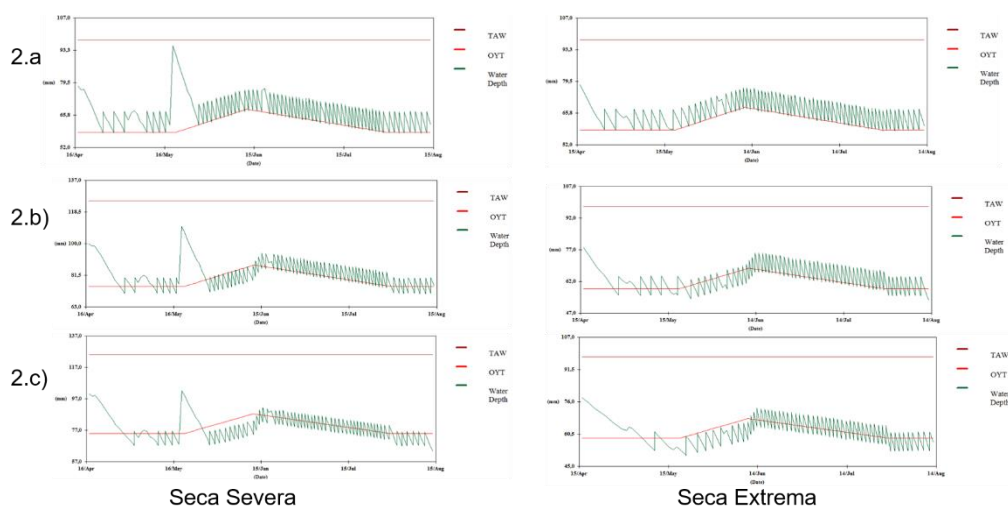
**Zairi, A., H. El Amami, A. Slatni, L.S. Pereira, P.N. Rodrigues, T. Machado,** (2003). Coping with drought: deficit irrigation strategies for cereals and field horticultural crops in Central Tunisia. In: G. Rossi, A. Cancelliere, L. S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*. Kluwer, Dordrecht, pp181-201.

**Anexos -Representação gráfica das aplicações de simulação de rega efetuadas em cada parcela analisada para os calendários de rega observados em 2017 e para os calendários de rega alternativos: em seca severa e extrema.**

## Parcela A – Pac+Pag

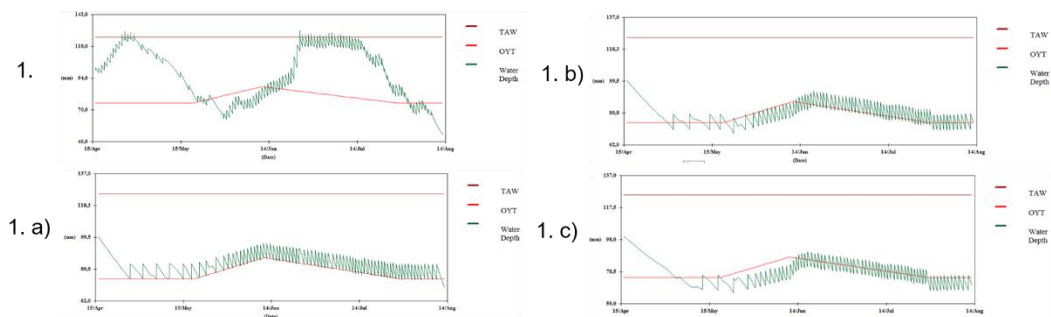


**Figura 40- Resultados das simulações de rega para a cultura do tomate, relativas as manchas de solo *Pac+Pag*,(I) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) déficit ligeiro e (1c) déficit moderado (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

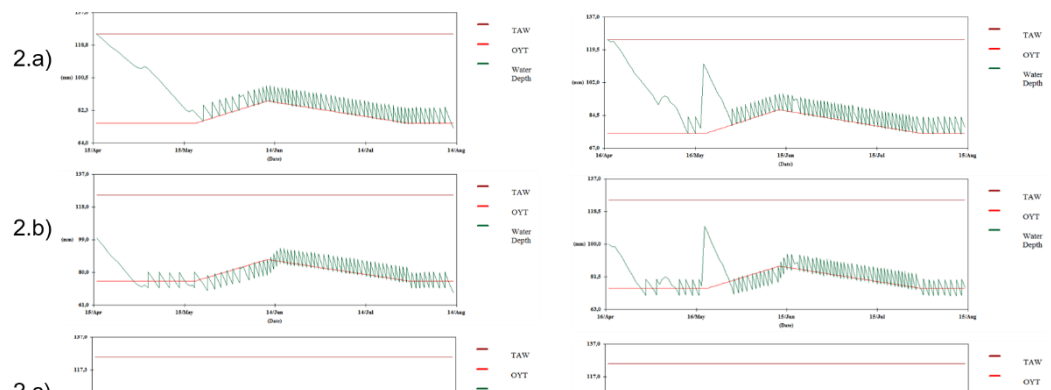


**Figura 41-Resultados das simulações de rega para a cultura do tomate, relativas as manchas de solo *Pac+Pag*, para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) déficit ligeiro e (2c) déficit moderado. (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

## Parcela A – Pac+Pc

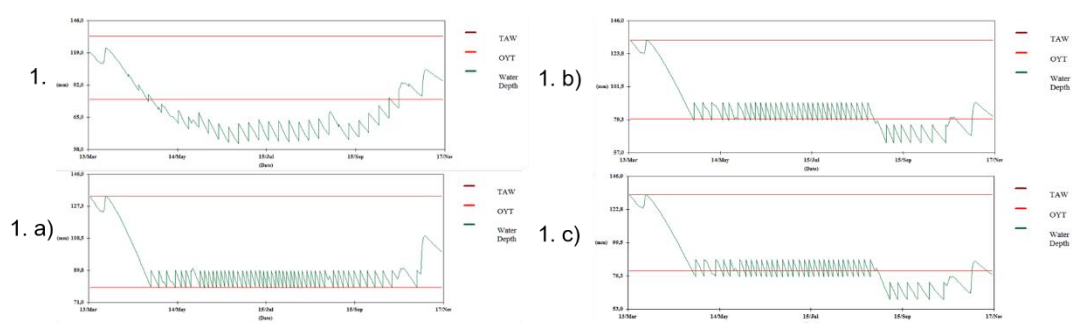


**Figura 42- Resultados das simulações de rega para a cultura do tomate, relativas as manchas de solo *Pac+Pc*, para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) déficit ligeiro e (2c) déficit moderado. (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

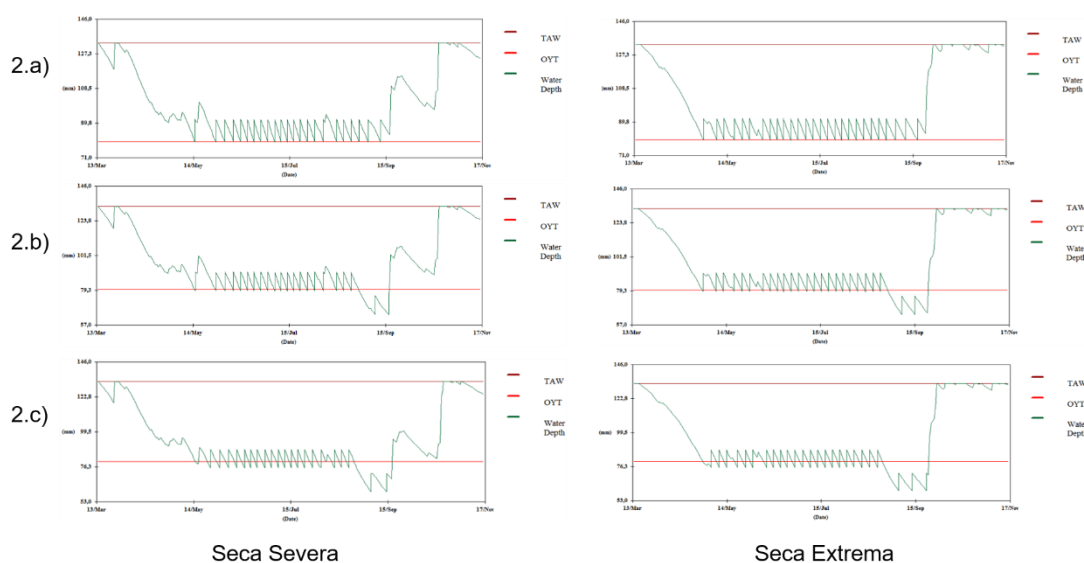


**Figura 43- Resultados das simulações de rega para a cultura do tomate, relativas as manchas de solo *Pac+Pc*, para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) déficit ligeiro e (2c) déficit moderado. (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

## Parcela B – Pcg

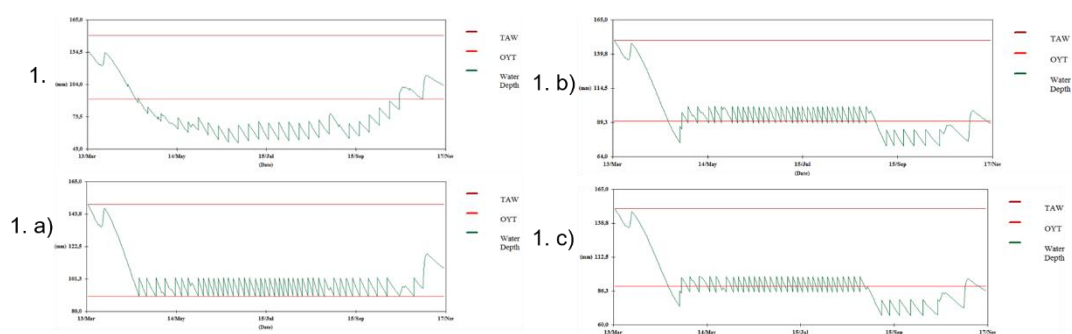


**Figura 44- Resultados das simulações de rega para a cultura do olival intensivo, relativas as manchas de solo Pcg,(I) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) défice ligeiro e (1c) défice moderado (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

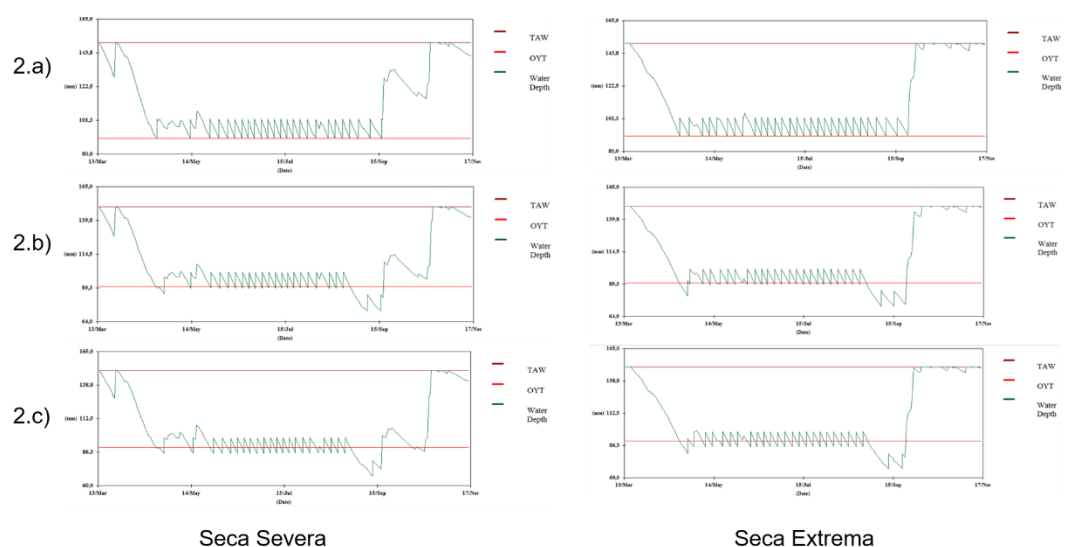


**Figura 45- Resultados das simulações de rega para a cultura do olival intensivo, relativas as manchas de solo Pcg, para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) défice ligeiro e (2c) défice moderado. (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

## Parcela B – Aac

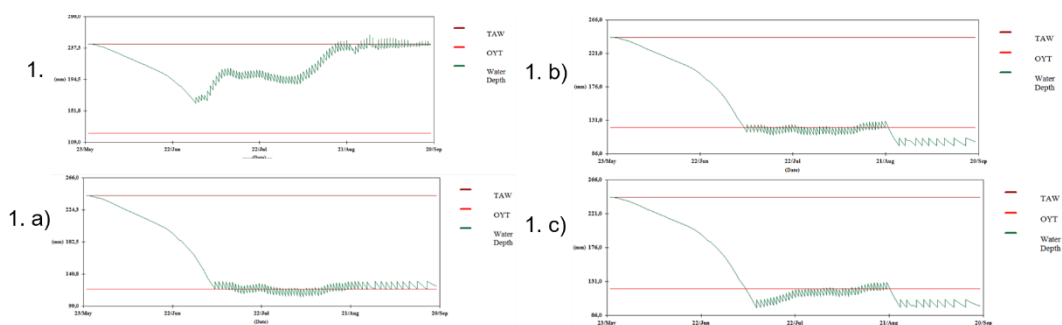


**Figura 46- Resultados das simulações de rega para a cultura do olival intensivo, relativas as manchas de solo Aac,(I) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) défice ligeiro e (1c) défice moderado (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

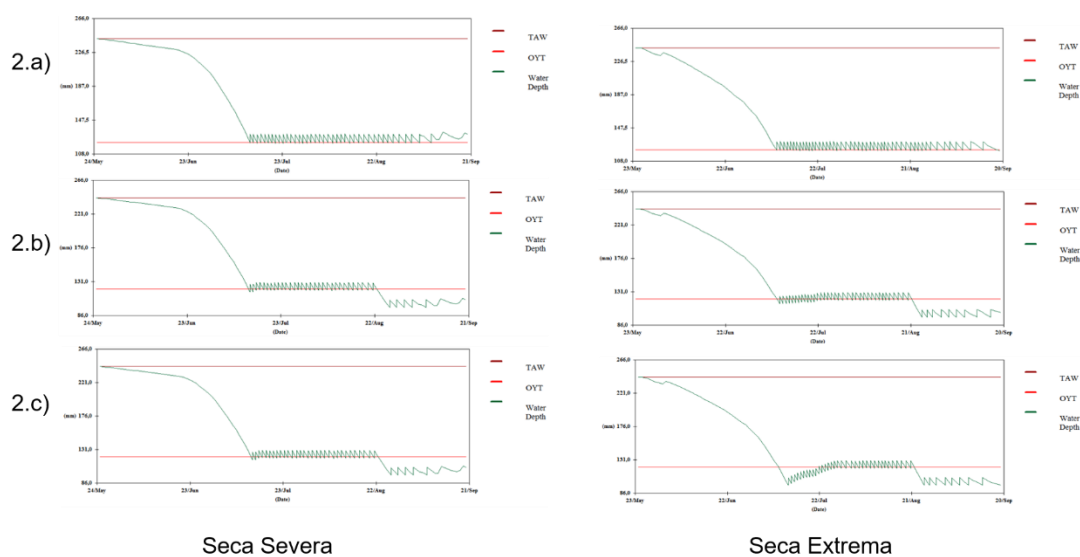


**Figura 47- Resultados das simulações de rega para a cultura do olival intensivo, relativas as manchas de solo Aac, para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) défice ligeiro e (2c) défice moderado. (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

## Parcela C – Pac+Pag

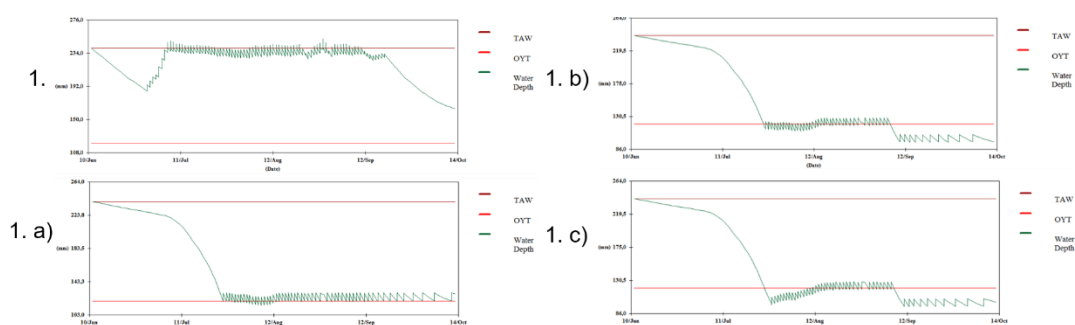


**Figura 48- Resultados das simulações de rega para a cultura do milho, relativas as manchas de solo Pac+Pag,(I) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) déficit ligeiro e (1c) déficit moderado (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

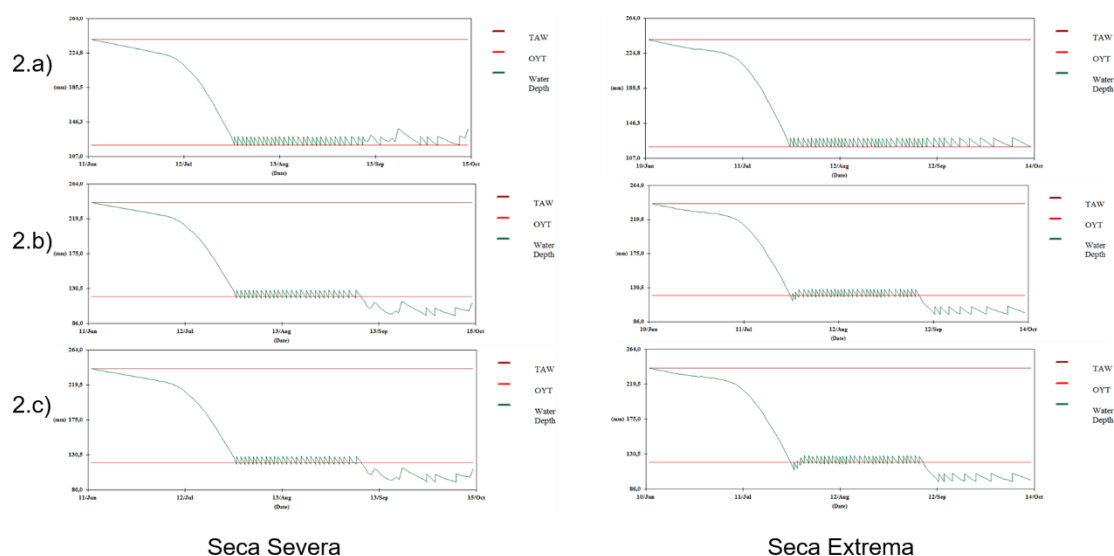


**Figura 49- Resultados das simulações de rega para a cultura do milho, relativas as manchas de solo Pac+Pag, para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) déficit ligeiro e (2c) déficit moderado. (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

## Parcela C – Sr+Pag

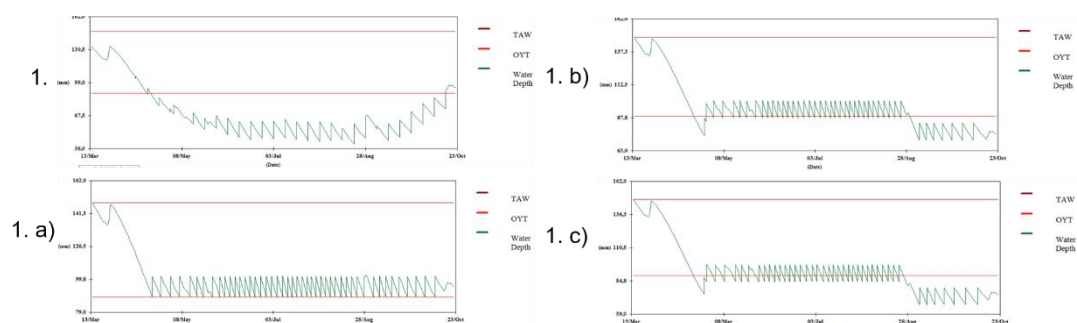


**Figura 50- Resultados das simulações de rega para a cultura do milho, relativas as manchas de solo Sr+Pag,(1) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) déficit ligeiro e (1c) déficit moderado (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

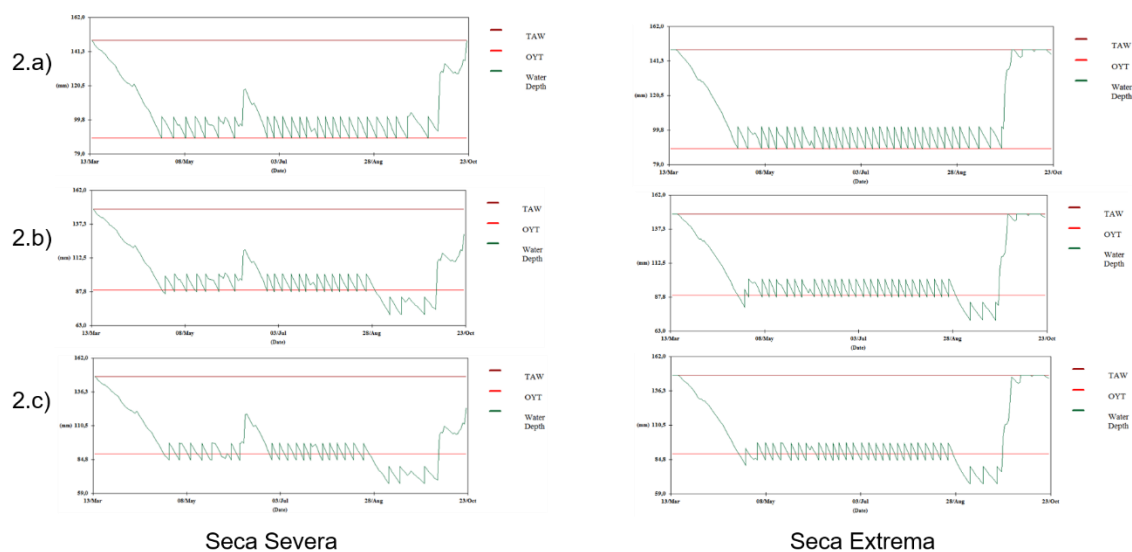


**Figura 51- Resultados das simulações de rega para a cultura do milho, relativas as manchas de solo Sr+Pag, para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) déficit ligeiro e (2c) déficit moderado. (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

## Parcela D – At

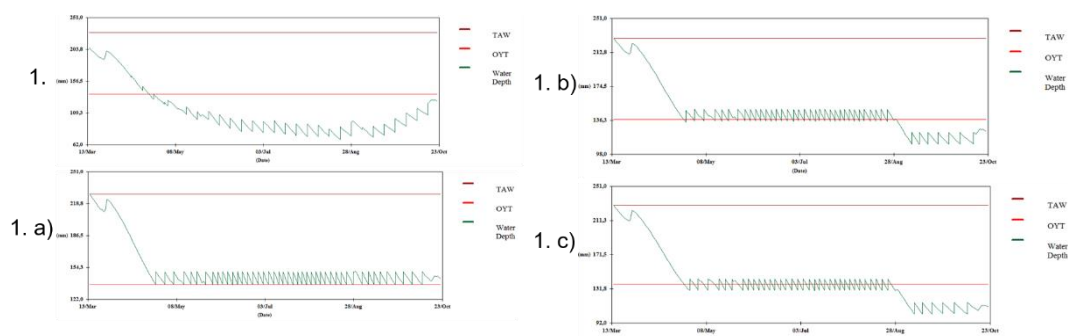


**Figura 52- Resultados das simulações de rega para a cultura do olival superintensivo, relativas as manchas de solo At,(I) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) défice ligeiro e (1c) défice moderado (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

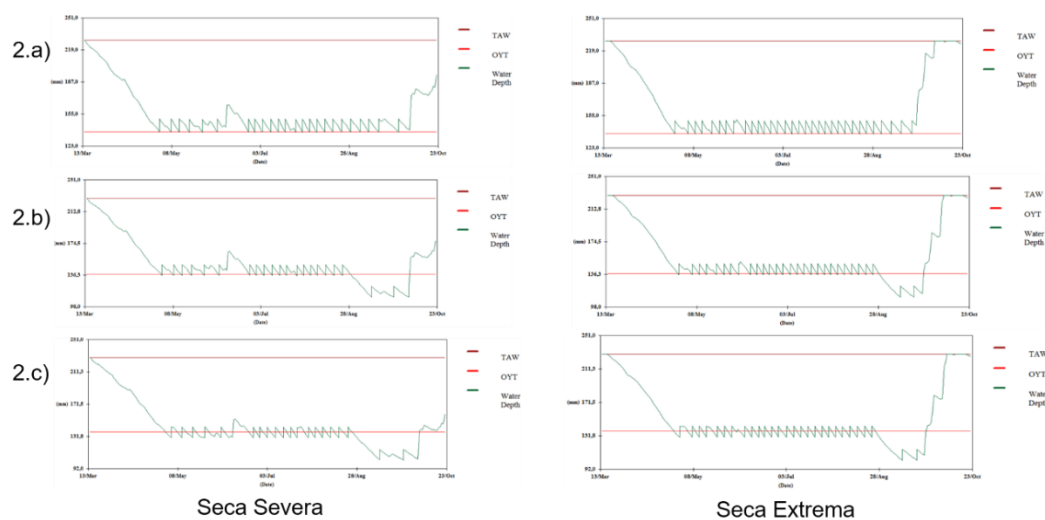


**Figura 53- Resultados das simulações de rega para a cultura do olival superintensivo, relativas as manchas de solo At, para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) défice ligeiro e (2c) défice moderado. (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

## Parcela D – Cpv

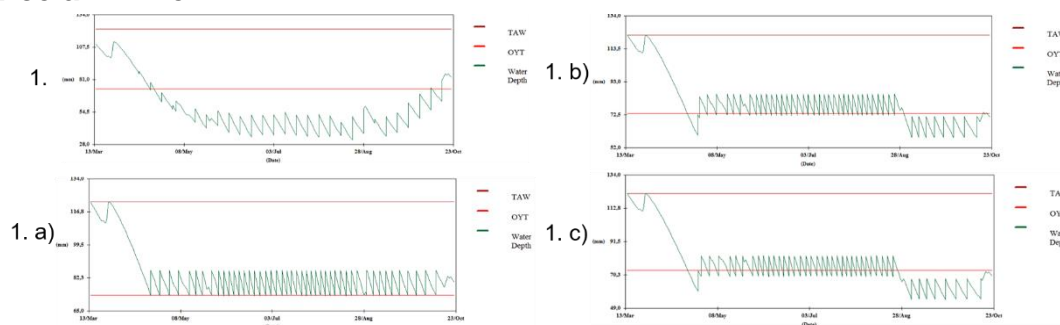


**Figura 54- Resultados das simulações de rega para a cultura do olival superintensivo, relativas as manchas de solo Cpv,(I) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) défice ligeiro e (1c) défice moderado (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

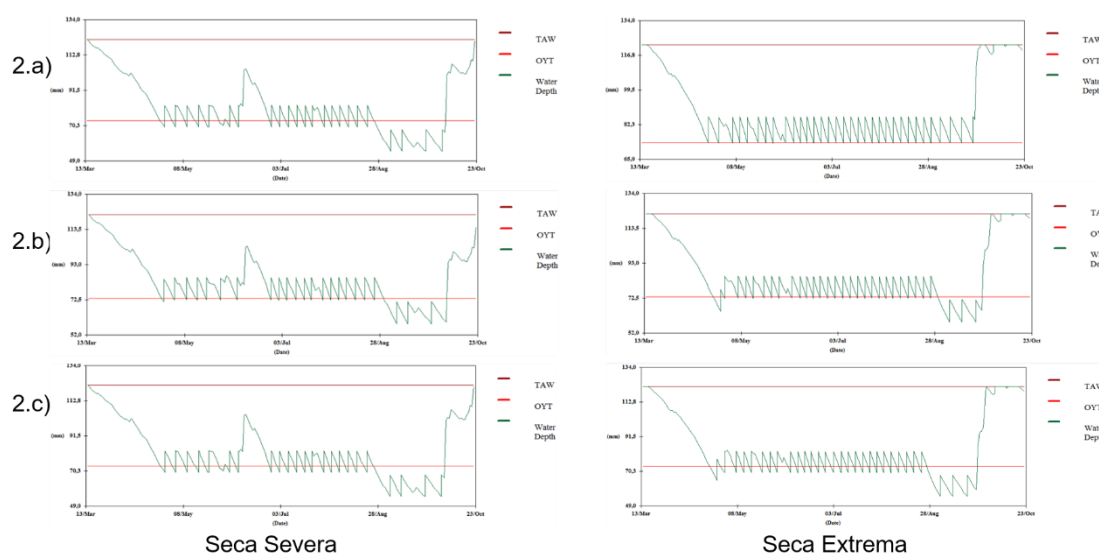


**Figura 55- Resultados das simulações de rega para a cultura do olival superintensivo, relativas as manchas de solo Cpv, para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) défice ligeiro e (2c) défice moderado. (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**

## Parcela D – Vc



**Figura 56- Resultados das simulações de rega para a cultura do olival superintensivo, relativas as manchas de solo Vc,(I) para o calendário de rega observado em 2017 e estratégias de rega (1a) maximização da produção; (1b) défice ligeiro e (1c) défice moderado (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**



**Figura 57- Resultados das simulações de rega para a cultura do olival superintensivo, relativas as manchas de solo Vc, para calendários em condições de seca severa e extrema e estratégias de rega (2a) maximização da produção; (2b) défice ligeiro e (2c) défice moderado. (TAW – água total disponível; OYT - água no solo facilmente utilizável).**