

DEFINIÇÃO DE MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA REGA DO OLIVAL SUPERINTENSIVO NA REGIÃO DO ALENTEJO

S. Branquinho¹, J. Rolim^{1,2}, J.L. Teixeira¹

¹ Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal, sofiaa.008@gmail.com, ilteixeira@isa.ulisboa.pt

² Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food [LEAF], Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, joaorolim@isa.ulisboa.pt

Resumo

O presente estudo teve como objetivo a avaliação dos impactos das alterações climáticas (AC) e a definição de medidas de adaptação, na gestão da rega do olival superintensivo, num olival na região do Alentejo. Iniciou-se este estudo através da recolha de dados climáticos de cenários de alteração climática. Consideraram-se dois cenários de AC, um mais otimista RCP 4.5 e um mais pessimista RCP 8.5 para os períodos de 2011-2040; 2041-2070; e 2071-2100. O cenário de referência utilizado corresponde ao período de 1971 a 2000. Com base no cenário de referência e nas anomalias dos cenários de AC foram produzidas séries climáticas perturbadas, corrigindo o viés das simulações produzidas pelos modelos climáticos regionais, RCM (*Regional Climate Models*). Este estudo foi realizado na herdade dos Linharinhos situada em Beja tendo-se recolhido dados de campo de um olival superintensivo da variedade Arbosana. Efetuou-se a caracterização edafoclimática do local assim como da cultura e do sistema de rega instalado na parcela e com base nestes dados foi realizada a calibração do modelo de simulação de balanço hídrico do solo, ISAREG. Posteriormente, o modelo ISAREG foi utilizado para realizar as projeções das necessidades de rega para os cenários futuros de alterações climáticas. No presente estudo foram estimadas as datas da fenologia do olival, através dos graus-dia (GDD, *growing degree-day*), para os diferentes cenários de AC, prevendo-se em particular que a data média da plena floração sofra uma antecipação de até 16 dias para o cenário RCP4.5 e de até 29 dias para o cenário RCP8.5 como consequência do aumento de temperatura associado às AC. Através do programa ISAREG modelaram-se as necessidades úteis de rega para dois cenários agrónomicos: i) nas condições base mantendo inalteradas as condições de produção atuais da herdade dos Linharinhos, nomeadamente mantendo a mesma estratégia de condução da rega, correspondendo a um cenário de disponibilidade hídrica e outro ii) em condições de défice hídrico mais acentuado, aumentando o stress hídrico na programação da rega, num cenário de escassez hídrica. No primeiro cenário espera-se um aumento médio das necessidades globais de rega para o cenário RCP4.5 de 15% e para o cenário RCP8.5 de 23%. No segundo, aplicando reduções da rega nos períodos de menor sensibilidade hídrica do olival obtêm-se poupanças de água até 22%. Os resultados obtidos permitem prever para os cenários de AC futuros uma antecipação geral da campanha de rega para a região de Beja e um aumento das necessidades hídricas das plantas que podem ser reduzidas através de estratégias de rega deficitária, assegurando a produção do olival nesta região.

Palavras Chave: Rega deficitária, balanço hídrico do solo, fenologia, modelos climáticos, rega gota-a-gota.

Introdução

Num mundo em constante evolução e onde as AC têm um impacto cada vez mais marcado torna-se necessário refletir sobre quais serão os seus impactos na gestão das mais importantes culturas permanentes no Alentejo, que têm sofrido uma enorme expansão nos últimos anos, como é o caso do olival superintensivo.

A cultura do olival é tradicional na região do Alentejo e é também a cultura de regadio que maior área ocupa nesta região. Nos últimos 10 anos, tem passado por uma evolução na sua gestão que teve como consequência direta um grande aumento na produção de azeite.

Com este estudo pretendeu-se contribuir para a identificação dos impactos das AC na gestão da rega na cultura do olival superintensivo no Alentejo e, paralelamente, definir e avaliar diferentes estratégias de rega que permitam a utilização eficiente e sustentável da água, num contexto de crescente escassez deste recurso essencial.

Material e Métodos

As etapas principais da metodologia utilizada foram:

- 1º** Recolha e análise dos dados de campo relativos à herdade dos Linharinhos;
- 2º** Identificação dos solos da herdade dos Linharinhos, com recurso à carta de solos de Portugal;
- 3º** Análise das normais climatológicas para a zona de Beja para o período de referência (1971-2000);
- 4º** Perturbação das séries climáticas relativas aos cenários climáticos futuros RCP4.5 e RCP8.5 para os períodos 2011-2040; 2041-2070; 2071-2100;
- 5º** Cálculo e análise das necessidades térmicas para as diferentes fases fenológicas (em particular até à plena floração) da oliveira com base nos dados dos anos de 2018 e 2019, através do cálculo dos GDD;
- 6º** Estimativa das datas fenológicas, relativas aos cenários climáticos futuros, em particular para a floração;
- 7º** Utilização do modelo ISAREG para o cálculo da ET_0 ;
- 8º** Calibração do modelo ISAREG, através da utilização dos dados observados do teor de água armazenada no solo obtidos por uma sonda capacitativa do solo instalada na linha do olival. Ajustou-se o parâmetro de calibração, o fator de redução (k_f) (Raposo, 1996), que depende da fração de terreno efetivamente coberto pela cultura e do seu estado vegetativo, até se atingir a concordância entre os valores simulados e observados.
- 9º** Estimativa das necessidades de rega, para o cenário de referência e cenários climáticos futuros, num contexto de disponibilidade de água e num contexto de poupança/escassez de água;

O estudo foi realizado na herdade dos Linharinhos em Beja, onde a principal variedade utilizada é a Arbosana, plantada em 2015, com um compasso utilizado de 3,75 x 1,35 m. Os solos da herdade são maioritariamente franco-argilosos.

Resultados e Discussão

Dados climáticos dos cenários de AC

Devido aos efeitos das AC são esperados até ao final do século aumentos da temperatura média, da evapotranspiração de referência e a diminuição da precipitação total para a região

de Beja, comparativamente ao cenário de referência (1971 - 2000). No Quadro 1 apresentam-se as anomalias esperadas para cada um dos cenários considerados (RCP 4.5 e RCP 8.5) nos três períodos estudados (2011 – 2040; 2041 – 2070; 2071 - 2100).

Quadro 1 - Anomalias da temperatura (T), precipitação (P) e evapotranspiração (ET).

Anomalias					
RCP4.5			RCP8.5		
2011-2040	2041-2070	2071-2100	2011-2040	2041-2070	2071-2100
T (°C)					
+ 0,8	+ 1,5	+ 1,9	+ 1,0	+ 2,2	+ 3,8
P (%)					
- 4,5	- 7,9	- 8,3	- 8,5	- 15,9	- 22,4
ET_o (mm)					
+ 36,1	+ 71,7	+ 83,4	+ 47,2	+ 98,2	+ 171,9

Comparativamente ao cenário de referência são esperados em média, aumentos de temperatura entre os 0,8 °C e os 1,9 °C para o cenário RCP 4.5 e entre 1,0 °C e os 3,8 °C para o cenário RCP 8.5. Estes valores das anomalias apresentadas estão dentro do intervalo de valores referidos pelo IPCC (2014) e Miranda et al. (2018), para o final do século XXI (período de 2071 a 2100), em que referem aumentos de temperatura entre +1,1 a +1,6 °C para o cenário RCP 4.5 e +2,6 e +4,8 °C para o cenário RCP 8.5.

No cenário RCP 4.5 espera-se uma redução de até 8,3% da precipitação média anual até 2100, enquanto que no cenário mais gravoso é esperada uma redução da precipitação de mais do dobro do anterior, chegando a -22,4%. Os resultados obtidos para Beja apontam para uma diminuição da precipitação média entre o cenário de referência e os cenários de AC dentro dos intervalos descritos por Pires et al. (2018) em que apontam para uma redução anual de -5 a -10% para o cenário RCP4.5, o que significa uma redução da precipitação anual de cerca de 25 a 60 mm; e para o cenário RCP8.5 uma redução de -10% a -30% que corresponde a uma diminuição da precipitação anual de até 170 mm. A evapotranspiração de referência aumenta nos cenários futuros de AC, como se pode verificar no Quadro 1.

As projeções, acima apresentadas, para as variáveis temperatura, precipitação e evapotranspiração terão uma influência importante na agricultura, especialmente nas regiões com clima do tipo mediterrâneo e nas regiões interiores, como é o caso do Alentejo. A concretizarem-se estas projeções de AC para a região do Alentejo, a agricultura sofrerá consequências negativas e haverá a necessidade de tomar medidas de adaptação e mitigação.

Fenologia

A falta de horas de frio é uma das evidências das AC que já se começam a sentir e afeta a fenologia das culturas. Neste estudo foi feita a estimativa das datas das fases fenológicas, para o cenário de referência e para os cenários de AC considerados, através da média dos resultados da soma dos GDD obtidos para o ano de 2018 e 2019 e que foi de 540 °C.dia.

Os resultados apresentados no Quadro 2, correspondem à estimativa da data da plena floração e mostram uma antecipação da mesma até cerca de 29 dias. Estes resultados estão de acordo com os descritos na bibliografia, que projetam uma antecipação da data da plena floração, devido ao aumento de temperatura que pode chegar até 34 dias no cenário mais desfavorável (RCP 8.5) na região do mediterrâneo (Galan *et al.*, 2004; Pérez-López *et al.*, 2008; Avolio *et al.*, 2012, Tanasijevic *et al.*, 2014, García-Mozo *et al.*, 2015).

Quadro 2 - Estimativa das datas da plena floração para os cenários climáticos considerados.

Cenários climáticos	Plena floração
Observado pela empresa (2018)	28 de maio
Observado pela empresa (2019)	10 de maio
Cenário de referência (1971-2000)	23 de maio
RCP4.5 (2011-2040)	15 de maio
RCP4.5 (2041-2070)	12 de maio
RCP4.5 (2071-2100)	7 de maio
RCP8.5 (2011-2040)	15 de maio
RCP8.5 (2041-2070)	5 de maio
RCP8.5 (2071-2100)	24 de abril

Simulação das necessidades de rega

Os resultados da simulação do modelo ISAREG são divididos nas projeções das necessidades de rega líquidas para as duas estratégias de condução da rega: **i)** manutenção das condições base assumindo um cenário de disponibilidade hídrica e **ii)** aumento do déficit hídrico considerando uma situação de escassez hídrica resultante dos impactos das AC.

O primeiro cenário de condução da rega, considera a manutenção das condições atuais de produção e de disponibilidade hídrica. Tem como base a manutenção da condução da rega na herdade dos Linharinhos, regando-se de forma a não prejudicar a produção. Utilizaram-se os valores de K_c apresentados por Pastor (1994) apresentados no Quadro 3. Estes valores variam entre 0,45 a 0,65. Os valores mais elevados correspondem às fases onde ocorre maior sensibilidade ao stress hídrico.

Quadro 3 - Valores de K_c ao longo do ano para um olival com 60% do solo coberto. Fonte: Pastor M, 1994.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
K_c	0,50	0,50	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,55	0,60	0,65	0,50

Os resultados obtidos para os cenários de AC mostram que as necessidades de rega tendem a aumentar comparativamente ao cenário de referência, como se pode observar na Figura 2. Nota-se através da Figura 2 que as necessidades de rega mais elevadas correspondem ao último período (2071-2100) do cenário RCP8.5, o que é justificável pelas temperaturas mais elevadas que levam à ocorrência de valores mais elevados de evapotranspiração da cultura neste cenário e também pelos menores valores de precipitação. Em média as necessidades úteis de rega no cenário RCP 4.5 são de 229 mm e no cenário RC P8.5 são de 246 mm. Pode-se, portanto, afirmar que, devido ao impacto das AC, se se mantiver a gestão atual da rega,

no futuro tanto no cenário mais otimista, como no mais pessimista as necessidades de rega do olival superintensivo em Beja tenderão a aumentar.

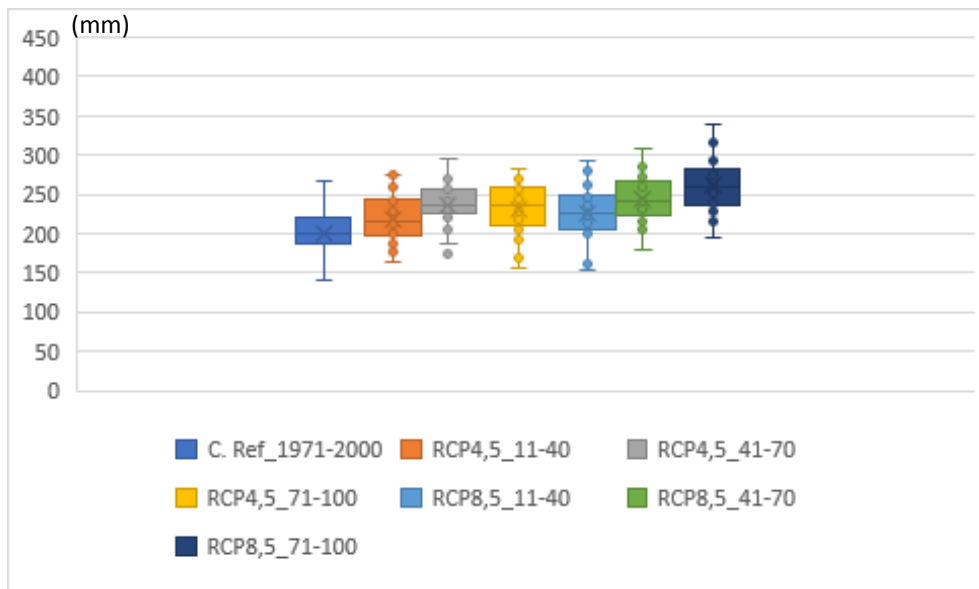


Figura 2-Diagrama de extremos e quartis relativo às necessidades de rega no contexto de manutenção das condições base.

As projeções do aumento das necessidades de rega para um contexto de disponibilidade hídrica correspondem a um aumento em média para o cenário RCP 4.5 de 15,2% e para o cenário RCP 8.5 espera-se um aumento de cerca de 23,2% em comparação com o cenário de referência.

Os resultados obtidos estão de acordo com o estudo de Tanasijevic et al., (2014) onde os autores projetam um aumento das necessidades de rega de 18,5% para a região do Mediterrâneo.

Com este estudo observamos que os aumentos das necessidades de rega do olival devem-se sobretudo aos aumentos na evapotranspiração e à diminuição da precipitação, resultados que vão de encontro aos obtidos por Tanasijevic et al., (2014) e Paulo & Pinto, (2014).

O segundo cenário de condução da rega, considera que os impactos das AC afetariam a disponibilidade de água para a rega e como tal, a rega teria de realizar-se com níveis de stress hídricos mais elevados.

Atualmente, parece ser consensual que a rega deficitária apresenta alguns benefícios para a condução da rega do olival superintensivo, para além de ser uma forma de poupar água, pois também traz vantagens ao nível do desenvolvimento do olival superintensivo já estabelecido, uma vez que constitui uma forma de controlar o desenvolvimento vegetativo que tende a ser excessivo neste sistema de olival, ou até mesmo traz melhorias a nível da qualidade do azeite. Neste estudo, optou-se por analisar o método de rega deficitária controlada, por ser o que tem em conta as fases fenológicas do olival penalizando menos a produção.

As percentagens das necessidades de rega a aplicar, em cada período, são apresentadas no Quadro 4 e foram definidas segundo o estudo de Fernández *et al.* (2013). Este estudo apresenta os períodos de maior sensibilidade do olival ao stress hídrico, que correspondem àqueles onde as necessidades de rega deverão ser cumpridas a 100%, e que são até à plena floração (A-C) e desde o pico de acumulação de óleo até ao endurecimento do endocarpo (F-H). No entanto, até à primeira fase de desenvolvimento do fruto, um excesso de stress hídrico também pode ser prejudicial e penalizar o tamanho do fruto (Ferreyra *et al.*, 2001) pelo que se decidiu aplicar até 80% das necessidades de rega.

Quadro 3 - Valores das percentagens das necessidades de rega a aplicar na rega na situação de escassez hídrica.

Períodos	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I
% das necessidades de rega cumpridas	100%		40%	80%	40%	100%	100%	40%

Para a realização das projeções das necessidades úteis de rega neste contexto de escassez hídrica, foram mantidas as durações entre períodos do ciclo da cultura utilizadas na condições base, acrescentado um período entre julho e agosto onde o stress induzido pode ser superior, ou seja, o valor de K_c , pode ser menor. Os valores de K_c foram ajustados iterativamente, para cada cenário climático, uma vez que o valor do coeficiente de stress (K_s) já se encontra integrado implicitamente no valor de K_c , sendo os resultados apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Valores de K_c ajustados em função do stress hídrico imposto nos diferentes períodos no cenário de escassez hídrica.

Períodos	K_c ajustado									
	A	B	C	D	E	E'	F	G	H	I
Cen Ref	0,60	0,60	0,40	0,50	0,25	0,25	0,45	0,55	0,40	0,20
RCP4.5 (11-40)	0,60	0,60	0,40	0,45	0,40	0,15	0,35	0,55	0,60	0,20
RCP4.5 (41-70)	0,60	0,60	0,55	0,35	0,35	0,15	0,30	0,55	0,50	0,20
RCP4.5 (71-100)	0,60	0,60	0,50	0,50	0,45	0,15	0,35	0,55	0,30	0,20
RCP8.5 (11-40)	0,60	0,60	0,50	0,45	0,35	0,25	0,25	0,55	0,55	0,20
RCP8.5 (41-70)	0,60	0,60	0,50	0,45	0,45	0,15	0,40	0,55	0,45	0,20
RCP8.5 (71-100)	0,60	0,60	0,55	0,40	0,40	0,25	0,40	0,55	0,55	0,20

Observa-se que os valores mais elevados de K_c ajustado estão concentrados até ao período C que corresponde à data da plena floração e ocorrem novamente nos períodos G e H que correspondem à fase do pico de acumulação do óleo, períodos onde o olival é bastante sensível à falta de água.

Por outro lado, os valores de $K_{c\text{ ajustado}}$ mais baixos correspondem aos períodos E até F, altura onde ocorre a dormência estival e os valores de K_s podem ser mais elevados, pois o olival suporta melhor o stress hídrico nesta altura (Pastor *et al.*, 2005; Oliveira, 2011; Fernández *et al.*, 2013; Rosecrance *et al.*, 2015; Marra *et al.*, 2016; Ahumada-Orellana *et al.*, 2018; Capra & Scicolone, 2018). O mesmo acontece no último período considerado, onde muitas vezes nem é necessário regar, pois as necessidades hídricas já são asseguradas pela precipitação (Fernández, *et al.*, 2013).

Na Figura 3 é apresentado o diagrama de extremos e quartis num contexto em que todos os cenários considerados foram sujeitos a condições de stress hídrico mais elevado, inclusive o cenário de referência.

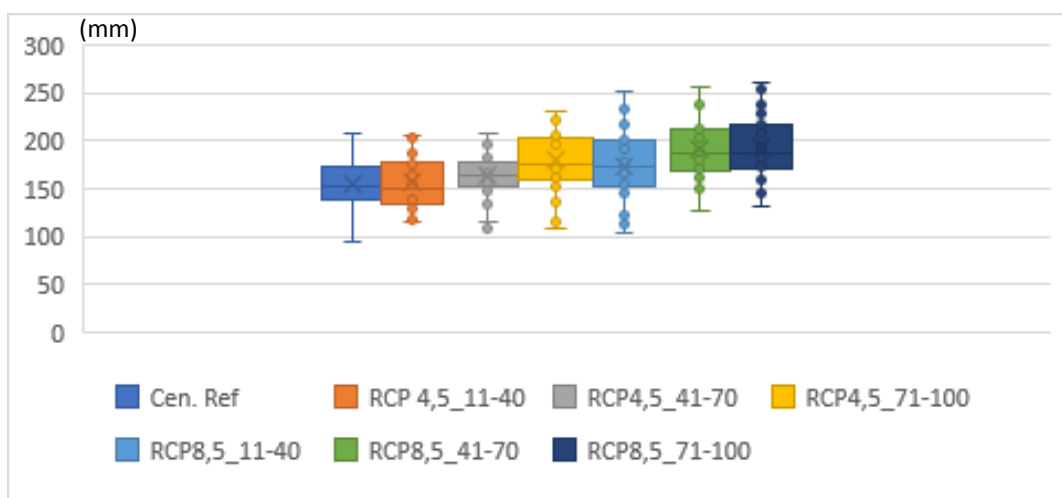


Figura 3 - Diagrama de extremos e quartis das necessidades de rega anuais da cultura num contexto de carência de água

Através da análise da Figura 3 observa-se, que tal como na condições base, as necessidades globais de rega continuam a aumentar com o cenário considerado.

O aumento das necessidades hídricas globais do cenário RCP 8.5 é desde o início muito superior ao cenário RCP 4.5, o que é explicado pela forte influência das alterações na precipitação esperada para os cenários futuros, onde a redução da precipitação projetada é mais do dobro no cenário mais gravoso. No contexto de escassez hídrica ocorre uma redução da aplicação de rega especialmente entre julho e agosto, na fase entre o endurecimento do endocarpo e antes do pico de acumulação de óleo, ou seja, antes da maturação. De acordo com vários autores (Pastor *et al.*, 2005; Fernández, *et al.*, 2013; Rosecrance, *et al.*, 2015; Marra *et al.*, 2016; Ahumada-Orellana *et al.*, 2018) reduções na rega nesta fase não prejudicam consideravelmente a produção de fruto e inclusivamente poderão contribuir para a melhoria da qualidade do azeite.

A poupança de água verificada pela adoção de níveis mais elevados de stress hídrico nas fases de maior tolerância do olival ao mesmo, representa em média cerca de 63 mm no cenário RCP 4.5 e 59 mm no RCP 8.5 (2071-2100).

Conclusões

Os resultados obtidos mostram que para os cenários de AC a data da plena floração pode antecipar-se até cerca de 1 mês, o que significa que na região do Alentejo podemos esperar florações em média a ocorrer mais frequentemente no início de maio. Projeta-se que as precipitações nos meses de abril e maio para os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 irão diminuir significativamente o que em termos globais poderá traduzir-se numa antecipação geral da campanha de rega.

As AC projetadas para Beja levam a um aumento das necessidades de rega, no entanto, sendo o olival uma cultura muito adaptada à região do Mediterrâneo, ao contrário de outras culturas, consegue suportar estratégias de rega deficitária mais acentuadas. A simulação da estratégia de rega deficitária mostra que é possível reduzir as necessidades de rega para ambos os cenários de AC, comparativamente ao cenário de referência nas condições base e desta forma pode-se afirmar que existe uma margem considerável para ajustar os consumos de água de rega à expectável redução das disponibilidades de água, o que permitirá continuar, no futuro, a produção desta cultura nesta região. Verifica-se, portanto, que o impacto causado pelas AC na produção do olival estará dependente em grande medida da capacidade de adaptação dos produtores e técnicos às mesmas.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Empresa ELAIA e em especial à Eng.^a Isabel Ribeiro, e ao Eng.^o António Mateus pelo apoio e a disponibilização dos dados da Herdade dos Linharinhos para realização deste trabalho.

Este estudo foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através da unidade de investigação Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF – UID/AGR/04129/2020). João Rolim foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através do contracto de investigador DL 57/2016/CP1382/CT0021.

BIBLIOGRAFIA

- Ahumada-Orellana LE, Ortega-Farías S, Searles PS. 2018. Olive oil quality response to irrigation cut-off strategies in a super-high-density orchard. *Agricultural Water Management* **202**: 81-88.
- Avolio E, Orlandi F, Bellecci C, Fornaciari M, Federico S. 2012. Assessment of the impact of climate change on the olive flowering in Calabria (southern Italy). *Theoretical and Applied Climatology* **107**: 531-540.
- Capra A e Scicolone B. 2018. Irrigation scheduling optimization in olive groves. *Journal of Experimental Agriculture International* **28**: 1-19.
- Fernández JE, Perez-Martin A, Torres-Ruiz JM, Cuevas MV, Rodriguez-Dominguez CM, Elsayed-Farag S, Morales-Sillero A, García J, Hernandez- Santana V, Diaz-Espejo A. 2013. A regulated deficit irrigation strategy for hedgerow olive orchards with high plant density. *Plant Soil* **372**: 279-295.
- Ferreira R, Sellés Van G, Sellés I. 2001. *Riego deficitario controlado en olivos*. 1ª.Ed. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Galan C, García-Mozo H, Vázquez L, Ruiz L, Díaz de la Guardia C, Trigo M. 2004. Heat requirement for the onset of the olea europea L. pollen season in several sites in Andalusia and the effect of the expected future climate change. *International Journal of Biometeorology* **49**: 184-188.
- García-Mozo H, Oteros J, Galá C. 2015. Phenological changes in olive (*Olea europaea* L.) reproductive cycle in southern Spain due to climate change. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* **22**: 421-428.
- Marra FP, Marino G, Marchese A, Caruso T. 2016. Effects of different irrigation regimes on a super- high- density olive grove cv. "Arbequina": vegetative growth, productivity and polyphenol content of the oil. *Irrigation Science* **34**: 313-325.

- Miranda P, Cardoso R, Soares P, Valente M, Viterbo P. 2018.** A Mudança Climática. *Cultivar. Cadernos de Análise e Prospetiva*, **12**: 29-37.
- Oliveira Isaurindo. 2011.** *Técnicas de Regadio. Teoria e Prática*. 2ª Ed. Volume II. Beja, Portugal: Rollo & Filhos.
- Pastor M. 1994.** Riego deficitario del olival- Los programas de recorte de riego en olivar. *Agricultura: Revista agropecuária y ganadera* **746**: 768-776.
- Pastor M, Vega V, Hidalgo JC. 2005.** Ensayos en plantaciones de olivar superintensivas e intensivas. *Vida Rural* **218**: 30-40.
- Paulo A, Pinto H. 2014.** Necessidades hídricas do olival no Alentejo e projecções para o período 2071-2100. *Revista da Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém* **4** : 148-162.
- Pérez-López D, Ribas F, Moriana A, Rapoport HF, De Juan A. 2008.** Influence of temperature on the growth and development of olive (*Olea europaea* L.) trees. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* **83**: 171-176
- Pires V, Cota T, Silva Á. 2018.** Alterações observadas no clima atual e cenários climáticos em Portugal continental – Influência no setor agrícola. *Cultivar. Cadernos de Análise e Prospetiva* **12**: 57-67.
- Raposo. 1996.** *A rega. Dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega*. 1ª .Ed. Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Rosecrance RC, Krueger WH, Milliron L, Bloesed J, Garcia C, Mori B. 2015.** Moderate regulated deficit irrigation can increase olive oil yields and decrease tree growth in super high density 'Arbequina' olive orchards. *Scientia Horticulturae* **190**: 75-82.
- Tanasijević L, Todorovic M, Pereira LS, 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.