

## Resposta do Olival Intensivo e Super-Intensivo a Dois Regimes de Rega: Parâmetros Fisiológicos, Produção e Qualidade

Renato Coelho<sup>1\*</sup>, Margarida Vaz<sup>1</sup>, Francisco L. Santos<sup>1</sup>, Adélia Sousa<sup>1</sup>, Ana Elisa Rato<sup>1</sup>, Shakib Shahidian<sup>1</sup>, Teresa A. Paço<sup>2</sup>, Mariana Mota<sup>2</sup>, António Nogueira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM), Universidade de Évora, Portugal, \*email: rcoelho@uevora.pt;

<sup>2</sup>CEER – Biosystems Engineering, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal

### Resumo

O olival de regadio tem tido grande expansão nos últimos anos no Alentejo, sendo a administração da rega mais adequada às necessidades hídricas um dos fatores determinantes da sua boa gestão. No presente trabalho, avaliou-se a resposta de duas variedades de *Olea europaea*, Cobrançosa e Arbequina, em regime intensivo e super-intensivo, respetivamente, a duas dotações de rega, a normalmente utilizada pelo agricultor (RA) e outra experimental, com dotações acima (RA+) ou abaixo (RA-) das praticadas em RA. Mediram-se os principais parâmetros hídricos das plantas e o teor em clorofilas, e registou-se a assinatura espectral em folhas adultas e jovens, ao meio-dia solar, em três épocas do ano, primavera, final do verão e inverno de 2011. Em Outubro foi feita a colheita, tendo-se quantificado a produção em termos de produção total e teor de óleo na matéria seca, e a qualidade do azeite em termos de acidez e oxidação. Face aos resultados, conclui-se que no olival intensivo de Cobrançosa, na rega experimental (RA+), acima da praticada pelo agricultor, não se verificou diferenças significativas na produção total nem no teor de óleo na matéria seca. Não se verificaram também diferenças significativas entre as regas nos parâmetros hídricos avaliados. Quanto ao olival super-intensivo de Arbequina, a rega experimental (RA-), deficitária relativamente à do agricultor (RA), acarretou menor produção, associada a menor teor relativo de água nas folhas, potenciais hídricos mais negativos e menor condutância estomática no final do verão e inverno, mantendo-se no entanto o teor de óleo nos frutos. O teor em clorofilas e alguns índices de vegetação foram influenciados pelo regime de rega apenas em algumas das datas. Nos dois olivais, as regas experimentais não influenciaram a qualidade do azeite, tendo-se obtido azeites extra virgem com propriedades semelhantes aos das modalidades RA. O estudo prossegue em 2012.

**Palavras-chave:** *Olea europaea*, Cobrançosa, Arbequina, Relações Hídricas, Índices de Vegetação

### Abstract

Olive grove irrigation has substantially increased in the past years on the region of Alentejo (southern Portugal). The correct determination of the plant water requirements is one of the key factors on the orchard management. This work evaluates the response of two varieties of *Olea europaea*, Cobrançosa in an intensive grove (hereafter named FEA) and Arbequina in a hedgerow orchard (hereafter named OSul), subject to two water regimes, the one usually practiced by the farmer (emitters with flow rate 1,6 or 2,3 l h<sup>-1</sup> on FEA or OSul, respectively) and an excessive water supply on FEA or a deficit irrigation in OSul. The main water relation parameters, chlorophyll

content and spectral emission were determined on adult and young leaves, at solar mid-day, three times over the year, spring, late summer and winter 2011. In October, fruits were harvested and total production, oil content and quality were assessed. The results show that in the intensive grove of Cobrançosa (FEA), water supply above the one practiced by the farmer did not improve fruit production neither oil content or quality. There were also no significant differences between the water relation parameters of plants subject to the two irrigation regimes. As to the hedgerow orchard of Arbequina (OSul), deficit irrigation induced lower production and also lower leaf water content, lower water potential and lower stomatal conductance at the end of summer and winter, although oil content and quality remained similar. Chlorophyll content and vegetation indexes were only occasionally affected by the irrigation regime. In both olive groves and irrigation regimes, oil quality was not affected, always attaining the characteristics of an extra virgin olive oil. This research continues in 2012.

**Key-words:** *Olea europaea*, Cobrançosa, Arbequina, Water Relations, Vegetation Indexes

### **Introdução**

O olival de regadio tem tido grande expansão nos últimos anos no Alentejo. O clima tipicamente mediterrânico, com verões muito secos e quentes, leva à necessidade de rega em quantidade significativa (Ramos & Santos, 2010). A administração da rega mais adequada às necessidades hídricas é um dos fatores determinantes da boa gestão do olival, tanto sob os aspetos económicos como os ecológicos. Se, por um lado, interessa manter uma elevada disponibilidade de água para as plantas de modo a favorecer o seu crescimento, por outro, o consumo energético associado à rega e a eventual perda de teor e, ou, qualidade do óleo na ausência de stresse hídrico significativo requerem um estudo balanceado de ambos os aspetos.

No presente trabalho, avaliou-se a resposta de duas variedades de *Olea europaea*, Cobrançosa e Arbequina, em regime intensivo e super-intensivo, respetivamente, a duas dotações de rega.

### **Material e Métodos**

O presente ensaio foi realizado em dois olivais na região de Évora (Alentejo, Portugal) com duas variedades de oliveira e conduções distintas. No olival intensivo, pertencente à Fundação Eugénio de Almeida (38°29'54.57" N, 7°45'08.48" O), que se passa aqui a designar olival FEA, com a variedade Cobrançosa, as árvores, plantadas em 2001, têm um espaçamento de 8 × 4,2 metros e são normalmente irrigadas por gotejadores com um fluxo de 1,6 l h<sup>-1</sup> separados de 1 metro. O olival super-intensivo, pertencente à empresa Olivais do Sul, aqui designado de OSul (38°24'47.03" N, 7°43'38.36" O), é da variedade Arbequina e foi plantado em 2006 com um espaçamento entre árvores de 3,75 × 1,35 metros. Aqui, a rega é feita normalmente por gotejadores com débito de 2,3 l h<sup>-1</sup> espaçados de 0,75 metros.

Em cada um dos olivais foram selecionadas oito árvores em duas linhas. Numa das linhas as plantas ficaram sujeitas à dotação normal de rega, aqui designada de rega do agricultor (RA), com um débito de 1,6 l h<sup>-1</sup> no olival FEA e 2,3 l h<sup>-1</sup> no olival OSul. Na outra linha, no olival FEA de Cobrançosa, usou-se um débito de 2,3 l h<sup>-1</sup>, ou seja, acima do praticado pelo agricultor, designado de RA+, e no olival OSul de Arbequina, reduziu-se o débito para 1,6 l h<sup>-1</sup>, ou seja, abaixo do praticado pelo agricultor, designado de RA-.

Os principais parâmetros hídricos das plantas foram determinados em três datas, 13 de Maio, 21 de Setembro e 6 de Dezembro, correspondendo assim a três épocas distintas do ano, primavera, final do verão e inverno de 2011. O potencial hídrico ( $\Psi$ ) foi medido com uma câmara de pressão (pms instruments, Corvallis, U.S.A), ao meio dia solar, em pequenos ramos terminais com cinco a dez folhas, quatro ramos por árvore, dois exposto ao sol e dois à sombra, num total de 16 medições por rega em cada olival em cada uma das três datas. Em simultâneo, foi avaliado o grau de abertura dos estomas pela medição da Condutância Estomática ( $g_s$ ) com um porómetro (AP4, Delta-T devices, Cambridge, U.K.). Em cada árvore, determinou-se  $g_s$  em quatro folhas ao sol e quatro à sombra, num total de 32 folhas por rega, em cada olival, em cada uma das três datas. Finalmente, ainda à mesma hora, foram colhidos pequenos ramos em cada uma das oito árvores de cada olival e imediatamente colocados em sacos de plástico, que foram fechados e guardados em contentor a cerca de 5 °C. Duas horas mais tarde, em laboratório, uma a uma, foram escolhidas quatro folhas de cada saco (árvore), mediu-se o teor relativo em clorofila (CL-01 Hansatech Instruments, Norfolk, U.K.) e, na mesma folha, foram seccionados dois pequenos discos de 9 mm de diâmetro para determinação do seu peso fresco. Estes, depois de imersos em água destilada durante 16 horas a cerca de 5° C, foram novamente pesados para a determinação do peso túrgido. Finalmente, foram transferidos para estufa a 70 °C durante 72 horas para se obter o peso seco e poder assim calcular-se o Teor Relativo em Água (RWC, "Relative Water Content"). Simultaneamente com a medição do teor em clorofilas, no mesmo ramo, na folha oposta, registou-se a assinatura espectral entre 350 e 2500 nm (FieldSpec 3, ASD, Inc., U.S.A.). Estes dados foram posteriormente utilizados para a determinação do 'Water Index (WI)' e do Índice de Vegetação (NDVI, 'Normalized Difference Vegetation Index'), calculados pelas equações seguintes

$$WI = R900 / R970 \quad \text{eq. 1}$$

$$NDVI = (R900 - R680) / (R900 + R680) \quad \text{eq. 2}$$

onde R seguido de um número significa a refletância a esse comprimento de onda em nanómetros. O primeiro índice (WI) é considerado um bom indicador do teor em água nas folhas. NDVI é usado como um indicador do teor em clorofilas (Peñuelas & Filella, 1998).

A 25 de Outubro de 2011, foi feita a colheita manual em oito árvores de cada rega em cada um dos olivais sendo quantificada a produção e avaliado o teor de óleo na matéria seca e a qualidade do azeite em termos de reacções degradativas de hidrólise (acidez) e oxidação (índice de peróxidos, análise espectrofotométrica).

Os dados foram analisados estatisticamente por ANOVA e por testes de comparação de médias (Tukey) usando o programa SPSS v.18.

## Resultados e Discussão

A figura 1 mostra o potencial hídrico ( $\Psi$ ) foliar em cada uma das modalidades de rega, em cada um dos olivais ao meio dia solar nas diferentes datas. Pode observar-se que, no olival FEA, da variedade Cobrançosa (barras com fundo branco), não houve nenhum efeito significativo no valor de  $\Psi$  causado pelo incremento da rega (RA+, 2,3 l h<sup>-1</sup>) relativamente à praticada pelo agricultor (RA, 1,6 l h<sup>-1</sup>) em Maio e Setembro, houve apenas um ligeiro (6%) aumento do potencial hídrico na maior rega a 6 de Dezembro. Por outro lado, no olival OSul, de Arbequina (barras de fundo cinza), a redução da

dotação de rega de  $2,3 \text{ l h}^{-1}$  (RA) para  $1,6 \text{ l h}^{-1}$  (RA-) levou a redução significativa de 30% no valor médio do potencial hídrico ao meio dia solar em Setembro. Estes resultados parecem mostrar que o incremento da rega no olival intensivo de Cobrançosa não trouxe qualquer benefício (a diferença em Dezembro deverá ter sido casual, não se deve seguramente à diferente dotação de rega já que nesta altura as plantas não eram regadas). Em contraste, no olival super-intensivo, a diminuição da rega acarretou uma clara redução de  $\Psi$ , particularmente visível em Setembro.

Outro importante parâmetro medido foi a Condutância Estomática (fig. 2). Também neste caso não se observaram diferenças significativas entre as duas dotações de rega no olival intensivo de Cobrançosa (FEA), ou seja, a maior dotação de rega não levou a um aumento significativo da abertura dos estomas. Ao contrário, no olival super-intensivo de Arbequina (OSul), a redução da rega levou a uma significativa diminuição da abertura dos estomas, cerca de 30% em Setembro e 10% em Dezembro.

O Teor Relativo em Água nas folhas (fig. 3), em cada uma das datas, só mostrou diferenças significativas entre regas em Setembro na variedade Arbequina de OSul. As folhas das árvores menos regadas (RA-,  $1,6 \text{ l h}^{-1}$ ) tinham um teor relativo de cerca de 70% enquanto as mais regadas (RA+,  $2,3 \text{ l h}^{-1}$ ) cerca de 80%. No olival da FEA, não houve diferenças entre regas em nenhuma das datas.

Os valores do 'Water Index' não mostraram (fig. 4), para cada data, diferenças entre regas no olival FEA. Já no OSul, observaram-se diferenças em Maio e Setembro mas, curiosamente, as folhas com menor índice foram as das árvores com maior dotação de rega (RA,  $2,3 \text{ l h}^{-1}$ ).

O Índice de Vegetação (NDVI) das folhas (fig. 5) mostrou uma variação semelhante à observada para o WI. Assim, não houve diferenças no olival FEA e, no OSul, os valores de NDVI foram sempre maiores na menor rega (RA-,  $1,6 \text{ l h}^{-1}$ ).

O teor em clorofilas (fig. 6) foi ligeiramente maior nas árvores com menor rega no olival FEA. No OSul, as diferenças não foram significativas.

No que se refere à produção, no olival intensivo de Cobrançosa (FEA), os resultados obtidos mostram que não houve diferenças significativas na produção por árvore entre os dois regimes hídricos (quadro 1), sendo o teor de óleo na matéria seca praticamente igual nas duas modalidades de rega. A análise química dos azeites referentes aos dois tratamentos mostrou que estes apresentavam características químicas muito próximas (quadro 2). No olival super-intensivo de Arbequina (OSul), a produção por árvore (quadro 1) foi significativamente superior (cerca de 33%) com a dotação de rega praticada pelo agricultor (RA,  $2,3 \text{ l h}^{-1}$ ) em comparação com a rega experimental (RA-,  $1,6 \text{ l h}^{-1}$ ). O teor de óleo na matéria seca foi também semelhante nas duas modalidades de rega (quadro 1). Tal como no outro olival, a análise química dos azeites produzidos evidenciou grandes semelhanças entre eles (quadro 2).

Apesar de se referirem apenas a um ano de avaliação, os resultados apresentados neste estudo permitem algumas conclusões. No que se refere aos índices espectrométricos analisados (WI e NDVI), embora mostrem uma ligeira mas significativa correlação ( $p < 0,05$ , teste de Pearson) com o teor em água e o teor em clorofilas das folhas, respetivamente, não se mostraram bons indicadores do estado fisiológico das plantas, talvez devido às características particulares da folha da oliveira. Os restantes dados sugerem que, no olival intensivo de Cobrançosa (FEA), parece não ter havido grande vantagem na rega mais abundante. Assim, não se notaram melhorias nos valores dos parâmetros hídricos nem se observou um aumento significativo da produção por árvore ou melhoria da qualidade do azeite obtido. No olival superintensivo de Arbequina (OSul), a rega deficitária da modalidade RA- induziu

reduções significativas nos parâmetros hídricos (potencial hídrico, condutância estomática e teor relativo em água), principalmente em Setembro, o que sugere serem bons indicadores do estado fisiológico da planta (Bacelar et al., 2007). Ainda, simultaneamente, observou-se aqui uma quebra de produção significativa, embora sem reflexo nas características químicas do azeite produzido, que se mostrou muito semelhante ao azeite derivado da modalidade RA. Em todos os casos, olivais e regas, os parâmetros de qualidade determinados para os azeites permitem classificá-los como azeites extra virgem, o mais valorizado economicamente.

### **Referências**

Eunice A. Bacelar, Dario L. Santos, José M. Moutinho-Pereira, João I. Lopes, Berta C. Gonçalves, Timóteo C. Ferreira and Carlos M. Correia. Physiological behaviour, oxidative damage and antioxidative protection of olive trees grown under different irrigation regimes. *Plant and Soil*, Volume 292, Numbers 1-2, 2007

Josep Peñuelas, Iolanda Filella. Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends in Plant Science*, Volume 3, Issue 4, 1 April 1998, Pages 151-156

Alice F. Ramos e Francisco L. Santos. 2010. Yield and olive oil characteristics of a low-density orchard (cv. Cordovil) subjected to different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, Volume 97,2: 363-373

Quadro 1 – Produção média de fruto e teor em óleo na matéria seca em cada um dos regimes hídricos nos dois olivais em estudo (n = 8). Letras diferentes na mesma coluna indicam haver diferenças significativas entre médias (p<0,05).

<b>Olival</b>	<b>Dotação Rega</b>	<b>Produção média (kg frutos /árvore)</b>	<b>Teor de óleo na matéria seca (%)</b>
<b>FEA</b> , intensivo (Cobrançosa)	RA (1,61 h <sup>-1</sup> )	7,15 ± 4,85	45,4
	RA+ (2,31 h <sup>-1</sup> )	7,53 ± 4,64	46,1
<b>OSul</b> , super-intensivo (Arbequina)	RA- (1,61 h <sup>-1</sup> )	7,13 ± 1,04 <sup>b</sup>	41,1
	RA (2,31 h <sup>-1</sup> )	9,47 ± 1,28 <sup>a</sup>	42,0

Quadro 2 - Análise química dos azeites produzidos nos dois olivais, FEA de Cobrançosa e OSul de Arbequina sujeitas aos dois regimes de rega. Mostram-se os valores de referência para azeites extra virgem.

<b>Pârametros</b>	Valor Referência	<b>FEA</b>		<b>OSul</b>	
		<b>RA+</b> (2,31 h <sup>-1</sup> )	<b>RA</b> (1,61 h <sup>-1</sup> )	<b>RA</b> (2,31 h <sup>-1</sup> )	<b>RA-</b> (1,61 h <sup>-1</sup> )
Acidez (% ácido oleico)	≤ 0,8	0,3	0,3	0,1	0,1
Índice peróxido (meq O <sub>2</sub> Kg <sup>-1</sup> )	≤ 20	5	5	3	2
	K232 ≤ 2,5	1,49	1,49	1,56	1,48
Análise espectrofotométrica	K270 ≤ 0,22	0,14	0,14	0,10	0,10
	ΔK ≤ 0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01
Ceras (mg kg <sup>-1</sup> )	≤ 250	39,1	38,5	142,5	123,4
Rancimat (h) (T=110 °C; ar =20 L h <sup>-1</sup> )		19,8	21,0	13,7	13,8

Figura 1 - Potencial Hídrico ( $\Psi$ , MPa) ao meio dia solar das folhas nas variedades Cobrançosa (olival FEA, barras brancas) e Arbequina (olival OSul, barras cinza) regadas com a dotação usual do agricultor (RA) ou dotação acima (RA+) ou abaixo (RA-), em cada uma das datas. As barras representam a média  $\pm$  desvio padrão (n = 16). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre médias ( $p < 0,05$ ) para cada olival.

Figura 2 - Condutância Estomática ( $g_s$ ) ao meio dia solar das folhas nas variedades Cobrançosa (olival FEA, barras brancas) e Arbequina (olival OSul, barras cinza) regadas com a dotação usual do agricultor (RA) ou dotação acima (RA+) ou abaixo (RA-), em cada uma das datas. As barras representam a média  $\pm$  desvio padrão (n = 32). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre médias ( $p < 0,05$ ) para cada olival.

Figura 3 - Teor Relativo em Água (RWC, 'Relative Water Content') ao meio dia solar das folhas nas variedades Cobrançosa (olival FEA, barras brancas) e Arbequina (olival OSul, barras cinza) regadas com a dotação usual do agricultor (RA) ou dotação acima (RA+) ou abaixo (RA-), em cada uma das datas. As barras representam a média  $\pm$  desvio padrão (n = 16). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre médias ( $p < 0,05$ ) para cada olival.

Figura 4 - 'Water Index' (WI) calculado com base na refletância das folhas ao meio dia solar nas variedades Cobrançosa (olival FEA, barras brancas) e Arbequina (olival OSul, barras cinza) regadas com a dotação usual do agricultor (RA) ou dotação acima (RA+) ou abaixo (RA-), em cada uma das datas. As barras representam a média  $\pm$  desvio padrão (n = 16). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre médias ( $p < 0,05$ ) para cada olival.

Figura 5 - Índice de Vegetação (NDVI, 'Normalized Difference Vegetation Index' calculado com base na refletância das folhas ao meio dia solar nas variedades Cobrançosa (olival FEA, barras brancas) e Arbequina (olival OSul, barras cinza) regadas com a dotação usual do agricultor (RA) ou dotação acima (RA+) ou abaixo (RA-), em cada uma das datas. As barras representam a média  $\pm$  desvio padrão (n = 16). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre médias ( $p < 0,05$ ) para cada olival.

Figura 6 - Teor Relativo em Clorofilas das folhas das variedades Cobrançosa (olival FEA, barras brancas) e Arbequina (olival OSul, barras cinza) regadas com a dotação usual do agricultor (RA) ou dotação acima (RA+) ou abaixo (RA-), em cada uma das datas. As barras representam a média  $\pm$  desvio padrão (n = 16). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre médias ( $p < 0,05$ ) para cada olival.