

Monitorizar para regar: o caso do castanheiro (*Castanea sativa*)

Monitor to watering: the case of the chestnuts (*Castanea sativa*)

Margarida Mota^{1,4*}, Teresa Pinto², Tiago Marques², António Borges³, João Caço⁴, Vasco Veiga⁵,
Fernando Raimundo² e José Gomes-Laranjo²

¹ CITAB, Universidade de Trás os Montes e Alto Douro, P-5000-1801 Vila Real, Portugal;

² ECVA, Universidade de Trás os Montes e Alto Douro, P-5000-1801 Vila Real, Portugal;

³ Sortegel, Sortes, Bragança, Portugal;

⁴ Hubel Verde, SA.- Engenharia Agronómica, Pechão, 8700-179 Olhão, Portugal.

(*E-mail: mmota@hubel.pt)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA16015>

Recebido/received: 2016.02.02

Recebido em versão revista/received in revised form: 2016.05.23

Aceite/accepted: 2016.05.24

RESUMO

O castanheiro é uma cultura que beneficia com a rega devendo esta ser gerida de forma sustentável, do ponto de vista da racionalização do uso de recursos naturais (água) e da rentabilidade económica da exploração agrícola (custos energéticos, mão-de-obra e produtividade do souto). Dentro do âmbito dum estudo que possui como objetivos principais apurar o efeito da rega no castanheiro, otimização de um sistema de rega assim como a sua gestão, o presente artigo tem como enfoque avaliar a relação entre os parâmetros planta, solo e clima por forma a permitir a gestão da rega no castanheiro mais ajustada ao produtor. Em 2015, num souto adulto da variedade Judia localizado em Bragança, compararam-se árvores regadas e árvores não regadas. Monitorizou-se o potencial hídrico de ramo, a humidade do solo e parâmetros meteorológicos. Ao longo do ciclo vegetativo o potencial de ramo desceu de -0.6MPa para -1.6MPa, mas foi mantido perto -1.2MPa nas árvores regadas. Nestas últimas, a humidade do solo aos 30 cm variou entre 15 e 22%, já nas árvores não regadas esteve abaixo de 13%. O potencial de ramo está bem correlacionado com a humidade do solo, mas é flutuável com as condições ambientais. A produção foi 20% maior nas árvores regadas relativamente às não regadas, mesmo com uma gestão de rega que se considera deficitária. O produtor beneficia do uso de equipamentos de monitorização ambiental e de humidade do solo que tenham registo contínuo automático e não destrutivo.

Palavras-chave: Castanheiro, gestão da rega, humidade do solo, monitorização, potencial hídrico

ABSTRACT

It is assumed that chestnut tree benefits from irrigation but it should be managed conscientiously. This article aims to evaluate the relationship between different soil-plant-atmosphere intervenient to guideline de chestnut producer to the best commitment for water management in the chestnut. In 2015, in a chestnut orchard of Judia variety located in Bragança, it was compared watered and no watered trees. It was measured stem water potential, soil moisture and meteorological parameters. Throughout the growing season the stem water potential dropped from -0.6MPa to -1.6MPa, but in watered trees it was kept near -1.2MPa. Soil moisture at 30 cm in watered trees varied between 15 and 22% and it was below 13% in non watered trees. The stem water potential is well correlated with soil moisture, but it is floatable with environmental conditions. The yield was 20% higher in watered trees even with deficit irrigation. The producer benefits from the use of equipment that allows automatic and continuous records without destructive methods.

Keywords: Chestnuts, water management, stem water potential, soil moisture and monitoring

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, assistiu-se à evolução de várias culturas perenes de sequeiro extensivo, refira-se como exemplo a cultura da oliveira, da amendoeira ou da nogueira, para um sistema de cultivo mais intensivo que vai de encontro às preocupações atuais relacionadas com a rentabilidade, valorização da qualidade do produto, alterações climáticas e sustentabilidade económica e ambiental. Estes mesmos desafios colocam-se igualmente no setor castanhícola português pelo que é de se esperar que este seja imbuído de maior modernidade e tecnologia.

A maior região produtora de castanha portuguesa, Trás-os-Montes, é regularmente afetada por períodos de seca estivais que podem pôr em causa a produtividade dos soutos, nomeadamente nos soutos jovens e se instalados em solos pouco profundos, compactos e pedregosos (Martins et al., 2010). Sendo a água uma das maiores, senão a maior, condicionante na produtividade das culturas, a introdução da rega no castanheiro é uma realidade próxima. A gestão conscienciosa da água permite um acréscimo da rentabilidade e da regularização da produção da castanha (Breisch, 1995) preservando simultaneamente o uso sustentável deste recurso que é natural, mas escasso.

A gestão da rega tem como base responder a três principais questões: como, quando e quanto regar. A primeira prende-se com o tipo de sistema de rega a adotar que varia consoante os recursos hídricos, edáficos, topográficos, económicos e humanos (Pereira, 2007). Apesar de estarem a decorrer ensaios sobre diferentes sistemas de rega no castanheiro, este tema não será alvo de análise neste artigo.

Quando e quanto regar são a base para as programações das rotinas de rega numa exploração agrícola e implicam a recolha e análise de dados de todos os intervenientes do sistema contínuo solo-planta-clima. O produtor deve saber quando deve iniciar uma rega e quanto tempo deve regar, isto é, qual quantidade de água a aportar nessa rega (Lopez, 2005).

Existem vários instrumentos para monitorização dos intervenientes solo-planta-clima. Contudo,

irão ser referidos os que estão mais acessíveis no mercado nacional, sem esquecer as características que os tornam mais interessantes sob o ponto de vista de utilização pelo produtor, como sejam o valor do investimento, a facilidade de instalação e a simplicidade na obtenção de dados. Assim, ao nível do clima, interessa conhecer as condições meteorológicas (p.e., temperatura, precipitação e humidade relativa) recentes e atuais através de uma estação meteorológica local ou próxima. Devem ainda ser consideradas as previsões meteorológicas para os próximos dias (dados que podem ser obtidos junto do Instituto Português do Mar e Atmosfera – IPMA) para que a rega possa ser racionalizada de acordo com as previsões de precipitação ou não. A tomada de decisão de regar ou não, assume particular importância em determinados estados fenológicos das árvores. No caso do castanheiro, é importante que este esteja em conforto hídrico desde a floração até à colheita (Breisch, 1995), sendo os períodos da floração, divisão celular do fruto e seu engrossamento os mais sensíveis (Breisch, 1995). O período de ocorrência dos diferentes estados fenológicos depende maioritariamente da variedade de castanheiro, da localização do souto e das condições climáticas decorrentes do ano. A variedade Judia, na Terra Fria de Trás-os-Montes, tipicamente tem a floração a meados de junho, o engrossamento da castanha ocorre de meados de julho até meados de outubro, quando começa a maturação da castanha, estando esta pronta para apanha a partir da terceira semana de outubro (Pinto *et al.*, 2007).

A nível da planta, é usual o recurso a câmaras de pressão para medição do potencial hídrico foliar. Este equipamento permite avaliar o potencial hídrico foliar de base (Ψ_{base}), o potencial hídrico foliar do meio-dia (Ψ_{md}) e o potencial hídrico de ramo (Ψ_{ramo}). A quantificação do potencial hídrico, embora seja uma medição direta sobre o estado hídrico da água, é um método destrutivo que requer tempo de leitura, deslocação e registo manual. O Ψ_{ramo} tem sido indicado como o mais sensível e razoável na deteção do estado hídrico de culturas perenes (Shackel *et al.*, 1997) como a amendoeira, a nogueira, a ameixeira e a oliveira (McCutchan & Shackel, 1992; Gómez-del-Campo, 2013; Lampinen & Shackel, 2015). Ao contrário do Ψ_{base} , as leituras não são feitas antes do amanhecer e, comparativamente com o potencial hídrico do meio-dia, o Ψ_{ramo} tem um intervalo de tempo de leitura mais alargado (Gómez-del-Campo,

Quadro 1 - Potencial hídrico foliar de base (Ψ_{base}), potencial hídrico foliar ao meio-dia (Ψ_{md}), potencial hídrico de ramo (Ψ_{ramo}) em MPa, referentes ao ano de 2014

Data	n	Ψ_{base} (Mpa)	n	Ψ_{md} (Mpa)	n	Ψ_{ramo} (Mpa)
09-07-2014	30	-0,38 ± 0,02	30	-1,08 ± 0,03	30	-0,65 ± 0,05
24-07-2014	30	-0,27 ± 0,01		nd ± nd		nd ± nd
05-09-2014	30	-0,56 ± 0,02	28	-1,88 ± 0,03	27	-1,40 ± 0,05
26-09-2014	30	-0,34 ± 0,02	30	-1,27 ± 0,03		nd ± nd
Média ± erro padrão		-0,39 ± 0,02		-1,41 ± 0,03		-1,02 ± 0,05

2013; Fulton *et al.*, 2014). No caso do castanheiro, o Ψ_{base} e o Ψ_{md} são os mais estudados (Gomes-Laranjo *et al.*, 2008). Considera-se que o castanheiro tem um nível hídrico adequado quando Ψ_{base} se encontra dentro do intervalo -0.4 a -0.6 MPa (Martins *et al.*, 2010) e que a taxa fotossintética é máxima quando Ψ_{md} está perto de -1 MPa (Gomes-Laranjo *et al.*, 2008; Martins *et al.*, 2010). Não existe conhecimento acerca dos valores ótimos de Ψ_{ramo} no castanheiro bem regado. No presente estudo consideraram-se, como valores de referência, valores de Ψ_{ramo} doutras fruteiras estudadas (McCutchan & Shackel, 1992; Lampinen & Shackel, 2015) e de dados retirados em 2014 no mesmo ensaio do presente estudo. Durante 2014, nas mesmas árvores mas sem aplicação dos tratamentos, os potenciais hídricos foram monitorizados ao longo do ano (Quadro 1). Assim, definiu-se iniciar a rega quando Ψ_{ramo} fosse igual ou inferior a -1.2MPa, não sendo definitivo que este valor seja o indicativo de castanheiros em condições de rega plena sem qualquer constricção hídrica.

A nível do solo, existem análises específicas que permitem conhecer alguma das suas características como sendo a textura, a profundidade, a capacidade de campo e o ponto de emurchecimento, importantes para interpretação dos resultados obtidos a partir de equipamentos colocados no solo. Refira-se, como exemplo, a humidade do solo que pode ser aferida pela tensão da água no solo através de tensiómetros ou sensores da Watermark, ou baseada na constante dielétrica do solo através de sondas TDR (*time domain reflectometry*) ou ainda através de sondas capacitivas (Hubel Verde, 2015). A automatização e o registo contínuo de valores são possíveis com alguns destes equipamentos, facilitando o acesso aos dados por parte do utilizador. O maior constrangimento no uso dos sensores de solo, nomeadamente em árvores adultas, está

relacionado com o enorme e irregular volume de solo ocupado pelas raízes (Martins *et al.*, 2010; Silva, 2010) o que condiciona a total cobertura do solo (seja horizontalmente seja verticalmente) pois isso acarretaria um custo elevadíssimo ao produtor. Desta forma, deve-se assumir um compromisso de monitorizar diferentes profundidades do solo, no mínimo até aos 80 cm, e optar por se colocarem sensores em zonas representativas e distintas no souto. Quando regadas, as árvores absorvem a água maioritariamente pelas raízes superficiais (Garnier *et al.*, 1986) sendo que humedecendo o solo até aos 40 cm já é observado um efeito positivo da rega no castanheiro (Mota *et al.*, 2014).

O presente estudo debruça-se sobre a temática da gestão da rega no castanheiro, mais precisamente em determinar quais os parâmetros que devem ser monitorizados, tendo em conta a experiência existente doutras culturas e o escasso conhecimento sobre rega no castanheiro. Constitui objetivo deste trabalho de investigação avaliar a relação entre os parâmetros de solo-planta-clima e aferir sobre a utilidade dos equipamentos de monitorização para gestão da rega no castanheiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Local. O ensaio foi instalado em Santa Comba de Rossas, Bragança, num souto adulto de sequeiro, variedade Judia com cerca de 22 anos, com compassos de 10 metros na entrelinha e 5 metros na linha. O sob coberto é mantido em pastoreio com pastagem semeada. O solo tem uma textura média, de pH (H₂O) de 5 e com 1,5% de matéria orgânica.

Tratamentos. Fizeram-se dois tratamentos: árvores regadas (RR), tendo-se estudado 19 árvores (n =19),

e árvores não regadas (NR), tendo-se selecionado 11 árvores (n=11). Em RR, a rega iniciava-se quando o Ψ_{ramo} médio das árvores fosse igual ou inferior a -1,2MPa. Foi definido o término de cada rega quando a média do conteúdo de água no solo (θ) aos 30 cm fosse cerca de 22% ($\text{cm}^3 \text{H}_2\text{O} \cdot 100 \text{cm}^{-3} \text{solo}$).

Para o cálculo deste valor considerou-se que o ponto crítico de humidade para o castanheiro é 50% da água utilizável, a capacidade de campo do solo é 32,8% e o ponto de emurchecimento 11,9% (vide abaixo *Medições no solo*). Definiu-se, assim, a água facilmente utilizável entre 22% e 32,8% de humidade.

Medições na planta. As árvores foram selecionadas, tendo em conta a máxima similaridade entre elas, e foram monitorizadas a cada 7-10 dias, de 5 de junho a 2 de outubro de 2015. O potencial hídrico de ramo (Ψ_{ramo}) foi medido com recurso a uma câmara de pressão (Modelo “pump-up”, PMS Instrument® Corvallis, Oregon, USA) de acordo com a metodologia recomendada pelo fabricante e adaptado de Fulton *et al.* (2014). As medições ocorreram entre as 12h e as 14h, numa folha de um ramo frutífero, localizada o mais perto possível do ramo principal, do lado sombreado. A folha foi coberta com papel de alumínio e um saco de plástico no mínimo uma hora antes das medições.

Medições no solo. O conteúdo de água no solo foi avaliado a cada 7-10 dias, com uma sonda capacitiva (Diviner 2000, Sentek Technologies), desde 9 de julho a 2 de outubro. Em cada um dos tratamentos foram instalados seis tubos de acesso, um por árvore, a cerca de um metro do tronco. A sonda regista os valores a cada 10 cm de profundidade até aos 80 cm. Para efeitos de definição do término de rega foi tido como referência os dados obtidos pelo método da placa de pressão (Silva *et al.*, 1975) realizado no ano de 2007, no mesmo solo (Afonso Martins, comunicação pessoal, 3 de outubro 2014). Segundo este método, a média do conteúdo de água no solo nos 30 cm a pF4.2 (ponto emurchecimento) foi de 11,3% e a pF2 (capacidade de campo) foi de 30%. Em 2015, no sentido de comparar os dados laboratoriais com dados retirados no terreno, determinou-se a capacidade de campo no local, realizando-se uma medição da humidade do solo, com a sonda capacitiva, 24 horas após um longo período de chuvas outonais. Nessas condições, o conteúdo de água à capacidade de campo aos

30 cm foi de 32,8%. O teor mínimo de água no solo foi observado nos meses mais secos nas árvores não regadas e foi constante ao longo desse período. Esse valor mínimo de humidade aos 30 cm foi de 11,9%, e foi considerado o teor de água presente no solo quando a castanheiro já não consegue extrair mais água, e que se aproxima do coeficiente de emurchecimento verificado laboratorialmente. Em cada tratamento, foram instalados três sensores de humidade do solo da Watermark (Irrometer) a 30, 60 e 80 cm de profundidade e um sensor de temperatura do solo. Os valores destes sensores eram registados em intervalos horários num monitor e transmitidos via GPRS (serviço geral de pacotes por rádio) para um servidor, de forma a haver um acompanhamento constante da evolução do teor de humidade do solo ao longo do perfil.

Medições meteorológicas. Em 2014 foi instalada, no soto, uma estação meteorológica modelo 2900ET (Spectrum Technologies), que registou valores horários da temperatura do ar, temperatura no ponto de orvalho, humidade relativa, precipitação, direção e velocidade do vento. A estação 2900ET também calcula os valores de evapotranspiração de referência (ET_o) de acordo com a equação de Penman-Monteith. Além disso, possui capacidade de proceder ao cálculo da evapotranspiração cultural (E_c), se definido o coeficiente cultural (valor não conhecido no castanheiro). Foi determinado o défice de pressão de vapor (DPV) existente às 13 horas para encontrar a correlação com o Ψ_{ramo} . O défice de pressão de vapor (DPV), sendo a diferença entre a pressão de vapor atual (e°_a) e a pressão de vapor quando o ar está saturado (e°_s), é um indicador da capacidade evaporativa do ar (Allen *et al.*, 1998). A e°_a foi calculada com base na temperatura do ponto de orvalho (T_{orvalho}) segundo a equação de Allen *et al.*, 1998. A e°_s foi calculada com base na temperatura do ar às 13h (T_{ar}) segundo a equação de Allen *et al.*, 1998. Foi também calculado o somatório de graus dias (°D). O seu cálculo é feito segundo uma equação em que T_m é a temperatura média mensal (°C), T_o a temperatura de base (considerando-se 6°C no castanheiro (Gomes-Laranjo *et al.*, 2008) e N o número de dias do mês.

Produção de Castanha. Nas árvores de estudo foi delimitada com recurso a uma fita métrica, uma área de colheita, por baixo da copa da árvore. As castanhas foram apanhadas em três datas distintas

de colheita e pesadas à saída do campo. Foram recolhidos três ouriços por árvore em estudo, para determinar o número de castanhas chochas e boas. As castanhas boas foram posteriormente usadas para determinar a densidade. Após a pesagem das castanhas (com casca), a densidade foi calculada dividindo o peso fresco da castanha (g) pela diferença obtida no volume de água (mL) após imersão das castanhas em água. Para a determinação da matéria seca, utilizaram-se castanhas sem casca (n=36, em NR e n=72 em RR), tendo sido pesadas em fresco e após a permanência de uma semana na estufa a 60°C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os meses de julho e agosto foram os meses mais secos e quentes (Figura 1) registrando uma temperatura média mensal mais alta (22°C e 19°C, respectivamente) havendo dias em que a temperatura máxima superou os 35°C. As primeiras chuvas após o período seco ocorreram a 15 e 16 de setembro totalizando os 94 mm do mês, sendo que em outubro a precipitação ocorreu mais distribuída pelo mês,

totalizando nesse mês 195 mm. O somatório de graus-dia até final de outubro foi de 2308°C. Este valor está dentro do expectável para a maturação da castanha (2100 a 2500°C após floração) (Gomes-Laranjo *et al.*, 2007) e está dentro do intervalo de valores médios encontrados por Dinis (2011) na região de Trás-os-Montes no ano de 2006 (2551°C), 2007 (2155°C) e 2008 (1958°C).

No início da campanha, o Ψ_{ramo} foi de -0.6MPa e o valor mínimo encontrado foi de -1,6MPa em NR a 21 de agosto (Figura 2). Em média, o Ψ_{ramo} foi de -1,1 MPa e -1,2MPa em RR e NR, respetivamente.

No período que decorreu entre os meses de junho (floração) e nas duas primeiras semanas do julho (fruto vingado), o Ψ_{ramo} dos dois blocos oscilou entre -0.6 e -1.1MPa (Figura 2). Neste período não foi feita qualquer rega, pelo que todas as árvores se encontravam nas mesmas condições nesta importante fase fenológica. Os resultados do Ψ_{ramo} e do conteúdo de água avaliado no solo (18,3%, 21,1% e 22,4%, aos 30, 60 e 80 cm, respetivamente) sugerem que o período de floração, polinização e vingamento do fruto tenha decorrido naturalmente

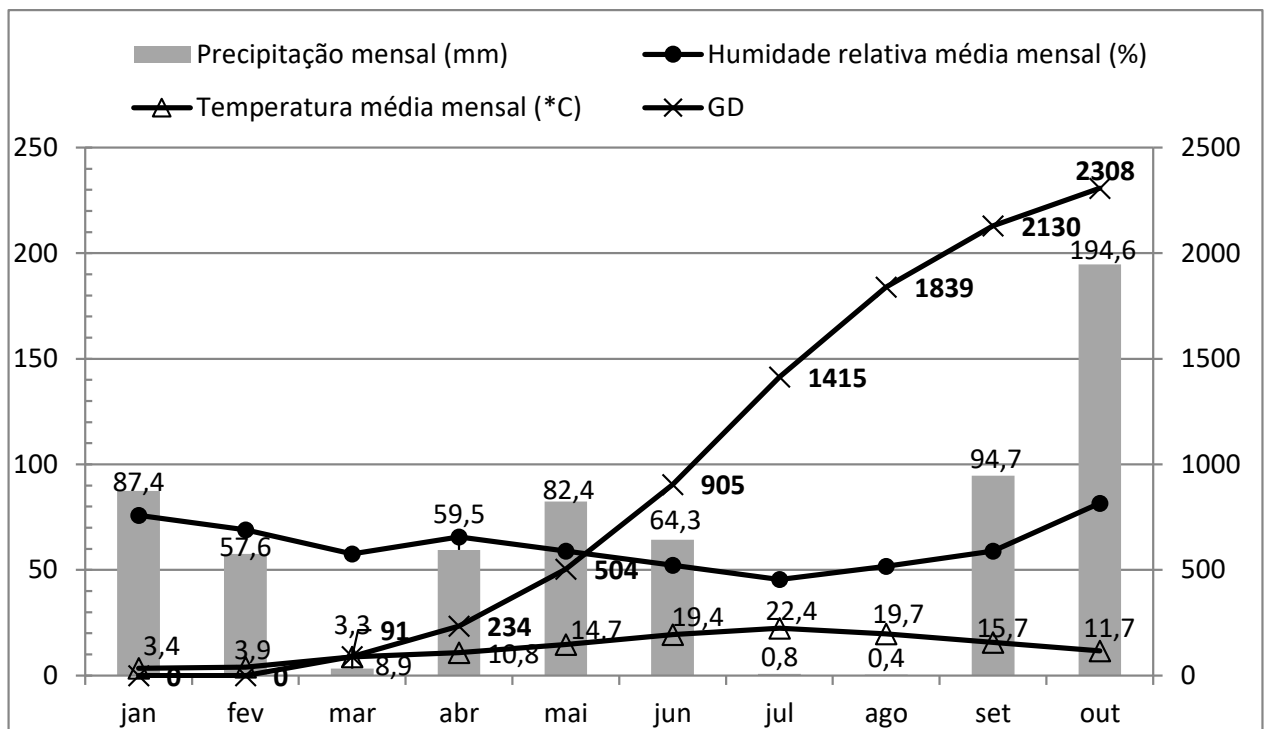


Figura 1 - Valores de temperatura média mensal (°C), humidade relativa média mensal (%) Precipitação total mensal (mm) e somatório graus dias (°C) de janeiro 2015 a outubro 2015, registados pela estação meteorológica ET 2900.

sem limitação hídrica. A estação 2900ET registou uma precipitação acumulada de 823,2 mm entre outubro 2014 e junho 2015. A recarga hídrica no solo resultante desta precipitação terá sido suficiente para, nas condições particulares de junho de 2015, a floração ter decorrido sem problemas de disponibilidade de água no solo.

A partir de 15 de julho, o Ψ_{ramo} encontrava-se abaixo do limiar de -1,2 MPa, valor definido para iniciar a rega, e o conteúdo de água no solo baixou para 12,5% (Figura 3), fase do início do vingamento das castanhas. Tipicamente, o Ψ_{ramo} foi sempre menos negativo (algumas vezes não significativamente) em RR entre 25 julho (data da primeira rega) e 11 setembro. A partir da primeira rega (25 julho) até 13 de setembro, enquanto no bloco NR o solo apresentou níveis de água de 12 a 13%, no bloco regado o nível de hidratação atingiu um máximo de 23% a 5 de agosto. É evidente que a decisão de rega está dependente da definição do grau de hidratação do solo que se pretende. Depois da chuva de setembro, o nível de humidade do solo nos dois blocos assim como o Ψ_{ramo} ficaram iguais conforme o demonstram os registos obtidos a 23 setembro (Figura 2 e 3).

Os dados do Ψ_{ramo} e o conteúdo da água no solo (Figura 4-A) são relacionáveis, apresentando um coeficiente de regressão elevado aos 60 cm ($r^2 = 0,76$) e menor aos 30 cm ($r^2 = 0,51$). Correlação idêntica é referida na literatura para a oliveira ($r^2 = 0,68$) (Gómez-del-Campo, 2013), para a noqueira ($r^2 = 0,61$) (Fulton *et al.*, 2002) e para a videira ($r^2 = 0,63$) (Williams & Araújo, 2002) em estudos sobre rega deficitária. Comportamento idêntico ocorre com o Ψ_{ramo} e a tensão da água no solo ($r^2 = 0,60$) aos 30 e 60 cm. (Figura 4-B). A correlação entre planta e solo tem que ter em conta que o Ψ_{ramo} integra, além das condições de solo, condições climáticas e condições particulares da cultura instalada (Gómez-del-Campo, 2013). Por outro lado, a valorização desta correlação está também dependente do facto de os sensores estarem limitados no espaço pelo que, tratando-se de nomeadamente de árvores adultas, não se consegue monitorizar todo o volume de solo ocupado pelas raízes nem apreender completamente a redistribuição hidráulica da água que ocorre no sistema radicular e que influencia o estado hídrico da árvore.

Os dados sugerem que existe influência da rega no Ψ_{ramo} , mas a sua variação é influenciada por outros fatores, designadamente pelo deficit de pressão de vapor (Figura 2) muito embora a correlação encontrada neste estudo, nas árvores regadas, tenha sido muito baixa ($r^2 = 0,29$) (Figura 5) comparativamente com estudos de outros investigadores (McCutchan & Shackel, 1992; Lampinen & Shackel, 2015) que encontraram uma elevada correlação ($r^2 > 0,8$) entre DPV e o Ψ_{ramo} em fruteiras regadas sem limitações de hídricas do solo. Esta relação permitiu aos autores definir, para determinado DPV e em solos sem limitações hídricas, um valor de referência para Ψ_{ramo} . A partir daí, os produtores gerem a rega consoante as condições atmosféricas e o Ψ_{ramo} pretendido, que numa estratégia de rega deficitária pode não ser próximo do valor limite definido (Shackel *et al.*, 1997).

Os sensores da Watermark possibilitam o registo contínuo dos dados e o seu acesso pode ser feito pela internet ou através dum serviço de mensagens diretamente para o telemóvel do produtor (Hubel Verde, 2015). Assim sendo, o produtor pode acompanhar a evolução da humidade do solo em tempo real e construir um histórico de dados ao longo dos anos, reduzindo os custos com deslocações ao souto especificamente para a tarefa de recolher dados do solo. Por estas razões correlacionou-se a tensão de água no solo (sensores da Watermark) com o conteúdo de água no solo (sonda Diviner 2000), por forma a encontrar valores de referência para futura gestão da rega com base nestes sensores (Figura 6). Os dois equipamentos apresentam-se bem correlacionados ($r^2 = 0,9$) o que traduz, não só, a correta instalação dos sensores da Watermark mas também a possibilidade de serem utilizados para gestão da rega. Assumindo o pressuposto para este trabalho em que foi estabelecido o limiar de $\Psi_{\text{ramo}} = -1,2$ MPa para regar, e que a este valor, corresponde a um conteúdo de água de 15% (Figura 4-A) é agora plausível que nos sensores da Watermark os valores se situem entre 90-120 cbar durante o ciclo vegetativo no período de verão (Figura 4-B).

Um foco de interesse indubitável é perceber se a rega influenciou a produção de castanha Assim, verificou-se que as árvores regadas produziram 21% mais que as árvores não regadas, com produções médias por árvore de 52,9 kg, contra a 43,7 kg

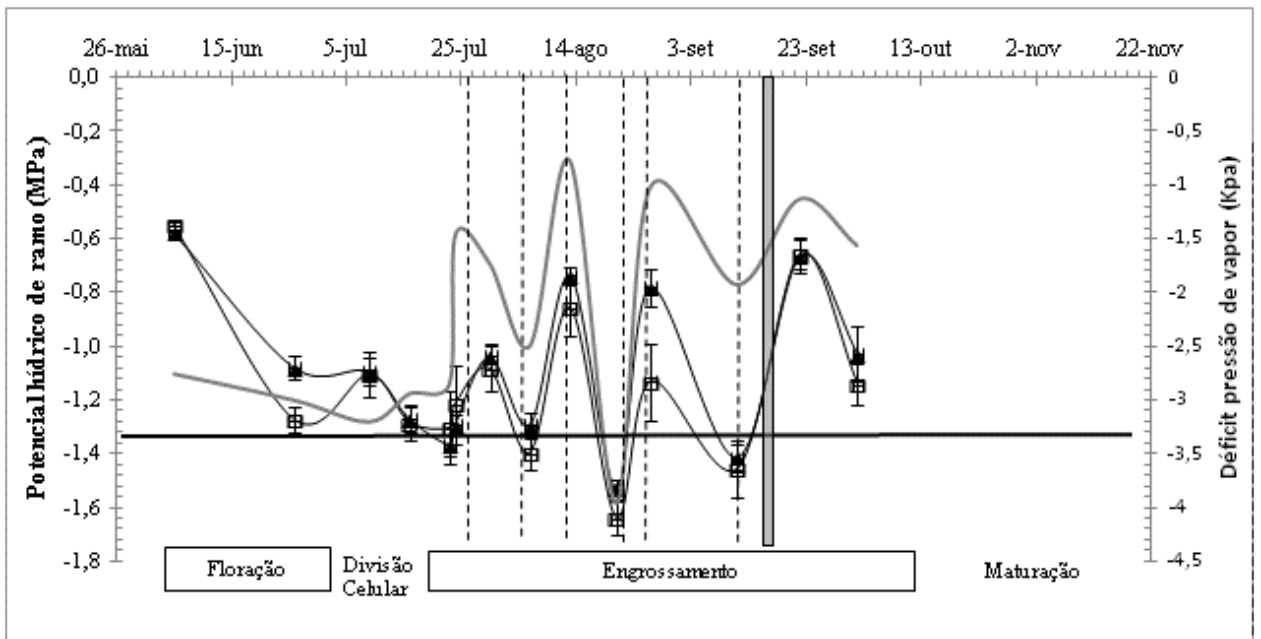


Figura 2 - Evolução do potencial hídrico de ramo (em MPa) e do Deficit Pressão Vapor (VPD) (em KPa, linha cinzenta) ao longo do estudo para tratamento não regado (NR, □) e regado (RR, ▲). Barras verticais representam desvio do erro padrão. Linha horizontal indica o valor do potencial hídrico de ramo abaixo do qual se iniciava rega (-1,2MPa). Linhas verticais a tracejado indicam as datas de rega (26 de julho, 5 de agosto, 12 de agosto, 22 de agosto, 26 de agosto e 11 de setembro). A barra vertical cinzenta, entre os dias 15 e 16 de setembro, assinalam dias de chuva, com precipitação total de 94 mm.

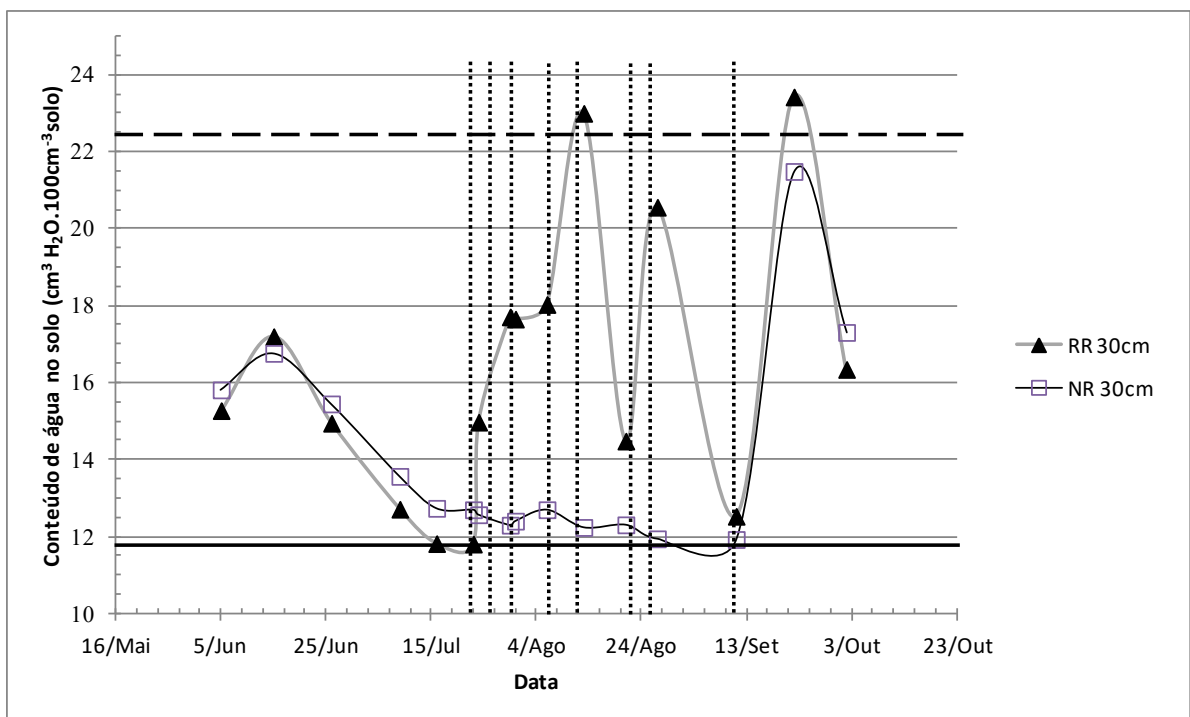


Figura 3 - Evolução do conteúdo de água no solo ($\text{cm}^3\text{H}_2\text{O} \cdot 100\text{cm}^{-3}$ solo) aos 30cm, para tratamento regado, (RR, ▲) e não regado (NR, □). A linha vertical tracejada indica o início do período de rega. A linha horizontal contínua indica o teor de água de solo no ponto de emurchecimento (11,9%). A linha horizontal tracejada indica o teor de água médio entre a capacidade de campo (32,2%) e o ponto de emurchecimento.

por árvore em NR (Quadro 2). Também em RR foi registada uma maior percentagem de castanhas boas (71%) e com maior calibre (62 castanhas/kg). Estes resultados sugerem que as sucessivas regas (totalizando 47 mm de água aportada) feitas durante as semanas correspondentes ao vingamento e engrossamento do fruto, foram importantes para causar estas diferenças.

Tendo em conta o valor médio diário da ET_0 nos meses de julho e agosto (4,8 mm) o aporte de água via rega ao longo do ciclo foi muito pequeno (47 mm). De acordo com Ferrini & Nicense (2000) um castanheiro europeu adulto necessita de uma precipitação média de 33 mm durante os meses estivais, abaixo da qual a produção pode ser fortemente reduzida. Tendo em conta as pequenas

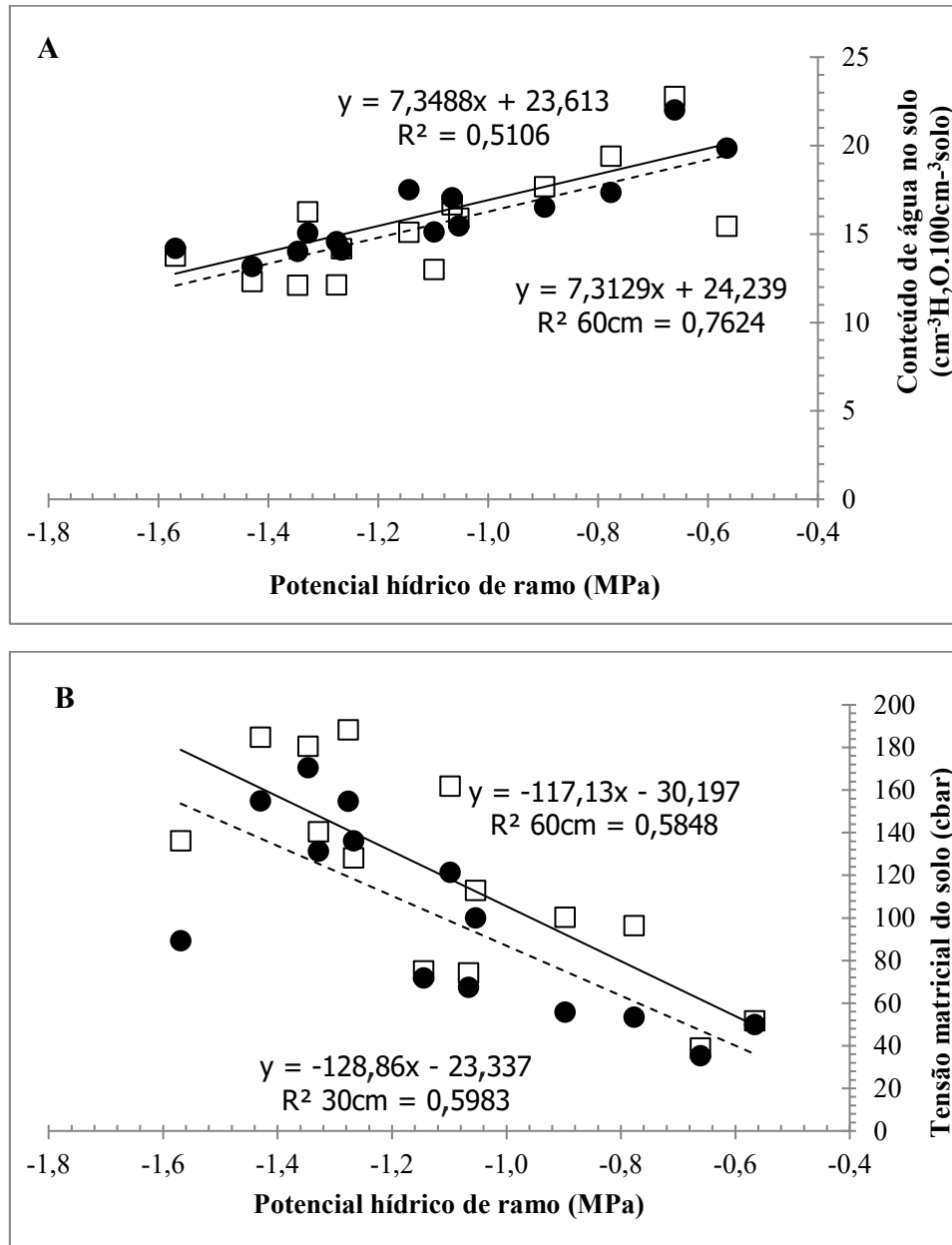


Figura 4 - Correlação entre potencial hídrico de ramo (MPa) e conteúdo de água no solo ($\text{cm}^3\text{H}_2\text{O} \cdot 100 \text{ cm}^3 \text{ solo}$, gráfico A) e potencial hídrico de ramo (MPa) e tensão matricial do solo (cbar, gráfico B) para os 30 cm de profundidade (\square) e 60 cm (\bullet). Linha contínua corresponde à linha de tendência aos 30 cm e a linha a tracejado corresponde à linha de tendência aos 60 cm.

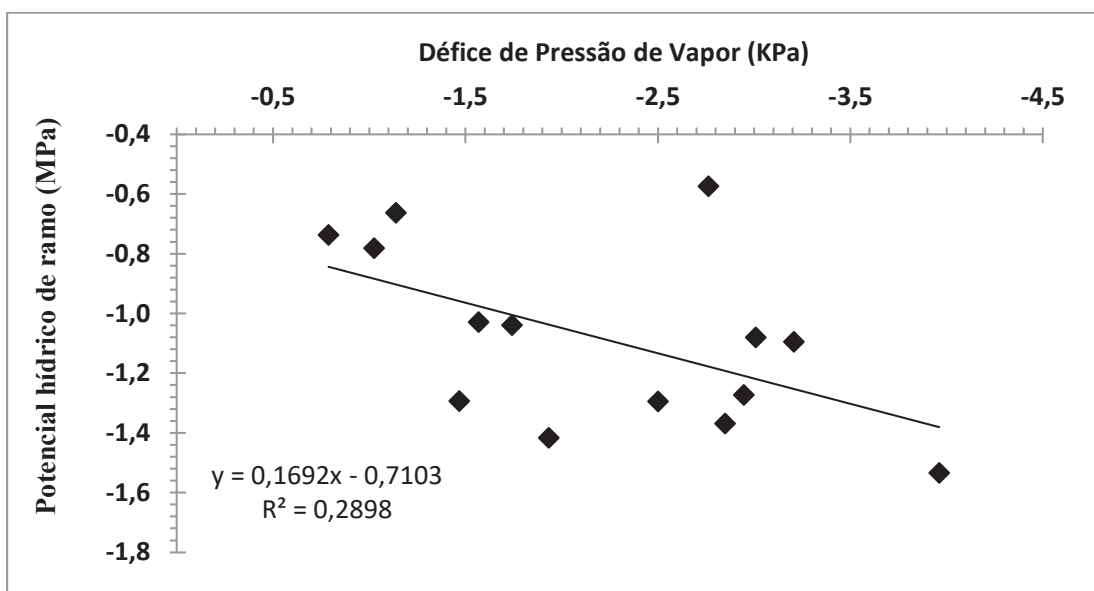


Figura 5 - Correlação entre potencial de ramo (MPa) das árvores regadas e Défice de Pressão de Vapor (KPa) calculado às 13 horas.

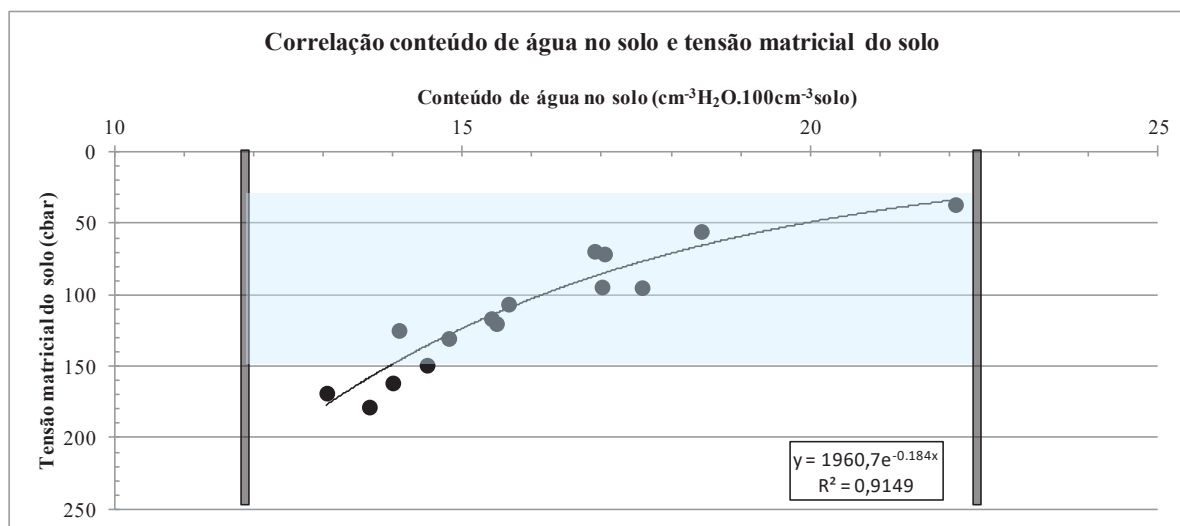


Figura 6 - Correlação entre conteúdo de água no solo ($\text{cm}^3\text{H}_2\text{O} \cdot 100\text{cm}^3\text{solo}$), medido com o Diviner 2000/Sentek Technologies, e a tensão matricial do solo (cbar), medido com a Watermark/Irrrometer, a todas as profundidades. As barras verticais cinzentas indicam o conteúdo de água no solo no ponto de emurchecimento (12%) e o conteúdo de água no solo que permite a fácil disponibilidade de água para a planta (22%). O sombreado indica o intervalo de valores que os sensores da Watermark devem apresentar para que a água seja facilmente absorvida.

Quadro 2 - Produção de castanha, qualidade, calibre, densidade e matéria seca. Nível de significância 5%, teste de Fisher

Tratamento	Produção por árvore			Castanhas boas			Castanhas chocas			Calibre			Densidade castanhas			Matéria Seca		
	Kg	sd	se	%	sd	se	%	sd	se	castanha/Kg	sd	se	(mg/ml)	sd	se	%	sd	se
RR	52,9	15,2	3,48	71,1	24,1	3,19	28,9	24,1	3,19	62,0	8,9	2,04	1,16	0,07	0,02	46,1	0,50	0,20
NR	43,7	19,0	5,72	65,4	33,1	5,76	34,6	33,1	5,759,00	64,5	14,0	4,23	1,13	0,06	0,17	45,3	0,76	0,44
TOTAL	48,3	17,1	4,6	68,2	28,6	4,5	31,8	28,6	2881,1	63,3	11,5	3,1	1,1	0,1	0,1	45,7	0,6	0,3

diferenças encontradas entre tratamentos, nomeadamente no aumento da produção, aprendeu-se que foi realizada uma rega mínima que não dando lugar a desperdício de recursos, conseguiu efeitos na produtividade.

CONCLUSÃO

As condições edafoclimáticas são importantíssimas no comportamento hídrico do castanheiro e devem ser constantemente acompanhadas. Nas condições presentes, a um potencial hídrico do ramo da ordem dos -1,2 MPa, correspondem a humidade do solo entre 90 e 120 cbar, medidos pelos sensores da Watermark, sendo que estes dois parâmetros estão bem correlacionados. A gestão da rega baseada nestes sensores que permitem o registo em contínuo e a comunicabilidade dos registos mostra-se uma opção interessante para o produtor, pela criação de um histórico de base de dados sem requerer deslocação ao local e também porque não é um método destrutivo. Nestas condições, ficou também demonstrada a importância da

rega como fator promotor da produção, dado que esta foi maior 21% nas árvores regadas em relação às não regadas.

Futuramente, é imperativo continuar a desenvolver investigação direcionada para as necessidades de rega no castanheiro, de forma a encontrar o coeficiente cultural que permita determinar os valores de potencial de ramo de referência e, simultaneamente, proceder a estudos de viabilidade económica determinando o ponto de equilíbrio entre investimento e benefícios na produção.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve o apoio da empresa Hubel Verde SA, Geosil-Emprendimentos Agrosilvícolas SA, do CITAB-Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro: UID/AGR/04033 e POCI/01/0145/FEDER/006958 e da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através da bolsa de doutoramento com a Ref: SFRH/BDE/52061/2012.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D. & Smith, M. (1998) – *Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy.
- Breisch, H., (1995) – *Châtaignes et marrons*. Edições do Centro Técnico Interprofissional de Frutas e Legumes, Paris, França. ISBN 2-87911-050-5.
- Dinis, L.T.R. (2011) – *Castanheiros: selecção clonal da variedade judia*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Tese de doutoramento. Vila Real.
- Ferrini, F. & Nicense, F.P. (2000) – *Descrizione del castagno europeo*. In: Gomes-Laranjo, J.; Cardoso, J.F.; Portela, E. e Abreu, C.G. (Eds.) – *Castanheiros*. Vila Real, p. 198. ISBN- 978-972-669-844-9.
- Fulton, A.; Grant, J.; Buchner, R. & Connell J. (2014) – *Using the pressure chamber for irrigation management in walnut, almond, and prune*. University of California, Oakland. Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 8503.
- Fulton, A.; Buchner, R.; Little, C.; Gilles, C.; Grant, J.; Lampinen, B.; Shackel, K.; Schwankl, L.; Prichard, T. & Rivers, D. (2002) – *Relationships between midday stem water potential, soil moisture measurement, and walnut shoot growth*. Report to the California Walnut Board, p. 135-143.
- Garnier, F.; Berger, A. & Rambal, S. (1986) – Water balance and pattern of soil water uptake in a peach orchard. *Agricultural Water Management*, vol. 11, n. 2, p. 145–158. [http://dx.doi.org/10.1016/0378-3774\(86\)90027-2](http://dx.doi.org/10.1016/0378-3774(86)90027-2)
- Gómez-del-Campo, M. (2013) – Summer deficit irrigation in a hedgerow olive orchard cv. Arbequina: relationship between soil and tree water status, and growth and yield components. *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 11, n. 2, p. 547-555. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2013112-3360>

- Gomes-Laranjo, J.; Coutinho, J.P.; Peixoto, F. & Alves, J.A. (2007) – Ecologia do castanheiro. *In*: Gomes-Laranjo, J.; Cardoso, J.F.; Portela, E. e Abreu, C.G. (Eds.) – Castanheiros. Vila Real, p. 109-149. ISBN- 978-972-669-844-9.
- Gomes-Laranjo, J.; Coutinho, J.P.; Galhano, V. & Ferreira-Cardoso, J. (2008) – Differences in photosynthetic apparatus of leaves from different sides of the chestnut canopy. *Photosynthetica*, vol. 46, n. 1, p. 63-72. <http://dx.doi.org/10.1007/s11099-008-0012-1>
- Hubel Verde (2015) – Monitorização da humidade do solo em culturas com rega localizada. [cit. 2015-01]. <http://www.hubel.pt/artec/detalhes.php?id=20&empresa=21>
- Lampinen, B. & Shackel, K. (2015) – *Using midday stem water potential to refine irrigation scheduling in almond*. Dep. of Plant Sciences, UC Davis. [cit. 2015-01]. http://ucmanagedrought.ucdavis.edu/Agriculture/Crop_Irrigation_Strategies/Walnuts/
- Lopez, C.C. (2005) – *Fertirrigación – cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. 3.ª Ed. Mundi-Prensa Libros. Barcelona., 277-298. ISBN: 84-8476-247-5.
- Martins A.; Raimundo F.; Borges O.; Linhares I.; Sousa V.; Coutinho J.P.; Gomes-Laranjo J. & Madeira M. (2010) – Effects of soil management practices and irrigation on plant water relations and productivity of chestnut stands under Mediterranean conditions. *Plant and Soil*, vol. 327, n. 1-2, p. 57-70. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-009-0031-0>
- McCutchan, H. & Shackel, K. (1992) – Stem-water potential as a sensitive indicator of water stress in prune trees (*Prunus domestica* L. cv. French). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, vol. 117, n. 4, p. 607-611.
- Mota, M.; Pinto, T.; Marques, T.; Borges, A.; Raimundo, F.; Veiga, V.; Caço, J.; Martins, A. & Gomes-Laranjo, J. (2014) – Efeito da rega na produtividade fotossintética dos castanheiros. *Actas Portuguesas de Horticultura*, vol. 23, p. 166-173.
- Pinto, T.; Anjos, R. & Gomes-Laranjo, J. (2007) – O Castanheiro sob o Ponto de Vista Botânico e Ecofisiológico. Caracterização biológica: folha, caule, raiz, flor e fruto. *In*: Gomes-Laranjo, J.; Cardoso, J.F.; Portela, E. e Abreu, C.G. (Eds.) – Castanheiros. Vila Real, p. 63-93. ISBN- 978-972-669-844-9.
- Pereira, L.S. (2007) – Uso sustentável da água e convivência com a escassez: revisitando conceitos e indicadores. *Ingeniería del Agua*, vol. 14, n. 3, p. 237-250. <http://dx.doi.org/10.4995/ia.2007.2915>
- Shackel, K.A.; Ahmadi, H.; Biasi, W.; Buchner, R.; Goldhamer, D.; Gurusinghe, S.; Hasey, J.; Kester, D.; Krueger, B.; Lampinen, B.; McGourty, G.; Micke, W.; Mitcham, E.; Olson, B.; Pelletrau, K.; Philips, H.; Ramos, D.; Schwankl, L.; Sibbett, S.; Snyder, R.; Southwick, S.; Stevenson, M.; Thorpe, M.; Weinbaum, S. & Yeager, J. (1997) – Plant Water Status as an Index of Irrigation Need in Deciduous Fruit Trees. *HorTechnology*, vol. 7, n. 1, p. 23-29.
- Silva, R.M.P. (2010) – *Desenvolvimento de um sistema inteligente de determinação das necessidades hídricas para culturas lenhosas anisotrópicas*. Tese de Doutoramento em Engenharia Agronómica. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Silva, A.A.; Alvim, A.J.S. & Santos, M.J. (1975) – Métodos de análise de solos, plantas e água. *Pedologia*, vol. 10, n. 3.
- Williams, L.E. & Araújo, F.J. (2002) – Correlations among predawn leaf, midday leaf, and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, vol. 127, n. 3, p. 448-454.