



5 a 7 de Setembro | 2011
Colégio do Espírito Santo
Universidade de Évora | Portugal

VI CONGRESSO IBÉRICO de Agro-Engenharia

VI CONGRESSO IBÉRICO de AgroIngeniería

COMISSÕES / COMITÉS

LISTA DE PARTICIPANTES / LISTADO DE PARTICIPANTES

COMUNICAÇÕES ORAIS / COMUNICACIONES ORALES

COMUNICAÇÕES EM POSTER / COMUNICACIONES EN POSTER

Organização / Organización



Patrocinadores



FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



SIEMENS





Avaliação do stresse hídrico em videiras submetidas a diferentes regimes hídricos

A.C. Ribeiro¹, A. Sá², J. Andrade¹

¹ Centro de Investigação de Montanha, ESA, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, Apartado 1172; 5301 – 855 Bragança, Portugal. E-mail: antrib@ipb.pt

² ESA, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Sta Apolónia, Apt 1172; 5300 – 855 Bragança, Portugal.

Resumo

Nas regiões de clima mediterrânico onde as videiras são plantadas sem rega, verificam-se com frequência no Verão situações de elevado stresse hídrico para a planta. Estas surgem como consequência das baixas reservas hídricas do solo, devido às baixas precipitações estivais, elevada temperatura e elevado défice de pressão de vapor. A aplicação de diferentes regimes de rega pode alterar substancialmente a fisiologia da videira afectando desta forma a produção e a composição da uva, sendo, por isso, necessária a sua avaliação.

Este estudo, enquadrado num projecto mais amplo de estudo das relações hídricas da vinha, teve como objectivo avaliar, em condições de stresse hídrico acentuado, duas metodologias indicadores do estado hídrico de videiras submetidas a diferentes regimes hídricos: o potencial hídrico foliar e a temperatura da canóia.

Os resultados mostram que potencial hídrico foliar mostrou ser o método mais fiável para avaliar o estado hídrico na videira em condições de stresse hídrico severo evidenciando uma melhor correlação com os parâmetros fisiológicos. A temperatura do copado tende a aumentar com o incremento do stresse hídrico em consequência do encerramento estomático mostrando uma correlação significativa com o potencial hídrico foliar mas correlações não significativas com os parâmetros fisiológicos.

Palavras Chave: *Vitis vinifera* L.; Videira; Temperatura do copado; Potencial hídrico foliar.

Abstract

In regions with a Mediterranean type of climate, where grapevine is a traditionally non-irrigated crop, the periods of marked plant water stress are very common. Water deficits occurs as a consequence of low soil water content that usually develops gradually during summer, owing to low precipitation, and is normally associated with high temperature and high vapor pressure deficits. Different irrigation regimes can bring about substantial alteration in grapevine physiology, affecting yield and grape composition and thus need to be properly assessed.

The objective of this study was to evaluate the leaf water potential and canopy temperature as grapevine water status indicators.

The results shows that leaf water potential is the best reliable indicator of grapevine water status under severe water stress conditions, showing a good correlation with other physiological parameters. Canopy temperature have a tendency to increase due to stomata close showing a high correlation with leaf water potential but low correlations with physiological parameters.

Keywords: *Vitis vinifera* L.; Grapevine; Canopy temperature; Leaf water potential;

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos têm sido estudadas várias metodologias para avaliar o estado hídrico das plantas. Os métodos podem dividir-se em fisiológicos e físicos (Remorini e Massai, 2003). Os métodos fisiológicos baseiam-se na medição directa (teor relativo de água e potencial hídrico da folha ou caule) ou indirecta (variações na condutância estomática, na temperatura foliar ou

no diâmetro do tronco ou caule) do estado hídrico da planta enquanto os físicos se referem a factores ambientais (teor de água no solo, potencial hídrico do solo na zona radicular) que influenciam o balanço hídrico da planta (Katerji *et al.*, 1988).

Vários estudos têm mostrado que a informação sobre o estado hídrico das plantas, necessária à implementação da programação da rega, é mais fiável quando baseada em indicadores fisiológicos. Contudo, não há consenso sobre o método mais adequado (Katerji *et al.*, 1988).

Na maioria das espécies a condutância estomática e o potencial hídrico foliar são parâmetros muito sensíveis ao stresse hídrico mostrando ser excelentes indicadores da condição hídrica da planta (Jones, 2004). Embora estes parâmetros sejam dos mais usados em trabalhos de investigação para avaliar as necessidades hídricas das plantas, exigem um trabalho intensivo e não é passível de ser automatizado.

O reconhecimento de que a temperatura da folha tende a aumentar com o incremento do stresse hídrico, em consequência do encerramento estomático (Fuchs, 1990), levou nos últimos anos ao aparecimento de novos métodos sensoriais térmicos de detecção de stresse hídrico, baseados em termometria por infravermelhos (Anconelli & Battilani, 2000; Jones & Leinonen, 2003; Leinonen *et al.*, 2006). Este método é bastante rápido e prático aliando a vantagem de não requerer o contacto directo com as folhas, o que preserva a resposta estomática (Garcia *et al.*, 2000).

Um dos objectivos deste estudo foi o de avaliar o potencial hídrico foliar e a temperatura da canópia como metodologias indicadoras do stresse hídrico em videiras submetidas a diferentes regimes hídricos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios experimentais de campo foram realizados na Quinta de Vila Maior (Latitude 41°11'40'' W, longitude 7°6'32'' N, altitude de 116m), situada no concelho de Torre de Moncorvo, na sub-região Douro Superior da Região Demarcada do Douro. Os trabalhos experimentais decorreram no período de 2006 a 2008. A parcela onde foram realizados os ensaios localiza-se numa zona de declive moderado, estando os bardos conduzidos segundo as linhas de maior declive, com orientação NW-SW.

Os estudos foram realizados com a variedade Tinta Roriz (*Vitis vinifera* L.) enxertada no porta-enxerto 1103 P. A plantação foi efectuada no ano 2000, com um compasso de 2,2 x 1,1 m (4132 videiras ha⁻¹). A condução é feita em cordão Royat unilateral com 4 talões e dois gomos por talão correspondendo a uma carga de 8 gomos por videira (33 056 gomos ha⁻¹).

O dispositivo experimental consistiu no estabelecimento de três modalidades de rega em blocos casualizados com quatro repetições com 6 videiras cada. Na parcela experimental foi instalado um sistema de rega gota-a-gota com uma rampa por bardo e com os gotejadores espaçados de 1 metro e com um caudal médio de 2,35 L h⁻¹.

Foram estabelecidas as seguintes modalidades de rega: 0R - sem rega; 2R - dotação de rega correspondente a 20% da evapotranspiração de referência e 4R - dotação de rega correspondente a 40% da evapotranspiração de referência. As regas foram realizadas duas vezes por semana e as dotações de rega calculadas com base na evapotranspiração de referência diária (ET₀), determinada pela Equação FAO-Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), acumulada desde a rega anterior. O início da rega, em cada ano, foi determinado pelo valor do potencial hídrico de base. A rega iniciou-se após a paragem do crescimento, quando o valor do potencial hídrico foliar de base atingiu os -0,4 MPa, e foi continuamente realizada até à vindima. As dotações de rega foram calculadas de acordo com as expressões:

$$2R = 0,2 ETo - Pu \quad (1)$$

$$4R = 0,4 ETo - Pu \quad (2)$$

em que ETo representa a evapotranspiração de referência e Pu a precipitação útil.

A temperatura do coberto foi medida através de um termómetro de infravermelhos (Everest Interscience Agri-Therm II, modelo 100L), o potencial hídrico foliar com uma câmara de pressão (Modelo 1000, PMS Instrument Company, Albany, USA) e os parâmetros fisiológicos (transpiração e fotossíntese) foram medidos com um analisador de gás por radiação infravermelha (IRGA), funcionando em modo diferencial e em circuito aberto (modelo LCA-4, da Analytical Development Co.Ltd.).

A análise estatística dos dados foi efectuada no programa JMP®6 2005 (SAS Institute Inc. Cary, NC, EUA). Efectuaram-se análises de variância para cada uma das variáveis dependentes estudadas, tendo com origem de variação os três regimes de disponibilidade hídrica. Sempre que o resultado da análise de variância foi significativo ($P < 0,05$), procedeu-se à comparação múltipla de médias usando para o efeito o teste de Tukey HSD e o nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas durante os três anos de estudo caracterizaram-se pela elevada secura estival acompanhada de temperaturas elevadas associadas por sua vez a elevados défices de pressão de vapor de água. Apesar da relativa homogeneidade das condições durante o período estival, nos três anos de estudo, as diferenças relativamente ao período primaveril foram muito distintas (Fig. 1). Em 2006 os meses de Abril a Junho foram extremamente secos acentuando-se a diminuição das reservas de água no solo ao longo do ciclo vegetativo até à vindima. O ano de 2007 apresentou um período primaveril com uma elevada precipitação. Nos meses de Abril a Junho a precipitação acumulada foi de 225 mm. Em 2006 e 2008 no mesmo período a precipitação acumulada foi de apenas 58 e 125 mm, respectivamente. Em relação à precipitação anual, os anos de 2006 e 2008 foram os mais secos com 403 e 418 mm, respectivamente. Em 2007 a precipitação anual de 519 mm aproximou-se do valor médio anual para o local que é de 566 mm.

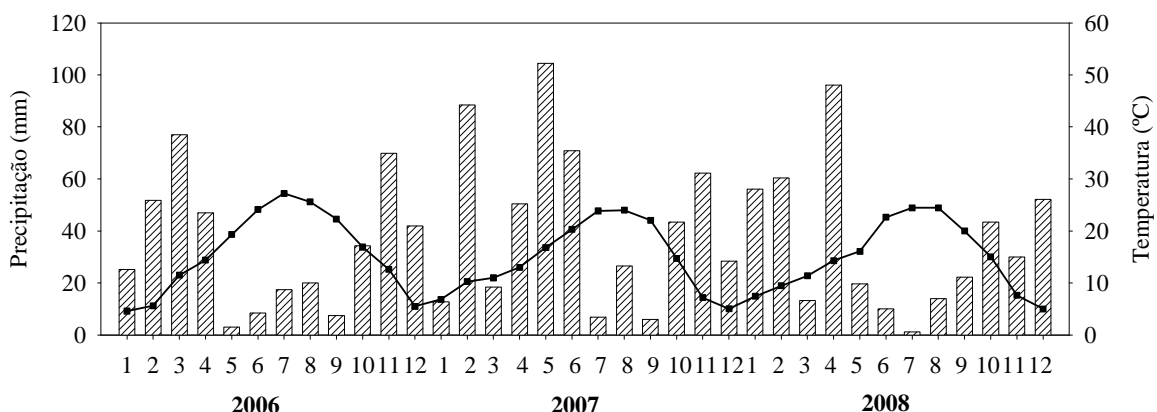


Figura 1. Temperatura média mensal e precipitação mensal acumulada durante os anos em que decorreram os ensaios experimentais.

No Quadro 1 estão indicadas as datas de início das regas, em cada ano, e a data da última rega que coincidiu com a semana em que se iniciou a vindima. A quantidade de água aplicada por videira em cada modalidade variou entre 44,6 L videira⁻¹ em 2007 e 37,5 L videira⁻¹ em 2006, para a modalidade 2R. Estes valores duplicaram para a modalidade 4R. Nos três anos de estudo a rega iniciou-se sempre após o pintor coincidindo assim o período de rega com o período de maturação.

Quadro 1. Datas da primeira e última rega e quantidade total de água de rega aplicada em cada

Ano	Datas		Água aplicada (L videira ⁻¹)		
	Primeira rega	Última rega	0R	2R	4R
2006	07/Jul	05/Set	0	37,5	75,0
2007	19/Jul	04/Set	0	24,6	49,2
2008	14/Jul	08/Set	0	31,7	63,4

O potencial hídrico foliar de base (Ψ_{fd}) e do meio-dia solar (Ψ_{fmd}) (medidos antes de nascer o sol e ao meio-dia solar, respectivamente) foi determinado ao longo de todo o período estival e em todas as modalidades como sinais, por um lado, da variação das disponibilidades hídricas do solo na rizosfera e da capacidade das videiras para restabelecerem o seu estado hídrico durante a noite e, por outro lado, da capacidade das videiras para impedirem o decréscimo acentuado do estado energético da água das folhas durante os períodos de maior défice de pressão de vapor de água no ar, respectivamente (Moutinho-Pereira, 2000).

As Figuras 2 e 3 representam, para os três anos de estudo, a evolução dos Ψ_{fd} e Ψ_{fmd} durante o período estival até à vindima. As videiras regadas mantiveram um Ψ_{fd} sistematicamente mais elevado do que as videiras não regadas. Entre as modalidades regadas, a modalidade 4R apresentou valores de Ψ_{fd} superiores aos da modalidade 2R ao longo de todo o ciclo vegetativo. O Ψ_{fd} das videiras não regadas atingiu valores inferiores a -1,0 MPa que se mantiveram durante a parte final do ciclo vegetativo. Nos anos de 2007 e 2008 o Ψ_{fd} das videiras regadas com a dotação 4R, ao longo da maturação, variou entre -0,4 e -0,5 MPa apresentado os valores mais baixos no final do ciclo vegetativo. Em 2006, devido às condições de fraca precipitação durante os meses de primavera-verão, os valores do Ψ_{fd} foram ligeiramente inferiores a partir de meados de Agosto mantendo-se entre os -0,6 e -0,8 MPa. Com excepção das videiras regadas com 4R que apresentaram um défice hídrico moderado (~-0,4 MPa), as restantes apresentaram, no curso da maturação, um défice hídrico acentuado, em particular as videiras não regadas. Os valores mais baixos (~ -1,1 MPa) são indicativos de um stresse hídrico relativamente severo de acordo com Deloire *et al.*, (2004).

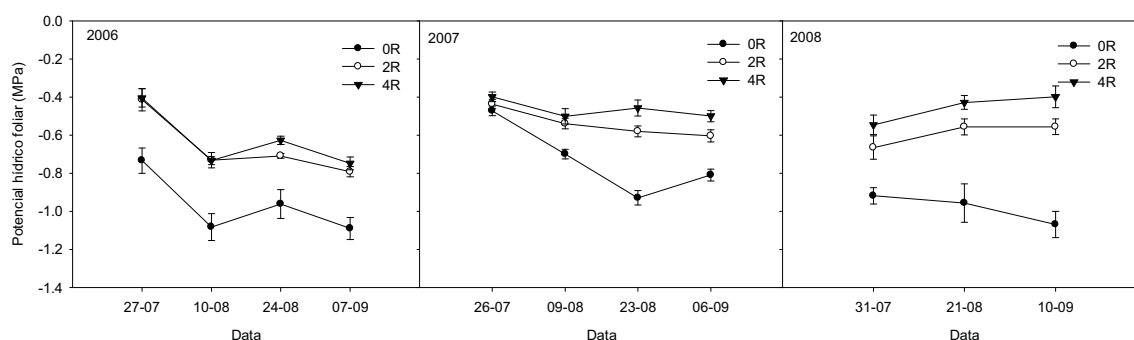


Figura 2. Evolução do potencial hídrico de base nos três tratamentos de rega em 2006, 2007 e 2008. Cada ponto representa a média de 8 valores com erro padrão. As barras não visíveis indicam valores de erro padrão inferiores à dimensão do símbolo.

O potencial hídrico do meio-dia (mínimo) mostra uma tendência decrescente ao longo do período estival em todas as modalidades. Os valores reflectem as condições de secura extrema que se verificam durante o período estival na Região do Douro. As videiras regadas apresentaram valores de potencial hídrico consistentemente mais elevados do que as videiras não regadas durante todo o período estival. Contudo, constata-se que mesmo os valores de potencial hídrico das videiras com rega deficitária atingiram valores muito baixos e indicativos de um stress hídrico acentuado.

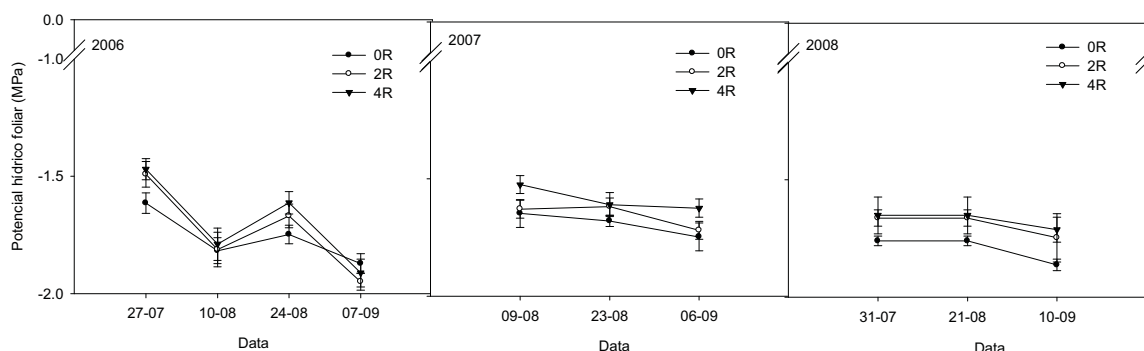


Figura 3. Evolução do potencial hídrico do meio-dia nos três tratamentos de rega em 2006, 2007 e 2008. Cada ponto representa a média de 8 valores com erro padrão. As barras não visíveis indicam valores de erro padrão inferiores à dimensão do símbolo.

As relações entre o potencial hídrico foliar das videiras (antes do nascer do sol e ao meio dia solar), a taxa de transpiração (E) e a assimilação líquida de CO_2 estão representadas nas Figuras 4 a 7. O potencial hídrico de base correlaciona-se de uma forma mais estreita com os parâmetros fisiológicos. A menor correlação observada entre o potencial hídrico foliar do meio-dia solar e os parâmetros fisiológicos são uma indicação da influência menor influência do potencial hídrico foliar do meio-dia na redução na fotossíntese e transpiração e a possível influência de outros factores, como a temperatura do ar e défice de pressão de vapor, através de respostas estomáticas e não estomáticas, na redução da fotossíntese (Baeza *et al.*, 2007).

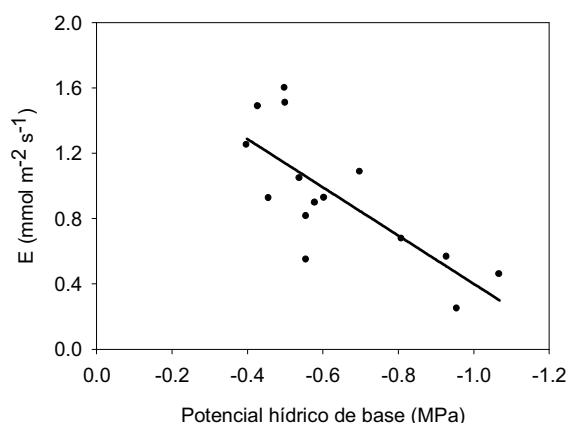


Figura 4. Relação entre a taxa de transpiração (E) e o potencial hídrico foliar de base.
 $y = 1,44x + 1,88$; $R^2 = 0,58$ ($P=0,001$)

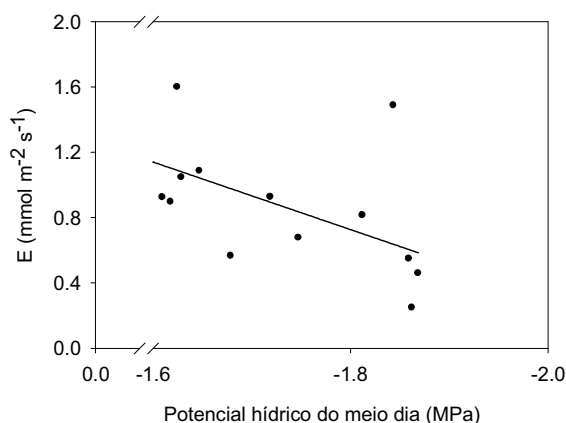


Figura 5. Relação entre a taxa de transpiração (E) e o potencial hídrico foliar do meio-dia.
 $y = 2,07x + 4,45$; $R^2 = 0,32$ ($P=0,027$)

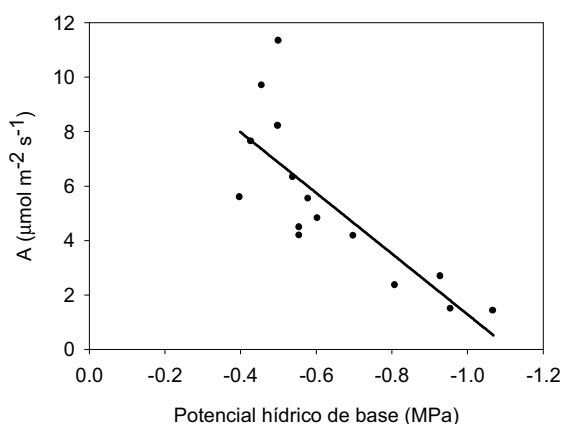


Figura 6. Relação entre a absorção líquida de CO₂ (A) e o potencial hídrico foliar de base.
 $y = 11,16x + 12,44$; $R^2 = 0,63$ ($P=0,0004$)

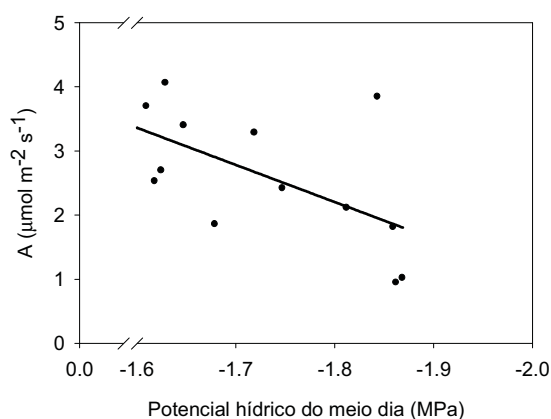


Figura 7. Relação entre a absorção líquida de CO₂ (A) e o potencial hídrico foliar do meio dia.
 $y = 5,93x + 12,82$; $R^2 = 0,38$ ($P=0,013$)

A estreita correlação observada entre a temperatura da canóvia e o potencial hídrico foliar (Figuras 8 e 9) não se verificou em relação aos parâmetros fisiológicos (dados não mostrados). O efeito da rega e consequente aumento do fluxo transpiratório e das condições ambientais, em particular do déficit de pressão de vapor, explicam esses resultados. Impõe-se, por isso, a normalização da temperatura da canóvia (relativamente à temperatura máxima e mínima de referência) de forma a minimizar o efeito das condições ambientais e, consequentemente, o estado hídrico da planta passar a ser o principal factor determinante na variação dessa temperatura (Ben-Gal *et al.*, 2009). Este aspecto será objecto de estudo em trabalhos futuros.

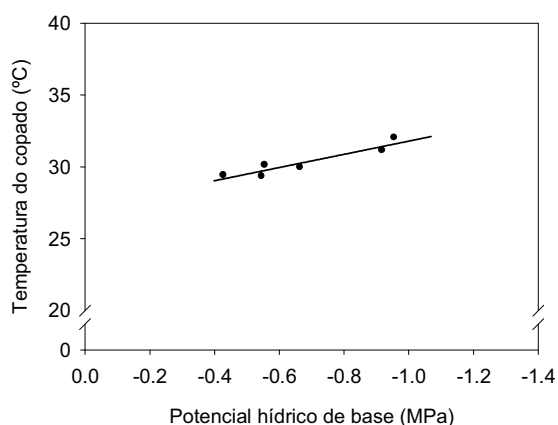


Figura 8. Relação entre a temperatura do copado e o potencial hídrico foliar de base.
 $y = -4,596x + 27,2$; $R^2 = 0,87$ ($P=0,006$)

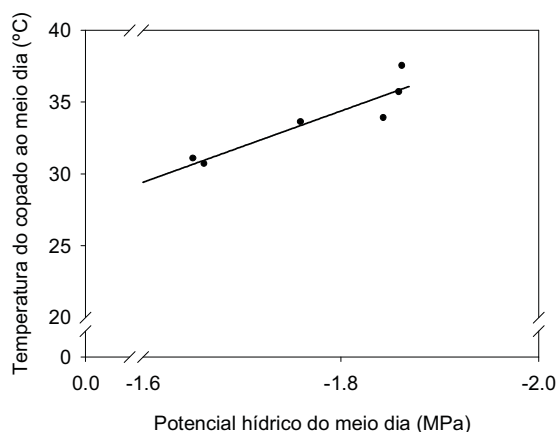


Figura 9. Relação entre a temperatura do copado e o potencial hídrico foliar do meio dia.
 $y = -24,80x - 10,26$; $R^2 = 0,85$ ($P=0,009$)

4. CONCLUSÕES

A videira responde muito marcadamente aos diferentes regimes hídricos em todas as etapas do seu ciclo vegetativo. Uma rega excessiva pode conduzir a um aumento do vigor e da densidade foliar com consequências ao nível das características da uva diminuindo o seu teor em açúcares, intensidade da cor e compostos fenólicos e aumentando a acidez. No entanto, a

aplicação de regas moderadas pode conduzir a um aumento da produção mantendo a qualidade ou mesmo incrementando-a. Este compromisso entre a necessidade de assegurar o rendimento dos viticultores e manter ou melhorar a qualidade da produção, num contexto de escassez de água e da necessidade de a gerir de uma forma mais eficiente, tem levado à implementação de diferentes estratégias de rega na cultura da vinha.

Comercialmente, essa gestão da rega será apenas possível desenvolvendo uma metodologia para estimativa do estado hídrico das plantas à escala da parcela. Neste estudo comprova-se que o potencial hídrico foliar de base é o indicador do estado hídrico da planta melhor se correlaciona com outros parâmetros fisiológicos da planta. A temperatura do coberto, só por si, não constituiu um indicador do estado hídrico da planta fiável nas condições ambientais em que decorreu o ensaio. Em estudos futuros serão utilizados de índices que normalizem a temperatura da canópia para minimizar o efeito das condições ambientais.

5. BIBLIOGRAFIA

- 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, Rome.
- Anconelli S., Battilani A. (2000) Use of leaf temperature to evaluate grapevine (*Vitis vinifera*) yield and quality response to irrigation. *Acta Horticulturae* 537, 407-411.
- Baeza, P., Sánchez-de-Miguel, P., Centeno A., Junquera P., Linares R., Lissarrague J.R. (2007) Water relations between leaf water potential, photosynthesis and agronomic vine response as a tool for establishing thresholds in irrigation scheduling. *Sci. Hortic.*, 114, 151–158.
- Ben-Gal A., Agam N., Alchanatis V., Cohen Y. , Yermiyahu U., Zipori I., Presnov E., Sprintsin M., Dag A. (2008) Evaluating water stress in irrigated olives: correlation of soil water status, tree water status, and thermal imagery. *Irrigation Science*, 27, 367-376.
- Deloire A., Carbonneau A., Wang Z.P., Ojeda H. (2004) Vine and water a short review. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 38, 1-13.
- Fuchs M (1990) Infrared measurements of canopy temperature and detection of plant water stress. *Theoretical and Applied Climatology*, 42, 253-261.
- Garcia A., André R.G.B., Ferreira M.I., do Paço T. (2000) Diurnal and seasonal variations of CWSI and non-water stressed baseline with nectarine trees. *Acta Horticulturae*, 537, 415-421.
- Jones H.G. (2004) Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*, 55, 2427-2436.
- Jones H.G., Leinonen I. (2003) Thermal imaging for the study of plant water relations. *Journal of Agricultural Meteorology*, 59, 205-214.
- Leinonen, I., Grant, O.M., Tagliavia, C.P.P., Chaves, M.M., Jones, H.G. (2006). Estimating stomatal conductance with thermal imagery. *Plant, Cell & Environment*, 29, 1508–1518.
- Katerji N., Itier B., Ferreira I. (1988) Etude de quelques critères indicateurs de l'état hydrique d'une culture de tomate en région semi-aride. *Agronomie*, 8, 425-433.
- Moutinho-Pereira J.M. (2000) *Caracterização fisiológica e agrónomica de diferentes estratégias culturais para minimizar o stress estival em Vitis vinífera L. na região demarcada do Douro*. Tese de Doutoramento, UTAD, Vila Real.

Remorini D., Massai R. (2003) Comparison of water status indicators for young peach trees. *Irrigation Science*, 22, 39-46.