

# A FITO-MONITORIZAÇÃO COMO FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO DA REGA DEFICITÁRIA NA VINHA – ESTUDO DE CASO NO ALENTEJO

R. EGIPTO<sup>1</sup>; A. BARRIGUINHA<sup>2</sup>; J. SILVESTRE<sup>1,3</sup>; N. CARVALHO<sup>2</sup>; M. NETO<sup>2,4</sup>; M. COSTA<sup>1,5</sup>; C.M. LOPES<sup>1</sup>

## RESUMO

Na produção de uvas para vinhos tintos é reconhecida a importância da obtenção de um stresse hídrico moderado de forma a permitir um balanço equilibrado entre crescimento vegetativo e reprodutivo e, consequentemente, bons rendimentos de elevada qualidade. Em vinhas regadas, a obtenção deste stresse moderado e sua correcta adequação à fase fenológica da videira, exige uma gestão cuidada das designadas “Estratégias de Rega Deficitária” para a qual é necessário conhecer, em tempo real, o maior número possível de indicadores, desde os indicadores ambientais (variáveis climáticas e teor de humidade do solo) aos indicadores da planta (aparência da vegetação e indicadores fisiológicos). No âmbito do projecto europeu Innovine (FP7/2007-2013, nº 311775) a empresa Agri-Ciência, em colaboração com o ISA e ITQB, desenvolveu um sistema de monitorização, integração e análise dinâmica e em tempo real de dados obtidos de fontes diversas (clima, solo e planta). Várias ilhas de sensores foram instaladas numa vinha da Herdade do Esporão, em Reguengos de Monsaraz, num ensaio de avaliação do impacto de duas estratégias de rega deficitária em duas castas tintas (Touriga Nacional e Aragonez). Foi desenvolvido um painel digital “dashboard”, para recolha, processamento, análise e disponibilização da informação quer referente às ilhas de sensores quer aos dados da estação meteorológica, permitindo visualizar e manipular os dados recolhidos em tempo real. O conjunto de dados obtidos foi utilizado para estudo das relações entre as variáveis ambientais (clima e solo) e parâmetros fisiológicos (potencial hídrico foliar e temperatura da folha e bagos) de forma a gerar indicadores/modelos passíveis de serem integrados num sistema de apoio à decisão para condução da rega deficitária da vinha. Neste trabalho apresentam-se e discutem-se algumas das relações encontradas.

**Palavras chave:** Fito-monitorização, rega deficitária, fito-sensores, sistemas de apoio à decisão, videira.

---

<sup>1</sup> LEAF, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa.

<sup>2</sup> Agri-Ciência, Consultores de Engenharia Lda, Av. Defensores de Chaves, 71 - 1º Esq.; 1000-114 Lisboa.

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária I.P., Pólo de Dois Portos, Quinta da Almoíña, 2565-191 Dois Portos.

<sup>4</sup> Nova Information Management School, Universidade Nova de Lisboa, Campus de Campolide, 1070-312 Lisboa, Portugal

<sup>5</sup> LEM-ITQB, UNL, Apartado 127, 2780-901 Oeiras.

## 1. INTRODUÇÃO

Na produção de uvas para vinhos tintos é reconhecida a importância da obtenção de um stress hídrico moderado de forma a permitir um balanço equilibrado entre crescimento vegetativo e reprodutivo e, conseqüentemente, bons rendimentos de elevada qualidade. Em vinhas regadas, a obtenção deste stress moderado e sua correcta adequação à fase fenológica da videira, exige uma gestão cuidada das designadas “Estratégias de Rega Deficitária” para a qual é necessário conhecer, em tempo real, o maior número possível de indicadores, desde os indicadores ambientais (variáveis climáticas e teor de humidade do solo) aos indicadores da planta (aparência da vegetação e indicadores fisiológicos). A aplicação com sucesso da Rega Deficitária exige uma grande atenção à época de aplicação do défice hídrico e ao nível de stress hídrico adequado para cada objectivo de produção.

Se não for bem conduzida a Rega Deficitária pode provocar perdas exageradas de rendimento por redução exagerada do tamanho do bago. Para além disso, em casos de vagas de calor, as estratégias de rega deficitária apresentam elevados riscos de escaldão de folhas e cachos (LOPES *et al.*, 2014).

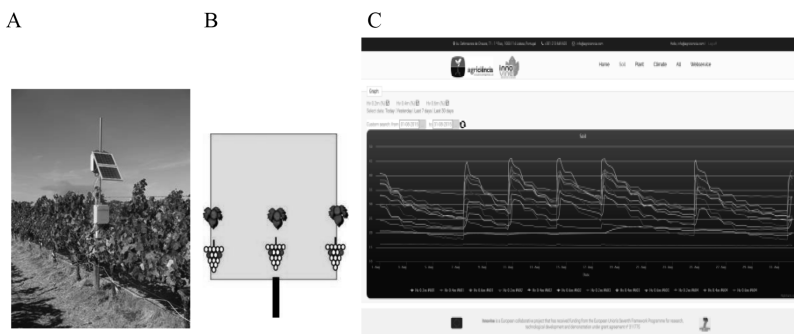
A gestão da rega pode ser obtida através da utilização de várias técnicas. Entre as técnicas mais utilizadas está a monitorização da evapotranspiração cultural (ETc), obtida pelo produto da evapotranspiração de referência (ETo - calculada a partir de dados meteorológicos) com o coeficiente cultural (Kc - função da expressão vegetativa da cultura;  $ETc = ETo * Kc$ ). Contudo, esta técnica, apesar de permitir estimar a dotação a aplicar em determinado momento, tem por base apenas a estimativa da demanda atmosférica, não tendo em consideração quer a quantidade de água disponível no solo quer o nível de stress das plantas. Para além disso, dado que a videira possui capacidade de controlar a sua abertura estomática, gerindo deste modo as perdas de água por transpiração, as estratégias de gestão de rega com base em variáveis ambientais podem sobrestimar as necessidades hídricas das videiras (LOVEYS e PING, 2002).

As metodologias de gestão de rega baseadas na monitorização do estado hídrico da videira, são consideradas as mais adequadas para a condução da rega deficitária controlada, onde a imposição de um stress hídrico moderado em períodos chave do seu ciclo vegetativo é fundamental para a produção de vinhos de elevada qualidade. Assim, medições periódicas de parâmetros fisiológicos, como a condutância estomática, o potencial hídrico (foliar, de base ou do ramo), a composição isotópica do carbono assimilado ( $\delta^{13}C$ ), ou registos contínuos da transpiração (sondas de fluxo de seiva), das flutuações de diâmetro do tronco e da temperatura das folhas podem ser usados de forma directa ou indirecta como indicadores quer do estado hídrico da videira quer das necessidades de rega (ACEVEDO- OPAZO *et al.*, 2008).

Neste trabalho, utilizando dados obtidos por um conjunto de sensores (clima, solo e planta) instalados em 4 ilhas de fitomonitorização numa vinha no Alentejo, estudaram-se as relações entre variáveis ambientais e fisiológicas com vista à obtenção de indicadores/modelos passíveis de serem integrados num sistema de apoio à decisão para condução da rega deficitária da vinha.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

No âmbito do projecto europeu Innovine (FP7/2007-2013, nº 311775) a empresa Agri- Ciência, em colaboração com os dois parceiros portugueses do projecto (ISA e ITQB), desenvolveu um sistema de monitorização, integração e análise dinâmica em tempo real de dados climáticos, de humidade do solo e de parâmetros fisiológicos da videira medidos em várias ilhas de sensores instalados numa vinha comercial. Cada ilha de fitomonitorização é constituída por (i) um sensor de humidade do solo, com três sondas capacitivas a 20, 40 e 60 cm de profundidade, (ii) um dendrómetro, para medição da variação do diâmetro do tronco, (iii) um sensor de fluxo de seiva do tipo Granier, (iv) um humectometro, para medição da duração da folha molhada e (v) nove termopares, três em folhas de diferentes exposições e seis em bagos localizados em zonas distintas da sebe e em cada um dos lados do cacho (Fig. 1).



**Figura 1.** Foto de uma ilha de sensores (A); esquema da localização dos sensores de temperatura nas folhas e cachos (B) e Dashboard criado pela AgriCiência para recolha e disponibilização de dados (C).

As ilhas de fitomonitorização foram instaladas em 2013, na Herdade do Esporão, Reguengos de Monsaraz, num ensaio de avaliação do efeito de duas estratégias de rega deficitária (“Sustainable Deficit Irrigation” - SDI vs “Regulated Deficit Irrigation” - RDI) no comportamento fisiológico e agronómico das castas Aragonez e Touriga Nacional. As videiras do ensaio encontram-se enxertadas no porta-enxerto 1103 P, dispostas no compasso 3 x 1.5 m, conduzidas em monoploano vertical ascendente e podadas em Cordão Royat bilateral, com *ca* de 15 a 16 olhos por videira (33 a 35000 olhos/ha).

O solo é do tipo franco-arenoso a franco-argilo-limoso, com pH=7-7.6, com teor baixo de matéria orgânica e elevado em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.

Recolheram-se dados relativos aos ciclos vegetativos de 2013 a 2015. Todos os dados foram recolhidos por sensores ligados a um sistema de aquisição de dados com GSM para comunicação em tempo real via web com um servidor central. Os dados foram transferidos automaticamente através de um servidor FTP e inseridos

numa base de dados por intermédio de um procedimento automático programado no servidor central. Foi desenvolvido um serviço Web para permitir o processamento e integração dos dados provenientes da estação meteorológica e dos diferentes sensores na infraestrutura tecnológica que suporta o painel digital (“dashboard”) de visualização. Para permitir uma melhor interpretação e manipulação do grande volume de dados recolhido, com o objectivo central de fornecer informação útil ao decisor, foi utilizada uma abordagem de “Business Intelligence”. Os dados foram recolhidos dos sensores, processados e carregados numa base de dados desenhada segundo um modelo multidimensional com o propósito específico de facilitar processos de consulta e análise (“data warehouse”) e finalmente disponibilizados através de um painel digital (“dashboard”). O painel digital pode ser acedido via navegador “web”, onde é possível visualizar e manipular todos os dados. Este painel digital é uma interface simples e de fácil leitura que permite mostrar ao utilizador, em tempo real, uma representação gráfica da situação actual e das tendências históricas, permitindo uma rápida tomada de decisões (ex. Fig. 1C).

Paralelamente, durante o período de rega (antes e após rega), foi medido o potencial hídrico foliar de base ( $\Psi_{pd}$ ), através de uma camara de pressão, e o teor de humidade do solo, através de uma sonda capacitiva portátil, em tubos de acesso complementares (dados não apresentados). Os dados de humidade volúmica do solo foram transformados em fracção de água transpirável (FTSW).

Os dados obtidos nas ilhas de fitomonitorização foram usados no estudo das relações entre as variáveis climáticas, humidade do solo e potencial de base de forma a permitir a obtenção de indicadores do estado hídrico e do nível de stresse suportado pela videira, com vista à sua integração num sistema de informação (DSS) de apoio à gestão da rega deficitária, acessível ao viticultor em tempo real.

Foi elaborado um modelo de regressão logarítmica entre o  $\Psi_{pd}$  (medido imediatamente antes e após rega), variável dependente, e a humidade do solo (variável independente) expressa em FTSW.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

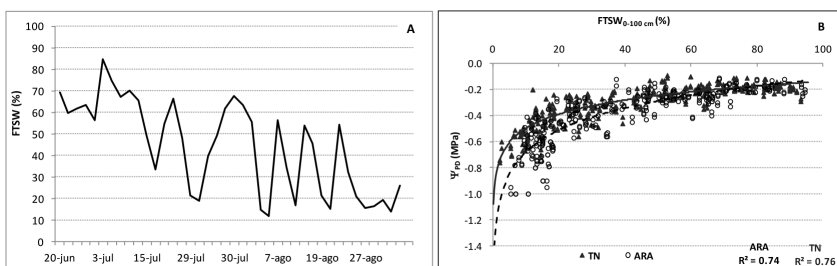
#### **3.1. Evolução do teor de humidade do solo e sua relação com o potencial hídrico foliar de base**

O teor de humidade do solo, expresso em FTSW, apresentou uma evolução decrescente ao longo do período de rega de 2013 oscilando entre 60-80% em Junho até ca de 20% no final de Agosto (Fig. 2A). Os valores do  $\Psi_{pd}$  (dados não apresentados) também apresentaram um padrão decrescente ao longo do ciclo variando entre -0.12 e -0.22 MPa em Junho e - 0.28 e -0.55 MPa no final de Agosto.

O potencial hídrico foliar de base, para além de ser um indicador robusto do estado hídrico da planta, é um bom indicador da reserva de água do solo na zona onde as raízes se encontram a extrair água (LOPES *et al.*, 1998). No sentido de testar a possibilidade de usar a FTSW como estimador do  $\Psi_{pd}$  foram efectuadas regressões entre

o  $\psi_{pd}$  (variável dependente), e a humidade do solo (variável independente) expressa em FTSW (Fig. 2B). Verifica-se que a resposta do  $\psi_{pd}$  à variação da FTSW não é linear. Com efeito, para variações da FTSW entre *ca* de 50 e 100% não se observam importantes variações do  $\psi_{pd}$  parecendo indicar que, nessa gama de teores de humidade do solo, o estado hídrico da videira medido de madrugada é insensível às variações de humidade do solo. Todavia, quando a FTSW desce abaixo de *ca* de 50% começa a evidenciar-se uma descida do  $\psi_{pd}$  indicando que os baixos valores de água no solo não permitiram à videira o total restabelecimento do seu estado hídrico durante a noite. Os elevados coeficientes de determinação obtidos para qualquer das 2 castas ( $R^2 = 0.74$  e  $0.76$  respectivamente para as

castas Aragonéz e Touriga Nacional) mostram que a FTSW explica uma elevada percentagem da variabilidade do  $\psi_{pd}$  tal como reportado por PELLEGRINO *et al.* (2006).



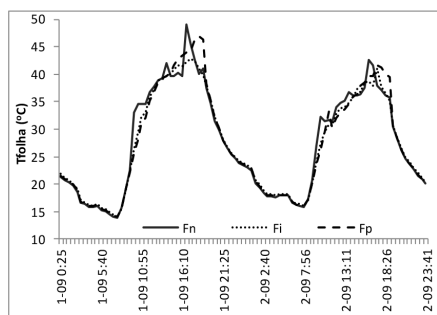
**Figura 2.** A- Evolução da fracção de água facilmente transpirável (FTSW, em % da reserva útil) do solo ao longo do ciclo vegetativo de 2013; B- Análise de regressão entre o potencial hídrico foliar de base ( $\psi_{pd}$  – variável dependente) e a fracção de água do solo facilmente transpirável (FTSW – variável independente) para as castas Touriga Nacional ( $\blacktriangle$  —) e Aragonéz ( $\circ$  ---).

### 3.2. Temperatura da folha

Os dados dos termopares instalados nas folhas permitem avaliar a temperatura da folha em função da sua exposição no coberto vegetal, a cada intervalo de registo (neste caso 30 minutos). No gráfico da figura 3 apresenta-se um exemplo da evolução da temperatura da folha, de acordo com a sua localização na sebe, ao longo de 2 dias de Verão na casta Aragonéz, modalidade SDI, após paragem da rega (1 e 2 de Setembro de 2014). Durante a manhã a maior diferença de temperatura entre folhas ocorre *ca* das 10:30 h, onde a folha exposta do lado nascente atinge temperaturas *ca* de 6.5°C superiores à da folha do lado poente. No final da manhã a folha nascente atinge uma temperatura *ca* de 4°C superior à temperatura do ar. Durante a tarde verifica-se uma situação oposta por volta das 17:00h, em que a folha exposta a poente apresenta a temperatura máxima de 46.9°C que é *ca* de 11° C superior à temperatura do ar e 6.8°C superior à temperatura registada na folha nascente.

A folha do interior do coberto apresenta, em geral, temperaturas similares ou inferiores às registadas nas folhas expostas.

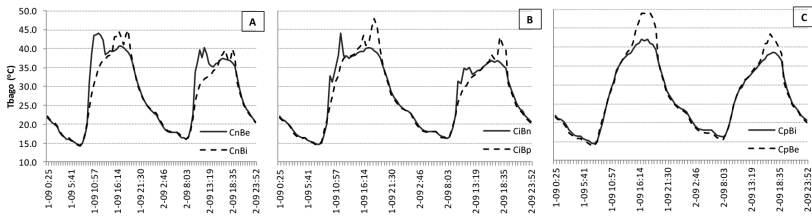
Esta evolução diurna da temperatura da folha mostra que, durante parte do dia, as folhas se encontram a temperaturas acima do óptimo para a fotossíntese o que se traduz em fecho estomático com conseqüente redução da assimilação de carbono pela planta (FLEXAS *et al.*, 2002; CHAVES *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2007). Por outro lado, a redução da transpiração leva a uma menor dissipação do calor e conseqüente anormal aquecimento das folhas (COSTA *et al.*, 2016) podendo verificar-se, em casos de dias muito quentes, a ocorrência de senescência precoce e/ou escaldão. Assim, a monitorização da temperatura das folhas como indicador de stresse térmico da planta revela-se de maior importância para a compreensão do efeito da rega deficitária no funcionamento fisiológico da videira.



**Figura 3** – Evolução diária da temperatura de folhas expostas a nascente (Fn), expostas a poente (Fp) e no interior da sebe (Fi). Dados obtidos na casta Aragonez, na modalidade SDI, nos dias 1 e 2 de Setembro de 2014.

### 3.3. Temperatura do bago

Na figura 4 apresenta-se um exemplo da evolução da temperatura em 6 bagos (2 de cada um dos 3 cachos amostrados na modalidade SDI da casta Aragonez; *vide* Fig. 1B), nas mesmas datas reportadas para a temperatura da folha. Tal como observado nas folhas também os bagos apresentam variações de temperatura de acordo com a localização do cacho e com a face do cacho onde se insere o bago. A meio da manhã, o bago do lado nascente atinge uma temperatura superior ao bago do lado poente (*ca* + 12°C), verificando-se durante a tarde a situação oposta. Em geral, e tal como seria de esperar em resultado do aquecimento provocado pela radiação solar, os bagos expostos (da face Este do cacho nascente e face Oeste do cacho poente) são os bagos que apresentam a maior diferença relativamente à temperatura do ar tendo-se atingido + 12.6°C no bago exposto a Oeste. Em qualquer dos 2 dias amostrados (dias quentes com temperatura do ar máxima de 40 e 35.7°C, no primeiro e segundo dia, respectivamente) verifica-se que, durante uma boa parte do dia, qualquer dos bagos apresenta temperaturas superiores a 35°C, consideradas limitantes para a síntese e/ou degradação de antocianinas (BERGQVIST *et al.*, 2001; SPAYD *et al.*, 2002).



**Figura 4.** A – Evolução diária da temperatura de bagos da face exposta (CnBe) e da face interior (CnBi) de cachos expostos a nascente, B - de bagos da face nascente (CiBn) e da face poente (CiBp) de cachos do interior da sebe e C - de bagos da face exposta (CpBe) e da face interior (CpBi) de cachos expostos a poente. Dados obtidos na casta Aragonez, na modalidade SDI, nos dias 1 e 2 de Setembro de 2014.

#### 4. CONCLUSÕES

Atendendo ao elevado número de dados colhidos e ao facto da sua análise ainda se encontrar em curso, as conclusões ora apresentadas têm cariz preliminar devendo ser aprofundadas no futuro após uma análise detalhada e integrada dos vários anos de dados.

Os elevados coeficientes de determinação obtidos na relação entre o  $\frac{FTSW}{T_{pd}}$  e a FTSW, em ambas as castas, permite considerar a FTSW como um estimador robusto do potencial hídrico foliar de base e, consequentemente, preconizar a sua utilização na “DSS” de apoio à gestão da rega da vinha em substituição do potencial de base que é um método que tem várias desvantagens: destrutivo, não automático e descontinuo no tempo e tem de ser feito de madrugada.

Os dados dos sensores da temperatura da folha constituem também informação muito importante para a gestão da rega deficitária pois poderão ser incorporados na DSS de forma a constituírem informação que permita dar alertas para iniciar a rega quando a temperatura atinja valores considerados perigosos para a manutenção da actividade fisiológica da folha (por ex. em casos de ondas de calor).

Os dados da temperatura dos bagos constituem também informação fundamental para avaliar o efeito indirecto da rega deficitária na composição da uva via alteração do microclima térmico e luminoso dos cachos por redução do crescimento vegetativo e/ou promoção da senescência foliar. Esta questão torna-se ainda mais importante em situações de clima mediterrânico, como é o caso da região do Alentejo, onde a probabilidade de ocorrência de ondas de calor é elevada. Assim, no âmbito da DSS de gestão da rega deficitária que se encontra em desenvolvimento, prevemos incluir a temperatura dos bagos como uma variável indicativa quer do efeito da rega deficitária na eficiência térmica para a biossíntese de antocianinas quer de alerta para casos de ondas de calor.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho insere-se no âmbito do projecto europeu Innovine - “Combining innovation in vineyard management and genetic diversity for a sustainable European viticulture” - que foi financiado pelo 7º Programa Quadro da Comunidade Europeia (FP7/2007-2013) nº FP7-311775. Agradecemos também à Herdade do Esporão pela disponibilidade das parcelas de vinha do ensaio e apoio ao longo da execução dos trabalhos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Opazo C, Tisseyre B, Ojeda H, Ortega-Farias S, Guillaume S. 2008. Is it possible to assess the spatial variability of vine water status? *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 42(4): 203-219.
- Bergqvist J., Dokoozlian N., Ebisuda N., 2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52: 1-7.
- Chaves MM, Santos TP, Souza CR, et al. 2007. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Annals of Applied Biology*, 150: 237–252.
- Costa JM, Vaz M, Escalona J, Egipto R, Lopes C, Medrano H, Chaves MM. 2016. Modern viticulture in southern Europe: Vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. *Agricultural Water Management*, 164: 5-18.
- Flexas J, Bota J, Escalona JM, Sampol B, Medrano H. 2002. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. *Functional Plant Biology*, 29: 461–471.
- Lopes, C.M., Pacheco, C.A., Vicente-Paulo, J. e Rodrigues, M.L., 1998. Interesse do potencial hídrico foliar de base como indicador da actividade fisiológica da videira. *Actas do 4º Simp. Vitivinicultura Alentejo*, ATEVA/CCRA, Évora, 20-22 Maio 1998, 97-102.
- Lopes CM, Costa JM, Monteiro A, Egipto R, Tejero I, Chaves MM. 2014. Varietal behavior under water and heat stress. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Int. Symp. Exploitation of autochthonous and more common vine varieties*. Oenoviti Int. Network, Geisenheim, 3-5 Nov 2014.
- Loveys B e Ping L. 2002. Plant response to water – new tools for vineyard irrigators. *Proceedings of the ASVO Seminar, Managing Water*, Mildura, Victoria, 12 July 2002, Australian Society of Viticulture and Oenology.
- Pellegrino A, Gozé E, Lebon E e Wery J. 2006. A model-based diagnosis tool to evaluate the water stress experienced by grapevine in field sites. *Europ. J. Agronomy*, 25: 49-59.
- Santos T, Lopes CM, Rodrigues ML, et al. 2007. Partial rootzone drying irrigation affects cluster microclimate improving fruit composition of ‘Moscatel’ field-grown grapevines. *Scientia Horticulturae*, 112: 321–330.
- Spayd S.E., Tarara J.M., Mee D.L., Ferguson J.C., 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53: 171-182.