

# MEDIÇÃO DA TRANSPIRAÇÃO EM COBERTOS DESCONTÍNUOS: VINHA EM DIFERENTES DECLIVES, NA REGIÃO DO OESTE

M. Isabel F. R. FERREIRA

*Professora Catedrática, Instituto Superior de Agronomia, UTL, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, +351.21.3653476, isabelferreira@isa.utl.pt*

José C. SILVESTRE

*Investigador Auxiliar, Estação Vitivinícola Nacional (INIA), 2565-191 Dois Portos, +351.261712106, inia.evn.viti@oninet.pt*

## RESUMO

Um sistema radicular profundante inviabiliza o uso de métodos hidrológicos para a quantificação do uso da água, numa escala espacial que se coadune com uma escala temporal suficientemente fina. Tal como noutros cobertos lenhosos, o método das flutuações instantâneas (EC, *eddy covariance*) constitui uma alternativa fiável mas requer parcelas extensas e homogêneas. Uma opção, em parcelas de reduzidas dimensões e plantas de grande desenvolvimento radicular, consiste em usar técnicas de medição de fluxo de seiva (FS). Não obstante os progressos recentes e a relativa popularidade destes métodos, a sua fiabilidade tem que ser testada (usando, por exemplo, o método EC como referência), o que, ajustados os parâmetros permite obter estimativas fiáveis da transpiração.

A estratégia possível consiste então em abordar a questão em duas etapas relacionando, em primeiro lugar, os resultados daquele método com os de métodos de medição de FS, em parcelas de dimensões suficientes e, numa segunda etapa, usar apenas estes métodos e através da relação obtida quantificar a transpiração em pequenas parcelas. Este artigo constitui um exemplo de aplicação correspondente à segunda etapa. O método de FS escolhido foi o de *Granier* (aquecimento constante e pontual).

O caso-estudo para aplicar a estratégia experimental proposta foi uma vinha não regada, com sub-parcelas em declive variável: 3%, 10% e 17%. A metodologia usada conduziu à quantificação da transpiração ao longo de um ciclo completo, à distinção entre a transpiração das plantas situadas no topo da encosta (17%) das situadas em vale (3%) e à respectiva interpretação.

Palavras-chave: uso da água, evapotranspiração, fluxo de seiva, *Vitis vinifera*, Oeste.

## 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1. A vinha e o uso da água

Segundo Aigrain (2002), a cultura da vinha ocupava em 2001 e em Portugal uma área de cerca de 260000 ha. No cômputo internacional e em termos de produção, Portugal é o 8º produtor mundial de vinho (média de 1990/95), situando-se logo após a África do Sul e a Alemanha, e naturalmente, após o grupo dos cinco grandes produtores: Itália, França, Espanha, E.U.A. e Argentina. A cultura da vinha apresenta um forte impacto económico e social na actividade agrícola nacional, ocupando cerca de 6.4% da S.A.U., contribuindo com 25% para a produção vegetal nacional e com 59% para o valor global das exportações de produtos agrícolas (I.N.E., 1993).

Apesar de a vinha ser uma cultura dotada de uma capacidade de adaptação a períodos de carência hídrica intensa, a carência hídrica extrema pode activar vários mecanismos de resposta com consequências no desenvolvimento reprodutivo e na qualidade. Por outro lado, é bem conhecido que a carência hídrica tem uma influência maior no crescimento vegetativo e que, de uma forma geral, este é mais sensível à carência hídrica do que o crescimento dos bagos (Dry *et al.*, 2001). A chave para melhorar a qualidade do vinho proveniente de vinhas regadas é atingir um balanço adequado entre desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, uma vez que um vigor excessivo pode ter consequências indesejáveis na composição das uvas. A realização de regas de complemento, com dotações equilibradas, pode constituir uma mais valia para a aplicação de um recurso escasso e fundamental para o desenvolvimento, como a água.

Note-se que a rega da vinha é uma prática comum nas viticulturas do Novo Mundo, enquanto que, na Europa, se verifica uma situação variável de país para país: interdita em França, é praticada na Alemanha com uma expressão reduzida, em Espanha (3 % da área total, com tendência para crescimento acelerado cf Ruiz, 2001), em Itália, onde cerca de 24% da área de vinha para vinho é regada. Em Portugal, a rega em vinha é regulamentada para algumas regiões produtoras de VQPRD, sendo efectuada em condições excepcionais reconhecidas pelo Instituto da Vinha e do Vinho (e sob autorização prévia, caso a caso, das Comissões Vitivinícolas Regionais), não se dispondo de dados fidedignos sobre a área regada. Contudo, para as regiões a sul do Tejo tem-se verificado um forte incremento da área regada nos últimos anos (Lopes *et al.*, 2001) o que renovou o interesse científico sobre o tema, tendo recentemente sido desenvolvidos projectos de investigação no sentido de adquirir informação sobre o uso da água em vinha, informação aplicável quer em vinhas regadas quer não regadas, como é o caso deste estudo.

A quantificação dos consumos de água da videira está de facto insuficientemente documentada. Alguns trabalhos apresentam valores pontuais de evapotranspiração (*ET*) estimados por métodos micrometeorológicos (Heilman *et al.*, 1994, 1996; Riou *et al.*, 1994; Sene, 1994; Trambouze, 1996; Silvestre *et al.*, 1999; Green *et al.*, 2000; Silvestre, 2003). Em termos anuais, foram observados para videiras adultas (Evans *et al.*, 1993) em lisímetros de drenagem, valores da ordem dos 540 mm ano<sup>-1</sup>. Doorenbos e Pruitt (1977) indicam consumos na ordem de 450 a 900 mm ano<sup>-1</sup> (obtidos sobretudo gravimetricamente por amostras de solo). Na região de Santarém e para o período de Maio a Setembro, Pacheco (1989) verificou consumos compreendidos entre 300 e 350 mm (balanço hídrico do solo efectuado por métodos neutrónicos). A variabilidade de valores encontrados é naturalmente atribuída aos vários factores que afectam o uso de água, referidos na bibliografia. Salientam-se, entre outros, o clima, a cultivar, as práticas culturais (mobilização, enrelvamento, rega), a estrutura e profundidade do solo, o sistema de condução, etc.

### 1.2. Técnicas de medição

Ao nível da planta isolada têm sido aplicadas várias metodologias como é o caso dos trabalhos efectuados por lisimetria, por aplicação de diferentes métodos de fluxo de seiva, etc. Os trabalhos ao nível da parcela têm sido efectuados recorrendo quer à realização do balanço hídrico do solo quer aos

métodos micrometeorológicos disponíveis. A utilização de lisímetros de pesagem fornece uma medição directa da utilização da água pela planta e tem sido usada, em vinha, para estabelecer relações com os factores que afectam a *ET* e para o estabelecimento de coeficientes culturais (Williams, 1999). Porém, as condições de solo e de manuseamento da cultura deveriam ser idênticas hidrológicamente dentro da área isolada e fora dela. Este método, além de ser caro e aplicável apenas a um número reduzido de indivíduos num local fixo, pode modificar o padrão de desenvolvimento radicular. Esta abordagem apresenta portanto limitações que condicionam o seu uso alargado.

Os valores de *ET* obtidos pelo balanço hídrico do solo devem também ser considerados com prudência, face à dificuldade de avaliar a profundidade do solo explorada pelas raízes e à forte heterogeneidade da humidade do solo. Na maior parte dos trabalhos, efectuaram-se perfis até mais de 2 m de profundidade, verificando-se por vezes que esta profundidade é insuficiente (Roumbas *et al.*, 1983; Jourjon *et al.*, 1991). Galais (1992, citado por Trambouze, 1996) verificou que a precisão da *ET* estimada a partir de 10 perfis numa parcela de vinha com 0.26 ha variou entre 10 a 200% para períodos curtos (3 dias), 5 a 10 % para períodos de 15 dias e 4 % para períodos de 2 meses. Para os resultados obtidos a partir de um ponto de medição, este autor estima um erro 3 vezes maior, para cada um dos períodos considerados.

Sendo os valores de *ET* difíceis de obter com rigor e quase impossíveis de estimar a uma escala temporal fina pela realização do balanço hídrico do solo, os métodos micrometeorológicos constituem uma alternativa mais privilegiada para a sua medição (Ferreira, 1996). O método das flutuações instantâneas (*eddy covariance*, *EC*), proposto inicialmente por Swinbank (1951) tem sido considerado como método de referência permitindo uma estimativa directa da *ET* sem hipóteses sobre a forma dos perfis ou as difusividades turbulentas (Swinbank, 1951; Brunet *et al.*, 1995). É o mais directo para a medição da *ET*, sendo particularmente adequado para culturas esparsas ou com elevado grau de anisotropia tendo sido utilizado para calibrar outros métodos micrometeorológicos (Green *et al.*, 1997, 2000). Tal como os métodos micrometeorológicos em geral, o método *EC* requer sensores muito dispendiosos e de robustez limitada, bem como vastas extensões uniformes para que a sua aplicação seja válida (Brutsaert, 1982; Verma, 1990; Brunet, 1997). No entanto, em Portugal, as vinhas encontram-se geralmente implantadas em regiões relativamente acidentadas, não adequadas para o uso de métodos micrometeorológicos.

Os métodos de medição do fluxo de seiva (*FS*) só permitem conhecer uma das componentes da *ET*, a transpiração (*Tr*) mas permitem acompanhar, a uma escala temporal fina, o funcionamento hídrico das plantas no seu meio ambiente natural e em condições não perturbadas, durante períodos prolongados (dias a meses). Em relação aos métodos micrometeorológicos, apresentam a vantagem de se poderem aplicar a vários níveis (do ramo à planta inteira) e de não requererem parcelas uniformes. De entre os métodos de fluxo de seiva aplicados em vinha salientam-se o método de dissipação do calor, vulgarmente referido como método de *Granier* (Granier, 1985, 1987), o método de balanço de calor do tronco (Valancogne e Nasr, 1989) e o método de velocidade de impulsos de calor (Cohen *et al.*, 1981; Cohen, 1994).

Apesar de serem utilizados em larga escala, verifica-se que a avaliação da precisão e exactidão destes métodos, quer para a vinha quer para outras espécies de porte mais elevado, está insuficientemente documentada. A comparação entre os resultados experimentais decorrentes da aplicação destas técnicas e de métodos micrometeorológicos tem posto em evidência discrepâncias que aconselham alguma prudência, relativamente às técnicas de *FS*. A experiência sugere que nenhuma técnica de *FS* parece ser inteiramente fiável em todas as circunstâncias (Ferreira *et al.*, 2004).

Uma estratégia possível, quando todas as condições desfavoráveis descritas se acumulam (pequenas parcelas, sistema radicular profundante, arquitectura do coberto complexa) consiste em conjugar o método *EC* (usado como referência) com métodos de medição de *FS* para a quantificação

de Tr abordando a questão em duas etapas. Em primeiro lugar, relacionando os resultados daquele método com os de métodos de medição de FS, em parcelas de dimensões suficientes e, numa segunda etapa, usar apenas estes métodos e através da relação obtida quantificar a transpiração em pequenas parcelas. Este artigo constitui um exemplo de aplicação correspondente à segunda etapa. A conjugação de métodos EC e FS pode ser vista então sob as duas perspectivas: testar/calibrar e estender séries/completar informação.

O caso-estudo escolhido para aplicar a estratégia experimental proposta foi uma vinha não regada, com sub-parcelas em declive variável por se tratar de uma situação com relevância para aplicações hidrológicas.

## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio efectuado decorreu de Agosto de 1998 a Setembro de 1999, numa vinha localizada na zona de Alenquer, na Quinta dos Sobreiros (latitude – 39°05', longitude – 9°05', altitude – 140 a 170 m). O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é mesotérmico húmido com estação seca e pouco quente no Verão (Csb) (Reis e Gonçalves, 1981). Para o período de 1951/1981 e para a estação climatológica mais próxima (Dois Portos) a temperatura média anual foi de cerca de 15°C, a precipitação média anual 623.7 mm e a evaporação 1263.7 mm. O solo é franco.

A casta em estudo foi a cv. "Castelão", enxertada em 1103 P. A vinha, plantada em 1993, ocupa uma superfície de 2 ha (figura 1). O compasso de plantação é de 3,0 m por 1,0 m a que corresponde uma densidade de 3333 plantas/ha. As linhas estão orientadas segundo a direcção NE-SW. O sistema de condução é um monopiano ascendente, podado em Guyot duplo, com arames a 0,60 m e 1,30 m. Nesta vinha foram estabelecidas 3 parcelas com a mesma orientação, com declives médios de 3%, 10% e 17%.



Figura 1 - Aspecto da parcela (Quinta dos Sobreiros, Alenquer).

A instrumentação meteorológica instalada na parcela permitiu medir a radiação global (ES sensor, Skye Instruments, Powys, Reino Unido), a precipitação (udómetro de báscula RG1, Vector Instruments, Rhyl, Reino Unido), o balanço de radiação a 3 m de altura (pirradiómetro PH. Schenk GmbH, Viena, Áustria), a temperatura e humidade do ar, a cerca de 3 m (psicrómetro ventilado standard, P. Cernusca, Univ. Innsbruck, Áustria) e a velocidade do vento ao mesmo nível (anemómetro de concha A100R Vector Instruments, Rhyl, Reino Unido). Os dados foram obtidos a uma frequência de

0.1 Hz e registadas as médias de 30 minutos (21X com multiplexer AM416, Campbell Sci., Leicester, Reino Unido). A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi calculada como descrito em Allen *et al.* (1998).

Uma vez que devido à extensão e declive variável das parcelas, não era possível utilizar o método EC, a solução foi usar um método de medição de fluxo de seiva. O método de *Granier* (Granier, 1985, 1987) foi usado por a sua aplicação ter custos conciliáveis com uma adequada amostragem e ter provado ser de uma robustez compatível com uso prolongado.

Este método baseia-se numa equação combinada da condução e convecção unidimensional e em regime permanente, em meio poroso, com parâmetros empíricos na equação que relaciona a densidade de fluxo de seiva com o arrefecimento de um sensor aquecido, inserido radialmente no xilema (sonda superior), tendo um sensor a montante como referência (sonda inferior). Nas sondas são enrolados fios de resistência térmica e a meio do seu comprimento é colocado um termopar de cobre - constantan; a sonda de cima é aquecida em contínuo por efeito de Joule a potência constante, sendo registada em contínuo a diferença de temperatura entre as duas sondas (figura 2).

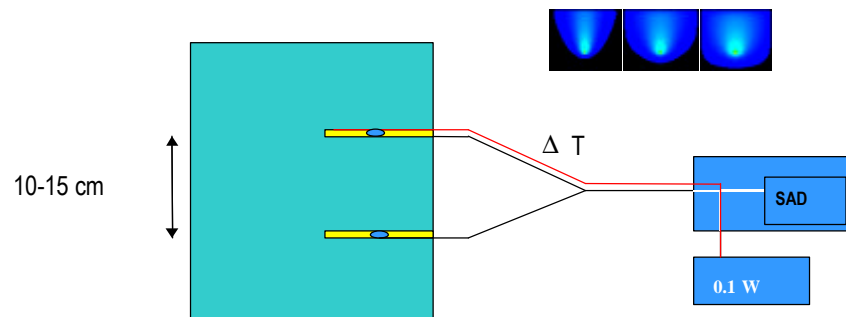


Figura 2 - Esquema de instalação de um sensor de *Granier* e representação do campo de temperaturas em condições de elevado fluxo (esquerda) e de baixo fluxo (direita).

Este método baseia-se na relação entre a densidade de fluxo ( $J$ ,  $m^3 m^{-2} s^{-1}$ ) e o índice de fluxo  $K$  (adimensional), de acordo com a Eq. 1 e Eq. 2:

$$J = a K^b \quad (1)$$

$$K = (\Delta T_{max} - \Delta T) / \Delta T \quad (2)$$

em que:

$\Delta T$  é a diferença de temperatura entre os dois níveis de inserção das sondas,

$\Delta T_{max}$  é o correspondente valor, em condições de fluxo nulo.

O fluxo de seiva à escala da parcela é obtido pelo produto da densidade de fluxo média na parcela pela área da secção condutora por unidade de área de solo. Numa escala temporal diária e em ausência de *stress* hídrico severo, considera-se que este valor equivale à transpiração ( $Tr$ ). Inicialmente, foram determinados os parâmetros para a estimativa do fluxo de seiva em troncos de espécies florestais, tendo sido obtidos os valores de  $a=119 \cdot 10^{-6}$  e  $b = 1,231$  (Granier, 1985, 1987).

Por termos verificado que estes valores não são adequados para todas as espécies (*vd* Ferreira *et al.*, 1997), analisou-se a relação entre  $Tr$  obtida por esta equação com os parâmetros convencionais e pelo método EC, em condições de evaporação do solo desprezável o que equivaleria a alterar os parâmetros da Eq. 1. A relação obtida com o método EC (Eq. 3), verificada em duas condições pedoclimáticas e varietais distintas e em 4 anos de experiências (Silvestre, 2003) permitiu corrigir os

valores de fluxo de seiva estimados pela equação original de *Granier* e autorizar a sua utilização para a estimativa de valores absolutos de  $T_r$ , ao longo do período vegetativo e dentro da gama de valores para a qual a relação é estritamente válida. As vantagens que este método apresenta do ponto de vista operacional tornam esta estratégia bastante conveniente.

As sondas (0,002 m de diâmetro e 0,01 m de comprimento) foram inseridas radialmente no xilema, a 0,01 m de distância na vertical e a superior aquecida a uma potência de  $0.1 \text{ W cm}^{-1}$ . O fluxo de seiva foi calculado assumindo que toda a área da secção é condutora de seiva, tal como observado quer pela aplicação de corantes quer pelo perfil radial de distribuição da densidade de fluxo (Silvestre, 2003). Cada parcela foi caracterizada por um conjunto de 3 sensores. Dada a reduzida dimensão da amostra, a mudança de escala foi efectuada com base na análise do peso da lenha de poda de cada planta (relativamente à média em cada parcela), como indicador do índice de área foliar, que noutras situações (Silvestre, 2003) se mostrou ser proporcional à transpiração das plantas individuais. Foram feitas as correcções relativas aos gradientes térmicos naturais (Ferreira e Zitscher, 1996). Esta abordagem permitiu quantificar  $T_r$ , de Agosto a Dezembro de 1998 e de Abril a Agosto de 1999, completando o equivalente a um ciclo vegetativo.

Para a interpretação dos dados, considerou-se necessário quantificar o estado hídrico nas parcelas, tendo-se medido o potencial hídrico foliar recorrendo a uma câmara de pressão, de acordo com o descrito por Scholander *et al.* (1965), com as preocupações metodológicas descritas em Turner (1988). A câmara utilizada (Manofrígido, S.A., Lisboa) possui dois manómetros com fins de escala até 1 e 6 MPa, permitindo uma resolução mais fina (na ordem de 0.01 MPa) para o caso dos potenciais mais elevados. Cada parcela foi caracterizada pela média de seis medições.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equação correspondente à relação entre o FS (valores totais diários obtidos com os parâmetros de *Granier*,  $Gr$ ) e a  $T_r$  medida com o método EC (para  $Es=0$ ) para cv. Trincadeira (Vale de Santarém, 1996, 1997) e Syrah (Setúbal, 2001, 2002) é:

$$T_r = 1.1 * Gr^{1.5} \quad (r^2 = 0.84) \quad (3)$$

válida para  $T_r$  entre aproximadamente 1 e 3 mm.dia<sup>-1</sup>. Fora desta gama de valores, usou-se a relação com outros métodos de referência, como descrito em Silvestre (2003). Os dados obtidos foram corrigidos, fornecendo os resultados que se apresentam na figura 3a para a média no conjunto das parcelas, numa primeira abordagem. A figura 3b ilustra a evolução da relação com  $E_{To}$ . Optou-se por apresentar a sequência dos dados do início de 1999 (até dia 220) para o fim de 1998 (a partir do dia 220), para uma melhor visualização da sequência correspondente a um ciclo vegetativo.

Podemos observar que  $T_r$  variou entre 0 e cerca de 2,5 mm/dia (máximo no final de Junho), valor intermédio entre outros observados na mesma cultura e em regiões relativamente próximas (Santarém e Palmela).

Quanto a  $T_r/E_{To}$  (1) variou de 0 a cerca de 0,5, com a excepção de dois dias nublados em que  $E_{To}$  é muito baixa e  $T_r/E_{To}$  muito alta, (2) aumentou rapidamente de Maio a fim de Junho (floração) e depois decresceu lentamente até às primeiras chuvas Outonais, (3) aumentou nitidamente após a chuva, sugerindo que as plantas estavam em condições de carência hídrica, apesar dos valores relativamente altos de potencial de base (sempre acima de -0.35 MPa).

A figura 4 exhibe os resultados de  $T_r$  nas diferentes parcelas. Em média, o valor total de  $T_r$  (figura 4 a) é superior na parcela com o declive menor, localizada no vale, sendo mais baixo na parcela com o declive maior, no topo da colina. A parcela de declive intermédio apresenta um valor intermédio para  $T_r$ , se bem que mais próximo da parcela inferior.

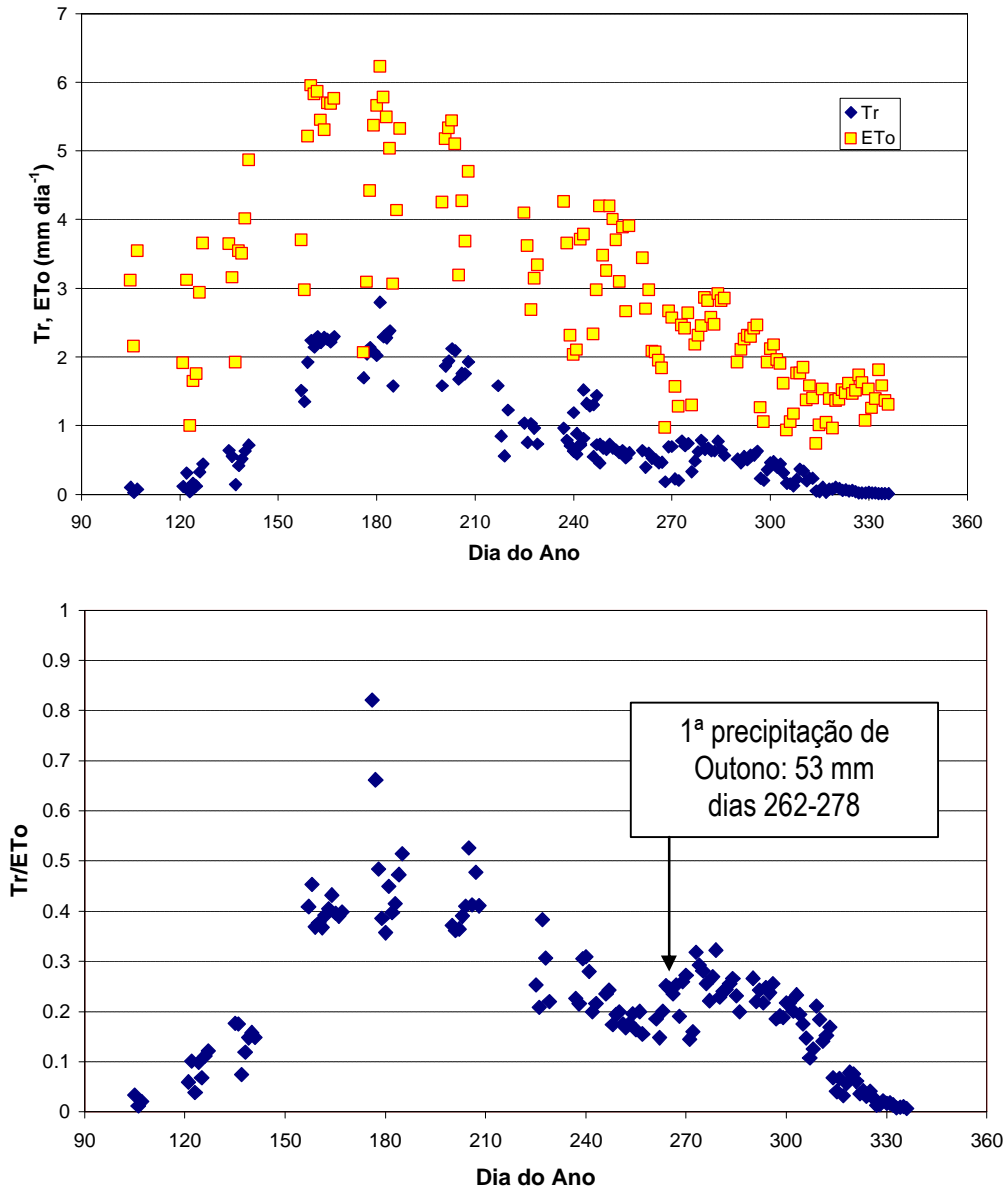


Figura 3. Evolução sazonal da (a) transpiração em vinha ( $Tr$ ) e evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) e (b)  $Tr/ET_o$ ; 1998 e 1999. Alenquer, Portugal.

Quando se considera  $Tr$  por unidade de peso de lenha de poda, o que qualitativamente equivale a dizer por unidade de área foliar, observa-se o oposto, isto é, maiores consumos unitários na parcela do topo e menores na de vale (figura 4b), em média. Estes resultados podem relacionar-se com o facto de, considerando médias e usando a parcela com declive intermédio (10%) como referência, o peso da lenha de poda (e, portanto, a área foliar) ser 27% inferior na parcela superior (17% de declive) e 19% superior, na parcela de vale (3% de declive). Apesar das condições mais favoráveis para a evaporação no topo (vento, radiação a meio do dia), o facto de as plantas terem menos área foliar, determinou menor transpiração total. Por outro lado, no vale (declive 3%), plantas mais desenvolvidas exibiram maior transpiração total mas menor por unidade de área foliar, devido a condições atmosféricas mais moderadas, designadamente maior resistência aerodinâmica. Esta é uma análise genérica. Algumas variações relativamente a este padrão geral podem ser devidas à reduzida amostragem mas foram consistentes quer com as observações do potencial de base quer com a evolução do teor em água no

solo (dados não apresentados). Outros aspectos quer relacionados com o microclima, quer com a textura do solo poderiam incluir-se nesta análise, designadamente a variação da textura do solo devida ao impacto do escoamento superficial determinando perfis com diferentes capacidades de armazenamento.

Embora a análise seja complexa, observa-se por exemplo que a parcela intermédia apresenta no início do ciclo, taxas de transpiração superiores à parcela de vale (3%) o que pode ser interpretado pelos fenómenos de hidromorfismo (ausência de arejamento, afectando o desempenho do sistema radicular) nesta última. Este processo é alterado com o decorrer do ciclo vegetativo, à medida que a diminuição da reserva de água no perfil se acentua, promovendo o arejamento.

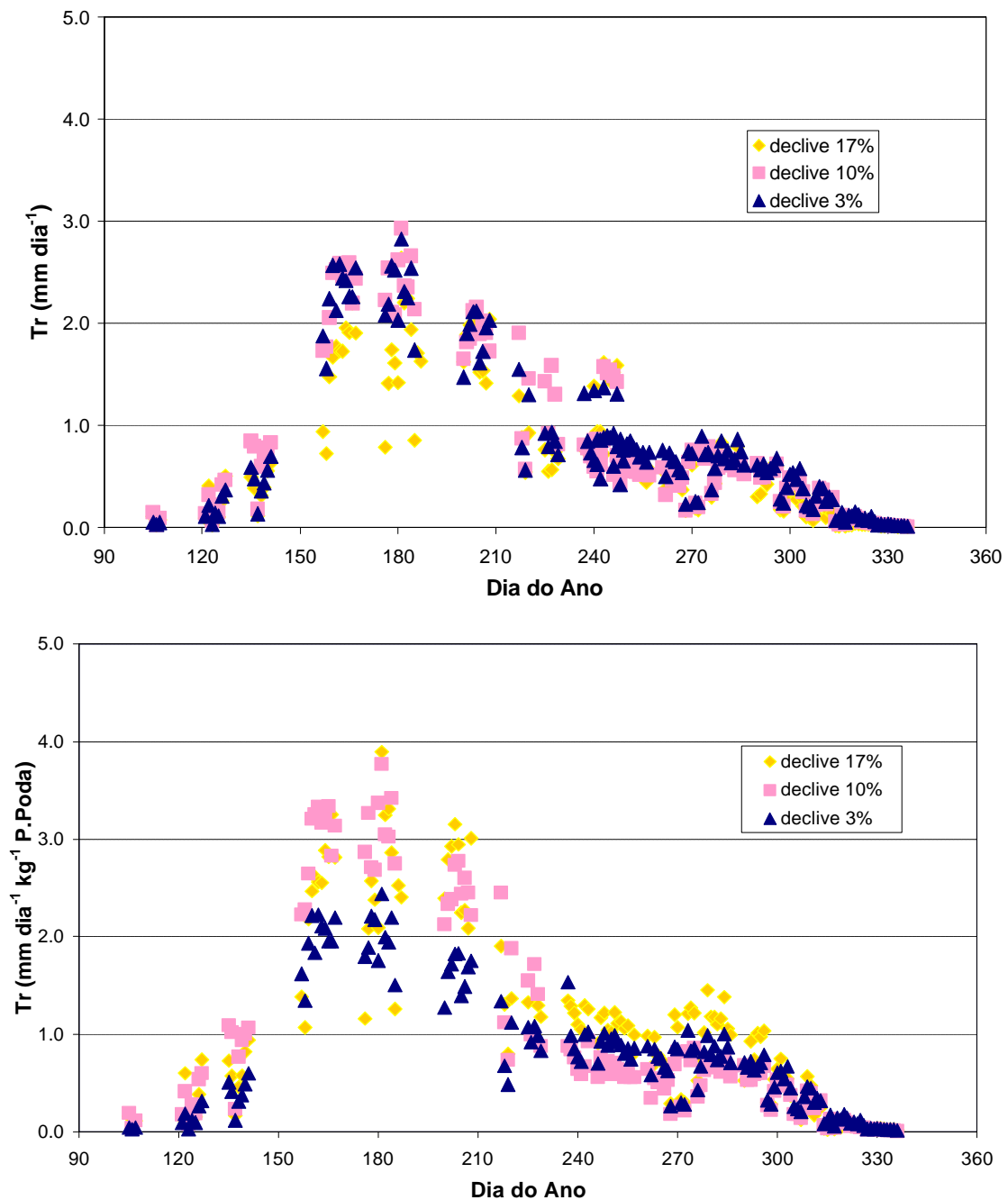


Figure 4 - Evolução sazonal da transpiração em três declives diferentes (a), transpiração por unidade de peso de lenha de poda (b). Alenquer, Portugal, 1998 e 1999.



A transpiração total anual foi de 210 mm (valor médio das três parcelas).

Como os resultados indicam, esta abordagem possibilitou não só detectar diferenças entre as três parcelas, consistentes com a interpretação baseada noutras observações, mas também quantificar a transpiração em condições onde outros métodos bem estabelecidos não podem ser utilizados, devido à profundidade do sistema radicular ou insuficientes dimensões das parcelas (condições de *fetch* limitantes).

#### 4 - CONCLUSÕES

Apesar da subestimativa do método de *Granier* na versão original, a sua utilização, uma vez ajustados os parâmetros para esta espécie (tendo como referência resultados obtidos com métodos micrometeorológicos fiáveis) permitiu quantificar a transpiração ao longo de um ciclo vegetativo. Além disso, e apesar da reduzida amostragem, foi possível diferenciar três situações distintas (recorrendo a técnicas de mudança de escala de fácil execução). A estratégia experimental utilizada é adequada a parcelas onde outros métodos bem estabelecidos não podem ser utilizados, quer devido à profundidade do sistema radicular, rugosidade do coberto ou insuficientes dimensões das parcelas.

Verificou-se que  $Tr$  variou entre 0 e cerca de 2,5 mm/dia (final de Junho), decrescendo em Julho, apesar do aumento de  $E_{To}$ .  $Tr/E_{To}$  (1) variou de 0 a cerca de 0,5, aumentando rapidamente de Maio a fim de Junho e decrescendo até às primeiras chuvas Outonais, (3) aumentou após a chuva, sugerindo que as plantas estavam em condições de carência hídrica.

Em média, o valor total de  $Tr$  foi superior na parcela com o declive menor, localizada no vale, sendo mais baixo na parcela com o declive maior, no topo da colina. A parcela de declive intermédio apresenta um valor intermédio para  $Tr$ , se bem que mais próximo da parcela inferior. Se considerarmos as taxas de  $Tr$  em relação com a unidade de área foliar, observa-se o oposto, isto é, genericamente maiores consumos unitários na parcela de maior declive (topo) e menores na de menor declive (vale). A transpiração total anual foi de 210 mm (valor médio das três parcelas).

#### AGRADECIMENTOS

O trabalho apresentado foi suportado pela JNICT, Portugal, através do projecto (PEAM/GRH/587/95) *Padrões de Uso de Água e Evapotranspiração em Diferentes Topografias - Caso-estudo: Vinha*. Os autores agradecem ao proprietário da vinha, Sr. Luís Severino, as facilidades concedidas no local.

#### BIBLIOGRAFIA

- AIGRAIN, P. (2002). Note de conjuncture mondiale. *Bulletin de l'OIV*, 855-856: 322-355.
- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D. e SMITH, M. (1998). *Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy, 300 p.
- BRUNET, Y., LAVILLE, P., FLURA, D. e BACULAT, B. (1995). La mesure des flux turbulents. In: *Actes de L'École-Chercheurs INRA en Bioclimatologie. Tome 1: De la plante au couvert végétal*. Dep. Bioclimatologie INRA, Thierval-Grignon. pp. 441-459.
- BRUNET, Y. (1997). La mesure des flux de vapeur d'eau. In: C. Riou (Ed.), *L'eau dans l'espace rural: la production végétal*. INRA, pp. 171-181.
- BRUTSAERT, W. (1982). *Evaporation into the atmosphere. Theory, history and applications*. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holanda, 298 pp.
- COHEN, Y. (1994). Thermoelectric methods for measuring sap flow in plants. In: G. Stanhill (ed.), *Advances in Bioclimatology*, 3. Springer Verlag, Berlin, Germany, pp. 63-89.
- COHEN, Y., FUCHS, M. e GREEN, G.C. (1981). Improvement of the heat-pulse method for determining sap flow in trees. *Plant Cell Environ.*, 4: 391-397.

- DOORENBOS, J. e PRUITT, W.O. (1977). Crop water requirements. *Irrigation and Drainage Paper N° 24*. FAO, Roma. 144 pp.
- DRY, P.R., LOVEYS, B.R., MCCARTHY, M.G. e STOLL, M. (2001). Strategic irrigation management in Australian vineyards. In: *12èmes Journées GESCO, Journée professionnelle: "Gestion de l'eau dans le vignoble"*, AGRO Montpellier, Montpellier, pp. 45-61.
- EVANS, R.G., SPAYD, S.E., WAMPLE, R.L., KROEGER, M.W. e MAHAN, M.O. (1993). Water use of *Vitis vinifera* grapes in Washington. *Agric. Water Manag.*, **23**: 109-124.
- FERREIRA, M.I. (1996). Evapotranspiração e stress hídrico em cobertos arbóreo-arbustivos numa perspectiva de gestão da água em região mediterrânica. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, **45**, 343-385.
- FERREIRA, M.I.; DAVID, T. S.; PEREIRA, J. S.; DAVID, J. S.; VALANCOGNE, C. BERBIGIER, P e LOUSTAU, D. (1997). Evapotranspiration in several woody species of central Portugal. In: Hocevar, A. (ed), *Proceedings 14th International Congress of Biometeorology*. Lubiana, Eslovenia 1-8 Set 96: 53-60.
- FERREIRA M. I., SILVA, R.; DO PAÇO, T.; DAVID, T. S. e SILVESTRE, J. (2004) Coeficientes culturais e coeficientes de stress hídrico em cobertos lenhosos: resultados de 10 anos de experimentação em Portugal. *Revista da Sociedade Portuguesa de Ciências Agrárias* (submetido).
- FERREIRA, M.I. e ZITSCHER, H. (1996). Measurements performed with the Granier method in short trunks near the soil. In: *3rd workshop on measuring sap flow in intact plants*, Sitges, Barcelona.
- GRANIER, A. (1985). Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Annales des Sciences Forestières*, **42**, 193-200.
- GRANIER, A. (1987). Evaluation of transpiration in a Douglas-fir stand by means of sap flow measurements. *Tree Physiology*, **3**, 309-320.
- GREEN, A.E., MCANENEY, K. e LAGOARDE, J.P. (1997) Sensible heat and momentum flux measurement with an optical inner scale meter. *Agric. For. Meteorol.* **85**: 259-267.
- GREEN, A.E., GREEN, S.R., ASTILL, M.S. e CASPARI, H.W. (2000). Estimating latent heat flux from a vineyard using sintillometry. *TAO*, **11** (2): 525-542.
- HEILMAN, J.L., MCINNES, K.J., GESCH, R.W., LASCANO, R.J. e SAVAGE, M.J. (1996). Effects of trellising on the energy balance of a vineyard. *Agric. For. Meteorol.* **81**: 79-93.
- HEILMAN, J.L., MCINNES, K.J., SAVAGE M.J., GESCH, R.W. e LASCANO, R.J. (1994). Soil and canopy energy balances in a west Texas vineyard. *Agric. For. Meteorol.*, **71**(1-2): 99-114.
- I.N.E., 1993. *Portugal agrícola*, 258 p., I.N.E., Lisboa
- JOURJON, F., MORLAT, R. e SEGUIN, G. (1991). Caractérisation des terroirs viticoles de la moyenne vallée de la Loire. Parcelles expérimentales, climat, sols et alimentation en eau de la vigne. *J. Intern. Sci. Vigne Vin*, **25**, 179-202.
- LOPES, C., BARROSO, J., MADEIRA, J., VICENTE-PAULO, J., CABRITA, M.J., PACHECO, C., RODRIGUES, M.L., SANTOS, T. e CHAVES, M.M. (2001). Rega da vinha no Alentejo. Dotações e época de aplicação. In: *5º Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo*, ATEVA, Évora, Portugal, 307-313.
- PACHECO, C.M.A. (1989). *Influência das técnicas de não mobilização e de mobilização sobre aspectos estruturais e hídricos de solos com vinha, bem como sobre o respectivo sistema radical. Consequências das relações hídricas solo-vinha na produção*. Dissertação de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, UTL, 423 pp.
- REIS, R. e GONÇALVES, M. (1981). O clima de Portugal, Fascículo XXXII. Caracterização climática da região agrícola do Ribatejo e Oeste. INMG, Lisboa.
- RIOU, C., PIERI, P. e Le CLECH, B. (1994). Consommation d'eau de la vigne en conditions hydriques non limitantes. Formulation simplifiée de la transpiration. *Vitis*, **33**: 109-115.
- ROUMBAS, N., DUTEAU, J. e SEGUIN, G. (1983). Le vignoble de Chypre: Parcelles expérimentales, climats, sols et alimentation en eau de la vigne. *Conn. Vigne Vin*, **1**: 1-30.

- RUIZ, V.S. (2001). Bases ecophysiológicas et choix techniques dans la gestion de l'eau dans les vignobles Méditerranéens: expérience de l'Espagne. In: *12èmes Journées GESCO, Journée professionnelle: "Gestion de l'eau dans le vignoble"*, AGRO Montpellier, Montpellier, pp. 87-102.
- SCHOLANDER, P.F., HAMMEL, H.T., BRADSTREET, E.D. e HEMMINGSEN, E.A. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science*, **148**: 339-347.
- SENE, K.J. (1994). Parameterisations for energy transfers from a sparse vine crop. *Agric. For. Meteorol.*, **71** (1-2): 1-18.
- SILVESTRE, J., FERREIRA, M.I. e VALANCOGNE, C. (1999). Evapotranspiration and water relations from a vineyard in Central Portugal during Spring-Summer periods. *Acta Hort.* **493**: 213-218.
- SILVESTRE, J. 2003. *Evapotranspiração e funcionamento hídrico em Vitis vinifera L.*. Dissertação de Doutorado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 222 pp.
- STOLL, M., LOVEYS, B.R. e DRY, P.R. (2000). Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *J. Exp. Bot.*, **51** (350): 1627-1634.
- SWINBANK, W.C. (1951). The measurement of vertical transfer of heat and water vapor by eddies in the lower atmosphere. *J. Meteorol.*, **8**: 135-145.
- TRAMBOUZE, W. (1996). *Caractérisation et éléments de modélisation de l'évapotranspiration réelle de la vigne à l'échelle de la parcelle*. Dissertação de doutorado. École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 191 pp.
- TURNER, N.C. (1988). Measurement of plant water status by the pressure chamber technique. *Irrig. Sci.*, **9**: 289-308 (P13-13)
- VALANCOGNE, C. e NASR, Z. (1989). Measuring sap flow in the stem of small trees by the heat balance method. *Hortscience*, **24** (2): 383-385.
- VERMA, S.B. (1990). Micrometeorological methods for measuring surface fluxes of mass and energy. *Rem. Sens. Rev.*, **5**: 99-115.
- WILLIAMS, L.E. (1999). Water use of Thompson seedless grapevines measured with a weighing lysimeter during a late season dry down period. *Acta Hort.*, **493**: 161-167.