

MEDIÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM COBERTOS DESCONTÍNUOS: MONTADO DE SOBRO NA REGIÃO DE LISBOA

M^a Isabel F. R. FERREIRA

Professora Catedrática, Instituto Superior de Agronomia - UTL, Tapada da Ajuda, 1349-017, Lisboa, +351.21.3653476

isabelferreira@isa.utl.pt

Rodolfo M. SILVA, Teresa A. do Paço

Bolseiros, Instituto Superior de Agronomia - UTL, Tapada da Ajuda, 1349-017, Lisboa, +351. 213653335, rodolfo@isa.utl.pt,

tapaco@isa.utl.pt

RESUMO

A quantificação do uso da água pelos cobertos lenhosos está em geral mal documentada. Em Portugal este aspecto não é irrelevante já que cerca de 2/3 da superfície agrícola útil corresponde a este tipo de cobertos (pomares, florestas, vinhas, vegetação natural,...). Em cobertos regados, a evapotranspiração (ET) segue genericamente a tendência da evapotranspiração de referência (ET_o). Porém, em cobertos não regados, em condições de secura estival, essa relativa proporcionalidade deixa de existir. Nessas circunstâncias, e face à escassez actual de modelos adequados, a resolução da incerteza relativamente aos consumos pressupõe a medição directa da ET ou das suas componentes.

Aplicou-se o método micrometeorológico das flutuações instantâneas ou correlações turbulentas (*eddy covariance*) num vasto montado com utilização silvo-pastoril, relativamente denso, no vale do Tejo (entre Montijo e Palmela). Para a estimativa da transpiração (T) foi usado um método térmico de medição do fluxo de seiva. Os resultados apresentados são de 2002 e 2003, para o fluxo de seiva e 2003 para a ET. As observações complementares permitiram testar a qualidade das medições dos fluxos atmosféricos.

Dos resultados da medição da ET pelo método EC (Maio a Setembro de 2003), pode constatar-se que, apesar das condições atmosféricas para a evaporação serem mais favoráveis no Verão que na Primavera, houve um decréscimo de ET de cerca de 4 mm/dia em Maio (50% da energia disponível), para cerca de 2 mm/dia em Junho e, finalmente, para cerca de 1 mm/dia, em início de Agosto e em fim de Setembro (15 a 20% da energia disponível).

Palavras-chave: Água, Evapotranspiração, Fluxo de seiva, *Quercus suber*, Tejo

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de ferramentas para abordar os problemas de gestão da água nas regiões de maior carência hídrica melhora a possibilidade de uma correcta descrição, quantificação e compreensão das perdas de água pela vegetação, necessária para prever reacções a alterações do ciclo da água e para a determinação de prioridades no quadro de um uso sustentável da água e do solo, de modo a minimizar conflitos. Em climas com influência predominantemente mediterrânica, onde os períodos de secura coincidem com os de maior consumo potencial de água, a evapotranspiração (ET) é a variável que, na equação do balanço hídrico, assume maior protagonismo constituindo o principal termo na gestão dos recursos hídricos, em condições de secura estival. Nos cobertos não regados, o conhecimento do seu valor permite compreender e prever a evolução do estado hídrico das plantas e vice-versa, num processo em que as condições climáticas interactivam com as disponibilidades dos recursos no solo e subsolo.

Por não ser sempre possível medir a ET, desenvolveram-se métodos de estimativa que se baseiam sobretudo em registos de variáveis meteorológicas através do conceito de evapotranspiração de referência (ET_o), muito usado na engenharia da rega. Nesse contexto, através de coeficientes culturais ($K_c = ET_m / ET_o$), relaciona-se a ET máxima de um coberto qualquer com a ET_o que, de acordo com uma proposta recente (Allen *et al.*, 1998), se pode obter da equação de Penman-Monteith (Monteith, 1965) desde que aplicados os valores médios das resistências em fase vapor (estomática e aerodinâmica) de um coberto dito de referência (relva, bem regada, etc). Se os cobertos não estiverem em boas condições de abastecimento hídrico, a ET poderá ser inferior ao respectivo valor máximo (ET_m), fazendo intervir um coeficiente de secura ($K_s = ET / ET_m$), sendo a função de decréscimo muito variável e a sua determinação experimental morosa (Ferreira *et al.*, 1989, Paço, 2003).

Actualmente, as alternativas a esta abordagem empírica implicam, em geral, medições ou estimativas fiáveis das resistências que integram a equação de Penman-Monteith, o que em si constitui uma tarefa árdua. Esta dificuldade é agravada em cobertos lenhosos (Ferreira, 1996), pelo facto de as variações na resistência estomática terem um elevado impacto na ET, a acessibilidade aos cobertos ser menor e a aplicação daquela equação nem sempre ser legítima, por razões de ordem teórica. A validação deste ou de outros modelos mais complexos de estimativa da ET tem que se apoiar em medições de longo termo da ET. Os métodos susceptíveis de serem usados em cobertos lenhosos de regiões mediterrânicas não são muitos, razão pela qual estes cobertos estão mal estudados.

Uma das estratégias das plantas lenhosas que sobrevivem sem rega aos Verões secos e quentes consiste na exploração de camadas profundas do solo e subsolo, por raízes que eventualmente acedem a toalhas freáticas, pelo que a exploração dessa água para outros usos pode fazer perigar a sobrevivência destes cobertos. Para diagnosticar preventivamente estas situações é necessário dispor das ferramentas adequadas. No entanto, é a importância das raízes profundantes que inviabiliza a medição da ET através do balanço hídrico do solo e obriga ao uso de métodos micrometeorológicos para esse efeito ou de métodos de fluxo de seiva para estimar a componente transpiratória (Tr), ambos métodos usados neste trabalho.

Os resultados apresentados correspondem a uma parte das experiências efectuadas no âmbito do projecto WATERUSE (EVK1-2000-00079, EC) de cujos objectivos fazem parte a quantificação do uso da água em ecossistemas característicos de zonas europeias críticas (escassez de água estival) e a contribuição para a compreensão de aspectos das respectivas estratégias de sobrevivência.

O local de estudo, escolhido por requisitos de ordem logística e científica e pela sua importância ambiental, situa-se entre duas zonas protegidas: o estuário do Tejo e o do Sado. O estuário do Tejo, com 325 km², um caudal de 400 m³.s⁻¹ e 1900 milhões de m³ de água (Dias e Marques, 1999), é um dos maiores na Europa Ocidental e constitui uma das 10 zonas europeias mais importantes para aves migratórias. Ambos os estuários parecem estar crescentemente ameaçados por diversas actividades industriais e pela pressão urbanística que, com a facilidade de acessos proporcionada, depois de

Março de 1998, pela ponte Vasco da Gama, sofreu um acelerado desenvolvimento. Trata-se de uma zona altamente vulnerável, em relação à qual é útil conhecer o impacto de alterações do uso do solo no equilíbrio dos sistemas.

Em relação ao coberto estudado, sobreiro ou *Quercus suber* convém salientar que a sua área actual em Portugal, de 710 000 ha (22% da floresta nacional cf Inventário Florestal), representa cerca de 33% da área mundial total (Ribeiro e Tomé, 2002), o que em parte resulta do facto de, em Portugal e possivelmente no Mundo, nenhuma outra espécie ter sido tão protegida pela lei como esta (legislação desde 1209, Gil, 1998), o que implica uma especial responsabilidade. É uma espécie de origem Mediterrânica (possivelmente *Tirreno*), com origem no Terciário, que segundo Gil (1998) se desenvolve entre as latitudes 44° e 36°, sobretudo no extremo SW da Europa e NW de África, onde a humidade do ar é relativamente alta no Verão (áreas de influência mediterrânica e atlântica, em simultâneo). Em Portugal, segundo Vieira Natividade (1950), localiza-se preferencialmente em zonas de 400 ou 600 a 800 mm de precipitação e a uma altitude inferior a 200 m (mínimas térmicas absolutas acima de -5°C). Os rendimentos, em Portugal, são de 60-79 kg por árvore adulta (em cada 9 anos), mas com grandes variações, em função das práticas culturais, idade, densidade, etc sendo a produção total de 150000 a 250000 toneladas/ano e representando 55% da produção mundial (MADRP, 2000). Do nosso conhecimento, não existem quaisquer estudos de longo termo sobre a evapotranspiração em montado de sobreiro.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A parcela de montado situa-se entre o estuário do Tejo e do Sado (figura 1a), a cerca de 15 km de cada um destes rios (38°38' N latitude, 8°51' W longitude, 30 m altitude). É parte integrante de uma propriedade de 6054 ha, pertencente à *Casa Agrícola Francisco Ribeiro Prata Garcia, SA.* (vd cartas 444 de IGEOE, 35C e 35 do IGP). O clima é mediterrânico com influência atlântica (vd Reis and Zorro, 1981 e <http://www.meteo.pt>). A precipitação anual é de 750 mm, a temperatura média anual é 16.1°C, a mínima em Janeiro 5.3°C e a máxima em Agosto 28.9°C (médias de 30 anos).

O coberto corresponde a uma plantação de malha de 10 x 11, com falhas (figura 1b). Na zona em estudo tinha, em 2001, uma densidade de 76 árvores/ha, decrescendo para cerca de 65 árvores /ha em 2003. A altura é de cerca de 10 m, a percentagem de cobertura de 45% e o diâmetro médio das copas de 9,7 m. O solo, de textura arenosa, é derivado de arenito brando, moderadamente profundo, com algum saibro, sem estrutura evidente, muito compacto e com baixa reserva em água utilizável (100-130 mm/m). Foi possível observar raízes grossas e médias até cerca de 2 m.

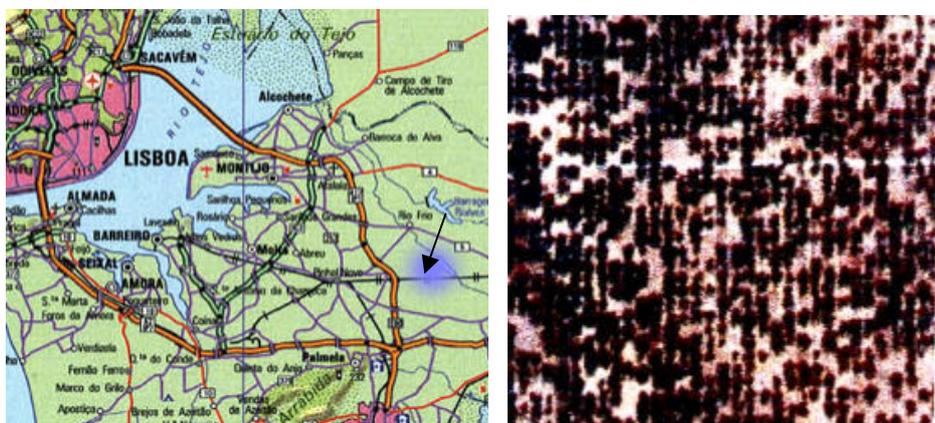


Figura 1 – Localização da parcela (a) e fotografia do montado na zona de observações (b) (fonte: ortofotomapa 1:10000, IGP - ex IPCC)

Para a medição da ET, utilizou-se o método das flutuações instantâneas (*eddy covariance*, EC). Este método, primeiramente descrito por Swinbank (1951) permite a obtenção do fluxo de qualquer entidade a partir da medição das flutuações da componente vertical da velocidade do vento e da concentração da variável correspondente ao fluxo a medir. No caso dos fluxos de calor latente (LE) e de calor sensível (H), essas variáveis são a temperatura e a humidade absoluta (vd. Rosenberg *et al.*, 1983, Silvestre, 2003, Paço, 2003, p. ex.). Para este efeito, foram utilizados um anemómetro sónico tridimensional e um higrómetro de cripton (respectivamente modelos CSAT3 e KH20, *Campbell Scientific, Inc.* Logan, UT, EUA), a 17 m e orientados na direcção dos ventos dominantes (NNW, figura 2a). Os dados foram recolhidos com uma frequência de medição de 10 Hz. As covariâncias foram calculadas em sub-intervalos de 10 min e as médias de 30 min armazenadas (21X, *Campbell Scientific, Inc.* Logan, UT, EUA). Para a variação da densidade do ar, realizou-se a correcção de Webb *et al.* (1980) e, para absorção de radiação ultravioleta pelo oxigénio, a de Tanner *et al.* (1993).



Figura 2 – Medição de ET e de Tr: (a) aspecto geral acima do coberto, anemómetro sónico 3 D e higrómetro de cripton, (b) alguns dos sobreiros equipados com sensores de medição de fluxo de seiva e torre de observações meteorológicas e micrometeorológicas (Rio Frio, Palmela, 2003).

Tal como os métodos micrometeorológicos em geral, a aplicação válida do método EC requer vastas extensões uniformes. Neste caso, o *fetch* (na direcção do vento dominante) era de vários km, isto é, plenamente satisfatório (vd figura 2a). Para a validação dos dados, usou-se o balanço de energia da superfície, para o que se realizaram medições do balanço de radiação (R_n) na zona da torre, a 15 m de altura e do fluxo de calor para o solo (G) em 5 pontos a 5 cm de profundidade. A monitorização do teor de humidade à superfície para o cálculo do armazenamento de calor (0 - 5 cm)

foi realizada com 5 Thetaprobes (modelos ML1 e ML2x, DELTA-T Devices, Cambridge, UK). Os sensores utilizados para medir Rn e G foram, respectivamente, o modelo S-1 (Swissteco Instruments, Oberriet, Suíça) e o modelo HFT-3.1 (Rebs, Seattle, EUA).

Para a medição do fluxo de seiva (FS, que a uma escala diária se considerou uma boa aproximação da transpiração), usou-se um método térmico de aquecimento constante e pontual, habitualmente designado de método de *Granier* (Granier, 1985, 1987), por permitir uma adequada amostragem e medições de longo termo. Este baseia-se na relação entre a densidade de fluxo de seiva e o arrefecimento relativo provocado pelo fluxo (convecção) num sensor aquecido, inserido no xilema (vd Ferreira e Silvestre ou Silva *et al.*, ambos neste volume, para detalhes).

A experiência e a modelação evidenciaram que, ao contrário do que tem sido geralmente aceite, os parâmetros da equação dependem de caso, para caso, em função das propriedades térmicas da madeira mas possivelmente também das propriedades anatómicas, de forma ainda não completamente esclarecida. Em trabalhos anteriores, procura-se relacionar Tr obtido com este método com Tr (= ET-Es, onde Es representa a evaporação a partir do solo e sobcoberto), obtido com o método EC, de modo a encontrar os parâmetros empíricos da equação ajustados à situação em análise. Na falta de informação suficientemente consistente nesse sentido, procura-se obter uma relação empírica que permita utilizar os resultados do método de medição de fluxo de seiva na obtenção de séries longas da transpiração, com uma fiabilidade adequada, para a finalidade pretendida. Esta estratégia experimental é abordada em Ferreira *et al.* (2004). As condições da experiência dificultaram, porém, a medição de Es e, em resultado das limitações práticas do método EC (em condições meteorológicas adversas), não se dispõem de sequências extensas relativas a ET, mas unicamente a Tr.

Uma torre com 20 m (10 plataformas de 2 m) serviu de suporte não só às medições meteorológicas (precipitação, radiação solar, temperatura e humidade do ar, velocidade e direcção do vento, a 14 m de altura) mas também micrometeorológicas. Desde Maio de 2003, as componentes do balanço energético foram registadas de forma quase contínua. O fluxo de seiva, segundo o método de *Granier* (1985, 1987) foi registado, desde Abril de 2001, em 10 pontos e, desde Março de 2003, em 18 pontos, no quadrante N a W da torre (figura 2b). A medição do potencial hídrico foliar de base foi efectuada recorrendo a uma câmara de pressão, de acordo com o descrito por Scholander *et al.* (1965) em cerca de 10 folhas de árvores em que se media o fluxo de seiva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do método EC foram analisados em conjunto com as outras componentes do balanço energético, na perspectiva de verificar o fecho da equação (isto é, verificar a igualdade $LE + H = Rn + G$). O erro de fecho foi de cerca de 10% (figura 3) para o período estival, o que é considerado muito satisfatório. Este resultado permite afirmar que a ET pode eventualmente estar ligeiramente subestimada, possivelmente na ordem de cerca de 10%.

Nas figuras 4a a 4c, apresenta-se a evolução horária das componentes do balanço energético, em três dias característicos de períodos distintos: na Primavera, quando o potencial de base era de -0.15 MPa (figuras 4 a e 4 b) e no fim do Verão, quando esse indicador atingiu -1.0 MPa (figura 4 c). Observa-se que houve uma evolução da relação de Bowen (H/LE) entre os dois períodos, isto é, a partição da energia disponível foi condicionada pelas restrições hídricas no solo e a menor disponibilidade de água para as plantas, originando fecho estomático e, de uma forma geral, consequente maior aquecimento das superfícies.

A figura 5 mostra os resultados da medição da ET pelo método EC, obtidos entre início de Maio e fim de Setembro de 2003. Como se pode constatar, apesar das condições atmosféricas para a evaporação serem mais favoráveis no Verão que na Primavera, observa-se um decréscimo de ET de cerca de 4 mm/dia em Maio (50% da energia disponível), para cerca de 2 mm/dia em Junho e, finalmente, cerca de 1 mm/dia, em início de Agosto e em final de Setembro (15 a 20% da energia

disponível); no Inverno, foi inferior a 1 mm /dia. No único estudo em que se mediu a ET em montado de sobre, em Portugal, (tarde do dia 10 de Julho de 1997, Rodrigues e Pita, 1999), obtiveram-se resultados semelhantes aos de Junho de 2003, quer na relação H/LE quer na gama de fluxos.

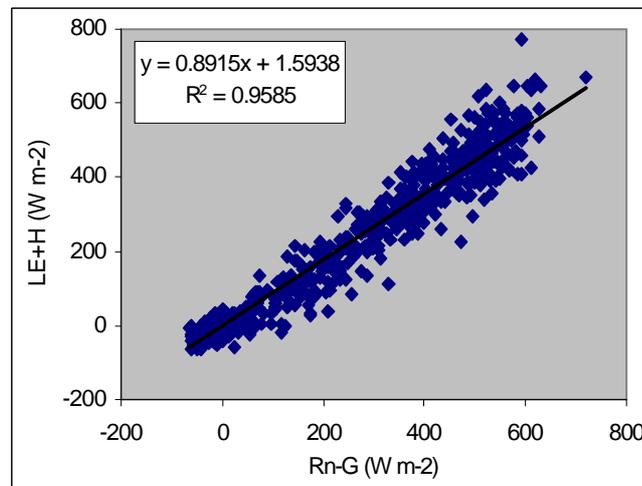


Figura 3 – Erro de fecho em montado de sobre, em Rio Frio (Palmela), durante o período de 194 a 214 (2003).

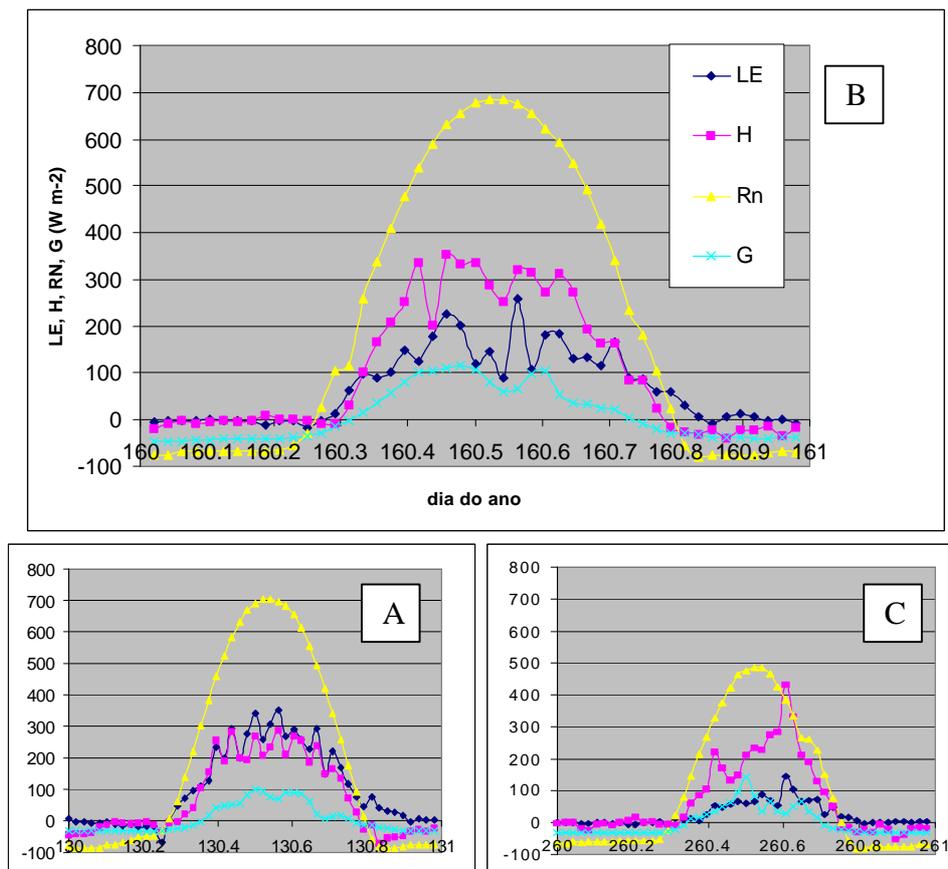


Figura 4 - Evolução horária de ET e outros termos do balanço energético, em montado de sobre, na região de Lisboa, ao longo de um período de progressiva secura edáfica (a) em 10 de Maio (130) (b) em 9 de Junho (160) e (c) 17 de Setembro (dia do ano 260) de 2003.

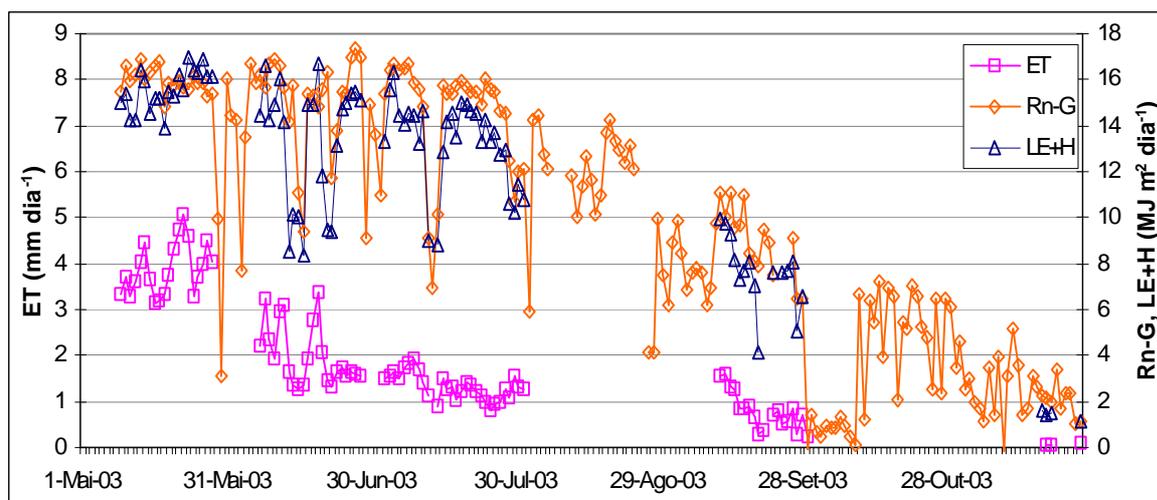


Figura 5 - Evolução sazonal de ET, em montado de sobreiro, em Rio Frio (Palmela), durante um período de progressiva secura edáfica (2003). Mostra-se a soma dos fluxos para a atmosfera (H+LE) relativamente à energia disponível (Rn-G).

Os resultados do método de *Granier* com os parâmetros convencionais evidenciaram uma subestimativa de T_r obtido a partir das medições de FS. Usou-se como referência o método EC, por ser possível verificar a qualidade dos resultados (erro de fecho, análise de pegada ou *foot-print*, etc, vd Silvestre, 2003 e Paço, 2003). Este método (vd 1.), pode ser usado para ajustar os parâmetros locais da equação proposta por Granier (quando T_r é próximo de ET) e para completar a informação sobre as componentes da ET (quando T_r é diferente de ET). A estratégia usada tem sido a de conjugar os métodos através da extensão no tempo e/ou no espaço das relações obtidas entre FS e EC (vd Paço e Ferreira e Ferreira e Silvestre, neste volume). Neste caso, a direcção do vento poderá ter tido impacto na comparação entre a T_r e a ET (mudança da zona de pegada, Schuepp *et al.* 1990), uma vez que a densidade do montado é variável (figura 1b) e a mudança de escala teria de ser feita com a densidade de árvores na zona de medição de fluxo de seiva (sendo também obviamente fixa a posição das árvores amostradas). Neste caso, a comparação dos resultados (entre FS e EC) é dificultada ainda pela presença de sobcoberto (dominam várias espécies do género *Cistus*). Para um curto período (início de Julho), existe informação sobre E_s , obtida em colaboração com uma das equipas do projecto WATERUSE mas não só não a podemos estender a todo o ciclo como, tratando-se ainda de uma informação preliminar, foi usada apenas para estabelecer balizas que permitiram esboçar uma tendência para os valores de T_r do período analisado na figura 5. Isso permite-nos sugerir que T_r variou de cerca de 15% para 50% de ET ao longo do mês de Maio, foi de 80% de ET no início de Julho e finalmente se aproximou de 100% de ET, no fim do Verão muito seco de 2003.

Neste contexto, a análise do fluxo de seiva à escala sazonal cinge-se aos aspectos qualitativos. Apresentam-se os resultados da densidade de fluxo de seiva (área de referência: xilema funcional) abrangendo dois ciclos de progressiva secura edáfica (figura 6), para que se aprecie o padrão de decréscimo de fluxo na Primavera-Verão de 2002 e de 2003. Ao contrário das culturas regadas, e tal como se observou com a ET, a partir do fim da época das chuvas (Maio) a curva não acompanha a E_{To} , mas decresce continuamente até às primeiras chuvas (assinaladas). Então há um aumento notório dos fluxos para a atmosfera (sugerindo que o factor limitante fora a carência hídrica), que voltam novamente a decrescer, a partir do meio do Outono, pondo em evidência uma limitação de ordem energética.

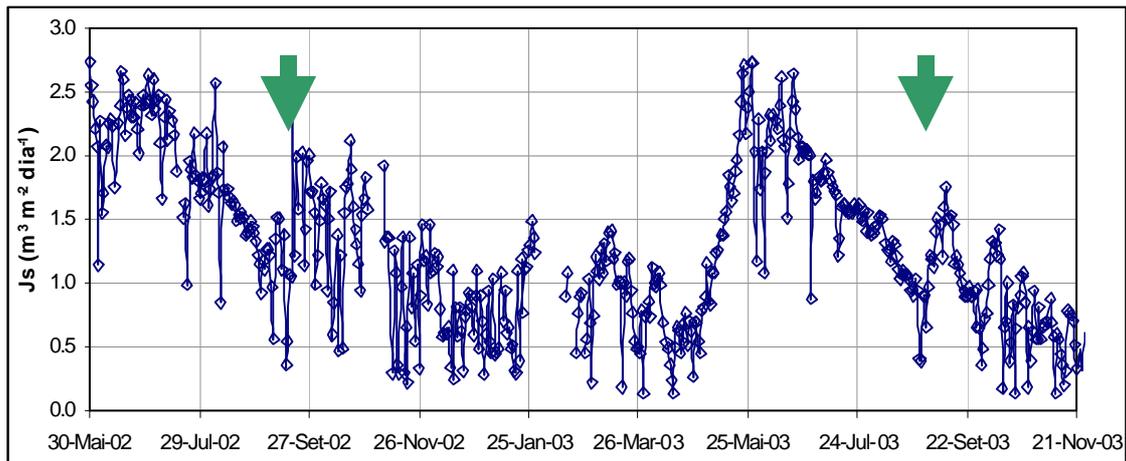


Figura 6 - Evolução sazonal da densidade de fluxo de seiva, em montado de sobreiro, em Rio Frio (Palmela), durante dois períodos de progressiva secura edáfica (as setas representam as primeiras chuvas).

É de salientar que o decréscimo da T_r não parece ser tão acentuado como o da ET , isto é, o decréscimo da evaporação do solo e sobcoberto não é acompanhado por equivalente decréscimo de T_r . Este facto pode ser interpretado pelo relativo conforto das árvores relativamente ao sobcoberto, o que significa que, não obstante a secura edáfica nas camadas superiores (0 a 0,80 m, resultados não apresentados), parte do sistema radicular dos sobreiros explorava camadas mais profundas do solo.

A variação sazonal do fluxo de seiva exibe um comportamento muito diferente do observado de 1996 a 1998 numa azinheira (*Quercus rotundifolia* Lam.) isolada, integrada num montado muito esparso (35 árvores/ha), da Herdade da Mitra (Évora), onde se destaca a ocorrência de máximos diários de fluxo de seiva durante os períodos estivais do período experimental, interpretada pelo possível acesso das raízes a zonas do subsolo (David *et al.*, 2003). No caso do montado de sobreiro, em nenhum destes anos o máximo ocorre no Verão, sendo muito mais notório o efeito da carência hídrica na redução do fluxo de seiva ou T_r , a partir do fim da Primavera. Um registo muito semelhante ao do sobreiro foi observado em vinha, na região do Oeste (onde os valores de E_{To} são moderados relativamente ao interior do País), em 1998/1999 (Ferreira e Silvestre, neste volume) e corresponde ao padrão da curva de produção de prados de sequeiro mediterrânicos (Moreira, 1980; Moulin, 1999), onde a dependência da água no solo é ainda mais notória.

Genericamente, parece ser razoável afirmar que na época de Verão, quando a ET é potencialmente mais elevada, não é possível estimar a ET deste coberto (nem de outros cobertos não regados ou com rega mínima) sem conhecer a forma como o uso da água evolui com o estado hídrico das plantas.

Analisando comparativamente o padrão de decréscimo de fluxo de seiva na Primavera-Verão de 2002 e de 2003, constata-se que sendo semelhantes, o decréscimo é muito mais acentuado em 2003, possivelmente pelo facto de este ter sido um ano excepcional, pelas elevadas temperaturas atingidas e sobretudo pela quase ausência de precipitação entre o fim de Abril e o fim de Agosto, ilustrando o que foi descrito por Santo e Bugalho (2000) como a tendência nas últimas décadas para uma estação de chuvas mais curta, com maior concentração de chuva no Inverno e Outono e decrescente na Primavera (e um número total de dias de chuva decrescente).

Comparando o uso da água com o de uma vinha em Algeruz, a menos de 10 km deste local (Silvestre, 2003), observam-se, no montado, valores de transpiração ligeiramente mais altos no fim de Maio e semelhantes ou ligeiramente mais baixos, no meio do Verão (Agosto). Da comparação com um

pomar de pessegueiros, também na mesma região, destaca-se o facto de no pomar os valores de transpiração serem muito mais estáveis ao longo do período Primavera-Verão, por ser regado, observando-se valores de T_r na mesma gama do montado, durante a Primavera e muito superiores ao montado no Verão. Quanto à ET, a mais elevada foi observada em montado, na Primavera. No fim do Verão, a T_r e a ET praticamente coincidiram entre si, quer no montado quer na vinha referida.

Genericamente, e como referido em Ferreira *et al.* (2004), em relação à ET em cobertos não regados, na região de Lisboa, ET/ET_o pode chegar a aproximar-se de 1, imediatamente após as chuvas de Primavera, enquanto que, após dois meses sem precipitação, foi sempre inferior a 0,4. Estes valores correspondem a um máximo de 4 a 5 mm/dia e a um mínimo inferior a 1 mm/dia.

4. CONCLUSÕES

O erro de fecho na utilização do método das flutuações instantâneas (EC) foi de cerca de 10% para o período estival, o que sendo muito satisfatório torna legítimo considerá-lo como referência, nas circunstâncias deste estudo. No que concerne ainda aos aspectos metodológicos, o método de medição de fluxo de seiva utilizado subestimou os fluxos (ao usar os parâmetros da equação original), o que não invalida o facto de ter constituído uma ferramenta útil para seguir a evolução sazonal da T_r ao longo de 18 meses.

Dos resultados da medição da ET pelo método EC (início de Maio a fim de Setembro de 2003), pode constatar-se que, apesar das condições atmosféricas para a evaporação serem mais favoráveis no Verão que na Primavera, houve um decréscimo de ET de cerca de 4 mm/dia em Maio (50% da energia disponível), para cerca de 2 mm/dia em Junho e, finalmente, para cerca de 1 mm/dia, em início de Agosto e em final de Setembro (15 a 20% da energia disponível).

Verifica-se que, ao contrário das culturas regadas, a partir do fim da época das chuvas (Maio) T_r e ET não acompanham a ET_o, mas decrescem continuamente até às primeiras chuvas Outonais, havendo então um aumento notório dos fluxos para a atmosfera (sugerindo que o factor limitante fora a carência hídrica). A partir do meio do Outono, evidencia-se uma limitação de ordem energética. É de salientar que o decréscimo da T_r não parece ser tão acentuado como o da ET, isto é, o decréscimo da evaporação do solo e sobcoberto não é acompanhado por equivalente decréscimo de T_r . Este facto pode ser interpretado pelo relativo conforto das árvores relativamente aos arbustos, em consequência da secura edáfica nas camadas superiores do solo (reduzindo sobretudo a evaporação do solo e sobcoberto e aproximando T_r de ET).

AGRADECIMENTOS

Os resultados apresentados foram obtidos no âmbito do projecto Evaluation of alternative techniques for determination of water budget components in water-limited, heterogeneous land-use systems - WATERUSE (EVK1-2000-00079), no âmbito do V Programa-Quadro de IDT da UE.

Os autores agradecem ao Sr. Leopoldino Silva, responsável na propriedade, a eficiência e amabilidade com que prestou assistência no local e disponibilizou as informações necessárias e ao Sr. António Amante, técnico profissional do DER, a sua colaboração nas deslocações ao campo. A medição do potencial de base no dia 2 de Junho foi feita em colaboração com a investigadora principal Eng^a Lucília Rodrigues (DBEB - ISA) e a investigadora auxiliar Dr.^a Teresa David (EFN - INIAP) e a descrição do solo foi feita pelo Prof C. A. Pacheco (DCA - ISA), colegas e amigos a quem também agradecemos.

BIBLIOGRAFIA

- DAVID, T. S.; FERREIRA M. I., COHEN, S.; PEREIRA, J. S. e DAVID, J. S. Constraints on transpiration from an evergreen oak tree in southern Portugal. *Agric, Forest Meteorology* (aceite para publicação, Out 2003).
- DIAS, A. A. e MARQUES J. S., 1999. *Estuário do Tejo - o seu valor e um pouco da sua história*. (RNET). Reserva Natural do Estuário do Tejo, Alcochete, 155 pp.
- GIL, L. 1998. *Cortiça, Produção, Tecnologia e Aplicação*. INETI (Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial), Lisboa, 384 pp.
- FERREIRA, M.I.; ITIER, B.; KATERJI, N. 1989 - Estudo experimental da evolução do coeficiente de secura entre regas sucessivas. Aplicação na estimação diária da evapotranspiração real. In: *Modelação Matemática em Hidráulica e Recursos Hídricos* (Proceed. 4º Simpósio Luso-Brasileiro em Hidráulica e Recursos Hídricos), APRH, Lisboa, pp 109-120.
- FERREIRA, M.I. – “Evapotranspiração e stress hídrico em cobertos arbóreo-arbustivos numa perspectiva de gestão da água em região mediterrânica”. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, **45**, 1996, 343-385.
- 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).
- GRANIER, A. – “Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres”. *Annales des Sciences Forestières*, **42**, 1985, 193-200.
- GRANIER, A. – “Mesure du flux de sève brute dans le tronc du Douglas par une nouvelle méthode thermique”. *Annales des Sciences Forestières*, **44**, 1987, 1-14.
- MOULIN, C.. Les bases de la pousse de l'herbe. Fiche G.1. In *Utiliser et gérer l'herbe pour l'alimentation du cheval. Fiches techniques*. L'Institut de l'Élevage, Paris, 1999.
- MOREIRA, N. *Cultura de forragens e pastagens*. Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 1980, 143 p..
- MADRP, 2000. *O sobreiro e a cortiça, um património, uma herança a preservar / The cork oak and cork, universal heritage, a legacy to be protected*. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa.
- NATIVIDADE, J. V. 1950 (edição fac simile 1990). *Subericultura*. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Direcção Geral das Florestas, Lisboa, 387 pp.
- PAÇO, M. T. G. A. - *Modelação da evapotranspiração em cobertos descontínuos - Programação da rega em pomar de pessegueiro*. Tese de doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 227 p., 2003.
- REIS M. e ZORRO 1981. Caracterização climática da região agrícola do Ribatejo e Oeste. Fasc XXXII. *O Clima de Portugal*, INMG, Lisboa.
- RIBEIRO, F. e TOMÉ, M., 2002. Cork weight prediction at tree level. *Forest Ecology and Management* **171**(3): 231-241.
- RODRIGUES, A. M. e PITA, G. P. A. 1999. Measurements of momentum, sensible and latent heat fluxes above a cork oak stand by aerodynamic and eddy correlation methods. *Revista de Ciências Agrárias*, **XXII**, 1: 119-130.
- ROSENBERG, N.J., BLAD, B.L. & VERMA, S.B. - *Microclimate: the biological environment*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 495 p., 1983.
- SANTO, E. S. e BUGALHO, M. L. 2000 Climatic variability and desertification risk in Portugal in (Balabanis et al., eds) *Mediterranean Desertification: Research results and policy implications. Vol2. Summary of Project Results*, DGR, EC (<http://europa.eu.int/comm/dg12/rtdinfo.html>): 569-573

- SCHUEPP, P.H., LECLERC, M.Y., MACPHERSON, J.I. & DESJARDINS, R.L. – “Footprint prediction of scalar fluxes from analytical solutions of the diffusion equation”. *Boundary-Layer Meteorology*, **50**, 1990, 355-373.
- 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.
- SWINBANK, W.C. – “The measurement of vertical transfer of heat and water vapor by eddies in the lower atmosphere”. *Journal of Meteorology*, **8**, 1951, 135-145 (citado por Rosenberg, 1983).
- TANNER, B.D., SWIATEK, E. & GREENE, J.P. – “Density fluctuations and use of the krypton hygrometer in surface flux measurements”. In: *Proceedings of the 1993 National Conference on Irrigation and Drainage Engineering*, Park City, Utah, 21-23 July 1993, Irrigation and Drainage Division, American Society of Civil Engineers, 8 p., 1993.