

## TRANSPIRAÇÃO EM *COFFEA CANEPHORA L.* VIA BALANÇO DE CALOR NO CAULE E LISÍMETRO DE PESAGEM ELETRÔNICA

C. A. B. ALMEIDA<sup>\*1</sup>, I. A. OLIVEIRA<sup>2</sup>, J. A. SILVA NETO<sup>3</sup> e C.J. SILVA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande de Norte (IFRN)<sup>1</sup>

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE)<sup>2</sup>

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)<sup>3</sup>

<sup>4</sup>Centro Acadêmico Maurício de Nassau (UNINASSAU)<sup>4</sup>

almeidacarlos2003@yahoo.com.br\*

Artigo submetido em maio/2015 e aceito em abril/2016

DOI: 10.15628/holos.2016.3041

### RESUMO

O consumo de água em uma planta de café conilon cultivado em lisímetro foi avaliado. O experimento objetivou estudar a transpiração diária do café e foi realizado no Departamento de Energia Nuclear da UFPE, em Recife – PE, em 2011, por meio de dois métodos: a) lisimetria, por análise de variação de massa; b) fluxo de seiva via método térmico do balanço de calor no caule. A área foliar variou de 1,39 a 1,87 m<sup>2</sup> durante o experimento. O consumo de água medido através do lisímetro variou entre 2,61 L a

5,16 L com média de 3,86 L por dia. A demanda atmosférica foi determinada com dados obtidos em duas estações meteorológicas, uma situada próximo ao lisímetro, e a outra, distante cerca de um quilômetro, situada no pátio externo do CRCN. A transpiração medida pelo fluxo de seiva via método térmico subestimou em 10% as medidas realizadas no lisímetro. Os resultados do estudo indicaram grande precisão na estimativa da transpiração do café conilon.

**PALAVRAS-CHAVE:** café conilon, métodos térmicos, lisimetria

## TRANSPARATION IN *COFFEA CONEPHORA L.* BY HEAT BALANCE IN STEM AND LYSIMETER ELETRONIC WEIGHING

### ABSTRACT

The consumption of water in a coffee conilon plant grown in lysimeter was evaluated. The experiment aimed to study the daily transpiration of coffee and was conducted at the Department of Energy's Nuclear UFPE in Recife - PE, in 2011, using three methods: a) lysimeters for analysis of mass change; b) sap flow method via thermal heat of the stem. Leaf area ranged from 1,39 to 1,87 m<sup>2</sup> during the experiment. Water consumption measured by the lysimeter ranged from 2,61 L to 5,16 L with a mean of 3,86

L per day. The atmospheric demand was determined using data obtained from two weather stations, one located near the lysimeter, and other distant about one kilometer outside patio located in the CRCN. Transpiration measured by heat balance method underestimated by 10% in lysimeter measurements taken. The study results showed high accuracy in the estimation of transpiration conilon coffee.

**KEYWORDS:** conilon coffee, thermal methods, lysimeters

## 1 INTRODUÇÃO

Quantificar o consumo de água das plantas de forma mais precisa significa ter que melhorar as metodologias existentes, buscando-se novas técnicas que permitam avaliações mais rápidas, simples e precisas, razão pela qual têm sido desenvolvidos e testados numerosos métodos capazes de determinar diretamente esta quantidade de água consumida (Valancogne et al, 1989; Rojas, 2003).

Por essa razão, o estudo da transpiração é importante, pois reflete a influência dos condicionantes atmosféricos, das disponibilidades hídricas do solo/subsolo junto ao sistema radicular, da estrutura física da cobertura vegetal e de características morfológicas e mecanismos de resposta fisiológica que controlam a perda de água pelas folhas (Calder, 1990). Técnicas que possibilitam estimar a transpiração são muito úteis em estudos sobre relações hídricas, principalmente quando permitem analisar a planta por inteiro e não apenas frações de folhas, o que é comum na porometria e na análise de gases por absorção de radiação infravermelha (Angelocci et al., 2004).

Outras técnicas para estudar o status da água da planta, como câmara de pressão, porômetro, exigem um maior volume de trabalho, pois não podem ser automatizadas. As técnicas que apresentam resultados mais satisfatórios para a determinação da transpiração são a lisimetria e os métodos térmicos. A lisimetria consiste na utilização de estruturas especiais de pesagem cujo volume de solo é devidamente isolado, a fim de que todas as entradas e saídas de água desse sistema sejam controladas (Sentelhas, 2001). Diversos autores, entre eles Aboukhaled et al. (1982) e Howell et al. (1991), consideram os lisímetros de pesagem como sendo o melhor equipamento disponível para medir, de forma acurada, a evapotranspiração de referência e das culturas, como também para a calibração de modelos. Os lisímetros de pesagem eletrônica trabalham como uma balança de precisão, que medem diretamente a transpiração ou evapotranspiração, a depender se há ou não cobertura impermeável na superfície do mesmo. Essas grandezas são medidas a partir da variação da massa no sistema devido à entrada ou saída de água. No entanto, são equipamentos relativamente dispendiosos financeiramente e de difícil manuseio. Os métodos térmicos para a determinação da transpiração tem se destacado muito nos últimos anos, tendo sido amplamente estudados em várias culturas. Esses têm como vantagem o fácil manuseio e instalação, o baixo custo, apresentam uma grande acurácia quando utilizados para determinadas culturas de plantas. Ainda, devem ser conhecidos e compreendidos os aspectos teóricos empregados no método, assim como suas suposições, para que seja possível avaliar possíveis desvios em relação à teoria de funcionamento ou mesmo verificar situações em que são tomadas medidas irreais do fluxo de seiva (Marin et al., 2006).

Para determinação da transpiração via método térmico as técnicas mais utilizadas são: Balanço de Calor no Segmento do Tronco (Čermák et al., 1973), Balanço de Calor no Caule (Sakuratani, 1981), Dissipação de Calor (Granier, 1985), Velocidade do Pulso de Calor (Huber, 1932, Čermák et al., 2004); e Deformação do Campo de Calor (Nadezhdina et al., 1998). Os métodos térmicos que utilizam o balanço de calor no tronco ou no caule da planta, local onde os sensores são instalados, são baseados nos mesmos princípios físicos. Sendo realizado o no balanço de energia nessa região, à qual é aquecida por um aquecedor elétrico de forma constante. O calor transmitido pelo aquecedor é subtraído pelas perdas, por condução axial e radial. O saldo desse balanço é o calor

transportado por convecção pela seiva no xilema. O fluxo volumétrico de seiva está associado ao calor transportado convectivamente (Čermák et al., 1973; Sakuratani, 1981).

O café conilon (*Coffea canephora* L.) é uma cultura de grande importância na agricultura brasileira e ocupa posição de destaque entre os produtos de exportação, além de contribuir para o emprego no campo (Carvalho et al., 1998). Em razão da exploração econômica do café conilon ser relativamente recente, poucos estudos, ao longo do tempo, foram desenvolvidos com essa variedade e, portanto, o conhecimento sobre a fisiologia do café conilon é muito embrionário, se comparado com o café arábica (Ferrão et al., 2007).

Apesar de ser uma cultura bastante utilizada, existem poucos estudos a respeito da demanda hídrica *Coffea canephora* L.. Esse trabalho objetivou determinar sua transpiração, através do Fluxo de Seiva, via método térmico do Balanço de Calor no Caule, e por lisimetria, realizada num lisímetro de pesagem eletrônica, que utilizou células de carga. Validar o método térmico do balanço de calor no caule para esta cultura por meio da comparação com os resultados da lisimetria e identificar o comportamento dos fatores atmosféricos que interferiram nessa grandeza.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Departamento de Energia Nuclear – DEN, no campus da Universidade Federal de Pernambuco, no município de Recife – PE (8°03' S e 34°58' O), situado na microrregião do Recife.

Um clone de cafeeiro (Variedade Vitória 2 / Precoce) foi transplantado e alocado no lisímetro de pesagem eletrônica lisímetro, construído no pátio interno desse departamento. Nesse exemplar foram iniciadas as medições da evaporação e transpiração através do lisímetro. Num primeiro momento não havia cobertura na superfície do lisímetro. Após cinco meses foi realizado o isolamento do sistema utilizando lona plástica para cobrir a superfície do solo do lisímetro, evitando assim evaporação pelo solo. Desta forma, o cálculo transpiração, segundo (Silva et al., 2006), foi realizado pela razão entre diferença de massa medida pelo lisímetro e a área foliar, do cafeeiro. O lisímetro foi montado e calibrado no mesmo local onde foram realizados os experimentos, sendo obtido uma precisão de 4 gramas nas medidas realizadas, que corresponde a uma sensibilidade de 0,006 mm para a detecção de massa. Esse resultado é adequado para o presente estudo, uma vez que o sistema em análise apresentava massa total de 450 kg.

Os sensores para a estimativa do fluxo de seiva no cafeeiro alocado no lisímetro foram do tipo Flow32. Esses têm como princípio de funcionamento o balanço de calor no caule, este método é baseado numa fonte de calor liberando uma potência calorífica constante  $P$ , em torno de um tronco. A sua região de influência alcança um volume delimitado  $V$ , no qual a temperatura se eleva. Resultando nas superfícies externas deste elemento de volume os seguintes fluxos de calor  $q_E$  e  $q_S$ , por condução ao longo do tronco, respectivamente, entrada e saída;  $q_L$ , calor perdido por convecção para o meio ambiente;  $q_C$ , por convecção associado ao fluxo de seiva  $d$ . Em razão do princípio de conservação de energia, sob a premissa de que não haja evaporação ou condensação de seiva, ou seja, não há dispêndio em calor latente, todo o calor  $P$  fornecido ao volume  $V$  deve ser encontrado nestes fluxos de calor. O fluxo de calor para dentro do tronco servirá para elevar a temperatura do volume.

O balanço de energia nessa região pode ser representado pela Equação (1), considerando positivos os fluxos ao longo do eixo em direção a saída e os fluxos radiais em direção ao exterior:

$$P = q_s - q_e + q_L + q_C + Q \quad (1)$$

Em que Q é o calor armazenado em V. O fluxo convectivo de calor q<sub>C</sub>, é diretamente proporcional à diferença das temperaturas médias entre as extremidades da fonte de calor, ao fluxo de seiva d, e a capacidade térmica volumétrica c<sub>V</sub> da água. Os fluxos de calor por condução ao longo do tronco, q<sub>E</sub> e q<sub>S</sub>, são proporcionais, respectivamente, aos gradientes de temperatura na entrada e na saída do segmento aquecido. A parcela relativa ao fluxo de calor radial q<sub>L</sub> depende da geometria adotada (Dynamax Inc, 2005). Aplicando os conceitos o fluxo de seiva d, e assumindo que o sistema trabalha em condição de estado estacionário, e que mesmo havendo isolamento térmico ainda há fuga de calor lateral, o fluxo de seiva será calculado pela Equação (2):

$$d = \frac{(P - q_s + q_e - q_L)}{c_v \cdot (T_e - T_s)} \quad (2)$$

Todos esses sensores foram conectados a uma central de aquisição de dados do tipo CR10X. Esta fazia as leituras em intervalos de tempo de 1 minuto, e armazenava a média desses valores a cada 30 minutos. Essas medidas foram realizadas durante os meses de Julho a Setembro do ano de 2011.

Foi verificado o comportamento horário, durante o período selecionado, para as medições realizadas do fluxo de seiva junto às condições climáticas, sendo analisadas as seguintes grandezas: temperatura e a umidade relativa do ar, o déficit de pressão de vapor e a radiação global, essas últimas grandezas segundo (Fleming et al., 2003) influenciam diretamente no fluxo de seiva.

Através do fluxo de seiva foi calculada a transpiração, que segundo Vila Nova (2002) esse cálculo é realizado pela razão entre o fluxo de seiva e a área da copa da planta, nesse caso do cafeeiro. Esses resultados comparados com as medidas da transpiração realizadas no lisímetro.

Para medida da área da folha utilizou-se uma amostra principal constituída de 180 folhas de cafeeiro (Variedade Vitória 2 Precoce), coletadas ao acaso de todas as faces e posições da copa, em 9 plantas similares (20 folhas/ planta). Essas amostras foram digitalizadas com scanner de mesa e posteriormente foi determinado o comprimento da nervura central (cm) e área de cada folha (cm<sup>2</sup>) por meio da análise de imagens com o programa Image Tool (Wilcox et al., 2002). Com base nas relações de comprimento da nervura central e área da folha (Partelli et al., 2006) foi ajustada uma Equação do tipo potência dada abaixo:

$$Y = 0,2448 \cdot CNC^{2,0444} \quad (3)$$

Em que Y é o valor estimado para área da folha (cm<sup>2</sup>); CNC é o comprimento da nervura central (cm); 0,2448 e 2,0444 são coeficientes de regressão ajustados. Na planta alocada no lisímetro foi realizada a identificação e marcação de todos os ramos da planta com caneta esferográfica e fita crepe. Realizando-se um mapeamento e contagem de todas as folhas de todos os ramos. Esse procedimento foi realizado mensalmente. Só então com o número total de folhas estimou-se

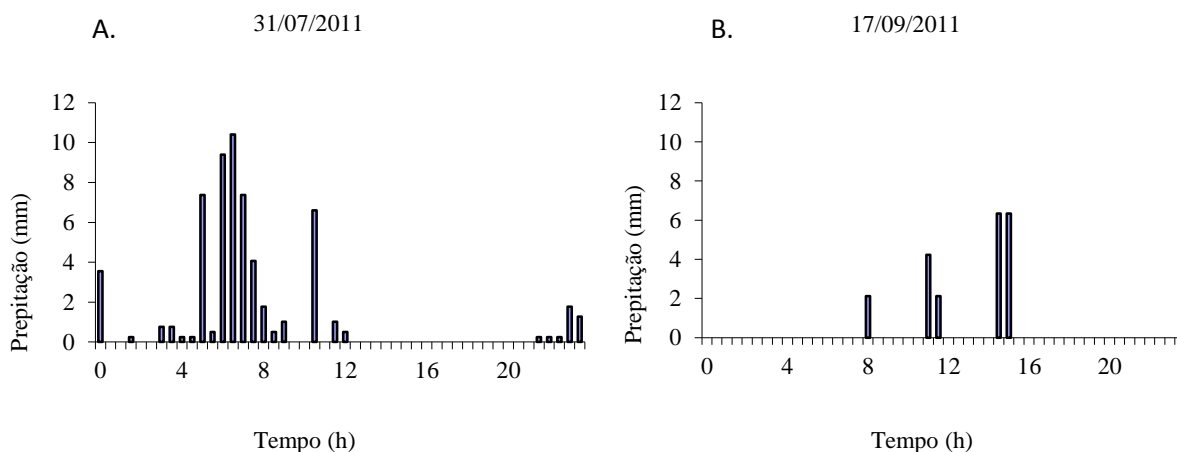
a área foliar total, considerando a Equação (3) foi encontrado o CNC médio de 12,52 cm, multiplicado pelo número total de folhas da planta.

Para a estimativa da área projetada da copa foram realizadas, mensalmente, marcações no solo, por meio de giz de cera, ao longo de doze pontos bem definidos pela sombra projetada da copa, com o Sol no zênite, ou seja, às 12 horas do dia. Com isso, definiu-se uma linha poligonal em torno da árvore em estudo e seu perímetro, o qual foi desenhado no solo a fim de determinar sua área. Foram realizadas medições das distancias perpendiculares entre cada haste e o tronco. Essas dimensões são relevantes para o cálculo da área poligonal formada, que foi aproximada para a área projetada da copa (Silva Neto et al., 2011).

Além dos dados de fluxo de seiva e do lisímetro, também foram coletados dados meteorológicos, tais como: radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação pluvial, obtidos de uma estação meteorológica automática instalada no pátio do Departamento de Energia Nuclear da UFPE. Durante esse estudo o sistema experimental estava submetido a condições hídricas controladas, isto é, como o lisímetro estava coberto, a única forma de inserção de água é através da irrigação. Este sistema experimental ficou em observação durante quatro meses e foram escolhidos para análise dois dias num período seco e dois dias num período chuvoso.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

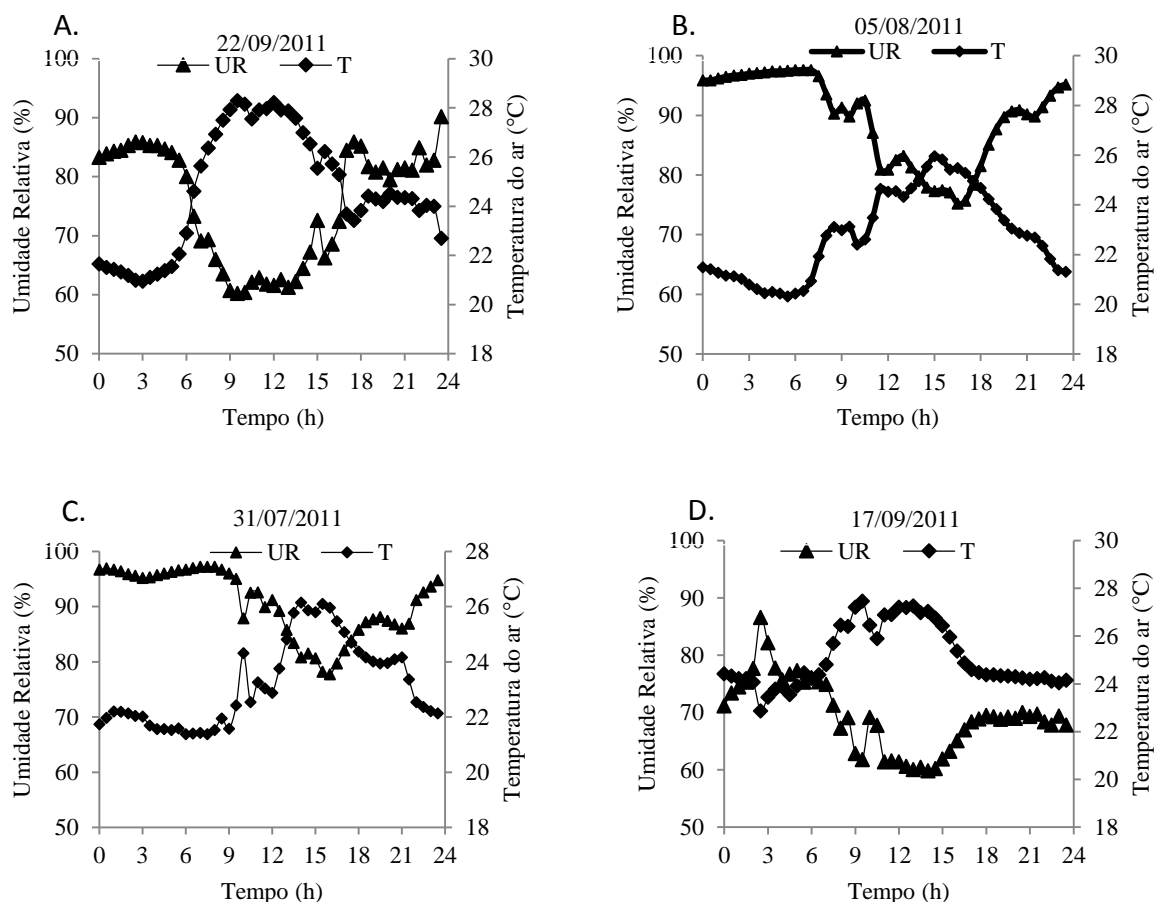
A Figura 1 apresenta as precipitações pluviométricas ocorridas no dia 31 de julho e 17 de setembro de 2011.



**Figura 1: Precipitação pluviométrica nos dias 31 de julho (A) e 17 de setembro de 2011(B)**

As precipitações pluviométricas estão apresentadas de forma horária. No dia 31 de julho pode-se observar que os maiores registros de chuva ocorreram no período da manhã. Com um total pluviométrico de 60,2 mm sendo o maior volume entre às 5hs e 11hs com 49 mm. Nesse dia além da chuva, houve reposição de 5 kg de água no lisímetro às 10 h. Já no dia 17 de setembro não aconteceu a reposição de água no lisímetro, e pode-se observar que o registro de chuva ocorreu durante no período diurno entre 8h e 15h, acumulando 21,11 mm nesse dia.

A Figura 2 apresenta a temperatura do ar e umidade relativa para os dias sem chuva que são: 05 de agosto e 22 de setembro do ano de 2011; E para os dias chuvosos que são: 31 de julho e 17 de setembro de 2011.



**Figura 2: Temperatura e umidade relativa do ar para os dias sem chuva: 05/08/2011 (A); 22/09/2011 (B); e chuvosos: 31/07/2011 (C); 17/09/2011 (D)**

No dia 05 de agosto a temperatura para o dia analisado apresenta uma amplitude de 7,3°C. A temperatura máxima para esse dia ocorreu às 12hs com valor de 27,57°C, a temperatura mínima foi de 20,44°C às 6hs. O valor de temperatura média foi de 23,31°C. Para os valores da umidade relativa à média de 88,87 %, com maior umidade relativa registrada às 6hs com valor de 97,1 % e menor valor de 71,2% às 12hs, com amplitude de 25,9%. Nesse dia não houve reposição de água no lisímetro.

Em 22 de setembro a temperatura apresenta uma amplitude de 7,34°C tendo seu pico, ou seja, o horário o qual teve o maior valor de temperatura foi às 11h com valor 28,29°C. A temperatura média ao longo do dia foi de 24,62°C, porém o valor médio dessa grandeza entre as 8h e às 16h foi 27,3 °C. Para os valores da umidade relativa, a média para esse dia foi de 75,55 %, com maior umidade relativa registrada às 23h30 com valor de 90,2 % e menor valor de umidade relativa de 60,21 % as 09h 30. Também se observa uma variabilidade nas variáveis no período noturno. Nesse dia houve reposição de 4,58 kg de água no sistema experimental.

No dia 31 de julho a média da temperatura do ar para esse dia foi 23,17 °C com a máxima e mínima de 26,14°C e 21,37°C, respectivamente. Com uma amplitude térmica de 4,77°C. A umidade relativa teve valor máximo nos horários de 06h30 até 8h com 97,2% e valor mínimo às 17h com valor de 77,7 %, sendo a amplitude de 19,5 %.

E no dia 17 de setembro observa-se uma grande variabilidade temporal no comportamento das variáveis, devido à ocorrência de precipitação. A média da temperatura do ar para esse dia foi 25,11 °C com máxima e mínima de 27,46°C e 22,87°C, respectivamente. Com uma amplitude térmica de 4,6°C. A umidade relativa teve valor máximo às 2h30 de 86,6%, e mínimo às 14h com valor de 59,85 %, sendo a amplitude de 26,75 %. A média da umidade relativa para o dia analisado foi de 69,33 %.

O aumento da umidade relativa do ar diminui a transpiração das plantas devido à diminuição do gradiente de concentração de vapor entre a cavidade estomática e o ar adjacente à folha, mediada pela redução do déficit de saturação de vapor do ar (Dalmago et al., 2006).

Na Figura 3 é apresentado o comportamento da radiação global e do fluxo de seiva no cafeeiro para os dias selecionados, mencionados acima.

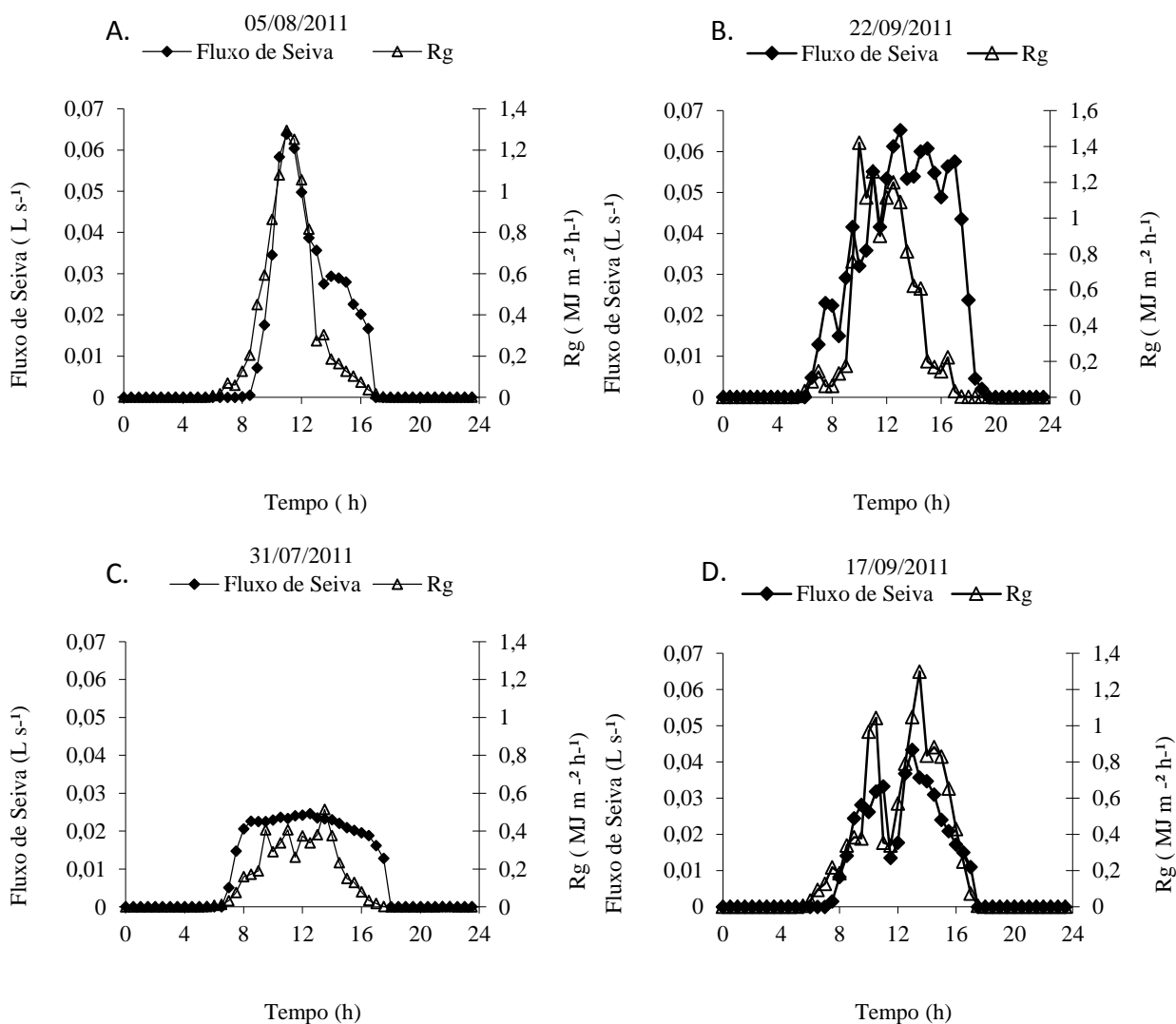


Figura 3: Radiação global e do fluxo de seiva no cafeeiro para os dias sem chuva: 05/08/2011 (A); 22/09/2011 (B); e chuvosos: 31/07/2011 (C); 17/09/2011 (D)

Para avaliação realizada no dia seco, em 05/08/2011, o fluxo de seiva seguiu o comportamento da demanda energética, ambos atingindo valor máximo às 11h 30 e declinando de maneira rápida às 13 horas, depois gradualmente até o final da tarde. Nesse dia a radiação global tem um valor médio, entre 8h e 16h, de 0,53 MJ.m-2.h-1, com desvio padrão de  $\pm 0,44$  e valores máximo e mínimo de 1,30 MJ.m-2.h-1 e 0,07 MJ.m-2.h-1, respectivamente. Já para o fluxo de seiva os valores máximo de 0,064 L.s-1.

Em 22 de setembro, tem-se que os valores de  $R_g$  das 8hs as 16hs variou entre 1,42 MJ.m-2.h-1 e 0,06 MJ.m-2.h-1, com pico acontecendo às 10h, já para o fluxo de seiva o valor máximo foi de 0,065 L.s-1 esse valor ocorrendo as 13h, sendo este pico deslocado em relação à radiação global. Os valores médios para o fluxo de seiva e radiação global para o dia analisado no horário de 8h às 16h foi de 0,05 L.s-1 e 0,7 MJ.m-2.h-1.

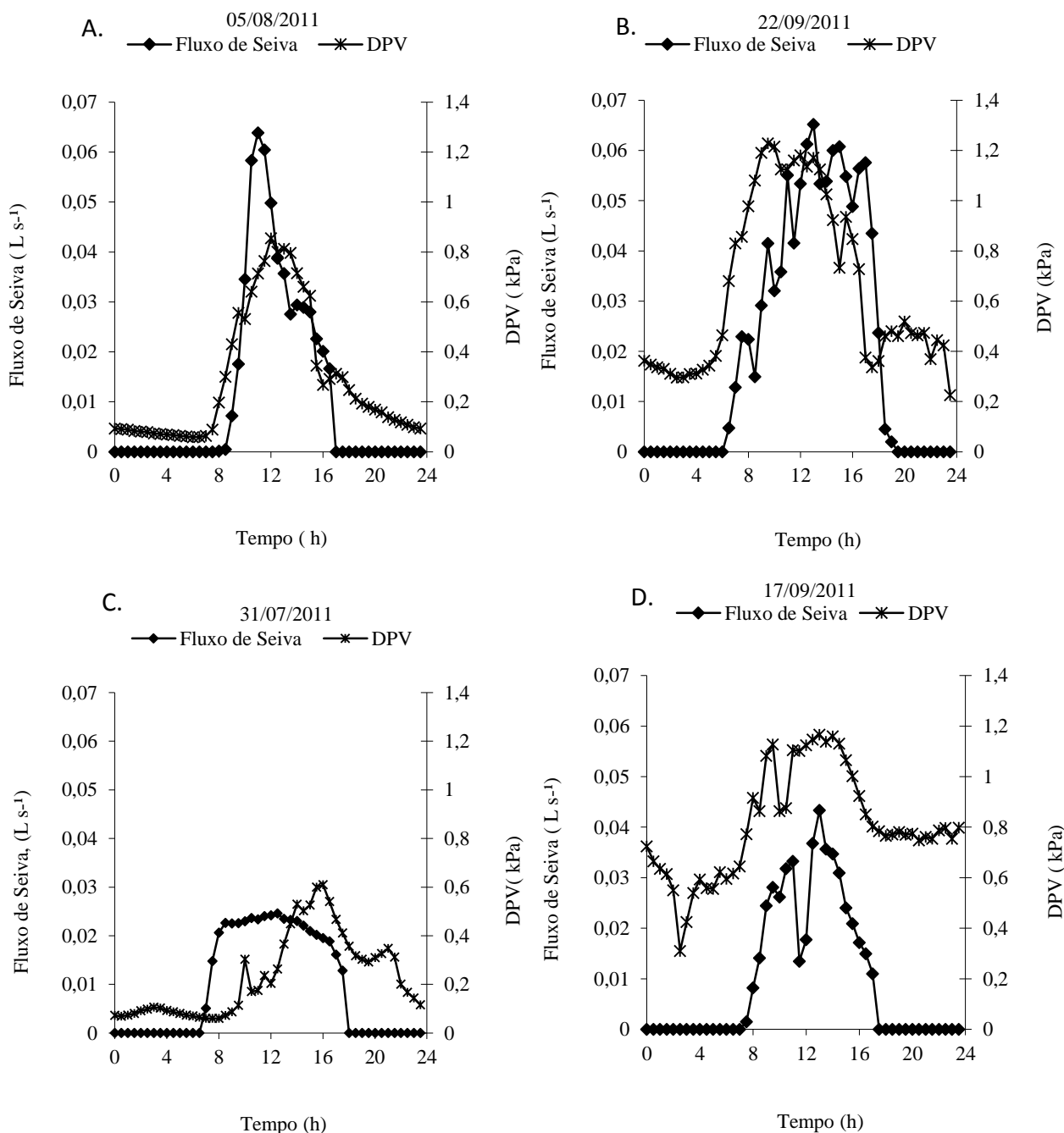
No dia 31 de julho pode-se observar que o fluxo de seiva manteve-se praticamente constante entre 8h e 16h, com valor médio de 0,0023 L.s-1 nesse horário. Já a radiação global ocorreu uma variabilidade do decorrer do dia, apresentando uma média para o horário entre 8h e 16h de 0,28 MJ.m-2.h-1, com desvio padrão de  $\pm 0,12$ . Com valor máximo e mínimo de radiação global de 0,51 MJ.m-2.h-1 e 0,15 MJ.m-2.h-1, respectivamente.

Em 19 de setembro o fluxo de seiva segue o comportamento da disponibilidade energética local nesse dia. O fluxo de seiva cresce entre 6h e 10h, com uma queda brusca às 11h, nesse instante o fluxo de seiva e a radiação global apresentam valores de 0,014 L.s-1 e 0,34 MJ.m-2.h-1, respectivamente. Ocorre crescimento novamente até às 13h 30 e a partir desse horário uma queda até o anoitecer, essa variação no fluxo de seiva e na radiação global se deve ao registro de precipitação. Os valores médios para o fluxo de seiva e radiação global foram 0,026 L.s-1 e 0,667 MJ.m-2.h-1, respectivamente, para o horário entre 8h e 16h.

Vasconcelos et al. (2010) analisando fluxo de seiva nas faces leste e oeste da copa de laranja 'Valência', encontrou na face leste os maiores valores de fluxo de seiva às 11 h de 70,90 g m-2.30min-1, isto é, 0,07 L a cada 30 minutos, e para a face oeste o ápice ocorreu por volta das 14h30 de 88,46 g.m-2.30min-1, ou seja, 0,088 L a cada 30 minutos.

A Figura 4 apresenta o déficit de pressão de vapor (DPV) e o fluxo de seiva para dias secos e chuvosos.





**Figura 4: Déficit de pressão de vapor (DPV) e o fluxo de seiva no cafeeiro para os dias sem chuva: 05/08/2011 (A); 22/09/2011 (B); e chuvosos: 31/07/2011 (C); 17/09/2011 (D)**

No dia 5 de agosto o déficit de pressão de vapor teve um valor médio de 0,59 kPa, no período das 8hs até 16hs e desvio padrão  $\pm 0,21$ . Com valor máximo e mínimo de 0,85 kPa e 0,20 kPa, respectivamente. O valor médio do fluxo de seiva para o dia analisado, no horário das 8hs as 16hs, foi  $0,031 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ , com desvio padrão de  $\pm 0,02$ .

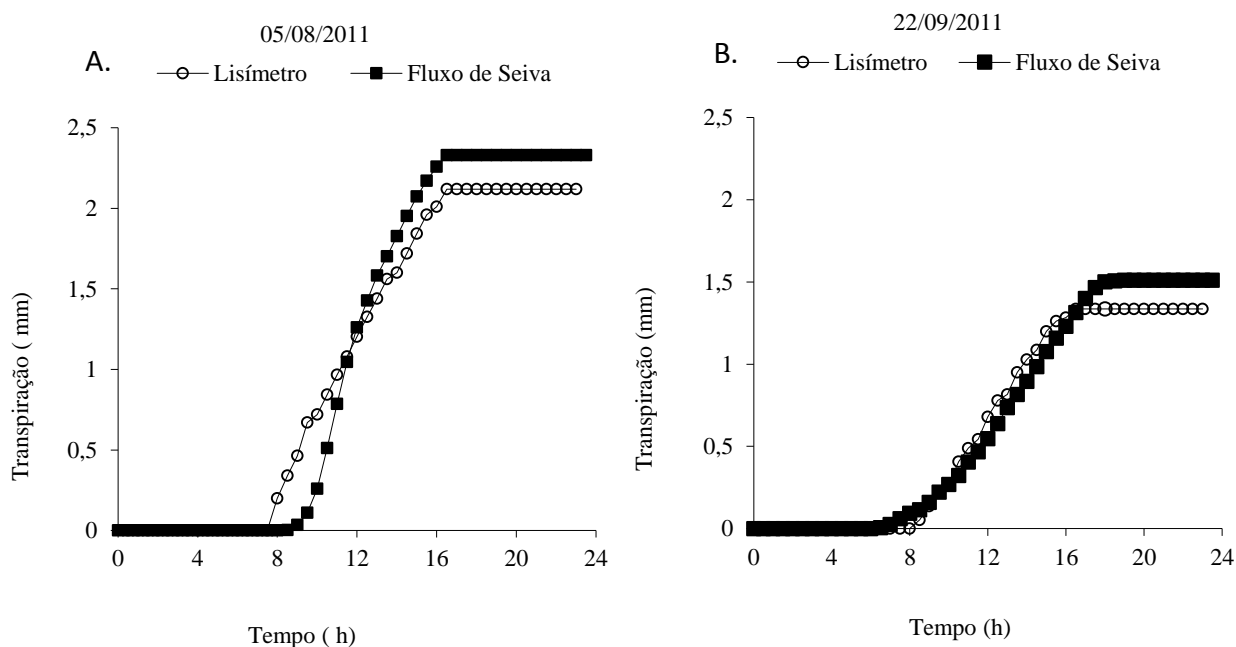
No dia 22 de setembro o déficit de pressão de vapor teve um valor médio de 1,07 kPa, e desvio padrão  $\pm 0,14$  para o intervalo de 8h as 16h. Com valor máximo e mínimo de 0,73 kPa e 0,50 kPa, respectivamente. Os valores noturno do déficit de pressão de vapor foram maiores que 0,4 kPa. O valor médio do fluxo de seiva para o dia analisado, no horário das 8h às 16h, foi  $0,05 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ , com desvio padrão de  $\pm 0,01$ .

No dia 31 de julho o déficit de pressão de saturação de vapor apresentado na Figura 17, mostra-se elevado a partir das 12h até as 23hs 30min, com valores médios de 0,23 kPa e desvio padrão de  $\pm 0,17$ . Tendo seu pico, ou seja, maior valor de 0,61kPa às 16h. Observa-se também que os valores noturnos estão em torno de 0,18 kPa.

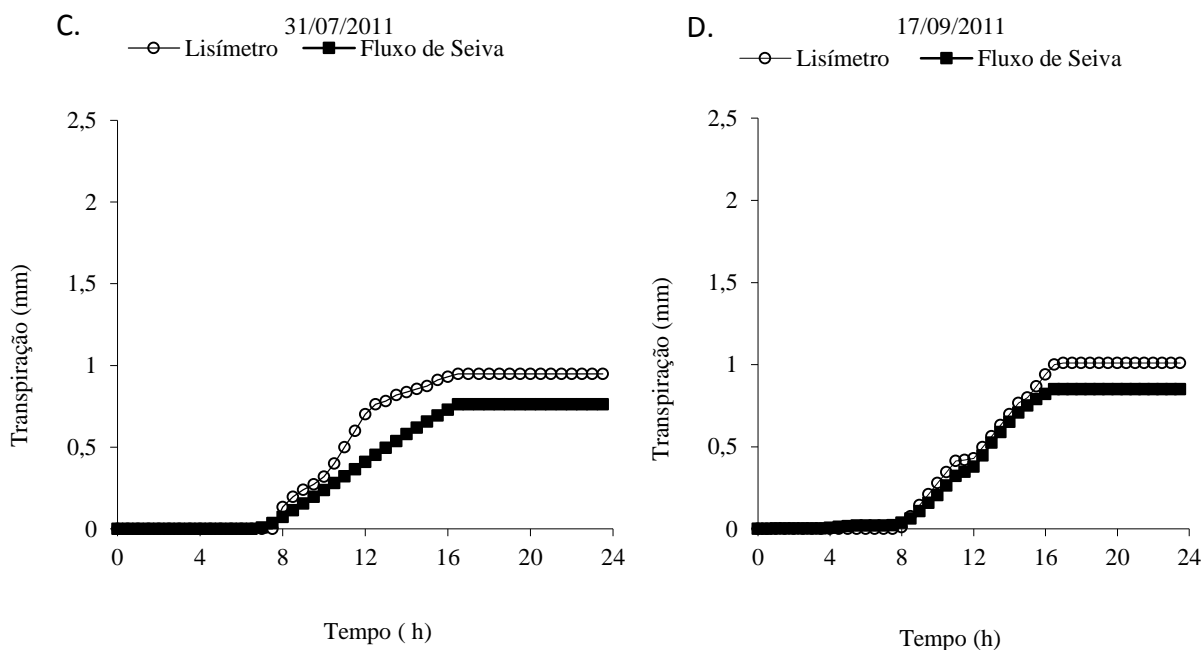
Em 17 de setembro o déficit de pressão de saturação de vapor apresentado na Figura 12, mostra-se elevado durante todo o dia analisado com valores médios de 0,81 kPa e desvio padrão de  $\pm 0,21$ . Com valores noturnos em torno de 0,68 kPa, isso ocorreu devido ao comportamento da temperatura do ar, influenciada diretamente pela precipitação.

Conforme Almeida e Machado (2008), a pressão de saturação de vapor da água é uma função exclusiva da temperatura e cresce exponencialmente, um aumento na temperatura resulta num maior valor da pressão de saturação de vapor da água e, conseqüentemente, menor umidade relativa e maior DPV. Esses efeitos podem ser verificados nas Figuras 01 e 03.

Finalmente na Figura 5, tem-se a transpiração medida pelo Fluxo de Seiva e pelo Lisímetro para dias sem chuva e chuvosos.



(continua na próxima página)



**Figura 5: Comportamento da Transpiração medida pelo lisímetro e a transpiração medida pelo fluxo de seiva no cafeeiro para os dias sem chuva: 05/08/2011 (A); 22/09/2011 (B); e chuvosos: 31/07/2011 (C); 17/09/2011 (D)**

No dia 05 de agosto verifica-se que a transpiração acumulada ao longo desse dia foi de 2,12 mm medido pelo método do lisímetro e de 2,32 mm pelo método do fluxo de seiva. Em 22 de setembro a transpiração acumulada ao longo desse dia foi de 1,49 mm medido pelo método do lisímetro e de 1,51 mm pelo método do fluxo de seiva. Analisando esses valores encontrados para a transpiração, que estão de acordo com Trejo-Chandra et al. (1997), que afirma que o erro entre os valores para a transpiração desses dois métodos é inferior a 10%.

Em 31 de julho a transpiração acumulada ao longo desse dia foi de 0,94 mm medido pelo método do lisímetro e de 0,76 mm pelo método do fluxo de seiva. E no dia 17 de setembro a transpiração acumulada ao longo desse dia foi de 1,15 mm medido pelo método do lisímetro e de 0,85 mm pelo método do fluxo de seiva. Analisando esses valores encontrados para a transpiração, que não estão de acordo com Trejo-Chandra et al. (1997), pois os valores encontrados para o erro entre os valores para a transpiração desses dois métodos nesse dia é superior a 10%. Essas diferenças de valores encontrados para as transpirações se devem a influencia dos fatores climáticos nas medições realizadas, principalmente a precipitação.

#### 4 CONCLUSÕES

1. As variáveis climáticas influenciam diretamente a medição do fluxo de seiva no cafeeiro alocado no lisímetro de pesagem eletrônico construído.
2. A radiação global mostrou-se mais influente que o déficit de pressão de vapor. Pois o fluxo de seiva acompanhou o comportamento dessa grandeza ao longo dos dias que foram analisados.

3. Com os resultados obtidos nesse estudo pode-se garantir a utilização do método térmico de medição do fluxo de seiva como metodologia para estimativa da transpiração de plantas de café conilon, pois esse método foi validado pelo lisímetro de pesagem eletrônica.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. Lysimeters. Irrigation and Drainage Paper (FAO). Rome – Italy, 73, 1982.
2. ALMEIDA, H. A., e MACHADO, R. C. R.. Características termodinâmicas do ar no interior de plantações de cacau, no sudeste da Bahia. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 16, n. 1, p. 39-48. 2008.
3. ALMEIDA, C. A. B.; ANTONINO, A. C. D.; LIMA, J. R. S.; LIRA, C. A. B. O.; PIMENTEL, R. M. M.; AMAZONAS, I. B.; SILVA NETO, J. A.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, A. M.; OLIVEIRA, L. M. M.; CABRAL, J. J. S. P.. Transpiração da Mangueira cultivada em área urbana do município de Recife-PE. IX Simpósio de Recursos Hídrico do Nordeste. Campo Grande, 2009.
4. ANGELOCCI, L.R.; MARIN, F.R.; OLIVEIRA, R.F.; RIGHI, E.Z. Transpiration, leaf diffusive conductance, and atmospheric water demand relationship in an irrigated acid lime orchard. Brazilian Journal of Plant Physiology, Londrina, v.16, n.1, p.53-64, 2004.
5. CALDER, I.A. Evaporation in the uplands. John Wiley and Sons, Chichester 148p. 1990.
6. CARVALHO, E. A. M. DE; POZZA, E. A.; JULIATTI, F. C.; MOREIRA, J. C.; PEIXOTO, A. S.; SANTOS, C. M.. 1998. Impacto dos diferentes sistemas de irrigação e lâminas d'água na evolução da ferrugem do cafeeiro. In: Simpósio Brasileiro de pesquisa em Cafeicultura Irrigada, 1. Araguari-MG. Palestras e resumos. Araguari: UFU, pp. 101-103.
7. ČERMÁK, J.; DEMIL, M.; PENKA, M. A new method of sap flow rate determination in trees. Biol. Plant. 15. p.171–8, 1973
8. ČERMÁK, J.; KUCERA, J.; NADEZHDINA, N. Sap flow measurements with some thermodynamic methods, flow integration within trees and scaling up from sample trees to entire forest stands. Trees 18: 529–546, 2004.
9. DYNAMAX, Inc. Flow32. Houston. E.U.A., 2005.
10. DALMAGO, G. A.; HELDWEIN, A. B.; NIED, A. H.; GRIMM, E. L.; PIVETTA, C. R.. Evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.3, p.785-792, mai-jun, 2006. ISSN 0103-8478
11. FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. 2007. Café Conilon. Vitória: Incaper, 702 p.
12. FLEMING, P. M ; ANTONINO, A.C.D. ; PIMENTEL, R, M. M. ; LIRA, C. A. B. O. ; ALVES, G. D. ; CABRAL, J. J. S. P. Transpiração de Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) Cultivadas no Semi-Árido Nordestino. Revista Brasileira de recursos Hídricos. 2003.
13. GRANIER, A. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres Ann. For. Sci. 42. p.193–200,1985.

14. HOWELL, T. A.; SCHNEIDER, A. D.; JENSEN, M. E. History of lysimeter desing and use for evapotranspiration measurements. New York: American Society of Civil Engineers, 1991, p. 1-9.
15. HUBER, B. Beobachtung und messing pflanzlicher saftstromes. Berichte Deutsche Botanische Gesellschaft, n. 50, p. 89-109, 1932.
16. MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SENTELHAS, P. C. Sap flow and evapotranspiration in an irrigated citrus orchard. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.9, p.219-226, 2001.
17. NADEZHDINA, N.; ČERMÁK, J.; NADEZHDINA, V. Heat field deformation method for sap flow measurements. In: ČERMÁK J. & NADEZHDINA, N. (eds.). Measuring sap flow in intact plants. Proceedings of 4th International Workshop, Židlochovice, Czech Republic, IUFRO Publ. Brno, Czech Republic: Mendel University. p. 72–92, 1998.
18. PARTELLI, L. F.; VIEIRA, H. D.; DETMANN, E.; CAMPOSTRINI, E. Estimativa da área foliar do cafeeiro Conilon a partir do comprimento da folhar. Revista Ceres, n. 53, vol. 306, p. 204-210, 2006.
19. ROJAS, J.S.D. Avaliação do uso do fluxo de seiva e da variação do diâmetro do caule e de ramos na determinação das condições hídricas de citros, como base para o manejo de irrigação. 2003. 110p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-USP, Piracicaba.
20. SAKURATANI, T. A heat balance method for measuring water flux in the stem of intact plants. Journal of Agricultural Meteorology, v.37, n.1, p.9-17, 1981.
21. SENTELHAS, P. C.. Agrometeorologia aplicada à irrigação. In: Miranda, J. H.; Pires, R. C. M. Irrigação. Jaboticabal: Série Engenharia Agrícola, 1. p. 63-120, 2001
22. SILVA, T. J. S; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, C. R.; ALVES JUNIOR, J.; PIRES, C. M. P.. Evapotranspiração e Coeficientes de Cultura do Maracujazeiro Amarelo Conduzido Sob Duas Orientações de Plantio. Irriga. Botucatu. v. 11, n. 1, p. 90-106, 2006.
23. SILVA NETO, J. A.; ALMEIDA, C. A. B.; ANTONINO, A. C. D.; PIMENTEL, R. M. M.; LIRA, C. A. B. O.; OLIVEIRA, I. A.; LIMA, L. E. Evapotranspiração por meio de lisímetro de pesagem em coffea canephora pierre ex a. Froehner. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Anais... 2011, Maceió. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011.
24. PARTELLI, L. F.; VIEIRA, H. D.; DETMANN, E.; CAMPOSTRINI, E. Estimativa da área foliar do cafeeiro Conilon a partir do comprimento da folhar. Revista Ceres, ano 53, vol. 306, p. 204-210, 2006.
25. TREJO-CHANDRA, J.E.; ANGELOCCI, L.R.; OLIVEIRA, R.F.. Aplicação do método de balanço de calor na determinação da transpiração de mudas de limoeiro. Scientia Agrícola. v. 54, n. 3. Piracicaba, 1997.
26. VALANCOGNE, C.; NASR, Z. Measuring sap flow in the stem of small trees by heat balance method. Hortscience, 1989.
27. VILLA-NOVA, N. A.; FAVARIN, J. L.; ANGELOCCI, L. R.; DOURADO NETO, D. Estimativa do coeficiente de cultura do cafeeiro em função de variáveis climatológicas e fitotécnicas. Bragantia, Campinas, v. 61, n. 1, p. 81-88, 2002.

28. WILCOX, D.; DOVE, B.; MCDAVID, D.; GREER, D. 2002. Image Tool. University of Texas Health Science Center. San Antonio. Texas.