



CONSUMO HÍDRICO DA MANGUEIRA ATRAVÉS DA TÉCNICA DA RAZÃO DE BOWEN NO NORDESTE PARAENSE, BRASIL

Juliana C. Rodrigues¹, Renata T. de Lima², Paulo Jorge de O. P. de Souza³, Adriano M. L. de Sousa³, Deborah L. P. Costa⁴

¹ Eng. Agrônoma, doutoranda em Ciências Florestais, Laboratório de Clima e Agrometeorologia da Amazônia-LABCAAM, Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA, Belém-PA, juliana.rodrigues@ufra.edu.br.

² Eng. Agrônoma, MSc. Agronomia, fiscal agropecuário da Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará-ADEPARÁ, Novo Repartimento-PA.

³ Meteorologista, Prof. Dr. LABCAAM, Instituto Sócio Ambiental e dos Recursos Hídricos-ISARH/UFRA, Belém-PA.

⁴ Graduanda em Agronomia, LABCAAM, UFRA, Belém-PA.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Para, Belém, PA.

RESUMO: O consumo hídrico em mangueiras foi estimado durante suas fases fenológicas, na região nordeste do Estado do Pará. Para isso, uma torre micrometeorológica foi instalada e instrumentada em um pomar de mangueiras cv. Tommy Atkins. Os dados meteorológicos e fenológicos foram coletados durante as safras de 2010/2011, entre 10 de outubro de 2010 e 27 de janeiro de 2011, e 2011/2012, entre 20 de setembro de 2010 e 09 de janeiro de 2011. A evapotranspiração atual de cultura foi estimada pelo balanço de energia através da técnica da razão de Bowen. As safras ocorreram em condições meteorológicas distintas. A evapotranspiração da cultura da mangueira variou entre 357,0 e 416,8 mm, sendo diferenciada em cada fase fenológica, apresentando as subfases de queda e de maturação de frutos como aquelas que possuem o maior e o menor consumo hídrico, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: *Mangifera indica* L., evapotranspiração, balanço de energia

ABSTRACT: The water consumption in mango orchard was estimated during their phenological stages in northeastern Pará State. For this, a micrometeorological tower was installed and instrumented in a mango orchard cv. Tommy Atkins. Meteorological and phenological data were collected during the growing seasons of 2010/2011, between October 10, 2010 and January 27, 2011, and 2011/2012, between September 20, 2010 and January 9, 2011. The actual crop evapotranspiration was estimated by the energy balance through the technique of Bowen ratio. Crops were in different weather conditions. The actual crop evapotranspiration in mango orchard ranged between 357.0 and 416.8 mm, being different in each phenological stage, presenting the subphases fall and fruit ripening as those with the highest and lowest water consumption, respectively.

KEYWORDS: *Mangifera indica* L., evapotranspiration, energy balance





INTRODUÇÃO

A produção de manga esta concentrada no nordeste brasileiro, onde devido ao clima semiárido é realizado o manejo de irrigação, aplicando a lâmina d'água conforme a necessidade da cultura. No norte do Brasil, apesar da produção de manga ser pouco expressiva (0,33%) (IBGE, 2010), algumas áreas apresentam condições climáticas para o seu cultivo, como as regiões nordeste e sudeste do Pará, pois o tipo climático predominante na região é Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado pela ocorrência de inverno seco, proporcionando um estresse hídrico à cultura, condição necessária para o cultivo de mangueiras em regiões tropicais (RAMÍREZ e DAVENPORT, 2010).

A disponibilidade hídrica tem efeito direto sobre a cultura da mangueira, uma vez que a escassez de água afeta o crescimento, a produtividade e a qualidade dos frutos produzidos. O conhecimento apenas da necessidade total de água pela cultura não implica num eficiente manejo no uso da água, sendo imprescindível conhecer as necessidades hídricas da cultura em cada fase fenológica (BEZERRA et al., 1998). Uma alternativa seria o planejamento do uso racional da água, que na agricultura, pode ser alcançada através da estimativa da evapotranspiração (ET). Um método que tem se destacado para esta finalidade é o do balanço de energia baseado na técnica da razão de Bowen (β) (BERB), devido sua relativa simplicidade e precisão na estimativa do fluxo vertical de vapor d'água (SILVA et al., 2007). Considerando os aspectos apresentados, este estudo teve como objetivo estimar o consumo hídrico da mangueira através da técnica da razão de Bowen no nordeste paraense, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um pomar de mangueiras cv. Tommy Atkins localizado no sítio experimental de Cuiarana, pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), município de Salinópolis, Pará (00°39'50,50"S, 47°17'4,10"O). O pomar possui espaçamento de 10,0 x 10,0 m, representando uma densidade de 100 plantas.ha⁻¹, em condições de sequeiro e área total de 25 ha. Destes, uma parcela correspondente a um hectare foi demarcada para o estudo, no centro foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica de 10,0 m de altura, que apresentou um "fetch" superior a razão 1:100 na direção predominante do vento (de nordeste), para evitar que os efeitos advectivos interferissem nas medidas realizadas no pomar conforme Rosenberg et al. (1983). Foram coletados dados de temperatura e umidade do ar em dois níveis (0,5 e 2,0 m acima do dossel), saldo de radiação, fluxo de calor no solo, chuva e pressão atmosférica. Os sensores utilizados foram conectados a um datalogger (CR10X, *Campbell Scientific*) e a um multiplexador (AM16/32A, *Campbell Scientific*), os quais realizavam leituras a cada 10 segundos e gravação das médias a cada 10 minutos.

Os estádios fenológicos do ciclo produtivo da mangueira compostos por quatro fases e representados pela floração, queda, formação e maturação de frutos (SOARES et al., 1998). Os dados meteorológicos e de fenologia foram coletados no período que abrangeu as safras 2010/2011 (outubro de 2010 a janeiro de 2011) e 2011/2012 (setembro de 2011 a janeiro de 2012), as quais receberam as denominações de safra 1 e safra 2, respectivamente.

As datas de ocorrência dos estádios fenológicos do ciclo produtivo da mangueira, a floração ocorreu entre 10/10-04/11 e 20/09-15/10, a queda entre 05/11-06/12 e 16/10-17/11, a





formação entre 07/12-02/01 e 18/11-14/12, e a maturação entre 03/01-27/01 e 15/12-09/01, nas safras 1 e 2, respectivamente.

A razão de Bowen (β) foi obtida através das relações do transporte vertical de calor e vapor d'água, considerando que exista a igualdade nos coeficientes de transporte turbulento do fluxo de calor sensível e vapor de água, K_H e K_W , respectivamente (ARYA, 1998).

$$\beta = \frac{H}{LE} = \frac{C_p \Delta T}{\lambda \Delta q} = \frac{C_p P}{\lambda \cdot 0,622 \Delta e} = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (1)$$

em que C_p é o calor específico do ar a pressão constante ($J.kg^{-1}.K^{-1}$), λ é o calor latente de vaporização ($J.kg^{-1}$), Δq é a variação de umidade específica ($g.kg^{-1}$), P é a pressão atmosférica local (mbar), γ é o coeficiente psicrométrico (mbar.°C), ΔT e Δe são as variações de temperatura média do ar (°C) e de pressão (mbar) de vapor de água entre dois níveis consecutivos, respectivamente.

Os valores da β passaram pelo controle de qualidade, atendendo aos critérios adotados pela metodologia de Perez et al. (1999), baseado nas medidas do gradiente de vapor d'água e na resolução dos sensores utilizados, através da determinação da consistência dos sinais observados na relação fluxo-gradiente entre os componentes, onde os valores da β em torno de -1 podem ser descartados, dependendo de diferentes condições citadas pelo autor.

A evapotranspiração atual da cultura (ETa) (Eq. 2), dada em mm, foi utilizando apenas valores positivos do LE , convertidos em lâmina equivalente, no intervalo de 06:00h e 18:00h, ou seja, no período diurno ($R_n - G > 0$), relacionado com o λ (Eq. 3). Os valores diários foram estimados pelo somatório da ETa obtida a cada 10 minutos.

$$ETa = \frac{LE}{\lambda} \quad (2)$$

$$\lambda = \left[(2,501 \cdot 10^6) - (2,361 \cdot 10^3 \cdot T) \right] \quad (3)$$

A ETa dos subperíodos fenológicos e do ciclo produtivo foram analisados através de estatística descritiva com o uso de médias e desvios padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evapotranspiração atual da mangueira (ETa) foi fortemente influenciada pela chuva, em especial durante a safra 1, em que a ETa foi 357,0 mm, durante todo o seu ciclo produtivo, menor que o observado na safra seguinte, 416,8 mm (Tabela 1). A fase fenológica que apresentou maior consumo hídrico foi a queda de frutos, ou seja, a subfase de início do crescimento dos frutos corroborando com Castro Neto et al. (2000) e Coelho et al. (2002), com isso pode-se inferir que este seja o período crítico para a mangueira em relação a necessidade hídrica da cultura. A fase de menor consumo hídrico foi a maturação de frutos, uma vez que nesta subfase ocorre o acúmulo de açúcares e, posteriormente, a maturação fisiológica dos frutos. Estas proporções foram obtidas em ambas as safras.



Tabela 1 – Evapotranspiração atual da cultura (ETa), média e acumulada, durante as safras 1 e 2, em função dos dias após o florescimento (DAF), em um pomar de mangueiras cv. Tommy Atkins, Salinópolis, Pará.

DAF	Safra 1		DAF	Safra 2	
	ETa			ETa	
	Média	Acum.		Média	Acum.
	----- mm.dia ⁻¹ -----			----- mm.dia ⁻¹ -----	
0 a 25	3,7	96,0	0 a 25	3,9	102,2
26 a 57	4,6	145,9	26 a 58	3,9	129,7
58 a 84	3,3	88,6	59 a 85	3,5	95,8
85 a 109	1,1	26,5	86 a 111	3,4	89,1
Média/Total	3,2 ¹	357,0 ²	Média/Total	3,7 ¹	416,8 ²

O índice 1 corresponde aos valores médios e o índice 2, aos valores totais.

Os valores médios de *ETa* para a floração (3,8 mm.dia⁻¹), queda (4,3 mm.dia⁻¹), formação (3,4 mm.dia⁻¹) e maturação de frutos (2,3 mm.dia⁻¹) foram superiores aos encontrados por Teixeira et al. (2008), para as fases de floração (3,4 mm.dia⁻¹) e queda (3,3 mm.dia⁻¹) e semelhante aos obtidos por Azevedo et al. (2003), na fase de queda de frutos. Os valores de *ETa* médios encontrados neste experimento, para as demais subfases, foram inferiores aos obtidos por Azevedo et al. (2003) e Teixeira et al. (2008).

A variabilidade da *ETa* nas safras 1 e 2 são apresentadas na Figura 1. Na primeira safra, o período desde a floração até o início da formação de frutos apresentou valores com pouca variação (Figura 1a), com o valor máximo de até 5,7 mm.dia⁻¹, ocorrido na fase queda de frutos. Nas demais fases fenológicas, com o início das chuvas na região e aumento na cobertura de nuvens, resultou na redução da *ETa* em relação à segunda safra, além de proporcionar o aumento de sua variabilidade. A pouca variação da *ETa* durante a safra 2 (Figura 1b) se deu pela maior estabilidade verificada nas condições meteorológicas associadas à escassez das chuvas neste período, proporcionando o mínimo de 0,54 mm.dia⁻¹, durante a fase de maturação, e o máximo de 4,72 mm.dia⁻¹, na fase de queda de frutos, havendo pouca variação ao longo deste ciclo produtivo, demonstrado pelo baixo desvio padrão de 0,58.

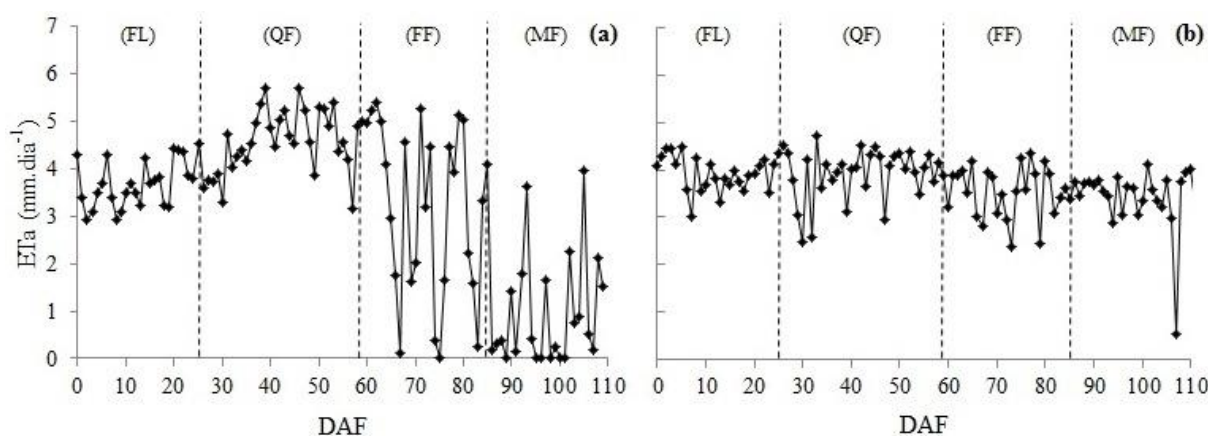




Figura 1 – Variação média da evapotranspiração atual da cultura (ETa), durante as safras (a) 1 e (b) 2, em função dos dias após a floração (DAF). As fases fenológicas são representadas pelas siglas: (FL) floração, (QF) queda, (FF) formação e (MF) maturação de frutos, em um pomar de mangueiras cv. Tommy Atkins, Salinópolis, Pará.

O total de água evapotranspirado durante todo o ciclo reprodutivo apresentou um valor médio de 386,9 mm, abaixo do encontrado por Azevedo et al. (2003), que foi de 551,1 mm e por Teixeira et al. (2008), que foi de 411,5 mm. O fato de estes trabalhos terem sido desenvolvidos em diferentes condições ambientais quando comparados com o atual trabalho, como a maior disponibilidade energética, além do manejo da irrigação, pode ter proporcionado maior disponibilidade hídrica no solo, por um período contínuo, e, portanto, pode-se supor que tenham sido os principais fatores para o aumento da taxa evapotranspiratória nestes trabalhos.

CONCLUSÕES

A evapotranspiração da cultura da mangueira variou entre 357,0 e 416,8 mm, sendo diferenciada em cada fase fenológica, apresentando as subfases de queda e de maturação de frutos como aquelas que possuem o maior e o menor consumo hídrico, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor (Edital n° 70/2009, processo 557647/2010-0), e pelos demais recursos financeiros. À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), pela concessão da área de estudo, e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFRA, ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) e INCT, pelo auxílio logístico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARYA, S.P. **Introduction to Micrometeorology**. New York: Academic Press, 1998.
- AZEVEDO, P.V. de; SILVA, B.B. da; SILVA, V.P.R. da. Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, v.58, p.241-254, 2003.
- BEZERRA, F.M.L.; ANGELOCCI, L.R.; MINAMI, K. Deficiência hídrica em vários estádios de desenvolvimento da batata. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.119-123, 1998.
- CASTRO NETO, M.T. de; COELHO, E.F.; CUNHA, G.A.P da. Tratos culturais. In: MATOS, A.P. (Org). **Manga**. Produção: Aspectos técnicos. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura / Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p.31-34. (Frutas do Brasil 4, Cap. 9).
- COELHO, E.F.; OLIVEIRA, A.S. de; AGUIAR NETTO, A. de O.; TEIXEIRA, A.H. de C.; ARAÚJO, E.C.E.; BASSOI, L.H. Irrigação. In: GENUÍ, P.J. de C.; PINTO, A.C. de Q. (Org.)





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



A cultura da mangueira. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p.165-189. (Cap. 9).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2010.** Rio de Janeiro, v.37, p.1-91, 2010.

PEREZ, P.J.; CASTELLVI, F.; IBAÑEZ, M.; ROSELL, J.I. Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.97, p.141-150, 1999.

RAMÍREZ, F.; DAVENPORT, T.L. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. **Scientia Horticulturae**, v.126, p.65-72, 2010.

ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. **Microclimate:** The biological environment. 2nd ed. New York: John Wiley, 1983. 495p.

SILVA, V. de P.R. da; AZEVEDO, P.V. de; SILVA, B.B. da. Surface energy fluxes and evapotranspiration of a mango orchard grown in a Semiarid environment. **Agronomy Journal**, v.99, p.1391-1396, 2007.

SOARES, J.M.; COSTA, F.F.; SANTOS, C.R. Manejo de irrigação em frutíferas. In: FARIA, M.S.; SILVA, É.L.; VILELA, L.A.A.; SILVA, A.M. **Manejo de Irrigação.** Poços de Caldas: DE/UFLA, 1998. p.281-308.

TEIXEIRA, A.H. de C.; BASTIAANSSEN, W.G.M.; MOURA, M.S.B.; SOARES, J.M.; AHMAD, M.D.; BOS, M.G. Energy and water balance measurements for water productivity analysis in irrigated mango trees, Northeast Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.148, p.1524-1537, 2008.

