

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DA BANANA UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT 5 - TM

F. D. D. ARRAES¹, J. B. OLIVEIRA², I. N. SILVA³, B. M. ALMEIDA⁴, P. P. BRASIL⁵

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi de estimar os valores de ET_c da bananeira para região de Iguatu utilizando duas metodologias diferentes, SEBAL e a metodologia padrão do FAO 56. Foram utilizadas imagens TM do LANDSAT 5, cedidas pelo INPE, referentes à órbita/ponto 217/ 64, período de 1992 a 2008. A média dos valores de ET obtida pelo algoritmo SEBAL variou de 3,10 a 5,48 mm dia⁻¹. A evapotranspiração da bananeira estimada pelo SEBAL obteve um valor médio do erro absoluto de 0,27 mm dia⁻¹ e de 6,1% para o erro relativo quando comparado ao método indireto que usa o coeficiente de cultura e ET_o obtido por Penman-Monteith FAO 56. Mostrando assim, o potencial do SEBAL para estimativa da evapotranspiração utilizando menos dados climáticos e da cultura.

Palavras-Chaves: SEBAL, Penman-Monteith, sensoriamento remoto

Estimation of crop evapotranspiration of Banana using imagens Landsat 5 - TM

Abstract: Objective of this study was to estimate the values of ET_c for banana to Iguatu region using two methodologies different, SEBAL and calls methodology standard the FAO 56. Were used imagens TM do LANDSAT 5 provided by INPE, related to the orbiting/point 217/64 period 1992 the 2008. The average values of ET obtained by the SEBAL algorithm ranged from 3,10 to 5,48mm day⁻¹. The evaporation of the banana by the SEBAL obtained an average absolute error of 0,27mm day⁻¹ and 6,1% for the relative error when compared to the indirect method using the crop coefficient and ET_o obtained by Penman-Monteith FAO 56. Thus showing the potential of SEBAL to estimate evapotranspiration climate data and using less of the crop

¹ Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas – ESALQ/USP, Piracicaba – SP. dirceuarraes@usp.br

² Prof. do IFCE, Campus Iguatu. joaquimbrancodeoliveira@gmail.com

³ Prof. do IFCE, Campus Iguatu. italonunessilva@gmail.com

⁴ Mestrando em Irrigação e Drenagem – UFERSA, bru255@hotmail.com

⁵ Estudante de graduação em Irrigação e Drenagem, IFCE-campus de Iguatu. pollyannapb@hotmail.com

Key words: SEBAL, Penman-Monteith, remote sensing

INTRODUÇÃO

A determinação da quantidade de água necessária para as culturas é um dos principais parâmetros para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação, tendo em vista que as atividades agrícolas são as maiores demandantes por água, necessitando por isso de um empenho redobrado dos pesquisadores no desenvolvimento de pesquisas que possibilitem a economia de água (CARDOSO et al., 2005).

O consumo de água pela cultura é denominado de evapotranspiração da cultura (ET_c), que é a ocorrência simultânea de dois processos importantes no cultivo das plantas, a evaporação da água do solo e a transpiração das plantas. A ET_c pode ser determinada com precisão a partir dos métodos micrometeorológicos, lisimétricos, balanço de água no solo e diversos outros métodos diretos. Por sua vez, existem os métodos indiretos que usam o coeficiente de cultura, minuciosamente descrito pelo boletim da FAO número 56 (ALLEN et al., 1998). Trata-se de uma metodologia amplamente aplicada e eficiente na determinação da ET_c .

Existem ainda os métodos baseados em medidas radiométricas obtidas a partir de sensores remotos a bordo de satélites. Dentre eles o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land), formulado por Bastiaanssen et al. (1998), possibilita a estimativa do fluxo de calor latente (LE) como um resíduo da equação clássica do balanço de energia, sendo constituído, quase que totalmente, por parametrizações físicas bem estabelecidas e pouco complexas envolvendo poucas parametrizações empíricas.

A banana (*Musa ssp*) é uma das frutas mais consumida no mundo, sendo explorada na maioria dos países tropicais, no Ceará é a segunda frutífera com maior área plantada (42.068 ha). No município de Iguatu, o grande destaque na fruticultura é a produção de banana, com uma produtividade média de 26,35 ton ha⁻¹ (HOLANDA, 2005). Grande parte da área cultivada utiliza a irrigação como garantia de produção, porém o manejo de irrigação inadequado pode levar a não sustentabilidade da atividade, tendo em vista a diminuição do recurso hídrico disponível e a tendência de cobrança pelo uso da água nas atividades agrícolas. Portanto, diante da problemática de se estimar valores corretos da demanda hídrica da cultura da banana, o objetivo do presente trabalho foi de estimar os valores de ET_c da bananeira para

região Iguatu utilizando duas metodologias diferentes: SEBAL e a parametrização descrita no FAO 56.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se no centro sul do Estado do Ceará. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é BSw'h', semiárido quente com chuvas de verão/outono e temperatura média mensal superior a 18 °C.

A pesquisa foi realizada em oito imagens do Mapeador Temático (TM) do Landsat 5, fornecidas pela Divisão de Geração de Imagens (DGI) do INPE, adquiridas sob a condição de céu claro, para os dias 24/08/1992, 14/08/1994, 2/07/1996, 11/07/1999, 17/08/2001, 06/07/2003, 14/07/2006 e 20/08/2008. Após georreferenciadas as imagens foram realizados os procedimentos para obtenção da evapotranspiração pelo algoritmo SEBAL em recorte das respectivas imagens, que correspondiam a áreas tradicionalmente irrigadas com a cultura da Banana, para obter o valor de evapotranspiração da cultura em estudo.

Os dados climáticos utilizados neste trabalho em escala diária são oriundos da Estação Climatológica Principal (ECP) de Iguatu, pertencente à rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo que a partir de 2006 foram usados os dados da estação automática do INMET, localizada no IFCE – Campus Iguatu.

O saldo de radiação à superfície foi estimado empregando-se a equação de balanço de radiação à superfície, conforme procedimentos descritos por Bastiaanssen et al. (1998) e Allen et al. (2002).

$$R_n = (1 - \alpha)R_{s\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1 - \varepsilon_o)R_{L\downarrow} \quad (1)$$

em que: $R_{s\downarrow}$ é a radiação de onda curta incidente, α é o albedo corrigido de cada pixel, $R_{L\downarrow}$ é a radiação de onda longa emitida pela atmosfera na direção de cada pixel, $R_{L\uparrow}$ é a radiação de onda longa emitida por cada pixel e ε_o é a emissividade de cada pixel.

O fluxo de energia no solo G ($W\ m^2$), foi obtido a partir da equação empírica desenvolvida por BASTIAANSEN et al. (2000).

$$G = \left[\frac{T_s}{\alpha} (0,0038\alpha + 0,0074\alpha^2)(1 - 0,98NDVI^4) \right] R_n \quad (2)$$

em que: T_s é a temperatura da superfície (°C); α o albedo corrigido do pixel; NDVI o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada e R_n o Saldo de Radiação.

Para a correção de valores do fluxo de energia no solo para corpos d'água (NDVI <0), considerou-se $G = 0,3R_n$ (Silva e Bezerra, 2006).

O fluxo de energia sensível (H) é a etapa mais complexa do SEBAL, e é obtido através de processo iterativo. Para iniciar o mesmo, considera-se a atmosfera em equilíbrio neutro, sendo na sequência identificada a condição de estabilidade e então, são promovidas as correções necessárias. Inicialmente, H é estimado com base na velocidade do vento e temperatura da superfície usando a calibração interna da diferença de temperatura próxima à superfície segundo BASTIAANSSEN et al. (1998):

$$H = \frac{\rho \cdot c_p dT}{r_{ah}} \quad (3)$$

em que: ρ é a massa específica do ar úmido ($1,15 \text{ kg m}^{-3}$), c_p é o calor específico do ar ($1005 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$), dT é a diferença de temperatura próximo à superfície (K) e r_{ah} é a resistência aerodinâmica ao transporte de calor (s m^{-1}).

O procedimento detalhado de determinação de dT e da correção da estabilidade atmosférica encontra-se em ALLEN et al. (2002).

O fluxo de energia latente LE (W m^{-2}) foi obtido pela simples diferença entre o saldo de radiação, o fluxo de energia no solo e o fluxo de energia sensível:

$$LE = Rn - G - H \quad (4)$$

em que: LE é o valor do fluxo de energia latente instantâneo, ou seja, seu valor no momento da passagem do satélite.

De acordo com Nicácio (2008), o conceito de evapotranspiração real diária é relacionado à fração evaporativa, que é uma razão entre o fluxo de calor latente e a diferença entre o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo, equação (5).

$$\Gamma = \frac{LE}{Rn - G} \quad (5)$$

em que Γ é a fração evaporativa no instante da passagem do satélite

Para estimativa da evapotranspiração diária (mm d^{-1}), foi utilizada a equação (6) Bastiaanssen (2000).

$$ET_{diário} = 86400 \frac{\Gamma \cdot Rn_{diário}}{\lambda} \quad (6)$$

em que, $ET_{diária}$ é a evapotranspiração real diária em cada pixel (mm dia^{-1}); $Rn_{diário}$ é o saldo de radiação integrado em 24 horas; λ é o calor latente de vaporização (J kg^{-1}), calculado pela equação (7):

$$\lambda = [2,501 - 0.00236(T_s - 273,16)]10^6 \quad (7)$$

sendo $T_s(K)$ a temperatura de superfície

Para o cálculo da evapotranspiração da cultura da banana pelo método indireto foi utilizada a equação de Penman-Monteith descrita pelo manual da FAO número 56 e utilizando o valor de K_c obtido por Bassoi et al. (2001) para região de Petrolina, cujo o valor adotado foi o valor médio (0,85), tendo em vista da ausência de valores de K_c da referida cultura para região de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média dos valores de ET obtida para os anos estudados variou de 3,10 a 5,48 mm dia⁻¹ (Tabela 1). Ainda de acordo com a Tabela 1, os valores do coeficiente de variação oscilaram entre 0,28 a 12,86%, mostrando variabilidade da ET na cultura da bananeira na área de estudo, tal fato pode ser explicado pela falta de uniformidade do próprio sistema de irrigação e variabilidade espacial no conteúdo de água no solo disponível para planta.

Tabela 1 – Resumo estatístico dos resultados da evapotranspiração da bananeira estimada pelo SEBAL nos diferentes anos.

Parâmetros estatísticos	Evapotranspiração							
	1992	1994	1996	1999	2001	2003	2006	2008
Média (mm dia ⁻¹)	4,06	4,32	4,37	5,01	4,76	3,10	3,99	5,48
Máximo (mm dia ⁻¹)	4,54	4,91	5,10	5,34	5,04	3,45	4,57	5,50
Mínimo (mm dia ⁻¹)	3,64	3,12	3,15	3,54	4,27	2,74	2,68	5,38
Desv. Padrão (mm dia ⁻¹)	0,28	0,39	0,56	0,37	0,24	0,23	0,48	0,02
Coef. Variação (%)	6,93	9,14	12,86	7,28	5,05	7,57	11,94	0,28

A Tabela 2 apresenta os valores da evapotranspiração da bananeira obtidos pelo método de Penman-Monteith FAO 56 (PM-FAO 56) e pelo valor de K_c e ainda os valores médios de ET obtidos pelo SEBAL. Logo, percebe-se que os valores foram semelhantes entre as duas metodologias. Conforme demonstrado pelos valores do erro absoluto menores que 1 mm dia⁻¹.

Tabela 2 – Evapotranspiração diária (mm dia⁻¹), estimada pelo SEBAL, pelo método Penman-Monteith FAO 56 e valores de erro absoluto e relativo

Ano	PM-FAO 56	SEBAL	Erro Absoluto (mm dia ⁻¹)	Erro Relativo (%)
1992	4,85	4,06	0,79	16,25
1994	4,50	4,32	0,18	4,01
1996	4,36	4,37	0,01	0,24
1999	5,18	5,01	0,17	3,22
2001	4,70	4,76	0,06	1,37
2003	4,00	3,10	0,90	22,47

2006	4,00	3,99	0,02	0,48
2008	5,44	5,48	0,04	0,70
Média	4,63	4,39	0,24	5,18

O maior valor obtido para o erro relativo foi de 22,47% para ano de 2003 (Tabela 3), podendo esse valor está associado ao possível erro na determinação dos pixels ancoras (frio e quente) na imagem em estudo. A evapotranspiração da bananeira estimada pelo SEBAL para região de Iguatu obteve resultados satisfatórios quando comparado a metodologia tradicional pelo método indireto usando ET_o pelo método de Penman-Monteith FAO 56 e o K_c da cultura.

CONCLUSÕES

A evapotranspiração da bananeira estimada pelo SEBAL obteve um valor médio do erro absoluto de $0,27 \text{ mm dia}^{-1}$ e de 6,1% para o erro relativo quando comparado ao método indireto que usa o coeficiente de cultura e ET_o obtido por Penman-Monteith FAO 56. Mostrando o potencial do SEBAL para estimativa da evapotranspiração utilizando menos dados climáticos e da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; WATERS, R.; BASTIAANSEN, W. Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) – Advanced training and Users Manual, Idaho, 2002. 98 p.
- BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. Journal of Hydrology, v. 212–213, p.198–212. 1998.
- NICÁCIO, R. M. Evapotranspiração real e umidade do solo usando dados de sensores orbitais e a metodologia SEBAL na bacia do Rio São Francisco. 2008. 320 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.
- SILVA, B. B.; BEZERRA, M. V. C. Determinação dos fluxos de calor sensível e latente na superfície utilizando imagens TM – Landsat 5. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 14, n. 2, p. 174-186, 2006.
- TEIXEIRA, A. H. C. Avaliação dos componentes do balanço de energia durante o primeiro ano de cultura da banana. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 5, n. 1, p. 28-32, 2001.
- HOLANDA, G. A. **Diagnóstico da Produção de Banana (*Musa spp*) no Município de Iguatu-Ce.** (Trabalho de Graduação). Universidade Federal da Paraíba - CCA - Areia-PB, 2005.