

USO DO ALGORITMO SEBAL NA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REGIONAL EM CONDIÇÕES DE RELEVO PLANO E MONTANHOSO UTILIZANDO IMAGEM DO SENSOR TM LANDSAT 5

SADY JÚNIOR MARTINS DA COSTA DE MENEZES¹; GILBERTO CHOHAKU SEDIYAMA²; VICENTE PAULO SOARES³; JOSÉ MARINALDO GLERIANI⁴; RICARDO GUIMARÃES ANDRADE⁵; EVALDO DE PAIVA LIMA⁶; RAFAEL COLL DELGADO⁷

¹ Engenheiro Agrícola e Ambiental, M.Sc., Pós-Graduando, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (031) 8719-9296, sadvmeneses@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, Prof. Titular Ph.D., Depto. de Engenharia Agrícola, UFV/Viçosa – MG.

³ Engenheiro Florestal, Prof. Adjunto Ph.D., Depto. de Engenharia Florestal, UFV/Viçosa – MG.

⁴ Engenheiro Florestal, Prof. Adjunto Dr., Depto. de Engenharia Florestal, UFV/Viçosa – MG.

⁵ Engenheiro Agrícola, D.Sc., Pós-Graduando, Depto. de Engenharia Agrícola/Meteorologia Agrícola, UFV/Viçosa – MG.

⁶ Meteorologista, D.Sc., Pós-Graduando, Depto. de Engenharia Agrícola/Meteorologia Agrícola, UFV/Viçosa – MG.

⁷ Meteorologista, M.Sc., Pós-Graduando, Depto. de Engenharia Agrícola/Meteorologia Agrícola, UFV/Viçosa – MG.

Apresentado no
XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia
02 a 05 de Julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: O *Surface Energy Balance Algorithms for Land* (SEBAL) é um algoritmo que possibilita a estimativa da evapotranspiração em grandes áreas. No SEBAL se trabalha por meio de passos computacionais que calculam o saldo de radiação e o balanço de energia a superfície. Este algoritmo utiliza imagens coletadas pelo sensor TM do satélite Landsat ou qualquer outro sensor que colete comprimentos de ondas na região do infravermelho refletivo e termal. O presente trabalho foi desenvolvido para estimar os componentes do saldo de radiação e do balanço de energia à superfície (fluxo de calor sensível, fluxo de calor no solo e fluxo de calor latente), e determinar a evapotranspiração horária em condições de relevo plano e montanhoso a partir de uma imagem obtida pelo satélite TM Landsat 5 na data de 20/06/2003.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento remoto, balanço de energia, sensor TM Landsat 5.

USE OF THE ALGORITMO SEBAL IN THE ESTIMATE OF REGIONAL EVAPOTRANSPIRATION IN CONDITIONS OF PLANE AND MOUNTAINOUS RELIEF USING IMAGE OF SENSOR TM LANDSAT 5

ABSTRACT: *Surface Energy Balance Algorithms for Land* (SEBAL) it is an algorithm that makes possible the estimate of the evapotranspiration in great areas. In SEBAL it works through steps computations that calculate the radiation balance and the swinging of energy the surface. This algorithm uses images collected by sensor TM of the satellite Landsat or any other sensor that vest lengths of waves in the reflective and thermal area of the infrared. The present work was developed to the components of the radiation balance and of the balance of energy to the surface (flow of sensitive heat, flow of heat in the soil and flow of latent heat), and to determine the hourly evapotranspiration in conditions of plane and mountainous relief starting from an image obtained by the satellite TM Landsat 5 in the date of 20/06/2003.

KEYWORDS: remote sensing, energy balance, TM Landsat 5 sensor.

INTRODUÇÃO: A evapotranspiração (ET) pode ser medida por meio de equipamentos, como os lisímetros, ou estimada por meio de dados meteorológicos aplicados em equações, como a utilizada pela FAO - 56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998). Porém, estes métodos são limitados porque estimam valores pontuais de ET para um local específico. Esta limitação motivou o desenvolvimento do uso de dados obtidos por sensoriamento remoto para a avaliação da ET em grandes áreas. A principal vantagem do uso do sensoriamento remoto é que a evapotranspiração pode ser calculada sem a necessidade de quantificar os complexos processos hidrológicos. O algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) desenvolvido por Bastiaansen em 1995, tem como objetivo a obtenção da evapotranspiração (ET) por meio de dados de imagem digital e alguns dados complementares de superfície. Segundo Bastiaansen (2002), o SEBAL é um algoritmo para determinação dos mapas de evapotranspiração para grandes áreas. Ele é processado por meio de rotinas computacionais que predizem um balanço completo da radiação e da energia ao longo da superfície da Terra. Utiliza imagens coletadas pelo sensor TM do satélite Landsat 5 ou qualquer outro sensor que colete nas faixas do infravermelho refletivo e termal. No presente trabalho, os objetivos foram de estimar os componentes do balanço de radiação e de energia à superfície e determinar a evapotranspiração horária na região de estudo por meio do uso do algoritmo SEBAL, considerando as condições de relevo plano e montanhoso.

MATERIAIS E MÉTODOS: A área de estudo está localizada na região do Quadrilátero Ferrífero, sendo a pesquisa realizada no entorno do município de Santa Bárbara, Minas Gerais, Latitude 19°57'34" Sul e Longitude 43°24'55" Oeste (Figura 1).

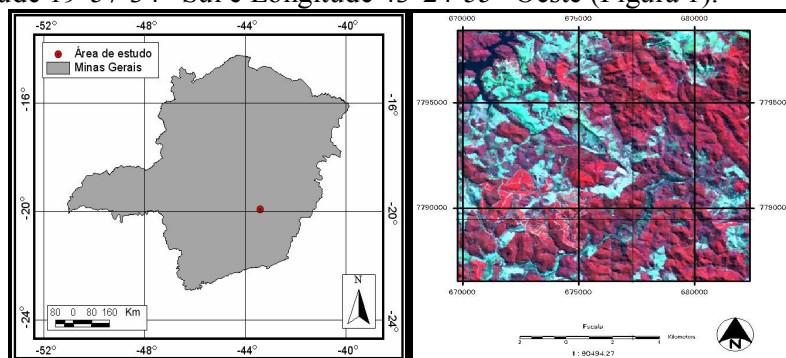


Figura 1 - Localização da região de estudo e imagem do sensor TM do Lansat 5, para o dia 20/06/2003.

Segundo Nunes e Pedralli (1995), a região que compreende o município de Santa Bárbara possui altitudes que variam de 630 a 880m. O clima, pela classificação de Köppen, é do tipo Cwb – tropical de altitude, com verões frescos e estação seca bem definida, sendo os meses de outubro a abril, úmido, e os de maio a setembro, relativamente secos, segundo Antunes (1986). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura argilosa, afloramentos de rocha, Cambissolo Háplico TB distrófico e Neossolo Litólico distrófico. Foi utilizada uma imagem coletada pelo sensor (Thematic Mapper, TM) do satélite Landsat 5, para a data do dia 20/06/2003. Foram utilizados dados da estação climatológica automática do Gaspar, localizada na região de Santa Bárbara, nas coordenadas 19° 59' 00" S e 43° 18' 19" W, sendo esta de propriedade da empresa CENIBRA S/A. Utilizou-se a imagem contendo o Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDE) para fins de uso no procedimento de aplicação do algoritmo SEBAL para as condições de relevo montanhoso. Utilizou o software 'ERDAS IMAGE 8.5' que georreferenciou as tipologias para serem utilizadas no algoritmo

SEBAL. As Figura 2 e 3 apresentam os fluxogramas para o cálculo do saldo de radiação (Rn) e do fluxo de calor sensível (H), respectivamente.

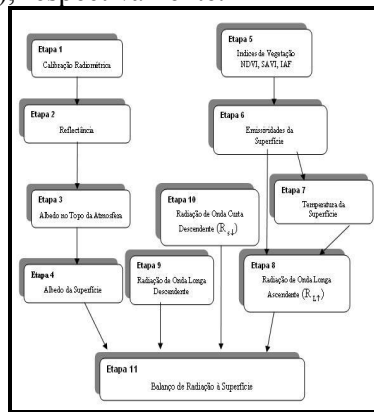


Figura 2 - Fluxograma do saldo de radiação. Fonte: ALLEN et al. (2002), adaptado por Bezerra (2004).

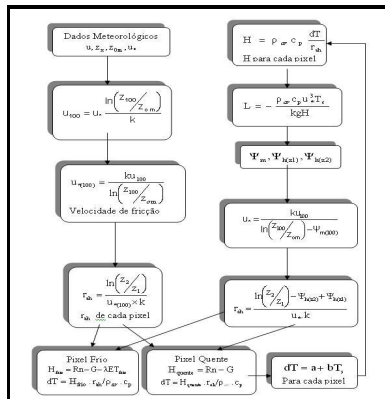


Figura 3 - Fluxograma do fluxo de calor sensível. Fonte: ALLEN et al. (2002), adaptado por Bezerra (2004).

O fluxo de calor no solo, pixel a pixel, foi calculado pela seguinte expressão:

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

em que, T_s é a temperatura da superfície (°C), α é o albedo corrigido (adimensional) e NDVI é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.

O processo do cálculo do fluxo de calor sensível foi iniciado com dados de uma estação meteorológica no interior da imagem estudada, quais sejam: a velocidade do vento (ms^{-1}) na altura da torre e a altura média da vegetação circundante no local da medição da velocidade do vento. O pixel “frio” foi selecionado para definir a quantidade de evapotranspiração que ocorreu em um local da imagem que era bem irrigado e completamente vegetado. Já o pixel “quente” foi escolhido numa área seca de solo exposto, considerando assim que não há evaporação nestas áreas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: O saldo de radiação foi obtido para um dia de céu claro no momento do imageamento, ou seja, no momento da coleta de informações. A Tabela 1 apresenta os valores para o saldo de radiação nas condições analisadas.

Tabela 1 - Valores do saldo de radiação de acordo com as feições da superfície para relevo plano e montanhoso

Feições da superfície	Plano ($W m^{-2}$)	Montanhoso ($W m^{-2}$)
Lago	464,24 a 494,4	825,91 a 868,94
Vegetação	375,99 a 464,24	708,56 a 825,91
Solo	218,86 a 375,99	559,91 a 689,00

Na Tabela 2 têm-se os valores do fluxo de calor no solo nas condições analisadas.

Tabela 2 - Valores do fluxo de calor no solo de acordo com as feições da superfície para relevo plano e montanhoso

Feições da superfície	Plano ($W m^{-2}$)	Montanhoso ($W m^{-2}$)
Lago	134,25 a 143,70	266,67 a 980,83
Vegetação	29,34 a 134,25	34,79 a 266,66
Solo	16,41 a 29,34	0 a 34,79

Na Tabela 3 observa-se os valores do fluxo de calor sensível nas condições analisadas.

Tabela 3 - Valores do fluxo de calor sensível de acordo com as feições da superfície para relevo plano e montanhoso

Feições da superfície	Plano ($W m^{-2}$)	Montanhoso ($W m^{-2}$)
Lago	-13,6 a 76,67	-
Vegetação	76,67 a 223,18	-
Solo	223,18 a 500	-

Os valores do fluxo de calor sensível não puderam ser quantificados para a condição de relevo montanhoso, conforme observado na Tabela 3, para cada feição específica. Isto foi devido às incertezas nas variáveis de entrada que foram obtidas empiricamente e não puderam ser calibradas por causa da falta de coletas de dados no campo.

A Tabela 4 apresenta os valores para o fluxo de calor latente nas condições analisadas.

Tabela 4 - Valores do fluxo de calor latente de acordo com as feições da superfície para relevo plano e montanhoso

Feições da superfície	Plano ($W m^{-2}$)	Montanhoso ($W m^{-2}$)
Lago	55,88 a 229,12	87,08 a 296,07
Vegetação	229,12 a 476,87	296,07 a 714,07
Solo	0 a 55,88	0 a 87,08

A Tabela 5 apresenta os valores da evapotranspiração horária das feições nas condições analisadas.

Tabela 5 - Valores da Evapotranspiração horária de acordo com as feições da superfície para relevo plano e montanhoso

Feições da superfície	Plano (mmh^{-1})	Montanhoso (mmh^{-1})
Lago	0,33 a 0,47	0,40 a 0,53
Vegetação	0,47 a 0,70	0,53 a 0,99
Solo	0 a 0,33	0 a 0,40

A Figura 4 mostra os mapas de evapotranspiração para as feições nas condições analisadas de relevo plano e montanhoso.

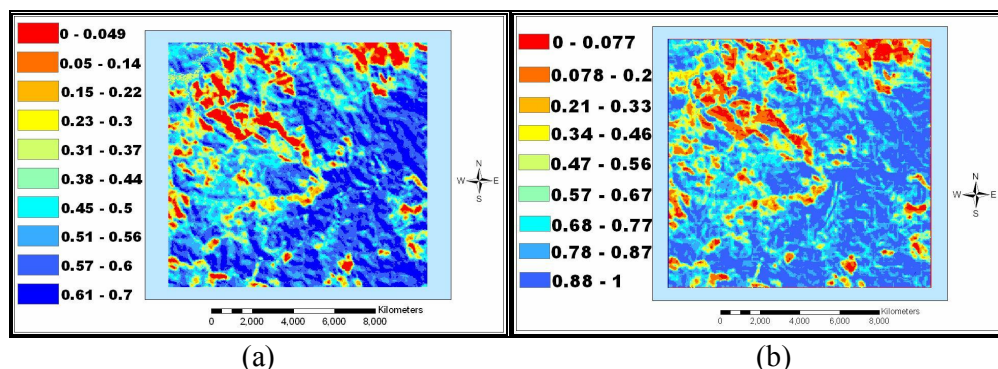


Figura 4 - Evapotranspiração horária das feições (mmh⁻¹) para o relevo plano (a) e relevo montanhoso (b) do dia 20 de Junho de 2003.

CONCLUSÕES: Os componentes do saldo de radiação e do balanço de energia à superfície (fluxo de calor no solo, sensível e latente) mostraram-se condizentes com a literatura consultada para as condições de relevo plano. Os dados também se mostraram condizentes quando se considerou o relevo montanhoso, porém este superestimou a evapotranspiração quando foi comparado com a condição de relevo plano. Pesquisas deverão ser feitas no âmbito de tornar o algoritmo mais preciso e confiável para as condições edafo-climáticas brasileiras, visto que, algumas de suas formulações foram desenvolvidas para condições diferentes da nossa realidade.

REFERÊNCIAS

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, 98p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S. D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration (FAO Irrigation and Drainage Paper 56)**, Roma: FAO, 1998, 326p.

ANTUNES, F. N. **Caracterização climática do estado de Minas Gerais**, Informe Agropecuário, Belo Horizonte 12(138): 1986, p. 9-13.

BEZERRA, M. V. C. **Balanço de energia em áreas irrigadas utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. Dissertação de Mestrado, Campina Grande – PB: UFPB/CCT/UFCG, 108p., 2004.

NUNES, Y. R. F.; PEDRALLI, G. **Desenvolvimento de metodologia para adensamento e recomposição da vegetação na EPDA-Peti. MG**, Bios 2(3): 1995, p. 53-61.