

# **FLORESTA DE PRECISÃO: DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REGIONAL EM PLANTIO DE EUCALIPTO UTILIZANDO O ALGORITMO SEBAL E O SENSOR ORBITAL TM-LANDSAT 5**

SADY JÚNIOR MARTINS DA COSTA DE MENEZES<sup>1</sup>  
GILBERTO CHOHAKU SEDIYAMA<sup>2</sup>  
VICENTE PAULO SOARES<sup>3</sup>  
JOSÉ MARINALDO GLERIANI<sup>4</sup>  
CARLOS ANTONIO ALVARES SOARES RIBEIRO<sup>5</sup>  
RICARDO GUIMARÃES ANDRADE<sup>6</sup>

SBIAgro 2009 - 7º Congresso Brasileiro de Agroinformática

**RESUMO:** SEBAL - “Surface Energy Balances Algorithms for Land” - é um algoritmo o qual cria mapas de evapotranspiração para grandes áreas. O SEBAL é processado por meio de passos computacionais que calculam o balanço completo de radiação solar e de energia para superfície da Terra. Ele usa imagens coletadas pelo sensor TM Landsat ou outro sensor que colete comprimentos de ondas na região do infravermelho refletivo e termal. O presente trabalho foi desenvolvido para estimar os componentes do balanço de energia na superfície (fluxo de calor sensível, fluxo de calor no solo, fluxo de calor latente), determinar evapotranspiração instantânea (horária) na área de estudo por meio do uso do algoritmo SEBAL utilizando de ferramentas de sensoriamento remoto para uma imagem considerando o terreno em condições de relevo plano e montanhoso. Na área de estudo foi obtida uma cena do sensor TM Landsat 5, para data de 20/06/2003.

**PALAVRAS-CHAVE:** balanço de energia, balanço de radiação, sensor TM Landsat 5

## **FOREST PRECISION: DETERMINATION OF THE REGIONAL EVAPOTRANSPIRATION IN EUCALYPT PLANTATION USING THE ALGORITHM SEBAL AND TM-LANDSAT 5 ORBITAL SENSOR**

**ABSTRACT:** SEBAL - “Surface Energy Balances Algorithms for Land” - is an algorithm for creation of evapotranspiration maps for large areas. The SEBAL is processed through steps to predict complete solar radiation and energy balance on the Earth surface. It uses images collected by TM Landsat sensor or any other sensor that collect wavelengths in the region of the reflective infrared and thermal bands. The present work was carried out to estimate the components of the solar radiation balance and the surface energy (sensible heat flux; soil heat flux and latent heat flux); to determine the instantaneous (hourly) evapotranspiration in the area of study through the use of the SEBAL algorithm besides the tools of the remote sensing for the image considering flat terrain conditions and mountainous relief. In the area in study was obtained scene of the TM Landsat sensor, for the date of 06/20/2003.

**KEY-WORDS:** energy balance, radiation balance, TM Landsat 5 sensor

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrícola e Ambiental, Doutorando – DEF/UFV-MG – E-mail: sadymenezes@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor Titular – DEA/UFV-MG – E-mail: g.sediyama@ufv.br

<sup>3</sup> Engenheiro Florestal, Professor Adjunto - DEF/UFV-MG – E-mail: vicente@ufv.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto – DEF/UFV-MG – E-mail: gleriani@ufv.br

<sup>5</sup> Engenheiro Agrícola, Professor Adjunto – DEF/UFV-MG – E-mail: cribeiro@ufv.br

<sup>6</sup> Pesquisador - EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE – E-mail: rgandrade@vicos.ufv.br

# 1. INTRODUÇÃO

Segundo Ribeiro (2002), à medida que cresce a necessidade por informações mais detalhadas na condução do empreendimento florestal, consolida-se também a utilização dos preceitos da silvicultura de precisão. A silvicultura de precisão representa um novo modelo de gerenciamento, alicerçado no conhecimento *a priori* e na inclusão da variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção e da própria produtividade, que possibilita intervenções localizadas na floresta. O uso do Sensoriamento Remoto (SR), Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Sistemas de Posicionamento Global (GPS) possibilitam a obtenção e disponibilidade de uma base de dados confiável e atualizada, auxiliando na tomada de decisão. Por meio da utilização de um SIG e com base no modelo digital de elevação (MDE) e imagens de Sensoriamento Remoto é possível obter uma série de parâmetros hidrológicos e morfométricos de uma bacia hidrográfica e/ou de uma área que se queira estudar. Para o presente trabalho, alguns métodos para a determinação da evapotranspiração (ET) são limitados porque eles estimam valores pontuais de ET para um local específico e não para uma escala regional. Esta limitação motivou o desenvolvimento do uso de dados obtidos por sensoriamento remoto para avaliação da ET em grandes áreas. O algoritmo SEBAL desenvolvido por Bastiaanssen em 1995, tem como objetivo obtenção da evapotranspiração por meio de dados de imagem digital e alguns dados complementares de superfície. É processado por meio de rotinas computacionais que predizem um balanço completo da radiação da energia ao longo da superfície da Terra. Os objetivos foram de estimar os componentes do balanço de radiação e de energia na superfície da Terra e determinar evapotranspiração horária na região de estudo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na região do Quadrilátero Ferrífero Mineiro, sendo a pesquisa realizada no entorno do município de Santa Bárbara, Minas Gerais, Latitude  $19^{\circ}57'34''$  Sul e Longitude  $43^{\circ}24'55''$  Oeste (Figura 1).

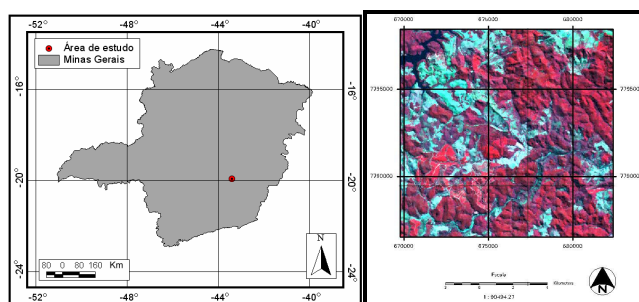


FIGURA 1 – Localização da região de estudo e imagem TM Lansat 5 do dia 20/06/2003.

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. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura argilosa, afloramentos de rocha, Cambissolo Háptico TB distrófico e Neossolo Litólico distrófico. Foi usada uma cena do sensor (Thematic Mapper, TM) do satélite Landsat 5, para a data do dia 20/06/2003. Dados da estação climatológica automática do Gaspar, localizada na região de Santa Bárbara, nas coordenadas  $19^{\circ} 59' 00''$  Sul e  $43^{\circ} 18' 19''$  sendo esta de propriedade da empresa CENIBRA S/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 programa ERDAS IMAGE 8.5 que georreferenciou as tipologias para serem utilizadas pelo algoritmo SEBAL.

As Figura 2 e 3 apresentam os fluxogramas para os cálculos do Saldo de Radiação (Rn) e do Calor Sensível (H):

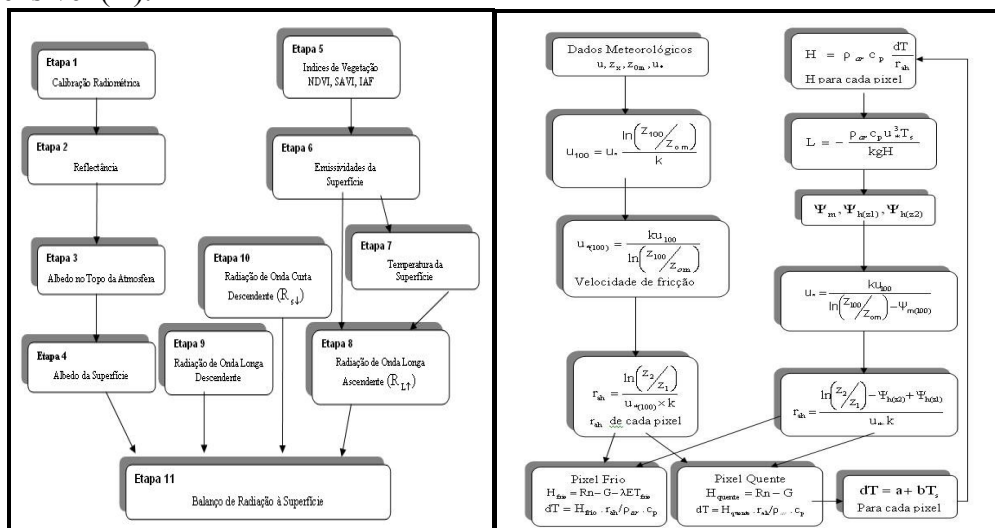


FIGURA 2 – Cálculo de Rn.  
FONTE: Silva (2005)

FIGURA 3 – Cálculo de H.

O Fluxo de Calor no Solo (G) foi calculado pela seguinte expressão:

$$G = \left[ \frac{T_s}{\alpha} (0,0038\alpha + 0,0074\alpha^2)(1 - 0,98 \text{NDVI}^4) \right] R_n, \text{ em que } G \text{ é calculado pixel a pixel.}$$

O cálculo de H foi iniciado com dados de uma estação meteorológica no interior da cena estudada de propriedade da empresa CENIBRA S/A, quais sejam: a velocidade do vento ( $\text{ms}^{-1}$ ) na altura da torre e a altura média da vegetação circundante no local da medição da velocidade do vento. O pixel “frio” foi usado no SEBAL para definir a quantidade de evapotranspiração que ocorreu na imagem de uma área bem irrigada e completamente vegetada. Já o pixel “quente” foi localizado em uma área seca ou em área onde se encontra campos vazios (áreas já colhidas ou em preparo agrícola), considerando assim que não há evaporação nestas áreas. Foi utilizado um fator de conversão para radiação no intuito de encontrar uma fórmula mais coerente para a obtenção da evapotranspiração instantânea para as condições encontradas nas análises pelo algoritmo SEBAL:

$$\lambda ET = R_n - G - H$$

$$ET_{\text{instantânea}} = (\lambda ET \times 0,0036) / (2,45) = (\text{mmh}^{-1})$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O saldo de radiação foi obtido para o dia de céu claro no momento do imageamento, ou seja, no momento da coleta de informação. A Tabela 1 mostra os valores para o saldo de radiação nas condições analisadas:

TABELA 1 – Valores do Saldo de Radiação ( $W m^{-2}$ ) nas condições analisadas da área de estudo.

Saldo de Radiação ( $W m^{-2}$ )	Plano	Montanhoso
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
Média	414,36	650,96

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 ( $W m^{-2}$ ) nas condições analisadas da área de estudo.

Fluxo de Calor no Solo ( $W m^{-2}$ )	Plano	Montanhoso
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
Média	29,38	41,51

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

TABELA 3 – Valores do Fluxo de Calor Sensível ( $W m^{-2}$ ) nas condições analisadas da área de estudo.

Fluxo de Calor Sensível ( $W m^{-2}$ )	Plano	Montanhoso
Lago	-13,6 a 76,67	-
Vegetação	76,67 a 223,18	-
Solo	223,18 a 500	-
Média	70,48	103,66

Não se pode dizer nada quanto aos dados para a condição de relevo montanhoso (Fluxo de Calor Sensível) pelo fato de não ter conseguido obter os valores das feições devido às incertezas nas variáveis de entrada que foram obtidas empiricamente e não foram calibradas e validadas com coletas de campo.

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

TABELA 4 – Valores do Fluxo de Calor Latente ( $W m^{-2}$ ) nas condições analisadas da área de estudo.

Fluxo de Calor Latente ( $W m^{-2}$ )	Plano	Montanhoso
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
Média	319,01	458,81

A Tabela 5 apresenta os valores da evapotranspiração/evaporação horária das feições nas condições analisadas:

TABELA 5 – Valores da Evapotranspiração/Evaporação horária das feições ( $mm h^{-1}$ ) nas condições analisadas da área de estudo.

Evapotranspiração/Evaporação horária das feições ( $mm h^{-1}$ )	Plano	Montanhoso
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
Média	0,469	0,674

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

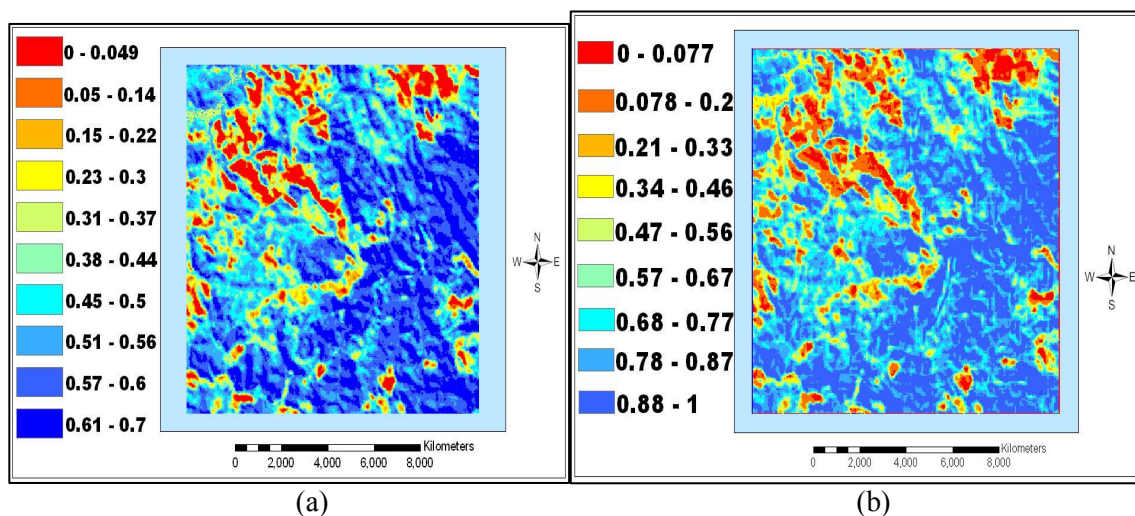


FIGURA 4 - Evapotranspiração/Evaporação horária das feições ( $\text{mm h}^{-1}$ ) para o relevo plano (a) e relevo montanhoso (b) do dia 20 de Junho de 2003

#### 4. CONCLUSÕES

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

#### 5. REFERÊNCIAS

- MACHADO, C. C. – Colheita Florestal – In: RIBEIRO, C. A. A. S – **Floresta de Precisão** – Viçosa: UFV, 2002, p. 311 – 335
- 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
- SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. - **Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 –TM** - **Revista Brasileira de Meteorologia**. V.20, n.2. 2005, p. 243-252