

OBTENÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO GONÇALO - PB COM USO DE SENSORIAMENTO REMOTO

Alexandra. C. BRAGA¹, Bernardo B. da Silva², Rafael da C. Ferreira³

¹Matemática, Estudante de Mestrado em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande – PB, Fone: (083) 3310-1054, alexandracbraga@gmail.com.

²Meteorologista, Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande – PB.

³Eng. Agrônomo, Estudante de doutorado em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande – PB.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte – MG.

RESUMO: O objetivo principal do presente trabalho foi a determinação da evapotranspiração diária, usando imagens das sete bandas espectrais do TM - Landsat 5 e alguns dados meteorológicos de superfície. Foram utilizadas duas imagens obtidas em 2008 (DDA 257, DDA 305), envolvendo áreas irrigadas do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, no município de Sousa - PB, além de áreas de vegetação nativa. Foram considerados procedimentos do Surface Energy Balance Algorithm for Land - SEBAL, proposto por Bastiaanssen (1995) e aprimorado por Allen et al. (2002). O fluxo de calor no solo foi obtido em função do saldo de radiação, temperatura da superfície, albedo e NDVI de cada pixel das imagens, resultando em média de 100 W m^{-2} . As médias do fluxo de calor latente – LE em setembro e novembro de 2008 foram de $573,4 \text{ W m}^{-2}$ e $585,9 \text{ W m}^{-2}$, respectivamente; e a Eto diária variou de $0,1 \text{ mm dia}^{-1}$ a $7,0 \text{ mm dia}^{-1}$.

PALAVRAS-CHAVE: albedo, saldo de radiação, Landsat 5

ABSTRACT - The main objective of the present work was the determination of the daily evapotranspiration, based on the spectral data collected through the seven bands of the Landsat 5 - Thematic Mapper and some data of a meteorological station within the studied area. Two images, obtained in 2000 and 2001, involving irrigated areas of the São Gonçalo-Sousa/PB, and areas of native vegetation were used. The Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) procedures, proposed by Bastiaanssen (1995) and improved by Allen et al. (2002), was applied. The soil heat flux (G) was calculated as a function of the net radiation, land surface temperature, albedo and NDVI for each pixel. It presented average values of 100 W m^{-2} . The average values of LE in September and November an 2008 were equal to 573.4 W m^{-2} and 585.9 W m^{-2} , respectively. The daily evapotranspiration varies from 0.1 mm day^{-1} to 8.0 mm day^{-1} .

KEYWORDS: Albedo, net radiation, Landsat 5

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é uma das principais componentes do ciclo hidrológico, sendo desta forma um fenômeno de fundamental importância para a vida no planeta. A mesma é responsável por quase todo o volume de água transferido dos continentes para a atmosfera, além de desempenhar um papel de suma importância na liberação de calor latente, LE, que

integrado no tempo, segundo Bastiaanssen et al. (1998a), é importante para diferentes aplicações em estudos de hidrologia, agronomia e modelagem atmosférica. Com o intuito da determinação dos componentes do balanço de energia, com ênfase no cômputo da evapotranspiração a superfície, foi desenvolvido e difundido na última década o algoritmo SEBAL - Surface Energy Balance Algorithm for Land. Primando pela simplicidade, praticidade e precisão o algoritmo tem sido validado para diversas regiões do globo, a exemplo de Silva e Bezerra (2006), Bezerra et al. (2008) e Teixeira et al. (2009), que validaram a aplicação do algoritmo associado a imagens TM – Landsat 5 no semi-árido brasileiro. Como os métodos consagrados do balanço de energia baseado na Razão de Bowen, das correlações turbulentas e Lisimetria, são precisos porém válidos para áreas homogêneas quanto a fase fenológica, teor de umidade, configuração e densidade de plantio, quando o interesse é a obtenção da ET real de áreas com diferentes características e dimensões, o sensoriamento remoto propicia determinações precisas e de baixo custo. Neste sentido, o SEBAL tem sido a alternativa mais utilizada no momento, com precisão comprovada em várias regiões do planeta. Desta forma, o objetivo do trabalho foi a determinação dos componentes do balanço de energia à superfície e da evapotranspiração diária para o Perímetro Irrigado de São Gonçalo utilizando o algoritmo SEBAL com imagens TM – Landsat 5.

MATERIAL E MÉTODOS: A região de estudo compreende o Perímetro Irrigado de São Gonçalo, em Sousa, no Estado da Paraíba e áreas de sequeiro e vegetação nativa. Foram utilizadas duas imagens do TM – Landsat 5, órbita 216 e ponto 65, obtidas nos dias 257 e 305 de 2008.

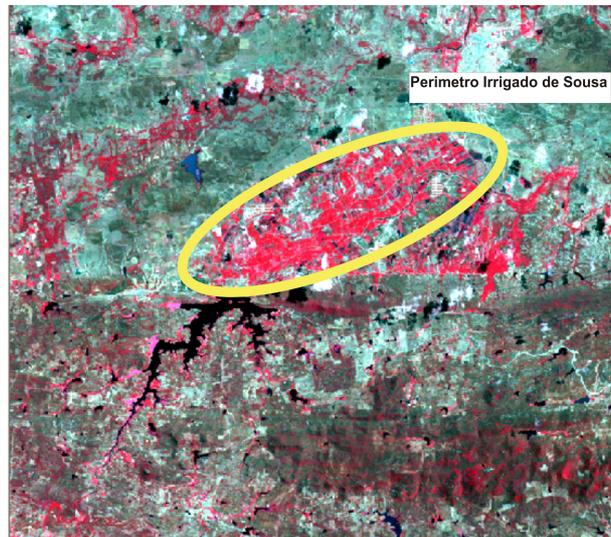


Figura 1: Espacialização da localização da área de estudo – Perímetro irrigado de Sousa

Com os canais reflectivos do TM – Landsat 5 foi obtido o albedo da superfície, segundo procedimentos bem documentados em SILVA et al. (2005a). Com base nos canais 3 e 4, foram obtidos índices de vegetação que proporcionaram estimativas da emissividade de cada pixel das imagens. Com o canal termal e a emissividade foi obtida a carta de temperatura da superfície. Em SILVA et al. (2005) estão descritos os detalhes da obtenção da carta do saldo de radiação – R_n .

O fluxo de calor no solo G ($W m^{-2}$) foi obtido segundo equação empírica desenvolvida por Bastiaanssen (2000) e que é função da temperatura da superfície, albedo, índice de vegetação da diferença normalizada e saldo de radiação, computados pixel a pixel. O fluxo de calor sensível H foi estimado com base na resistência aerodinâmica ao transporte de calor - r_{ah}

e diferença da temperatura entre dois níveis próximos à superfície - dT , segundo Bastiaanssen (1995):

$$H = \frac{\rho c_p dT}{r_{ah}}$$

onde ρ é a densidade do ar úmido, c_p é o calor específico do ar à pressão constante. Para a obtenção de H , faz-se necessário o conhecimento de dois pixels, denominados *pixels âncoras*, que possibilitam determinar a variação de temperatura (dT) entre dois níveis de referência e a resistência aerodinâmica ao transporte de calor em todos os pixels da área de estudo. Inicialmente, são reunidas as informações sobre a velocidade do vento u e a altura média da vegetação h que envolve a estação meteorológica. Dessa forma, obtém-se o coeficiente de rugosidade z_{om} da estação meteorológica em função da altura média da vegetação. A velocidade de fricção u_* foi computada usando o perfil logarítmico do vento para a condição de estabilidade neutra. Em seguida, foi estimada a velocidade do vento ao nível $z = 100$ m (*blending height*), onde se assume ser a mesma constante em toda a cena estudada. Com essa hipótese, foi obtida a velocidade de fricção de cada pixel, considerando z_{om} em cada pixel, em função do índice de vegetação SAVI.

De posse dos valores de u_* , pixel a pixel, foi estimada a resistência r_{ah} admitindo-se, ainda, a atmosfera em condição de estabilidade neutra e expressão:

$$r_{ah} = \frac{\ln\left(\frac{z_2}{z_1}\right)}{u_* \cdot k}$$

onde z_1 e z_2 são as alturas em metros acima da superfície (considerou-se $z_1 = 0,1$ m e $z_2 = 2,0$ m) e k é a constante de von Karman. O cômputo da diferença de temperatura próximo à superfície dT para cada pixel é computada através da relação linear entre dT e T_s ($dT = a + b T_s$), onde a e b são coeficientes obtidos através dos pixels âncoras (quente e frio). O pixel “frio” encontra-se numa área bem irrigada, onde se assumiu que $H_{frio} = 0$ e $LE = Rn - G$. Por sua vez, o pixel “quente” foi escolhido numa área de solo exposto, onde se assumiu que o fluxo de calor latente é nulo e o fluxo de calor sensível é dado por:

$$H_{quente} = Rn - G = \frac{\rho c_p (a + b T_s)}{r_{ah}}$$

onde T_s , Rn , G e r_{ah} são obtidos no pixel quente da imagem. Com base nesses valores, obtém-se para o pixel quente que: $a + b \cdot T_s = r_{ah}(Rn - G) / \rho c_p$. Como no pixel frio $dT = 0$, tem-se um sistema com duas equações e duas incógnitas, o que possibilita o cálculo de a e b , e por conseguinte, H em todos os pixels da imagem.

Os valores de H , obtidos acima, não representam adequadamente H e servem como valores iniciais de um processo iterativo em que, nas etapas seguintes, possibilita identificar a condição de estabilidade de cada pixel através do comprimento de Monin-Obukhov. Em seguida, são determinadas as correções de estabilidade para o transporte de momentum e de calor. Dessa forma, foi corrigida a velocidade de fricção de cada pixel e recalculada a resistência aerodinâmica através da seguinte equação:

$$r_{ah} = \frac{\ln\left(\frac{z_2}{z_1}\right) - \psi_{h(z_2)} + \psi_{h(z_1)}}{u_* \cdot k}$$

onde $z_2 = 2,0$ m, $z_1 = 0,1$ m, e $\psi_{h(z_1)}$ e $\psi_{h(z_2)}$ são as correções de estabilidade para o transporte de calor sensível nesses níveis. Depois de obtidos os novos valores de r_{ah} , retornou-se ao cômputo do dT e todo o processo é repetido até que seja observada a estabilidade (convergência) do processo. Para que isto acontecesse foram necessárias sete iterações com as imagens estudadas.

O fluxo de calor latente LE (W m^{-2}) foi finalmente obtido pela simples diferença entre o saldo de radiação, o fluxo de calor no solo e o fluxo de calor sensível, ou seja, seu valor no momento da passagem do satélite.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Em 14 de setembro de 2008 o LE médio foi de $293,2 \text{ W m}^{-2}$, com máximo de $847,3 \text{ W m}^{-2}$. Em 01 de novembro de 2008, a média e o máximo foram respectivamente de $348,7 \text{ W m}^{-2}$ e $780,6 \text{ W m}^{-2}$. Na Figura 1 está representada a ETr para as cenas estudadas, onde os menores valores de Etr correspondem a áreas de solo exposto e os maiores valores correspondem a leito do Açude de São Gonçalo. A tonalidade amarela representa as áreas cuja Etr varia até 2 mm.dia^{-1} , correspondente a áreas de solo exposto. A tonalidade em verde claro representam a Etr entre 2 mm.dia^{-1} à 4 mm.dia^{-1} , a tonalidade em verde escuro entre 4 mm.dia^{-1} e 6 mm.dia^{-1} , que correspondem as áreas de vegetação nativa, áreas irrigadas para a cena de 14 de setembro de 2008, respectivamente. Já a tonalidade azul claro entre 6 mm.dia^{-1} e 8 mm.dia^{-1} , representa a Etr que corresponde ao leito do Açude de São Gonçalo.

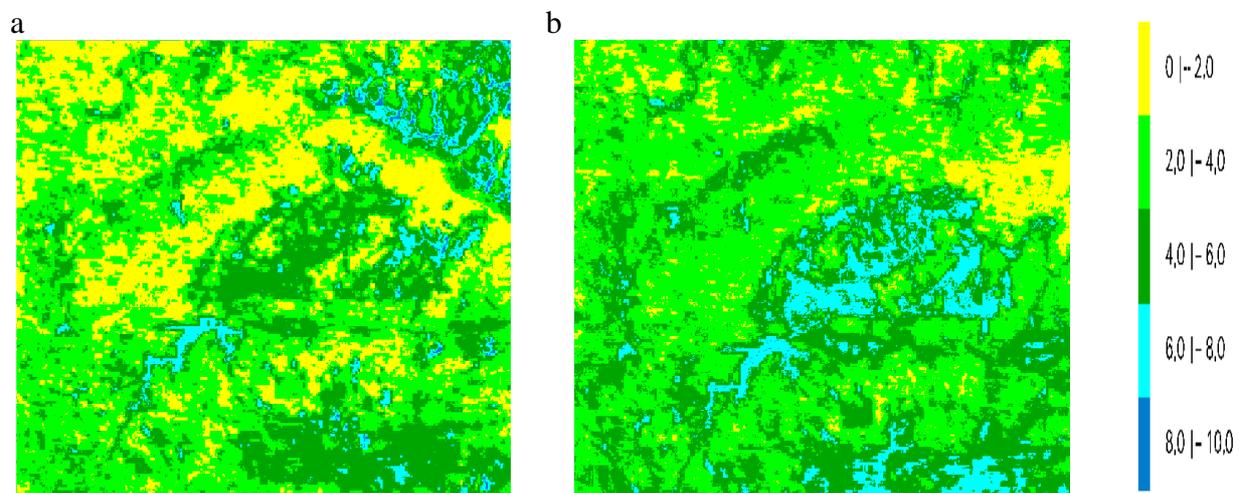


Figura 1: Evapotranspiração diária – mm.dia^{-1} : a) em 14 de setembro de 2008 e b) 01 de novembro de 2008.

Observando a cena estudada (Figura 1) verifica-se que a tonalidade predominante em setembro é a verde escuro (4 a 6 mm.dia^{-1}) e em novembro é a Azul Claro (6 a 8 mm.dia^{-1}) para o perímetro irrigado de São Gonçalo, o que representa que ETr foi visivelmente superior em novembro, podendo ser justificado em virtude da maior oferta de energia que impacta sobremaneira o saldo de radiação e a ETr.

CONCLUSÕES: Os resultados revelam visíveis diferenças entre as áreas irrigadas e de vegetação nativa, com evapotranspiração que varia de 4 a 6 mm.dia^{-1} a 6 a 8 mm.dia^{-1} para os dias imageados sobre perímetro irrigado. Os resultados mostram que a técnica constitui uma poderosa ferramenta na estimativa dos componentes do balanço de energia e evapotranspiração a superfície em escala regional.

REFERÊNCIAS

Allen, R., Tasumi, M. & Trezza, R. Sebal (Surface Energy Balance Algorithms for Land) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.

Bastiaanssen, W. G. M. **Regionalization of Surface Flux Densities and Moisture Indicators in Composite Terrain – A Remote Sensing Approach Under Clear Skies in Mediterranean Climates**. Thesis, Landbouwniversiteit Wageningen, Netherlands, 273, 1995.

Bastiaanssen, W. G. M. SEBAL – Based Sensible and Latent Heat Fluxes in the Irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 229, p. 87 – 100, 2000.

Silva, B. B. da, Lopes, G. M., Azevedo, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 – TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Aceito, 2004.

Silva, B. B. da, Lopes, G. M., Azevedo, P. V. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 - TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, p.243 - 252, 2005.

SILVA, B. B. da; 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, p.174 - 186, 2006.

BEZERRA, B.G.; SILVA, B.B.; FERREIRA, N.J. Estimativa da evapotranspiração real diária utilizando-se imagens digitais TM - Landsat 5. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.3, 305-317, 2008.

FERREIRA, Rafael da Costa. Calibração, validação e mapeamento do saldo de radiação nas bacias do Mogi Guaçu e Baixo Jaguaribe, mediante o SEBAL/METRIC e imagens TM – Landsat 5, 91f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2009.