

ALBEDO À SUPERFÍCIE A PARTIR DE IMAGENS LANDSAT 5 – TM EM ÁREAS DE FLORESTA E PASTAGEM NA AMAZÔNIA

SURFACE ALBEDO FROM LANDSAT 5 – TM IMAGES IN AREAS OF FOREST AND PASTURE IN AMAZONIA

Ailton Marcolino Liberato¹

¹Doutorando em Meteorologia - UACA/UFCG, Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, CEP 58109-970, Campina Grande, PB. Fone: (83) 3310-1054. E-mail: ailton@dca.ufcg.edu.br

Artigo recebido em 10/01/2011 e aceito em 27/01/2011

RESUMO

Propôs-se, neste trabalho, estimar dados de albedo à superfície terrestre usando-se o sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5 e compará-lo com dados de uma estação micrometeorológica. A região de estudo esta localizada no estado de Rondônia. Para a realização do estudo obtiveram-se quatro imagens orbitais do satélite Landsat 5 – TM, na órbita 231 e ponto 67, nas datas 13/07/2005, 13/05, 30/06 e 16/07 do ano de 2006, a que correspondem os dias Juliano 194, 133, 181 e 197, respectivamente. As correções geométricas para as imagens foram realizadas e geradas as cartas de albedo. O algoritmo SEBAL estimou satisfatoriamente os valores de albedo de superfícies sobre áreas de floresta e pastagem.

Palavras-Chave: sensoriamento remoto, radiação atmosférica, SEBAL.

ABSTRACT

This study to estimate albedo data from the land surface sensor using the images of Thematic Mapper (TM) satélite Landsat 5 and to compare it with data from one micrometeorology station. The study area is located in the State of Rondônia. To carry out the study four orbital images were obtained from the satellite Landsat 5 - TM in the path 231 and in the row 67, for the dates of 13/07/2005, 13/05, 30/06 end 16/07 year of 2006, which correspond to the days 194, 133, 181 end 197, respectively. The geometric correction for images was performed and the letters of albedo were generated. The algorithm SEBAL estimated, satisfactorily, the values of albedo on the surface pasture and forest.

Key words: sensing remote, atmospheric radiation, SEBAL.

INTRODUÇÃO

Desde a década de 70, a Amazônia brasileira vem sendo intensamente modificada pela agricultura, pelos sistemas agro-florestais e principalmente pela agropecuária. A transformação de florestas tropicais primárias em pastagem, inicia-se com o corte da floresta, seguido da queima, introdução de culturas e degradação do solo. Essas mudanças no uso do solo e na cobertura vegetal em áreas da região amazônica, objetivaram-se o surgimento de vários projetos científicos em escala micro e macro para entender a importância da floresta amazônica para o clima local e global, e os possíveis impactos causados pelo desmatamento e queimadas (GASH et al., 1996; ARTAXO et al., 2006).

Os resultados do Projeto ABRACOS – Estudo Anglo-Brasileiro de Observações do Clima da Amazônia (GASH et al., 1996) e Projeto LBA – Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, mostraram que áreas de floresta absorvem mais radiação que áreas de pastagem e que essa diferença advém majoritariamente do fato que pastagens refletem uma maior proporção da radiação solar incidente quando comparadas a florestas. Estas aprisionam a radiação devido às múltiplas reflexões no profundo dossel. E em média a pastagem reflete

18% da radiação solar, enquanto a floresta reflete somente 13%. Como a floresta é bem ventilada devido aos movimentos turbulentos do ar próximo à superfície, ela é mais fria que a pastagem e, desse modo, emite menos radiação termal. O resultado final é que há, na floresta, mais energia radiativa disponível para evaporar água e aquecer a atmosfera do que na pastagem.

Vários estudos empregando técnicas de sensoriamento remoto, foram realizados para regiões áridas e semiáridas (SILVA et al., 2005; GIONGO et al., 2010), no entanto, não foram realizados estudos especificamente para a região amazônica. O sensoriamento remoto permite a integração de informações e processos relativos às trocas, entre biosfera e atmosfera, de carbono, gases-traço, água e energia, através de uma ampla gama de escalas geográficas. O Surface Energy Balance Algoritmo for Land (SEBAL) desenvolvido por (BASTIAANSEN, 1995), têm sido amplamente utilizado, e aceito na comunidade científica, devido à qualidade de suas estimativas comparadas com dados observados.

Durante os últimos anos, grandes avanços foram realizados em algoritmo de sensoriamento remoto; entretanto, um esforço considerável em desenvolvimento e testes ainda é necessário para a validação dos algoritmos nas condições específicas da Amazônia. Neste contexto, o objetivo

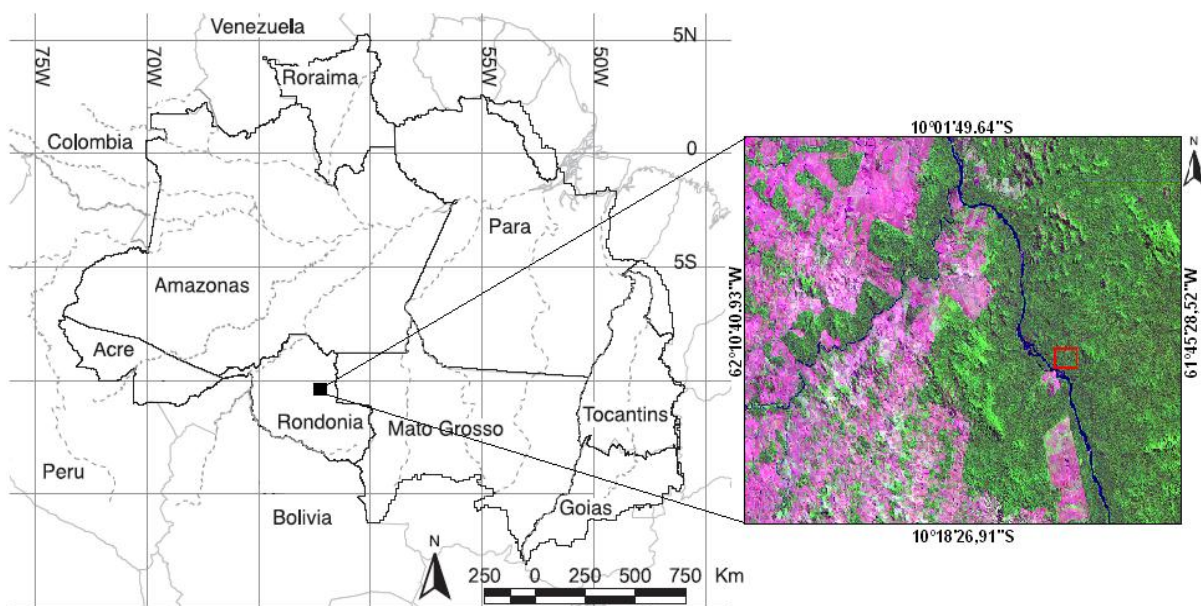
deste trabalho é estimar o albedo em área de floresta e pastagem em Rondônia através do algoritmo SEBAL.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudo do presente trabalho compreende parte da Reserva Biológica do Jaru localizada a margem direita do rio Ji-Paraná (ou Machado) e pastagem (gramínea *brachiaria brizantha*) a margem esquerda do rio Ji-Paraná (Figura 1). A

Reserva é composta por floresta tropical primária de terra firme, com dossel variando entre 30 a 45 metros de altura e pertence ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). O retângulo em vermelho na Figura 1 mostra a localização da torre micrometeorológica (10°11'S e 61°52'W, 120m) pertencente ao Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA).

Figura 1. Localização da Área de estudo.



Obtiveram-se, para a realização do estudo, imagens em dias de céu claro, na órbita 231 e ponto 67, correspondente a quatro dias, que são: 13-07-2005, 13-05, 30-06 e 16-07 do ano de 2006, os quais se referem ao dia Juliano (DJ) 194, 133, 181 e 197, respectivamente. As imagens do Landsat 5 – TM foram adquiridas junto ao Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), órgão ligado ao Ministério da Ciência e Tecnologia.

As imagens Landsat 5-TM são compostas de sete bandas espectrais cujas características estão presentes na Tabela 1, na qual também estão incluídas a irradiância solar monocromática ($ESUN_{\lambda}$)

das bandas reflectivas (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7), incidente sobre uma superfície normal à direção dos raios solares no topo

da atmosfera terrestre, e a distância de uma Unidade Astronômica (UA) do sol.

Tabela 1 - Descrição de bandas do Mapeador Temático TM do Landsat 5 com os correspondentes limites de bandas, radiância espectral (mínima - $L_{MIN\lambda}$ e máxima $L_{MAX\lambda}$) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera ($ESUN\lambda$).

Banda	Limites de Banda (μm)	Radiância espectral $\text{W}/(\text{m}^{-2} \text{ sr } \mu\text{m})$		$ESUN\lambda$ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \mu\text{m})$
		$L_{MIN\lambda}$	$L_{MAX\lambda}$	
1 (Azul)	0,45 – 0,52	-1,52	193,0	1957
2 (verde)	0,52 – 0,60	-2,84	365,0	1826
3 (vermelho)	0,63 – 0,69	-1,17	264,0	1554
4 (IV – próximo)	0,76 – 0,90	-1,51	221,0	1036
5 (IV – médio)	1,55 – 1,75	-0,37	30,2	215,0
6 (IV – termal)	10,4 – 12,5	1,2378	15,303	-
7 (IV – médio)	2,08 – 2,35	-0,15	16,5	80,67

Fonte: Chander & Markham (2003) e Allen et al. (2007).

Em estudos de áreas de inclinação considerável, o ângulo de incidência da radiação solar depende da inclinação da superfície e do seu aspecto, isto é, do azimute normal da superfície; assim, para a área de estudo se obteve o modelo de elevação digital do terreno (DEM), gratuitamente, no site do SRTM (2010) referente ao mosaico x 24 e y 15, após se realizar o download do arquivo referente ao local de estudo; foram reamostrados, então, os pixels, para 30 x 30 m, visto que os dados do DEM são disponíveis aos pixels com uma resolução espacial de 90 x 90 m.

O sensor TM mede a radiância espectral dos alvos e os armazena na forma de níveis de cinza ou intensidade do pixel ou, ainda, número digital (ND), cujos valores variam de 0 a 255 (8 bits), com uma resolução espacial de 30 m nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, e outra de 120 m, na banda 6; desta forma, para a visualização e realização de operações matemáticas intra e interbandas, recortes, classificação e outras operações, utilizou-se o software ERDAS Imagine 8.7.

Para o cômputo da radiância espectral de cada banda ($L_{\lambda i}$), ou seja, a efetivação da calibração radiométrica é realizada em que

o número digital (ND) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral monocromática; essas radiâncias representam a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida a nível do satélite Landsat (altitude de 705 km), para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, enquanto a banda 6 para referida radiância representa a energia emitida por cada pixel, segundo a equação proposta por Allen et al. (2002).

$$L_{\lambda i} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{255} \right) ND + LMIN_{\lambda} \quad (1)$$

em que $LMAX_{\lambda}$ e $LMIN_{\lambda}$ são as radiâncias espectrais mínimas e máximas ($W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$, Tabela 1); ND é a intensidade do pixel (número digital – número inteiro de 0 a 255) e i corresponde às bandas (1, 2, 3,... e 7) do satélite Landsat 5 – TM.

O cômputo da reflectância monocromática de cada banda ($\rho_{\lambda i}$) é definido como sendo a razão entre o fluxo de radiação refletida e o fluxo de radiação incidente

$$\alpha_{toa} = 0,293\rho_1 + 0,274\rho_2 + 0,233\rho_3 + 0,157\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,011\rho_7 \quad (5)$$

em que: $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5, \rho_6$ e ρ_7 são as reflectância das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

Após a obtenção do albedo planetário fez-se o cômputo do albedo da superfície ou albedo corrigido para os efeitos atmosféricos α , pela Eq. 6.

que é obtida segundo a equação Allen et al. (2002).

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi L_{\lambda i}}{ESUN_{\lambda} \cos Z} \quad (2)$$

onde $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda, $ESUN_{\lambda}$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($W m^{-2} \mu m^{-1}$), Z é o ângulo zenital solar e dr é o inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol (em unidade astronômica – UA), dada por Iqbal (1983).

$$dr = 1 + 0,033 \cos \left(\frac{DJ2\pi}{365} \right) \quad (3)$$

O ângulo zenital foi obtido com a seguinte fórmula.

$$\cos Z = \cos \left(\frac{\pi}{2} - E \right) \quad (4)$$

onde: E é o ângulo de elevação do sol, obtido no cabeçalho de cada imagem.

O albedo planetário (α_{toa}) é aquele não ajustado à transmissividade atmosférica a qual, por sua vez, é obtida pela combinação linear das reflectâncias monocromáticas segundo a Eq. 5.

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \quad (6)$$

onde α_{toa} é o albedo planetário, α_p é a radiação solar refletida pela atmosfera, que varia entre 0,025 e 0,04, mas para o modelo SEBAL é recomendado o uso do valor de 0,03, com base em IQBAL (1983)

e BASTIAANSSEN (2000) e τ_{sw} é a transmissividade atmosférica que, para condições de céu claro, proposta por ALLEN et al. (2002) pode ser escrita como a Eq. 7.

$$\tau_{sw} = 0,75 + 0,00002z \quad (7)$$

onde z é altitude de cada pixel.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta a distribuição espacial do albedo instantâneo para os dias 13/07/2005 (A), 13/05/2006 (B), 30/06/2006 (C) e 16/07/2006 (D). Observam-se valores variando entre 0,11 e 0,13 na área de floresta, e 0,16 a 0,20 em área de pastagem. Os valores maiores que 0,20 foram encontrados em solo exposto, e valores menores que 0,08 foram encontrados em superfícies com água.

Estudos realizados por SHUTTLEWORTH (1988), BASTABLE et al. (1993) e CULF et al. (1995) em áreas de floresta na região Amazônica apresentaram valores de albedo 0,134, 0,1225 e 0,131, respectivamente, e OGUNTOYINBO (1970) em área de floresta na Tailândia com valor 0,12. Em áreas de pastagem BASTABLE et al. (1993), FISCH et al. (1994) e CULF et al. (1995) encontraram 0,163, 0,19 e 0,18, respectivamente.

VON RANDOW et al. (2004) encontrou valores médios de albedo em áreas de

pastagem e floresta de 0,20 e 0,13, respectivamente, para o período de 1999 a 2002. Vale destacar em seu estudo que o albedo tanto em área de floresta, quanto em área de pastagem, apresentam seus menores valores mensais no início e no fim do ano, e os maiores valores em maio, junho, julho e agosto para área de pastagem, e agosto, setembro e outubro para área de floresta. O valor máximo de albedo para pastagem foram 0,22 e floresta de 0,14.

QUERINO et al. (2006) analisou o albedo diário com o ângulo zenital na região amazônica durante o período de 1991 a 1996, e observou redução no albedo com a diminuição do ângulo zenital e aumento no albedo com um maior ângulo zenital. Ou seja, no nascer e no ocaso do sol, o ângulo zenital é maior, e ao meio dia é menor. Em áreas de pastagem encontrou valores variando entre 0,166 a 0,219 e em áreas de floresta encontrou valores variando entre 0,129 a 0,15, valores estes coerentes com MOURA et al. (1999).

Apresentam-se, na Tabela 2, os valores estatísticos das cartas de albedo da superfície gerados pelo algoritmo proposto para os dias de estudo. Observam-se valores mínimos de albedo variando entre 0,021 a 0,039, encontrados sobre superfície com água, consistente com BASTIAANSSEN (2000); Os valores máximos de albedo variaram entre 0,341 e

0,436, encontrados em áreas com solo exposto e bancos de areias as margens dos rios. A dispersão dos valores de albedo em cada carta foi pequena quando se verificaram os valores de desvio padrão, apresentados na Tabela 2; supõe-se que esta pequena variação dos valores seja devido, à pouca heterogeneidade da vegetação dentro de cada carta obtida. A Tabela 3 apresenta os resultados de albedo obtidos através do algoritmo SEBAL e observados na torre micrometeorológica em área de floresta, conclui-se que a

validação do algoritmo foi satisfatória, para o período analisado.

A irradiância solar global ($0,3$ a $3 \mu\text{m}$) á superfície é menor no início e no final do dia e maior ao meio dia. Quanto maior o ângulo zenital a um maior caminho óptico para os raios solares percorrer na atmosfera, e conseqüentemente, á mais reflexão, espalhamento e absorção por aerossóis e vapor d'água em suspensão na atmosfera. Quando o ângulo zenital é menor, á um menor caminho óptico e a irradiância a superfície é mais intensa.

Figura 2 - Distribuição espacial do albedo instantâneo para os dias 13/07/2005 (A), 13/05/2006 (B), 30/06/2006 (C) e 16/07/2006 (D).

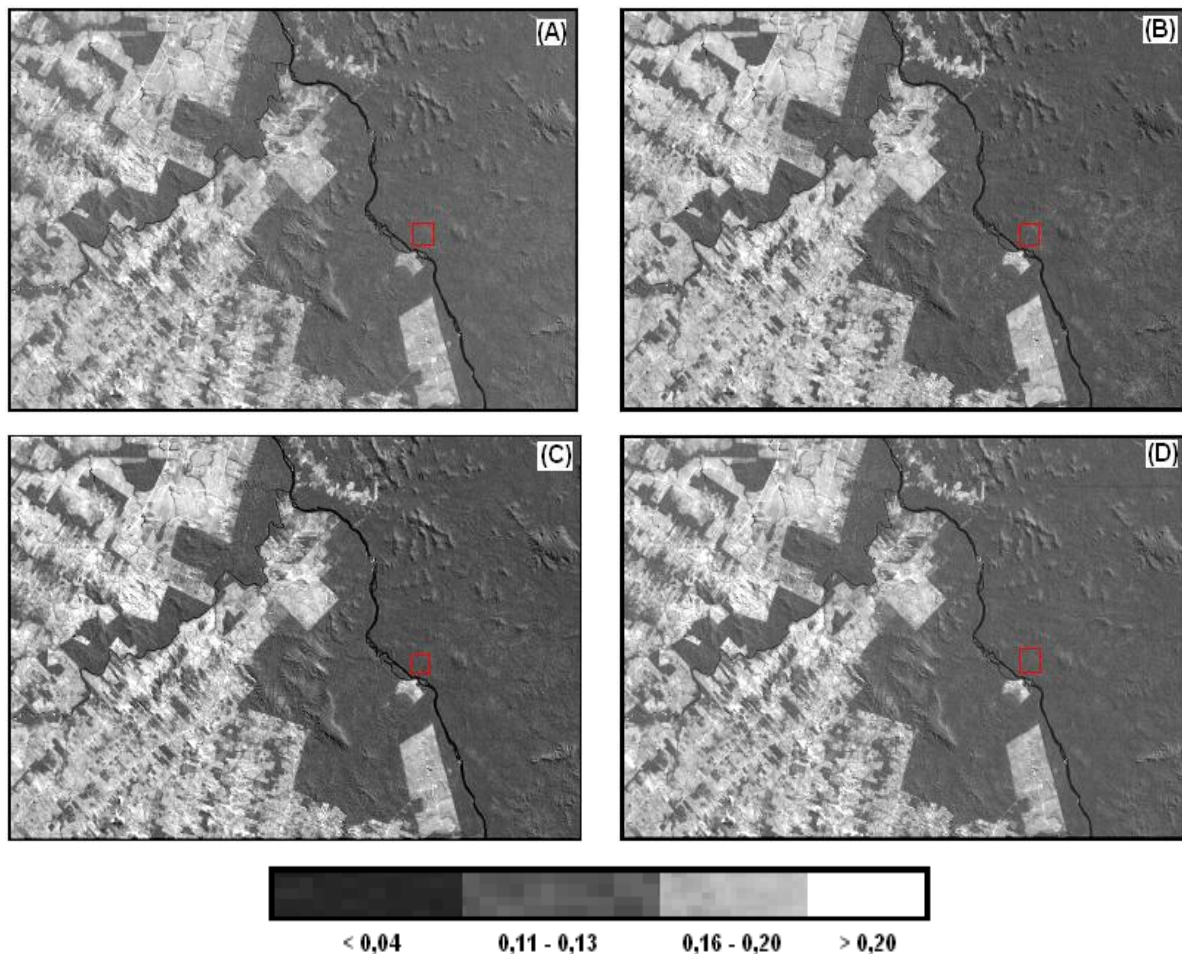


Tabela 2 - Valores dos parâmetros estatísticos mínimo, máximo, médio, mediano, moda e desvio padrão (D. PAD), obtidos na análise estatística das cartas de albedo da superfície.

Data	mínimo	máximo	médio	mediano	moda	D. PAD
13/07/2005	0,036	0,341	0,137	0,125	0,116	0,030
13/05/2006	0,025	0,387	0,128	0,114	0,103	0,032
30/06/2006	0,021	0,391	0,129	0,116	0,106	0,031
16/07/2006	0,039	0,436	0,149	0,134	0,123	0,036

Tabela 3. Valores do albedo instantâneo – α (%) em floresta obtido mediante SEBAL e medição da torre micrometeorológica.

α (%) - Floresta		
Data	Estimado	Medido
13/07/2005	12	12
13/05/2006	11	11
30/06/2006	11	13
16/07/2006	13	13

Fica claro na Figura 2, que a mudança na cobertura vegetal altera o albedo na superfície, ou seja, quando substitui floresta por pastagem, a um aumento no albedo. Esse aumento no albedo da região indica, nesse caso, que superfície após a substituição de sua cobertura natural, retém menos energia. Com isso a uma menor quantidade de energia para os processos atmosféricos que inicia próximo da superfície, por exemplo, convecção.

Podendo acarretar mudanças climáticas, e gerar modificações na vida das pessoas.

CONCLUSÕES

O algoritmo SEBAL estimou satisfatoriamente o albedo de superfícies sobre áreas de pastagem e floresta na região amazônica, quando comparados com dados observados e resultados de outras pesquisas disponíveis na literatura científica.

REFERÊNCIAS

- Allen, R.; Bastiaanssen, W.; Waters, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. **Surface energy balance algorithms for land (SEBAL)**, Idaho implementation – Advanced training and users manual, version 1.0, 97p. 2002.
- Allen, R.G.; Tasumi, M.; Trezza, R. Satellite-Based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.133, n.4, p.380-394, 2007.
- Artaxo, P.; Oliveira, P.H.; Lara, L.L.; Pauliquevis, T.M.; Rizzo, L.V.; Junior, C.P.; Paixão, M.A.; Longo, K.M.; Freitas, S.; Correia, A.L. Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a, p.168-22, 2006.
- Bastable, H.G.; Shuttleworth, W.J.; Dallarosa, R.L.G.; Fisch, G.; Nobre, C.A. Observations of climate albedo, and surface radiation over cleared and undisturbed Amazonian forest. **International Journal of Climatology**, v.13, n.7, p.783-796, 1993.
- Bastiaanssen, W.G.M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate. Netherlands: CIP Data Koninklijke Bibliotheek, Den Haag, 1995. 272p. PhD Tesis.
- 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.
- Chander, G.; Markham, B. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.41, n.11, p. 2674 - 2677, 2003.
- Culf A. D.; Fisch G.; Hodnett, M.G. The albedo of Amazonian forest and ranch land. **Journal of Climate**, v.8, n.6, p. 1544-1554, 1995.
- Fisch, G.; Wright, I.R.; Bastable, H.G. Albedo of tropical grass: A case study of pre- and post-burning. **International Journal of Climatology**, v.14, n.1, p.103-107, 1994.
- Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Robert, J.M.; Victoria, R.L. **Amazonian deforestation and climate**. Wiley, Chichester, 1996. 595p.
- Giongo, P.R.; Moura, G.B.A.; Silva, B.B.; Rocha, H.R.; Medeiros, S.R.R.; Nazareno, A.C. Albedo à superfície a partir de imagens Landsat 5 em áreas de cana-de-açúcar e cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.3, p.279-287, 2010.
- Iqbal, M. An introduction to solar radiation. New York: Academic Press, 1983.
- Moura, M.A.L.; Lyra, R.F.F.; Benincasa, M.; Sousa, J.L.; Nascimento Filho, M.F. Variação do albedo em áreas de florestas e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.2, p.163 -168, 1999.
- Oguntoyinbo, J.S. Reflection coefficient of natural vegetation, crops, and urban surfaces in Nigeria. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.96, n.409, p.430-441, 1970.
- Querino, C.A.S.; Moura, M.A.L.; Lyra, R.F.F.; Mariano, G.L. Avaliação e comparação de radiação solar global e albedo com ângulo zenital na região amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a, p.42-49, 2006.

Silva, B.B.; Lopes, G.M.; Azevedo, P.V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.2, p.201-211. 2005.

Shuttleworth, W. J. Evaporation from Amazonian rainforest. **Proceedings of the Royal Society of London**, série B 233, p.321-346, 1988.

SRTM. Disponível em:<<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTIO N/inputCoord.asp>>. Acesso em: 25. mar. 2010.

Von Randow, C.; Manzi, A.O.; Kruijt, B.; Oliveira, P.J.; Zanchi, F.B.; Silva, R.L.; Hodnett, M.G.; Gash, J.H.C.; Elbers, J.A.; Waterloo, M.J.; Cardoso, F.L.; Kabat, P. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon Exchange over Forest and pasture in South West Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology**, v.78, p. 5-26, 2004.