ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Estimativa do Albedo e Índice de Área Foliar na Amazônia

Ailton Marcolino Liberato ¹

¹ Doutorando 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 18/01/2011 e aceito em 10/05/2011

RESUMO

Propôs-se, neste trabalho, estimar dados de albedo e Índice de Área Foliar (IAF) à superfície terrestre usando-se o sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5 e compará-lo com valores disponíveis na literatura científica. A região de estudo está 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 de Ordem do Ano - DOA 194, 133, 181 e 197, respectivamente. As correções geométricas para as imagens foram realizadas e geradas as cartas do albedo e IAF. O algoritmo SEBAL estimou satisfatoriamente os valores de albedo e IAF de superfícies sobre áreas de floresta (exceto para IAF) e pastagem.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, vegetação, Floresta da Amazônia.

Albedo Estimate and Leaf Area Index in Amazonia

ABSTRACT

This study objectives the assessment of albedo and Leaf Area Index (LAI) data at surface using images from Thematic Mapper (TM) sensor onboard Landsat 5 satellite, and compare the results with values available in the scientific literature. The study area is located in the State of Rondônia. To carry out the study four orbital TM - Landsat images were obtained in the path 231 and row 67, for the dates of 07/13/2005, 06/30 and 07/16 of 2006 year, which correspond to the days 194, 181 and 197, respectively. The geometric correction for images was performed and maps of albedo and IAF were generated. The algorithm SEBAL estimated, satisfactorily, the values of albedo and IAF on the surface pasture and forest (except for LAI).

Keywords: remote sensing, vegetation, Amazon Forest.

1. Introdução

Nas últimas décadas 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 motivaram o surgimento de vários projetos científicos em escalas micro e macro para entender a importância da floresta amazônica para o clima local e global, e os possíveis impactos climáticos causados pelo

* E-mail para correspondência: ailton@dca.ufcg.edu.br

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 comparada com as florestas. Estas aprisionam a radiação devido às múltiplas reflexões no profundo dossel. Em média, a pastagem reflete 18% da radiação solar, enquanto a floresta reflete somente 13%.

Estudos sobre as prováveis alterações hidrológicas (Santiago, 2005) e climáticas na Amazônia (Henderson-Sellers & Gornitz, 1984; Nobre et al., 1991) provocadas pela substituição da floresta por áreas de pastagem, mostram que a conversão ocasionaria sérios impactos, como aumento na temperatura do ar (Nobre et al., 1991), aumento no albedo da superfície (von Randow et al., 2004) e redução da evapotranspiração (Santiago, 2005). Estudos observacionais realizados por Moura et al. (1999) e Zanchi et al. (2009) mostraram redução no albedo com o aumento do índice de área foliar em pastagem na Amazônia.

Dentre os vários estudos empregando técnicas de sensoriamento remoto (Silva et al., 2005; Giongo et al., 2010) em diversas regiões,

não foram encontrados estudos especificamente para a Amazônia. 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 (Bastiaanssen, 1995), tem sido amplamente utilizado e aceito na comunidade científica, devido à qualidade de suas estimativas validadas 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 e o índice de área foliar em Rondônia através do algoritmo SEBAL.

2. Material e Métodos

A área de estudo do presente trabalho está localizada no sudoeste da Amazônia Brasileira, especificamente na parte central do estado de Rondônia (Figura 1). A cobertura vegetal da área de estudo é composta por vegetação nativa (floresta tropical primária), representada pelo retângulo vermelho na Figura 1, floresta secundária (capoeira), gramínea *Urochloa brizantha* e áreas agrícolas (café, mandioca, cacau etc.) - retângulo amarelo. O retângulo em

vermelho na Figura 1 mostra a localização da torre micrometeorológica ($10^{\circ}11'S$; $61^{\circ}52'W$; 120 m) pertencente ao Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA). Na área de floresta primária, o dossel

apresenta uma altura média de 30 m e as árvores emergentes atingem até 45 m e o solo é classificado como podzólico vermelho amarelo de textura média (Andreae et al., 2002).

Figura 1. Localização da área de estudo no Estado de Rondônia

Obtiveram-se, para a realização do estudo, imagens Landsat 5 – TM em dias de céu claro, na órbita 231 e ponto 67, correspondente a três dias, que são: 13-07-2005, 30-06 e 16-07 do ano de 2006, os quais se referem ao Dia de Ordem do Ano (DOA) 194, 181 e 197, respectivamente. As imagens foram adquiridas na Divisão de Geração de Imagens (DGI) do 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 encontram-se em Chander & Markham (2003) e Allen et al. (2007), os quais

apresentam a irradiância solar monocromática 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 do Sol.

Em estudos com 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 e reamostrado o DEM para 30 x 30 m, visto que os dados originais estão disponíveis pixels com 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, 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 e reflectância monocromática de cada banda foram utilizada a metodologia desenvolvida por Allen et al. (2002) e Iqbal (1983). Posteriormente determinou-se o albedo planetário e o da superfície, utilizando Iqbal (1983), Bastiaanssen (2000) e Allen et al. (2002) conjuntamente. Finalizando, determinou-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, Índice de Vegetação Ajustada aos Efeitos do Solo e Índice de Área Foliar (IAF) combinando a metodologia de Huete (1988), Allen et al. (2002), Tasumi (2003) e Allen et al. (2007).

3. Resultados e Discussão

No presente estudo foram encontrados valores máximos de IAF em áreas de pastagem

e áreas agrícolas de 1,66 (Figura 2a), 1,97 (Figura 2c) e 1,56 (Figura 2e). O IAF é uma medida de cobertura vegetal importante, por causa das trocas de massa e energia no sistema solo-planta-atmosfera, diretamente relacionada com a evapotranspiração e produtividade (Xavier & Vettorazzi, 2003), de importância para vários modelos de produção primária através de escalas e modelos globais de clima, hidrologia, biogeoquímica e ecologia (Wang et al., 2005). Segundo Waterloo (1994) as variações naturais no IAF, altura e biomassa de algumas espécies, apresentam respostas às variações sazonais e interanual do clima e a umidade no solo, pois durante prolongados períodos de seca, as plantas podem responder ao estresse hídrico e limitações à transpiração através do fechamento dos estômatos, seguido de perdas das folhas e em casos extremos, mortes de partes das plantas.

Estudos experimentais realizados por Roberts et al. (1996), Moura et al. (1999), Carruzo & Rocha (2001) e Zanchi et al. (2009) para determinar o IAF, mostram resultados em média de 2,4, 2,6, 1,5 e 2, respectivamente, para área de pastagem em Rondônia. No entanto, existe uma variação no IAF quando analisado período seco e chuvoso. Roberts et al. (1996) encontraram valores variando entre 1,55 e 1,66 para período seco e 2,55 a 3,90 para período chuvoso. Resultados estes consistentes com o presente estudo.

Os valores máximos de IAF encontrados

na área de floresta foram de 1,54 (Figura 2a), 1,57 (Figura 2c) e 1,45 (Figura 2e). Estudos realizados por Sanches et al. (2008) e Carreire (2009) mostram valores de IAF de 3,5 a 4,8 e 2,35 a 2,55, respectivamente, para área de floresta. Os resultados encontrados neste trabalho diferem dos autores citados, que podem estar associados à técnica utilizada para

estimar o IAF em área de floresta.

Os dados medidos de albedo na estação micrometeorológica na área de floresta no instante da passagem do satélite e estimado através do algoritmo SEBAL encontra-se na Tabela 1, mostrando que o algoritmo SEBAL pode ser utilizado para estudos na região Amazônica.

Tabela 1. Valores do albedo instantâneo – α (%) em área de floresta obtido mediante SEBAL e medição da torre micrometeorológica.

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

O valor médio de albedo encontrado na área de floresta foi de 0,11 (Figura 2b), 0,10 (Figura 2d) e 0,12 (Figura 2f), respectivamente. Estudos realizados por Shuttleworth et al. (1988), Bastable et al. (1993), Culf et al. (1995) e von Randow et al. (2004), encontraram valores de 0,13, 0,12, 0,13 e 0,13, respectivamente, já Oguntuyimbo (1970) obteve, em área de floresta na Tailândia, albedo com valor igual a 0,12. Querino et al. (2006) analisaram o albedo diário com o ângulo zenital na região Amazônica durante o período de 1991 a 1996, e observaram redução no albedo com a diminuição do ângulo zenital e aumento no

albedo com um maior ângulo zenital. Destacaram que a mudança na coloração da vegetação, ângulo zenital e a geometria das copas das árvores influenciava a variação no albedo. Os valores médios de albedo encontrado na área de pastagem foram 0,16 (Figura 2b), 0,15 (Figura 2d) e 0,17 (Figura 2f). Dentre os vários estudos sobre albedo realizados em áreas de pastagens, destacam-se os trabalhos de Shuttleworth *et al.* (1988), Bastable et al. (1993), Fisch et al. (1994) e von Randow et al. (2004) com valores de 0,16, 0,19, 0,18 e 0,20, respectivamente.

Figura 2. Distribuição espacial do albedo (a), (c) e (e) e índice de área foliar (b), (d) e (f) instantâneo para os dias 13-07-2005, 30-06-2006 e 16-07-2006, respectivamente. Os retângulos em amarelo são áreas de pastagens e agrícolas, e em vermelho são áreas de floresta nativa.

Existe uma relação clara entre o albedo e o IAF em áreas de pastagem em Rondônia, como observados nas Figuras 3a, 3c e 3e, ou seja, à medida que o IAF aumenta há uma redução no albedo. Estes resultados corroboram com estudos observacionais de Zanchi et al. (2009). Os valores do IAF encontrados na área de floresta diferem de estudos realizados

anteriormente na Amazônia. No presente trabalho observou-se que à medida que o IAF aumenta na floresta o albedo também aumentava e isso pode estar relacionado à geometria do dossel e idade das árvores da área de estudo (Figura 3b, 3d e 3f), e também reflectância na região do infravermelho próximo ser maior.

Figura 3. Correlação do IAF e Albedo instantâneo para áreas de pastagens e agrícolas: (a) 13-07-2005, (c) 30-06-2006 e (e) 16-07-2006, e floresta (b) 13-07-2005, (d) 30-06-2006 e (f) 16-07-2006.

A substituição de florestas por pastagens ou áreas agrícolas e a constante mudança no uso do solo na Amazônia, altera a capacidade da superfície refletir radiação de onda curta, e afeta diretamente o albedo da superfície, ficando a pastagem responsável pelo maior albedo. Esse aumento no albedo da região indica, nesse caso, que superfície após a substituição de sua cobertura natural, retém

menos energia. Com isso proporcionava uma menor quantidade de energia para os processos atmosféricos que se iniciam próximo da superfície, por exemplo, convecção, podendo contribuir para as mudanças climáticas.

4. Conclusões

O algoritmo SEBAL estimou satisfatoriamente o albedo em áreas de floresta

e pastagem, quando comparados com resultados de outras pesquisas com dados observados à superfície. As estimativas do IAF foram consistentes em áreas de pastagens; no entanto, para áreas de florestas os valores encontrados foram inferiores aos disponíveis na literatura científica.

5. Agradecimentos

Ao CNPq pelo suporte financeiro.

6. Referências

- Andreae, M.O.; Artaxo, P.; Brandão, C.; Carswell, F.E.; Ciccioli, P.; Costa, A.L.; Culf, A.D.; Esteves, J.L.; Gash, J.H.C.; Grace, J.; Kabat, P.; Lelieveld, J.; Malhi, Y.; Manzi, A.O.; Meixner, F.X.; Nobre, A.D.; Nobre, C.; Ruivo, M.L.P.; Silva-Dias, M.A.; Stefani, P.; Valentini, R.; Jouanne, J.; Waterloo, M.J. (2002). Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: the LBA-EUSTACH experiments. *Journal of Geophysical Research*, v. 107 (D20), 8066, p. 33(1)-33(25), doi: 10.1029/2001JD000524.
- Allen, R.; Bastiaanssen, W.; Waters, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. (2002). Surface energy balance algorithms for land (SEBAL), Idaho implementation – Advanced training and users manual, version 1.0, 97p.
- Allen, R.G.; Tasumi, M.; Trezza, R. (2007). 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.
- 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. (2006). Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, n.3a, p.168-22.
- Bastiaanssen, W.G.M. (2000). SEBAL – based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. *Journal of Hydrology*, 229, 87-100.
- Bastable, H.G.; Shuttleworth, W.J.; Dallarosa, R.L.G.; Fisch, G.; Nobre, C.A. (1993). Observations of climate albedo, and surface radiation over cleared and undisturbed Amazonian forest. *International Journal of Climatology*, v,13, n.7, p.783-796.
- Bastiaanssen, W.G.M. (1995). 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, 272p. PhD Tesis.

- Carreire, M.B.F. (2009). Estimativas de biomassa, do índice de área foliar e aplicação do sensoriamento remoto no monitoramento no estudo da cobertura vegetal em áreas de florestas ombrófila aberta e densa na Amazônia. Tese de Doutorado, INPA/UFAM, Manaus, AM.
- Carruzo, A.; Rocha, H.R. (2001). Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) em Regiões de Pastagem e Floresta com um método indireto ('gap fraction') durante o Experimento AMC/LBA-1999. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, p. 2478-2485.
- Chander, G.; Markham, B. (2003). 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.
- Culf A. D.; Fisch G.; Hodnett, M.G. (1995). The albedo of Amazonian forest and ranch land. Journal of Climate, v.8, n.6, p.544-1554.
- Fisch, G.; Wright, I.R.; Bastable, H.G. (1994). Albedo of tropical grass: A case study of pre- and post-burning. International Journal of Climatology, v.14, n.1, p.103-107.
- Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Robert, J.M.; Victoria, R.L. (1996). Amazonian deforestation and climate. Wiley, Chichester, 595p.
- Giongo, P.R.; Moura, G.B.A.; Silva, B.B.; Rocha, H.R.; Medeiros, S.R.R.; Nazareno, A.C. (2010). 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.
- Henderson-Sellers, A.; Gornitz, V. (1984). Possible climatic impacts of land cover transformations, with particular emphasis on tropical deforestation. Climatic Change, v.6, p.231-257.
- Huete, A. R. (1988). A soil adjusted vegetation index SAVI. Remote Sensing of Environment, v.25, n.3, p.295-309.
- Iqbal, M. (1983). An introduction to solar radiation. New York: Academic Press. 212p.
- Moura, M.A.L.; Lyra, R.F.F.; Benincasa, M.; Sousa, J.L.; Nascimento Filho, M.F. (1999). Variação do albedo em áreas de florestas e pastagem na Amazônia. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.7, n.2, p.163-168.
- Nobre, C. A.; Sellers, P. J.; Shukla, J. (1991). Amazonian deforestation and regional climate change. Journal of Climate, v.4, n.10, p.957-987.
- Oguntoyinbo, J.S. (1970). 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.

- Querino, C.A.S.; Moura, M.A.L.; Lyra, R.F.F.; Mariano, G.L. (2006). 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.
- Roberts, J.M.; Cabral, O.M.R.; Da Costa, J.P.; McWilliam, A.L.C.; De Sá, T.D. (1996). Na Overview of the Leaf Area Index and Physiological Measurements during ABRACOS, In: J.H.C. Gash, C.A. Nobre, J.M. Roberts and R.L. Victoria (Eds). *Amazonian Deforestation and Climate*, J. Wiley and Sons, New York p. 287-305.
- Sanches, L.; Andrade, N.L.R.; Nogueira, J.S.; Biudes, M.S.; Vourlitis, G.L. (2008). Índice de área foliar em floresta de transição Amazônia cerrado em diferentes métodos de estimativa. *Ciência e Natura*, v.30, n.1, p.57-69.
- Santiago, A.V. (2005). Simulações dos efeitos da cobertura vegetal no balanço hídrico da bacia do rio Ji-Paraná, RO. Piracicaba: ESALQ, 70p. Tese Doutorado
- Shuttleworth, W.J. Evaporation from Amazonian rainforest. (1988). *Proceedings of the Royal Society of London, série B* 233, 321-346.
- Silva, B.B.; Lopes, G.M.; Azevedo, P.V. (2005). Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 TM. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.13, n.2, p.201-211.
- SRTM. Disponível em: <<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>>. Acesso em: 25. mar. 2010.
- Tasumi, M. (2003). Progress in operational estimation of regional evapotranspiration using satellite imagery. PhD dissertation - University of Idaho, Moscow, Id.
- 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. (2004). 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.
- Waterloo, M.J. (1994). Water and nutrient dynamics of *Pinus caribaea* plantation forests on former grassland soils in SW Viti Levu, Fiji., June, Ph.D. thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands, 478 p.
- Wang, Q.; Adiku, S.; Tenhunen, J.; Granier, A. (2005). On the relationship of NDVI with leaf area index in a deciduous forest site. *Remote Sensing of Environment*, v.94, p.244-255.
- Xavier, A.C.; Vettorazzi, C.A. (2003). Índice de Área Foliar de Coberturas em uma Microbacia Hidrográfica Subtropical. *Scientia Agrícola*, v.60, n.3, p.425-431.

Zanchi, F.B.; Waterloo, M.J.; Aguiar, L.J.G.;
Randow, C.V.; Kruijt, B.; Cardoso, F.L.;
Manzi, A. O. (2009). Estimativa do Índice de
Área Foliar (IAF) e Biomassa em pastagem no
estado de Rondônia, Brasil. *Acta Amazonica*,
v.39, n.2, p.335-348.