

Comparação da Estimativa do Albedo Obtido por Técnicas de Sensoriamento Remoto e Dados Medidos em Campo

Patrícia Kazue Uda¹,
Ana Clara Lazzari Franco¹

¹ Universidade Federal de Santa Catarina
88010970 – Florianópolis - SC, Brasil
patricia.kazue@posgrad.ufsc.br
anaclaralfranco@gmail.com

Abstract. The objective of this study was to compare the accuracy of two methods of estimating the albedo using MODIS images, for a region in the southern of Paraná state and northern of Santa Catarina state. Methodologies Liang (2000) and Tasumi et al. (2008) were used to estimate albedo. From the results, we can conclude that the differences between the two methodologies applied, Liang (2000) and Tasumi et al (2008), are not representative and the methodologies produce very similar results for the study area. Since the albedo values for the location of the river Feio weather station, measuring albedo, are on average 5% higher than those obtained by the two methodologies using remote sensing. So, it is necessary more studies about albedo for the region in order to obtain results more accurated.

Palavras-chave: remote sensing, MODIS, surface albedo.

1. Introdução

O albedo da superfície representa a porcentagem de energia eletromagnética que é refletida por uma superfície em função da energia incidente sobre a mesma, considerando, pelo menos, o espectro eletromagnético do visível (PEREIRA *et al.*, 1997; PONZONI & SHIMABUKURO, 2010). Ele controla o saldo de radiação sobre a superfície terrestre, e, conseqüentemente, o balanço de energia nas interações solo-panta-atmosfera, que resulta no aquecimento do solo, ar e na evapotranspiração da vegetação nativa ou cultivada (SILVA *et al.*, 2005; HE *et al.*, 2012; MATTAR *et al.*, 2014)

O albedo é altamente variável no espaço, sendo influenciado pelas propriedades físicas dos materiais que constituem as superfícies e pelo ângulo zenital solar e, no caso da vegetação, é influenciado ainda pela espécie da planta, índice de área foliar, etc. Também é variável no tempo, como um resultado das mudanças nas propriedades da superfície (mudanças na umidade do solo e cobertura da vegetação), e como uma função das mudanças nas condições de iluminação (ângulo solar, propriedades atmosféricas) (VAREJÃO-SILVA, ; FRANCH *et al.*, 2014).

No sentido de quantificar o albedo para diversos tipos de coberturas, o sensoriamento remoto possui um importante papel (Mattar *et al.*, 2014) e fornece produtos obtidos de diferentes dados de sensores, como o *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* – MODIS (Schaaf *et al.*, 2002), o *Advanced Very High Resolution Radiometer* – AVHRR (Csizar & GUTMAN, 1999) e o *Polarization and Directionality of the Earth Reflectance* – POLDER (Maignan *et al.*, 2004). Em adição, diversos algoritmos foram criados para a estimativa do albedo que utilizam imagens de radiância ou reflectância das bandas da região do visível e infravermelho próximo. O albedo é um parâmetro chave nos modelos que usam técnicas de sensoriamento remoto integradas a balanço de energia à superfície para a obtenção da evapotranspiração espacial, como o *Simplified Surface Energy Balance* (S-SEB), *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (SEBAL) e (METRIC). Dentre os algoritmos desenvolvidos para a estimativa do albedo nos modelos de evapotranspiração citados, citam-

se os de Liang (2000), Allen *et al.* (2002), frequentemente utilizado no SEBAL e Tasumi *et al.* (2008), frequentemente utilizado no METRIC.

Liang (2000) comparou medidas em laboratório com resultados de simulações no modelo de transferência radiativa MODTRAN e propôs equações para o cálculo do albedo da superfície para diversos sensores, como o ASTER, MODIS, LANDSAT e AVHRR. Nesta metodologia, equações utilizam as bandas de reflectância espectral para o cálculo do albedo, considerando que as imagens de entrada foram previamente corrigidas dos efeitos da atmosfera.

A metodologia proposta por Allen *et al.* (2002) baseia-se na integração linear da reflectância das bandas do visível e infravermelho próximo e médio para o cálculo do albedo no topo da atmosfera, aplicando uma metodologia simples para correção atmosférica deste albedo. A estimativa do albedo segundo Tasumi *et al.* (2008) foi criada para melhorar a acurácia sobre uma gama de condições da superfície, em relação à metodologia apresentada no SEBAL. O albedo é calculado pela integração da reflectância da superfície das bandas do espectro de ondas curtas. A reflectância da superfície é derivada das imagens de satélite usando funções para transmitância atmosférica e as reflectâncias para cada banda, usando dados de pressão atmosférica, ângulo zenital solar, ângulo de visada de aquisição da imagem e coeficientes calibrados para diferentes satélites, como Landsat e MODIS.

O objetivo deste estudo foi comparar a aplicação das metodologias de Liang (2000) e Tasumi *et al.* (2008) para a estimativa do albedo usando imagens MODIS, em uma região no sul do estado do Paraná e norte de Santa Catarina.

2. Metodologia de Trabalho

2.2 Área de estudo

A área de estudo compreende o entorno da estação meteorológica de Rio Negrinho (Latitude 26,25°S e Longitude 49,58°W), definida por um raio de 60 km, com o centro localizado junto à estação (Figura 1). A estação meteorológica situa-se a aproximadamente 6,5 km do centro da cidade mais próxima, Rio Negrinho. A área de estudo compreende também as cidades de Corupá, São Bento do Sul, Campo Alegre, Agudos do Sul, Piên, Campo do Tenente, Rio Negro, Mafra e Itaiópolis. A escolha desta área levou em consideração que a mesma integra parte da bacia do rio Iguaçu, que é alvo de estudos sobre a evapotranspiração com uso de técnicas de sensoriamento remoto. Por este motivo, é importante testar diferentes técnicas para cálculo do albedo da superfície, a fim de obtê-lo de maneira acurada. Em adição, a menos de 60 km de distância da estação meteorológica de Rio Negrinho, há a estação de Rio Feio, a qual possui medição de albedo, e integra a rede de bacias-bacias-escolas, originada a partir do Projeto “Hidrologia Florestal”. O projeto é uma atividade de cooperação entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a companhia Modo Battistella de Reflorestamento S.A. (MOBASA) (KOBAYAMA & MOTA, 2008), e permite pesquisas hidrológicas (monitoramento e modelagem computacional) e atividades de extensão (KOBAYAMA *et al.*, 2007).

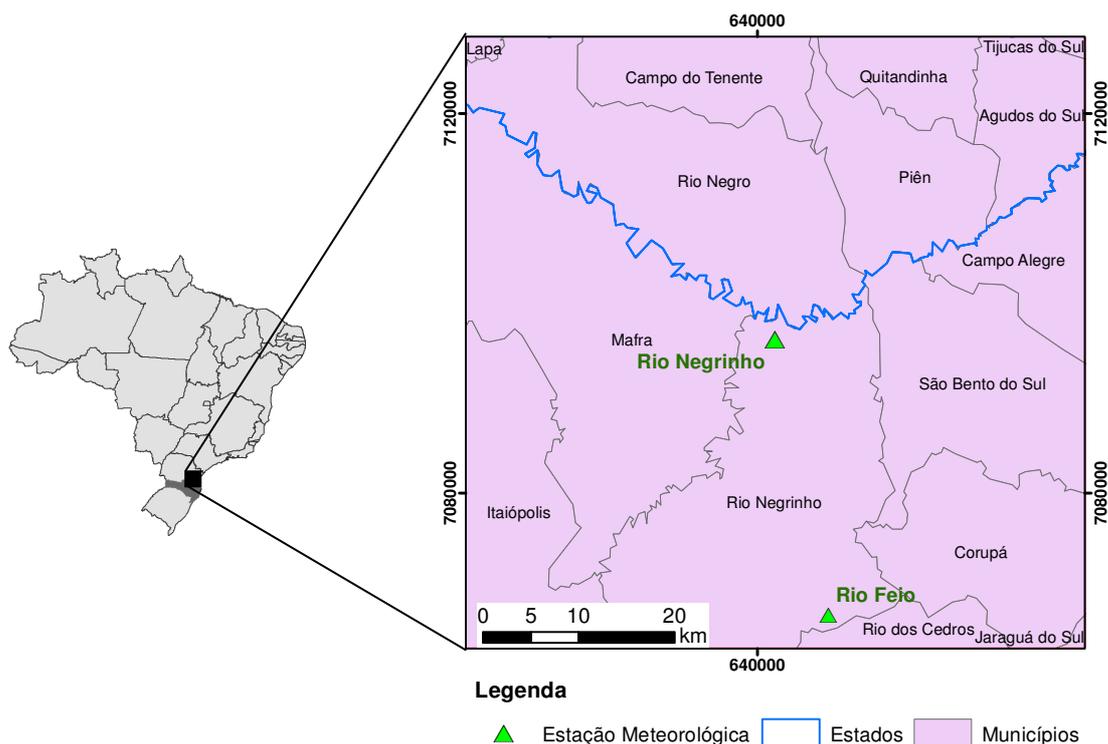


Figura 1: Localização da área de estudo.

A área de estudo é composta originalmente por Floresta Ombrófila Mista Montana, com o pinheiro araucária como espécie exclusiva no estrato superior (SANTA CATARINA, 2002). Atualmente a paisagem da região está bastante alterada devido a substituição da floresta original por áreas de plantios de *Pinus sp* para a indústria de fabricação de papel e celulose e a indústria moveleira, algumas áreas de reflorestamento de eucaliptos, utilizados para fins energéticos, além de pastagem e cultivos.

O clima da região é temperado úmido com verão temperado, do tipo Cfb segundo a classificação de Köppen. Possui temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida (IAPAR, 1994).

2.1 Materiais

Para geração das imagens de albedo, foram utilizados os produtos do sensor MODIS - *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*, a bordo da plataforma TERRA. A plataforma TERRA foi lançada em dezembro de 1999, sendo parte do programa da NASA denominado *Earth Observing System* (EOS), em parceria com as agências aeroespaciais do Japão e do Canadá. Ela possui resolução temporal 2 dias, altitude de 705 km e órbita polar e heliossíncrona.

Os dados correspondentes à área de estudo (tile h13 v11) foram obtidos diretamente do website da NASA através da seção de distribuição de dados (https://lpdaac.usgs.gov/data_access/data_pool). Para geração das imagens de albedo foram utilizados os produtos do nível 3 de processamento: MOD09GQ (bandas 1 e 2) e MOD09GA (bandas 3 a 7), que correspondem a imagens de reflectância da superfície de 250 m e 500 m de resolução espacial, respectivamente. A resolução espectral das bandas das imagens MODIS é apresentada na Tabela 1.

Foram utilizadas imagens de dois dias em dois anos diferentes, sendo suas datas e horários de aquisição: 29/09/2011 às 09:48 hora local e 22/09/2012 às 09:54 hora local.

Tabela 1: Características das banda 1 a 7 do MODIS.

| Banda | Resolução espacial (m) | Resolução espectral (μm) |
|-------|------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 250 | 0,620 a 0,670 |
| 2 | 250 | 0,841 a 0,876 |
| 3 | 500 | 0,459 a 0,479 |
| 4 | 500 | 0,545 a 0,565 |
| 5 | 500 | 1,230 a 1,250 |
| 6 | 500 | 1,628 a 1,652 |
| 7 | 500 | 2,105 a 2,155 |

Dados medidos de albedo da superfície foram obtidos junto à estação meteorológica do rio Feio (Figura 1), que integra a rede de bacias-bacias-escolas do alto rio Negro, originada a partir do Projeto “Hidrologia Florestal”. O projeto é uma atividade de cooperação entre o Laboratório de Hidrologia da Universidade Federal de Santa Catarina (Labhidro) e a companhia Modo Battistella de Reflorestamento S.A. (MOBASA) (KOBİYAMA & MOTA, 2008), e permite pesquisas hidrológicas (monitoramento e modelagem computacional) e atividades de extensão (KOBİYAMA *et al.*, 2007).

2.3 Métodos

Para a estimativa do albedo, foram utilizadas as metodologias de Liang (2000) e Tasumi *et al.* (2008), apresentadas abaixo.

Liang (2000) comparou medidas em laboratório com resultados de simulações no modelo de transferência radiativa MODTRAN e propôs equações para o cálculo do albedo da superfície para o sensor MODIS. A de conversão de reflectância da superfície é representada pela Equação 1:

$$\alpha_{sup} = 0,160\rho_1 + 0,291\rho_2 + 0,243\rho_3 + 0,116\rho_4 + 0,112\rho_5 + 0,081\rho_7 - 0,0015 \quad (1)$$

onde α_{sup} é o albedo da superfície, ρ_1 a ρ_7 correspondem às bandas 1 e 2 do produto MOD09QG e às bandas 3 a 7 do produto MOD09GA.

A metodologia proposta por Tasumi *et al.* (2008) estima a reflectância bidirecional semelhante à reflectância direcional hemisférica durante o meio dia. A correção da reflectância para os efeitos atmosféricos de espalhamento e absorção da radiação solar incidente e refletida a partir da superfície é baseada em uma função de correção atmosférica simplificada que requer somente dados de pressão de vapor de água próxima à superfície. Como as imagens do produto MOD09GA e MOD09GQ são distribuídas corrigidas dos efeitos atmosféricos, não foi necessária a calibração radiométrica nem a correção atmosférica das mesmas, e o albedo da superfície foi estimado integrando as reflectâncias das bandas, $\rho_{s,b}$, dentro do espectro de ondas curtas, por meio da Equação 2:

$$\alpha_{sup} = \sum_{b=1}^n [\rho_{s,b} W_b] \quad (2)$$

onde W_b é o coeficiente de ponderação (Tabela 2) que representa a fração da radiação solar na superfície que ocorre dentro de um espectro representado pela banda b ; e n é o número de bandas da imagem de satélite.

Tabela 2: Constantes W_b para imagens MODIS.

| Coeficiente | Banda 1 | Banda 2 | Banda 3 | Banda 4 | Banda 5 | Banda 6 | Banda 7 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| W_b | 0,215 | 0,215 | 0,242 | 0,129 | 0,101 | 0,062 | 0,036 |

Fonte: Tasumi *et al.* (2008)

Para a análise e comparação do albedo da região obtidos por Liang (2000) e Tasumi *et al.* (2008), foram extraídos 102 polígonos com amostras dos seguintes usos e coberturas do solo da região: floresta nativa, reflorestamento de pinus, área de agricultura e área urbana.

Por fim, para analisar a acurácia das metodologias, os dados de albedo foram comparados aos obtidos na estação meteorológica do rio Feio, para a mesma localização geográfica desta estação.

3. Resultados e Discussão

Segundo a Tabela 3, é possível verificar que as diferentes classes seguiram a tendência esperada em relação ao comportamento espectral dos alvos, com os menores valores para a água, seguida das áreas de vegetação e, por fim, os valores mais altos para áreas urbanas.

As duas metodologias utilizadas apresentaram valores semelhantes para os usos do solo analisados. Para o dia 29 de setembro de 2011, o albedo estimado segundo Liang (2000) apresentou valor médio apenas 1% mais elevado em relação a metodologia de Tasumi *et al.* (2008) para área urbana, floresta nativa, reflorestamento e agricultura, enquanto que para água os valores foram idênticos. Para o dia 22 de setembro de 2012 a metodologia de Liang (2000) apresentou valores 1% mais elevados para floresta nativa, reflorestamento agricultura, enquanto que Tasumi *et al.* (2008) apresentou valores 1% mais elevados para água e área urbana. Com estes resultados, pode-se concluir que as diferenças entre as duas metodologias aplicadas não são representativas e as metodologias geram resultados muito semelhantes para a área de estudo.

Tabela 3: Albedo da superfície obtidos.

| Data | Uso do solo | Metodologia | |
|------------|-----------------|--------------|-----------------------------|
| | | Liang (2000) | Tasumi <i>et al.</i> (2008) |
| 29/09/2011 | área urbana | 0,17 | 0,16 |
| | floresta nativa | 0,12 | 0,11 |
| | reflorestamento | 0,12 | 0,11 |
| | água | 0,04 | 0,04 |
| | agricultura | 0,16 | 0,15 |
| 22/09/2012 | área urbana | 0,15 | 0,16 |
| | floresta nativa | 0,12 | 0,11 |
| | reflorestamento | 0,11 | 0,10 |
| | água | 0,3 | 0,04 |
| | agricultura | 0,15 | 0,14 |

Pela Figura 2, e analisando a Tabela 3, é possível visualizar que as cores predominantes em todas as imagens correspondem aos valores de albedo em torno dos encontrados para mata nativa e reflorestamento, o que indica a alta cobertura da região por vegetação. É possível

verificar ainda áreas com albedo próximo ao encontrado para agricultura e áreas com albedo um pouco superior adjacentes à agricultura, que indica, neste caso, época de colheita de culturas na região.

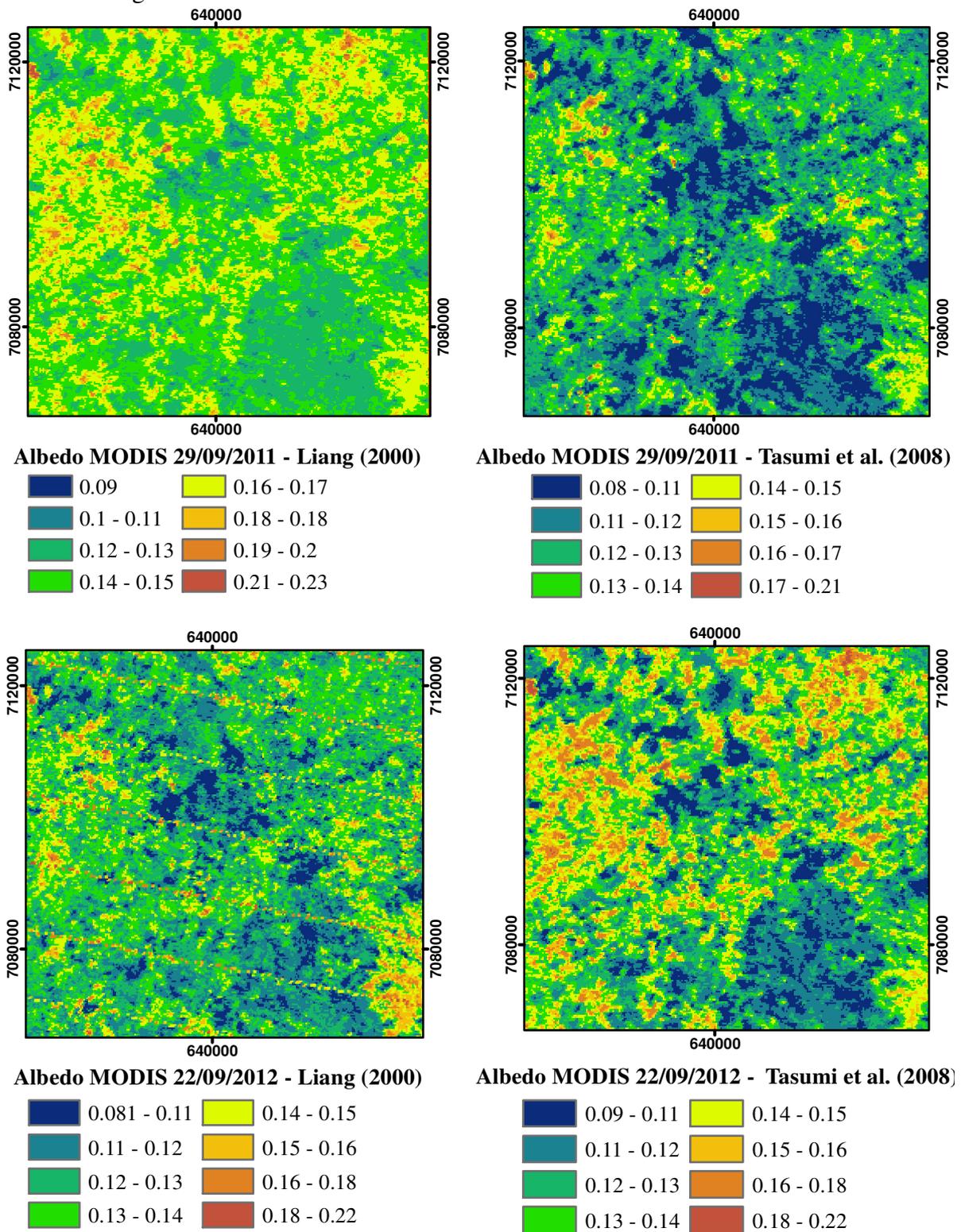


Figura 2: Albedo obtido por Liang (2000) e Tasumi *et al.* (2008).

Para a localização da estação meteorológica do rio Feio, os valores medidos na estação e pelas metodologias são apresentados abaixo:

Tabela 4: albedo para localização da estação meteorológica do rio Feio.

| Data | Albedo | | |
|------------|--------------|-----------------------------|------------------|
| | Liang (2000) | Tasumi <i>et al.</i> (2008) | Estação Rio Feio |
| 29/09/2011 | 0,12 | 0,13 | 0,17 |
| 22/09/2012 | 0,12 | 0,10 | 0,17 |

4. Conclusões

Pelos resultados, pode-se concluir que as diferenças entre as duas metodologias aplicadas, liang (2000) e Tasumi et al (2008) não são representativas e as metodologias geram resultados muito semelhantes para a área de estudo. Visto que os valores de albedo para a localização da estação meteorológica do rio Feio, que mede albedo, são em média 5% mais elevados que os obtidos pelas duas metodologias utilizando sensoriamento remoto, faz-se necessário mais estudos sobre o albedo da região.

5. Referências Bibliográficas

ALLEN, R. G.; BASTIAANSEN, W.G.M.; TREZZA, R.; TASUMI M.; WATERS, R. **Surface energy balance algorithms for land - Advance training and users manual**, version 1.0, p. 98, 2002.

CSISZAR, I., & GUTMAN, G. Mapping global land surface albedo from NOAA/AVHRR.

Journal of Geophysical Research. v. 104, p. 6215-6228, 1999.

FRANCH, B.; VERMOTE, E.F.; CALVERIE, M. Intercomparison of Landsat albedo retrieval techniques and evaluation against in situ measurements across the US SURFRAD network. *Remote Sensing of Environment.* v. 152, p 627–637, 2014.

HE, T.; LIANG, S.; WANG, D.; WU, H.; YU, Y.; WANG, J. Estimation of surface albedo and directional reflectance from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) observations. **Remote Sensing of Environment.** v. 119, p. 286–300, 2012.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Estado do Paraná.** Londrina, IAPAR, 1994. 49 p. ilustr. (IAPAR, Documento, 18).

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; CORSEUIL, C.W.; LINO, J.F.L.; LOPES, N.H.Y.; GRISON, F.; CHAFFE, P.L.B.; MALUTTA, S.; RIBAS JUNIOR, U.; LANGA, R.; BASSO, S. Forest hydrology project (UFSC–MOBASA) for water resources management in Rio Negrinho City, Santa Catarina, Brazil. In: VAN de GIESEN, XIA, J.; ROSBJERG, D.; FUKUSHIMA, Y. (eds.) **Changes in Water Resources Systems: Methodologies to Maintain Water Security and Ensure Integrated Management**, Wellington: IAHS, 315, p. 250-257, 2007.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A.A. Recursos hídricos e saneamento. In: Seminário Saneamento Ambiental, Rio Negrinho: ACIRNE, **Anais**, CD-rom, 33p, 2008.

LIANG, S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo. Part I? Algorithms. **Remote Sensing of Environment.** n. 76, issue 3, p. 213-238, 2000.

MAIGNAN, F.; BREON, F.M.; LACAZE, R. Bidirectional reflectance of Earth targets: Evaluation of analytical models using a large set of spaceborne measurements with emphasis on the Hot Spot. **Remote Sensing of Environment**. v. 90, p. 210–220, 2004.

MATTAR, B.F.; SOBRINO, J.A.; CORBARI, C.; JIMÉNEZ-MUNOZ, J.C.; OLIVEIRA-GUERRA, L.; SKOKOVIC, D.; SÓRIA, G.; OLTRA-CARRIÒ, R.; JUKIEN, Y.; MANCINI, M. Impacts of the broadband albedo on actual evapotranspiration estimated by S-SEBI model over an agricultural area. **Remote Sensing of Environment**. v. 147, p. 23–42, 2014.

PEREIRA, A.R.; NOVA, N.A.V.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FAELQ, 1997.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2010.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Centro Integrado de Informações de Recursos Ambientais. **Dados e Informações Biofísicas da Unidade de Planejamento Regional do Planalto Norte Catarinense**. Florianópolis, 2002.

SCHAAF, C.B. GAO, F.; STRAHLER, A.H.; LUCHT, W.; LI, X.; TSANG, T.; STRUGNELL, N. C.; ZHANG, X.; JIN, Y.; MULLER, J. P.; LEWIS, P.; BARNSLEY, M. ET AL. First operational BRDF, albedo nadir reflectance products from MODIS. **Remote Sensing of Environment**. v. 83, p. 135–148, 2002.

SILVA, B.B. da; LOPES, G.M.; AZEVEDO, P.V. de. 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.

TASUMI, M.; ALLEN, R.G.; TREZZA, R. At-Surface Reflectance and Albedo from Satellite for Operational Calculation of Land Surface Energy Balance. **Journal of Hydrologic Engineering**. v. 13, 51-63, 2008.

VAREJAO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. 2006, Versão digital 2. 449p.