

Análise da estimativa da refletância e albedo em áreas alagadas do Pantanal

Francielle da Silva Cardozo¹

Gabriel Pereira¹

Fabício Brito Silva¹

Yosio Edemir Shimabukuro¹

Elisabete Caria Moraes¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{cardozo, gabriel, bete, yosio, fabricio}@dsr.inpe.br

Resumo. O Pantanal é uma das maiores planícies sujeitas a inundações do mundo, sendo drenado pelo alto curso do rio Paraguai e seus afluentes. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é comparar a variação do albedo para a área inundada da bacia hidrográfica do Rio Taquari (MS), nas estações seca e chuvosa, e verificar a variabilidade sazonal destas mudanças. Para se obter os valores de albedo de superfície, as bandas espectrais provenientes do sensor TM (*Thematic Mapper*) a bordo do satélite Landsat 5 foram submetidas ao processo de correção atmosférica pelo modelo *Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum* (6S) e ao processo de normalização radiométrica. Na estação seca, os locais que apresentam menor valor de albedo são as áreas permanentemente alagadas, apresentando variações interanuais entre 5% e 10% para áreas florestais e savanas. Na estação chuvosa, os valores de albedo sofrem uma variação superior a 10%, relacionada com a submersão de grandes áreas de savana. A alteração nos valores de albedo modifica o balanço de energia na superfície e os fluxos de calor latente e sensível, ocasionando a alteração do clima local e regional.

Palavras-chave: áreas inundadas, albedo, Pantanal.

Abstract. The Pantanal is one of the largest flood plains in the world, being drained by Paraguay River and its tributaries. Then the objective of this work is to compare the variation of the albedo for the flooded area of the Taquari River Basin, located in Mato Grosso do Sul State, in the dry and rainy seasons, and to verify the seasonal variability of these changes. To obtain surface albedo values, the spectral bands of Thematic Mapper (TM) sensor onboard of Landsat 5 satellite were submitted to the atmospheric correction using the *Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum* (6S) transfer model and to the radiometric rectification procedures. In dry season, permanent flooded areas showed the lowest albedo values, presenting interannual variation between 5% and 10% for forest and savannah areas. In rainy season, due to the immersions of large areas of savannah, the albedo values suffer a variation greater than 10%. The change in interannual albedo values modifies the surface energy balance and the latent and sensible heat flows, altering the local and regional climate.

Key-words: wetland, albedo, Pantanal.

1. Introdução

O Pantanal é uma das maiores planícies de sedimentação do globo, sujeita a inundações periódicas intra e inter-anual. Esta extensa área sedimentar corresponde a uma grande planície aluvial drenada pelo alto curso do rio Paraguai e seus afluentes, sendo cortada por numerosos rios, vazantes e corixos, os quais determinam alagamentos periódicos, que variam em intensidade, em extensão e em permanência. Este bioma possui uma área de 138.183 km², sendo que 35,36% desse total está situada no Estado do Mato Grosso e 64,64% no Estado do Mato Grosso do Sul (Silva e Abdon, 1998; Silva, 2002).

O estudo e o empenho da comunidade científica em tratar o Pantanal como área de proteção ambiental é justificado, pois este bioma possui uma grande diversidade biológica e grande dinâmica anual. A superfície da região do Pantanal apresenta grandes contrastes ao longo do ano, apresentando épocas muito secas, com alto risco de queimadas e períodos prolongados de precipitação, favorecendo uma alteração periódica espacial e temporal no albedo, na umidade do solo, na rugosidade e, conseqüentemente, na variabilidade dos processos físicos da atmosfera da região (Oliveira et al., 2006).

Na área de estudo, ocorrem dois regimes sazonais distintos: de abril a setembro predominam épocas secas, caracterizadas por apresentar chuvas raras e temperatura agradável, e a partir de outubro predominam épocas inundadas, que variam de acordo com a intensidade e a duração das precipitações (**Figura 1**). O solo da região sofre influência do regime de chuvas, ficando alagado no verão e seco no inverno, sendo que as regiões altas nunca são atingidas pelas cheias, as regiões baixas ficam quase sempre submersas e as regiões de altitudes intermediárias se apresentam secas a maior parte do ano e alagadas durante alguns meses (Magalhães, 1992; Silva et al., 2002).

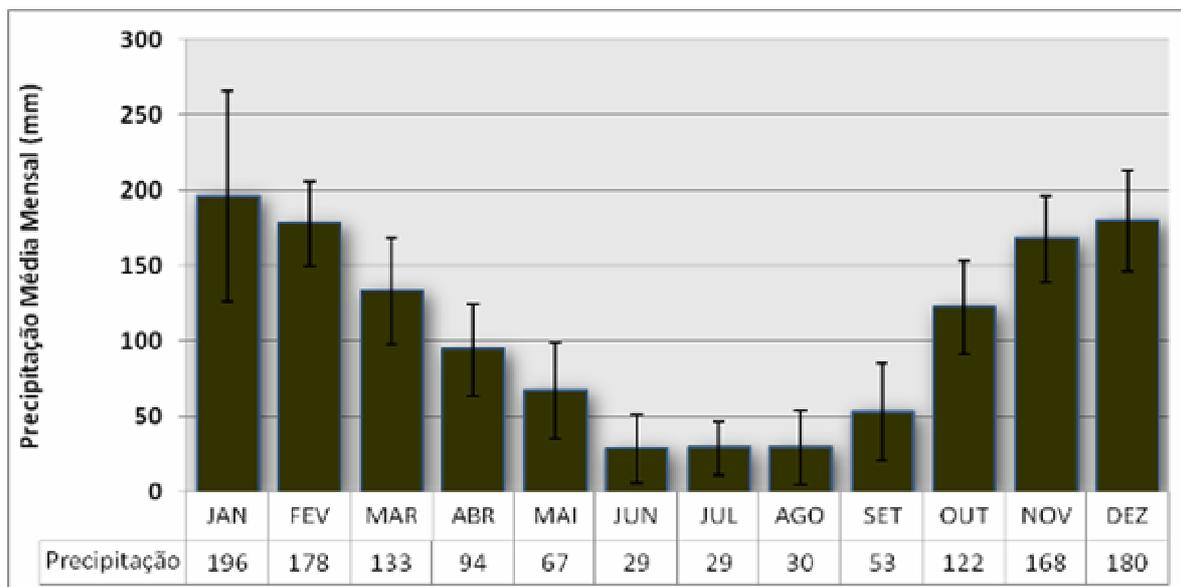


Figura 1. Gráfico da precipitação média mensal para a área da bacia hidrográfica do Rio Taquari (MS) estimada pelo sensor TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) e as barras de erro associadas à variabilidade mensal das medidas.

Diretamente relacionado com as trocas de energia na superfície, o albedo é definido como a razão entre a irradiância refletida e a incidente, sendo uma medida indireta da energia solar absorvida. Esta energia absorvida é usada para aquecer a superfície ou evaporar a água do solo (Silva, 2002).

O albedo está diretamente associado com o balanço radiativo, ocasionando variações na temperatura da superfície e alterações nos fluxos de calor latente e sensível. Ambas as variações alteram significativamente o balanço de energia atmosférico, acarretando em modificações no clima local e global (Pereira et al., 2000; Ichoku e Kaufman, 2005). Quando o albedo da superfície aumenta, a energia solar disponível para o aquecimento e para a evaporação diminui, e quando há muita umidade, grande parte da energia absorvida é usada para secar a superfície, resultando em menos fluxo de calor sensível para a atmosfera e um menor aumento da temperatura em condições secas (Dickinson, 1992a; Betts e Ball, 1995).

2. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo principal comparar a variação do albedo para a área inundada da bacia hidrográfica do Rio Taquari, localizado no Estado do Mato Grosso do Sul (**Figura 2**), para uma época chuvosa e outra época seca, e verificar a variabilidade sazonal destas mudanças.

3. Material e Métodos

A área estudada abrange a região da bacia hidrográfica do Rio Taquari (**Figura 2**), localizada entre as coordenadas 57° 24' W e 18° 41' S; e 55° 26' W e 17° 54' S. O Rio Taquari apresenta uma grande variabilidade sazonal em seu volume de água, característica da região plana onde se encontra e de duas variabilidades anuais no regime pluviométrico, que apresenta uma estação chuvosa (entre dezembro e março) e uma estação seca (principalmente nos meses de inverno). O Rio Taquari é um afluente do rio Paraguai e nasce na Serra do Caiapó, nordeste da cidade de Coxim (Divisa entre o Estado do Mato Grosso do Sul com Goiás). Na área de estudo os valores altimétricos variam entre 60 e 180 metros, com extensas regiões planas (**Figura 3**) o que possibilita o surgimento de áreas alagadas por toda a bacia.

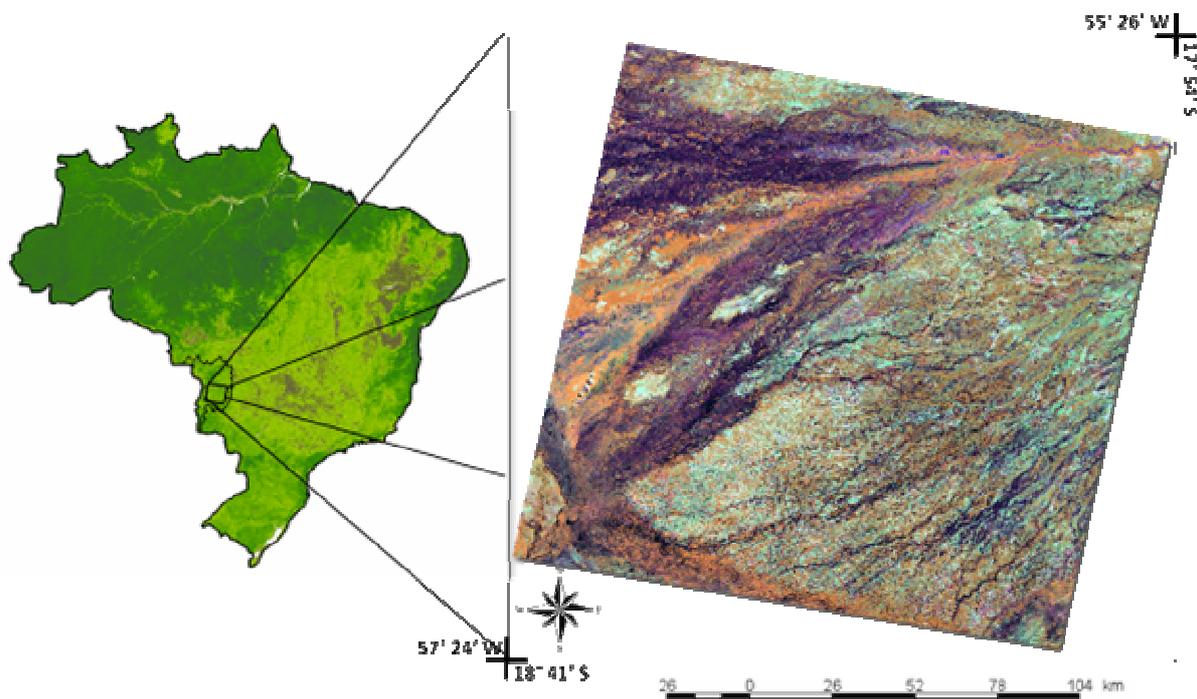


Figura 2. Área de estudo localizada na bacia hidrográfica do Rio Taquari (MS). Imagem Landsat 5 de 26/03/2007, composição 3B4R5G.

Neste trabalho foram utilizadas imagens do sensor TM/Landsat 5 nas datas de 26/03/2007, referente a uma época de cheia, e 05/07/2009 (época seca). Estas imagens foram inseridas no sistema de informações geográficas (SIG) denominado Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Neste aplicativo, as imagens foram submetidas a processos de correção geométrica a partir da base do *Geocover*, e com o intuito de permitir a análise multi-temporal das mesmas, utilizou-se o modelo polinomial de 1º grau e o interpolador vizinho mais próximo com *Root Mean Squared Error* (RMSE) de 0,345 e 0,419 para as imagens de 2007 e 2009, respectivamente.

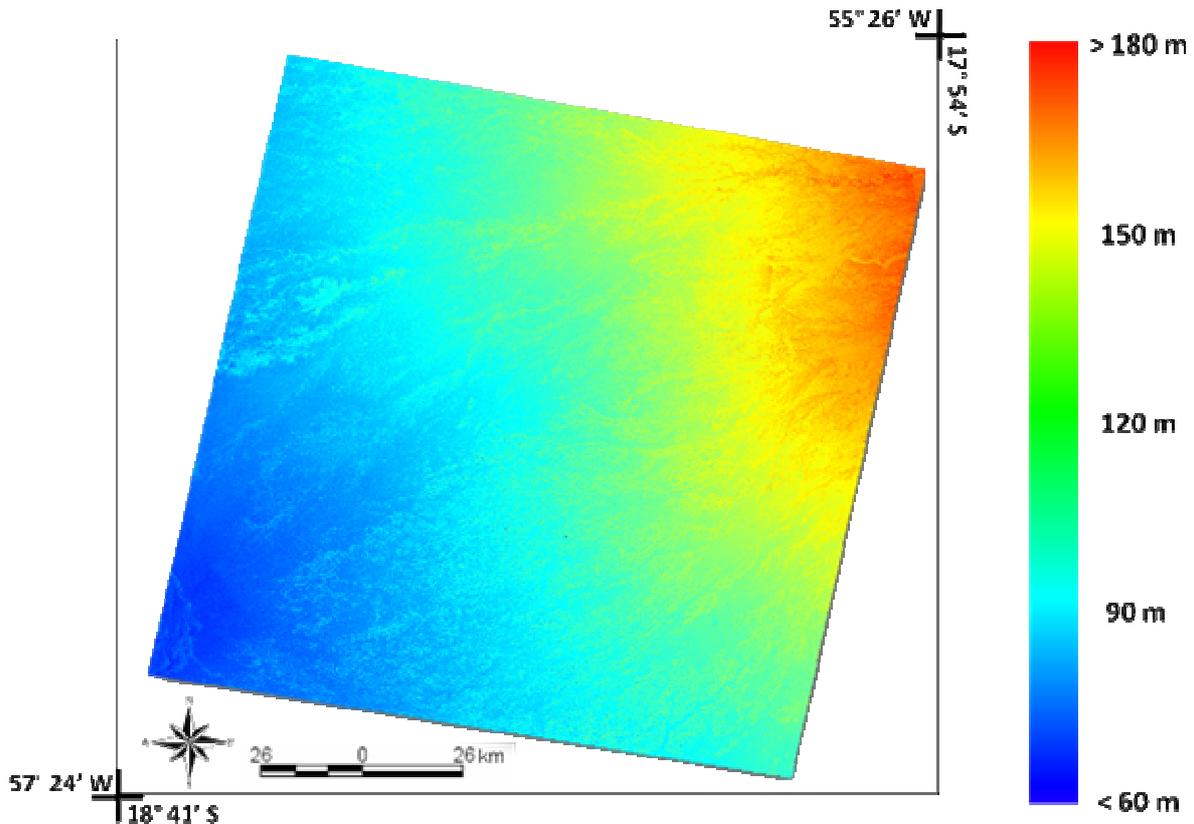


Figura 3. Altimetria da área de estudo.

Após a correção geométrica, os níveis digitais da imagem foram transformados em refletância aparente (Chander e Markham, 2003). A imagem de 2009 foi eleita como imagem-referência e foi submetida ao processo de correção atmosférica pelo modelo de transferência radiativa *Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum* (6S) (Vermote, 1997). Adotou-se como parâmetros iniciais do modelo uma atmosfera tropical com 90 km de visibilidade e modelo de aerossóis continental. A partir da imagem-referência, a imagem de 2007 foi normalizada assim como idealizado por Hall et al. (1991) e por Canty et al. (2004). Em seguida, obteve-se o albedo de ondas curtas a partir das imagens de refletância de superfície para os anos de 2007 e 2009, utilizando a **Equação (1)** proposta por Liang (2000) e adaptada por Pereira et al. (2007).

$$\text{Albedo} = 0,42\alpha_1 + 0,153\alpha_3 + 0,44\alpha_4 + 0,1\alpha_5 + 0,084\alpha_7 - 0,0018 \quad (1)$$

onde “ α_n ” representa o valor de refletância obtido para a banda “n” do sensor TM.

4. Resultados e Discussão

A **Figura 4** mostra o albedo estimado para o dia 05/07/2009 (época seca), a partir do sensor TM/Landsat 5, para a porção central da bacia hidrográfica do Rio Taquari (MS). Percebe-se que os locais que apresentam um menor valor de albedo são as áreas permanentemente alagadas, representadas pelas tonalidades cinza/marrom, e correspondem ao leque aluvial do rio Taquari, localizado no setor norte da imagem. Nestas regiões, os valores de albedo apresentam variações entre 5% e 10%. As áreas vegetadas, em sua maioria, apresentam

valores maiores que 10%, e são representadas pela tonalidade verde. Áreas circunvizinhas do leque aluvial, para a estação cujos índices pluviométricos não ultrapassam 50 mm por mês (**Figura 1**), apresentam valores entre 12% e 20% e são compostas principalmente por matas ciliares, região de campos (savana) e Floresta Estacional Semi-decidual.

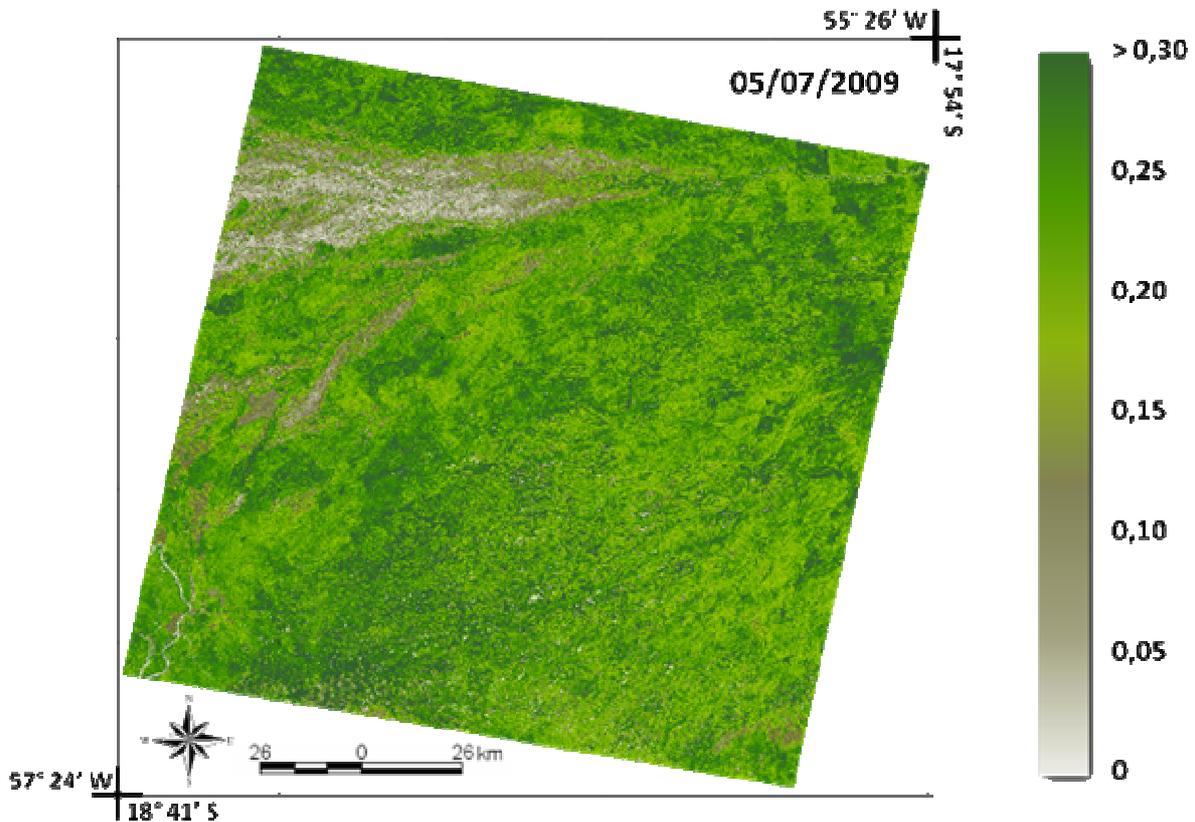


Figura 4. Valores estimados de albedo para o dia 05/07/2009 (época seca).

A **Figura 5** representa a área da bacia hidrográfica do Rio Taquari (MS) no mês de março de 2007. Neste período as intensas precipitações que ocorrem no Brasil central são drenadas pelos diversos rios, vazantes e corixos que cortam a bacia, ocasionando o alagamento de grandes extensões planas. Esta dinâmica regional causa alterações significativas nos valores de albedo, que podem sofrer uma variação superior a 10%. Percebe-se que as áreas alagadas, representadas na cor cinza/marrom, aumentaram significativamente se comparadas com a imagem da época seca de 2009, ocupando as porções noroeste e sudeste da área de estudo. A diminuição do valor de albedo está relacionada com a redução dos valores de refletância espectral da água e com as diferentes relações entre o objeto e suas características físico-químicas e biológicas.

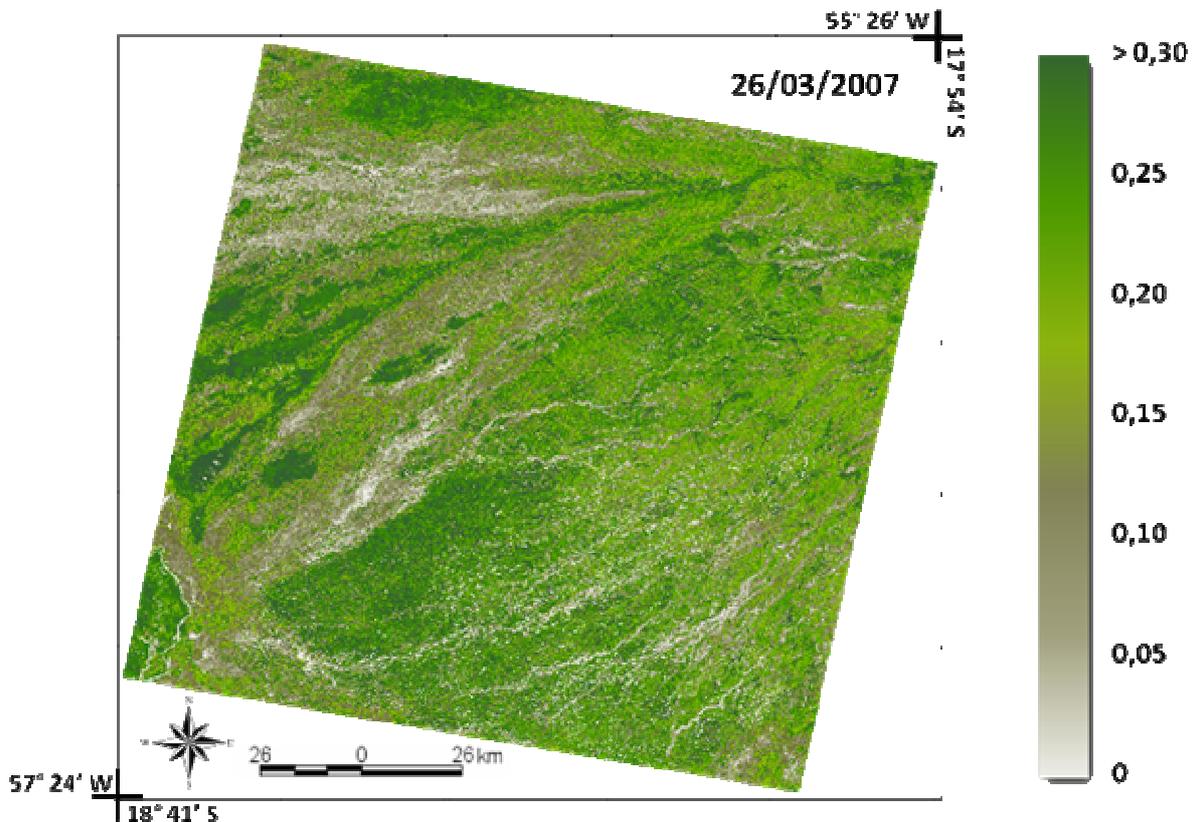


Figura 5. Valores estimados de albedo para o dia 26/03/2007 (época de cheia).

A **Figura 6** mostra a variabilidade sazonal dos valores de albedo obtido em duas épocas dinamicamente distintas. Percebe-se que as áreas anualmente alagadas apresentaram uma redução significativa nos valores de albedo em relação à época seca. Em certas ocasiões, onde a área inundada apresenta uma profundidade considerável, a queda nos valores de albedo pode promover uma variação de 10% entre a época seca e a estação chuvosa. Além da queda nos valores de albedo referentes à inundação de áreas de savana, visualiza-se um aumento dos valores de albedo para as formações florestais. Tal fator pode ser explicado pelo déficit hídrico ocasionado na estação seca. Desta forma, na estação seca, a vegetação encontra-se menos vigorosa e os valores de refletância espectral são atenuados pelas características fisiológicas da planta, porém, com o início da estação chuvosa, a disponibilidade de água volta ao normal e os valores de albedo aumentam novamente.

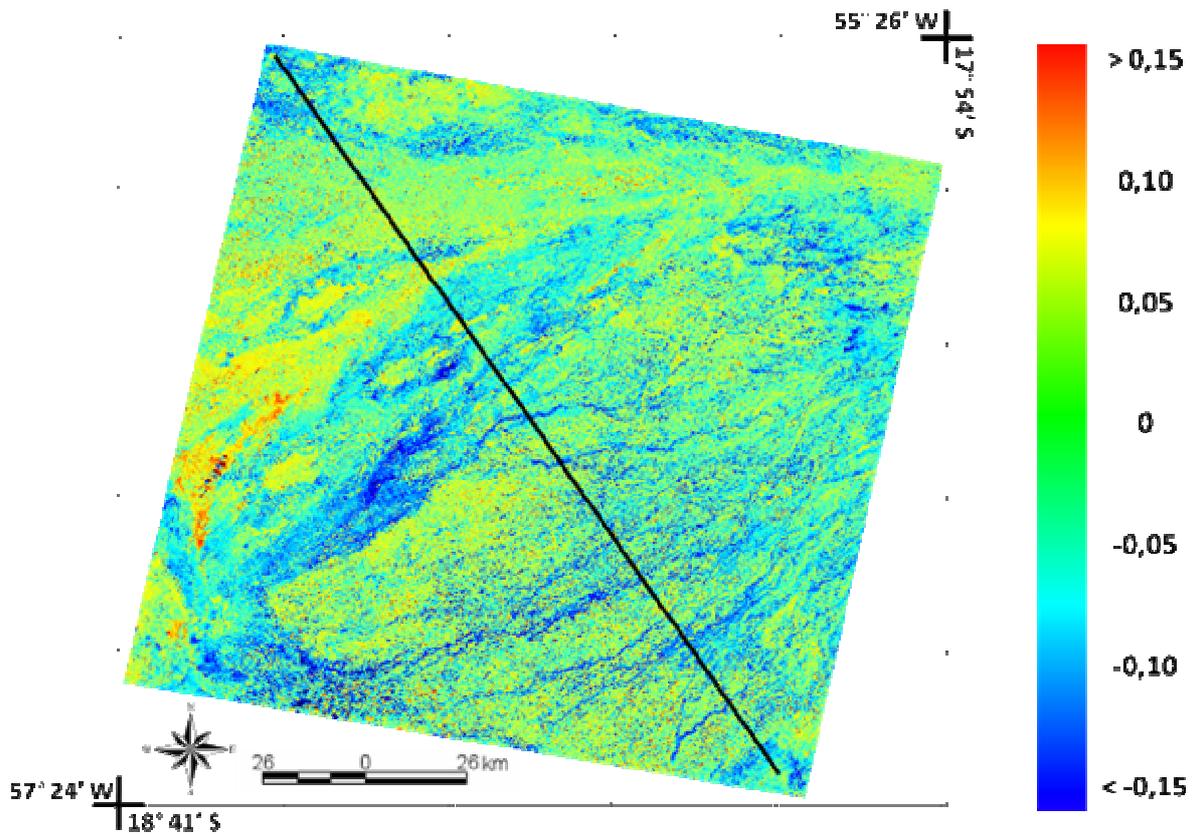


Figura 6. Diferença dos valores de albedo estimado para a época chuvosa e seca para a região central da bacia hidrográfica do rio Taquari e perfil no sentido noroeste-sudeste.

A **Figura 7** mostra o perfil da variação do albedo extraído no sentido noroeste-sudeste. Percebe-se que as áreas em tonalidades azul (**Figura 6**), correspondente às regiões alagadas, possuem uma variação intra-anual negativa nestes valores. Em determinadas circunstâncias, a variação nesta propriedade intrínseca do alvo pode alcançar 15%, referente à submersão de áreas de savana e solo exposto. Observa-se o padrão inverso nas formações florestais, correspondentes à mata ciliar, floresta estacional semi-decidual, vegetação secundária, entre outras, na qual os valores de albedo apresentam um aumento em relação à época seca, devido à maior disponibilidade de água.

A alteração nos valores de albedo, mesmo que de forma natural, modifica todo o balanço de energia na superfície terrestre e os fluxos de calor latente e sensível. O balanço de energia está diretamente associado com o albedo e com a temperatura da superfície. Se assumirmos um modelo simples de balanço, presumindo que a radiação eletromagnética é transparente aos gases atmosféricos, que a atmosfera de uma camada atua como um corpo negro e que a irradiância espectral seja a mesma para ambos os períodos, a variação do albedo em 10% pode ocasionar um acréscimo de aproximadamente 8°C na temperatura de equilíbrio da superfície terrestre.

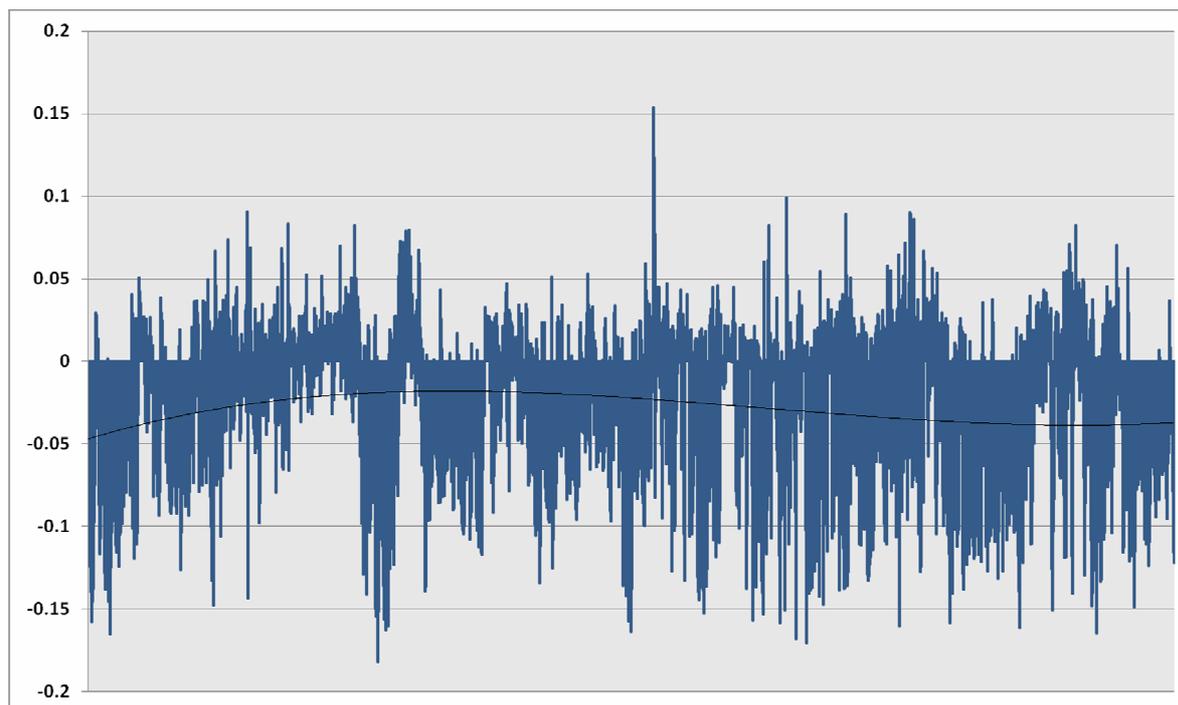


Figura 7. Perfil no sentido noroeste-sudeste que mostra a variação do albedo entre a época seca e chuvosa.

6. Conclusões

Estudos sobre a alteração do albedo em sistemas dinâmicos são muito importantes para a modelagem ambiental. A inserção de uma vegetação dinâmica, cujos valores de albedo variam sazonalmente, é de fundamental importância para estimar todos os parâmetros meteorológicos e prover uma previsão do tempo mais precisa. Desta forma, torna-se necessário o monitoramento de áreas com grande variação inter e intra-anuais, como o bioma Pantanal, no qual o regime hidrológico associado com o relevo plano e o sistema de drenagem ocasionam alterações significativas na cobertura da terra.

Percebe-se no Pantanal uma variação significativa dos valores de albedo que ocasionam mudanças nas interações do balanço de energia da superfície. Em regiões alagadas, a diminuição do valor do albedo deve-se, principalmente, ao comportamento espectral da água e sua interação com a radiação eletromagnética.

7. Referências

Betts, A.J.; Ball, J. H. The FIFE surface diurnal cycle climate. **Journal of Geophysical Research**, v. 100, n. D12, p. 25679-25693, 1995.

Canty, M. J.; Nielsen, A. A.; Schmidt, M. Automatic radiometric normalization of multitemporal satellite imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 91, p. 441-451, 2004.

Chander, G.; Markham, B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. **IEEE Trans. Geosc. and Rem. Sens.**, v. 41, n. 11, p. 2674-2677, 2003.

Dickinson, R. E. Changes in land use. In: Trenberth, K. E. **Climate System modelling**. New York: Cambridge University Press, p. 689-701. 1992a.

Hall, F. G.; Strelbel, D. E.; Nickeson, J. E.; Goetz, S. J. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multitemporal, multisensor images. **Remote Sensing of Environment**, v. 35, p. 11-27, 1991.

Liang, S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I algorithms. **Remote Sensing of Environment**. 76, 213-238, 2000.

Ichoku, C.; Kaufman, Y. J. A method to derive smoke emission rates from MODIS fire radiative energy measurements. **IEEE Trans. Geosc. and Rem. Sens.**, v. 43, n. 11, p. 2636-2649, 2005.

Magalhães, N. W. **Conheça o Pantanal**. São Paulo: Terragraph, 390p., 1992.

Oliveira, M. B. L.; Randow, C.; Manzi, A. O.; Alvalá, R. C. S.; Sá, L. D. A.; Leitão, M. M.; Souza, A. Fluxos Turbulentos de Energia sobre o Pantanal Sul Matogrossense. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3b, 371-377, 2006.

Pereira, E. B., Martins, F. R., Abreu, S. L., Couto, P., Stuhlmann, R.; Colle, S. Effects of burning of biomass on satellite estimations of solar irradiation in Brazil. **Solar Energy**, 68 (1): 91-107, 2000.

Pereira, G.; Moraes, E. C.; Arai, E.; Oliveira, L. G. L. Estudo preliminar da estimativa da reflectância e albedo de micro sistemas pantaneiros a partir de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia: RBC**, v. 59, n. 1, p. 55-61, Abril 2007. Disponível em: <http://www.rbc.ufrj.br/_2007/59_1_07.htm>. Acesso em: 08 maio 2009.

Silva, J. S. V; Abdon, M. M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas subregiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 33. n. especial, p. 1703-1711, out. 1998.

Silva, R. C. **Estudo do Balanço de Radiação no Pantanal Sul Matogrossense**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 213 p. 2002.

Silva, R. C.; Alvalá, R. C. S.; Manzi, A. O.; Souza, A. **Estimativa da radiação de onda longa atmosférica no Pantanal Sul-Matogrossense durante o período seco de 1999**. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002.

Vermote, E. F.; Tanre, D.; Deuze, J. L.; Herman, M.; Morcrette J. J. Second Simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview. **IEEE Trans. Geosc. and Rem. Sens.** 35 <3>: 675-686, 1997