

# Variabilidade espacial e temporal do albedo obtido a partir de imagens MODIS na região do Pantanal

Pedro Rogerio Giongo<sup>1</sup>  
Carlos Roberto Padovani<sup>2</sup>  
Carlos Alberto Vettorazzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP  
Caixa Postal 09 – 13418-900 - Piracicaba - SP, Brasil  
{prgiongo, cavettor}@esalq.usp.br

<sup>2</sup> EMBRAPA PANTANAL  
Caixa Postal 109 – 79.320-900 – Corumbá - MS, Brasil  
Doutorando em Ecologia Aplicada pelo CENA/ESALQ/USP  
guara@cpap.embrapa.br

**Abstract.** Pantanal wetland, a mankind heritage biome, has been quickly converted from native vegetation to agricultural and pasture areas, but there are no studies evaluating the consequences of such conversions for regional climate changes. This study aimed at to estimate albedo spatio-temporal variability in the Pantanal wetland region and surrounding highlands, using the MOD43B3 data from the land surface sensor Terra/Aqua from MODIS satellite. We obtained twelve orbital images for the hidrological year from July, 2007 to June, 2008. Albedo values were higher in highlands compared to the Pantanal wetland for the entire period, due the extensive seasonal flooded areas in the Pantanal. Surfaces with the higher albedo variability were the highland-agriculture areas and seasonal flooded plains. The conversion from native vegetation to agricultural and pasture surfaces increased the albedo values, indicating changes in the regional energy balance.

**Palavras-chave:** hydrology, image processing, reflectance, hidrologia, processamento de imagens, reflectância.

## 1. Introdução

O Pantanal é uma das maiores planícies sazonalmente alagáveis do planeta, ocupando uma grande porção do centro-oeste do Brasil. Está situado a oeste do estado do Mato Grosso do Sul, estendendo-se ainda pelo sudoeste do Mato Grosso, Paraguai e Bolívia. Abrange, no Brasil, uma área aproximada de 138.000 km<sup>2</sup>, que periodicamente é inundada pelo rio Paraguai e seus afluentes e pelas águas das chuvas, o que faz com que a região apresente períodos de inundações alternados com períodos secos (Brasil, 1974). O Pantanal apresenta grandes contrastes ao longo do ano, com épocas secas e alto risco de queimadas, e períodos chuvosos, chegando a formar uma lâmina de água, em alguns locais (Magalhães, 1992). Isso provoca uma variação espacial e temporal na superfície do terreno, com relação a umidade do solo, rugosidade e cobertura vegetal, alterando o albedo e, conseqüentemente, os processos físicos da atmosfera da região.

O albedo é definido como a razão entre a radiação solar refletida e a radiação solar incidente em uma superfície. É o principal fator que afeta o balanço de radiação terrestre e tem sido freqüentemente considerado em estudos do clima global e regional. A Amazônia, como exemplo, é uma das regiões do planeta onde a resposta da circulação atmosférica regional a mudanças do albedo superficial é mais intensa.

Segundo Nobre et al. (1991), estudos de simulação utilizando diversos modelos mostram que a conversão da floresta tropical em pastagem causa uma redução na precipitação local, que é correlacionada à mudança no albedo da superfície. Este fato também se aplica ao Pantanal, que está constantemente em processo de mudanças de sua cobertura natural, tanto pelos processos naturais como antrópicos.

A irradiância solar é a fonte primordial de energia nos ecossistemas terrestres, condicionando a temperatura da superfície e as intensidades dos fluxos energéticos, entre a superfície e a atmosfera, e os processos biofísicos, como evapotranspiração e produtividade primária (Oke, 1987). Quando a radiação solar é interceptada por um alvo podem ocorrer os seguintes fenômenos: reflexão, transmissão, absorção e emissão. Tais interações são usadas para estimar os balanços de radiação de ondas curtas e ondas longas. Essas interações estabelecem o equilíbrio térmico de um ecossistema terrestre. Conhecendo-se o albedo da superfície (reflectância integrada por todo o espectro eletromagnético e em todas as direções), o termo de balanço de ondas curtas pode ser determinado a partir de estimativas da irradiância solar.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição espacial e temporal do albedo de superfície na bacia do alto rio Paraguai e Pantanal, no Brasil, Bolívia e Paraguai, utilizando os produtos MODIS Terra/Aqua.

## 2. Metodologia

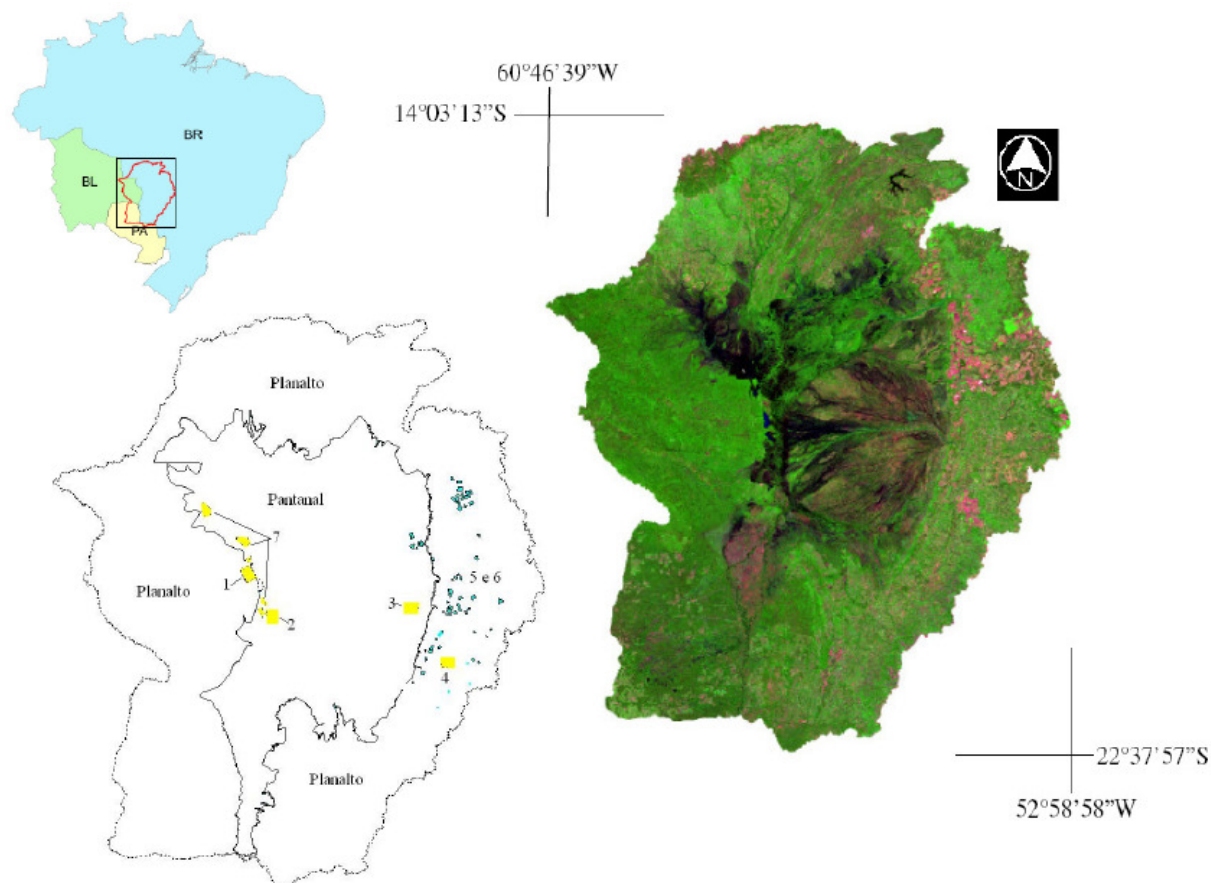
A área de estudo encontra-se delimitada entre as coordenadas geográficas 14° e 23° de latitude S e 61° e 53° de longitude W (Figura 1). A delimitação do Pantanal é o resultado da fusão das delimitações de Hamilton et al. (1996), Silva e Abdon (1998) e IBEG (2004). A delimitação da bacia do alto Paraguai (Padovani et al. em prep.).

Foram utilizados os produtos albedo MODIS Terra/Aqua (MCD43B3) para as datas: 03/julho, 19/julho, 04/agosto, 20/agosto e 10/dezembro de 2007, e 02/fevereiro, 05/março, 06/abril, 22/abril, 16/maio, 09/junho e 25/junho de 2008, referentes aos *tiles* h12/v10 e h12/v11.

O produto MOD43B3 encontra-se disponível em arquivos HDF-EOS na versão 4 (V004) nível 2G/nível 3, projeção sinusoidal, em quadrículas de 1.200 x 1.200 pixels, resolução espacial de 1.000 m, resolução radiométrica de 16 bits e para 10 bandas distintas. As imagens foram obtidas gratuitamente e mosaicadas, recortadas, re-projetadas (WGS84, UTM, fuso 21) e convertidas do formato HDF para TIF, utilizando-se a ferramenta MODIS Reprojection Tool Web Interface (MRTWeb) pelo site [www.mrtweb.cr.usgs.gov](http://www.mrtweb.cr.usgs.gov).

O produto albedo da superfície terrestre (MOD43) é integrado num período de 16 dias e numa resolução de 1km, necessitando de pós-processamento para ajustes e correções. Esta integração em 16 dias geralmente apresenta defeitos oriundos principalmente pela presença de nuvens em um ou mais dias do período integrado. Apesar das limitações existentes no produto albedo MODIS, este vem sendo amplamente utilizado pela comunidade científica.

Esse produto vem com duas camadas de informação, sendo que a primeira contém informações do albedo diurno (bandas de 1\_1 a 10\_1) e noturno (2\_1 a 10\_2) e a segunda camada descreve os pontos da imagem que possuem maior precisão das estimativas do albedo.



**Figura 1:** Bacia do alto Paraguai e Pantanal entre Brasil, Bolívia e Paraguai, imagem MODIS de 07/abr/2008, em composição RGB bandas 7-2-1 do produto MOD09 e identificação das áreas homogêneas amostradas.

O produto MCD43B3 consiste da refletância direcional hemisférica e a refletância bihemisférica, para sete bandas espectrais (bandas de 1 a 7) e três bandas largas ,8, 9 e 10, em que a refletância direcional hemisférica e a refletância bihemisférica marcam os casos extremos de iluminação direta e difusa (Schaaf et al., 2002).

Para calcular o albedo foi levada em consideração a combinação linear de oito bandas espectrais do MODIS (bandas 1 a 8). A descrição das bandas, bem como os coeficientes propostos por Liang et al. (1999), estão na Tabela 1.

**Tabela 1.** Bandas espectrais do sensor MODIS utilizadas pelo produto albedo (MOD43B3) e os coeficientes de conversão do albedo espectral para albedo (Fonte: Liang et al., 1999).

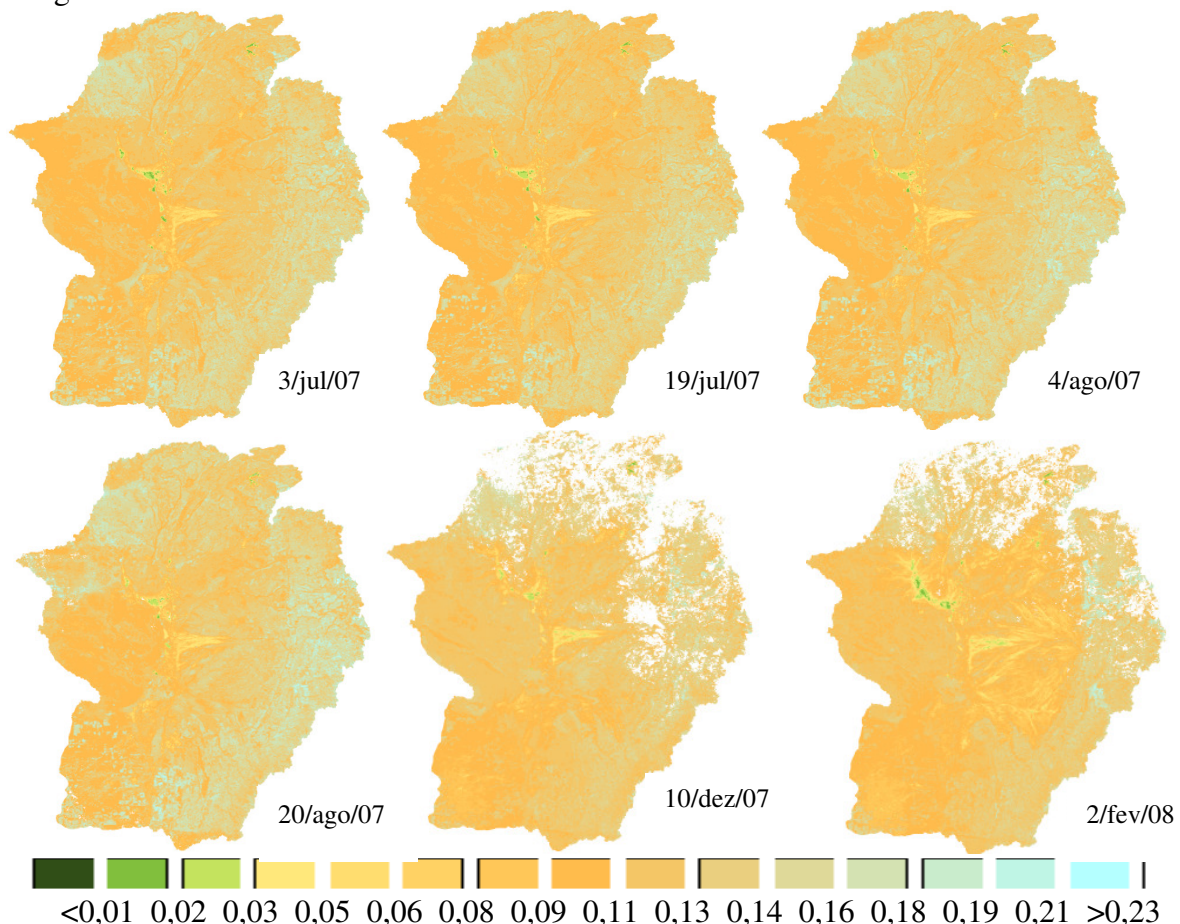
Bandas	Comprimento (µm)	Coefficiente de conversão	Região do espectro
1	0,620-0,670	0,3973	Vermelho
2	0,841-0,876	0,2382	Infravermelho próximo
3	0,459-0,479	0,3489	Azul
4	0,545-0,565	-0,2655	Verde
5	1,230-1,250	0,1604	Infravermelho próximo
6	1,628-1,652	-0,0138	Infravermelho médio
7	2,105-2,155	0,0682	Infravermelho médio
8	0,400-0,700	0,0036	Visível
9	0,700-4,000	-	Infravermelho
10	0,250-4,000	-	Onda-curta

Para avaliar o albedo em superfícies homogêneas e distintas, foram extraídas amostras para floresta chiquitana no planalto da Bolívia (1), Pantanal permanentemente inundado (2), Pantanal sazonalmente inundado (3), agricultura no planalto brasileiro (4), pastagem no planalto brasileiro (5), cerrado denso no planalto brasileiro (6) e os grandes lagos do Pantanal (7), conforme localização na Figura 1. As amostras 1, 2, 3 e 4 foram obtidas como polígonos únicos, enquanto que as amostras 5, 6 e 7 foram obtidas, cada uma, da reunião de vários polígonos, devido a fragmentação da cobertura. Foram amostradas também as áreas de planalto e Pantanal e obtidos os respectivos histogramas para o período chuvoso (02/fev) e período seco (20/ago).

### 3. Resultados e Discussão

Os valores de albedo do planalto foram superiores aos do Pantanal, em todo o período estudado (Figura 2), devido ao planalto apresentar superfícies bem drenadas e de vegetação mais seca, com presença de solo exposto, ao contrário da região do Pantanal, onde existem áreas permanente ou sazonalmente inundadas. No Pantanal ainda há maior extensão de vegetação nativa, enquanto que no planalto a maior parte da área já foi convertida em pastagens ou agricultura. Estes resultados concordam com Correia et al. (2002), que citam valores elevados de albedo de superfície, associados a superfícies suaves, secas e de coloração clara, enquanto que valores menores estão associados a superfícies rugosas, úmidas e de coloração escura.

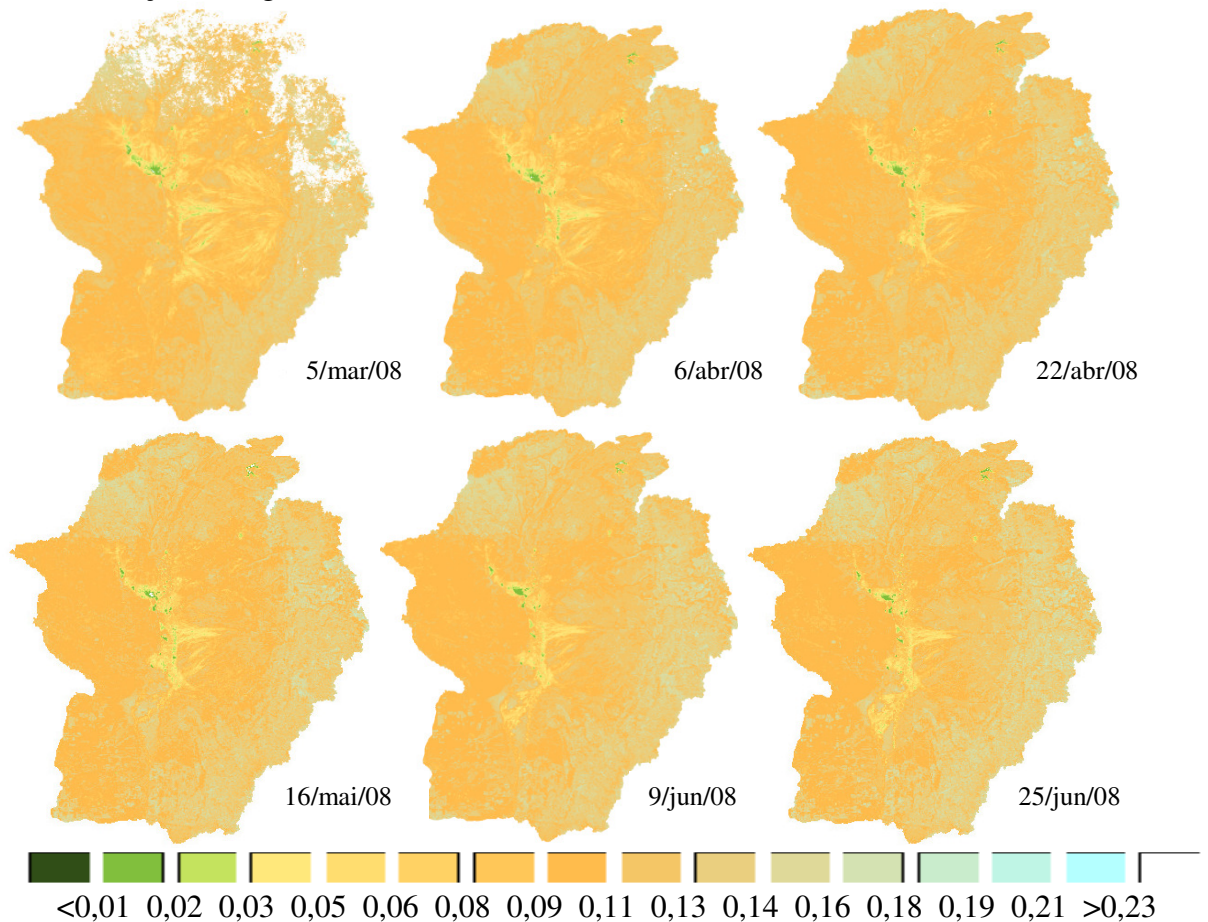
Na Figura 2, a cor branca da legenda corresponde às áreas com cobertura de nuvens nas imagens.



**Figura 2:** Albedo, obtido na região do Pantanal, nos dias julianos 185, 201, 217, 233 e 345 de 2007 e 33, 65, 97, 113, 137, 161 e 177 de 2008.

Continua Figura 2 ...

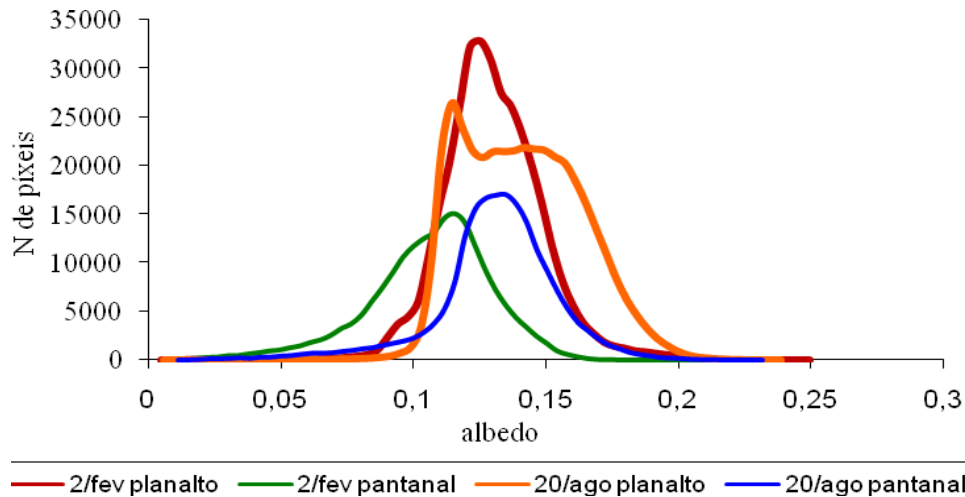
... continuação da Figura 2.



**Figura 2:** Albedo, obtido na região do Pantanal, nos dias julianos 185, 201, 217, 233 e 345 de 2007 e 33, 65, 97, 113, 137, 161 e 177 de 2008.

No Pantanal é possível verificar, a partir dos histogramas dos períodos seco e chuvoso, que os valores de albedo são inferiores, comparados aos do planalto, pela presença de superfícies inundadas e pela própria vegetação estar mais bem suprida de água e porque esta região é menos antropizada. No Pantanal, o histograma do período seco apresentou valores de albedo maiores que do período inundado, com dois picos distintos. Porém, em termos de número de pixels, como medida de área, houve uma alternância proporcional entre áreas secas e inundadas (Figura 3).

No planalto, os valores de albedo encontram-se mais agrupados no histograma da imagem correspondente ao período da chuva, formando um pico mais pronunciado que no período de seca (Figura 3).

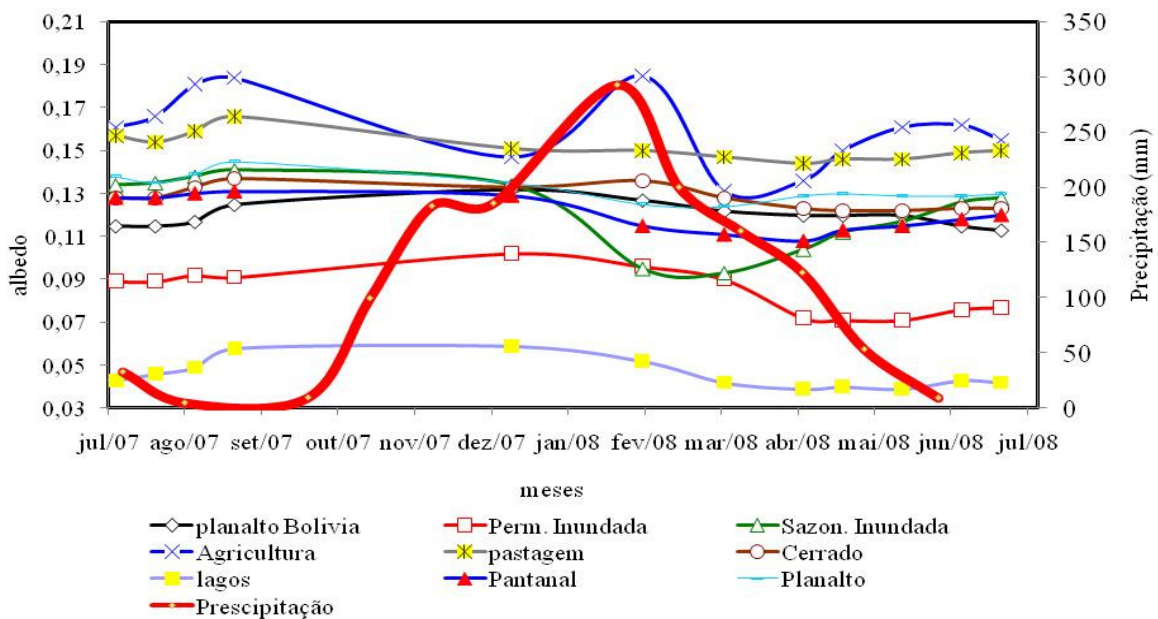


**Figura 3:** Histogramas de frequência de albedo, nas regiões do Pantanal e planalto, nos períodos chuvoso (2/fev) e seco (20/ago).

Na Figura 4 estão os valores médios para as superfícies homogêneas extraídos das imagens correspondentes ao período de estudo.

Os valores médios de albedo da floresta chiquitana e do cerrado não variaram expressivamente ao longo do período e oscilaram entre 12% e 14% (Figura 4). Estes valores concordam com os valores encontrados por Querino et al. (2006) que obtiveram, para floresta, valores médios de 13%. Esses autores ainda citaram que existe grande variação no albedo entre os períodos seco e chuvoso devido às mudanças de coloração da vegetação, que se torna mais verde no período chuvoso, além do solo ficar mais escuro, devido à maior umidade.

A pastagem teve comportamento semelhante, com valores médios entre 14% e 16%. Isso porque a pastagem é uma vegetação perene, mantendo a cobertura do solo.



**Figura 4:** Valores médios de albedo para amostras de superfícies homogêneas e para o planalto e Pantanal e precipitação acumulada mensal do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) *Online Visualization and Analysis System* (NASA, 2008).

As áreas agrícolas tiveram grande variação nos valores de albedo, variando entre 13% a 19%. Esta característica era esperada para aquela região por tratar-se de culturas anuais, que recobrem a superfície por um curto período, sendo posteriormente colhidas, deixando assim o solo exposto, e que no inverno são substituídas por outras culturas que possuem valores diferente de albedo. Observou-se que essa variabilidade coincide com a variabilidade das chuvas em função das práticas de manejo das culturas anuais, como a soja, existentes na região. Existe ainda uma oscilação nos valores durante o ciclo da cultura (estádios: inicial, crescimento e maturação). André e Viswanadham (1983), estudando uma cultura de soja, observaram que o albedo variou com o desenvolvimento desta, além de mostrar-se inversamente relacionado à altura das plantas.

Na superfície de inundação sazonal, os valores médios de albedo variaram entre as fases inundada e seca, de 9,3% a 14,1%, respectivamente. Na fase de seca, os valores são maiores em função da resposta da vegetação e solos. Na fase de inundação os valores são menores, devido à baixa resposta da água e devido à maior área inundada, semelhantes aos valores da superfície permanentemente inundada para os meses de fevereiro a março. Observou-se uma clara relação negativa entre os dados de precipitação e os valores de albedo da superfície sazonalmente inundada para os meses de dezembro a março. A porcentagem da superfície permanentemente inundada variou de 7,1% a 10,2%.

Os grandes lagos possuem valores bem menores que as demais superfícies, com variações médias entre 3,5% a 6%, uma vez que a resposta é puramente de água. Silva et al. (2005) encontraram valores entre 2% a 7%, enquanto que Bastiaanssen (2000) encontrou valores entre 3% a 10% para albedo em superfícies com água, valores semelhantes aos obtidos neste estudo.

É possível verificar o quanto o albedo pode ser alterado em uma determinada região e as conseqüências no cômputo do balanço de energia regional. Na Figura 4, verifica-se que a conversão de cerrado para agricultura ou pastagem eleva os valores de albedo e uma menor quantidade de energia é absorvida pela superfície. Essa energia terá que retornar à atmosfera em forma de calor sensível ou calor latente, sendo que o fluxo de calor latente de um solo é responsável pela evaporação. Dessa forma, a alteração da cobertura estaria minimizando estes fluxos e, conseqüentemente, uma menor quantidade de água seria retirada dos solos para a atmosfera, alterando assim a composição natural de vapor de água da atmosfera em escala regional.

#### **4. Conclusões**

As superfícies que apresentam maior variabilidade ao longo do ciclo hidrológico são a agricultura no planalto e a superfície sazonalmente inundada no Pantanal.

Os maiores valores de albedo de superfície foram obtidos no planalto, especialmente em área de agricultura e pastagem.

A conversão da vegetação natural para agricultura ou pastagem aumenta os valores de albedo, sugerindo alterações no balanço de energia.

#### **Referências bibliográficas**

André, R. G. B.; Viswanadham, Y. Radiation balance of soybeans grown in Brazil. **Agricultural Meteorology**. v. 30, p.157-173, 1983.

Bastiaanssen, W. G. M. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hidrology**. v.229, p. 87-100, 2000.

BRASIL. Ministério do Interior. Departamento Nacional de Obras de Saneamento. **Estudos Hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai**: relatório Técnico. Rio de Janeiro, v.1. 1974.

Correia, F. W. S.; Alvalá, R. C. S.; Gielow, R. Albedo do Pantanal Sul Matogrossense durante o período de transição seco-úmido de 2001-2002, In: Congresso Brasileiro De Meteorologia, 12., Foz do Iguaçu, **Anais...** Foz do Iguaçu: [s.n.], 2002.

Hamilton, S. K.; SIPPEL, S. J.; MELACK, J. M. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. **Archiv fur Hydrobiologie**, Stuttgart, v.137, p.1-23, jul., 1996.

IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil**; primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE. 2004.

Liang, S.; Strahler, A. H.; e walthall, C. Retrieval of land surface albedo from satellite observations: A simulation study. **Journal of Applied Meteorology**, v.38, n.6, p.712-72, 1999.

Magalhães, N. W. **Conheça o Pantanal**. São Paulo:Terragraph, 1992. 400 p.

MRTWeb, MODIS Reprojection Tool Web Interface. **Enhanced MODIS data discovery and delivery services from the LP DAAC**. Disponível em: <http://www.mrtweb.cr.usgs.gov/> acessado em 20 set. 2008.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Earth observing system data gateway**. Disponível em: <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/ims/welcome/>. Acesso em: 15 fev. 2008.

Nobre, C., Sallers, P., Shukla, J.; Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal climate**. Washington DC. v. 4. p.957 - 988. 1991.

Oke, T. R. **Boundary Layer Climates**. Routledge, New York. 1987.

Padovani, C. R. et al. **Delimitação da bacia do alto Paraguai e Pantanal**. Em preparação.

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 zênital na região amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**. Rio de Janeiro, v.21, n.3a. p.42-49, 2006.

Schaaf, C. B.; Gao, F.; Strahler, A.; Lucht, W.; Li, X.; Tsung, T.; Strugnel, N.; Zhang, X.; Jim, Y.; Muller, J. P.; Lewis, P.; Barnsley, M.; Hobson, P.; Disney, M.; Roberts, G.; Dunderdale, M.; Doll, C. d'Entremont, R.; Hu, B.; Liang, S.; Previtte, J.; Roy, D. First operational BRDF, albedo and nadir reflectance products from MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p.135-148, 2002.

Silva, J. dos S. V. da; Abdon, M. de M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, p.1703-11 1998.

Silva, J. S. V.; Abdon, M. M.; Boock, A.; Silva, M.P. da. Fitofisionomias dominantes em parte das sub-regiões do Nabileque e Miranda, Sul do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33 (número especial), p. 1713-1720, 1998.