

ESTUDO PRELIMINAR DA ESTIMATIVA DA REFLECTÂNCIA E ALBEDO DE MICROSSISTEMAS PANTANEIROS A PARTIR DE IMAGENS DE SATÉLITE

Preliminary study of the reflectance and albedo estimated from satellite images of Pantanal microsystems

Gabriel Pereira¹
Elisabete Caria Moraes¹
Egídio Arai¹
Luís Gonçalves Longo de Oliveira¹

¹**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE**
Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{gabriel, bete, egidio, luis}@dsr.inpe.br

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal a estimativa da reflectância de microssistemas pantaneiros através de imagens do sensor TM (*Thematic Mapper*) do Landsat 5. Para a obtenção dos valores de albedo e de reflectância no visível e no infravermelho próximo e médio utilizou-se a fórmula proposta por LIANG (2000). Para avaliação do método utilizado, os resultados da transformação dos níveis de cinza da imagem TM em reflectância e albedo foram confrontados com medidas realizadas em campo utilizando o piranômetro CM5 e saldo radiômetro CNR1 da Kipp&zonen e quantum LI-190SA da Licor Incorporation. Constatou-se a existência de diferenças significativas nos valores de albedo e reflectância entre os períodos de cheia e seca para a região de Passo do Lontra – Corumbá – Mato Grosso do Sul., que podem variar de 2 a 5% no albedo, de 1 a 3% na reflectância do visível e de 4 a 9% na reflectância do infravermelho próximo e médio.

Palavras chaves: Sensoriamento remoto, reflectância in-band, albedo, microssistemas pantaneiros, Pantanal sul-mato-grossense, TM/Landsat 5.

ABSTRACT

The present work has as main objective to estimate the reflectance of Pantanal's microsystems using Landsat 5 Thematic Mapper (TM) images. To obtain the albedo values and visible and near/mid infra-red reflectances, the formula proposed by LIANG (2000) was used. For evaluating the method utilized, the results of the digital number transformation in reflectance and albedo were confronted with the ground measurements performed in the field using a piranometer CM5 and net radiometer CNR1 of the Kipp&Zonen and quantum LI-190SA of the Licor Incorporation. It was verified significant differences of albedo and reflectance values in the flood and dry periods for the region of Passo do Lontra - Corumbá – Mato Grosso do Sul. These differences can vary from 2 to 5% for albedo, from 1 to 3% for visible reflectance and from 4 to 9% for near and middle infrared reflectances.

Key-words: Remote sensing, in-band reflectance, albedo, pantanal's microsystems, sul-mato-grossense pantanal, TM/Landsat 5.

1. INTRODUÇÃO

A partir do momento em que o homem passa a participar da história natural do planeta, seus atos influenciam, de forma rápida e indevida, o meio ambiente. A constante intensificação no uso de recursos naturais, associada ao modo de produção vigente na sociedade, produz técnicas inapropriadas de uso e manejo, causando na sociedade uma grande preocupação ambiental.

O Pantanal é a maior planície da Terra sujeita a inundações periódicas, intra e inter-anual, sendo composto por vários ecossistemas que possuem uma das maiores diversidades biológicas do mundo. Tais características justificam o estudo e o empenho da comunidade científica em tratá-lo como área de proteção ambiental (SILVA e ABDON, 1998).

Encontrando-se ainda bastante conservado, o Pantanal apresenta grande importância sócio-econômica no panorama nacional. Porém, a agropecuária, principal atividade econômica da região, vem acelerando o processo de desmatamento e de queimadas.

A grande dinâmica na substituição dos elementos naturais relacionadas ao uso e ocupação do solo, produz modificações significativas nas interações físico-químicas e biológicas dos alvos com a radiação eletromagnética (REM), que ocorre através de três processos: absorção, reflexão e transmissão.

Os satélites ambientais são essenciais para a realização do monitoramento contínuo do Pantanal e, dentre seus produtos, a reflectância espectral ou total permite a caracterização das alterações naturais e bruscas na superfície.

Além do monitoramento das alterações na superfície, os produtos estimados através das imagens de satélites ambientais propiciam uma melhor representabilidade das variáveis e dos parâmetros essenciais à inicialização de modelos de previsão de tempo e clima. Essas propriedades estão intrinsecamente relacionadas com a assimilação de dados orbitais e radiométricos.

O albedo da superfície é definido como a razão entre todo o fluxo solar por ela refletido sobre o fluxo nela incidente, ou seja, a reflectância integrada em toda a faixa do espectro solar. O albedo da superfície está diretamente relacionado com as trocas de energia e afetam os regimes radiativos, ocasionando variações na temperatura, modificação no clima local e mudanças no calor latente e sensível, alterando significativamente o balanço energético da atmosfera (PEREIRA *et al.*, 2000).

2. OBJETIVOS

Nesse contexto o escopo do trabalho consistirá na estimativa, aferição e análise do albedo e das reflectâncias nas faixas do visível, infravermelho próximo e médio, gerados através dos dados provenientes do sensor TM/Landsat 5, para a sub-região

de Miranda, pertencente ao Pantanal Sul-Matogrossense. Deve-se, então, comparar as variações ocorridas em diferentes microssistemas pantaneiros e relaciona-las com a época chuvosa e de seca.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo e dados utilizados

A área estudada abrange a região próxima à Base de Estudo do Pantanal (BEP), pertencente à Universidade Federal do Mato Grosso do Sul e assinalada em preto na fig. 1, cujas coordenadas são 19°33'48,2"S; 57°00'53,8"W. A base está situada em Passo do Lontra, região Sul do Pantanal, pertencente ao município de Corumbá, Mato Grosso do Sul (MS).

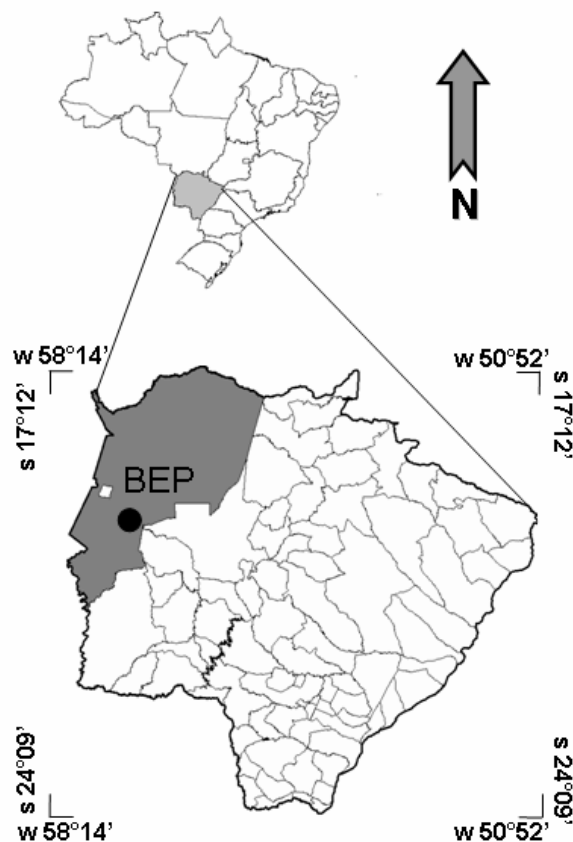


Fig. 1 – Área de Estudo em Passo do Lontra, Corumbá, MS.

Os dados radiométricos foram coletados em uma torre micrometeorológica no dia 30 de setembro de 2000. Os dados registrados continuamente foram as radiações solares globais incidente e refletida, as radiações fotossinteticamente ativas incidente e refletida (PAR) e o saldo de radiação solar. Estes dados foram coletados com os instrumentos listados na tabela 1.

**TABELA 1 – INSTRUMENTAÇÃO
RADIOMÉTRICA**

Parâmetros	Instrumentos	Acurácia
Radiação solar incidente e refletida	Piranômetro (CM5 da Kipp & Zonen)	$\pm 0,5\%$ em 20°C
PAR incidente e refletido	Quantum (LI-190SA da Licor Inc.)	$\pm 5\%$
Saldo de radiação	Saldo radiômetro (CNR1 da Kipp&Zonen)	$\pm 10\%$

Em 2000 a região em estudo passava por uma transição entre a estação seca e chuvosa. Durante a coleta de dados, o solo encontrava-se úmido, com pequena lâmina de água a leste da torre, coberto por gramíneas mais verdes. Ao sul da torre, a vegetação era caracterizada por um cinturão de paratundais e mata ciliar. Ao norte e ao oeste encontravam-se arbustos e árvores de médio porte situadas em região com extensas áreas de gramíneas, enquanto que à leste, predominavam campos limpos (SILVA e ALVALÁ, 2002).

Os dados radiométricos da BEP foram utilizados como verdade terrestre para avaliar as estimativas de albedo e das reflectâncias nas faixas do visível e do infravermelho (próximo e médio) realizadas a partir das imagens TM do satélite Landsat 5. Foram estimadas estas propriedades para quatro microssistemas, classificados na tabela 2.

**TABELA 2 – MICROSSISTEMAS PANTANEIROS
E SUA POSIÇÃO RELATIVA À BEP**

Região	Classificação da superfície	Posição em relação à BEP
1	Cerrado sujeito a inundação	Sudeste
2	Campo alagado	Nordeste
3	Campo sujo	Sudoeste
4	Mata ciliar	Sudoeste

Para verificar as alterações temporais e sazonais nesta região empregou-se a mesma metodologia para três imagens TM/Landsat 5 nas datas 16 de fevereiro, 04 de março e 10 de julho de 2005.

3.2 Metodologia

LIANG (2000) propôs formulações de estimativa de albedo e de reflectâncias (visível e infravermelho) a partir de imagens de satélite. A utilização desta formulação é feita após a conversão do número digital de cada elemento da imagem em valores de reflectância da superfície para cada banda do sensor TM/Landsat 5. Esta transformação é baseada no processo de transferência radiativa. Neste estudo foi utilizado o modelo de correção atmosférica denominado

Segunda Simulação de Sinais de Satélites no Espectro Solar - 6S (VERMOTE, 1997). Os coeficientes definidos por LIANG (2000) para os sensores TM/Landsat 5 e ETM+/Landsat 7 foram ajustados para a região em estudo e são definidos pelas expressões:

$$A = 0,420 \alpha_1 + 0,153 \alpha_3 + 0,440 \alpha_4 + 0,100 \alpha_5 + 0,084 \alpha_7 - 0,0018 \quad (1)$$

$$R_{vis} = 0,564 \alpha_1 + 0,417 \alpha_2 + 0,306 \alpha_3 \quad (2)$$

$$R_{iv} = 0,755 \alpha_4 + 0,231 \alpha_5 + 0,126 \alpha_7 - 0,003 \quad (3)$$

Onde “A”, “ R_{vis} ” e “ R_{iv} ” representam o albedo, a reflectância no visível e a reflectância no infravermelho próximo e médio, respectivamente. “ α_n ” indica o valor de reflectância obtido para uma banda “n” do sensor TM/Landsat 5.

Tanto o tratamento das imagens de satélites como a obtenção das estimativas das propriedades (albedo e reflectância) foram realizados através do Sistema de Informações Geográficas SPRING 4.3, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A imagem do ETM+/Landsat 7, ortorretificada na projeção UTM, datum WGS 84, com acurácia média de 75 m (GLCF, 2004), foi utilizada como base para o georreferenciamento das imagens utilizadas neste estudo.

Na modulação da interferência da atmosfera através do modelo 6S foram adotadas como condições iniciais a visibilidade de 70 km, a atmosfera tropical e o modelo de aerossóis continental. Todos os casos estudados apresentaram-se livre de nuvens e na modelagem da radiação solar para a situação de céu limpo assumiram-se como principais efeitos atmosféricos a absorção pelos gases (vapor de água, dióxido de carbono, oxigênio e ozônio) e espalhamento pelas moléculas dos gases atmosféricos e aerossóis.

4. Resultados e discussão

A fig. 2 mostra as estimativas do albedo e das reflectâncias nas faixas do visível e do infravermelho próximo e médio, realizadas para o dia 30 de setembro de 2000 através da imagem TM/Landsat 5.

Os produtos de reflectância estimados através de imagens de satélite evidenciam a diferenciação dos microssistemas estudados, sem a realização de trabalhos de campo, principalmente entre os elementos compostos por campo cerrado e por campos alagados.

Na composição colorida estes microssistemas são similares visualmente e suas diferenciações só foram possíveis com a observação terrestre dos ambientes na data. Contudo, a análise dos produtos de reflectância na faixa do visível e do infravermelho próximo e médio destaca a influência das lamina de água em áreas vegetadas. Esta diferenciação foi possível

devido à interação da radiação solar espectral com estes objetos terrestres. A água apresenta baixa reflectância em todo o espectro solar, sendo praticamente total a sua absorção na faixa do infravermelho, enquanto a vegetação apresenta baixa reflectância no visível, devido à forte absorção pelos seus pigmentos, e alta reflectância na faixa do infravermelho próximo, devido à sua estrutura celular.

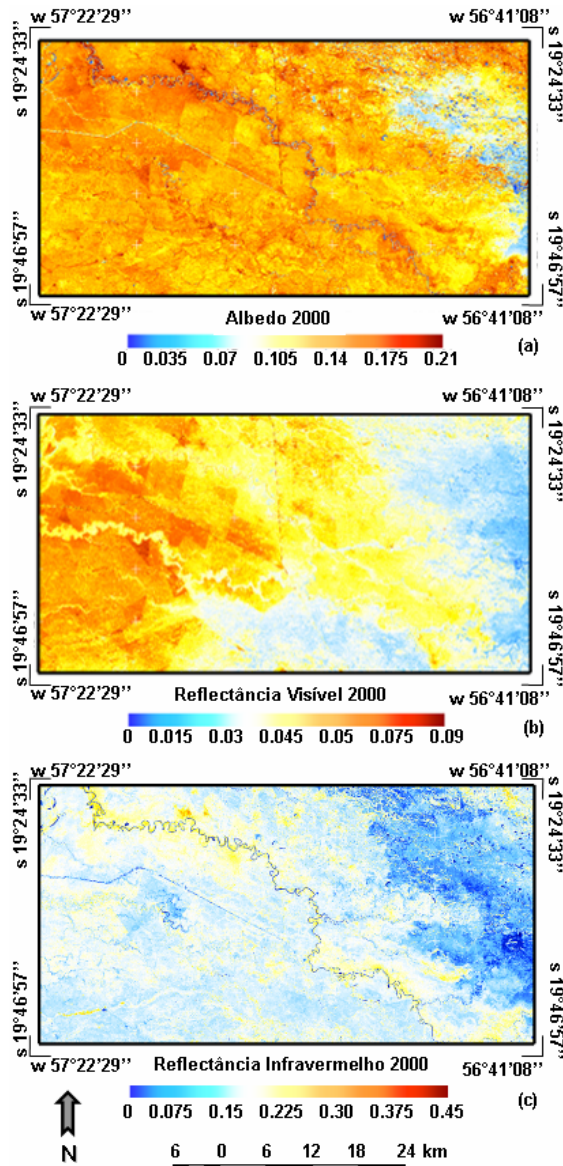


Fig. 2 - Estimativa do albedo (a), da reflectância no visível (b) e reflectância no infravermelho (c)

A fig. 3 apresenta a comparação entre as reflectâncias estimadas e medidas em campo. Nesta análise foram verificadas subestimativas de 3% para o albedo, 5,5% para a reflectância na faixa do visível e uma pequena diferença da ordem de 0,6% para a estimativa da reflectância na faixa do espectro infravermelho próximo e médio. Todos os erros encontrados estão dentro da faixa de acurácia do instrumento.

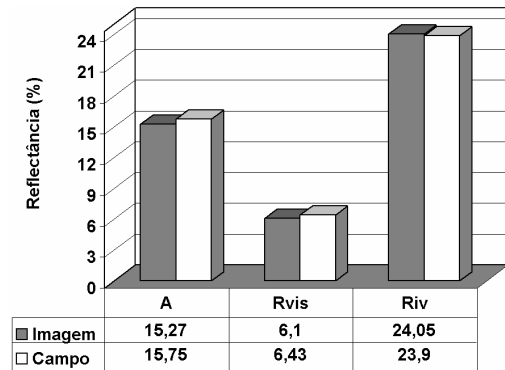


Fig. 3 – Comparação entre reflectâncias e albedos estimados por satélite e os dados de verdade terrestre

Visto que a metodologia mostrou-se eficiente na estimativa desta propriedade, aplicou-se a mesma para as imagens do ano 2005 (fig. 4) objetivando avaliar as modificações ocasionadas em quatro microssistemas, descritos na tabela 2, em condições de estação úmida (16 de fevereiro, 04 de março) e de estação seca (10 de julho).

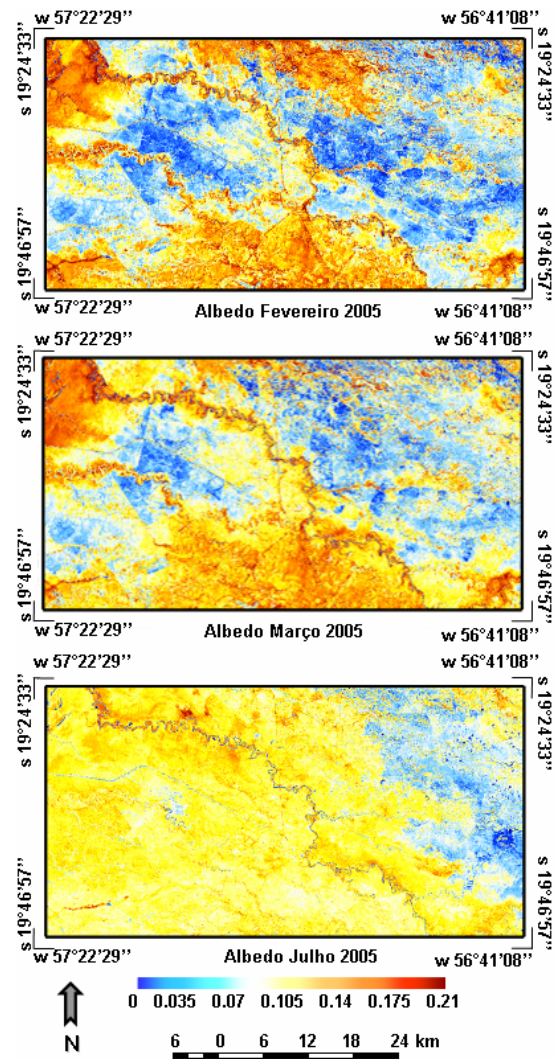


Fig. 4 – Valores de albedo estimados através de imagens do TM/Landsat 5 para Fevereiro, Março e Julho de 2005.

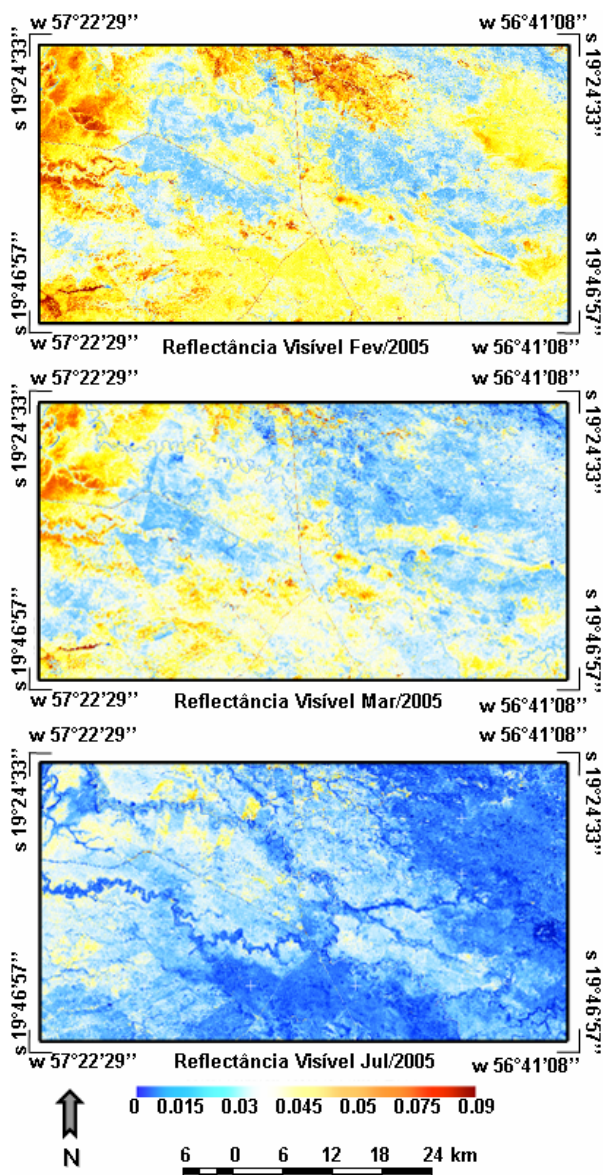


Fig. 5 – Valores de reflectância no visível estimados através de imagens do TM/Landsat 5 para Fevereiro, Março e Julho de 2005.

As imagens multitemporais mostraram uma variação significativa no albedo e nas reflectâncias das faixas do espectro solar visível e infravermelho. Tal fato é fruto do regime climático presente na região de estudo, que proporciona estações do ano bem definidas, com períodos de seca e períodos chuvosos.

É possível observar que o alagamento de áreas pantaneiras ocasionou a diminuição dos valores de reflectância, o que possibilitou a diferenciação entre os campos alagados ou com pequenas laminais d'água e os campos não-inundados nos diferentes produtos de reflectância estimados. As combinações entre os produtos proporcionaram distinções significativas nas diferentes biotas, permitindo avaliar o grau de inundação sob as áreas vegetadas. A fig. 7 mostra a comparação multitemporal destes microssistemas.

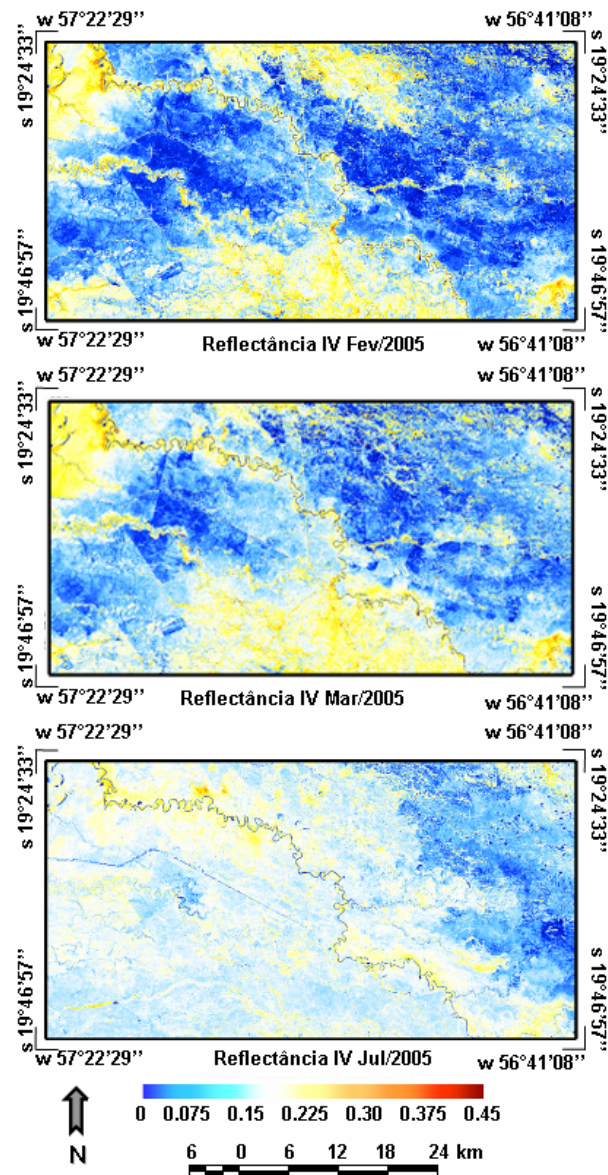


Fig. 6 – Valores de reflectância no infravermelho próximo/médio estimados através de imagens do TM/Landsat 5 para Fevereiro, Março e Julho de 2005.

Ao analisar a fig. 7 pode-se inferir que o microssistema campo sujo pertencia à classe campo limpo em 2000. Isto está relacionado com a diminuição dos valores de reflectância no visível, pois os pigmentos presentes nas folhas ocasionam uma maior absorção de radiação eletromagnética (REM). Porém, na faixa do infravermelho, as reflectâncias foram menores do que em 2000, fato caracterizado pela diminuição da contribuição do solo exposto.

A mata ciliar apresentou variações nos valores de reflectância estimados devido à diferença do vigor vegetativo nos períodos estudados. A vegetação de cerrado possui um comportamento similar à mata ciliar. Em ambos os casos, os valores de reflectância no visível apresentaram-se baixos e os valores de reflectância no infravermelho elevados, fato associado à absorção pelos pigmentos da folha e espalhamento intra e intercelular desta.

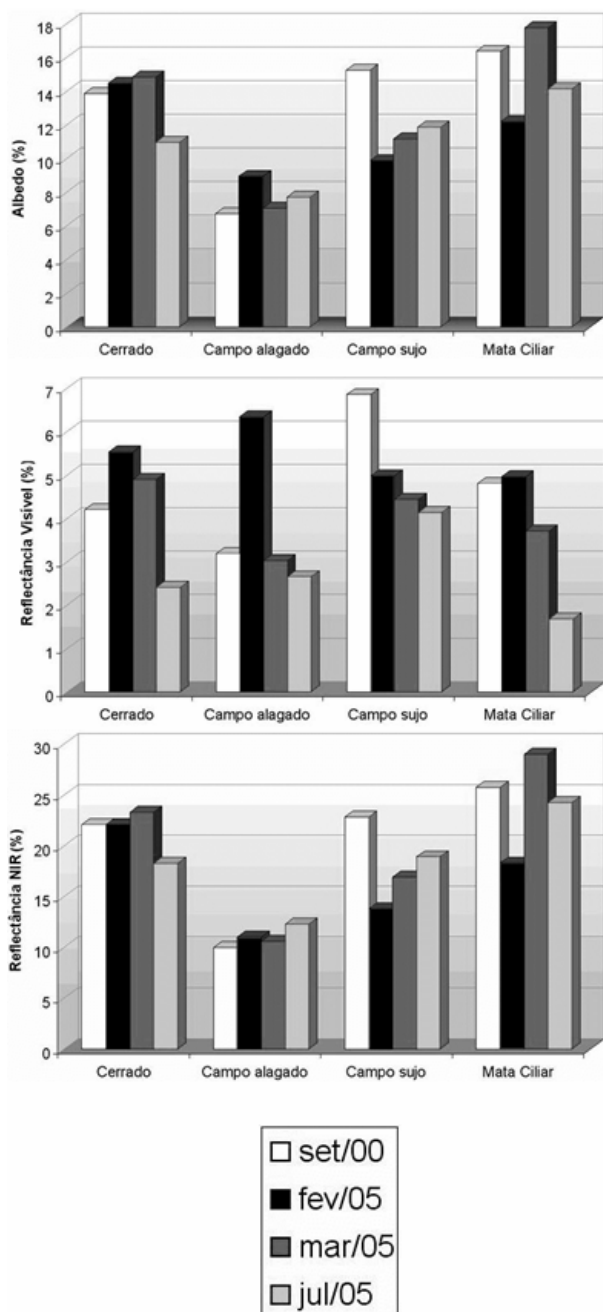


Fig. 7 – Comparações temporais entre os valores médios do albedo, da reflectância no visível e da reflectância no infravermelho próximo/médio estimados por satélite para os microssistemas.

Verificou-se que o campo alagado manteve-se com valores de reflectância muito baixos. Essas variações ocorreram devido à dinâmica local do regime hídrico e florístico ali presente e às suas interações com a REM.

A influência do regime hídrico nos microssistemas alterou de maneira distinta os valores de albedo para as datas em estudo. A dinâmica regional ocasionou variações próximas a 2% no albedo médio do campo alagado, que são significativas em épocas de cheia. O cerrado e a mata ciliar apresentaram valores mais elevados de albedo, proporcionado pelo vigor vegetativo, que variaram em média 5%. A classe campo

sujo sujeita às variações periódicas de acordo com o grau de inundação, recebeu ao longo do tempo a influência da água, o que ocasionou uma variação no albedo estimado de 6%.

O albedo estimado neste estudo para o microssistema cerrado foi de 13%. Para o campo alagado foi de 7%, para o campo sujo, 11%, e para a mata ciliar, 14% aproximadamente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método proposto por LIANG (2000) se mostrou muito eficiente na estimativa dos valores de reflectância no visível, reflectância no infravermelho próximo/médio e no albedo quando comparados com observações realizadas em campo na hora de passagem do satélite.

Através dos produtos gerados usando imagens de satélites podem-se diferenciar campos alagados e campos não inundados. Permitindo a combinação dos diferentes produtos para a análise das biotas existentes no Pantanal, de fundamental importância na inicialização dos modelos de transferência radioativa atuais, possibilitando a melhor eficiência da modelagem do tempo e clima.

A dinâmica dos ecossistemas pantaneiros proporcionam variações multitemporais significativas de acordo com as estações do ano e, padrões de circulações locais e regionais que atuam no Pantanal mato-grossense.

AGRADECIMENTOS

A Dra. Regina Célia Alvalá pela ajuda na coleta das informações sobre a área de estudo e pelos dados cedidos para a realização deste trabalho, ao Dr. Maurício Alves Moreira e a Ms. Rita de Cássia da Silva pela disposição e auxílio na identificação e descrição da classificação florística da região estudada, e ao Dr. Flávio Jorge Ponzoni e Dr. Yosio Edemir Shimabukuro pelo auxílio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GLCF. **Geocover Technical Guide**. Produced by University of Maryland/USA, 2004. Disponível em: <<http://glcf.umd.edu/data/guide/>>. Acesso em: 10/09/2006.

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

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**, V. 68 (1), p. 91-107, 2000.

SILVA, J. dos S.V; ABDON, M.M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, Nesp., p.1703-1711, 1998.

SILVA, R. C. e ALVALÁ, R. C. dos S. Estimativa da radiação de onda longa atmosférica para o Pantanal Sul-Matogrossense durante os períodos secos de 1999 e 2000. In: **Meteorologia e a Gestão de Energia**, 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 Remote Sens.**, V. 35 (3), p. 675-686, 1997.