

## ATRIBUTOS ESPAÇO-TEMPORAIS DOS BIOMAS DO ESTADO DO MATO GROSSO, BRASIL, COM BASE EM SENSORIAMENTO REMOTO NO PERÍODO 1980-2010

Paulo Roberto Martini<sup>1</sup>, Egidio Arai<sup>1</sup>, Valdete Duarte<sup>1</sup>, Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1</sup>,  
Andeise Cerqueira Dutra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Av. dos astronautas, 1758 - 12227-010, São José dos Campos - SP, Brasil  
{paulo.martini, egidio.arai, valdete.duarte, yosio.shimabukuro, andeise.dutra}@inpe.br

### RESUMO

São apresentados os limites cartográficos dos biomas que cobrem o estado do Mato Grosso com ênfase na Amazônia e Cerrado. A base temática são imagens MODIS ortorretificadas coletadas pela NASA e corrigidas desde os PCT's do Acervo ZULU. Mosaicos MODIS foram submetidos ao Modelo Linear de Mistura Espectral. A análise multi-temporal foi desenvolvida a partir de um mosaico-âncora criado desde o Acervo ZULU do ano 2000. Este "benchmark zero" deu sustentação para verificar variações na cobertura vegetal do Mato Grosso, regenerações, inclusive, desde os primeiros desflorestamentos pós-cabralianos dos primórdios da década de 1970, ano a ano, até 2010. Os resultados apontam uma área original de 465.313 km<sup>2</sup> para o Bioma Amazônia, e de 439.657 km<sup>2</sup> para o Cerrados incluindo savanas pantaneiras. Os resultados também definem as áreas de dossel modificadas. A partir destes resultados se entendeu que todos os temas e o procedimento estavam suficientemente conhecidos, devendo as atividades serem sistematizadas. A experiência está sendo levada para o Estado de São Paulo.

**Palavras-chave** — Biomas, Sensoriamento Remoto, Mato Grosso.

### ABSTRACT

*The cartographic boundaries of those bio-ecological systems that cover the State of Mato Grosso with emphasis on Amazonia and Cerrado vegetation signatures are presented. The thematic base is the orthorectify MODIS images collected by NASA and corrected through GCP's of the ZULU-NASA Data Base. Mosaics of MODIS were submitted to the Linear Spectral Mixture Model to save the better spectral and radiometric attributes for soil, vegetation, and water. Temporal analysis was anchored by a mosaic generated through ZULU for the year of 2000. This "benchmark zero" gave sustainability to verify changes in the vegetation cover of Mato Grosso starting back in 1973 when LANDSAT Station began to operate in Brazil. Results show that the Amazonia Bio-system-Biome covers an original area of 465,313 km<sup>2</sup> while the Cerrados Biome covers over 439,657 km<sup>2</sup>, including the savanna of swamps. Results embrace deforestations and regenerations for Amazonia and Cerrados from year to year according to*

*their brightness signatures until 2010. By then, the authors understood that the procedures and themes were very well known and so they should be used systematically elsewhere. The experience is moving to be applied to the State of Sao Paulo.*

**Key words** — Biomes, Remote Sensing, Mato Grosso.

### 1. INTRODUÇÃO

Os limites dos biomas que cobrem o estado do Mato Grosso têm sido motivos de alguma controvérsia quer sobre o ponto de vista da Cartografia quer sobre o ponto de vista temático. A Cartografia com precisão é prejudicada pelos diferentes produtos utilizados quase sempre de forma descontínua. Estes levantamentos dispersos, quando reunidos em mapas regionais carregam consigo seus erros frequentemente diminuindo a precisão do produto. Os temas da mesma forma advindos de diferentes produtos e escalas trazem consigo frequentes erros de classificação. Neste contexto os limites dos biomas merecem atenção dobrada para que se atinja uma qualidade de mapeamento adequada, aferidas em campo e que suportam análises quantitativas mais confiáveis, principalmente no âmbito corrente das Mudanças Climáticas. Este trabalho pode auxiliar na discussão do Projeto de Lei 337/22 que visa excluir o estado do Mato Grosso da área da Amazônia Legal, que tem como objetivo reduzir a área de reserva legal, conforme o Código Florestal em vigor.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A base temática são imagens coletadas por sensores remotos orbitais. Os arquivos de imagens foram minerados desde o banco TERRA-ACQUA-GEOCOVER disponível no acervo do Centro Espacial Goddard em Greenbelt, no estado de Maryland. As imagens são compostas em mosaicos MODIS, sendo corrigidas planimetricamente e ortorretificadas a nível geodésico, segundo os parâmetros de correção tomados de pontos de controle do acervo ZULU da NASA. As cenas coloridas MODIS foram compostas em RGB pelas bandas 1 (vermelho), 2 (infravermelho próximo) e 6 (infravermelho de ondas curtas). Os mosaicos globais são divididos segundo quadrângulos ("tiles") de 10X10 graus, compreendendo uma área de 1200X1200 km, com resolução de 500 metros e precisão de posicionamento do pixel no

terreno de até 15 metros. A radiometria original é de 16 bits sendo que neste trabalho foram convertidas para 8.

Os dados disponíveis na fonte vêm com correção atmosférica não especificada. Uma característica importante do conjunto TERRA-AQUA-MODIS é a repetitividade quase diária das gravações. Esta alta resolução temporal permite que no período mais seco da região amazônica é possível compor mosaicos com baixa cobertura de nuvens de 8 em 8 dias.

O acervo ZULU compreende 2 mosaicos globais compostos por imagens do Satélite LANDSAT-7 das décadas de 1990 e 2000. As cenas foram coletadas pelo Sensor ETM+, atribuindo-se as cores RGB para as bandas 2 (azul), 4 (verde) e 7 (vermelho). O atributo geométrico foi aquele da Banda 8 (pancromática) com resolução de 14.5 metros. O mosaico ZULU do ano 2000 foi selecionado servindo então como âncora ou “benchmark zero” para co-registrar os arquivos de imagens anteriores ou posteriores a 2000. Esta base temática deu todo o suporte para se retratar com precisão as mudanças na cobertura vegetal da área estudada desde os primórdios das gravações LANDSAT no Brasil (1973). Neste sentido logrou-se também elaborar um mosaico de imagens MSS (Varredor Multiespectral), livre de nuvens, do intervalo 1973-1980.

Os mosaicos MODIS assim qualificados foram ainda submetidos ao Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) [1], extraído-se dali imagens fração “solo”. Estas imagens modificadas foram segmentadas e classificadas em ambiente SPRING e entregues ao foto-intérprete para edição matricial dos temas. Este procedimento permitiu recuperar a análise decisiva do especialista na delimitação dos vetores temáticos de uma forma mais inteligente. Chamou-se esta parte do trabalho de “reconhecimento inteligente de padrões”, em contraponto àquele feito exclusivamente por computadores. Desta forma a classificação foi aferida em campo mediante a verificação de bordas extraídas dos vetores ortoretificados. Foram assim quantificadas e aferidas todas as bordas dos vetores referentes aos temas principais (áreas dos biomas). Além disto, também foram quantificados os desmatamentos e regenerações nos biomas, ocorridas ano a ano, no período de 1980 a 2010.

### 3. RESULTADOS

Os resultados apontam uma área original de 465.313 km<sup>2</sup> para o Bioma Amazônia enquanto o Bioma Cerrado (incluindo as savanas pantaneiras) cobre uma área original de 439.657 km<sup>2</sup> (Figura 1, Tabela 1).

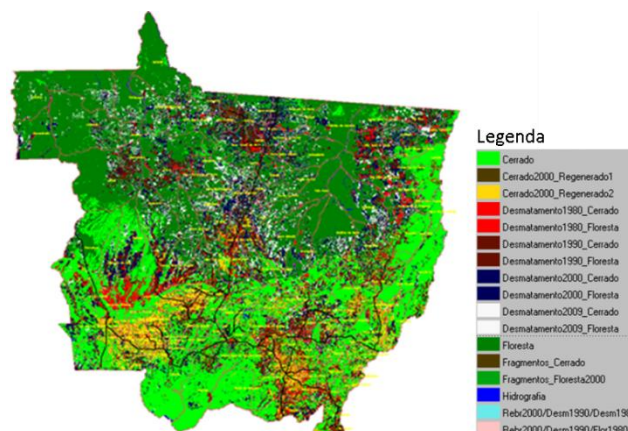
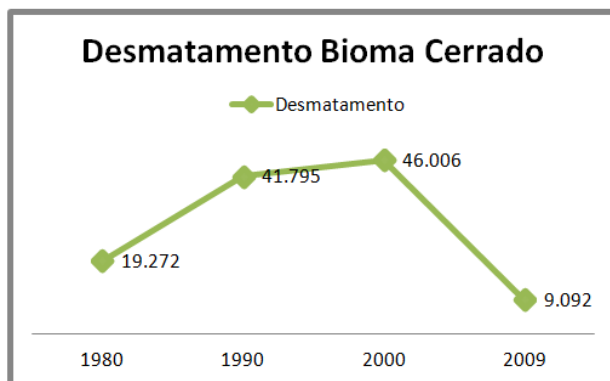
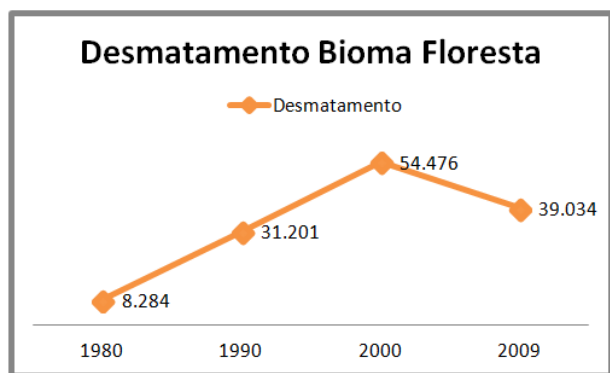


Figura 1. Estado do Mato Grosso com as ocupações multitemporais definidas do período de 1980 a 2010.

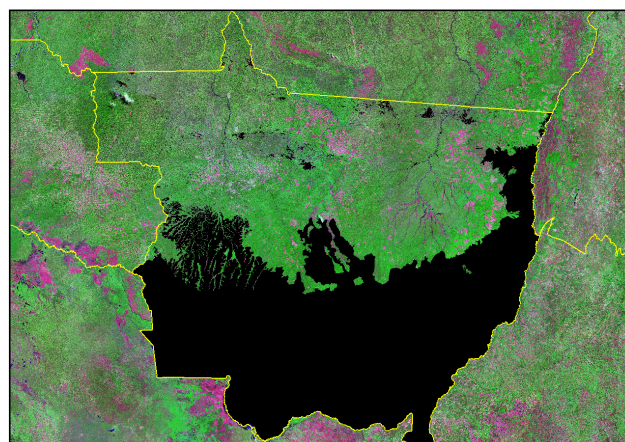
BIOMA FLORESTA - MT		
Descrição	LEGENDA	KM <sup>2</sup>
Total do Bioma Original		465.313
Total do Bioma em 2000		352.921
Desmatamento		
1980		8.284
1990		31.201
2000		54.476
2009		39.034
Fragmentos de Floresta em 2000		10.963
Rebrota acima de 20 anos		564
Rebrota entre 10 a 20 anos		1.014

BIOMA CERRADO - MT		
Descrição	LEGENDA	KM <sup>2</sup>
Total do Bioma Original		439.657
Total do Bioma em 2000		258.255
Desmatamento		
Desmatamento em 1980		19.272
Desmatamento em 1990		41.795
Desmatamento em 2000		46.006
Desmatamento em 2009		9.092
Fragmentos de Cerrado em 2000		8.246
Cerrado Regenerado_1 em 2000		16.319
Cerrado Regenerado_2 em 2000		48.014



**Tabela 1. Quantificação de área referente à ocupação antrópica dos biomas que se distribuem no estado do Mato Grosso. Período de referência 1980-2010.**

A área original que se trata neste trabalho seria pré-cabraliana, ou seja, aquela que sustentou regionalmente seus atributos espectrais antes da interferência mais intensa das atividades modernas relacionadas à agricultura (Plateau dos Parecis) e à pecuária (Serra do Roncador). Os atributos espectrais comandando outros atributos de imagem como a Geomorfologia, a drenagem e mesmo a Geologia, trouxeram também uma nova distribuição no Bioma Cerrados e consequentemente no Amazônia. Comparando-se mapeamentos anteriores [2] verifica-se que a área em torno da BR-364, desde Cáceres passando por Pontes e Lacerda até Vilhena (RO) foi mapeada como floresta amazônica e incluída no Bioma Amazônia. Neste trabalho consideramos toda esta região como pertencente ao Bioma Cerrados com bosques altos e cerradões, cobrindo os vastos espigões de filitos e de calcáreo. A floresta ombrófila com castanheiras domina o meio-norte do Mato Grosso desde Pontes e Lacerda à oeste até Cascelheira à leste. Estes limites bem como todos os demais descritos neste item foram aferidos em campo. A Figura 2 mostra o limite regional entre os dois biomas. Este vetor foi registrado coerentemente tanto no mosaico ZULU/2000 (“benchmark”), ZULU/1990, quanto naquele pioneiro de 1980 e no limiar MODIS do ano 2010.



**Figura 2. Borda vetORIZADA entre os biomas Cerrados (preto) e Amazônia (verde) do estado do Mato Grosso. Este limite foi coerentemente mapeado tanto no mosaico LANDSAT de 1980 quanto nos mosaicos ZULU/2000 e 1990, e MODIS/2010.**

Os resultados também mostram, como citada, a dinâmica da ocupação dos biomas desde o advento dos satélites de Sensoriamento Remoto no início da década de 70 do Século XX até o limiar de 2010. Os números completos apresentados na Tabela 1 deste artigo mostram alguns pontos que merecem destaques:

i) A área desflorestada no bioma Amazônia no limiar do ano 2000 é de 112.342 km<sup>2</sup> ou 24% da área original.

ii) A área desmatada no bioma Cerrado do mesmo limiar é 181.402 km<sup>2</sup> ou 41% da área original.

iii) A rebrota na floresta no limiar de 2000 soma 2.815 km<sup>2</sup> e a regeneração das savanas atinge 64.560 km<sup>2</sup>.

iv) Verifica-se também que o desmatamento no bioma Cerrado começou acelerado em 1980 (19.272 km<sup>2</sup>) em relação ao desflorestamento no bioma Amazônia (8.284 km<sup>2</sup>). O limiar do ano 2010 mostra que a figura se inverteu: os desmatamentos aceleraram na Amazônia (39.034 km<sup>2</sup>) e diminuíram no Cerrado (9.092 km<sup>2</sup>).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos até o limiar do ano 2000 recomendaram a extensão dos procedimentos para outros artigos no decorrer dos anos. Neste contexto pode ser citado o artigo que trata de novos métodos e produtos MODIS para o monitoramento de biomas brasileiros [3]. Um segundo, muito mais abrangente, é aquele descrito em [4] que propõe a metodologia descrita neste artigo para o monitoramento de todo o conjunto das florestas tropicais sul-americanas, com base em imagens MODIS.

Os trabalhos prosseguem no sentido de avaliar o desempenho destes procedimentos agora para outros biomas envolvendo também novos temas, principalmente as áreas queimadas. Atenção especial tem sido dada àqueles biomas co-irmãos da América do Sul, bem como para os outros brasileiros mais órfãos (e.g. Caatinga). As pesquisas são desenvolvidas dentro de um Projeto autossustentável do

INPE denominado Panamazônia II. O objetivo é seguir avante com o seu atributo maior e permanente que é a alta precisão cartográfica gerando o dimensionamento acurado dos temas. A precisão obtida se apoia muito na fotointerpretação experiente que atinge atributos espectrais e radiométricos mais coerentes, recuperados pelo MLME, afinal, essa precisão revê os limites dos biomas mato-grossenses com uma resolução de 15 metros, segundo um erro de posicionamento planimétrico de até 15 metros.

O mesmo procedimento está sendo aplicado no Estado de São Paulo, com o objetivo de se ganhar conhecimento sobre a distribuição espaço-temporal holo-antropocênica de biomas em território paulista.

## 7. REFERÊNCIAS

[1] Y. E. Shimabukuro and J. A. Smith. The Least-squares Mixing Models to Generate Fraction Images Derived from Remote Sensing Multispectral data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, volume 29 n. 1, pp.16-20, 1991.

[2] RADAM. Folha SC-20-Porto Velho. Projeto RADAMBRASIL, volume 16, 663 pp. IBDF-Rio de Janeiro, 1978.

[3] V. Duarte, P. R. Martini, Y. E. Shimabukuro, E. Arai. Aplicação de Metodologia do Projeto Panamazônia no Pantanal, Município de Barão do Melgaço, MT. Anais do I Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil. EMBRAPA-INPE, pg. 608-612, 2006.

[4] P. R. Martini, V. Duarte, E. Arai. Aplicação de Metodologia do Projeto Panamazônia no Pantanal, Novos Métodos de Aplicação e Produtos Derivados de Imagens MODIS para o Sensoriamento Remoto de Biomas Sul-Americanos. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia. Rio de Janeiro, 2017.