

Mapeamento da cobertura da terra dos Estados do Goiás e Tocantins utilizando imagens do sensor MODIS

Hélio José de Oliveira Júnior^{1,2}
Yosio Edemir Shimabukuro²

¹ Universidade de Brasília - UnB
Caixa Postal 04357 - Brasília - DF, Brasil
heliojr@brturbo.com.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
yosio@ltd.inpe.br

Abstract. The purpose of this paper is to map the land cover over “Cerrado” biome using multitemporal MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) data. The study area comprises the Goiás and Tocantins States including the Federal District. For this study, MOD13 products (16 days composites) covering the August 2003 through July 2004 period were analyzed. First the monthly composites were done by combining the two 16 days composites obtained for the corresponding month. Then the Linear Mixing Model was applied to generate vegetation, soil and shade fraction images for the monthly composites. The classification approach was based on image segmentation, non supervised classification, mapping and editing of these fraction images plus the NDVI image. It was applied to two MODIS composites corresponding to the dry (July 2004) and wet (March 2004) seasons. The results show that MODIS due to its spectral, spatial and especially temporal resolution provides useful information for studying the “Cerrado” biome.

Palavra chave – MODIS, savanna, image classification, vegetation cover, cerrado, classificação de imagem, cobertura vegetal.

1. Introdução

O bioma Cerrado forma um relevante conjunto de ecossistemas que ocupa cerca de dois milhões de quilômetros quadrados (25% do território brasileiro). Estima-se que cerca de 40% dos 208 milhões de hectares de cerrado contínuo já tenham sido convertidos em pastagens cultivadas, áreas agrícolas e outros tipos de uso (Mantovani e Pereira, 1998; Sano et al., 2002).

Localizado basicamente no planalto central do Brasil, o Cerrado é considerado o segundo maior bioma do país. Este ecossistema apresenta-se como um mosaico de chapadas e vales, com várias formações distintas que vão desde o campo limpo até o cerradão, passando pelas matas ciliares e matas secas.

Apesar de possuir diversas nascentes de extrema importância, esse é o bioma menos protegido pelas leis brasileiras. Estranhamente, a Constituição promulgada em 1988 não considerou patrimônio ambiental uma das mais ricas e raras biodiversidades do mundo. Um esquecimento perigoso, que facilitou ações criminosas de desmatamento, invasões, exploração e caça. Paralelo a essas atividades, a agricultura e a pecuária contribuíram nesse processo de mudança de uso no solo da região.

As três maiores bacias hidrográficas da América Latina recebem águas do Cerrado. A bacia Amazônica (Araguaia -Tocantins) tem 78% de suas nascentes no Cerrado, a bacia do Paraná-Paraguai possui 48%, enquanto a bacia do São Francisco tem quase metade de seu volume de água proveniente desse bioma. Conhecido também como "berço das águas", o Cerrado possui uma malha de nascentes, córregos e rios de fundamental importância para os ecossistemas brasileiros.

Poucas têm sido as iniciativas voltadas ao uso operacional dos dados de sensoriamento remoto, em larga escala, para o mapeamento e monitoramento sistemático da cobertura vegetal no bioma

Cerrado. Em parte, este problema se deve à dificuldade em se diferenciar algumas fitofisionomias de Cerrado das formas de uso comumente encontradas (ex. campo limpo vs. Pastagens nativas / áreas cultivadas) e da disponibilidade temporal de aquisição desses dados.

O sensor MODIS, lançado a bordo da plataforma TERRA e AQUA, no ano de 1999 e 2002 respectivamente fornecem um recobrimento global e contínuo diariamente, com resoluções espaciais variando de 250 a 1000m. Uma característica importante em relação ao MODIS é a de que os dados já são corrigidos para os efeitos atmosféricos (nuvens, aerossóis, etc.) e as imagens são disponibilizadas georeferenciadas.

Com o intuito de contribuir no desenvolvimento de técnicas que vise o uso adequado do solo nas áreas de Cerrado brasileiro, o presente trabalho tem como objetivo o mapeamento da cobertura da terra nas Unidades Federativas do Goiás e Tocantins e no Distrito Federal utilizando imagens do sensor MODIS. Partiu-se da hipótese que seria possível mapear em larga escala áreas de Cerrado utilizando imagens de resolução espacial mediana, minimizando o tempo de trabalho no processamento e na classificação.

2 - Revisão da Literatura

O sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), um dos instrumentos a bordo dos satélites TERRA e AQUA, foi projetado para satisfazer os requerimentos de três campos de estudos diferentes: atmosfera, oceano e terra, com bandas de resolução espectral e espacial selecionadas para o conhecimento de diferentes necessidades observacionais e para oferecer uma cobertura global quase diariamente (Justice, 2002).

O MODIS possui 36 bandas que estão localizadas em função de comprimentos de onda específicos, cuidadosamente escolhidos para a observação de feições das propriedades das nuvens, na dinâmica e características da vegetação e na temperatura de superfície dos oceanos no mundo (Anderson *et al.* 2004; Barker *et al.*, 1992).

O objetivo dos produtos voltados para aplicações terrestres gerados pelo sistema MODIS está basicamente, na quantificação e detecção das mudanças na cobertura da terra devidos aos processos naturais e antrópicos, auxiliando assim nos diversos modelos regionais e globais existentes. O produto MOD13 refere-se aos índices de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e EVI (Enhanced Vegetation Index) gerados automaticamente e disponibilizados na forma de mosaicos.

Em imagens multiespectrais muitos esforços são realizados para compreender e distinguir os tipos vegetais, principalmente no emprego de índices de vegetação, que são combinações na maioria das vezes entre as bandas do vermelho e do infravermelho próximo, cuja operação resulta num resultado adimensional.

Os índices de vegetação maximizam o monitoramento da cobertura da terra, em escala global com resoluções espaciais e temporais mais acuradas possíveis dentro das características do instrumento e das propriedades das superfícies imageadas (Huete *et al.*, 1988). O algoritmo para a geração dos índices de vegetação MODIS opera pixel a pixel e leva em conta múltiplas observações em um período de 16 dias. Destas, o processo de composição seleciona o pixel o mais próximo possível do nadir, minimizando-se assim eventuais distorções espaciais e radiométricas, ou com o menor grau de contaminação por aerossóis (van Leeuwen *et al.*, 1999). A importância desses índices (IV) está em sua estreita correlação entre vários parâmetros biofísicos da vegetação, ou seja, na possibilidade de se estimar parâmetros como índices de área foliar, biomassa vegetal, produtividade e atividade fotossintética (Huete *et al.*, 1988).

As imagens MODIS, assim como imagens de outros sensores, possuem a reflectância de um pixel como sendo a somatória das reflectâncias dos diversos alvos envolvidos na área do pixel imageado. Devido à resolução espacial dos sensores, um elemento de cena (correspondente a um pixel da imagem) pode incluir mais de um tipo de cobertura do terreno. Quando um sensor observa a cena, a

radiância detectada é a integração, denominada mistura, de todos os objetos contidos no elemento de cena (Aguiar et al., 1999).

Para reduzir a dimensionalidade dos dados e conseqüentemente o tempo de processamento, utiliza-se o Modelo Linear de Mistura Espectral (Shimabukuro e Smith, 1991), implementado no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING/INPE, que transforma as bandas MODIS 07 (infravermelho médio -MIR), 02 (infra vermelho próximo - NIR) e 01 (vermelho - RED) , em imagens-fração "sombra", "vegetação" e "solo", numa abordagem que tem permitido automatizar a discriminação das áreas de fisionomia florestal daquelas desflorestadas (Kalil et al., 2003).

A utilização do modelo de mistura espectral em dados de baixa resolução espacial tem sido utilizado com sucesso. A aplicação deste modelo apresenta-se vantajoso por se trabalhar no nível de subpixel, onde a classificação das imagens fração apresentaram melhores resultados, quando comparada com a classificação realizada através das bandas originais (Rodriguez Yi, 1998).

3. Área de estudo

A área de estudo do presente trabalho compreende as Unidades Federativas de Goiás e Tocantins e o Distrito Federal perfazendo aproximadamente uma área de 617.620 Km² entre os paralelos 19° 28' 50" e 04° 57' 22" S e meridianos 53° 21' 13" e 45° 44' 57" W (Figura 1).

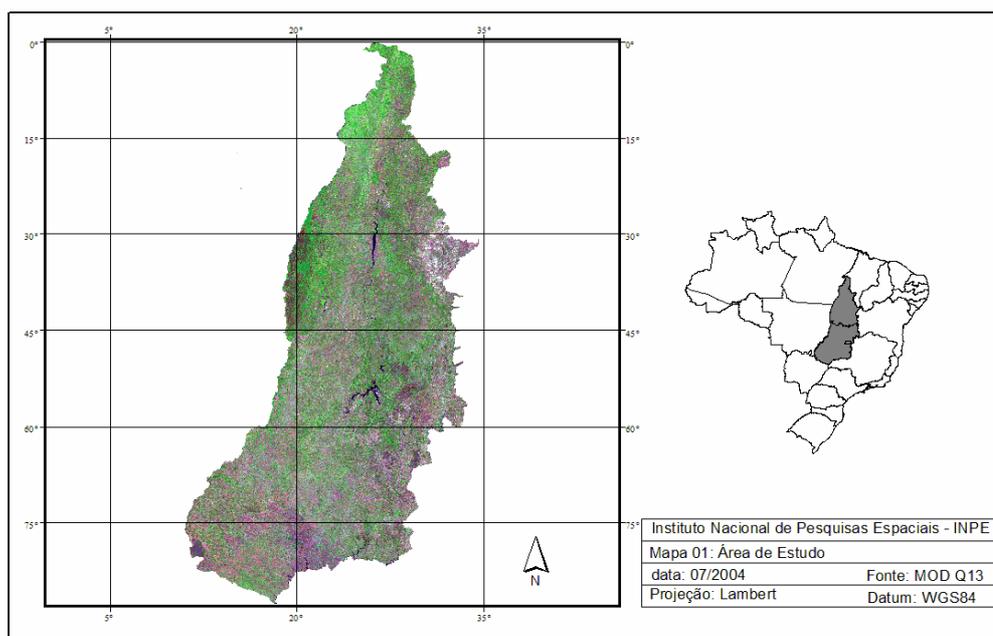


Figura 1: Localização da área de estudo. Mosaico MODIS da estação seca 07/2004 – R(MIR), G(NIR) B(RED).

4. Materiais e Métodos

4.1 – Materiais

Para a classificação da cobertura da terra na área do estudo utilizou-se:

- ✓ Imagens MODIS, produto MOD13Q1 V004. As datas utilizadas foram: 2003.08.13, 2003.08.29, 2003.09.14, 2003.09.30, 2003.10.16, 2003.11.01, 2003.11.17, 2003.12.03,

2003.12.25, 2004.01.01, 2004.01.17, 2004.02.02, 2004.02.18, 2004.03.05, 2004.03.21, 2004.04.06, 2004.04.22, 2004.05.08, 2004.05.24, 2004.06.09, 2004.06.25, 2004.07.11 e 2004.07.27.

- ✓ SPRING 4.01;
- ✓ MODIS Reprojection Tools;
- ✓ ConvGeotif;
- ✓ Sistema de informações hidrológicas HIDROWEB e série de dados número 00950000 do período 01/1994 a 07/2004.

4.2 – Processamento das imagens

Utilizou-se se como base as imagens do índice de vegetação do produto MOD13, com resolução espacial de 250 metros. A técnica utilizada foi a aplicação do modelo de mistura espectral para a geração das imagens fração e o índice de vegetação (NDVI) que foram utilizadas para a segmentação, classificação e mapeamento.

Para o desenvolvimento do trabalho, utilizou-se 72 mosaicos cobrindo os estados de Goiás e Tocantins e o Distrito Federal. Para se compor uma cena da área foram necessárias três imagens do produto MODIS que possuem seu referenciamento baseado segundo planos horizontais e verticais (*tile*). As imagens correspondentes à área de estudo foram (Figura 2):

- ✓ H12V10
- ✓ H13V9
- ✓ H13v10

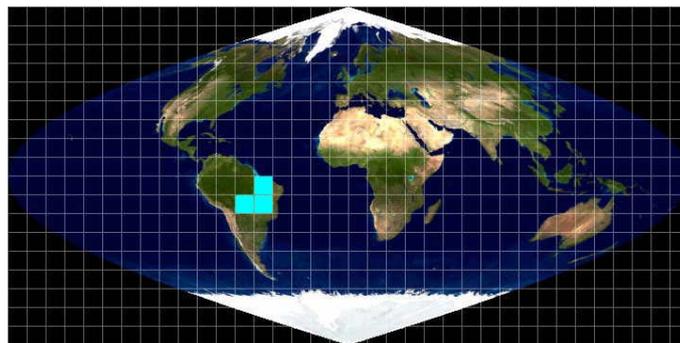


Figura 2: Cenas do sensor MODIS utilizadas no processo de classificação da vegetação (*tiles*).
fonte: Adaptado do MRT, 2004

Os dados foram obtidos através de um ftp direto de um site da NASA: <http://edcimswww.cr.usgs.gov/inswelcome/>. O usuário acessa o site pela internet, se cadastra e recebe, no endereço de correio eletrônico cadastrado, senha e nome. Após o cadastramento basta escolher as imagens e fazer o *download*.

Após a seleção das imagens correspondentes a área de estudo e da aquisição das imagens via ftp, a próxima etapa foi o pré-processamento das imagens.

As imagens MODIS são adquiridas na extensão HDF (“*Hierarchy Data Format*”), na projeção Sinusoidal e com 16 bits (nível de quantização). Como as imagens não possuem uma projeção e extensão muito usual em softwares de SIG, o *EROS Data Center* (EDC) e *Land Distributed Active Archive Center* (LP DAAC) desenvolveram um software gratuito (MODIS Reprojection Tools) para projetar e mosaicar os dados MODIS nível 3+, relativos aos produtos voltados ao estudo dos continentes – LAND Products. Assim como as imagens, o software também pode ser baixado pela Internet através do site: <http://lpdaac2.usgs.gov/landdaac/tools/modis/index.asp>. Existe um manual com as informações técnicas e de uso do software que pode ser adquirida pelo endereço: http://lpdaac2.usgs.gov/landdaac/tools/modis/info/MRT_Users_Manual.pdf. Para os dados de saída, os melhores resultados apresentados foram para a projeção Lambert Conforme Cônica (Anderson,

2004). Esses melhores resultados são relativos aos vetores de limites dos Estados brasileiros disponibilizados pelo IBGE, onde apresentou maior coerência.

O programa MRT através do método de reamostragem do vizinho mais próximo converteu os dados de entrada, com projeção sinusoidal, extensão HDF e 3 cenas separadas em dados com projeção Geográfica, extensão GeoTiff e uma cena mosaicada.

Para conversão dos dados para 8 bits utilizou-se um programa desenvolvido pelo INPE, ConvGeotif com a finalidade de converter os dados de 16 bits para 8 bits de forma que possam ser processados pelo software SPRING (Arai, 2002).

O Banco de Dados foi elaborado de forma a armazenar e gerenciar dados de relevante importância para a classificação da vegetação. Para isso o aplicativo utilizado foi o SPRING 4.01. A projeção cartográfica utilizada foi a de Lambert. Tal projeção foi escolhida de modo a diminuir as distorções relativas à área por ser uma projeção ideal para grandes áreas. O datum utilizado foi o WGS84.

A partir das imagens convertidas e do banco de dados implementado foi elaborado em função do NDVI um mosaico referente a cada mês do período analisado (01 ano). A partir das imagens fornecidas de 16 em 16 dias foi feita uma cena mosaicada correspondente a cada mês do ano. O intervalo utilizado foi entre Agosto de 2003 e Julho de 2004. Com o uso da ferramenta LEGAL (Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico), implementado no SPRING, foi feita uma programação de forma a selecionar os pixels, com base no maior NDVI entre as datas.

4.3 - Escolha das imagens a serem classificadas

4.3.1- Sistema de Informações Hidrológicas Versão 1.0 - HIDROWEB

O software HIDROWEB é um sistema de banco de dados destinado a gerenciar as informações coletadas em toda a rede hidrometeorológica nacional. É disponibilizado pela Agência Nacional de Águas – ANA e desenvolvido pela Superintendência de Informações Hidrológicas - SIH. Tem como objetivos principais permitir o gerenciamento de dados coletados por uma base hidrometeorológica, permitir a entrada de dados por parte das entidades que operam em uma rede hidrometeorológica, calcular funções hidrometeorológicas básicas e a visualizar esses dados (gráficos, imagens etc.).

4.3.2 – Dados Pluviométricos

A partir do banco de dados disponibilizado pela Agência Nacional de Águas foi plotado através de um gráfico (Figura 3) os dados relacionados às taxas de chuva mensais e anuais (dados brutos) referentes ao período de 01/1994 até 07/2004 (série número 00950000). Num período de dez anos, observou-se que a incidência de chuvas era constante, indicando maiores precipitações nos meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março e de menores precipitações nos meses de Junho, Julho e Agosto. Esses dados foram necessários para escolher as melhores datas representativas do período seco e úmido. As datas selecionadas foram a do mês de Julho de 2004, referente ao período seco e do mês de Março de 2004 para o período chuvoso.

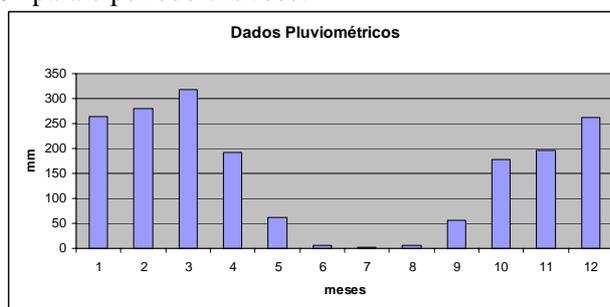


Figura 3. Dados mensais médios de precipitação no período de 1994 a 2004 dos Estados do Tocantins e Goiás.

Fonte: ANA - 2004

4.4 - Segmentação e Extrações de Regiões

Propostos para uma fase anterior ao da classificação, os processos de segmentação e extração de regiões superam as análises pontuais, baseadas unicamente em atributos espectrais apresentados nas classificações estatísticas convencionais (Anderson, 2004). Nestes processos são extraídos os objetos relevantes com base na técnica de crescimento de regiões, através do particionamento da imagem em regiões homogêneas de atributos comuns, baseados nos níveis de cinza, na forma e textura (Corre et al., 1989).

Baseado no NDVI e na imagem fração solo das imagens escolhidas, foram segmentadas com limiar de similaridade entre pixels de 10, significando que a distância Euclidiana entre a média digital de duas regiões na qual são agrupadas é de 10 tons de cinza. A área mínima foi de 10 pixels, indicando que a menor área a ser segmentada é de 10 pixels ou $250 \times 250 \text{m} \times 10 = 625.000 \text{m}^2$.

4.5 – Classificação das imagens

A partir de classificadores não supervisionados foram geradas imagens matriciais referentes às datas escolhidas. Utilizando o classificador ISOSEG com limiar de aceitação de 75%, a classificação foi feita de modo a distinguir áreas com solos alterados e áreas com vegetação. Com as duas imagens classificadas (período da seca e de chuva), foi feita uma sobreposição das imagens classificadas através da ferramenta LEGAL onde foi gerado um produto final com as seguintes classes temáticas:

- ✓ Cerrado – Vegetação que manteve seu comportamento espectral de vegetação nos dois períodos. Em campo são áreas de vegetação nativa de cerrado.
- ✓ Cerrado inundado – Esta classe consiste em áreas de cerrado que são alagadas em determinados períodos do ano. Anderson (2004) classificando o estado vizinho, Mato Grosso, classificou tal área como sendo Parque savana Inundado. No Projeto Radam Brasil tal área foi classificada como cerrado de Pantanal.
- ✓ Solo exposto – Áreas antropizadas onde não existe cobertura vegetal nas datas classificadas. Podem ser áreas de cidades, áreas com solo exposto ou áreas que possuem alguma utilização em períodos diferentes dos escolhidos para a classificação.
- ✓ Áreas com atividades Agropecuárias – áreas que são utilizadas pelo homem na prática da agricultura ou pecuária, podendo ser pastos, cultivos agrícolas em suas diferentes formas e tipos.
- ✓ Água – represas, lagos e rio.

5. Resultados e considerações finais

Os resultados obtidos com o processo de classificação da cobertura da terra servem para avaliar a pressão antrópica exercida pelo homem no ecossistema original da área de estudo. Através do processo de classificação não supervisionada foi possível mapear áreas de atividade agropecuária, represas, lagoas e rios e áreas com solo exposto. Os dados de áreas seguem abaixo (Tabela 1):

Classe	Área
Água	43.062,50
Solo exposto	36.355,88
Agropecuaria	251.701,50
Cerrado	311.230,19
Cerrado alagado	14.861,69
Total	620.959,31

Tabela 1: Área das classes mapeadas na área de estudo

Observa-se que as atividades agropecuárias apresentam aproximadamente 40,53% de toda área, indicando uma forte tendência econômica da região. As áreas de Cerrado constituem

aproximadamente 50,12% dos 620.959,31 Km². Pouco mais de 5,8% da toda área correspondem às áreas urbanizadas e solos expostos. A região de Cerrado alagado representou mais de 14.580 km².

Abaixo segue a Figura 4, onde é apresentado o mapa final de classificação da cobertura da terra no período de 2003/2004.

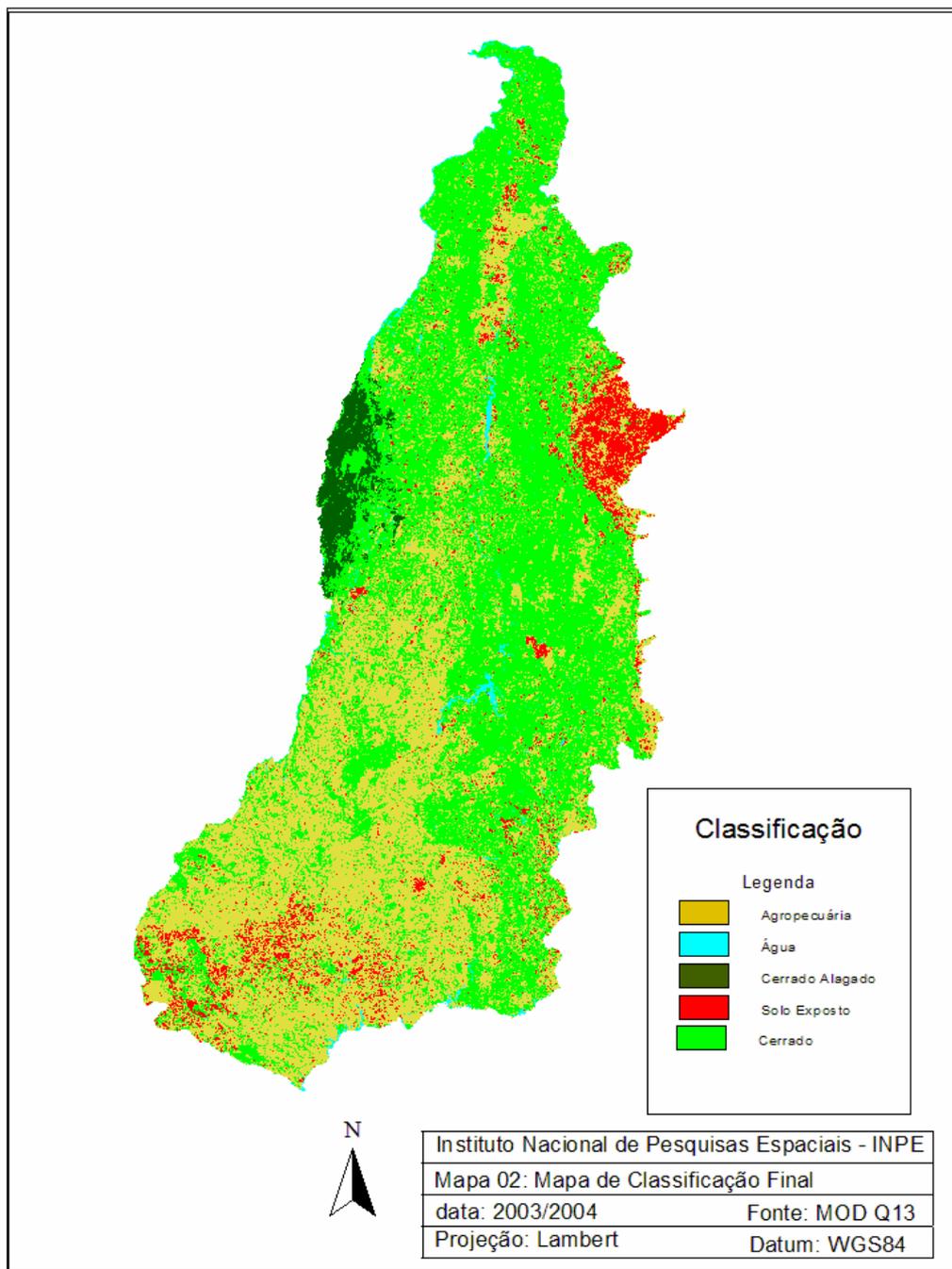


Figura 4. Classificação da cobertura da terra (2003/2004) da área de estudo.

O produto MOD13 apresentou bons resultados na classificação da cobertura da terra em áreas de cerrado. Sua funcionalidade já tinha sido comprovada em outros estudos envolvendo outras regiões, como floresta Amazônica e Mata Atlântica. Porém, em áreas de cerrado poucos estudos tinham sido realizados com intuito de mapear e quantificar as áreas remanescentes.

6 – REFERÊNCIAS

- Aguiar, A. P. D.; Shimabukuro, Y. E.; Mascarenhas, N. D. A. Use of synthetic bands derived from mixing models in the multispectral classification of remote sensing images. *International Journal of Remote Sensing*, v.23, n.14, p.647-657, 1999.
- Arai E. (2002) comunicação pessoal.
- Anderson, L. O.; Classificação e monitoramento da cobertura vegetal de Mato Grosso utilizando dados multitemporais do sensor MODIS. Dissertação de Mestrado. INPE.2004. sid.inpe.br/jeferson/2004/08.31.13.56.22
- Barker, J.L.; Harden, M.K.; Anuta, E.A.; Smid, J. e Hougt, D. MODIS spectral sensitivity study: requirements and characterization. Washington: Nasa, Oct, 1992, 84p.
- Corr, D. G.; Taylor, A. M.; Cross, A.; Lawrence, D. H.; Mason, D. C.; Petrou, M. Progress in automatic analysis of multi-temporal remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 35, n. 10, p.1175-1195, 1989.
- Huete, A. R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, Vol. 25, pp. 295-309.
- Justice, C.O., and Townshend, J. (2002). Special issue on the moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): a new generation of land surface monitoring. *Remote Sensing of Environment*, 83(1), 1-2.
- Kalil, E. M. M.; Moreira, J. C.; Santos, J. R.; Shimabukuro Y. E.; Duarte, V.; Souza, I. M.; Barbosa, C. C.; Cartaxo R.; Paiva, J.A.C. Monitoramento sistemático da cobertura vegetal no bioma cerrado através dos índices de vegetação MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XI., Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 2729 - 2736.
- Kalil, E. M., Moreira, J. C., Santos, J. R., Shimabukuro, Y. E. Técnicas de modelo de mistura espectral, segmentação e classificação de imagens TM LANDSAT para o mapeamento do desflorestamento da Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XI., Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 2807 - 2814.
- Mantovani, J.E.; Pereira, A. Estimativa da integridade da cobertura vegetal de cerrado através de dados TM/Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9., Santos, set. 1998. *Anais*. São José dos Campos: INPE, 1998. Repositório da URLib: <sid.inpe.br/deise/1999/02.11.10.57>
- Rodriguez Yi, J. L.; Shimabukuro, Y. E.; Ruddorff, B. F. T. Image segmentation for classification of vegetation using NOAA/AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, v.21, n.1, 167-172, 1998.
- Sano, E. E.; Barcellos, A. O.; Bezerra, H. S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna. *Pasturas Tropicales*, 22 (3), p. 2-15, 2001.
- Shimabukuro, Y.E., Batista, G.T., Mello, E.M.K., Moreira, J.C. e Duarte, V. Using shade fraction image segmentation to evaluate deforestation in Landsat Thematic Mapper images of the Amazon Region. *International Journal of Remote Sensing*, 19(3): 535-541, 1998.
- van Leeuwen, W.J.D.; Huete, A.R.; Laing, T.W. MODIS vegetation index compositing approach: A prototype with AVHRR data. *Remote Sensing of Environment*, 69, p.264-280, 1999.