

## **Análise espaço-temporal das áreas alteradas em função de atividades antrópicas no bioma Cerrado localizado no Estado do Mato Grosso, até o ano de 2001.**

Gustavo Bayma Siqueira da Silva<sup>1</sup>  
Antônio Roberto Formaggio<sup>1</sup>  
Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{bayma, formag, yosio }@dsr.inpe.br

**Abstract:** Over the past 15 years, Brazil has become a global agricultural power, and Cerrado biome has played an important role in the growth of Brazilian agriculture, mainly in the last four decades. Located in the central portion of the country, it covers an area of approximately 2 million square kilometers. The aim of this paper was to evaluate the dynamic of degradation of Cerrado biome located in Mato Grosso State, up to 2001. The study area corresponds to the south portion of the state where is located the Cerrado biome, covering approximately 380,000 km<sup>2</sup>. In this work, Landsat TM and ETM+ images from Global Land Cover Facility (GLCF) were used. It was made two mosaics of the study area, one using TM images that corresponds to the year of 1990 and another using ETM+ images from the year of 2001. The visual interpretation of the changed polygons was performed. The results showed that up to year 1990, the modifications were mainly located at Center-South, North and Southeast mesoregions. From 1990 to 2001, the main changes were located at the North and Southeast mesoregions. According to the soil map, the results showed that Latossols and Neossols were the most used for the development of human activities in both years.

**Palavras-chave:** Cerrado biome, mesoregions, soil class bioma Cerrado, mesorregiões, classes de solos

### **1. Introdução**

O conceito de desenvolvimento sustentável, definido como o conjunto de mudanças estruturadas e articuladas que canalizam a dimensão da sustentabilidade nos diferentes níveis da sociedade da informação, cada vez mais é atrelado ao desenvolvimento econômico e social (BRASIL, 2002). Não somente o grande desenvolvimento econômico deve ser buscado, como também o desenvolvimento preocupado com o meio ambiente no qual está inserido. Nos últimos 15 anos, o Brasil tornou-se uma potência agrícola mundial, sendo que o bioma Cerrado teve um papel importante no crescimento da agricultura brasileira nas últimas quatro décadas. Localizado na porção central do país, abrange uma área de aproximadamente dois milhões de km<sup>2</sup> e esta grande dimensão explica as variações vegetacionais dentro de seus limites com relação ao relevo, solo e atributos climáticos (Mueller e Martha Jr., 2008).

Alterações da cobertura vegetal natural podem ser decorrentes de atividades antrópicas, como áreas para atividades agropastoris e construções de reservatórios de água, ou em decorrência de processos naturais, como a queimada e a fenologia da vegetação entre o período seco e chuvoso. Isto acaba por influenciar os ciclos naturais, como o climático e biogeoquímico, do sistema terrestre (Anderson, 2004). A atividade agropecuária se insere nos termos do desenvolvimento sustentável, devido à preocupação com a expansão e descontrolado dos processos nela inseridos. O bioma Cerrado é exemplo no que tange o avanço das atividades agropecuárias, pois cerca de 40% da conversão da sua área original ocorreu em função de atividades como a agropecuária e a agricultura (Sano et al., 2002; BRASIL, 2007)

Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a distribuição espacial das áreas alteradas no bioma Cerrado entre os anos de 1990 e 2001, no estado do Mato Grosso, Estado este que possui posição de destaque na produção agrícola e pecuária nacional. O período pós-2001 será realizado numa fase posterior, a partir de dados MODIS.

## 2. Materiais e Métodos

A área de estudo corresponde ao bioma Cerrado que está inserido no estado do Mato Grosso, como pode ser observado na Figura 1. Este bioma ocupa a porção centro-sul desse Estado, correspondendo à aproximadamente 40% de sua extensão territorial. O bioma Cerrado possui diversas formações vegetais com crescente conversão destas formações em áreas antropizadas, pela mecanização da agricultura e áreas de pecuária (BRASIL, 2007). Dos 126 municípios que compõem o Estado, 83 possuem área dentro do bioma Cerrado.

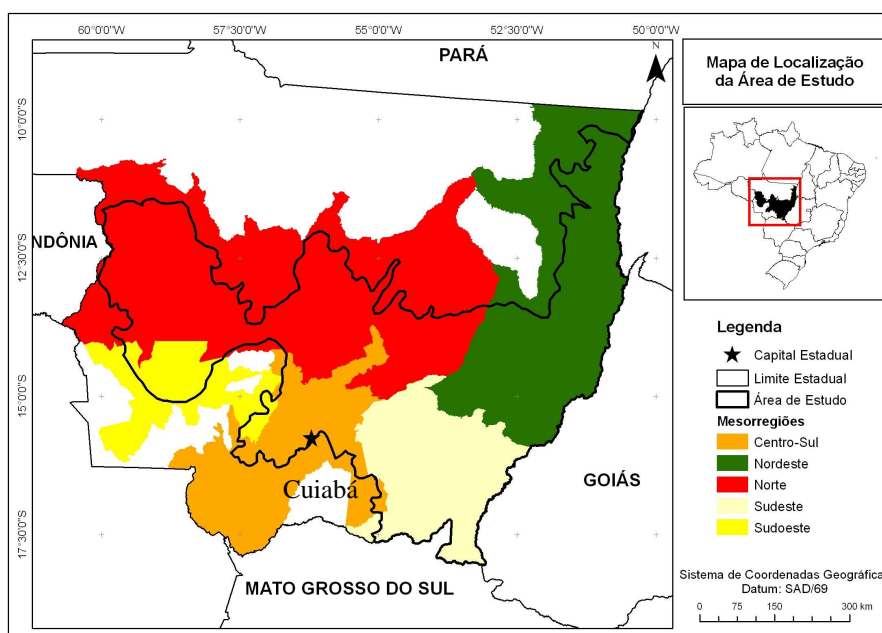


Figura 1 – Localização da área de estudo

Os dados gerados no mapeamento da cobertura vegetal do bioma Cerrado pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), no ano de 2002, serviram de base para a geração dos mosaicos com as áreas alteradas para o ano de 1990 e 2001. No levantamento realizado pelo PROBIO foram consideradas as seguintes classes para a legenda de áreas alteradas: (i) cultura agrícola; (ii) pastagem cultivada; (iii) reflorestamento com pinus ou eucalipto; (iv) área com influência urbana; e (v) área degradada por mineração.

As imagens utilizadas neste trabalho são do satélite Landsat, sensores TM (*Thematic Mapper*) e ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) do acervo do *Global Land Cover Facility – GLCF* (2008). A disponibilidade dos dados influenciou na escolha das datas analisadas neste trabalho, pois as imagens do sensor TM são disponibilizadas, em sua maioria, para o ano 1990 e as imagens do sensor ETM+ estão disponibilizadas, em sua maioria, para o ano 2001. Optou-se por esta fonte de dados pelo fato das imagens encontrarem-se georreferenciadas e ortorretificadas. O limite do bioma Cerrado adotado foi estabelecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2008a), assim como os limites municipais.

Em função do tamanho da área de estudo, esta foi dividida segundo a articulação das folhas cartográficas do IBGE na escala de 1:250.000, gerando um total de 38 cartas. O mesmo processo foi realizado para os mosaicos de imagens do ano 1990 (Landsat TM) e 2001 (Landsat ETM+).

Uma vez recortado o mosaico de imagens na articulação das folhas cartográficas, foram mascaradas as áreas referentes aos remanescentes da cobertura vegetal mantendo assim as áreas que o PROBIO classificou como alterada (Figura 2). Para a realização desta etapa foi utilizado o *software* ENVI (RSI, 2008).

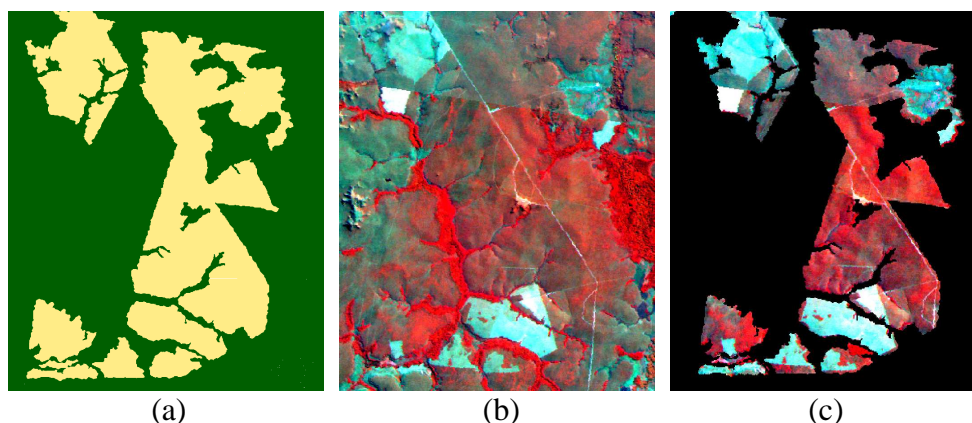


Figura 2 – a) Exemplo do mapeamento do PROBIO: em verde, áreas remanescentes da cobertura vegetal e em amarelo, áreas alteradas; b) imagem Landsat TM (1990); e c) área natural mascarada.

Estas imagens foram importadas para um Banco de Dados (BD) no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING (Câmara et al., 1996). O BD foi criado com uma base cartográfica georreferenciada. As imagens foram convertidas para o sistema de coordenadas geográficas e *datum* SAD/69 devido à grande extensão da área de estudo. As imagens foram segmentadas, onde foi adotado o valor 8 para similaridade e o valor 64 para área, gerando polígonos com a área mínima de 6,25ha.

Posteriormente, a segmentação foi vetorizada e os polígonos foram classificados em apenas duas classes: (i) alterado e (ii) natural (Figura 3). Desta forma as áreas que não haviam sofrido modificação na data das imagens, 1990 e 2001, foram desconsideradas, gerando por fim o mosaico das áreas alteradas para o ano de 1990 e 2001.

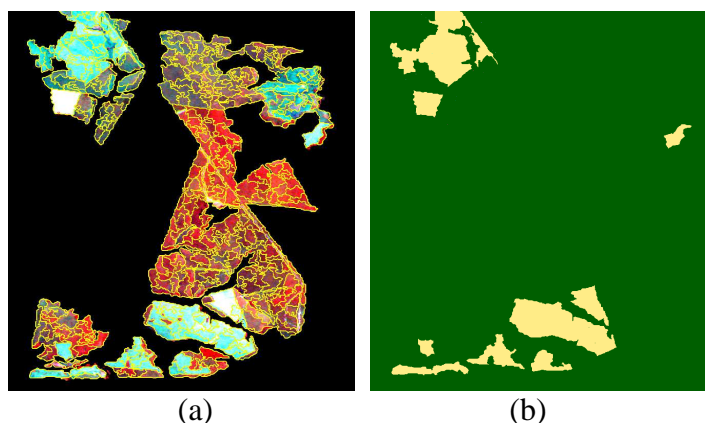


Figura 3 – a) imagem Landsat TM de 1990 segmentada; b) Mapa de 1990: áreas remanescentes da cobertura vegetal e, áreas alteradas.

As áreas remanescentes da cobertura vegetal classificadas pelo PROBIO continham informações relevantes no que tange às partes alteradas, devido a diferença da área mínima considerada, 0,4 km<sup>2</sup> (40ha) do PROBIO e 0,0625km<sup>2</sup> (6,25ha) deste trabalho. Para que as áreas menores que 40 ha e maiores que 6,25 ha fossem mapeadas, as áreas previamente mascaradas passaram por um minucioso processo de verificação com vistas à digitalização de eventuais áreas alteradas. No fim deste processo foram desconsideradas todas as áreas menores que 6,25 ha. Cabe ressaltar que neste processo foram inseridas as áreas desmatadas que foram desconsideradas na metodologia do PROBIO.

De posse das informações relativas às alterações da cobertura vegetal da área de estudo, estas foram cruzadas com as informações das mesorregiões e com as informações dos solos

do Estado do Mato Grosso. O limite das mesorregiões do Estado do Mato Grosso foi obtido junto ao IBGE (2008a) e os dados de solos foram obtidos na escala de 1:250.000, junto à Secretaria de Estado e Planejamento e Coordenação Geral – Seplan (2003).

### 3. Resultados e Discussão

As análises, relacionadas aos resultados de áreas alteradas, serão divididas da seguinte forma: (i) o cruzamento com as mesorregiões que estão inseridas na área de estudo, optou-se por esta escala de análise, e não em função dos municípios devido à grande extensão da área de estudo; e (ii) o cruzamento com o mapa de solos do Estado do Mato Grosso.

#### 3.1 Resultados por Mesorregiões

A Figura 4 apresenta a distribuição espacial das áreas alteradas até o ano de 1990. Pode-se perceber uma grande mancha de alteração no centro e na parte norte, faixa de fronteira com o bioma Amazônia. Considerando o agrupamento dos municípios em mesorregiões, podem ser destacados três regiões com número elevado de áreas alteradas, sendo elas: Centro-Sul, apesar da pouca representatividade de seus municípios na área de estudo, Norte e Sudeste. Do total da área de estudo, 382.169,5 km<sup>2</sup>, 96.495,2 km<sup>2</sup> foram consideradas áreas que sofreram algum tipo de alteração antrópica, correspondendo à, aproximadamente, 25% do total (Tabela 1).

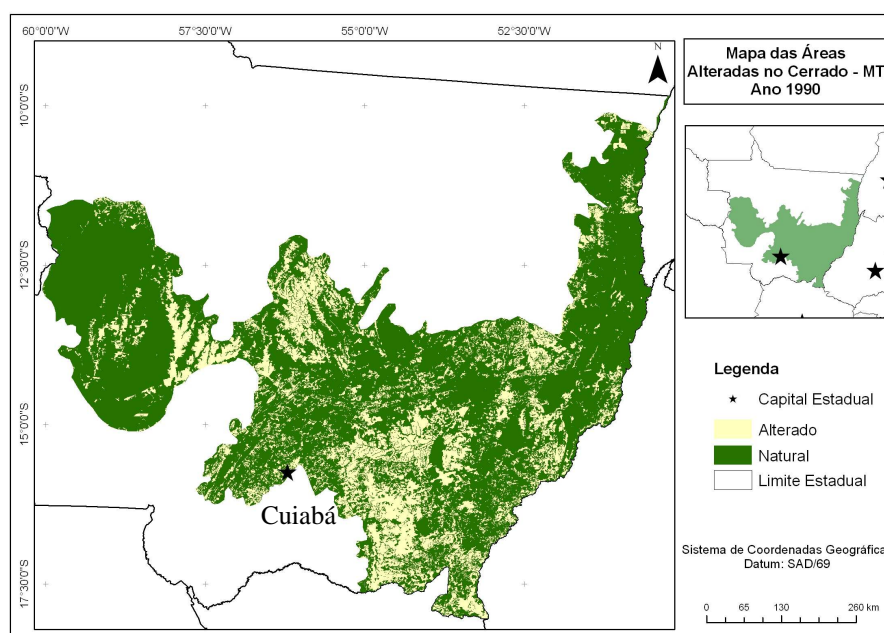


Figura 4 – Mapa das áreas alteradas até 1990, obtido via dados Landsat

Tabela 1 – Áreas calculadas para as classes dos mapas de alteração (1990 e 2001), em km<sup>2</sup>

Classe	1990	%	2001	%
Alterada	96.495,2	25,2	147.674,8	38,6
Natural	285.674,3	74,8	234.494,6	61,4
<b>Total</b>	<b>382.169,5</b>	<b>100</b>	<b>382.169,5</b>	<b>100,0</b>

A Figura 5 apresenta a distribuição espacial das áreas alteradas entre os anos de 1990 e 2001. Em relação ao ano de 1990, é visível o aumento das alterações por toda a área de estudo. Na região que corresponde à mesorregião Sudoeste, extremo oeste da área de estudo, também pode ser observado pequenas alterações em função de atividades antrópicas. Nesta

região estão localizadas algumas Terras Indígenas e uma Unidade de Conservação Federal de Proteção Integral, a Estação Ecológica Iquê. Considerando a expansão das áreas alteradas em relação a 1990 houve um aumento de 53%, passando de 96.495,2 km<sup>2</sup> para 147.674,8 km<sup>2</sup>. Em 11 anos as áreas alteradas dobraram, sendo que até 1990 as áreas alteradas respondiam por 25,2% e em 2001 passaram a 38,6% (Tabela 1).

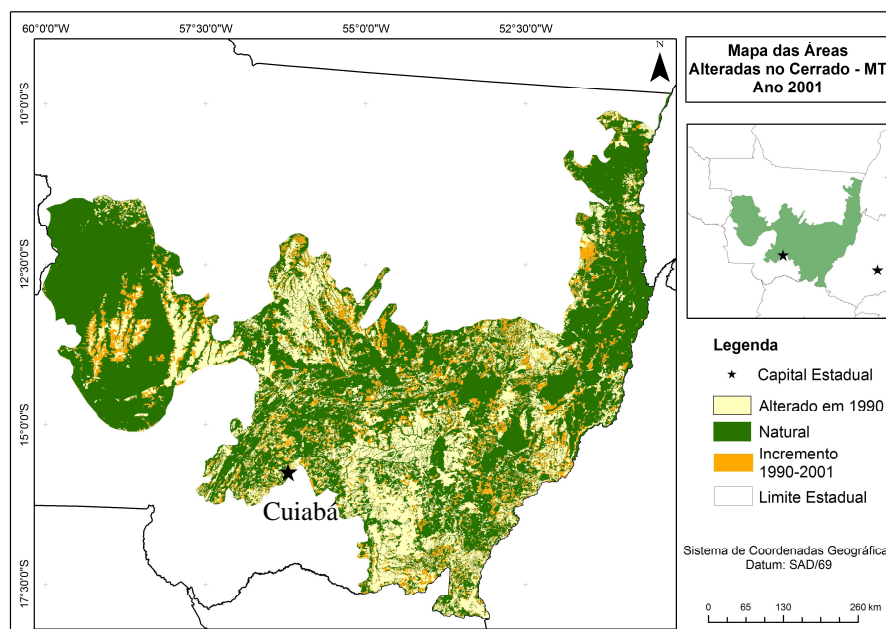


Figura 5 – Mapa das áreas alteradas entre 1990 e 2001, obtido via dados Landsat.

A Tabela 2 apresenta os valores de áreas alteradas dividido pelas mesorregiões aqui consideradas. A mesorregião Norte apresentou maior crescimento de áreas alteradas no intervalo de tempo estudado, com 85% de aumento. Na mesorregião Norte, podem ser destacados os municípios de Sinop e Sorriso, que são conhecidos grande produção de soja e milho. Na região Sudeste mais da metade de sua extensão foi alterada. Nesta, destaca-se o município de Rondonópolis, com considerável participação na produção nacional de grãos, expansão das áreas de pastagens cultivadas e presença de diversos frigoríficos (Sano et al., 1999). Esta região serve como exemplo do contexto que é crescente a atividade da pecuária no Estado do Mato Grosso, como pode ser visto na Figura 6.

Tabela 2 – Cálculo das áreas alteradas em km<sup>2</sup>, por mesorregiões, em km<sup>2</sup>.

Mesorregiões	Área Total	1990	% <sup>1</sup>	2001	% <sup>1</sup>	Crescimento (%)
Centro-sul	38.720,4	8.544,6	22,1	13.461,3	34,8	57,5%
Nordeste	107.879,7	21.229,0	19,7	33.782,3	31,3	59,1%
Norte	139.940,2	30.151,4	21,5	55.803,6	39,9	85,1%
Sudeste	76.299,4	35.002,5	45,9	42.024,8	55,1	20,1%
Sudoeste	19.329,8	1.567,7	8,1	2.602,8	13,5	66,0%
<b>Total</b>	<b>382.169,5</b>	<b>96.495,2</b>	<b>25,24</b>	<b>147.674,8</b>	<b>38,6</b>	-

<sup>1</sup> em relação à área total de estudo



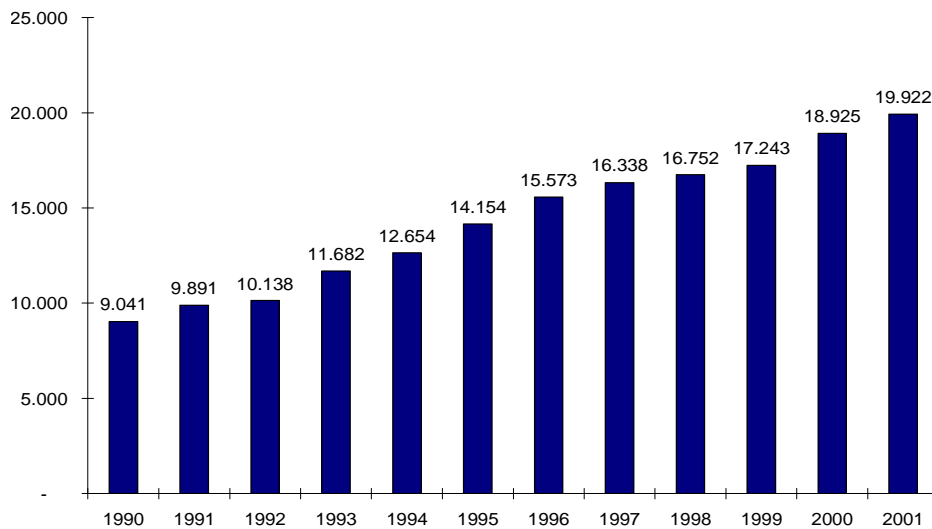


Figura 6 – Rebanho bovino do Estado do Mato Grosso (mil cabeças).  
Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal (2008b).

As mesorregiões Sudoeste e Nordeste apresentaram os menores valores percentuais de áreas alteradas, para ambos os anos. Cabe ressaltar que a mesorregião Nordeste apresentou poucas áreas alteradas, apesar de sua grande extensão. Isto pode ser parcialmente explicado pelo fato de que nesta região localizam-se as depressões do Alto - Xingu e Médio Araguaia, que constituem amplas planícies inundadas e alagadas periodicamente pela enchente dos rios.

### 3.2 Resultados por classes de solos

A Figura 7 apresenta o mapa de solos da área de estudo, na escala de 1:250.000. As classes foram separadas segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

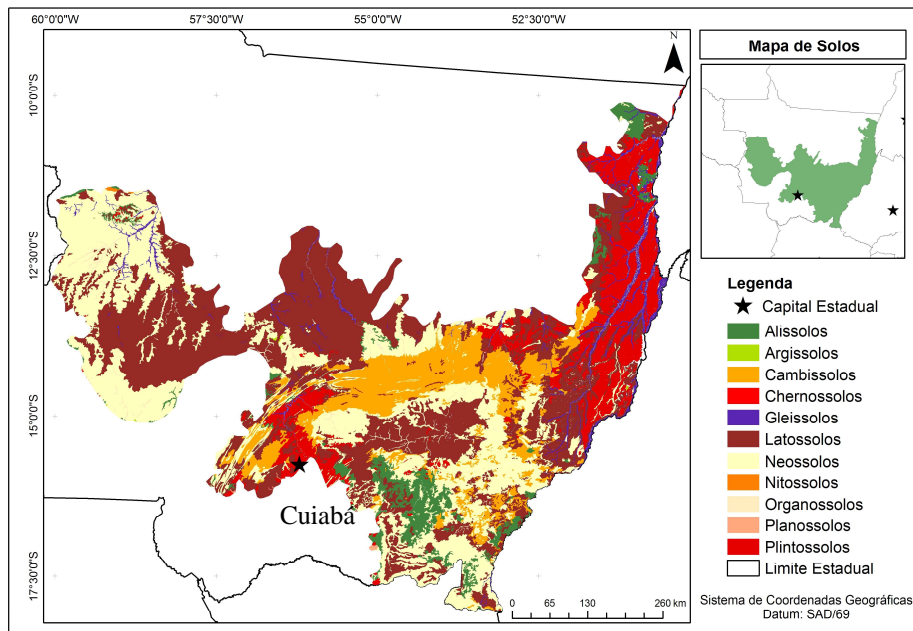


Figura 7 – Mapa de Solos da área de estudo.

A Tabela 3 apresenta os valores das classes de solos da área de estudo, além de apresentar os valores de áreas resultantes do cruzamento das áreas alteradas, em 1990 e 2001, e as classes de solos. As maiores classes de solos representadas foram: (i) Latossolos (38,84%),

que são solos profundos, bastantes porosos e permeáveis, podendo ser encontrados em áreas onde o relevo varia de plano à forte ondulado; (ii) Neossolos (28,46%), são caracterizados por sua profundidade (cerca de 200cm), bem arenosos e drenados, porém quando desprovidos da cobertura vegetal são mais susceptíveis à erosão; (iii) Plintossolos (12,19%), que são encontrados em ambientes de encharcamento periódico, como as depressões do Alto - Xingu e Médio Araguaia, e caracterizados pela acidez e drenagem moderada, em função do elevado grau de coesão; e (iv) Cambissolos (11,83%), que possuem como característica o grau de suscetibilidade variável à erosão, dependente da profundidade e da declividade do terreno, são formados por minerais de fácil intemperização (Guerra e Botelho, 2001).

Tabela 3 – Cálculo das classes de solos na área de estudo e das classes de solos em áreas alteradas, para o ano de 1990 e 2001, em km<sup>2</sup>.

Classe	Área Total <sup>1</sup>	%	1990	% <sup>2</sup>	2001	% <sup>2</sup>	Crescimento (%)
Alissolo	18.746,1	4,91	7.932,9	8,2	9.738,1	6,6	22,8
Argissolo	129,0	0,03	39,9	0,0	49,4	0,0	23,7
Cambissolo	45.196,8	11,83	7.802,9	8,1	12.838,7	8,7	64,5
Chernossolo	20,4	0,01	0,0	0,0	1,8	0,0	-
Gleissolo	10.670,9	2,79	719,5	0,7	1.322,0	0,9	83,7
Latossolo	148.418,6	38,84	57.847,7	59,9	87661	59,3	51,5
Neossolo	108.771,0	28,46	16.669,7	17,3	25.936,0	17,6	55,6
Nitossolo	175,4	0,05	81,9	0,1	88,5	0,1	8,0
Organossolo	3.272,1	0,86	185,9	0,2	249,4	0,2	34,2
Planossolo	190,0	0,05	22,4	0,0	94,5	0,1	322,1
Plintossolo	46.579,1	12,19	5.192,4	5,4	9.695,5	6,6	86,7
<b>TOTAL</b>	<b>382.169,5</b>	<b>100</b>	<b>96.495,2</b>	<b>100</b>	<b>147.674,8</b>	<b>100</b>	-

<sup>1</sup> em relação à área total de estudo

<sup>2</sup> em relação ao total das áreas alteradas

Os dados do cruzamento entre as áreas alteradas e as classes de solos indicam as classes com maior ocupação em 1990, os Latossolos (59,9%), Neossolos (17,3%) e Cambissolos (8,1%), o que aconteceu também no ano de 2001, com 59,3%, 17,6% e 8,7%, respectivamente. Pode ser observado que em todas as classes correspondentes aos solos houve aumento de áreas alteradas. Pode-se confirmar a pouca alteração verificada na mesorregião Nordeste, onde apesar desta apresentar uma extensa área (107.879,7 km<sup>2</sup>) localiza-se em uma área onde os Plintossolos predominam.

#### 4. Considerações Finais

O bioma Cerrado pertencente ao Estado do Mato Grosso apresentou elevada quantidade de áreas alteradas, em função de atividades antrópicas. Pôde ser percebido que a região localizada na denominada fronteira agrícola, mesorregião Norte, apresentou o maior crescimento de áreas alteradas, com 83% de crescimento. Verificou-se que apesar da ocorrência do aumento das áreas alteradas em todas as mesorregiões, a mesorregião Nordeste poderá ser o local onde futuramente as alterações ocorram em maior intensidade. Para trabalhos futuros é recomendado que se avalie até que ponto as planícies inundáveis e alagadas, periodicamente pela enchente dos rios, seja um fator que impeça o avanço de tais alterações.

Em relação às classes de solos, chama a atenção o fato de que as classes mais utilizadas para atividades antrópicas, e aqui se inserem as áreas destinadas à pecuária e agricultura,

foram os Latossolos e os Neossolos. Embora sejam as classes de maior representatividade na área de estudo, devem ser utilizados e manejados de forma adequada, visto que são caracterizados pela porosidade, má estruturação e boa drenagem. A intensidade da mecanização agrícola da região acaba por compactar o solo, gerando ravinas e voçorocas. Estes solos, quando utilizados de maneira inadequada, podem dar início a processos de erosão e degradação, que necessitam de avaliações quanto à sustentabilidade das práticas atualmente usadas na região.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem pela bolsa de pesquisa concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

### **Referências Bibliográficas**

Anderson, L. O. **Classificação e monitoramento da cobertura vegetal do estado do Mato Grosso utilizando dados multitemporais do sensor MODIS**. 2004. 247 p. (INPE-12290-TDI/986). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2004. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2004/08.31.13.56>>. Acesso em: 15 out. 2007

BRASIL. **Agenda 21 brasileira** – Ações Prioritárias/ Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2002, 164 p.

BRASIL Ministério do Meio Ambiente. Edital Probio 02/2004. Projeto executivo B.02.02.109. **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado**: relatório final. Brasília, DF, 93 p. Projeto concluído. Coordenador técnico: Edson Eyji Sano. Unidades executoras: Embrapa Cerrados, Universidade Federal de Uberlândia, Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <[http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002/cerrado/documentos/relatorio\\_final.pdf](http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002/cerrado/documentos/relatorio_final.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2008. 2007

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE – Disponível em: <<ftp://geoftp.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 out. 2008a

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE - Pesquisa Pecuária Municipal. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2006/default.shtm>>. Acesso em: 15 nov. 2008b.

Câmara, G.; Freitas, U.; Souza, R.C.M.; Garrido, J. - SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object – Oriented Data Modelling. Computers and Graphics, vol. 15, n.6, July 1996.

Global Land cover Facility – GLCF. Disponível em: <<http://glcfapp.umiaccs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>. Acesso em: 14 abr. 2008.

Guerra, A. J. T.; Botelho, R. G. M. Erosão dos Solos. In: Cunha, S. B.; Guerra, A. J. T. (Org). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. cap 5, p 181-228.

Mueller, C. C.; Martha Júnior, G. B. A agropecuária e o desenvolvimento socioeconômico recente do Cerrado. In: Faleiro, F. G.; Farias Neto, A. L. (Org) **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. cap 4, p 105 – 172.

RSI. Environment for Visualizing Images - ENVI. ver. 4.5. Boulder, CO, USA: ITT Industries. 2008.

Sano, E.E.; Barcellos, A.O.; Bezerra, H.S. Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no Cerrado brasileiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 21 p.

Sano, E. E.; Barcellos, A. O.; Bezerra, H. S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna. **Pasturas Tropicales**, v. 22, n. 3, p. 2–15, 2002.

Secretaria de Estado e Planejamento e Coordenação Geral – Seplan (2003). Zoneamento Sócio Econômico Ecológico do Estado de Mato Grosso – 2002 Disponível em: <<http://www.zsee.seplan.mt.gov.br/servidordemapas/>>. Acesso em: 15 out. 2008.