

Dinâmica da expansão de áreas antropogênicas no bioma Cerrado localizado na região Nordeste do Brasil

Gustavo Bayma Siqueira da Silva¹
Daniel de Castro Victoria¹
Thamyres Caetano Albino²
Mateus Batistella¹

¹ Embrapa Monitoramento por Satélite
Av. Soldado Passarinho, 303 – CEP: 13070-115 - Campinas - SP, Brasil.
{bayma; daniel, mb}@cnpm.embrapa.br

² Universidade Estadual de Campinas - Unicamp
Cidade Universitária Zeferino Vaz, CEP: 13083-970 - Campinas, SP – Brasil
thamyres@cnpm.embrapa.br

Abstract. Rapid expansion of mechanized agriculture has contributed to the reduction of natural areas over the Cerrado biome. Agricultural use of the NE Cerrado biome within the northeastern region of Brazil began in the 1980s, when rice, cashew nut fruit plantations, and subsistence agriculture were replaced by large grain crop production areas. Such land cover dynamics can be monitored by the use of remote sensing techniques. The objectives of this study were: i) quantify the different vegetation classes in the NE Cerrado that were converted to agricultural land use between 2002 and 2008; ii) analyze land cover change in a multiscale basis; and iii) evaluate the expansion of mechanized agriculture over the converted areas. Results indicate that most of the land cover change (1.23 million ha) occurred over Wooded Cerrado (WC); more than 25% of the total converted area happened from 2002 to 2008 for the mesoregions Sudoeste Piauiense; Sul Maranhense; e Oriental do Tocantins, and at least 30% of the converted areas were used for large scale agriculture. Future studies will be conducted to analyze the anthropogenic areas mapped by the PMDBBS dataset that were not identified in the MODIS cropland masks. Different factors will be evaluated such as plot size and its relation to MODIS spatial resolution, soil type or slope of the study area.

Palavras-chave: agricultural frontier, spatial analysis, savanna, agricultural mapping, fronteira agrícola, análise espacial, savana, mapeamento de áreas agrícolas

1. Introdução

A rápida expansão da agricultura mecanizada contribuiu para a diminuição das áreas naturais do bioma Cerrado e a recente ocupação na porção nordestina do bioma baseou-se na produção de grãos em larga escala visando o mercado externo (Brannstrom et al., 2008). Não somente a agricultura se tornou um vetor de transformação da paisagem do bioma. A vegetação de cerrado também passou a ser suprimida devido à introdução de espécies exóticas, como o eucalipto, e pela retirada da vegetação natural para a produção de carvão (Furley, 1999).

O processo de ocupação da agricultura mecanizada nos cerrados baianos iniciou-se na década de 80. Áreas tidas como marginais foram transformadas em áreas agrícolas devido à nova realidade econômica na região, dinamizando e modernizando a economia regional (Santos, 2008; Batistella e Valladares, 2009). No estado do Piauí, a ocupação foi iniciada na década de 70 com projetos voltados à cajucultura e à pecuária. Na década de 90, as mudanças de uso da terra foram intensificadas devido à produção de grãos, tendo como consequência extensas áreas desmatadas. (Aguiar, 2008). A região sul maranhense passou a transformar suas estruturas agrárias tradicionais de subsistência em agricultura tecnificada, em função da produção de soja. A área de soja passou de 176 para 372 mil hectares entre 2000 e 2005, incentivada também pela melhora da infraestrutura rodoviária neste estado (Studte, 2008).

A substituição de áreas naturais por regiões agrícolas acarreta alterações nas interações físico-químicas e biológicas dos alvos com a radiação eletromagnética. Desta forma, produtos de sensoriamento remoto oriundos de sensores a bordo de satélites orbitais são úteis para o mapeamento e monitoramento da dinâmica da expansão agrícola. Neste contexto, os objetivos do trabalho foram: i) quantificar as classes de vegetação da área de estudo que foram suprimidas no período entre 2002 e 2008; ii) analisar a dinâmica dos incrementos de áreas antropogênicas nas mesorregiões e microrregiões; e iii) estimar quanto da vegetação suprimida foi convertida em área agrícola, uma vez que a atividade agrícola foi responsável por cerca de 40% da conversão da área original do bioma Cerrado, junto com a pecuária (Sano et al., 2002; BRASIL, 2007).

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo localiza-se entre as coordenadas 05° e 12° de latitude sul e 42° e 51° de longitude oeste, incluindo as seguintes mesorregiões: Extremo Oeste Baiano; Sudoeste Piauiense; Sul Maranhense; e Oriental do Tocantins (Figura 1).

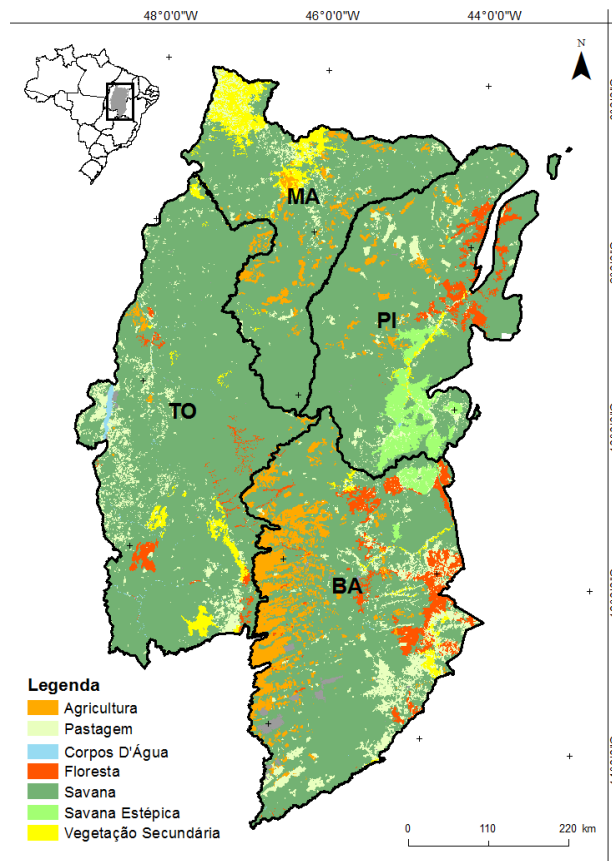


Figura1: Uso e cobertura da terra da área de estudo em 2002.

Fonte: BRASIL, 2007

Na primeira etapa do trabalho foram utilizadas duas bases de dados. A primeira base correspondeu ao mapa de cobertura vegetal que discrimina as classes naturais e antropogênicas de Cerrado no ano de 2002 (Sano et al, 2010). As regiões fitoecológicas observadas na área de estudo corresponderam, até 2002, por áreas de Savana: Arborizada (Sa), que engloba o Campo Cerrado, Cerrado ou, Cerrado Aberto, com 48,8% do total da área de estudo; Parque (Sp) e Florestada (Sd), também denominada Cerradão, representando 13,7% e 13,1%; e Gramíneo-Lenhosa, responsável por 7% da área. Em relação às áreas

antropogênicas, áreas de pastagens (Ap) e agrícolas (Ac) possuíam 8,3% e 6,1%, totalizando 14,4% do total da área ou, aproximadamente, 5,3 milhões de hectares.

A base complementar foi obtida junto ao “Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite – PMDBBS” (BRASIL, 2009). Diferente da primeira base apresentou apenas duas classes: áreas de remanescentes de vegetação natural e áreas antropogênicas. Compiladas as duas bases de dados, estas foram cruzadas a fim de quantificar quais classes de vegetação natural foram suprimidas entre 2002 e 2008 (Figura 2). A segunda etapa do trabalho consistiu no cruzamento dos incrementos de vegetação, entre 2002 e 2008, com os limites das meso e microrregiões.

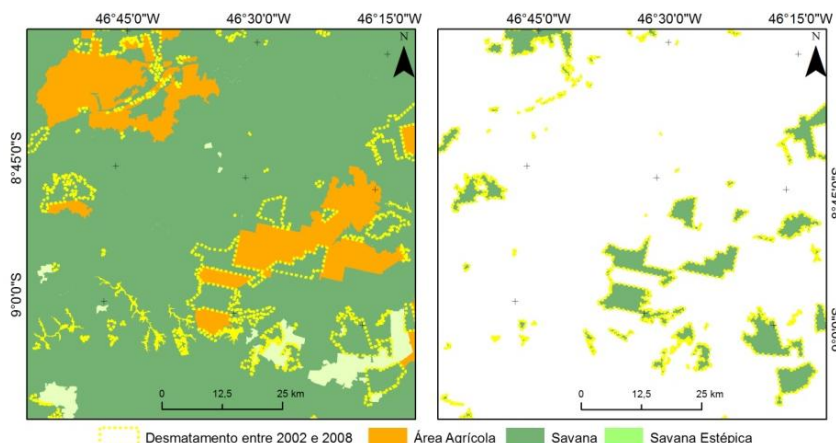


Figura 2: Ilustração da metodologia adotada para quantificar as regiões fitoecológicas suprimidas entre 2002 e 2008. A) em tons de verde as regiões de savana e savana estépica, em laranja as áreas agrícolas (ambas até 2002) e em amarelo as áreas antropogênicas entre 2002 e 2008; e b) resultado da intersecção entre as regiões fitoecológicas (em verde) e as áreas antropogênicas (linha pontilhada amarela).

A estimativa da conversão das áreas naturais de cerrado para áreas agrícolas foi realizada por meio da intersecção dos dados de incremento de áreas, entre 2002 e 2008, obtidos pelo PMDBSS e das máscaras agrícolas obtidas a partir da metodologia de Victoria et. al (2012). A delimitação da máscara de áreas agrícolas foi realizada através da análise da série temporal de NDVI do sensor MODIS, com 250 m de resolução (produto MOD13Q1). Através da transformação de Fourier é possível separar a série temporal em diferentes componentes que representam a variação anual e semestral, bem como o valor médio do índice de vegetação. A análise dos componentes permite identificar locais com forte alteração da cobertura vegetal em um curto período de tempo, característico de áreas agrícolas. Cabe ressaltar que nas bases de dados foram consideradas apenas áreas superiores a 40 hectares.

3. Resultados e Discussão

A Figura 3 mostra as principais regiões fitoecológicas suprimidas entre 2002 e 2008. Também foi calculado o total de área suprimida de cada região fitoecológica em função de seus respectivos números de fragmentos (Figura 4).

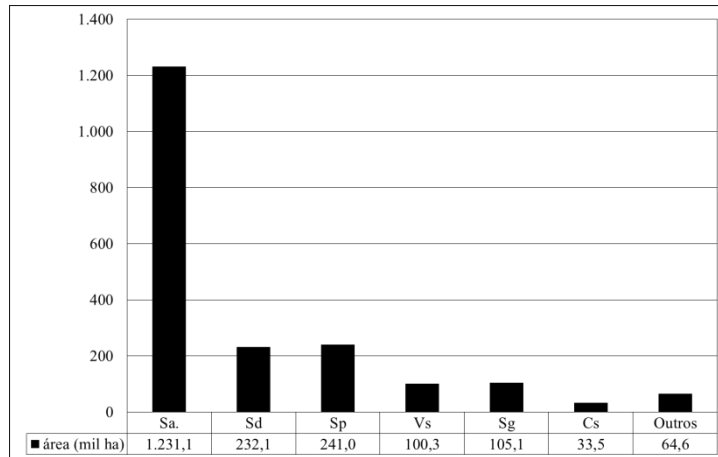


Figura 3. Estimativa das áreas suprimidas por região fitoecológica na área de estudo no período de 2002 a 2008, em mil ha. Sa, Savana Arborizada; Sd, Savana Florestada; Sp, Savana Parque; Vs, Vegetação secundária, Sg, Savana Gramíneo-Lenhosa; e Cs, Floresta Estacional Decidual Submontana.

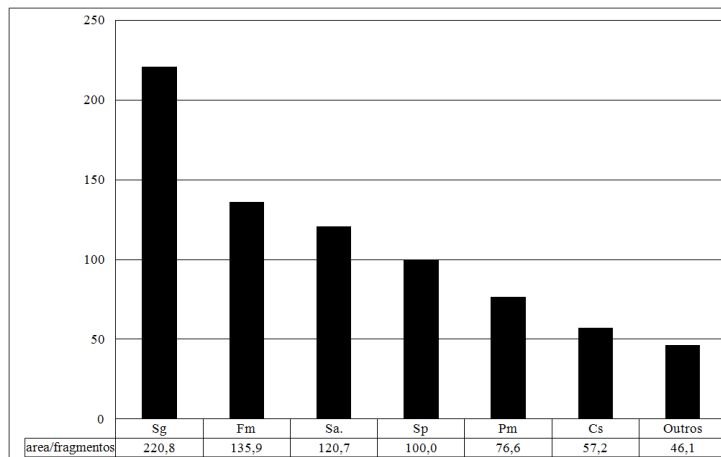


Figura 4. Relação do total de área suprimida (ha) pelo número de fragmentos de cada região fitoecológica encontrada na área de estudo. Sg, Savana Gramíneo-Lenhosa; Fm, Floresta Estacional Semidecidual Montana; Sa, Savana Arborizada; Sp, Savana Parque; Pm, Formação Pioneira com influência marinha (restinga); e Cs, Floresta Estacional Decidual Submontana

Como esperado, a região com maior extensão na área de estudo (Sa) foi a que sofreu maior supressão, representando 61% do total de vegetação suprimida. Este resultado corrobora os trabalhos de Trabaquini et al. (2011) e Silva et al. (2010), que observaram que a classe Sa sofreu maior supressão no bioma Cerrado matogrossense e no bioma Pantanal, respectivamente. Cabe ressaltar que apesar da classe Sg possuir apenas, até 2002, 7% de representatividade na área de estudo, a relação área/ fragmentos indicou 220,8, ou seja, nesta região foram suprimidas parcelas maiores do terreno nas áreas de Sg do que Sa (120,7). A retirada da vegetação em área de Sa possui custo maior, pois envolve a contratação de mão de obra para derrubada da vegetação e limpeza do terreno (catação de raízes e enleiramento).

Nas figuras 5 e 6 é possível observar a distribuição espacial das áreas antropogênicas considerados até 2002 e das ocorridas entre 2002 e 2008 em cada mesorregião estudada. Os dados indicam que entre 2002 e 2008 foram suprimidos, aproximadamente 20%, 37%, 31% e 25% do total quantificado até 2008 para as mesorregiões Extremo Oeste da Bahia (BA); Sudeste Piauiense (PI), Sul Maranhense (MA) e Oriental do Tocantins (TO), respectivamente.

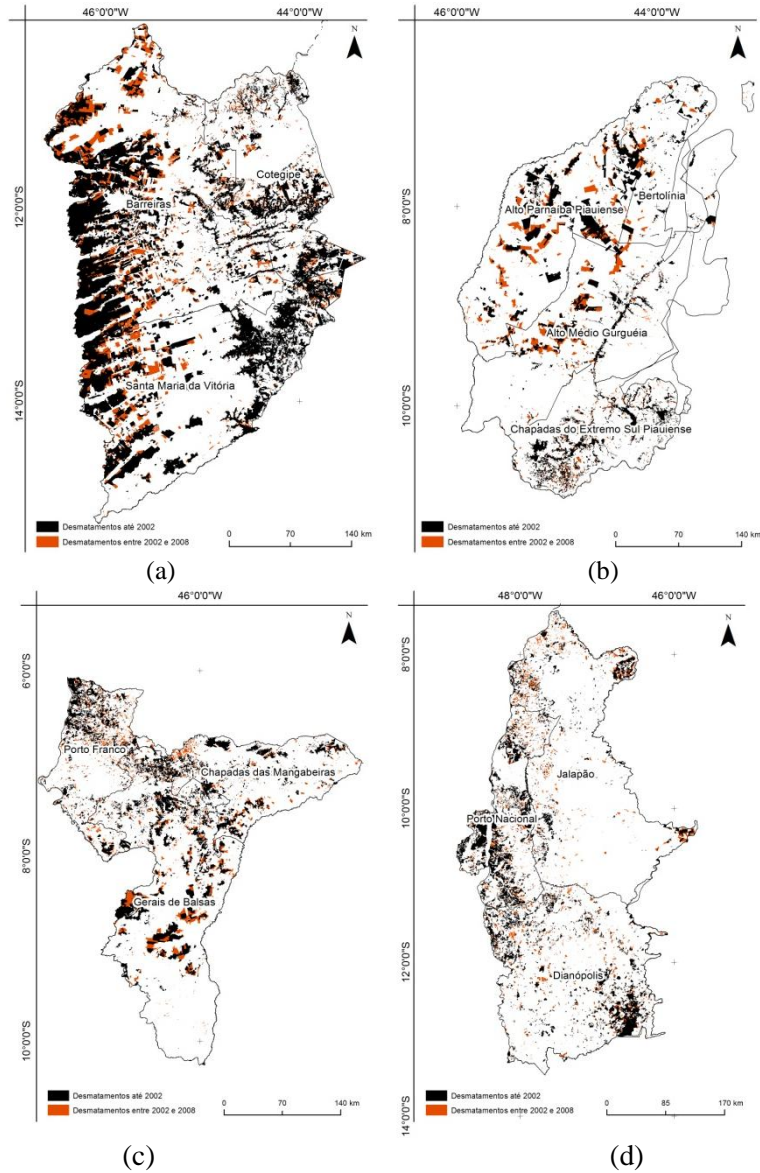


Figura 5. Distribuição dos desmatamentos até 2002 (em preto) e entre 2002 e 2008 (em laranja), em: (a) Extremo Oeste Baiano; (b) Sudoeste Piauiense; (c) Sul Maranhense; e (d) Oriental do Tocantins

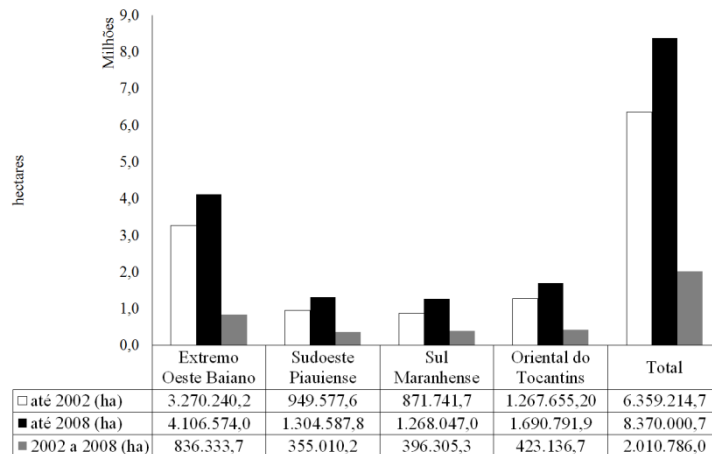


Figura 6. Distribuição das áreas antropogênicas no âmbito mesorregional, até o ano de 2002 e entre os anos 2002 e 2008, em hectares.

Ao detalhar os dados no âmbito microrregional foi possível realizar uma análise intra-estadual (Figura 7 e Tabelas 1 a 4). Para efeito de comparação foi considerado o valor percentual de área suprimida de cada microrregião considerando apenas a mesorregião a que pertence. Na mesorregião Extremo Oeste Baiano observou-se que a microrregião de Barreiras aumentou seu percentual do total de áreas antropogênicas de 47,3% para 57,8% entre 2002 e 2008. A mesorregião Sul Maranhense apresentou menores aumentos percentuais de áreas antropogênicas, destacando-se a microrregião Gerais de Balsas com 6,6%, passando de 50,9% para 57,5%. Das microrregiões pertencentes à mesorregião Sudeste Piauiense destacou-se a microrregião Alto Médio Gurguéia que passou de 19,7% para 33,7% do total de área suprimida. Por fim, na mesorregião Oriental do Tocantins a microrregião Jalapão apresentou 19,5% de diferença, entre 2002 e 2008.

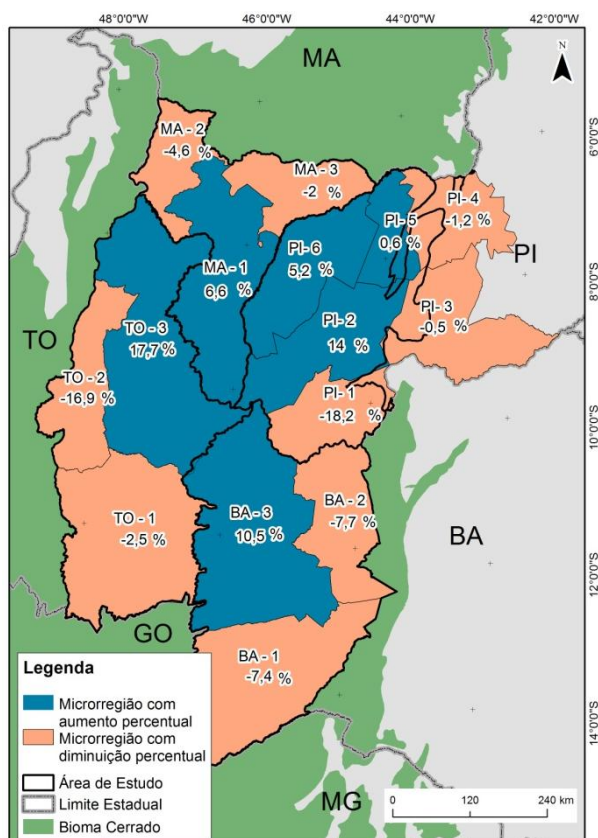


Figura 7. Variação percentual das áreas naturais convertidas em áreas antropogênicas nas microrregiões: a) Extremo Oeste Baiano (BA): BA-1 (Santa Maria da Vitória); BA-2 (Cotegipe) e BA-3 (Barreiras); b) Sudoeste Piauiense (PI): PI-1 (Chapadas do Extremo Sul Piauiense), PI-2 (Alto Médio Gurguéia), PI-3 (São Raimundo Nonato), PI-4 (Floriano), PI-5 (Bertolândia) e PI-6 (Alto Parnaíba Piauiense) c) Sul Maranhense: MA-1 (Gerais de Balsas), MA-2 (Porto Franco) e MA-3 (Chapadas das Mangabeiras); e d) Oriental do Tocantins: TO-1 (Dianópolis), TO-2 (Porto Nacional) e TO-3 (Jalapão).

Tabela 1. Áreas antropogênicas, em hectares, das microrregiões da área de estudo até 2002 e entre 2002 e 2008 pertencentes à mesorregião Extremo Oeste Baiano.

UF	Microrregião	até 2002	%	2002 a 2008	%	Dif. %
BA	Barreiras	1.547.273,7	47,3	483.310,7	57,8	10,5
BA	Cotegipe	544.427,4	16,6	74.844,6	8,9	-7,7
BA	Santa Maria da Vitória	1.178.539,1	36,0	239.119,5	28,6	-7,4
-	Total	3.270.240,2	100,0	836.333,7	100,0	0,0

Tabela 2. Áreas antropogênicas, em hectares, das microrregiões da área de estudo até 2002 e entre 2002 e 2008 pertencentes à mesorregião Sudoeste Piauiense

UF	Microrregião	até 2002	%	2002 a 2008	%	Dif. %
PI	Alto Médio Gurguéia	171.825,5	19,7	124.602,7	33,7	14,0
PI	Alto Parnaíba Piauiense	361.704,5	41,5	172.413,9	46,7	5,2
PI	Bertolândia	69.146,2	7,9	31.511,0	8,5	0,6
PI	São Raimundo Nonato	7.234,9	0,8	1.297,0	0,4	-0,5
PI	Floriano	27.050,1	3,1	7.087,2	1,9	-1,2
PI	Chapadas do Extremo Sul Piauiense	234.780,6	26,9	32.359,4	8,8	-18,2
-	Total	871.741,7	100,0	369.271,2	100,0	0,0

Tabela 3. Áreas antropogênicas, em hectares, das microrregiões da área de estudo até 2002 e entre 2002 e 2008 pertencentes à mesorregião Sul Maranhense.

UF	Microrregião	até 2002	%	2002 a 2008	%	Dif. %
MA	Generais de Balsas	483.584,2	50,9	179.194,4	57,5	6,6
MA	Porto Franco	244.025,2	25,7	65.866,9	21,1	-4,6
MA	Chapadas das Mangabeiras	221.968,1	23,4	66.605,6	21,4	-2,0
-	Total	949.577,6	100,0	311.666,9	100,0	0,0

Tabela 4. Áreas antropogênicas, em hectares, das microrregiões da área de estudo até 2002 e entre 2002 e 2008 pertencentes à mesorregião Oriental do Tocantins.

UF	Microrregião	até 2002	%	2002 a 2008	%	Dif. %
TO	Jalapão	256.138,5	20,2	144.619,4	39,7	19,5
TO	Dianópolis	510.836,9	40,3	137.600,0	37,8	-2,5
TO	Porto Nacional	500.679,7	39,5	82.275,6	22,6	-16,9
-	Total	1.267.655,2	100,0	364.494,9	100,0	0,0

Os incrementos de áreas antropogênicas obtidas junto ao PMDBSS somaram um total de 1.842.707 ha e as máscaras agrícolas via MODIS indicaram uma área de 824.717 ha. Devem ser considerados aqui que as duas bases de dados são provenientes de diferentes metodologias e imagens de satélite utilizadas para os respectivos mapeamentos. Além disto, as áreas do PMDBSS incluem diversos usos e coberturas do solo de origem antropogênicas (eucaliptos e pastagens, por exemplo) e a máscara do MODIS visa apenas mapear áreas agrícolas. Destes 824.717 ha das máscaras MODIS, 566.118 ha, aproximadamente 70%, coincidiram com áreas antropogênicas contabilizadas pela base do PMDBSS. Este resultado corrobora o de Silva et al. (2001) que utilizaram imagens MODIS para o mapeamento de áreas antropogênicas no Cerrado matogrossense e mapearam corretamente 74% da área desmatada.

4. Conclusões

Os resultados indicaram que na área de estudo e período considerado entre 2002 e 2008 a Savana Arborizada foi a região fitoecológica que sofreu maior supressão. Apesar de apresentar as maiores extensões de áreas desmatadas, o tamanho médio dos talhões desmatados foi maior em áreas de Savana Gramíneo-Lenhosa, onde prevalecem gramados entremeados por plantas lenhosas raquílicas.

Em relação aos aumentos percentuais de áreas antropogênicas, as microrregiões da mesorregião Sul Maranhense foram as que apresentaram menores variações indicando que esta região do estado pode estar próxima da expansão total de áreas antropogênicas. A máscara MODIS permitiu indicar que pelo menos 30% da área antropogênica disponibilizada pela base de dados do PMDBSS foi convertida em áreas de cultivo agrícola na área de estudo. Para trabalhos futuros são sugeridas maiores análises com objetivo de identificar o padrão de

áreas antropogênicas não mapeadas pela máscara MODIS, seja em função do tamanho do talhão, tipo de solo do local ou declividade do terreno.

Referências Bibliográficas

- AGUIAR, T.J.A. O processo de ocupação e uso do cerrado piauiense. In: VI Encontro Nacional da ECOECO, 2008, Brasília – DF. **Anais...** Rio De Janeiro: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, v. 1., 6, 2010. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi_en/artigos/mesa4/O_processo_de_ocupa__o_e_u_so_do_cerrado_piauiense_-_pdf>. Acesso em: 23 out 2012.
- BATISTELLA, M. ; VALLADARES, G. S . Farming expansion and land degradation in Western Bahia, Brazil. *Biota Neotropica* (Edição em Português. Online), v. 9, p. 60-76, 2009.
- 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 E. Sano. Unidades executoras: Embrapa Cerrados, Universidade Federal de Uberlândia, Universidade Federal de Goiás.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório técnico de monitoramento do desmatamento no bioma Cerrado, 2002 a 2008**: Dados Revisados. Brasília, DF, 69 p. Coordenador técnico: Humberto Navarro de Mesquita Jr. Unidades executoras: Centro de Sensoriamento Remoto – CSR/IBAMA.
- BRANNSTROM, C., JEPSON, W., FILIPPI, A., XU, X., REDO, D. Land Change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986-2002: Comparative Analysis and Implications for Land-Use Policy. **Land Use Policy**, v.25, n. 4, p. 455-608, 2008.
- FURLEY, P. A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, v.8, p.223–241, 1999.
- TRABAQUINI, K., SILVA, G.B.S., TAKEDA, M.M.G., FORMAGGIO, A.R. ; SHIMABUKURO, Y.E. Dinâmica e distribuição das áreas alteradas por ação antrópica no Cerrado matogrossense no período de 2002 a 2008. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15, 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE 2011. Artigos, p. 6642-6649. (DVD).
- SANTOS, C.C.M. dos. Os cerrados da Bahia sob a lógica do capital. **Revista Ideas - Interfaces em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade**, Rio de Janeiro, v. 2, n.1, p. 76-108., 2008.
- 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.
- SANO, E. E. ; ROSA, R. ; BRITO, J. L. ; FERREIRA, L. G. . Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 113-124, 2010.
- SILVA, G.B.S; FORMAGGIO, A.R.; SHIMABUKURO, Y.E.; SANO, E.E. Monitoramento e detecção de desmatamentos no bioma Cerrado matogrossense utilizando imagens de multisensores. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15, 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 2849-2855. (DVD).
- SILVA, G. B. S.; PEREIRA, G. ; SHIMABUKURO, Y. E. Expansão de áreas antropogênicas no bioma Pantanal: uma análise do período de 2002 a 2008. In: III Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2010a, Cáceres-MT. **Anais....** Campinas: Embrapa Informática, 2010. Artigos, 792-799. (DVD).
- STUDTE, M. A **Expansão da Fronteira Agrícola e a Agricultura Familiar no Cerrado Maranhense**. (Mestrado em Geografia), USP/Fórum Carajás/Universidade Berlin, São Paulo, 2008.
- VICTORIA, D.C; PAZ, A.R; COUTINHO, A.C; KASTENS, J.; BROWN, J.C. Soy cropland area estimates in Mato Grosso, Brazil, using MODIS NDVI time series. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n.9, p. 1270-1278, 2012.