

DINÂMICA AGRÍCOLA E DESMATAMENTOS EM ÁREAS DE CERRADO: UMA ANÁLISE A PARTIR DE DADOS CENSITÁRIOS E IMAGENS DE RESOLUÇÃO MODERADA

*AGRICULTURE DYNAMICS AND DEFORESTATION IN AREAS OF THE
BRAZILIAN SAVANNA: AN ANALYSIS BASED ON MODERATE RESOLUTION
IMAGERY AND CENSUS DATA*

**Laerte G. Ferreira
Manuel E. Ferreira
Genival F. Rocha
Marlon Nemayer
Nilson C. Ferreira**

**Universidade Federal de Goiás
Instituto de Estudos Sócio-Ambientais
Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento – www.ufg.br/lapig
Campus II, Cx. Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia - GO, Brasil
{laerte, manuel}@iesa.ufg.br; gfernandesr@gmail.com; mnemayer@yahoo.com.br; ncferreira@uol.com.br**

RESUMO

Em torno de 39% do Cerrado, o segundo maior bioma da América do Sul, já foram convertidos em áreas de pastagem e agricultura. Em Goiás, único Estado da federação totalmente inserido no Cerrado, a situação é ainda mais preocupante, com aproximadamente 63% da vegetação natural já substituída em função da atividade agropecuária. A expectativa é de que estes desmatamentos, que continuam ocorrendo a taxas que variam de 0,21% a 0,86% ao ano, sejam ainda mais intensificados, principalmente em função da crescente demanda por biocombustíveis. Assim, neste estudo, tendo por base dados do censo agrícola IBGE para o período de 2001 a 2005, e dados de desmatamentos mapeados através do Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos (SIAD), a partir da comparação de imagens de resolução moderada (MODIS) obtidas em 2003 e 2004, avaliou-se a relação entre expansão agrícola e desmatamentos em Goiás; i.e. o quanto desta expansão depende e induz à abertura de novas áreas. Como os resultados demonstram, os desmatamentos detectados estão relacionados tanto aos incrementos em área agrícola observados entre 2003 e 2004 ($r = 0,40$ a $0,67$), quanto àqueles ocorridos entre 2004 e 2005 ($r = 0,23$ a $0,43$), principalmente quando considerados os municípios mais proeminentes no âmbito do agronegócio (ex. Rio Verde). Contudo, estes desmatamentos, os quais correspondem a somente 20% e 11% da expansão agrícola para os dois períodos analisados, também estão associados a outros tipos de ocupação (ex. novas áreas de pastagens). Os resultados deste estudo, os quais serão estendidos à novas séries temporais, certamente possibilitarão uma melhor avaliação dos impactos da expansão sucroalcooleira sobre os processos de ocupação e dinâmica territorial no Estado.

Palavras chave: Bioma Cerrado, fronteira agrícola, sensores remotos, imagens MODIS, SIAD.

ABSTRACT

About 39% of the Cerrado, the second largest biome in South America, have been already converted to pasture and agriculture fields. In Goiás, the only state thoroughly inserted within the Cerrado limits, the situation is even more severe, as the agribusiness already replaced approximately 63% of its area. The expectation is that the deforestation, which is still occurring, at annual rates varying from 0.21% to 0.86%, will follow an upward trend, mainly due to the increasing demand for biofuels. This study, based on the IBGE agricultural census data from 2001 to 2005 and on deforestation data mapped through the Deforestation Warning System (SIAD), via the comparison of 2003 – 2004 moderate resolution imagery (MODIS), assessed the correlation between the agriculture expansion and deforestation in Goiás, i.e. how much of this expansion depends on and drives land conversion. As our results suggest, the detected deforestation is related to the increments in the agricultural area that took place from 2003 to 2004 ($r = 0.40$ to 0.67), as

well as to the 2004 – 2005 increments ($r = 0.23$ to 0.43), particularly when considering the municipalities most preeminent in the agribusiness (e.g. Rio Verde). However, these deforestations, which correspond to only 20% and 11% of the agricultural expansion in the two periods evaluated, are also associated to other types of land occupation (e.g. new pasturelands). The expectation is that the incorporation of additional time series in future analysis will allow a more thorough evaluation of the impacts of the sugarcane expansion over the occupation and territorial dynamics in the state.

Keywords: Cerrado biome, agricultural frontier, MODIS products, remote sensing, SIAD.

1. INTRODUÇÃO

A região de savanas no Brasil, também conhecida como Cerrado, distribui-se de forma contínua em 10 estados da federação, além do Distrito Federal, ocupando cerca de 205 milhões de hectares das regiões Centro-Oeste, Sul e Nordeste do país (IBGE, 2004). Trata-se de um ecossistema complexo, marcado por uma vegetação estratificada em espécies gramíneas, arbustivas e arbóreas, com flora e fauna bem adaptadas ao clima sazonal (i.e. uma estação seca e outra chuvosa) (EITEN, 1994).

Tais características fisiográficas, associadas a uma elevada biodiversidade e potencial hídrico, garantem a manutenção de importantes processos ecológicos, com reflexo direto aos ecossistemas limítrofes. Da mesma forma, o domínio de chapadões, com topografia suave e solos bem desenvolvidos, favorece as atividades agropecuárias, conferindo ao bioma Cerrado um papel estratégico quanto ao desenvolvimento sócio-econômico do país.

Em função destas características, bem como devido à investimentos públicos em infra-estrutura (ex. rede elétrica e malha viária), a região se transformou num grande celeiro agrícola, ocupada, principalmente, por monoculturas comerciais (ex. soja, milho, etc.) e pela bovinocultura (SANO et al., 2002). Em contrapartida, o mapeamento da cobertura vegetal, realizado no âmbito da iniciativa PROBIO (MMA/CNPq/BIRD/GEF), indica que, em pouco mais de quatro décadas, 26% e 10% do território compreendido pelo bioma Cerrado foram transformados em áreas de pastagem cultivada e agricultura, respectivamente (SANO et al., 2008a).

No que se refere à Goiás, único Estado totalmente inserido nos domínios deste bioma, a ocupação antrópica tem sido igualmente intensa. Dados do projeto *Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade no Estado de Goiás* (PDIAP) (SANO et al., 2008b) indicam uma conversão da cobertura vegetal nativa da ordem de 65%. No âmbito das bacias hidrográficas o cenário é igualmente

preocupante. Das bacias com área superior a 50 mil hectares, apenas 53% atendem ao Código Florestal no que se refere à manutenção de vegetação nativa na forma de reserva legal e áreas de preservação permanente (APPs) (BONNET et al., 2006). Em fato, aproximadamente 24.000 km² de ambientes ripários se encontram desprotegidos no Estado, com implicação direta na qualidade dos recursos hídricos (BONNET et al., 2007).

Ainda que a grande fronteira agrícola que caracterizou a região Centro-Oeste nas décadas de 1970 e 1980 e, em particular, a área *core* do Cerrado, esteja aparentemente consolidada e estabilizada (FERREIRA et al., 2007a), os desmatamentos continuam de forma ainda intensa. Dados recentes indicam, por exemplo, desmatamentos em áreas de Cerrado da ordem de 8.500 km² para o período de 2003 a 2004. Em Goiás, principalmente, a conversão de novas áreas se deve tanto ao aspecto favorável da topografia (79% do território situado em terrenos com até 5° de declividade), quanto ao surgimento de novas *commodities*, como é o caso da cana-de-açúcar (etanol) (FARGIONE et al., 2008; RIBEIRO et al., 2009). Assim, e em não havendo políticas eficazes do ponto de vista da gestão territorial e ambiental, ao longo dos próximos anos, até 58.000 km² de vegetação nativa correm o risco de serem convertidas (FERREIRA et al., 2009).

Com vistas a melhor qualificar a conversão da cobertura vegetal no Estado de Goiás, este artigo analisa a relação da expansão agrícola (área plantada), entre os anos de 2003 e 2005, com os indicativos de novos desmatamentos detectados entre 2003 e 2004 pelo SIAD (Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos) (FERREIRA et al., 2007b). Em particular, busca-se entender e mensurar o quanto destes desmatamentos são induzidos pelo aumento das áreas agrícolas em Goiás, de tal forma que seja possível avaliar o impacto potencial do avanço do agronegócio, principalmente àquele associado aos biocombustíveis, sobre os remanescentes de Cerrado em Goiás.

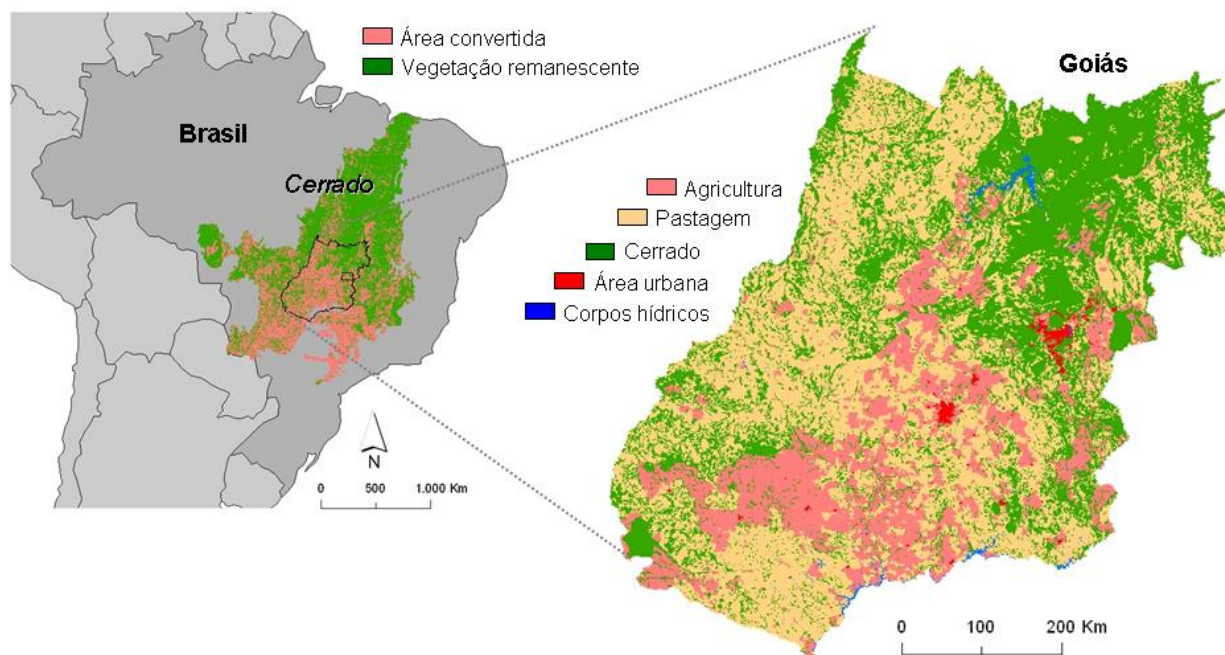


Fig. 1 - Localização e distribuição das classes de cobertura e uso da terra para o bioma Cerrado e Estado de Goiás, conforme os levantamentos realizados no âmbito das iniciativas PROBIO e PDIAP, respectivamente.

2. BASE DE DADOS E MÉTODOS DE ANÁLISE

Os dados de desmatamentos utilizados neste estudo foram mapeados com base na comparação de imagens índices de vegetação MODIS (produto MOD13Q1), cuja resolução espacial moderada (250m), precisão geométrica (georeferenciamento com erro inferior a 0.2 pixels), elevada acuidade radiométrica (imagens calibradas para valores de reflectância) e facilidade de aquisição (imagens disponibilizadas gratuitamente, em cenas de 1200 x 1200 km) são particularmente úteis em levantamentos regionais, realizados de forma repetitiva e em curto espaço de tempo (HUETE et al., 2002; FERREIRA et al., 2008). Especificamente, foram obtidas imagens para a primeira quinzena do mês de outubro de 2003 e 2004, datas estas determinadas tanto em função da disponibilidade de imagens de alta resolução, necessárias à validação dos resultados, quanto à minimizar os efeitos devidos à sazonalidade (FERREIRA et al., 2006).

Através do SIAD, estas imagens, referentes às cenas h12v10 e h13v10, foram automaticamente reprojadas para coordenadas geográficas, filtradas (para nuvens, sombras e aerossóis residuais) com base no respectivo *Quality Assurance layer* (metadados) e articuladas em mosaico. Especificamente, o SIAD, desenvolvido sobre uma plataforma de sistema de informações geográficas, compara imagens NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) correspondentes ao período em análise, identificando, conforme um determinado limiar de mudança, variações significativas nos valores do NDVI. Todas estas variações, indícios de possíveis desmatamentos, são então vetorizadas e armazenadas em um banco de dados geográfico, de acordo com uma área mínima para as

deteções. Neste trabalho foi adotado um limiar de mudança na cobertura vegetal de 30%, seguido por uma área mínima de 50 hectares, condições necessárias para que um possível polígono de desmatamento fosse delimitado.

Em uma etapa seguinte, os polígonos gerados pelo SIAD são inspecionados visualmente, com o objetivo de se identificar e/ou confirmar a natureza das mudanças detectadas; i.e. se as mesmas correspondem a desmatamentos ou apenas variações na biomassa verde, devido, por exemplo, à conspícua sazonalidade da vegetação do Cerrado, diferenças interanuais na precipitação, etc. Para este estudo, o conjunto de 2088 polígonos gerados pelo SIAD foi verificado em relação a um mosaico de 53 imagens CBERS (RGB / bandas 3, 4, 2), obtidas em setembro, outubro e novembro de 2004 (BEZERRA et al., 2007). Destes, 696 polígonos, correspondendo a uma área total de 1.025 km², foram confirmados como sendo desmatamentos da cobertura vegetal nativa (figura 2).

A dinâmica agrícola, para cada um dos 246 municípios do Estado de Goiás, foi avaliada com base nos dados do censo agrícola do IBGE (<http://www.ibge.gov.br>), conforme a área total ocupada pelas sete principais culturas existentes no Estado (i.e. soja, sorgo, milho, arroz, feijão, cana e algodão). Tendo em vista o período de ocorrência dos desmatamentos mapeados (i.e. outubro de 2003 e outubro de 2004), foram considerados os incrementos em área agrícola ocorridos entre os anos de 2003 e 2004 e entre 2004 e 2005. Por outro lado, e com o objetivo de melhor contextualizar a ocupação agrícola no Estado, também foram incluídos na análise dados referentes ao período de 2001 a 2003.

O conjunto de dados censitários e de desmatamentos foi complementado com informações do mapa de cobertura e uso da terra para Goiás, elaborado a partir de imagens de satélite Landsat 7 ETM+ de 2001 e 2002, na escala original de 1:250.000 (SANO et al., 2008b).

Quanto ao grau de dependência da expansão agrícola, para os dois períodos considerados, em relação aos desmatamentos mapeados pelo SIAD, este foi

determinado através do coeficiente de correlação de Pearson, sendo que todas estas medidas e análises foram realizadas à escala municipal e, eventualmente, em relação às 18 microrregiões administrativas compreendidas pelo Estado de Goiás.

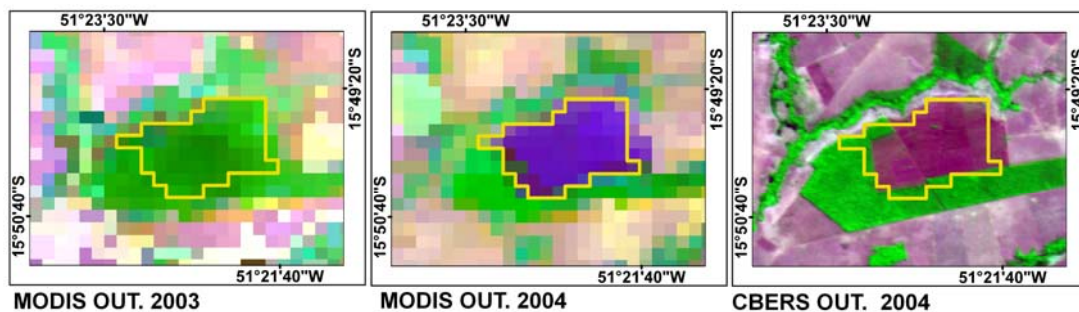


Fig. 2 - Polígono de mudança gerado pelo SIAD (em amarelo) sobreposto às composições coloridas (RGB / MIR, NIR, Red) MODIS (outubro 2003 e 2004) e CBERS (outubro 2004).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta uma síntese dos dados do censo agrícola do IBGE para os anos de 2001 a 2005. Conforme os dados mostrados nesta tabela, predomina, entre dois anos sucessivos, uma semelhança quanto à área média (e total) ocupada, bem como quanto ao padrão de distribuição espacial destas áreas entre os 246 municípios do Estado de Goiás, como evidenciado pelos elevados coeficientes de correlação (r variando de 0,8 a 1,0). Estes padrões, para os cinco anos considerados, são marcados por uma elevada heterogeneidade na área ocupada com agricultura entre os municípios (Coeficientes de Variação > 2), haja vista as várias restrições relacionadas à atividade agrícola, como topografia, proximidade de mercados consumidores e infra-estrutura viária.

Estes dados também confirmam um progressivo aumento da área total destinada à atividade agrícola no Estado, a qual varia de 30.658 km², em 2001, para 42.961 km² em 2005. Uma exceção a esta tendência é o período de 2003 a 2004, quando se observa uma diminuição de 1.684 km² na área ocupada com agricultura no Estado. À esta diminuição, contudo, contrapõe-se um forte incremento, de 7.352 km², para o período seguinte, de 2004 a 2005. Por coincidência, estes dois períodos (i.e. 2003 a 2004 e 2004 a 2005), marcados por significativas variações para menos e para mais na área total plantada, estão associados a menores coeficientes de correlação ($r = 0,8$), indicando também diferenças significativas no padrão e distribuição da ocupação entre um ano e outro.

Quando consideram-se apenas os municípios para os quais houve, entre dois anos sucessivos, um incremento na área agrícola, observa-se, para os

períodos de 2003 a 2004 e 2004 a 2005, uma expansão da área plantada de 5.079 km² e 9.226 km², distribuída em 179 e 126 municípios, respectivamente. Por outro lado, para o período de 2003 a 2004, foi detectado, em 129 municípios, um total de 1.025km² de novos desmatamentos (tabela 2). Como mostrado na figura 3, à medida que as áreas mínimas (totais) relacionadas aos desmatamentos e incrementos agrícolas aumentam, o número de municípios envolvidos decresce rapidamente.

Em particular, a expansão agrícola entre 2004 e 2005, quando comparada à expansão e desmatamentos ocorridos entre 2003 e 2004, se dá de forma bastante heterogênea ($CV > 6$) e concentrada, com aproximadamente 82% de todo o aumento em área plantada restrito à somente quatro municípios (tabela 2 e figura 7). Quanto às variações em área, observadas entre 2003 e 2004, estas apresentam padrões de distribuição mais homogêneos ($CV < 3$) e amplos, com 35 e 29 municípios responsáveis por 75% de todo o incremento agrícola e desmatamento ocorrido, respectivamente.

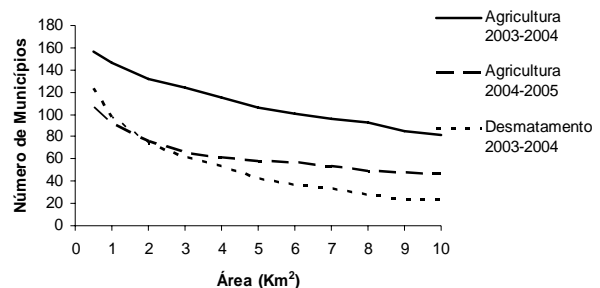


Fig. 3 - Relação entre área total (desmatamento ou incremento agrícola) e número de municípios envolvidos.

TABELA 1 - OCUPAÇÃO AGRÍCOLA NO ESTADO DE GOIÁS (E RESPECTIVAS VARIAÇÕES TOTAIS) PARA O PERÍODO DE 2001 A 2005. EM DESTAQUE, OS PERÍODOS DIRETAMENTE ANALISADOS.

Períodos	Ag01	Ag02	Ag03	Ag04	Ag05		
Área média municipal ocupada (km ²)	124,6	133,0	151,6	144,8	174,6		
CV	2,7	2,7	2,7	2,0	2,5		
Área total ocupada (km ²)	30.658	32.729	37.293	35.609	42.961		
Variação na área agrícola total (km ²)	2.072					1,0	2001 - 2002
		4.563				1,0	2002 - 2003
			-1.684			0,8	2003 - 2004
				7.352		0,8	2004 - 2005

As significativas diferenças, principalmente no que diz respeito aos padrões de distribuição espacial, entre os incrementos em área agrícola ocorridos entre os anos de 2003 – 2004 e 2004 – 2005, são corroboradas pela correlação, em nível municipal, próxima a zero (tabela 3 e figuras 6 e 7). Em relação aos desmatamentos detectados entre 2003 e 2004, estes são melhor correlacionados aos incrementos agrícolas ocorridos no mesmo período ($r = 0,40$), o que, de certa forma, é esperado, haja vista uma maior concordância quanto aos padrões de distribuição e total de municípios envolvidos. Por outro lado, é interessante observar que, para domínios espaciais maiores, como aqueles definidos pelas 18 microrregiões do Estado, a correlação entre desmatamentos e a expansão agrícola observada no período de 2004 a 2005 aumenta de forma significativa ($r = 0,71$), enquanto diminui para 0,34 em relação ao período anterior (i.e. 2003 – 2004). Da mesma forma, a esta escala regional, os dois períodos considerados (i.e. 2003 – 2004 e 2004 – 2005) são mais correlacionados quanto à expansão agrícola ($r = 0,47$).

Conforme observado na figura 4, as correlações entre incrementos agrícolas e desmatamentos, em nível de municípios, variam de acordo com as áreas mínimas consideradas. No caso dos incrementos agrícolas entre os anos de 2003 e 2004, estas correlações variam de aproximadamente 0,5, para municípios com incrementos e desmatamentos totais superiores a 0,5 km², até um máximo de 0,67, para as áreas totais superiores a 5 km². No caso das correlações envolvendo os incrementos agrícolas entre os anos de 2004 e 2005, é interessante observar que estas decrescem continuamente, de 0,24 a 0,06, quando considerados áreas totais variando de 0,5 km² a 7 km². Por outro lado, para áreas totais superiores a 7 km², estas correlações aumentam, até um máximo de 0,43.

Os dados de correlações mostrados na tabela 3 e figura 4 sugerem que os desmatamentos ocorridos entre 2003 e 2004 estão associados (e em parte induzidos), ainda que de forma sutil, tanto pela expansão agrícola ocorrida no período, quanto àquela, ocorrida posteriormente, entre os anos de 2004 a 2005.

Em relação à associação entre desmatamentos e expansão agrícola no período de 2003 a 2004, esta envolve, principalmente, áreas totais de até 5 km², além de um número significativo de municípios (figuras 5 e 6). Quanto à expansão da agricultura entre 2004 e 2005, parte desta, como os coeficientes de correlação sugerem, ocorre sobre áreas desmatadas no período anterior. O aparente *time lag* na ocupação destas áreas relaciona principalmente, como sugere a figura 4, os municípios com desmatamentos e incrementos totais superiores a 7 km². Comparando as figuras 5 e 7, observa-se que a eventual dependência entre os desmatamentos detectados no período de 2003 a 2004 e os incrementos agrícolas ocorridos entre 2004 e 2005 concentra-se nas microrregiões Sudoeste de Goiás (municípios de Rio Verde, Jataí e Mineiros) e Entorno de Brasília (municípios de Cristalina e Luziânia).

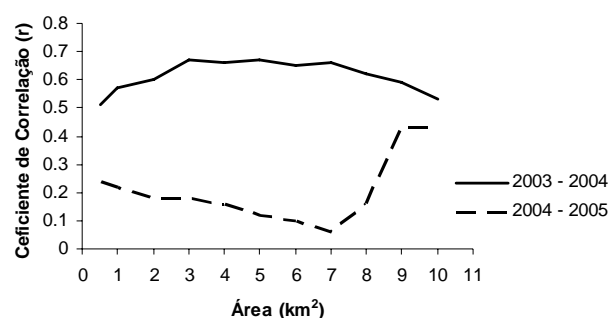


Fig. 4 - Relação entre área total (desmatamento ou incremento agrícola) e coeficiente de correlação.

TABELA 2 - INCREMENTOS POSITIVOS DA ÁREA AGRÍCOLA E DESMATAMENTOS.

Períodos	Incrementos Positivos		Desmatamento
	2003/2004	2004/2005	2003/2004
Área média (km ²)	20,6	37,5	4,2
CV	2,3	6,7	3,0
Número municípios	179	126	129
Número municípios (75% área)	35	4	29
Área total (km ²)	5.079	9.226	1.025

TABELA 3 - CORRELAÇÕES (A NÍVEL DE MUNICÍPIOS E MICRORREGIÕES) ENTRE OS DOIS PERÍODOS DE INCREMENTO AGRÍCOLA CONSIDERADOS, E ENTRE ESTES E OS DESMATAMENTOS DETECTADOS NO INTERVALO DE 2003 A 2004.

	Nível municipal	Microrregião
Incremento agrícola 2003 - 2004 / 2004 - 2005	-0,04	0,47
Incremento agrícola 2003 - 2004 / Desmatamento 2003 - 2004	0,40	0,34
Incremento agrícola 2004 - 2005 / Desmatamento 2003 - 2004	0,23	0,71

**Desmatamentos (km²)
2003 - 2004**

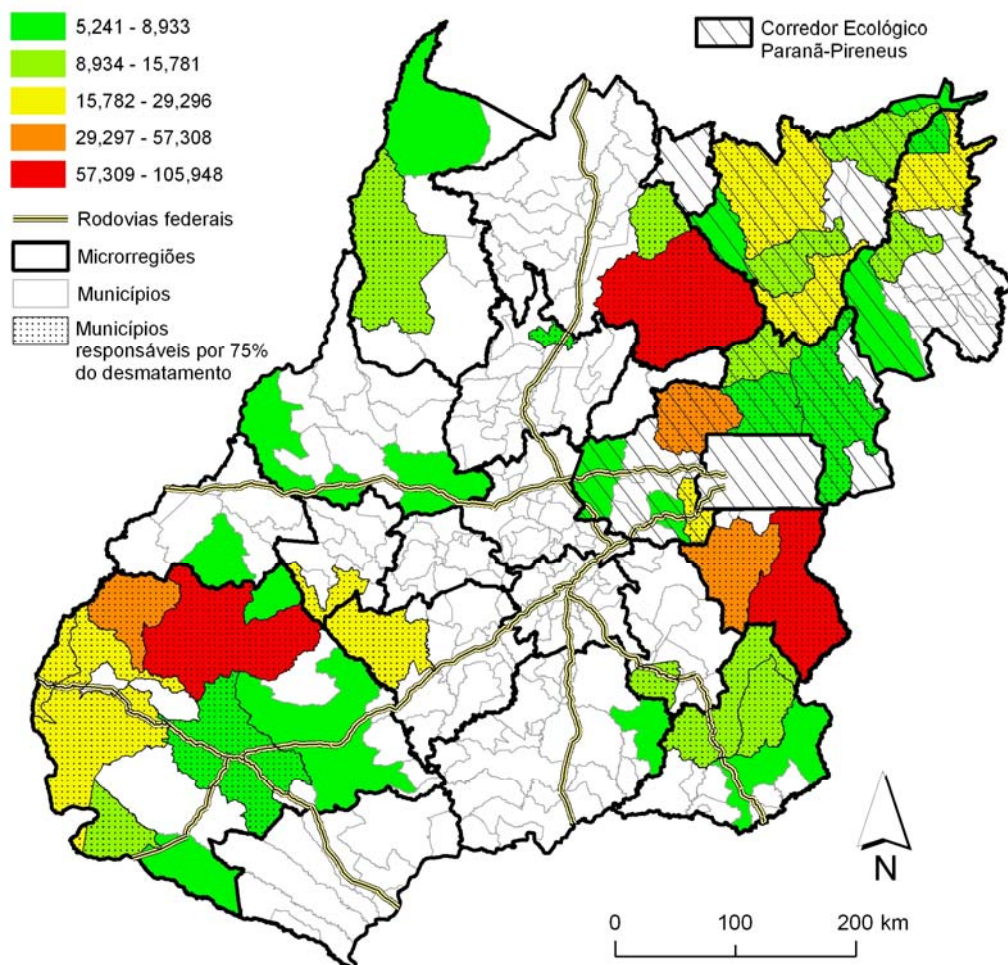


Fig. 5 - Municípios com área desmatada, entre 2003 e 2004, superior a 5 km². As texturas ressaltam o conjunto de municípios responsáveis por 75% de todo o desmatamento no período (pontilhado) e a área abrangida pelo corredor ecológico Paranã-Pirineus (hachurado).

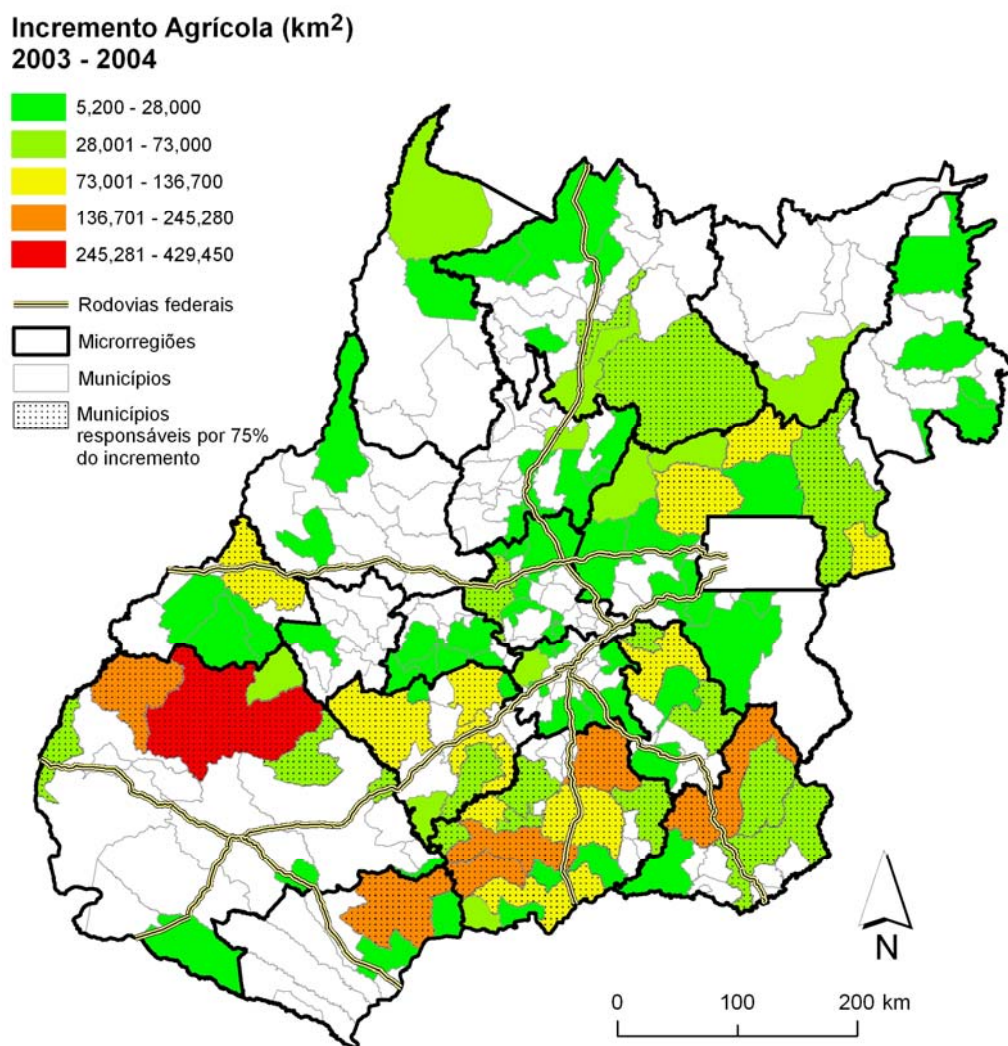


Fig. 6 - Municípios com incremento agrícola, entre 2003 e 2004, superior a 5 km². A textura (pontilhado) ressalta o conjunto de municípios responsáveis por 75% de todo o incremento ocorrido no período.

Especificamente em relação aos desmatamentos mapeados para o período de 2003 a 2004, na figura 5 observam-se dois padrões principais de distribuição espacial, correspondentes às regiões Sudoeste e Nordeste (na qual se destaca o corredor ecológico Paranã-Pireneus). Enquanto que na região Sudoeste (mais precisamente na microrregião Sudoeste de Goiás), estes desmatamentos estão associados à municípios com atividade agrícola consolidada (ex. Rio Verde), no Nordeste Goiano (microrregiões Porangatú, Chapada dos Veadeiros e Vão do Paranã) os desmatamentos ocorrem em áreas com predomínio de pastagens e grande ocorrência de carvoarias (dados recentes do IBAMA identificaram em torno de 300 fornos nos municípios de Alvorada do Norte, Mambá, Nova Roma, Posse e Simolândia).

Em fato, observando a tabela 4, na qual estão listados os 29 municípios responsáveis por 75% de todo o desmatamento detectado no Estado de Goiás entre 2003 e 2004, percebe-se que em apenas 24% destas a

ocupação agrícola é comparável à área destinada à pastagem. Este é o caso, por exemplo, do município de Cristalina, no qual foi detectada a maior área desmatada para o período de 2003 a 2004 (~ 106 km²), bem como um significativo incremento na ocupação agrícola (da ordem de 1.327 km²) entre os anos de 2004 e 2005.

Mesmo considerando que todo o desmatamento em Cristalina tenha ocorrido com vistas ao aumento da atividade agrícola no período seguinte (i.e. 2004 – 2005), este só responde por cerca de 8% da expansão apontada no censo agrícola realizado pelo IBGE para o município. No outro extremo, e tomando como exemplo o município de Niquelândia, cuja atividade econômica mais proeminente, a mineração, depende do carvão de origem vegetal para o pré-processamento do minério de níquel, o desmatamento detectado pelo SIAD foi da ordem de 81,6 km², enquanto que a expansão agrícola foi de aproximadamente 60 km² entre 2003 e 2004, e de apenas 28 km² entre 2004 e 2005.

**Incremento Agrícola (km²)
2004 - 2005**

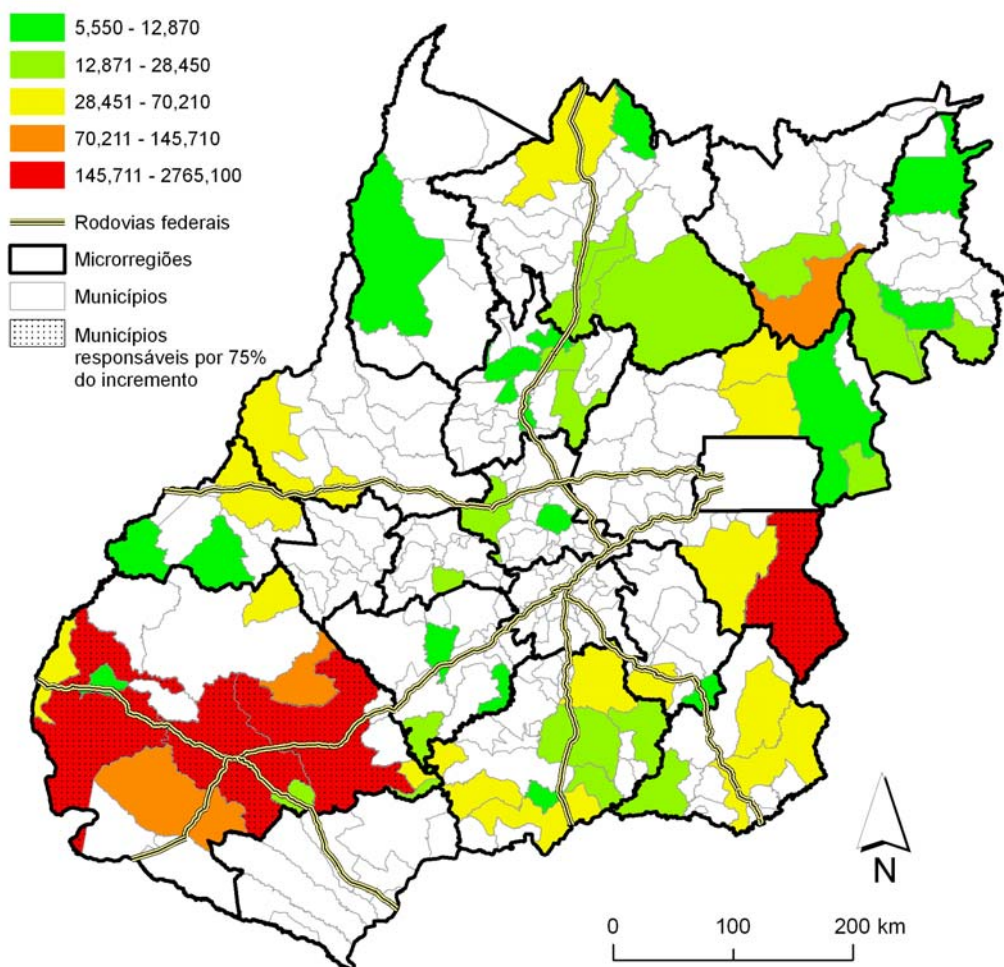


Fig. 7 - Municípios com incremento agrícola, entre 2004 e 2005, superior a 5 km². A textura (pontilhado) ressalta o conjunto de municípios responsáveis por 82% de todo o incremento ocorrido no período.

TABELA 4 - OCUPAÇÃO DAS TERRAS NOS MUNICÍPIOS RESPONSÁVEIS POR 75% DOS DESMATAMENTOS DETECTADOS ENTRE 2003 E 2004.

Municípios	Desmatamento (Km ²)	% Pastagem	% Agricultura	% Desmatamento sobre a vegetação remanescente
Cristalina	105,9	29,1	24,5	3,4
Caiapônia	99,4	47,9	9,1	2,7
Niquelândia	81,6	18,6	5,5	1,1
Doverlândia	57,3	57,0	8,1	5,1
Padre Bernardo	51,2	26,0	10,8	2,6
Luziânia	43,6	38,0	13,8	2,3
São João D'aliança	29,3	15,2	9,2	7,2
São Domingos	21,2	22,2	4,4	0,9
Santo Antônio do Descoberto	19,0	16,8	0,0	2,5
Cavalcante	18,4	4,0	0,1	0,3
Santa Rita do Araguaia	18,3	63,9	0,2	3,9
Ivolândia	17,6	77,0	0,9	6,2
Paraúna	17,6	38,4	45,1	2,9
Mineiros	17,4	41,2	16,4	0,5
Alto Paraíso de Goiás	15,8	10,7	5,0	0,7
Iaciara	15,7	46,0	4,6	2,0
Campinaçu	15,0	13,7	0,1	0,9
Água Fria de Goiás	14,6	13,3	19,5	1,1
Monte Alegre de Goiás	13,3	14,9	1,2	0,5
Chapadão do Céu	13,2	3,8	64,0	2,1
Campo Alegre de Goiás	13,2	21,3	25,4	1,1
Santa Cruz de Goiás	11,2	53,0	4,2	2,5
Ipameri	11,1	32,4	21,3	0,6
Nova Crixás	10,2	69,9	0,9	0,5
Jataí	8,9	40,1	47,7	1,0
Divinópolis de Goiás	8,8	21,8	0,0	1,4
Planaltina	8,6	20,0	5,2	0,5
Formosa	8,4	38,9	7,7	0,3
Hidrolina	7,7	32,9	15,6	3,3

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou avaliar a relação entre expansão agrícola e desmatamentos em Goiás, cujo agronegócio ocupa papel de destaque no cenário nacional. Entre outros fatores, esta atividade contribuiu, de forma decisiva, para que Goiás responda, em relação ao bioma Cerrado como um todo, por 22% da área convertida (SANO et al., 2008a) e aproximadamente 13% de todos os desmatamentos detectados entre 2003 e 2004 (dados obtidos pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento – LAPIG, da Universidade Federal de Goiás).

Especificamente, foram comparados os desmatamentos mapeados pelo Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos (SIAD) entre outubro de 2003 e outubro de 2004 com os dados do censo agrícola municipal do IBGE, obtidos em 2003, 2004 e 2005.

Conforme os resultados demonstram, os dados de desmatamentos são preferencialmente correlacionados aos incrementos agrícolas observados entre 2003 e 2004. Contudo, há claros indícios de que a expansão agrícola entre 2004 e 2005 também ocorre sobre as áreas desmatadas no período anterior (i.e. 2003 – 2004), principalmente para os municípios onde a agricultura é a atividade econômica predominante e/ou cuja ocupação das terras é mais intensa.

Independentemente da intensidade destas correlações, é importante ressaltar que o desmatamento total detectado no período de 2003 a 2004 (1.025 km²) é significativamente menor que a expansão agrícola observada para o mesmo período (5.079 km²) ou entre 2004 e 2005 (9.226 km²). Assim, e ainda que todo desmatamento detectado fosse motivado pela expansão da atividade agrícola, em um ou outro período, respectivamente, este só corresponderia a 20% e 11% dos incrementos observados. Este fato demonstra que o aumento da atividade agrícola no Estado se dá tanto em função de novos desmatamentos, como sugerem as correlações observadas, quanto sobre áreas anteriormente convertidas para outros usos (ex. pastagens).

Por outro lado, nem toda área desmatada é convertida em agricultura. Em regiões como o Nordeste

REFERÊNCIAS

BEZERRA, H. S.; SANO, E. E.; FERREIRA JR, L. G. Desempenho do satélite sino-brasileiro de recursos terrestres CBERS-2 no mapeamento da cobertura da terra no Distrito Federal, Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 25 (171-185), 2007.

BONNET, B. R. P.; FERREIRA, L. G.; LOBO, F. C. Sistema de reserva legal extra-propriedade no bioma Cerrado: Uma análise preliminar no contexto da bacia hidrográfica. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 58, n. 2 (129-137), 2006.

Goiano, por exemplo, a ocorrência de desmatamentos parece estar associada à abertura de novas áreas de pastagens, bem como à atividade carvoeira.

O período de análise considerado neste estudo foi centrado em torno da detecção de desmatamentos realizada entre 2003 e 2004, a qual, por sua vez, foi determinada em função da possibilidade de validarmos os dados de desmatamentos com as imagens de alta resolução CBERS CCD (resolução espacial de 20m), disponíveis a partir de 2004. Assim, a expectativa é de que, em curto prazo, esta análise possa ser expandida para outros períodos (ex. 2005 – 2006 e 2006 – 2007), outras áreas de Cerrado ou o bioma como um todo, bem como incorporar outras variáveis (ex. pastagens, preços de terras e topografia).

Conforme os dados do censo agrícola do IBGE sugerem, há uma tendência de aumento progressivo da área agrícola no Estado. Aparentemente, e até o momento, esta expansão tem ocorrido tanto sobre novas áreas (desmatamentos), quanto sobre áreas previamente convertidas. Contudo, com a perspectiva de uma demanda internacional crescente por biocombustíveis, em particular o etanol, o qual tem em Goiás um ambiente de produção bastante favorável, é possível que tanto as taxas, quanto os mecanismos através dos quais se processam esta expansão, sofram significativas alterações. Neste sentido, se torna imprescindível compreender, em uma perspectiva temporal e espacial, o papel do agronegócio sobre os desmatamentos, com vistas à formulação de políticas públicas mais adequadas e à melhor gestão territorial e ambiental do Estado.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da parceria entre o Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG – UFG) e a Conservação Internacional (CI), a qual tem por objetivo a análise dos padrões espaciais e temporais dos desmatamentos no bioma Cerrado. Os três primeiros autores são bolsistas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), nas categorias produtividade em pesquisa (IC), doutorado e mestrado, respectivamente.

BONNET, B. R. P., FERREIRA, N. C., FERREIRA, L. G. Ampliação de ambientes ripários como alternativa as reservas legais: conciliando política florestal e conservação dos recursos hídricos no bioma cerrado. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 27 n. 1 (97-115), 2007.

EITEN, G. 1994. Vegetação do Cerrado. Pp. 17-73. In: M. N. Pinto (org.). *Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas*. Editora Universidade de Brasília, Brasília.

- FARGIONE, J., J. HILL, D. TILMAN, S. POLASKY, P. HAWTHORNE. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science*, v. 319 (1235-1238), 2008.
- FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R. Peccinini, A. A.; Análise comparativa dos produtos MODIS Ecologia para o monitoramento biofísico ambiental do bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 24 n. 2 (251–260), 2006.
- FERREIRA, N. C.; MIZIARA, F.; RIBEIRO, N. V. Preço da terra em Goiás: pressupostos e modelos. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 27, n. 1 (47-62), 2007a.
- FERREIRA, N. C.; FERREIRA JR., L. G.; HUETE, A. R.; FERREIRA, M. E. An operational deforestation mapping system using MODIS data and spatial context analysis. *International Journal of Remote Sensing*, v. 28 (47-62), 2007b.
- FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G.; LATRUBESSE, E. M. Current Land Use and Conversion Trends in the Savanna Environments of Central Brazil: a Preliminary Assessment from a Landscape Perspective. *Environmental Research Letters*, 2009 (submetido).
- FERREIRA, L. G., N.C. FERREIRA, M.E. FERREIRA. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 30 (379-390), 2008.
- HUETE, A. R.; MIURA, T.; DIDAN, K.; RODRIGUES, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, v. 83, n. 1-2 (195-213), 2002.
- IBGE. Mapa de biomas do Brasil. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>. Acesso em: 10 fev. 2007.
- RIBEIRO, N. V., L. G. FERREIRA AND N. C. FERREIRA. Expansão da Cana-de-Açúcar no Bioma Cerrado: Uma análise a partir da modelagem perceptiva de dados cartográficos e orbitais. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 14 (4287-4293)*, 2009 DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.00.00>> . São José dos Campos: INPE.
- 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 (2-15), 2002.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO J. L.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado (escala de 1:250.000) da cobertura vegetal antrópica do bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 1 (153-156), 2008a.
- SANO, E. E.; DAMBRÓS, L. A.; OLIVEIRA, G. C.; BRITES, R. S. Padrões de cobertura de solos do Estado de Goiás. In: FERREIRA, L.G. (Org.). *A encruzilhada socioambiental – biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado*. Goiânia: Editora UFG, p. 91-106, 2008b.