

## Dinâmica da Agricultura nos polos de produção de grãos no Mato Grosso do Sul

Alexandre Camargo Coutinho<sup>1</sup>  
John Christopher Brown<sup>2</sup>  
Júlio César Dalla Mora Esquerdo<sup>1</sup>  
Jude Kastens<sup>2</sup>  
Bruno Milliet de Oliveira Ribeiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Informática Agropecuária  
Av. André Toselo, 209 - Caixa Postal 6041  
13083-886 - Campinas - SP, Brasil  
{alex.coutinho, julio.esquerdo}@embrapa.br

<sup>2</sup> Universidade de Kansas  
Lawrence, Kansas 66045, USA  
{jcbrown2, jkastens}@ku.edu

<sup>3</sup> Instituto de Geociências - UNICAMP  
R. João Pandiá Calógeras, 51,  
13083-870 - Campinas – SP, Brasil  
brunomilliet@uol.com.br

**Resumo:** Em função da crescente demanda por fontes renováveis de energia para suprir os mercados nacional e internacional, o Brasil está atravessando um novo ciclo de expansão das áreas de plantio da cana-de-açúcar, cujo objetivo principal é atender a demanda interna por álcool combustível. Além de promover a substituição de combustíveis fósseis, esse fenômeno também busca atender acordos internacionais relacionados às mitigações das emissões de gases de efeito estufa, já que o etanol apresenta-se como uma fonte alternativa de energia renovável e menos poluidora, adequando-se, portanto, aos critérios de sustentabilidade. Nos últimos anos, a cultura canavieira tem promovido um aumento bastante significativo em termos da área plantada no Brasil, superando a marca de oito milhões de hectares nas regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste. Como a região Centro-Sul tem sido estratégica para a produção de grãos e fibras, bem como para a distribuição de alimentos, essa notável expansão das áreas de plantio de cana-de-açúcar tem promovido alguns conflitos de interesses entre diferentes setores do agronegócio nacional e promovido amplos debates envolvendo, por um lado, aspectos de segurança alimentar e, por outro, a ampliação da produção de energia renovável e ecologicamente mais sustentável. Com o objetivo de ampliar a oferta de informações geoespaciais sobre a dinâmica territorial da agricultura e, desta forma, apoiar a formulação de políticas públicas voltadas ao aumento da sustentabilidade ambiental, social e econômica, este trabalho mapeou a dinâmica das áreas de produção de grãos no Estado do Mato Grosso do Sul e avaliou com base nos dados publicados pelo projeto CANASAT, quais foram as transições de uso da terra promovidas pela expansão da cultura de cana-de-açúcar no período entre 2005 e 2013. Os resultados mostraram que apesar da cana-de-açúcar concorrer, em termos territoriais, diretamente com a produção de alimentos e fibras no Estado do Mato Grosso do Sul, as transições têm sido compensadas com o deslocamento das áreas da agricultura anual.

**Palavras-Chave:** dinâmica da agricultura, MODIS, séries temporais, segurança alimentar, cana-de-açúcar.

**Abstract:** Brazil is going through a new cycle of expansion of area planted in sugar cane, all to meet both domestic and international demand for ethanol. Besides promoting the substitution of fossil fuels, this phenomenon also reflects the goals of international agreements to mitigate emissions of greenhouse gases, with ethanol presented as a sustainable alternative source of renewable, less polluting energy. In recent years, the sugar cane crop has significantly increased in terms of planted area in Brazil, surpassing the eight million acres in the Mid-South and North-Northeast. As the Center-South region has been strategic for the production of grains and fibers, as well as staple food crops, this remarkable expansion of sugar cane planted areas has promoted some conflicts between different sectors of agribusiness. Extensive discussions involve concerns about maintaining food security, on one hand, in tandem with the expansion of renewable fuels via agriculture on the other. Aiming to expand the supply of geospatial information on the territorial dynamics of agriculture, and thus supporting the formulation of environmental, social and economic sustainability policies, this study mapped the dynamics of grain-producing areas in the state of Mato Grosso do Sul and evaluated, based on the data published by CANASAT project, what were the transitions of land use promoted by the expansion of sugar cane in the period between 2005 and 2013. The results showed that despite the fact that sugar cane competes directly for territory with food and fiber crops in the Mato Grosso do Sul state, annual crops continued to be produced by shifting to other available land.

**Key-words:** agricultural dynamic, MODIS, time-series, food security, sugar cane.

## 1. Introdução

Discussões envolvendo temas como segurança alimentar, sustentabilidade, recuperação de áreas degradadas e conservação ambiental, são recorrentes nas análises sobre os impactos das transições definidas pela dinâmica do uso das terras, tanto em ambientes já tradicionalmente agrícolas, quanto nas atuais fronteiras de expansão desta atividade.

A percepção, por parte do setor agrícola, de melhora das tendências dos preços das principais commodities brasileiras, tanto no mercado nacional quanto internacional, promove um aumento do interesse do setor pelas mesmas e, conseqüentemente, deflagra movimentos de transição do uso das terras nos principais polos de produção das mesmas.

No Brasil, a forte pressão pela expansão das áreas produtoras de cana-de-açúcar, para atender as crescentes demandas do mercado sucroalcooleiro, tem levado as comunidades nacional e internacional a desenvolverem um complexo debate centrado nos impactos do atendimento das demandas mundiais pela produção de energia renovável, com baixa emissão de gases de efeito estufa, sobre a produção de alimentos.

Em função disso, o setor agrícola brasileiro está atravessando um novo ciclo de expansão do plantio da cana-de-açúcar, cujo objetivo é atender à crescente demanda interna por álcool combustível, que tem sido impulsionada pelo aumento substancial da frota de carros bicompostíveis no país. Além da substituição do petróleo, em função da elevação dos preços internacionais, esse fenômeno também está relacionado às mudanças climáticas globais, já que o etanol apresenta-se como uma fonte alternativa de energia renovável e menos poluidora, respeitando, portanto, os novos critérios de sustentabilidade. Dentre as fontes de energia utilizadas no Brasil, a cana-de-açúcar assumiu a segunda posição na matriz energética, superando a energia hidráulica e posicionando-se atrás, apenas, do petróleo.

Além de ser o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, o Brasil é, também, o maior exportador de açúcar, e o segundo maior produtor de etanol. Metade da produção de açúcar nacional é exportada e gera anualmente mais de 2 bilhões de dólares para a balança comercial brasileira. A região Centro-Sul do país é responsável por, aproximadamente, 90% do total da produção de cana-de-açúcar nacional e o Estado de São Paulo é seu principal produtor, responsável por mais de 60% de toda produção nacional de açúcar e etanol (UNICA, 2011).

Nos últimos anos, a cultura canavieira tem apresentado um aumento bastante significativo em termos da área plantada no Brasil, superando a marca de oito milhões de hectares nas regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste e, em função das suas dimensões continentais e da ocor-

rência de uma enorme diversidade ambiental, social e cultural, a necessidade de se conhecer, mapear e monitorar, tanto os recursos naturais, quanto as atividades antrópicas, de modo mais sistemático, tem incentivado o desenvolvimento e operacionalização de vários programas e sistemas governamentais e privados, para suprir esta lacuna.

Atualmente, o cultivo da cana-de-açúcar ocupa aproximadamente 2% da área agrícola do Brasil, dos quais, 99,7% estão a pelo menos 2 mil quilômetros da Floresta Amazônica e nos últimos 25 anos a expansão das áreas de produção da cana-de-açúcar aconteceu, principalmente, no Centro-Sul do país. O trabalho de Macedo (2007) mostrou que entre 1992 e 2003 a expansão das áreas de cana-de-açúcar ocorreu, sobretudo, nas áreas já utilizadas para a produção agrícola ou pastagens e, portanto, não promoveu de forma significativa a expansão de novas fronteiras agrícolas.

Contando com uma privilegiada situação territorial e climática, com oferta de áreas agrícolas em clima predominantemente tropical e com boa disponibilidade hídrica, o Brasil apresenta condições de continuar atuando de forma estratégica para liderar a produção mundial de cana-de-açúcar, sem prejuízo para a segurança alimentar (Consea, 2014) e com impactos ambientais reduzidos, promovendo a intensificação de áreas já destinadas à produção agrícola, estimulando o manejo sustentável das terras e o aproveitamento de áreas degradadas.

Apesar de todo o esforço empregado e dos avanços tecnológicos obtidos pelos sistemas de monitoramento da dinâmica de uso e cobertura da terra, ainda persistem importantes lacunas de informações e dados sistemáticos para apoio à tomada de decisão e estabelecimento de modelos de ocupação do território que atendam critérios amplos da sustentabilidade ambiental, social e econômica.

Nos próximos anos, a cana-de-açúcar deverá expandir nas regiões Oeste e Noroeste do Estado de São Paulo, nos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Paraná e em Minas Gerais, principalmente no Triângulo Mineiro. Poderão ser consideradas ainda como novas fronteiras o Vale do São Francisco, a região Oeste da Bahia e, também, as regiões Sul do Maranhão e do Piauí (BRASIL, 2006).

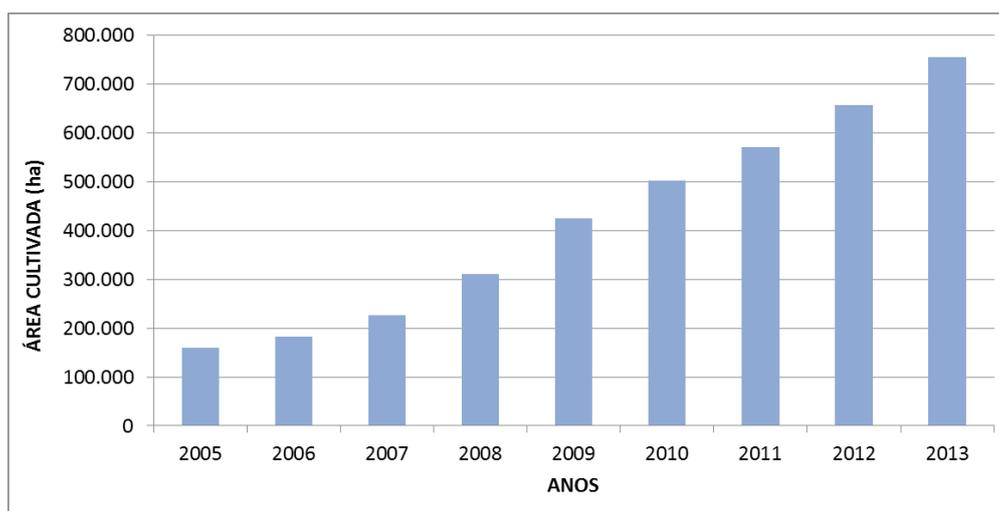
Realizado com o objetivo de orientar a expansão sustentável da produção de cana-de-açúcar no território brasileiro e direcionar os investimentos no setor de biocombustíveis, o Zoneamento Agroecológico (ZAE) da cana-de-açúcar considera aspectos ambientais, econômicos e sociais, estabelecendo regiões aptas e épocas favoráveis à produção agrícola rentável, minimizando os riscos. Essa ferramenta fornece subsídios técnicos ao governo para orientar a concessão de crédito agrícola e pagamento do seguro rural, baseada na integração de modelos de simulação com dados espaciais de solo e clima, favorecendo a prática da produção agrícola da cana-de-açúcar em áreas potencialmente aptas (Manzatto *et al.*, 2009).

No que diz respeito aos sistemas de monitoramento da dinâmica da cana-de-açúcar, o projeto CANASAT, uma evolução do projeto CANASATE, realiza mapeamentos anuais das áreas cultivadas com cana-de-açúcar na escala 1:50.000, de forma operacional e sistemática, a partir do emprego de imagens de satélite e técnicas de processamento digital (Rudorff *et al.*, 2010). Os resultados anuais são consolidados em escala municipal e publicados na forma de tabelas e mapas na Internet (INPE, 2014).

Com o objetivo de identificar as principais transições da dinâmica de uso da terra promovidas pela expansão das áreas de cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil no período compreendido entre os anos de 2000 e 2009, Adami *et al.* (2012) montaram um protocolo metodológico específico e observaram que apenas 3,4% da cana-de-açúcar presente em 2009 eram cultivadas nas mesmas áreas em 2000. O restante das áreas de cana-de-açúcar em 2009 ocuparam áreas de pastagens (69,7%), agricultura (25%) e outros usos (1,9%).

Esse estudo procurou qualificar e caracterizar a dinâmica territorial imposta pelo recente

processo de expansão da cultura da cana-de-açúcar no Estado do Mato Grosso do Sul, situado entre os mais importantes produtores nacionais de grãos (IBGE, 2013), no qual a área de cana-de-açúcar praticamente quadruplicou entre os anos de 2005 e 2013 (**Figura 1**) e, em consequência disso, tem promovido transições de uso e cobertura da terra, ainda mal dimensionadas e, portanto, a avaliação desse cenário e de questões relacionadas à segurança alimentar, especificamente as determinantes da produção agrícola de alimentos, ainda carecem da realização de estudos específicos.



**Figura 1.** Gráfico da dinâmica da área de produção de cana-de-açúcar no Estado do Mato Grosso do Sul, entre as safras 2005 e 2013. Fonte: INPE (2014)

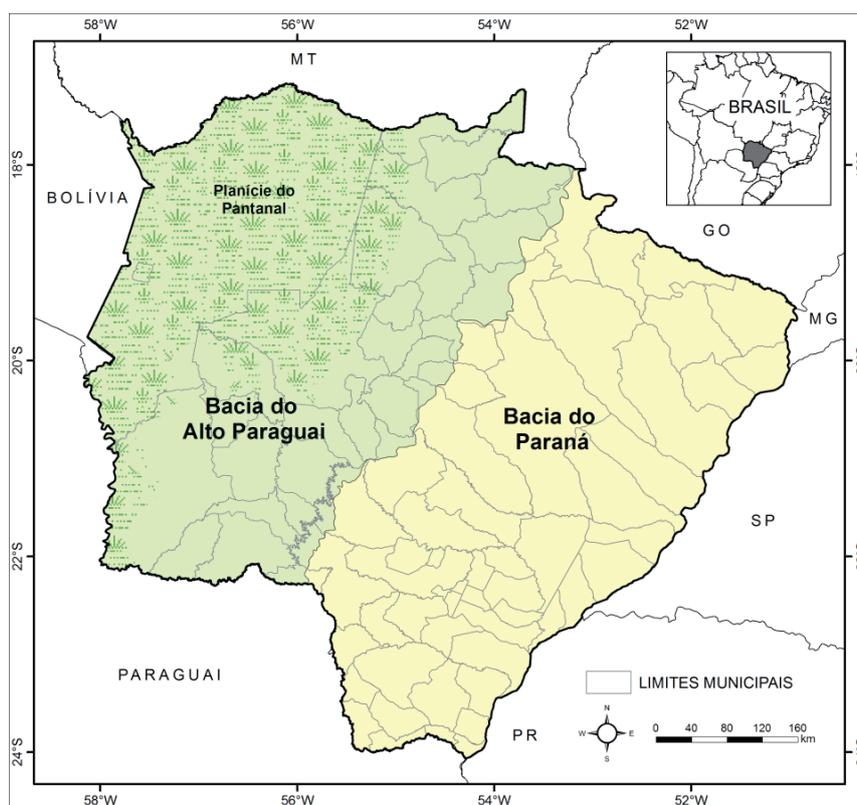
## 2. Objetivo

Mapear a dinâmica das áreas de produção de grãos no Estado do Mato Grosso do Sul e avaliar, com base nos dados publicados pelo projeto CANASAT, quais foram as transições de uso da terra promovidas pela expansão da cultura de cana-de-açúcar no período entre 2005 e 2013.

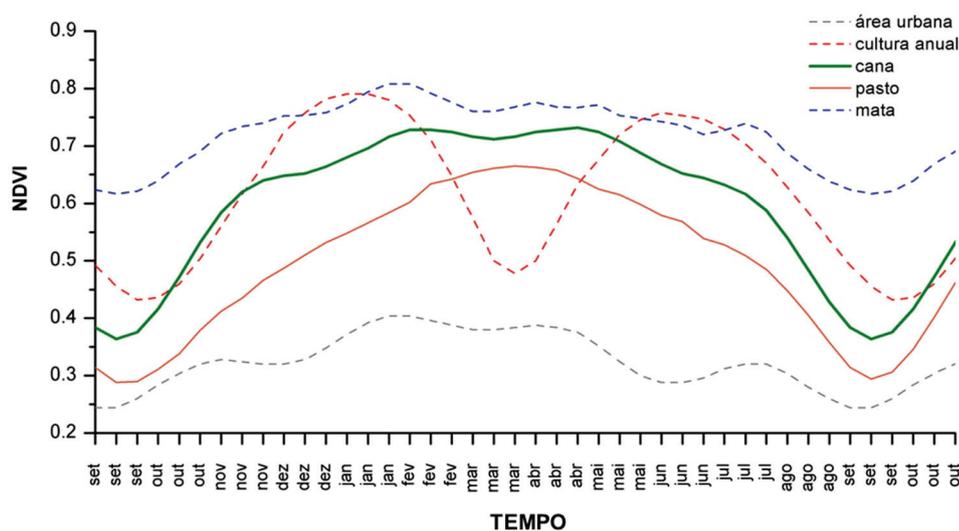
## 3. Material e métodos

O Estado do Mato Grosso do Sul (**Figura 2**) é o sexto maior produtor agrícola do Brasil, possui uma superfície de 358.159 km<sup>2</sup>, distribuídos em três biomas: o Cerrado (61%), o Pantanal (25%) e a Mata Atlântica (14%) (Silva *et al.*, 2011). O estado tem suas águas drenadas por duas importantes bacias hidrográficas, como a do Alto Paraguai (a Oeste) e a do Rio Paraná (a Leste).

A avaliação da dinâmica agrícola no estado considerou três grandes grupos temáticos: a classe “agricultura anual”, formada essencialmente por áreas extensivas de culturas de grãos e fibras (predominantemente soja, milho e algodão), a classe “cana-de-açúcar” e uma classe de fundo, denominada “outros usos”. Foram elaborados dois mapas temáticos com estas respectivas classes, compreendendo as safras 2004/2005 e 2012/2013, respectivamente. Para o mapeamento da agricultura anual, foi aplicada a metodologia proposta por Coutinho *et al.* (2013), baseada na análise temporal de imagens do índice vegetativo NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Nesta abordagem espectro-temporal, são utilizados algoritmos para a identificação e o mapeamento de pixels que apresentem o comportamento temporal característico da agricultura anual (**Figura 3**), com valores de NDVI baixos no início e final do ciclo produtivo e altos no momento de pico vegetativo.



**Figura 2.** Área do estudo: Estado do Mato Grosso do Sul e suas duas grandes bacias hidrográficas



**Figura 3.** Perfis espectro-temporais do índice de vegetação NDVI de diferentes alvos na superfície. Fonte: Fernandes (2009).

A série temporal de NDVI utilizada neste estudo foi obtida a partir das imagens do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), disponíveis no Banco de Produtos MODIS, um repositório da Embrapa Informática Agropecuária (Esquerdo *et al.*, 2011). Foram reunidas imagens de NDVI derivadas das plataformas Aqua (produto MYD13Q1, 250m) e Terra (produto MOD13Q1, 250m), compreendendo o período entre julho de 2004 a junho de 2005 e entre junho de 2012 a julho de 2013, respectivamente. Após o empilhamento da série de cada

ano-safra, foi aplicado um filtro conservador, proposto por Wardlow *et al.* (2006), para a eliminação de valores oscilantes do NDVI decorrentes, principalmente, da presença de nuvens nas composições máximas. A estratégia do uso combinado de imagens dos satélites Terra e Aqua, atrelada à aplicação de um filtro conservador, proposta por Esquerdo *et al.* (2013), aumenta a frequência de dados nas séries temporais, melhorando a identificação das agrícolas de interesse.

As máscaras de agricultura anual dos anos de 2005 e 2013 geradas foram validadas com apoio de imagens do satélite Landsat históricas e confirmação do perfil espectro-temporal do MODIS. A estratégia amostral foi a estratificada aleatória que previu, para atingir um nível de confiança de 95% e um intervalo de confiança de 5%, um total de 400 amostras em cada safra, divididas em 200 amostras na máscara de agricultura anual e 200 amostras fora da máscara gerada. Esta estratégia buscou captar os acertos e os erros de omissão e inclusão da máscara gerada. Dos 400 pontos verificados na máscara de 2005, houve erro de inclusão em 3 pontos (0,75%) e 2 de omissão (0,5%). Dos 400 pontos verificados na máscara de 2013, houve erro de inclusão em 5 pontos (1,25%) e 4 de omissão (1,0%).

Os mapas da cana-de-açúcar foram elaborados a partir dos arquivos vetoriais disponibilizados pelo Projeto CANASAT (Rudorff *et al.*, 2010), referentes aos anos de 2005 e 2013. Os arquivos vetoriais foram rasterizados e reamostrados para sua compatibilização espacial com os mapas da agricultura anual, gerados na resolução espacial de 250m. Os pixels não classificados nas classes temáticas agricultura anual ou cana-de-açúcar foram alocadas na classe de fundo, outros usos.

Por fim, foi desenvolvida uma rotina em linguagem IDL (*Interactive Data Language*) para o cruzamento dos mapas temáticos das safras 2004/2005 e 2012/2013, de modo a verificar a ocorrência ou não de todas as possibilidades de mudança de uso da terra, considerando as três classes envolvidas no estudo, resultando em uma imagem temática final com as classes descritas na **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Classes temáticas consideradas na análise do uso da terra

Classe	Descrição
Outros Usos	Áreas classificadas como outros usos em 2004/2005 e 2012/2013
Agricultura Anual Estável	Áreas classificadas como agricultura anual em 2004/2005 e 2012/2013
Cana Estável	Áreas classificadas como cana-de-açúcar em 2004/2005 e 2012/2013
Expansão da Agricultura Anual sobre Outros Usos	Expansão da agricultura anual sobre áreas classificadas como outros usos em 2004/2005
Expansão da Cana sobre Outros Usos	Expansão da cana-de-açúcar sobre áreas classificadas como outros usos em 2004/2005
Expansão da Agricultura Anual sobre Cana	Expansão da agricultura anual sobre áreas classificadas como cana-de-açúcar em 2004/2005
Expansão da Cana sobre Agricultura Anual	Expansão da cana-de-açúcar sobre áreas classificadas como agricultura anual em 2004/2005
Retração da Agricultura Anual	Áreas de agricultura anual em 2004/2005 classificadas como outros usos em 2012/2013
Retração da Cana	Áreas de cana-de-açúcar em 2004/2005 classificadas como outros usos em 2012/2013

#### 4. Resultados e Discussão

Após a geração das máscaras de agricultura anual e de cana-de-açúcar para o Estado do Mato Grosso do Sul, nos anos de 2005 e 2013, os mapeamentos foram cruzados e permitiram a geração de uma matriz de confusão representada pela **Tabela 2**, na qual é possível observar a população de pixels estáveis em cada classe, as transições ocorridas no período e finalmente a

dinâmica da população total em cada uma das classes mapeadas.

**Tabela 2.** Matriz de confusão do uso e cobertura da terra nos anos de 2005 e 2013

	2005				
	Outros	Agricultura anual	Cana-de-açúcar	Total	
2013	Outros	9.460.273	40.254	4.203	9.504.730
	Agricultura anual	71.578	218.117	757	290.452
	Cana-de-açúcar	86.253	21.993	22.672	130.918
	Total	9.618.104	280.364	27.632	9.926.100

Observando a **Tabela 2**, nota-se que os resultados obtidos para o Estado do Mato Grosso do Sul mostraram que no ano de 2005 a agricultura anual foi detectada em 280.364 pixels, enquanto a produção de cana-de-açúcar foi detectada em um total 27.632 pixels e, portanto, correspondia a aproximadamente 10% do total da área ocupada pela agricultura anual. Já no ano de 2013, a agricultura anual passou a ser detectada em 290.452 pixels, enquanto a produção de cana-de-açúcar ocorreu em 130.918, correspondendo, portanto, a aproximadamente 45% do total da área ocupada pela agricultura anual no Estado.

Analisando isoladamente as dinâmicas da agricultura anual e da cana-de-açúcar, observa-se que enquanto a primeira apresentou um crescimento de aproximadamente 3,5% no período, passando de 280.364 para 290.452 pixels, a segunda apresentou um crescimento de aproximadamente 370%, passando de 27.632 para 130.918, ou seja, enquanto a agricultura anual manteve-se praticamente estável, em termos da área ocupada no Estado, corroborando os dados publicados pela CONAB (2014), a cana-de-açúcar apresentou um crescimento relativo extremamente grande, quase quadruplicando a sua área de ocorrência no Estado.

Ao efetuar a análise espacial da ocorrência das classes de agricultura no período considerado, nota-se uma considerável expansão da área de cana-de-açúcar em 2013 sobre áreas onde foi praticada agricultura anual em 2005. Do total de 103.286 pixels de expansão da cana-de-açúcar no período, 21,3% (21.993 pixels) ocorreram sobre áreas de agricultura anual em 2005.

Apesar disso, observando-se a mesma Tabela 2, pode-se perceber que a agricultura anual, mesmo perdendo 7,8% dos pixels de 2005 para a cana-de-açúcar (21.993 pixels), ainda apresentou um crescimento de 3,5%, como já foi mencionado anteriormente.

Observando-se a dinâmica da cana-de-açúcar, percebe-se que o total de pixels de cana-de-açúcar estável representou 17% do total de pixels de 2013, enquanto a cana-de-açúcar em áreas de expansão sobre outros usos totalizou 65% dos pixels.

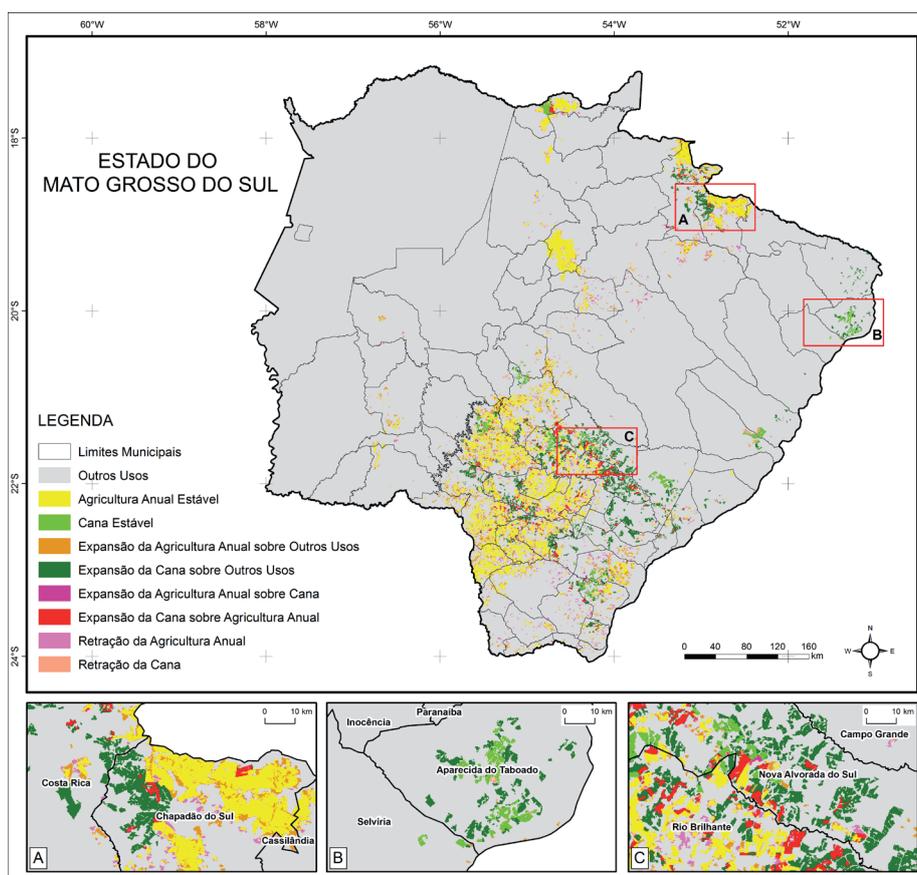
Sobre a dinâmica da agricultura anual, nota-se que 75% das áreas utilizadas em 2005 foram mantidas em 2013 (218.117 pixels) e o total de pixels em áreas de expansão sobre outros usos representou aproximadamente 25% (71.578 pixels). Esse deslocamento da agricultura anual sobre outras áreas compensou a perda de áreas para a cana-de-açúcar e, além disso, a perda de 14,3% da área de 2005 para os outros usos (40.254 pixels).

A exclusão de 14% da área de agricultura anual de 2005 para áreas de outros usos não era esperada e, para avaliar melhor esse resultado foi efetuada uma amostragem aleatória para avaliação dos perfis espectro-temporais dos pixels e quantificação de possíveis erros de omissão na máscara de agricultura anual de 2013. O resultado desse processo mostrou que aproximadamente 3% dos pixels correspondiam a erros de omissão, ou seja, eram pixels de agricultura anual que não haviam sido incluídos na máscara de 2013. Por outro lado, o mesmo procedimento apontou a existência de aproximadamente 5% de erros de omissão no mapeamento do CANASAT em 2013. O restante dos pixels apresentou um comportamento espectro-temporal compatível, principalmente, com áreas de pastagem e de reflorestamento.

Comparando os resultados obtidos neste trabalho, específico para o Estado do Mato Grosso do Sul, com os resultados obtidos por Adami, *et al.* (2012), para toda a área de cana-de-açúcar mapeada pelo CANASAT, percebe-se que a frequência de recorrência de cana-de-açúcar foi significativamente maior neste trabalho, 17,3% contra 3,4%; a frequência de áreas de cana-de-açúcar sobre áreas de agricultura anual foi menor, respectivamente, 16,8% contra 25%; e finalmente, as áreas de cana-de-açúcar sobre áreas de outros usos foi equivalente, representando, respectivamente, 65% contra 70%.

O conjunto de dados gerados nesse trabalho corrobora a tese geral apresentada frequentemente como resultado de análises da dinâmica de expansão da área de produção da cana-de-açúcar no Brasil que defende a ocorrência majoritária de processos de intensificação do uso agrícola das terras, com a substituição e uso de áreas de pastagens com baixo rendimento, por sistemas produtivos mais intensivos.

Apesar disso, este trabalho, ao produzir dados espacialmente explícitos, permite mostrar que as transições entre diferentes usos e a expansão das áreas agrícolas sobre outros usos, ocorrem de forma bastante heterogênea no território (**Figura 4**) e, portanto, reforça a necessidade de se analisar detalhadamente a dinâmica de uso e cobertura da terra, procurando compreender e respeitar cada contexto no qual ela está inserida, para promover a formulação de políticas públicas com o objetivo de maximizar o potencial produtivo e a sustentabilidade do agronegócio brasileiro.



**Figura 4.** Dinâmica da agricultura no Estado do Mato Grosso do Sul. (A) Dinâmica de expansão da cana-de-açúcar e da agricultura anual com fraca interferência entre ambas; (B) Dinâmica de expansão da cana-de-açúcar com nenhuma concorrência com áreas de agricultura anual; (C) Dinâmica de expansão da cana-de-açúcar com forte concorrência com áreas de agricultura anual e deslocamento desta atividade para novas áreas.

## 5. Conclusões

Apesar das elevadas taxas de expansão da cultura de cana-de-açúcar no estado do Mato Grosso do Sul no período compreendido entre 2005 e 2013, como resposta do setor produtivo à crescente demanda dos mercados externo e interno relacionados aos produtos do setor sucroalcooleiro, ainda não foi observada a redução do potencial produtivo das atividades agrícolas relacionadas à produção de alimentos, sobretudo de grãos e fibras, pois as taxas de redução de áreas sofridas por essa atividade produtiva, em função das pressões de expansão das áreas de cana-de-açúcar, têm sido compensadas pelas taxas de expansão das áreas de agricultura anual sobre áreas de outros usos da terra. Esse processo de deslocamento da agricultura anual tem gerando, inclusive, excedentes de área com ganhos reais no Estado.

A condição de transição e expansão da agricultura detectada neste trabalho é, possivelmente, produto de um contexto particular e temporário dessa região, no qual fatores determinantes e condicionantes dos mercados de alimentos (animais e vegetais) e de energia têm viabilizado a substituição entre diferentes sistemas produtivos e as mudanças de uso e cobertura da terra.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem à Agrosatélite, geotecnologia aplicada, particularmente ao Dr. Bernardo Rudorff, Diretor Executivo, pela disponibilização dos dados digitais do projeto CANASAT, sem os quais não teria sido possível realizar a comparação com a dinâmica da agricultura anual.

## 7. Referências

- Adami, M.; Rudorff, B.F.T.; Freitas, R.M.; Aguiar, D.A.; Sugawara, L.M.S.; Melo, M.P. Remote Sensing Time Series to Evaluate Direct Land Use Change of Recent Expanded Sugarcane Crop in Brazil. *Sustainability*, v.4, p.574-585, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia. **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2. ed., 110p., 2006.
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Séries históricas de área plantada, produtividade e produção, relativas às safras 1976/77 a 2013/14**...Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=>>>. Acesso em: 22. ago. 2014.
- Conselho Nacional de Segurança Alimentar (CONSEA). **Lei de segurança alimentar e nutricional, Conceitos- Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/consea/3conferencia/static/Documentos/Cartilha\\_CONSEA-2007\\_NOVO.pdf](http://www.planalto.gov.br/consea/3conferencia/static/Documentos/Cartilha_CONSEA-2007_NOVO.pdf)>. Acesso em: 22. ago. 2014.
- Coutinho, A.C.; Esquerdo, J.C.D.M.; Oliveira, L.S.; Lanza, D.A. Methodology for systematical mapping of annual crops in Mato Grosso do Sul State/Brazil. *Geografia* (Rio Claro. Impresso), v. 38, p. 45-54, 2013.
- Esquerdo, J.C.D.M.; Antunes, J.F.G.; Andrade, J.C. de. Desenvolvimento do banco de produtos MODIS na base estadual brasileira. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., Curitiba. *Anais...*, São José dos Campos: Inpe, p. 7596-7602, 2011.
- Esquerdo, J.C.D.M.; Coutinho, A.C.; Antunes, J.F.G. Uso combinado de dados NDVI/MODIS dos satélites Terra e Aqua no monitoramento multi-temporal de áreas agrícolas. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu-PR. *Anais...* São José dos Campos-SP: INPE, 2013. p. 431-437.
- Fernandes, J.L. Monitoramento da cultura de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo por meio de imagens SPOT Vegetation e dados meteorológicos. **Dissertação Mestrado**, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 120p., 2009.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Levantamento Sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro, v.26, n.1 p.1-83, 2013.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). CANASAT: **Monitoramento da cana-de-açúcar via imagens de satélite**. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>>. Acesso em 22. ago. 2014.

Macedo, I.C. **A energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade**. São Paulo: Berlendis & Vertecchia - UNICA, 2.ed., 245p., 2007.

Manzatto, C.V.; Assad, E.D.; Baca, J.F. M.; Zaroni, M.J.; Pereira, S.E.M. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. (**Documentos**, 110) - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 55p., 2009.

Rudorff, B.F.T.; Aguiar, D.A.; Silva, W.F.; Sugawara, L.M.; Adami, M.; Moreira, M.A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat data. **Remote Sensing**, v.2, n.4, p.1057-1076, 2010.

Silva, J.S.V.; Pott, A.; Abdon, M.M.; Pott, V.J.; Santos, K.R. **GeoMS: cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul**. 1. ed. Campinas: Embrapa, 2011. 64p.

União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA). **Dados e Cotações - Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica>>. Acesso em: 2. ago. 2011.

Wardlow, B.D.; Kastens, J.H.; Egbert, S.L. Using USDA Crop Progress Data and MODIS Time-Series NDVI for Regional-Scale Evaluation of Greenup Onset Date. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, vol. 72, n. 11, pp. 1225-1234. 2006.