

## **Análise da expansão da área cultivada com cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil: safras 2005/2006 a 2008/2009**

Wagner Fernando da Silva<sup>1</sup>  
Daniel Alves de Aguiar<sup>1</sup>  
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff<sup>1</sup>  
Luciana Miura Sugawara<sup>1</sup>  
Tânia Litsue Imoto Nakaya Aulicino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{wagner, daniel, bernardo, lmiura, litsue}@dsr.inpe.br

**Abstract.** The recent increase in flex fuel cars sales is demanding a significant increase in ethanol production not only for national use but also for export. This is also causing an increased demand for sugarcane which is mainly achieved through the expansion of the cultivated sugarcane area. Brazil is working hard to consolidate its position as a leader in the market of renewable biofuels. It is also constantly being challenged to become this leader in an environmental sustainable way. Therefore, spatial information on sugarcane cultivated area is not only important for agricultural statistics but also for environmental related issues, especially in the agricultural frontier. The National Institute for Space Research (INPE) is carrying out the Canasat project since the 2003/04 crop year to map the sugarcane area using remote sensing satellite images and GIS techniques. This paper aims to perform an analysis of the evolution of the cultivated sugarcane area in South-Central Brazil from crop year 2005/06 to 2008/09. It was observed that during this period the sugarcane cultivated area increased 54.5%. Currently, the total cultivated area reached 7.16 million ha with 6.58 million ha available for harvest in 2008/09. Although São Paulo State has by far the largest cultivated sugarcane area the highest relative increases were observed for Goiás (126.2%), Mato Grosso do Sul (99.9%) and Minas Gerais (99.2%). A total of 3.12 million ha were incorporated to the cultivated sugarcane area in the analyzed region between 2005/06 and 2008/09.

**Palavras-chave:** mapeamento, sensoriamento remoto, Canasat, cana-de-açúcar, mapping, remote sensing, Canasat, sugarcane.

### **1. Introdução**

A demanda energética no Brasil tem mudado de configuração nos últimos anos. O interesse mundial em diminuir a dependência pelos combustíveis fósseis e diversificar a matriz energética para atenuar o aquecimento global, tem despertado a atenção para os biocombustíveis, em especial para o etanol de cana-de-açúcar produzido no Brasil.

De acordo com Veiga Filho (2008), produtos derivados da cana-de-açúcar já são a segunda maior fonte de energia do Brasil. Segundo o autor, 16% do total de energia consumido no País são de produtos derivados da cana-de-açúcar, superando a energia hidráulica e ficando atrás somente do petróleo. O consumo do etanol é um dos principais responsáveis por esse crescimento, alavancado pelas vendas de veículos bicombustíveis, que passaram a ser vendidos no país a partir de março de 2003. Em 2006, esse tipo de veículo representou 80% das vendas de automóveis e comerciais leves (excluídos os veículos com motor a diesel). Já em 2008, as vendas de veículos bicombustíveis já ultrapassam 90% das vendas de veículos leves e representam mais de 25% da frota nacional de veículos leves (Rodrigues e Rodrigues, 2008 e Anfavea, 2008).

Para atender a demanda crescente de etanol é necessário aumentar a produção de cana-de-açúcar, tanto pelo aumento da área cultivada quanto pelo aumento da produtividade. Assim, a geração de informações sobre o setor sucroenergético, tais como o crescimento anual da área cultivada, é importante para as tomadas de decisões do setor e a consolidação do País na liderança da produção de biocombustíveis. O Brasil é o maior produtor e exportador de derivados de cana-de-açúcar. Na safra 2007/08, as usinas brasileiras processaram 493,4 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, produzindo 22,5 bilhões de litros de etanol e 30,8

milhões de toneladas de açúcar, sendo que a região Centro-Sul foi responsável por 87,4% dessa produção (UNICA, 2008).

Desde a safra 2003/04, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em conjunto com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz (Esalq/USP) e o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) mantém o projeto Canasat para mapear as áreas cultivadas com cana-de-açúcar por meio de imagens de satélites de sensoriamento remoto. Inicialmente foi realizado o mapeamento das áreas de cana do Estado de São Paulo, para as safras 2003/04 e 2004/05 (Rudorff et al., 2004 e Rudorff et al., 2005). A partir da safra 2005/06 este mapeamento foi estendido para os Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Paraná (Rudorff e Sugawara, 2007 e Sugawara et al., 2008). Os Estados mapeados no projeto Canasat são os principais produtores de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. Todos os mapeamentos e dados de área cultivada estão disponibilizados no site <[www.dsr.inpe.br/canasat](http://www.dsr.inpe.br/canasat)>.

O objetivo deste trabalho é analisar a evolução das áreas cultivadas com cana-de-açúcar nos Estados da região Centro-Sul do Brasil entre as safras 2005/06 e 2008/09, mapeadas pelo projeto Canasat, por meio de imagens obtidas por satélites de sensoriamento remoto.

## 2. Metodologia de Trabalho

A partir dos primeiros mapas gerados pelo projeto Canasat (Rudorff et al., 2005 e Sugawara e Rudorff, 2007), que foram confeccionados por meio de classificação digital e visual das imagens de satélite, realizaram-se atualizações, averiguações e correções anuais, por meio de uma seqüência temporal de imagens da safra corrente.

A atualização do mapa das áreas cultivadas com cana-de-açúcar na safra corrente foi realizada com base no mapa da safra anterior, em duas etapas: interpretação visual de imagens na tela do computador e reclassificação dos pixels isolados. Apesar da classificação digital ter sido utilizada no primeiro mapeamento, ela é menos relevante na atualização dos mapas da safra corrente, pois esse procedimento apresenta muitos erros de omissão e inclusão, tornando necessária a classificação visual e a edição para obtenção de um mapa temático com resultado satisfatório.

Na etapa de interpretação visual utilizaram-se imagens do sensor TM (*Thematic Mapper*), a bordo do satélite Landsat-5. Como alternativa às imagens TM com cobertura de nuvens, foram utilizadas imagens do sensor CCD (*High Resolution CCD Camera*) a bordo dos satélites CBERS-2 e CBERS-2B. Para cada órbita/ponto do sensor TM/Landsat foi criado um banco de dados com imagens das datas de interesse dos dois sensores. Todas as imagens foram registradas utilizando polinômio de primeiro grau e interpolação por vizinho mais próximo, com base nos mosaicos ortoretificados de imagens TM/Landsat-7 obtidos da NASA (GeoCover). Todos os registros foram realizados com erro médio quadrático menor que 0,5 pixel.

Para a edição e a atualização do mapa a cada safra, utilizou-se a função de edição matricial do programa SPRING, que permite modificar ou corrigir o resultado de uma classificação, bem como definir novos polígonos de classes. Nesse procedimento, o intérprete utilizou as imagens de diversas datas contidas nos bancos de dados para confirmar a qual classe de cana-de-açúcar o talhão pertencia. A fim de homogeneizar os resultados, o mapa temático resultante de cada banco de dados foi revisado por um intérprete com maior experiência e posteriormente submetido à reclassificação de pixels isolados. Esta técnica permite a correção controlada e automática de pixels isolados ou de um grupo de pixels que foram classificados incorretamente ou inseridos involuntariamente pelo intérprete no momento da interpretação (Berka et al., 2005).

Para distinguir a cana-de-açúcar dos outros alvos, foram utilizadas imagens de épocas específicas do desenvolvimento da planta, ou seja, datas em que a cultura estava plenamente desenvolvida. Assim, o mapeamento das áreas colhidas na safra corrente é realizado com imagens que antecedem a colheita (janeiro a março), e revisado com imagens de meses posteriores (abril e maio).

O mapeamento e a estimativa da área cultivada com cana-de-açúcar na safra corrente foram feitos em três classes distintas:

**1) Área de cana-de-açúcar disponível para colheita** – São as áreas cultivadas com cana-de-açúcar passíveis de serem colhidas na safra corrente. Esta classe engloba três temas:

a) *Cana Soca* – recebem esta denominação as áreas cultivadas com cana-de-açúcar a partir da segunda colheita, ou seja, a partir da primeira rebrota;

b) *Reformada* – são as áreas de cana-de-açúcar que passaram por reforma dos talhões na safra anterior, ou seja, áreas onde as *socas* pouco produtivas foram substituídas e estarão disponíveis para colheita na safra corrente;

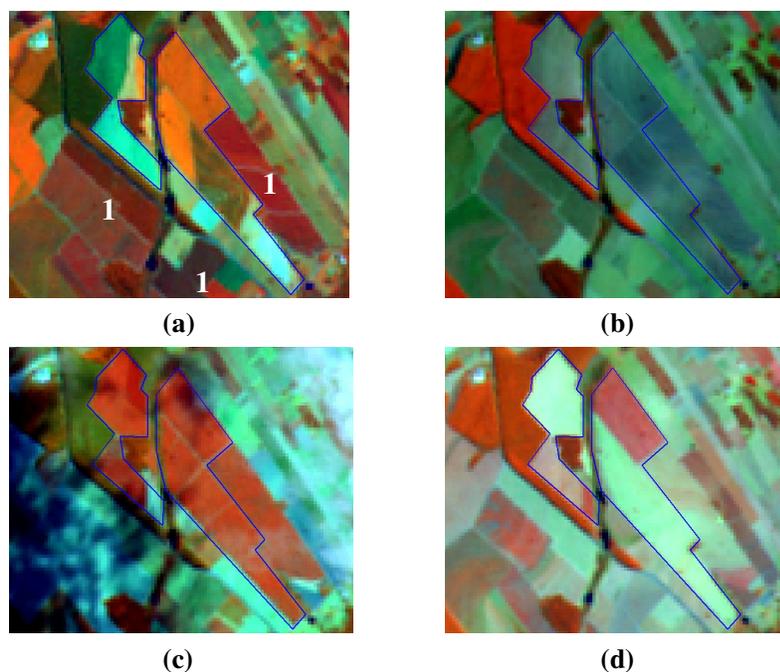
c) *Expansão* – Áreas que nas safras anteriores eram destinadas a outros usos do solo e na safra corrente estão sendo cultivadas com cana-de-açúcar e estarão disponíveis para colheita pela primeira vez. Lavouras de cana-de-açúcar que foram convertidas em outro uso por um período igual ou maior a duas safras e voltaram a ser cultivadas com cana-de-açúcar também se inserem nessa classe. Para identificar essas áreas é necessário que o intérprete analise as imagens sob a classe “outros” do mapa da safra anterior.

**2) Área de cana-de-açúcar em reforma** – são as áreas que foram cultivadas com cana-de-açúcar na safra anterior, mas nas imagens utilizadas para o mapeamento da safra corrente não apresentam padrões de cultivo de cana-de-açúcar, indicando que foram substituídas por outro uso do solo. Se estas áreas voltarem a ser cultivadas com cana-de-açúcar na safra seguinte, pertencerão à classe *Reformada*.

**3) Área total cultivada** – é a área total ocupada por cana-de-açúcar, ou seja, o somatório da área de cana-de-açúcar disponível para colheita (1) e da área de cana-de-açúcar em reforma (2).

A Figura 1 ilustra uma seqüência temporal de imagens TM, composição 4(R)5(G)3(B), da região de José Bonifácio – SP, a fim de elucidar o procedimento de identificação das áreas de expansão de cana. Este exemplo mostra uma área de expansão disponível para colheita na safra 2007/08. O plantio da cana, em novas áreas, ocorre entre os meses de outubro a março, e dependendo da variedade e da região de plantio, o ciclo pode variar de um ano a um ano e meio até o primeiro corte. As imagens de janeiro a abril (Figura 1c) permitem uma boa identificação das áreas de cana que serão colhidas na safra corrente. A resposta espectral característica da cana-de-açúcar, a textura homogênea dos talhões e a presença de carreadores facilitam a distinção das áreas cultivadas com cana-de-açúcar dos outros usos e ocupação do solo. Além disso, a identificação de novas áreas de cana-de-açúcar foi auxiliada por imagens da safra anterior. A Figura 1a ilustra que na safra 2006/07 a área foi cultivada com outra cultura agrícola e no mês de setembro apresentou característica predominantemente de solo exposto, pois a cana-de-açúcar estava em início de desenvolvimento (Figura 1b). No mês de março de 2007, a cana-de-açúcar já estava totalmente desenvolvida (Figura 1c) e no mês de julho de 2007 já estava parcialmente colhida.

Após identificar que a área é de cultivo de cana-de-açúcar, esta passará a ser monitorada nas safras subseqüentes, sendo denominada de soca a partir do segundo corte.



1 – área de cana-de-açúcar disponível para colheita na safra 2006/2007.

Figura 1. Seqüência temporal de imagens TM/Lansat-5 da região de José Bonifácio - SP, composição colorida 4(R)5(G)3(B), ilustrando a identificação de área de expansão, disponível para colheita na safra 2007/08. (a) 04/03/2006; (b) 11/09/2006; (c) 24/04/2007 e (d) 15/07/2007.

A evolução da área de cana-de-açúcar foi analisada para os Estados de São Paulo (SP), Goiás (GO), Minas Gerais (MG), Mato Grosso do Sul (MS), Mato Grosso (MT) e Paraná (PR). Apesar de a região Centro-Sul ser definida politicamente pelas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, neste trabalho a definição de região Centro-Sul será dada pelos Estados supracitados. Estes Estados são os mais relevantes no cultivo de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil e por esse motivo são considerados no mapeamento do projeto Canasat.

### 3. Resultados e Discussão

A distribuição da área cultivada com cana-de-açúcar na safra 2008/2009, nos Estados para os quais o projeto Canasat realiza o mapeamento está ilustrada na Figura 2.

Na região Centro-Sul, a área total cultivada com cana-de-açúcar, nas safras 2005/06 e 2008/09, foi de 4,63 milhões ha e 7,16 milhões ha, respectivamente, ou seja, em quatro safras houve um crescimento de 54,5% na área total cultivada com esta cultura. O estado de São Paulo concentrou 68,1% da área total cultivada na região Centro-Sul, seguido pelos estados do Paraná com 8,86% e de Minas Gerais com 8,60%.

A Figura 3 ilustra a evolução da área disponível para colheita e a taxa anual de crescimento, para a região Centro-Sul e para os Estados analisados, da safra 2005/06 à safra 2008/09. Além disso, a Figura 3 ilustra a representatividade dos Estados em relação à área disponível para colheita na região Centro-Sul, na safra 2008/09. Dos 7,16 milhões ha cultivados na região Centro-Sul na safra 2008/09, 6,58 milhões ha estavam disponíveis para colheita, sendo que o restante da área estava em reforma. Em relação à safra 2005/06, houve um aumento de 2,36 milhões de ha na área disponível para colheita na safra 2008/2009, o que representa um acréscimo de 56,0%. Em todas as safras avaliadas, a taxa de crescimento anual,

para a região Centro-Sul foi positiva e de 12,1%, 20,1% e 15,9% nas safras de 2006/07, 2007/08 e 2008/09, respectivamente (Figura 3).

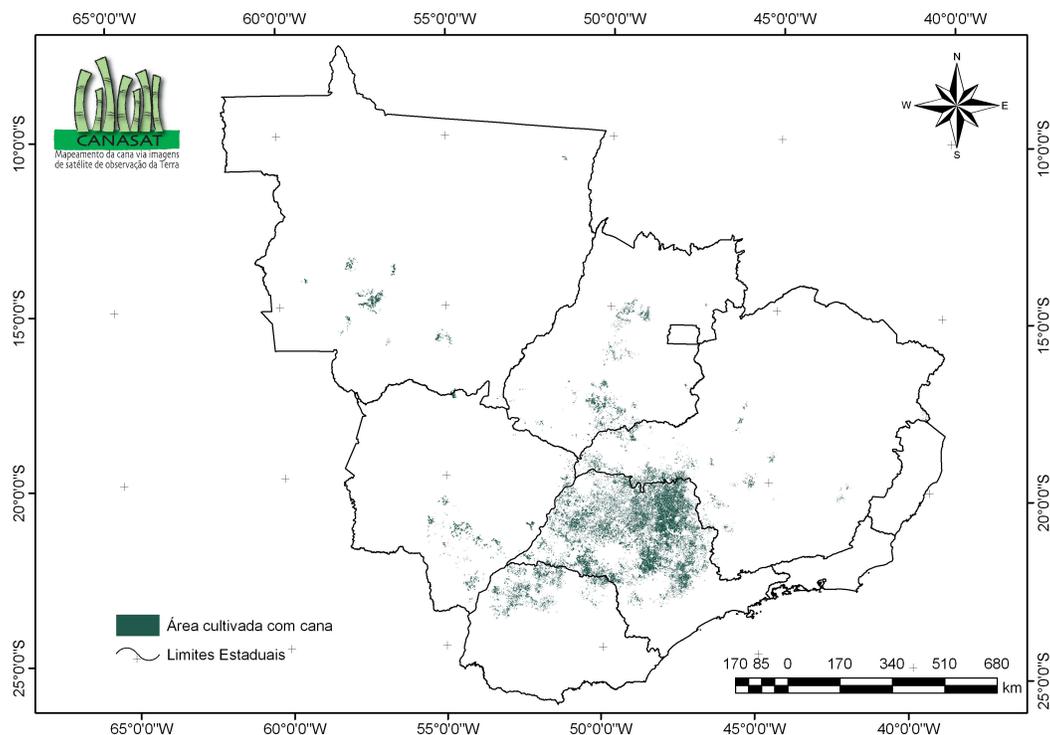


Figura 2. Distribuição espacial da área total cultivada com cana-de-açúcar na região Centro-Sul - safra 2008/09.

Para todos os Estados avaliados, a área disponível para colheita aumentou a cada safra, o que pode ser verificado pelas taxas anuais de crescimento positivas (Figura 3). As maiores taxas de crescimento na área disponível para colheita, entre as safras 2005/2006 e 2008/2009, foram registradas nos estados de GO, MS e MG. Estes Estados tiveram um acréscimo total na área disponível para colheita, entre as safras 2005/06 e 2008/09, de 126,21%, 99,93% e 99,17%, respectivamente (Tabela 1). Além disso, GO e MS foram os únicos Estados que apresentaram taxa de crescimento entre as safras 2007/08 e 2008/09 maior do que a taxa de crescimento entre as safras 2006/2007 e 2007/08. Esses dados mostram que o cultivo de cana-de-açúcar está expandindo de forma mais acentuada em Estados que tinham menor representatividade no cultivo desta cultura agrícola.

O Estado de SP registrou a segunda menor taxa de crescimento da safra 2008/09 em relação à safra 2007/08 (12,2%), perdendo apenas para MT (6,1%). Apesar disso, a área correspondente de expansão foi de 661.874 ha entre estas duas safras. Essa área é 4,62 vezes maior que a área expandida em GO (143.157 ha), que registrou a maior taxa de crescimento (39,9%). A área total de expansão da safra 2005/06 à safra 2008/09, no Estado de SP, foi superior a 1,81 milhões de ha, o que representa 58,0% da expansão total da região Centro-Sul (Tabela 1).

As menores taxas anuais de crescimento foram registradas no estado de MT (Figura 3), que registrou área total de expansão de 108.861 ha da safra 2005/06 à safra 2008/09 (Tabela 1), um crescimento total de 21,40%.

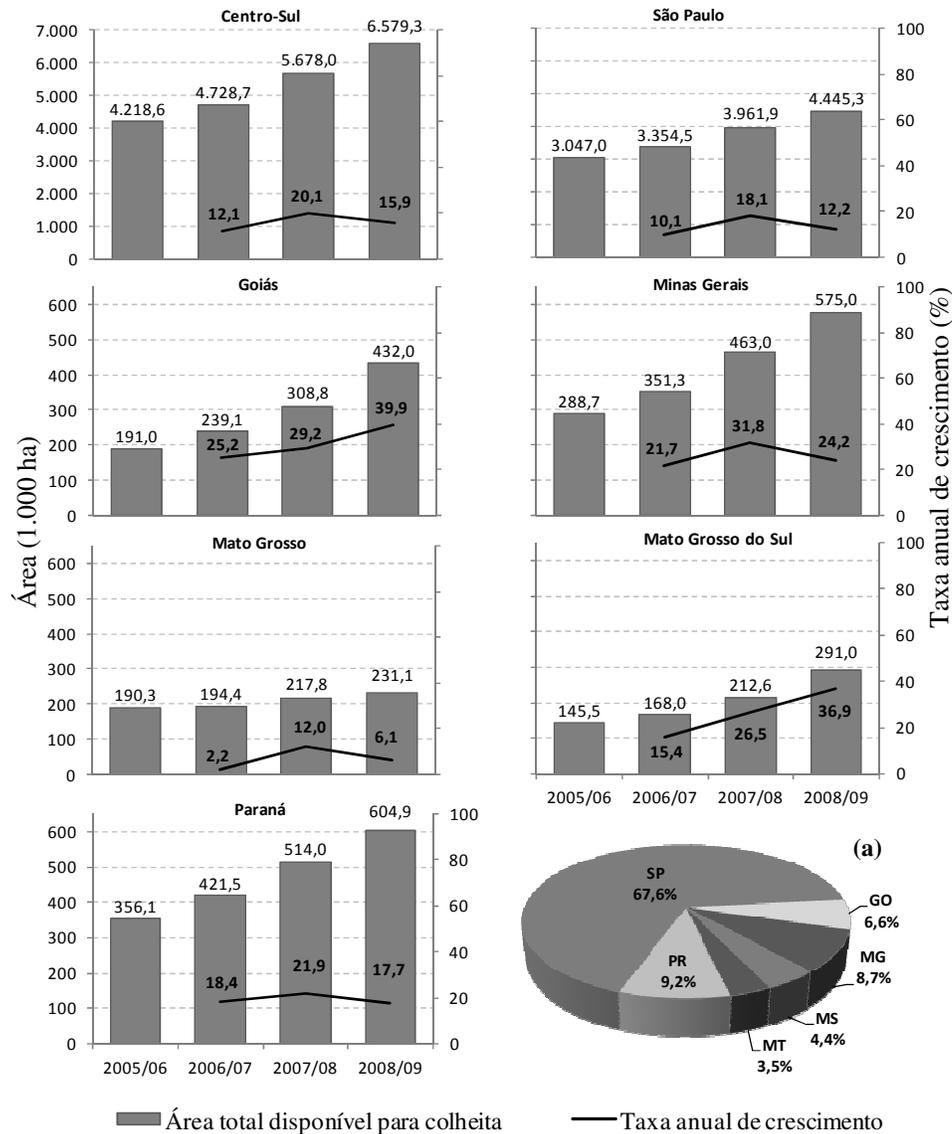


Figura 3. Evolução da área disponível para colheita da safra 2005/06 à safra 2008/09 para a região Centro-Sul e para os Estados. (a) Representatividade dos Estados na área total disponível para colheita na região Centro-Sul - safra 2008/09.

Na safra 2005/06, 703 municípios da região Centro-Sul cultivaram cana-de-açúcar (Tabela 1), sendo que este número aumentou para 859 na safra 2008/09. Todos os Estados tiveram aumento no número de municípios a cada safra, exceto o Estado de MT, que da safra 2005/06 até a safra 2007/08 permaneceu com 20 municípios e somente na safra 2008/09 esse número aumentou para 25 municípios. Os maiores acréscimos no número de municípios foram registrados nos estados de SP, MG e GO, com aumento de 56, 30 e 28 municípios, respectivamente.

A área total expandida na região Centro-Sul, entre as safras 2005/06 e 2008/09 foi de 3,12 ha. Essa área difere do aumento da área disponível para colheita entre o mesmo período, que foi de 2,36 milhões de ha. Esses valores de área não são comparáveis e fornecem informações distintas. A área total expandida é o somatório das novas áreas de cana-de-açúcar, mapeadas pelo projeto Canasat, em cada safra analisada. Por outro lado, a área disponível para colheita não contabiliza a quantidade de área destinada à reforma e a outros usos a cada safra. Em

outras palavras, na área disponível para colheita, há uma variação, a cada safra, das áreas de *cana soca e reformada*. Uma quantidade de área, variável a cada ano, da classe *cana soca* é destinada à reforma. Entretanto, uma parcela dessa área não retorna na safra seguinte como *reformada*, pois deixa de ser cultivada com cana-de-açúcar, sendo destinada a outros usos. Outro motivo que acentua a diferença dessas áreas, é que, na última safra, o total de área incluída na classe *em reforma* foi superior à área incluída na classe *reformada*, reduzindo a área disponível para colheita que se poderia ter.

Tabela 1. Número de municípios que cultivaram cana-de-açúcar; área de expansão total e taxa de crescimento total da área disponível para colheita da safra 2005/2006 à safra 2008/2009.

Estado	nº municípios que cultivaram cana nas safras				Expansão total 2005 a 2008 (ha)	Taxa cresc. total 2005 a 2008 (%)
	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009		
SP	413	422	460	469	1.810.249	45,89
GO	59	62	74	87	338.229	126,21
MG	74	78	83	104	392.368	99,17
MS	16	18	23	34	173.737	99,93
MT	20	20	20	25	108.681	21,40
PR	121	126	130	140	297.709	69,87
<b>Centro-Sul</b>	<b>703</b>	<b>726</b>	<b>790</b>	<b>859</b>	<b>3.120.973</b>	<b>55,96</b>

A Figura 4 ilustra a expansão da área cultivada com cana-de-açúcar e o número de veículos bicombustíveis licenciados no Brasil entre 2005 e 2008 (Anfavea, 2008). Para o ano de 2008, os dados de licenciamento por tipo de combustível ainda não foram disponibilizados. Por este motivo, utilizou-se o número de veículos vendidos, que é próximo ao número de licenciamentos, até o mês de setembro de 2008. Esse número já ultrapassa 1,92 milhões de unidades. Para comparação, no mesmo período de 2007, o número de veículos bicombustíveis vendidos foi inferior em 476.7121 unidades, o que indica que as vendas no ano de 2008 será provavelmente maior.

A expansão da área cultivada com cana-de-açúcar segue o crescimento do número de veículos licenciados, sendo que o maior crescimento se deu entre as safras 2006/2007 e 2008/2009 (Figura 4). Fica evidente que a expansão do cultivo de cana-de-açúcar está diretamente relacionada à demanda dos seus derivados e que o aumento do número de veículos bicombustíveis é um dos fatores que influenciaram a expansão das áreas cultivadas com cana-de-açúcar no Centro-Sul do Brasil.

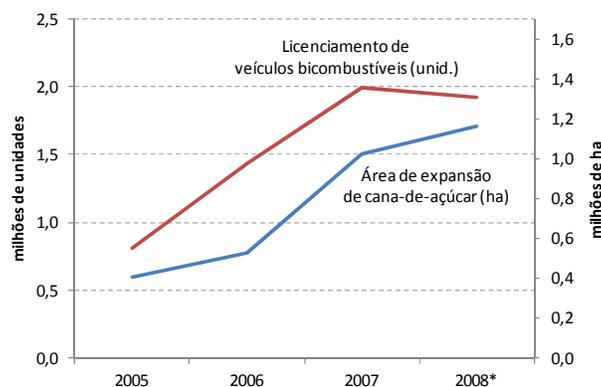


Figura 4. Área de expansão de cana-de-açúcar na região Centro-Sul e número de veículos bicombustíveis licenciados no Brasil entre os anos 2005 e 2008. \* Vendas de veículos no mercado interno até setembro de 2008 (Anfavea, 2008).

## 5. Conclusões

A área cultivada com cana-de-açúcar na região Centro-Sul aumentou a cada safra analisada. Da safra 2005/06 à safra 2008/09 o crescimento foi de 54,5%, atingindo 7,16 milhões de ha. Desse total, 6,58 milhões de ha estavam disponíveis para colheita na safra 2008/09, um crescimento de 2,4 milhões de ha em relação à safra 2005/06. O estado de São Paulo é o maior produtor de cana-de-açúcar do País e concentrou 67,6% da área total disponível para colheita na região Centro-Sul na safra 2008/09.

Os Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais registraram os maiores crescimentos na área disponível para colheita. Entre as safras 2005/06 e 2008/09 eles cresceram: 126,2%, 99,9% e 99,2%, respectivamente. Por outro lado, o estado do Mato Grosso registrou o menor crescimento: 21,4%.

Um dos principais fatores que influenciaram a expansão do cultivo de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil foi o aumento, nos últimos anos, na venda de veículos bicompostíveis que aumentou a demanda por etanol.

## Agradecimentos

À equipe de mapeamento do Laboratório de Sensoriamento Remoto em Agricultura e Floresta (LAF) do INPE e ao Magog A. de Carvalho pelo registro das imagens.

## Referências Bibliográficas

Berka, L. M. S.; Rudorff, B. F. T.; Freitas, R. M. Reclassificação controlada de pixels isolados em mapas de cana-de-açúcar. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., Goiânia, 2005. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 33-40. <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.19.37/doc/Berka.pdf>>. Acesso em: 30.out.2008.

Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). **Índice Paulista de Responsabilidade Social**. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/ipsr/ra.php>>. Acesso em: 08.nov.2008.

Rodrigues, A. P.; Rodrigues, L. A nova agenda do setor sucroenergético: o etanol e os desafios do mercado interno. **AgroAnalysis**. V. 28, n.08, p.19-36, 2008.

Rudorff, B. F. T.; Berka, L. M. S.; Xavier, A. C.; Moreira, M. A.; Duarte, V.; Rosa, V. G. C.; Shimabukuro, Y. E. **Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento: ano safra 2003/2004**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004. 47 p. (INPE-10791-RPQ/759).

Rudorff, B. F. T.; Berka, L. M. S.; Moreira, M. A.; Duarte, V.; Xavier, A. C.; Rosa, V. G. C.; Shimabukuro, Y. E. Imagens de satélite no mapeamento e estimativa de área de cana-de-açúcar em São Paulo: ano safra 2003/2004. **Agricultura em São Paulo**. v. 52, n.1, p.21-29, 2005.

Rudorff, B. F. T.; Sugawara, L. M. Mapeamento da cana-de-açúcar na região Centro-Sul via imagens de satélites. **Informe Agropecuário**, v.28, n.241, p.79-86, 2007.

Sugawara, L. M.; Rudorff, B. F. T.; Vieira, R. M. S. P.; Afonso, A. G.; Aulicino, T. L. I. N.; Carvalho, M. A.; Moreira, M. A.; Silva, W. F.; Aguiar, D. A. **Imagens de satélite na estimativa de área plantada com cana na safra 2005/2006 – Região Centro-Sul**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008. 74 p. (INPE- 15254-RPQ/815).

União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA). **Dados e Cotações – Estatísticas**, Produção Brasil. 2008. Disponível em <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: 03 de outubro de 2008.

Veiga Filho, L. Sustainable energy ignites Brazil's economy. **Valor econômico**. Special edition, p.06-11, 2008.