

## DINÂMICA ESPAÇO TEMPORAL DO USO DAS TERRAS E DO CARBONO APRISIONADO PELA FITOMASSA DA CANA-DE-AÇÚCAR E PASTAGEM NA REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

RONQUIM Carlos Cesar<sup>1</sup>; ZUCCARI Maria Lucia<sup>2</sup>; QUARTAROLI Carlos<sup>3</sup>; CRISCUOLO Cristina<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador, EMBRAPA CNPM/ Campinas/ SP- ronquim@cnpm.embrapa.br

<sup>2</sup>Bióloga, Dra., Pesquisador, EMBRAPA CNPM/ Campinas – SP- mlucia@cnpm.embrapa.br

<sup>3</sup>Eng Agrônomo, Ms., Pesquisador, EMBRAPA CNPM/ Campinas – SP- quarta@cnpm.embrapa.br

<sup>4</sup>Geógrafa, Ms., Pesquisador, EMBRAPA CNPM/ Campinas – SP- criscuol@cnpm.embrapa.br

**RESUMO:** Este estudo apresenta os resultados obtidos com a avaliação da dinâmica de uso e cobertura das terras e o carbono aprisionado pelos agroecossistemas de cana-de-açúcar e de pastagens. A avaliação da dinâmica dos estoques de carbono em cana-de-açúcar e pastagens, baseado na interpretação de imagens de satélite da região nordeste do estado de São Paulo foi feito em duas épocas distintas: 1988 e 2003. Os resultados mostraram que a fitomassa da cana-de-açúcar é capaz de acumular nove vezes mais carbono em  $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$  que as pastagens cultivadas. A expansão da área cultivada com cana-de-açúcar, com eficiente acúmulo de  $CO_2$  por unidade de tempo e de área ( $107,2 t CO_2 ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ ), sobre áreas de pastagens possibilitou a remoção da atmosfera de 128,8 milhões de toneladas em um período de quinze anos. Os resultados obtidos podem ser de extrema importância para a geração de indicadores ambientais e subsídios mais efetivos para posicionar o país nas negociações das commodities da agroenergia frente a outros países, além gerar impactos positivos de valoração ambiental dos sistemas de produção.

**PALAVRAS-CHAVE:** uso e cobertura das terras, balanço de carbono, agroecossistemas

**ABSTRACT:** This study presents the evaluation of carbon storage dynamics in sugar-cane and pastures agroecosystems. The change land use and occupation was based on satellite images interpretation of northeast area of São Paulo state and carried in two different times: 1988 and 2003. The results revealed that the sugar-cane is capable to accumulate nine times more carbon in  $t \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$  than the pastures. The expansion of the cultivated area with sugar-cane, with efficient accumulation of  $CO_2$  for area unit and time ( $107,2 t CO_2 ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ ) possibilited to remove of the atmosphere 128.8 million t.  $CO_2$  in fifteen years. The results obtained can be relevant for the generation of environmental indicators and provide a more effective basis for transnational negotiations related to bioenergy agriculture, besides producing positive impacts on the environmental valuation of the production systems.

**KEYWORDS:** land use occupation, carbon balance, agroecosystems

### INTRODUÇÃO

Projeções recentes do Ministério da Agricultura para os próximos 12 anos, levando-se em conta a pressão de produção dos biocombustíveis e os preços favoráveis das commodities agrícolas, indicam que a área plantada com cana-de-açúcar no país saltará para 66,6%, a área da soja aumentará 24,5% e a pecuária tem projeção estimada de aumento de 24% na produção de carnes (Ripa). Nesse novo cenário de uso das terras, o desenvolvimento da agricultura será regulado não só pela produção de alimentos, mas também pela produção de biocombustíveis. No contexto das mudanças climáticas, a observação desses cenários ganha destaque como instrumento de política de ordenamento do uso das terras e também como forma de avaliar a

contribuição dos agroecossistemas para o balanço e estoque de carbono na fitomassa. Apesar dessa importância, as informações das contribuições dos agroecossistemas, tal como, sistemas de produção que levem a um aumento no carbono seqüestrado, e não o inverso, como tem sido muitas vezes enfatizado, ainda são escassos. Diante dessa constatação, observa-se a necessidade de estudos de mensuração da fitomassa agrícola com vistas à inferência do estoque de carbono provocados pela dinâmica de uso e ocupação das terras entre atividades agropecuárias que competem por área no setor rural (Moreira-Burger & Delitti, 1999). Um estudo prévio da Embrapa Monitoramento por Satélite em 125 municípios da região nordeste do Estado de São Paulo, permitiu quantificar e analisar a dinâmica espacial e temporal das principais atividades agrossilvopastoris na região (Quartaroli *et al.*, 2006). A partir dos dados obtidos realizou-se a mensuração do carbono aprisionado na fitomassa agrícola objetivando-se avaliar as implicações agroambientais do uso e ocupação do solo pela cana-de-açúcar e pelas pastagens, que competem por área para plantio na quase totalidade dos municípios da região. Os resultados obtidos serão de extrema importância tanto para a caracterização econômica quanto para a geração de indicadores agroambientais que possibilitem um entendimento mais completo das mudanças de uso e ocupação do solo quando da substituição entre agroecossistemas que competem por área no setor rural dos municípios que compõem a região nordeste do estado de São Paulo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado na região nordeste do estado de São Paulo. Com área total de 51.650 km<sup>2</sup>, compreendendo 125 municípios. Essa região destaca-se no cenário brasileiro pela intensa ocupação agrícola das terras com destaque para a cana-de-açúcar. O trabalho foi desenvolvido com a logística e infra-estrutura já instalada da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP. Os levantamentos bibliográficos de dados de fitomassa e carbono abrangeram a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e as pastagens (*Brachiaria* spp. (Trin.) Griseb.). A avaliação da fitomassa da cana-de-açúcar e pastagem ocorreu na cidade de Ibaté, SP na área pertencente a fazenda Santa Helena com latitude: 21°58'3.21"S e longitude: 48° 5'13.42"W. Cada talhão foi dividido em quatro parcelas. Realizou-se uma amostragem por parcela. Cada parcela constituiu-se de cinco linhas com 25 metros de comprimento e espaçamento entrelinhas de 1,40 metros, resultando em 105 m<sup>2</sup> por parcela. Para as avaliações, foram consideradas as três linhas centrais da parcela, suprimindo-se 2,0 metros em cada extremidade (bordadura). Trinta amostras foram retiradas aleatoriamente, sendo 10 de cada linha. Todo o material fresco foi pesado no próprio campo com balança manual. A quantidade total de cada componente foi obtida multiplicando-se o número de indivíduos da parcela toda pela massa média de cada componente. A estimativa em termos de t.ha<sup>-1</sup> de cada componente foi obtida por meio da divisão da massa pela área da parcela.

$$3 \text{ linhas} * (25+2)\text{m} * 1,4\text{m} \quad (1)$$

A amostragem do perfil de raízes das touceiras de cana, foi constituída de oito sub-amostras para cada talhão. Retirou-se o volume de solo e raízes com o trado normalmente até 20 cm. De 40 a 80 cm estimou-se a quantidade de raízes presentes baseado no trabalho de Vasconcelos (2003). Após esses procedimentos tanto amostras da parte aérea quanto radicular foram levadas ao laboratório de sementes do departamento de Botânica da UFSCar, São Carlos, SP e submetidas à secagem em estufa de aeração forçada, com temperatura de 60-65 °C, até massa constante e pesados novamente para obtenção da massa seca. Os valores do carbono foram obtidos por análise no laboratório do IAC, Campinas, SP.

Para a conversão de carbono em CO<sub>2</sub> considerou-se uma tonelada de carbono correspondente a 3,67 toneladas de CO<sub>2</sub>, pois um átomo de C tem um peso atômico de 12 e o oxigênio de 16, assim uma t de C corresponde a 3,67 t de CO<sub>2</sub>. O mapeamento do uso e cobertura das terras foi baseado em imagens orbitais dos anos de 2003 e 1988, obtidas, respectivamente, pelos sensores ETM+ do satélite Landsat 7 e TM do Landsat 5 (Quartaroli *et al.*, 2006). O produto final desse trabalho foi um mapa temático digital, compatível com a escala 1: 250.000, que expressa a situação de uso e cobertura das terras para o ano de 2003. O mapa de 1988, também compatível com a escala 1: 250.000, foi obtido pela edição do mapa de 2003, baseada nos padrões

apresentados pelas imagens Landsat de 1988. Os mapas que representam a fitomassa e o carbono das culturas de cana-de-açúcar e pastagens foram organizados utilizando o Software ArcGIS versão 9.2.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Com o fim da fronteira agrícola na região, a expansão de algumas atividades, ocorreu pela ocupação de área antes com outros usos agropecuários. O exemplo mais nítido desse fenômeno foi o avanço das áreas de cana-de-açúcar sobre as áreas de pastagem, embalada atualmente pela demanda internacional e nacional de biocombustíveis, entretanto a pecuária de corte parece dar sinais de modernização e apesar de ceder áreas de ocupação vem ganhando produtividade. A análise dos dados revelou que a cana-de-açúcar é capaz de acumular seis vezes mais fitomassa e nove vezes mais carbono em  $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$  que as pastagens. Retira da atmosfera mais de 100 toneladas de  $CO_2$  por hectare por ano, enquanto as pastagens retiram somente  $11,7 t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$  (Tabela 1). Os valores apresentados representam o rendimento da produção primária líquida, ou seja, aquisição de matéria seca por área durante o ano (período de crescimento). Dos 125 municípios avaliados, 118 deles apresentaram elevação do carbono acumulado na fitomassa devido a incorporação de áreas de pastagens por cana-de-açúcar, num total de 474 mil ha. O município com maior expansão da cana-de-açúcar sobre as pastagens foi Barretos. Área anteriormente caracterizada pela pecuária. Nesse município houve um ganho de mais de 870 mil toneladas por ano de carbono incorporado na fitomassa.

Nas áreas de cana-de-açúcar e que anteriormente eram ocupadas por pastagens houve um acréscimo de mais de 22 milhões de toneladas por ano de fitomassa e conseqüentemente remoção de mais de 43 milhões de toneladas de  $CO_2$  por ano da atmosfera. Passou de 116.222.595,2 para mais de 245 milhões de toneladas de  $CO_2$  removidos da atmosfera em quinze anos (Figura 1).

Tabela 1 - Valores médios por ha da fitomassa seca, do carbono da planta toda e do  $CO_2$  imobilizado nos agroecossistemas de cana-de-açúcar e pastagem ( $\pm DP$  = desvio padrão)

Agroecossistemas	Fitomassa ( $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ ) $\pm DP$	Carbono ( $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ ) $\pm DP$	* $CO_2$ imobilizado ( $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ )
Cana-de-açúcar	$58,4 \pm 11,9$	$29,2 \pm 5,9$	107,2
Pastagem	$8,9 \pm 4,0$	$3,2 \pm 0,9$	11,7

## CONCLUSÕES

A expansão da área cultivada com cana-de-açúcar adicionado ao eficiente acúmulo de  $CO_2$  por unidade de tempo e de área ( $107,2 t CO_2 ha^{-1} ano^{-1}$ ) e o intenso processo de melhorias no manejo agrícola tornaram essa classe de uso e cobertura a maior retentora do  $CO_2$  atmosférico. Constata-se com isso que o carbono da fitomassa pode, ao menos em parte, ser recomposto por alguns agroecossistemas em substituição a outros, durante o subsequente uso do solo.

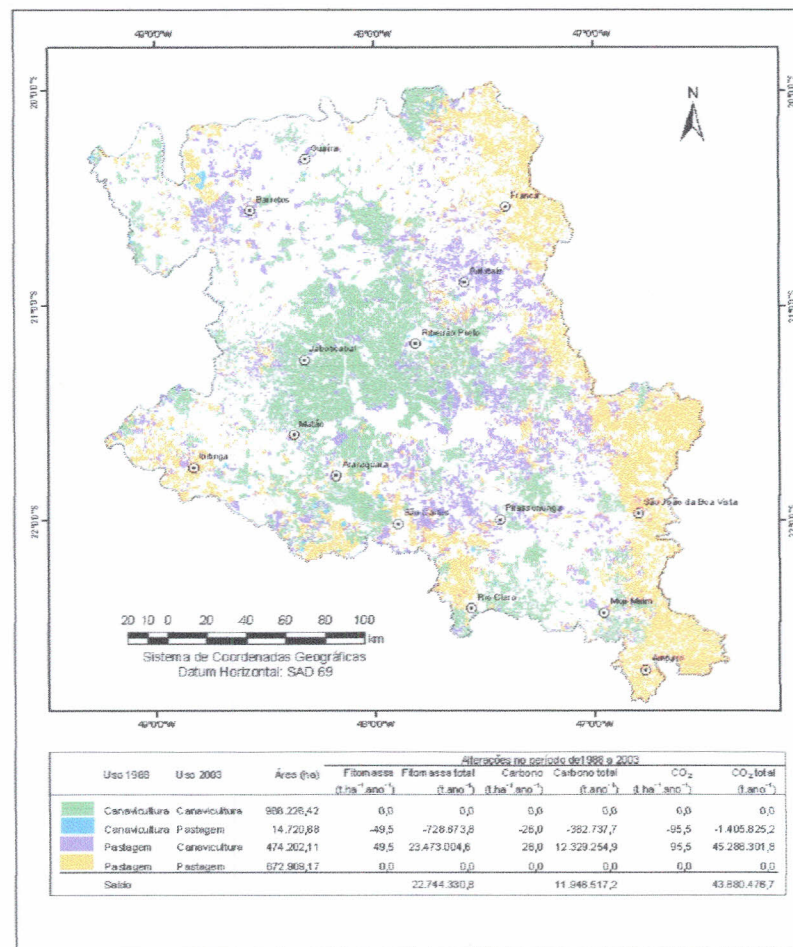


Figura 1. Valores da fitomassa, do carbono e do CO<sub>2</sub> em t. ano<sup>-1</sup> retidos nos agrossistemas de cana-de-açúcar (cor verde) e de pastagem (cor laranja) durante o período de 1988 a 2003 e alterações no uso e cobertura das terras no ano 2003 apresentando áreas de pastagens que foram substituídas por áreas de cana-de-açúcar (cor roxa) e áreas de cana-de-açúcar que foram substituídas por áreas de pastagem (cor azul).

## REFERÊNCIAS

- MOREIRA-BURGER, D.; DELITTI, W. B. C. Fitomassa epigéa da mata ciliar do rio Mogi-Guaçu, Itapira-SP. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 429-435, 1999.
- QUARTAROLI, C. F.; CRISCUOLO, C.; HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M. Alterações no uso e cobertura das terras no Nordeste do Estado de São Paulo no período de 1988 a 2003. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. 57 p., il. (Documentos, 55).
- VASCONCELOS, A.C.M.; CASAGRANDE, A. A.; PERECIN, D.; JORGE, L. A. C.; LANDELL, M. G. A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 27, p. 849-858, 2003.