

## Estimativa de área com cana-de-açúcar na micro-região de Ribeirão Preto - SP por meio de amostragem por segmentos quadrados

Michelle Cristina Araújo Picoli <sup>1</sup>  
Camila Souza dos Anjos <sup>1</sup>  
Viviane Gomes Cardoso Rosa <sup>1</sup>  
Rodrigo Rizzi <sup>1</sup>  
Bernardo Friedrich Rudorff <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{michelle, csa, vivian, rizzi, bernardo}@ltid.inpe.br

**Abstract.** Sugarcane is among the most important commodities to Brazil; therefore, accurate information about sugarcane production is a relevant task. Several methods are available to provide agricultural statistics for municipal, regional, state or country level. In the present work we tested a sampling method that uses remote sensing images together with Geographic Information System (GIS) to accurately estimate sugarcane area at the regional level for the region of Ribeirão Preto which is the most relevant sugarcane production region of São Paulo State, Brazil. To evaluate the results of this study a sugarcane reference map was available. It was found that with a selected sample set of 165 segments with 1 x 1 km, sugarcane area could be estimated with a relative difference of only 4.2% (120 ha) and at a confidence level of 99%. The result is encouraging since it can be obtained early in the crop year season, is independent of subjective information and provides an error associated to the area estimation.

**Key words:** sampling method, crop area mapping, sugarcane, amostragem, mapeamento de área agrícola, cana-de-açúcar.

### 1. Introdução

A participação brasileira no mercado mundial de cana-de-açúcar, dependendo da safra, pode alcançar 30% das exportações (Carvalho, 2004), sendo que a região de Ribeirão Preto, localizada a nordeste do Estado de São Paulo, concentra cerca de 30% do açúcar e do álcool produzido no país. De acordo com Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG), esta região cultiva cerca de 1 milhão de hectares, produzindo aproximadamente 47% do açúcar e 45% do álcool extraído da cana-de-açúcar do Estado de São Paulo. Além disso, essa região engloba cerca de 14% das unidades produtoras de cana-de-açúcar do país.

Dentro deste contexto, fica evidente a importância da correta estimativa de área plantada como ferramenta fundamental no sistema de previsão de safras, que no Brasil é realizada predominantemente de forma subjetiva, através de questionários aplicados aos produtores e/ou às entidades relacionadas à atividade agrícola. Neste caso, os recursos oferecidos pelas tecnologias de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (SR) podem contribuir significativamente à estruturação de sistemas mais eficientes e dinâmicos para a estimativa da produção regional e nacional. Apesar do conhecido potencial das imagens de SR no mapeamento de culturas agrícolas, existem fatores que limitam seu uso em sistemas rotineiros de levantamento de safras, como por exemplo, áreas cobertas por nuvens ou quando a cultura ainda não é visível nas imagens, o que dificulta estimativas com caráter preditivo, mais interessantes para a tomada de decisões em tempo oportuno.

Para contornar esses fatores, Adami (2003) propôs um método para estimar área plantada de grandes culturas por meio de um sistema de amostragem por segmentos quadrados onde apenas uma porção da região de interesse tem a área da cultura quantificada através de visitas a campo, auxiliadas ou não por imagens de SR. Tal metodologia demonstrou se viável na estimativa de área plantada em nível regional ou estadual (Adami, 2003; Rizzi, 2004).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi estimar a área plantada de cana-de-açúcar na micro-região de Ribeirão Preto por meio de um sistema de amostragem por segmentos quadrados proposto por Adami (2003).

## 2. Materiais e métodos

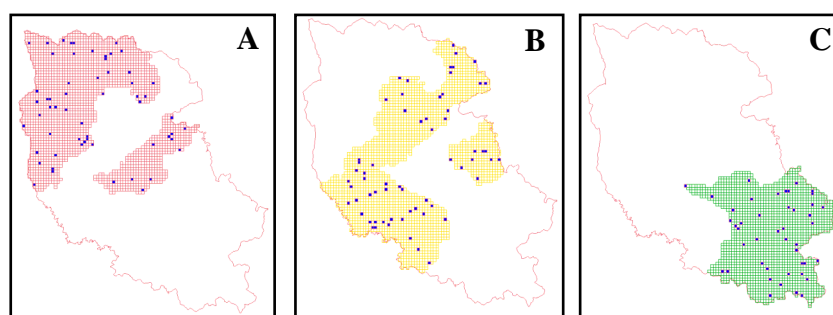
O estudo compreendeu a micro-região de Ribeirão Preto, composta por 16 municípios e correspondendo a uma área de 6.039 km<sup>2</sup> (**Figura 1**). O dado de referência utilizado foi um mapa temático produzido por Rudorff et al. (2004), onde as áreas de cana-de-açúcar foram mapeadas através da classificação multitemporal de imagens adquiridas pelos sensores Landsat/TM e ETM+, no ano-safra 2003/04. Posteriormente, a área de estudo foi estratificada em nível municipal. Ou seja, considerou-se a porcentagem de área plantada com cana-de-açúcar em cada município, em relação à sua área total, de acordo com o seguinte critério: estrato A: mais de 70% da área do município cultivada com cana-de-açúcar; estrato B: entre 40 e 70% da área do município cultivada com cana-de-açúcar; estrato C: menos de 40% da área do município cultivada com cana-de-açúcar. Em seguida, a área de estudo foi dividida em segmentos regulares de 1 x 1 km. Para calcular o número de segmentos a serem selecionados em cada estrato, utilizou-se a Equação 1 (Cochran, 1977):

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 pq}{E^2} \quad (1)$$

Onde “p” representa o percentual da área cultivada com cana-de-açúcar. O erro “E” é o erro esperado na estimativa e “Z” é o nível de confiança da estimativa. No presente trabalho, optou-se por testar três níveis de confiança (NC), estabelecidos em 90, 95 e 99%. A Tabela 1 apresenta o número total de segmentos e o número amostral determinado para cada nível de confiança. O sorteio das amostras em cada estrato, em cada NC, foi realizado por amostragem aleatória simples.

**Tabela 1.** Número de segmentos e o número amostral para cada nível de confiança.

Nível de confiança	90%	95%	99%
Total de Segmentos (N)	6039	6039	6039
Total de Segmentos Sorteados (n) (n/N)	41 (0,7%)	96 (1,6%)	165 (2,8%)



**Figura 1.** Área de estudo extratificada (A= >70%, B=40-70% e C=<40% de cana-de-açúcar no município) e exemplo de um sorteio (pontos azuis).

## 3. Resultados

A área de cana-de-açúcar para os NC de 90, 95 e 99% foi estimada utilizando-se a Equação 2 (Cochran, 1977).

$$\hat{Z} = \sum_{i=1}^m e_i \sum_{k=1}^{n_i} z_{i,k} \quad (2)$$

Onde,  $i$  = índice para o estrato ( $i = 1, \dots, m$ );  $k$  = índice para representar o segmento escolhido ( $k = 1, \dots, n_i$ );  $m$  = número de estratos;  $n_i$  = número de segmentos escolhidos no  $i$ -ésimo estrato;  $e_i$  = fator de expansão;  $z_{i,k}$  = valor da característica desejada, no  $k$ -ésimo segmento, no  $i$ -ésimo estrato;

**Tabela 2.** Área plantada com cana-de-açúcar estimada pelo método de amostragem por segmentos quadrados em relação à área estimada pelo mapeamento das imagens Landsat e o respectivo coeficiente de variação.

Nível de Confiança	Área Mapeada	Área estimada (amostragem)	Diferença (ha)	Diferença (%)	CV
90%	2.836	<b>2.213</b>	-623	-22	15%
95%	2.836	<b>3.252</b>	416	14,7	6,2%
99%	2.836	<b>2.956</b>	120	4,2	5,0%

De acordo com a **Tabela 2** observa-se que a estimativa de área plantada com cana-de-açúcar na micro-região de Ribeirão Preto através do método de amostragem por segmentos resultou em diferenças de 22, 14,7 e 4,2% (CV de 15, 6,2 e 5%) em relação ao dado de referência, para os NC de 90%, 95% e 99%, respectivamente. Neste caso, a diferença de 4,2% encontrada para o NC de 99% pode ser considerada satisfatória, visto que o número de segmentos amostrados representa menos de 3% da área em estudo. Ademais, tal método informa um erro associado à estimativa, o que não ocorre em se tratando dos métodos oficiais de levantamento. Além disso, sua aplicação pode se dar ainda na época em que a cultura não pode ser identificada nas imagens de satélite, dando a estimativa um caráter preditivo. Ainda assim, a existência descentralizada de órgãos ligados ao setor agropecuário facilita a aplicação de tal método nas diferentes regiões produtoras, atendendo às necessidades específicas de cada região. Adicionalmente, as informações regionais podem ser agrupadas visando facilitar e melhorar a qualidade das estimativas estaduais.

#### 4. Referências

- Adami, M. **Estimativa de áreas agrícolas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e amostragem**. São José dos Campos. 123 p. (INPE-10235-TDI/900). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004. [CD-ROM].
- Carvalho, E. P. A cana-de-açúcar pode fornecer o passaporte do Brasil para o mundo dos países desenvolvidos. Disponível em: <[http://unica.com.br/pages/artigos\\_palavra\\_materia.asp?id14](http://unica.com.br/pages/artigos_palavra_materia.asp?id14)>. Acesso em: 6 de Junho de 2004.
- Cochran, W. G. **Técnicas de amostragem**. 2 ed. Rio de Janeiro: fundo de Cultura, 1977. 555p.
- FUNDAG – Fundação de Apoio a Pesquisa Agrícola. **Informativo**. Campinas, n. 4, mar/abr 2004. Disponível em: <[http://www.fundag.br/download2/Informativo\\_4%20Mar\\_Abr.pdf](http://www.fundag.br/download2/Informativo_4%20Mar_Abr.pdf)>. Acesso em: 09 de outubro de 2004.
- Rizzi, R. **Geotecnologias na estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do Sul**. São José dos Campos. 219 p. Dissertação (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004.
- Rudorff, B. F. T.; Berka, L. M. S.; Xavier, A.C.; Moreira, M. A.; Duarte, V.; Rosa, V. G. C.; Shimabukuro, Y.G. **Estimativa de área plantada 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: INPE, 2004. 19 p.