

## Avaliação de modelo matemático-espectral para estimativa da safra de cana-de-açúcar

Thais Barbosa Guarda Prado<sup>1</sup>  
Giampaolo Queiroz Pellegrino<sup>2</sup>  
Jurandir Zullo Júnior<sup>1</sup>  
Rubens Augusto Camargo Lamparelli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas Aplicadas a Agricultura - UNICAMP  
13083-970 - Campinas - SP, Brasil  
{thais, jurandir, rubens}@cpa.unicamp.br

<sup>2</sup> Embrapa Informática Agropecuária  
13083-886 – Campinas – SP, Brasil  
giam@cnptia.embrapa.br

**Abstract.** The objective of this study was to evaluate the performance of a yield estimation model for sugar cane in the state of São Paulo, using both mathematical and spectral data from the meteorological satellite NOAA14/AVHRR (National Oceanic and Atmospheric Administration/ Advanced Very High Resolution Radiometer). Estimated yield values differs, on average, 30,3% from IBGE's yield values. Possible causes of discrepancy are discussed.

**Palavras-chave:** NDVI, remote sensing, sugar cane, yield estimate, NDVI, sensoriamento remoto, cana-de-açúcar, estimativa de safra.

### 1. Introdução

A previsão dos resultados de produtividade agrícola tem sido buscada com grande interesse por setores da economia e da política nacional e internacional. O seu conhecimento prévio beneficia agricultores, investidores, como também planejadores e governantes (Figueiredo, 2005). Técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo utilizadas na previsão de safras, permitindo um monitoramento mais freqüente das condições de campo, por meio de relações entre respostas radiométricas do dossel e os parâmetros que caracterizam o estado de crescimento da planta (Joaquim, 1998).

Nesse contexto, as imagens do AVHRR/NOAA têm grande potencial para aumentar a objetividade dos métodos atuais de acompanhamento e previsão de safras, especialmente de culturas extensivas como a cana-de-açúcar, devido à longevidade do sistema, ao baixo custo de aquisição das imagens, à sua abrangência espacial e à possibilidade de geração de índices a partir de suas bandas espectrais.

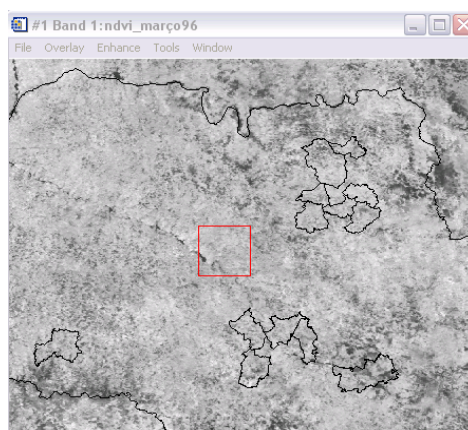
Esse trabalho visa testar a aplicação e o ajuste de um modelo matemático-espectral para estimativa de biomassa de cana-de-açúcar, tomando como parâmetro de comparação a produtividade estimada pelo censo agropecuário do IBGE.

### 2. Material e Métodos

A área de estudo escolhida foi o Estado de SP, por ser o maior produtor de cana-de-açúcar do país. O último censo agropecuário realizado pelo IBGE foi o da safra 1995/1996 e, devido à sua maior confiabilidade em relação às amostragens anuais e à disponibilidade de imagens NOAA14/AVHRR para as mesmas datas, esse foi o período escolhido para a comparação.

Foram definidos 13 municípios expressivos na produção de cana-de-açúcar (Figura 1), calculando-se a produtividade através de dados de produção e área plantada, na safra 1995/1996, obtidos pelo censo agropecuário do IBGE. Para eliminar interferências de outros alvos que não a cana-de-açúcar, gerou-se um mapa temático (máscara) da cultura por meio de

composições mensais, tomando-se os valores máximos de NDVI de cada mês, obtidos a partir de imagens NOAA/AVHRR analisadas pelo software ENVI 4.2.



**Figura 1-** Municípios definidos para a obtenção da máscara de cana-de-açúcar.

O modelo escolhido foi o apresentado por Pellegrino, 2001:

$$MSC = NDVI * (-325,3940) + D * 17,1384 + (-963,69)$$

Esse modelo estima a massa seca de colmos (MSC) baseando-se no índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e nos dados de dias após o corte (D). Segundo Pellegrino (2001), a variável Dias Após o Corte funciona como fator de ponderação do NDVI e, indiretamente, representa o acúmulo de energia ao longo do ciclo, comumente expresso na forma de Graus-Dia ou na relação Evapotranspiração Real/Evapotranspiração Potencial.

Para se definir a data de corte, representada pela primeira ausência de vegetação, tomou-se a composição que possuía o menor NDVI para todos os municípios. Para a estimativa da produtividade no final do ciclo, escolheu-se a composição do mês de março (D=340 dias), a que apresentou o NDVI máximo.

### 3. Resultados e Discussões

Como se pode observar na Tabela 1, aplicando os dados ao modelo, foram obtidos os valores de produtividade (Massa Seca de Colmos). Os dados estimados foram comparados aos dados de produtividade provenientes do IBGE, para a safra e os municípios em questão.

O desvio padrão ( $\sigma$ ) dos erros foi de 7,24% e seu coeficiente de variação (CV) 23,9%. O erro médio calculado foi de 30,3%. Esse valor é inaceitável para a estimativa da produtividade. Porém, o fato de ele ser sempre positivo indica que o modelo testado tende a subestimar os valores em relação aos dados do IBGE. Isso provavelmente se deve ao fato do modelo estimar a massa seca de colmos, enquanto o IBGE utiliza dados de massa úmida, aumentando o peso total medido.

Embora a maioria dos municípios tenha dados semelhantes, as produtividades do IBGE para Jaboticabal (51,649 t/ha) e Jardinópolis (81,872 t/ha) são discrepantes em relação ao conjunto, provocando também a discrepância nos erros obtidos, 9,3% e 43,0%, respectivamente. Essas discrepâncias, porém, não foram detectadas pelo modelo, provavelmente porque os de NDVI no final do ciclo, ou seja, após o fechamento do dossel, variam pouco mesmo que haja uma variação significativa na massa seca dos colmos. Para evitar esse problema, Pellegrino (2001) sugere a utilização de dados de NDVI do meio do ciclo e a estimativa da produtividade final com base em modelo de crescimento na forma :

$$MSC_{\text{proporcional}} = 1,309664 * 10^{-16} * D^{(11,33342 - 1,995582 * \log(D))}$$

onde  $MSC_{\text{proporcional}}$  é a massa seca de colmos proporcional à  $MSC$  máxima do ciclo.

**Tabela 1** - Valores de NDVI, produtividade, MSC (Massa Seca de Colmos) estimada pelo modelo e o erro calculado.

| Municípios           | NDVI Máximo | Produtividade (t/ha)    |                          | Erro (PIBGE-PM/PIBGE) %    |
|----------------------|-------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
|                      |             | IBGE (PIBGE)            | Estimada pelo modelo(PM) |                            |
| Morro Agudo          | 0,5904      | 61,712                  | 46,713                   | +24,3                      |
| Jaboticabal          | 0,5467      | 51,649                  | 46,855                   | +9,3                       |
| Jaú                  | 0,5812      | 67,231                  | 46,742                   | +30,5                      |
| Lençóis Paulistas    | 0,6397      | 68,243                  | 46,552                   | +31,8                      |
| Paraguaçu Paulista   | 0,5734      | 73,624                  | 46,768                   | +36,5                      |
| Piracicaba           | 0,5530      | 58,174                  | 46,834                   | +19,5                      |
| Pitangueiras         | 0,5514      | 71,432                  | 46,839                   | +34,4                      |
| Dois Córregos        | 0,5703      | 65,339                  | 46,778                   | +28,4                      |
| Jardinópolis         | 0,5951      | 81,872                  | 46,697                   | +43,0                      |
| Sertãozinho          | 0,5582      | 71,456                  | 46,817                   | +34,5                      |
| Ribeirão Preto       | 0,5775      | 71,235                  | 46,755                   | +34,4                      |
| São Joaquim da Barra | 0,5563      | 71,535                  | 46,823                   | +34,5                      |
| Pederneiras          | 0,5514      | 69,170                  | 46,83                    | +32,3                      |
| Médias               |             | 67,9                    | 46,77                    | +30,3                      |
|                      |             | $\sigma = 7,54$ CV=0,11 | $\sigma = 0,001$ CV=0,08 | $\sigma = 7,24$ CV = 23,9% |

#### 4. Conclusões

O modelo subestima a produtividade, pois apresentou um erro sempre positivo de 30%, sendo insatisfatório para ser empregado na previsão de safra de cana-de-açúcar, na forma utilizada neste trabalho. Parte desse erro é devida à diferença de métodos de estimativa do peso da cana-de-açúcar. Uma adaptação do modelo para produzir valores mais próximos aos estimados pelo IBGE pode ser feita, ponderando-se o erro sempre positivo em torno de 30%. Ainda, caso não seja possível estimar a umidade da cana-de-açúcar nos futuros levantamentos, pode-se buscar introduzir um fator de correção que a leve em consideração, como, por exemplo, a precipitação ocorrida previamente à colheita. A utilização de dados de NDVI do meio do ciclo da cultura para avaliar a melhoria da sensibilidade do modelo, também poderá ser testada.

#### Referências

Figueiredo, D.C. **Projeto Geosafra : Aperfeiçoamento do Sistema de Previsão de Safras da CONAB.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 17/05/2006.

Joaquim, A.C. **Identificação de variedades de cana-de-açúcar em três classes texturais de solos, na região de Araraquara-SP através da análise de nível de cinza em imagens LANDSAT/TM .**1998.118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas , Campinas. 1998.

Pellegrino, G. Q. **Utilização de Dados Espectrais do Satélite NOAA14/AVHRR como Fonte de Dados para Modelos Matemáticos de Estimativa da Fitomassa da Cana-de-Açúcar.** 2000.115 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas , Campinas. 2001.