

# Sensoriamento remoto: um olhar espacial sobre os canaviais

Antônio Roberto Formaggio \*

Um país de dimensões continentais, agronegócios que movimentam expressivas somas, a partir de uma ampla e complexa cadeia produtiva, propiciando significativos saldos positivos no comércio internacional: esse pode ser considerado o cenário da vibrante agricultura brasileira do início do século XXI. Nesse rico panorama agrícola, a cana-de-açúcar, gramínea cultivada no país desde meados do século XVI, desempenha papel de destaque, por sua versátil e estratégica funcionalidade de ser matéria-prima tanto para a produção do açúcar, como para a do álcool, alimento e energia, fontes de divisas de primeira grandeza para o Brasil.

Por outro lado, os preços agrícolas variam por inúmeros fatores contextuais como, nos dias atuais, as instabilidades no Golfo Pérsico e as conseqüentes pressões nas cotações do petróleo; as valorizações e desvalorizações do dólar, influenciando nas exportações/importações, aquecimentos e desaquecimentos do mercado. Tudo isso converge para a estratégica decisão de se possuir um eficiente, rápido e confiável sistema de previsões de safras e de estatísticas agrícolas. De fato, os países que pretendem se inserir no contexto mundial de uma economia globalizada e de fortes blocos econômicos precisam contar com excelentes sistemas de informações agrícolas, não somente sobre eles mesmos, mas também sobre os demais países do próprio bloco, e de fora dele. Devem contar, acima de tudo, com previsões eficazes, bem como capacidade de rápida percepção das mudanças, por mais sutis que possam ser.

Estimativas de produção precisas e oportunas, em nível regional ou municipal, são essenciais para as decisões gerenciais relacionadas à economia agrícola de um país.

As estimativas de produção feitas na fase de pré-colheita constituem informação essencial para o governo e, também, para as agroindústrias, no sentido de se determinarem fatores econômicos, tais como preços, excedentes exportáveis etc. Do ponto de vista da inserção no negócio agrícola, os interessados nas informações agrícolas podem ser produtores, exportadores, importadores, cooperativas, indústrias de beneficiamento, consumidores, fornecedores de insumos, investidores etc.

As mercadorias agrícolas negociadas hoje nas bolsas de todo o mundo – como o café, a soja, o cacau, o milho, o trigo, o suco de laranja, o açúcar, o álcool – movimentam cifras de vários algarismos (em bilhões de dólares) e, por isso mesmo, têm seus preços determinados muito mais pelo “mercado global” do que por qualquer lógica referente ao custo de produção ou à eficiência produtiva local. Sabe-se que o principal fator a determinar as oscilações nessas bolsas, que trabalham com o mercado futuro, são as expectativas de oferta e de demanda mundiais dos produtos. Então, a empresa ou nação que conseguir prever com maior antecedência e acerto a sua safra e as dos seus concorrentes poderá influir no preço de uma mercadoria estratégica e fazer os melhores negócios.

Nesse amplo contexto, fica clara a importância do sensoriamento remoto, pois as mais eficientes, rápidas e econômicas maneiras de se realizarem previsões de safras, já utilizadas por diversos países, se apóiam, invariavelmente, em dados obtidos remotamente por sensores orbitais (FAO, 1998). Na realidade, o uso do sensoriamento remoto é uma das únicas maneiras de um país atualizar as estimativas sobre a sua produção e, principalmente, sobre a dos concorrentes, com antecedência suficiente para auxiliar na tomada de decisões. O sensoriamento remoto pode ser definido como o uso de dados coletados por sistemas sensores que não entram em con-

tato com os objetos sensoriados (em geral, esses objetos estão na superfície terrestre), sendo a energia eletromagnética o principal elo de ligação entre os referidos objetos e os sensores considerados.

Os satélites artificiais, colocados a centenas de quilômetros de altitude, constituem-se, então, em plataformas espaciais privilegiadas, transportando os sensores orbitais, que observam, com suas poderosas óticas, os processos, fenômenos e mudanças da superfície da terra. O grande pioneiro do sensoriamento remoto orbital para observação da superfície terrestre foi o satélite Landsat, inicialmente com o sensor MSS e, depois, com os sensores TM e ETM+. Atualmente, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas (sensores mais leves, de menores volumes, mais poderosos, com menores custos de lançamento, como, por exemplo, o ALI – *Advanced Land Imager*, presente no satélite norte-americano Earth Observer-1) para substituir a atual geração de sensores orbitais.

Para se ter uma idéia das capacidades e da amplitude de cobertura das imagens orbitais, cada cena ETM+/Landsat cobre uma área correspondente a um quadrado de 185 km x 185 km (ou 34.225 km<sup>2</sup>) e são necessárias apenas dezoito dessas imagens para cobrir, por exemplo, todo o Estado de São Paulo; ao passo que, para recobrir uma área correspondente a uma imagem ETM+ somente, seriam necessárias milhares de fotografias aéreas de média escala (p.ex., 1:50.000), com a conseqüente multiplicação de custos e de trabalho para gerar um determinado conjunto de informações. Além do Landsat, outros sistemas (como o europeu Spot-5 e o indiano IRS-P6) vêm sendo postos em órbita, cabendo um destaque aos gigantescos satélites de objetivos múltiplos, como o Terra, o Aqua e o Envisat, que se destinam a estudos ambientais globais – ou seja, o planeta sendo observado como um grande e complexo sistema composto por seus principais subsistemas (os oce-

anos, a atmosfera, os continentes, as geleiras), a fim de se entenderem as mudanças globais, as naturais e as causadas pelo homem, que vêm ocorrendo na Terra.

Tanto o satélite Terra como o Aqua carregam múltiplos sensores para a observação dos fenômenos e sistemas planetários. Um desses sensores, presente em ambos, é o Modis – *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*. Cada imagem Modis recobre uma área de 2.330 km x 2.330 km, em 36 bandas espectrais, sendo que esse sensor possibilita a insubstituível capacidade de recobrimento de todos os pontos da superfície terrestre “com frequência diária”. Para se ter uma idéia da ordem de grandeza e da quantidade de dados do sensor Modis, coletados e retrabalhados para gerar diversos tipos de índices diariamente, os computadores da Nasa processam, aproximadamente, 380 terabytes de informações sobre a superfície terrestre por dia (Justice et al., 2002).

Para possibilitar a aquisição diária de uma “fotografia” da superfície terrestre, são necessárias resoluções geométricas intermediárias e, então, o sensor Modis apresenta a capacidade de discernir apenas objetos de tamanhos intermediários (da ordem de 250 m, 500 m ou 1000 m), conforme os objetivos que estejam sendo estudados (Nasa, 2003a). O Brasil, por sua vez, ao lado dos Estados Unidos, dos países europeus, da Índia e da China, também tem marcado expressiva presença no cenário da pesquisa espacial mundial, desde o final da década de 1960. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), órgão do Ministério da Ciência e Tecnologia, desponta como produtor de significativos desenvolvimentos na área do sensoriamento remoto e das geotecnologias associadas.

Em parceria tecnocientífica com a China, dois satélites Cbers (*China-Brazil Earth Remote Sensing Satellite*), ambos situados entre os de mais moderna tecnologia, já foram colocados em órbita: o Cbers 1, lançado em 14 de outubro de

TABELA 1 | PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS SENSORES A BORDO DOS SATÉLITES SINO-BRASILEIROS CBERS 1 E 2

CARACTERÍSTICAS	CCD	IR-MSS	WFI
Bandas espectrais	0,51–0,73 µm (pan) 0,45–0,52 µm (azul) 0,52–0,59 µm (verde) 0,63–0,69 µm (vermelho) 0,77–0,89 µm (IV próx.)	0,50–1,10 µm (pan) 1,55–1,75 µm (IV médio) 2,08–2,35 µm (IV médio) 10,40–12,50 µm (IV termal)	0,63–0,69 µm (vermelho) 0,77–0,89 µm (IV próximo)
Campo de Visada	8,3°	8,8°	60°
Largura de faixa imageada	113 km	120 km	890 km
Capacidade de apontamento	± 32°	–	–
Resolução espacial	20 m × 20 m	80 m × 80 m 160 m × 160 m (banda termal)	260 m × 260 m
Resolução temporal (repetitividade)	26 dias (visada vertical) 3 dias (visada lateral)	26 dias	5 dias

1999 (e já desativado por término de vida útil), e o Cbers 2, lançado em 21 de setembro de 2003, este com vida útil prevista para três anos. A Tabela 1 mostra um resumo das principais características dos sensores do satélite Cbers 2, evidenciando sua versatilidade e suas multicapacidades: a) multissensores: esse satélite sino-brasileiro carrega uma câmara CCD (*High Resolution CCD Camera*), uma câmara WFI (*Wide Field Imager*) e um imageador IR-MSS (*Infrared Multispectral Scanner*); b) multiresoluções; c) multiespectralidade; d) multivisadas e e) multitemporalidade (= repetitividade). A Figura 1 apresenta uma ilustração de alguns aspectos geométricos de aquisição de dados pelos sensores dos satélites sino-brasileiros Cbers.

Como perspectiva, é oportuno citar que Brasil e China já assinaram protocolos de intenção para a continuidade do programa de observação da Terra e para a construção e a operação de mais dois satélites Cbers (os Cbers 3 e 4), para os próximos anos, com o desenvolvimento de sensores ainda mais sofisticados que os atuais. Todos os avanços, em franco desenvolvimento na área de sensoriamento remoto orbital, deverão propiciar, sem dúvida, incrementos crescentes nas potencialidades aplicáveis às

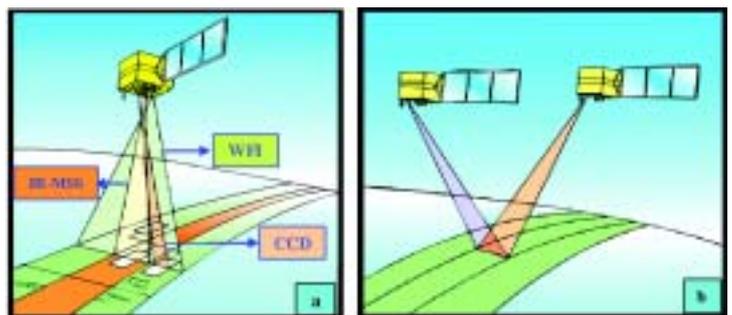
finalidades agrícolas. A equação que envolve as previsões de safras baseia-se em duas variáveis principais: a “área plantada” e a “produtividade” das lavouras agrícolas de interesse.

No que se refere à determinação das áreas canavieiras, as imagens orbitais atuais (por suas características de permitirem visão sinóptica, adequada resolução geométrica, multitemporalidade e multiespectralidade) podem proporcionar um levantamento e uma espacialização das lavouras com excelente desempenho e precisão. Como ilustração, a Figura 2 mostra um trecho de uma imagem Cbers 2 obtida sobre a região de Pradópolis-SP, na qual podem ser vistas algu-

mas feições canavieiras com excelente interpretabilidade. Em relação à produtividade, modelos agrometeorológicos, modelos espectrais e modelos de crescimento vêm sendo desenvolvidos e testados conjugadamente, potencializando para um futuro próximo a capacidade de geração de informações objetivas, com antecedência e qualidade, para as estatísticas e previsões das safras canavieiras e das principais culturas agrícolas brasileiras (Rudorff, 1985; Melo et al., 2003).

Como avanço em relação aos sensores multiespectrais (cuja resolução espectral é da ordem de centenas de nanômetros), sensores remotos hiperespectrais (ou

FIGURA 1 | A) ILUSTRAÇÃO DAS FAIXAS E FORMAS DE COBERTURAS DOS SENSORES CCD, IR-MSS E WFI DOS SATÉLITES SINO-BRASILEIROS (CBERS 1 E CBERS 2); B) CAPACIDADE DE VISADAS OBLIQUAS DA CÂMARA CCD



Fonte: (Inpe, 2003)

FIGURA 2 | TRECHO DE UMA IMAGEM/COMPOSIÇÃO COLORIDA DA CÂMARA CCD/CBERS 2; REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO, SP



Obs.: Canaviais em matizes de verde, em junção de vigor e de estágio vegetativo; áreas de solos expostas aparecendo em matizes avermelhados; áreas brancas referem-se à presença de palha seca de cana na superfície.

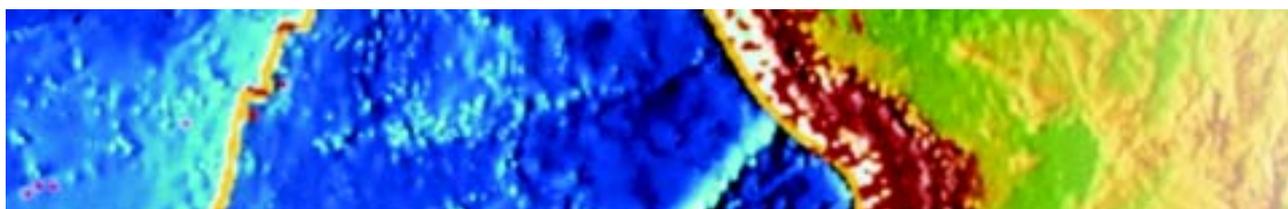
seja, sensores que captam a energia eletromagnética com um detalhamento espectral da ordem de dez nanômetros) vêm sendo desenvolvidos desde meados da década de 1980 e, atualmente, já estão sendo testados em satélites, como o norte-americano Earth Observer 1 (Nasa,

2003b) e o europeu Proba (ESA, 2003). Nessa linha hiperespectral, vislumbra-se que, em breve, será possível quantificar componentes das folhas da vegetação agrícola, tais como clorofila a, clorofila b, carotenóides, lignina, celulose e teor de umidade, por exemplo. Isso abrirá um potencial de disponibilização de informações de incomparável valia para o sensoriamento remoto em agricultura.

Alguns grupos de pesquisa já vêm desenvolvendo essa linha de pesquisa nos Estados Unidos, na Europa e na Austrália. No Brasil, dada a grande importância dessa linha de trabalho, pesquisas com sensores hiperespectrais vêm sendo realizadas (Ferri, 2002; Formaggio et al., 2002), de modo a assimilar o que há de mais moderno e potencial nesse assunto de ponta do sensoriamento remoto mundial. Enfim, os avanços na área do sensoriamento remoto orbital têm sido muito rápidos e tendem a continuar em ritmo forte, em função do grande inte-

resse pelas valiosas informações sobre a superfície terrestre que podem ser geradas pelos sensores colocados em satélites. O Brasil vem conseguindo acompanhar esses desenvolvimentos e tem apresentado expressiva contribuição científica e tecnológica, procurando manter-se entre os dez países mais avançados nesse importante campo tecnológico e, quanto maior for o número de instituições e de usuários do sistema espacial brasileiro, maiores e melhores serão os benefícios e os desenvolvimentos para o país, com o uso das informações provenientes dos sensores colocados a bordo de satélites de sensoriamento remoto terrestre. 

\* **Antônio R. Formaggio** é pesquisador do Inpe – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, órgão do Ministério da Ciência e Tecnologia ([jformag@itid.inpe.br](mailto:jformag@itid.inpe.br)).



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ESA (2003). *The proba web pages*. Disponível em: <<http://www.estec.esa.nl/wawww/ES/PROBA.html>>. Acesso em: nov. 2003.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Multiple frame agricultural surveys: agricultural survey programmes based on area frame or dual frame sample design*. Rome: FAO, 1998. v. 2, 242 p. (FAO Statistical Development Series, 10).
- FERRI, C. P. *Utilização da reflectância espectral para estimativa de pigmentos fotossintéticos em dosséis de soja [Glycine max (L.) Merrill]*. 2002. 173p. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe/MCT). Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, 2002.
- FORMAGGIO, A. R.; FERRI, C. P.; SCHIAVINATO, M. A. Comparação entre índices espectrais de vegetação para determinação de clorofila em dosséis de soja” [Glycine max (L.), Merrill]. In: LATIN AMERICAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 10., 11-15 nov. 2002, Cochabamba, Bolívia. *Proceedings*. CD-ROM. 8 p.
- INPE (2003). *O satélite CBERS*. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/>>. Acesso em: nov. 2003.
- JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G.; VERMOTE, E. F.; MASUOKA, E.; WOLFE, R. E.; SALEOUS, N.; ROY, D. P.; MORISSETTE, J. T. An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sensing of Environment*, v. 83, p. 3-15, 2002.
- MELO, R. W.; FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Modelo agrometeorológico-espectral de estimativa de rendimento da soja para o estado do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2003. p. 173–179.
- NASA (2003a). *The modis sensor from TERRA Satellite*. Disponível em: <<http://modisland.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: nov. 2003.
- NASA (2003b). *Hyperion: Hyperspectral sensor from Nasa/Earth Observer-1 Satellite*. Disponível em: <<http://eol.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: nov. 2003.
- RUDORFF, B. F. T. Dados Landsat na estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar”. 114p. (INPE-3744-TDL/202). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1985.