

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NO MONITORAMENTO DA CULTURA DA SOJA

JOÃO FRANCISCO GONÇALVES ANTUNES¹

RESUMO: O monitoramento da safra de soja é de fundamental importância para a economia brasileira. As imagens AVHRR-NOAA de elevada repetitividade temporal têm sido utilizadas na previsão de safras. O objetivo do trabalho é monitorar a cultura da soja entre os meses de janeiro e abril de 2007 nos Estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, utilizando composições máximas de NDVI/AVHRR-NOAA, obtidas automaticamente por meio de geotecnologias. Os resultados mostraram que no Paraná o período de maior vigor vegetativo da soja ocorreu em janeiro, com a colheita estendendo-se de fevereiro a março. No Rio Grande do Sul, constatou-se que o ciclo inicia-se depois, pois a soja ainda está se desenvolvendo em janeiro, sendo o período de maior vigor vegetativo em fevereiro e a colheita indo de março a abril. O sistema utilizado mostrou ser uma ferramenta importante para usuários de imagens NOAA, especialmente os que necessitam de uma grande série temporal com alta precisão geométrica para monitoramento agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto, Processamento de imagens, Georreferenciamento preciso, Composições de máximo valor, Índices de vegetação, Previsão de safras.

GEOTECHNOLOGIES APPLIED IN THE SOYBEAN CROP MONITORING

ABSTRACT: Soybean crop monitoring is important for the Brazilian economy. High temporal resolution AVHRR-NOAA images have been used for harvest forecast. This work aimed to monitor the soybean crop lands between January and April 2007 in Paraná and Rio Grande do Sul States, Brazil, using NDVI/AVHRR-NOAA maximum composites, automatically obtained by geotechnologies. The results have shown the vegetative peak in Paraná occurred in January, when the harvest extended from February to March. In Rio Grande do Sul, it was noticed that the cycle is initiated later, because the soybean was still in developing in January, the vegetative peak was in February and the harvest was from March to April. The developed system showed to be an important tool for NOAA image users, especially those who need to use large time-series with high geometric precision for agricultural monitoring.

KEY-WORDS: Remote sensing, Image processing, Precision georeferencing, Maximum Value Composite, Vegetation indices, Harvest forecast.

1. INTRODUÇÃO

A soja vem se consolidando como a principal cultura do agronegócio brasileiro, assumindo grande importância econômica nas exportações. Os Estados do Paraná e do Rio Grande do Sul são o segundo e o terceiro maior produtor de soja do Brasil, respectivamente, atrás apenas do Estado do Mato Grosso (CONAB, 2007).

Nos últimos anos, os dados de sensores remotos orbitais têm sido uma fonte importante de informação para estudos geográficos, meteorológicos e ambientais em nível regional, por proverem a necessária visão temporal da superfície terrestre. Um sensor particularmente

¹ Mestre em Engenharia Agrícola, Embrapa Informática Agropecuária, E-mail: joaof@cnpia.embrapa.br

importante é o *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), a bordo dos satélites da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (GOODRUM et al., 2004). As imagens AVHRR-NOAA de elevada repetitividade temporal, de resolução espacial de 1,1 km no nadir, com garantia de cobertura diária e de aquisição gratuita, vêm sendo utilizadas no acompanhamento de áreas agrícolas realizado por meio da avaliação dos índices de vegetação que descrevem a variação do vigor vegetativo de uma cultura ao longo do seu ciclo de desenvolvimento (LIU e KOGAN, 2002).

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho é monitorar a cultura da soja entre os meses de janeiro e abril de 2007 no Paraná e no Rio Grande do Sul, utilizando composições máximas de NDVI de imagens AVHRR-NOAA, obtidas automaticamente por meio de geotecnologias.

3. MATERIAL E MÉTODOS

As imagens AVHRR-NOAA foram obtidas do acervo histórico do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em seu estado bruto. Foram utilizadas imagens diurnas do satélite NOAA-17, sensor AVHRR/3, com horário de passagem próximo das 13h30 GMT.

Para realizar o monitoramento foram tomadas como referência a região oeste do Paraná, normalmente com a safra da soja de verão estendendo-se de novembro a março e, também, a região norte do Rio Grande do Sul, com o cultivo da soja indo de dezembro a abril.

Para o processamento das imagens AVHRR-NOAA foi utilizado o sistema NAVPRO desenvolvido por ESQUERDO et al. (2006), compatível com a plataforma Linux, que consiste de um procedimento automático em script *c-shell* composto por um conjunto de comandos que acionam os módulos para conversão do formato bruto, calibração radiométrica, georreferenciamento preciso e geração de produtos.

A **Figura 1** ilustra o fluxograma resumido com as principais etapas do processamento das imagens. A primeira parte do sistema é composta por um conjunto de comandos que executam os programas do pacote NAV (*NAVigation*), desenvolvido em linguagem C. Essa tecnologia foi repassada gratuitamente pelo Colorado Center for Astrodynamics Research (CCAR), Aerospace Engineering Sciences, da Universidade do Colorado, Boulder, EUA.

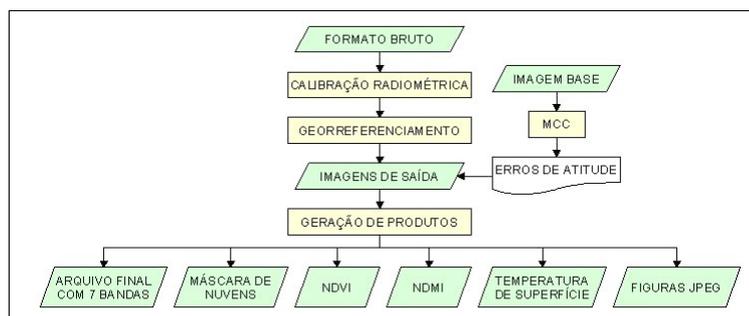


Figura 1: Fluxograma do sistema de processamento das imagens AVHRR-NOAA.

O processo inicia-se com a conversão do formato bruto L1B para um formato compatível com os módulos subsequentes. Após isso é feita a calibração radiométrica transformando os valores de nível de cinza para refletância aparente (no topo da atmosfera) para as bandas 1 (vermelho - ρ_1), 2 (infravermelho próximo - ρ_2) e 3A (infravermelho médio - ρ_3) e temperatura de brilho, para as bandas 3B (termal - T_3), 4 (termal - T_4) e 5 (termal - T_5), seguindo as metodologias descritas por RAO e CHEN (1996) e GOODRUM et al. (2004).

Em seguida é executado o módulo de georreferenciamento das imagens, segundo a metodologia de navegação indireta descrita por ROSBOROUGH et al. (1994) que baseia-se

no fato de que a maior fonte de erros de deslocamentos no processo é devida à imprecisão no ângulo dos três eixos de atitude do satélite no momento de sua passagem. Tais erros são determinados por meio de dois pontos de controle coletados a partir de malhas digitais ou imagens geometricamente precisas. Após isso, a imagem é georreferenciada novamente considerando-se os erros de atitude, garantindo a precisão geométrica dentro de um pixel.

Para automatizar o processo de coleta de pontos de controle, o módulo utiliza a técnica da Máxima Correlação Cruzada (MCC) de EMERY et al. (2003) que busca feições entre a imagem alvo que se pretende corrigir e uma imagem base, cartograficamente precisa. Uma vez reconhecidas as feições semelhantes entre essas imagens, o programa coleta automaticamente os pontos de controle, que por sua vez são utilizados pelo módulo para determinar os erros de atitude e realizar a navegação indireta, gerando imagens com erro de georreferenciamento dentro de um pixel.

Como resultado deste processo obtêm-se cinco arquivos referentes as bandas espectrais calibradas e corrigidas geometricamente, contendo somente a região de interesse - no caso um recorte para o Paraná e outro para o Rio Grande do Sul - previamente informada na navegação indireta. Também são gerados mais dois arquivos com o ângulo de elevação do satélite e o ângulo zenital solar para cada pixel da imagem, totalizando sete arquivos.

A segunda parte do sistema foi desenvolvida em linguagem IDL (*Interactive Data Language*) do software ENVI (*The Environment for Visualizing Images*) que é responsável pela leitura dos sete arquivos produzidos e pela geração de produtos.

O primeiro produto é um arquivo contendo sete bandas, reunindo as sete imagens geradas num único arquivo. O segundo produto é um arquivo contendo a máscara de nuvens, dois índices de vegetação e a temperatura de superfície. Nesse trabalho serão descritos apenas os produtos utilizados para o monitoramento agrícola.

A máscara de nuvens foi gerada seguindo os critérios descritos por FRANÇA e CRACKNELL (1995) e CHEN et al. (2002) ($\rho_1 > 15$; $0,8 < \rho_2/\rho_1 < 1,6$ e $T_4 < 270$; $T_5 < 280$) para não haver a contaminação da análise espectral, como forma de obter produtos confiáveis. O índice de vegetação é o NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index* - ($\rho_2 - \rho_1/\rho_2 + \rho_1$) que pode ser utilizado na avaliação das mudanças do vigor vegetal das plantas e, assim, correlacionado com a biomassa da vegetação (ROUSE et al., 1973).

Também são geradas figuras JPEG de uma composição colorida RGB-321, bem como para todos os produtos do sistema, sobrepostas com uma malha política do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e com informações cartográficas.

Uma última rotina gera automaticamente as composições máximas de NDVI, onde o valor máximo de um dado pixel numa seqüência de imagens é utilizado para a construção da composição num período mensal, de forma a diminuir os efeitos de sombras, do ângulo de iluminação solar, dos aerossóis e vapores d'água presentes na atmosfera (HOLBEN, 1986).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as imagens diárias do NOAA-17 foram processadas automaticamente pelo NAVPRO logo após a sua recepção pela antena do CEPAGRI e disponibilizadas no Agritempo - Sistema de Monitoramento Agrometeorológico da Embrapa (<http://www.agritempo.gov.br/>).

O NAVPRO fornece para cada imagem processada o deslocamento médio entre a imagem alvo e a imagem base, o que representa a precisão do georreferenciamento. Apenas os produtos com precisão geométrica dentro de um pixel é que entraram nas composições máximas mensais de NDVI. Para o Paraná: 21 imagens em janeiro, 12 imagens em fevereiro, 16 imagens em março e 14 imagens em abril. Para o Rio Grande do Sul: 12 imagens em janeiro, 12 imagens em fevereiro, oito imagens em março e 11 imagens em abril. Nos casos

em que o processamento falhou, a imagem estava em grande parte coberta por nuvens ou muito fora do nadir, afetando o processo de busca por feições semelhantes por meio da MCC. O procedimento implementado utiliza-se de várias imagens base com pouca cobertura de nuvens e próximas ao nadir, como estratégia para evitar o efeito sazonal devido às mudanças térmicas, a fim de garantir uma precisão maior no processo.

Os resultados mostraram que, quando livres da presença maciça de nuvens, as imagens de entrada puderam ser georreferenciadas automaticamente, gerando produtos precisos, sem qualquer intervenção humana. A navegação indireta, aliada à busca automática de feições por meio da MCC, se mostrou eficaz e contribuiu para a total automatização do processamento.

As lavouras de soja foram monitoradas por meio da evolução temporal das composições máximas mensais de NDVI ao longo dos quatro primeiros meses de 2007.

Na região oeste do Paraná, pode-se observar que o período de maior vigor vegetativo da soja ocorreu em janeiro (**Figura 2a**) com os valores mais altos de NDVI representados pelas áreas de coloração vermelha mais intensa. A colheita foi iniciada em fevereiro (**Figura 2b**) com o aparecimento do solo exposto que possui valores de NDVI bem mais baixos, representados pelas áreas de coloração verde claro. A colheita da soja foi finalizada em março (**Figura 2c**) onde é possível observar toda a extensão da área de solo exposto referente as lavouras de soja recém colhidas, com o início do plantio da safrinha. Em abril pode-se perceber que o milho já foi semeado, devido ao aumento dos valores de NDVI nas áreas que antes eram de solo exposto (**Figura 2d**).

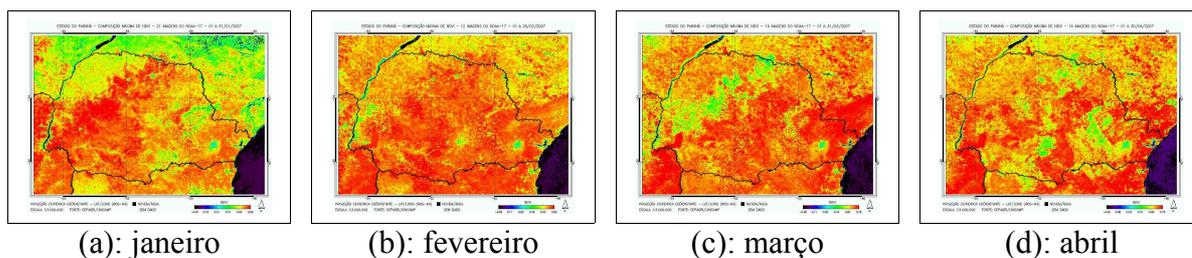


Figura 2: Composições Máximas de NDVI de janeiro a abril de 2007 - Paraná.

Na região norte do Rio Grande do Sul, o ciclo de cultivo da soja inicia-se depois do oeste do Paraná. Em janeiro (**Figura 3a**) pode-se observar que a soja ainda está se desenvolvendo com o aumento dos valores de NDVI representados pelas áreas de coloração amarela escura, atingindo o período de maior vigor vegetativo em fevereiro (**Figura 3b**) com a ocorrência dos valores mais altos de NDVI, tornando-se áreas de coloração vermelha mais intensa. Em março as plantas entram em senescência o que pode ser percebido pelo decréscimo dos valores de NDVI (**Figura 3c**). Então inicia-se a colheita da soja que é finalizada em abril (**Figura 3d**) onde é possível observar toda a extensão de área de solo exposto com valores de NDVI bem mais baixos, representados pelas áreas de coloração verde claro, referente as lavouras de soja que foram colhidas, dando início ao plantio da safrinha de trigo, aveia e cevada.

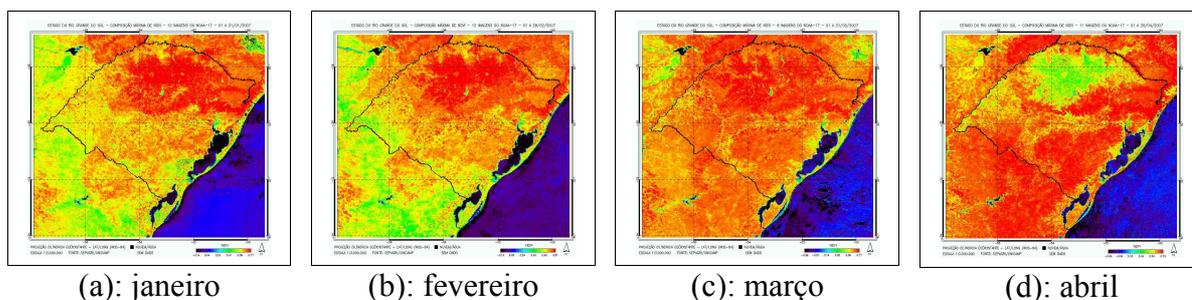


Figura 3: Composições Máximas de NDVI de janeiro a abril de 2007 - Rio Grande do Sul.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O monitoramento da cultura da soja entre os meses de janeiro e abril de 2007 no Paraná e no Rio Grande do Sul foi realizado utilizando-se composições máximas de NDVI, geradas automaticamente a partir das imagens diárias e gratuitas AVHRR-NOAA.

No Paraná, o período de maior vigor vegetativo da soja ocorreu em janeiro, com a colheita estendendo-se de fevereiro a março, dando início ao plantio da safrinha. No Rio Grande do Sul, o ciclo de cultivo inicia-se depois, pois em janeiro a soja ainda está se desenvolvendo, sendo o período de maior vigor vegetativo em fevereiro, com a colheita indo de março a abril, onde acontece o início do plantio da safrinha.

O sistema utilizado mostrou-se uma ferramenta importante por automatizar o processamento do grande número de imagens utilizadas com garantia da precisão geométrica dentro de um pixel. O georreferenciamento é a etapa fundamental de todo o processo e em conjunto com o mascaramento de nuvens propicia a geração de produtos precisos e com qualidade.

Algumas aplicações podem ser sugeridas a partir do monitoramento agrícola realizado em nível regional. A partir do acompanhamento da dinâmica espectral da vegetação ao longo do tempo é possível obter estimativas de produtividade e de área plantada da cultura da soja, servindo como subsídio para auxiliar os de modelos de previsão de safras convencionais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHEN, P. Y.; SRINIVASAN, R.; FEDOSEJEVS, G.; NARASIMHAN, B. An automated cloud detection method for daily NOAA-14 AVHRR data for Texas, USA. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 15, p. 2939-2950, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Safras**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 27. abr. 2007.

EMERY, W. J.; BALDWIN, D.; MATTHEWS, D. Maximum Cross Correlation Automatic Satellite Image Navigation and Attitude Corrections for Open Ocean Image Navigation, **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 1, p. 33-42, 2003.

ESQUERDO, J. C. D. M.; ANTUNES, J. F. G.; BALDWIN, D. G.; EMERY, W. J.; ZULLO JR, J. An automatic system for AVHRR land surface product generation. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 18, p. 3925-3942, 2006.

FRANÇA, G. B.; CRACKNELL, A. P. A simple cloud masking approach using NOAA AVHRR daytime data for tropical areas. **International Journal of Remote Sensing**, v. 16, p. 1697-1705, 1995.

GOODRUM, G.; KIDWELL, K.; WINSTON, W. (Editors) **NOAA KLM User's guide. September 2000 Revision**. Disponível em <<http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/klm>>. Acesso em: 15 mar. 2004.

HOLBEN, B. N. Characteristics of maximum value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 11, p. 1417-1435, 1986.

LIU, W. T.; KOGAN, F. Monitoring Brazilian soybean production using NOAA/AVHRR based vegetation condition indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 6, p. 1161-1179, 2002.

RAO, C. R. N.; CHEN, J. Post-launch calibration of the visible and near-infrared channels of the Advanced Very High Resolution Radiometer on the NOAA-14 spacecraft. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, p. 2743-2747, 1996.

ROSBOROUGH, G. W.; BALDWIN, D. G.; EMERY, W. J. Precise AVHRR image navigation. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 32, n. 3, p. 644-657, 1994.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM**, 3., Washington, D. C., 1973. **Proceedings...** Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973. v. 1, p. 309-317. (NASA SP-351).