

Foto: Google



## Recomendações para a geração de composições de máximo valor a partir de imagens AVHRR/NOAA

Júlio César Dalla Mora Esquerdo<sup>1</sup>

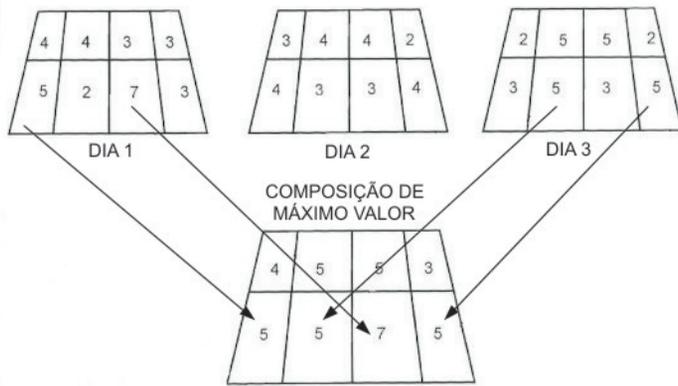
As imagens de satélite são uma fonte importante de informações sobre a superfície terrestre, pois sua visão sinóptica, temporal e multiespectral auxilia no entendimento dos processos que ocorrem nos ecossistemas terrestres. Ao longo dos anos, as pesquisas envolvendo o sensoriamento remoto na agricultura têm explorado a alta frequência de revisita de alguns sensores orbitais, como o Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), o Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (Modis) e o Vegetation, que fornecem imagens multiespectrais diárias da superfície terrestre, a partir das quais podem ser derivados produtos como índices de vegetação, temperatura de superfície, albedo de superfície, entre outros.

A abordagem multitemporal tem mostrado um grande potencial de aplicação na análise da superfície terrestre, sobretudo nas áreas com elevada dinâmica espectro-temporal, como é o caso das culturas agrícolas. Embora alguns sensores disponibilizem imagens diárias da superfície, estas raramente são usadas de forma direta nas análises multitemporais. Em seu lugar, são usadas as chamadas “composições de máximo valor” ou “imagens síntese”, onde um dado conjunto de imagens diárias é utilizado para gerar uma única imagem composta compreendendo um determinado

período, por exemplo, semanal, decendial, quinzenal ou mensal. Esse procedimento foi inicialmente proposto por Holben (1986) com o intuito de reduzir a contaminação atmosférica e a presença de nuvens nas análises temporais do índice de vegetação Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Nesse índice, a vegetação apresenta valores positivos, enquanto que os pixels contaminados por nuvens apresentam valores negativos. Assim, as composições máximas garantem que para um dado pixel será utilizado o valor do máximo NDVI encontrado ao longo do período considerado, reduzindo as chances da presença de nuvens na análise temporal (Figura 1).

Nesse sentido, este comunicado técnico aborda algumas recomendações para a geração de composições de máximo valor a partir de imagens do sensor AVHRR, a bordo dos satélites National and Oceanic Atmospheric Administration (NOAA), desde o processamento das imagens diárias até a geração do produto final. O sensor AVHRR é um dos mais antigos ainda em operação, com estações de recebimento em vários estados brasileiros. As imagens são gratuitas, têm alta repetitividade temporal (12 horas), resolução espacial de 1,1km e cinco faixas espectrais (vermelho/visível, infravermelho próximo e três faixas no infravermelho termal).

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP, [julio@cnptia.embrapa.br](mailto:julio@cnptia.embrapa.br)



**Figura 1.** Geração de uma composição de máximo valor a partir de imagens diárias.

Fonte: Adaptado de Moreira e Shimabukuru (2004).

## Processamento das imagens diárias

As principais etapas do processamento das imagens AVHRR diárias incluem as correções radiométrica e atmosférica e o georreferenciamento. Devido ao elevado número de imagens diárias necessárias para a geração de composições máximas, é sempre recomendado o uso de sistemas automáticos de processamento, com mínima ou nenhuma intervenção humana. A correção radiométrica converte o número digital da imagem bruta em valores físicos de radiância ou refletância aparente, sendo facilmente implementada de forma automática por meio de equações de calibração. Já a correção atmosférica, que converte os valores medidos no topo da atmosfera em valores de superfície, é de difícil automatização, por depender de parâmetros estimados da atmosfera, e nem sempre é conduzida. O processo de georreferenciamento da imagem visa à definição de uma projeção cartográfica e um sistema de coordenadas. Pode ser considerada a etapa mais importante de todo o processo, uma vez que ao fazer o empilhamento das imagens diárias para a geração da composição máxima é necessário que todos os seus pixels correspondam ao mesmo posicionamento geográfico em todas as imagens do período, caso contrário a composição terá um aspecto “embaçado” por conta do descolamento geométrico final. Portanto, o processo de georreferenciamento das imagens diárias deve ser conduzido de maneira acurada, com erros de deslocamento não superiores a um pixel, valor considerado adequado no caso de imagens de baixa resolução espacial. Existem alguns pacotes computacionais disponíveis para o processamento das imagens, com diferentes níveis de automação. Na Embrapa Informática Agropecuária, o pacote utilizado para o processamento automático das imagens AVHRR é o NAVPRO (ESQUERDO et al., 2006), desenvolvido

em parceria com a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e o Centro de Pesquisas Astrodinâmicas da Universidade do Colorado, EUA.

## Mascaramento de pixels

Antes da geração das composições de máximo valor, recomenda-se efetuar o mascaramento ou a retirada dos pixels registrados numa geometria de aquisição ruim. Isso representa as áreas da imagem adquiridas num ângulo de visada excessivo ou áreas imageadas sob baixa intensidade de iluminação solar (ângulo zenital solar excessivo). No primeiro caso, pixels adquiridos em ângulos de visada excessivos apresentam distorções geométricas e radiométricas, cujos valores espectrais são atenuados e a área do pixel pode ser até seis vezes maior quando comparada à área do pixel registrado no nadir. No segundo caso, ângulos zenitais solares excessivos representam uma baixa condição de iluminação, o que atenua a refletância da superfície terrestre, afetando a radiometria do pixel. Os valores de corte dos ângulos para o mascaramento desses pixels dependem da geometria de aquisição de cada sensor. No caso do AVHRR, a literatura recomenda a retirada dos pixels que apresentam ângulo de visada superior a 42° e ângulo zenital solar acima de 70° (CHEN et al., 2003). É importante ressaltar que a própria imagem bruta AVHRR já carrega consigo as informações sobre o ângulo zenital solar e o ângulo de elevação de cada pixel da imagem.

## Cálculo da composição máxima

A geração da imagem composta pode ser feita a partir de pacotes de processamento de imagens ou por meio de rotinas de programação. Cada linguagem apresenta sua lógica de execução para a leitura de um conjunto de imagens e a geração da imagem composta. Tomando como exemplo a linguagem interpretada Interactive Data Language (IDL), uma imagem composta *comp* pode ser facilmente gerada a partir de  $n$  imagens diárias, representadas por matrizes de iguais dimensões, por meio da sintaxe:

$$\text{comp} = \text{imagem}_1 > \text{imagem}_2 > \text{imagem}_3 \dots > \text{imagem}_n$$

O intervalo de tempo a ser compreendido pelas composições máximas depende da aplicação a que se destinam. Considerando as análises envolvendo

culturas agrícolas anuais, cujo ciclo se completa em poucos meses, composições decendiais ou quinzenais são adequadas para a observação de seu desenvolvimento. Períodos maiores do que esse podem não ser suficientes para esse tipo de análise devido à alta dinâmica espectral dessas culturas ao longo do ciclo de produção. Outro fator a ser considerado na definição do período da composição máxima é a disponibilidade de imagens no intervalo determinado. Em muitos casos, composições semanais ou mesmo decendiais são de difícil obtenção por conta da falta de imagens diárias livres de nuvens ou mesmo por conta da ausência de imagens devido a problemas técnicos das estações de recebimento. Para amenizar esse problema, podem ser utilizadas alternativas como a adoção de períodos mais longos para o cálculo das composições máximas; o uso de valores médios históricos para preenchimento das composições; e, em casos extremos, o uso de imagens provenientes de diferentes satélites NOAA.

## Preenchimento das composições com valores médios históricos

Nos casos em que o período compreendido não é suficiente para a geração de uma composição máxima completa, seja por conta da presença constante de nuvens ou pela ausência de imagens no período, recomenda-se a utilização de valores médios históricos para preenchimento de vazios da imagem. Por exemplo, se na composição máxima do mês de janeiro de 2011 um dado pixel  $i$  não apresenta valor válido, este pode ser substituído pelo valor médio do pixel  $i$  ao

longo de todas as composições máximas dos meses de janeiro presentes na série temporal. Executando-se essa simples substituição, os resultados das análises temporais melhoram significativamente. A Figura 2 ilustra o exemplo de um perfil temporal do NDVI gerado a partir de 192 composições máximas quinzenais com e sem a substituição de valores faltantes pelos valores históricos. As composições quinzenais foram geradas a partir de 3.769 imagens diárias AVHRR/NOAA entre janeiro de 2001 e dezembro de 2008.

Observa-se que as barras azuis, geradas a partir de valores brutos, apresentam grande oscilação por conta de longos períodos sem dados ou por presença frequente de nuvens, tornando a análise mais difícil. Já a curva vermelha, gerada com os valores corrigidos a partir de dados médios históricos, permite uma análise mais adequada, onde pode-se, mais facilmente, compreender o padrão temporal do NDVI da área analisada. É importante ressaltar que o período adotado para cálculo da média histórica deve levar em consideração possíveis mudanças no uso e ocupação do solo, de forma que o padrão médio seja compatível com o uso atual do solo.

## Uso de dados gerados por diferentes satélites NOAA

Embora os sensores AVHRR a bordo dos vários satélites NOAA sejam tecnicamente semelhantes, há diferenças entre os dados gerados por estes. Os sensores apresentam idades, calibrações e horários de passa-

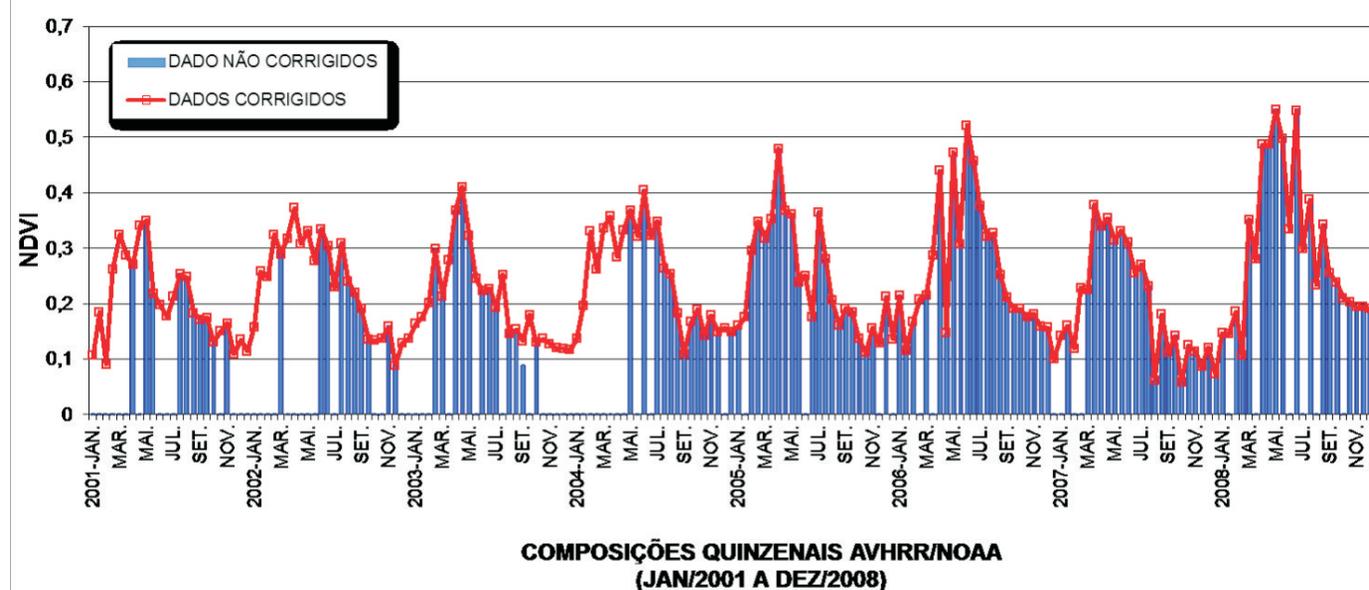


Figura 2. Perfil temporal do NDVI gerado a partir de composições com e sem a substituição de valores faltantes pela média histórica do período.

gem distintos e, dessa forma, não se recomenda combinar imagens geradas por diferentes satélites na geração de uma única composição de máximo valor. Para que essa compatibilização possa acontecer, é necessário aplicar equações de intercalibração entre os dados dos diferentes satélites (STEVEN et al., 2003), embora nem sempre tais equações estejam disponíveis.

No entanto, considerando que o NDVI é derivado de uma diferença normalizada, as oscilações decorrentes da diferença de iluminação solar, causada pela aquisição em horários de passagem distintos, tendem a ser menores. Por exemplo, o NDVI de um dado pixel medido pelo satélite NOAA-17 às 10 horas da manhã tende a ser próximo ao valor medido pelo satélite NOAA-16 às 14 horas do mesmo dia, embora exista uma diferença de iluminação solar.

Dessa forma, em casos de longos períodos sem dados válidos de um determinado satélite, pode-se considerar o uso de imagens de outro satélite NOAA com horário de passagem próximo para a geração de imagens compostas de NDVI. Logicamente, a escolha dessa estratégia vai depender do tipo de análise temporal a ser conduzida, onde, em alguns casos, torna-se necessária a existência de algum dado válido, ainda que com menor confiabilidade. Portanto, a combinação de dados

de diferentes plataformas sem a aplicação de processos de intercalibração só é recomendada em casos extremos, onde a ausência dos dados pode comprometer a análise temporal.

## Referências

- CHEN, P.Y.; SRINIVASAN, R.; FEDOSEJEVS, G.; KINIRY, J.R. Evaluating different NDVI composites techniques using NOAA-14 AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 24, n.17, p. 3403-3412, Nov. 2003.
- ESQUERDO, J. C. D. M.; ANTUNES, J. F. G.; BALDWIN, D. G.; EMERY, W. ZULLO JÚNIOR, J. An automatic system for AVHRR land surface product generation. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 27, n.18, p. 3925-3942, Sept. 2006.
- HOLBEN, B. N. characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 7, n.11, p.1417-1434, Nov. 1986.
- MOREIRA, M. A.; SHIMABUKURO, Y. E. Cálculo do índice de vegetação a partir do sensor AVHRR. In: FERREIRA, N.J. (Ed.) **Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 271 p.
- STEVEN, M. D.; MALTHUS, T. J.; BARET, F.; XU, H.; CHOPPING, M. J. Intercalibration of vegetation indices from different sensor systems. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 88, n. 4, p. 412-422, Dec. 2003.

### Comunicado Técnico, 107

**Embrapa Informática Agropecuária**  
Endereço: Caixa Postal 6041 - Barão Geraldo  
13083-886 - Campinas, SP  
Fone: (19) 3211-5700  
Fax: (19) 3211-5754  
<http://www.cnptia.embrapa.br>  
e-mail: [sac@cnptia.embrapa.com.br](mailto:sac@cnptia.embrapa.com.br)

**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO E PAÍS SEM POBREZA

1ª edição on-line - 2011

Todos os direitos reservados.

### Comitê de Publicações

**Presidente:** *Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá*  
**Membros:** *Poliana Fernanda Giachetto, Roberto Hiroshi Higa, Stanley Robson de Medeiros Oliveira, Maria Goretti Gurgel Praxedes, Neide Makiko Furukawa, Adriana Farah Gonzalez, Carla Cristiane Osawa (secretária)*  
**Suplentes:** *Alexandre de Castro, Fernando Attique Máximo, Paula Regina Kuser Falcão*

### Expediente

**Supervisão editorial:** *Stanley Robson de Medeiros Oliveira, Neide Makiko Furukawa*  
**Normalização bibliográfica:** *Maria Goretti Gurgel Praxedes*  
**Revisão de texto:** *Adriana Farah Gonzalez*  
**Editoração eletrônica:** *Neide Makiko Furukawa*