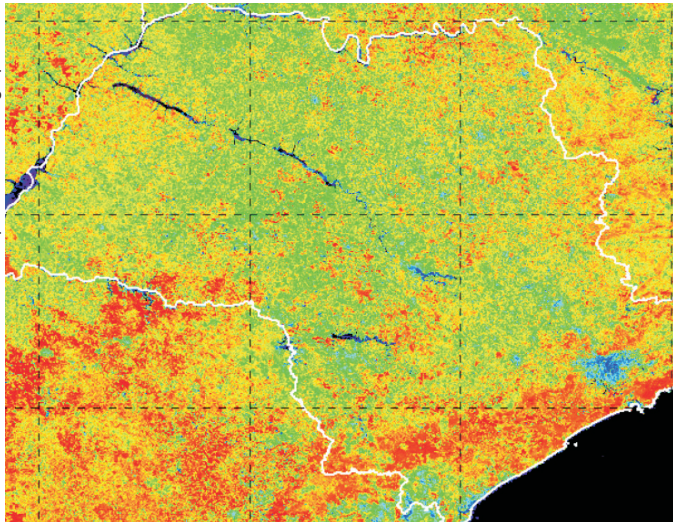


Foto: Embrapa Informática Agropecuária



## Desenvolvimento do Banco de Produtos MODIS na Base Estadual Brasileira

Júlio César Dalla Mora Esquerdo<sup>1</sup>  
João Francisco Gonçalves Antunes<sup>2</sup>  
Josué Cordeiro de Andrade<sup>3</sup>

As imagens de satélite têm sido uma fonte importante de informações para estudos dos ecossistemas, pois provêm a necessária visão sinótica e temporal da superfície terrestre. Atualmente, existe uma série de sensores disponíveis aos usuários, gerando dados da superfície terrestre com diferentes detalhamentos e periodicidades. As políticas de incentivo ao compartilhamento de dados, aliadas ao desenvolvimento de sistemas Web de distribuição, têm facilitado o acesso do público em geral às imagens de satélite, permitindo o desenvolvimento de estudos nos mais variados temas.

Atualmente, um dos mais importantes sensores em operação é o Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), principal instrumento a bordo das plataformas orbitais Terra e Aqua, administradas pela National Aeronautics and Space Administration (NASA). A plataforma Terra, lançada em 2000, cruza diariamente o Equador no sentido Norte-Sul pela manhã, enquanto que a plataforma Aqua, lançada em 2002, cruza o Equador no sentido Sul-Norte pela tarde, o que permite o imageamento de toda superfície terrestre a cada 1 ou 2 dias. Os sensores MODIS, presentes em ambas as plataformas, são idênticos e a resolução espectral é uma de suas principais características, registrando informações em 36 diferentes faixas do

espectro eletromagnético. As resoluções espaciais variam de acordo com as faixas espectrais, com valores de 250, 500 e 1000 metros. As características desse sensor, em termos de resoluções espacial, temporal e espectral, auxiliam no entendimento da dinâmica global e dos processos que ocorrem na superfície terrestre, nos oceanos e na atmosfera.

O *Earth Observing System* (EOS/NASA) pratica uma política de distribuição pública de dados orbitais por meio do *Land Processes Distributed Active Archive Center* (LP-DAAC), que realiza o processamento, o arquivamento e a distribuição de produtos derivados de vários sensores, entre eles o MODIS. Uma grande vantagem para o usuário dos dados LP-DAAC é a disponibilidade de produtos pré-processados, demandando menor necessidade de processamentos para utilização das imagens. No caso dos dados MODIS, o LP-DAAC disponibiliza quase 70 produtos gerados a partir das plataformas Terra e Aqua, contendo variáveis sobre o balanço de energia, os ecossistemas e o uso da terra. Os produtos são gerados com resoluções espaciais variando de 250 a 6000 metros e resoluções temporais variando de diária a anual, embora a maior parte seja formada por produtos diários e produtos síntese gerados a cada 8, 16 e 30 dias. Os produtos síntese contêm

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia Agrícola; Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária; Campinas, SP; julio@cnptia.embrapa.br

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Agrícola; Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária; Campinas, SP; joaof@cnptia.embrapa.br

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia da Computação do Instituto de Computação da Unicamp; Campinas-SP; josueandr@gmail.com

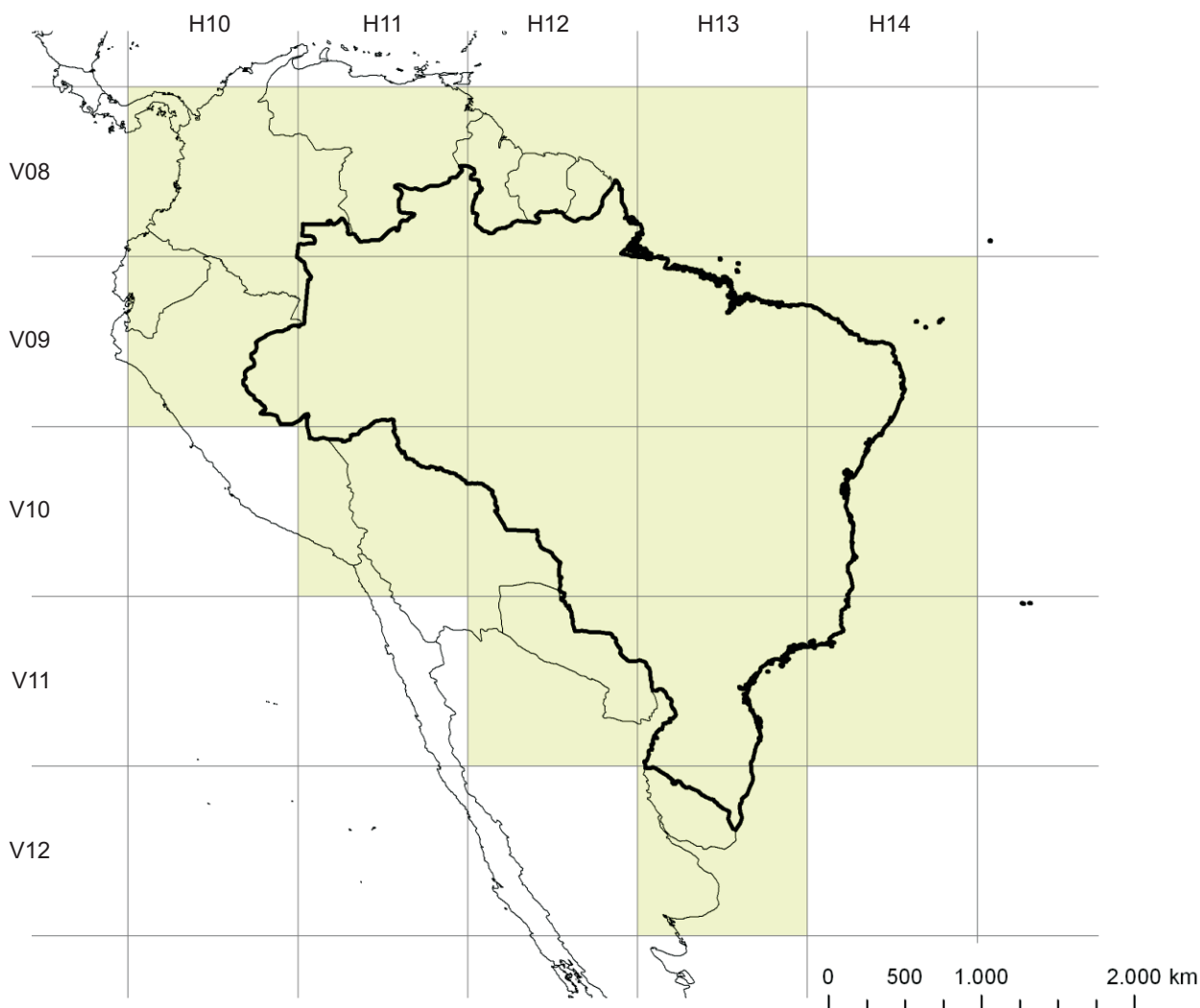
a melhor informação espectral dentro de um período de tempo, o que favorece a obtenção de imagens com menores influências atmosféricas e ruídos (HOLBEN, 1986), além de ser uma forma de sintetizar a informação temporal, reduzindo o número de imagens a serem observadas.

O pré-processamento dos produtos, feito pelo LP-DAAC, inclui correções radiométrica, geométrica e atmosférica, e as imagens são disponibilizadas em formato Hierarchical Data Format (HDF) na projeção sinusoidal, divididas em recortes espaciais denominados *tiles*. Cada *tile* abrange uma área geográfica de 10 x 10 graus de latitude/longitude, sendo que o território brasileiro é coberto por 17 recortes, conforme ilustra a Figura 1.

Ainda que os produtos sejam pré-processados, a maior parte dos usuários demanda processamentos complementares para transformar o pouco usual formato HDF em formatos compatíveis com os principais progra-

mas de processamento de imagens e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Outra transformação refere-se à mudança da projeção cartográfica sinusoidal para projeções mais comuns, como a Geográfica ou a UTM. Por fim, muitos usuários desejam analisar áreas maiores que os *tiles*, sendo necessária a chamada "mosaicagem", que visa reunir diferentes recortes espaciais em uma única imagem.

Dessa forma, para que os produtos MODIS possam ser carregados nos SIGs ou nos pacotes para processamento de imagens, o usuário precisa efetuar alguns passos intermediários, o que nem sempre é uma tarefa usual quando se considera uma série longa de imagens. A partir dessa demanda, a Embrapa Informática Agropecuária iniciou o desenvolvimento do Banco de Produtos MODIS na Base Estadual Brasileira, com o intuito de armazenar e disponibilizar ao usuário imagens já prontas para uso, sem a necessidade de qualquer processamento complementar. Nesse banco, os produtos são disponibilizados em recortes de acordo



**Figura 1.** Os 17 *tiles* cobrindo o território brasileiro na projeção sinusoidal, cujo sistema de referência dos recortes é composto por valores no eixo horizontal (H) e vertical (V).

com a base estadual brasileira, na projeção Geográfica e em formato Geographic Tagged Image File Format (GeoTIFF), compatível com a maior parte dos SIGs e pacotes de processamento de imagens.

O banco disponibiliza atualmente a série completa do produto composto 16 dias MOD13Q1, que contém, entre várias informações, os índices de vegetação Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) e Enhanced Vegetation Index (EVI). O MOD13Q1 é um dos principais produtos MODIS e é amplamente utilizado pela comunidade científica. Está em sua quinta versão e já apresenta uma década de dados sobre a condição da vegetação em nível mundial, numa resolução espacial de 250 metros, com imagens atualizadas a cada 16 dias.

Os índices de vegetação são muito utilizados nos estudos de séries temporais por serem uma forma de sintetizar a informação contida em imagens multiespectrais. Eles são o resultado de transformações lineares do fator de refletância obtido de duas ou mais bandas espectrais, envolvendo soma, razão, diferença ou qualquer outra relação matemática que possa ser combinada (WIEGAND et al., 1991).

O NDVI, inicialmente proposto por Rouse et al. (1973), é o índice de vegetação mais amplamente empregado e apresenta alta correlação com a biomassa e o índice de área foliar da vegetação (DEFRIES; TOWNSHEND, 1994; JUSTICE; HIERNAUX, 1986; PRICE, 1993). Já o EVI foi desenvolvido com o objetivo de minimizar algumas limitações do NDVI, referentes aos problemas decorrentes da saturação da imagem, observados, sobretudo, em áreas densamente vegetadas, por influência de efeitos atmosféricos, do substrato e da geometria de aquisição (HUETE et al., 2002).

O cálculo dos índices de vegetação NDVI e EVI segue as Equações 1 e 2, respectivamente:

$$NDVI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_{VER}}{\rho_{IVP} + \rho_{VER}} \quad (1)$$

$$EVI = 2,5 \times \left[ \frac{(\rho_{IVP} - \rho_{VER})}{(\rho_{IVP} + C_1 \times \rho_{VER} - C_2 \times \rho_{AZU} + L)} \right] \quad (2)$$

Em que:

$\rho_{IVP}$  = fator de refletância na faixa do infravermelho próximo

$\rho_{VER}$  = fator de refletância na faixa do vermelho

$\rho_{AZU}$  = fator de refletância na faixa do azul

$C_1$  e  $C_2$  = coeficientes da resistência de aerossóis

$L$  = fator de ajuste do substrato do dossel

Além dos índices de vegetação NDVI e EVI, o banco de produtos MODIS também disponibiliza a imagem *pixel reliability*, ou “confiabilidade do pixel”, reunindo informações sobre a qualidade radiométrica dos pixels contidos em cada uma das imagens de NDVI e EVI.

## A formação do banco de imagens

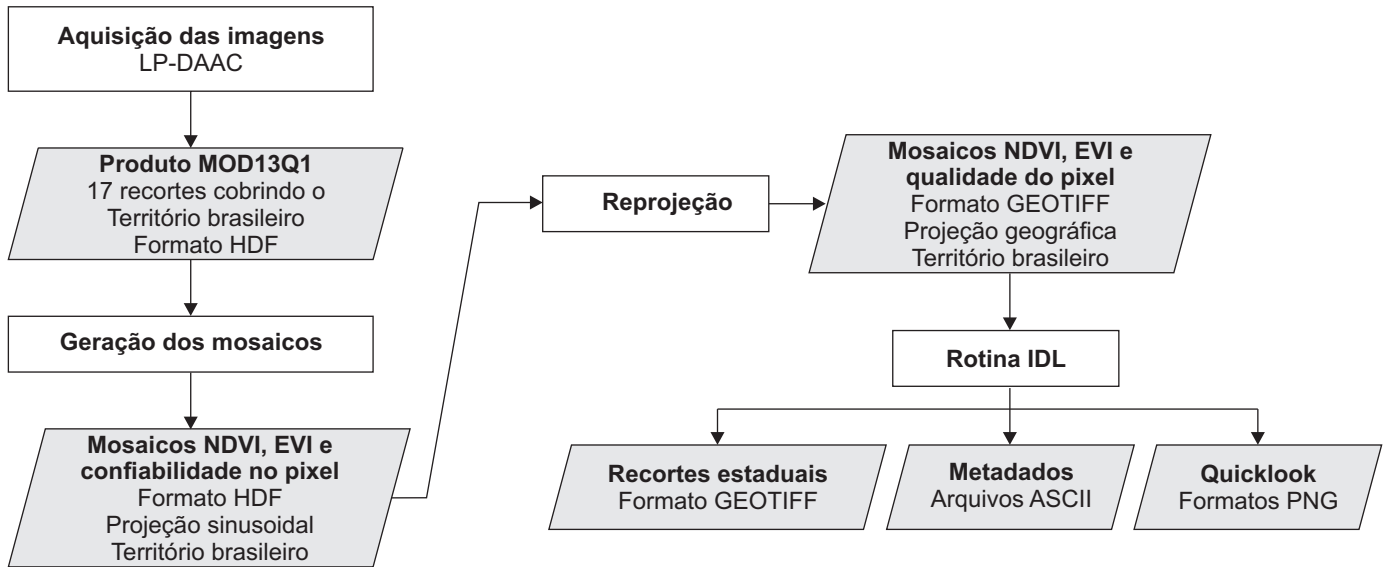
Para a formação do banco de imagens dos produtos MODIS, foi necessária a aquisição de toda a série histórica do produto MOD13Q1 cobrindo o território brasileiro, disponibilizada pelo LP-DAAC em formato HDF e iniciada em fevereiro de 2000. Parte da série histórica foi enviada pelo LP-DAAC à Embrapa Informática Agropecuária em mídias DVD. Posteriormente, esse serviço foi suspenso pelo LP-DAAC e, atualmente, a única forma de aquisição das imagens é via FTP.

Anualmente, são produzidas pelo LP-DAAC 23 composições máximas do produto MOD13Q1 a cada 16 dias, o que corresponde a um total de 391 imagens anuais considerando os 17 recortes espaciais que cobrem o território brasileiro. Esse montante anual representa aproximadamente 66 gigabytes de espaço em disco e 710 gigabytes considerando a série completa entre fevereiro de 2000 e outubro de 2010. Toda essa série histórica foi armazenada em uma máquina servidora para o posterior processamento.

O processamento dos produtos MOD13Q1 inclui, entre várias etapas, a geração do mosaico dos *tiles* que cobrem o território nacional, a reprojeção cartográfica e o recorte do mosaico de acordo com a base estadual brasileira. Essas atividades são executadas utilizando-se rotinas desenvolvidas em linguagem Interactive Data Language (IDL) e programas do pacote computacional Modis Reprojection (Tools MRTTools), versão 4.0.

Para automatizar a execução dessas atividades, foram desenvolvidos scripts de execução, também em linguagem IDL, de forma a encadear todas as atividades e evitar qualquer intervenção humana no processo. Os scripts são arquivos de texto contendo um conjunto de comandos que acionam programas e processos de execução, cujas entradas e saídas são todas parametrizadas, de forma a sistematizar qualquer operação. O fluxograma da Figura 2 ilustra as etapas de processamento das imagens.

A primeira atividade é a separação das imagens de NDVI, EVI e confiabilidade do pixel presentes no produto MOD13Q1 e a geração de três mosaicos, reunindo os 17 recortes que recobrem o território brasileiro. Em



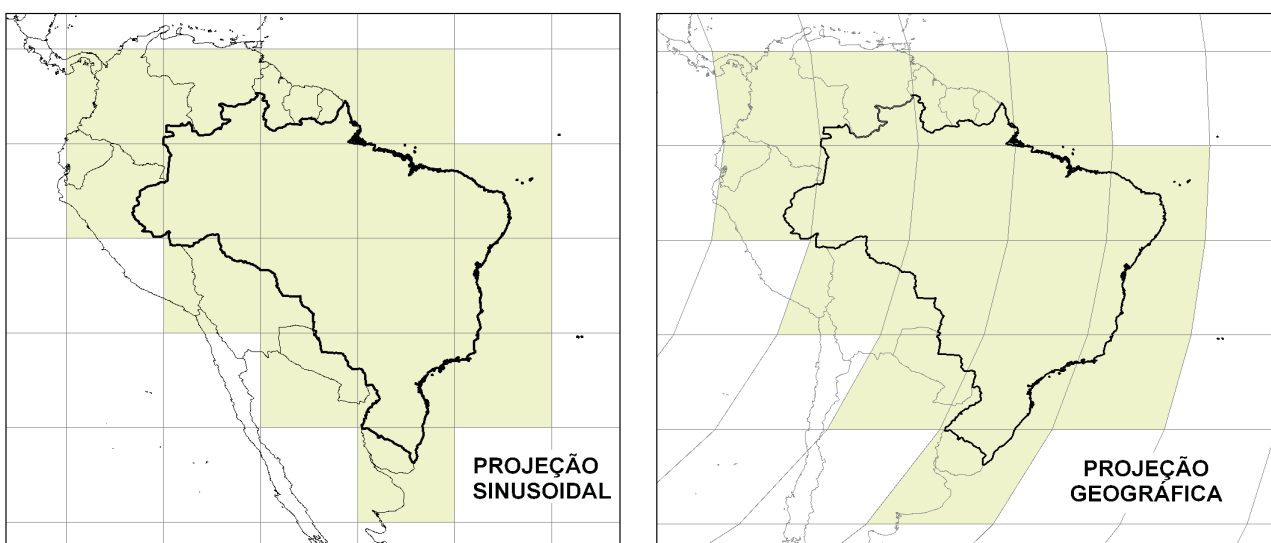
**Figura 2.** Fluxograma das atividades de processamento das imagens do produto MOD13Q1 para alimentação do banco.

seguida é realizado o processo de reprojeção do mosaico, que consiste na mudança da projeção cartográfica original do dado de entrada para uma outra projeção de interesse. Nesse caso, a projeção sinusoidal foi convertida para a projeção geográfica, adotando-se o método de reamostragem pelo vizinho mais próximo, datum WGS-84 e formato de saída GeoTIFF. A Figura 3 ilustra o mosaico composto pelos 17 recortes antes e após o processo de reprojeção.

No passo seguinte é chamada uma rotina IDL, cuja função principal é carregar os mosaicos reprojetados e fazer o recorte dos limites geográficos de cada estado da Federação. Assim, para cada data, é gerado um conjunto de três imagens formato GeoTIFF para os 26

estados da federação, com exceção do Distrito Federal, que se encontra nas imagens de Goiás.

Outra função da rotina IDL é gerar os metadados e *quicklooks* das imagens de NDVI, EVI e confiabilidade do pixel, que mais tarde são utilizados na montagem do sistema de busca via Web, conforme será visto adiante. Os *quicklooks* são imagens de formato leve (PNG) utilizadas para pré-visualização das imagens GeoTIFF. Os metadados são informações sobre a imagem e são armazenados em arquivos ASCII, conforme o exemplo a seguir, considerando a primeira composição máxima de NDVI em janeiro de 2010 para o estado de São Paulo, cujo *quicklook* é mostrado na Figura 4.



**Figura 3.** Ilustração do mosaico contendo os 17 recortes (*tiles*) cobrindo o território brasileiro antes e após o processo de reprojeção cartográfica das imagens.



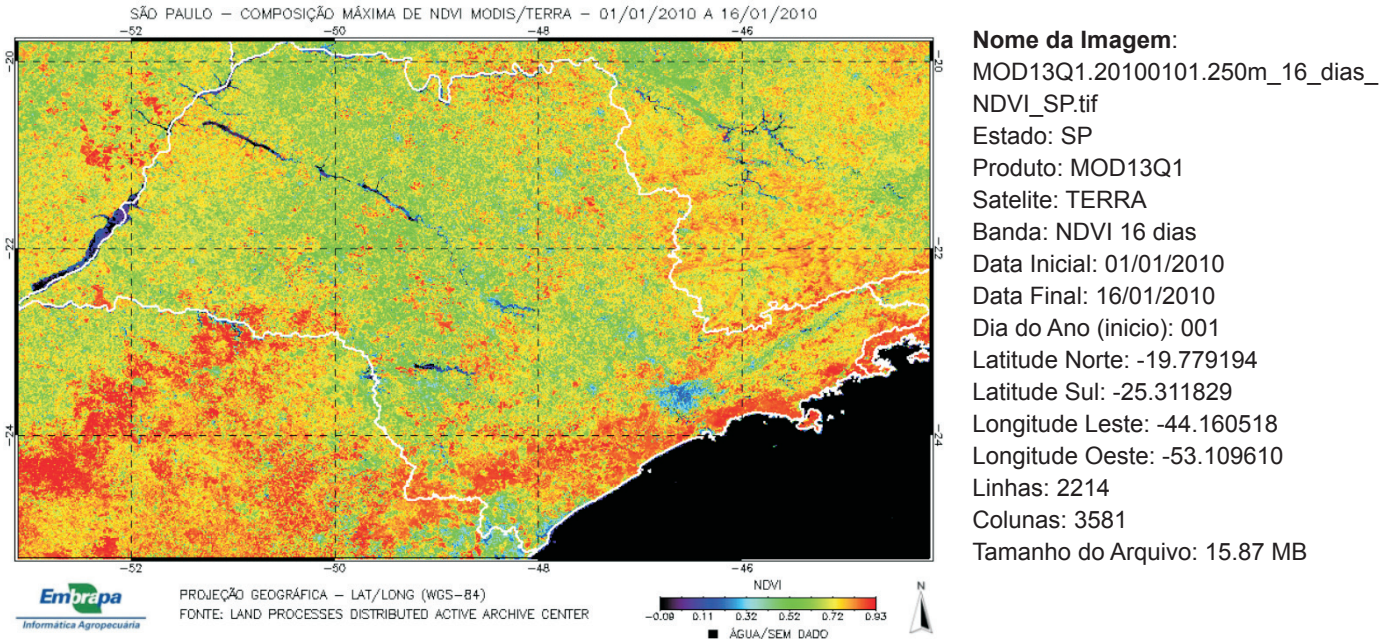


Figura 4. Quicklook da imagem de NDVI do Estado de São Paulo na primeira composição máxima de 2010.

## Desenvolvimento de um Sistema Web para disponibilização dos dados

A etapa final da construção do banco é o desenvolvimento de um sistema para distribuição dos dados pela internet. Para essa finalidade foi utilizado o ambiente GeoNetwork, uma ferramenta Web *opensource* para a documentação, a edição e a disseminação de metadados geográficos. O GeoNetwork é um ambiente padronizado e descentralizado para a gestão de informação espacial, desenhado para proporcionar acesso a bancos de dados georreferenciados, produtos cartográficos e metadados relacionados, obtidos a partir de uma variedade de fontes de dados (GEONETWORK OPENSOURCE, 2010).

Uma das principais características do ambiente GeoNetwork é seu código aberto e livre, permitindo a customização do sistema conforme a necessidade dos usuários desenvolvedores. Por essa razão, o GeoNetwork vem sendo utilizado para a distribuição dos mais variados tipos de dados geográficos por diversas instituições, como a *Food and Agriculture Organization* (FAO) e *World Food Programme* (WFP) da ONU, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério do Meio Ambiente, entre outras.

No desenvolvimento do Banco de Produtos MODIS, na Base Estadual Brasileira, foi realizada a customização do ambiente padrão do GeoNetwork, distribuído pela internet. A Figura 5 mostra a tela principal do sistema.

Na alimentação do banco, cada imagem de entrada é acompanhada de uma figura *quicklook* e um arquivo ASCII com seus metadados. Assim, ao efetuar uma busca, o sistema faz a consulta a toda base de metadados e retorna ao usuário os *quicklooks* das imagens que atendem aos requisitos da busca e os *links* para acesso às imagens GeoTIFF. Os critérios para busca das imagens são os seguintes:

- Data inicial e final: entre Fevereiro de 2000 e a data mais recente.
- Estado da Federação: 26 recortes espaciais.
- Produto: NDVI, EVI e confiabilidade do pixel.

Considerando uma busca por imagens de NDVI do estado do Rio Grande do Sul, em janeiro de 2010, o sistema retorna dois resultados (Figura 6).

O usuário pode ainda definir uma região de busca no mapa à esquerda da tela e o sistema retornará os recortes estaduais que compõem a área de interesse. O sistema possui ainda um controle de acesso dos usuários por login e senha, permitindo ao administrador do Banco controlar e conhecer os acessos ao sistema e o fluxo de downloads realizados.

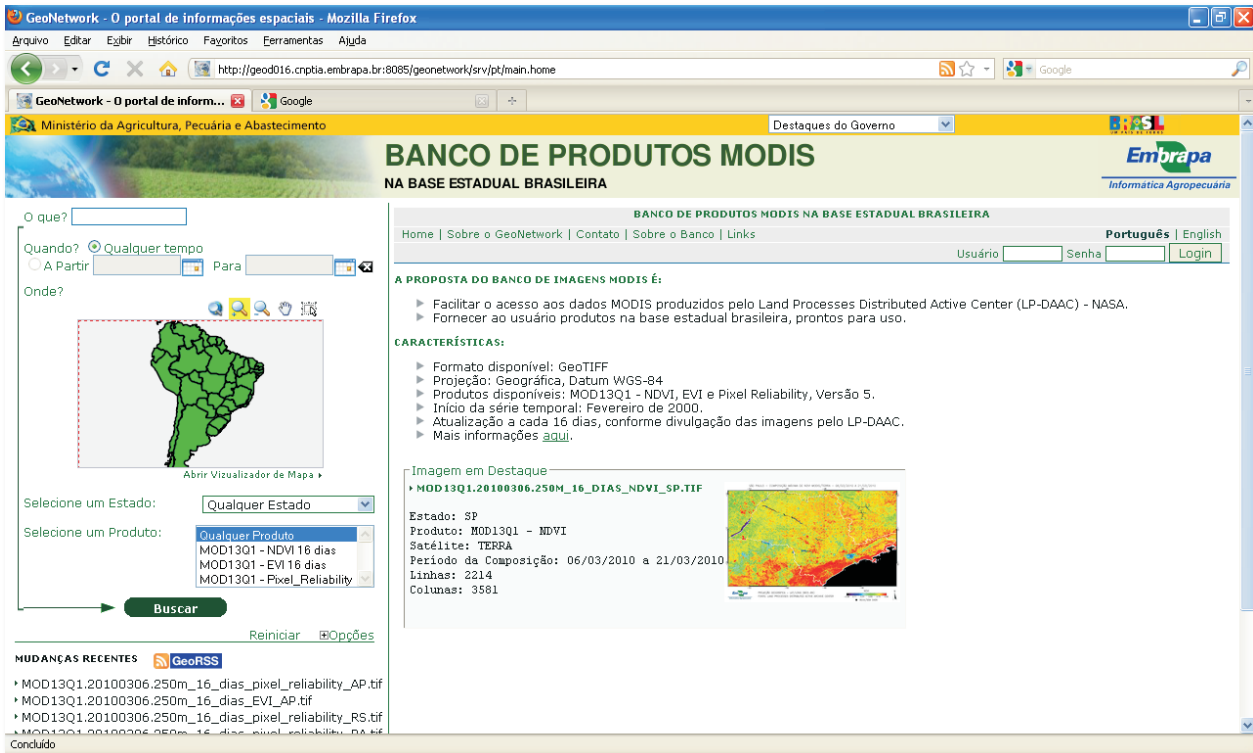


Figura 5. Tela principal do Banco de Produtos MODIS na Base Estadual Brasileira, gerado a partir da customização do ambiente GeoNetwork.

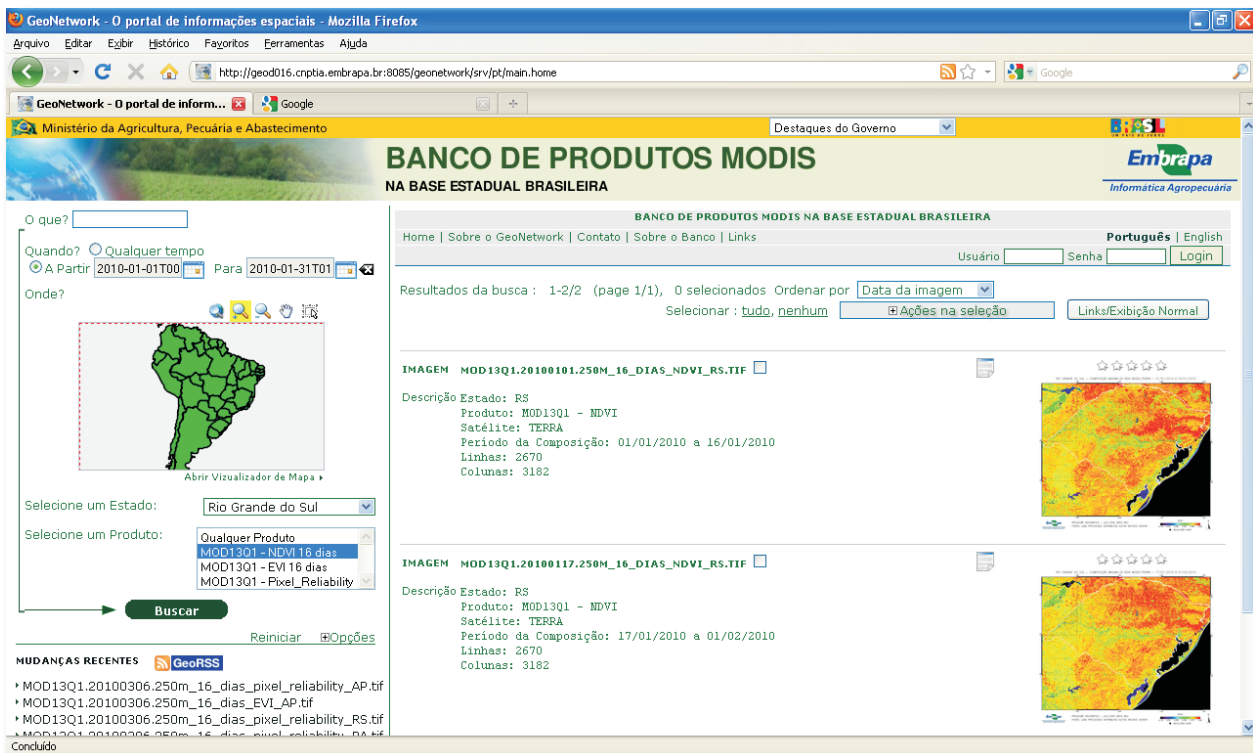


Figura 6. Tela do Banco de Produtos MODIS na Base Estadual Brasileira, mostrando os resultados de uma busca.

## Considerações finais

O Banco de Produtos MODIS na Base Estadual Brasileira reúne imagens prontas para utilização, em formato compatível com a maior parte dos sistemas de processamento de imagens, numa projeção cartográfica usual e em recortes estaduais. Não se trata de um dado novo, mas sim de um processamento de dados já existentes e disponíveis, de forma a tornar mais fácil sua utilização por parte dos usuários de imagens. A formação desse banco só foi possível por conta da política de compartilhamento desses produtos por parte do EOS/NASA, permitindo a qualquer usuário a utilização, a modificação e a redistribuição dos dados originais por ela produzidos.

Atualmente, o banco armazena 19.188 arquivos em formato GeoTIFF, referentes às imagens de NDVI, EVI e confiabilidade do pixel para os 26 estados da Federação, considerando a série temporal iniciada em 2000 até outubro de 2010. A cada 16 dias, mais novas 78 imagens são adicionadas ao banco.

A escolha do produto MOD13Q1 para essa versão inicial do banco se deve à grande demanda dos índices de vegetação nos mais variados tipos de estudos sobre a superfície terrestre, incluindo diversos projetos em submissão e em andamento dentro da Embrapa. Entretanto, é esperado que outros produtos disponibilizados pelo LP-DAAC possam também ser incluídos nesse banco como, por exemplo, as imagens de temperatura de superfície, albedo e refletância na superfície.

## Referências

- DEFRIES, R. S.; TOWNSHEND, J. R. G. NDVI-derived land cover classifications at a global scale. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 15, n. 17, p. 3567-3586, 1994.
- GEONETWORK OPENSOURCE, 2010. Disponível em: <<http://geonetwork-opensource.org/index.html>>. Acesso em: 10 nov. 2010.
- HOLBEN, B. N. Characteristics of maximum value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 7, p. 1417-1435, 1986.
- HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, London, 83, p. 195-213, 2002.
- JUSTICE, C. O.; HIERNAUX, P. H. Y. Monitoring the grasslands of the Sahel using NOAA AVHRR data: Niger 1983. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 7, n. 11, p. 1475-1498, 1986.
- PRICE, J. C. Estimating leaf area index from satellite data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 31, p. 727-734, 1993.
- 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).
- WIEGAND, G. L.; RICHARDSON, A. J.; ESCOBAR, D. E. Vegetation indices in crop assessment. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 35, n. 2, p. 105-119, 1991.

### Comunicado Técnico, 100

**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)



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



1ª edição on-line - 2010

Todos os direitos reservados.

### Comitê de Publicações

**Presidente:** *Sílvia 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:** *Neide Makiko Furukawa*  
**Normalização bibliográfica:** *Maria Goretti Gurgel Praxedes*  
**Revisão de texto:** *Adriana Farah Gonzalez*  
**Editoração eletrônica:** *Neide Makiko Furukawa*