

Processamento e inserção de dados MODIS no Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental – SISLA

Júlio César Dalla Mora Esquerdo ¹
Eduardo Antonio Speranza ¹
João Francisco Gonçalves Antunes ¹
João dos Santos Vila da Silva ¹

¹ Embrapa Informática Agropecuária
Caixa Postal 6041 – 13083-000 – Campinas, SP, Brasil
{julio, speranza, joaof, jvilla}@cnptia.embrapa.br

Resumo: O Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA) tem como objetivo disponibilizar dados geográficos de interesse ao licenciamento ambiental do estado do Mato Grosso do Sul, tanto para iniciativa privada como para os agentes ligados ao Governo. Atualmente, o sistema disponibiliza um conjunto de dados geográficos do estado, incluindo informações vetoriais e matriciais, como as imagens de satélite. Atualizações e inserções de novos dados têm sido conduzidas para aumentar a quantidade e a qualidade das informações disponíveis. Neste trabalho, é apresentada uma metodologia automática para processamento e inserção de imagens do produto MOD13Q1, derivado do sensor MODIS, com atualização a cada 16 dias. Métodos automáticos de processamento das imagens do índice de vegetação NDVI e sua inserção no SISLA são apresentados, reduzindo intervenções humanas no processo de atualização. As imagens de NDVI, disponibilizadas com frequente atualização no SISLA, constituem-se uma importante fonte de informações sobre a presença e condição da vegetação, auxiliando no processo de licenciamento ambiental e em atividades de fiscalização.

Palavras-chave: geoprocessamento, automação, processamento de imagens, NDVI.

Abstract: The Interactive System for Environmental Licensing Support (SISLA) provides spatial data for environmental licensing in the state of Mato Grosso do Sul, both for private and governmental use. Currently, the system provides a spatial data set of the state, including vector and raster information, such as satellite images. Updates and new data insertions have been carried out in order to increase the quantity and the quality of the available information. In this paper, we present an automatic methodology for processing and insertion of MOD13Q1 image product, derived from the MODIS sensor, with updates every 16 days. Automatic processing methods of vegetation index images, like NDVI, and its insertion in SISLA are presented, reducing human intervention in the update process. The NDVI images, available with a high temporal frequency in SISLA, provide an important source of information about the presence and condition of vegetation, aiding the process of environmental licensing and in overseeing these activities.

Key-words: geoprocessing, automation, image processing, NDVI.

1. Introdução

O licenciamento ambiental é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Sua função é conciliar o desenvolvimento econômico com a conservação do meio ambiente. A Lei determina que é obrigação do empreendedor buscar o licenciamento ambiental junto ao órgão competente, desde as etapas iniciais do planejamento de seu empreendimento e instalação até a sua efetiva operação.

Com o objetivo de agilizar os procedimentos do licenciamento ambiental e otimizar os recursos do estado, a Secretaria do Meio Ambiente e o Instituto do Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul instituíram a resolução nº 002/2010. Em seu Artigo 2º, a resolução define que qualquer interessado na obtenção de licença ou autorização ambiental no estado deve acessar o Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA) para verificar se o empreendimento ou atividade está ou não inserido em região não permitida.

O SISLA foi desenvolvido no âmbito do Projeto “Sistema de Informação Georreferenciada como apoio à tomada de decisão – estudo de caso: Estado de Mato Grosso do Sul” (Projeto GeoMS), liderado pela Embrapa Informática Agropecuária e financiado pelo Governo do Estado do Mato Grosso do Sul. O sistema tem como objetivo disponibilizar dados geográficos de interesse ao licenciamento ambiental do estado, tanto para iniciativa privada como para os agentes ligados ao Governo. De acordo com Vendrusculo *et al.* (2009), o SISLA garante uma maior agilidade na análise dos processos de licenciamento ambiental, no qual tange às análises de proximidade de áreas protegidas e seu entorno.

O sistema foi desenvolvido a partir do ambiente I3Geo, uma ferramenta de código livre desenvolvida pelo Ministério do Meio Ambiente, voltada para o acesso e integração de dados geográficos por meio da Internet (Governo Eletrônico, 2007). Atualmente, o sistema disponibiliza dados geográficos vetoriais do estado do Mato Grosso do Sul, como os mapas de Unidades de Planejamento e Gerenciamento, Unidades de Conservação, biomas, bacias e redes hidrográficas, cobertura vegetal, reservas indígenas e dados cartográficos em geral. Informações matriciais também estão disponíveis, como imagens do satélite CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*) e imagens de altimetria de todo o estado, gerados no projeto TOPODATA (Valeriano e Rossetti, 2008).

Recentemente, foram inseridas no SISLA informações geradas pelo sensor MODIS (*Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer*), a bordo dos satélites Terra e Aqua. Uma das características desse sensor é seu curto tempo de revisita, o que possibilita a obtenção mais frequente de informações espectrais da superfície. Um dos produtos do

sensor MODIS são os índices de vegetação, que fornecem indicativos sobre a condição da biomassa na superfície terrestre, com atualização a cada 16 dias. O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) é o índice de vegetação mais amplamente empregado e apresenta alta correlação com a biomassa e o índice de área foliar da vegetação (Defries e Townshend, 1994; Price, 1993; Justice e Hiernaux, 1986). No caso do licenciamento ambiental, o NDVI pode prover informações sobre a condição da biomassa nas proximidades do empreendimento e ainda servir como referencial na fiscalização da supressão vegetal em todo o estado, incluindo o bioma Pantanal.

2. Objetivo

Apresentar uma metodologia de processamento automático de produtos derivados do sensor MODIS e sua inserção no Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental – SISLA.

3. Material e Métodos

As imagens do sensor MODIS foram adquiridas gratuitamente, por meio de *download*, do *Land Processes Distributed Active Archive Center* (LP-DAAC), um centro de distribuição de dados pertencente ao *Earth Observing System* (EOS), da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Foram adquiridas imagens dos anos de 2009 e 2010 referentes ao produto MOD13Q1, que inclui, dentre várias informações, o índice de vegetação NDVI. Apesar de o sensor MODIS apresentar resolução temporal de 24 horas, o produto MOD13Q1 é atualizado a cada 16 dias, gerando uma imagem composta contendo os valores máximos do índice de vegetação nesse período. Esse procedimento, inicialmente proposto por Holben (1986), permite a composição de imagens com uma menor interferência das variações atmosféricas, além de minimizar os efeitos decorrentes dos diferentes ângulos de visada do sensor.

Os produtos disponibilizados pelo LP-DAAC passam por um pré-processamento, que inclui atividades de correção geométrica, radiométrica e atmosférica, além da geração da composição máxima de 16 dias. As imagens são disponibilizadas em recortes espaciais, denominados *tiles*, em formato HDF (*Hierarchical Data Format*) e na projeção cartográfica sinusoidal. No caso do estado do Mato Grosso do Sul foram utilizadas imagens referentes a quatro recortes espaciais: H12V10, H12V11, H13V10 e H13V11.

Antes de serem inseridas no SISLA, as imagens do produto MOD13Q1 devem passar por atividades de processamento, que incluem geração do mosaico, reprojeção cartográfica, mascaramento de áreas externas ao estado, entre outras. Estas atividades são executadas utilizando-se rotinas desenvolvidas em linguagem IDL (*Interactive Data Language*), do *software* ENVI (*The Environment for Visualizing Images*) 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 1** ilustra as etapas de processamento das imagens para posterior inserção no SISLA.

Após o *download* dos quatro recortes referentes a cada data, o *script* é executado. A primeira atividade é a separação da imagem de NDVI, presente no produto MOD13Q1

e a geração do mosaico, reunindo em uma só imagem os quatro recortes que cobrem o estado do Mato Grosso do Sul, sendo executado a partir do programa *mrtmosaic*, presente no pacote MRTTools. Em seguida é realizado o processo de reprojeção do mosaico a partir do programa *resample*, também do MRTTools.

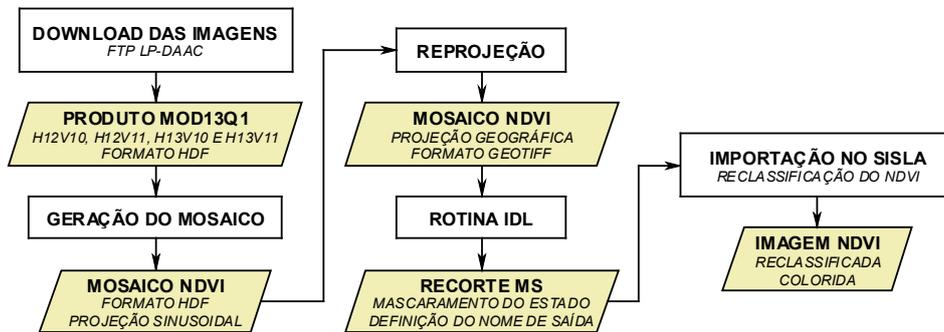


Figura 1. Fluxograma das atividades de processamento das imagens MODIS para inserção no SISLA.

A reprojeção consiste na mudança da projeção cartográfica original do dado de entrada para uma outra projeção de interesse. Neste 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 2** ilustra o mosaico composto pelos quatro recortes que cobrem o estado do Mato Grosso do Sul antes e após o processo de reprojeção.



Figura 2. Ilustração do mosaico contendo os quatro recortes (*tiles*) cobrindo o Estado do Mato Grosso do Sul antes e após o processo de reprojeção cartográfica das imagens.

No passo seguinte é chamada uma rotina IDL, cuja função principal é carregar o mosaico reprojetado e fazer o recorte dos limites geográficos do estado. Nesta etapa é também aplicada uma máscara, com objetivo de mostrar os valores do NDVI que estão apenas no interior do estado. Outra função da rotina é renomear os arquivos das imagens de acordo com o padrão adotado no SISLA.

Após a execução dos processamentos e a geração da imagem cobrindo o estado, inicia-se a importação no SISLA, onde a imagem é adicionada à árvore de temas disponíveis

no sistema, sendo criado um arquivo *MapFile*, utilizado por aplicações baseadas em *MapServer* para configurar e gerenciar a exibição de mapas temáticos de maneira estática. Nesse arquivo foram definidas 13 classes com intervalos dos valores de NDVI, válidos ou não, assim como a definição de suas cores de exibição ao usuário do SISLA.

4. Resultados e Discussão

Os *scripts* foram executados tendo-se como entrada as imagens dos quatro recortes de todas as datas disponíveis entre janeiro de 2009 e julho de 2010, totalizando 144 arquivos. A cada fechamento de composição, que ocorre a cada 16 dias, o processo é repetido para a inserção de uma nova imagem no sistema.

A **Figura 3** ilustra a tela do SISLA com a imagem de NDVI referente a primeira composição máxima do ano de 2009, entre os dias 01 e 16 de janeiro. No canto inferior esquerdo é mostrada a legenda com as classes do NDVI definidas para exibição. Valores mais elevados do NDVI têm coloração esverdeada, enquanto que valores mais baixos têm cor avermelhada. Essa escala de cores não é usual em mapas de índices de vegetação, mas foi escolhida por ser mais intuitiva ao usuário comum, relacionando cores verdes à presença da vegetação e cores vermelhas à presença de solo exposto ou baixa biomassa.

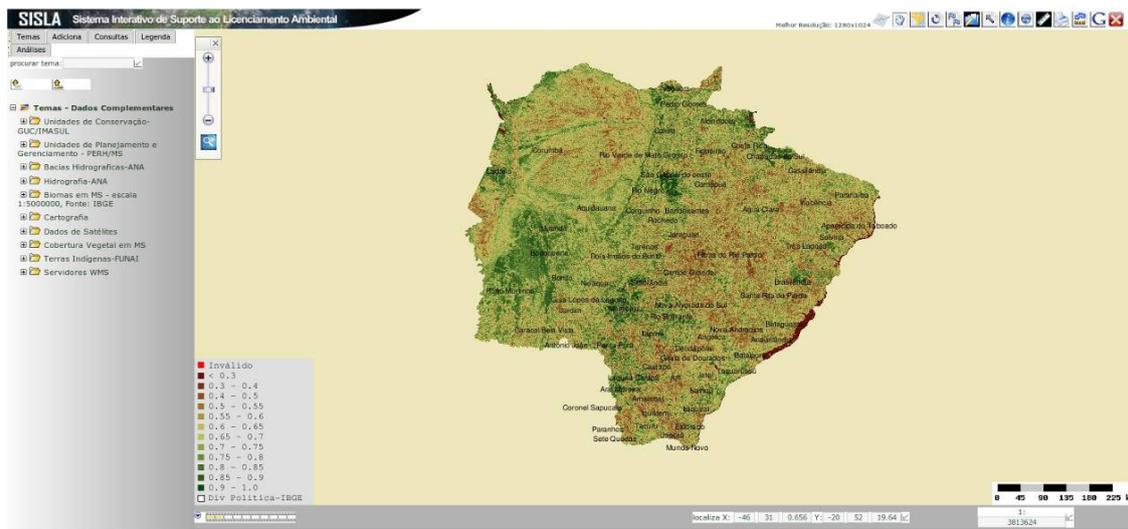


Figura 3. Tela do SISLA exibindo a imagem de NDVI do estado do Mato Grosso do Sul no período de 01/01/2009 a 16/01/2009.

Embora os valores do NDVI possam variar entre -1 e 1, na prática eles se situam entre 0,30 e 0,95 para o caso do sensor MODIS. Na escala da imagem são mostradas 13 classes, onde a primeira é destinada a valores inválidos ou ausentes. As demais classes apresentam valores válidos do NDVI, com intervalos que variam de acordo com as faixas de maior ocorrência. Como a maior parte dos valores do NDVI está entre 0,50 e 0,90, o intervalo entre as classes dessa faixa é de 0,05. Nas demais classes, com menor ocorrência de valores, o intervalo é de 0,10. O maior número de classes na faixa de maior ocorrência dos valores do NDVI propicia um contraste mais acentuado da imagem, possibilitando uma maior diferenciação entre os pixels dessa faixa.

A **Figura 4** ilustra uma seqüência de imagens de NDVI entre junho de 2009 e abril de 2010, onde é possível visualizar a dinâmica da condição da biomassa ao longo do tempo. As datas mostradas em cada imagem referem-se ao dia inicial da composição máxima de

16 dias.

Nas épocas de maior precipitação, de dezembro a março, a condição da vegetação

apresenta-se mais favorável com colorações mais verdes, indicando maior quantidade

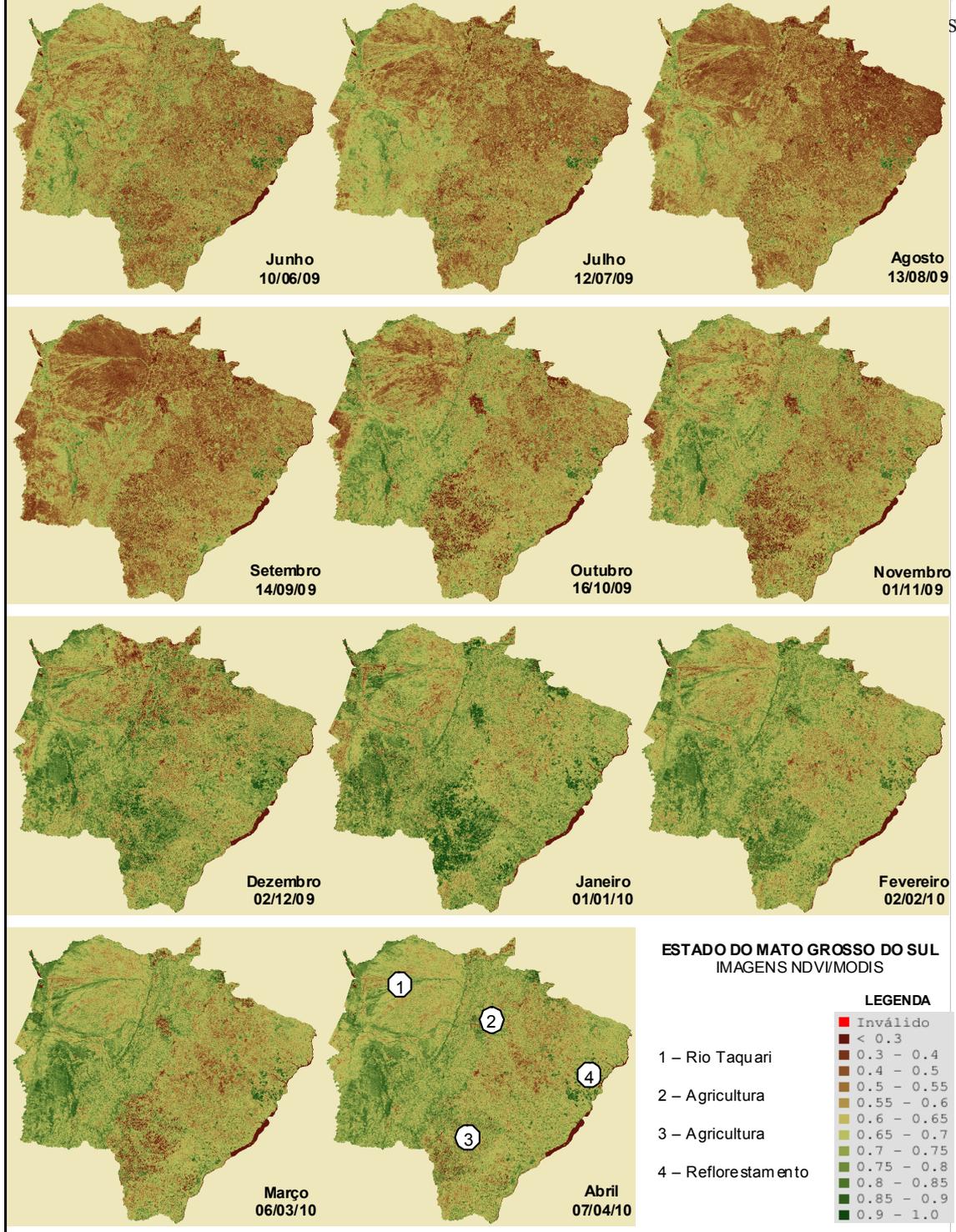


Figura 4. Sequência de imagens de NDVI/MODIS entre junho de 2009 e abril de 2010. As datas representam o dia inicial da composição de 16 dias.

Na imagem de abril de 2010 são indicadas quatro áreas onde podem ser observadas características do comportamento temporal do NDVI ao longo do tempo. A área 1 indica a

localização do cone aluvial do Rio Taquari, na planície do Pantanal, cuja região apresenta valores baixos do NDVI em setembro, época mais seca, e valores mais elevados entre dezembro e março, época das chuvas. Entretanto, mesmo na época das chuvas, os valores do NDVI não são tão altos, já que nessa região a vegetação é composta por savanas, campos e cerrado aberto, com vegetação esparsa e com menor vigor. Já nas matas ciliares, nas proximidades do rio Taquari, os valores do NDVI apresentam-se mais elevados por conta da vegetação mais densa.

As áreas 2 e 3 indicam, respectivamente, as regiões de São Gabriel do Oeste e Grande Dourados, com predominância de agricultura anual. Verifica-se claramente que em outubro, época do preparo do solo e semeadura das culturas de verão, as duas regiões apresentam colorações avermelhadas, com baixos valores do NDVI. Já em janeiro, época do pico vegetativo, essas mesmas regiões apresentam uma coloração verde intensa, com altos valores do NDVI, indicando maior presença de biomassa. A dinâmica espectral nessas regiões de agricultura sazonal é facilmente verificada a partir da observação frequente dos índices de vegetação.

A área 4 indica as regiões de Três Lagoas, Brasilândia e Água Clara, com predominância de reflorestamentos de pinus e eucalipto, onde são verificados valores constantes e elevados do NDVI ao longo do tempo. Essa região apresenta sempre colorações esverdeadas em todas as composições, mesmo nas épocas mais secas, indicando biomassa constante ao longo do tempo.

Considerando o observado na área 4, outro potencial das séries temporais de imagens NDVI/MODIS é a análise e fiscalização da supressão vegetal no estado. A comparação entre uma imagem de um dado mês e a imagem desse mesmo mês em anos anteriores pode indicar se uma área com cobertura vegetal deixou de existir de um ano para outro, possibilitando a detecção e o mapeamento de desmatamentos no estado.

Para trabalhos futuros, pretende-se que seja implementada uma funcionalidade no SISLA que permita a inclusão e retirada automática de imagens MODIS da árvore de temas, fazendo com que os arquivos *MapFiles* sejam alterados dinamicamente. Pretende-se ainda que esse tipo de tema, que contém imagens atualizadas ao longo do tempo, seja incorporado ao SISLA na forma de animações. Para tanto, deverá ser criado um servidor de mapas WMS (*Web Map Service*) que aceite a variável “tempo” como parâmetro. Apesar de pouco utilizado atualmente, as perspectivas para uso desse tipo de WMS são grandes, devido ao aumento de banco de dados estruturados nas instituições para armazenamento de séries históricas.

5. Conclusões

A metodologia apresentada se mostrou eficaz na automação de atividades de processamento e inserção de dados de NDVI/MODIS no Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental – SISLA. Os mapas contendo a condição da biomassa, atualizados a cada 16 dias, apresentam potencial para análise temporal da vegetação, seja ela natural ou não, podendo ainda auxiliar nos processos de licenciamento ambiental e fiscalização da cobertura vegetal.

6. Referências

Defries, R. S.; Townshend, J. R. G. NDVI-derived land cover classifications at a global scale. **International Journal of Remote Sensing**, v.15, n.17, p.3567-3586, 1994.

Governo Eletrônico. **Governo disponibiliza solução para acesso e integração de dados geográficos.**

Disponível em: <<http://www.governoeletronico.gov.br/noticias-e-eventos/noticias/governo-disponibiliza-solucao-para-acesso-e-integracao-de-dados-geograficos>>. Publicado em 06/09/2007.

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

Justice, C.O.; Hiernaux, P.H.Y. Monitoring the grasslands of the Sahel using NOAA AVHRR data: Niger, 1983. **International Journal of Remote Sensing**, 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.

SEMAC/MS. Resolução Nº 002, de 12 de fevereiro de 2010. (Dispõe sobre tramitação interna dos processos de licenciamento e dá outras providências).

Valeriano, M. M.; Rossetti, D. F. **TOPODATA: seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento unificado de dados SRTM**. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/TDkrig.pdf>>.

Vendrusculo, L. G.; Araujo, L. B.; Nagliati, M. M.; Silva, J. S. V. Sistema de busca avançada de dados espaciais voltados ao licenciamento ambiental do Mato Grosso do Sul. **Geografia**, v.34, p.769-782, 2009.