

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO CULTIVO DE MILHO EM SERGIPE, COM AUXÍLIO DE NDVI/EVI- SENSOR MODIS, NO PERÍODO DE 2003-2012

Márcia Helena Galina¹, Shalana Santos Carvalho², Valdinete Vieira Nunes³, Lauro Rodrigues Nogueira Júnior⁴

¹Tecnologia Informática, Bacharel Geografia, PqA, Embrapa, Aracaju - SE, marcia.galina@embrapa.br

²Graduanda Engenharia Ambiental e Sanitária, UFS, Aracaju - SE, shalanacarvalho@hotmail.com

³Graduanda Engenharia Florestal, UFS, Aracaju - SE, val.ufs@gmail.com

⁴Engenharia Agrônômica, PqA, Embrapa, Aracaju - SE, lauro.nogueira@embrapa.br

RESUMO: O presente trabalho tem o objetivo de realizar uma análise espaço-temporal comparativa entre os índices de vegetação EVI e NDVI e o crescimento das áreas destinadas à agricultura no estado de Sergipe. Para tanto, foram utilizados dados de produção agrícola no estado a partir do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), bem como a partir de imagens orbitais obtidas do sensor MODIS, a bordo do satélite Terra. Os dados analisados corresponderam ao período de 2003 a 2012. De posse dos dados tabulares do SIDRA e por meio de um banco de dados com referência espacial, foram confeccionados mapas referentes à evolução da cultura do milho nos municípios sergipanos. As imagens MODIS, selecionadas para períodos de chuva e seca, foram utilizadas na identificação da influência da pluviosidade e em sua relação com a cobertura vegetal e com as mudanças na resposta espectral nos diferentes períodos anuais analisados. Os menores valores obtidos pelos índices de vegetação analisados foram referentes à época de estiagem, quando o solo encontra-se comumente sob a forma de solo exposto. Foi possível comprovar, portanto, que o vigor da biomassa da vegetação é fortemente influenciado pela variabilidade espacial da distribuição da precipitação pluvial.

PALAVRAS-CHAVE: índices de vegetação, produção agrícola, imagens orbitais

INTRODUÇÃO: A área destinada à agricultura tem crescido consideravelmente ao longo do tempo. Somente no estado de Sergipe, segundo dados do IBGE, entre os anos de 2003 e 2012 a área destinada à cultura do milho, por exemplo, obteve uma curva de crescimento exponencial. Outras culturas, também de grande importância no cenário sergipano, têm apresentado um avanço significativo, como mandioca, cana-de-açúcar, laranja e coco-da-baía. Nesse contexto, as geotecnologias são apresentadas como ferramenta para o monitoramento da cobertura vegetal e de áreas agrícolas, posto que dispõem de mecanismos que possibilitam uma análise espaço-temporal do uso e ocupação do solo. Um dos mecanismos propostos para esse tipo de análise são os índices de vegetação que são definidos por Jensen (2009) como medidas radiométricas adimensionais, as quais indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, e têm o objetivo de gerar informações sobre a distribuição espacial das coberturas vegetal e agrícola através de imagens obtidas por sensores orbitais. Dentre os principais índices de vegetação presentes na literatura encontram-se o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI; Rouse et al. 1973) e o *Enhanced Vegetation Index* (EVI; Huete et al. 1997), obtidos através do produto MOD13 do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). Estes índices de vegetação são produzidos globalmente com 1 km, 500 m e 250 m de resolução e composições no período de 16 dias. O presente trabalho tem o objetivo de estabelecer uma análise comparativa entre os produtos EVI e NDVI das imagens MODIS e o crescimento das áreas destinadas à agricultura.

MATERIAL E MÉTODOS: Por meio do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), foram adquiridos os dados tabulares de área plantada (em hectares), quantidade (em toneladas) e rendimento (em quilogramas por hectare) referentes ao cultivo do milho nos municípios do estado de Sergipe. Estes dados foram coletados entre os anos de 2003 a 2012 a fim de se estabelecer uma análise temporal da cobertura agrícola do território. Efetuou-se, então, a espacialização ano a ano bem como a espacialização do total desses dez anos por meio de ferramentas *SQL* de banco de dados espaciais contidas no software ArcGIS/ArcInfo v.10. A fim de estabelecer um comparativo entre o avanço da cobertura agrícola, foram utilizadas imagens dos produtos MODIS (MOD13Q1 MYD13Q1), projeção geográfica, Datum WGS-84, resolução espacial de 250 m, a partir do repositório mantido pela Embrapa Informática Agropecuária, elaborado pelo LP-DAAC/EOS (*Land Processes Distributed Active Archive Center/NASA Earth Observing System*). Procedeu-se com a seleção das imagens

considerando a menor cobertura de nuvens possível para os períodos de agosto e dezembro de cada ano que, para o caso do Nordeste do Brasil, correspondem às estações chuvosa e seca, respectivamente. Foram utilizados os seguintes índices:

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

em que IVP = refletância no infravermelho próximo; V = refletância no vermelho.

$$EVI = \frac{2,5 (NIR - RED)}{(NIR + C1 * RED - C2 * BLUE + L)} \quad (2)$$

Em que L é fator de ajuste para o solo; e C1 e C2 são coeficientes de ajuste para efeito de aerossóis da atmosfera. Os valores dos coeficientes adotados pelo algoritmo do EVI são: L=1, C1=6, C2=7.5 e o fator de ganho G= 2.55.

O NDVI é considerado um bom estimador de biomassa, sendo o índice mais utilizado em pesquisas relacionadas à dinâmica da cobertura vegetal, tais como acompanhamento e avaliação de rendimento de culturas e agricultura de precisão (Pontes, 2005). Essas melhorias são importantes para o monitoramento de culturas agrícolas por meio de índices de vegetação. Por outro lado, o EVI foi desenvolvido com o objetivo de atenuar os efeitos do solo e da atmosfera sobre o monitoramento da vegetação (Risso et al., 2012). O índice de vegetação melhorado (EVI) foi desenvolvido para otimizar o sinal da vegetação, melhorando a sensibilidade em regiões com maiores densidades de biomassa, além do monitoramento da vegetação através de uma ligação do sinal de fundo do dossel e a redução das influências atmosféricas. Os dados do sensor MODIS encontram-se disponíveis sob a forma de produtos com avaliação direta, uma vez que as etapas de pré-processamento que envolvem as correções geométrica, atmosférica e radiométrica já se encontram concluídas (Rudorff et al., 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 1 apresenta a espacialização dos dados de área plantada pelo cultivo do milho nos municípios sergipanos entre os anos de 2003 e 2012, respectivamente, numa escala de cores do amarelo ao marrom, onde os tons mais claros representam municípios com uma pequena área destinada ao cultivo do milho e os tons amarronzados representam municípios que destinaram uma maior área para esta atividade. Analisando os mapas é possível notar uma maior concentração da preparação da terra para o cultivo do grão nas regiões do Sertão Ocidental e do Alto Sertão Sergipano.

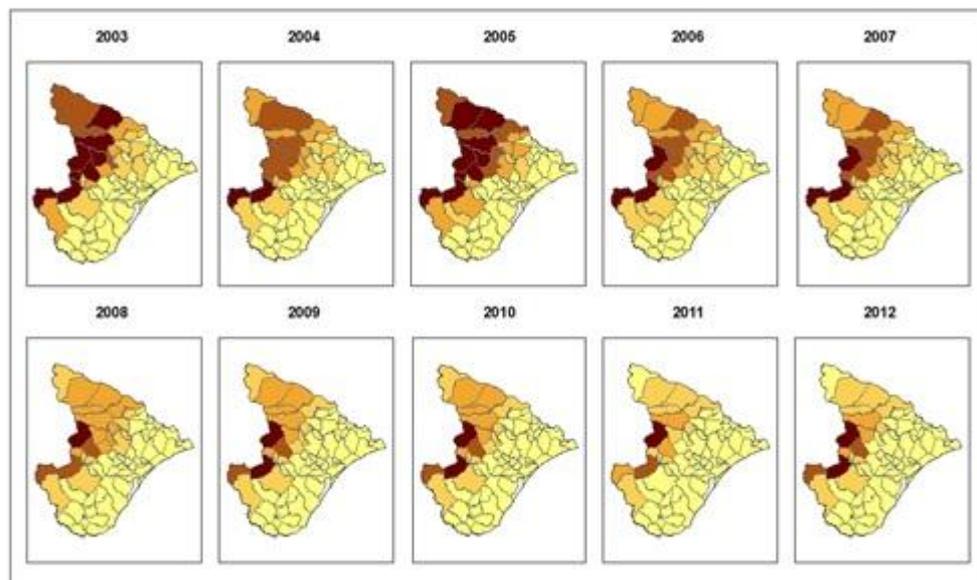


Figura 1 – Espacialização da área plantada pelo cultivo de milho entre 2003 e 2012, nos municípios do estado de Sergipe. Fonte dos dados: IBGE.

Analogamente, são representados na Figura 2 os mapas referentes ao rendimento do cultivo do milho no mesmo período. Num comparativo entre os mapas de cada ano nota-se que a área plantada não necessariamente classifica o município quanto a sua produtividade, posto que esta é uma variável dependente de outros parâmetros como, por exemplo, a modificação no regime de chuvas. Portanto, os mapas de rendimento (Figura 2) ilustram a produtividade anual do milho no estado.

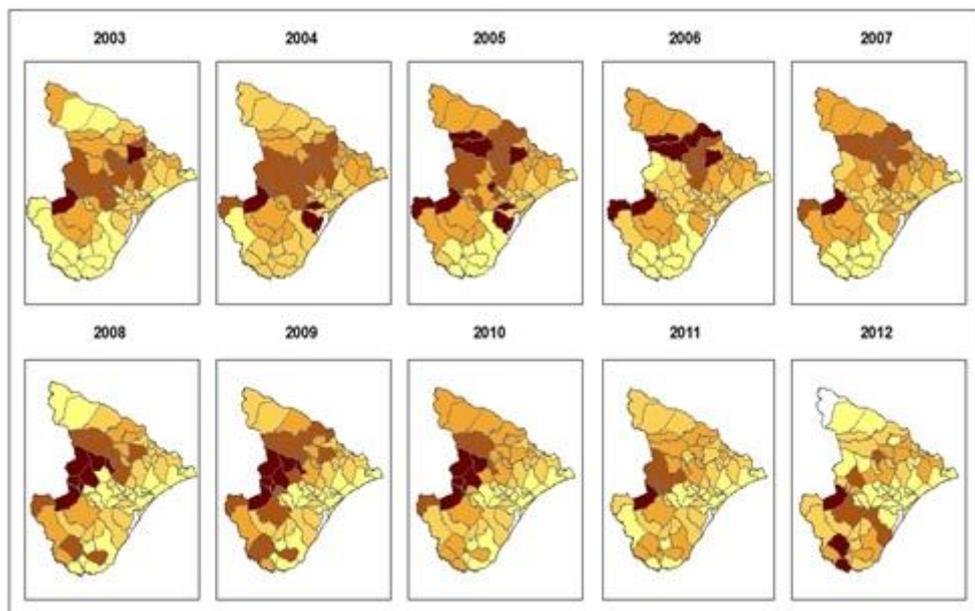


Figura 2 – Espacialização do rendimento (em kg/ha) do cultivo do milho entre 2003 e 2012 nos municípios sergipanos. Fonte dos dados: IBGE.

A preparação da terra para o cultivo de milho em Sergipe, comumente, se inicia no mês de abril, quando começam as primeiras chuvas características do início do ano agrícola no Nordeste do Brasil, de forma que em agosto a cultura já se encontra com biomassa característica e em dezembro o solo se apresenta desnudo. Outra questão a ser considerada é que a fonte hídrica dessa cultura é dependente exclusivamente do regime de chuvas de determinado ano agrícola. As Figuras 3 e 5 apresentam imagens dos produtos NDVI e EVI, respectivamente, coletadas entre a primeira e a segunda quinzena do mês de agosto, enquanto que as Figuras 4 e 6 apresentam imagens dos respectivos produtos coletadas entre a primeira e a segunda quinzena do mês de dezembro, no período de 2003-2012.

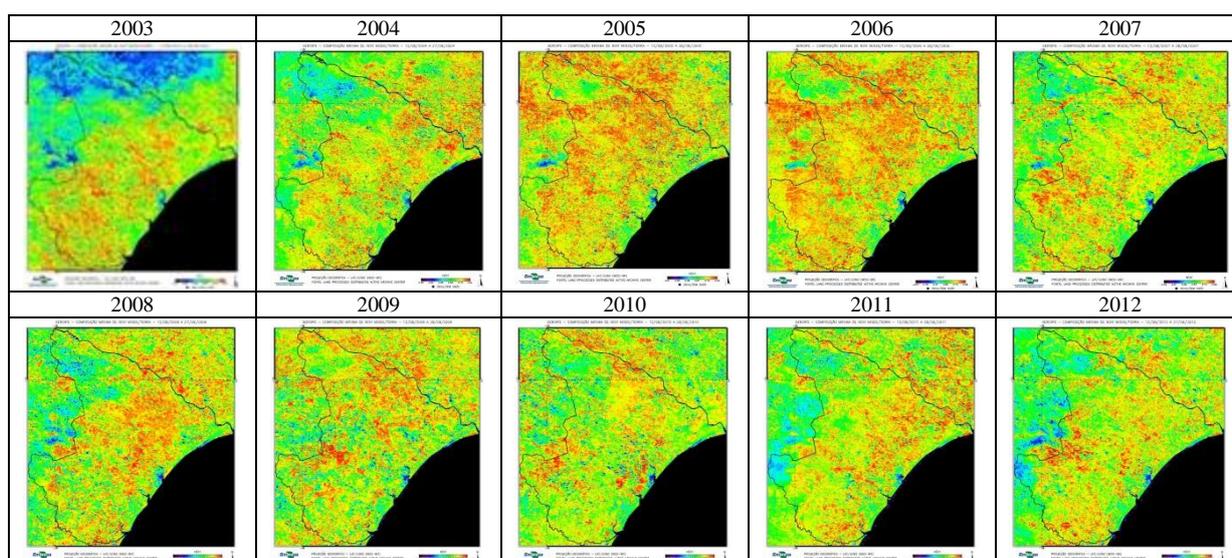


Figura 3 – Produto NDVI do sensor MODIS no período de 13 a 28 de agosto para os anos de 2003 a 2012. Fonte dos dados: Embrapa Informática Agropecuária.

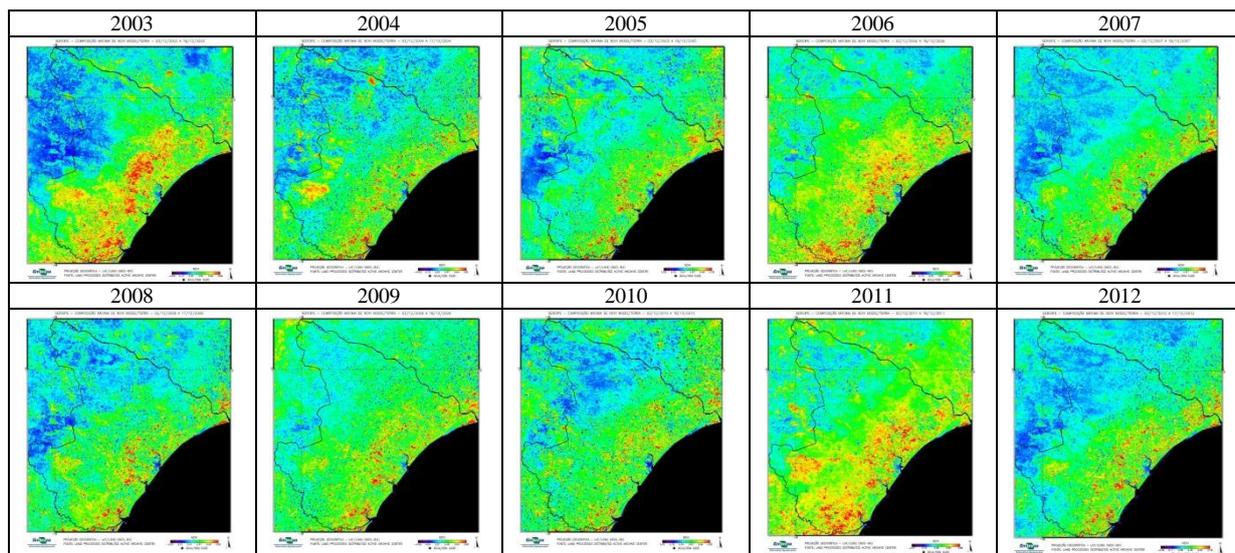


Figura 4 – Produto NDVI do sensor MODIS no período de 03 a 18 de dezembro para os anos de 2003 a 2012. Fonte dos dados: Embrapa Informática Agropecuária.

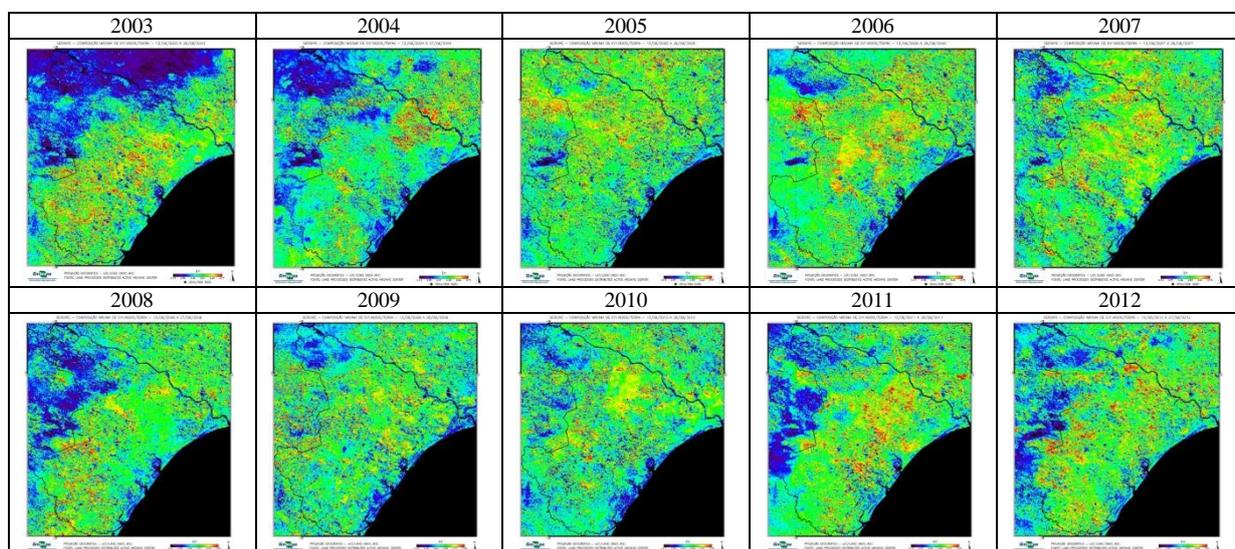


Figura 5 – Produto EVI do sensor MODIS no período de 13 a 28 de agosto para os anos de 2003 a 2012. Fonte dos dados: Embrapa Informática Agropecuária.

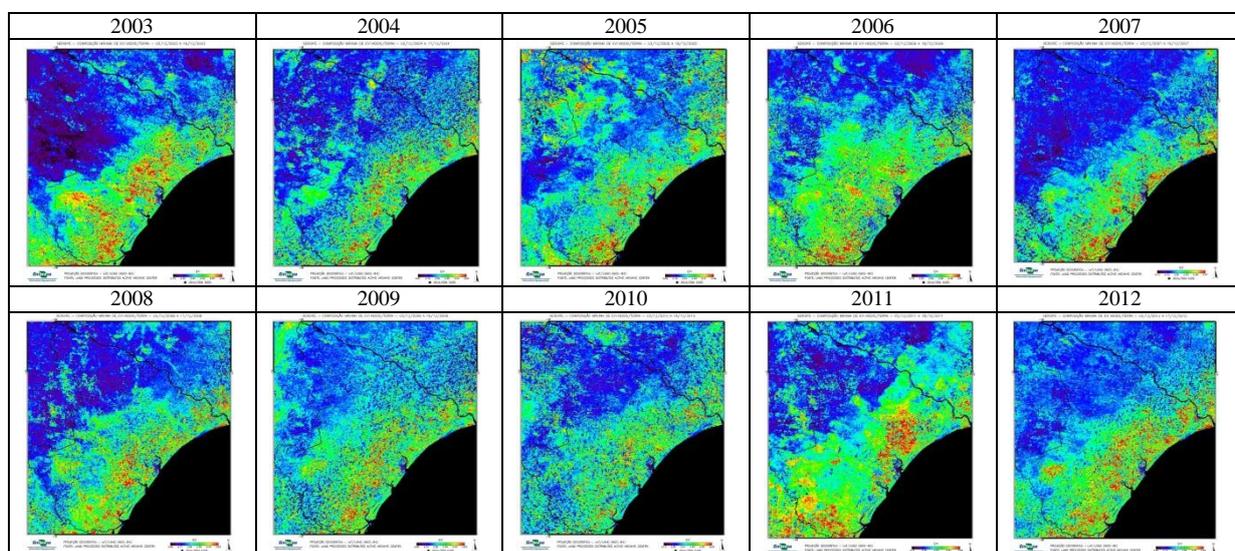


Figura 6 – Produto EVI do sensor MODIS no período de 03 a 18 de dezembro para os anos de 2003 a 2012. Fonte dos dados: Embrapa Informática Agropecuária.

Os valores de NDVI indicam a presença de vegetação e teoricamente seus valores variam no intervalo de 0 a 1. Os menores valores de NDVI identificados nas figuras são inferiores a 0,15 e estão representados nas tonalidades frias. Os valores intermediários de NDVI variam entre 0,15 e 0,40, e estão representados na tonalidade verde com maior percentual. As áreas vegetadas e de cultivos estão representadas na tonalidade amarela com respectivos valores inferiores a 0,65 e maior percentual dessas áreas, que indicam o vigor da vegetação e estes estão representados nas imagens na tonalidade vermelha. Os altos índices de NDVI correspondem às características de uma vegetação densa, em pleno desenvolvimento e em boas condições hídricas. O conjunto das imagens NDVI e EVI das figuras 4 e 6 mostra claramente os menores valores desses índices para o estado de Sergipe, uma vez que além de se tratar da época de estiagem, a área produtora de milho, correspondente a grande parte da ocupação do sertão do estado, nessa época do ano encontra-se comumente sob a forma de solo exposto. Já nas figuras 3 e 5 (período úmido) verifica-se que a resposta espectral dos alvos, sobretudo no caso do NDVI, auxilia no entendimento da não-correlação entre os dados de área plantada e o rendimento (Figuras 1 e 2), uma vez que o cultivo é fortemente influenciado pela variabilidade espacial da distribuição da precipitação pluvial, o que reflete diretamente no vigor da biomassa da vegetação. Por fim, vale ressaltar que na análise da produtividade é necessário também considerar os avanços na tecnologia em termos de equipamentos, quanto aos tipos de sementes e insumos, fatores que aumentaram sobremaneira a produtividade em graus diferentes para cada município, mas que ainda assim continuam a depender do regime pluviométrico, que interfere em todos os estágios desse cultivo, desde a preparação do solo, a semeadura, o crescimento, a colheita, a armazenagem e o transporte.

CONCLUSÕES: 1) Os dados tabulares do sistema SIDRA mostram um avanço do cultivo do milho no estado, com destaque aos territórios do Sertão Ocidental e do Alto Sertão sergipanos. 2) A resposta espectral da superfície terrestre depende do tipo de cobertura que ela apresenta, como foi constatado nas imagens do sensor MODIS, que apresentaram diferenças quanto à cobertura vegetal por conta da pluviosidade. 3) Os índices de vegetação propostos apresentaram respostas satisfatórias quando analisamos os dados de área plantada e produtividade para o estado de Sergipe, nos períodos analisados.

REFERÊNCIAS:

- HUETE, A.R.; LIU, H.Q.; BATCHILY, K.; LEEUWEN, W. van. **A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS**. Remote Sensing of Environment, v.59, p.440-451, 1997.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.
- PONTES, P. P. B. **Análise temporal de índices de vegetação como subsídio à previsão de safras de cana-de-açúcar**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). Goiânia. INPE. p.217 –224. 2005.
- RISSO, J.; RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T.; ADAMI, M.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, R. D. V. **Índices de vegetação Modis aplicados na discriminação de soja**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.47, n.9, p.1317-1326, set. 2012.
- ROUSE, J.W.; HASS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. In: Earth Resources Technology Satellite Symposium, 3., 1973, Washington. Proceedings. Washington: NASA, 1974. p.309-317.
- RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Parêntese, 2007.