

## Comparação entre perfis temporais de NDVI e NDVI ponderado em relação ao uso da terra

Maria Angélica Petrini  
Christiano Luna Arraes  
Jansle Vieira Rocha

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP/FEAGRI  
Av. Candido Rondon, 501 – 13083-875 - Campinas - SP, Brasil  
{maria.petrini; christiano.arraes; jansle.rocha}@feagri.unicamp.br

**Abstract.** Spectral indices derived from visible and near-infrared channels have been widely used for crop characterization, biomass estimation and also for crop yield forecasting and monitoring. One of the most frequently used vegetation index for agricultural crops analysis is the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). However, the use of medium to low spatial resolution satellite data has the disadvantage that part of its pixels may contain more than one type of target and the spectral mixture can interfere in the final behavior of vegetation index. To improve the information content, land use data derived by high spatial resolution images can be incorporated into the NDVI temporal profiles. The main objective of this study was to calculate land use weighted NDVI (PNDVI) temporal profiles for pixels with different targets and then compare them with NDVI temporal profiles derived from MODIS data. The land use map was derived from visual interpretation and supervised classification, by Maximum Likelihood classifier, of Landsat5/TM image. It was analyzed three pixels with blend of summer crops and forest; rough pasture and bare soil; summer crops and rough pasture. The results of PNDVI showed that the presence of different targets within a pixel can influence the NDVI temporal profile, according to the proportion of each target. PNDVI can improve the data extracted from NDVI time series, making the land use weighted NDVI more reliable to analyze temporal profiles in areas that have varied land use.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, land use, MODIS, sensoriamento remoto, processamento de imagens, uso da terra.

### 1. Introdução

Dados de sensoriamento remoto adquiridos por satélite oferecem amplas possibilidades de estudos em aplicações agrícolas, graças à sua cobertura sinóptica e repetitiva da superfície terrestre. Índices espectrais derivados dos comprimentos de onda do visível e do infravermelho próximo têm sido largamente empregados para caracterização de culturas, estimativa de biomassa, e também para monitoramento e previsão de safra (ROJAS, 2007).

Um dos índices de vegetação mais utilizado para análise das culturas agrícolas é o *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI, proposto por Rouse *et al.* (1973), que é calculado a partir dos fatores de refletância bidirecional das bandas vermelho e infravermelho próximo. Rojas (2007) coloca que, devido às propriedades da vegetação verde, o NDVI é um indicador direto da atividade fotossintética da planta. Dessa forma, parâmetros como estresse hídrico podem ser monitorados com êxito através da análise dos valores de tal índice.

O sensor *Moderate Imaging Spectroradiometer* – MODIS, a bordo da plataforma Terra, oferece o produto MOD13Q1 que contém o NDVI, em composição de imagens ou mosaicos a cada 16 dias, com resolução espacial de 250 metros. Cada *pixel* da imagem fornece um valor digital que representa a resposta espectral média dos alvos contidos no *pixel*. Por isso, a desvantagem no uso de imagens de média a baixa resolução espacial é que parte de seus *pixels* pode conter mais que um tipo de alvo e essa mistura espectral pode interferir nos valores finais dos índices de vegetação.

Para minimizar esse problema, Genovese *et al.* (2001) propuseram uma metodologia para extrair indicadores de produtividade agrícola combinando dados de NDVI do NOAA-AVHRR em escala regional com dados de cobertura da terra do CORINE (*CO-ordination of*

*Information on the Environment*), originando o CORINE-NDVI ou CNDVI, que leva em consideração a proporção de cada alvo presente no *pixel*. Os resultados mostraram que os indicadores baseados nos perfis temporais do CNDVI são mais estreitamente relacionados com a produtividade agrícola quando comparados aos indicadores baseados no NDVI. O estudo de caso foi realizado na Espanha, para os anos de 1995 a 1998.

Vignolles *et al.* (2002) validaram essa metodologia com um estudo mais completo aplicado na França, para o mesmo período, a fim de obter a previsão de safra do trigo, para o mesmo período.

Neste estudo propõe-se o cálculo do PNDVI (NDVI ponderado ao uso da terra), combinando dados provenientes de mapa de uso da terra gerado a partir da classificação digital de imagem Landsat 5/TM, com resolução espacial de 30 metros, e dados de NDVI do sensor MODIS, cuja resolução espacial é de 250 metros. Diante destas considerações, o objetivo principal deste estudo foi comparar os perfis temporais originais do NDVI com os perfis temporais do PNDVI e verificar se os valores do segundo índice tendem a representar a classe temática com maior proporção no *pixel*.

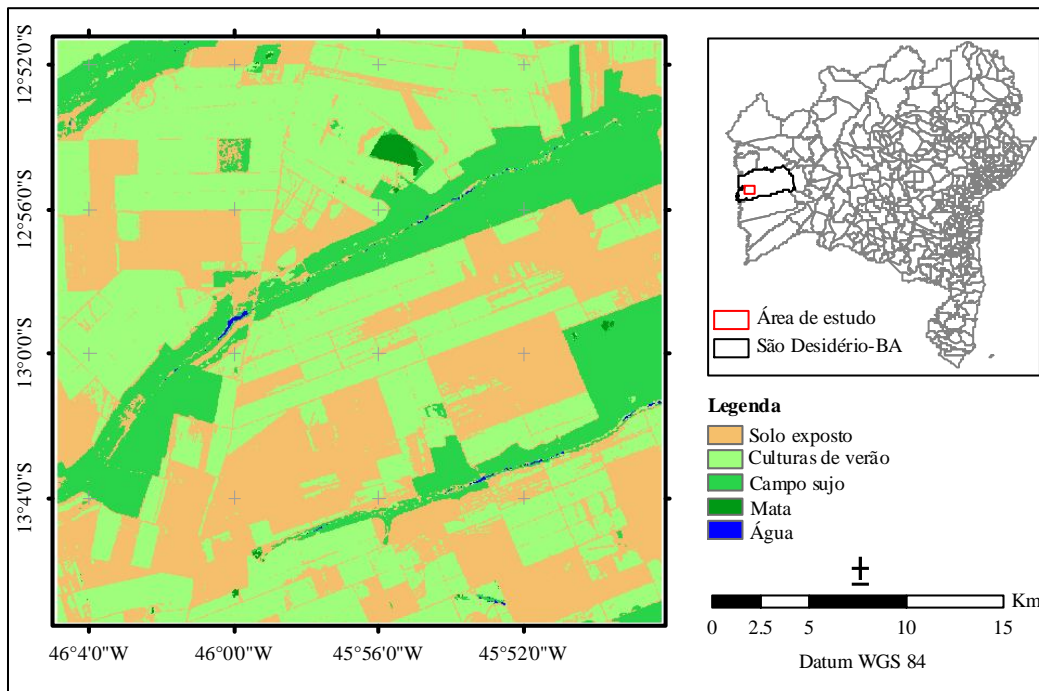
## 2. Metodologia de trabalho

A área de estudo localiza-se na região oeste do Estado da Bahia, dentro dos limites do município de São Desidério. Trate-se de uma região caracterizada por uma fronteira agrícola em plena expansão, cuja produção de soja, milho e algodão atingiu cerca de 80% da quantidade total produzida no estado, para o ano de 2009. Somente o município de São Desidério foi responsável pela produção de 1.508.690 toneladas dessas culturas, que representa 27,4% da produção estadual naquele ano, segundo dados de produção agrícola municipal disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O mapa temático de uso da terra foi gerado com base em uma imagem de satélite Landsat 5, sensor TM, correspondente à órbita/ponto 220/69, datada de 04 de fevereiro de 2010. A fim de compatibilizar o tamanho dos *pixels* Landsat e MODIS, foi feita a reamostragem do *pixel* Landsat para 25 metros utilizando o método do vizinho mais próximo. Para a criação do mapa temático foi empregado o método de classificação automática supervisionada, com o algoritmo Máxima Verossimilhança. Esses procedimentos foram realizados no *software* ENVI 4.5. As classes temáticas identificadas na área de estudo, com auxílio de interpretação visual pela composição colorida RGB 453, foram: solo exposto, culturas de verão, campo sujo, mata e água. A Figura 1 mostra a área de estudo, bem como o respectivo mapa de uso da terra.

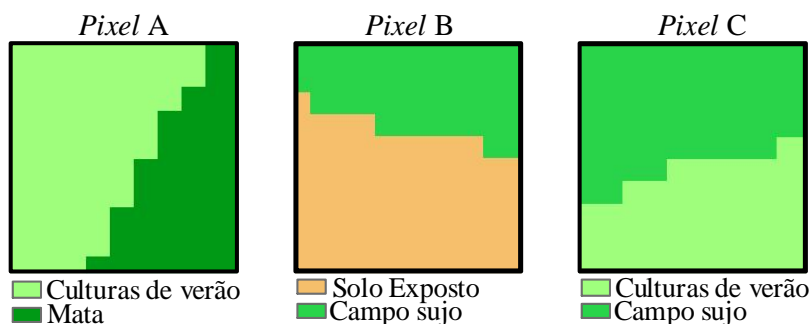
Os perfis temporais de NDVI foram obtidos de imagens registradas pelo sensor MODIS, correspondente ao *tile* h13v10, em composições de 16 dias, totalizando 24 imagens para a safra 2008/2009, cujo período de plantio das culturas de verão na região estudada ocorre entre novembro e janeiro, com a colheita realizada entre março e julho (CONAB, 2010).

Os valores de NDVI dessa série temporal foram extraídos automaticamente através de um pacote de rotinas IDL e exportados no formato de planilhas. Este procedimento foi desenvolvido por Esquerdo (2007) em linguagem IDL e foi executado no aplicativo ENVI / IDL 4.5. De posse dos perfis temporais de NDVI, foram calculados os valores de desvio padrão e coeficiente de variação.



**Figura 1.** Localização da área de estudo e respectivo mapa de uso da terra.

Sobre a imagem MODIS foi sobreposto o mapa de uso da terra e selecionados aleatoriamente três *pixels* de 250 x 250 m que apresentavam mistura de classes. Foram denominados de *pixels* “não puros” (A, B, C), com as proporções de cada classe temática mostradas na Figura 2 e Tabela 1.



**Figura 2.** Pixels “não puros” A, B, e C, com 250m x 250m.

**Tabela 1.** Proporção das classes temáticas em cada *pixel* “não puro” selecionado:

Pixel “não puro”	Proporção
A	44% Mata + 56% Cultura de verão
B	38% Campo sujo + 62% Solo exposto
C	48% Cultura de verão + 52% Campo sujo

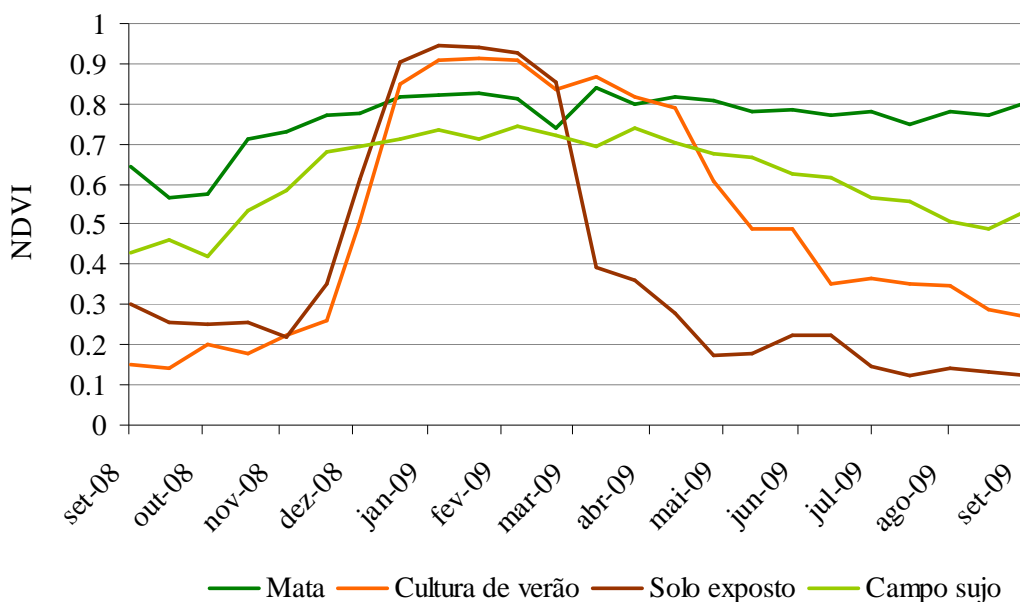
A partir disso, foi calculado o NDVI ponderado – PNDVI (Equação 1) para cada *pixel* estudado, com base na fórmula proposta por Genovese *et. al* (2001):

$$PNDVI = \sum_{j=1}^n NDVI_j * w_j \tag{1}$$

onde: PNDVI = NDVI ponderado de acordo com as proporções de uso da terra;  
 n = número de classes de uso da terra;  
 NDVI = valor de NDVI de cada classe para cada imagem, em composições de 16 dias;  
 w = proporção de área do *pixel* ocupada por esta classe.

### 3. Resultados e Discussão

Os perfis temporais dos valores de NDVI em *pixels* “puros” de mata, cultura de verão, solo exposto e campo sujo são apresentados na Figura 3. Já a análise estatística – desvio padrão DP e coeficiente de variação CV – desses valores se encontram na Tabela 2.



**Figura 3.** Perfis temporais do NDVI em *pixels* “puros” dos alvos presentes na área de estudo, referentes ao período analisado.

**Tabela 2.** Análise estatística do NDVI dos *pixels* “puros”, em composições de 16 dias, para o período estudado.

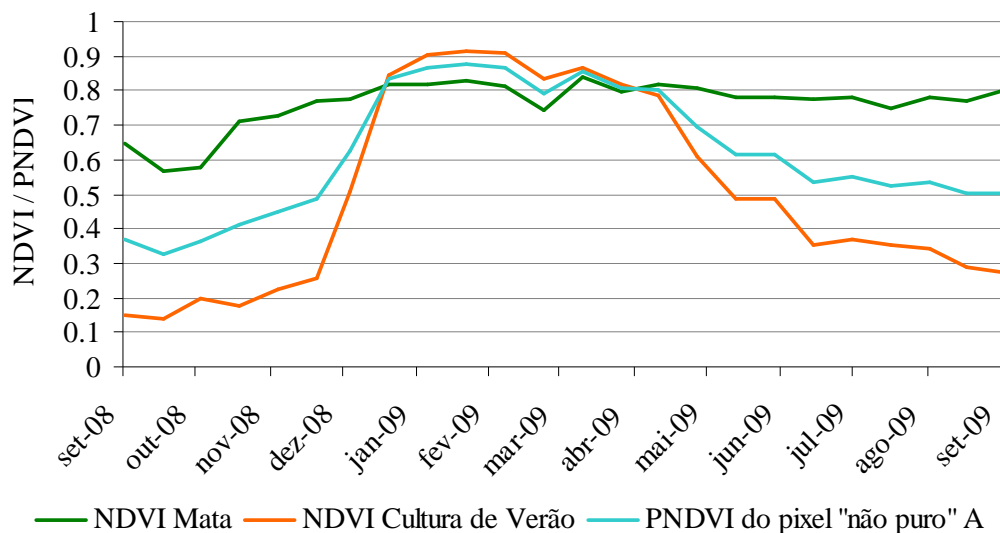
Estadísticas	Mata	Campo sujo	Solo exposto	Culturas de verão
Mínimo	0,56	0,41	0,12	0,13
Média	0,76	0,62	0,38	0,50
Mediana	0,79	0,70	0,62	0,85
Máximo	0,83	0,74	0,94	0,91
DP	0,07	0,10	0,29	0,28
CV(%)	9,4	16,9	76,2	55,9

Observa-se que o comportamento característico de NDVI da mata é praticamente uniforme no decorrer do período analisado, com variação entre mínimo e máximo de 0,56 e 0,83 e coeficiente de variação de 9,4%. O perfil característico do campo sujo acompanha a mesma tendência da mata, apesar de apresentar valores mais baixos de NDVI. Isto se deve ao fato de a biomassa do campo sujo ser menos densa comparada ao da mata.

O perfil temporal do NDVI da cultura de verão possui valor mínimo de 0,13 e máximo de 0,91, resultando em um coeficiente de variação de 55,9%. Pela Figura 3, verifica-se que os índices começam a aumentar após o mês de novembro, quando se inicia o cultivo na região, atingindo o pico vegetativo entre os meses de janeiro e fevereiro. Depois da colheita, que é realizada entre março e julho, os valores de NDVI diminuem continuamente.

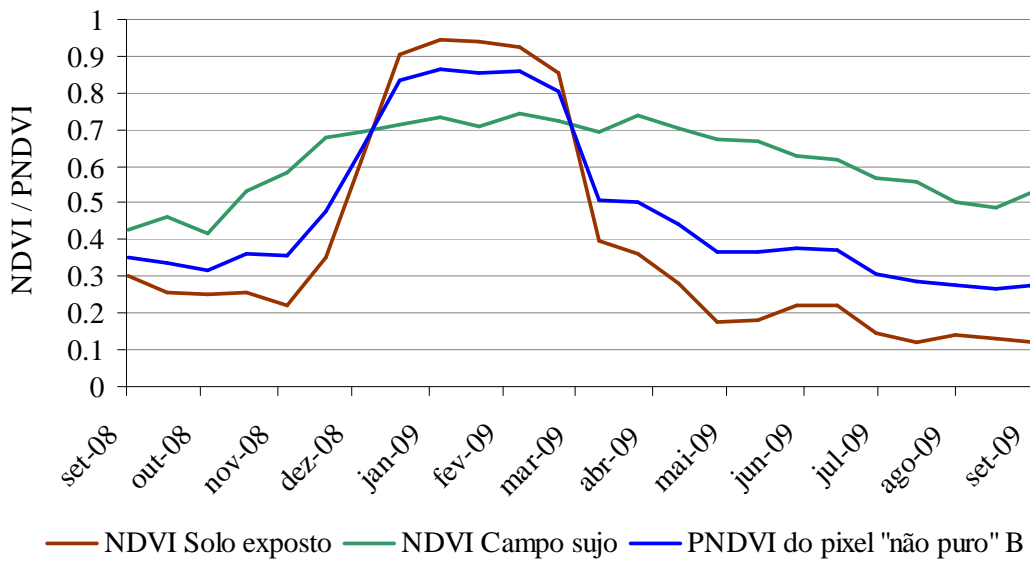
Quanto ao *pixel* de solo exposto, seus valores de NDVI apresentaram o maior coeficiente de variação entre as classes, 76,2%. Pelo comportamento do perfil temporal, próximo ao da cultura de verão, pode-se considerar como sendo área colhida de alguma cultura.

A Figura 4, por sua vez, mostra o perfil temporal do PNDVI do *pixel* “não puro” A, composto por 44% de mata e 56% de cultura de verão, bem como os perfis temporais do NDVI em *pixels* “puros” dessas duas classes. Como era esperado, o perfil do PNDVI corresponde aproximadamente à média dos perfis de NDVI, pois a proporção entre as classes não é muito discrepante entre si. O perfil da mata sempre está acima do perfil da cultura de verão, exceto no período do pico vegetativo da cultura entre os meses de dezembro e abril. Apesar da área proporcional da mata ser menor que a da cultura de verão no *pixel*, a influência da mata trouxe o perfil do PNDVI para cima. Os valores do PNDVI são maiores que os valores de NDVI da mata somente no período do pico vegetativo da cultura, quando esta apresenta os índices de maiores valores observados ao longo da série temporal.



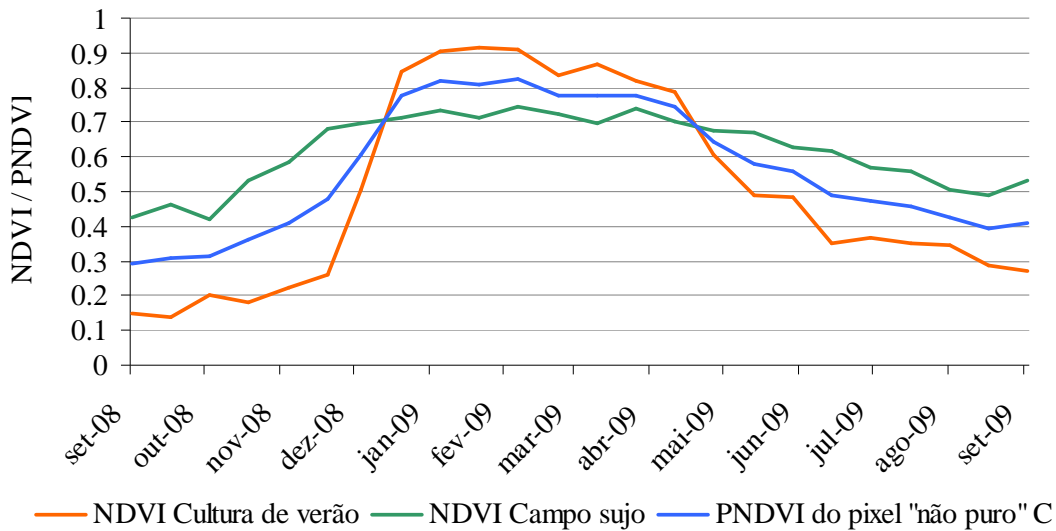
**Figura 4.** Perfis temporais do NDVI em *pixels* “puros” de mata e cultura de verão e do PNDVI do *pixel* “não puro” A que contém essas duas classes.

Para o *pixel* “não puro” B, composto por 38% de campo sujo e 62% de solo exposto, o perfil temporal do PNDVI ficou mais próximo do perfil temporal do NDVI do *pixel* “puro” de solo exposto (Figura 5). Tal fato ocorre devido à maior proporção desta classe na área do *pixel* B em relação ao campo sujo.



**Figura 5.** Perfis temporais do NDVI em *pixels* “puros” de solo exposto e campo sujo e do PNDVI do *pixel* “não puro” B que contém essas duas classes.

A Figura 6 traz as informações pertinentes ao *pixel* “não puro” C, cuja área é constituída por 48% de cultura de verão e 52% de campo sujo. Novamente o perfil temporal do PNDVI apresentou o resultado esperado, ou seja, ficou entre os perfis de NDVI, devido às classes estarem em proporções semelhantes na área do *pixel* em questão.



**Figura 6.** Perfis temporais do NDVI em *pixels* “puros” de cultura de verão e campo sujo e do PNDVI do *pixel* “não puro” C que contém essas duas classes.

#### 4. Conclusões

Os resultados obtidos de PNDVI mostraram que a presença de diferentes alvos em um *pixel* influencia o comportamento do perfil temporal de NDVI, de acordo com a proporção de cada alvo. A combinação entre dados de NDVI do sensor MODIS, com resolução espacial de 250 metros, e dados do mapa de uso da terra derivado de imagem Landsat, com resolução espacial de 30 metros, pode melhorar o conteúdo das informações extraídas das séries temporais de NDVI, tornando o novo índice de vegetação PNDVI mais confiável para análise de uma área que possua uso da terra variado.

#### 5. Agradecimentos

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora; e ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – pela bolsa de doutorado concedida ao segundo autor.

A Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP.

#### Referências Bibliográficas

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento, outubro 2010**. Brasília: Conab, 2010.

Esquerdo, J. C. D. M. Utilização de perfis multi-temporais do NDVI/AVHRR no acompanhamento da safra de soja no oeste do Paraná. Campinas, SP. 186p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 2007.

Genovese, G.; Vignolles, C.; Nègre, T.; Passera, G; A methodology for a combined use of normalised difference vegetation index and CORINE land cover data for crop yield monitoring and forecasting. A case study on Spain. **Agronomie**. v.21, p.91-111, 2001.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em: 08 out. 2010.

Rojas, O. Operational maize yield model development and validation base don remote sensing and agro-meteorological data in Kenya. **International Journal of Remote Sensing**. v. 28, n. 17-18, p. 3775-3793, 2007.

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, 1973. **Proceedings...** Whashington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973.

Vignolles, C.; Genovese, G.; Nègre, T. Crop Yield Forecast for France Base don the CNDVI Technique. In: Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems and Hydrology, III, 2001, Toulouse. **Proceedings of SPIE**, Washington: Manfred Owe, Guido D'Urso. vol. 4542, p. 22-35, 2002.