

# CARACTERIZAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE SOBRE UMA ÁREA AGRÍCOLA COM DADOS DO SENSOR EOS/ASTER

ANIBAL GUSSO <sup>(1)</sup>

(1) Físico, Pesquisador MSc., Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, UFRGS, Porto Alegre-RS., Fone (0XX51) 3308 6264, anibal.gusso@ufrgs.br

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

**RESUMO:** O monitoramento das condições físicas da superfície terrestre como a radiação, condições do solo e disponibilidade hídrica, são elementos agrometeorológicos importantes, face à possibilidade da ocorrência de estresse térmico ou hídrico durante o desenvolvimento da cultura. A combinação de dados do NDVI e LST pode ser usada como um importante indicador das condições de desenvolvimento da vegetação. Dados obtidos do sensor ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) do sistema EOS (*Earth Observing System*), proporcionam estimativas acuradas sobre as condições da vegetação. Neste trabalho, o objetivo foi caracterizar o espaço de distribuição do NDVI e LST, sobre uma área de intenso cultivo da soja, associado ao crescimento e da vegetação.

**PALAVRAS-CHAVES:** índice de vegetação, temperatura da superfície, imagens EOS/ASTER.

## VEGETATION INDEX AND SURFACE TEMPERATURE RELATIONSHIP CHARACTERIZATION OVER AGRICULTURAL SITES USING EOS/ASTER DATA

**ABSTRACT:** The land surface physical conditions as radiation, soil and surface moisture status are critical elements in agrometeorology, face to the possibility of water and thermal stress occurrences, during the crop development. The NDVI and LST in combination can be used as an important indicator of vegetation conditions during crop growth. The ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) data from EOS (*Earth Observing System*) can provide accurate estimates of vegetation conditions. In this work, the objective was to characterize the NDVI and LST space, related to the vegetation growth over agricultural sites.

**KEY-WORDS:** vegetation index, surface temperature, EOS/ASTER images.

**INTRODUÇÃO:** O gerenciamento do setor agrícola tem se tornado cada vez mais sofisticado exigindo informações mais precisas e com antecedência em relação à época da safra (Taylor, 1990) sendo essencial para o planejamento e tomada de decisões relacionadas às políticas agrícolas. O monitoramento de parâmetros físicos da superfície terrestre como a radiação, condições do solo e disponibilidade hídrica, são elementos agrometeorológicos importantes, face à possibilidade da ocorrência de estresse térmico ou hídrico durante o desenvolvimento da cultura. Uma abordagem promissora para o monitoramento das características físicas e

condições do desenvolvimento da vegetação é o uso de dados calibrados de sensoriamento remoto. Dados multibandas, obtidos do sensor ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) do sistema EOS (*Earth Observing System*), proporcionam estimativas acuradas da temperatura da superfície terrestre sobre uma ampla possibilidade de condições da vegetação. Devido principalmente as características técnicas do sensor ASTER, com resolução espacial adequada e faixas estreitas de detecção da radiação eletromagnéticas. Na última década, índices espectrais de vegetação têm demonstrado grande potencial no monitoramento de parâmetros ambientais e da vegetação (Kogan *et al.*, 2003). Especialmente com o uso do índice NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index* – também conhecido como: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e da LST (*Land Surface Temperature* – ou Temperatura da Superfície Terrestre). Alguns trabalhos já exploraram uma relação entre índices de vegetação e o comportamento térmico da superfície obtido por dados de sensoriamento remoto (e.g. Friedl & Davis, 1994; Gillies *et al.*, 1997; Goetz, 1997; Gupta *et al.*, 1997; Sandholt *et al.*, 2002; Kogan *et al.*, 2004). O uso de índices de vegetação e a temperatura da superfície, combinados, supõem uma relação entre o vigor vegetativo com a temperatura do dossel. Portanto, pode fornecer informações sobre as condições da vegetação e da umidade da superfície (Sandholt *et al.*, 2002). Em períodos secos, altas temperaturas decorrentes de um suprimento insuficiente de água levam ao superaquecimento da vegetação, o que intensifica o impacto da deficiência hídrica na vegetação (Liu & Kogan, 2002). Isto significa que altas LST observadas, indicam condições desfavoráveis de crescimento da vegetação, e os maiores valores do NDVI, indicam as melhores condições de crescimento da vegetação (Liu & Kogan, 2002). Adicionalmente, alguns trabalhos (Price, 1990, Carlson *et al.*, 1994; Gilles *et al.*, 1997; Moran *et al.*, 1994; Sandholt *et al.*, 2002) já evidenciaram que “um scatterplot” de dados de NDVI e LST, geralmente resulta em uma distribuição em formato triangular ou trapezoidal, se uma ampla área diversificada for imageada. O que ocorre, é que, mesmo quando o NDVI ainda indica uma característica típica da vegetação verde, uma sensível redução na disponibilidade hídrica promove o fechamento dos estômatos, o que ocasiona uma redução na capacidade das plantas em reter a energia irradiada, por meio de absorção, afetando também a capacidade da realização da fotossíntese. Em resposta a baixa circulação de água na estrutura (mesofilica) interna da vegetação, a temperatura do dossel aumenta rapidamente. A ocorrência de LST acima do normal no período do florescimento pode prejudicar severamente o desenvolvimento da cultura (Kogan, 2007 em comunicação pessoal). Neste trabalho, o objetivo foi caracterizar o espaço de distribuição do NDVI e LST, sobre uma área de intenso cultivo da soja, associado ao crescimento e da vegetação.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A área de estudo compreende o município Almirante Tamandaré, ao norte do Estado do Rio Grande do Sul com 265Km<sup>2</sup>, situado em uma região de intenso cultivo de soja e milho no verão. O município Almirante Tamandaré tem em média, 65% da área do município com ocupação agrícola de cultivo da soja e milho (IBGE). Segundo Köppen (1948), a região de estudo está situada na Zona Climática Fundamental Temperada (C), apresentando clima do tipo fundamental úmido (f), com chuva bem distribuída durante o ano, e variedade específica subtropical (Cfa), com a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C. A precipitação na região esteve próximo à normal, de 120mm, no mês de janeiro de 2007 (FEPAGRO). Foram utilizadas imagens do sensor ASTER do sistema EOS, georreferenciadas e quantificadas em radiância, em nível de processamento Level-1B, cedidas pela NASA por meio do endereço eletrônico (<http://deleenn.gsfc.nasa.gov/~imswww/pub/imswelcome/index.html>). O sensor ASTER atua com três subsistemas de detecção. Os subsistemas VNIR (*visible near infrared*) e SWIR

(*short wave infrared*) com resolução espacial de 15 e 30 metros respectivamente, para detecção da radiação refletida da superfície terrestre. É um subsistema adicional, especializado na detecção da radiação termal emitida pela superfície terrestre TIR (*thermal-infrared*), com 90 metros de resolução espacial. A órbita síncrona-solar, com altitude média de 705Km, obtém medidas em horário aproximado das 10:40 horas da manhã, retornando a mesma área de cobertura (*Swath de 60Km*) com frequência de 16 dias.

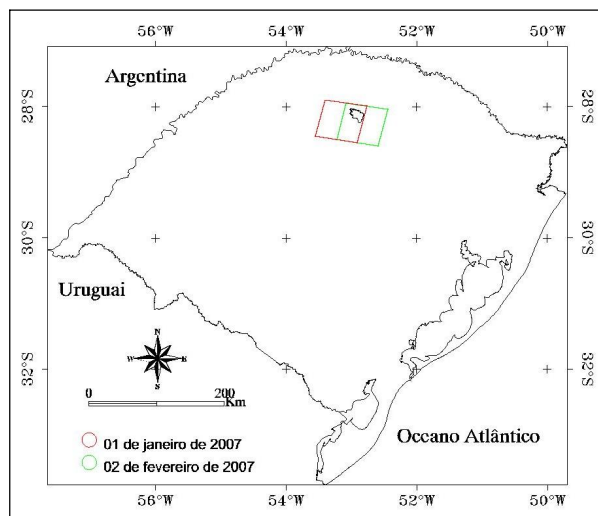


Figura 1: Localização da área de estudo no Estado e das áreas de cobertura das imagens EOS/ASTER.

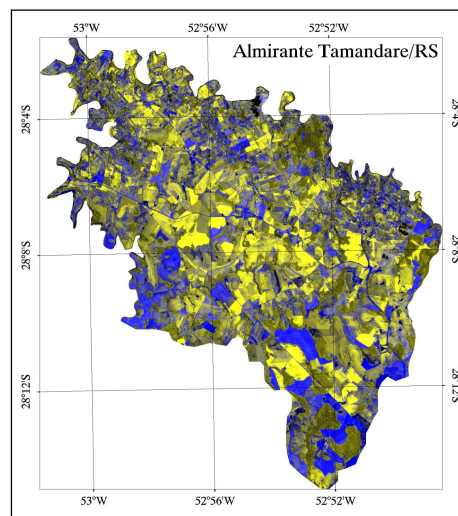
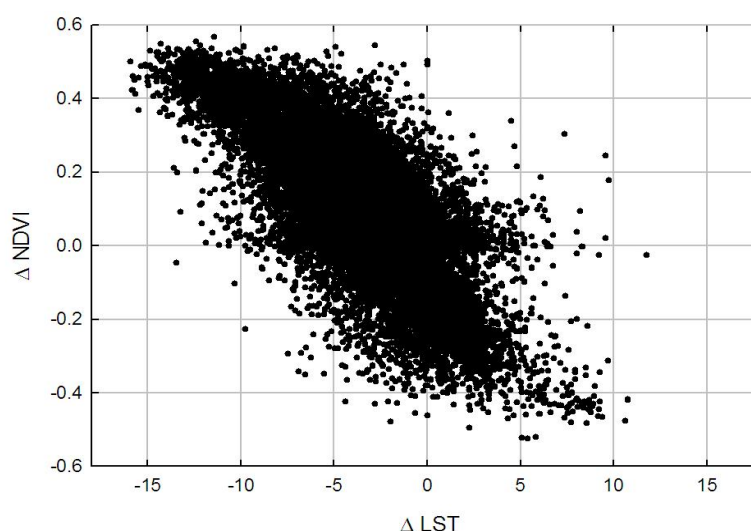


Figura 2: Imagem RGB-332 do dia 02 de fevereiro de 2007, sobre o município de Almirante Tamandaré, RS.

No tratamento digital de imagens foram utilizados os programas ERDAS Imagine 8.9 (*Earth Resources Data Analysis System*) e ENVI 4.2 (*Environment for Visualizing Images*). As imagens sofreram ajuste no georrefenciamento, quantificação e na calibração para reflectância das bandas do visível, e temperatura de brilho para as bandas do termal, por meio de algoritmos próprios desenvolvidos no Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - CEPARM/UFRGS. A época de semeadura das culturas do milho e da soja no sul do Brasil começa em setembro e novembro, respectivamente, e a vegetação apresenta seus valores máximos NDVI no final de fevereiro (Motta *et al.*, 2003). Na última safra (2007), o rendimento médio da soja no município foi de 3.120 kg ha<sup>-1</sup>. Em 2006, 2005, 2004, 2003 e 2002, os rendimentos foram 2.880 kg ha<sup>-1</sup>, 1.800 kg ha<sup>-1</sup>, 2.150 kg ha<sup>-1</sup>, 3.120 kg ha<sup>-1</sup> e 2.200 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente (Cooperativa Triticola Mista Alto Jacuí Ltda - COTRIJAL). O que indica uma boa safra, mais recente, em relação ao rendimento médio de 2.218 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE). Considerando o período de floração, enchimento de grãos e maturação fisiológica, que ocorre nos meses de janeiro e fevereiro para a maioria dos cultivares, foram selecionadas imagens EOS/ASTER do dia 01 de janeiro de 2007 e 02 de fevereiro de 2007 na análise da combinação do máximo NDVI e máxima LST. A partir das bandas 2 (0.63 - 0.69µm) e 3N (0.78 - 0.86 µm) do VNIR e a banda 13 (10.25 - 10.95µm) do TIR, foram calculados o NDVI e a temperatura de brilho da superfície terrestre. Posteriormente, os dados de imagem do NDVI, em resolução espacial de 15 metros, foram degradados para 90 metros a fim de serem combinados com os dados da LST. A seguir, para caracterizar a amplitude da evolução da cultura ocorrida entre as duas datas, foram calculadas as diferenças entre o NDVI da imagem de 1 de janeiro 2007 e 2 de fevereiro de 2007 ( $\Delta\text{NDVI} = 02\text{fev} - 01\text{jan}$ ) para todos os pixels das imagens. A diferença na LST também foi calculada ( $\Delta\text{LST} = 02\text{fev} - 01\text{jan}$ ).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os resultados mostram (Figura 3) um deslocamento bem pronunciado da nuvem de 32.380 pontos em direção ao quadrante superior esquerdo do gráfico. Este resultado indica que no cálculo da diferença do NDVI e da LST, entre as duas datas, houve a tendência de ocorrerem diferenças positivas do NDVI e negativas da LST. Isto significa que houve aumento da biomassa do dia 2 de fevereiro em relação ao dia 01 de janeiro, acompanhado de uma diminuição da LST. Este resultado já era esperado, visto que no período entre 01 de janeiro e 02 de fevereiro de 2007 a cultura da soja apresentava boas condições de desenvolvimento, tendo um rendimento previsto para 2007, acima da média. Também, com o aumento da biomassa, pelo crescimento da vegetação (fotossinteticamente ativa), está associada uma diminuição da temperatura superficial. Entretanto, a extremidade inferior direita da nuvem indica que, para uma grande quantidade de pontos, houve variação negativa do NDVI, pela diminuição do vigor da vegetação fotossinteticamente ativa. Esta redução no NDVI está associada a uma variação positiva da LST, pelo aumento da temperatura superficial.



**CONCLUSÕES:** A forma simétrica da nuvem de pontos sugere uma relação na variação temporal do NDVI com a LST. Embora algum tempo de retardamento seja necessário para que o NDVI responda a uma determinada deficiência hídrica em dado local (Goetz, 1997), é possível que uma deficiência hídrica tenha induzido a resposta fisiológica na cultura, associada a um aumento da LST da área observada. Entretanto, uma avaliação adicional mais aprofundada sobre o efeito da fração da cobertura da vegetação no incremento da LST pode contribuir na compreensão da relação da resposta termal característica associada ao crescimento da vegetação.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- CARLSON, T. N., GILLES, R. R., & PERRY, E. M., 1994, A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover. *Remote Sensing Reviews*, 9, 161– 173.
- FEPAGRO – Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, Boletim Meteorológico do Estado do Rio Grande do Sul, janeiro de 2007.
- FRIEDL, M. A., & DAVIS, F. W., 1994, Sources of variation in radiometric surface temperature over a tallgrass prairie. *Remote Sensing of Environment*, 48, 1 –17.

GILLIES, R. R., CARLSON, T. N., GUI, J., KUSTAS, W. P., & HUMES, K. S., 1997, A verification of the 'triangle' method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature. *International Journal of Remote Sensing*, 18 (15), 3145– 3166.

GOETZ, S. J., 1997, Multi-sensor analysis of NDVI, surface temperature and biophysical variables at a mixed grassland. *International Journal of Remote Sensing*, 18, 71-94.

GUPTA, R.K.; PRASAD, S.; SETHI, S.; SETHI, M.V.R.; VISWANADHAM, T.S., 1997, The estimation of surface temperature over an agricultural area in the state of Haryana and Panjab, India, and its relationship with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), using NOAA-AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, v.18, p.3729-3741.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>. Acessos diversos.

KOGAN, F. N., 2002, World droughts in the millennium from AVHRR-based vegetation health indices. *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, 83, 557-564.

KOGAN, F. N., GITELSON, A., ZAKARIN, E., SPIVAK, L., AND LEBED, L., 2003, AVHRR-Based Spectral Vegetation Index for Quantitative Assessment of Vegetation State and Productivity: Calibration and Validation. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69, 899-906.

KOGAN, F., STARK, R., GITELSON, A., JARGALSAIKHAN, L., DUGRAJAV, C., and TSOOJ, S., 2004, Derivation of pasture biomass in Mongolia from AVHRR-based vegetation health indices. *International Journal of Remote Sensing*, 25, 2889-2896.

KÖPPEN, W., 1948, *Climatologia: con un Estudio de los Climas de la Tierra*. Fondo de Cultura Económica, México, 466p.

LIU, W. T; KOGAN, F., 2002, Monitoring Brazilian soybean production using NOAA/AVHRR based vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing*, 23, 1161-1180.

MORAN, M. S., CLARKE, T. R., INOUE, Y., & VIDAL, A., 1994, Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 49, 246– 263.

MOTTA, J. L. G.; FONTANA, D. C. WEBER, E.; 2003, Temporal evolution of NDVI/NOAA in areas covered by pixels with variable proportion of soybean. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 11, 353-369.

PRICE, J. C., 1990, Using spatial context in satellite data to infer regional scale evapotranspiration. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 28, 940–948.

vegetation), NASA/GSFC type III Final Report, Greenbelt, MD.

SANDHOLT, L.; RASMUNSEN, K.; ANDERSEN, J., 2002, A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sensing of Environment*, 79, 213-224.

TAYLOR, J.C., SANNIER, C., DELINCÉ, J., GALLEGO, F.J., 1997, Regional crop inventories in Europe assisted by remote sensing: 1988-1993 Synthesis Report of the MARS Project. JRC, Ispra, Italy.