

CONDICÃO DE ÁREAS IRRIGADAS BASEADAS NO ESPAÇO TS-NDVI E TVDI

Roberto Filgueiras¹, Everardo Chartuni Mantovani², Daniel Althoff³, Luan Peroni Venancio⁴,
Fernando França da Cunha⁵

¹Doutorando em Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG, CEP: 36570-900, roberto.f.filgueiras@ufv.br; ² Prof. Titular Sênior do Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG, CEP: 36570-900, everardo@ufv.br; ³Mestrando em engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG, CEP:36570-900, daniel_althoff@hotmail.com; ⁴Doutorando em Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG, CEP: 36570-900, luan.venancio@ufv.br e ⁵Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG, CEP:36570-900

RESUMO

As condições hídricas de áreas irrigadas são parâmetros importante e que devem ser monitorados para garantir a viabilidade da atividade. O trabalho teve por objetivo fazer análise do espaço NDVI-Ts juntamente com o TVDI para poder inferir na atual situação hídrica de áreas no campo, podendo segregar áreas bem irrigadas das demais. A metodologia utilizada mostrou-se extremamente útil, apesar de simples. Dessa forma, pode-se recomendar o NDVI-Ts e o TVDI para análises em áreas irrigadas, auxiliando o tomador de decisão no campo.

Palavras-chave — agricultura irrigada, manejo, Landsat-8, método do triângulo.

ABSTRACT

Water conditions in irrigated areas are important parameters and must be monitored to ensure the viability of the activity. The aim of this work was to analyze the NDVI-Ts space together with the TVDI in order to infer the current water situation of the areas in the field, and to segregate well irrigated areas of the others conditions areas. The methodology used was extremely useful, although simple. Thus, NDVI-Ts and TVDI can be recommended for analysis in irrigated areas, assisting the decision maker in the field.

Key words - irrigated agricultural management, Landsat-8, triangle method.

1. INTRODUÇÃO

A aquisição de informações referentes às condições hídricas em que as culturas se encontram é fator decisivo no manejo das mesmas, visto que é por meio dessas que se balizam os planos de ações em busca de uma maior eficiência na produção agrícola. Para tal, dados provenientes de sensoriamento remoto orbital são frequentemente relacionados a variáveis biofísicas [1], como a evapotranspiração [2] e umidade do solo [3]. Nesse contexto, para que se possa extrair informações que sejam relevantes e decisivas para a sustentabilidade agrícola, é de extrema importância o aprimoramento das análises provenientes dessa fonte de informação. Os índices de vegetação, como por exemplo, o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), é uma fonte de dados que, se obtido e interpretado de modo

correto, pode oferecer informações valiosas sobre a área monitorada.

Esses índices estão associados à diversos parâmetros biofísicos das culturas [4], podendo expressar a capacidade produtiva [5], assim como com a variabilidade da evapotranspiração da área observada [6]. Outra informação relevante no manejo agrícola é referente à banda termal, a qual pode se extrair dados de temperatura da superfície (Ts). Essa informação está diretamente associada às questões hídricas da paisagem monitorada [7]. Entretanto, quando informações de índices de vegetação e da banda termal são trabalhadas de maneira isolada, perde-se a oportunidade de obter conclusões importantes, fato que faz com seja importante o cruzamento de informações das diferentes partes do espectro eletromagnético.

Levando em consideração que a associação destas informações espectrais pode contribuir na compreensão da dinâmica de áreas agrícolas, o objetivo do trabalho é, por meio do espaço Ts-NDVI e consequentemente do *Temperature/Vegetation Dryness Index* - TVDI, avaliar o comportamento e extrair informações relativas ao ciclo fenológico e ao manejo da irrigação realizado em áreas de milho irrigadas por sistemas de pivôs centrais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma fazenda comercial localizada no município de São Desidério, região oeste do estado da Bahia, a qual está localizada na principal fronteira agrícola do Brasil, denominada de Matopiba (Figura 1).

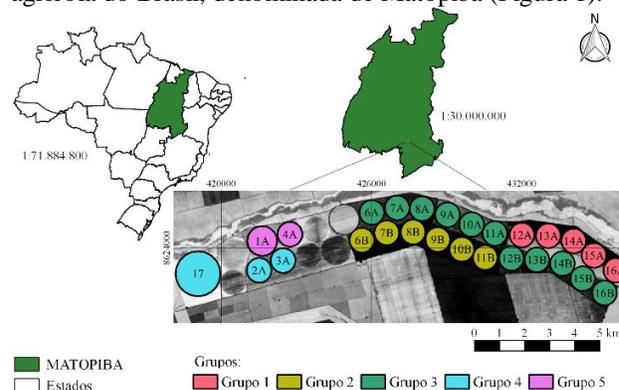


Figura 1. Localização da área de estudo em relação ao Brasil e a fronteira agrícola MATOPIBA.

Os pivôs centrais da propriedade foram separados em grupos (Figura 1), de acordo com a similaridade agrônômica (data de plantio) de cada pivô ao longo do monitoramento (Tabela 1).

Tabela 1. Data de plantio dos pivôs utilizados nas análises.

Pivô central	Data de plantio	Pivô central	Data de plantio	Pivô central	Data de plantio
1A	20/05/2015	11A	Pousio	9B	25/05/2015
2A	18/04/2015	12A	09/05/2015	10B	24/05/2015
3A	12/04/2015	13A	12/05/2015	11B	23/05/2015
4A	21/05/2015	14A	13/05/2015	12B	Pousio
6A	Pousio	15A	15/05/2015	13B	Pousio
7A	Pousio	16A	16/05/2015	14B	Pousio
8A	Pousio	6B	28/05/2015	15B	Pousio
9A	Pousio	7B	27/05/2015	16B	Pousio
10A	Pousio	8B	26/05/2015	17	14/04/2015

Foram utilizadas sete imagens do satélite Landsat-8, as quais pertencem a órbita/ponto 220/069, correspondendo às datas: 25/05/2015; 10/06/2015; 28/07/2015; 13/08/2015; 29/08/2015; 14/09/2015 e 30/09/2015. A seleção das imagens compreendeu dois aspectos: época em que a propriedade estava com o maior número de pivôs plantados com a cultura do milho e ausência de nuvens.

Posterior à seleção das datas e download das imagens, procedeu-se com o pré-processamento, em que foram realizados a conversão de números digitais para reflectância aparente, seguido da correção atmosférica pelo método DOS1 (*dark object subtraction*) [8], para as imagens referentes ao espectro de ondas curtas. O pré-processamento relativo à banda 10 (termal) correspondeu à conversão dos números digitais para radiância.

Após a obtenção das reflectâncias da superfície, utilizaram-se as bandas 04 (espectro do vermelho) e 05 (espectro do infravermelho próximo), para se calcular o NDVI, conforme Equação 1:

$$NDVI = \frac{(\rho_{iv} - \rho_v)}{(\rho_{iv} + \rho_v)} \quad \text{Eq. 1}$$

em que ρ_{iv} é a reflectância correspondente ao espectro do infravermelho próximo e ρ_v , correspondente ao espectro do vermelho.

A estimativa da temperatura da superfície foi realizada em dois procedimentos, sendo o primeiro o cômputo da temperatura de brilho, conforme Equação 2, e o segundo, a estimativa propriamente dita da temperatura da superfície Equação 3, segundo metodologia proposta por [6].

$$T_{bri} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad \text{Eq. 2}$$

em que T_{bri} a temperatura de brilho; K_1 e K_2 constantes de conversão térmica específica para a banda 10 do satélite. As constantes para a conversão de número digital para L_λ (radiância banda 10) são encontradas no arquivo metadados da imagem.

A Equação 3 foi baseada no modelo SAFER (*Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving*). O modelo proposto por [6], na etapa da estimativa da temperatura de superfície faz uso de uma equação de regressão linear para relacionar T_s com T_{bri} (Equação 3). Este modelo requer informação da T_{bri} , baseada na inversão da Equação de Planck, como descrito na Equação 2.

$$T_s = 1,0694T_{bri} - 20,173 \quad \text{Eq. 3}$$

Posterior a obtenção do NDVI e da T_s , construiu-se o espaço T_s -NDVI e a partir disso obteve-se o TVDI por meio da Equação 4 [9].

$$TVDI = \frac{T_s - T_{smin}}{T_{smax} + T_{smin}} \quad \text{Eq. 4}$$

sendo T_s a temperatura da superfície; T_{smin} a temperatura mínima da superfície para o dia de análise no pivô central e a T_{smax} a temperatura da superfície máxima. Entretanto, como o pivô central apresenta diversas temperaturas máximas que variam diretamente com o vigor vegetativo da cultura presente na área, foi necessário modelar uma equação linear ($T_{smax} = a + bNDVI$) na qual foram utilizados os 1% maiores valores de T_s para cada intervalo de NDVI dos pivôs centrais. Realizado esse procedimento, modelou-se T_{smax} para a Equação 4, que também pode ser denominada de hipotenusa do espaço T_s -NDVI, ou até mesmo como sendo a linha seca ou a linha de estresse hídrico da área em referência.

A análise da situação dos pivôs centrais, no que se refere às condições hídricas e estágio de desenvolvimento fenológico, foi averiguada por meio do espaço NDVI- T_s e pelo TVDI confrontados com dados de campo (plantio e irrigação). Essas análises apresentam características adicionais que não são perceptíveis quando se analisa de modo individual o NDVI e a T_s .

3. RESULTADOS

Está apresentado na Figura 2 a relação da T_s com o NDVI, denominado de espaço NDVI- T_s . A relação dessas duas variáveis nos permite estratificar a real situação hídrica da cultura no campo, visto que a interpretação da mesma é realizada considerando a estrutura de um triângulo, onde o cateto oposto representa a linha do solo, variando a umidade de acordo com a variação da temperatura da superfície e o cateto adjacente representa a linha da vegetação, onde a variação da mesma se dá de acordo com os diferentes vigores das culturas. A hipotenusa do triângulo faz referência a relação tanto da variação da biomassa quanto da disponibilidade hídrica para a planta.

Está apresentado na Figura 3 as condições hídricas, de modo espacial, de cada pivô central ao longo das datas analisadas. Essa representação é efetivada por meio do índice TVDI, que considera em sua estimativa, tantos dados de temperatura da superfície, quanto dados de NDVI, o que faz com que esse cômputo seja sensível ao estresse hídrico.

4.DISSCUSSÃO

Ao interpretar a situação do grupo 1, por exemplo, nota-se que na Figura 2A esse grupo encontrava-se com os pontos da dispersão aglomerados na porção de baixas temperaturas,

com baixos valores de NDVI, o que permite inferir, que esse grupo estava com solo exposto [4] nessa data, porém, encontrava-se com elevada umidade na superfície, visto que estava com Ts mais amena que as demais regiões.

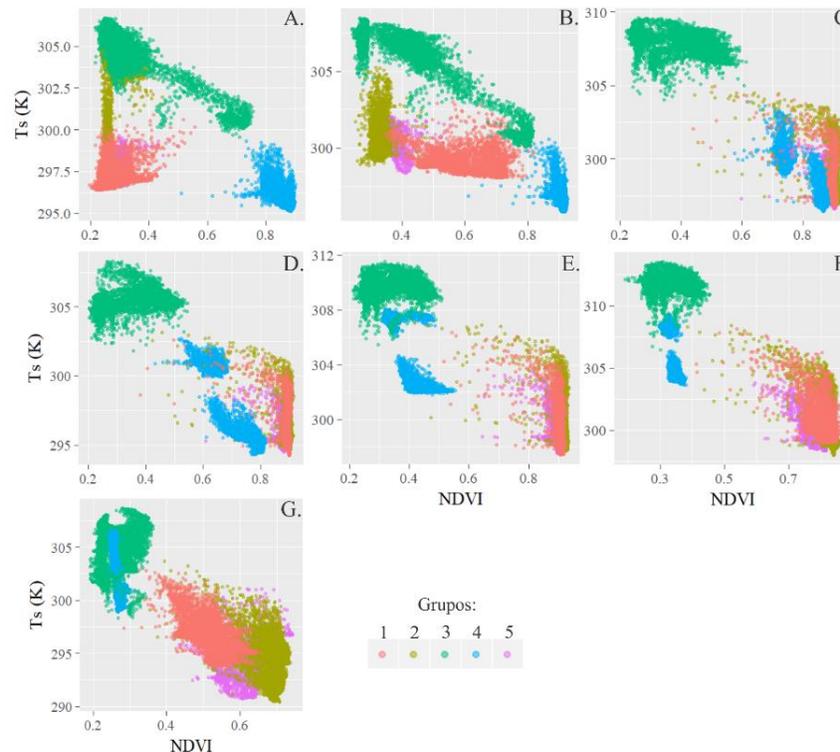


Figura 2. Espaço NDVI-TS para os grupos de pivôs centrais, nas datas: 25/05/2015(A); 10/06/2015 (B); 28/07/2015 (C); 13/08/2015 (D); 29/08/2015 (E) 14/09/2015 (F) e 30/09/2015 (G).

Acompanhando as demais datas para esse grupo, nota-se claramente o deslocamento que o mesmo apresentou no espaço NDVI-Ts, ao longo da evolução do ciclo fenológico da cultura. Esse movimento no espaço NDVI-Ts, principalmente nas Figuras 2B e 2C, demonstra o aumento do vigor vegetativo, sem que seja alterada a Ts em relação aos demais grupos, o que permite concluir que este grupo estava sendo irrigado nessas datas. Na Figura 2D e 2E nota-se padrão similar no espaço NDVI-Ts para o grupo 1, entretanto, percebe-se que apesar da cultura encontrar com o seu máximo vigor vegetativo, a mesma apresenta-se com elevada variabilidade de Ts, o que pode gerar um alerta no que se relaciona a aplicação de água pelos emissores dos pivôs desse grupo, ou apenas informar que o grupo de pivôs centrais apresenta diferentes estádios fenológicos e portanto, diferentes irrigações. Para tomadas de decisão mais assertivas no campo, talvez fosse mais oportuno a criação do espaço NDVI-Ts para cada um dos pivôs centrais, para se assegurar que a variabilidade de Ts não está representada pelos diferentes manejos de irrigação dos pivôs no grupo e, sim, a variabilidade da irrigação em si.

Na Figura 3F percebe-se um aumento da dispersão dos pontos do grupo 1, com deslocamento para esquerda no cateto adjacente (redução do NDVI) e deslocamento vertical no

cateto oposto (aumento da temperatura), comportamento resultantes da chegada na senescência e diminuição das irrigações neste período, respectivamente, fato que é confirmado pela Figura 3G.

Na revisão de [10], esses autores discutem e fazem interpretações físicas sobre o espaço NDVI-Ts, deixando claro que o ponto de menor temperatura e menor NDVI é a parte da superfície com maior evaporação, ao passo que os pontos da região de maior temperatura da superfície com o mínimo NDVI, representam as superfícies de menor evaporação. Esses autores ainda destacam as regiões de menor temperatura com máximo NDVI como as regiões de máxima transpiração, e máximo NDVI seguido de temperaturas mais elevadas o de mínima transpiração.

O TVDI apresentado na Figura 4 ressalta de modo espacializado as condições hídricas das áreas, facilitando o monitoramento do manejo da irrigação. O TVDI é uma abordagem sensível ao vigor vegetativo e as condições hídricas das plantas, o que deve ao fato do NDVI e Ts serem utilizados de modo que um complementa o outro.

[9] concluíram que o TVDI está relacionado os padrões espaciais de umidade da superfície do solo, sendo um índice com potencial para uso como indicador de umidade do solo.

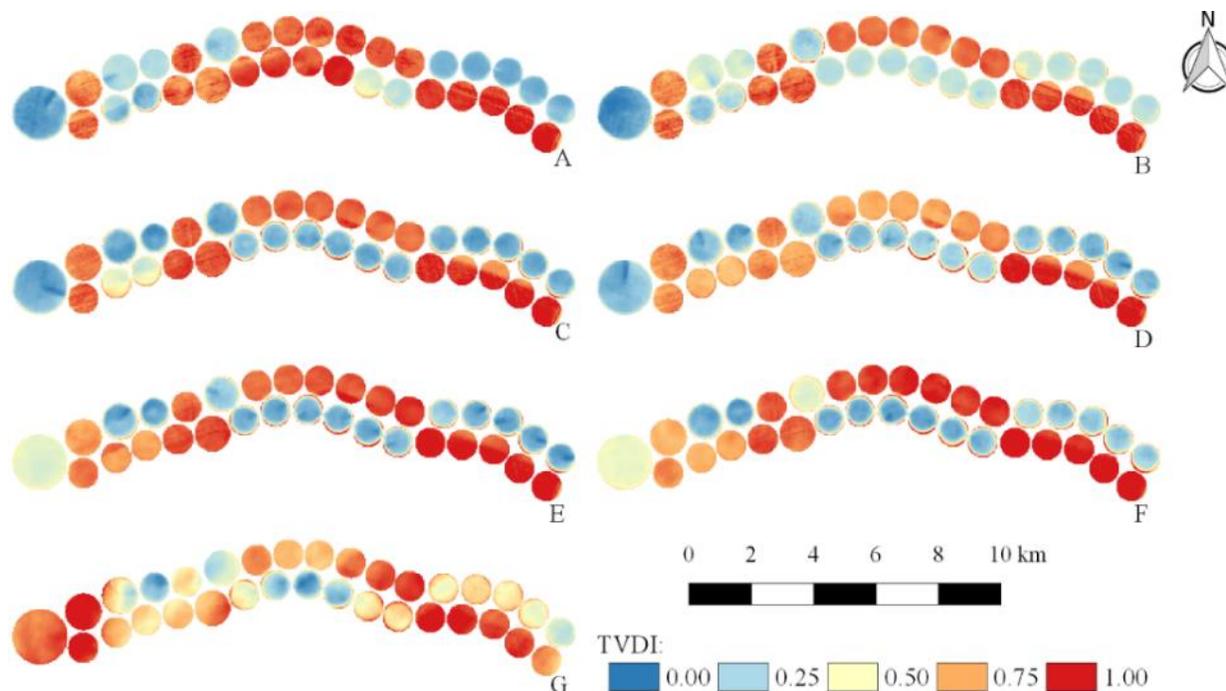


Figura 4. Imagem TVDI para os pivôs centrais utilizados na análise do espaço NDVI-Ts, nas seguintes datas: 25/05/2015(A); 10/06/2015 (B); 28/07/2015 (C); 13/08/2015 (D); 29/08/2015 (E) 14/09/2015 (F) e 30/09/2015 (G)

5. CONCLUSÕES

Com a interpretação do espaço NDVI-Ts pode se inferir importantes questões que auxiliam o agricultor a tomar decisões no manejo de suas culturas, visto que esse espaço é sensível ao vigor da cultura, assim como a questões hídricas da mesma. A partir da análise do espaço NDVI-Ts pode-se encontrar o melhor momento para a suspensão da irrigação, ou até mesmo inferir sobre a uniformidade da temperatura da superfície dos grupos, fato que, possivelmente estará sendo refletido na uniformidade da distribuição de água pelo sistema.

O TVDI otimiza a inspeção no campo para averiguar e solucionar os problemas indicados no espaço NDVI-Ts, visto que esse índice apresenta os locais problemáticos.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Ribeiro, R. B.; Filgueiras, R.; Ramos, M. C. A. e Nascimento, C. R. “Análise Temporal das Variações de Parâmetros Biofísicos da Cana-de-Açúcar em Jaíba - MG”, *Nativa*, vol. 3, nº 3, p. 150–155, set. 2015.
- [2] Allen, R. G. *et al.*, “Automated Calibration of the METRIC-Landsat Evapotranspiration Process”, *JAWRA J. Am. Water Resour. Assoc.*, vol. 49, nº 3, p. 563–576, jun. 2013.
- [3] Ahmad, S.; Kalra, A. e Stephen, H. “Estimating soil moisture using remote sensing data: A machine learning approach”, *Adv. Water Resour.*, vol. 33, nº 1, p. 69–80, jan. 2010.
- [4] Araújo, G. L.; Almeida, T. S.; Mantovani, E. C.; Oliveira, L. A. e Azeredo, R. A. “Respostas espectrais e análise do índice de vegetação normalizado (ndvi) na cultura do milho irrigado”, *An. Semin. Científico FACIG*, nº 1, 2017.
- [5] Bertolin, N. O.; Filgueiras, R.; Venancio, L. P. e Mantovani, E. C. “Predição da produtividade de milho irrigado com auxílio de imagens de satélite”, *Rev. Bras. Agric. Irrig.*, vol. 11, nº 4, p. 1627–1638, jul. 2017.
- [6] Teixeira, A. H.C. “Determining regional actual evapotranspiration of irrigated crops and natural vegetation in the São Francisco River Basin (Brazil) using remote sensing and Penman-Monteith Equation”, *Remote Sens.*, vol. 2, nº 5, p. 1287–1319, 2010.
- [7] Holzman, M. E.; Rivas, R. e Piccolo, M. C. “Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index”, *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation*, vol. 28, p. 181–192, maio 2014.
- [8] Chavez, P. S. “An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data”, *Remote Sens. Environ.*, vol. 24, nº 3, p. 459–479, 1988.
- [9] Sandholt, I.; Rasmussen, K. e Andersen, J. “A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status”, *Remote Sens. Environ.*, vol. 79, nº 2, p. 213–224, 2002.
- [10] Petropoulos, G.; Carlson, T. N.; Wooster, M. J. e Islam, S. “A review of Ts/VI remote sensing based methods for the retrieval of land surface energy fluxes and soil surface moisture”, *Prog. Phys. Geogr.*, vol. 33, nº 2, p. 224–250, abr. 2009.