

MONITORAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DURANTE O PERÍODO DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO

C. J. M. V. Bariani¹, N. M. V. Bariani², G. C. M. Neto³

RESUMO: O conhecimento da variabilidade da vegetação em diferentes períodos do ciclo de desenvolvimento das culturas agrícolas pode servir como indicador de anomalias nutricionais, falhas de irrigação, doenças, pragas entre outros fenômenos que afetem a saúde da vegetação. Seu conhecimento torna-se importante para apoio ao planejamento estratégico e tomada de decisão dos técnicos responsáveis pelos empreendimentos agrícolas, pois serve como indicador da necessidade de manejo. Avaliou-se a variabilidade espacial de três talhões da cultura de arroz irrigado com as cultivares IRGA 429 (24ha) e IRGA 424RI (60 e 100 ha), ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, para a safra 2016/2017. Foram extraídos índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI) de 10 imagens do satélite Landsat8/OLI nas órbitas 224 e 225 no ponto 80. Estatística descritiva dos valores de NDVI foi determinada para cada imagem ao longo do período de desenvolvimento do arroz (novembro a março). Conclui-se que os coeficientes de variação e outros indicadores analisados podem auxiliar na tomada de decisão do manejo da lavoura.

PALAVRAS-CHAVE: Coeficiente de variação, indicador de manejo agrícola, estatística descritiva do NDVI

MONITORING SPACE VARIABILITY DURING THE GROWTH SEASON OF IRRIGATED RICE CULTURE

SUMMARY: Assessment of vegetation variability in different periods of the crop development cycle can serve as an indicator of nutritional anomalies, irrigation failures, diseases, pests and other phenomena affecting vegetation health. Their knowledge becomes important to support the strategic planning and decision making of the technicians responsible for agricultural enterprises, as it serves as an indicator of the need for management. The spatial variability of

¹ Dr^a em Ciência do Solo, Diretora da Empresa CV Monitoramento Agrícola e Ambiental, Acadêmica Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Itaqui. Email: cassiane.victoria@gmail.com

² Dr. em Física, Professor Associado, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Itaqui. Email: nelsonbariani@unipampa.edu.br

³ MSc. em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Pesquisador Responsável pelo 19^o NATE, Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), Itaqui. Email: itaqui@irga.rs.gov.br

three plots of irrigated rice crop with the cultivars IRGA 429 (24ha) and IRGA 424RI (60 and 100 ha) throughout the growth cycle for the 2016/2017 season was evaluated. For this purpose, normalized difference vegetation indices (NDVI) were extracted from ten Landsat8 / OLI satellite images at path/row 224/80 and 225/80. Descriptive statistics of NDVI values were determined for each image over the rice development period (November to March). It is concluded that the coefficients of variation and other statistical indicators analyzed in this work can aid in the decision making of crop management.

KEYWORDS: Coefficient of variation, agricultural management indicator, descriptive statistics of NDVI

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma das culturas mais importantes, sendo o segundo cereal mais cultivado no mundo e o primeiro considerando o consumo direto pelo ser humano. Mais de 1 bilhão de pessoas dependem do arroz como base alimentar e meio de subsistência. Porém a produção de arroz enfrenta grandes desafios na próxima década devido ao aumento dos custos de produção, pressões dos recursos naturais, mudanças climáticas, crescimento populacional, mudança nos hábitos alimentares e desenvolvimento econômico (TORBICK *et al.*, 2017).

Existe uma forte necessidade de um meio eficaz para monitorar o cultivo do arroz, fornecer e melhorar a informação sobre a lavoura e condições de crescimento para apoiar a tomada de decisão anteriormente às possíveis quedas na produtividade que possam vir a ocorrer.

O sensoriamento remoto fornece a tecnologia e metodologia essenciais para monitorar, mapear e observar as lavouras de arroz, sendo capaz de fornecer informações oportunas e confiáveis para vários fins relacionados aos sistemas agrícolas do arroz (KUENZER e KNAUER, 2013), em intervalos de tempo suficientes para interpretar as mudanças que possam vir causar danos econômicos e queda na produtividade.

Esta pesquisa sugere a análise da variabilidade do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em lavouras de arroz irrigados ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura com o objetivo de apoio ao planejamento estratégico e tomada de decisão nos empreendimentos agrícolas, pois pode servir como indicador da necessidade de manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram monitoradas três lavouras de arroz irrigado com as cultivares IRGA 429, em um campo com 24 hectares de área, e IRGA 424RI em dois campos, um com 60 ha e outro com 100 ha (Figura 1), no município de Itaqui localizado na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

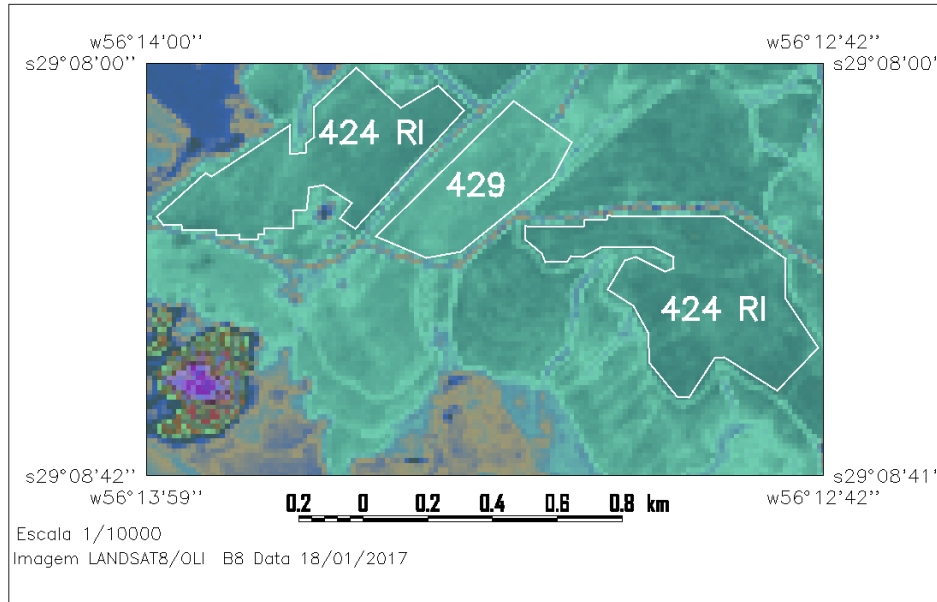


Figura 1. Delimitação e identificação das lavouras de arroz irrigado monitoradas.

Utilizou-se 10 imagens do satélite LANDSAT8/OLI, na órbita 224/80 e 225/80 entre os meses de setembro a março de 2016/2017.

As imagens da área de estudo foram submetidas a correções radiométricas e geométricas. Os procedimentos foram executados no software Spring GIS do INPE (CÂMARA *et al.*, 1996). Em um primeiro momento foram feitos os procedimentos de registro, contraste, composição colorida RGB e vetorização das parcelas agrícolas. Em um segundo momento foi realizado o cálculo de reflectâncias e extração de índice de vegetação. A correção atmosférica foi realizada localmente na imagem, por um procedimento adaptado de Chavez *et al.* (1996).

O NDVI foi calculado de acordo com Rouse *et al.* (1974), onde a normalização é feita pela equação:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (1)$$

Onde ρ_{nir} é o valor da reflectância na faixa do infravermelho próximo; e ρ_{red} é o valor da reflectância na faixa do vermelho do visível.

O mapeamento da distribuição espacial do NDVI foi feito convertendo a escala de cinza para tonalidades baseadas em 3 cores que diferenciam valores negativos, ao redor de zero e positivos do NDVI.

Estatísticas descritivas foram obtidas para os valores de NDVI do conjunto de pixels de cada talhão analisado, incluindo: número de pixels, mínimo, máximo, amplitude, média, variância, desvio padrão, assimetria, curtose, coeficiente de variação, mediana, moda. O procedimento foi aplicado com base nos polígonos representativos dos limites de cada talhão, usando as ferramentas de análise de polígonos.

A uniformidade da lavoura em cada período analisado foi avaliada a partir do coeficiente de variação das imagens NDVI. Observações a campo validaram qualitativamente as informações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 10 imagens processadas escolheram-se, para a análise, as com menor interferência de nuvens e correspondentes a diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Na Figura 2 encontram-se as imagens adquiridas para o período.

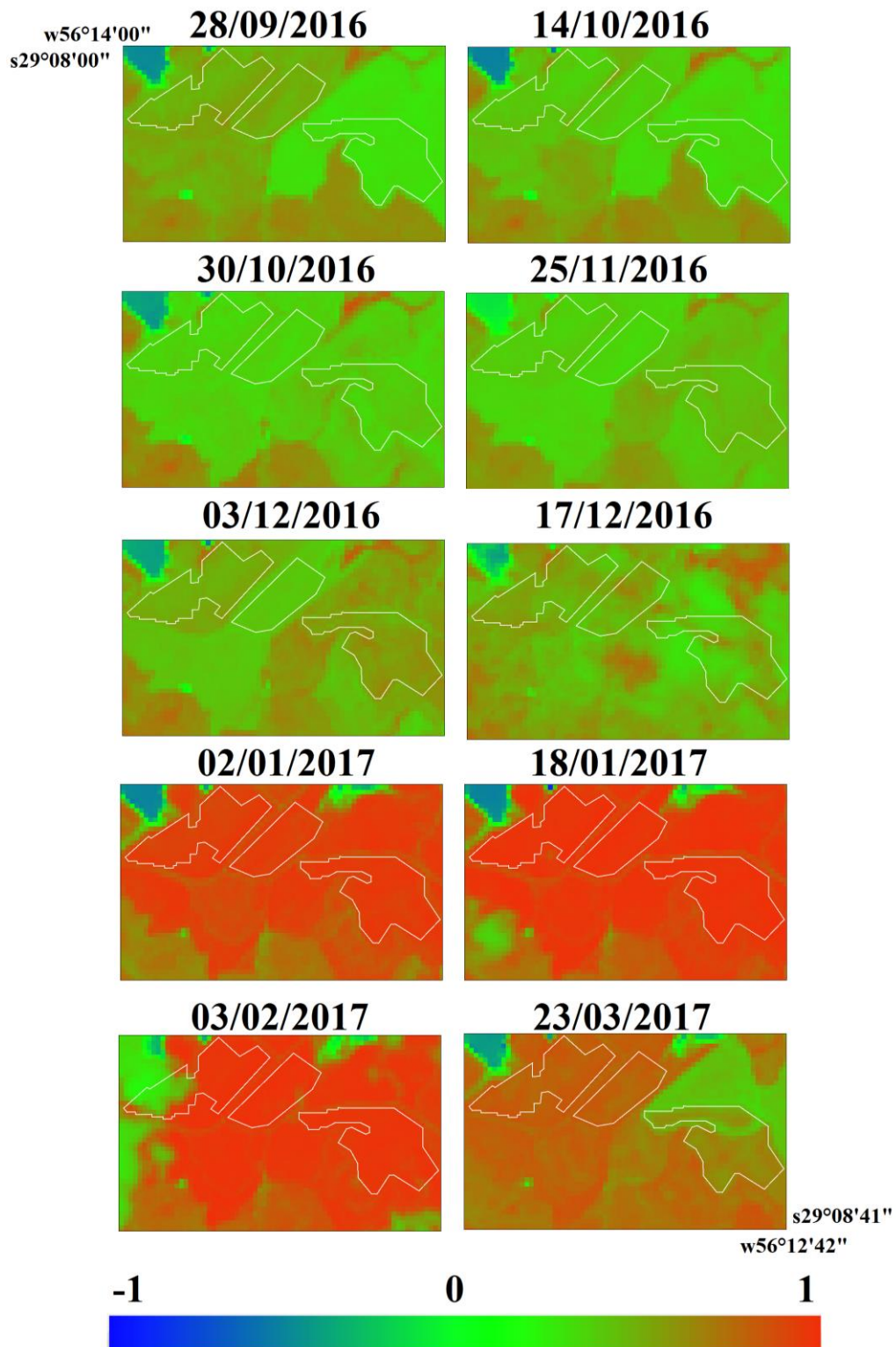


Figura 2. Imageamento multitemporal do NDVI das lavouras de arroz irrigado safra 2016/2017.

As imagens selecionadas na Figura 2 foram: de 25/11/2016 correspondente à emergência das cultivares; 03/12/2016 que marca o período de desenvolvimento vegetativo; 02/01/2017 e 18/01/2017 correspondentes à fase reprodutiva da cultura do arroz irrigado e a imagem de 23/03/2017 marcada pela senescência da cultura.

Por meio dos indicadores da estatística descritiva do conjunto de valores de NDVI dos pixels de cada talhão, foi analisada a variabilidade nas diferentes fases do ciclo do arroz, para cada lavoura (Tabela 1). Um indicador adequado para a comparação da variabilidade espacial entre diferentes datas foi o coeficiente de variação (CV), que é a relação percentual entre o desvio padrão e a média, permitindo uma comparação mais intuitiva da magnitude da variação. Observa-se que o CV atingiu valores entre 4.1 a 5.55% no período de emergência das duas cultivares. No período de desenvolvimento vegetativo, o CV aumentou nos dois campos com a cultivar IRGA 424 RI, chegando a 7.7% e diminuindo para 2.89% na cultivar IRGA 429.

Para o estágio reprodutivo observa-se uma diminuição da variabilidade e uma característica linear para as duas cultivares nos três campos com valores que variam de 1.08% a 2.2% para as duas imagens analisadas neste período. Esse declínio ocorre devido a cobertura do solo/lâmina d'água pelo dossel que é quase máxima e com coloração uniforme das folhas neste período (VERHULST e GOVARETS, 2010).

A senescência foi marcada por valores de CV de 3.77% para a cultivar IRGA 429; 7.6% para a cultivar IRGA 424 RI no campo de 100 hectares; e para o campo de 60 hectares o CV aumentou, chegando a 13.3%.

Tabela 1. Estatística descritiva do conjunto de valores de NDVI dos pixels de cada imagem analisada nas diferentes fases do ciclo do arroz para cada lavoura.

| Fase/Imagem | Média | Mediana | Mínimo | Máximo | DP | CV(%) | Curtose | Ass. |
|-----------------------------------|-------|---------|--------|--------|------|-------|---------|-------|
| 24 HECTARES - IRGA 429 | | | | | | | | |
| Emergência (25/11/16) | 0.24 | 0.24 | 0.21 | 0.26 | 0.01 | 4.10 | 2.58 | -0.28 |
| Vegetativo (03/12/16) | 0.30 | 0.30 | 0.28 | 0.32 | 0.01 | 2.89 | 2.31 | 0.26 |
| Reprodutivo (02/01/17) | 0.80 | 0.80 | 0.73 | 0.83 | 0.02 | 1.98 | 4.11 | -0.77 |
| Reprodutivo (18/01/17) | 0.84 | 0.84 | 0.81 | 0.86 | 0.01 | 1.26 | 3.04 | -0.52 |
| Senescência (23/03/17) | 0.67 | 0.67 | 0.59 | 0.71 | 0.03 | 3.77 | 2.55 | -0.37 |
| 60 HECTARES - IRGA 424RI | | | | | | | | |
| Emergência (25/11/16) | 0.33 | 0.33 | 0.30 | 0.38 | 0.02 | 5.55 | 2.49 | 0.42 |
| Vegetativo (03/12/16) | 0.46 | 0.46 | 0.33 | 0.55 | 0.04 | 7.69 | 3.46 | -0.31 |
| Reprodutivo (02/01/17) | 0.81 | 0.81 | 0.76 | 0.85 | 0.01 | 1.78 | 3.43 | -0.63 |
| Reprodutivo (18/01/17) | 0.84 | 0.84 | 0.80 | 0.86 | 0.01 | 1.08 | 4.26 | -0.86 |
| Senescência (23/03/17) | 0.50 | 0.51 | 0.26 | 0.60 | 0.07 | 13.30 | 4.00 | -1.21 |
| 100 HECTARES - IRGA 424RI | | | | | | | | |
| Emergência (25/11/16) | 0.27 | 0.27 | 0.25 | 0.34 | 0.01 | 4.72 | 6.34 | 1.13 |
| Vegetativo (03/12/16) | 0.40 | 0.39 | 0.35 | 0.50 | 0.02 | 5.89 | 5.97 | 1.29 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Reprodutivo (02/01/17) | 0.80 | 0.79 | 0.75 | 0.84 | 0.02 | 2.20 | 3.12 | -0.12 |
| Reprodutivo (18/01/17) | 0.84 | 0.84 | 0.80 | 0.86 | 0.01 | 1.17 | 3.18 | 0.00 |
| Senescência (23/03/17) | 0.39 | 0.38 | 0.31 | 0.48 | 0.03 | 7.60 | 2.96 | 0.46 |

DP = Desvio padrão; CV = Coeficiente de variação; Ass. = Assimetria.

Durante o ciclo da cultura observou-se uma maior variabilidade espacial nos dois campos com a cultivar IRGA 424RI, em especial nas datas de 03/12/16 correspondente ao período vegetativo e em 23/03/17 na senescência. No período vegetativo se define o número de panículas por metro quadrado o que pode afetar o rendimento dos grãos de arroz (SOSBAI, 2016).

A data de 03/12/16 marca o período vegetativo após 8 dias da emergência (25/11/16) da cultivar. Neste período se inicia o perfilhamento, quando ocorre a primeira adubação nitrogenada e a entrada da água. A irrigação, na grande maioria das lavouras, é pouco planejada, embora se tenha o domínio da água. A inundação ocorre a partir de patamares mais altos, sendo a água conduzida por gravidade, mantendo-se uma lâmina de água por meio de taipas construídas com diferença de nível de 5 a 10 cm (SOSBAI, 2016). O coeficiente de variação maior de 7%, no período vegetativo, na lavoura de 60 hectares com a cultivar IRGA 424RI pode estar associado com a pouca vazão com que a água irrigou esta lavoura, neste período.

A água de irrigação da lavoura de 60 hectares provém de uma barragem distante a 1,5 km, enquanto que a lavoura de 100 hectares está localizada ao lado da barragem (Figura 1). Sabe-se que a necessidade de água do arroz irrigado por inundação do solo é alta, variando, porém, com as condições climáticas, atributos de solo, manejo da cultura. Também as perdas em canais, a localização da fonte de captação de água e a profundidade do lençol freático influenciam o volume de água requerido pela cultura (SOSBAI, 2016).

Segundo informações a campo a entrada da água ocorreu com pouca vazão na lavoura de 60 hectares, devido a longa distância percorrida pelos canais de irrigação, o que pode ter ocasionado a maior desuniformidade neste período, evidenciado pelo CV (7.69%). Este fato também pode ter influenciado a alta desuniformidade no final do ciclo de desenvolvimento dessa lavoura com CV acima de 13%, pois o período vegetativo analisado pode comprometer o rendimento dos grãos, caso ocorra alguma anomalia na lavoura. Estas variações identificadas nestes períodos (vegetativo e senescência) também podem estar relacionadas com a produtividade dessas lavouras que foram de 10474kg/ha na lavoura de 100 hectares e 9814 kg/ha na lavoura de 60 hectares.

O manejo da água em arroz irrigado por inundação é fundamental para o desempenho e uniformidade da cultura. A água, além de influir no aspecto físico das plantas de arroz, interfere na disponibilidade de nutrientes, na população e espécies de plantas daninhas e na incidência de determinados insetos-pragas e doenças (SOSBAI, 2016).

CONCLUSÕES

De modo geral houve maior variabilidade espacial nas três lavouras analisadas para o início do ciclo de desenvolvimento, da emergência ao estágio vegetativo. Depois dessa fase inicial o dossel começou a fechar e o CV declinou, devido a cobertura do solo pelo dossel vegetal e a uniformidade da coloração das folhas neste período. No final do ciclo os CV aumentaram novamente.

Há evidências que os CV podem servir de indicadores de uniformidade para a cultura do arroz irrigado, podendo ser relacionados com o desempenho final da cultura, principalmente quando o CV fica acima de 7% no início e 13% no final do ciclo de desenvolvimento, podendo esses indicar sinal de estresse da vegetação e possível dano econômico.

Mais estudos são necessários em diferentes campos de arroz irrigado para verificar a correlação dos CV com a uniformidade dos cultivos e conseqüentemente a sua produtividade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) e a Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) pelo apoio institucional. Agradecem ainda a empresa CV Monitoramento Agrícola e Ambiental pela colaboração na execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

CÂMARA, GILBERTO; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. C. P. Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, Maio 1996.

CHAVEZ, J. Image-based atmospheric corrections – revisited and improved. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 62, n. 9, 1996. 1025-1036.

KUENZER, C.; KNAUER, K. Remote sensing of rice crop areas. **International Journal of Remote Sensing**, 2013. 2101-2139.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS**. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Greenbelt: NASA. 1974.

SOSBAI, R. T. D. C. D. A. I. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. ISBN 978-85-69582-02-1. ed. Pelotas: [s.n.], 2016. 200 p.

TORBICK, NATHAN; CHOWDHURY, DIYA; SALAS, WILLIAM; QI, JIAGUO. Monitoring Rice Agriculture across Myanmar Using Time Series Sentinel-1 Assisted by Landsat-8 and PALSAR-2. **Remote Sensing**, v. 9, n. 119, 2017.

VERHULST, N.; GOVARETS, B. The normalized difference vegetation index (NDVI) Green Seeker TM handheld sensor: Toward the integrated evaluation of crop management. Part A: Concepts and case studies. **International Maize and Wheat Improvement Center - CIMMYT**, México, 2010.