

SATURAÇÃO DE ÍNDICES VEGETATIVOS NO ESPECTRO DO VISÍVEL NA CULTURA DO MILHO

LEONARDO PINTO DE MAGALHÃES¹, FABRÍCIO ROSSI²

¹ Doutor, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, leonardo.magalhaes@usp.br

² Prof. Associado., Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, fabricio.rossi@usp.br

Apresentado no

LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 - Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Os índices vegetativos na faixa do visível têm sido propostos como alternativas no monitoramento agrícola devido a serem mais acessíveis, não demandarem a necessidade de câmeras especiais e por terem menor saturação. Porém, há poucos estudos sobre a temática de saturação dos índices vegetativos na faixa do visível. Por isso, o presente trabalho avaliou a correlação de Pearson de quatro índices vegetativos (VARI, Gn, VEG, TGI) em relação ao índice de área foliar do milho. Os resultados obtidos demonstraram que a saturação ocorreu com valores acima de $3 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ do IAF para todos os índices avaliados. Índices mais sensíveis ao verde, como o VARI e o VEG, saturam em valores maiores do IAF, porém têm menor correlação com esta característica da planta após a mesma atingir seu máximo IAF.

PALAVRAS-CHAVE: ZEA MAYS, SENSORIAMENTO REMOTO, AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA

SATURATION OF VEGETATIVE INDEXES IN THE VISIBLE SPECTRUM IN CORN CULTURE

ABSTRACT: Vegetative index in the visible reflectance have been proposed as alternatives in agricultural monitoring because they are more accessible, do not require the need for special cameras and have lower saturation. However, there are few studies on the subject of saturation of vegetative indices in the visible range. Therefore, the present work evaluated the Pearson correlation of four vegetative indices in relation to the corn leaf area index. The results obtained showed that saturation occurred with values above $3 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ of the LAI for all evaluated indexes.

KEYWORDS: ZEA MAYS, REMOTE SENSING, REMOTELY PILOTED AIRCRAFT

INTRODUÇÃO: Dados obtidos via sensoriamento remoto, a depender da qualidade do sensor utilizado, podem fornecer informações importantes para gerenciamento das culturas e mensuração da produtividade

(MULLA, 2013). Porém, alguns índices sofrem saturação e tem seu efeito reduzido. Hunt et al. (2005), por exemplo, observaram insensibilidade de índices vegetativos no RGB (*red, green e blue*) após o fechamento do dossel de algumas culturas como o milho. Esse fato, a insensibilização ou saturação do índice, pode levar a uma subestimação de fatores como a produção de biomassa (YUE et al., 2019). Jin et al. (2020) apontam que a utilização de câmeras no RGB para monitoramento de fatores de desenvolvimento das culturas leva a uma economia, pois as mesmas são mais baratas do que as câmeras multiespectrais. E também, as câmeras no espectro do visível têm potencial semelhante ao de sensores mais avançados para avaliar o desenvolvimento das culturas (RASMUSSEN et al., 2016). Tendo isso em vista, o presente trabalho buscou avaliar se ocorre saturação de quatro índices vegetativos no RGB na cultura do milho em função do índice de área foliar (IAF) da cultura e em que momento esta saturação ocorre.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido no município de Pirassununga-SP em uma área cultivada com milho e irrigada por pivô central, sob responsabilidade da Prefeitura do campus USP “Fernando Costa”. Foram selecionados 5 ha para avaliação dentro da área irrigada, sendo dividida em 10 parcelas dentro das quais foram coletadas, em cinco datas (29/03, 05/04, 12/04, 19/04 e 03/05/2020), 15 m lineares de plantas (3 linhas de 5 metros) para avaliação do Índice de Área Foliar. Em cada coleta, as plantas retiradas manualmente foram levadas a determinação do IAF em integrador de área foliar, marca LI-COR, modelo LI-3100C. As imagens foram obtidas utilizando uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) da marca DJI, modelo Phantom 4 Pro com uma câmera de 20 MP. Os voos, para obtenção das imagens, foram realizados a uma altura de 40 m, no horário próximo ao meio-dia para evitar sombreamento. Com esta altura de voo o GSD (Ground Sample Distance) a resolução para a imagem é de 1,5 cm. Foram obtidas imagens de todas as parcelas, menos na última data em que foram obtidas de metade delas (assim como o IAF também só foi mensurado em cinco parcelas), assim o total de dados foi $n = 45$.



FIGURA 1. Área do experimento.

Os índices avaliados foram o Verde Normalizado (Gn), VARI (GITELSON et al., 2002), VEG (HAGUE et al., 2006) e TGI (HUNT et al., 2013). Para comparação dos valores e avaliação da saturação, foram calculados a

correlação de Pearson (dos valores totais e em três fases de desenvolvimento da cultura) em relação ao IAF, bem como o valor máximo atingido pelos índices e qual o valor correspondente do IAF.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Em relação à correlação de Pearson os índices tiveram o comportamento apresentado na tabela 1.

TABELA 1. Correlação de Pearson dos índices vegetativos em relação ao IAF.

ÍNDICE	Correlação de Pearson (total)	Correlação de Pearson (IAF < 1)	Correlação de Pearson (1 < IAF < 2)	Correlação de Pearson (IAF > 2)
VARI	0,92	0,73	0,62	0,39
VEG	0,92	0,68	0,58	0,44
Gn	0,91	0,65	0,54	0,47
TGI	0,90	0,39	0,60	0,55

Correlação significativa ($P < 0,05$)

A diminuição da correlação de Pearson com o aumento do IAF indica a saturação dos índices. Esse comportamento foi observado por outros autores, Qiao et al. (2022) viram diminuição da correlação do VARI com o IAF, passando de 0,37 no início de desenvolvimento, para 0,83 até o florescimento, 0,63 no pendoamento (fase final avaliada aqui neste trabalho) e para menos de 0,3 nas fases reprodutivas. O IAF mensurado neste trabalho chegou aos valores máximos de $3,5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, porém os índices vegetativos avaliados atingiram o máximo valor quando o IAF ultrapassou valores menores do que o máximo. O TGI teve seu valor máximo com um IAF próximo a 3, o VEG em um valor de 3,39, o VARI com 3,18 e o Gn com um IAF igual a 3,11 $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$.

CONCLUSÕES: Pelos dados obtidos se pode concluir que ocorreu saturação dos quatro índices avaliados, sendo que esta saturação ocorre em diferentes momentos para cada índice. Em comum se observou que a saturação ocorreu para todos depois que o IAF ultrapassou o valor de 3 $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$. O índice TGI foi o que teve correlação mais precoce, porém teve maior correlação com o IAF após este superar 3.

AGRADECIMENTOS: Este trabalho foi em parte financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001.

REFERÊNCIAS: GITELSON, Anatoly A.; KAUFMAN, Yoram J.; STARK, Robert; RUNDQUIST, Don. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. **Remote Sensing Of Environment**, [S.L.], v. 80, n. 1, p. 76-87, abr. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0034-4257\(01\)00289-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0034-4257(01)00289-9).

HAGUE, T.; TILLET, N. D.; WHEELER, H.. Automated Crop and Weed Monitoring in Widely Spaced Cereals. **Precision Agriculture**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 21-32, mar. 2006. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-005-6787-1>

HUNT, E. Raymond; CAVIGELLI, Michel; DAUGHTRY, Craig S. T.; MCMURTREY, James E.; WALTHALL, Charles L.. Evaluation of Digital Photography from Model Aircraft for Remote Sensing of Crop Biomass and Nitrogen Status. **Precision Agriculture**, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 359-378, ago. 2005. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-005-2324-5>.

HUNT, E. Raymond; DORAISWAMY, Paul C.; MCMURTREY, James E.; DAUGHTRY, Craig S.T.; PERRY, Eileen M.; AKHMEDOV, Bakhyt. A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. **International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation**, [S.L.], v. 21, p. 103-112, abr. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2012.07.020>.

MULLA, David J.. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: key advances and remaining knowledge gaps. **Biosystems Engineering**, [S.L.], v. 114, n. 4, p. 358-371, abr. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009>.

QIAO, Lang; GAO, Dehua; ZHAO, Ruomei; TANG, Weijie; AN, Lulu; LI, Minzan; SUN, Hong. Improving estimation of LAI dynamic by fusion of morphological and vegetation indices based on UAV imagery. **Computers And Electronics In Agriculture**, [S.L.], v. 192, p. 106603, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2021.106603>

RASMUSSEN, Jesper; NTAKOS, Georgios; NIELSEN, Jon; SVENSGAARD, Jesper; POULSEN, Robert N.; CHRISTENSEN, Svend. Are vegetation indices derived from consumer-grade cameras mounted on UAVs sufficiently reliable for assessing experimental plots? **European Journal Of Agronomy**, [S.L.], v. 74, p. 75-92, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2015.11.026>.

YUE, Jibo; YANG, Guijun; TIAN, Qingjiu; FENG, Haikuan; XU, Kaijian; ZHOU, Chengquan. Estimate of winter-wheat above-ground biomass based on UAV ultrahigh-ground-resolution image textures and vegetation indices. **Isprs Journal Of Photogrammetry And Remote Sensing**, [S.L.], v. 150, p. 226-244, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.02.022>.