

ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DO TABACO (*Nicotiana tabacum* L.) ATRAVÉS DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO OBTIDOS POR MEIO DE SENSORES MULTI E HIPERESPECTRAIS.

Weslei Augusto Mendonça (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Milena Gabriela de Sales Biliato (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Guilherme Zimmermann (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Roney Berti de Oliveira (Coorientador), Marcos Rafael Nanni (Orientador). E-mail: mrnanni@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Agronomia, Fitotecnia, Fisiologia de plantas cultivadas.

Palavras-chave: Espectrorradiometria, Nutrição vegetal, Sensoriamento remoto.

RESUMO

O objetivo do estudo foi comparar a capacidade de previsão de matéria seca da parte aérea do tabaco usando índices de vegetação (IV's) de sensores multi e hiperespectrais. Houve diferentes tratamentos de omissão de nutrientes, e a produtividade foi avaliada usando os IV's. A semeadura do tabaco foi feita em vasos com solução nutritiva em casa de vegetação. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com doze tratamentos (solução completa, -N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, -B, -Cu, -Fe, -Mn, -Zn) e seis repetições. Os resultados demonstraram que a omissão de nutrientes causou redução da produtividade das plantas e alterações morfológicas que podem ser diagnosticadas pelos IV's. Nos índices obtidos pelo sensor multiespectral, somente com o NDVI foi satisfatório. No sensor hiperespectral todos os IV's apresentaram valores de R^2 acima de 0,50. Diante disso, conclui-se que existe relação entre produtividade e os IV's obtidos pelos sensores, com uma maior assertividade nos dados de sensores hiperespectrais.

INTRODUÇÃO

A grande parte das terras agrícolas possuem a finalidade de produção de alimentos. Entretanto, muitas culturas não alimentícias estão contidas na gama de cultivos, sendo estas destinadas para produção de biomateriais industriais ou fonte de bioenergia. Uma cultura que possui grande importância nesse contexto é o tabaco (*Nicotiana tabacum* L.).

O estudo da condição nutricional das culturas é feito através de análises químicas dos teores de nutrientes foliares. Essa técnica é limitada devido ao alto custo e caráter destrutivo. Assim, é necessário o estudo de técnicas que proporcionem um diagnóstico confiável e simples (Furlanetto et al., 2021). O uso de índices de

vegetação (IV's) vêm ganhando espaço na agricultura, visto que podem conseguir informações sobre a cultura de uma forma simples e em grande escala.

Sendo assim, o intuito do trabalho foi avaliar a relação entre os índices de vegetação desenvolvidos através de sensores multi e hiperespectrais e a produtividade do tabaco em diferentes condições de omissão de macro e micro nutrientes. Além disto, foram elaborados modelos de predição de produção de massa seca da parte aérea (MSPA).

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, sob hidroponia, no departamento de Agronomia da UEM, campus Maringá. As sementes de tabaco foram colocadas para germinar em tubetes de 10 cm de profundidade, preenchidos com substrato. As plantas foram cultivadas nas diversas soluções nutritivas com omissão de macro e micronutrientes. O delineamento foi inteiramente casualizado, com a colheita sendo feita 30 dias após o transplante. Antes da colheita houve coleta da reflectância das folhas por espectrorradiômetro Fieldspec 3 Jr. Posteriormente, adquiriu-se as imagens das folhas com duas câmeras digitais Sony. Em seguida, houve conversão dos dados de Número Digital (DN) das imagens para pseudo-reflectância (Crusiol et al., 2017). A partir dos dados de reflectância e pseudo-reflectância houve o cálculo dos índices seguindo suas respectivas fórmulas. Os IV's significativos foram modelados em regressões lineares para avaliar a capacidade de estimativa da MSPA. A qualidade do ajuste dos modelos de regressão foi avaliada por meio do coeficiente de determinação (R^2). Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com o software The Unscrambler X 10.4 em um nível de significância alfa de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A omissão de nutrientes, principalmente se tratando dos macronutrientes, causou várias desordens no crescimento e desenvolvimento das plantas de tabaco (Figura 1). Em geral, observou-se folhas com amarelecimento, e posterior clorose, bem como uma maior fragilidade.



Figura 1 – Sintomatologia das plantas de tabaco com deficiência de macronutrientes.

Antes de elaborar os IV's com os dados de DN coletados pelas câmeras digitais, foi necessária realizar sua conversão em valores de pseudo-reflectância por meio de modelos de regressão.

Após o cálculo dos IV's, prosseguiu-se para a correlação dos valores. Na Tabela 2 encontra-se a matriz de correlação entre a MSPA e os IV's obtidos por sensores multiespectrais. Nota-se correlações ($< 0,30$) entre MSPA e os IV's GNIR, RNIR e GRVI e entre 0,40 - 0,60 para NDVI e RVI

Tabela 2 - Matriz de correlação entre a Massa Seca da Parte Aérea e índices de vegetação obtidos por sensor multiespectral.

Variáveis	MSPA	NDVI	GNDVI	GNIR	RNIR	RVI	GRVI
MSPA	1	0,413	0,241	-0,090	-0,243	0,428	0,271
NDVI		1	0,597	-0,516	-0,819	0,862	0,402
GNDVI			1	-0,795	-0,414	0,464	0,862
GNIR				1	0,557	-0,317	-0,576
RNIR					1	-0,630	-0,188
RVI						1	0,341
GRVI							1

Os valores em negrito são diferentes de 0 com nível de significância $\alpha = 0,05$.

Na Tabela 3 é descrito a matriz de correlação entre a MSPA e os IV's obtidos pelo sensor hiperespectral. São observadas correlações de ($< 0,30$) entre MSPA e os IV's GNIR, RNIR, IRVI e SR7. E entre 0,40 - 0,60 para NDVI, GNDVI, RVI, GRVI, MTCI e CTR1.

Tabela 3 - Matriz de correlação entre a SDM e índices de vegetação obtidos por sensor hiperespectral.

Variáveis	MSPA	NDVI	GNDVI	GNIR	RNIR	RVI	GRVI	IRVI	SR7	MTCI	CTR1
MSPA	1	0,455	0,407	-0,283	-0,279	0,526	0,496	-0,238	0,177	0,512	-0,447
NDVI		1	0,980	-0,902	-0,849	0,968	0,945	-0,810	0,700	0,911	-0,717
GNDVI			1	-0,949	-0,883	0,967	0,969	-0,842	0,663	0,933	-0,722
GNIR				1	0,971	-0,888	-0,904	0,947	-0,621	-0,861	0,761
RNIR					1	-0,841	-0,845	0,993	-0,569	-0,810	0,794
RVI						1	0,987	-0,791	0,575	0,969	-0,793
GRVI							1	-0,793	0,534	0,986	-0,780
IRVI								1	-0,578	-0,753	0,741
SR7									1	0,436	-0,236
MTCI										1	-0,801
CTR1											1

Os valores em negrito são diferentes de 0 com nível de significância $\alpha = 0,05$.

Por fim, são mostrados os modelos de regressão linear obtidos (Tabela 4). Após essa calibração, foi utilizado outro conjunto de dados para realizar a validação dos modelos adquiridos.

Tabela 4 - Modelos de regressão para estimativa da MSPA obtidos por sensores multi e hiperespectrais.

IV's	R ²	Sensor Multiespectral	R ²	Sensor Hiperespectral
NDVI	0,55	$\hat{y} = 7,697^* + 5,306^* \text{NDVI}$	0,56	$\hat{y} = 6,568^* + 7,882^* \text{NDVI}$
GNDVI	0,21	$\hat{y} = 9,919^* + 1,431^* \text{GNDVI}$	0,51	$\hat{y} = 8,233^* + 5,392^* \text{GNDVI}$
GNIR	0,25	$\hat{y} = 11,771^* - 2,999^* \text{GNIR}$	0,51	$\hat{y} = 13,087^* - 6,093^* \text{GNIR}$
RNIR	0,45	$\hat{y} = 11,954^* - 4,242^* \text{RNIR}$	0,52	$\hat{y} = 13,072^* - 6,226^* \text{RNIR}$
RVI	0,31	$\hat{y} = 8,880^* + 0,364^* \text{RVI}$	0,65	$\hat{y} = 6,355^* + 1,174^* \text{RVI}$
GRVI	0,15	$\hat{y} = 9,402^{\text{ns}} + 0,436^{\text{ns}} \text{GRVI}$	0,65	$\hat{y} = 5,887^* + 1,433^* \text{GRVI}$
IRVI	-	-	0,50	$\hat{y} = 12,003^* - 5,535^* \text{IRVI}$
SR7	-	-	0,30	$\hat{y} = 2,391^* + 6,353^* \text{SR7}$
MTCI	-	-	0,65	$\hat{y} = 8,579^* + 2,594^* \text{MTCI}$
CTR1	-	-	0,65	$\hat{y} = 13,638^* - 1,727^* \text{CTR1}$

*Significante a 5%; ns = Não Significante.

CONCLUSÕES

Houve alteração na produção de matéria seca com a omissão de nutrientes, especialmente no caso dos macronutrientes.

Os IV's NDVI, GNDVI, RVI e GRVI obtidos pelos sensores multi e hiperespectral foram maiores nos tratamentos mais produtivos. Já para os IV's GNIR e RNIR, os menores valores foram nos tratamentos com maior produção de MSPA.

Para os IV's obtidos pelo sensor multiespectral, somente o NDVI possibilitou estimar a MSPA com valores de R² acima de 0.50.

Os resultados demonstram que é possível realizar a estimativa de MSPA com IV's, especialmente para os obtidos por sensores hiperespectrais.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela concessão de bolsas de iniciação científica.

Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, pela aquisição do equipamento sob nº 01.12.0469.00.

REFERÊNCIAS

FURLANETTO, R.H., NANNI, M.R., CRUSIOL, L.G.T., SILVA, G.F.C., JUNIOR, A. DE O., SIBALDELLI, R.N.R., 2021. Identification and quantification of potassium (K⁺) deficiency in maize plants using an unmanned aerial vehicle and visible / near-infrared semi-professional digital camera. **Int. J. Remote Sens.** 1–22.

<https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1871091>

CRUSIOL, L.G.T., NANNI, M.R., SILVA, G.F.C., FURLANETTO, R.H., DA SILVA GUALBERTO, A.A., GASPAROTTO, A. DE C., DE PAULA, M.N., 2017. Semi professional digital camera calibration techniques for Vis/NIR spectral data acquisition from an unmanned aerial vehicle. **Int. J. Remote Sens.** 38, 2717–2736.

<https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1264032>