

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (NDVI) NA ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DA AVEIA-BRANCA IRRIGADA POR ÁGUA RESIDUÁRIA

ANDERSON P. COELHO¹, ROGÉRIO T. FARIA², DAVID L. ROSALEN³

¹Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Produção Vegetal), Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, anderson_100ssp@hotmail.com

²Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, rogeriofaria@fcav.unesp.br

³Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, rosalen@fcav.unesp.br

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: Objetivou-se avaliar a acurácia de modelos de regressão linear simples na estimativa da produtividade de grãos e biomassa da aveia-branca utilizando o índice de vegetação NDVI. O experimento foi conduzido na FCAV/Unesp, Jaboticabal, SP. Os níveis de efluente de esgoto na lâmina de irrigação foram de 100%, 87%, 60%, 31% e 11% para os tratamentos E5, E4, E3, E2 e E1, respectivamente, com as doses de N variando na mesma proporção. Cada tratamento apresentou 4 repetições. Obtiveram-se os índices médios de NDVI na cultura pelo sensor terrestre ativo (GreenSeeker) em 4 estádios da cultura. As regressões foram submetidas à análise de variância (Teste F) e sua acuracidade verificada pela avaliação do coeficiente de determinação (R^2), raiz quadrada do erro médio (RSME) e erro médio (ME). O NDVI apresenta elevada acurácia para a estimativa da produtividade de grãos ($R^2=0,88$; $RSME=411 \text{ kg ha}^{-1}$; $ME=0,15 \text{ kg ha}^{-1}$) e biomassa ($R^2=0,73$; $RSME=1550 \text{ kg ha}^{-1}$; $ME=0,24 \text{ kg ha}^{-1}$) da aveia-branca. A produtividade de grãos pode ser estimada com maior precisão no estádio de grão aquoso da cultura. A biomassa da aveia-branca pode ser estimada com maior acurácia em fases mais adiantadas do ciclo, a partir do aparecimento da folha bandeira.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa; Efluente de esgoto; Nitrogênio

VEGETATION INDEX (NDVI) IN THE ESTIMATION OF THE YIELD OF OATS IRRIGATED BY WASTEWATER

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the accuracy of simple linear regression models in estimating grain yield and biomass of white oats using the NDVI vegetation index. The experiment was conducted at FCAV/Unesp, Jaboticabal, SP. The levels of sewage effluent in the irrigation depth were 100%, 87%, 60%, 31% and 11% for treatments E5, E4, E3, E2 and E1, respectively, with N doses varying in the same proportion. Each treatment had 4 repetitions. The mean NDVI indices in the culture were determined by the active terrestrial sensor (GreenSeeker) at 4 stages of the crop. The regressions were submitted to analysis of variance (Test F) and their accuracy verified by the determination of the coefficient of determination (R^2), square root mean error (RSME) and mean error (ME). The NDVI presents high accuracy for the estimation of grain yield ($R^2=0.88$; $RSME=411 \text{ kg ha}^{-1}$; $ME=0.15 \text{ kg ha}^{-1}$) and biomass ($R^2=0.73$; $RSME=1550 \text{ kg ha}^{-1}$; $ME=0.24 \text{ kg ha}^{-1}$) of white oats. Grain productivity can be estimated more accurately at the stage of aqueous grain culture. The biomass of the white oats can be estimated with good accuracy in later phases of the cycle, from the appearance of the flag leaf.

KEYWORDS: Biomass; Nitrogen; Sewage effluent

INTRODUÇÃO

O uso de águas residuárias na irrigação vem sendo amplamente estudado e recomendado em todo o mundo como alternativa viável para atender as necessidades hídricas e nutricionais das plantas, bem

como alternativa para sustentabilidade ambiental. A pouca experiência com a utilização de efluentes em irrigação no país resulta na falta de legislação para a aplicação de água de esgoto tratado na agricultura. Assim, há carência de estudos para embasar a elaboração de legislação específica, seja em função da quantidade máxima a ser aplicada bem como a definição de culturas aptas ou não. A utilização de sensores na agricultura é uma forma eficiente para avaliar o estado nutricional das culturas e estimar a produtividade e biomassa (GROHS et al., 2011; BREDEMIER et al., 2013). Além disso, permite uma adaptabilidade e facilidade de aquisição de dados em tempo real para fazer os tratamentos culturais necessários. Os índices de vegetação são umas das medidas que apresentam maior adaptabilidade às diferentes condições, seja em função de doses de adubação, lâminas de irrigação e cultura (IHUOMA & MADRAMOOTOO, 2017). Existem diversos índices que são calculados em função da reflectância de ondas em comprimentos específicos. Dentre os mais conhecidos está o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). O NDVI apresenta boa correlação com a biomassa, N foliar e teor de proteína das culturas, podendo ser utilizado para a predição dessas características (SANTOS et al., 2017). Dessa forma, objetivou-se por modelo de regressão linear simples avaliar a acurácia da estimativa da produtividade de grãos e biomassa da aveia-branca utilizando o NDVI.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da FCAV-UNESP, Jaboticabal, SP, com latitude de 21°14'44"S, longitude 48°17'00"W e altitude de 545 metros. Foi utilizado um desenho experimental do tipo "linha de aspersores" com três linhas, uma central para distribuir efluente de esgoto tratado (EET) e duas externas para aplicar água de irrigação. Esse desenho experimental possibilita distribuir a água de irrigação e EET de tal forma que a lâmina aplicada seja uniforme no centro da área experimental, porém com taxas variáveis de aplicação do efluente. Desta forma, a taxa de aplicação do efluente varia na direção perpendicular à linha de aspersores, de alta concentração, próximo da linha de aspersores que aplica EET, até concentração muito baixa, próximo das linhas de aspersores que aplicam somente água. Em teste de campo definiram-se também as frações de distribuição da precipitação dos aspersores, que foram utilizadas para definir as doses de efluente em água, correspondentes aos tratamentos experimentais 100%, 87%, 60%, 31% e 11%, para os tratamentos E5, E4, E3, E2 e E1, respectivamente, com as doses de N variando na mesma proporção para os tratamentos. As parcelas experimentais possuíam 4,5 m de comprimento e 2,4 m de largura. Os primeiros 50 cm iniciais de cada lado das parcelas foram considerados como bordadura. A aveia-branca, cultivar IAC 7, foi semeada no dia 09 de maio de 2017, na densidade de 80 kg de sementes por ha e no espaçamento de 17 cm entre linhas, em área anteriormente cultivada com *Urochloa brizantha* cv. Marandu. A calagem foi realizada 30 dias antes da instalação do experimento, com dose de 1,5 t ha⁻¹ de calcário com PRNT igual a 80. A adubação de plantio foi: 20 kg ha⁻¹ de N, 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura foi realizada em função da demanda hídrica da cultura. O manejo da irrigação foi realizado com base na demanda hídrica da cultura, de acordo com o método FAO 56, utilizando dados climáticos obtidos diariamente na estação agrometeorológica automatizada da FCAV/UNESP. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada diariamente pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). A irrigação sempre foi realizada quando o déficit hídrico na área fosse igual a 23 mm. Essa lâmina foi calculada em função das características culturais da aveia e físicas do solo, com base na curva de retenção de água. Para o cálculo foi utilizado profundidade efetiva de raízes de 40 cm e fator de disponibilidade de água no solo de 50% (ALLEN et al., 1998). O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) foi medido por toda a parcela útil, apresentando de 20 a 30 medidas por cada unidade experimental. Utilizou-se a média das medidas para o NDVI de cada parcela. Foram definidas quatro épocas de avaliação, sendo elas: estágio 4 (aparecimento do pseudocaule), estágio 8 (início do emborrachamento), estágio 10 (bainha da folha bandeira visível) e outra no estágio 10.5.4 (grão aquoso), de acordo com a escala fenológica de Feekes e Large para cereais de inverno (LARGE, 1954). Regressões lineares simples para previsão da produtividade da aveia-branca foram geradas a partir do valor médio do NDVI em cada parcela experimental e para cada avaliação. As regressões foram submetidas à análise variância (Teste F), ao nível de significância de 5%. A verificação da acurácia das regressões foi realizada pelos seguintes

parâmetros: raiz quadrada do erro médio (RSME), erro médio (ME) e coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 20 parcelas do experimento para a análise da regressão, 8 pontos foram retirados, referentes aos tratamentos E4 e E5. Isso ocorreu, pois as plantas acamaram devido à elevada altura nesses tratamentos. O acamamento ocorreu na fase de enchimento de grãos, afetando muito a produtividade final da cultura. Com isso, a correlação das leituras de NDVI com a biomassa e produtividade de grãos quando a análise foi realizada com todos os tratamentos apresentou-se muito baixa ($r < 0.3$). Para a produtividade de grãos (Figura 1), os coeficientes de determinação foram elevados em todos os períodos avaliados, sendo superiores a 0,75. Verifica-se que a maior precisão para a estimativa do rendimento de grãos da aveia-branca por leituras de NDVI foi para a fase de grão aquoso (10.5.4), apresentando coeficiente de determinação de 0,88.

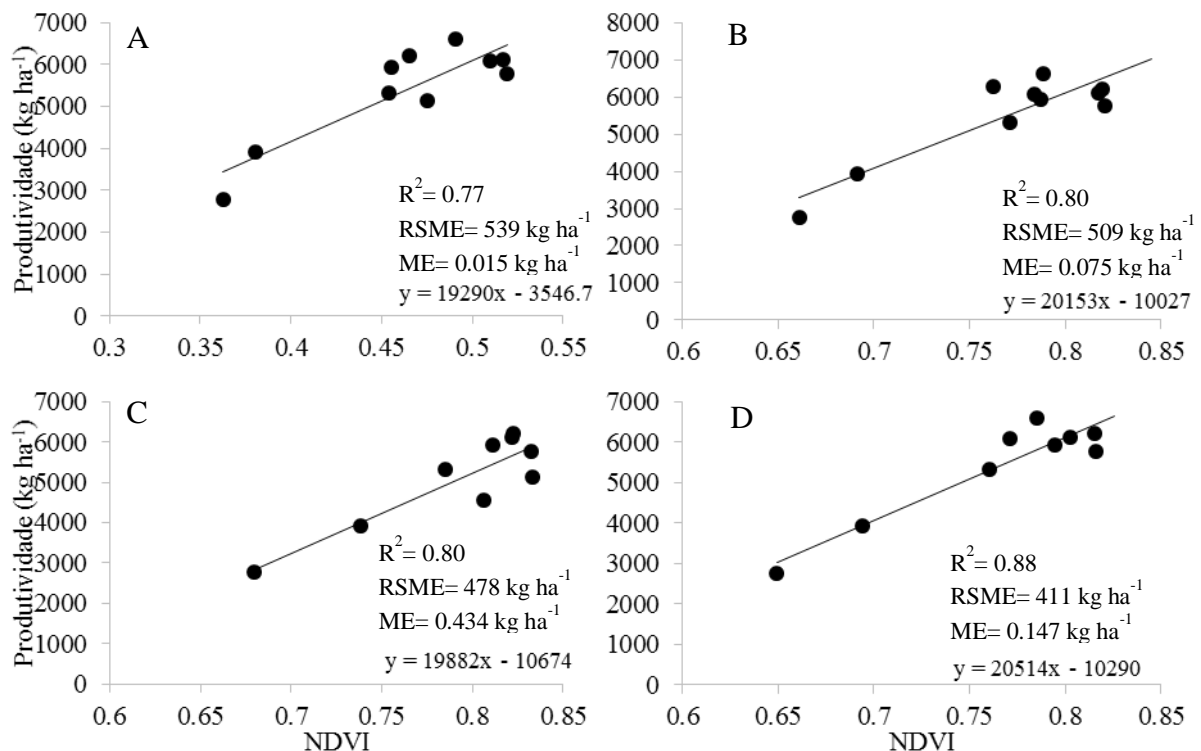


Figura 1. Estimativa da produtividade de grãos da aveia-branca sob aplicação de níveis de efluente de esgoto para as fases de início do aparecimento do pseudocaule (A), emborrachamento (B), bainha da folha bandeira visível (C) e grão aquoso (D).

Para a estimativa da biomassa (Figura 2), observa-se que a precisão foi maior nas duas últimas avaliações, apresentando coeficiente de determinação de 0,73 e 0,68 para as fases de bainha da folha bandeira visível e grão aquoso, respectivamente. Para o presente trabalho as maiores correlações da leitura do IRVI com a biomassa foram próximas ao florescimento da aveia-branca. Isso pode ter ocorrido, pois o fornecimento de N para a aveia era em função da demanda hídrica da cultura. Dessa maneira, maiores quantidades de N foram aplicadas em fases mais próximas ao florescimento, uma vez que a demanda hídrica da cultura aumenta de forma linear do início do desenvolvimento até o aparecimento das flores (ALLEN et al., 1998).

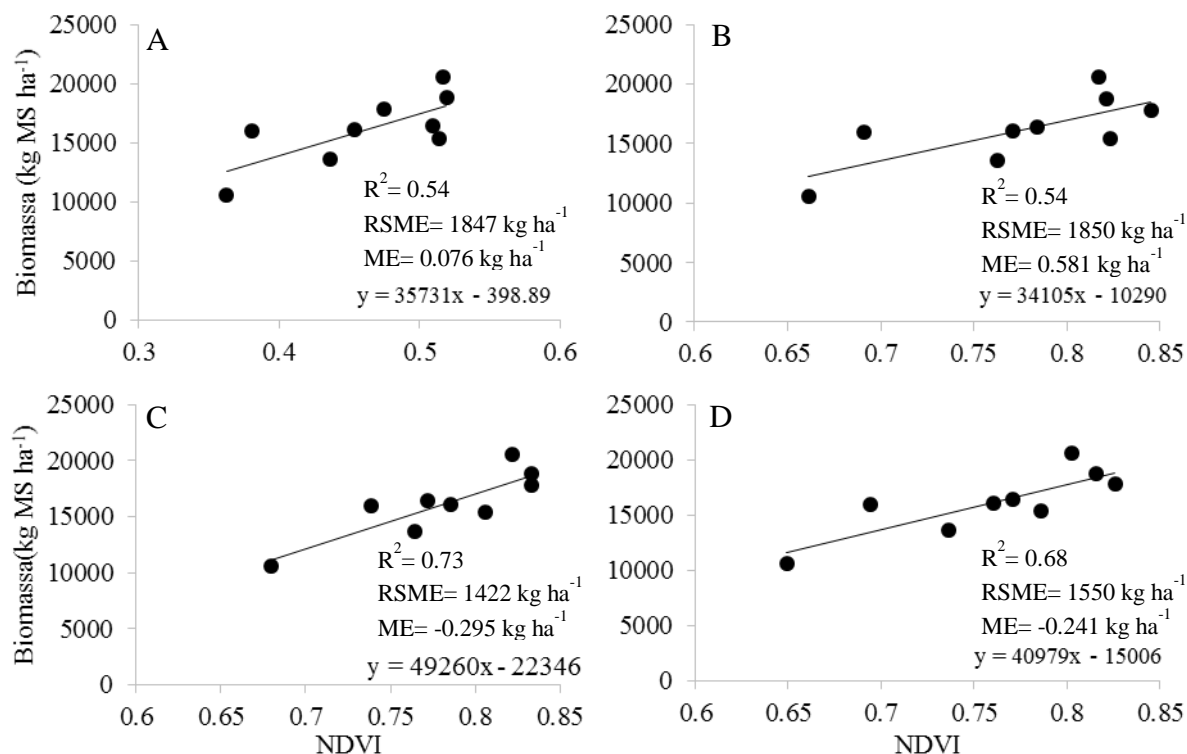


Figura 2. Estimativa da biomassa da aveia-branca sob aplicação de níveis de efluente de esgoto, para as fases de início do aparecimento do pseudocaulo (A), emborrachamento (B), bainha da folha bandeira visível (C) e grão aquoso (D).

CONCLUSÕES

O NDVI apresenta elevada correlação com a produtividade de grãos e biomassa da aveia-branca. A produtividade de grãos pode ser estimada com elevada acurácia com leituras de NDVI desde o início do ciclo da aveia-branca, apresentando maior precisão no estágio de grão aquoso da cultura. A biomassa da aveia-branca pode ser estimada com maior acurácia em fases mais adiantadas do ciclo, a partir do aparecimento da folha bandeira.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration** - Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO. 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper 56).
- BREDEMEIER, C.; VARIANI, C.; ALMEIDA, D.; ROSA, A. T. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. **Ciência Rural**, v.43, n.7, p.1.147-1.154, 2013.
- GROHS, D. S.; BREDEMEIER, C.; POLETTO, N.; MUNDSTOCK, C. M. Validação de modelo para predição do potencial produtivo de trigo com sensor óptico ativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.4, p.446-449, 2011.
- IHUOMA, S.O.; MADRAMOOTOO, C.A. Recent advances in crop water stress detection. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.141, p.267-275, 2017.
- LARGE, E.C. Growth stages in cereals illustration of the Feeks scales. **Plant Pathology**, v.4, p.22-24, 1954.
- SANTOS, G.O.; ROSALEN, D.L.; FARIA, R.T. Use of active optical sensor in the characteristics analysis of the fertigated brachiaria with treated sewage. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n.6, 2017.