XVI Encontro Sobre a Cultura do Amendoim
15 a 17 de agosto de 2019 na Estação de Eventos Cora Coralina e FCAV/UNESP,
Jaboticabal-SP

ESTIMATIVA DA MATURAÇÃO DE AMENDOIM UTILIZANDO
SENSORIAMENTO REMOTO E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Mailson Freire de Oliveira¹; Adão Felipe dos Santos¹; Lorena Nunes Lacerda²; Rouverson
Pereira da Silva³; Danilo Tedesco de Oliveira¹ e George Vellidis⁴

¹Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal), FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP; ²Pós-graduanda em Agronomia, University of Georgia, Tifton Campus, Estados Unidos; ³Docente da FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP; ⁴Docente da University of Georgia, Tifton Campus, Estados Unidos

RESUMO: Prever a maturação de vagens de amendoim por meio de sensoriamento remoto pode ser uma alternativa para melhoria do sistema de produção da cultura do amendoim. Para isso foram realizados experimentos para estimar a maturação de vagens de amendoim utilizando redes neurais artificiais (RNA) e índices de vegetação, obtidos por meio de sensoriamento remoto. Duzentas e oitenta e oito amostras de maturação de amendoim foram coletadas nos Estados Unidos, oriundas de duas áreas, sendo uma irrigada (Coffe County, Georgia, EUA) e outra em sequeiro (Douglas County, Georgia, EUA). Para cada amostra foram gerados onze índices de vegetação (IV), sendo sete originais e 4 modificados. Duas RNA resultantes foram treinadas e validadas tendo como informação na camada de entrada um com índices de vegetação original e outra com índices de vegetação modificados. As RNA foram avaliadas quanto à acurácia (RMSE) e precisão (R^2). As RNA foram consideradas acuradas e precisas na estimativa da maturação de vagens de amendoim, sendo as redes que tiveram como entrada os IV modificados as de maior acurácia e precisão. Para se estimar a maturação de vagens da cultura do amendoim com maior precisão e acurácia deve-se utilizar IV modificados como entrada do modelo neural resultante.

Palavras-Chave: hull-scrape, aprendizado de máquinas, aeronave remotamente pilotada, índice de vegetação.

INTRODUÇÃO

A maturação das vagens de amendoim é o fator primordial para início da colheita mecanizada da cultura, visando garantir máxima produtividade e redução de perdas. Por se tratar de uma planta com hábito de crescimento indeterminado, o amendoim apresenta vagens em diferentes estádios de maturação (CARLEY et al., 2008; DORNER, 2008), o que dificulta a identificação da maturação, podendo acarretar em prejuízos econômicos para os produtores (SANTOS et al., 2013).

Uma forma de determinar a maturação de vagens de amendoim é a utilização do Quadro de Maturação (Peanuty Profile Board, WILLIAMS E DREXLER, 1981) em conjunto com o índice de

XVI Encontro Sobre a Cultura do Amendoim
15 a 17 de agosto de 2019 na Estação de Eventos Cora Coralina e FCAV/UNESP,
Jaboticabal-SP

maturação do amendoim (Peanuty Maturation Index, ROWLAND et al., 2006) em que a amostra atinge maturação ótima quando o índice é de 0,7. No geral, este método é trabalhoso, subjetivo e sujeito a micro variabilidade de campo, que pode afetar na maturidade das plantas individuais. Diante disso, são necessárias alternativas que possam estimar a maturação em campos de produção, ao invés da maturação de plantas individuais, por meio de amostras não-destrutivas.

ROWLAND et al. (2008) demonstraram que existe correlação das bandas espectrais no infravermelho com maturação de vagens de amendoim utilizando o sensoriamento remoto proximal. Em escala de parcelas VELLIDIS e BEASLEY (2013) demonstraram que o Índice de Vegetação Não-Linear (NLI) pode prever a maturação da cultura do amendoim. No entanto, uma abordagem em escala comercial ainda não foi desenvolvida, principalmente modificando índices de vegetação e descobrindo padrões entre índices de vegetação modificados e a maturação das vagens de amendoim.

Um método para identificar padrões entre variáveis são redes neurais artificiais (RNA), que são baseadas no funcionamento do cérebro humano, pois possuem neurônios artificiais simplificados interconectados por meio de sinapses, os quais são capazes de adquirir conhecimento por meio de um processo de aprendizagem (HAYKIN, 2001).

Dessa forma, pressupondo a capacidade de aprendizado de redes neurais, e que é possível estimar a maturação da cultura do amendoim por meio do sensoriamento remoto utilizando índices de vegetação modificados ou não, foram realizados experimentos para estimar a maturação de vagens de amendoim utilizando RNA e índices de vegetação, obtidos por meio de sensoriamento remoto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em dois campos comerciais de amendoim estado-unidenses, sendo uma área irrigada (Coffe County, Georgia, EUA) e outra em sequeiro (Douglas Couty, Georgia, EUA). A cultivar utilizada foi Georgia-06G. Foram utilizadas imagens de satélite históricas (composição RGB) para seleção das parcelas experimentais. Cada área experimental foi constituída de 24 células em grade de 1 ha e as avaliações da maturação ocorreram semanalmente durante as 6 semanas que antecederam a colheita.

As vagens foram colocadas no Quadro de Maturação (Profile Board) e o número de vagens em cada classe de cor foi registrado pelo método hull-scrape (WILLIAMS e DREXLLER, 1981). O índice de maturação do amendoim (PMI) foi calculado para cada amostra de acordo com Rowland et al. (2006).

Durante cada dia de coleta, uma câmera Parrot Sequoia (Paris, France) embarcada na aeronave remotamente pilotada 3DR solo (Berkley, EUA) foi utilizada para capturar imagens multiespectrais em 4 diferentes bandas: Verde (530-570 nm), Vermelho (640-680 nm), Infravermelho (770-810 nm) e Vermelho próximo (Red Edge - 730-740 nm). Todos os voos da aeronave foram realizados entre 2 h

XVI Encontro Sobre a Cultura do Amendoim
15 a 17 de agosto de 2019 na Estação de Eventos Cora Coralina e FCAV/UNESP,
Jaboticabal-SP

do meio dia solar com altitude de 90 m e sobreposição de 70%. Em 90 m, a resolução espacial da câmera foi 0.95 m. Antes e depois de cada voo, a câmera foi usada para tirar imagens do painel de calibração radiométrica, que posteriormente foram utilizadas para calibrar as imagens capturadas sobre a área. Alvos preto e branco (1x1 m) foram colocados em cada lateral dos 24 ha para servir como pontos de controle do solo (PC). As coordenadas dos PCs foram gravadas com o GNSS Trimble R8 correção RTK (Sunnyvale, EUA).

O software Pix4D foi utilizado para criar os ortomosaicos de refletância em cada uma das quatro bandas, para realizar a correção radiométrica e correção geométrica. Após criar os ortomosaicos, o software ArcGIS (Redlands, US) foi utilizado para extrair o valor médio da refletância do pixel de cada uma das 24 células em ambos os campos.

Sete IV originais usados por outros trabalhos foram selecionados para avaliação da maturação de amendoim: NDVI (ROUSE et al., 1974), GNDVI (GITELSON et al., 1996) NLI (GOEL e QIN, 1994), MNLI (GONG et al., 2003), NDRE (FITZGERALD et al., 2010), SR (JORDAN, 1969) e MSR_{RE} (WU et al., 2008) e quatro índices modificados foram utilizados $MNLI_{RE}$, NLE_{RE} , SR_{RE} e CI_{RE} .

Como método de estimativa da maturação de vagens de amendoim, foram utilizadas Redes Neurais Artificiais do tipo multicamadas, tendo como método de aprendizado supervisionado o algoritmo de retro propagação dos erros, com função de ativação tangente hiperbólica nas camadas ocultas e função linear para a camada de saída. A camada de saída da rede foi constituída pelo PMI e a entrada pelos índices de vegetação. Dois mil modelos foram treinados variando o número de neurônios (1 a 20), camada oculta (1 - 3) e as entradas das redes, sendo mil modelos utilizando os IVs originais (NDVI, GNDVI, NLI, MNLI, NDRE, SR, MSR_{RE} e mil os IVs modificados. As RNS foram avaliadas quanto à acurácia pelo Root Mean Square Error (RMSE) e a precisão pelo coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos foram treinados em 80% do banco de dados e, após o treinamento, foram validados em 20% dos dados não utilizados no processo de treinamento. O desempenho dos modelos foi avaliado comparando os valores de maturação observados a campo com os estimados pelos modelos, sendo o primeiro modelo utilizando os IVs modificados (Figuras 1 I e II) e outro com os IVs originais (Figuras 1 II e IV). Por meio do gráfico de desempenho constata-se que o método de estimativa de maturação de vagens de amendoim foi preciso e acurado utilizando redes neurais artificiais (Figura 1).

Os modelos apresentaram maior acurácia na fase de treinamento comparado a validação, tendo como modelo resultante mais acurado, o que utilizou como variável na camada de entrada os IV

XVI Encontro Sobre a Cultura do Amendoim
15 a 17 de agosto de 2019 na Estação de Eventos Cora Coralina e FCAV/UNESP,
Jaboticabal-SP

modificados (Figura 1 I), enquanto o modelo utilizando os IVs originais apresentou acurácia menor (Figura 1 II).

Quanto à precisão, o modelo que utilizou os IVs originais apresentou mesma precisão tanto para treinamento quanto para validação (R^2 0,87), fato que não ocorreu para o modelo utilizando os IVs modificados, tendo apresentado precisão menor na validação, tão logo, o modelo com IVs modificados apresentou maior precisão (R^2 0,89) quando comparado ao modelo que utilizou apenas IVs originais (R^2 0,87).

Figura 1. Correlação entre a maturação estimada por redes neurais artificiais nas fases de treinamento e validação (I e III) para os modelos com camada de entrada constituída por IVs modificados e originais (II e IV) respectivamente.

A utilização de RNA e sensoriamento remoto para estimativa da maturação de vagens de amendoim apresentou elevado potencial como ferramenta não destrutiva, de fácil aplicação e executável para campos de produção comercial, pois para estimar o PMI é necessário apenas o levantamento dos índices de vegetação modificados e aplicação do modelo neural resultante. As RNA vêm obtendo sucesso para outras culturas e finalidades como identificação de doenças de folha (GEETHARAMANI e PANDIAN, 2019), estimativa de produtividade (ALVES et al., 2018) e estimativa de desfolha (SILVA et al., 2019) demonstrando grande potencial do aprendizado de máquina na solução de problemas agrônômicos.

XVI Encontro Sobre a Cultura do Amendoim
15 a 17 de agosto de 2019 na Estação de Eventos Cora Coralina e FCAV/UNESP,
Jaboticabal-SP

A modificação realizada nos IVs foi a mudança da banda do vermelho pela banda do *Red-Edge* o que pode ter ocasionado melhora na estimativa realizada pelo modelo neural resultante que utilizou esses índices em sua camada de entrada. A substituição da banda do vermelho pelo Red-Edge deixa os índices mais sensíveis a outros parâmetros, como teor de clorofila na folha, além da capacidade de penetração dessa banda no dossel foliar mesmo em condições de elevada biomassa (LIU, 2006; LI et al., 2014; MOLIN et al., 2015).

CONCLUSÕES

Com a utilização de redes neurais artificiais foi possível estimar a maturação de vagens de amendoim com acurácia e precisão satisfatória, demonstrando potencial para utilização deste método não destrutivo e determinístico como alternativa ao método convencional que está sujeito a subjetividade.

Para se estimar a maturação de vagens da cultura do amendoim com maior precisão e acurácia deve-se utilizar IVs modificados como entrada do modelo neural resultante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, G. R.; TEIXEIRA, I. R.; MELO, F. R.; SOUZA, R. T. G.; SILVA, A. G. Estimating soybean yields with artificial neural network. *Acta Scientiarum*. Agronomy, n. e35250 v. 40, 2018.
- CARLEY, D. S.; JORDAN, D. L.; DHARMASRI, L. C.; SUTTON, T. B.; BRANDENBURG, R. L.; BURTON, M. G. Response to Planting Date and Potential of Canopy Reflectance as an Indicator of Pod Maturation. *Agronomy Journal*, v. 100, n. 2, p. 376-380, 2008.
- DORNER, J. W. Relationship between kernel moisture content and water activity in different maturity stages of peanut. *Peanut Science*, v. 35, n. 2, p. 77-80, 2008.
- GEETHARAMANI, G.; PANDIAN, Arun. Identification of plant leaf diseases using a nine-layer deep convolutional neural network. *Computers & Electrical Engineering*, n. 1, v. 76, p. 323-338, 2019.
- HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 898 p.
- LI, F.; MIAO, Y.; FENG, G.; YUAN, F.; YUE, S.; GAO, X. Improving estimation of summer maize nitrogen status with red edge-based spectral vegetation indices. *Field Crops Research*, n. 1, v. 157, p. 111-123, 2014.
- LIU, W.T.H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. 2nd ed.; UNIDERP: Campo Grande, 2006. 908p.
- MOLIN, J.P.; AMARAL, L.R.; COLAÇO, A.F. **Agricultura de precisão**. Oficina de Textos: São Paulo, 2015. p.119-153.
- ROWLAND, D.L.; R.B. SORENSEN, C.L. BUTTS; W.H. FAIRCLOTH CARVALHO, D.M.; Determination of maturity and degree day indices and their success in predicting peanut maturity. *Peanut Science*, v. 33, n. 2, p. 125-136, 2006.
- ROWLAND, D.L.; SORENSEN, R.B.; BUTTS, C.L.; FAIRCLOTH, W.H.; SULLIVAN, D.G. Canopy characteristics and their ability to predict peanut maturity. *Peanut science*, v. 35, n. 1, p. 43-54, 2008.
- VELLIDIS, G.; BEASLEY, J. 2013. Using vegetation indices to determine peanut maturity. **Report to the Georgia Agricultural Commodity Commission for Peanuts**. 2013 Research Reports – <http://www.gapeanuts.com>.

XVI Encontro Sobre a Cultura do Amendoim
15 a 17 de agosto de 2019 na Estação de Eventos Cora Coralina e FCAV/UNESP,
Jaboticabal-SP

SANTOS, E.P.; SILVA, R.P.; BERTONHA, R.S.; NORONHA, R. H.F.; ZERBATO, C. Produtividade e perdas de amendoim em cinco diferentes datas de arranquio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 695-702, 2013.

SILVA, L.A.; BRESSAN, P.O.; GONÇALVES, D.N.; FREITAS, D.M.; MACHADO, B.B.; GONÇALVES, W.N. Estimating soybean leaf defoliation using convolutional neural networks and synthetic images. **Computers and Electronics in Agriculture**, n. 1, v. 156, p. 360-368, 2019.

WILLIAMS, E.J; DREXLER, J.S. A non-destructive method for determining peanut pod maturity. **Peanut Science**, v. 8, n. 2, p. 134-141, 1981.