

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 16/12/2023.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DON'T FORGET THE BELOW-GROUND CROPS:
INTRODUCING SWEET POTATOES INTO THE CONCEPT OF
DIGITAL AGRICULTURE**

Danilo Tedesco de Oliveira
Mestre em Agronomia

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DON'T FORGET THE BELOW-GROUND CROPS:
INTRODUCING SWEET POTATOES INTO THE CONCEPT OF
DIGITAL AGRICULTURE**

**Danilo Tedesco de Oliveira
Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para
a obtenção do título de Doutor em Agronomia
(Produção Vegetal)

O48d

Tedesco de Oliveira, Danilo

Don't forget the below-ground crops: introducing sweet potatoes into the concept of digital agriculture. / Danilo Tedesco de Oliveira. -- Jaboticabal, 2021
x, 94 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) -- Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

1. Agricultura de precisão. 2. Agricultura inteligente. 3. Colheita inteligente. 4. *Ipomoea batatas*. 5. Predição de produtividade. 6. Sensoriamento remoto. I. Título.

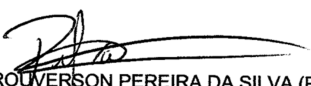
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

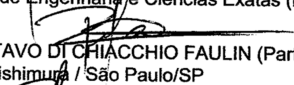
TÍTULO DA TESE: DON'T FORGET THE BELOW-GROUND CROPS: INTRODUCING SWEET POTATOES INTO THE CONCEPT OF DIGITAL AGRICULTURE

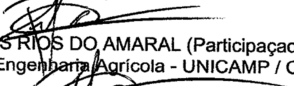
AUTOR: DANILO TEDESCO DE OLIVEIRA

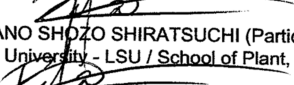
ORIENTADOR: ROVERSON PEREIRA DA SILVA

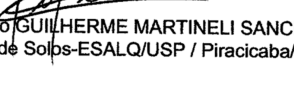
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ROVERSON PEREIRA DA SILVA (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas (DECEX) / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. GUSTAVO DI CHIACCHIO FAULIN (Participação Virtual)
Fatec Shunji Nishimura / São Paulo/SP


Prof. Dr. LUCAS RIOS DO AMARAL (Participação Virtual)
Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP / Campinas/SP


Prof. Dr. LUCIANO SHOZO SHIRATSUCHI (Participação Virtual)
Louisiana State University - LSU / School of Plant, Environmental, and Soil Sciences.


Pós-Doutorando GUILHERME MARTINELLI SANCHES (Participação Virtual)
Departamento de Solos-ESALQ/USP / Piracicaba/SP

Jaboticabal, 16 de dezembro de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Danilo Tedesco de Oliveira, filho de Lourival Bruno de Oliveira e Roseli Martins Tedesco de Oliveira, nasceu em Tupã no dia 11 de junho de 1995, município localizado no interior do Estado de São Paulo. Coursou ensino fundamental e médio no município de Quintana, São Paulo, no período entre 2002 a 2012. Durante o ensino médio cursou Técnico em Mecânica no SENAI “Shunji Nishimura” concluindo no ano de 2013. Em 2014 iniciou o curso de graduação em Tecnologia em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC “Shunji Nishimura”. Durante o curso foi membro do Grupo de Estudos de Colheita Mecanizada (GECOM), onde realizou trabalhos e pesquisas em campo, relacionadas a qualidade de operações agrícolas de semeadura e colheita, sob supervisão do Prof. Me. Edson Massão Tanaka. Obteve o título de Tecnólogo em Mecanização em Agricultura de Precisão no ano de 2016. Em 2017 iniciou o mestrado no Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo) na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus Jaboticabal (Unesp/FCAV), sob a orientação do Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, onde desenvolveu projetos de pesquisas relacionados a agricultura de precisão, sensoriamento remoto e uso de técnicas de inteligência artificial na agricultura, obtendo o título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo) em fevereiro de 2019. No mesmo ano ingressou o curso de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) na mesma universidade, sob a mesma orientação. Onde dedicou seu tempo para realizar pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de ferramentas para avaliar remotamente o crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade de culturas com a implementação de técnicas de sensoriamento remoto e inteligência artificial. Durante o tempo de pós-graduação realizou dezenas de cursos, treinamentos e palestras relacionadas ao uso de imagens na agricultura de precisão e sistemas de informações geográficas (SIG). No dia de 16 de dezembro de 2021, submeteu esta Tese à banca examinadora para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

"Eis que estou à porta e bato. Se alguém ouvir a minha voz, e abrir a porta, entrarei em sua casa, e com ele cearei, e ele comigo."

Apocalipse 3:20

"A verdadeira ciência descobre Deus esperando atrás de cada porta."

Papa Pio XII

"Fizeste-nos, Senhor, para ti, e o nosso coração anda inquieto enquanto não descansar em ti..."

Santo Agostinho

***Que alegria ter buscado a ciência em Jaboticabal
e encontrado Deus esperando "atrás da porta".***

Aos meus Pais, meus Avós e meus Irmãos.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo incomparável amor com que guiou cada um dos meus passos nesse caminho singular do aperfeiçoamento acadêmico e humano. A Jesus, pela amizade fiel de todos os dias. Ao Espírito Santo pelos dons derramados. À Santíssima Virgem Maria, minha mãe, pela fortaleza e paciência que me ensinou para vivência desses anos do doutorado. Ao meu anjo da guarda, por toda proteção.

Aos meus Pais Lourival Bruno de Oliveira e Roseli Martins Tedesco de Oliveira. Aos meus Avós João Tedesco e Isabel Martins Tedesco. Aos meus Irmãos Luana Tedesco de Oliveira e Vinícius Martins Tedesco.

Aos Pe. Paulo Ricardo, Pe. Egg Cabral, Pe. Ermínio Ignácio, Pe. Leonardo Wagner e ao Dr. Italo Marsili, pelas orientações e ensinamentos.

Ao meu orientador Dr. Rouverson Pereira da Silva pela orientação e tempo dedicado na orientação e elaboração desta tese. Aos professores Dr. Gilson Luiz Volpato e Dr. Abmael da Silva Cardoso. Aos integrantes do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA). Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia e Ciências Matemáticas.

À Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos que estiveram presentes nesta inesquecível fase de minha vida, compartilhando todos os momentos, bons ou ruins, mas que foram essenciais para minha formação acadêmica e pessoal.

A vocês, meu muito obrigado.

NÃO ESQUEÇAM DAS CULTURAS SUBTERRÂNEAS: INTRODUZINDO A BATATA-DOCE NO CONTEXTO DA AGRICULTURA DIGITAL

RESUMO – Produzir alimentos de qualidade para atender a demanda global, em meio às incertezas climáticas com práticas de manejo sustentáveis é um dos maiores desafios das próximas décadas. Se realmente queremos atender a essa demanda, as ferramentas digitais são a chave para tornar a produção de alimentos mais segura. No entanto, os esforços para desenvolvimento dessas ferramentas estão totalmente focados para as culturas de maior interesse comercial, deixando de lado as de menor interesse, como as culturas subterrâneas. Grande parte das culturas subterrâneas são cultivadas por pequenos produtores rurais. Eles não possuem recursos ou conhecimento necessários para desenvolver ou adaptar essas ferramentas para suas necessidades. Devido a importância do seu valor nutricional na alimentação diária, nesta tese mostramos que não podemos esquecer das culturas subterrâneas. Para contribuir com a solução desse problema, nós desenvolvemos métodos para avaliar o padrão de crescimento, produção e qualidade da batata-doce. Mostramos que dados de clima e de satélites podem ser usados para detectar mudanças em estágios de crescimento e prever características da cultura. Nosso trabalho introduz a cultura da batata-doce no contexto atual da agricultura conectada.

Palavras-chave: agricultura de precisão, agricultura inteligente, colheita inteligente, *Ipomoea batatas*, predição de produtividade, sensoriamento remoto

DON'T FORGET THE BELOW-GROUND CROPS: INTRODUCING SWEET POTATOES INTO THE CONCEPT OF DIGITAL AGRICULTURE

ABSTRACT – To produce quality food to meet global demand amidst climate uncertainty with sustainable management practices is one of the major challenges of the coming decades. If we truly want to meet this demand, digital tools are the key to making food production safer. However, efforts to develop such tools are entirely focused on the crops of greatest commercial interest, while leaving aside crops of minor interest, such as below-ground crops. Most below-ground crops are grown by smallholder's farmers. These farmers do usually do not have the necessary resources or knowledge to develop or adapt these tools to their needs. Due to the importance of these crops' nutritional value in day-to-day diets, in this dissertation we show that we cannot forget below-ground crops. To contribute to the solution of this problem, we developed methods to assess the pattern of growth, yield, and quality of sweet potatoes. We show that weather and satellite data can be used to detect some changes in growth stages and predict crop traits. Our efforts introduce the sweet potato crop in the current context of e-farming agriculture.

Keywords: precision agriculture, smart farming, smart harvesting, yield prediction, remote sensing, *Ipomoea batatas*

CHAPTER 1 – General considerations

1.1 Introduction

Digital technologies are transforming the way society, farmers, and decision-makers look at the agricultural sector and food production. Increasingly accessible climate data and satellite images have enabled the creation of tools to assess the characteristics of the development of many crops. Large-scale crop assessment ensures food security for many families because it makes it possible to determine the impacts of field interventions and direct efforts to inspect and solve problems on-site. Such a comprehensive approach makes production more sustainable and boosts productivity gains.

Scientists and companies are focusing on the development of digital tools for the assessment of major crops such as cotton, soybeans, corn, and sugarcane. While this development is promising and the benefits are immeasurable, they forget about minor crops such as fruits, legumes, and vegetables, which are often grown by smallholders farmers. Traditionally, smallholders farmers contribute a significant amount of food to supply the city and regional economy. However, they do not have sufficient resources or training to adapt the use of digital tools to their realities. Moreover, to develop such tools, it is necessary to know how to program, working using databases, and with complex statistical analysis. The challenge for developing these tools is doubled when the crop grown has the development of its raw material of main economic interest undergrounds, such as roots, rhizomes, and tubers. Therefore, when developing digital tools, we cannot forget about the below-ground crops.

Sweet potato is an example of such a crop, because its roots grow below ground. Its management, therefore, requires farmers or decision-makers to look closely at the characteristics that determine its productive performance. But to look closely at these characteristics requires intensive fieldwork, due to the need to dig up the soil to visualize the production pattern of the roots. Such practice, increases production costs and does not allow for a detailed understanding of the spatio-temporal dynamics of root development. Against this background, we believe, therefore, that establishing potential relationships between vegetation growth characteristics (above ground) from remotely sensed and weather data with the pattern of root production (below ground) would allow site-specific management strategies to be set. Thus, we propose the elaboration of this dissertation. Our objective is to generate knowledge to assist smallholders farmers and decision-makers in the assessment of sweet potato development characteristics during the crop cycle. Such an approach will allow the introduction of this crop in the current context of e-farming agriculture.

4.7 Concluding remarks and outlooks

Our study clearly demonstrates the possibility of advantageously integrating high-resolution remote sensing and multi-output machine learning into an immersive single framework to accurately predict for the yield of sweet potato by the market class of its tuberous roots upon imagery data on full-scale fields. Straightforward preliminary evidence exists for the exceptional ability of both random forest and k-nearest neighbors to learn from the on-field reflectance at GNDVI and SAVI then output multiple numeric values to the independent variable, without any bias or computational unfeasibility. Our insights are timely and absolutely will open up the horizons for more precisely harvesting high-quality material to fulfill the rigors of commercialization and industrialization. Also, they will do support selecting healthily seedlings to vegetative propagation into new fields in croplands, where heterogeneity makes it difficult for planning and leveling up cost-effectiveness. Thereby, the grower who wishes to use our approach can expect, for the ideal scenario, suitable on-field management to produce sweet potato with more profitability and societal and environmental responsibility. These are key-aspects to food safety, especially in regions where this starch-rich crop structures up the basis of scoping agriculture and human nutrition. Finally, our approach will assist with scaling up this rural food towards an essentially provocative yet emerging transformative agriculture for its supply chain. Future directions are basically to (i) predict daily tuberization for progressively harvesting; and (ii) test if it could be possible for an integrative UAV-SAR imaging system to improve acquiring data with higher spatial-temporal resolution and without any damaging factor.

4.8 References

ABBAS, F.; AFZAAL, H.; FAROOQUE, A. A.; TANG, S. Crop Yield Prediction through Proximal Sensing and Machine Learning Algorithms. **Agronomy**, MDPI AG, v. 10, n. 7, p. 1046, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy10071046>.

ALAM, M. K. A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. **Trends in Food Science & Technology**, Elsevier BV, v. 115, p. 512–529, set. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.001>.

ALI, N.; NEAGU, D.; TRUNDLE, P. Evaluation of k-nearest neighbour classifier performance for heterogeneous data sets. **SN - Applied Sciences**, Springer Science and Business Media LLC, v. 1, n. 12, nov. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1356-9>.

ASHAPURE, A.; JUNG, J.; CHANG, A.; OH, S.; YEOM, J.; MAEDA, M.; MAEDA, A.; DUBE, N.; LANDIVAR, J.; HAGUE, S.; SMITH, W. Developing a machine learning based cotton yield estimation framework using multi-temporal UAS data. **ISPRS - Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Elsevier BV, v. 169, p. 180–194, nov. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.09.015>.

ASHAPURE, A.; JUNG, J.; YEOM, J.; CHANG, A.; MAEDA, M.; MAEDA, A.; LANDIVAR, J. A novel framework to detect conventional tillage and no-tillage cropping system effect on cotton growth and development using multi-temporal UAS data. **ISPRS - Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Elsevier BV, v. 152, p. 49–64, jun. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.04.003>.

BAROUDY, A. A. E.; ALI, A. M.; MOHAMED, E. S.; MOGHANM, F. S.; SHOKR, M. S.; SAVIN, I.; PODDUBSKY, A.; DING, Z.; KHEIR, A. M.; ALDOSARI, A. A.; ELFADALY, A.; DOKUKIN, P.; LASAPONARA, R. Modeling Land Suitability for Rice Crop Using Remote Sensing and Soil Quality Indicators: The Case Study of the Nile Delta. **Sustainability**, MDPI AG, v. 12, n. 22, p. 9653, nov. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12229653>.

BELGIU, M.; DRĂGUT, L. Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. **ISPRS - Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Elsevier BV, v. 114, p. 24–31, abr. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011>.

BORCHANI, H.; VARANDO, G.; BIELZA, C.; LARRAÑAGA, P. A survey on multi-output regression. **Wires Data Mining and Knowledge Discovery**, Wiley, v. 5, n. 5, p. 216–233, jul. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/widm.1157>.

CHLINGARYAN, A.; SUKKARIEH, S.; WHELAN, B. Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, Elsevier BV, v. 151, p. 61–69, ago. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.012>.

CONCEIÇÃO, M. d.; LOPES, N.; FORTES, G. d. L. Partição de matéria seca entre órgãos de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam), cultivares Abóbora e Da Costa. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 3, p. 313–316, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/964>.

CONGEDO, L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. **Journal of Open Source Software**, The Open Journal, v. 6, n. 64, p. 3172, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21105/joss.03172>.

CONSTABLE, G.; LLEWELLYN, D.; WALFORD, S. A.; CLEMENT, J. D. Cotton Breeding for Fiber Quality Improvement. In: **Industrial Crops**. Springer New York, 2014. p. 191–232. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1447-0_10.

DUAN, S.-B.; LI, Z.-L.; WU, H.; TANG, B.-H.; MA, L.; ZHAO, E.; LI, C. Inversion of the PROSAIL model to estimate leaf area index of maize, potato, and sunflower fields from unmanned aerial vehicle hyperspectral data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Elsevier BV, v. 26, p. 12–20, fev. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2013.05.007>.

ERPEN, L.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; FREITAS, C. P. de Oliveira de; ANDRILO, J. L. Tuberização e produtividade de batata-doce em função de datas de plantio em clima subtropical. **Bragantia**, FapUNIFESP (SciELO), v. 72, n. 4, p. 396–402, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/brag.2013.050>.

GITELSON, A. A.; KAUFMAN, Y. J.; MERZLYAK, M. N. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, Elsevier BV, v. 58, n. 3, p. 289–298, dez. 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0034-4257\(96\)00072-7](https://doi.org/10.1016/s0034-4257(96)00072-7).

KARUPPANAGOUNDER, S. MADHURAM: A simulation model for sweet potato growth. **World Journal of Agricultural Sciences**, Citeseer, v. 4, n. 2, p. 241–254, 2008.

KAZAMA, E. H.; SILVA, R. P. da; TAVARES, T. de O.; CORREA, L. N.; ESTEVAM, F. N. de L.; NICOLAU, F. E. de A.; JÚNIOR, W. M. Methodology for selective coffee harvesting in management zones of yield and maturation. **Precision Agriculture**, Springer Science and Business Media LLC, v. 22, n. 3, p. 711–733, ago. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09751-1>.

KOCEV, D.; DŽEROSKI, S.; WHITE, M. D.; NEWELL, G. R.; GRIFFIOEN, P. Using single- and multi-target regression trees and ensembles to model a compound index of vegetation condition. **Ecological Modelling**, Elsevier BV, v. 220, n. 8, p. 1159–1168, abr. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.01.037>.

MASTELINI, S. M.; COSTA, V. G. T. da; SANTANA, E. J.; NAKANO, F. K.; GUIDO, R. C.; CERRI, R.; BARBON, S. Multi-Output Tree Chaining: An Interpretative Modelling and Lightweight Multi-Target Approach. **Journal of Signal Processing Systems**, Springer Science and Business Media LLC, v. 91, n. 2, p. 191–215, maio 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11265-018-1376-5>.

MELKI, G.; CANO, A.; KECMAN, V.; VENTURA, S. Multi-target support vector regression via correlation regressor chains. **Information Sciences**, Elsevier BV, v. 415-416, p. 53–69, nov. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.06.017>.

MICHAEL, Y.; HELMAN, D.; GLICKMAN, O.; GABAY, D.; BRENNER, S.; LENSKEY, I. M. Forecasting fire risk with machine learning and dynamic information derived from satellite vegetation index time-series. **Science of The Total Environment**, Elsevier BV, v. 764, p. 142844, abr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142844>.

MILERIENE, J.; SERNIENE, L.; KONDROTIENE, K.; LAUCIENE, L.; KASETIENE, N.; SEKMOKIENE, D.; ANDRULEVICIUTE, V.; MALAKAUSKAS, M. Quality and nutritional characteristics of traditional curd cheese enriched with thermo-coagulated acid whey protein and indigenous *Lactococcus lactis* strain. **International Journal of Food Science & Technology**, Wiley, v. 56, n. 6, p. 2853–2863, dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14922>.

MOLLINARI, M.; OLUKOLU, B. A.; PEREIRA, G. da S.; KHAN, A.; GEMENET, D.; YENCHO, G. C.; ZENG, Z.-B. Unraveling the Hexaploid Sweetpotato Inheritance Using Ultra-Dense Multilocus Mapping. **G3: Genes, Genomes, Genetics**, Oxford University Press (OUP), v. 10, n. 1, p. 281–292, jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1534/g3.119.400620>.

PEDREGOSA, F.; VAROQUAUX, G.; GRAMFORT, A.; MICHEL, V.; THIRION, B.; GRISEL, O.; BLONDEL, M.; PRETTENHOFER, P.; WEISS, R.; DUBOURG, V.; VANDERPLAS, J.; PASSOS, A.; COURNAPEAU, D.; BRUCHER, M.; PERROT, M.; DUCHESNAY, E. Scikit-learn: Machine Learning in Python. **Journal of Machine Learning Research**, v. 12, p. 2825–2830, 2011.

ROMERO-TRIGUEROS, C.; NORTES, P. A.; ALARCÓN, J. J.; HUNINK, J. E.; PARRA, M.; CONTRERAS, S.; DROOGERS, P.; NICOLÁS, E. Effects of saline reclaimed waters and deficit irrigation on Citrus physiology assessed by UAV remote sensing. **Agricultural Water Management**, Elsevier BV, v. 183, p. 60–69, mar. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.09.014>.

SANTOS, J. F. dos; OLIVEIRA, A. P. de; ALVES, A. U.; BRITO, C. H. de; DORNELAS, C. S.; NÓBREGA, J. P. Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, FapUNIFESP (SciELO), v. 24, n. 1, p. 103–106, mar. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0102-05362006000100021>.

SIMSEKLER, M. C. E.; RODRIGUES, C.; QAZI, A.; ELLAHHAM, S.; OZONOFF, A. A comparative study of patient and staff safety evaluation using tree-based machine learning algorithms. **Reliability Engineering & System Safety**, Elsevier BV, v. 208, p. 107416, abr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.107416>.

TEDESCO, D.; OLIVEIRA, M. F. de; SANTOS, A. F. dos; SILVA, E. H. C.; ROLIM, G. de S.; SILVA, R. P. da. Use of remote sensing to characterize the phenological development and to predict sweet potato yield in two growing seasons. **European Journal of Agronomy**, Elsevier BV, v. 129, p. 126337, set. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126337>.

TRUONG, V. D.; AVULA, R. Y.; PECOTA, K. V.; YENCHO, G. C. Sweetpotato Production, Processing, and Nutritional Quality. In: **Handbook of Vegetables and Vegetable Processing, Second Edition**. John Wiley & Sons, Ltd, 2018. p. 811–838. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781119098935.ch35>.

TUIA, D.; VERRELST, J.; ALONSO, L.; PEREZ-CRUZ, F.; CAMPS-VALLS, G. Multioutput Support Vector Regression for Remote Sensing Biophysical Parameter Estimation. **IEEE - Geoscience and Remote Sensing Letters**, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), v. 8, n. 4, p. 804–808, jul. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/lgrs.2011.2109934>.

UROLAGIN, S.; SHARMA, N.; DATTA, T. K. A combined architecture of multivariate LSTM with Mahalanobis and Z-Score transformations for oil price forecasting. **Energy**, Elsevier BV, v. 231, p. 120963, set. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120963>.

VILLORDON, A.; SOLIS, J.; LABONTE, D.; CLARK, C. Development of a Prototype Bayesian Network Model Representing the Relationship between Fresh Market Yield and Some Agroclimatic Variables Known to Influence Storage Root Initiation in Sweetpotato. **HortScience**, American Society for Horticultural Science, v. 45, n. 8, p. 1167–1177, ago. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/hortsci.45.8.1167>.