

# ÍNDICE DE REFLECTÂNCIA DE SENESCÊNCIA DE PLANTAS EM VIDEIRAS

Lúcio de Paula Amaral<sup>1</sup>; Regiane Aparecida Ferreira<sup>2</sup>; Luiz Felipe Diaz de Carvalho<sup>3</sup>; Aline de Oliveira Fogaça<sup>4</sup>; Luciano Gebler<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal, Professor - DER-CCR/UFSM, UFSM, Santa Maria-RS, Brasil. lucio.amaral@ufsm.br / (55) 9 9163-3398; <sup>2</sup>Engenheira Florestal, Pós-graduanda (Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão) - PPGAP-Colégio Politécnico/UFSM, UFSM, Santa Maria-RS, Brasil; <sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor - Colégio Politécnico/UFSM, UFSM, Santa Maria-RS, Brasil; <sup>4</sup>Engenheira Agrônoma, Professor - Vinícola Velho Amâncio, Itaara-RS, Brasil; <sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, Pesquisador - EMBRAPA ? Uva e Vinho, Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado, Vacaria-RS, Brasil

Apresentado no  
**Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão- ConBAP 2022**  
Campinas, SP, 09 a 11 de agosto de 2022

**RESUMO:** A Viticultura de Precisão no Brasil ainda é insipiente, há necessidade de desenvolver tecnologias e/ou adaptações de tecnologias para coleta de dados e geração de informações espaciais nos pomares, bem como de equipamentos para manejo e intervenções nas áreas de produção de videiras. Este trabalho descreve o mapeamento de variabilidade espacial em videiras na vinícola Velho Amâncio, com implantação de um projeto piloto de vitivinicultura de precisão. Em uma gleba de 1,3 ha de cultivo das castas *Cabernet Sauvignon* e *Syrah*, localizadas em Itaara-RS, foi realizado mapeamento com aeronave remotamente pilotada (RPA) *Phantom 4 DJI* e sensor multiespectral *Red Edge-Mx Micasense*, para geração do índice de reflectância de senescência de plantas (PSRI). O processamento das imagens ocorreu no *software Metashape Agisoft*, com correção radiométrica das imagens (painel de calibração + sensor de luminosidade). O mosaico do PSRI apresentou resolução espacial melhor do que 10 cm e foi importado para o sistema de informação geográfica *Arc Map*, onde foi reclassificado. Foi possível distinguir os elementos do pomar plantas de videira, falhas, entre linha coberta com plantas espontâneas, solo exposto e sombra. Foi gerado um mapa contendo as classes videira, entre linha e solo exposto. Conclui-se que o PSRI detectou elementos importantes do pomar, detectou variabilidade espacial na vegetação e pode ser indicado para trabalhos de viticultura de precisão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vitivinicultura de Precisão; Aeronave Remotamente Pilotada; Sensoriamento Remoto

## PLANT SENESCENCE REFLECTANCE INDEX IN VINEYARDS

**ABSTRACT:** Precision Viticulture in Brazil is still incipient, there is a need to develop technologies and/or adaptations of technologies for data collection and generation of spatial information in the orchards, as well as equipment for management and interventions in the areas of vine production. This work describes the mapping of spatial variability in vines at the Velho Amâncio winery, with the implementation of a pilot project of precision viticulture. In a plot of 1.3 ha cultivated with Cabernet Sauvignon and Syrah, located in Itaara-RS, mapping was carried out with a remotely piloted aircraft (RPA) Phantom 4 DJI and a Red Edge-Mx Micasense multispectral sensor to generate the Plant Senescence Reflectance Index (PSRI). The images were processed using the Metashape Agisoft software, with radiometric correction of the images (calibration panel + light sensor). The PSRI mosaic showed a spatial resolution better than 10 cm and was imported into the Arc Map geographic information system, where it was reclassified. It was possible to distinguish the elements of the orchard, vine plants, faults, between a line covered with spontaneous plants, exposed soil and shade. A map was generated containing the vine classes, between row and exposed soil. It is concluded that the PSRI detected important elements of the orchard, detected spatial variability in the vegetation and can be indicated for precision viticulture work.

**KEYWORDS:** Precision Viticulture; UAV; Remote Sensing

**INTRODUÇÃO:** A Vinícola Velho Amâncio é uma pequena casa vinícola, com vinhedos próprios, produções limitadas, exclusivas e administração familiar. Tem sua origem a mais de 100 anos, nos quais por duas gerações manteve uma destilaria para produção de cachaça, iniciando a produção de vinhos em 1986, explorando o

*terroir* do Vale Central Gaúcho (VELHO AMÂNCIO, 2022). Assim como já ocorre na Viticultura, a Vinícola Velho Amâncio também começou a experimentar tecnologias de Agricultura de Precisão para melhor conhecer a variabilidade espacial de atributos de solo e plantas em seus pomares, iniciando um projeto piloto de vitivinicultura de precisão, com uso de aeronaves remotamente pilotadas (RPA) e sensor multiespectral para geração de índices de vegetação (IV).

As RPA, também conhecidas por drones e vants, juntamente com seus sensores, são atualmente umas das tecnologias de maior destaque na Agricultura de Precisão (CASTRO JORGE e INAMASU, 2014; MOLIN et al., 2015). Dentre as aplicações das imagens geradas por sensores embarcados em RPA o uso dos IV tem grande destaque para geração de informações que auxiliem na tomada de decisão sobre manejo e tratamentos culturais, quando integrados a um sistema de multicamadas de informações.

O índice de reflectância de senescência de plantas (PSRI) utiliza as bandas espectrais do verde, vermelho e borda do vermelho, tem sensibilidade semelhante a do NDVI, responde aos teores de carotenóides (alfacaroteno e beta-caroteno, por exemplo). Seus valores variam de -1 a 1, aumentam durante a senescência de folhas, ao aumentar o teor de carotenóides em relação às clorofilas, e também na maturação de frutos. O nível de severidade de doenças e outros estresses, a exemplo do déficit hídrico, também podem desequilibrar a relação carotenóides/clorofilas, desta forma o PSRI pode ser interessante para a viticultura. Suas aplicações incluem monitoramento da saúde da vegetação, detecção de estresse fisiológico de plantas, produção de culturas e análise de rendimento (MERZLYAK et al., 1999; REN, CHEN e AN, 2017).

O objetivo deste trabalho foi determinar o PSRI, demonstrar sua variabilidade em videiras na safra 2021/2022 e contribuir para trabalhos futuros que visam determinar zonas de produção diferenciadas em uma gleba/vinhedo na Vinícola Velho Amâncio, na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** O projeto piloto está sendo realizado em uma gleba de  $\approx 1,3$  ha com cultivo de videiras (*Vitis vinifera* L.) das castas *Cabernet Sauvignon* e *Syrah* (Figura 1), conduzidas em espaldeiras, na Vinícola Velho Amâncio, em Itaara, Região Central do Rio Grande do Sul, Brasil.

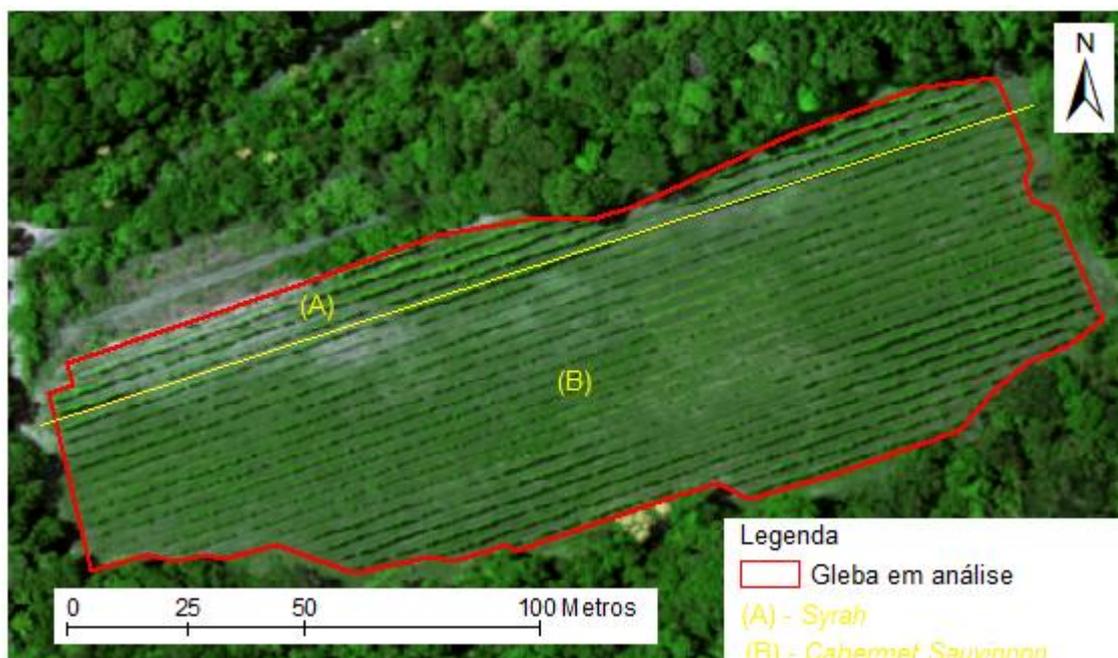


FIGURA 1. Área de implantação do projeto piloto de vitivinicultura de precisão, com videiras Cabernet Sauvignon e Syrah na Vinícola Velho Amâncio, Itaara-RS, Brasil. Area of implantation of the pilot project of viticulture of precision, with vines Cabernet Sauvignon and Syrah field in the Vinícola Velho Amâncio, Itaara-RS, Brazil.

Foi realizado um voo com RPA multirrotor *Phantom 4 DJI* com sensor multiespectral *RedEdge-Mx Micasense*, em 10 de dezembro de 2021. O aplicativo para planejamento de missão utilizado foi o *Precision Flight*, com recobrimentos longitudinal e lateral de 75% para a RPA. O sensor multiespectral foi configurado para ser

acionado por *timer*, com intervalo de geração das imagens em 1,6 segundos, recobrimentos de 75%, previstos pelo fabricante (MICASENSE, 2015). Este sensor possui cinco bandas espectrais [*Blue* 475 ±20 nm (Azul), *Green* 560 ±20 nm (Verde), *Red* 668 ±10 nm (vermelho), *Near Infrared* ±40 nm (infravermelho próximo) e *Red Edge* 717 ±10 nm (borda do vermelho)]. Possui painel de calibração de reflectância, que funciona como uma superfície lambertiana, e sensor de luminosidade DSL para captura de variabilidade de radiação no momento da geração das imagens, ambos foram utilizados na calibração radiométrica das imagens durante o processamento (MICASENSE, 2015).

O processamento foi realizado no *software Metashape Agisoft*, com qualidade mediana, sendo gerados os mosaicos RGB e do índice de reflectância de senescência de plantas (PSRI), ambos com 10 cm de resolução espacial, georreferenciado em coordenadas geográficas e *Datum* WGS84. No sistema de informação geográfica *ArcMap*, foi realizada a delimitação do talhão, corte dos mosaicos para a área de interesse e classificação do mosaico do IV PSRI. O índice PSRI é dado por (MERZLYAK et al., 1999):

$$PSRI = \frac{(Red - Green)}{Red\ Edge} \quad (1)$$

em que : *Red* = banda do vermelho; *Green* = banda do verde; *Red Edge* = banda da borda do vermelho.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores obtidos para o índice PSRI na gleba em análise variaram de -0,5984 a 0,2528 (Figura 2). A literatura indica que para a vegetação verde os valores geralmente se encontram no intervalo de -0,1 a 0,2 (MERZLYAK et al., 1999). Na amplitude de dados observada na gleba em análise, estão contidos valores referentes às videiras, sombra, cobertura da entre linha com plantas espontâneas (folhas estreita e folhas largas) e solo exposto. O índice PSRI foi sensível para destacar estes componentes diferentes (Figura 3).

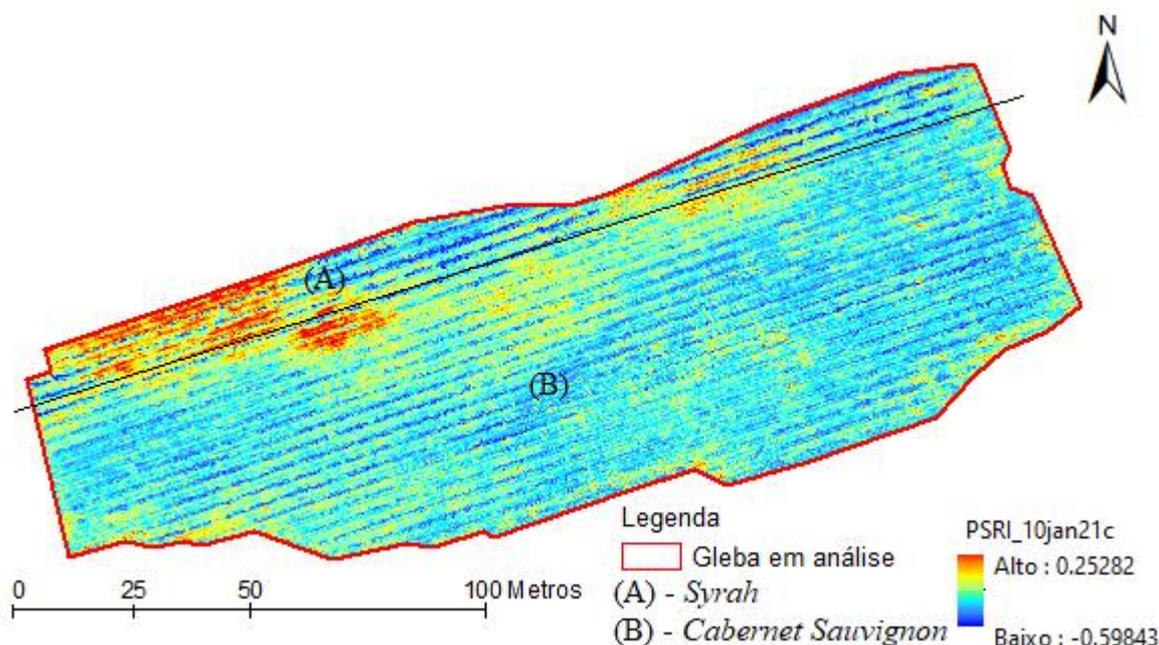


FIGURA 2. Mosaico do índice de reflectância de senescência de plantas – PSRI obtidos na gleba de videiras Cabernet Sauvignon e Syrah na Vinícola Velho Amâncio, Itaara-RS, Brasil – dezembro de 2021. Mosaic of plant senescence reflectance index – PSRI obtained from Cabernet Sauvignon and Syrah vines field at Vinícola Velho Amâncio, Itaara-RS, Brazil – December 2021.

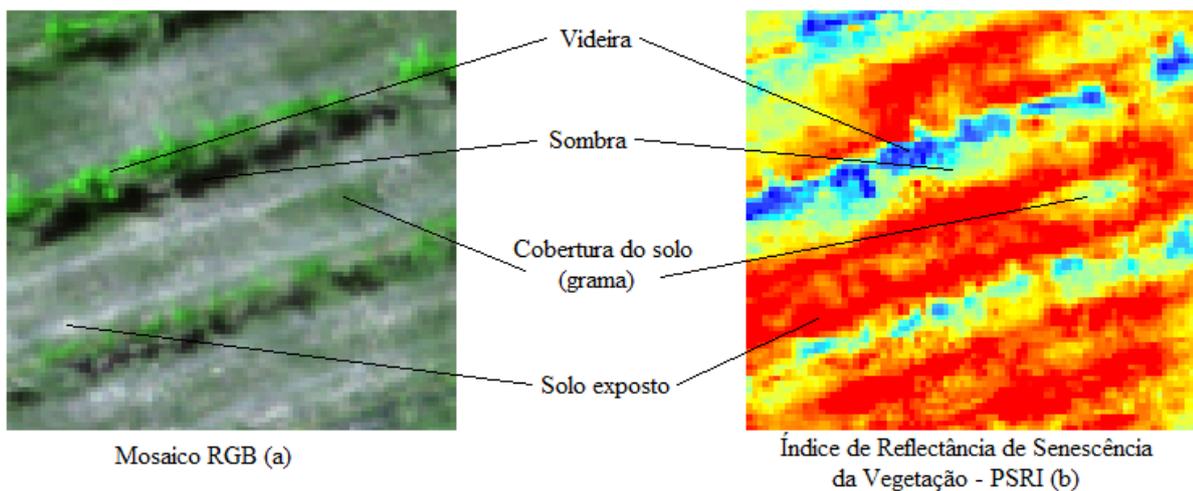


FIGURA 3. Distinção de videiras, sombra, plantas espontâneas de cobertura na entre linha e solo exposto no Mosaico RGB (a) e no índice de reflectância de senescência de plantas - PSRI (b) obtidos na gleba de videiras Cabernet Sauvignon e Syrah na Vinícola Velho Amâncio, Itaara-RS, Brasil – dezembro de 2021. Distinction of vines, shade, weeds between the row and exposed soil in the Mosaic RGB (a) and in the plant senescence reflectance index - PSRI (b) obtained in Cabernet Sauvignon and Syrah vines field at the Velho Amâncio Winery, Itaara-RS , Brazil – December 2021.

Na reclassificação do PSRI, ao usar inicialmente estas quatro classes (videira, sombra, entrelinha com cobertura e solo exposto), foi observado que a classe sombra tem seus valores dentro dos limites da classe entrelinha com cobertura. Em uma segunda reclassificação a classe sombra foi incorporada a da entrelinha com cobertura, sendo individualizadas as classes videira e solo exposto (Figura 4).

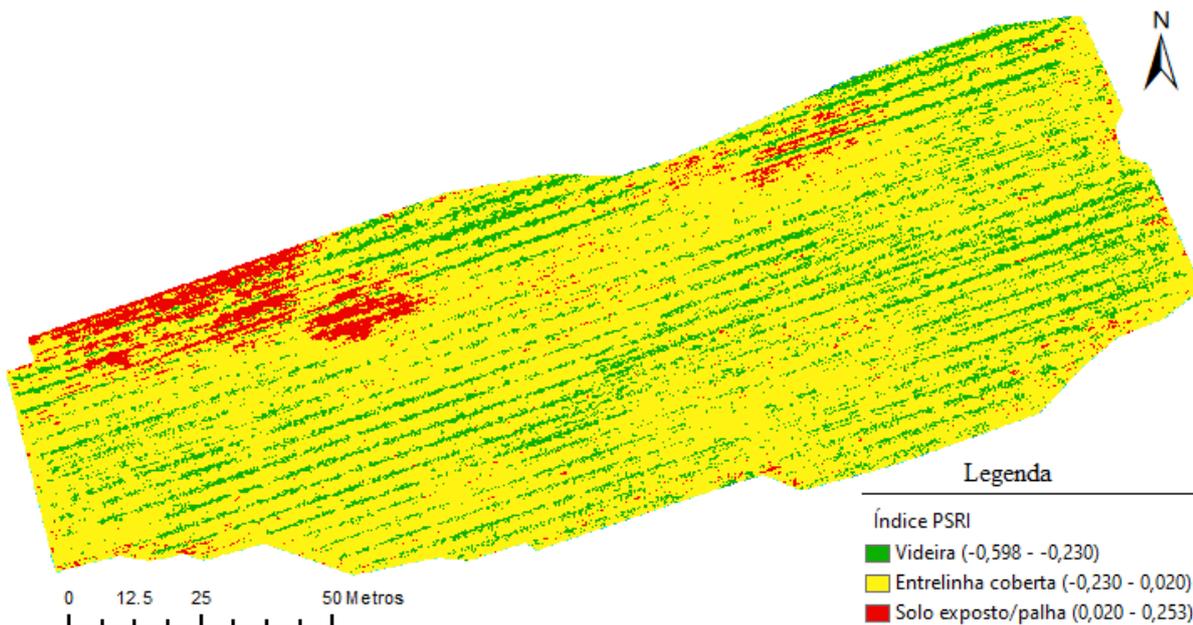


FIGURA 4. Classificação do índice de reflectância de senescência de plantas - PSRI obtidos em videiras Cabernet Sauvignon e Syrah na Vinícola Velho Amâncio, Itaara-RS, Brasil – dezembro de 2021. Classification of plant senescence reflectance index - PSRI obtained from Cabernet Sauvignon and Syrah vines at Vinícola Velho Amâncio, Itaara-RS, Brazil – December 2021.

Aparentemente as plantas com menores teores de carotenóides apresentaram valores de PSRI mais negativos, ou seja, com maiores teores de clorofila (MERZLYAK et al., 1999; REN, CHEN e AN, 2017). Quando as espécies estão sob estresse ou durante a senescência foliar, os teores de clorofila tendem a diminuir mais rapidamente em relação aos teores de carotenóides (SIMS e GAMON, 2002). No entanto, as plantas espontâneas da entrelinha do pomar também apresentaram estes padrões e foram classificadas como videiras, sendo necessário filtragem de dados para excluir pixels classificados nesta classe presentes na entrelinha.

As manchas de solo exposto obtidas delimitam possíveis áreas com déficit hídrico, em função da forte estiagem observada em dezembro de 2021. Estas manchas representam diferentes ambientes na gleba em estudo e podem ser utilizadas para delimitação futura de zonas no pomar, para orientar colheita diferenciada e avaliação de parâmetros de qualidade e produção (KING et al., 2014). Esta delimitação será realizada baseada na utilização de multicamadas de informações (atributos de solo e vegetação), dentre as quais o PSRI será considerado. A literatura relata que atributos dos vinhedos, tais como resposta espectrais das folhas, condutividade elétrica do solo e rendimentos podem ser relacionados com a variabilidade espacial do vigor vegetativo por meio de índices de vegetação (BONILLA et al., 2015; OLDONI, 2019). Zonas homogêneas de vigor vegetativo podem auxiliar na definição de manejos específicos para cada ambiente (sítio específico, *terroir*) nos vinhedos.

O PSRI tem sido utilizado para apontar condições de estresse na vegetação, parâmetro de avaliação de condições favoráveis a incêndios florestais, diferentes níveis de severidade de infecção da bactéria *Erwinia psidii* em árvores de *E. urograndis* (MERZLYAK et al., 1999; PEDRALLI, 2017; TEIXEIRA, 2020). Já para esta pesquisa, o ideal é acompanhar a evolução temporal do PSRI no pomar de videiras, a exemplo do que é feito com o NDVI (JUNGES et al., 2017), a fim de explorar todo o seu potencial.

**CONCLUSÃO:** O índice PSRI mostrou-se sensível para distinguir videira de outros elementos no pomar, além de indicar onde as plantas podem estar sob estresse e apresentam menor vigor. Assim, o PSRI pode ser indicado para trabalhos de Agricultura de Precisão em Viticultura e outras pesquisas devem ser desenvolvidas para conhecer melhor relações entre o comportamento deste índice e os atributos dos vinhedos.

#### **AGRADECIMENTOS:**

À Vinícola Velho Amâncio, pela disponibilização de seu pomar, e ao Projeto Aquarius/UFSM, pela disponibilidade do sensor multiespectral utilizado neste trabalho e ao Professor Lúcio de Paula Amaral pela disponibilidade da aeronave remotamente pilotada.

#### **REFERÊNCIAS**

BONILLA, I.; MARTÍNEZ, T. F.; MARTÍNEZ-CASANOVAS, J. A. Vine vigor, yield and grape quality assessment by airboe remote sensing over three years: analysis of unexpected relationships in cv. Tempranillo. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 2, p.1-8, 2015. DOI: 10.5424/sjar/2015132-7809.

HOLLAND, K.H.; SCHEPERS, J. Use of a virtual-reference concept to interpret active crop canopy sensor data. **Precision Agriculture**, v.14, n.1, 2013.

KING, P. D. et al. Within-vineyard variability in vine vegetative growth, yield, and fruit and wine composition of Cabernet Sauvignon in Hawke's Bay, New Zealand. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 20, n. 2, p.234-246, 2014.

OLDONI, H. **Zonas homogêneas de atributos de planta e do solo em vinhedo irrigado**. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e drenagem), FCA/UNESP, Botucatu, 2010.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, v. 81, n. 2-3, p. 337-354, 2002.

SOLARI, F.; SHANAHAN, J.F.; FERGUSON, R.B.; ADAMCHUCK, V. I. An active sensor algorithm for corn N applications based on a chlorophyll meter sufficiency index framework. **Agronomy Journal**, v.102, p.1090-1098, 2010.

CASTRO JORGE, L. A.; INAMASU, R. Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R.

Y. **Agricultura de Precisão**: resultado de um novo olhar. Brasília: EMBRAPA, 2014. 596 p. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114264/1/CAP-8.pdf>>. Acesso em: 05 fev 2022.

JUNGES, A. H.; FONTANA, D. C.; ANZANELLO, R.; BREMM, C. Normalized difference vegetation index obtained by ground-based remote sensing to characterize vine cycle in Rio Grande do Sul, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 5, p. 543-553, 2017.

MERZLYAN, M. N et al. Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening. **Physiologi Plantarum**, Lund, v. 106, n. 1, p.135-141, 1999.

MICASENSE. **Micasense RedEdge Multispectral Camera TM3**. User Manual. Seattle: Micasense, 2015, 33p.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de Precisão**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2015.

PEDRALLI, L. D. **Aplicação de sensor multispectral a bordo de vant na determinação de graus de severidade de *Erwinia psidii* em *Eucalyptus urograndis***. 2017. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), UFSM, Santa Maria, 2017.

REN, S.; CHEN, X.; NA, S. Assessing plant senescence reflectance index-retrieved vegetation phenology and its spatiotemporal response to climate change in the Inner Mongolian Grassland. **International Journal of Biometeorology**, v. 61, n. 4, p. 601-612, 2017.

TEIXEIRA, A. L. S. **Correlação entre índices espectrais de verdor, umidade e senescência e ocorrências de queimadas no Parque Nacional de Brasília**. 2020. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas)—Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

VINÍCOLA VELHO AMÂNCIO. **Velho Amâncio**. Quem somos. Disponível em: <<https://velhoamancio.com.br/quem-somos>>. Acesso em 07 jan 2022.

# DESEMPENHO DE SENSOR XRF PARA PREDIÇÃO DE MICRONUTRIENTES E SULFATO EM SOLOS TROPICAIS DE SÃO PAULO

Mateus Silva Gelain<sup>1,2</sup>; Larissa Cardoso<sup>1,2</sup>; Carlos Roberto Pinheiro Junior<sup>3</sup>; Tiago Rodrigues Tavares<sup>4</sup>; Jose Paulo Molin<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engº Agrônomo, Graduando - Lab. de Agricultura de Precisão, ESALQ, USP, Piracicaba - SP. mateus.gelain@usp.br / (14) 9 9758-3056; <sup>2</sup>Engº Agrônomo, Graduando - Departamento de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba - SP; <sup>3</sup>Engº Agrônomo, Doutorando - Departamento de Solos, UFRRJ, Seropédica RJ; <sup>4</sup>Engº Agrônomo, Pesquisador Pós-Doc - Lab. de Instrumentação Nuclear, CENA, USP, Piracicaba SP; <sup>5</sup>Engº Agrícola, Professor - Departamento de Eng. de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba SP

Apresentado no  
**Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão- ConBAP 2022**  
Campinas, SP, 09 a 11 de agosto de 2022

**RESUMO:** Sensores de fluorescência de raios X (XRF) permitem verificar teores totais de micronutrientes e enxofre, sendo uma possível alternativa para o diagnóstico rápido dos teores disponíveis desses nutrientes. Além disso, trabalhos em solos tropicais são incipientes nessa área. Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar o desempenho de um sensor XRF para a predição dos teores disponíveis de Fe, Mn, Zn, B, Cu e sulfato em solos tropicais do estado de São Paulo. Para isso, utilizaram um total de 137 amostras de solo, coletadas de 0 a 20 cm de profundidade, em cinco talhões agrícolas diferentes. Modelos preditivos foram calibradas e validados utilizando regressão linear múltipla. A tecnologia propiciou predições satisfatórias para S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Mn, B, Zn e Fe (razão do desempenho pela distância interquartil (RPIQ)) de 2,11; 1,54; 2,56; 1,86 e 1,55, respectivamente), enquanto para os micronutrientes Cu apresentaram desempenho ruim (RPIQ < 1,40). Em suma, para a maioria dos micronutrientes avaliados é possível predições satisfatórias usando o sensor XRF, indicando que este sensor pode ser usado como uma alternativa mais rápida para o diagnóstico de micronutrientes no solo. Futuros trabalhos devem ser direcionados para o aprimoramento de modelos preditivos usando uma quantidade maior de dados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensoriamento proximal do solo; Modelos de predição; Teor elementar

## XRF SENSOR PERFORMANCE FOR MICRONUTRIENT AND SULFUR PREDICTION IN TROPICAL SOILS OF SÃO PAULO

**ABSTRACT:** X-ray fluorescence (XRF) sensors allow checking total levels of micronutrients and sulfur, being a possible alternative for the rapid diagnosis of available levels of these nutrients. Furthermore, work on tropical soils is incipient in this area. In this sense, this work aimed to evaluate the performance of an XRF sensor for the prediction of available Fe, Mn, Zn, B, Cu and sulfate contents in tropical soils in the state of São Paulo. For this, they used a total of 137 soil samples, collected from 0 to 20 cm in depth, in five different agricultural plots. Predictive models were calibrated and validated using multiple linear regression. The technology provided satisfactory predictions for S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Mn, B, Zn and Fe (ratio of performance to interquartile distance (RPIQ)) of 2.11; 1.54; 2.56; 1.86 and 1.55, respectively), while the micronutrients Cu showed poor performance (RPIQ < 1.40). In summary, for most micronutrients evaluated, satisfactory predictions are possible using the XRF sensor, indicating that this sensor can be used as a faster alternative for the diagnosis of micronutrients in soil. Future research should be directed towards improving predictive models using a larger amount of data.

**KEYWORDS:** Proximal soil sensing; Prediction models; Elemental content

**INTRODUÇÃO:** Abordagens e tecnologias de Agricultura de Precisão são promissoras para atender os desafios globais da agricultura do século XXI, alinhando técnicas de produção agrícola que permitem combinar retorno econômico com conservação ambiental (MOLIN et al., 2015). A gestão localizada de fertilizantes, com aplicação da quantidade adequada no local correto, faz parte dos fundamentos de boas práticas para uso eficiente de fertilizantes (BRUULSEMA et al., 2008). Neste sentido, o diagnóstico de atributos do solo via sensores é uma alternativa para incrementar a densidade espacial de informações sobre a