

## **RELAÇÃO ENTRE A RESPOSTA ESPECTRO TEMPORAL DO CAFEIEIRO E A OCORRÊNCIA DA MANCHA AUREOLADA**

**DIEGO BEDIN MARIN<sup>1</sup>, MARCELO DE CARVALHO ALVES<sup>2</sup>, MATHEUS LUIZ JORGE CORTEZ<sup>3</sup> VICTOR FONTES MAKINS<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, (35) 99128-4644, db.marin@hotmail.com

<sup>2</sup> Pós Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, (35) 99832-1807, marcelo.alves@deg.ufla.br

<sup>3</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, (35) 99987-8313, cortez.agro@gmail.com

<sup>4</sup> Graduando em Administração, Universidade Federal de Lavras, (35) 98421-5111, victormakins@gmail.com

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** Objetivou-se neste trabalho, estudar a influência da mancha aureolada *Pseudomonas syringae* pv. *Garcae* no comportamento espectro temporal do cafeeiro utilizando técnicas de sensoriamento remoto. As análises da incidência e severidade da doença foram realizadas mensalmente no ano de 2014, em uma lavoura cafeeira localizada no município de Santo Antônio do Amparo – MG. Os dados espectrais foram adquiridos de imagens Landsat 8 sensor OLI/TIRS dos meses de março a outubro de 2014. Para a determinação do comportamento espectral das plantas e para o cálculo dos índices de vegetação propostos, os dados espectrais foram transformados em valores de radiância e posteriormente em valores de refletância utilizando a correção atmosférica DOS1 (Dark Object Subtraction). Foi possível observar uma correlação linear positiva dos índices de vegetação com a incidência e severidade da doença, provavelmente pela baixa produtividade das plantas com ocorrência da doença que sofreram menos derriça das folhas na colheita. O estudo demonstrou um elevado potencial para analisar a ocorrência da mancha aureolada com base na alteração do comportamento espectral do cafeeiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** ÍNDICES DE VEGETAÇÃO, LANDSAT 8, SENSORIAMENTO REMOTO.

### **RELATIONSHIP BETWEEN TEMPORAL ESPECTRO ANSWER OF COFFEE PLANTS AND THE OCCURRENCE BACTERIAL BLIGHT**

**ABSTRACT:** The aim of this study was to analyze the influence of the bacterial blight (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) in temporal spectrum behavior of coffee plants using remote sensing techniques. The incidence and severity of the disease were analyzed monthly in 2014, in a coffee plantation located in the municipality of Santo Antônio do Amparo - MG. The spectral data were acquired from Landsat 8 OLI / TIRS sensor images from March to October 2014. To determine the spectral behavior of the plants and to calculate the proposed vegetation indices, the spectral data were transformed into radiance values and Later and reflectance values using the atmospheric correction DOS1 (Dark Object Subtraction). It was possible to observe a positive linear correlation of the vegetation indices with the incidence and severity of the disease, probably due to the low productivity of the plants with the occurrence of the disease that suffered less leaves melting at harvest. The study demonstrated a high potential to analyze the occurrence of the bacterial blight based on the change in the spectral behavior of the coffee tree.

**KEYWORDS:** VEGETATION INDEX, LANDSAT 8, REMOTE SENSING.

## **INTRODUÇÃO**

Doenças de plantas como a mancha aureolada podem ser avaliadas por métodos diretos, onde a estimativa da quantidade de doença é feita diretamente pelos sintomas, ou por métodos indiretos, em que a quantidade de doença é estimada pela população do patógeno. Dentre os métodos diretos encontram-se a estimativa dos parâmetros incidência e severidade e as técnicas de sensoriamento remoto (MAFFIA et al., 2007). Em estudos de doenças de plantas, o sensoriamento remoto, além de ser utilizado para quantificação, também pode servir para a detecção de plantas infectadas e/ou áreas atacadas por fitopatógenos (NAUE et al., 2011).

Dalla Pria e Silva (2010), relataram que é possível aplicar técnicas de sensoriamento remoto na avaliação de doenças, utilizando-se refletância da radiação solar em certo comprimentos de onda. Tais medidas de refletância espectral constituem o principal exemplo da aplicação dessas técnicas na fitopatologia, uma vez que existem diferenças entre as respostas espectrais de uma folha sadia e de uma folha doente (SILVA et al., 2000; GRÖLL et al., 2008).

Além disso, para minimizar a influência de fatores externos, a resposta espectral da vegetação sido transformada e combinada em vários índices de vegetação. Os índices de vegetação são resultados da combinação dos valores de refletância em dois ou mais intervalos de comprimento de onda, e está intimamente relacionado com a quantidade e o estado da vegetação em uma dada área da superfície terrestre. (RIZZI, 2004).

Essas ferramentas foram empregadas em diferentes trabalhos e os resultados mostraram-se promissores em relação a sua eficiência para a detecção e quantificação de doenças de plantas.

Boechat et al. (2014) relataram que os índices de vegetação NDVI, GNDVI e SAVI, podem ser utilizados na detecção da ocorrência do fungo *Sclerotinia Sclerotiorum*, causador da mofo-branco do feijoeiro.

Ashourloo et al. (2014), utilizando diferentes índices de vegetação, evidenciaram que alguns índices obtiveram uma acurácia de até 60% na detecção da ferrugem no trigo.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar a influência da mancha aureolada no comportamento espectro-temporal do cafeeiro utilizando técnicas de sensoriamento remoto.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Descrição da área**

O estudo foi desenvolvido de janeiro a dezembro de 2014 na fazenda Neumman Kaffee Gruppe, localizada na latitude 20° 53' 23,7"(Sul) e 44° 52' 56,9" (Oeste) e altitude média 1140 metros, no município de Santo Antônio do Amparo – MG. A lavoura de café (*Coffea arabica* L.), onde foi conduzido o experimento, foi da cultivar Catucaí Amarelo 2SL, resistente à ferrugem, porém suscetível à mancha aureolada, com 4 anos de idade, plantada no espaçamento de 3,7 m entre linhas e 0,7 m entre plantas, totalizando 3.862 plantas.ha<sup>-1</sup> em área de 7,65 ha.

Para estabelecer a malha amostral, obtendo latitude, longitude e altitude, os pontos foram georreferenciados com GPS TRIMBLE 4600 LS® e Estação Total Leica TC600®. A área foi composta de 85 pontos amostrais contendo 5 plantas cada, com distância de 30 x 30 metros.

### Obtenção dos dados *in situ*

Os valores da incidência e severidade da mancha aureolada foram obtidos de Belan et al. (2014).

### Obtenção dos dados orbitais

Neste estudo, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 OLI/TIRS, nas datas de março a outubro de 2014.

### Pré processamento das imagens

Para o cálculo dos índices de vegetação, foi necessário transformar os níveis de cinza em valores de radiância, e posteriormente em refletância. Na transformação dos Níveis de Cinza em valores de radiância utilizou-se a equação proposta por Markham e Barker (1987). Já para converter os valores de radiância em refletância, utilizou-se a metodologia proposta por (MORAN et al. 1992; SOBRINO et. al 1996). Além disso, para remover a influência da atmosfera na resposta espectral, foi aplicada a correção Dark Object Subtraction (DOS1) (CHAVEZ, 1989).

### Índices de vegetação

Após obter os valores de refletância das bandas espectrais das imagens, foram calculados os índices de vegetação conforme a tabela (X).

Tabela 1 – Índices de vegetação obtidos das refletâncias das bandas espectrais das imagens Landsat 8 – TIRS.

Índices de Vegetação	Equação	Referência
TVI (Triangular Vegetation Index)	$0.5(120(R_{NIR} - R_G) - 200(R_R - R_G))$	Broge e Leblanc (2001)
MCARI <sub>1</sub> (First Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index)	$1.2(2.5(R_{NIR} - R_G) - 1.3(R_{NIR} - R_G))$	Haboudane et al. (2004)
MCARI <sub>2</sub> (Second Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index)	$\frac{1.2(2.5(R_{NIR} - R_R) - 1.3(R_{NIR} - R_G))}{\sqrt{2(R_{NIR} + 1)^2 - 0.5 - 6(R_{NIR} - 5\sqrt{R_R})}}$	Haboudane et al. (2004)
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	$\frac{R_{NIR} - R_R}{R_{NIR} + R_R}$	Rouse et al. (1974)

MTVI <sub>1</sub> (Modified Normalized Difference Vegetation Index 1)	$1.2(1.2(R_{NIR} - R_G) - 2.5(R_R - R_G))$	Haboudane et al. (2004)
MTVI <sub>2</sub> (Modified Normalized Difference Vegetation Index 2)	$\frac{1.5(1.0(R_{NIR} - R_G) - 2.5(R_R - R_G))}{\sqrt{((2R_{NIR} + 1)^2 - (6R_{NIR} - 5\sqrt{R_R}) - 0.5)}}$	Haboudane et al. (2004)

R<sub>B</sub>: refletância na banda do azul; R<sub>G</sub>: refletância na banda do verde; R<sub>r</sub>: refletância na banda do vermelho; R<sub>NIR</sub>: refletância na banda do infravermelho próximo; R<sub>MID</sub>: refletância na banda do infravermelho médio;

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na correlação de Pearson, observou-se correlação linear positiva entre a incidência da mancha aureolada e os índices de vegetação (Tabela 1).

TABELA 1. Correlações entre a incidência da mancha aureoladas na folha e os índices de vegetação

Índice de vegetação	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
NDVI	0,27	0,37	0,55	0,58	0,63	0,53	0,40	0,34
TVI	0,39	0,33	0,63	0,70	0,75	0,65	0,49	0,43
MTVI 1	0,39	0,32	0,63	0,70	0,75	0,64	0,48	0,40
MTVI 2	0,35	0,28	0,62	0,66	0,71	0,59	0,44	0,35
MSAVI	0,38	0,31	0,62	0,69	0,74	0,64	0,49	0,45
MCARI 1	0,41	0,34	0,62	0,72	0,76	0,70	0,57	0,54
MCARI 2	0,36	0,29	0,62	0,66	0,72	0,60	0,45	0,37

\*P significativo a 5%

(-) correlações não significativas

Os índices de vegetação seguiram praticamente um mesmo padrão, sendo os maiores valores encontrados nos meses de junho a agosto, em que a temperatura média nesses meses, de acordo com a estação meteorológica instalada na área de estudo, foi de 17,5°C. De forma geral, sob condições de temperaturas amenas, alta pluviosidade ou em campos situados em altitudes elevadas, expostas a incidência direta e constante de vento, a ocorrência da doença é favorecida podendo ocasionar perdas na produção (GODOY; BERGAMIN FILHO; SALGADO, 1997; ZAMBOLIM et al., 1997, 2005; SERA, 2001; POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010; CARVALHO; CHALFOUN, 1998). Em contrapartida, os menores valores, também como esperado, foram encontrados nos meses de março e abril, época em que as temperatura nessa região são mais elevadas. A temperatura média nesses meses foi de 20,2°C. Zoccoli et al. (2014) relataram que o períodos quentes do ano, são totalmente desfavorável a incidência da mancha aureolada.

Para a severidade da mancha aureolada e os índices de vegetação, também foi obtido uma correlação linear positiva (Tabela 2).

TABELA 2. Correlações entre a severidade da mancha aureoladas na folha e os índices de vegetação

Índice de vegetação	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
NDVI	0,363	0,328	0,271	0,306	0,267	0,379
TVI	0,462	0,458	0,368	0,359	0,326	0,462
MTVI 1	0,462	0,453	0,365	0,355	0,321	0,449
MTVI 2	0,437	0,406	0,335	0,339	0,303	0,417
MCARI 1	0,456	0,476	0,376	0,372	0,34	0,503
MCARI 2	0,443	0,414	0,341	0,344	0,307	0,425

\*P significativo a 5%

(-) correlações não significativas

O mês de outubro apresentou as correlações mais altas, concordando com Zoccoli et al. (2014). Segundo os autores a alta severidade da doença está atribuída à alta pluviosidade (média anual de  $\pm 1450$  mm) e predominância de ventos fortes e também a ocorrência de chuvas de granizo, que são relativamente frequentes, especialmente no início do período das chuvas, quando os tecidos estão tenros. Alves et al. (2005) mostram que, em média, o início da estação chuvosa na região Sudeste do Brasil acontece na pênstada 57, ou seja, entre 8 e 12 de outubro, com um desvio padrão de aproximadamente 2 pênstadas.

A correlação positiva entre a incidência e a severidade da mancha aureolada com os índices de vegetação pode ser explicada pela baixa produtividade das plantas ocasionada pela ocorrência da doença. A mancha aureolada é capaz de reduzir a produção de forma significativa, afetando desde mudas no viveiro até cafezais em formação e/ou em produção. (YOUNG;DYE;WILKIE, 1978).

Dessa forma, as plantas com maiores ocorrência da doença sofrerão menos perda do enfolhamento em função da derriça provocada pela colheita, pois quanto maior a produção da planta, maior também será sua desfolha causada pela colheita.

Segundo Bártholo e Guimarães (1997), um dos principais danos causados ao cafeeiro pela ação da colheita é a desfolha. Dessa maneira, a planta produzirá menos no ano seguinte, uma vez que utilizará suas reservas para a recomposição da vegetação e, por conseguinte, terá uma menor frutificação. Rena et al. (1996), completa dizendo que, de forma geral, as plantas muito produtivas ficam debilitadas em função do dreno de nutrientes das folhas para os frutos em ano de alta produtividade, pois o cafeeiro não regula a carga de frutos, provocando distúrbios fisiológicos na planta, culminando em queda de folhas, redução da fotossíntese e baixa produtividade no ano subsequente.

Silva et al. (2010), constataram que a colheita manual desfolhou mais em locais de maior produtividade, e apresentou redução da produtividade de café na lavoura no ano subsequente, pelo aumento da desfolha em plantas de maior produtividade e consequente redução da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel dessas plantas, ocasionando bienalidade da produção.

Já Bernardes et al. (2012), correlacionaram os índices de vegetação EVI e NDVI, derivados do sensor MODIS, com a produção em uma lavoura cafeeira, evidenciando as variações provocadas pela bienalidade na produção.

## CONCLUSÕES

Os índices de vegetação utilizados foram eficientes para detectar as diferenças entre a resposta espectral das plantas do cafeeiro nas regiões de maior e menor ocorrência da mancha aureolada.

A utilização de outros sensores e outras doenças no estudo, pode validar a metodologia como uma alternativa viável na avaliação das doenças na cafeicultura de precisão.

## REFERÊNCIAS

ALVES, L.M.; MARENGO, J.A.; CAMARGO JR., H.; CASTRO, C. Início da estação chuvosa na região Sudeste do Brasil: Parte 1 – Estudos observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.3, p.385-394, 2005.

ASHOORLOO, D.; MOBASHERI, M. R.; HUETE, A. Evaluating the effect of different wheat rust disease symptoms on vegetation indices using hyperspectral measurements. **Remote Sensing**, v. 6, n. 6, p. 5107-5123, 2014.

BÁRTHOLO, G.F.; GUIMARÃES, P.T.G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.187, p.33-42, 1997.

BELAN, L.L. et al. Diagrammatic scale for assessment of bacterial blight in coffee leaves. **Journal of Phytopathology**, v. 162, n. 11-12, p. 801-810, 2014.

BERNARDES, T. et al. Monitoring biennial bearing effect on coffee yield using MODIS remote sensing imagery. **Remote Sensing**, v. 4, n .9, p. 2492-2509, 2012.

BOECHAT et al. Detecção do mofo-branco no feijoeiro, utilizando características espectrais. **Revista Ceres, Viçosa**, v. 61, n.6, p. 907-915, 2014.

BROGE, N. H.; LEBLANC, E. Comparing prediction power and stability of broadband and hyperspectral vegetation indices for estimation of green leaf area index and canopy chlorophyll density. **Remote Sensing of Environment**, v. 76, n. 6, p. 156- 172, 2001.

CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, p. 27-35, 1998.

CHAVEZ JR., P.S. Radiometric calibration of Landsat thematic mapper multispectral images. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.55, p.1285-1294, 1989.

DALLA PRIA, M.S. Cultura do feijão: doenças e controle. **Ponta Grossa**, UEPG. 454p.  
HABOUDANE, D. et al. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modelling and validation in the context of precision agriculture. **Remote Sensing of Environment**, v. 90, p. 337- 352, 2004.

HABOUDANE, D. et al. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modelling and validation in the context of precision agriculture. **Remote Sensing of Environment**, v. 90, p. 337- 352, 2004.

HIKISHIMA M. et al. Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja. **Tropical Plant Pathology**, 35:096-103.

GODOY, C. V.; BERGAMIN FILHO, A.; SALGADO, C. L. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p. 184-200, 2 v.

GRÖLL K.; GRAEFF S.; CLAUPEIN, W. Use of Vegetation indices to detect plant diseases. In: **27th GIL-Jahrestagung. Proceedings, University of Hohenheim**. p.340.

MAFFIA, L.A.; MIZUBUTI, E.S.G.; ALFENAS, A.C.; MAFIA, R.G. 2007. Quantificação de doenças de plantas. In: ALFENAS, A.C.; MÁFIA, R.G. **Métodos em Fitopatologia**, UFV, Viçosa, p. 161-172.

MARKHAN, B.L; BARKER, J.L. Radiometric Properties of U.S. processes Landsat MSS data. **Remote Sensing of Environment**, v.17, n. 1, p.39-71, 1987.

MORAN M.S. et al. Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output. **Remote Sensing of Environment**, v. 41, n .2, p. 169-184, 1992.

NAUE, C.R.; et al. Sensoriamento remoto como ferramenta aos estudos de doenças de plantas agrícolas: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 03:190-195.

POZZA, E. A.; CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. **Sintomas de injúrias causadas por doenças do cafeeiro**. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. (Org.). *Semiologia do cafeeiro*. 1. ed. Lavras: UFLA, 2010, v. , p. 67-106.

RENA, A.B.; NACIF, A.P.; GONTIJO, P.T.; PEREIRA, A.A. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1996. p.73-85.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Texas: Texas A&M University, 1974. (**Type III final rep. NASA/ GSFC**).

RIZZI, R. **Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do Sul**. 2004-04-30. (INPE--TDI). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004.

Sobrinho, J.A. et al. Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data. **International Journal of Remote Sensing**, v.17, n. 11, p. 2089-2114, 1996.

SERA, T. Coffee genetic breeding at IAPAR. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, p. 179-190, 2001.

SILVA, E.A. et al. **Perspectivas no manejo e controle localizado de doenças das culturas: uma abordagem no manejo do nematóide do cisto da soja**. Viçosa, Editora UFV. 453p.

SILVA, F.M. et al. EFEITOS DA Colheita manual na bienalidade do cafeeiro em ijaci, minas gerais. **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 34, n. 3, p. 625-632, maio/jun., 2010.

ZAMBOLIM, L. et al. Café (*Coffea arabica* L.): controle de doenças. In: VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas**. Viçosa, MG: UFV/Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. Cap. 3, p. 120-122.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do Cafeeiro. In: KIMATI, A. et al. **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 165-180.

ZOCCOLI, D. M.; TAKATSU, A.; UESUGI, C. H. Ocorrência de mancha aureolada em cafeeiros na Região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 843-849, 2011.

YOUNG, J.M. et al. A proposed nomenclature and classification for plant pathogenic bacteria. **New Zealand Journal of Agricultural Research** 21: 153–177.