

## Uso de índices de vegetação na avaliação remota da cercosporiose em uma lavoura cafeeira

Diego Bedin Marin<sup>1</sup>  
Marcelo de Carvalho Alves<sup>1</sup>  
Michel Eustáquio Dantas Chaves<sup>1</sup>  
Matheus Luiz Jorge Cortez<sup>1</sup>  
Victor Gabriel Fontes Makins<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras - UFLA  
Caixa Postal 3037 - 3829-1122 - Lavras - MG, Brasil  
db.marin@hotmail.com, {marcelocarvalhoalves, cortez.agro, victormakins}@gmail.com,  
medchaves@posgrad.ufla.br

**Abstract.** Brown eye spot, caused by *Cercospora coffeicola* is one of the oldest diseases related to coffee trees. It is estimated that an infected cultivation can lose up to 30% of its productivity. In this context, remote sensing techniques can be useful to help the farmer to the management the coffee culture. The objective of this study was to analyze the incidence of brown eye spot on leaves of coffee tree using different vegetation indexes. For this study images from Landsat 5 from 10/06/2005 were used from a coffee farm in Ijaci – MG, from where data was collected in situ observing the signs from the disease in 100 leaves that were collected in each sample point from the third and the fourth pair of leaves on third of the average. The spectral data were obtained from images with Standard Terrain Correction Levels (L1T) and transformed into radiance values, and afterwards converted into reflectance values. Subsequently we determined the vegetation indexes: Normalized Difference Water Index (NDWI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) and Modified Triangular Vegetation Index (MTVI2). We observed negative correlation between the vegetation indexes and the incidence of disease on the coffee tree leaves. In the places with higher water stress, there was probably a higher susceptibility of the plants to the disease, causing defoliation and reduction in photosynthesis activity. The vegetation index that best correlated with the occurrence of disease was MTVI2.

**Palavras-chave:** remote sensing, Landsat 5, precision agriculture, geographic information system, sensoriamento remoto, Landsat5, agricultura de precisão, sistema de informação geográfica.

### 1. Introdução

A cercosporiose, também conhecida como mancha-de-olho-pardo, olho pardo, mancha parda ou olho de pombo é uma das doenças mais antigas do cafeeiro, sendo causada pela *Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke. Os sintomas característicos que conferem essas denominações à doença nas folhas são manchas circulares de coloração castanho-claro a escuro, com o centro branco acinzentado, quase sempre envolvido por um halo amarelado (CARVALHO et al. 2010).

Os sintomas da doença manifestam-se na forma de lesões nas folhas e nos frutos. As folhas afetadas caem rapidamente e as lesões nos frutos prejudicam a qualidade da bebida (ZAMBOLIM et al. 2005).

Estima-se, segundo Pozza et al. (2001), que a cercosporiose pode reduzir de 15% a 30% a produtividade no campo, tornando-se sério problema para a economia cafeeira.

Devido aos elevados custos de produção da cafeicultura e a um mercado cada dia mais competitivo, há a necessidade de evitar quaisquer formas de perda. Por essa razão, é imprescindível o desenvolvimento de técnicas objetivas, de fácil acesso, resposta rápida em curto espaço de tempo, confiabilidade e custo baixo.

Entre as técnicas que podem ser consideradas nesse contexto, o sensoriamento remoto é uma das que possuem um grande potencial de aplicação, pois, devido a seu caráter multiespectral, repetitividade no tempo e custo relativamente baixo, viabilizam grande gama de aplicações na agricultura, tais como a criação de modelos para previsão de safra,

estimativas de parâmetros fenológicos, monitoramento de cultivos e a identificação da ocorrência de estresses nas plantas.

No entanto, a refletância espectral da cobertura vegetal do café sofre influência de vários fatores externos. Segundo Ponzoni (2001), determinar o aspecto da cobertura vegetal é um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais, tais como interferência do solo, teor de umidade, fonte de radiação, características das folhas, entre outros.

Visando minimizar a variabilidade causada pelos fatores externos, a refletância espectral da cobertura vegetal do café tem sido transformada em vários índices de vegetação. Os índices de vegetação combinam sob forma de razões, regiões espectrais do infravermelho até o visível, compreendendo mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação, correlacionando-os com os parâmetros biofísicos da cultura (ROSA, 2003).

Alguns trabalhos aplicaram índices de vegetação para avaliar parâmetros relacionados ao cafeeiro. Bernardes et al. (2012), correlacionaram os índices de vegetação EVI e NDVI com a produção em uma lavoura cafeeira, evidenciando as variações provocadas pela bialidade na produção. Coltri et al. (2013), investigando a relação entre índices de vegetação de imagens de alta resolução e propriedades biofísicas do café, incluindo biomassa seca e carbono, demonstraram forte correlação entre os índices NDVI, RVI, GNDVI e biomassa seca, permitindo a estimativa do estoque de carbono das culturas de café.

O objetivo deste trabalho foi analisar a incidência da cercosporiose na folha em uma lavoura cafeeira utilizando diferentes índices de vegetação.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Descrição da Área

O estudo foi desenvolvido na fazenda Cafua, localizada no município de Ijaci, sul de Minas Gerais, com uma área total de 6,5 ha de lavoura de cafeeiro (*Coffea arabica L.*) da cultivar Mundo Novo, com 10 anos de idade, no espaçamento de 4m entre linhas e 1m entre plantas, totalizando 2500 plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 1). As coordenadas geográficas são de 21° 10' 11" de latitude sul e 44° 58' 37" de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 934 metros e declividade de 0,84 % no sentido norte-sul e de 12 % no sentido leste-oeste. Foram demarcados 49 pontos transectos na área, com distâncias de 25x25 e 50x50 metros.

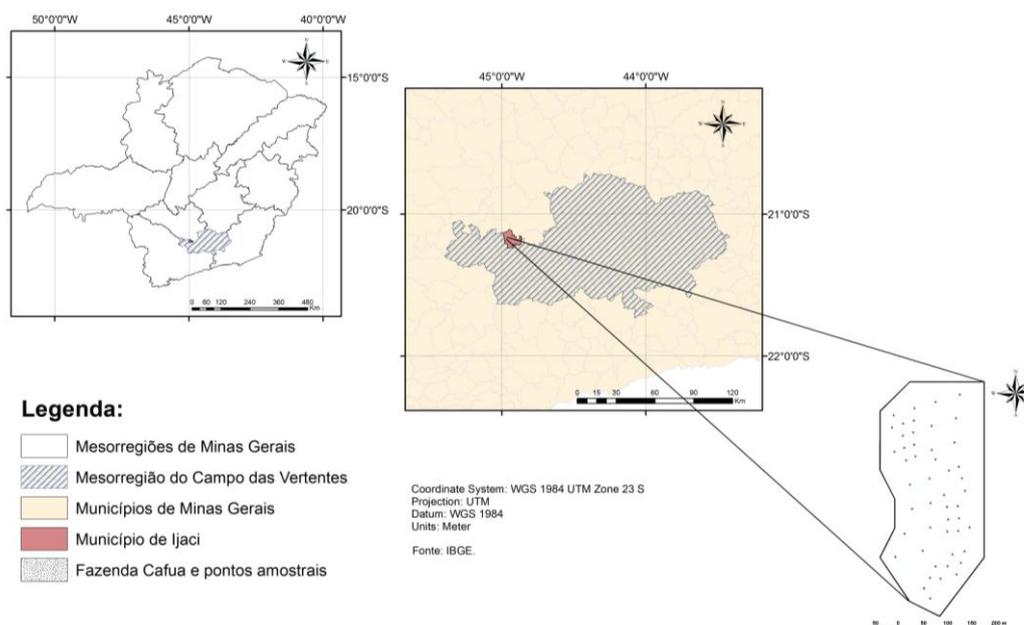


Figura 1. Localização geográfica e delimitação dos pontos amostrais da área de estudo.

## 2.2 Obtenção dos dados *in situ*

Nas avaliações em campo de incidência da cercosporiose nas folhas, observou-se os sinais da doença em 100 folhas coletadas em cada ponto amostral, a partir do terceiro e do quarto par de folhas, no terço médio das plantas, por serem os mais representativos (HUERTA, 1963). Foram amostradas dez folhas de cada lado da rua, na direção leste e oeste, em cinco plantas por ponto. As folhas foram destacadas e analisadas em Laboratório.

## 2.3 Obtenção dos dados orbitais

Para o desenvolvimento do estudo, utilizou-se imagens obtidas do endereço eletrônico do *United State Geological Survey* (USGS) (<http://earthexplorer.usgs.gov>), adquiridas do sensor *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat 5, na data de 06/10/2005.

## 2.4 Pré-processamento das Imagens

As imagens obtidas do sensor TM, apresentam qualidade nove segundo a classificação do USGS, ou seja, imagens acuradas, com nível de correção *Standard Terrain Correction* (L1T), que engloba a correção radiométrica e geométrica, usando pontos de controle e Modelo Digital de Elevação (USGS, 2014).

No sensoriamento remoto, cada pixel possui um valor que representa a intensidade de energia eletromagnética (refletida ou emitida) medida pelo sensor em níveis de cinza, conhecido como Número Digital (ND). No entanto, os ND são usados apenas por conveniência no processamento dos dados, pois os valores em ND não representam quantitativamente os valores físicos reais dos alvos na superfície terrestre (ROBINOVE, 1982). Portanto, faz-se necessário a conversão dos ND em grandezas físicas, radiância e refletância.

Na conversão do ND em radiância, utilizou-se a equação proposta por Markham e Barker (1987). Porém, para o cálculo dos índices de vegetação, faz-se necessário transformar os valores de radiância em refletância, visto que a interferência da atmosfera pode causar ruídos na resposta radiométrica.

Para isso, utiliza-se métodos de correções específicos, dentre eles, o método *Dark Object Subtraction* (DOS 1) proposto por Chavez (1989), em que se assume uma grande probabilidade de existir pixels escuros nas imagens, como sombras ocasionadas pela topografia ou por nuvens, os quais deveriam apresentar um ND muito baixo na imagem, equivalente a cerca de 1% de refletância. Contudo, esses pixels sombreados apresentam valores de ND nas imagens superiores aos esperados, consequência do espalhamento atmosférico, e por isso esses pixels escuros servem de referência para a correção do espalhamento atmosférico.

Portanto, para a conversão dos valores de radiância para refletância com a correção atmosférica DOS1, utilizou-se o método proposto por Moran et al. (1992) e Sobrino et al. (1996).

## 2.5 Índices de Vegetação

O Índice por Diferença Normalizada da Água (NDWI), (Equação 1), proposto por Gao (1996), está relacionado com conteúdo de água presente nas folhas, onde os valores positivos estão associados a vegetação verde e os valores negativos à vegetação seca.

$$NDWI = \frac{R_{NIR} - R_{MID}}{R_{NIR} + R_{MID}} \quad (1)$$

Em que,  $R_{NIR}$  e  $R_{MID}$  são a refletância nas bandas do infravermelho próximo e infravermelho médio, respectivamente.

No cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), (Equação 2), utilizou-se o método proposto por Rouse et al. (1974), o qual retrata a relação entre as refletâncias na região do infravermelho próximo e na região visível do vermelho. Maiores valores estão associados à vegetação vigorosa e os menores valores à ausência de vegetação.

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_R}{R_{NIR} + R_R} \quad (2)$$

Em que,  $R_{NIR}$  e  $R_R$  são a refletância nas bandas do infravermelho próximo e do vermelho, respectivamente.

Com intuito de corrigir os efeitos da contaminação do sinal pelo fundo do dossel, principalmente o ruído originado pelo solo, obteve-se o Índice de Vegetação Ajustada ao Solo (SAVI), (Equação 3). Huete (1988), introduziu uma constante “L” na equação do NDVI, variando de 0 a 1, conforme a biomassa da vegetação. Ainda segundo o autor, os valores ótimos para a constante “L”, são de 0,25 (para altas densidades de vegetação) 0,5 (para médias densidades de vegetação) e 1 (para baixas densidades de vegetação), sendo utilizado neste estudo o valor para médias densidades.

$$SAVI = \frac{(1 + L)R_{NIR} - R_R}{R_{NIR} + R_R + L} \quad (3)$$

Em que,  $R_{NIR}$ , é a refletância na banda do infravermelho próximo;  $R_R$ , a refletância na banda do vermelho e L, a variável de ajuste ao solo.

O Índice de Vegetação Verde da Diferença (GNDVI) foi proposto por Gitelson et al. (1996), utilizando imagens orbitais sobre áreas de vegetação adulta e sobre áreas ocupadas por vegetação sob estado de senescência, com objetivos de determinação de taxas de concentração de pigmentações fotossinteticamente ativos e deficiências das vegetações. Sua fórmula é dada pela (Equação 4).

$$GNDVI = \frac{R_{NIR} - R_G}{R_{NIR} + R_G} \quad (4)$$

Em que,  $R_{NIR}$  e  $R_G$  são a refletância nas bandas do infravermelho próximo e do verde, respectivamente.

Visando medir a absorção de radiação pelos pigmentos fotossintetizantes, nas bandas do vermelho, infravermelho e verde, foi criado a segunda modificação do Índice de Vegetação Triangular (TVI), o Índice de Vegetação Triangular Modificado 2 (MTVI2). O índice apresenta uma simplificação e adição da correção do sinal de fundo do solo (BROGE e LEBLANC, 2001; HABOUDANE et al. 2004). O cálculo do índice é feito de acordo com a (Equação 5).

$$MTVI_2 = \frac{1,5[1,0(R_{NIR} - R_G) - 2,5(R_R - R_G)]}{\sqrt{[(2R_{NIR} + 1)^2 - (6R_{NIR} - 5\sqrt{R_R})] - 0,5}} \quad (5)$$

Em que,  $R_{NIR}$ , é a refletância na banda do infravermelho próximo;  $R_G$ , a refletância na banda do verde e  $R_R$ , a refletância na banda do vermelho.

### 3. Resultados e discussões

Foi possível observar um padrão de variabilidade espacial entre os índices de vegetação. A região sul da área estudada apresentou os menores valores para todos índices, com exceção do NDWI em que os menores valores também se estenderam para a região leste (Figura 2).

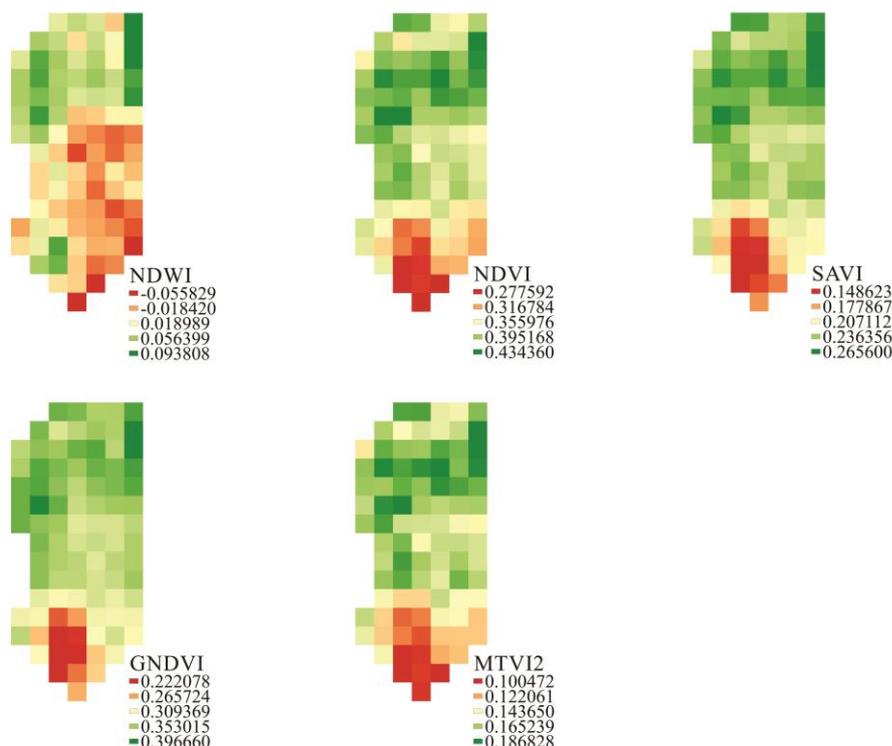


Figura 2. Índices de vegetação gerados a partir de imagens Landsat5 na data de 06/10/2005.

Após analisar a variabilidade espacial entre os índices de vegetação, partiu-se para a correlação de Pearson da incidência da cercosporiose na folha com os índices propostos (Tabela 1), para uma melhor interpretação dos resultados.

Tabela 1. Correlação de Pearson entre os índices de vegetação de 06/10/2005 com a incidência da cercosporiose na folha de 20/12/2005.

	NDWI	NDVI	SAVI	GNDVI	MTVI2
CERCOSPORIOSE	-0,526	-0,549	-0,564	-0,538	-0,571
NDWI		0,536	0,469	0,485	0,536
NDVI			0,960	0,928	0,941
SAVI				0,978	0,950
GNDVI					0,922

\*P significativo a 1%.

A correlação negativa entre o NDWI e a incidência da cercosporiose, pode estar relacionado com o conteúdo de água presente no dossel vegetal, pois de acordo com vários autores existe uma associação entre a deficiência hídrica e desenvolvimento da doença. Segundo Gao (1996), o NDWI oferece uma resposta desejável do estresse hídrico das plantas. Dessa maneira, foi possível observar que conforme a incidência da doença aumentava, os valores do NDWI diminuía, da mesma maneira quando os valores do NDWI aumentavam, a incidência da doença diminuía.

Santos et al. (2004), em experimento relacionando níveis de lâmina de irrigação e incidência de cercosporiose, relataram que os maiores índices da doença foram encontrados

nas parcelas não irrigadas, indicando uma influência positiva na disponibilidade de água para a planta na redução da incidência da doença.

O NDVI e o SAVI são índices que estão ligados diretamente com o vigor vegetativo das plantas. Nesse sentido, a correlação negativa com a incidência da cercosporiose na folha pode ser explicada pela desfolha provocada pela produção em excesso de etileno nas folhas lesionadas induzido pela cercosporiose. O etileno é precursor de outro hormônio, o ácido abscísico o qual provoca a queda precoce das folhas, diminuindo consideravelmente o vigor vegetativo (ZAMBOLIM et al. 1997; VALENCIA, 1970).

Estudando os efeitos da Sigatoka Amarela em bananeira, através do NDVI, Bendini et al. (2015), encontraram uma correlação negativa entre o índice e a doença. Os autores explicam que os valores do NDVI tendem a diminuir com o avanço nos estádios da doença, provocado por alterações no comportamento espectral em diferentes regiões, possivelmente devido às alterações na estrutura foliar e redução do tecido fotossintético.

Os índices GNDVI e MTVI2 de acordo com Gitelson et al. (1996) e Haboudane et al. (2004), respectivamente, são índices sensíveis a concentração de clorofila nas plantas, e portanto, a realização da fotossíntese, fato que explica a correlação negativa com a incidência da doença, uma vez que a cercosporiose causa a senescência das folhas, diminuindo o seu processo natural de fotossíntese.

Pascholati e Leite (1995), verificaram um aumento da atividade fotossintética no início do processo da doença, por um período reduzido, seguido, invariavelmente, pela redução da taxa de fotossíntese, devido ao aumento do surgimento de áreas cloróticas. A clorose é um sintoma comum observado em resposta a fitopatógenos e pode resultar na inibição de síntese de clorofila (Almási et al. 2000), aumentos na taxa de degradação de clorofila (Strelkov et al. 1998) e redução no tamanho e número de cloroplasto (Kema et al. 1996).

A correlação negativa dos índices de vegetação com a incidência também pôde ser observada na assinatura espectral na região de maior e de menor incidência da doença (Figura 3).

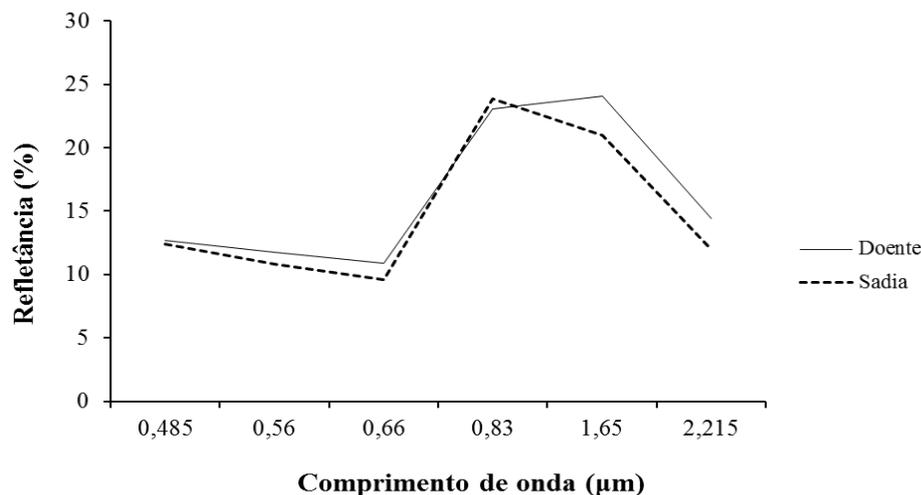


Figura 3. Assinatura espectral na região de maior e de menor incidência da cercosporiose em 06/10/2005.

Na região de maior incidência da doença, a refletância na faixa espectral do infravermelho médio (1,55 a 2,2µm) foi maior em relação a região de menor incidência da doença, evidenciando o déficit hídrico das plantas, haja vista que a refletância na região do infravermelho médio diminui conforme aumenta o conteúdo de água presente no interior das folhas.

Na faixa espectral do visível (0,4 a 0,76 µm), onde é possível observar em plantas saudáveis uma refletância baixa em virtude da absorção da radiação incidente pelos

pigmentos da planta, como as clorofilas a e b e carotenoides, ocorreu uma maior refletância na região de maior incidência da doença em relação a região de menor incidência. Enquanto que na faixa do infravermelho próximo (0,76 a 1,5 $\mu$ m) houve uma menor refletância na região de maior incidência da doença, possivelmente associada a degradação da estrutura foliar.

Segundo Ponzoni e Shimabukuro (2007), as folhas quando infectadas por fungos, exibem refletância maior do que nas folhas sadias na faixa espectral do visível, o que provavelmente pode ser explicado pela perda de clorofila. Já na faixa espectral do infravermelho próximo a refletância é menor em folhas infectadas, o que pode ser atribuído à invasão das hifas nos espaços intercelulares, que tendem a compactar a estrutura interna das folhas.

#### 4. Conclusão

Os objetivos propostos foram atingidos. Foi possível obter uma alta correlação entre a incidência da cercosporiose na folha com os índices de vegetação, mostrando o potencial dos mesmos na avaliação da cercosporiose em uma lavoura cafeeira.

De forma específica, o índice MTVI2 foi o que se correlacionou melhor com a incidência da cercosporiose na lavoura, demonstrando potencial para avaliar esta doença no cafeeiro.

#### Referências bibliográficas

- Almási, A.; Apatini, D.; Bóka, K.; Böddi, B.; Gáborjányi, R. BSMV infection inhibits chlorophyll biosynthesis in barley plants. **Physiological and molecular plant pathology**, v. 56, n. 6, p. 227-233, 2000.
- Bendini, H. N.; Jacon, A. D.; Pessôa, A. C. M.; Pavanelli, J. A. P.; Moraes, W. S.; Ponzoni, F. J.; Fonseca, L. M. G. Caracterização Espectral de Folhas de Bananeira (*Musa spp.*) para detecção e diferenciação da Sigatoka Negra e Sigatoka Amarela. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 2536-2543. Internet. ISBN 978-85-17-0076-8. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3JM4A5H>>. Acesso em: 11 set. 2016.
- Bernardes, T.; Moreira, M.A.; Adami, M.; Giarolla, A.; Rudorff, B.F.T. Monitoring biennial bearing effect on coffee yield using MODIS remote sensing imagery. **Remote Sensing**, v. 4, n. 9, p. 2492-2509, 2012.
- 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. 2, p. 156-172, 2001.
- Carvalho, V. L.; Chalfoun, S. M.; Cunha, R.L. Manejo de doenças do cafeeiro. **Café arábica do plantio à colheita, Lavras, MG: EPAMIG**, v. 1, p. 689-756, 2010.
- Coltri, P.P.; Zullo, J.; Gonçalves, R.R.V.; Romani, L.A.S.; Pinto, H.S. Coffee crop's biomass and carbon stock estimation with usage of high resolution satellites images. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 6, n. 3, p. 1786-1795, 2013.
- Chavez J., P.S. Radiometric calibration of Landsat thematic mapper multispectral images. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 55, n. 9, p. 1285-1294, 1989.
- Gao, B. C. NDWI – A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, v. 58, n. 3, p. 257-266, 1996.
- Gitelson, A.; Kaufman, Y.; Merzlyak, M. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 58, p. 289-298, 1996.
- Haboudane, D.; Miller, J.R.; Paterry, E.; Zarco-Tejada, P.J.; Strachan, I.B. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: modeling and validation in the context of precision agriculture. **Remote Sensing of Environment**, v. 90, n. 3, p. 337-352, 2004.
- Huerta, S. et al. Par de hojas representativo del estado nutricional del cafeto. **Cenicafé (Colombia)**, v. 14, n. 2, p. 111-128, 1963.

- Huete, A.R. A Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.
- Kema, G.H.; Yu, D.; Rijkenberg, F.H.; Shaw, M.W.; Baayen, R.P. Histology of the pathogenesis of *Mycosphaerella graminicola* in wheat. **Phytopathology**, v. 86, n. 7, p. 777-786, 1996.
- Markhan, B.L; Barker, J.L. Radiometric properties of U.S. processes Landsat MSS data. **Remote Sensing of Environment**, v. 17, p. 39-71, 1987.
- Moran, M.S.; Jackson, R.D.; Slater, P.N.; Teillet, P.M. 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.
- Pascholati, S. F.; Leite, B.; Filho, A.B.; Kimati, H.; Amorim, L. Hospedeiro: mecanismos de resistência. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**, v. 3, p. 417-453, 1995.
- Ponzoni, F. J. Comportamento Espectral da Vegetação. In: Meneses, P. R., Netto, J. S. M. (Org.). **Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais**. Brasília. Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, 2001. p. 157-199.
- Ponzoni, F.J.; Shimabukuro, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 127p.
- Pozza, A. A. A.; Martinez, H.E.P.; Caixeta, S.L.; Cardoso, A.A.; Zambolim, L.; Pozza, E.A. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 53-60, 2001.
- Robinove, C.J. Computation with physical values from Landsat digital data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 48, n. 5, p. 781-784, 1982.
- Rosa, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: EDUFU, 2003. 109 p.
- Rouse, J.W.; R.H. Haas, J.A.; Schell, D.W.; Deering, J.C.; HARLAN. Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. **Greenbelt:NASA/GSFC**, 1974.
- Santos, F. S.; Souza, P. E.; Pozza, E. A. Epidemiologia da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica L.*) fertirrigado. **Summa Phytopathologica**, v. 30, n. 1, p. 31-37, 2004.
- Sobrino, J.A.; Li, Z. L.; Stoll, M. P.; Becker, F. 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.
- Strelkov, S. E.; Lamari, L.; Ballance, G. M. Induced chlorophyll degradation by a chlorosis toxin from *Pyrenophora tritici-repentis*. **Canadian journal of plant pathology**, v. 20, n. 4, p. 428-435, 1998.
- United State Geological Survey (USGS). Disponível em <<http://earthexplorer.usgs.gov>> Acesso em: 09 jun. 2016.
- Valência, A. G. Estudio fisiológico de la defoliacion causada por *Cercospora coffeicola* em el cafeto. **Cenicafé Chinchina**, v. 21, p. 105-114, 1970.
- Zambolim, L.; Vale, F.X.R.; Pereira, A.A.; Chaves, G.M. Café (*Coffea arabica L.*), controle de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. In: Vale, F.X.R.; Zambolim, L. **Controle de doenças de plantas**. Viçosa: Editora Suprema Gráfica e Editora, 1997. p. 83-180.
- Zambolim, L.; Vale, F.X.R.; Zambolim, E.M. Doenças do cafeeiro. In: Kimati, H.; Amorim, L.; Rezende, J.A.M.; Filho, A.B.; Camargo, L.E. **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Editora Ceres, 2005. p. 165-180.