

RELAÇÕES ENTRE ÍNDICES DE REFLECTÂNCIA FOLIARES E POTENCIAL HÍDRICO DE CAFEIEIRO IRRIGADO E DE SEQUEIRO ¹

Helbert Rezende de Oliveira Silveira²; Meline de Oliveira Santos³; Vânia Aparecida Silva⁴; Margarete Marin Lordelo Volpato⁵; Helena Maria Ramos Alves⁶; Mayara Fontes Dantas⁷; João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa⁸; Gladyston Rodrigues Carvalho⁹

¹Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café

²Bolsista Pós Doutorado FAPEMIG/EPAMIG, DSc, EPAMIG/URESM, Lavras- MG, helbert_rezende@yahoo.com.br

³Bolsista Consórcio Pesquisa Café, DSc, EPAMIG/URESM, Lavras- MG, melineoli@hotmail.com

⁴Pesquisadora, DSc, EPAMIG/URESM, Bolsista BIPDT- FAPEMIG, Lavras- MG, vania.silva@epamig.ufla.br

⁵Pesquisadora, DSc, EPAMIG/URESM, Bolsista BIPDT- FAPEMIG, Lavras- MG, margarete@epamig.ufla.br

⁶Pesquisadora, DSc, EMBRAPA Café, Lavras- MG, helena.alves@embrapa.br

⁷Bolsista Consórcio Pesquisa Café, EPAMIG/URESM, Lavras- MG, mayarafdantas@gmail.com

⁸Professor, DSc., UFLA, Lavras, jp.barbosa@dbi.ufla.br

⁹Pesquisador, D.Sc., EPAMIG/URESM, Lavras-MG, carvalho@epamig.ufla.br

RESUMO: O potencial hídrico foliar, medido por bomba de pressão, tem sido o método mais utilizado para a determinação do status hídrico de cafeeiros, entretanto, devido a sua complexidade e limitações, novas metodologias de estimativa do status hídrico necessitam ser testadas. Este trabalho teve por objetivo avaliar a correlação entre o potencial hídrico e os índices de reflectância foliares de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em sistema de cultivo irrigado e sequeiro, no Vale do Jequitinhonha. As avaliações dos índices espectrais foram realizadas nos meses de junho e setembro de 2013. As variáveis analisadas foram: Photochemical Reflectance Index - PRI (R531 - R570) / (R531 + R570), Plant Senescence Reflectance Index - PSRI (R680 - R500) / R750, Normalized Difference Vegetation Index - NDVI (R800 - R680) / (R800 + R680), Water Band Index - WBI (R900 / R970), Anthocyanin Reflectance Index - ARII (1/R550) - (1/R700), Carotenoid Reflectance Index - CRII (1/R510) - (1/R550) e potencial hídrico (Ψ_{pd}). Os cafeeiros quando em condição de irrigação não apresentaram correlação significativa entre o potencial hídrico e os índices de reflectância foliar. Já em condição de sequeiro houve uma alta correlação entre todos os índices com o potencial hídrico foliar, sendo que os índices ARII e PSRI apresentaram alta correlação negativa e os demais índices PSRI NDVI, WBI apresentaram alta correlação positiva.

PALAVRAS-CHAVE: índices espectrais, fluorescência, Vale do Jequitinhonha.

RELATIONS BETWEEN LEAF REFLECTANCE INDEXES AND WATER POTENTIAL IN COFFEE IRRIGATED AND RAINFED

ABSTRACT: The leaf water potential, measured by pressure pump, has been the most widely used method for determining the water status of coffee, however, due to its complexity and limitations, new estimation methodologies of water status need to be tested. This study aimed to evaluate the correlation between the water potential and leaf reflectance indices of coffee (*Coffea arabica* L.) in irrigated and rainfed system, in the Vale do Jequitinhonha. The evaluations of the spectral indexes were held in June and September 2013. The variables analyzed were: Photochemical Reflectance Index - PRI (R531 - R570) / (R531 + R570), Plant Senescence Reflectance Index - PSRI (R680 - R500) / R750, Normalized Difference Vegetation Index - NDVI (R800 - R680) / (R800 + R680), Water Band Index - WBI (R900 / R970), Anthocyanin Reflectance Index - ARII (1 / R550) - (1 / R700), Carotenoid Reflectance Index - CRII (1 / R510) - (1 / R550) and water potential (Ψ_{pd}). Coffee plants when irrigation condition showed no significant correlation between water potential and leaf reflectance indices. Have rainfed conditions there was a high correlation between all indices with the leaf water potential, and the ARII and PSRI rates showed high negative correlation and the other indexes PSRI NDVI, WBI showed high positive correlation.

KEYWORDS: spectral vegetation indexes, fluorescence, Vale do Jequitinhonha.

INTRODUÇÃO

A importância ecológica da água está associada a funções que ela desempenha na planta, como principal constituinte dos tecidos, solvente para nutrientes, reagente em processos metabólicos, manutenção da turgescência e reguladora térmica dos tecidos (KRAMER e BOYER, 1995). Diante das previsões de aumento dos períodos de seca resultantes das mudanças climáticas, o estudo das relações hídricas do cafeeiro tem sido demandado, pois fornece informações que podem ser usadas para o manejo da irrigação (KOKSAL, 2008), para selecionar genótipos em melhoramento

(MUNJAL; DHANDA, 2005) e para avaliar os efeitos do estresse hídrico sobre os processos fisiológicos e bioquímicos que determinam o desenvolvimento e a produtividade.

Vários métodos são utilizados para determinar o conteúdo de água da cultura, no entanto, o potencial hídrico foliar (Ψ_{pd}) medido por bomba de pressão tem sido o método mais utilizado. Apesar de sua importância, a determinação do status hídrico de cafeeiros não é uma tarefa simples, pois os métodos propostos são frequentemente exaustivos e em grande maioria destrutivos, o que impõe limitações práticas para as avaliações em grande escala (REYNOLDS et al., 2007). Diante disso, a estimativa do status hídrico de uma planta de café, de forma precisa e não destrutiva, tem adquirido grande importância no cenário de pesquisas em cafeicultura.

Recentemente, tem sido proposto que o status hídrico das plantas também pode ser avaliado por medição de índices de refletância foliar, uma vez que esses mudam em resposta ao conteúdo de água pela planta (PENUELAS et al., 1997; USTIN et al., 1998; STIMSON et al., 2005). A energia de comprimentos de ondas específicos é fortemente absorvida pela água e, portanto os comprimentos de onda na região do infravermelho próximo (NIR 700-1300 nm) e infravermelho de ondas curtas (SIR 1300-2500 nm) têm sido empregados para monitoramento do status de água da plantas (STIMSON et al., 2005). As observações espectrais relacionadas à refletância das folhas têm sido utilizadas para obtenção de diversos índices que podem ser empregados como indicadores do estado hídrico foliar (GUTIERREZ et al., 2010).

Assim sendo o objetivo deste trabalho foi avaliar a correlação entre o potencial hídrico e os índices de refletância foliares de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema irrigado e sequeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em propriedade particular localizada no Vale do Jequitinhonha. Plantas de café arábica cultivadas em sistema sequeiro e irrigado por gotejamento no espaçamento de 3,8 x 0,8 m, foram avaliadas quanto ao potencial hídrico e índices de refletância foliar.

Valores referentes ao potencial hídrico das plantas foram obtidos com auxílio de uma câmara de pressão tipo Scholander (PMS Instruments- Plant Moisture- Modelo 1000) antes do amanhecer (Ψ_{pd} - MPa).

Avaliou-se o espectro de refletância foliar com o auxílio de um mini espectrômetro foliar CI-710 (CID Bioscience, Camas, WA), que irradia sobre a amostra de folha a luz de um LED azul e de uma lâmpada incandescente, fornecendo saída na faixa do visível ao infravermelho (intervalo 400-1000nm). Com os valores obtidos, inferiu-se os índices descritos pelas equações abaixo, onde R é o comprimento de onda eletromagnética utilizada:

- Photochemical reflectance index – PRI = $(R_{531} - R_{570}) / (R_{531} + R_{570})$ (GAMON; PEÑUELAS; FIELD, 1992).
- Plant senescence reflectance index – PSRI = $(R_{680} - R_{500}) / R_{750}$, (MERZLYAK et al., 1999).
- Normalized difference vegetation index – NDVI = $(R_{800} - R_{680}) / (R_{800} + R_{680})$ (ROUSE; HAAS; SCHELL; DEERING, 1974).
- Water band index – WBI = (R_{900} / R_{970}) (PEÑUELAS et al., 1997).
- Anthocyanin reflectance index – ARII = $(1/R_{550}) - (1/R_{700})$ (GITELSON; MERZLYAK; CHIVKUNOVA, 2001).
- Carotenoid Reflectance Index – CRII = $(1/R_{510}) - (1/R_{550})$ (GITELSON et al., 2002).

As avaliações foram realizadas em duas épocas, sendo nos meses de junho e setembro de 2013. Foram amostradas aleatoriamente 40 plantas em cada sistema de condução do cafeeiro, em cada época. Os dados foram utilizados para análise de correlação de Pearson para verificar a relação linear entre o potencial hídrico e os índices espectrais estudados.

RESULTADOS

Não se observou correlação significativa entre o potencial hídrico e os índices de refletância foliar em cafeeiros irrigados (Tabela 1).

Tabela 1. Correlação de Pearson entre potencial hídrico antemanhã (Ψ_{pd}) e índices espectrais de cafeeiros sob cultivo irrigado.

	Ψ_{pd} (MPa)	ARII	CRII	NDVI	PRI	WBI	PSRI
Ψ_{pd} (MPa)	1						
ARII	0,022937484	1					
CRII	0,059743667	-0,4401346	1				
NDVI	-0,010789235	-0,4972655	0,9299892	1			
PRI	0,005924013	-0,8637359	0,6678395	0,7363557	1		
WBI	-0,027985884	-0,9027204	0,625844	0,6515061	0,880434	1	
PSRI	-0,031797136	0,8359467	-0,6183277	-0,7408654	-0,9115976	-0,8619185	1

No entanto, cafeeiros cultivados em condição de sequeiro apresentaram uma alta correlação entre todos os índices com o potencial hídrico foliar, sendo que, os índices ARII e PSRI apresentaram alta correlação negativa, ou seja, quanto menor potencial hídrico maior os valores desses índices. (Tabela 2).

Tabela 2. Correlação de Pearson entre potencial hídrico antemanhã (Ψ_{pd}) e índices espectrais de cafeeiros sob cultivo sequeiro.

	Ψ_{pd} (MPa)	ARII	CRII	NDVI	PRI	WBI	PSRI
Ψ_{pd} (MPa)	1						
ARII	-0,640267287	1					
CRII	0,544365195	-0,5586674	1				
NDVI	0,717553621	-0,6619664	0,843819	1			
PRI	0,818777219	-0,8303749	0,7013716	0,876113	1		
WBI	0,770208428	-0,827967	0,7265343	0,7650649	0,874062	1	
PSRI	-0,722456485	0,8114385	-0,5119293	-0,847586	-0,8394878	-0,7207026	1

O ARI está relacionado ao índice de reflectância das antocianinas, assim, os maiores valores encontrados em cafeeiros de plantio sequeiro podem estar relacionado ao aumento da concentração desses pigmentos foliares em resposta ao estresse oxidativo ocasionado pelo menor potencial hídrico (LETTS et al., 2008). Concomitantemente, o maior valor PSRI observado sob déficit hídrico em sistema de sequeiro indica que a planta está sob estresse com início de senescência (MERZLYAK, 1999).

Os demais índices de reflectância NDVI, WBI e PRI apresentaram alta correlação positiva com potencial hídrico, ou seja, quanto menor o potencial hídrico, menores são os valores observados para esses parâmetros. O NDVI é um índice de vegetação de diferença normalizada que é sensível à presença de clorofilas e outros pigmentos da vegetação responsáveis pela absorção da radiação solar na banda do vermelho, portanto os menores valores de NDVI em condição de sequeiro podem sugerir menores concentrações de clorofila a baixos potenciais hídricos (FENSHOLT; NIELSEN; STISEN, 2006). Os valores de NDVI diminuem com a progressão do déficit hídrico, o que poderia indicar uma redução no padrão espectral de respostas fotossintéticas dos cafeeiros (NOGUEIRA et al., 2013)

O WBI é um índice associado com conteúdo relativo de água (PENUELAS et al., 1997). Em condições de sequeiro os menores valores de WBI foram observados em menores potenciais hídricos. Segundo, Gutierrez et al. (2010) a utilização deste índice pode ser eficiente inclusive para detectar diferenças entre os genótipos de trigo quanto ao status hídrico em condições de déficit hídrico.

O PRI pode indicar variações no ciclo de pigmentos de xantofila entre plantas com diferentes capacidades de utilização da radiação fotossinteticamente ativa ou variação na razão clorofila / carotenóides que se desenvolveram em resposta a aclimação em longo prazo ao seu ambiente. Assim, os menores valores observados de PRI nos cafeeiros sob sistema de sequeiro sugerem menor eficiência fotossintética na utilização de luz, uma vez que essa está correlacionada com a razão carotenóides /clorofila durante a senescência ou em resposta ao stress (SIMS; GAMON, 2002)

CONCLUSÕES

O estudo demonstrou o potencial de índices de reflectância foliar para determinação do status hídrico de cafeeiros. Os índices de reflectância foliar ARI e PRI estão correlacionados negativamente e os índices PSRI NDVI, WBI positivamente com o potencial hídrico foliar dos cafeeiros somente em sistema de cultivo sequeiro.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café – INCT/CAFÉ, à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG e ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FENSHOLT, R.; NIELSEN T. T.; STISEN, S. Evaluation of AVHRR PAL and GIMMS 10-day composite NDVI time series products using SPOT-4 vegetation data for the African continent, *International Journal of Remote Sensing*, London, v. 27, p. 2719-2733, 2006.
- GAMON, J. A.; PEÑUELAS, J.; FIELD, C. B. A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. *Remote Sensing of Environment*, v. 41, p. 35– 44, 1992.

- GITELSON, A. A.; ZUR, Y.; CHIVKUNOVA, O. B.; MERZLYAK, M. N. Assessing carotenoid content in plant leaves with reflectance spectroscopy. *Photochemistry and Photobiology*, v. 75, n. 3, p. 272–281, 2002.
- GITELSON, A. A.; MERZLYAK, M. N.; CHIVKUNOVA, O. B. Optical properties and nondestructive estimation of anthocyanin content in plant leaves. *Photochemistry and Photobiology*, v.74, n. 1, p. 38–45, 2001.
- GUTIERREZ, M.; REYNOLDS, M.P.; KLATT, A.R. Association of water spectral indices with plant and soil water relations in contrasting wheat genotypes, *Journal of Experimental Botany*, v. 61, n.12, p. 3291–3303, 2010.
- KOKSAL E. Irrigation water management with water deficit index calculated based on oblique viewed surface temperature. *Irrigation Science*, 27, 41–56. 2008.
- KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. *Water relations of plants and soils*. Academic Press: 1995. 495p.
- LETTS, M. G.; PHELAN, C. A., JOHNSON, D. R. E.; ROOD, S. B. Seasonal photosynthetic gas exchange and leaf reflectance characteristics of male and female cottonwoods in a riparian woodland. *Tree Physiology*, v. 28, p. 1037–1, 2008.
- MERZLYAK, M. N.; GITELSON, A. A.; CHIVKUNOVA, O. B.; RAKITIN, V. Y. Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening. *Physiologia Plantarum*, v. 106, p. 135– 141, 1999.
- MUNJAL R., DHANDA, S.S. Physiological evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for drought resistance. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, v. 65, p. 307–308. 2005.
- NOGUEIRA, J. M. P. ; MATUTE, A. F. M. ; CRUZ, K. R.; BARBOSA, J. P. R. A. D. ; RODRIGUES, M. ; GERMON, A. E. L. . Conectância de redes fisiológicas e índices de reflectância em *Coffea arabica* L. sob estresse hídrico. In: XIV Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 2013, Poços de Caldas, MG. Livro de Resumos do XIV Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal. São Paulo: TecART, 2013. p. 257-257.
- PEÑUELAS, J.; PINOL, J.; OGAYA, R.; FILELLA, I. Estimation of plant water concentration by the reflectance water index WI (R900/R970). *Int. J. Remote Sensing*, v. 18, n. 13, p. 2869–2875, 1997.
- REYNOLDS, M.P., DRECCER, F., TRETOWAN, R. Drought adaptive traits derived from heat wild relatives and landraces. *Journal of Experimental Botany*, v. 58, p. 177-186, 2007.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium* (pp. 301– 317). Greenbelt: NASA SP-351.
- STIMSON, H.C.; BRESHEARS, T.D.D.; USTIN S.L.; KEFAUVER S.C. Spectral sensing of foliar water conditions in two co-occurring conifer species: *Pinus edulis* and *Juniperus monosperma*. *Remote Sensing of Environment*, v. 96, p.108-118, 2005.
- USTIN S.L.; ROBERTS D.A.; PINZON, J.; JACQUEMOUD, S.; GARDNER, M.; SCHEER G.; CASTANEDA C.M.; PALACIOS-ORUETA A. Estimating canopy water content of chaparral shrubs using optical methods. *Remote Sensing of Environment*, v. 65, p. 280-291, 1998.
- 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, p. 337–354, 2002.