

## USO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NA AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE CAFEZEIROS DO SUL DE MINAS GERAIS<sup>1,2</sup>

Larissa Cocato da Silva<sup>3</sup>; Mário Pereira da Silva Filho<sup>4</sup>; Fernanda Aparecida Aguiar<sup>5</sup>; Vicente Luiz Naves<sup>6</sup>; Jean Marcel Sousa Lira<sup>7</sup>; Serge Rambal<sup>8</sup>; Florent Mouillot<sup>9</sup>; João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa<sup>10</sup>

<sup>1</sup>Trabalho financiado pela Cooperação bilateral CNPq-IRD

<sup>2</sup>Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café

<sup>3</sup>Bolsista Pibic/FAPEMIG, Graduanda, lari.cocato@hotmail.com

<sup>4</sup>Bolsista Consórcio Pesquisa Café, Graduando, mario\_pfilho@hotmail.com

<sup>5</sup>Bolsista Pibic/FAPEMIG, Graduanda, faguiar.ufla@hotmail.com

<sup>6</sup>Bolsista Doutorado/CNPq, Msc, naves.agro@hotmail.com

<sup>7</sup>Bolsista Pós-doutorado/CAPEB-FAPEMIG, Dsc, jmslira@hotmail.com

<sup>8</sup>Pesquisador Sênior Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, PhD, Serge.RAMBAL@cefe.cnrs.fr

<sup>9</sup>Pesquisador Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, PhD, florent.mouillot@ird.fr

<sup>10</sup>Professor adjunto da UFLA, Dsc, jp.barbosa@dbi.ufla.br

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi de observar o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em cafezais de Lavras, sul de Minas Gerais ao longo do tempo para utilização desta variável como ferramenta no manejo das lavouras. Foi realizado o estudo em cafezal no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA) no período de fevereiro de 2014 a março de 2015. Trinta plantas de *Coffea arabica* L, cv Catuaí IAC 144 com 6 anos de idade foram avaliadas semanalmente o NDVI em três posições e conteúdo de clorofila total em 4 posições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de série temporal e cada variável foram submetidos à análise de correlação de Person (r). Os resultados indicam que Nas plantas de café valores de NDVI variaram em função da posição da planta e da época da medida, enquanto para NDVI e conteúdo de clorofila total foi observada uma correlação negativa. Contudo, a série temporal do NDVI é uma ferramenta útil no manejo de cafezais no sul de Minas Gerais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Catuaí IAC 144, Conteúdo de clorofila total, Série Temporal.

## NORMALIZED VEGETATION DIFFERENCE INDEX AS A PROXY FOR COFFEE DEVELOPMENT ASSESSMENT

**ABSTRACT:** the aim of this work was to elaborate a time series analysis of estimated Leaf Area Index (LAI) and its relationship to the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in plants of coffee in Lavras, south of Minas Gerais. The study was conducted in a coffee crop in the campus of the University Federal of Lavras (UFLA) from February to October of 2014. Thirty plants of *Coffea arabica* L, cultivar Catuaí IAC 144 were monthly evaluated by measuring orthotropic branch height and plagiotropic branch length in 5 positions in the crown and the consequently LAI was estimated. The NDVI measurements were conducted weekly in three distinct positions in the plants. Data of rainfall (mm- Prec) and the mean air temperature (°C- Tm) were obtained daily. The values of each variable were subjected to correlation analysis (r). The time series analysis point out that LAI varies in relation to the position of the NDVI measurements in the plant. However, the time series is a useful tool in handling the management of coffee crops in the south of Minas.

**KEYWORDS:** Catuaí IAC 144, Total chlorophyll content, Temporal series.

### INTRODUÇÃO

O Sensoriamento Remoto tem sido utilizado para avaliar como a vegetação processa a radiação eletromagnética Ponzoni (2001). O uso destas técnicas tem permitido estudos de Comportamento Espectral da Vegetação utilizando características de reflectância da resposta eletromagnética pelas folhas, plantas individuais e conjunto de plantas (dossel) Johnson & Trout (2012). A combinação de dados espectrais de duas ou mais bandas criam os Índices espectrais de vegetação. Estes melhoram a relação dos dados espectrais com os parâmetros biofísicos da vegetação Zanzarini et al. (2013). O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (sigla em inglês NDVI) permite acompanhamento e avaliação de rendimento de culturas Pontes et al. (2005). Além disso, o NDVI pode monitorar modificações das propriedades ópticas da lavoura através de alterações nos padrões de reflectância dos dosséis Yang et al. (2005).

Por estar altamente relacionado aos aspectos biofísicos das plantas, o NDVI tem sido utilizado como ferramenta útil e precisa, de baixo custo, para o monitoramento do vigor da vegetação, especialmente por possibilitar a obtenção de séries temporais que correspondem ao comportamento da vegetação às variações ambientais. Séries temporais do NDVI têm sido utilizadas para detectar atividades sazonais e fenológicas, duração do período de crescimento, pico de verde, mudanças fisiológicas das folhas e períodos de senescência em diversas culturas Bannari et al. (1995); Ponzoni (2007), porém para o cafeeiro arábica o NDVI é pouco utilizado, desta forma as relações do índice com o desenvolvimento das plantas são pouco conhecidas e ajustadas. Portanto, o presente projeto buscou monitorar a cor verde de cafeeiros no tempo, visando obter séries temporais do potencial vegetativo da cultura, de elevada resolução temporal, correlacionado a variações climático-ambientais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido em cafezal no campus da UFLA, pertencente ao setor de cafeicultura do Departamento de Agricultura. As atividades de análise de dados foram conduzidas no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e Funcionamento de Ecossistemas (LEFE) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As medidas de NDVI e conteúdo foliar de clorofilas foram realizados semanalmente de fevereiro de 2014 a março de 2015 em 30 indivíduos de *Coffea arabica* L, cv Catuaí IAC 144 com 6 anos de idade. Para o NDVI foram medidas em três posições distintas: topo da copa (NDVI<sub>t</sub>); e faces norte (NDVI<sub>n</sub>) e sul (NDVI<sub>s</sub>) através do sensor manual GreenSeeker (Trimble, USA). Para o conteúdo foliar de clorofilas foram avaliada três folhas, aleatoriamente, no terço médio da copa, nas faces norte (CL<sub>mn</sub>) e sul (CL<sub>ms</sub>) e no terço superior nas faces norte (CL<sub>sn</sub>) e sul (CL<sub>ss</sub>) através do medidor portátil de clorofila AtLeaf (FT Green LLC, Wilmington, DE). Dados de precipitação (mm- Prec) e a temperatura média do ar (°C- T<sub>m</sub>) foram obtidos diariamente da estação climatológica principal de Lavras, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados obtidos foram submetidos à análise de série temporal e cada variável foram submetidos à análise de correlação de Person (r) e as interações entre variáveis (redes de conexão) foram analisadas por meio dos valores de r transformados para z, sendo essa uma medida da força de conexão entre as variáveis Souza et al. (2009); Bertolli et al. (2013).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nas plantas de café valores de NDVI variaram em função da posição da planta e da época da medida (Figura 1). Foram observados nas séries temporais de NDVI maiores valores no topo das plantas em relação ao lado norte e sul. Esta diferença pode estar relacionada com o ângulo de visada do aparelho. Dados de NDVI do topo possuem menor variação em relação às medidas laterais ao longo do tempo. Os valores de NDVI reduziram ao longo dos meses de maio a novembro. A redução do NDVI pode estar relacionada à redução do volume de folhas ocasionado pela diminuição da precipitação e baixas temperaturas neste período (Figura 2). No entanto, os valores menores de NDVI nos meses de outubro e novembro podem ser atribuídos apenas à diminuição da precipitação, já que, as temperaturas foram favoráveis ao crescimento vegetativo das plantas.

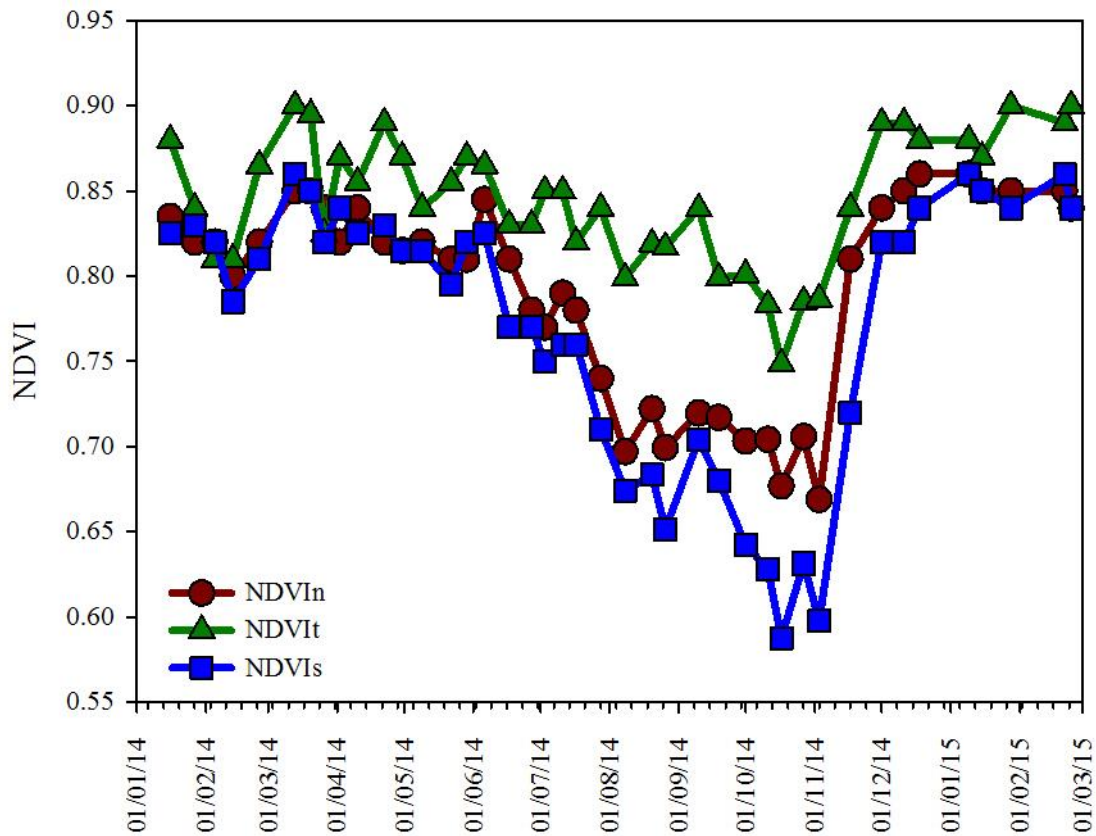


Figura 1. Valores médios de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em diferentes posições da copa dos cafeeiros: topo da copa: NDVI<sub>t</sub>; e faces norte: NDVI<sub>n</sub>, e sul: NDVI<sub>s</sub>

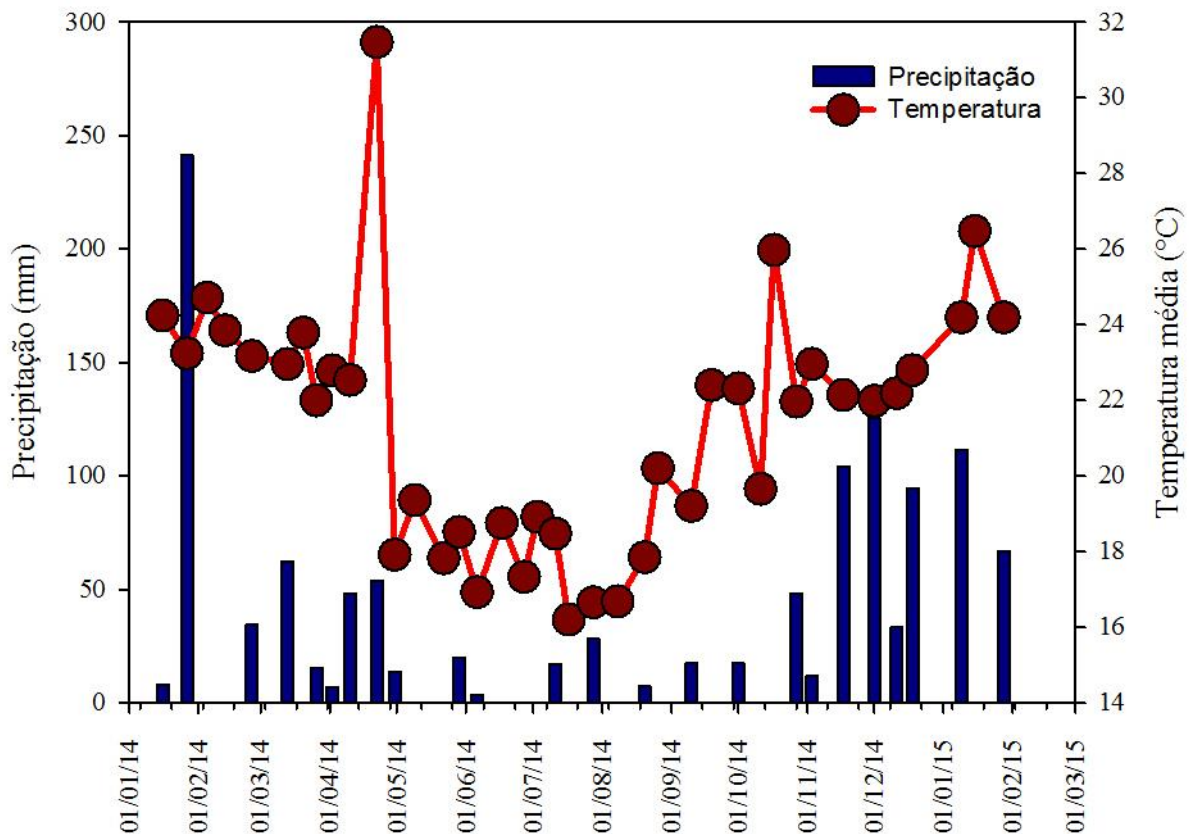


Figura 2. Valores médios de precipitação e temperatura ao longo dos meses das avaliações realizadas.

O conteúdo de clorofila total variou em função da posição na planta e época da avaliação (figura 3). De acordo com a série temporal houve aumento no conteúdo de clorofila total no ano de 2014 entre janeiro-abril, maio-novembro e dezembro-março de 2015. As reduções no conteúdo de clorofila foram observadas entre abril-maio e novembro-dezembro.

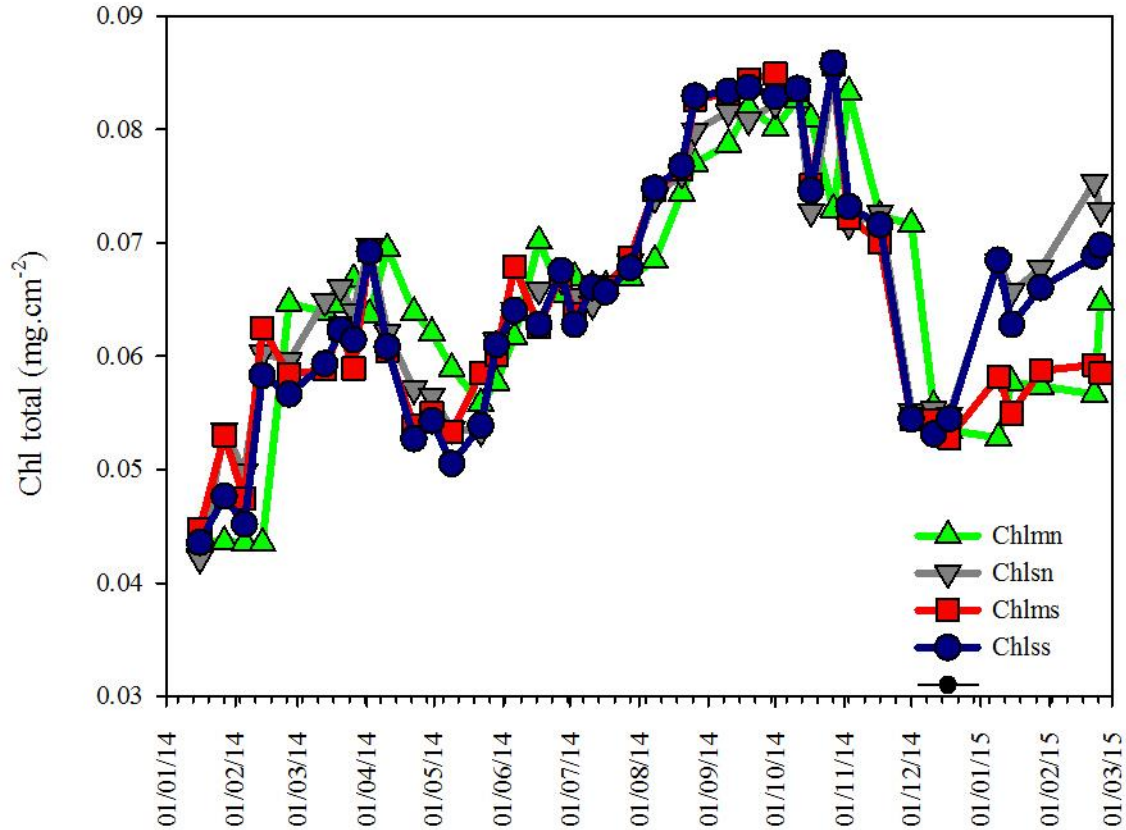


Figura 3. Valores médios de Clorofila total (Chl) em diferentes posições da copa do cafeeiro (terço médio faces norte: Chlmn; e sul: Chlms; e terzo superior faces norte: Chlsn; e sul: Chlss).

No período de dezembro de 2014 a março de 2015 foi observado diferenças no conteúdo de clorofila entre as posições da planta. As posições superiores (Chlsn e Chlss) apresentaram maior conteúdo de clorofila em relação às posições médias (Chlmn e Chlms). A relação entre NDVI e conteúdo de clorofila total foi observado uma correlação negativa (Figura 4). Geralmente NDVI e conteúdo de clorofila total possuem correlação positiva, no entanto o resultado observado neste trabalho pode estar relacionado com a amostragem das folhas para análise de clorofila. A utilização de folhas aleatórias diferentes em cada avaliação pode ter tendenciada a medida. Isto pode ser corrigido com a amostragem mantida no mesmo conjunto de folhas ao longo do tempo.

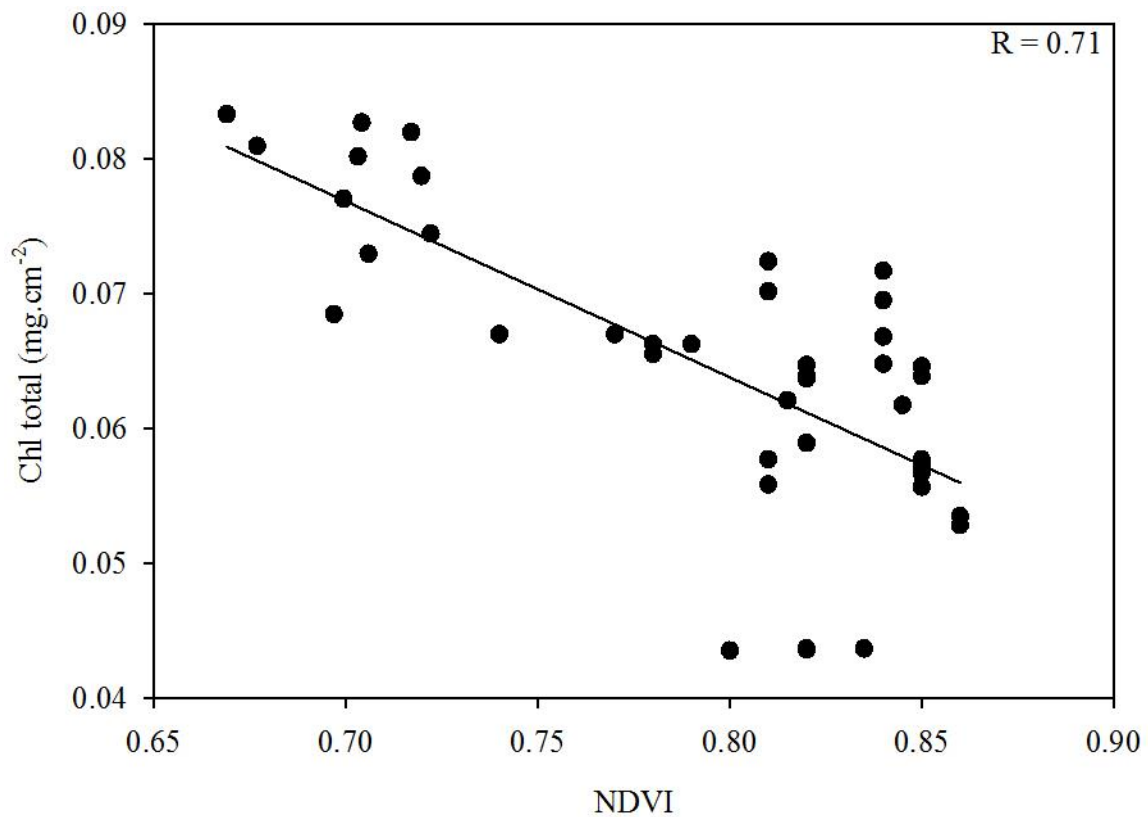


Figura 4. Correlação entre valores médios de Clorofila total (Chl) e NDVI em plantas de cafeeiro. Foram observadas as relações entre o NDVI e o conteúdo de clorofila nas diferentes posições da planta de café. Em todas as posições da planta onde foram medidos NDVI e conteúdo total de clorofila foram observado correlação negativa entre as variáveis (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de correlação de Pearson (r) obtidos para as variáveis (m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>- IAF), NDVI (topo da copa: NDVIt; e faces norte: NDVI<sub>n</sub>, e sul: NDVI<sub>s</sub>) e conteúdo foliar de clorofilas (adimensional – terço médio faces norte: Chl<sub>mn</sub>; e sul: Chl<sub>ms</sub>; e terço superior faces norte: Chl<sub>sn</sub>; e sul: Chl<sub>ss</sub>), Precipitação (mm- Prec) e temperatura média do ar (°C-T<sub>m</sub>), para os meses de fevereiro de 2014 a fevereiro de 2015.

	<i>NDVI<sub>n</sub></i>	<i>NDVIt</i>	<i>NDVI<sub>s</sub></i>	<i>CL<sub>mn</sub></i>	<i>CL<sub>sn</sub></i>	<i>CL<sub>ms</sub></i>	<i>CL<sub>ss</sub></i>
NDVI <sub>n</sub>	1						
NDVIt	0.83	1					
NDVI <sub>s</sub>	0.97	0.83	1				
CL <sub>mn</sub>	-0.91	-0.66	-0.86	1			
CL <sub>sn</sub>	-0.70	-0.35	-0.66	0.88	1		
CL <sub>ms</sub>	-0.93	-0.66	-0.89	0.98	0.86	1	
CL <sub>ss</sub>	-0.77	-0.41	-0.74	0.91	0.99	0.92	1
tm	0.30	0.17	0.23	-0.27	-0.03	-0.30	-0.11
prec	0.28	0.38	0.12	-0.25	-0.07	-0.29	-0.12

Os dados de NDVI possuem correlação positiva em relação às variáveis temperatura e precipitação, enquanto o conteúdo de clorofila esta correlação é negativa. Independente da posição do NDVI ou clorofila ambos se comportam de forma inversa nas plantas de café avaliadas. Este resultado é o contrário do observado nos trabalhos de NDVI com clorofila onde estes são correlacionados de forma positiva.

## CONCLUSÃO

Os Dados de NDVI podem ser utilizados para avaliar o desenvolvimento de cafeeiros no sul de Minas Gerais, no entanto ajustes na metodologia, principalmente, em relação a ângulo de visada do aparelho e amostragem das folhas para conteúdo de clorofila total.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio da FAPEMIG, que forneceu a bolsa de pós-doutorado e de iniciação científica e do Núcleo de Estudos em Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras (NECAFE), que gentilmente cedeu a área para avaliações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANNARI, A.; MORIN, D.; BONN, F.; HUETE, A. R. A review of vegetation indices. *Remote sensing reviews*, 13(1-2):95-120. (1995).
- BERTOLLI, S. C.; VÍTOLO, H. F.; SOUZA, G. M. Network Connectance Analysis as a Tool to Understand Homeostasis of Plants under Environmental Changes. *Plants*, 2:473-488 (2013)
- JOHNSON, L. F.; TROUT, T. J. Satellite NDVI assisted monitoring of vegetable crop evapotranspiration in California's San Joaquin Valley. *Remote Sensing*, 4(2):439-455. (2012).
- PONTES, P. P. B.; ROCHA, J. V.; LAMPARELLI, R. A. C. Análise temporal de índices de vegetação como subsídio à previsão de safras de cana-de-açúcar. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia-GO.
- PONZONI, F. J. Comportamento espectral da vegetação. p. 157-199. In: MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M.. Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais. Brasília: Editora Universidade de Brasília/Embrapa Cerrados, 2001, 262p.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação (p. 127). São José dos Campos: Parêntese. (2007).
- SOUZA, G. M.; RIBEIRO, R.; PRADO, C. H. B. S.; DAMINELLI, D. S. C.; SATO, A. M.; OLIVEIRA, M. S. Using network connectance and autonomy analyses to uncover patterns of photosynthetic responses in tropical woody species. *Ecological Complexity*, 6:15-26. (2009).
- ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C.; BRANDÃO, F. J.; TEIXEIRA, D. D.. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 17(6):608-614. (2013).
- YANG, J; DING, Y; CHEN, R. NDVI reflection of alpine vegetation changes in the source regions of the Yangtze and Yellow rivers. *Acta Geographica Sinica*, 3:1-13. (2005).