

NDVI de áreas cafeeiras obtidos por diferentes métodos de correção atmosférica

Daniel Andrade Maciel¹
Margarete Marin Lordelo Volpato²
Helena Maria Ramos Alves³
Mayara Fontes Dantas²
Tatiana Grossi Chquiloff Vieira³
Guilherme Leite Nunes Coelho³
Julián Maurício Agredo Hoyos³
Thais Gabriela Gonçalves¹
Rafael Alexandre Pena Barata¹
Franklin Daniel Inácio¹

¹ Universidade Federal de Lavras - UFLA
Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG
[damaciel_maciel, thais_gabriela, rafaelapbarata, franklin.d-inacio] @hotmail.com

² Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG
Campus Universitário, Caixa Postal 176, CEP 37200-000, Lavras, MG
margarete@epamig.ufla.br, mayarafdantas@gmail.com

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA CAFÉ
Parque Estação Biológica - PqEB s/n, Brasília, DF, CEP 70770-901
helena.alves@embrapa.br, tatiana@epamig.ufla.br, guilhermeleite.bio@gmail.com,
maofahien@yahoo.com

Abstract. The coffee production has a great socioeconomic importance for Brazil, although the use of orbital data for its monitoring is still low. Remote sensing data, such as vegetation indexes, can be used to evaluate hydric stress, biomass and crop growth. However, there is a need of correcting the attenuating atmospheric effects from the reflectance in the atmosphere in order to obtain precise values. Several atmospheric correction techniques are proposed by literature and the objective of this research was to evaluate the obtained NDVI in coffee areas through three methods of atmospheric correction. It was assessed 211 spots in coffee areas from Santo Antonio do Amparo-MG for the years 2014 and 2015. The results showed high correlation between the methods ($R^2=0,94$). The 6S and Landsat CDR models presented higher differences in NDVI values than the DOS1 and the top of atmosphere methods. The analyzes revealed that the DOS1 atmospheric correction and the top of atmosphere data underestimate the NDVI values in all images studied. It was verified the influence of the atmospheric correction method on NDVI obtainment, with variations of up to 14.8% in the final values. Therefore, it is recommended, whenever possible, the use of physical correction methods in NDVI calculations or in coffee areas in the studied region.

Palavras-chave: 6S, Landsat CDR, DOS1, índices de vegetação, vegetation indexes, café, coffee.

1. Introdução

No Brasil, a cafeicultura possui grande importância econômica e social já que é o maior produtor mundial e Minas Gerais é responsável por aproximadamente 50% dessa safra. Apesar de sua importância, existe muita dificuldade para o monitoramento da cultura, uma vez que sua ocupação espacial e manejo são muito complexos e de difícil monitoramento. Dessa forma, o sensoriamento remoto torna-se uma ferramenta precisa e de baixo custo que pode auxiliar para o planejamento da produção cafeeira, sobretudo os índices espectrais orbitais.

Algumas operações matemáticas simples entre bandas de imagens de satélite podem ser realizadas para se obter índices espectrais. Entre eles, um dos mais utilizados é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI, na sigla em inglês), proposto por Rouse et al. (1974). Segundo Jensen (2007) o NDVI consegue monitorar mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento e na atividade da vegetação, fornecendo valiosas informações sobre a biomassa da vegetação ou sobre o índice de área foliar. Coltri et al. utilizaram-se desde índice em imagens Quickbird e Landsat/TM para estimar biomassa e estoque de carbono em cafeeiros no estado de São Paulo. Volpato et al. (2009) encontraram alta correlação ($R^2 = 0,88$) entre o NDVI e o déficit hídrico em área cafeeira do cerrado mineiro com o uso do produto MOD13Q1. Santos et al. (2009) também demonstraram ser possível relacionar índices de vegetação espectrais do sensor MODIS/TERRA com precipitação pluviométrica em áreas cafeeiras associadas a ocorrência de estresse hídrico.

Entretanto para a obtenção dos valores de refletância de imagens orbitais, observa-se grande influência da atmosfera, visto que, segundo Jensen (2007) parte da radiação emitida pelo sol captada pelo sensor é resultante da radiação solar descendente que não atinge um alvo na superfície devido a interações entre energia-matéria na atmosfera, o que é chamado de radiação de trajetória. Esta radiação de trajetória introduz erros no processo de coleta de dados e pode impedir a exatidão na medida de dados espectrais.

Vários trabalhos foram feitos buscando desenvolver métodos em que esse espalhamento atmosférico fosse atenuado. Modelos de transferência radiativa como o 6S (Second Simulation of the Sattelite Signal in the Solar Spectrum) e o MODTRAN (Vernote et al., 1997; Matthew et al., 2000) são amplamente utilizados, porém dependem da disponibilidade de dados físicos, como aerossol e tipo de atmosfera, o que causa as vezes a impossibilidade de sua utilização, devido a ausência deste tipo de dado. Outro método bastante utilizado é a subtração de objeto escuro, ou Dark Object Subtract (DOS) proposto por Chavez Jr. (1988), que se utiliza apenas dados da cena estudada para se estimar a quantidade de aerossol na atmosfera. O Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) e a NASA também disponibilizam dados de refletância de superfície através do produto Landsat Surface Reflectance Climate Data Record (Landsat CDR), com a correção atmosférica baseada em dados do sensor MODIS (USGS, 2016).

Assim, o presente trabalho visa avaliar o NDVI obtido em áreas cafeeiras através de três métodos de correção atmosférica (6S, Landsat CDR e DOS1).

2. Metodologia

O estudo foi realizado em áreas cafeeiras localizadas no município de Santo Antônio do Amparo, mesorregião oeste de Minas Gerais (Figura 1). Segundo o IBGE (2016), o município possui uma área de 488 km² com 17.345 habitantes em 2010. Segundo Alves (2016), aproximadamente 11% da área do município está ocupada pela cafeicultura, com uma produção, em 2006 de mais de 133.333 sacas (IBGE, 2016).

O NDVI foi calculado a partir da Equação 1, proposta por Rouse et al. (1974):

$$NDVI = \frac{pnir - pred}{pnir + pred} \quad (1)$$

Onde:

pnir = Refletância no comprimento de ondas do infravermelho próximo;

pred = Refletância no comprimento de ondas do vermelho.

Para o cálculo do NDVI foram utilizadas imagens Landsat 8 – OLI e o produto Landsat Surface Reflectance – L8 OLI/TIRS para a órbita ponto 218/75. Imagens dos anos de 2014 e 2015 foram selecionadas, com 4 imagens para cada ano (Tabela 1). Estas foram escolhidas em função da qualidade das mesmas (cobertura de nuvens) e da disponibilidade de dados de campo para entrada no modelo de correção atmosférica. Os dados de visibilidade horizontal necessários para entrada no modelo 6S foram fornecidos pela Estação Meteorológica da Universidade Federal de Lavras. Os dados de entrada do modelo encontram-se na Tabela 1. Foi utilizado o programa Atmcor4OLI, desenvolvido por Antunes, Gleriani e Debiasi (2012) para executar o algoritmo. As imagens de entrada foram preparadas com o auxílio do software Spring 3.2 (Camara et al., 1996) para conversão do formato das imagens de GeoTiff para RAW, necessárias para entrada no 6S. Após a correção, as imagens foram convertidas novamente para GeoTiff.

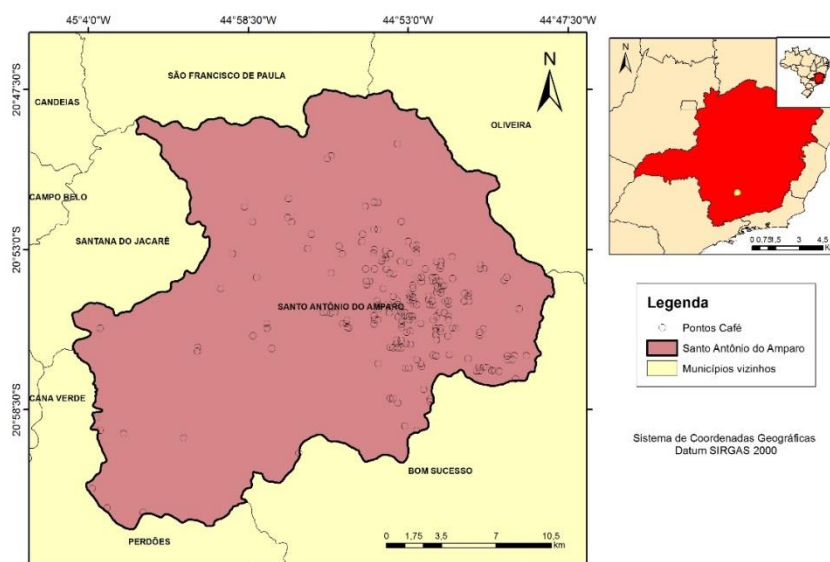


Figura 1. Localização da área de estudo

Tabela 1. Dados de entrada do modelo 6S.

Data	Hora Universal	Longitude	Latitude	Visibilidade (km)
16/01/2014	12:58:34	-44,61684	-21,67179	20
01/02/2014	12:58:34	-44,61684	-21,67179	20
15/10/2014	12:57:44	-44,62237	-21,67165	10
18/12/2014	12:57:38	-44,61014	-21,67174	20
19/01/2015	12:57:30	-44,60649	-21,67162	20
27/05/2015	12:56:35	-44,62182	-21,67174	20
28/07/2015	12:56:46	-44,63244	-21,67172	20
15/08/2015	12:57:13	-44,6138	-21,67136	20

A correção atmosférica DOS1 foi feita com o auxílio do *plugin Semi-Automatic Classification Plugin* (Luca, 2016), disponível no *software Quantum Gis Essen 2.14*. Também

com o auxílio deste *plugin* foi calculada a refletância sem a correção atmosférica. Não foi necessário um pós-processamento dos dados Landsat – CDR.

O NDVI foi calculado para a área do município de Santo Antônio do Amparo através da Equação 1. Com um auxílio de uma classificação visual realizada anteriormente, foram selecionados 211 pixels em áreas de produção de café para análise do índice de vegetação. Foram extraídos os valores NDVI de cada pixel para cada data através da ferramenta *Zonal Statistics As Tabel*, do *software ArcGis 10.2*. Foram avaliadas as relações lineares simples entre os diferentes métodos de correção através do coeficiente de determinação (R^2) para cada data e para todas as datas unidas e também a diferença média entre os valores de NDVI obtidos utilizando cada método de correção. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* estatístico R 3.2.2 (R Core Team, 2015).

3. Resultados e discussões

A Tabela 2 apresenta os coeficientes de determinação para os métodos de correção atmosférica 6S, Landsat CDR e DOS1.

Tabela 2. Coeficientes de determinação (R^2) para os métodos de correção atmosférica

Data	Coeficiente de determinação		
	6S x CDR	6S x DOS1	CDR x DOS1
16/01/2014	0,933	0,936	0,991
01/02/2014	0,913	0,908	0,994
15/10/2014	0,987	0,987	0,96
18/12/2014	0,967	0,961	0,959
19/01/2015	0,994	0,995	0,993
27/05/2015	0,975	0,96	0,986
28/07/2015	0,982	0,961	0,99
15/08/2015	0,987	0,974	0,99

Observa-se através dos resultados da Tabela 2, que a relação entre os diferentes métodos de correção atmosférica foi satisfatória, com uma relação quase linear entre os dados. Foram encontrados valores de R^2 acima 0,9 para todos os casos. Os menores valores de relação foram encontrados em 01 de fevereiro de 2014 e os maiores em 19 de janeiro de 2015. A Figura 3 representa a dispersão de todos os valores de NDVI para todas as datas analisadas.

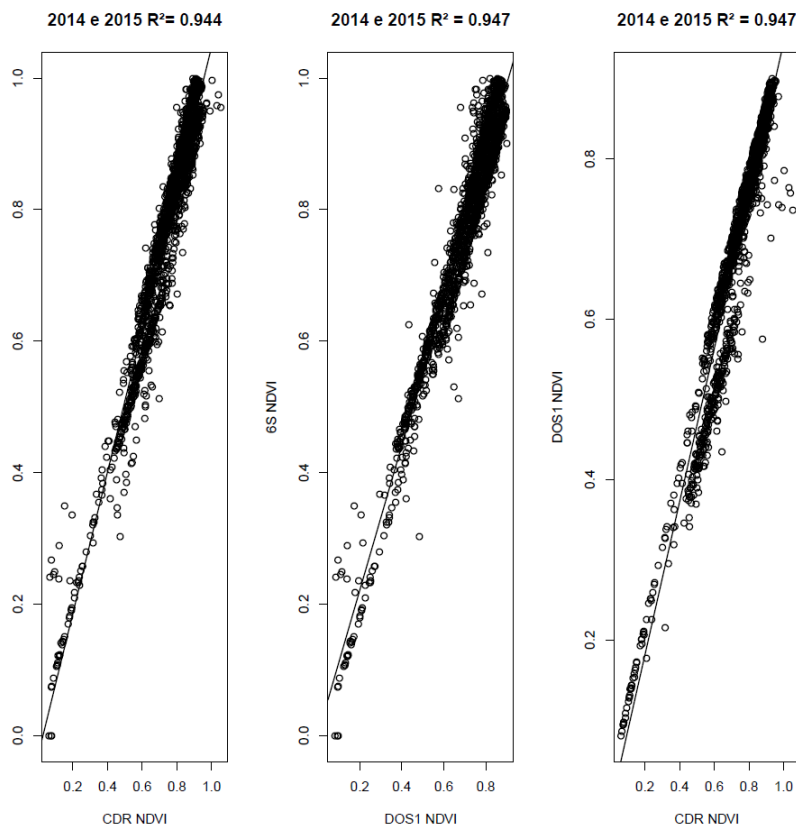


Figura 2 Dispersão dos dados de NDVI para os métodos de correção atmosférica (n = 1688).

Analisando os resultados para 2014 e 2015 (Figura 3), observou-se valores de coeficiente de determinação superiores a 0,94 para todas as análises. Estes valores corroboram com os obtidos por Vuolo, Mattiuzzi e Atzberger (2015), que avaliaram a relação entre o NDVI obtido pelo Landsat CDR e por um método de correção atmosférica, alcançando um R^2 de 0,98 para diversos tipos de cobertura do solo em uma região na Áustria. Ao comparar os valores médios de NDVI (Figura 4) para cada método de correção percebeu-se maiores valores de NDVI em todas as datas (exceto em outubro e dezembro de 2014) para o método 6S, seguido pelo Landsat CDR, DOS1 e Sem Correção. Estes resultados mostram que a presença de aerossóis na atmosfera altera substancialmente os valores de NDVI, sendo necessária a aplicação de um modelo de correção atmosférica que melhor estime esta concentração (6S e Landsat CDR). A correção DOS1 realizada no *software Quanto Gis* conseguiu reduzir a atenuação atmosférica, porém ainda subestima os valores de NDVI ao se comparar com os outros modelos. A Tabela 3 mostra a diferença percentual nos valores de NDVI entre os valores de cada modelo analisados, com os maiores valores obtidos pelo 6S (NDVI médio de 0,769), seguido pelo Landsat CDR (0,741), DOS1 (0,698) e sem correção (0,655).

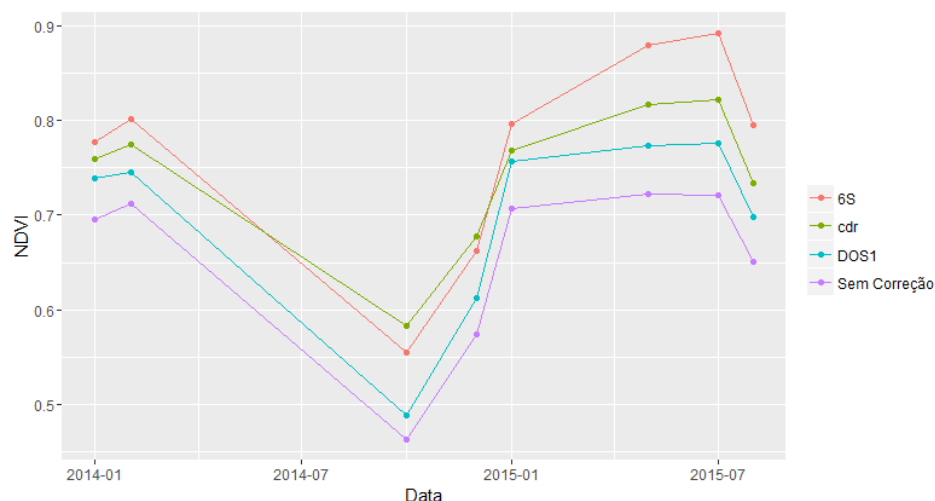


Figura 3. NDVI médio para o período de janeiro de 2014 a agosto de 2015.

Tabela 3. Diferença percentual entre as médias do NDVI para os diferentes métodos de correção atmosférica.

	6S	CDR	DOS1	Sem correção
6s	x	3,613	9,241	14,831
CDR		x	6,607	13,171
DOS1			x	6,159

4. Conclusões

- Os modelos de correção atmosférica utilizados influenciaram diretamente nos valores de NDVI obtidos em áreas cafeeiras.
- Os modelos de correção atmosférica foram altamente correlacionados, sendo o modelo 6S o que resultou em maiores valores de NDVI.
- Para o monitoramento de áreas cafeeiras é aconselhável a utilização de modelos de correção atmosférica baseados em métodos físicos, como o 6S e o Landsat CDR.

Agradecimentos

Os autores agradecem a EPAMIG, a Embrapa Café e UFLA pelo apoio recebido e a FAPEMIG e ao Consórcio Pesquisa Café pelo financiamento do projeto e pelas bolsas concedidas.

Referências

Alves, H.M.R.; Vieira, T.G.C.; Volpato, M.M.L.; Lacerda, M.P.C.; Borem, F.M. Geotechnologies for The characterization of specialty coffee environments of Mantiqueira de Minas in Brazil. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. v. XLI-B8, p.797-799, 2016. ISPRS Technical Commission VIII Symposium. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2016. doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B8-797-2016, 2016

ANTUNES, M. A. H.; GLERIANI, J. M.; DEBIASI, P. Atmospheric effects on vegetation indices of TM and ETM+ images from a tropical region using the 6S model. Atmospheric

effects on vegetation indices of TM and ETM+ images from a tropical region using the 6S model. In: 2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. **Anais...** IEEE, 2012. p. 6549-6552.

Camara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, 395-403, 1996.

Chavez Junior, P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, p. 459-479, 1988.

Congedo L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation.**, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>>. Acesso em: 11 de abril de 2016.

Coltri, P.P.; Ramirez, G.M.; Walter, M.K.C.; Zullo, J.; Pinto, H.S.; Nascimento, C.R.; Gonçalves, R.R.V. Utilização de índices de vegetação para estimativas não destrutivas da biomassa, estoque e sequestro de carbono do cafeeiro arábica. In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007, p. 121-128. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.15.21/doc/121-128.pdf>> Acesso 3 outubro 2016.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Santo Antônio do Amparo, Minas Gerais – **Informações Completas**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=315990&search=||infor%EF1ficos:-informa%EF%F5es-completas>>. Acesso em 5 de outubro 2016.

Jensen, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres** / John R. Jensen, Tradução José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador). [et al.]. – São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

R Core Team 2015. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: URL <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 20 de agosto de 2016.

Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Washington, 1973. **Proceedings...** Washington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973.

Santos, W.J.R.; Volpato, M.M.L.; Alves, H.M.R.; Vieira, T.G.C.; Souza, V.C.O. Variação temporal do índice de vegetação de lavouras cafeeiras utilizando produtos do sensor MODIS/TERRA. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2009. v.CD ROM

United States Geological Survey. **Provisional Landsat 8 Surface Reflectance Code (Lsrc) Product**. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/documents/provisional_lsrc_product_guide.pdf>. Acesso em 3 de outubro 2016.

Vermote, E.F.; Tanré, D.; Deuzé, J.L.; Herman, M.; Morcette, J.J. Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview. **Geoscience and Remote Sensing**, IEEE Transactions on, v. 35, n. 3, p. 675-686. 1997.

Volpato, M.M.L.; Meireles, E.J.L.; Vieira, T.G.C.; Alves, H.M.R.; Santos, W.J.R.; Souza, V.C.O. Potencial do índice NDVI para o monitoramento agrometeorológico em área cafeeira do cerrado mineiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Campinas:SBA. 2009.

Vuolo, F.; Mattiuzzi, M.; Atzberger, C. Comparison of the Landsat Surface Reflectance Climate Data Record (CDR) and manually atmospherically corrected data in a semi-arid European study area. **International Journal of Applied Earth Observation And Geoinformation**, v. 42, p.1-10, 2015. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2015.05.003>.