

Alterações da resposta espectral da Azaleia (*Rhododendron indicum*) para diferentes proporções de floração

Fernando Comerlato Scottá¹

Filipe Melechi Evangelista¹

Eliana Lima da Fonseca¹

Denise Cybis Fontana¹

Mateus Pinheiro Ferreira¹

Centro Estadual de Pesquisas de Sensoriamento Remoto e Meteorologia – Universidade

Federal do Rio Grande do Sul - CEP SRM/UFRGS

Caixa Postal 15044 - CEP 91501-970 - Porto Alegre – RS, Brasil

{fcscotta, flp.me22, pferreira.matheus}@gmail.com

{eliana.fonseca, dfontana}@ufrgs.br

Abstract: This work aims at examining whether different proportions of flowers change the reflectance values of the species Azaleia (*Rhododendron indicum*). The portable spectroradiometer FieldSpec 3 was used for the spectral range of 350nm to 1350nm. Three samples were measured by the sensor, in which the sample 01 had intense proportion of flowering, sample 02 had an average proportion of and the sample 03 had little or no proportion of flowering. The calculation of vegetation indices for MODIS was performed on three samples to see if there were changes in the values of NDVI and EVI. A reflectance graph of the three samples was performed to analyze variations in the proportions of flowers. An analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test was performed to determine whether there is a significant difference between samples of reflectance or not. The same statistical analyzes were performed for the NDVI. The results show that the reflectance of the red spectral range was increased with a higher proportion of flowers. The values were also changed in the mid-infrared, probably due to different amounts of water in each sample. Analyzing NDVI and EVI, the values were decreased with the increasing presence of flowers on the plant. Dates of flowering species can be considered in the process of automatic classification in future work.

Palavras-chave: remote sensing, spectroradiometer, vegetation indexes, reflectance, vegetation, sensoriamento remoto, espectraloradiômetro, índices de vegetação, reflectância, vegetação

1. Introdução

Os índices de vegetação são amplamente utilizados no monitoramento da vegetação. Esses índices estão relacionados a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como biomassa e índice de área foliar, além de minimizarem os efeitos de iluminação da cena, declividade da superfície e geometria de aquisição, que influenciam os valores de reflectância da vegetação (PONZONI e SHIMABUKURO, 2010).

Embora os índices de vegetação frequentemente utilizados como o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e do índice de vegetação melhorado (EVI) se concentrem no verdor do dossel, eles são inevitavelmente afetados pelas flores no período de floração se existir uma quantidade considerável de flores cobrindo o dossel (SHEN et al., 2009). Behrens et al., (2006) mostram que existe uma baixa correlação entre o NDVI e os parâmetros de crescimento de *Brassica napus* L. Como consequência da presença das flores amarelas, o valor da reflectância na banda do vermelho é elevado.

Shen et. al (2009) demonstraram que na época da floração da espécie herbácea *Halerpestes tricuspidis* existe uma diminuição dos valores do NDVI e EVI e associam esse comportamento à presença das flores amarelas que predominam no dossel. Os autores também verificaram que a presença das flores aumenta os valores de reflectância do vermelho e não influenciam a resposta do infravermelho próximo, sendo a banda do vermelho que reduz o valor do NDVI e EVI.

Se as proporções de floração influenciam de forma significativa os valores de reflectância e dos índices de vegetação, as florações das espécies podem ser consideradas em processos de

classificação automática de imagens em trabalhos futuros. O objetivo desse trabalho foi analisar se diferentes proporções de floração alteram os valores de reflectância e os índices NDVI e EVI da espécie Azaleia (*Rhododendron indicum*) medidos utilizando um espectrorradiômetro portátil.

2. Metodologia de Trabalho

O espectrorradiômetro portátil *ASD/FieldSpec®3* foi utilizado no dia 16/08/2012 para a realização do trabalho. Esse instrumento é constituído de três espectrômetros. O primeiro cobre a faixa do visível e infravermelho próximo do espectro eletromagnético (350-1.000 nm) e possui resolução espectral de 3 nm. O segundo e terceiro espectrômetros possuem resolução espectral de 10 nm e abrangem a região do infravermelho de ondas curtas (1.001-2.500 nm). Para a realização das medições foi utilizado o acessório *Pistol Grip* com campo de visada de 25°. Antes de cada medição, o instrumento foi otimizado sob uma placa de referência (Spectralon, Labsphere Inc.) para o cálculo do fator de reflectância.

Um indivíduo da espécie de Azaleia (*Rhododendron indicum*), com aproximadamente um metro de altura (Figura 1), foi selecionado para as medições. Três amostras foram medidas pelo sensor, na qual a proporção de floração foi sendo diminuída progressivamente. A amostra 01 apresenta intensa proporção de floração, a amostra 02 média proporção de floração e a amostra 03 mínima proporção de floração. As fotos das três amostras podem ser visualizadas na Figura 2.



Figura 1. Azaleia utilizada para as medições.

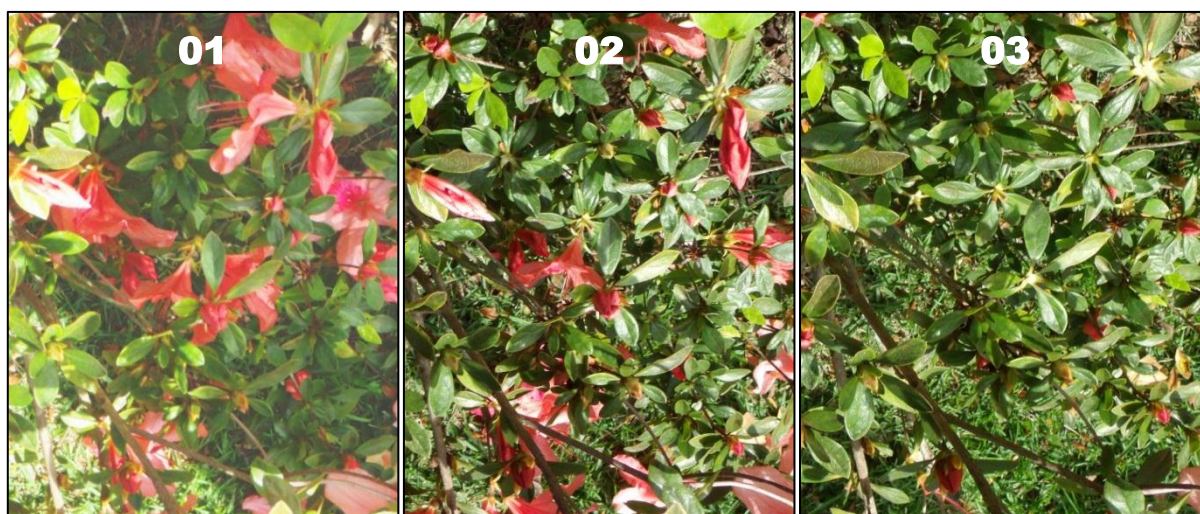


Figura 2. Fotos da Azaléia para as três diferentes amostras. A amostra 01 possui intensa floração. A amostra 02 possui média floração e a amostra 03 possui pouca floração.

Cinco espectros foram salvos para cada amostra no horário das 11:41 horas. O intervalo de tempo para a realização de todas as medições não ultrapassou 5 minutos, para que as condições ambientais não se alterassem durante a captura dos valores. Posteriormente as medições, foi calculada a média das cinco medições para cada amostra e então foi gerado um gráfico para analisar se as três amostras realizadas tiveram diferença de reflectância em algum comprimento de onda do espectro eletromagnético. O intervalo do espectro eletromagnético considerado nesse trabalho foi de 350nm a 1350nm.

Foram obtidas as médias dos valores nos intervalos do vermelho (620 nm – 670 nm), do infravermelho próximo (841 nm – 876 nm) e infravermelho médio (1230 nm – 1250 nm) para cada uma das medições feitas. Esses intervalos foram escolhidos com base nas bandas do sensor MODIS.

Através do aplicativo SPSS, foi realizada a ANOVA (Análise de Variância) com a finalidade de comparar médias das reflectâncias entre as diferentes amostras. Foi realizado um teste para cada uma das faixas espectrais consideradas (faixas do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio). A partir da ANOVA, o teste de Tukey comparou as médias das amostras, duas a duas, ou seja, foram realizadas múltiplas comparações da média para cada par de amostra. No teste Tukey, também foram realizados testes para cada uma das faixas espectrais consideradas (faixas do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio).

Para analisar a alteração dos valores de NDVI e EVI para diferentes proporções de floração, foram realizados os cálculos desses índices de vegetação para as três amostras. Utilizaram-se os intervalos espectrais do sensor MODIS para os cálculos.

O NDVI é calculado utilizando os valores de reflectância medidos nas bandas do vermelho (ρ_{RED}) e infravermelho próximo (ρ_{NIR}), sendo dependente da resposta espectral dos alvos nas respectivas bandas espectrais (Equação 1). Os valores do NDVI variam de -1 a 1, sendo os valores negativos associados aos corpos d'água e nuvens e os valores positivos estão associados aos alvos terrestres (ROUSE et al., 1973).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (1)$$

O EVI é um índice de vegetação criado a partir de uma variação do NDVI, onde são aplicadas constantes para uma maior acurácia nas correções da influência do solo e da atmosfera (Equação 2). O EVI é otimizado para trabalhar com os dados do sensor MODIS, sendo os valores determinados para as constantes apresentados a seguir: $L = 1$, $C1 = 6$, $C2 = 7,5$ e $G = 2,5$ (HUETE et al., 1997).

$$EVI = G \times \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + C1 \times \rho_{RED} - C2 \times \rho_{BLUE} + L} \quad (2)$$

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise Gráfica do Comportamento Espectral

O gráfico com a reflectância média das cinco repetições para cada uma das três amostras é apresentado na Figura 3. Observa-se que os valores de reflectância foram modificados na região espectral do visível, principalmente na faixa espectral do vermelho, coerente com o resultado encontrado por trabalhos anteriores (SHEN et al., 2009; BEHRENS et al., 2006), onde os maiores valores de reflectância estão ocorrendo na amostra com maior proporção de floração. Os valores reduzem para a amostra 02 e são menores quando a proporção de floração é mínima. A provável causa dessa redução dos valores de reflectância está na própria

cor avermelhada da flor da Azaleia, ocorrendo diminuição na reflectância com a diminuição da proporção das flores.

Na faixa espectral do *red edge* (680 – 750nm) não foram registradas variações nos valores de reflectância. Essa faixa do espectro responde por alterações de clorofila das folhas, Índice de Área Foliar e estresse hídrico bem desenvolvido (FILLELA e PEÑUELAS, 1994). Como esses parâmetros não foram alterados pelas diferentes proporções de flores, não foram registradas variações nos valores de reflectância.

Para as faixas do infravermelho próximo de 750nm a 900nm, não foram registradas variações dos valores de reflectância para nenhuma das amostras. Para os intervalos de 900nm até 1350nm, a amostra 01 apresentou valores inferiores que as outras amostras. A amostra 02 apresentou reflectância inferior a amostra 03. Uma possível razão para essa diferença dos valores de reflectância nesse intervalo do espectro eletromagnético pode se dar pela maior presença de água nas flores, que pode estar reduzindo os valores de reflectância.

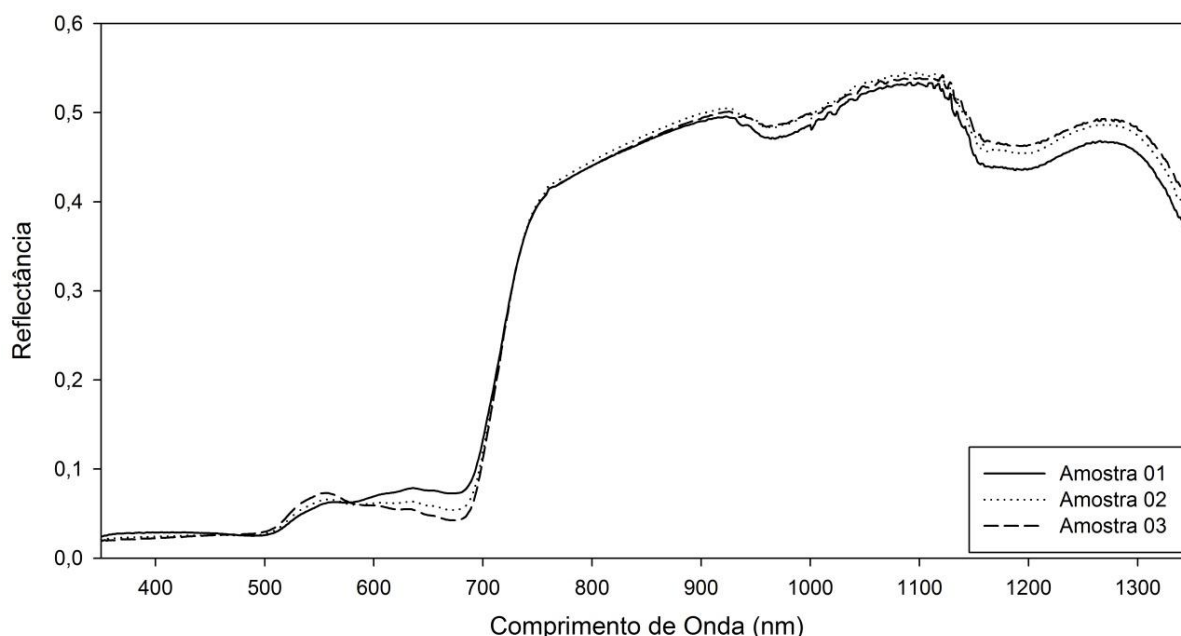


Figura 3. Gráfico da reflectância das três amostras.

3.2 Análise Estatística do Comportamento Espectral

A ANOVA mostrou que existe diferença significativa entre as médias das diferentes amostras para o vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio. A partir do teste de Tukey com 95% de confiança (Tabela 1), observa-se que existem diferenças significativas das médias entre todas as amostras nas faixas espectrais do vermelho e infravermelho médio (Figura 4). Para o infravermelho próximo, apesar da pequena variação dos valores de reflectância observados na Figura 3, apenas as amostras 1 e 3 não apresentaram diferença significativa entre as médias. Os pares de amostras 1 e 2, 2 e 3 apresentaram diferença significativa entre as médias. Apesar da banda espectral do infravermelho próximo apresentar diferença significativa entre as amostras pelo teste Tukey, a diferença tem menor amplitude que no vermelho e infravermelho médio.

Tabela 1. Teste TUKEY realizado para a região do vermelho, infravermelho próximo e médio. O asterisco apresenta as médias que foram significativas a 95% de confiança.

Variável Dependente	Amostra	Amostra	Diferença Mínima	Significância
Vermelho	1	2	0,01600(*)	0,000
		3	0,02580(*)	0,000
	2	1	-0,01600(*)	0,000
		3	0,00980(*)	0,000
Infravermelho Próximo	1	2	-0,00720(*)	0,000
		3	-0,00180	0,395
	2	1	0,00720(*)	0,000
		3	0,00540(*)	0,004
Infravermelho Médio	1	2	-0,01820(*)	0,000
		3	-0,02480(*)	0,000
	2	1	0,01820(*)	0,000
		3	-0,00660(*)	0,000

3.3 Análise da variação do NDVI e EVI

Para o NDVI e EVI (Tabela 2), foi possível visualizar o aumento dos valores do índice conforme a retirada da parcela de floração da planta (da amostra 01 à amostra 03). Para o NDVI, a amplitude de variação foi de 0,9 unidades da amostra 01 com a amostra 03. Para o EVI, observa-se a variação de 1,0 unidades da amostra 01 com a amostra 03. Isso ressalta a forte influência da diferença nos valores de reflectância na região do vermelho mostradas anteriormente.

Tabela 2. Valores do NDVI e EVI nas três amostras para o sensor MODIS.

Sensor	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03
MODIS (NDVI)	0,72	0,78	0,81
MODIS (EVI)	0,57	0,64	0,67

4. Conclusões

A utilização do espectraloradiômetro permitiu mostrar que a reflectância foi alterada com a proporção de flores, provavelmente em função das diferentes quantidades de pigmentos e água presentes nas flores.

Os valores de NDVI e EVI aumentaram com a diminuição da floração presente na planta. A partir dessas conclusões, as datas das florações das espécies podem ser consideradas em processos de classificação automática de imagens em trabalhos futuros.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM) pela disponibilização do espectraloradiômetro *ASD/FieldSpec®3*. Os autores também agradecem a bolsa de mestrado concedida pelo CNPq.

Referências Bibliográficas

BEHRENS, T.; MÜLLER, J.; DIEPENBROCK, W. Utilization of canopy reflectance to predict properties of oilseed rape (*Brassica napus* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) during ontogenesis. **European Journal of Agronomy**, v. 25, p.345-355, 2006.

FILELLA, I.; PEÑUELAS, J. The red edge position and shape as indicators of plant chlorophyll content, biomass and hydric status. **International Journal of Remote Sensing**, v. 15, n. 7, p.1459-1470, 1994.

HUETE, A. R. et al. A Comparison of Vegetation Indices over a Global Set of TM Images for EOS-MODIS. **Remote Sens. Environ**, n.59, p.440-451, 1997.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação**. São José Dos Campos: Parêntese, 2010. 135 p.

ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A. and DEERING, D.W., Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **In 3rd ERTS Symposium**, NASA SP-351 I, pp. 309–317, 1973.

SHEN, M et al. Yellow flowers can decrease NDVI and EVI values: evidence from a field experiment in an alpine meadow. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 35, n. 2, p.99-106, 2009.