

## INFLUÊNCIA DO FATOR DE CALIBRAÇÃO ENTRE PLACAS NO ESTUDO DA VEGETAÇÃO

Victor Hugo Rohden Prudente<sup>1</sup>, Andeise Cerqueira Dutra<sup>1</sup>, Denis Corte Vieira<sup>1</sup>, Nildson Rodrigues de França e Silva<sup>1</sup>, Elisabete Caria Moraes<sup>1</sup>, Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1</sup> e Ieda Del'Arco Sanches<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{victor.prudente, andeise.dutra; denis.vieira; nildson.silva; yosio.shimabukuro; ieda.sanches}@inpe.br e bete@dsr.inpe.br

### RESUMO

A espectroscopia de campo visa a obtenção de dados precisos de reflectância espectral para o estudo de características espectrais e atributos biofísicos no ambiente. O objetivo deste estudo foi investigar a importância da calibração de placas de referência em relação a uma placa padrão de laboratório na obtenção do fator de reflectância bidirecional (FRBD) com visada a nadir em diferentes alvos vegetativos (grama verde, grama seca e arbusto), observando também a sua influência na simulação de bandas espectrais do sensor orbital Landsat-8/OLI e na obtenção do NDVI. Os alvos apresentaram FRBD semelhantes ao se comparar a utilização de placas com e sem calibração. Esta semelhança entre os resultados também foi verificada para as simulações do NDVI e das bandas espectrais do sensor OLI. Entretanto, para abordagem temporais, que não foram abordadas aqui, a agregação das pequenas diferenças devem ser analisadas.

**Palavras-chave** — NDVI, espectroradiômetro, Landsat-8.

### ABSTRACT

*Field spectroscopy aims at the acquisition of accurate spectral reflectance data for the study of spectral characteristics and biophysical attributes in the environment. The objective of this work was to investigate the importance of calibration between reference and laboratory standard panels in bidirectional reflectance factor (FRBD) at nadir in different vegetative targets (green grass, dry grass and shrub), observing its influence on simulation of spectral bands of Landsat-8/OLI orbital sensor and to obtaining of NDVI. The targets presented similar FRBD when comparing the use of panels with and without calibration. This similarity between data with and without calibration was also verified for the spectral bands of the OLI sensor and NDVI simulations. However, for temporal approaches, which were not addressed here, the aggregation of small differences must be analyzed.*

**Key words** — NDVI, spectroradiometer, Landsat-8.

### 1. INTRODUÇÃO

A espectroscopia de campo tem como objetivo a aquisição de dados precisos da reflectância espectral dos alvos. Esta técnica é de importância fundamental para o estudo das inter-relações entre as características espectrais da superfície terrestre e os seus atributos biofísicos [1].

Porém, considerando que alvos naturais não são isotrópicos, e, portanto, não refletem a mesma quantidade de radiação em todas as direções, utiliza-se o Fator de Reflectância Bidirecional Espectral (FRBD<sub>λ</sub>). Este permite a obtenção da caracterização espectral detalhada, por considerar os efeitos bidirecionais das condições de geometria de iluminação e visada [2].

Para coletar dados radiométricos em nível terrestre, seja em campo e/ou laboratório, utiliza-se os espectroradiômetros, que são sensores que desempenham diferentes funções no âmbito das técnicas de sensoriamento remoto [3].

Utiliza-se também as placas de referência, que são superfícies difusoras opacas, sobre a qual se faz a medição da radiação refletida e, assim, a estimativa da irradiância solar incidente na superfície. Entretanto, estes painéis de referência podem não ser perfeitamente difusos, pois com o tempo de uso suas propriedades se deterioram. Dessa forma, torna-se necessário maior atenção para as propriedades e condições do painel de referência utilizado nas medições radiométricas [4].

Por esse motivo, é necessário que seja realizada a calibração das placas de referência em relação a uma placa padrão, mantida em laboratório, em condições mais próximas das ideais. Quanto mais sensíveis e calibradas as placas de referência estiverem, mais abrangentes e acurados serão os resultados, além de apresentarem respostas realmente compatíveis com as características dos objetos em estudo [5].

O processo de calibração proporciona a remoção dos efeitos de contaminação do painel de referência para os estudos que contemplem diferentes tempos e lugares, tal como o monitoramento da vegetação. Se não houvesse o processo de calibração, algumas variações resultantes da placa de referência poderiam ser associadas à resposta da vegetação ou às condições geométricas de aquisição de dados.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi averiguar a importância da calibração de placas de referência utilizadas em campo em relação a uma placa padrão de laboratório, na obtenção do FRBD<sub>λ</sub> em diferentes alvos vegetativos (grama verde, grama seca e arbusto), observando também a sua influência na simulação de diferentes respostas das bandas

espectrais de um sensor orbital e na obtenção do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no dia 28 de junho de 2017, nas dependências do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em São José dos Campos – SP. O levantamento de dados foi realizado entre às 13:10 e 14:15 horas, em condições de céu limpo, sem presença de nuvens.

O levantamento de dados foi dividido em duas etapas: coleta de dados em laboratório e em campo. A primeira etapa foi realizada no Laboratório de Radiometria (LARAD) do INPE (23°12'36.62"S e 45°51'32.35"O). A segunda etapa foi realizada nas dependências da Associação Desportiva Classista (ADC-INPE) (23°12'33"S e 45°51'30"O).

Dois espectrorradiômetros foram utilizados na coleta das medidas de radiância: o FieldSpec Pro (ASD, Boulder, CO, USA) em laboratório e o FieldSpec modelo Standard-Res (ASD, Boulder, CO, USA) em campo, ambos com IFOV (*Instantaneous Field of View*) de 25°. As leituras destes sensores cobrem a faixa de 350 a 2500 nm do espectro eletromagnético. A resolução espectral deste equipamento é 3 nm para as leituras no visível e infravermelho próximo e de 10 nm para o infravermelho médio de ondas curtas. Os valores de radiância são reamostrados e disponibilizados com valores a cada 1 nm [6].

Em laboratório o experimento foi desenvolvido sob condições conhecidas e controladas de observação e iluminação. Com o sensor a nadir, uma fonte de iluminação halógena de 250W, apoiada em um tripé, foi direcionada ao alvo em um ângulo zenital de 20°. A distância horizontal entre a fonte e a placa padrão na superfície foi de 59 cm e a distância vertical entre a placa e o sensor foi de 17,5 cm. As demais dimensões do experimento de laboratório encontram-se na Figura 1(a).

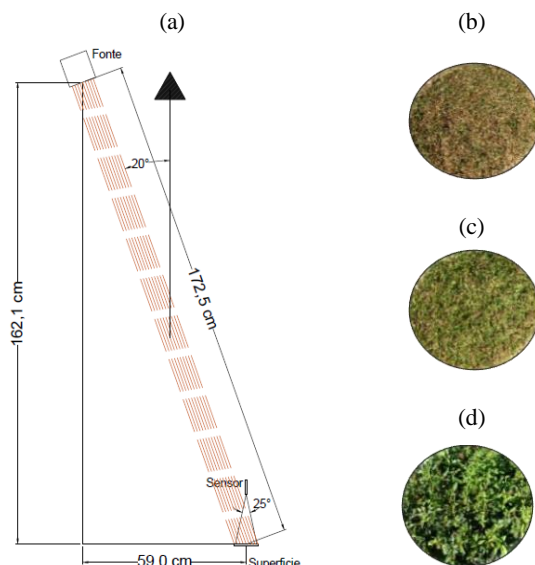


Figura 1. (a) Esquema de levantamento de dados e alvos; (b) Grama seca, (c) Grama verde e (d) Arbusto.

Uma placa *Spectralon* nova 100% de reflectância, que só foi utilizada em laboratório, foi escolhida como placa padrão. Uma outra placa *Spectralon*, com mais de seis anos de uso (em campo e laboratório), foi utilizada como placa de referência para a coleta de dados em campo.

Dessa forma, prosseguiu-se com a medição da radiância espectral ( $L_\lambda$ ) das duas placas, referência e padrão. Para cada uma foram efetuadas três repetições das medidas de radiância no menor intervalo de tempo possível, sendo que cada repetição corresponde à média de 10 espectros. Adotou-se como valor de radiância de cada placa a média das três repetições.

O fator de calibração ( $K_\lambda$ ) foi utilizado no processo de calibração da placa de referência, obtido através da equação 1:

$$K_\lambda = \frac{L'_{\lambda,p}}{L'_{\lambda,r}} \quad (1)$$

onde  $L'_{\lambda,p}$  é a radiância espectral da placa padrão e  $L'_{\lambda,r}$  é a radiância espectral da placa de referência utilizada.

Para o experimento em campo, as medidas de radiância foram coletadas em uma distância fixa de 30 cm entre o sensor e a placa de referência ou alvo. Alternadamente, foram obtidos três conjuntos de medidas de radiância da placa e dos alvos grama verde, grama seca e arbusto (Figura 1(b,c,d)).

Após a coleta de dados em campo, foram removidas dos espectros as faixas espectrais de 1350 a 1410nm, 1800 a 1960 nm e 2365 a 2500 nm devido à alta absorção da REM pelo vapor de água.

Foi calculado o  $FRBD_\lambda$  pela razão entre a radiância espectral do alvo ( $L_{\lambda,a}$ ) e a radiância espectral da placa de referência ( $L_{\lambda,r}$ ), ambas medidas nas mesmas condições de iluminação e observação. E para obtenção do  $FRBD_{\lambda c}$  calibrado, foi aplicado o  $K_\lambda$ , conforme a seguinte equação:

$$FR_{\lambda c} = \frac{L_{\lambda,a}}{K_\lambda * L_{\lambda,r}} \quad (2)$$

onde  $L_{\lambda,a}$  é a radiância espectral do alvo,  $K_{\lambda}$  é o fator de calibração entre placas e  $L_{\lambda,r}$  é a radiância espectral da placa de referência.

Com o pacote MESS [7] do *software* R [8] e os dados do  $FRBD_\lambda$  e do  $FRBD_{\lambda c}$ , foram calculadas as áreas sob as curvas, referente as bandas espectrais do sensor OLI (*Operational Land Imager*) a bordo do satélite Landsat 8 (Tabela 1) e os valores para o NDVI [9]:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (3)$$

onde V é a reflectância espectral na banda do vermelho (Banda 4 do OLI) e IVP é a reflectância espectral no infravermelho próximo (Banda 5 do OLI).

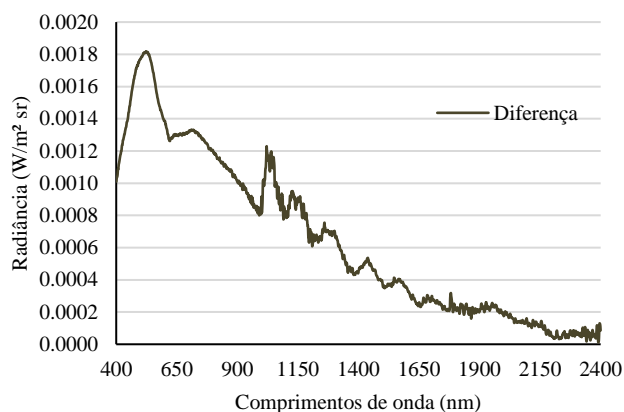
**Tabela 1. Características das faixas espectrais do sensor OLI do satélite Landsat 8.**

Banda	Nome Banda	Intervalo de comprimento de onda ( $\mu\text{m}$ )
Banda 2	Blue	0,452 - 0,512
Banda 3	Green	0,533 - 0,590
Banda 4	Red	0,636 - 0,673
Banda 5	NIR	0,851 - 0,879
Banda 6	SWIR-1	1,566 - 1,651
Banda 7	SWIR-2	2,107 - 2,294

Fonte: Adaptado de USGS [10].

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

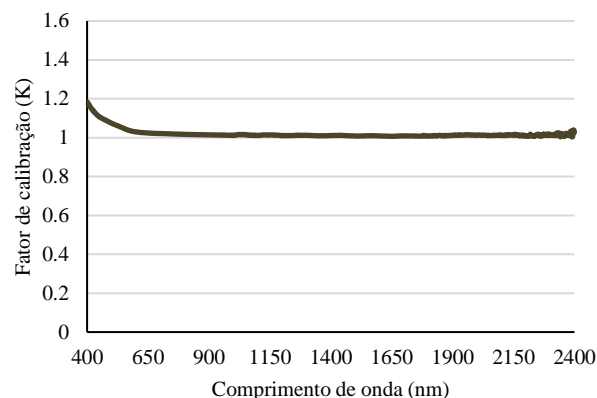
A placa de referência, mesmo passando por intempéries a campo que degradam sua qualidade, apresentou valores de radiância muito próximos aos registrados pela placa padrão. A máxima diferença observada ao longo de todo o espectro entre as placas foi de  $0,00182 \text{ W/m}^2 \text{ sr}$  (Figura 2) para o comprimento de onda de 523 nm, sendo a maior diferença observada na faixa entre 445 a 600 nm. Esta máxima diferença observada representa um erro de aproximadamente 2,43% na radiância medida.



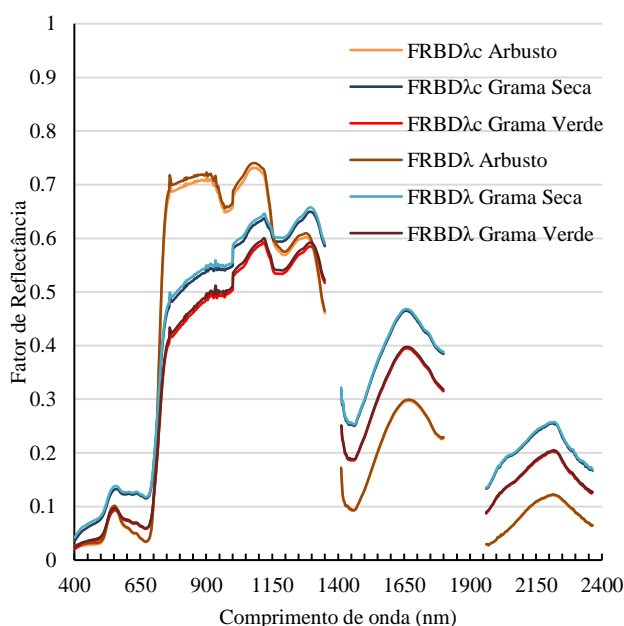
**Figura 2. Diferença de sensibilidade entre a placa padrão e a placa de referência.**

O fator  $K_\lambda$  obtido pela equação (1), demonstra uma estabilidade de valores muito próximos a 1 na faixa de 700 a 2100 nm. Os maiores valores de  $K_\lambda$  estão nos menores comprimentos de onda ( $<700 \text{ nm}$ ) que correspondem ao espectro do visível. Próximo a 350 nm e acima de 2100 nm encontram-se as principais faixas ruidosas, onde o fator  $K_\lambda$  apresenta fortes oscilações (Figura 3), sendo, portanto, removido das análises.

Houve pouca discordância visual entre os valores de  $\text{FRBD}_\lambda$  e  $\text{FRBD}_{\lambda c}$  para os alvos em análise, conforme ilustrado na Figura 4. O processo de calibração resultou em fatores de reflectância menores em todo o espectro, isto porque todos os valores de  $K_\lambda$  são maiores que 1.



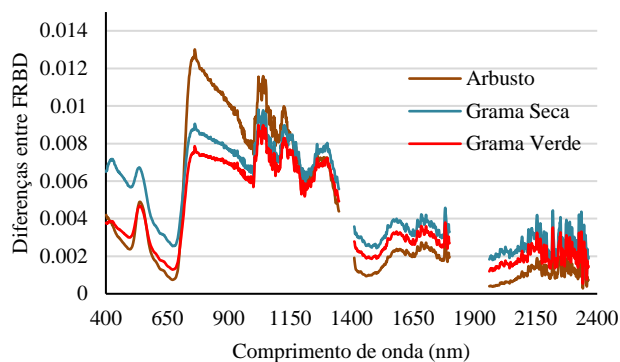
**Figura 3. Fator de calibração entre a placa padrão e a placa de referência.**



**Figura 4.  $\text{FRBD}_{\lambda c}$  e  $\text{FRBD}_\lambda$  para os diferentes alvos analisados.**

Na Figura 5 se apresentam as diferenças entre os valores de fator de reflectância sem e com calibração. A maior diferença entre os valores foi observada na faixa espectral de 700 a 1250 nm, o que requer uma atenção especial, pois esta região do espectro pode ser utilizada como parâmetro relacionado à estrutura celular da vegetação e na qual se deriva o NDVI.

Especificamente, as maiores diferenças entre os fatores de reflectâncias estão nas faixas de 750 a 950 nm e de 1030 a 1200 nm, correspondente a região espectral de maior reflectância da vegetação. Assim, se reitera a importância do processo de calibração nestas faixas de maior utilização para o acompanhamento da vegetação.



**Figura 5. Diferença entre os FRBD não calibrado e calibrados para os respectivos alvos.**

Na simulação das bandas espectrais do sensor OLI, conforme mostra a Tabela 2, pode-se observar que a maior diferença entre os dados calibrados e não calibrados se deu na faixa espectral referente a banda 5 (NIR) para todos os alvos. As regiões referentes a banda 4 (Red) e a banda 7 (SWIR-2) foram as que sofreram as menores interferências em todos os alvos estudados. Considerando apenas a faixa do visível, a maior interferência variou de acordo com os alvos, sendo que para o arbusto e a grama verde a maior diferença se deu na faixa espectral correspondente a banda 3 (Green), enquanto que para a grama seca se deu na banda 2 (Blue).

Os valores simulados de reflectância com e sem correção para as bandas 4 e 5 (Red e NIR) foram próximos para todos os alvos. Assim, quando se observa o NDVI, nota-se que o índice gerado tanto com dados calibrados como não calibrados também assumem valores muito próximos.

**Tabela 2. Simulação das bandas espectrais do sensor OLI e dos valores de NDVI com e sem fator  $K_c$  e a diferença obtida.**

	Blue	Green	Red	NIR	SWIR-1	SWIR-2	NDVI
(1) FRBD <sub>c</sub> AR	0,031	0,084	0,039	0,706	0,265	0,109	0,895
(2) FRBD <sub>c</sub> GS	0,071	0,127	0,119	0,527	0,432	0,234	0,631
(3) FRBD <sub>c</sub> GV	0,038	0,085	0,062	0,470	0,361	0,184	0,766
(4) FRBD <sub>n</sub> AR	0,033	0,087	0,040	0,717	0,267	0,110	0,894
(5) FRBD <sub>n</sub> GS	0,077	0,133	0,122	0,535	0,435	0,237	0,628
(6) FRBD <sub>n</sub> GV	0,041	0,089	0,064	0,477	0,365	0,186	0,765
(1)-(4)	-0,003	-0,004	-0,001	-0,011	-0,002	-0,001	0,001
(2)-(5)	-0,006	-0,005	-0,003	-0,008	-0,004	-0,003	0,002
(3)-(6)	-0,003	-0,004	-0,001	-0,007	-0,003	-0,002	0,002

Legenda: (1) = FRBD<sub>c</sub> calibrado para o arbusto; (2) = FRBD<sub>c</sub> calibrado para a grama seca; (3) = FRBD<sub>c</sub> calibrado para a grama verde; (4) = FRBD<sub>n</sub> para o arbusto; (5) = FRBD<sub>n</sub> para a grama seca; (6) = FRBD<sub>n</sub> para a grama verde.

#### 4. CONCLUSÕES

A correta calibração entre placas é de fundamental importância na obtenção de dados para caracterização espectral de alvos.

Os diferentes alvos vegetativos apresentaram fatores de reflectância bidirecional semelhantes ao comparar os dados com e sem o fator de calibração. Isto pode ser verificado também para as simulações do NDVI e das bandas espectrais do sensor orbital OLI. Estes resultados são explicados devido à proximidade entre

valores de radiância mensurados das placas de referência e padrão de laboratório.

Entretanto, considerando o perfil temporal do NDVI para o acompanhamento da vegetação, a não realização do processo de calibração entre placas pode levar a um erro agregado, comprometendo os resultados da análise.

#### 5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

#### 6. REFERÊNCIAS

- [1] Milton, E.J., "Principles of field spectroscopy", *Int. Journal of Remote Sensing*, v.8, n.12, pp. 1807-1827, 1987.
- [2] Moraes, E.C.; Nogueira, J.L. M.; Esposito., E.S.C.; Bastos, E.J.B.; e Freire, M.L.F. "Comparação entre placas de referência de sulfato de bário (pintada e prensada)". In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v.8, Salvador. Anais... Salvador: INPE, pp. 927-931, 1996.
- [3] Pinto, C.T.; Castro, R.C.; Ponzoni, F.J. "Calibração absoluta do radiômetro portátil CIMEL/CE313 em laboratório e avaliação das incertezas". XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, 30 de abril a 05 de maio de 2011.
- [4] Milton, E.J.; Schaepman, M. E.; Anderson, K.; Kneubuhler, M.; e Fox, N., "Progress in field spectroscopy", *Remote Sensing of Environment*, v. 113, pp. 92-109, 2009.
- [5] Steffen, C.A.; Moraes, E.C. e Gama, F.F., "Tutorial de radiometria", VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, 10-14 de maio de 1993.
- [6] ASD Inc, "FieldSpec4 User Manual", PANalytical, Longmont, pp. 87, 2015.
- [7] Venables, W. N. e Ripley, B. D., "Modern Applied Statistics with S", Fourth Edition, Springer, New York. 2002, ISBN 0-387-95457-0.
- [8] R Core Team, "R: A language and environment for statistical computing". R. Foundation for Statistical Computing, 2016, Vienna, Austria. URL. Available: <https://www.R-project.org/>.
- [9] Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A. e Deering, D.W., "Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS", Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, pp. 309-327, Washington D.C., 1973.