

# DIFERANÇAS ENTRE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO OBTIDOS DE BANDAS SIMULADAS DE DIFERENTES SENSORES

Grazieli Rodigheri<sup>1</sup>, Denise C. Fontana<sup>2</sup>, Laura P. Schaparini<sup>2</sup>, Daniele G. P. Ogliari<sup>2</sup>, Solange França<sup>3</sup>, Tatiana S. de Almeida<sup>4</sup>, Gilberto R. Da Cunha<sup>5</sup>

<sup>1</sup>CEPSRM/UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500 – 91501970, Porto Alegre, RS, Brasil, grazielirodigheri@gmail.com;

<sup>2</sup>UFRGS, Av. Bento Gonçalves 7712 – 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil, dfontana@ufrgs.br;

laura\_pigatto@yahoo.com.br; daniele.gutterres@gmail.com; <sup>3</sup>Universidade Estadual de Santa Cruz - DCAA, Rodovia Ilhéus/Itabuna, Km 16, Salobrinho – 45662900, Ilhéus, BA, Brasil, solafranca@yahoo.com.br; <sup>4</sup>Secretaria Municipal de

Agricultura e Abastecimento de Gravataí, Rua Heitor de Jesus, 287 – 94035250, Centro - Gravataí, RS, Brasil,

almtatiana@yahoo.com.br e <sup>5</sup>EMBRAPA Trigo, Rodovia BR-285, Km 294 – 99050-970, Passo Fundo, RS, Brasil, gilberto.cunha@embrapa.br.

## 1. INTRODUÇÃO

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo investigar as diferenças nos índices de vegetação (IV) obtidos de bandas simuladas de diferentes sensores. Para tanto, foram utilizados dados de reflectância de campo para os cultivos de Trigo, Soja e Canola e geradas as bandas simuladas dos sensores OLI, ASTER, MSI e MODIS. Para estes quatro sensores foram analisadas as diferenças existentes em quatro índices de vegetação. Os resultados mostraram correlações superiores a 0,99, com pequena dispersão em torno da linha 1:1, indicando alto grau de associação. Mesmo apresentando diferenças de magnitude, os valores de um mesmo IV, obtidos de diferentes sensores, são consistentes e similares. No entanto, correções entre os dados IVs dos diferentes sensores podem ser necessárias, especialmente quando do uso de simultâneo de múltiplos sensores.

**Palavras-chave** — Resposta espectral, culturas agrícolas, SRFs.

### ABSTRACT

*The objective of this work was to investigate the differences in vegetation indices (VI) obtained from simulated bands of different sensors. For that, field reflectance data were used for the Wheat, Soybean and Canola crops and the simulated bands of the OLI, ASTER, MSI and MODIS sensors were generated. For these four sensors the differences in four vegetation indices were analyzed. The results showed correlations higher than 0.99, with small dispersion around the 1:1 line, indicating a high degree of association. Even with differences of magnitude, the same VI values, obtained from different sensors, are consistent and similar. However, corrections between the VIs data of the different sensors may be necessary, especially when using multiple sensors simultaneously.*

**Key words** — Spectral response, agricultural crops, SRFs.

Os desenvolvimentos em tecnologia de sensoriamento remoto óptico estão permitindo a exploração simultânea de uma ampla gama de diferentes conjuntos de dados de imagem [1], os quais vem sendo utilizados para monitoramento e avaliação de vegetação [2] e, principalmente, no estudo de algumas características agrônômicas relevantes. Para isto, dados de múltiplos sensores são usados de forma simultânea e/ou complementar afim de assegurar maior cobertura e continuidade [3] e, em consequência, agregar valor aos dados medidos.

No entanto, existem diferenças nas especificações dos sensores que podem afetar os dados detectados e mascarar a variabilidade natural de interesse. Um exemplo, é a diferença nas funções de resposta espectral (SRFs), quando obtida de diferentes sensores [4]. Neste contexto, estudos que avaliem a correlação entre a reflectância obtida de distintos sensores, podem se tornar importantes para atender aos requisitos de precisão impostos a um produto de dados tão complexo [5].

Diversos estudos sobre os efeitos de SRF para calibração entre os sensores se concentram na utilização de índices de vegetação (IVs) espectrais [2], visto que estes fornecem informações sobre parâmetros biofísicos de plantas e são muito utilizados no mapeamento de características da vegetação. Este conhecimento é importante na medida em que discrepâncias nas SRFs entre sensores, podem resultar que um valor de IV obtido de um sensor não seja equivalente ao valor de outros sensores, mesmo que os dados sejam obtidos simultaneamente sobre um mesmo alvo [5]. Assim, torna-se necessária a avaliação da relação entre os sensores para evitar erros de entendimento e, também, para tornar os IVs de diferentes sensores consistentes e comparáveis.

Diante deste contexto, este trabalho teve como objetivo investigar as diferenças nos índices de vegetação obtidos de bandas simuladas de diferentes sensores, utilizando para isto três importantes cultivos agrícolas, na região Sul do Brasil.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

### 2.1. Dados de coleta e área de estudo

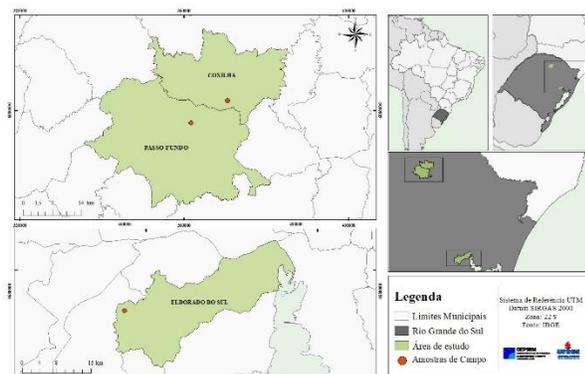
Para a realização do estudo foram utilizados dados hiperespectrais de reflectância obtidos usando com um espectrorradiômetro LI-COR, modelo LI-1800, pertencente a EMBRAPA Trigo, Passo Fundo/RS. O equipamento possui resolução espectral de 300 a 1.100 nm e resolução radiométrica de 2 nm. Foi utilizada como referência branca para o cálculo da reflectância uma placa calibrada de marca Labsphere, modelo SRT-50-050, ou uma referência secundária (placa pintada de sulfato de Bário).

As medições foram realizadas sobre dosséis de três cultivos, Trigo, Soja e Canola, em duas épocas do ciclo (Tabela 1). Os experimentos foram realizados nos municípios de Eldorado do Sul (Soja), Passo Fundo (Trigo) e Coxilha (Canola).

**Tabela 1 – Detalhes dos experimentos**

Cultivar	DAE	Estádio Fenológico	Nº de observações	Ano agrícola	Tratamentos
Trigo	46	Perfilhamento	5	2003	6 cultivares diferentes
	87	Espigamento			
Soja	41	Floração	3	2003/04	Forma de manejo e Irrigação
	103	Enchimento de grãos			
Canola	58	Alongamento	4	2013/14	5 diferentes doses de Nitrogênio
	88	Florescimento			

\*DAE: Dias após a Emergência



**Figura 1 – Localização das áreas de estudo.**

## 2.2. Sensores e índices espectrais

Para a avaliação das diferenças entre as SFRs de cada sensor, foram selecionados 4 sensores remotos amplamente utilizados em estudos agrônômicos (Tabela 2).

A partir dos dados de medições a campo, foram gerados dados simulados para as bandas dos quatro sensores, utilizando-se funções de Resposta Espectral Relativa (RSR), obtidas do site <https://landsat.usgs.gov/spectral-characteristics-viewer>.

**Tabela 2 – Resoluções e bandas dos sensores utilizados**

Satélite - Sensores	Resolução espectral		Resolução espacial
	Bandas	Comprimento de onda (nm)	
Landsat 8 - OLI	2 - Azul	0,45 - 0,51	30m
	3 - Verde	0,53 - 0,59	30m
	4 - Vermelho	0,64 - 0,67	30m
	5 - IVP	0,85 - 0,88	30m
	2 - Vermelho	063 - 069	15m
Terra - ASTER	3N - IVP	0,76 - 0,86	15m
	2 - Azul	0,44-0,535	10m
SENTINEL 2A - MSI	4 - Vermelho	0,646-0,684	10m
	8 - IVP	0,773-0,908	10m
	3 - Azul	(0,459-0,479)	500m
Terra - MODIS	1 - Vermelho	0,62-0,67	250m
	2 - IVP	0,841-0,876	250m

Fonte: <https://landsat.usgs.gov/spectral-characteristics-viewer>

Para realizar a correlação entre os sensores, foram calculados alguns dos IVs mais utilizados no monitoramento da vegetação e de culturas agrícolas (Tabela 3).

**Tabela 3 - Definição dos IVs utilizados neste estudo**

Índices	Equação*	Autores
Razão Simples (SR)	$SR = \frac{R_{IVP}}{R_{Verm}}$	Jordan (1969)
Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)	$NDVI = \frac{R_{IVP} - R_{Verm}}{R_{IVP} + R_{Verm}}$	Rouse et al. (1974)
Índice de Vegetação Realçado (EVI)	$EVI = \frac{G(R_{IVP} - R_{Verm})}{(R_{IVP} + C_1 R_{Verm} - C_2 R_{Azul}) + L}$	Huete et al. (2002)
Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI)	$SAVI = \frac{(1 + L)(R_{IVP} - R_{Verm})}{R_{IVP} + R_{Verm} + L}$	Huete (1988)

\* Nas equações,  $R_{Verm}$  e  $R_{IVP}$  são as reflectância nas bandas do Vermelho e do Infravermelho Próximo, respectivamente.

\*\*EVI ( $G = 2,5$ ;  $L = 1$ ;  $C_1 = 6$ ;  $C_2 = 7,5$ ); SAVI, ( $L = 0,25$  neste estudo)

## 2.3. Análises

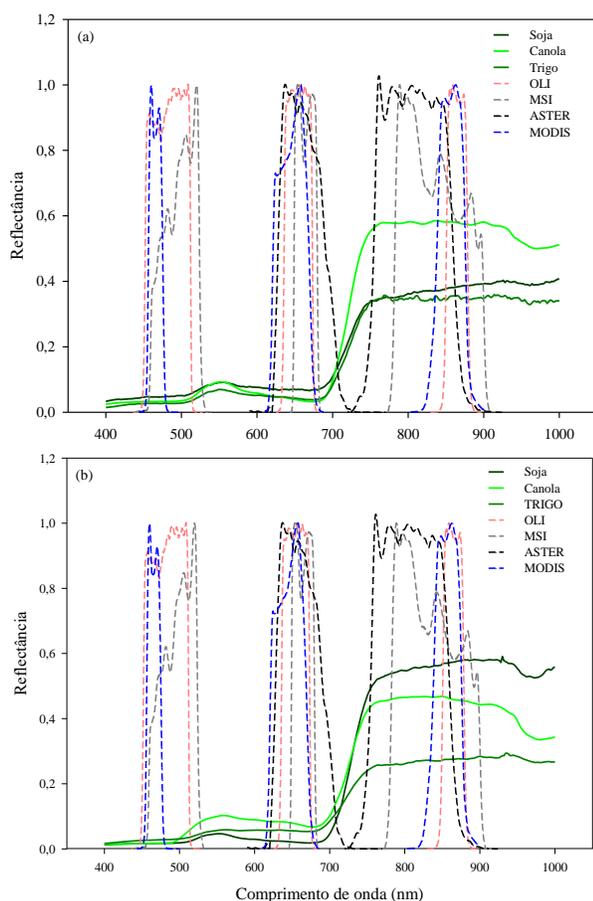
As análises foram realizadas em duas etapas: 1) avaliar as funções de RSR das bandas utilizadas dos diferentes sensores plotadas sobre as curvas de reflectância dos cultivos; 2) avaliar o efeito das diferenças entre as bandas nos índices de vegetação, através de correlação de Pearson. E, por fim, foi ajustada uma reta de regressão linear para cada um dos conjuntos de dados de índices de vegetação calculados. Para estas análises, foram utilizados os dados simulados do sensor OLI como referência, pois este é o sensor mais comumente utilizado em estudos para monitoramento e avaliação da vegetação agrícola.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1. Resposta Espectral das culturas e RSR dos diferentes sensores

Para cada banda, a Figura 2 mostra que a faixa de comprimento de onda medido e o posicionamento desta se diferenciam entre os sensores. Os sensores MODIS e OLI, por exemplo, possuem bandas mais estreitas que o MSI, que

possui bandas um pouco mais amplas. Estas diferenças na RSR podem impactar no cálculo dos IVs.



**Figura 2 – Curvas de reflectância para os diferentes cultivos e Funções de RSR para as bandas utilizadas nesta pesquisa.**

Em seu estudo, [6], explica que em geral a reflectância simulada Sentinel-2A MSI é superior à reflectância simulada Landsat-8 OLI e que a maior diferença entre as bandas reflexivas acontece nas bandas 8 e 5 do IVP do MSI e do OLI, respectivamente. Ainda, segundo o autor, isso é esperado pois essas duas bandas têm larguras de banda muito diferentes, sendo que a função de resposta espectral da banda 5 do OLI cruza com apenas 21,2% da função da banda 8 do MSI. Por isso, muitas diferenças existentes entre os sensores são derivadas apenas das funções de resposta espectral.

### 3.2. Correlação entre os IVs dos diferentes sensores

A correlação obtida para todos IVs foi superior a 0,99 (Tabela 4), indicando um alto grau de associação entre os mesmos, ou seja, os dados simulados dos diferentes sensores apresentam uma tendência linear positiva, com baixa dispersão.

Apesar das diferenças, acredita-se que maioria desses índices foi originalmente projetada para sensores de banda

larga e, por isto, as características espectrais amplas da vegetação nas regiões do vermelho e infravermelho próximo permitem que esses índices se transfiram bem entre sensores de diferentes larguras de banda e posições [2].

**Tabela 4 – Correlação dos IVs dos diferentes sensores**

	OLI	MSI	ASTER	MODIS
<b>NDVI</b>				
OLI	1	0,9975	0,9978	0,9996
MSI	0,9975	1	0,9998	0,9955
ASTER	0,9978	0,9998	1	0,9962
MODIS	0,9996	0,9955	0,9962	1
<b>SR</b>				
OLI	1	0,9981	0,9991	0,9994
MSI	0,9981	1	0,9995	0,9957
ASTER	0,9991	0,9995	1	0,9976
MODIS	0,9994	0,9957	0,9976	1
<b>EVI</b>				
OLI	1	0,9927	-	0,9987
MSI	0,9927	1	-	0,9947
ASTER	-	-	1	-
MODIS	0,9987	0,9947	-	1
<b>SAVI</b>				
OLI	1	0,9951	0,9939	0,9972
MSI	0,9951	1	0,9996	0,9980
ASTER	0,9939	0,9996	1	0,9969
MODIS	0,9972	0,9980	0,9969	1

O EVI não foi calculado para o sensor ASTER, pois este não possui a banda do azul.

Mesmo apresentando estas altas correlações entre os IVs obtidos com o sensor OLI e com os demais sensores (Tabela 4), observa-se que, por vezes, os dados se distanciam da linha de 1:1 (Figura 3), o que indicando a necessidade de ajustes lineares. Tal resultado já foi anteriormente [3], e indica que, embora as diferenças sejam relativamente pequenas, quando os índices de vegetação são calculados a partir dos dados de reflectância de superfície, as inconsistências nos dados podem ser problemáticas quando diferentes sistemas de monitoramento são usados em combinação ou quando um sistema substitui outro em uma série temporal longa.

Em parte as diferenças decorrem do fato de que os sensores dos diferentes satélites medem faixas de comprimento de onda um pouco distintas. Assim, diferenças sistemáticas ocorrem porque as bandas recebem componentes diferentes dos espectros de reflectância da vegetação e do solo [7,8,3].

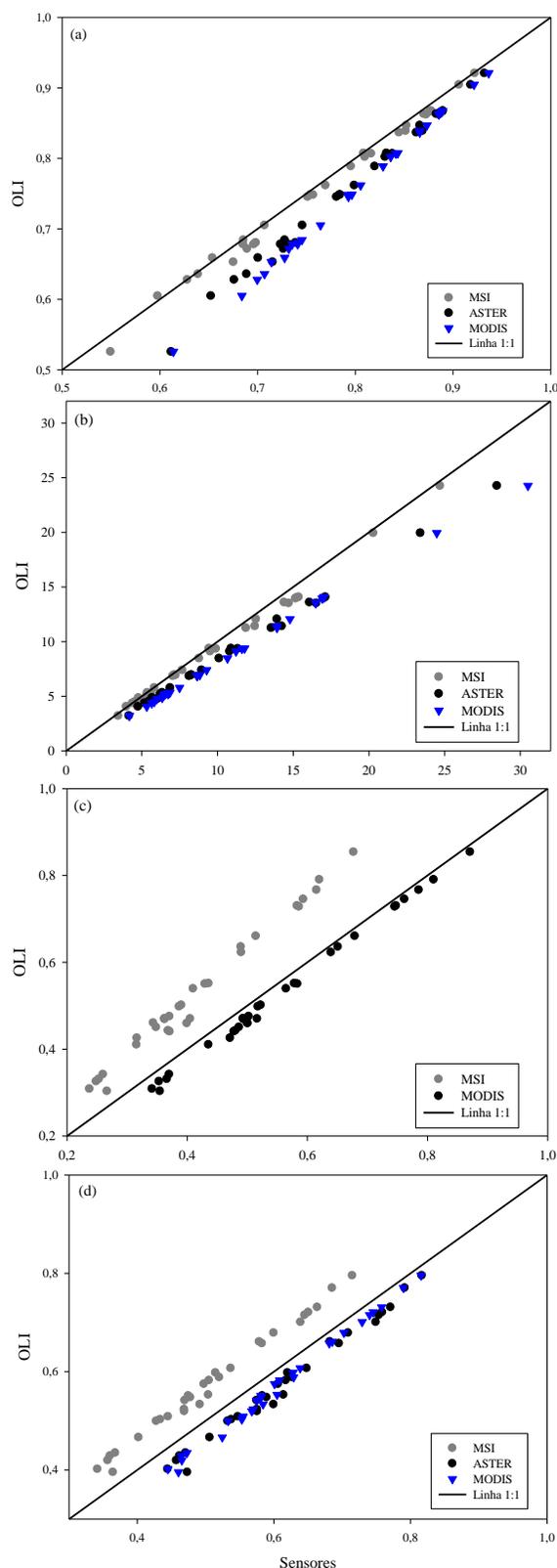


Figure 3 – Gráficos de regressão linear entre os IVs dos diferentes sensores, NDVI (a), SR (b), EVI (c) e SAVI (d).

Ressalta-se, ainda, que neste trabalho foram utilizadas bandas sintéticas explorando somente o atributo espectral (posicionamento e largura das bandas). Quando da utilização de dados oriundos de imagens de sensores a bordo de satélites, diferenças relacionadas à resolução espacial e radiométrica também podem causar diferenças.

## 5. CONCLUSÕES

Os índices de vegetação simulados de diferentes sensores são consistentes e similares. Os sensores que possuem bandas mais largas podem apresentar desempenho similar aos sensores de bandas mais estreitas, mas algumas correções entre os dados podem ser necessárias, especialmente quando do uso simultâneo de múltiplos sensores.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a CAPES, a UFRGS e a EMBRAPA Trigo pelos subsídios oferecidos e, assim, possibilitarem a realização do trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] KAMAL, M., PHINN, S. e JOHANSEN, K., Assessment of multi-resolution image data for mangrove leaf area index mapping. *Remote Sensing of Environment*, v. 176, p.242-254, 2016.
- [2] CUNDILL, S.; WERFF, H. van D. e MEIJDE, M. van D., Adjusting Spectral Indices for Spectral Response Function Differences of Very High Spatial Resolution Sensors Simulated from Field Spectra. *Sensors*, v. 15, n. 3, p.6221-6240, 2015.
- [3] STEVEN, M. D. et al., Intercalibration of vegetation indices from different sensor systems. *Remote Sensing of Environment*, v. 88, n. 4, p.412-422, 2003.
- [4] CHANDER, G. et al., Applications of Spectral Band Adjustment Factors (SBAF) for Cross-Calibration. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 51, n. 3, p.1267-1281, 2013.
- [5] TANIGUCHI, K. et al., Inter-sensor relationship of two-band spectral vegetation index based on soil isoline equation: derivation and numerical validation. *Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability X*, p.1-7, 2013.
- [6] ZHANG, H. K. et al., Characterization of Sentinel-2A and Landsat-8 top of atmosphere, surface, and nadir BRDF adjusted reflectance and NDVI differences. *Remote Sensing of Environment*, v.215, p.482-494, 2018.
- [7] GALLO, K. P. e DAUGHTRY, C. S. T., Differences in vegetation indices for simulated landsat-5 MSS and TM, NOAA-9 AVHRR and SPOT-1 sensor systems. *Remote Sensing of Environment*, v.23, p.439-452, 1987.
- [8] GUYOT, G. e GU, X. F., Effect of radiometric corrections on NDVI determined from SPOT HRV and Landsat TM data. *Remote Sensing of Environment*, v.49, p.169-180, 1994.