

# POTENCIALIDADE DA RADIOMETRIA DE CAMPO NA CALIBRAÇÃO DE SENSORES ORBITAIS: UM EXPERIMENTO DIDÁTICO

Renato Francisco dos SANTOS Junior<sup>1</sup>, Flávio José de Sousa PEREIRA<sup>2</sup>, Gláucia Miranda RAMIREZ<sup>3</sup>, Jansle Vieira ROCHA<sup>4</sup>, Ângela IAFFE<sup>5</sup>

## 1. Introdução

A determinação da natureza dos alvos pelos métodos de sensoriamento remoto baseia-se na premissa de que diferentes materiais são caracterizados por reflectâncias próprias em cada banda do espectro. A reflectância, ou fator de reflexão, é proporcional à razão da radiação refletida pela radiação incidente. Quando as respostas espectrais de vários materiais são conhecidas, as propriedades de alvos desconhecidos podem ser determinadas pela comparação das respostas desses alvos com os dados de referência (JOHANSSON, 2000).

Segundo LAMPARELLI et al. (2001), a radiação pode ser captada por sensores especiais sensíveis a determinados comprimentos de onda, esses dados podem ser coletados através de plataformas orbitais (satélites) e não-orbitais (aviões, balões, radiômetro de campo). As plataformas orbitais fornecem dados sobre grandes áreas e o desenvolvimento contínuo de sensores com alta resolução espacial ampliam as possibilidades de aplicação dessa tecnologia (SANTOS JR, 2002). Entretanto a atenuação causada por efeitos da atmosfera é um restritivo para utilização dos produtos orbitais. De acordo com ZULLO et al. (1996) gases como vapor d'água, oxigênio, ozônio e dióxido de carbono, juntamente com os aerossóis (pequenas partículas materiais, distintas da água e do gelo, em suspensão com raio variando de 0,1µm a 10µm) absorvem e espalham a radiação solar desde quando ela atinge a atmosfera até quando a deixa, depois de refletida pelo solo, mascarando os resultados das leituras.

Segundo SLATER (1983), leituras obtidas com radiômetro portátil, constituem uma ponte entre medidas da reflectância espectral obtidas em laboratório e a campo, permitindo a calibração das leituras dos sensores transportados por via aérea ou orbital. Além disso, são úteis na predição das faixas espectrais recomendadas para sensores a bordo de satélites, bem como na definição do momento apropriado (dia, hora e época do ano) para aquisição dos dados. Uma outra atribuição das medidas de radiometria de campo é de ser ferramenta para testar, desenvolver e aprimorar, modelos que relacionem atributos biofísicos à resposta espectral dos objetos (MILTON, 1987). Relegar o radiômetro de campo a posição de ferramenta meramente educacional, é deixar de explorar a potencialidade e disponibilidade de um dos métodos mais poderosos para aquisição de

dados através do sensoriamento remoto (MILTON, 1997).

O objetivo desse trabalho foi oferecer metodologia didática que ilustre a potencialidade das medidas de radiometria de campo para calibração de sensores orbitais. Essa metodologia consiste na comparação e avaliação da diferença entre o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) calculado a partir dos dados de superfície e os dados registrados por um satélite hipotético, que contém bandas espectrais idênticas às correspondentes do radiômetro CIMEL.

## 2. Material e Métodos

A metodologia consistiu na obtenção de dados de reflectância e radiação solar direta, seguida pela simulação do sinal recebido pelo satélite através do modelo de transferência radiativa 5S ("Simulation du Signal Satellitaire dans le Spectre Solaire"). Considerou-se que o experimento foi realizado em situação de atmosfera tropical, com aerossol continental e com satélite em visada nadir.

A reflectância foi medida com o radiômetro CIMEL a partir de medidas quase simultâneas entre a placa de sulfato de bário (BaSO<sub>4</sub>) e o alvo-teste (grama e asfalto). Foram realizadas cinco medidas, sendo que o valor utilizado para os cálculos foi obtido a partir da média aritmética entre elas. A superfície-teste utilizada foi considerada como extensa e homogênea. O CIMEL e o satélite possuem cinco bandas espectrais idênticas definidas pelos seguintes limites: (1) 0,40µm a 0,50µm, (2) 0,45µm a 0,65µm, (3) 0,55µm a 0,75µm, (4) 0,75µm a 0,95µm e (5) 1,4µm a 1,75µm. O horário inicial e final das medidas de reflectância foi anotado, posteriormente foi estimada a média entre eles a fim de ser empregada no cálculo do ângulo horário para determinação do ângulo zenital e a partir deste foi obtido o ângulo azimutal.

A espessura ótica na banda de 550nm foi obtida a partir dos dados de radiação direta medidos pelo fotômetro CIMEL, utilizando a equação:

$$z = -1/m \cdot \ln(I/I_0)$$

Onde:

z = Espessura ótica;

m = Massa de ar;

I = irradiância monocromática medida ao nível do solo em um plano perpendicular ao feixe solar;

I<sub>0</sub> = a irradiância solar monocromática fora da atmosfera.

A simulação do sinal foi feita com o modelo de transferência radiativa 5S. O 5S foi executado no ambiente do MS-DOS a partir do comando AP514.EXE.

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, SP. E-Mail: Renato@cpa.unicamp.br. Bolsista do CNPq.

<sup>2</sup> Doutorando em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias, UNESP, Botucatu.

<sup>3</sup> M.Sc. em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, SP.

<sup>4</sup> Dr. Prof, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, SP

<sup>5</sup> Doutoranda em Biologia, Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas, SP

O índice vegetativo com diferença normalizada foi obtido segundo TUCKER (1979), por meio da equação:

$$\text{NDVI} = (\text{IVP} - \text{V}) / (\text{IVP} + \text{V})$$

Onde:

IVP = Banda do Infravermelho Próximo;

V = Banda do Vermelho.

### 3. Resultados e discussão:

A tabela 1 contém os valores de reflectância da grama e asfalto obtidos por meio da simulação das medidas efetuadas por um satélite, utilizando o programa 5slite.exe, e das medidas de radiometria efetuadas pelo radiômetro Cimel.

	CIMEL		Satélite	
	IV	V	IV	V
Reflectância Asfalto	0,124	0,092	0,100	0,106
Reflectância Vegetação	0,481	0,160	0,344	0,154

**Tabela 1.** Reflectância da grama e asfalto medidas com Radiômetro Cimel e medidas obtidas com simulação de satélite utilizando-se o programa 5slite.exe (bandas do infravermelho (IV) e vermelho (v)).

A análise desses resultados permite afirmar que nas medidas tomada pelo radiômetro de campo e nas provenientes da simulação, a reflectância da vegetação foi maior do que o asfalto na faixa do vermelho e infravermelho próximo. Em ambos os casos, os alvos apresentaram comportamento semelhante refletindo mais na banda do infravermelho do que no vermelho, esse comportamento no caso da vegetação já era previsto. Na região do visível (400 a 700 nm), a presença de pigmentos clorofilados é responsável pela maior absorção da radiação nas porções azul e vermelho, sendo menos absorvida na porção do verde (KNIPLING, 1970), ou seja, plantas verdes e sadias refletem pouca energia nos comprimentos de onda correspondentes ao azul e vermelho. Na região do infravermelho próximo a estrutura celular do mesófilo é responsável pelo comportamento espectral da vegetação. Nesta faixa espectral (760 a 1300 nm) a radiação é fortemente espalhada sofrendo múltiplas reflexões e transmissões ao incidir na vegetação de tal forma que quanto maior for a biomassa ou o índice de área foliar maior será o espalhamento e, conseqüentemente, a energia refletida (MYERS, 1970; AMARAL et al., 1990).

Na tabela 2, encontra-se expresso o NDVI obtido para asfalto e vegetação a partir de leituras de radiômetro de campo e da simulação de um satélite.

	NDVI	
	Asfalto	Vegetação
Radiometro	0,148	0,502
Satélite	-0,029	0,374

**Tabela 2.** Índice vegetativo com diferença normalizada (NDVI) calculado para asfalto e vegetação a partir de leituras provenientes do

Radiômetro Cimel e das leituras simuladas de um satélite.

O NDVI do asfalto foi menor do que o da vegetação tanto para o radiômetro de campo quanto para a simulação do satélite. Os dois alvos apresentaram NDVI menor na simulação de satélite do que o obtido através das leituras do radiômetro, este resultado está provavelmente relacionado ao efeito de atenuação causado pela atmosfera.

A assinatura espectral dos objetos a partir de leituras radiométricas, pode alimentar um banco de informações, a ser disponibilizado para consultas futuras. Para validar esses dados, são necessários: coleta criteriosa, documentação consistente das condições observadas na obtenção das leituras e discriminação do material e métodos utilizados (MILTON, 1997).

### 4. Referências Bibliográficas

- AMARAI, S.; KAZMIERCZAK, M.L.; ZERBIANI, N.J.; CARVALHO, V.C. Comportamento espectral de mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden em diferentes percentagens de cobertura. São José dos Campos, INPE, 1990. p.13. (**Documentos INPE-5247-PRE/1678**)
- JOHANSSON, A. Conceitos básicos de sensoriamento Remoto, 2000, Disponível em: <http://www.aryjohansson.hpg.ig.com.br/index.html>. Acesso em: Acesso em 24 de abr./2003.
- KNIPLING, E.B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v.1, n.2, p.155-159, 1970.
- LAMPARELLI, R.A.C.; ROCHA, J.V.; BORGHI, E., Geoprocessamento e agricultura de precisão. Agropecuária, Guaíba, 2001. 118p.
- MILTON, E.J. Principles of field spectroscopy. *International Journal Remote Sensing*, v.8, n.12, p.1807-1827. 1987.
- MYERS, V.I. Soil, water and plant relations. In: NATIONAL RESEARCH. **Remote sensing with special reference to agricultural and forestry**. Washington, 1970 p.253-297.
- QI, J.; CHEHBOUNI, A.; HUETE, A.R.; KERR, Y.H.; SOROOSHIAN, S. A modified soil adjusted vegetation index. **Remote Sensing Environmental**, v. 48, p. 119-126, 1994.
- SANTOS JUNIOR, R. F. dos, SANTOS, J. M. dos, RUDORFF, B. F. T., MARCHIORATO, I. A. Detecção de áreas infestadas com *Heterodera glycines* em soja, utilizando-se medidas de espectrorradiometria no visível e infravermelho próximo. *Fitopatologia Brasileira*, Fortaleza. v.27 (4), p.348-353, 2002.
- SLATER, P.N. A review of some radiometric calibration problems and methods. **INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON SPECTRAL SIGNATURES IN REMOTE SENSING**, 2., 1983, Bordeaux, Proceedings... p.391-405.
- TAYLOR, J.C.; THOMAS, G.; WOOD, G.A. Mapping yield potential with remote sensing. In: **PRECISION AGRICULTURE'97**, 1997, Anais... v.2, p.713-72
- TUCHER, C. J. Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation. **Remote Sen. of Env.**, v.8, n.2, p.127-50. 1979.
- ZULLO JR, J.; GU, F. X.; LAMPARELLI, R.; GUYOT, G.; BEZERRA, P.C.; 1996 Pré processamento das imagens de satélite. Disponível em: <http://orion.cpa.unicamp.br/html/cigv1n1a7.html>. Acesso em 24 de abr./2003.