

EMISSIVIDADE VIA LABORATÓRIO E SATÉLITE COMO ABORDAGEM NA ANÁLISE TEXTURAL DE SOLOS

Diego Urbina Salazar¹, Jose Alexandre Melo Demattê^{1*}, Luiz Eduardo Vicente², Clecia Cristina Guimaraes¹, Manuela Corrêa de Castro Padilha¹, Fellipe Alcantara de Oliveira Mello¹, Arnaldo Barros e Souza¹

¹ Universidade de São Paulo/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Av. Pádua Dias, 11 - Cx. Postal 9 - Piracicaba – SP CEP 13418-900, diego_urbina_salazar@usp.br, jamdemat@usp.br, clecia@usp.br, fellipeamello@usp.br, souza.arnaldobarros@usp.br; ² Plataforma de Agricultura de Baixo Carbono/ Embrapa Meio Ambiente, Cx. Postal 69 – 13820 -000 – Jaguariúna – SP, Brasil, luiz.vicente@embrapa.br

RESUMO

A textura do solo tem funções importantes principalmente em relação a água e drenagem, ela influencia diretamente a emissividade superficial. O objetivo deste trabalho foi caracterizar os espectros de solos com diferentes texturas via dados de emissividade (€), obtidos com sensor em laboratório (Alpha FT-IR, Bruker) como base para o entendimento dos dados via satélite Aster. A área de estudo foi a região de Piracicaba SP com um total de 190 amostras. Foram feitas análises tradicionais, leituras hiperespectrais em laboratório (Alpha) e extração de dados orbitais multiespectrais (Aster). As bandas do sensor Aster foram simuladas no sensor Alpha e correlacionadas com os atributos de solo: textura e carbono orgânico. Foi possível discriminar as classes texturais via emissividade, sendo a areia o atributo com melhor correlação na região do termal apresentando valores maiores que 0,5 tanto nos dados simulados em laboratório como com os dados coletados pelo sensor.

Palavras-chave — Infravermelho Termal, Análises de imagem de satélite, Emissividade de solos, Mapeamento digital.

ABSTRACT

The soil texture has important functions mainly in relation to water and drainage, it directly influences surface emissivity. The objective of this work was to characterize the soil spectra with different textures via emissivity data, obtained with a sensor in the laboratory (Alpha FT-IR, Bruker) as a basis for the understanding of the data by Aster satellite. The area of study was the region of Piracicaba SP with a total of 190 samples. Traditional analyzes, hyperspectral (Alpha) and multispectral (Aster) readings were performed. The Aster sensor bands were simulated on the Alpha sensor and correlated with soil attributes: texture and organic carbon. The textural classes were discriminated by emissivity, with sand being the attribute with the highest correlation in the thermal region presenting values greater than 0,5 in both the simulated laboratory data and the data collected by the sensor.

Key words — Thermal Infrared, Satellite image analysis, Emissivity of soils, Digital Mapping.

1. INTRODUÇÃO

O solo possui uma temperatura maior ao zero absoluto. Uma de suas características é a emissão de energia eletromagnética no infravermelho Termal [1]. O valor dessa energia depende da temperatura da superfície, que é o resultado do balanço dos fluxos de energia entre atmosfera,

superfície e subsuperfície do solo. A emissividade da superfície (€) também interfere nessa relação, sendo a capacidade de transmitir a energia do solo para a atmosfera. A € é influenciada pela rugosidade da superfície, composição do solo, estrutura do solo, matéria orgânica e umidade [2], [3].

Para o estudo e planejamento do uso da terra, o sensoriamento remoto (SR) tem desenvolvido técnicas através de imagens multitemporais de satélite. Uma delas é a geração de mosaicos de solo exposto em imagens de satélite, visando melhorar a compreensão da superfície terrestre [4]. Segundo [3], a € do solo exposto pode ser determinada pela rugosidade da superfície, a composição química, e o histórico térmico e mecânico do solo. Valores de emissividade no solo indicam uma resposta na composição em particular dos minerais de silicato [5].

O SR precisa de certas suposições a serem feitas sobre a € dos materiais terrestres [6], portanto é necessário o desenvolvimento de trabalhos específicos sobre o comportamento espectral de diferentes solos, afim de identificar padrões na região do termal.

O objetivo do presente trabalho é caracterizar o comportamento espectral de solos com diferentes classes texturais, utilizando dados de € obtidos por sensor em laboratório e via imagens do satélite Aster. Sabendo que a faixa do infravermelho médio possui relação com minerais de quartzo, espera-se que os dados obtidos em laboratório permitam uma melhor compreensão dos dados de satélite, possibilitando a espacialização do atributo com mais acurácia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na região de Piracicaba, SP, Brasil. A área compreende os municípios de Charquedá, Piracicaba, Rio das Pedras, Saltinho, Mombuca, Tietê e Rafard, todos pertencentes a Bacia do rio Tietê. A classificação climática segundo Köppen é tropical tipo (Cwa), característica de locais com invernos secos e verões chuvosos. A região é reconhecida pelo crescente polo econômico do agronegócio em culturas de soja e, principalmente, cana de açúcar.

Foram coletadas 190 amostras na camada 0-20 cm, com trado holandês entre os meses de novembro de 2017 e

fevereiro de 2018. A escolha de cada ponto foi feita através da criação de uma máscara de solo exposto (MSE) em uma imagem Landsat OLI de 17 de julho de 2017, obtida na plataforma Earth Explorer. A MSE foi realizada a partir de [4], que seleciona pixels representativos de solo exposto automaticamente e aplica os padrões de tais pixels ao longo de toda a imagem, recortando o solo exposto presente na área.

Os pontos de amostragem foram selecionados segundo as diferentes classes de solo encontradas na região, afim de encontrar a maior variação espectral na área de estudo. A diferença de cor da MSE ajudou na seleção de locais de coleta com diferentes classes texturais.

As bandas B10 (1230-1180 cm^{-1}), B11 (1180-1133 cm^{-1}), B12 (1120-1078 cm^{-1}), B13 (975-913 cm^{-1}) e B14 (913-858 cm^{-1}) do satélite ASTER datadas de 15 de julho 2017 foram obtidas na plataforma Earth Data da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA) e escolhidas em função da qualidade e da época de colheita de cana. As amostras foram secas à temperatura ambiente.

O conteúdo de matéria orgânica foi determinado baseado no método de Walkley-Black. A porcentagem de Carbono Orgânico (CO) foi calculada utilizando o fator de conversão 1.724. Para análises da distribuição do tamanho de partícula foi usado o método de dispersão de partículas [7].

As amostras foram moídas e peneiradas a 0.149 mm por recomendação do fabricante do sensor de laboratório para amostras sólidas, para realização da leitura espectral. Para a obtenção dos dados de emissividade (1250 a 714 cm^{-1}), foi utilizado o espectroradiômetro Fourier Transform Infrared (FT-IR) Alpha (Bruker optics Corporation, Billerica, MA 01821, USA) equipado com acessório (DRIFT) para aquisição de refletância difusa. A ϵ foi determinada através da lei de Kirchhoff's, $\epsilon = 1 - R$, onde R é a refletância hemisférica [8].

Após a determinação da granulometria, as amostras foram separadas por grupos texturais e descreveu-se o comportamento espectral na região do infravermelho termal. Os dados fornecidos pelo sensor de laboratório foram simulados para as bandas do sensor ASTER e o comportamento espectral dos dois sensores foram comparados.

Os atributos do solo foram correlacionados com as bandas dos dois sensores. Utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r), com nível de significância de 5 %.

3. RESULTADOS

3.1 Características de atributos do solo

A região apresenta alta variação nos teores de argila, sendo solos com textura variável de arenosa a argilosa. Dentre os atributos do solo, o carbono apresentou menor coeficiente de variação (Tabela 1).

As amostras, separadas por grupo textural apresentaram comportamento espectral distinto na região do infravermelho termal (Figura 1). Valores de emissividade mais baixos foram obtidos no grupo de amostras mais arenosas e os valores mais altos no grupo das mais argilosas.

O comportamento observado entre 1250–1000 cm^{-1} e 820–769 cm^{-1} ocorre devido a vibração das moléculas de Si-O contidas na estrutura cristalina dos minerais de quartzo [6]. As absorções foram mais intensas nos grupos com maior teor de areia.

Tabela 1. Estatística Descritiva Variáveis Resposta

	Areia	Argila	Silte	Carbono
	%			
Mínimo	8.1	3.3	0.8	0.33
Média	53.36	24.18	22.46	0.96
Mediana	52.1	19.25	20.7	0.87
Máximo	94.2	65.9	65.5	1.86
DP ^a	24.55	15.66	14.29	0.37
CV ^b	46	64.8	63.6	38.95

^a Desvio padrão, ^b Coeficiente de variação

3.2 Relação entre atributos do solo e produtos de emissividade

As bandas do sensor ASTER, simuladas com dados do sensor de laboratório, permitiram conhecer alguns padrões nos formatos das curvas de emissividade (Figura 2). O comprimento entre B12 e B13 em solos arenosos foi maior do que em argilosos com comportamento semelhante observado nas bandas do satélite.

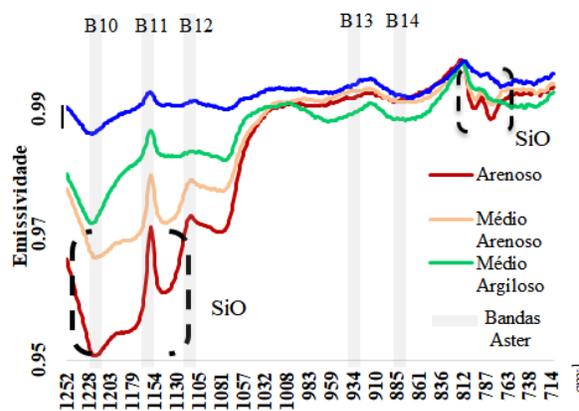


Figura 1. Emissividade por grupos texturais

Os maiores valores de emissividade foram obtidos no FT-IR (Figura 2a). Segundo [9], o tamanho da partícula influencia diretamente na intensidade da resposta espectral de uma amostra. Em partículas mais finas a refletância é menor do que nas de maior diâmetro. Como as amostras foram moídas a 0,149 mm e sendo a ϵ o inverso da refletância, as partículas com menor diâmetro apresentaram maior ϵ (Figura 2). O ângulo (Θ) formado entre B12 e B13 apresenta relação com o teor areia em cada um dos grupos, quanto maior o ângulo foi observado menores valores de ϵ correspondentes ao grupo de amostras mais arenosas (Figura 2a). A região do termal apresenta informações que estão diretamente relacionadas à mineralogia do quartzo [6]. Como esse mineral está presente em maior concentração na fração areia, ele apresentou correlação significativa com as bandas do sensor ASTER (Tabela 2), mesmo em diferentes frações. O carbono obteve baixo valor pois não tem resposta na faixa do infravermelho termal.

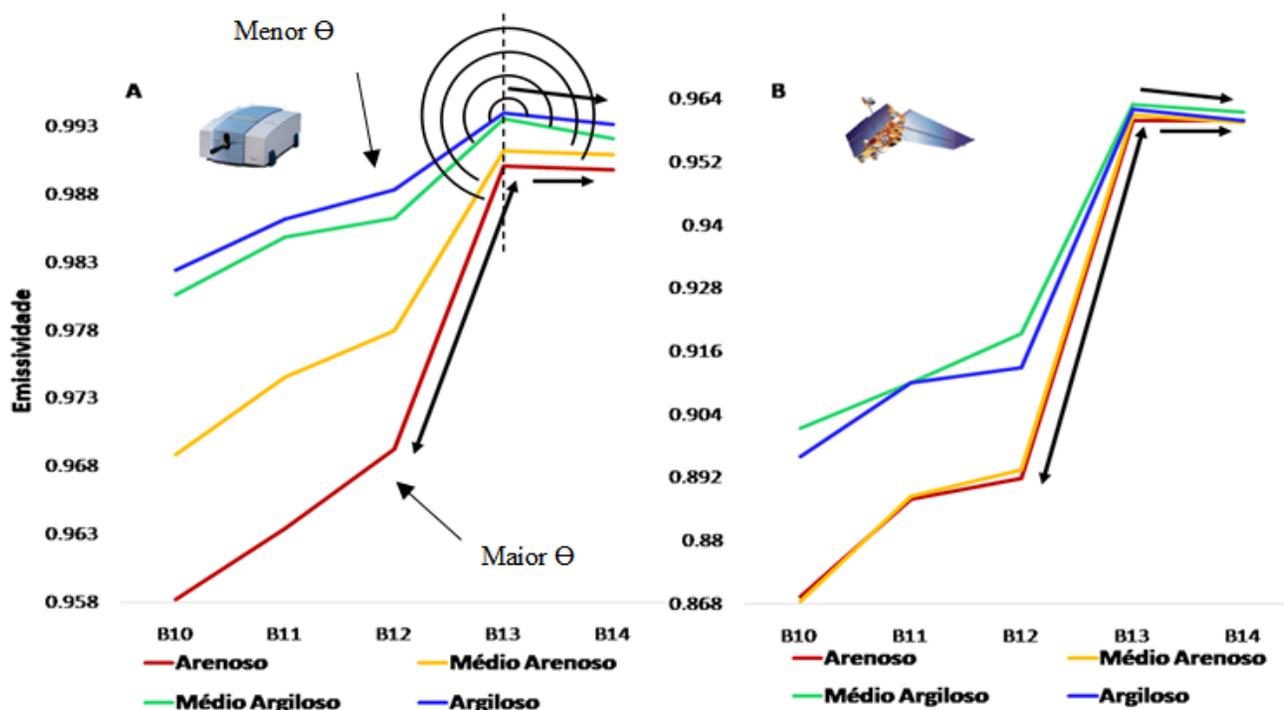


Figura 2. Comportamento espectral da emissividade medida em (A) laboratório e (B) por sensor orbital ASTER

Tabela 2. Correlação entre as bandas ASTER e atributos do solo

FT-IR Alpha (Laboratório)	B10	B11	B12	B13	B14
areia total	-0.78	-0.78	-0.77	-0.63	-0.53
areia fina	-0.64	-0.62	-0.60	-0.33	-0.22
areia grossa	-0.57	-0.59	-0.60	-0.67	-0.64
carbono	0.44	0.429	0.45	0.47	0.44
argila	0.74	0.72	0.74	0.69	0.62
ASTER (Satélite)	B10	B11	B12	B13	B14
areia total	-0.52	-0.54	-0.53	-0.42	-0.12
areia fina	-0.43	-0.43	-0.45	-0.33	-0.16
areia grossa	-0.37	-0.41	-0.37	-0.33	-0.01
carbono	0.27	0.27	0.33	0.28	0.07
argila	0.46	0.47	0.48	0.38	0.16

4. CONCLUSÕES

A textura influenciou na resposta espectral na região do infravermelho termal, na qual os grupos de textura mais e menos argilosos apresentaram maior e menor emissividade, respectivamente.

O comportamento espectral das bandas simuladas pelo sensor de laboratório foi semelhante às bandas do sensor ASTER, validando os dados.

A areia apresentou maior correlação com os dados dos sensores devido seu maior teor de quartzo que está

diretamente relacionado às absorções que ocorrem na região do termal. Não ocorrem características descritivas específicas na assinatura espectral de carbono na faixa na região do infravermelho termal.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Jensen, J.R. *Remote Sensing of the Environment an Earth Resource Perspective*, Pearson, USA, 613 (pp.), 2007.
- [2] Schumugge, T.; French, A. Ritchie, J. C.; Rango, A.; e Pelgrum, H. "Temperature and emissivity separation from multispectral thermal infrared observations, *Remote Sensing of Environment*", v.79, pp.189-198, 2002.
- [3] Van De Griend, A. A., and M. Owe. "On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for nature surfaces". *Int. J. Remote Sens*, v.14, pp.1119-1131, 2002.
- [4] Demattê, J. A. M.; Fongaro, C.T. Rizzo, R.; e Safanelli, J.L. "Geospatial Soil Sensing System (GEOS3): A powerful data mining procedure to retrieve soil spectral reflectance from satellite images", *Remote Sensing of Environment*, v.212, pp.161-175, 2018.
- [5] Gillespie, A.; Rokugawa, S. Matsunaga, T.; Cothorn, J.S.; Hook, S.; Kahle, A.B. "A temperature and emissivity separation algorithm for advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) images", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v.36, pp.1113-1126, 1998.
- [6] Salisbury, J.W.; e D'Aria, D.M. "Emissivity of Terrestrial Materials in the 8-14/tm Atmospheric Window", *Remote Sensing of Environment*, v.42, pp.83-106, 1992.

[7] Kilmer, V.J.; e Alexander, L.T. "Methods of Making Mechanical Analyses of Soils", *U. S. Department Agriculture*, v.68, pp.15-24, 1949.

[8] Salisbury, J.W.; Wald, A.; e D'Aria, D.M. "Thermal infrared remote sensing and Kirchhoff's law.1. laboratory measurements", *J. Geophys*, v.99, pp.11897-11911, 1994.

[9] Salisbury, J.W.; e Eastes, J.W. "The Effect of Particle Size and Porosity on Spectral Contrast in the Mid-Infrared", *Icarus*, v.64, pp.586-588, 1985.