

Correções atmosféricas 6s e DOS na caracterização espectral de alvos naturais de Ilha Grande utilizando dados do sensor TM 5

Everton Hafemann Fragal¹
Otávio Cristiano Montanher²

^{1 2} Universidade Estadual de Maringá

^{1 2} Departamento de Geografia – GEMA – Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente
Av. Colombo, 5790 – Jardim Universitário – CEP 87.020-900 - Maringá –PR
ev3rt0n@hotmail.com¹, otaviocmontanher@yahoo.com.br²

Abstract. In acquisition of satellites imagery the sensor detects the REM emitted by the target after the interaction with the atmosphere. To spectral characterization of a target is necessary to go through the process of radiometric calibration and atmospheric correction. There are several methods for atmospheric correction that reduce atmospheric effects. These methods may allow different spectral signature of the target. The aim of this work was analyze the methods of atmospheric corrections 6s and DOS in characterization of spectral compartment in all bands of sensor in the burned and unburned vegetation areas and water pond in the Parque Nacional de Ilha Grande after much burned occurred on Dez/2008. Six Landsat 5 images, TM sensor were used. After four month of performance by burning, these suffered the process of geometric and radiometric correction. Was observed that the method of atmospheric correction 6s showed great efficiency in characterization of spectral compartment of vegetation burned and unburned compared with the method DOS. It occurs because this method considers the scattering and absorption atmospheric and conditions of image acquisition.

Palavras-chave: Remote Sensing, atmospheric interference, burned areas, Parque Nacional de Ilha Grande, sensoriamento remoto, interferência atmosférica, áreas incendiadas.

1. Introdução

As imagens de satélite são amostras da energia eletromagnética, após a interação com a atmosfera e a superfície terrestre, captadas por determinado sensor (Paranhos Filho *et al.*, 2008). As imagens são constituídas de pixels compostos por números digitais (NDs), sendo formados após a interação da REM com o alvo, que emite valores espectrais no mesmo comprimento de onda incidente detectado pelo sensor remoto (Jensen, 2009). Esses valores são convertidos em radiância, que não permite a caracterização do alvo, pois este está relacionado com a intensidade da irradiância incidente, mas é diretamente proporcional ao Fator de Reflectância Bidirecional aparente (FRB aparente) que permite a caracterização do alvo após a correção atmosférica na imagem.

Alguns métodos de correção atmosférica são aplicados para mitigação dos efeitos atmosféricos sobre a REM captada pelos sensores, como o método DOS (*Dark Object Subtraction*), que segundo Chávez (1988) utiliza dados da própria imagem e considera somente os valores de espalhamento atmosférico, e o método 6s (*Second Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum*), que segundo Vermote *et al.*, (1997) fundamenta-se no modelo de transferência radiativa.

Após a conversão para valores físicos e mitigados os efeitos atmosféricos, é possível efetuar a caracterização espectral dos objetos. Partindo do pressuposto que o ambiente modifica-se constantemente, a análise do comportamento espectral de alvos naturais é uma importante técnica para avaliação da evolução e monitoramento dos processos ambientais.

O objetivo desse trabalho é comparar o produto das correções atmosféricas 6S e DOS, os valores de FRB aparente e os valores de ND original de uma base de dados multitemporais, para oferecer uma avaliação da eficiência dos métodos aplicados na caracterização espectral de alvos dinâmicos. Tais técnicas de correção atmosférica são amplamente utilizadas no campo acadêmico, e trabalhos foram elaborados com objetivo de comparar metodologias de produtos gerados pela correção atmosférica em um período com um ou vários alvos (Antunes

et al., 2003; Oliveira, 2008) e alguns trabalhos também foram realizados em séries temporais avaliando apenas um alvo (Song *et al.*, 2001; Schroeder *et al.*, 2006;), porém poucos trabalhos apresentam dados comparativos para alvos dinâmicos como em áreas queimadas ou em lagoas de áreas úmidas em uma série temporal de 6 imagens em 4 meses.

2. Materiais e Método

Diversos trabalhos foram realizados na avaliação da interferência atmosférica nos valores espectrais de objetos (Liou, 1980; Gao *et al.*, 1993; Latorre *et al.*, 2002) e vários métodos de correção atmosférica foram elaborados e/ou melhorados (Chávez, 1988; Zullo, 1994; Vermote, *et al.*, 1997). Os métodos de correções atmosféricas como: DOS, 6s, SCORADIS, entres outros, permitem a identificação das assinaturas espectrais dos alvos. Alguns estudos foram realizados na comparação de valores espectrais dos objetos com e sem correção atmosférica por diferentes métodos (Zullo *et al.*, 1996; Antunes *et al.*, 2003).

No presente trabalho foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5, sensor TM. A aquisição das imagens foi realizada pelo *site* do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) disponível em <http://www.inpe.br>. As imagens selecionadas foram dos primeiros quatro meses de 2009, após a queimada em dez/2008 de parte do P. N. de Ilha Grande, nas datas de 12/01/2009, 13/02/2009, 01/03/2009, 17/03/2009, 02/04/2009 e 18/04/2009, Órbita / Ponto (224/076) nas quais apresentaram poucas coberturas de nuvens e imperfeições radiométricas. A Figura 1 apresenta a área de estudo com a localização dos pontos de amostragem. O Parque Nacional de Ilha Grande situa-se na divisa entre os estados do Paraná e o Mato Grosso do Sul pertencente à Unidade de Conservação Federal. O Parque Nacional de Ilha Grande sofre intensas e freqüentes queimadas que interferem no desenvolvimento dos processos bióticos e abióticos da ilha (Koproski, 2005).

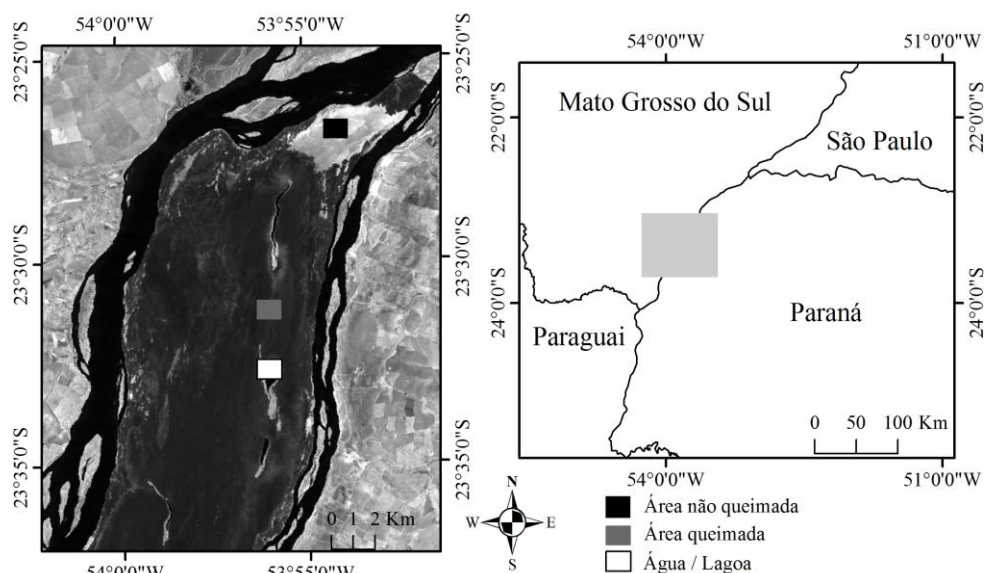


Figura 1. Localização da área de estudo e dos pontos extraídos os valores espectrais.

Foram realizadas correções geométricas (Novo, 1992) e radiométricas nas imagens. As imagens foram georreferenciadas tendo como referência a base da GLCF (*Global Land Cover Facility*) disponível pelo *site* www.landcover.org/index.shtml. A calibração radiométrica consistiu-se na transformação do número digital (ND) da imagem para valores de FRB aparente, através do método proposto por Markham e Barker (1986) e segundo os parâmetros de Chander *et al.*, (2009). Após a conversão dos NDs para valores físicos de FRB aparente,

foi aplicada a técnica de correção atmosférica 6s, pois o método DOS utiliza os valores de NDs da imagem.

O método de correção atmosférica DOS foi aplicado segundo Chávez (1988), com a utilização de dados provenientes da própria imagem. Neste modelo são excluídos, por exemplo, fatores externos como condições atmosféricas e visibilidade horizontal, e considera somente o espalhamento atmosférico na imagem. Esse método utiliza o histograma de frequência de números digitais de alguma banda da imagem, de preferência a de menor comprimento de onda, buscando o nível digital mais baixo que indique a resposta espectral do alvo (Gürtler *et al.*, 2005). Como a interferência atmosférica atua com maior intensidade nos menores comprimentos de onda do espectro eletromagnético, a banda 1 foi escolhida para obter as condições atmosféricas, sendo posteriormente aplicadas para o restante das bandas.

O método de correção atmosférica 6s (*Second Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum*) (Vermote *et al.*, 1997) é uma modificação melhorada do método 5s (*Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum*). Esse método foi elaborado para modelar os seguintes parâmetros atmosféricos: modelos estatísticos baseados nas bandas de absorções atmosféricas, modelagem de várias funções atmosféricas para um tratamento completo do processo de espalhamento, e um tratamento aproximado de interação entre os dois efeitos atmosféricos (Latorre *et al.*, 2002). Os parâmetros de entrada para a correção atmosférica são: as configurações das condições geométricas do satélite, dia, mês, latitude e longitude, modelo atmosférico, visibilidade horizontal, altura em relação ao alvo, sensor abordo do satélite e banda espectral.

Após a transformação dos NDs em valores físicos com a interferência atmosférica reduzida, foram extraídos os valores médios em células 4x4 de todos os alvos e em toda a série de imagens, pelos dados gerados pelo método de correção 6s, DOS, FRB aparente e valores dos NDs originais. Foram feitos gráficos para representação dos dados extraídos. Também foram elaborados gráficos que indicam as diferenças dos valores espectrais das duas técnicas de correção atmosférica.

3. Resultados e Discussão

Os gráficos da Figura 3 apresentam os dados extraídos dos alvos sob estudo, por meio dos métodos de correção atmosférica DOS e 6s, os valores de FRB aparente e os valores dos NDs originais, reamostrados para escala de 0 a 100, mas que não indicam valores com significado físico. Na região espectral do visível, as áreas incendiadas e não incendiadas apresentaram, por meio dos métodos DOS e 6s, um pico na região espectral do verde, resultante da maior absorção pela xantofila e clorofila nos comprimentos de onda do azul e do vermelho (Ponzoni e Shimabukuro, 2007; Jensen, 2009).

Na região do infravermelho próximo pelo método 6s ocorreu um aumento dos valores FRB através do espalhamento da REM na estrutura celular do mesófilo das folhas do dossel da vegetação (Jensen, 2009). Na região do infravermelho médio ocorreu uma diminuição do FRB devido à absorção das moléculas de água presentes nas folhas. Por meio do método DOS os valores de FRB na banda 4 também foram elevados, mas inferiores aos obtidos através do método 6s, igualmente reconhecido por (Ponzoni e Shimabukuro, 2007).

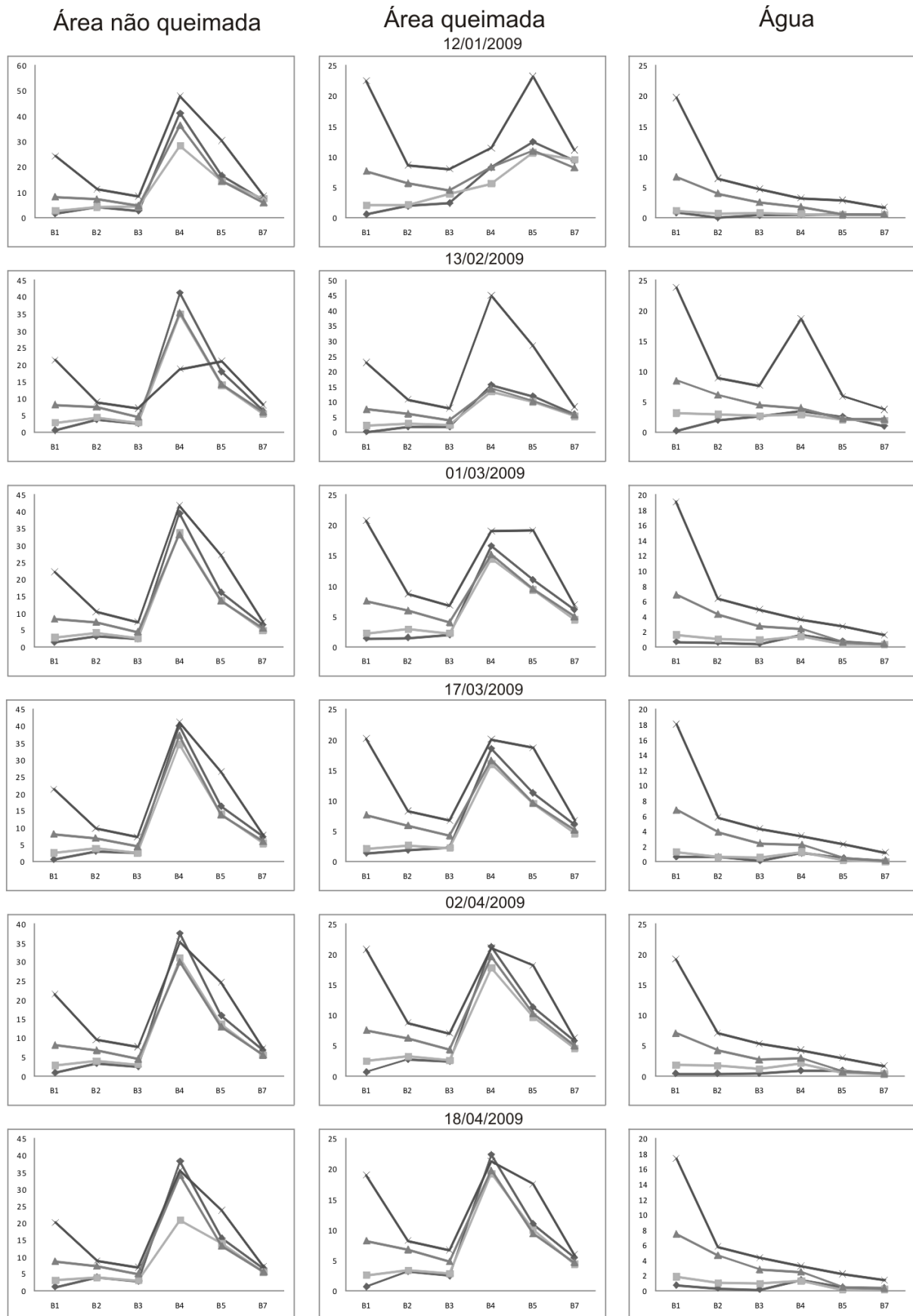


Figura 2. Comportamento espectral dos alvos. As bandas do sensor TM5 estão no eixo x. *A escala do eixo y refere-se à valores de FRB, menos em relação aos NDs originais, que foram reamostrados para representação.

Os valores definidos pelo FRB aparente foram maiores no intervalo espectral do visível, pois são os menores comprimentos de onda detectados pelo sensor, que sofrem maior espalhamento atmosférico, o qual ainda não foi corrigido. Em geral o comprimento de onda do infravermelho apresentou maior em todas as datas de análise em comparação ao método DOS e menores pelo 6s, tendo suas particularidades em cada banda espectral. Na banda 4 o valor de FRB aparente apresentou inferior nas datas de 01/ mar e 02/abril, na banda 5 nas datas de 01 e 17 de março e 02 e 18 de abril, e na banda 7 na data de 12/jan por ambos os métodos aplicados, indicando que nesses períodos a interferência atmosférica foi variada.

Na região espectral do infravermelho próximo, pelo método 6s, os valores de FRB de superfície foram mais elevados em relação ao método DOS, indicando consistência na diminuição da absorção atmosférica, assim como na região espectral do infravermelho médio, conforme descrito na literatura.

A água apresenta altos valores de absorção, sendo maiores na região do infravermelho (Jensen, 2009). Ambientes lênticos, com baixa energia e transporte de sedimentos clásticos, como o encontrado na área de estudo, possuem presença de compostos orgânicos dissolvidos, que têm como característica forte absorção nos menores comprimentos de onda (Kirk, 1994). Com isso, a lagoa apresentou valores extremamente baixos de FRB de superfície para as bandas do visível. Entretanto, algumas datas apresentaram valores mais elevados de FRB de superfície na banda 4. Considerando que em relação ao intervalo do visível, a água possui um coeficiente de absorção maior neste intervalo espectral, isto pode ser explicado através da influência de macrófitas aquáticas sobre o plano d'água, no qual a data de 13/fev apresentou os maiores valores de FRB. Os valores obtidos pela correção 6s permitiram uma avaliação mais adequada desta influência da vegetação sobre o alvo água em relação aos obtidos pela DOS, pois na maioria das datas os valores do visível não demonstram esta relação.

A interpretação do comportamento espectral dos alvos pelos valores de ND reamostrados para escala de 0 a 100, não foi possível, pois tais dados não tem correspondência a grandezas físicas. Cada sensor, em cada banda espectral tem seu próprio critério para discretizar os valores de radiância medidos na escala específica de sua resolução radiométrica (8 bits). Assim, as imagens resultantes, para um mesmo sensor, mas em diferentes bandas, não apresentam necessariamente compatibilidade entre os NDs (Ponzoni e Shimabukuro, 2007). Os valores de NDs foram então inseridos no gráfico para demonstrar o comportamento espectral dos três alvos analisados, os quais são inviáveis para abordagens quantitativas, por exemplo, dos valores na região do visível na vegetação a ausência do pico na região do verde, e o excessivo valor na região do azul.

Avaliação espectral dos alvos pelos métodos de correção atmosférica.

Na avaliação dos valores espectrais dos três alvos pelos métodos aplicados, questiona-se qual dos métodos é mais eficiente para caracterização dos alvos? Os valores considerados mais adequados foram obtidos pelo método 6s, pois indicaram resultados mais próximos dos encontrados na literatura. Tendo como referência os valores corrigidos pelo método 6s, considerados “verdadeiros”, foram subtraídos os valores de FRB de superfície dos alvos entre os métodos DOS e 6s, tendo como resultado os valores de máxima, mínima e diferença média dos alvos (Figura 3).

Na região espectral do visível, os alvos de vegetação com e sem queimada apresentaram valores de máxima e mínima variando entre 0 e 2, isto foi atribuído à não correção total do efeito de espalhamento pelo método DOS.

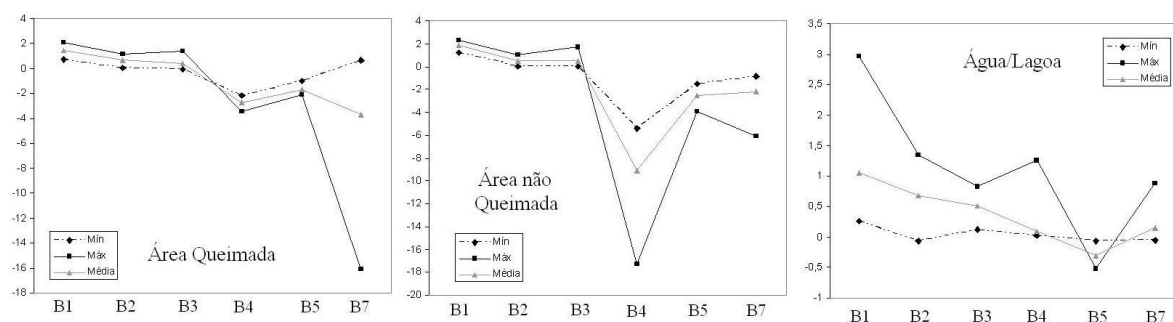


Figura 3. Diferença de mínimas, máximas e médias entre os valores de FRB de superfície DOS – 6S de cada alvo.

Na região do infravermelho os valores foram negativos, ou seja, ocorreu a ação da absorção da REM pela atmosfera. Como observado na Figura 2, pelo método DOS os valores dos três alvos foram ligeiramente inferiores ao FRB de superfície e aparente.

Em relação à área da vegetação não queimada, a banda 4 obteve visualmente grande disparidade dos valores de máximo e mínimo, possibilitando inferir que atuação que o método DOS apresentou valores inferiores do que o esperado, na qual não foram devidamente minimizados. Comparando os máximos e mínimos de FRB entre a região do visível e do infravermelho, constata-se quantitativamente maior atenuação atmosférica no visível, pois considerando a variação dos valores espectral de 0,56 para 2,31, ocorreu um aumento de aproximadamente de 4 vezes no mesmo alvo em comparação com a região do infravermelho que sofreu variação de aproximadamente 2 vezes em sentido negativo, constatando uma maior similaridade do FRB no infravermelho do que no visível pelos métodos aplicados. No alvo “água” as diferenças foram as menores encontradas, com uma variação de -0,5 a 3. Contudo, esta diferença refere-se à valores absolutos, tais diferenças podem ser as maiores entre os alvos se for considerada a proporção em relação ao FRB de superfície total.

4. Conclusão

A transformação dos valores de NDs para valores físicos e posteriormente a aplicação de duas alternativas de correção atmosférica (6s e DOS) resgataram as assinaturas espectrais dos alvos (área com e sem queimada e água da lagoa). Os dados corrigidos com o modelo de transferência radiativa 6s apresentaram uma maior aproximação com o descrito na literatura. A correção atmosférica 6s nesse estudo de caso demonstrou valores mais consistentes, abarcando mais variáveis na correção atmosférica e apresentar o mais próximo descrito pela literatura.

Os dados corrigidos pela correção atmosférica DOS também foram adequados para caracterização do comportamento dos alvos, mas não sendo suficientemente coerentes, pois a não correção da absorção atmosférica teoricamente deveria apresentar valores inferiores de FRB nas bandas do visível em comparação com o método 6s, ocorrendo de forma diferente do descrito por (Ponzoni e Shimabukuro, 2007).

O FRB aparente foi ineficiente na abordagem da caracterização espectral dos alvos do P. N. de Ilha Grande por estar sob a interferência atmosférica, por exemplo, a não evidenciação do pico na banda 2 na vegetação em relação às outras bandas na região do visível. Os valores originais em ND não apresentaram comportamentos que pudessem ser caracterizados devido à discretização diferenciada realizada pelo sensor em cada banda espectral.

Os dados obtidos demonstraram que as correções atmosféricas são necessárias, em trabalhos quantitativos com dados radiométricos e diferentes métodos de correções atmosféricas podem apresentar valores de FRB diferenciados para os mesmos alvos. Por fim,

este trabalho oferece uma possibilidade de comparação entre as técnicas de correção atmosférica mais próximas da comunidade usuária de imagens multiespectrais, e pode ser útil na medida em que permite aos leitores uma avaliação dos resultados obtidos, em que não foram totalmente constantes com as comparações já publicadas anteriormente.

Referências Bibliográficas

Antunes, M. A. H.; Freire, R. M. B.; Toniolli, L. H. **Correções atmosféricas de imagens de satélites utilizando o modelo 6S**. Disponível em: < http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc/174-SR21.pdf >. Acesso em: 30 de ago. 2010.

Chander, G.; Markham, B. L.; Helder, D. L. **Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors**. Remote Sensing of Environment v.113 n.5 p. 893-903, 2009.

Chavez, J. P.S. **An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data**. Remote Sensing of Environment. New York, v.24, p. 459-479, 1988.

Gao, B. C.; Heidebrecht, K. B.; Goetz, A. F. H. **Derivation of scaled surface reflectances from AVIRIS data**. remote sensing of environment. v. 44, p.165-178, 1993.

Gürtler, S.; Epiphanyo, J. C. N.; Luis, A. J. B.; Formaggio, A. R. **Planilha Eletrônica para o Cálculo da Reflectância em Imagens TM e ETM+ Landsat**. RBC - Revista Brasileira de Cartografia. n. 57/02, p. 162-167, ISSN 1808-0936, 2005.

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Kirk, J. T. O. **Light & photosynthesis in aquatic ecosystems**. 2ª ed. New York: Cambridge University Press, 1994, 509p.

Koproski, L. P. **O Fogo e seus Efeitos Sobre a Hepertofauna e a Mastofauna Terrestre no Parque Nacional de Ilha Grande (PR/MS), Brasil**. 2002. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2005.

Latorre, M.; Carvalho Júnior, O. A.; Carvalho, A. P. F.; Shimabukuro, Y. E. **Correção Atmosférica: Conceitos e Fundamentos**. Espaço & Geografia, v. 5, n. 1, p. 153-178, 2002.

Liou, K.N. **An Introduction to atmospheric radiation**. Academic Press, New York, 1980, 392p.

Markhan, B. L.; Barker, J. L. **Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperature**. EOSAT Landsat Technical Notes. n. 1, p.8, ago. 1986

Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1992, 308 p.

Oliveira, L. G. L. **Avaliação de metodologias de caracterização atmosférica na conversão de dados radiométricos digitais em valores físicos**. 2008. 132 p. INPE-15313-TDI/1358. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008.

Paranhos Filho, A. C. **Sensoriamento remoto ambiental aplicado: introdução às geotecnologias: material didático**. / Antonio Conceição Paranhos Filho. – Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2008.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Ed. A. Silva Vieira. 2007.

Schroeder, T. A. et al. **Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon**. Remote Sensing of Environment, v. 103, p. 16-26, 2006.

Song, C.; Woodcock, C. E.; Seto, K. C.; Pax-Lenney, M. e Macomber, S. A. **Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects? Remote sensing of environment**, v.75, p.230-244, 2001.

Vermote, E. F. **Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: an overview. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v.35, n.3, p.675-686, 1997.

Zullo Júnior, J. **Correção atmosférica de imagens de satélite e aplicações**. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 191p, 1994.