

Influência dos métodos de correção atmosférica FLAASH e QUAC na determinação do índice NDBSI de solos tropicais mediante dados hiperespectrais do sensor AVIRIS

Daniela Pereira da Silva ¹
Raul Roberto Poppiel ²
Gustavo Macedo de Mello Baptista ¹
Emmanuel Carlos G. Moreira ¹

¹Instituto de Geociências, Universidade de Brasília – UnB – Campus Darcy Ribeiro
Caixa Postal 4465 - 70910-900 - Asa Norte - Brasília- DF, Brasil
daniela.pereira.ufg@gmail.com, gmbaptista@unb.br, ambientalize@hotmail.com

²FAV/UnB – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, CEP 70910-970, Brasília, DF, Brasil
raulpoppiel@gmail.com

Abstract. Hyperspectral remote sensing allows to obtain information about a target in the natural environment in different regions of the spectrum, which allows a wide range of data on its situation, and it is possible to extract the spectral features of reflectance / absorption that identify the composition of the materials in pictures. There are several methods to perform the atmospheric correction in hyperspectral data. The objective of this study was to verify the influence of the atmospheric correction on exposed soil of the municipality of São João d'Aliança, Goiás, using the NDBSI spectral index in AVIRIS images. To determine the influence of the atmospheric correction of the images processed by FLAASH and QUAC, including the uncorrected radiance image, the NDBSI index applied to the soils of the study area was used. Then, Pearson correlation coefficients were determined. The highest correlation between the radiance data and the atmospheric correction algorithms was for the FLAASH method, followed by the QUAC. Changes were observed in the inclination of the curves related to the spatial variation of the targets along the transect in the image. Intermediate values are related to areas of partially exposed soil, or partially covered. Although the curve of the QUAC method is closer to that of radiance, the FLAASH values are more correlated. The FLAASH method showed a slightly superior performance to the QUAC, since the data had a highly linear relationship with the radiance data in determining the NDBSI index.

Palavras-chave: comportamento espectral, correção atmosférica, AVIRIS, spectral behavior, atmospheric correction, AVIRIS.

1. Introdução

Diversos são os danos causados ao meio natural em virtude da evolução das atividades antrópicas. Esses impactos ambientais são devido às práticas como agricultura, pecuária, indústrias e o processo de expansão urbana, os quais influenciam diretamente sobre os solos, atmosfera, vegetação nativa e recursos hídricos. Em consequência desta interferência humana tem-se em especial, o solo exposto, geralmente situado em áreas degradadas por manejo agrícola inadequado, desprovidas de vegetação ou de cultura; e ainda áreas de extração mineral e aterros (Lopes et al. 2007).

A evolução do processamento digital de imagens se deu a partir da década de 1970 por meio de obtenção, armazenamento e transmissão das mesmas, de maneira mais apropriada através da chegada das primeiras plataformas espaciais. Devido a este avanço, atualmente tem-se aplicabilidade em várias áreas, em especial, a ambiental, como mapear e monitorar regiões agrícolas e desmatadas (Moreira, 2011). O sensoriamento remoto hiperespectral se deu por este avanço tecnológico, permitindo assim obter informações sobre um alvo no meio natural em diferentes regiões do espectro o qual é possível dispor de uma vasta gama de dados sobre sua situação (Meneses, 2003).

A possibilidade de extrair as feições espectrais de reflectância/absorção que identificam a composição dos materiais em imagens é a finalidade do sensoriamento remoto hiperespectral.

Sendo que as particularidades do espectro de reflectância podem ser obtidas de cada pixel, pois cada pixel da imagem tem o registro da radiância do alvo medido por diversas bandas (Meneses, 2003).

A alta resolução espectral dos sensores hiperespectrais permite que haja identificação e nível de detalhamento das características elevado dos minerais ao se fazer um estudo de solos, por exemplo. Desta forma, reduzem-se dúvidas em relação à precisão e confiabilidade de seus dados os quais eram observados e processados por meio de sensores com resolução espectral mais baixa (Baptista, 2006).

Devido à natureza da detecção remota requerer que a radiação solar passe pela atmosfera antes de ser captada pelo sensor, as imagens de sensoriamento remoto incluem informações sobre a atmosfera e a superfície da Terra. Devem ser conhecidas propriedades como a quantidade de vapor de água, a distribuição de aerossóis e a visibilidade da cena para compensar os efeitos atmosféricos. Existem técnicas que inferem as medições diretas dessas propriedades atmosféricas a partir de sua impressão nos dados de radiância hiperespectral.

Essas propriedades são então usadas para restringir modelos altamente precisos de transferência de radiação atmosférica para produzir uma estimativa dos dados de radiância e reflectância da superfície. Além disso, as correções atmosféricas deste tipo podem ser aplicadas num pixel-a-pixel, pois cada pixel numa imagem hiperespectral contém uma medição independente de bandas de absorção de vapor de água atmosférica (Envi, 2009).

Existem diversos métodos para realizar a correção atmosférica em dados multiespectrais e hiperespectrais, os quais se destacam FLAASH e QUAC. O FLAASH utiliza o código de transferência radiativa MODTRAN4 (*Moderate Resolution Atmospheric Radiance and Transmittance Model*) que processa dados de sensores hiperespectrais e multiespectrais nas faixas do infravermelho de ondas curtas (SWIR), visível e ultravioleta (UV), minimizando assim os efeitos do espalhamento e absorção atmosférica (Anderson et al., 1999). Além de executar a correção para a mistura de pixel devido ao espalhamento de superfície e também calcula a visibilidade média da cena (aerossol/névoa). Sendo ainda que o FLAASH pode corrigir imagens coletadas em geometrias verticais ou inclinadas. O método QUAC efetua a correção atmosférica a partir de modelos empíricos utilizando somente as informações contidas na cena, não necessitando de informação auxiliar. O processamento é significativamente mais rápido quando comparado com os outros e visa à busca de resposta espectral média dos objetos que compõem a cena (*endmembers*) (Envi, 2009 e Baptista et al., 2016).

O sensor AVIRIS (*Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer*) foi desenvolvido por *Jet Propulsion Laboratory* (JPL/NASA), é um dos mais importantes que encontra-se em operação desde 1989 e presente no Brasil a partir de 1995 pela missão SCAR-B (*Smoke, Clouds and Radiation – Brazil*) para o estudo dos constituintes da atmosfera. Ele possui 224 bandas com uma largura média em torno de 0,010mm e compreendidas entre 0,4mm e 2,5mm. Este sensor permite a obtenção de uma assinatura espectral contínua e detalhada para cada “pixel” de uma cena, com uma resolução espacial em torno de 20m. O projeto do AVIRIS visa principalmente identificar, medir e monitorar os constituintes da superfície e da atmosfera da Terra com base na absorção molecular e nas assinaturas de dispersão de partículas (Kaufman et al., 1998).

As aplicações do sensoriamento remoto para avaliar e monitorar a degradação do solo relacionam-se principalmente à reflectância espectral do solo e da vegetação. Sendo que a reflectância do solo é influenciada por fatores como umidade, rugosidade, textura, diferentes tipos de rochas e minerais, além da cobertura vegetal. No geral, os índices espectrais demonstram ser eficientes para destacar os indicadores de degradação do solo (Madeira et al., 1991; Touriño Soto, 2005; Al-Bakri, 2012). Zaydan (2012) afirma que de 0,3 a 3 μm

(comprimento de onda) encontra-se a interação mais importante entre solos e a radiação eletromagnética.

De acordo com Mfondoum et. al. (2016) o índice espectral NDBSI (*Normalized Difference Bare Soil Index*) tem como objetivo identificar áreas de solo exposto, áreas de pouso e vegetação com resposta de fundo marcada. É uma diferença normalizada usando o infravermelho de ondas curtas e infravermelho próximo, como segue na Equação 1:

$$NDBSI = \frac{R_{2,2564} - R_{1,1452}}{R_{2,2564} + R_{1,1452}} \quad (1)$$

Onde R é a radiância ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$) ou o valor de reflectância (%) nos comprimentos de onda das bandas 83 (=1,1452 μm) e 199 (=2,2564 μm) do sensor AVIRIS

Esse índice é indicado para prever e avaliar características de solos desnudos, tais como rugosidade, teor de umidade, quantidade de matéria orgânica e percentagens de argila, silte e areia (Roy et al., 1997). Em geral, determina que o NDBSI > -0.20 é uma forte indicação da presença de áreas de solo exposto (Baraldi et al., 2006).

O presente trabalho visa analisar a influência dos métodos de correção atmosférica FLAASH e QUAC na determinação do índice NDBSI de solos tropicais utilizando dados hiperespectrais do sensor AVIRIS na região de São João D'Aliança, no estado de Goiás, Brasil.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A região de estudo localiza-se no estado de Goiás, no município de São João D'Aliança (Figura 1). Foi utilizada uma cena do sensor AVIRIS (950816L2-03) da missão SCAR-B, a qual apresenta manchas de solo exposto, adquirida no período da estação seca (agosto de 1995) em 224 bandas (10 nm de largura), na faixa espectral de 0,4 a 2,5 μm , com resolução espacial de 20 x 20 m e escala de trabalho de aproximadamente 1:50.000. Esta área possui uso do solo variado, com áreas de vegetação nativa e áreas de agricultura com solo exposto e solo coberto por palhada (restos de cultura).

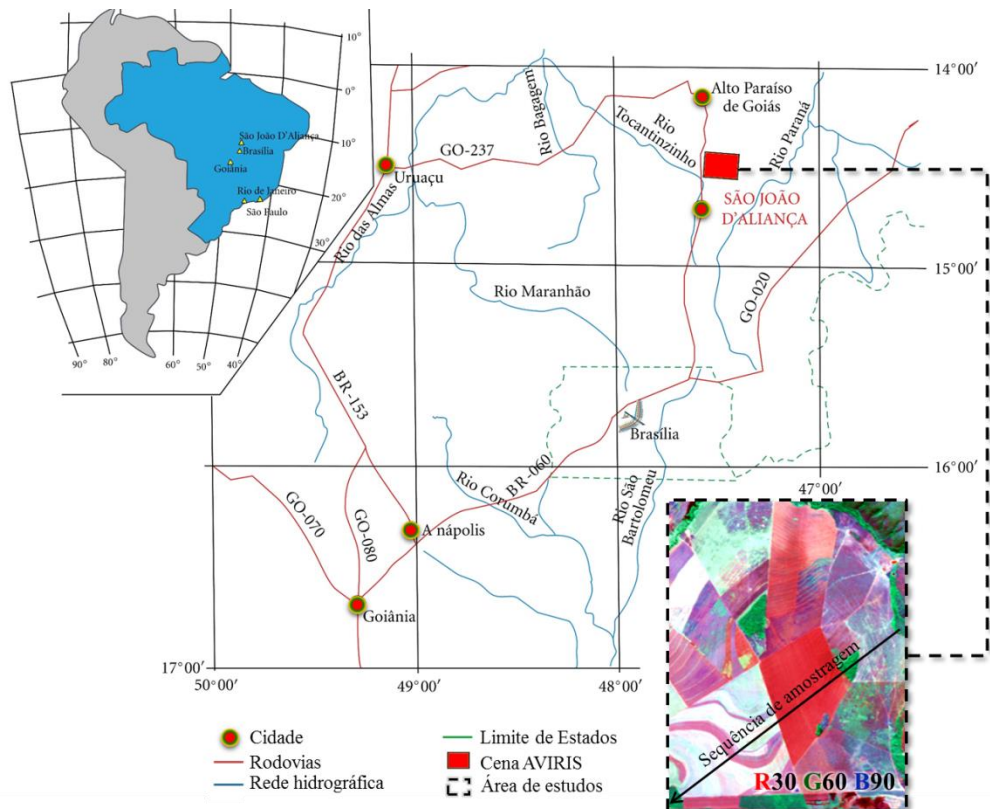


Figura 1. Localização da área de estudos com a identificação da sequência de amostragem (coleta dos dados nas imagens com correção atmosférica e radiância).

2.2 Processamento

Para determinar os valores de reflectância aparente da imagem AVIRIS foram utilizados dois métodos distintos, o FLAASH e o QUAC, onde o primeiro é baseado no modelo de transferência radiativa e o segundo num método empírico. O QUAC, a diferencia do FLAASH, é implementado a partir de parâmetros obtidos diretamente da cena, sem informações auxiliares.

As imagens corrigidas pelos dois métodos, assim como a imagem de radiância, foram utilizadas na determinação do índice NDBSI para detectar áreas com solo exposto. Cabe ressaltar que a imagem de radiância representa o dado bruto, sem nenhum tipo de processamento, a qual foi tida como referência para avaliar a influência dos métodos FLAASH e QUAC na determinação do índice espectral estudado.

Foi aplicado o índice espectral NDBSI, o qual é sensível na identificação de solo exposto (Roy et al., 1997) por meio das bandas do sensor AVIRIS localizadas na região do *Short Wave Infrared* (SWIR) e do *Near Infrared Spectroscopy* (NIR) nas três imagens (radiância, FLAASH e QUAC).

Para coletar os dados das imagens, um transecto com 219 pixels foi delimitado na direção que tivesse a maior variação de alvos, com o intuito de avaliar a variação dos valores do índice. Foram coletados os espectros de reflectância de radiância dos diferentes alvos presentes ao longo desse transecto. Logo após, foram determinados os coeficientes de correlação de Pearson, para então comparar os métodos FLAASH e QUAC com os valores obtidos da imagem radiância. Também, foram elaborados gráficos contrapondo os valores dos índices calculados a partir das três imagens para verificar a dispersão dos dados.

3. Resultados e Discussão

A partir dos dados obtidos da aplicação do índice NDBSI na imagem de radiância e nas imagens QUAC e FLAASH foi possível determinar a correlação entre as imagens (Tabela 1).

Tabela 1. Matriz de correlação de Pearson.

	Radiância	FLAASH	QUAC
Radiância	1		
FLAASH	0,99956	1	
QUAC	0,99308	0,99226	1

A matriz de correlação de Pearson (Tabela 1), gerada com valores de 219 pixels para cada um dos métodos, mostrou que os resultados obtidos são correlacionáveis. A maior correlação entre os dados de radiância e os algoritmos de correção atmosférica foi para o método FLAASH ($r=0,99956$), seguido pelo QUAC ($r=0,99308$). A maior correlação do método FLAASH com a imagem de radiância pode ser verificada pelos gráficos de dispersão (Figura 2), onde os valores de NDBSI da imagem radiância e FLAASH apresentam relação linear (1:1), e os valores de NDBSI da imagem radiância e QUAC possuem uma dispersão maior.

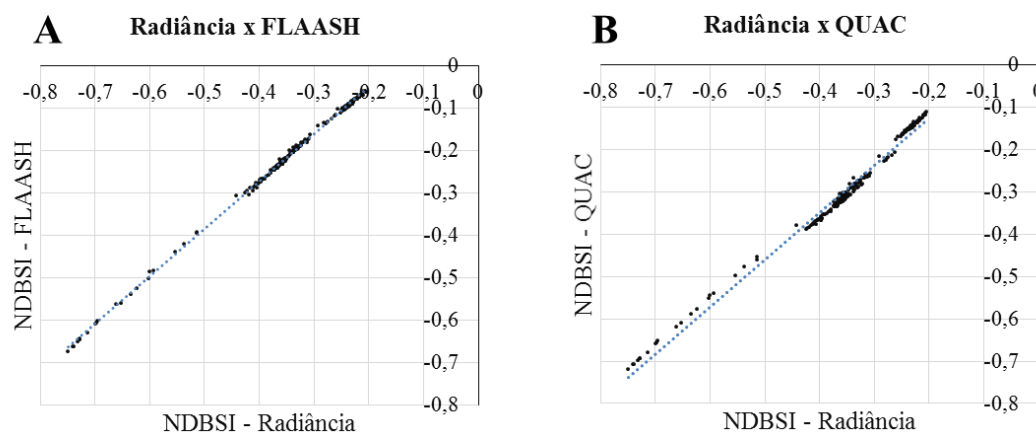


Figura 2. Gráficos de dispersão dos valores de NDBSI coletados ao longo do transecto, contrapondo as imagens (A) Radiância vs FLAASH e (B) Radiância vs QUAC.

As sequências de valores de NDBSI obtidas (219 pixels) para cada um dos métodos pode ser visualizada por meio da figura 3. Observaram-se alterações na inclinação das curvas relacionadas com a variação espacial dos alvos ao longo do transecto na imagem. Verifica-se que valores próximos de zero correspondem às áreas de solo exposto, e valores próximos de -1 às áreas de solo não exposto (com cobertura). Valores intermediários estão relacionados com áreas de solo parcialmente exposto, ou parcialmente coberto. Embora a curva do método QUAC esteja mais próxima da de radiância, os valores do FLAASH estão mais correlacionados. Este fato pode ser verificado no gráfico dos espectros (Figura 3) para os diferentes alvos ao longo do transecto, onde pode ser observado que a proporcionalidade da feição de absorção na banda 83 (Figura 3-A) é mantida para o método FLAASH, sendo menor essa proporcionalidade para o QUAC.

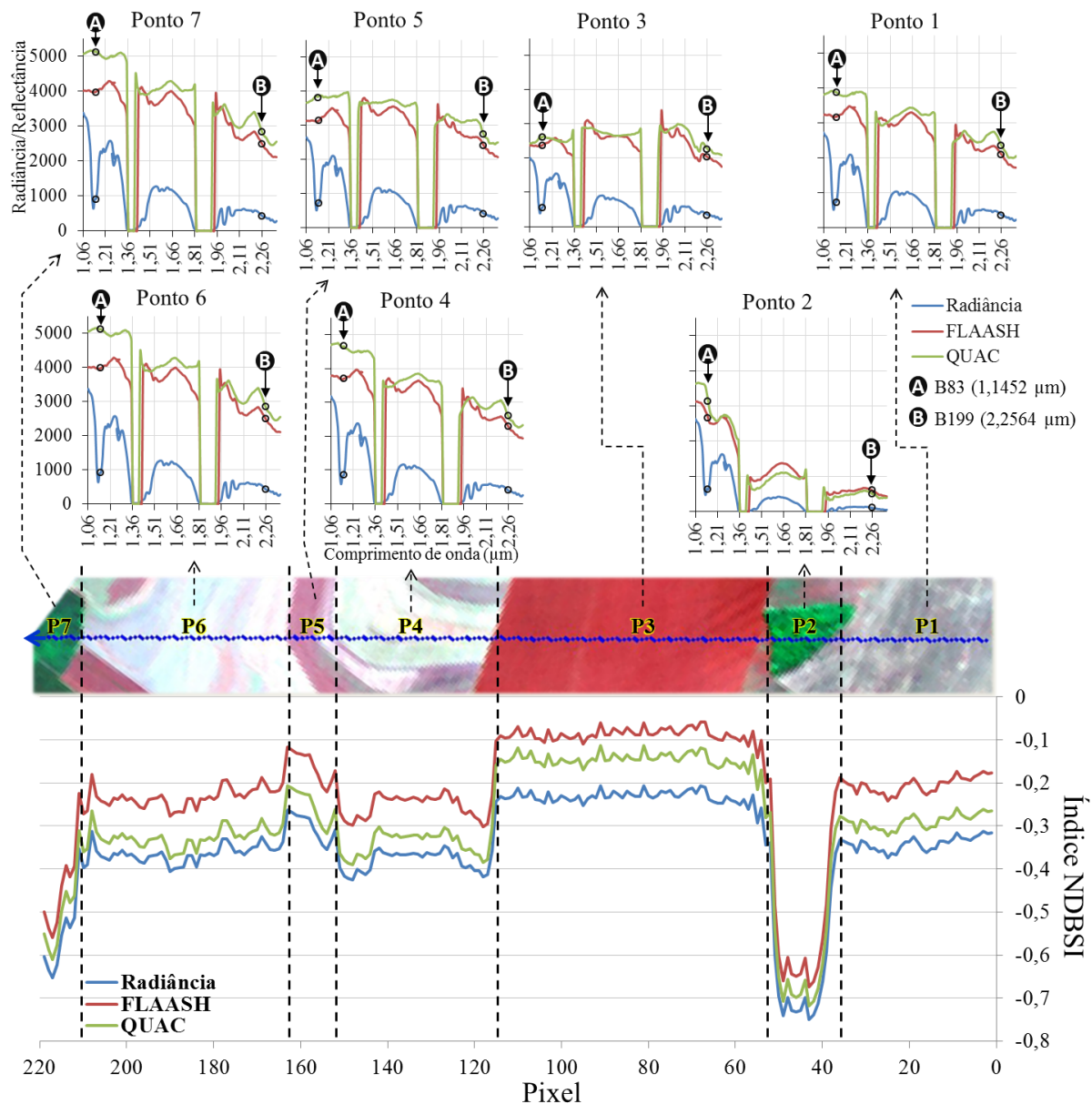


Figura 3. Sequência de valores de NDBSI e espectros de sete alvos obtidos para as imagens corrigidas pelos métodos FLAASH e QUAC e para a imagem radiância. Nos gráficos dos espectros, as letras A e B indicam a localização das bandas do AVIRIS utilizadas para calcular o índice NDBSI. A linha azul na figura representa o transecto utilizado para aquisição dos dados nas imagens.

Para espacializar os pixels que indicam solo exposto, os valores de NDBSI obtidos das imagens com correção atmosférica e da imagem de radiância foram concatenados, onde cada intervalo foi ajustado para cada imagem (Figura 4). Assim, valores de NDBSI superiores a -0,27, -0,14 e -0,21 representam pixels com solo exposto para as imagens de Radiância (Figura 4-A), FLAASH (Figura 4-B) e QUAC (Figura 4-C), respectivamente. Valores inferiores a esses limiares são representados por áreas com solo não exposto. É importante destacar a elevada sensibilidade do índice NDBSI para detectar áreas com solos expostos. Áreas com cobertura vegetal como, por exemplo, mata de galeria, apresentaram os menores valores deste índice, próximos de -1, seguido por áreas com cobertura parcial do solo, como campo e palhada.

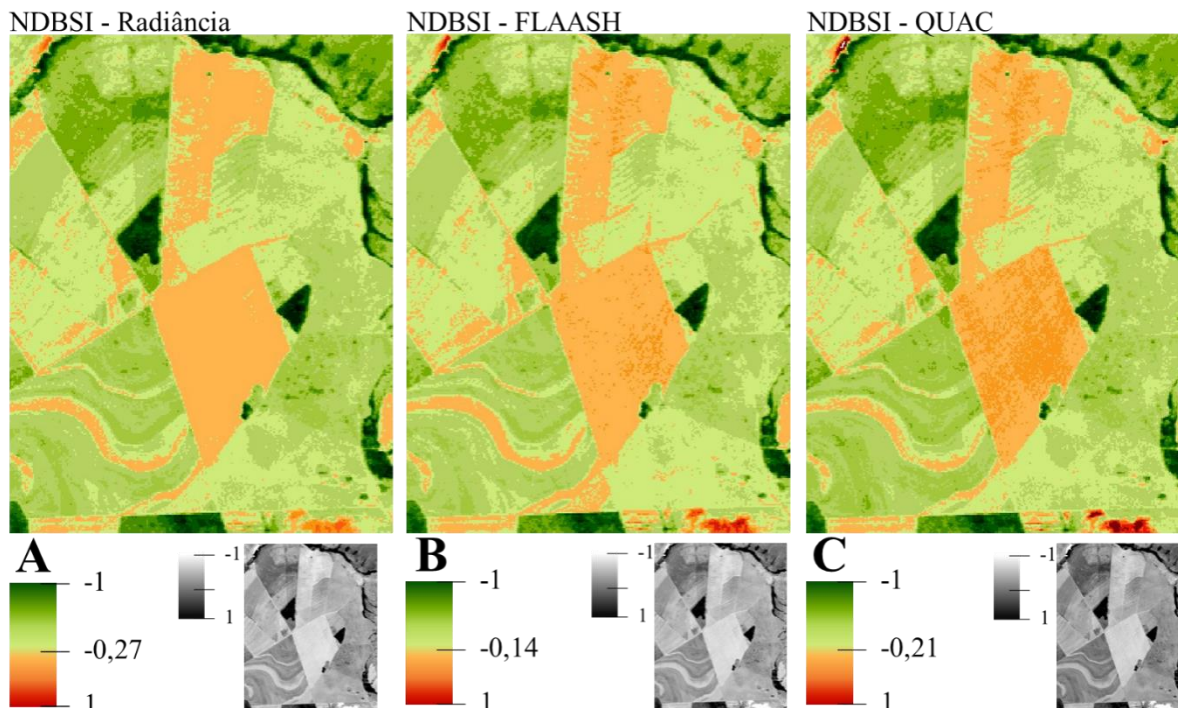


Figura 4. Espacialização dos valores do índice NDBSI obtidos a partir da (A) imagem radiância e das imagens de reflectância (B) FLAASH e (C) QUAC. Valores próximos de -1 representam áreas de solos não expostos, e valores próximos de 1 representam pixels com solo exposto.

4. Conclusões

Os coeficientes de correlação foram muito próximos, com variação de 0,00648, o qual indica que ambos métodos, FLAASH e QUAC, podem ser utilizados na determinação do índice NDBSI em dados do sensor AVIRIS.

O método FLAASH mostrou um desempenho levemente superior ao QUAC, pois os dados tiveram uma relação altamente linear com os dados de radiância na determinação do índice NDBSI.

Agradecimentos

Ao IG/UnB pela liberação dos dados e pelos processamentos dos mesmos em ambiente de laboratório. À FAPDF, pela concessão da bolsa de doutorado ao segundo autor.

Referências bibliográficas

Al-Bakri, J.; Saoub, H.; Nickling, W.; Suleiman, A.; Salahat, M.; Khresat, S.; Kandakji, T. *Remote Sensing Indices for Monitoring Land Degradation in a Semiarid to Arid Basin*. In Jordan. Proc. of SPIE. 2012. 8538; 1-10.

Anderson, G.P.; Adler-Golden, S.M.; Matthew, M.W.; Bernstein, L.S.; Levine, R.Y.; Berk, A.; Richtsmeier, S.C.; Acharya, P.K.; Felde, G.; Gardner, J.; Hike, M.; Jeong, L.S.; Pukall, B.; Mello, J.; Ratkowski, A.; Burke, H. *Atmospheric correction for shortwave spectral imagery based on MODTRAN4*. SPIE Proc. Imaging Spectrometry, v. 3753, p. 61-69, 1999.

Baptista, G.M.M. *Sensoriamento Remoto Hiperespectral: o novo paradigma nos estudos de solos tropicais*. 1. ed. Brasília: Editora Universa, 2006. v. 1. 212 p.

Baptista, G.M.M.; Vivaldi, D.D.; Meneses, P.R. **Correção atmosférica e de “crosstalk” em dados Aster para mapeamento da relação mineralógica de solos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.51, n.9, p.1272-1282, set. 2016

Baraldi, A.; Puzzolo, V., Blonda, P., and Bruzzone, L., Tarantino C. **Automatic Spectral Rule-Based Preliminary Mapping of Calibrated Landsat TM and ETM+ Images**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2006. 44 (9) 2563-2586.

Envi. **User’s Guide: Atmospheric Correction Module: QUAC and FLAASH**. ESRI, 2009.

Kaufman, Y. J.; Hobbs, P. V.; Kirchhoff, V. W. J. H.; Artaxo, P.; Remer, L. A.; Holben, B. N.; King, M. D.; Ward, D. E.; Prins, E. M.; Longo, K. M.; Mattos, L. F.; Nobre, C. A.; Spinhirne, J. D.; Ji, Q.; Thompson, A. M.; Gleason, J. F.; Christopher, S. A.; Tsay, S. C. **Smoke, Clouds, and Radiation-Brazil (SCAR-B) experiment**. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, v. 103, n. D24, p. 31783–31808, 1998. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/98JD02281>>. Acesso em: 5 nov. 2016.

Latorre, M.; Carvalho Junior, O. A.; Carvalho, A. P. F.; Shimabukuro, Y. E. **Correção atmosférica: conceitos e fundamentos**. Espaço & Geografia, Vol. 5, n. 1. 2002. P. 153- 178.

Lopes, F.W.A.; Dutra, G.C.; Pereira, A.A.; Carvalho, L.M.T. **Avaliação da influência de áreas de solo exposto sobre a qualidade das águas do Ribeirão de Carrancas-MG**, 2007. Disponível em: <<http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.23.58/doc/3421-3428.pdf>> Acesso em: 14 nov 2016.

Madeira, J.; Pouget, M.; Bedidi, A.; Cervelle, B. **Relations entre les constituants minéraux d'Oxisols brésiliens et leurs signatures spectrales du visible à l'infra-rouge moyen: application à des données satellitaires (Landsat TM): I- Les oxydes de fer. - II. La kaolinite et la gibbsite. Implications sur la texture**. Télédétection, ORSTOM, Paris. 1991. 6.

Meneses, P. R.; Madeira Netto, J. S. **Fundamentos de radiometria óptica espectral. Sensoriamento remoto: reflectância de alvos naturais**. Brasília: UnB; Embrapa, 2003. p. 15-60.

Mfondoum, A. H. N.; Etouna, J.; Nongsi, B. K.; Moto, F. A. M.; Deussieu, F. G. N. **Assessment of Land Degradation Status and Its Impact in Arid and Semi-Arid Areas by Correlating Spectral and Principal Component Analysis Neo-Bands**. International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS 2016, Volume 5, Issue 2, pp. 1539-1560, Article ID Tech-512 ISSN 2320 – 0243.

Moreira, M. A., 1949. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4. Ed. atual. ampl. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011.

Roy, P.; Miyatake, S.; Rikimaru, A. **Biophysical Spectral Response Modeling Approach for Forest Density Stratification**. ACRS 1997.

Disponível em: <<http://www.a-a-r-s.org/aars/proceeding/ACRS1997/Papers/FR97-7.htm>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

Touriño S. I. 2005: **Mise En Relation De La Cartographie Du Rendement Avec La Distribution Spatiale De L'état De Surface Du Sol Observée Par Télédétection. Application dans un contexte d'agriculture de précision**. Th. Dr. L'Institut National Polytechnique de Toulouse. 259.

Zaydan, A.H. **Using a Wavelet Based Method for High Resolution Satellite Image Fusion**. Iraqi Journal of Science. 2012. 53 (4) 999-1005.