

Avaliação da Similaridade entre os Métodos de Redução de Radiância para Reflectância de Superfície pelo método FLAASH e de Reflectância TOA numa Cena RapidEye

Alexandre Assis Carvalho¹
Gustavo Macedo de Mello Baptista¹

¹ Universidade de Brasília, *Campus Darcy Ribeiro*, ICC – Ala Norte – UnB/IG
Caixa Postal 04465 - 70919-970 - Brasília - DF, Brasil
alexandreassis.1@gmail.com
gmbaptista@unb.br

Abstract. The aim of this study was to compare the atmosphere correction and the reduction of radiance to scaled surface reflectance using the atmospheric correction with radiative transfer model (FLAASH) and the reflectance at the top of the atmosphere (TOA), band to band, to Ortho - Level 3A scene of RapidEye. For comparison, we used the method *quick_diff_stats*, whose results are one image with the difference between digital numbers of worked images and a text file containing the frequency distribution (single and cumulative) for each pixel difference value of digital numbers and their corresponding percentage. Positive values indicate predominant method of atmospheric correction method for FLAASH and negative values, the TOA method. Five targets were used: water, urban, bare soil, woody vegetation and shrub / herbaceous vegetation. The mean values of the differences were, for each band: -0.057051 (band 1), -0.020273 (band 2), -0.004363 (band 3), 0.015159 (band 4) and 0, 030 995 (band 5). In bands 1, 2 and 3 the TOA reflectance overlapping FLAASH method, while in bands 4 and 5 was the reverse (FLAASH predominance). Water had negative values in all bands (FLAASH overlaid by TOA); urban area remained with positive values in all bands (FLAASH overlapping TOA); while the bare soil and vegetation varied. The bare soil is presented only negative values in the band 1 and part of band 2. It was being positive in the other bands. The vegetation, in general, show negative values in the bands 1, 2 and 3, and positive in bands 4 and 5.

Palavras-chave: atmospheric correction, top of the atmosphere, *quick_diff_stats*, correção atmosférica, topo da atmosfera, *quick_diff_stats*.

1. Introdução

A extração e modelagem de parâmetros biofísicos com dados de sensoriamento remoto tem sido feita desde 1960, com grande foco, principalmente, nos índices de vegetação (Jensen, 2009). Esses índices são medidas radiométricas adimensionais que englobam, geralmente, a relação ou combinação linear de porções do espectro vermelho e infravermelho (Tucker, 1979; Huete et al., 1994; Huete, 1988) e indicam a abundância relativa, a atividade da vegetação verde, índice de área foliar (IAF), cobertura, teor de clorofila, biomassa, radiação fotossinteticamente ativa (Tucker, 1979; Sellers, 1985; Goward e Huemmrich, 1992, Jensen, 2009).

Alguns deles, como é o caso do EVI, que busca otimizar o sinal da vegetação (Huete et al., 1997a), buscam reduzir reduziu a influência do sinal do solo e da atmosfera sobre a reflectância do dossel (Huete et al., 1997b; Huete et al., 1999; Huete et al., 2002; Ponzoni e Shimabukuro, 2010). Nesse índice, por exemplo, têm-se dois coeficientes para correção do efeito de aerossóis na atmosfera, usando a banda azul para corrigir esse efeito na banda do vermelho (Huete et al, 1994; Huete et al., 1997; Huete et al., 2002).

Tais correções buscam sanar as importantes limitações que restringem sua utilização: fatores externos como atmosfera, nuvens e geometria de visada do sol; influência do solo; e as propriedades estruturais e óticas da vegetação (Huete et al., 1994). Nesse sentido, abre-se destaque para a correção atmosférica.

Espera-se que haja a compensação e a atenuação dos efeitos atmosféricos por meio da correção atmosférica (Matthew, 2002) para que possa se proceder com correta a caracterização das propriedades dos alvos na superfície terrestre (Couto Júnior et al., 2011)

O RapidEye é uma constelação de cinco satélites, com 7 anos de vida útil, em uma órbita de 630 km. Possui sensores multiespectrais de 5 bandas, sendo elas: azul (440-510 µm); verde

(520-590 μm); vermelho (630-685 μm); borda do vermelho (690-730 μm); e infravermelho próximo (760-850 μm). Sua resolução espacial é de 5 metros e radiométrica de 12 bits.

Assim sendo, este estudo teve como objetivo os efeitos da redução da radiância para a reflectância de superfície, por meio da correção atmosférica pelo método de transferência radiativa (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes* – FLAASH) com os dados de reflectância no topo da atmosfera (TOA) sem correção atmosférica, banda por banda para imagem RapidEye.

2. Metodologia do Trabalho

2.1 Caracterização da área

A cena RapidEye Ortho - Level 3A, de 07/09/2014, refere-se à parte do Distrito Federal. Abrange a área do Parque Nacional de Brasília e o adensamento urbano que o margeia. Além disso, tem-se nela a Floresta Nacional de Brasília, gleba 1.

2.2 Redução dos dados de radiância para os de reflectância

Para a redução dos dados de radiância para os de reflectância de superfície é necessária a correção atmosférica e no presente estudo utilizou-se o FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*). Trata-se de um método que se utiliza dos algoritmos com código de transferência radiativa MODTRAN4+. Sua capacidade para correção atmosférica é elevada, e pode tratar tanto de imagens multiespectrais quanto hiperspectrais. Traz, em si, a possibilidade de se corrigir vários aspectos como: vapor d'água, oxigênio, dióxido de carbono, metano, ozônio, espalhamento de aerossol e outros efeitos adjacentes.

Já para a redução da radiância para a reflectância do topo da atmosfera, sem correção atmosférica, adotou-se o processo de pré-processamento do Envi 5 pelo módulo *radiometric calibration*.

2.3 Grau de similaridade

David Gorodeztky desenvolveu uma função denominada por `quick_diff_stats` – escrita em linguagem IDL e disponível na Research Systems – cuja aplicação se dá em duas fases: a primeira, com a diminuição entre as duas imagens; e a segunda, com o cálculo de valores estatísticos descritivos.

O resultado é dado por uma imagem com a diferença entre os números digitais das imagens trabalhadas e por um arquivo texto contendo a distribuição de frequência (simples e acumulada) dos pixels para cada valor de diferença dos números digitais e a correspondente porcentagem (Baptista, 2003).

Neste trabalho, procedeu-se com a diferença do método FLAASH pelo TOA, sendo todos os valores positivos indicativos de predominância do FLAASH; todos os valores nulos como similaridade máxima; e todos os valores negativos, predominância do TOA.

2.4 Interpretação e comparação dos resultados

O resultado oriundo da redução para a reflectância de superfície pelo FLAASH foi comparado ao da redução para a reflectância TOA, por meio da diferença entre eles, calculado pela extensão `quick_diff_stat`, do Envi 5.

Para tanto, observaram-se cinco alvos distintos: Vegetação Arbórea, Vegetação Herbácea/Arbustiva, Solo Exposto, Adensamento Urbano e Água.

Tanto o aspecto visual da imagem (tonalidade do cinza) quanto os valores plotados no histograma deram base para a comparação das respostas obtidas para cada banda da imagem RapidEye.

3. Resultados e Discussão

As imagens de reflectância utilizadas neste estudo se apresentam semelhantes, todavia vale destacar algumas nuances que distinguem a reflectância FLAASH da TOA, o que lhe confere melhor resposta para discriminação de alvos.

Para a banda 1, os valores se apresentaram majoritariamente no intervalo negativo – como visto no histograma –, o que significa dizer que a reflectância TOA, de forma geral, foi maior para os alvos analisados (Figura 1).

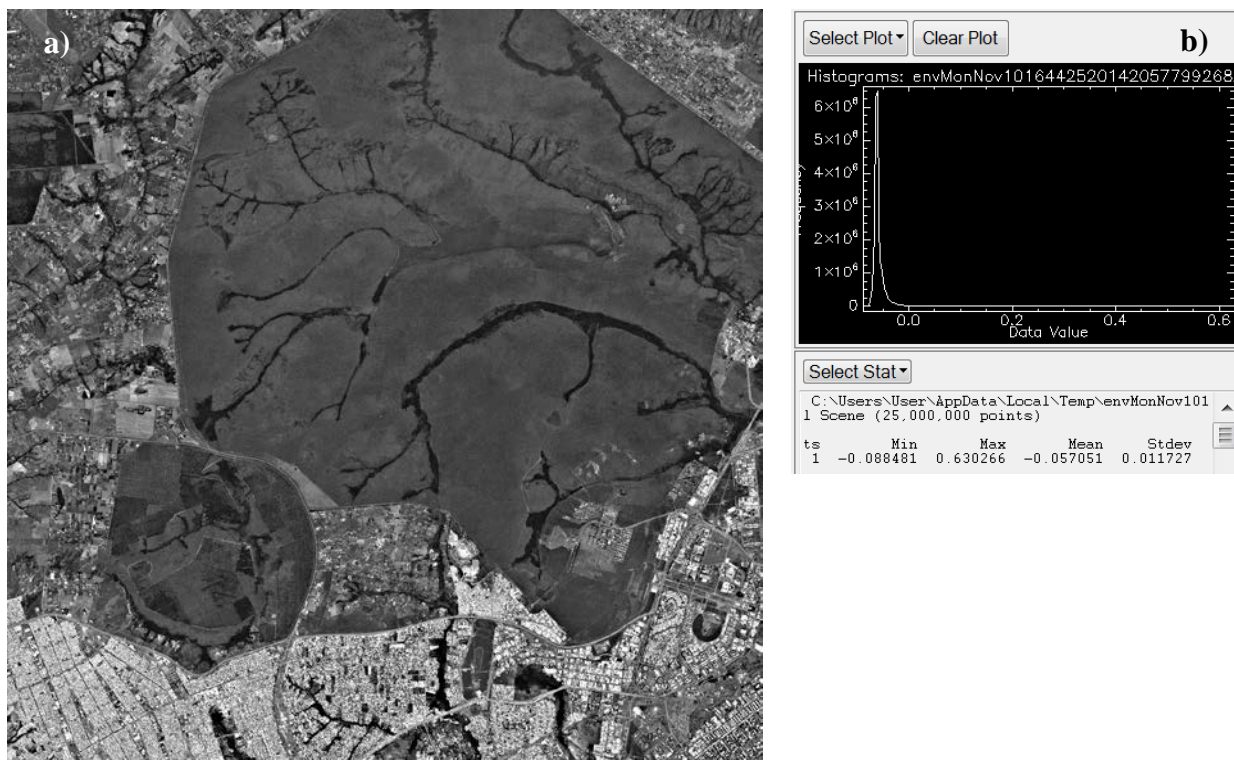


Figura 1: a) diferença entre reflectâncias de superfície FLAASH e TOA para a banda 1 (azul), do RapidEye; b) histograma com variação dos valores de subtração para a banda 1.

A água tanto quanto as vegetações arbustivas e herbáceas apresentaram tonalidades médias de cinza, o que caracteriza similaridade entre as imagens. A vegetação arbustiva, bem representada por matas de galeria, principalmente no interior do Parque Nacional, teve o mesmo comportamento, contudo com valores mais intensos. O solo exposto, bem como observado na água e nos estratos vegetais, também revelou a reflectância TOA com valores maiores que a correção pelo FLAASH. Ressalta-se, no entanto, tonalidades mais claras que os alvos citados. A área urbana, diferentemente dos demais alvos, foi, na banda 1, o único alvo em que se observaram valores positivos, indicativos de a reflectância da imagem FLAASH ter sido maior que a TOA.

A banda 2 guardou certa semelhança com os resultados observados na banda 1 (Figura 2). Entretanto existe diferença na individualização dos alvos e o histograma começou a indicar a presença de valores positivos, mesmo que a média tenha sido negativa. A água mostrou valores mais escuros que na banda 1, embora tenha havido pequena variação entre ambas. O mesmo foi observado no tocante aos estratos vegetais. O estrato arbóreo pode ainda ser diferenciado das vegetações herbáceas e arbustivas por apresentar tonalidade mais escura. O solo exposto, ao contrário da banda 1, indicou a reflectância da correção pelo método FLAASH como maior que a reflectância TOA para algumas regiões. Em outras áreas ainda houve o mesmo resultado encontrado na banda 1.

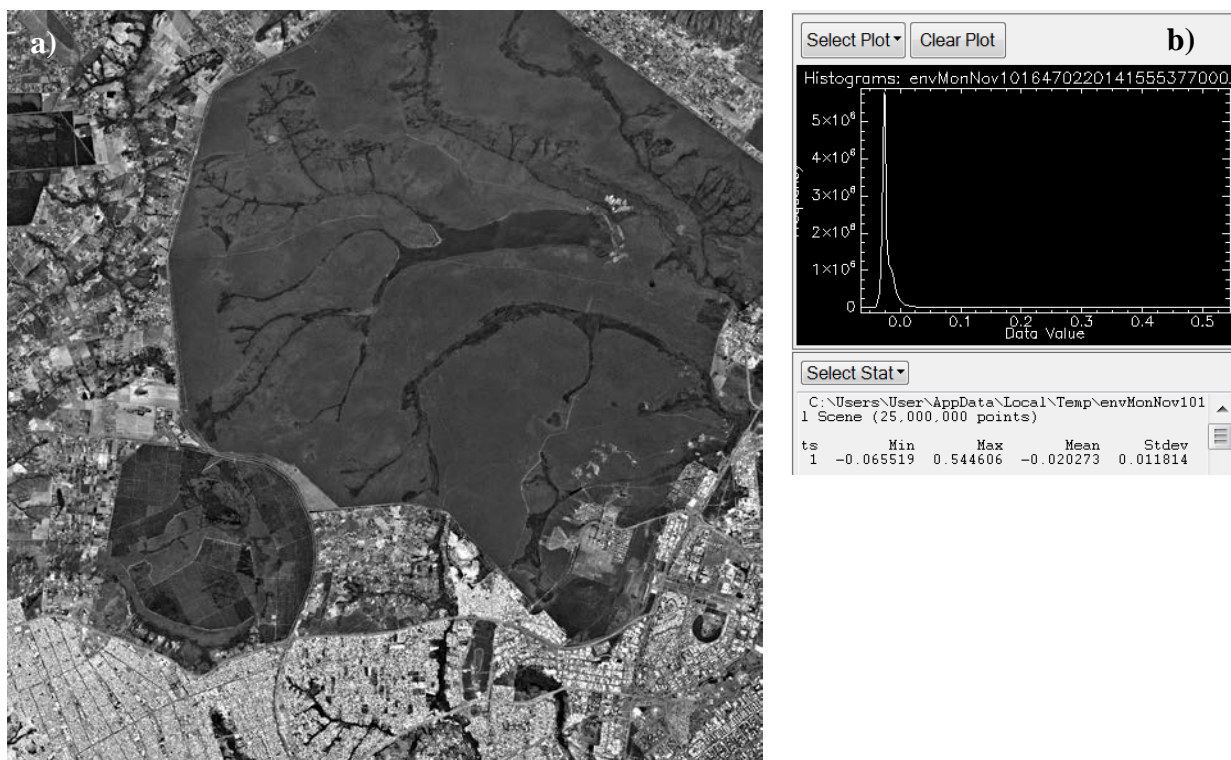


Figura 2: a) diferença entre reflectâncias de superfície FLAASH e TOA para a banda 2 (verde), do RapidEye; b) histograma com variação dos valores de subtração para a banda 2.

Na banda 3 a diferença entre as reflectâncias pôde ser melhor observada quando comparada aos resultados das bandas 1 e 2. Acrescido a isso, tem-se o histograma com maior presença de valores positivos (Figura 3). A água e a vegetação arbórea se apresentaram com valores mais escuros, distinguindo-se melhor das vegetações arbustivas e herbáceas, cuja tonalidade de cinza (média) apontou para maior similaridade entre as imagens subtraídas. O solo exposto acompanhou a tendência de positividade dos resultados indicados da banda 1 para a banda 2, sendo – na banda 3 – a presença desse alvo com tonalidades bem mais brancas, reforçando a correção pelo FLAASH com maior resposta que pela TOA. As áreas urbanas continuam com a mesma resposta observada nas bandas supramencionadas.

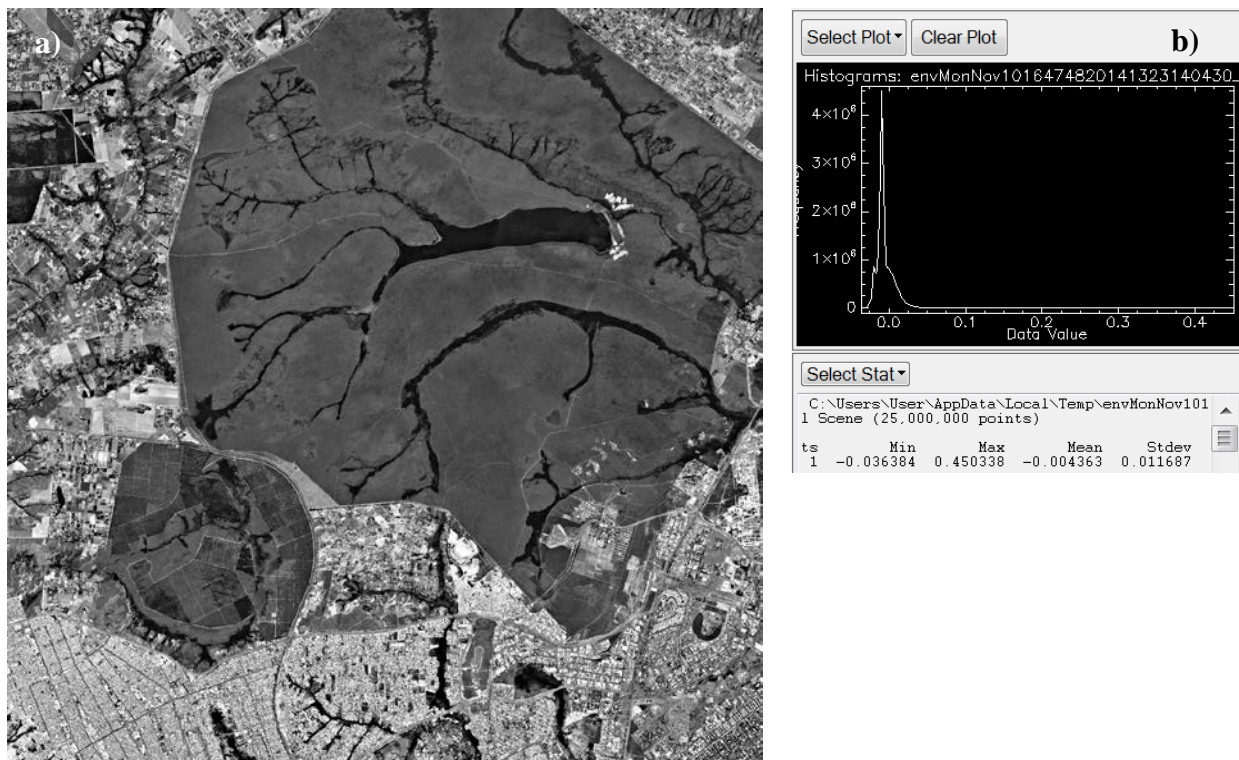


Figura 3: a) diferença entre reflectâncias de superfície FLAASH e TOA para a banda 3 (vermelho), do RapidEye; b) histograma com variação dos valores de subtração para banda 3.

No que tange a banda 4, os valores passaram, de forma geral, a ser positivos, como aponta o histograma (Figura 4).

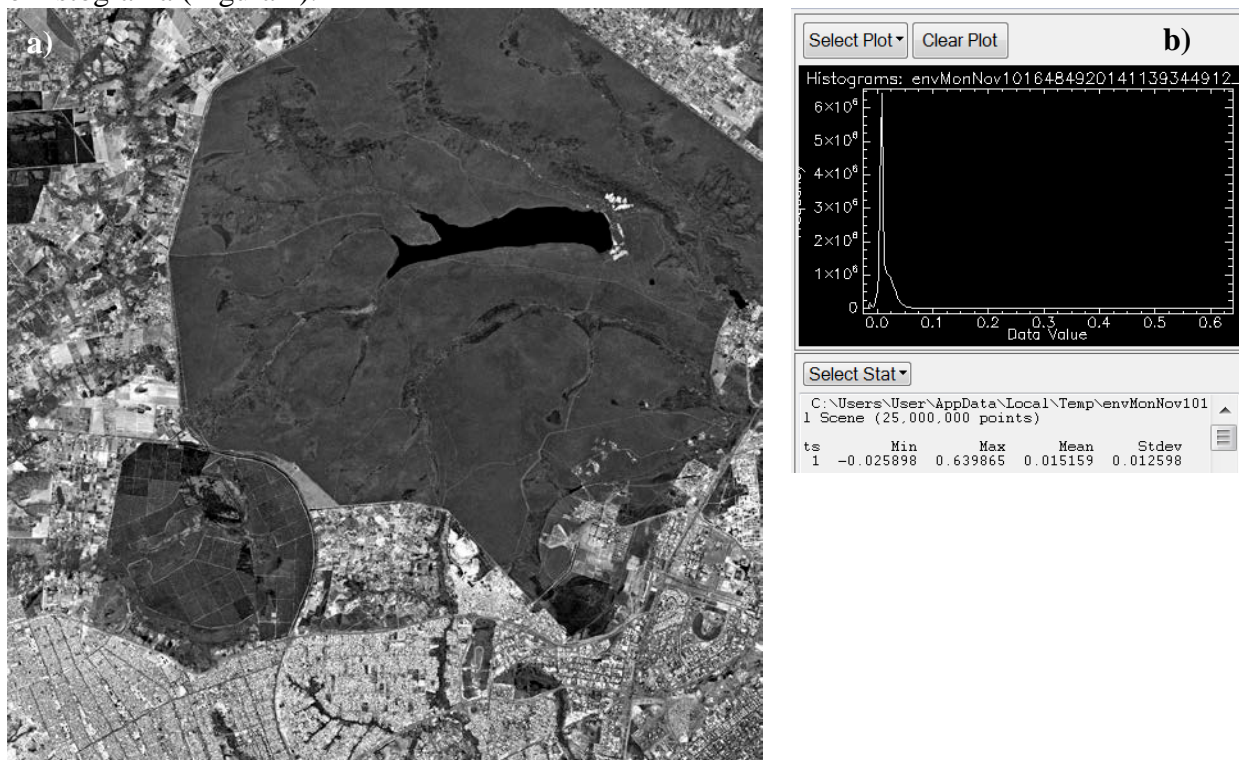


Figura 4: a) diferença entre reflectâncias de superfície FLAASH e TOA para a banda 4 (borda do vermelho), do RapidEye; b) histograma com variação dos valores de subtração para a banda 4.

A água, ao contrário do que se percebeu nos resultados da banda 1, foi melhor discretizada da vegetação herbácea e arbustiva, mas essa vegetação assemelhou-se bastante à vegetação arbórea. Em todos eles a reflectância no topo da atmosfera foi maior que a da correção pelo método FLAASH. Em se tratando de solo exposto e de área urbana, a reflectância pelo FLAASH foi maior que a TOA, sendo a diferença até o dobro da observada na banda 3.

A banda 5, como na banda 4, teve prevalência de valores positivos, como atestado pelo histograma, todavia com maior intervalo (Figura 5). Tanto a água quanto a área urbana mantiveram a variação observada nas outras bandas, ou seja, TOA maior que FLAASH e FLAASH maior que TOA, respectivamente. O solo exposto revelou valores similares aos obtidos para banda 4 similares.

O estrato vegetal foi o que apresentou maior destaque, se comparado aos demais resultados. A vegetação arbustiva e herbácea tiveram, no FLAASH maiores resultados que na TOA, mas os valores foram baixos. Já a vegetação arbórea indicou esse mesmo comportamento, mas com valores bem ressaltados, tanto que na imagem ela se apresenta com coloração branca, diferentemente das respostas das outras bandas, onde a vegetação arbórea se revelava mais escurecida.

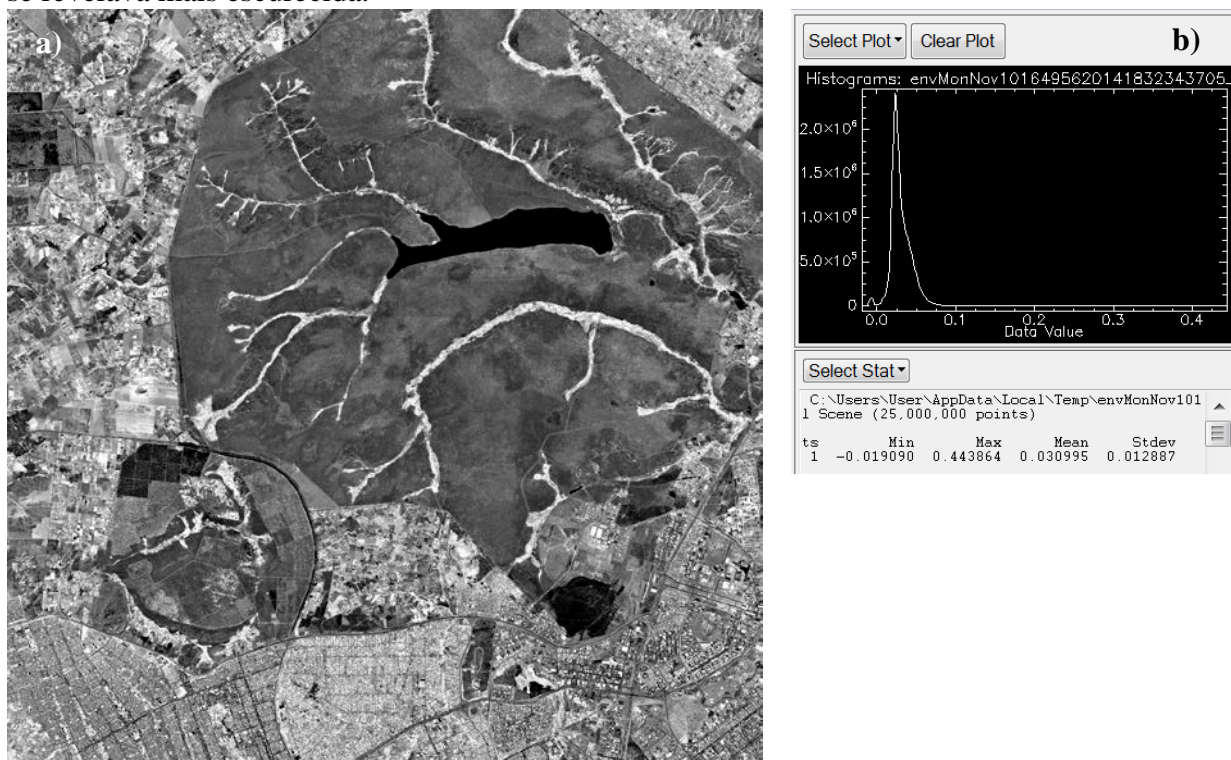


Figura 5: a) diferença entre reflectâncias de superfície FLAASH e TOA para a banda 5 (infravermelho próximo), do RapidEye; b) histograma com variação dos valores de subtração para a banda 5.

Os valores médios de todos os alvos, resultantes da diferença entre as imagens, estão descritos na Tabela 1.

Os resultados da tabela reforçam os resultados descritos.

Em se tratando de área urbana, os valores sempre se mantiveram positivos, ou seja, com reflectância pelo métodos de correção FLAASH em maior evidência que a reflectância TOA. Do lado oposto, com valores médios negativos para todas as bandas, esteve a água.

Tabela 1 – Valores de diferença entre reflectâncias de superfície FLAASH e TOA para cada alvo investigado.

	Área urbana	Solo exposto	Veg. arbórea	Veg. arbus/herb	Água
Banda 1	0,011497	-0,054250	-0,067966	-0,062716	-0,061158
Banda 2	0,035261	-0,009149	-0,025712	-0,025670	-0,029067
Banda 3	0,031023	0,034398	-0,017315	-0,008671	-0,017563
Banda 4	0,048868	0,059183	0,013150	0,007161	-0,010288
Banda 5	0,050349	0,057224	0,060562	0,021299	-0,004360

Os resultados médios dos outros alvos – solo e vegetação (sem distinção do estrato) – foram, à medida que se caminhava da banda 1 rumo a banda 5, convertendo-se de negativos para positivos.

Observando os espectros desses alvos, notou-se que seus formatos são mais similares aos encontrados na literatura, o que leva a crer que os dados corrigidos e reduzidos para reflectância pelo método FLAASH são mais adequados que os obtidos pelo método TOA, apesar de as diferenças serem muito pequenas, como pôde ser inferido observando os dados da Tabela 1.

4. Considerações Finais

O estudo visou comparar os efeitos da redução dos dados de radiância para reflectância de superfície por meio do modelo de transferência radiativa (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes* – FLAASH) com os da redução para o topo da atmosfera banda por banda para imagens RapidEye.

Utilizou-se, para tanto a função `quick_diff_stats`, baseada na diminuição de bandas e na análise estatística simples. Os resultados das médias das diferenças foram, para cada banda, de -0,057051 (banda 1), -0,020273 (banda 2), -0,004363 (banda 3), 0,015159 (banda 4) e 0,030995 (banda 5).

Os histogramas se apresentaram pouco dispersos entre si, guardando certa simetria, ou seja, pouca diferença entre os dados.

A água apresentou valores negativos em todas as bandas (predominância de TOA), enquanto a área urbana, valores positivos (predominância de FLAASH), com resultados expressivos na banda 4. O mesmo observado para a classe de solo exposto.

A banda do infravermelho (banda 5) foi a que apresentou a melhor discretização da vegetação – principalmente arbórea.

A partir dos resultados apresentados, pode-se fazer uma análise da influência dessas correções atmosféricas nos diversos índices de vegetação e atestar a qualidade deles para o processamento mais adequado das imagens.

Novos estudos devem ser incentivados para testar as potencialidades dos dados RapidEye e dos métodos de redução de radiância para reflectância.

Agradecimentos

À BlackBridge, na figura de seu Gerente Regional para América Latina, Maurício Braga Meira, pela cessão dos dados RapidEye, sem os quais não seria possível a realização do presente estudo.

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Análise Espacial do Instituto de Geociências – UnB, pela utilização da licença do Envi 5 para processamento e análises espectrais dos dados RapidEye.

Referências Bibliográficas

- Baptista, G.M.M. Análise comparativa entre os dados do sensor CCD do CBERS e os do Landsat 7 ETM+ para a região de Brasília. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...**, Belo Horizonte, p. 2303-2310, 2003.
- Couto Junior, A.F.C.; Meneses, P.R.; Sano, E.E. Desempenho da Correção Atmosférica Baseada no Algoritmo Flaash e sua Avaliação para o Processamento Digital de Imagens do Sensor Landsat 7-ETM+ dentro do Bioma Cerrado. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...**, Curitiba: INPE, p. 7317-7323, 2011.
- Goward, S.N.; Huemmrich, K.F. Vegetation canopy PAR absorptance and the normalized difference vegetation index: an assessment using the SAIL model. **Remote Sensing of Environment**, v. 39, n. 2, p. 119-140, 1992.
- Huete, A.R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295-309, 1988.
- Huete, A.R.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E.P.; Gao, X.; Ferreira, L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 195-213, 2002.
- Huete, A.R.; Justice, C.O.; Liu, H.Q. **Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS**. *Remote Sensing of Environment*, v. 49, n. 3, p. 224-234, 1994.
- Huete, A.R.; Liu, H.Q.; Batchily, K.; Van Leeuwen, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 59, n. 3, p. 440-451, 1997a.
- Huete, A.R.; Liu, H.Q.; Van Leeuwen, W. The use of vegetation indices in forest regions: issues of linearity and saturation. In: International Geoscience and Remote Sensing Seminar, 1997, Noordwijk: Netherlands. **Anais...** Noordwijk: Netherlands: ESA Publications, v. 4, p. 1966-1968, 1997b.
- Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.
- Matthew, M.W.; Adler-Golden, S.M.; Berk, A. Atmospheric correction of spectral imagery: Evaluation of the FLAASH algorithm with AVIRIS data. 31st Applied Imagery Pattern Recognition Workshop, 2002.
- Ponzoni, F.J.; Shimabukuro, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2010. 136 p.
- Sellers, J.P. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. **International Journal of Remote Sensing**, v. 6, n. 8, p. 1335-1372, 1985.
- Tucker, C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, n. 2, p. 127-150, 1979.