

Análise comparativa da correção atmosférica de imagem do Landsat 8: o uso do 6S e do ATCOR2

Fernanda Silva Soares^{1,3}
Raissa Kalaf de Almeida²
Igor Brum Rubim²
Rafael Silva de Barros²
Carla Bernadete Madureira Cruz²
Gustavo Vaz de Mello¹
José Antônio Baptista Neto¹

¹ Universidade Federal Fluminense - UFF/PPDOT
Av. Gen. Milton Tavares de Souza s/nº, Gragoatá - Campus da Praia Vermelha - 24210-346 -
Niterói - RJ, Brasil
jabneto@id.uff.br
gustavooen@yahoo.com.br

² Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/PPGG
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - 21941-916 – Rio de Janeiro – RJ, Brasil
{raissa.kalaf; carlamad; igorbr1}@gmail.com
rafael.barros@ufrj.br

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ
Av. República do Paraguai, 120, Sarapuí - Duque de Caxias - RJ, Brasil
fernanda.soares@ifrj.edu.br

Abstract. Earth atmosphere is composed of gases and particulates, causing interference for remote sensing data acquisition. This interference is given by the scattering or absorption of solar radiation that reaches the target surface, causing loss of sharpness and brightness of the images. In order to reduce interference atmospheric correction is made, thereby obtaining the surface reflectance values of the targets. Aiming to make a comparative analysis between atmospheric corrections of different software on a Landsat image, we used 6S and ATCOR2 software in these task. Such software use the radiative transfer model, thus, requiring data on the atmospheric conditions at the time of acquisition of the scene and other information present in the image metadata. As a final product, the software provide values of surface reflectance, which allow us to know the spectral behavior of the targets present on the surface of the earth, excluding atmospheric effects at different wavelengths. So as to compare the two atmospheric correction process, the same parameters were used. Even with this equality data used as calibration parameters, the results for these two software were distinct, which shows the importance of continue studying the atmospheric correction process for a new satellite as Landsat 8.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, radiative transfer model, spectral signature; sensoriamento remoto, processamento de imagem, modelo de transferência radiativa, assinatura espectral.

1. Introdução

A atmosfera absorve ou espalha a radiação eletromagnética de forma diferenciada em função dos seus comprimentos de onda. As partículas presentes na atmosfera, como aerossóis, poeiras, moléculas de diversos gases com diferentes tamanhos interferem na radiação que chega aos alvos terrestres ou ao sensor. Ou seja, a energia eletromagnética ao atingir a atmosfera é por esta espalhada, e parte desta energia espalhada retorna para o espaço, vindo a contaminar a energia refletida ou emitida pela superfície e que é detectada pelos sensores orbitais (PONZONI *et al.*, 2010). Os efeitos diretos por conta da absorção e do espalhamento atmosférico produzem a alteração do brilho da cena e a diminuição de contraste entre os alvos (ANTUNES, *et al.*, 2012). Por isso, é fundamental a execução da correção atmosférica nas imagens de satélite.

Os sensores são dispositivos que captam energia eletromagnética refletida ou emitida por uma superfície e a registram na forma de dados digitais, sendo assim, as imagens de satélites estão disponíveis em números digitais (ND). Cada sensor possui critério próprio para discretizar valores de radiância em escala específica de acordo com sua resolução radiométrica. As escalas diferentes de ND impossibilitam a comparação entre bandas, fazendo com que a caracterização espectral exija conversões. Por isso, a conversão dos ND para parâmetros físicos, tais como, radiância e reflectância, é fundamental, pois permite a caracterização espectral do objeto e a realização de cálculos que incluem dados de imagens de diferentes bandas espectrais ou diferentes sensores. Para essa transformação são usadas fórmulas e parâmetros específicos para cada banda fornecidos pelo fabricante do sensor. A radiância é a radiação que deixa a superfície terrestre. A radiância só considera o que está retornando para o sensor e não a parcela referente ao quanto que incidiu em um determinado comprimento de onda. Ao convertermos o valor de radiância para reflectância iremos considerar o quanto de energia de cada um dos comprimentos de onda chegou à superfície. Existem dois tipos de reflectância, a aparente (R.A.), também chamada de exoatmosférica, e, a de superfície (R.S.). A R.A. possui os efeitos da atmosfera e varia em função das condições da atmosfera, geometria de iluminação, visada e época do ano (PONZONI *et al.*, 2010).

Para a extração de informações confiáveis sobre os alvos em estudo deve-se obter a R.S., que é uma propriedade específica do alvo, e representa a condição em que este se encontrava no instante da tomada da imagem (ANTUNES, *et al.*, 2012). Em imagens, é preciso remover a influência dos efeitos atmosféricos para converter dados de radiância em R.S.. Existem alguns tipos de correção atmosférica, mas os mais utilizados e confiáveis, atualmente, são os modelos de transferência radiativa. Eles consideram as características atmosféricas no momento de obtenção da imagem para o cálculo dos fluxos necessários para a obtenção da reflectância bidirecional da superfície, sendo uma metodologia considerada fisicamente consistente.

O modelo 6S (*Second Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum*) foi desenvolvido por Vermote *et al.*, (1997), para simular a radiância que chega nos sensores em bandas dentro do espectro solar, entre 0,25 μm a 4,00 μm , com o objetivo de determinar as características dos sensores. Sendo assim, de acordo com ANTUNES *et al.* (2012), pode-se conseguir o valor de radiância que sai do alvo em direção ao sensor, através da reflectância do alvo e da irradiância difusa e direta. A radiância que chega ao sensor é obtida pela transferência radiativa e através da irradiância que chega ao topo da atmosfera podemos inferir a R.A.. Para a correção atmosférica, utiliza-se o 6S no sentido inverso, ou seja, usamos a radiância que chega ao sensor para calcular a radiância que sai da superfície, considerando os efeitos da atmosfera. Por isso é necessário que haja informações sobre parâmetros da atmosfera local no horário de aquisição das imagens, facultando um embasamento físico adequado na correção atmosférica (ANTUNES *et al.*, 2012 e VERMOTE *et al.*, 1997).

Outra forma de realizar a correção atmosférica é por meio da técnica ATCOR (*Atmospheric and Topographic Correction for Satellite Imagery*), que também necessita ser alimentada com dados das condições atmosféricas no momento da aquisição das imagens utilizadas para correção. Tal técnica é baseada no modelo MODTRAN (*Moderate Resolution Atmospheric Transmission*), algoritmo rigoroso desenvolvido pela AFRL (*Air Force Research Labs*) em colaboração com a SSI (*Spectral Sciences Inc*), que calcula a transmitância da atmosfera em condições climáticas e ângulos solares específicos inseridos pelo próprio usuário, com a aplicação direta sobre a imagem. O software ERDAS IMAGINE 2014 incorpora o módulo ATCOR2, que converte os números digitais para radiância espectral no sensor. Para que seja feita essa conversão é utilizada uma equação linear de calibração, descrita entre os números digitais e a radiância no sensor observada em cada banda (PIMENTA *et al.*, 2013).

Para verificar o resultado de uma correção atmosférica, deve-se observar as curvas de assinatura espectral de alvos conhecidos presentes na imagem. O comportamento espectral de um objeto pode ser definido como sendo o conjunto dos valores sucessivos da reflectância do objeto ao longo do espectro eletromagnético, sendo também conhecido como a assinatura espectral do objeto. Os objetos da superfície terrestre refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento de onda, de acordo com as suas características bio-físico-químicas. Devido a essas variações, é possível distinguir os objetos da superfície terrestre nas imagens de sensores remotos (ANTUNES *et al.*, 2012).

O satélite selecionado para a realização da pesquisa sobre correção atmosférica, foi o Landsat 8. O programa Landsat surgiu no final da década de 60, como parte do Programa de Levantamento de Recursos Terrestres da NASA, em conjunto com outras agências federais dos EUA. O Landsat 8 é o mais recente satélite da série, lançado em fevereiro de 2013 e possui imagens disponíveis a partir do segundo semestre daquele ano. Possui resolução espacial de 30 m nas bandas multiespectrais, de 15 m na pancromática e de 100 m nas bandas do termal. Sua resolução radiométrica é de 16 bits e seu período de revisita é de 16 dias. Teve um aumento de resolução espectral, em relação aos sensores anteriores, contando agora com 11 bandas. O tamanho aproximado da cena Landsat-8 é de 170 km ao norte-sul por 183 km a leste-oeste.

A plataforma Landsat-8 opera com dois instrumentos imageadores: *Operational Land Imager* (OLI) - com as bandas 1 a 7 e 9 multiespectrais e a banda 8 pancromática - e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) – bandas 10 e 11. Novas bandas foram criadas, tais como, a nova banda 1 (*coastal aerosol*) que é útil para estudos costeiros, de água e aerossol e a nova banda 9 (*cirrus*) é útil para a detecção de nuvens (USGS, 2014). Optou-se por trabalhar com este sensor por suas características de resolução, por ser um sensor novo que demanda pesquisas e aplicações, e, por sua disponibilidade gratuita.

O objetivo desse artigo é avaliar a correção atmosférica através do modelo 6S e do ATCOR2 em uma imagem do Landsat 8. Para isso obtivemos os valores de reflectância de superfície, nas imagens corrigidas e de reflectância aparente, nas imagens não corrigidas, de amostras de alvos. Esses valores foram, posteriormente, comparados com a resposta dos alvos segundo a literatura.

2. Materiais e Métodos

Como objeto de estudo foi utilizada uma imagem do Landsat 8, sensor OLI, obtida em 25 de janeiro de 2014, referente à região da Baía de Guanabara/RJ, órbita 217, ponto 76. Foram utilizadas sete bandas espectrais, segundo tabela abaixo. Antes de executar a correção, a imagem teve que ser reprojeta para UTM, WGS84, 23S, já que veio como 23N.

Tabela 1: Bandas espectrais do Landsat 8 utilizadas no trabalho.

Nº da Banda	Faixa Espectral (μm)	Sensores	Resolução
1	0.43–0.45 (coastal blue)	OLI	30m
2	0.45–0.51 (blue)	OLI	30m
3	0.53–0.59 (green)	OLI	30m
4	0.64–0.67 (red)	OLI	30m
5	0.85–0.88 (NIR)	OLI	30m
6	1.57–1.65 (SWIR-1)	OLI	30m
7	2.11–2.29 (SWIR-2)	OLI	30m

Fonte: USGS, 2014.

Para realização da correção atmosférica, foram utilizados o 6S e o ATCOR2, com os mesmos parâmetros de entrada: modelo de atmosfera tropical, modelo de aerossóis urbano, parâmetro de visibilidade com 15 km (levando em conta características locais, época do ano e análise visual), superfície média de 50 m acima do nível do mar, dentre outros dados requisitados que estão presentes nos metadados da imagem.

Pelo 6S, foi necessário transformar a imagem de TIF para RAW, sendo utilizado para tal o programa Spring 5.2.6. Além da imagem em RAW, o programa requisita a elaboração de um arquivo de input, com os parâmetros listados acima e outros presentes nos metadados, além de, um arquivo texto informando quais são os arquivos de entrada e saída. Uma vez executado o programa 6S, foi gerada uma imagem de saída corrigida para os efeitos da atmosfera, com 16 bits e já com a informação de reflectância de superfície de cada pixel. Foi necessário apenas dividir este valor por 10.000 para facilitar a leitura dos dados, como exposto nos gráficos. Posteriormente, a imagem corrigida em RAW foi transformada em TIF, para as análises subsequentes.

Antes de iniciar a correção no ATCOR2 foi necessário fazer um *stack*, no próprio programa, com as bandas utilizadas para que elas ficassem em um mesmo arquivo tipo img. Foram inseridos os parâmetros acima citados e usada a equação de calibração específica para o Landsat8 (USGS, 2014). O ATCOR2 reescala o resultado de 0 a 1 da reflectância de superfície, para 0 a 65.535, portanto, dividiu-se o valor de reflectância do pixel por 65.535 e depois multiplicou-se por 100 para facilitar a leitura dos dados, transformando-os em porcentagem.

Após a realização da correção atmosférica pelos dois programas, o método para verificação da correção foi o mesmo: foram selecionadas 3 amostras com 16 *pixels* de cada classe - solo exposto, vegetação de capoeira (entendida como uma vegetação de transição entre pasto e floresta), água com pouco sedimento e água com muito sedimento. Para utilizar as mesmas amostras nos dois produtos corrigidos, criamos um arquivo *shapefile*. Para cada produto corrigido, extraímos de cada banda o valor e R.S. de cada *pixel* e foi feita a média por classe, e posteriormente, foram elaborados os gráficos. Cada gráfico possui a linha correspondente a R.A. (imagem sem correção) e outras duas linhas correspondentes à R.S. gerada pelo 6S e pelo ATCOR2. A imagem sem correção está em ND, portanto, foi necessária a conversão de ND para radiância e depois para R.A., através das fórmulas disponíveis no site da NASA para o Landsat 8 (USGS, 2014).

3. Resultados e Discussão

A curva da resposta espectral da água é caracterizada por refletir pouca radiação incidente. A cor e a quantidade de sólidos em suspensão têm forte participação no comportamento espectral da água (FERRERA *et al.*, 2009).

Segundo BREUNIG *et al.*, (2007), o aumento da concentração de sólidos em suspensão na água é responsável pelo aumento do coeficiente de retroespalhamento, aumentando assim a reflectância, principalmente na região do visível. Além disso, à medida que aumenta a concentração de sedimentos, o máximo de energia refletida acaba migrando para os comprimentos de onda mais longos (BARBOSA *et al.*, 2003). Os valores de R.A., da imagem não corrigida são bem mais elevados (acima de 12%), com queda contínua até a banda 7. Nessa elevação dos valores de R.A. é que está apresentado o efeito de espalhamento da atmosfera na faixa do visível. Quando corrigida podemos notar uma diminuição significativa demonstrada com a R.S., principalmente na região do visível, nos dois modelos utilizados. Vamos dividir a análise da água em duas partes, uma água o mais próximo possível da água limpa, ou seja, com pouco sedimento (Figura 1); e outra com muito sedimento (Figura 2).

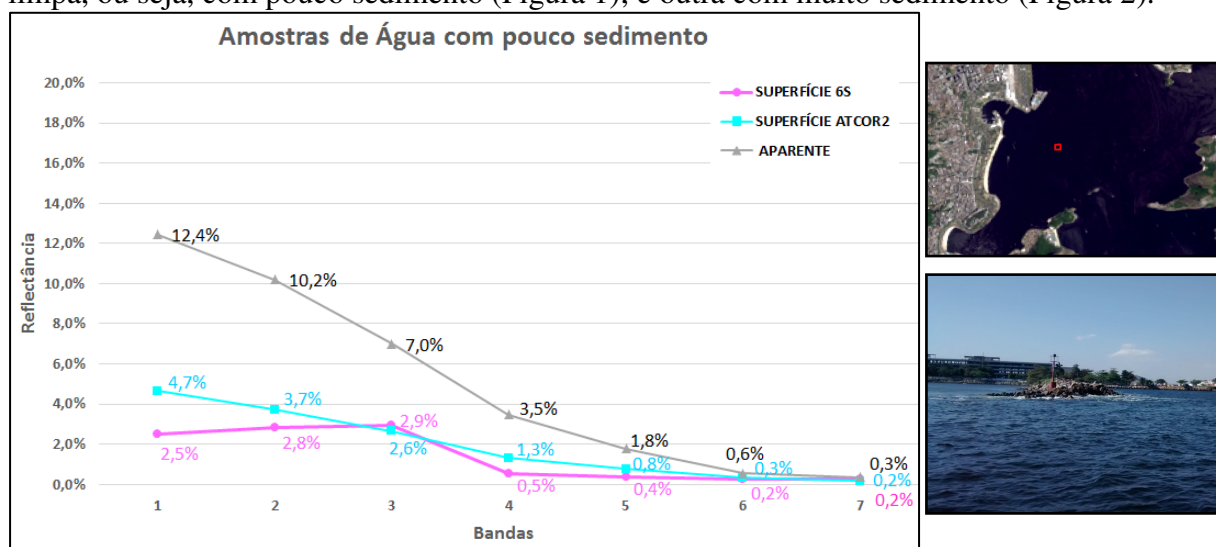


Figura 1: Exemplo de uma localização das amostras de água com pouco sedimento e comparação dos valores de reflectância (em %), em cada banda do Landsat 8, das imagens: original, corrigida pelo ATCOR2 e corrigida pelo 6S.

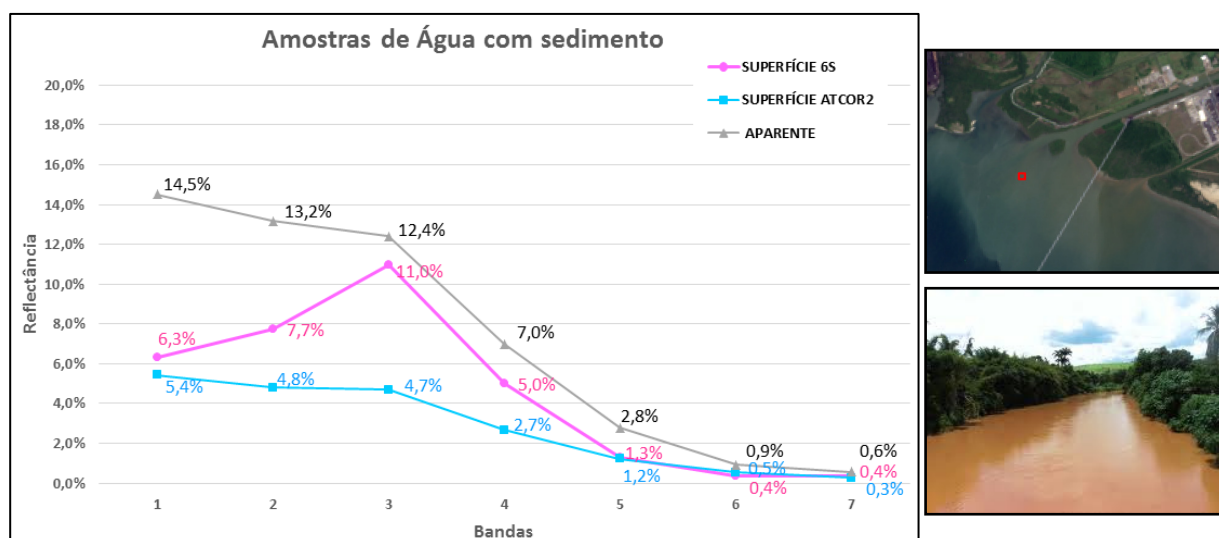


Figura 2: Exemplo de uma localização das amostras de água com sedimento e comparação dos valores de reflectância (em %), em cada banda do Landsat 8, das imagens: original, corrigida pelo ATCOR2 e corrigida pelo 6S.

Nas amostras de água limpa, podemos perceber que pela correção com o ATCOR2, há um decréscimo contínuo dos valores de R.S. Além disso, na banda 1 (azul costeiro) o valor de R.S. é mais elevado em relação à correção realizada pelo 6S. Na correção atmosférica pelo 6S, o valor de R.S. da banda 1 é menor em relação a banda 2 e 3, só apresentando decréscimo na curva a partir da banda 4.

Na amostra de água com sedimento, a correção pelo ATCOR2 demonstra um contínuo decréscimo de valores de R.S. Já a correção pelo 6S mostra um aumento no valor de R.S. na banda 3, sendo uma característica explicada pela presença de algas na água (BREUNIG *et al.*, 2007). Podemos verificar que na imagem sem correção e na correção pelo ATCOR2, esse efeito não apareceu, sendo um indicativo de uma falha nessa correção. Além disso, a resposta às correções atmosféricas da banda 1 (azul costeiro) foi diferente. Esta banda pelo 6S sempre se encontra com valores menores que a banda 2, fato que não ocorre na correção pelo ATCOR2. Segundo ANTUNES *et al.* (2012), na banda 2, a influência atmosférica gera valores de reflectância altos, devido ao espalhamento Rayleigh, que é proporcional ao inverso da quarta potência do comprimento de onda, sendo assim, maior na faixa azul do espectro. Com isso, acreditamos que seria ainda maior no azul costeiro, mostrando a necessidade de mais pesquisas sobre o comportamento espectral dessa banda.

Na Figura 3, a curva da imagem original mostra que a R.A. cresce pouco entre a banda 1 e 3 (de 0,6 para 1,9%), tendo um aumento na banda 4 (7,2%), sofrendo um aumento abrupto na banda 5 (42,1%) e voltando a cair nas bandas 6 (21,5%) e 7 (9,3%). A correção pelo ATCOR2 alterou bastante a curva, colocando novamente o valor de R.S. da banda 1 (4,5%) acima do valor de R.S. da banda 2. Este valor cresce muito pouco da banda 2 (3,6%) para a banda 3 (4%), caindo mais na banda 4 (2,7%), subindo na banda 5 (18,4%), quando volta a cair nas bandas 6 (12,3%) e 7 (4,6%). Já a correção pelo 6S, elevou bem pouco os valores de R.S. nas bandas 1 e 2 (1,5% e 2,4%), tendo um maior acréscimo na banda 3 (8,2%), caindo na banda 4 (5,3%), tendo um aumento abrupto na banda 5 (46%), voltando a cair nas bandas 6 (21,8%) e 7 (9,8%).

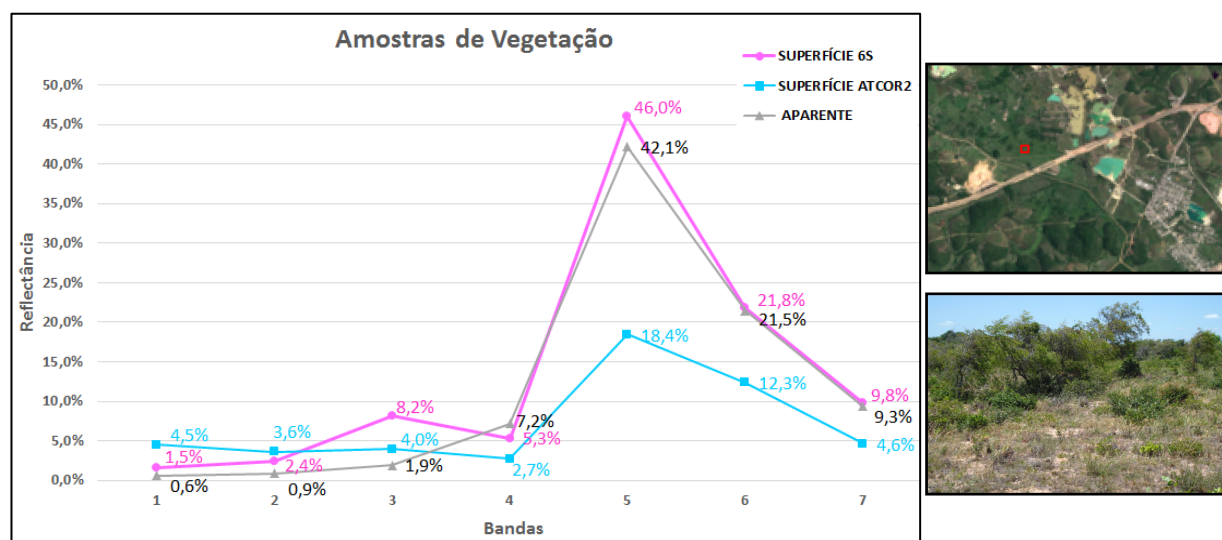


Figura 3: Exemplo de uma localização das amostras de vegetação de capoeira e comparação dos valores de reflectância (em %), em cada banda do Landsat 8, das imagens: original, corrigida pelo ATCOR2 e corrigida pelo 6S.

A vegetação apresenta valores baixos no visível, por conta de muita absorção. O acréscimo na banda 3 é explicado pela clorofila nas folhas. Na banda 4 o decréscimo ocorre pela absorção maior pelo dossel devido aos pigmentos presentes nas folhas.

No infravermelho próximo, a correção tende a aumentar os valores devido à alta reflectância das folhas pela estrutura celular (PONZONI *et al.*, 2010). A imagem original possui valores de reflectância menores na banda 5, pois a atmosfera absorve mais do que espalha, devido às moléculas de água. Sendo assim, verificamos uma inconsistência na correção feita pelo ATCOR2, que apresentou um valor menor na banda 5. Já no modelo 6S verificamos consistência, pois há um aumento dos valores de reflectância no infravermelho próximo, conforme a literatura.

Nas amostras de solo exposto, como podemos observar na Figura 4, os valores de R.A. da imagem original são bem baixos, apresentando pequeno aumento da banda 1 a 4 (2,5% a 7,5%), caindo da banda 4 para a banda 5 (6,7%), voltando a subir para a banda 6 (12,3%) e caindo novamente para a banda 7 (7,1%). A correção pelo ATCOR2 gerou um valor decrescente da banda 1 (7%) para a banda 2 (6,5%), voltando a subir até a banda 6 (31%) e caindo em direção a banda 7 (16%). A correção pelo 6S apresentou valores bem superiores e crescentes da banda 1 (14,3%) até a banda 6 (57,2%), decrescendo na banda 7 (36,6%).

A resposta do solo exposto tende a ser crescente do azul ao infravermelho próximo (ANTUNES, 2012). A correção do ATCOR2 mostra novamente a redução dos valores entre o azul costeiro e o azul. A necessidade da correção é reafirmada ao observarmos valores muito baixos de reflectância na imagem original e um decréscimo desses valores entre o vermelho e o infravermelho próximo.

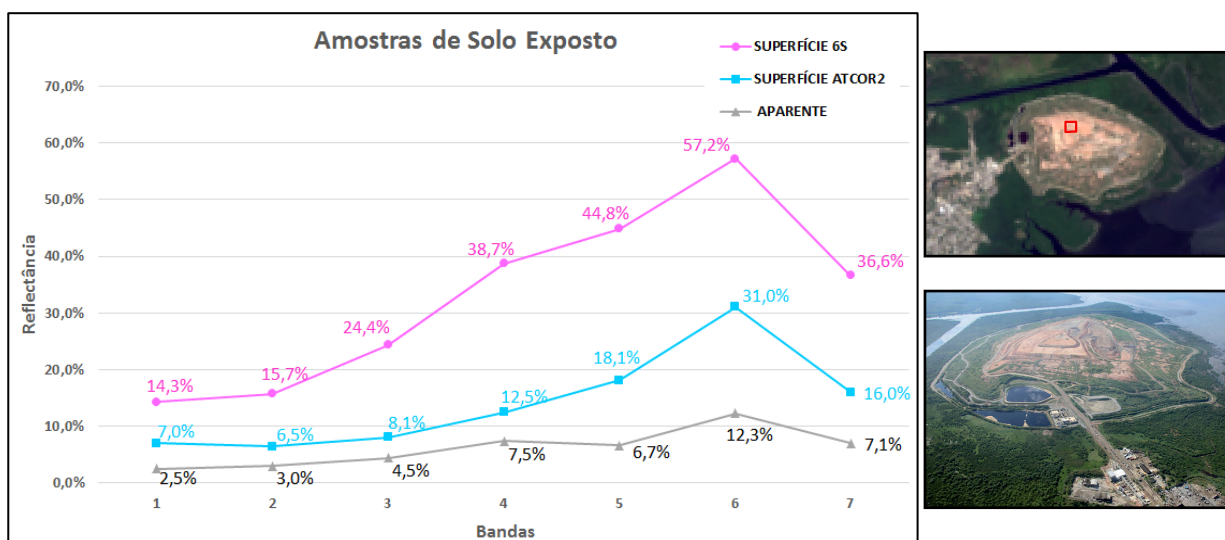


Figura 4: Exemplo de uma localização das amostras de solo exposto e comparação dos valores de reflectância (em %), em cada banda do Landsat 8, das imagens: original, corrigida pelo ATCOR2 e corrigida pelo 6S.

4. Conclusões

Verificou-se que a correção pelo 6S sempre coloca os valores de R.S. da banda 1 inferiores aos da banda 2, já a correção pelo ATCOR2 faz o inverso. Como ainda não existem estudos suficientes sobre o comportamento espectral da banda 1 (azul costeiro) do Landsat8, não podemos afirmar qual seria o melhor resultado para a correção atmosférica nessa banda. Identificamos, de acordo com a bibliografia sobre comportamento espectral de alvos, algumas inconsistências na correção atmosférica realizada pelo ATCOR2.

Na água com sedimento, houve a diminuição dos valores de R.S. da banda 2 para a 3, e, na verdade, deveria haver um aumento dos valores de R.S. na banda 3, por conta da presença de algas. Na vegetação a correção atmosférica deve elevar os valores de R.S. no I.V. próximo, e pelo ATCOR2, ocorre o contrário, os valores são bastante reduzidos. Além do que, os valores de R.S. na banda 3 (verde) quase não se elevam.

No solo exposto, os valores de R.S. estão bem inferiores aos apresentados na bibliografia. Esses resultados corroboram a necessidade de realizar a correção atmosférica nas imagens do Landsat 8 e mostram a premência de realizar mais pesquisas sobre o comportamento espectral de alvos, principalmente, na banda 1, o azul costeiro.

Concluimos também, que mesmo usando os mesmos parâmetros, diferentes correções fornecem resultados diferentes. Isso não retira a importância da realização da correção, mas alerta para que em um mesmo estudo seja utilizado um único método de correção atmosférica, para que os resultados sejam coerentes.

Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Mauro A. H. Antunes (UFRRJ) por toda colaboração, nos ajudando no processo de correção atmosférica pelo 6S e esclarecendo dúvidas, e, pelo apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), do Programa de Pós Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra (UFF/PPDOT) e do Laboratório Espaço de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais (UFRJ/PPGG).

Referências Bibliográficas

ANTUNES, M. A. H.; DEBIASI, P.; COSTA, A. R. da & GLERIANI, J. M. (2012). Correção Atmosférica de Imagens Alos/Avnir-2 Utilizando o Modelo 6S. Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto ISSN: 1808-0936. **Revista Brasileira de Cartografia**. No 64/4: 531-539.

ANTUNES, M. A. H.; GLERIANI, J. M. & DEBIASI, P. Atmospheric effects on vegetation indices of TM and ETM+ images from a tropical region using the 6S model. In: **Proceedings of the IEEE IGARSS2012**, Munich, 2012, pp. 6549-6552.

BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L. de M.; CARVALHO, J. C.; FILHO, W. P. & MANTOVANI, J. E. Caracterização Espectral Das Massas D'água Amazônicas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Belo Horizonte, 05 - 10 abril 2003. **Anais XI SBSR**. São José dos Campos: INPE, 2003. p. 2419 - 2425. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2003/03.28.12.35/doc/@sumario.htm>>. Acesso em 15 ago. 2014.

BREUNIG, F. M.; WACHHOLZ, F.; PEREIRA, F. W.; RUDORFF, C. M. Análise das Propriedades Ópticas da Água do Reservatório Rodolfo Costa e Silva – Itaara, RS, Brasil, usando dados espectrais de campo e imagens orbitais multiespectrais. **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v. 2, n. 2, p. 88-102, 2007.

FERREIRA, A. B. & FILHO, W. P. Avaliação da Reflectância Espectral de Corpos D'água em Santa Maria-RS por Meio de Espectrorradiometria de Campo. **Revista eletrônica do Curso de Geografia – Campus Jataí/GO – UFG**. Site: www2.jatai.ufg.br/ojs/index.php/geoambiente. N.13 | jul-dez/2009.

PONZONI, F. J. & SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos, SP: Ed. Parêntese, 2010, 136p.

PIMENTA, M. L da F., COURA, P. H. F., CRUZ, C. B. M., & LACERDA, E. R. Estudo das incertezas da definição de parâmetros no processo de correção atmosférica. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Foz do Iguaçu, PR, 13 - 18 de abril 2013. **Anais XVI SBSR**. São José dos Campos: INPE, 2013. P. 1915 – 1922. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.18.08/doc/p1019.pdf>> Acesso em 17 out. 2014.

USGS. **Landsat Missions**: Using the USGS Landsat8 Product. U.S. Department of the Interior - U.S. Geological Survey – NASA. Site: <http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php>. Acesso em: 20/10/2014.

VERMOTE, E. F.; TANRE, D.; DEUZE, J. L.; HERMAN, M. & MORCRETTE, J. J. *Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: an overview*. **IEEE Trans. Geosc. and Remote Sens.** 35<3>: 675-686, 1997.