

## **Avaliação do ajustamento geométrico e espectral de dados Rapideye e Landsat 8, visando a integração de dados multisensores**

Roberta Brasileiro<sup>1</sup>

Paula Maria Moura de Almeida<sup>1</sup>

Carla Bernadete Madureira Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>- Universidade Federal do Rio de Janeiro – Departamento de Geografia

Laboratório Espaço de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais

219490-900 – Rio de Janeiro – RJ, Brasil

roberta.brasileiro.c@gmail.com; almeida.pmm@gmail.com; carlamad@ufrj.br

**Abstract.** The increasing demand for geospatial information has been transforming the data from satellite images in a huge data resource for the whole society, with a important emphasis on the images that can be acquired for free. Today, in Brazil, the Landsat and RapidEye images are available, but they have a different spatial, spectral, and temporal resolution. This paper intends to evaluate the geometric and spectral adjustment of Landsat 8 and RapidEye, with a view to promoting the integration of these data correctly in future maps. To evaluate these adjustments, the images were corrected for atmospheric effects and their indices NDVI for before and after correction were also generated. The results were comparatively evaluated from the data collection. We conclude that it is important take care in the pre-processing of images before any application, especially if the intention is to integrate different sensors with different resolutions. We also highlight the importance of the geometric adjustment and the spectral adjustment between the images, to have a correct result and enable reproducible the methodologies in other scenes.

**Palavras-chave:** Pré-processamento de imagens, correção Atmosférica, ATCOR, NDVI.

### **1. Introdução**

A crescente demanda por planejamentos precisos de uso racional dos recursos naturais, vem transformando as imagens de satélites em uma importante fonte de recurso de dados e informações para toda a sociedade. Dentre essas imagens, aquelas disponibilizadas gratuitamente recebem ainda mais atenção, pois constituem fonte vital para o desenvolvimento científico e tecnológico do país, além de serem a principal base de informações para muitos órgãos públicos.

O programa Landsat oferece o maior registro mundial contínuo da superfície da Terra. Desde o início da década de 1970, a série Landsat tem continuamente e consistentemente arquivado imagens da Terra, disponibilizadas de maneira gratuita a partir dos anos 2000; possibilitando o acesso a um banco de dados incomparável não só para análises temporais, como também para análises e projetos ambientais (USGS, 2014).

Em 2012, o Ministério do Meio Ambiente, através do Programa de Regularização Ambiental, implementou uma série de estratégias, procedimentos e ações que apoiam a ocupação sustentável das áreas rurais, buscando sua valorização no Brasil. Uma dessas ações é a disponibilização de um conjunto de imagens obtidas pelos satélites RapidEye para apoiar a obtenção das informações geoespaciais temáticas relacionadas ao Programa de Regularização Ambiental (MMA, 2014).

Pelo exposto, as imagens provenientes dos satélites Landsat e Rapideye constituem hoje um conjunto de imagens de grande importância para a comunidade brasileira, possuindo um enorme potencial de resposta a esta crescente demanda de informações espacializadas. Porém, suas distintas resoluções espaciais, espectrais, e temporais podem dificultar a integração destes dados em um mesmo projeto, gerando assim, um subaproveitamento dos mesmos.

Para a integração de dados de múltiplos sensores, diferentes esforços vêm sendo criados para o refinamento da geração destes mapas, com inúmeras propostas de metodologias automáticas e semiautomáticas (Quintano, 2011; Vicens, 2006). Ao mesmo tempo, é crescente a busca por métodos que possam ser replicados em extensas áreas, utilizando diversas fontes de imagens e diversas cenas. No entanto, alguns cuidados relacionados ao pré-processamento podem aprimorar os resultados gerados.

Inicialmente, é essencial que os dados detenham uma exatidão geométrica que responda eficientemente em relação a técnica desejada a fim de possibilitar a correta integração e o correto relacionamento espacial das informações. Do mesmo modo, a investigação do ajustamento espectral dos alvos nas diversas fontes utilizadas é importante para garantir a correta modelagem dos mesmos e sua replicabilidade em outras cenas. Contudo, muitas vezes o usuário não realiza estas análises previamente a aplicação dos dados.

Com base no exposto, o presente trabalho objetiva avaliar o ajustamento geométrico e espectral das imagens Landsat 8 e Rapideye, com o intuito de favorecer a integração destes dados de maneira correta em futuros mapeamentos, que possibilitam não só sua execução eficiente, como também a replicabilidade do modelo.

## 2. Materiais e Método

Inicialmente, buscou-se um recorte espacial com uma grande diversidade de alvos espectrais que possibilitassem uma comparação efetiva entre diferentes classes. Seguindo este critério, foi selecionada a região dos municípios de Itaguaí, Seropédica, Nova Iguaçu e Rio de Janeiro, utilizando como recorte espacial, a cena de imageamento do satélite Rapideye (menor cena), ilustrados na figura a seguir (figura 1):

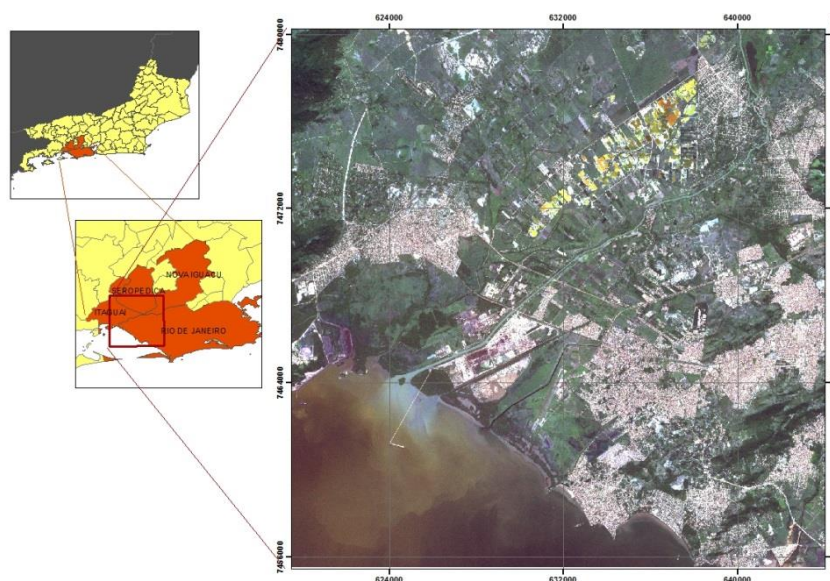


Figura 1: Mapa da área de estudo

As imagens foram adquiridas já ortorretificadas (nível 3A para Rapideye, e nível 1 para Landsat 8), com as características descritas na tabela 1:

Tabela 1: Características das Imagens utilizadas no estudo

	Rapideye	Landsat 8
Data de Aquisição	23/04/2011	14/05/2013
Cena	9977331	217 / 76
Número de Bandas	5	11
Resolução Espectral	0,44 $\mu\text{m}$ e 0,85 $\mu\text{m}$	0,43 $\mu\text{m}$ a 12,51 $\mu\text{m}$
Resolução Radiométrica	12 bits	12 bits
Resolução Temporal	1 dia	16 dias
Resolução Espacial	5 m (após ortorretificação)	30 m (multiespectral) / 15 (pancromática)
Escala Compatível	1:25.000	1:100.000

Em seguida foram coletados manualmente 16 pontos de controle, correlatos em ambas imagens, para avaliação do ajustamento geométrico entre elas e sua qualificação de acordo com o erro médio.

Em paralelo a esta análise, iniciou-se o processo de correção atmosférica das imagens. Segundo Ponzoni (2001), os procedimentos aplicados às imagens visando mitigar o efeito da atmosfera, acarretam alterações nos atributos espectrais e radiométricos de diferentes objetos, o que por sua vez pode interferir em processos de classificação digital, ora facilitando, ora dificultando a separabilidade de diferentes classes de interesse. Tal efeito, pode não gerar tantas incertezas quando a classificação é baseada em dados advindos de uma só fonte. Porém, quando se realiza uma classificação com diversos sensores diferentes, a correção atmosférica adquire extrema importância devido a mitigação dos efeitos externos, e compatibilização das respostas espectrais dos alvos.

Para a realização da correção atmosférica foi selecionado o modelo ATCOR (*Atmospheric and Topographic Correction for Satellite Imagery*), alimentado por dados sobre as condições atmosféricas no momento da aquisição do imageamento (data e hora de aquisição da imagem, tipo de sensor, ângulo de azimute solar, ângulo zenital solar, elevação média, ponto central da cena, visibilidade, e modelo de aerossóis).

O programa ERDAS IMAGINE 2013 incorpora o módulo ATCOR2, convertendo em um só processo:

- Conversão de valores digitais em níveis de cinza para radiância espectral, de acordo com o arquivo de calibração (contendo o *gain* e o *bias*) específico para cada sensor;
- Conversão de radiância para reflectância aparente (ou no topo da atmosfera)
- Correção atmosférica segundo o código MODTRAN (*Moderate Resolution Atmospheric Transmission*);
- Conversão para reflectância de superfície
- E finalmente, conversão dos resultados para valores digitais novamente.

As maiorias dos dados que necessitam ser alimentados no programa estão presentes nos metadados das imagens, com exceção para a elevação média (adquirida a partir do Topodata da área); o modelo de aerossóis e de clima; e a visibilidade. De acordo com Geosystems, 2013, o modelo de aerossóis rural para médias latitudes no verão se adequa a maioria das imagens, sendo escolhido para o processamento. Para os parâmetros de visibilidade, foram selecionados os valores indicados pelo módulo SPECTRA do ERDAS, que utiliza a checagem de *pixels* escuros nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo para estimar a profundidade óptica (Geosystems, 2013; Pimenta, 2013).

Também foram gerados os Índices de Vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), devido a sua ampla utilização para técnicas de mapeamentos, e também como uma informação comparativa entre os sensores, baseada na resposta física dos alvos. Assim, o mesmo foi gerado para as imagens antes e após a técnica de correção. Este índice nada mais é que uma aritmética entre bandas do vermelho e do Infravermelho próximo, seguindo esta equação (1):

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

Onde, NIR = reflectância espectral da banda do sensor na faixa do infravermelho próximo; e R = reflectância espectral da banda do sensor na faixa do vermelho.

Para o satélite Rapideye, foram utilizadas as bandas 3 (red) e 5(NIR), e para o satélite Landsat 8, foram utilizados as bandas 4 (red) e 5 (NIR).

Esta equação gera um índice que varia de -1 a 1, onde áreas com vegetação mais vigorosa tendem a apresentar valores positivos altos, acima de 0,5; áreas de solo exposto tendem a apresentar valores mais baixos, entre 0 e 0,2, podendo até alcançar valores negativos; e, finalmente, os corpos de água alcançam valores ainda mais baixos, menores que 0 (Eduardo, 2013).

Logo, para análise e discussão dos resultados gerados, foram coletadas 5 amostras poligonais para cada classe (vegetação, solo, e água) para os dois sensores, antes e após a correção atmosférica, a fim de avaliar a influência da correção nos dois casos, e a coerência das respostas espectrais entre eles. Estas classes foram selecionadas por serem as mais utilizadas em trabalhos científicos, propiciando comparações com a literatura existente. Para as análises do índice de vegetação, foram utilizadas as mesmas classes descritas anteriormente (vegetação, solo, e água), tendo sido coletadas 10 amostras pontuais aleatórias estratificadas (seguindo classes previamente localizadas).

### 3. Resultados e Discussão

Inicialmente foi avaliado o ajustamento geométrico entre ambos os sensores, obtendo-se um distanciamento médio de 90% dos pontos de controle (15 pontos) de aproximadamente 7 metros, conforme a tabela a seguir (tabela 2):

**Tabela 2: Ajustamento Geométrico entre Rapideye e Landsat 8**

<b>Ajustamento Geométrico entre Rapideye e Landsat 8</b>	
Média	7,232
Desvio Padrão	4,286
Maior erro encontrado (dentro dos 90%)	15,553
Menor erro encontrado	1,548

Considerando o desvio padrão dos erros, e a subjetividade implícita no método de amostragem utilizado, o resultado pode ser considerado bastante positivo, pois o deslocamento entre as imagens, é muito menor que 1 pixel para as imagens Landsat (multiespectrais e pancromática), e um pouco maior que um 1 pixel para as imagens Rapideye. Contudo, esta diferença deve ser analisada e avaliada previamente à aplicação de diversas técnicas de mapeamento e/ou processamento de imagens; o que por muitas vezes não são realizadas pelos usuários. Modelos como o Modelo Linear de Mistura Espectral, que utilizam a localização do pixel como base para seus processamentos (Quintano, 2011); ou mesmo métodos como Análises de Imagens Baseadas em Objetos (GEOBIA - *Geographic Object-Based Image Analysis*), que utilizam o fator localização como componente chave em sua análise (Vicens, 2006) podem sofrer alterações em seus processos decorrentes desta diferença.

Outro esforço de pré-processamento importante a ser analisado previamente à aplicação de modelos, é o ajustamento e compatibilização das respostas espectrais dos alvos. As duas imagens selecionadas para o estudo possuem significativas diferenças entre as bandas multiespectrais em suas resoluções espectrais (demonstradas na tabela 3).

**Tabela 3: Resoluções espectrais dos satélites Landsat 8 e Rapideye**

<b>LANDSAT 8</b>		<b>RAPIDEYE</b>	
<b>Banda</b>	<b>Comprimento (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Banda</b>	<b>Comprimento (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Banda 1 – Coastal aerosol	0.43 – 0.45	Banda 1 - Blue	0.44 – 0.51
Banda 2 – Blue	0.45 – 0.51	Banda 2 – Green	0.52 – 0.59
Banda 3 – Green	0.53 – 0.59	Banda 3 – Red	0.63 – 0.68
Banda 4 – Red	0.64 – 0.67	Banda 4 - Red-edge	0.69– 0.73
Banda 5 – Near Infrared	0.85 – 0.88	Banda 5 – Near Infrared	0.76 – 0.85
Banda 6 – SWIR 1	1.57 – 1.65		
Banda 7 – SWIR 2	2.11 – 2.29		

Estas diferenças, no entanto, podem gerar inconformidades entre o comportamento das mesmas classes, numa mesma área. Sendo assim, tal efeito poderia alterar diversos processamentos e modelagens ambientais baseados nas mesmas. Neste contexto, a correção atmosférica comprovadamente apresentou grandes benefícios para a adequação de respostas dos alvos nos dois sensores, demonstrados a seguir.

A partir da correção atmosférica, todos os valores em todas as imagens obtiveram uma variação negativa em relação aos valores encontrados anteriormente à correção; sendo as bandas da imagem do satélite Landsat 8, as que mais variaram. Em relação aos deslocamentos em cada banda espectral, as bandas com menores comprimentos de ondas (até a faixa do vermelho) foram as que mais apresentaram alterações (segundo tabela 4, coluna média bandas). Esse efeito pode ser explicado pelo espalhamento do tipo *Rayleigh* (ou espalhamento molecular), causado pelas moléculas da atmosfera que têm diâmetros muito menores que o comprimento de onda. O efeito desse tipo de espalhamento é inversamente proporcional à quarta potência do comprimento de onda da radiação eletromagnética, resultando em uma maior intensidade deste tipo de espalhamento, em menores comprimentos de onda (Latorre, 2002).

Como também podemos visualizar na tabela abaixo (tabela 4) em ambos os sensores, a classe que apresentou maior variação entre os valores encontrados antes e depois da correção atmosférica foi a de água (obtendo -98% na Landsat 8, e -73% no Rapideye); seguido da vegetação (-93% na Landsat 8, e -46% no Rapideye), e por último o solo exposto (-79% na Landsat 8, e -16% na Rapideye).

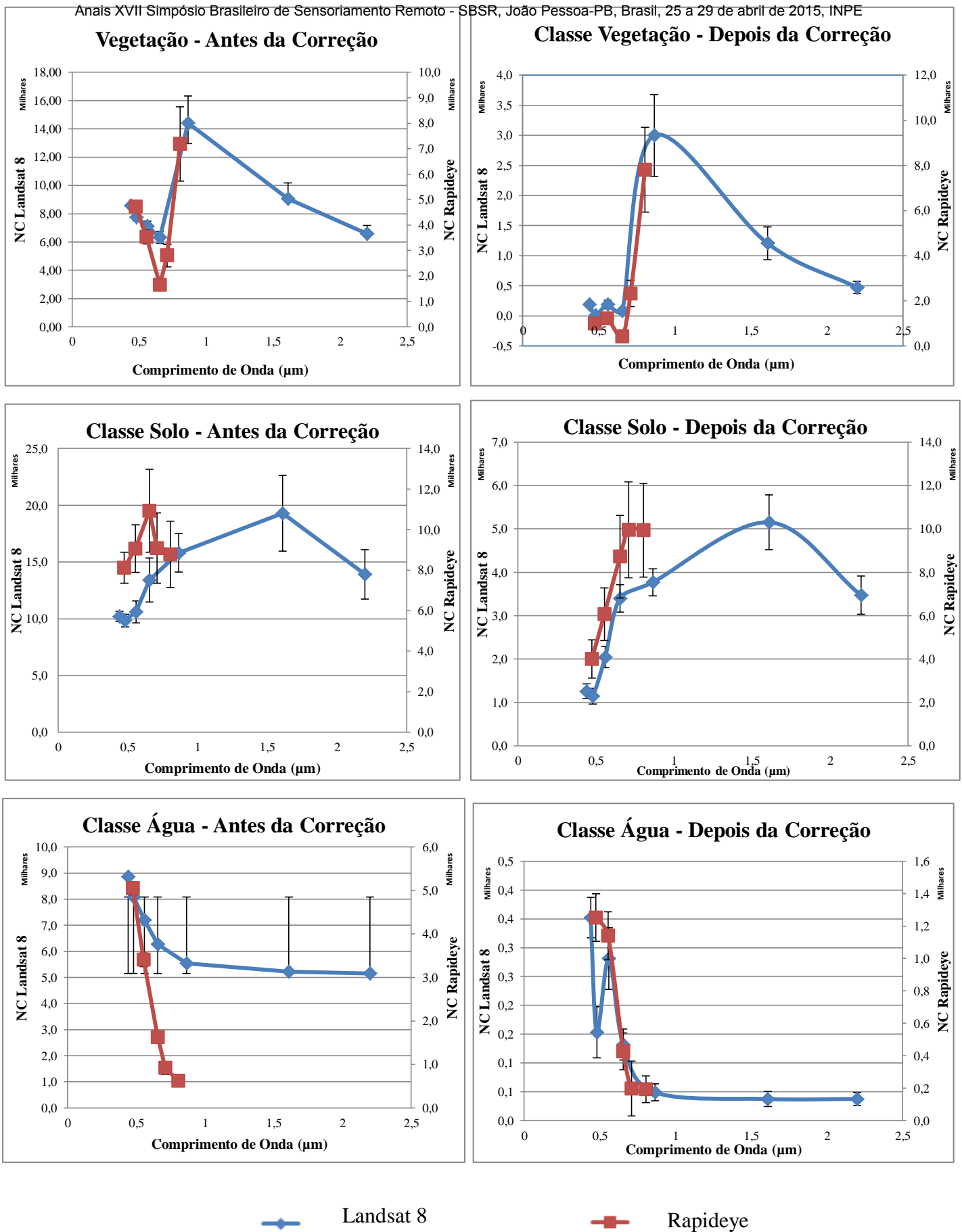
Tabela 4: Variações nos valores digitais de diferentes classes, antes e após a correção

SATÉLITE LANDSAT 8				
Bandas	Varição Água	Varição Solo	Varição Vegetação	Médias Bandas
Banda 1	-0,96	-0,88	-0,09	-0,94
Banda 2	-0,98	-0,88	-0,10	-0,95
Banda 3	-0,96	-0,81	-0,16	-0,91
Banda 4	-0,98	-0,75	-0,24	-0,90
Banda 5	-0,99	-0,76	-0,23	-0,85
Banda 6	-0,99	-0,73	-0,26	-0,86
Banda 7	-0,99	-0,75	-0,24	-0,89
<b>Média Amostras</b>	<b>-0,98</b>	<b>-0,79</b>	<b>-0,19</b>	

SATÉLITE RAPIDEYE				
Bandas	Varição Água	Varição Solo	Varição Vegetação	Médias Bandas
Banda 1	-0,75	-0,51	-0,79	-0,68
Banda 2	-0,66	-0,33	-0,66	-0,55
Banda 3	-0,74	-0,20	-0,74	-0,56
Banda 4	-0,78	0,10	-0,17	-0,29
Banda 5	-0,69	0,13	0,09	-0,16
<b>Média Amostras</b>	<b>-0,73</b>	<b>-0,16</b>	<b>-0,46</b>	

Examinando a média dos valores digitais coletados em todas as bandas, podemos observar o melhor ajustamento do comportamento dos alvos em relação a sua assinatura espectral esperada (como a vegetação apresentando os maiores valores na banda verde da faixa do visível, por exemplo), como é ilustrado na figura 2:



—◆— Landsat 8                      —■— Rapideye

Figura 2: Comparação entre médias dos valores digitais coletados para antes e depois da correção atmosférica.

Com base na mesma figura, também nota-se que o comportamento espectral das classes se acercou significativamente entre si após a correção atmosférica, favorecendo qualquer processamento que venha a integrar estes dados.

Entretanto, ainda que o comportamento espectral dos alvos tenha ganhado uma forma mais condizente com o esperado, a escala de grandeza dos valores digitais foi consideravelmente alterada durante o processo de correção. Neste sentido, cabe ressaltar a importância dos cuidados no pré-processamento dessas imagens antes de qualquer aplicação que se destine a integração dos mesmos. Em casos como este, mudanças na escala de grandeza de valores digitais, podem vir a superestimar ou sobrestimar as respostas espectrais dos alvos, alterando a modelagem dos mapeamentos que se baseiem nestes valores, e consequentemente seus resultados.

A utilização de índices poderia auxiliar na análise. Devido a aritmética realizada entre bandas, diferenças como estas podem ser mitigadas; além de gerarem um novo dado que auxilia na separabilidade das diferentes classes de interesse. Por isso, também foram realizadas comparações entre os valores de NDVI das imagens não corrigidas e corrigidas atmosféricamente, que podem ser observadas na figura a seguir (figura 3):

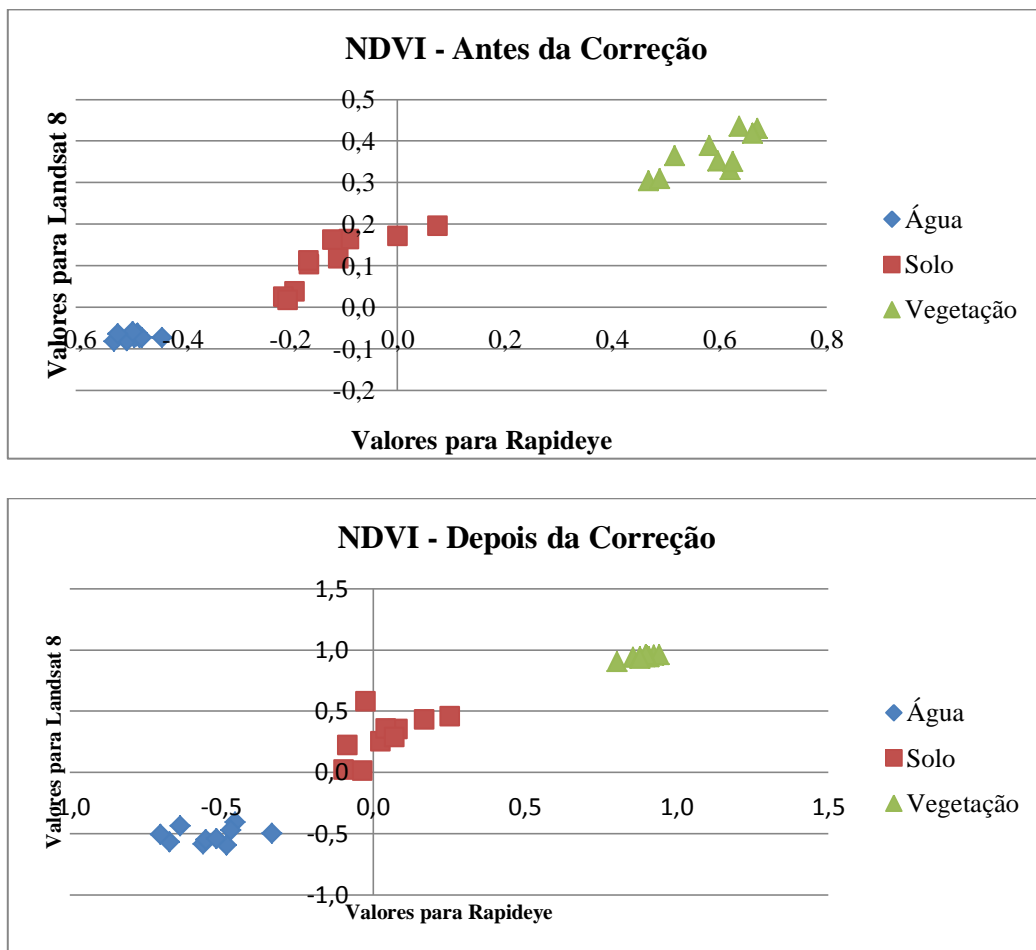


Figura 3: Comparação entre os resultados obtidos a partir do NDVI para antes e depois da correção atmosférica

Observando a figura 3 é possível notar que após a correção atmosférica, as classes utilizadas se aproximam internamente (intra-classes), ao mesmo tempo em que se separam externamente (inter-classes), auxiliando bastante na separabilidade das classes. A própria escala dos valores utilizados variou consideravelmente, afastando numericamente essas

classes, e favorecendo ainda mais esse processo de separação. Portanto, além de servir como um dado comprovadamente eficiente na separação de classes; o NDVI pode intervir de maneira positiva nas para técnicas de integração das imagens para os satélites Landsat 8 e Rapideye.

#### 4. Conclusão e considerações finais

Para o caso das imagens Rapideye e Landsat 8 estudadas, conclui-se que as mesmas detêm um grande ajustamento geométrico entre elas (deslocamento médio de 7 metros), desprezível na escala de 1:25.000 por exemplo. No entanto, é preciso considerar previamente a técnica que irá ser aplicada, uma vez que este resultado poderá alterar os processos realizados.

Também podemos concluir que a correção atmosférica das imagens auxiliou não só no ajustamento das respostas espectrais das bandas para a assinatura espectral esperada dos alvos, como possibilitou também uma maior aproximação do comportamento espectral entre as imagens dos dois satélites. Contudo, algumas mudanças entre as imagens foram observadas, como a mudança na escala de grandeza dos valores digitais. Estas mudanças podem alterar a modelagem dos mapeamentos que se baseiem nestes valores, e consequentemente seus resultados.

Conclui-se ainda que a utilização do índice NDVI representa uma ferramenta chave nos processos de separabilidade das classes; e que corrigir os efeitos atmosféricos dessas imagens antes da geração desses índices, pode potencializar seus resultados, contribuindo para uma maior compatibilidade de respostas entre os sensores.

Portanto, a presente pesquisa ratifica a importância dos cuidados no pré-processamento de imagens anteriormente a sua utilização, especialmente se pretende-se integrar diferentes sensores, com diferentes resoluções. Destaca-se também a importância de avaliar principalmente o ajustamento geométrico entre as imagens selecionadas (a fim de possibilitar a correta integração e o correto relacionamento espacial das informações); e o ajustamento espectral (para que se garanta a correta modelagem dos mesmos e sua replicabilidade em outras cenas); demandando maiores cuidados e investigações científicas neste sentido.

#### 5. Referências Bibliográficas

- Eduardo, B. F. S.; et al.. Avaliação da influência da correção atmosférica no cálculo do índice de vegetação NDVI em imagens Landsat 5 e RapidEye. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013, Foz do Iguaçu**. Anais on line. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0525.pdf>> . Acesso em: 28 out. 2014
- Geosystems. **ATCOR for ERDAS IMAGINE 2013: Haze Reduction, Atmospheric and Topographic Correction**. Germany: Germering, 2013. 226 p.
- Latorre, M.; et al. Correção Atmosférica: Conceitos e Fundamentos. Espaço & Geografia, v. 5, p. 153-178, 2002. MMA. **Sobre o projeto**. Disponível em: <<http://geocatalogo.ibama.gov.br/sobre.jhtml>> . Acesso em: 28 out. 2014.
- Pimenta, M. L. F.; et al. Estudos das incertezas da definição de parâmetros no processo de correção atmosférica. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013, Foz do Iguaçu**. Anais on line. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1019.pdf>> . Acesso em: 28 out. 2014
- Ponzoni, F.J. Comportamento espectral da vegetação. In: Meneses, P.R.; Netto, J.S.M. (Org.). **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília: UNB/Embrapa Cerrados, 2001. cap. 5, p. 157-199.
- Quintano, C.; et al. Aplicação do modelo linear de mistura espectral para o mapeamento de queimadas no Parque Nacional das Emas. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16., 2011, Curitiba**. Anais on line. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0685.pdf>> . Acesso em: 28 out. 2014
- USGS. **Landsat Project Description**. Disponível em: <[http://landsat.usgs.gov/about\\_project\\_descriptions.php](http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php)>. Acesso em: 28 out. 2014.
- Vicens, Raúl Sanchez ; Cruz, C. B. M. ; Faber, Otto Alvarenga . Object-based image analysis for meso-scale approach: The experience of Landover mapping of the Brazilian Coastal Rainforest Biome. In: **1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006)**, 2006, Salzburg. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (CD-ROM), 2006. v. XXXVI.