

## Remoção de Stripes e Correção Atmosférica de Imagem EO-1/Hyperion, no Estado do Rio de Janeiro

Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza <sup>1</sup>

Raúl Sánchez Vicens <sup>1</sup>

Carla Bernadete Madureira Cruz <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense – LAGEF - Instituto de Geociências  
Av. Litorânea, s/n, sala 506 - Boa Viagem- Niterói - RJ  
CEP 24.030.340  
elizabethmfr@gmail.com  
rcuba@vm.uff.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ  
Depto. de Geografia – Grupo de Sensoriamento Remoto ESPAÇO  
Campus Ilha do Fundão, CCMN, Bloco 1. I s/ 012 – CEP 21941-590 – Rio de Janeiro- RJ  
carlamad@gmail.com

**Abstract.** The hyperspectral remote sensing has the potential to provide details about the physical and chemical properties of the materials present in the imaged surface, including chemical and biochemical composition, degree of crystallinity and morphology. The Hyperion Instrument was the first imaging spectrometer to acquire routinely grade science data from Earth orbit. The use of these images have been studied to differentiate mineral analysis of vegetation, water resources and mineral differentiation. This paper describes a methodology for the initial removal of noisy tracks called stripes, as well as the procedures tested for atmospheric correction Hyperion scenes. For research we used the software ENVI 4.5 and Hyperion image acquired on June 10, 2008 level 1R. After selecting the image bands were corrected using the functions Basic Tools - Convert Date, Rotate / Flip and date Replace bad lines in the ENVI software. We analyzed the spectral curves of reflectance and radiance to validate the process of atmospheric correction of Hyperion image. At that stage were selected as targets representing water, vegetation and exposed soil. Graphics were created to highlight the trend of colored targets and compositions for qualifying radiometric correction of the scenes. The methodology was adequate for the application in Hyperion images.

**Palavras-chave:** Hyperspectral remote sensing, image processing, vegetation, sensoriamento remoto hiperespectral, processamento de imagens, vegetação.

### 1. Introdução

As técnicas de sensoriamento remoto hiperespectral apresentam caráter inovador pela capacidade de identificação e diferenciação de alvos na superfície terrestre. Isso ocorre em função da discriminação das propriedades físico-químicas, resultante da interação eletromagnética dos alvos com o sensor.

O objetivo principal deste estudo consiste em avaliar os procedimentos de remoção de ruídos *Stripes* e da correção atmosférica, necessários para a adequação de imagens hiperespectrais *Hyperion*/EO-1. O estudo apresenta os resultados iniciais de uma pesquisa maior que busca contribuir para a caracterização de diferentes estágios sucessionais de vegetação da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro.

### 2. Metodologia

Durante o estudo foram utilizadas as imagens hiperespectrais do sensor *Hyperion*, a bordo do satélite orbital EO-1, obtidas junto a Agência Geológica Americana ou *U. S. Geological Survey*. A imagem *Hyperion* selecionada corresponde a uma faixa de imageamento que recobre aproximadamente 7,7 km no sentido perpendicular à direção de vôo, com extensão de

42 km. A imagem apresenta 256 colunas e 1400 linhas para cada banda. O trecho atravessa os municípios Paraíba do Sul, Areal, Petrópolis, Belford Roxo, Duque de Caxias, São João de Meriti, Três Rios e Rio de Janeiro. Além da cobertura vegetal de Mata Atlântica a região a ser analisada apresenta uma forte dinâmica do relevo e significativas áreas antropizadas. A Figura 1 apresenta a localização da faixa.

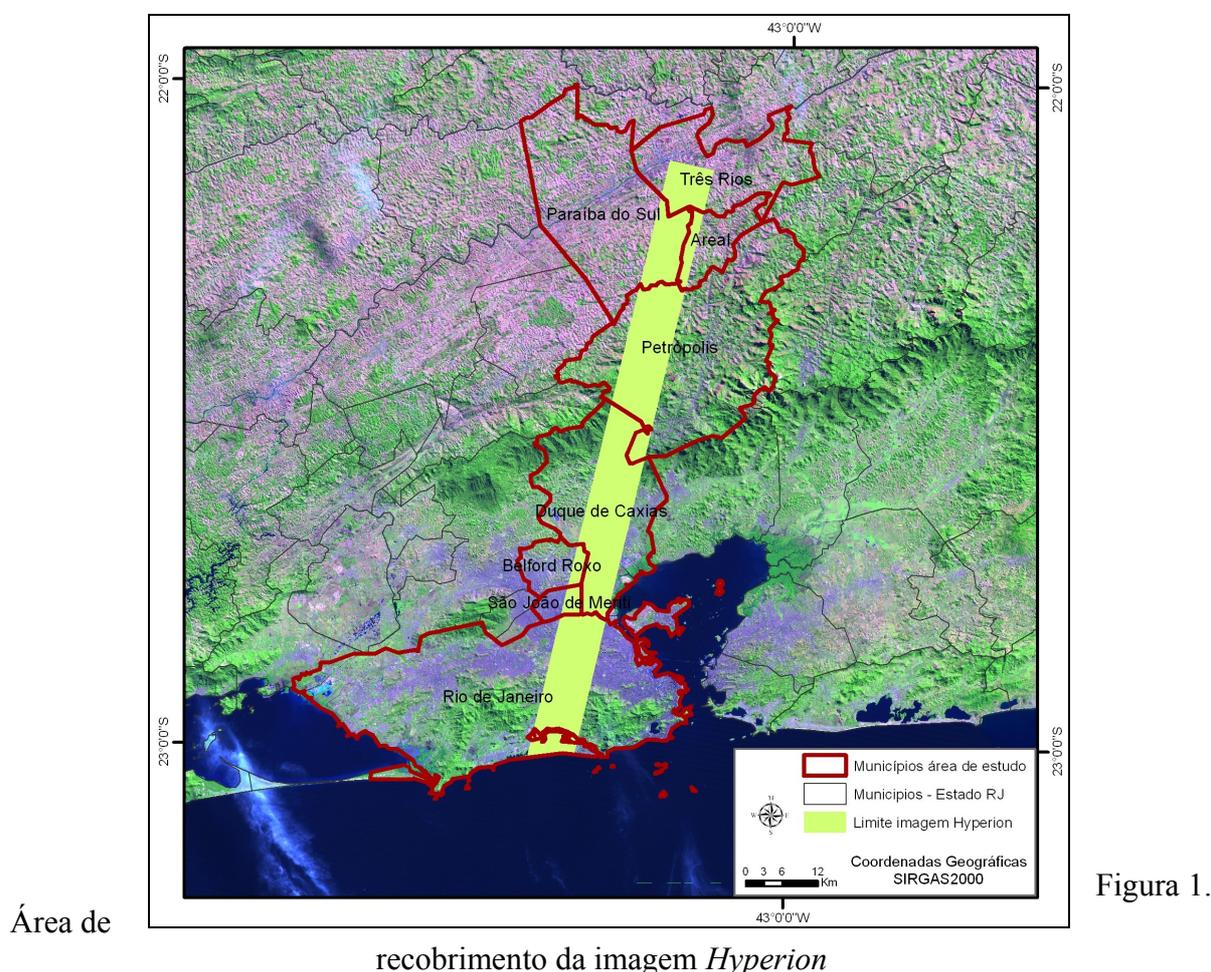


Figura 1.

As imagens Hyperion são fornecidas gratuitamente em dois níveis de correção: o nível 1R (com correções radiométricas e preparação dos dados para entrega aos usuários) e o nível 1Gst, que além das correções do modo 1R recebe correção geométrica. Ambos os níveis são fornecidos em valores de radiância de 16 bits e no formato HDF (*Hierarchical Data Format*) ou GeoTIFF (*Geographic Tagged Image File Format*). No presente estudo foram utilizadas imagens no nível 1R por facilitar o processo de remoção dos ruídos *stripes*, em função do padrão horizontal e/ou vertical dos mesmos. As imagens em formato GeoTIFF apresentam ruídos *stripes* no padrão perpendicular devido ao georreferenciamento, o que dificulta a sua remoção, sendo necessária a aplicação de filtros mais complexos.

A metodologia foi desenvolvida em três etapas principais, a saber: seleção de imagens, correção das cenas (remoção de *stripes* e correção atmosférica) e análise dos resultados. A Figura 2 apresenta um esquema com as etapas mencionadas.

Para a definição da área de estudo foi necessário observar a disponibilidade de cenas com boa qualidade visual, sem cobertura de nuvens para o ano de 2008. Essa limitação temporal se justifica pela disponibilidade de imagens Landsat do mesmo ano, que permitiram o mapeamento do uso e cobertura da terra do Estado do Rio de Janeiro, pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto Espaço do Departamento de Geografia da UFRJ, no âmbito do ZEE-

RJ, com apoio da Secretaria de Estado do Ambiente-SEA/RJ (ZEE, 2009). Esse produto servirá como parâmetro de comparação e análise para os resultados obtidos pela imagem *Hyperion*, nos trechos de recobrimento de Mata Atlântica, em etapas futuras da pesquisa.

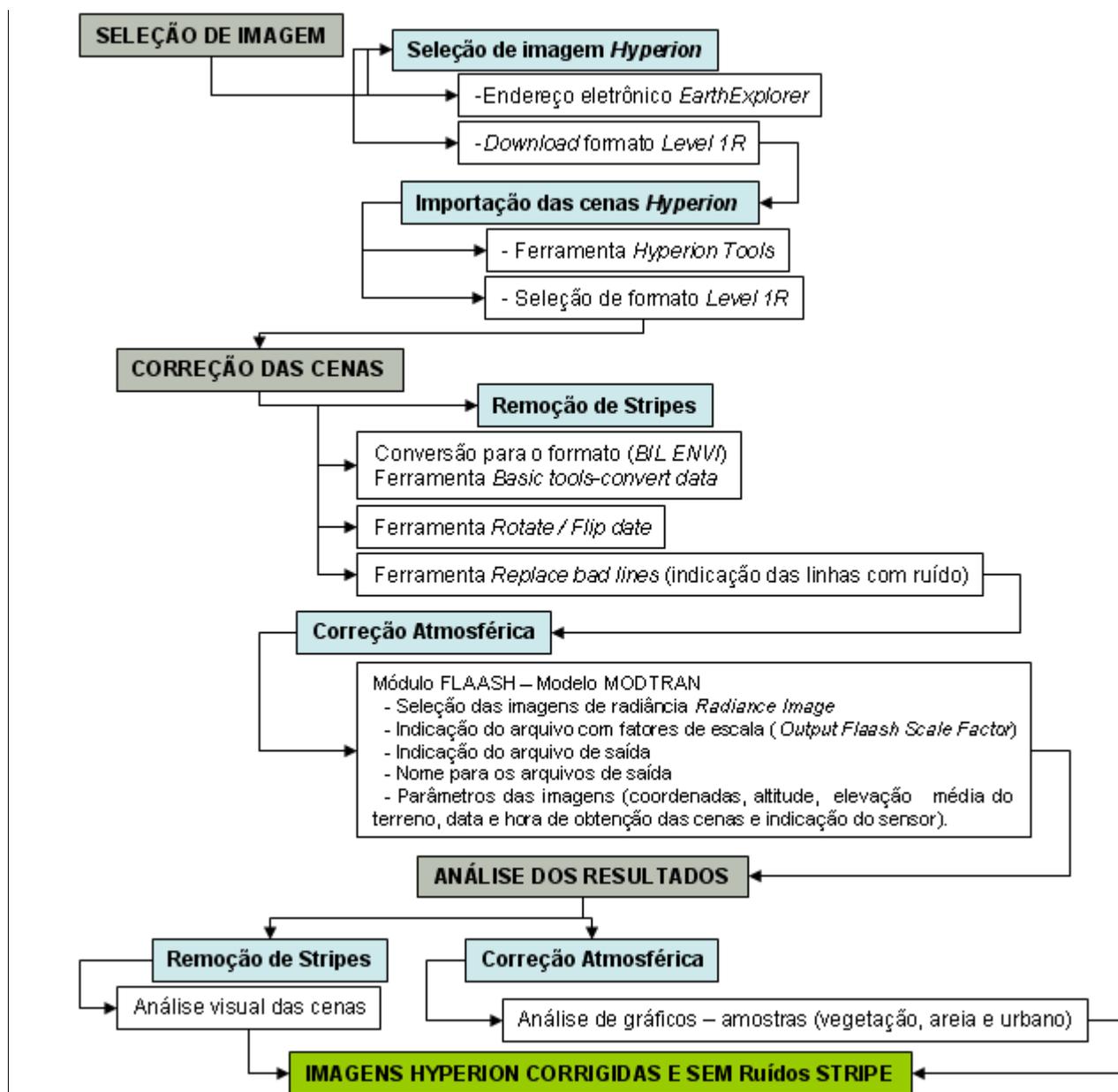


Figura 2. Fluxograma metodológico.

Na etapa inicial de seleção, as imagens foram obtidas por *download* a partir de consultas aos endereços eletrônicos *glovis.usgs.gov* e *earthexplorer.usgs.gov*. A imagem selecionada foi adquirida em 10 de junho de 2008 com baixa incidência de nuvens. Para a importação das cenas foi utilizada a ferramenta *Hyperion Tools* disponibilizada gratuitamente no endereço eletrônico *www.itvis.com*, como um *plugin* do *software* ENVI. Há uma rotina específica a ser executada para a visualização dessa ferramenta que pode ser consultada no mesmo endereço eletrônico.

Os principais parâmetros técnicos da imagem *Hyperion* selecionada podem ser consultados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros técnicos da cena *Hyperion EO-1* utilizada no estudo

Atributos das cenas <i>Hyperion</i>	Descrição
Código Identificador	EO1H2170762008162110PP SGS 01
Data de aquisição	10/6/2008
NW coordenada	22°20'33.10"S, 43°15'15.60"W
NE Coordenada	22°21'25.89"S, 43°10'52.65"W
SW Coordenada	23°25'42.02"S, 43°30'23.45"W
SE Coordenada	23°26'35.08"S, 43°25'58.30"W
Cobertura de nuvens	20% to 29% <i>Cloud Cover</i>
Início de imageamento	12:41:56 h
Fim de imageamento	12:42:15 h
Inclinação do satélite	98.11°

É importante destacar que o sensor *Hyperion* adquire dados em 242 bandas, de 10 nm de faixa de largura, no intervalo de 356 a 2577nm do espectro eletromagnético. A resolução espacial é de 30m e as informações são adquiridas no formato de 16 bits. Os dados são coletados por dois espectrômetros imageadores: um atuando no visível e infravermelho próximo (VNIR) e outro no infravermelho de ondas curtas (SWIR). Nem todas as bandas do sensor *Hyperion* são calibradas em função da diminuição da resposta do detector nos menores comprimentos de onda. Das 242 bandas presentes na imagem apenas 196 foram utilizadas neste estudo correspondendo às bandas de número 8 a 57 (na faixa do visível e infravermelho próximo) e as bandas de número 79 a 224 (na faixa do infravermelho de ondas curtas). Nesse caso pode-se considerar um espectro contínuo variando entre 426,82nm a 2395,5 nm. Vale ressaltar ainda que há uma pequena área de sobreposição entre o recobrimento dos espectrômetros no VNIR e SWIR. Dessa forma foram excluídas as bandas para a sobreposição mencionada 77 e 78 que recobrem a mesma faixa para as bandas 56 e 57. A Tabela 2 descreve as características das bandas *Hyperion*.

Tabela 2. Resumo de características das bandas *Hyperion*

Bandas	Sobreposição	Calibração	Espectro início (nm)	Espectro fim (nm)	Bandas consideradas
1-7 VNIR		Não	355,59	416,64	não
8-55 VNIR		Sim	426,82	905,05	sim
56-57 VNIR	SWIR 77-78	Sim	915,23	925,41	não
58-70 VNIR		Não	935,58	1057,6801	não
71-76 SWIR		Não	851,92	902,36	não
77-78 SWIR	VNIR 56-57	Sim	912,45	922,54	sim
79-224 SWIR		Sim	932,64	2395,5	sim
225-242 SWIR		Não	2405,6001	2577,0801	não

A etapa referente à correção das cenas incluiu a remoção dos *stripes* e a correção atmosférica. Segundo Souza (2009) as imagens *Hyperion*/EO-1 apresentam *pixels* ruidosos que formam “faixas escuras” perpendiculares à linha de varredura conhecidas como “*stripes*”. Deve-se destacar que a informação destes *pixels* já foi perdida durante a aquisição dos dados e que este procedimento não agrega informação às imagens, somente melhora seu aspecto visual. Para a remoção desses ruídos foi utilizada uma rotina de correção que substitui a linha escura pela média de seus vizinhos, na direção vertical por um algoritmo que automaticamente identifica e corrige as colunas. No entanto, o procedimento de correção foi executado para a correção das linhas a partir da rotação das cenas. Nesse caso foram utilizadas as ferramentas: 1. *Basic Tools - Convert Data* (para converter as cenas *Hyperion* para o formato padrão do ENVI - extensão BIL); 2. *Rotate/Flip date*, para transformar e rotacionar colunas em linhas; 3. *Replace bad lines* (utilizada para a indicação das linhas com ruído e correção das mesmas); e finalmente a conversão das linhas em colunas, utilizando novamente a ferramenta *Rotate/Flip date*.

A correção atmosférica foi realizada utilizando o módulo FLAASH – Modelo MODTRAN também disponível no *software* ENVI. Segundo Latorrei *et al* (2002) há atualmente na literatura diversos métodos para correção atmosférica aplicáveis aos dados hiperspectrais, sendo possível dividi-los em métodos alternativos e métodos físicos. Para os métodos alternativos são utilizadas informações próprias das cenas por meio dos valores dos *pixels* e seus números digitais que representam feições específicas. Sua desvantagem está na necessidade de alvos próprios e pré-definidos para o procedimento de correção e análise. No caso dos métodos físicos é necessário o conhecimento sobre as propriedades atmosféricas e do sensor, para identificar a interação e o comportamento da radiação com a atmosfera e a superfície terrestre. Esse método é mais usual, sobretudo para a correção de imagens *hyperspectrais*. O módulo FLAASH do ENVI é baseado no modelo de transferência radioativa MODTRAN- *Moderate Resolution Atmospheric Radiance and Transmittance* mais indicado para a correção atmosférica das cenas Hyperion. A etapa final consistiu na análise dos resultados obtidos com a remoção dos *stripes* e correção atmosférica. Para avaliar a correção atmosférica foram gerados gráficos que permitiram analisar os resultados, comparando valores de radiância e reflectância dos alvos (cenas sem correção atmosférica e com correção atmosférica). Para o desenvolvimento das etapas descritas foi utilizado o *software* versão ENVI 4.5 licenciado para a UFF, bem como, o *software* Arcgis 9.3, disponível no Laboratório ESPAÇO, Departamento de Geografia da UFRJ, para a confecção do mapa da área de estudo.

### 3. Resultados e Discussão

Para a correção dos ruídos *stripes* foram identificadas e contabilizadas as cenas com ruído. De um total de 242 bandas, 92 apresentaram ruídos *stripes* sendo necessária a correção para melhor identificação visual dos alvos. A Figura 3 apresenta dois recortes da banda 10 antes da correção do *stripe*, comparando o resultado após os procedimentos de extração das linhas defeituosas. É possível observar que os ruídos foram substituídos pela média dos *pixels* vizinhos, eliminando as falhas.

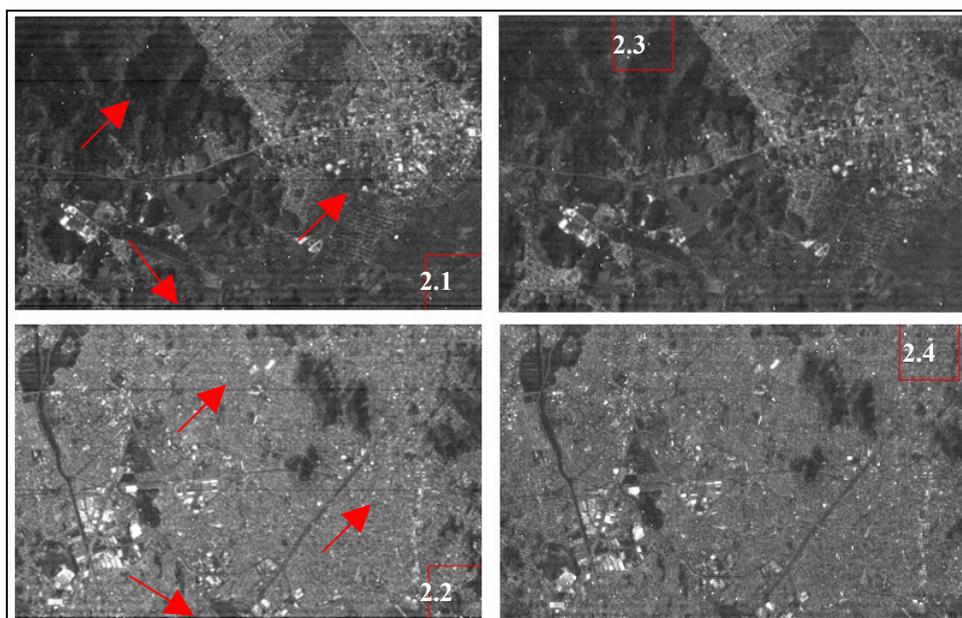


Figura 3. Recortes da banda 10 com ruídos *stripes* (linhas horizontais nas imagens 2.1 e 2.2) e os mesmos recortes com resultados após a remoção dos *stripes* (imagens 2.3 e 2.4)

Para a correção dos *stripes* foi executada a reparação dos pixels ruins, e verificada a qualidade da imagem. Esses *stripes* constituem linhas escuras contínuas ou intermitentes em algumas bandas. A presença dessas linhas "ruins" ocorre principalmente pela perda total de

informação ao longo de uma linha em uma determinada banda, devido a problemas provocados pela saturação de algum detector no momento da aquisição, registro ou transmissão dos dados. A correção dessa distorção demandou a identificação para cada banda de quais linhas apresentavam stripes. Esse procedimento foi executado pela ferramenta *Pixel Locator* do software *ENVI*, e após a identificação de todas as bandas e dos respectivos *stripes*, os mesmos foram corrigidos pela ferramenta *Replace Bad Lines*, indicando um valor unitário para a seleção de linhas vizinhas, e replicação da informação objetivando a correção dos ruídos. Esse procedimento selecionou a linha superior e inferior (após a identificação da linha central como linha apresentando *stripe*) e calculou a média entre elas para indicar a nova característica da linha com ruído. O resultado apresentado mostrou-se satisfatório para o estudo. A etapa de indicação das linhas com ruído demandou um esforço maior para os stripes intermitentes, pois a identificação dos mesmos exige uma busca visual mais apurada. Han *et al* (2002) destaca a diferenciação entre os diferentes *stripes* nas bandas da imagem *Hyperion* e aponta as dificuldades para a correção para os pixels intermitentes. A metodologia de correção dos stripes foi executada para as 92 bandas identificadas com a presença do ruído.

Para a correção atmosférica foram selecionadas as bandas calibradas e com boa qualidade visual totalizando 188 bandas excluídas as apresentadas na Tabela 2. Para a execução do módulo FLAASH no software *ENVI* foram adotados os seguintes parâmetros técnicos na imagem apresentados na Tabela 1, e ainda os seguintes parâmetros complementares:

- Elevação média com relação ao nível do mar: 800m apesar da região variar até a elevação máxima aproximada de 1700m;
- Modelo atmosférico (*atmospheric model*) “tropical” (por se tratar do Brasil, a indicação desse modelo para a latitude da imagem apresentou um melhor resultado);
- Modelo de aerossol urbano (pois a imagem recobre um trecho com alta densidade urbana no município do Rio de Janeiro e municípios vizinhos. Esse modelo apresentou um melhor resultado, quando comparado aos demais. Esse modelo considera uma mistura de 80% do aerossol rural com 20% de aerossóis de fuligem, se mostrando o mais apropriado, para a área com alta densidade urbana);
- Visibilidade inicial considerada foi 30 km, que representa uma visibilidade moderada;
- Algoritmo de espalhamento Modtran - ISAACS (por ser mais rápido e simplificado. Os demais modelos são utilizados quando a neblina apresenta-se muito forte e é necessária uma correção crítica nas faixas com comprimentos de onda mais curtos).

A Figura 4 destaca um recorte obtido de uma composição colorida 206/46/21RGB de cenas antes da correção atmosférica (cena à esquerda) e após a correção (cena à direita).

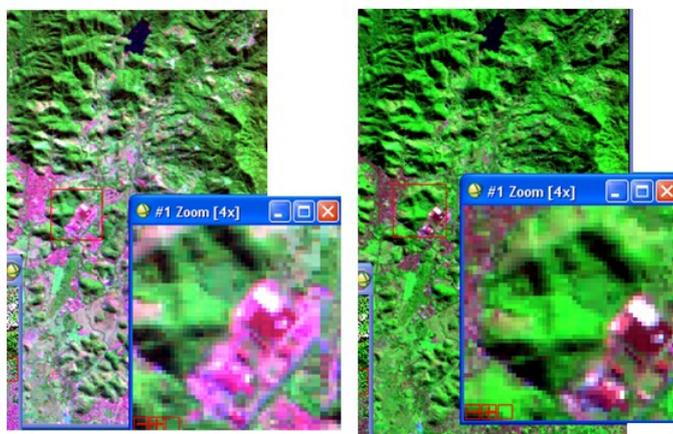


Figura 4: Imagem *Hyperion* antes e após a correção atmosférica

As curvas espectrais antes e após a correção atmosférica representam a radiância e reflectância dos alvos vegetação, areia e urbano, respectivamente, coletados a partir de amostras, como observado nas Figuras 5, 6 e 7.

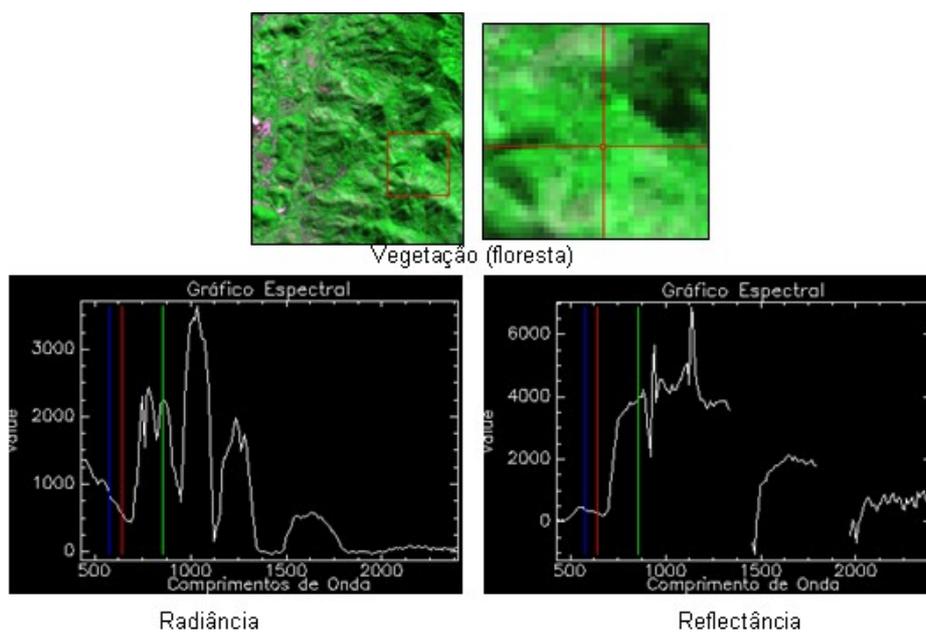


Figura 5: Radiância e reflectância da Vegetação (floresta)

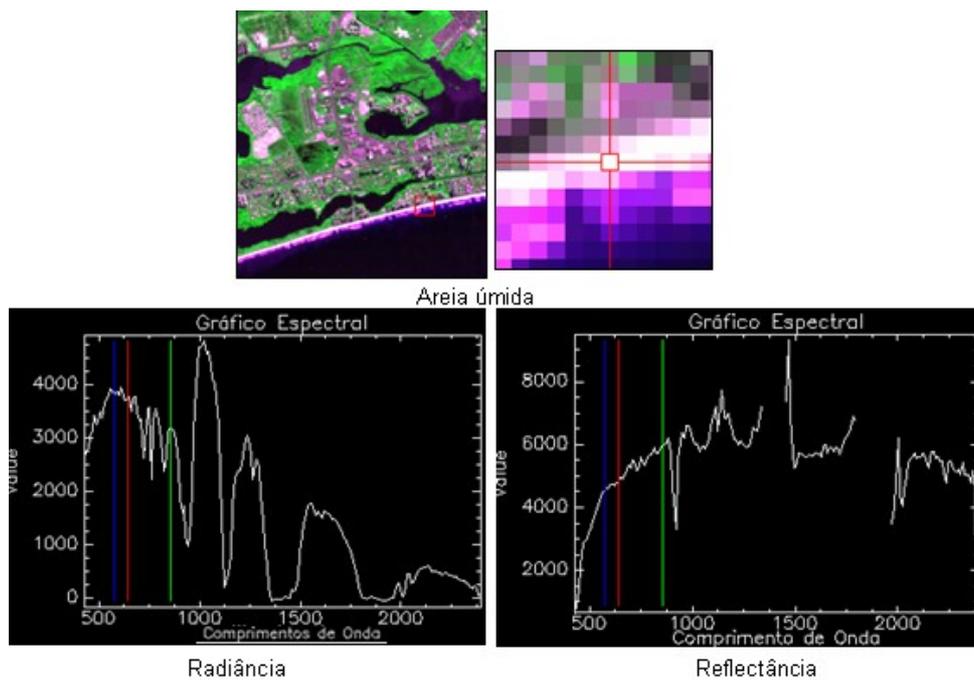


Figura 6: Radiância e reflectância da área úmida

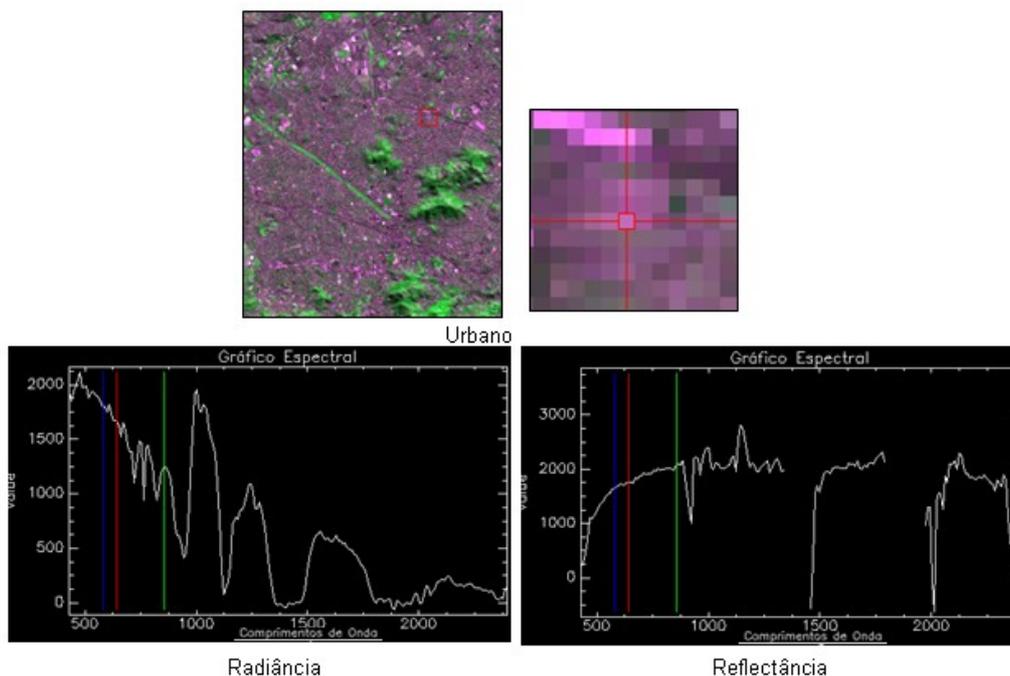


Figura 7: Radiância e reflectância de área urbana

As áreas com valores negativos nos gráficos de reflectância apontam bandas com intensa absorção de vapor d'água. Sugere-se que as bandas 120 a 132, 165 a 182, 185 a 187, sejam desconsideradas. As linhas azul, vermelha e verde dos gráficos representam o posicionamento das 3 bandas adotadas na composição colorida.

#### 4. Conclusões

Após o procedimento de correção atmosférica foram disponibilizadas bandas aptas para a correção geométrica e posterior classificação de uso e cobertura da terra. Essas etapas ainda serão desenvolvidas visando à identificação de estágios sucessionais da vegetação de Mata Atlântica. Para o desenvolvimento de etapas futuras da pesquisa pretende-se utilizar uma imagem estendida e programada da área, com 185 km de extensão, em complementação aos resultados já obtidos, visando obter maiores áreas com cobertura vegetal.

#### Referências Bibliográficas

Han, T.; Goodenough, D.G.; Dyk, A.; Love, J. **Detection and correction of abnormal pixels in Hyperion images**. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. Toronto, Canada. *Proceedings...* IEEE International, p. 1327-1330. 2002.

Latorre, Marcelo; Carvalho Júnior, Osmar Abílio de; de Carvalho, Ana Paula Ferreira; Shimabukuro, Yosio Edemir. **Correção atmosférica: conceitos e fundamentos (Concepts and Fundamentals of Atmospheric Correction)**. Revista Espaço e Geografia - Departamento de Geografia da Universidade de Brasília Volume 5, número (1) Páginas 153-178. 2002.

Souza, Alana Almeida de. **Estudo de fisionomias de Cerrado com dados de sensor Hyperion/EO-1**. INPE, 2009. 117p. (INPE-15780-TDI/1523). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2009.

ZEE-RJ. Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Rio de Janeiro. **Mapeamento de uso e cobertura do solo para o Estado do Rio de Janeiro - RJ na escala de 1:100.000**. IEF e UFRJ. 2009.