

## **Ajustamento geométrico e radiométrico entre imagens Landsat 5 e 8 para apoio de análises temporais**

Maíra Vieira Zani<sup>1</sup>  
Gabriel dos Santos Duarte<sup>1</sup>  
Carla Bernadete Madureira Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ  
Instituto de Geociências

Av. Athos da Silveira Ramos, 149. Prédio do Centro de Geociências Matemáticas e da Natureza, Bloco F, Ilha do Fundão.

Cidade Universitária  
21941-909 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil  
{mairazani.geo; gabriel11705; carlamad} @gmail.com

**Abstract.** New technologies play a fundamental role when applied to geographic research, especially with respect to the orbital images, since that enable a vision of multitemporal set of large areas of the land surface (Florenzano, 2007). The search for methods that enable the integration of data from different sensors is of great importance for research involving multi-temporal analysis. Thus, it is of paramount importance care related to pre-processing, since this step is crucial in the quality of the final product generated. The present study aims to analyze the potential of geometric and radiometric adjustment between Landsat images, Landsat 5, for the year 1994 (July 29), used to mapping and coverage of the state of Rio de Janeiro (Bueno, 2010) and Landsat 8, for the year 2014 (January, 25). Thus, the realization of this work is justified by the need to automate the mapping of changes in mesoscale processes, facilitating and accelerating this step. Besides the development of new methodologies in an attempt to minimize the difficulties by conventional methodologies of multi-temporal analysis.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, geometric correction, thematic mapping, sensoriamento remoto, processamento de imagens, correção geométrica, mapeamento temático

### **1.Introdução**

As novas tecnologias tem papel fundamental quando aplicadas à pesquisa geográfica, principalmente com relação às imagens orbitais, visto que possibilitam uma visão de conjunto multitemporal de grandes áreas da superfície terrestre (Florenzano, 2007). Esta visão do meio ambiente ou da paisagem torna possível estudos regionais e integrados, envolvendo diferentes áreas do conhecimento. Elas são capazes de mostrar os ambientes e a sua transformação.

É nesse contexto que se insere o presente estudo, visto que trata da primeira fase de uma pesquisa que tem por objetivo a análise espaço-temporal das áreas de floresta da Região Metropolitana do estado do Rio de Janeiro.

Para isso, o desenvolvimento de metodologias que permitam a integração de dados oriundos de diferentes sensores é de grande relevância para a eficácia e aprimoramento das pesquisas envolvendo análises multitemporais. Dessa forma, as etapas de pré-processamento devem ser tratadas com cautela, visto que esta etapa será fundamental na qualidade do produto final gerado.

Para que os mapeamentos sejam elaborados com qualidade se faz necessária à aplicação de técnicas de processamento digital para a adequação das imagens. Essas técnicas de processamento digital de imagens levam em consideração, normalmente, as características das imagens, como a resolução espectral, a resolução espacial e a resolução radiométrica, além dos dados auxiliares que permitirão a correção geométrica e radiométrica da imagem (NOVO, 2010). Para o presente trabalho foram investigadas técnicas de correção atmosférica, responsável pela correção dos efeitos diretos,

causados por conta da absorção e do espalhamento atmosférico, que acabam por produzir alteração do brilho da cena e a diminuição de contraste entre os alvos (ANTUNES, et al., 2012); e, principalmente, as técnicas de correção geométrica, que tem por finalidade ajustar as distorções sistemáticas introduzidas durante a aquisição das imagens (D'ALGE, 2001).

O grande desafio associado às pesquisas envolvendo análise multitemporal é a carência de fontes de dados pretéritos e, principalmente, de forma contínua, que possibilitem o uso do mesmo sensor. O recorte temporal analisado aqui compreende um intervalo de vinte anos (1994 a 2014), o que significa uma maior complexidade na busca por produtos que possuam as mesmas características, sendo assim passíveis de comparação. Nesse sentido, a série Landsat (*Land Remote Sensing Satellite*) se destaca, tendo início em 1972 com o lançamento do satélite ERTS-1 (Landsat-1). Em seguida foram lançados os Landsat 2 (1975), 3 (1978), 4 (1982), 5 (1984), 6 (1993), 7 (1999) e 8 (2013). Sendo assim, são 40 anos de imageamento e produção de dados contínuos, numa parceria INPE/NASA que possibilitou a disponibilização gratuita das imagens para toda a América do Sul, produtos estes que atendem a estudos variados em mesoescala (1:100.000). A série conta, hoje, com apenas dois satélites em operação: 7 e 8. Para o estudo em questão, devido ao intervalo temporal escolhido e disponibilidade de dados, serão utilizadas imagens do Landsat 5, referente ao ano 1994 (29 de julho de 1994) e 8, referente ao ano de 2014 (25 de janeiro de 2014).

Apesar de fazerem parte da mesma série, os satélites utilizados na pesquisa não possuem o mesmo tipo de sensor, foram utilizados o sensor TM (*Thematic Mapper*) do Landsat 5 e OLI (*Operational Land Imager*) do Landsat 8. Uma das principais diferenças entre eles se encontra na forma de aquisição de imagens, o primeiro utiliza a técnica *Wiskbroom*, enquanto que o segundo utiliza a técnica *Pushbroom*, caracterizada por não executar basculamento no momento de aquisição das imagens, o que possibilitou uma grande queda no erro de posicionamento. O erro que anteriormente encontrava-se entre 60 e 80 metros, agora encontra-se em torno de 12 metros, indicando uma escala ideal de 1:100.000 (KALAF et al., 2013).

Assim, a realização desse trabalho se justifica pela importância dos estudos temporais em mesoescala, largamente apoiados em imagens Landsat. No contexto atual das aplicações relacionadas à detecção de mudanças e classificações baseadas em objetos, se faz necessária a análise do potencial de integração dos múltiplos sensores Landsat.

### **1.1. Objetivo**

O presente estudo tem como propósito analisar o potencial de ajustamento geométrico e radiométrico entre imagens Landsat. Serão utilizadas imagens Landsat 5, referentes ao ano de 1994 (29 de julho de 1994), utilizadas para o mapeamento de uso e cobertura do estado do Rio de Janeiro (Bueno, 2010) e Landsat 8, referentes ao ano de 2014 (25 de janeiro de 2014). Caso ocorra o ajuste esperado, essas correções possibilitarão o encaixe do mapeamento temático (1994) a nova imagem (2014), fundamental para a próxima etapa do estudo em questão.

### **1.2. Área de Estudo**

A área de estudo (figura 1) abrange a cena 217/076 (Órbita/Ponto) dos satélites Landsat 5 e 8, compreendendo a região da Baía de Guanabara do estado do Rio de Janeiro. É importante destacar que por se tratarem de sensores distintos as imagens, apresentam características particulares como, por exemplo, o tamanho da cena, sendo, no caso em tela, “menor” nas imagens oriundas do Landsat 5.

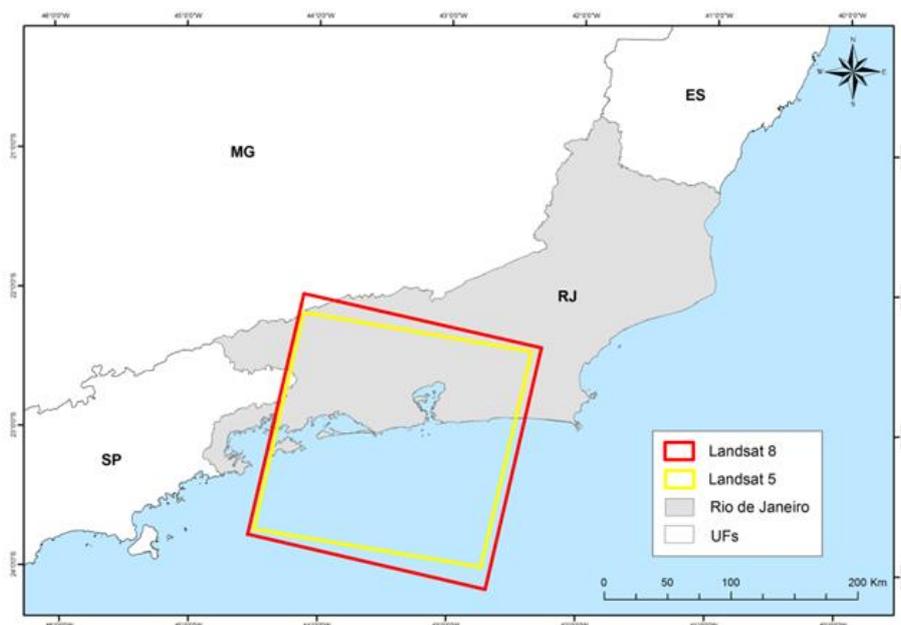


Figura 1. Articulação da cena 217/076 – Landsat 5 e 8.

## 2. Metodologia de trabalho

Para o presente trabalho foi utilizada a imagem corrigida que deu origem ao mapa de cobertura e uso da terra do estado do Rio de Janeiro, com ano-base em 1994 (Bueno, 2010). O produto final foi elaborado em escala de 1:100.000, através de classificação orientada a objetos com o uso de imagens do sensor TM do satélite Landsat 5, do modelo digital de elevação do SRTM e de um mapa geomorfológico. O sistema utilizado para a classificação digital foi o Ecognition/ Definiens.

Para executar a correção atmosférica, realizada somente para a imagem Landsat 8 (2014) foi utilizado o módulo ATCOR (*Atmospheric and Topographic Correction for Satellite Imagery*), do software PCI Geomatics.

Numa primeira etapa foi realizado o download, por meio do site do Serviço Geológico Americano (USGS), da imagem do sensor OLI do satélite Landsat 8 (25 de janeiro de 2014), em seguida foi realizada a correção atmosférica da imagem em questão.

Para a execução da correção atmosférica foi gerado um arquivo único (*stack*), com todas as bandas (Tabela 1) a serem utilizadas, transformando-as num único arquivo do tipo img. É importante ressaltar que antes de qualquer processo a imagem precisou ser reprojeta para o hemisfério sul (Arcgis 10.1), visto que apesar da USGS fornecer todas as imagens como UTM WGS, todas vêm orientadas para o hemisfério norte.

A correção atmosférica exige que sejam inseridos os dados referentes às condições atmosféricas no momento da aquisição das imagens utilizadas para correção e dessa forma, transforma os números digitais em radiância espectral. Para a 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).

A validação do resultado da correção atmosférica foi realizado através da observação das curvas de assinatura espectral (antes e depois da correção) de alvos conhecidos presentes na imagem, através do software ENVI Classic.

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

Bandas	Faixa do espectro ( $\mu$ )	Resolução (m)	Sensor	Resolução Radiométrica
1 - Azul Costeiro	0,43 - 0,45	30	OLI	12 bits
2 - Azul	0,45 - 0,51	30	OLI	12 bits
3 - Verde	0,53 - 0,59	30	OLI	12 bits
4 - Vermelho	0,64 - 0,67	30	OLI	12 bits
5 - Infravermelho próximo	0,85 - 0,88	30	OLI	12 bits
6 - SWIR 1	1,57 - 1,65	30	OLI	12 bits
7 - SWIR 2	2,11 - 2,29	30	OLI	12 bits

Com objetivo de ajustar a imagem que deu origem ao mapeamento do ano de 1994, foi elaborado um *stack* para seu respectivo conjunto de bandas. As bandas utilizadas (Tabela 2) foram aquelas que deram origem ao mapeamento. Tendo em vista que o objetivo vai além dos ajustes entre as imagens, visa o encaixe entre o mapeamento pretérito e a nova imagem, o temático também foi inserido no *stack* 1994. Para isso, após ser transformado em arquivo do tipo *raster*, o mapeamento temático foi adicionado ao *stack*, funcionando assim como mais uma banda. Dessa forma, o *stack* 1994 corresponde a 7 bandas mais o *raster* do mapeamento..

**Tabela 2:** Bandas espectrais do Landsat 5 utilizadas no trabalho.

Bandas	Faixa do espectro ( $\mu$ )	Resolução (m)	Sensor	Resolução Radiométrica
1 - Azul	0,45 - 0,52	30	TM	8 bits
2 - Verde	0,52 - 0,60	30	TM	8 bits
3 - Vermelho	0,63 - 0,69	30	TM	8 bits
4 - Infravermelho próximo	0,76 - 0,90	30	TM	8 bits
5 - Infravermelho médio	1,55 - 1,75	30	TM	8 bits
6 - Infravermelho termal	10,42 - 12,50	120	TM	8 bits
7 - Infravermelho distante	2,08 - 2,35	30	TM	8 bits

A correção geométrica foi realizada por meio do módulo *Registration* do software Envi Classic 5.0. Visto que as imagens do Landsat 8 são disponibilizadas ortorretificadas, o *stack* 2014 foi utilizado como base para a correção geométrica dos demais.

Abaixo seguem fluxogramas, figura 4 e 5, com resumo das etapas da metodologia desenvolvida no presente trabalho.

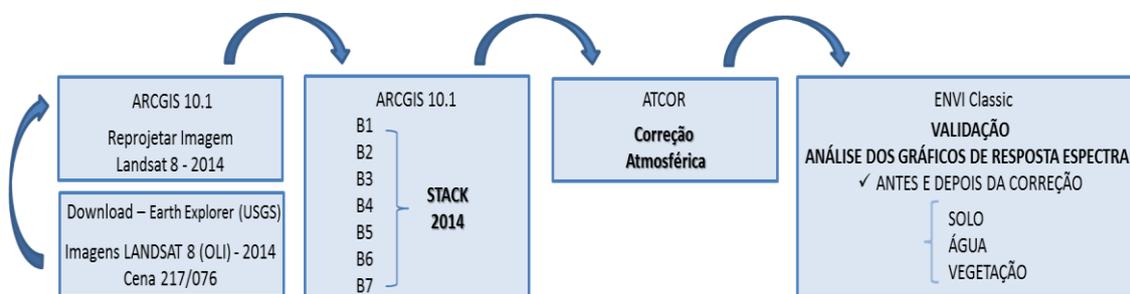


Figura 2. Fluxograma da primeira etapa da metodologia.

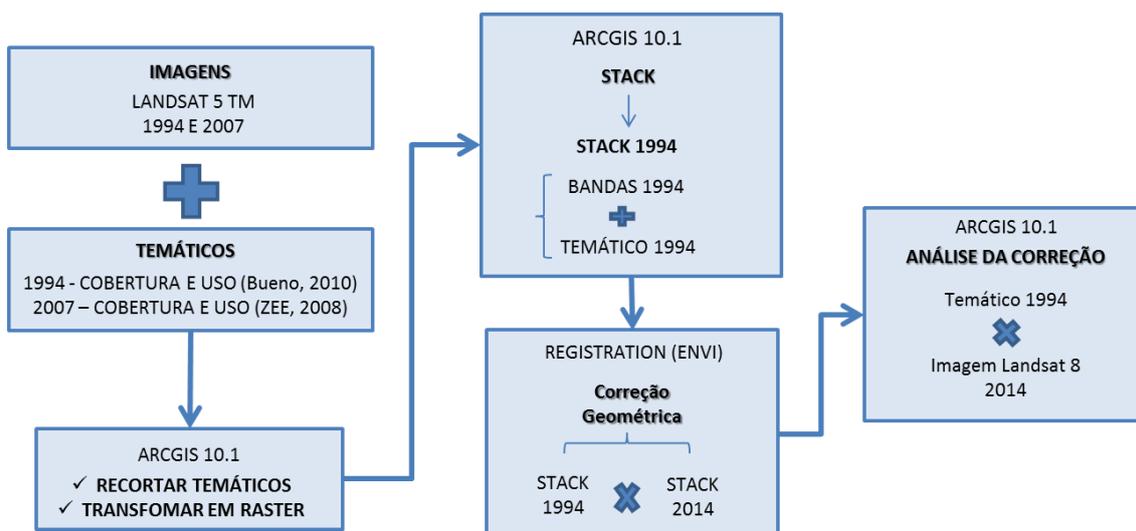


Figura 3. Fluxograma da segunda etapa da metodologia.

### 3.Resultados e Discussão

Com objetivo de validar a correção atmosférica executada para a imagem Landsat 8 (2014) foram observados os gráficos das curvas espectrais de alvos previamente escolhidos para a imagem original e corrigida, são eles: água, solo exposto e vegetação. O software ENVI Classic gera um relatório com os dados das respostas espectrais (níveis de cinza) do conjunto de amostras selecionado, em todas as bandas utilizadas, com os descritores Mínimo, Máximo, Média e Desvio Padrão. Para efeito de comparação foram utilizadas as mesmas amostras para ambos os momentos, antes e depois da correção. Visando uma primeira análise do resultado da correção foram selecionados os valores de Média, conforme os gráficos abaixo:

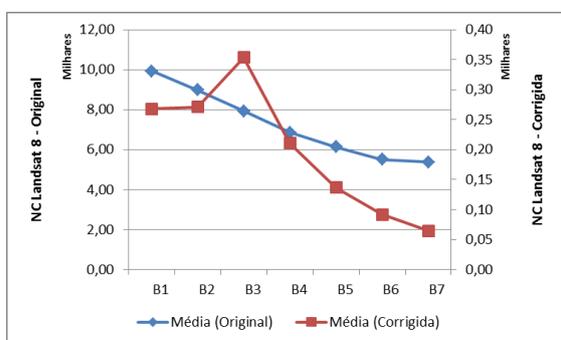


Figura 4. Gráfico das curvas espectrais da Água.

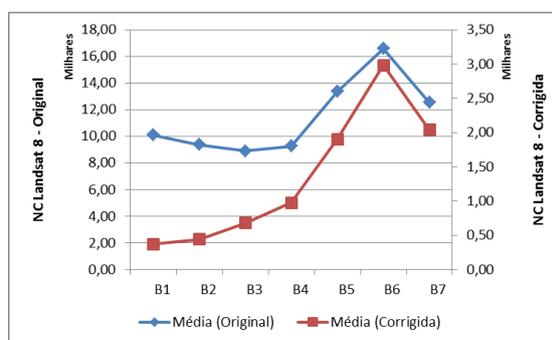


Figura 5. Gráfico das curvas espectrais do Solo Exposto.

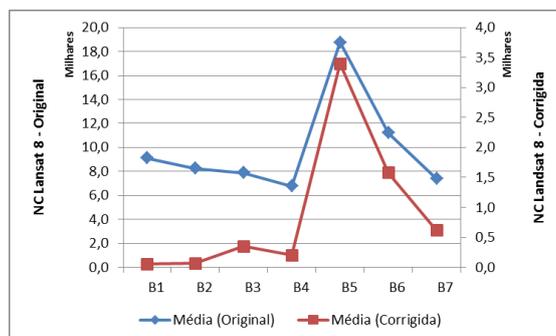


Figura 6. Gráfico das Curvas Espectrais da Vegetação.

Dentre as curvas de resposta espectral analisadas destaca-se a da água, visto que geralmente é caracterizada por refletir pouca radiação incidente. As curvas espectrais apresentam-se distintas uma da outra, uma possível causa seria a interferência do material em suspensão. De acordo com Ferreira et al. (2009) a cor e a quantidade de sólidos em suspensão têm forte participação no comportamento espectral da água. A elevação observada para a Banda 3 (verde) pode ser explicada como sendo indicativo da presença de algas na água (BREUNIG et al., 2007). Outro fator que possa ter influenciado é a diminuição da absorção de energia pela água disponível na atmosfera, através da correção.

A resposta do solo exposto se comporta como o esperado, tendendo a crescer do azul ao infravermelho próximo (ANTUNES, 2012) e decair de forma acentuada nas demais bandas.

A vegetação normalmente apresenta valores baixos nos níveis do visível, por conta da elevada absorção. O acréscimo na Banda 3 (verde) é explicado pela clorofila presente nas folhas. Já para a Banda 4 (vermelho) ocorre um decréscimo, devido a absorção maior por parte do dossel associado aos pigmentos presentes nas folhas. O aumento dos valores no infravermelho próximo pode ser explicado devido à alta reflectância das folhas pela estrutura celular.

A partir da correção atmosférica foi possível observar que o comportamento das curvas espectrais se aproximou do característico de cada alvo. Entretanto, foi observada ainda uma disparidade muito grande em relação aos valores de cinza encontrados antes e depois da correção. Essas discrepâncias na escala de grandeza de valores digitais podem ser responsáveis por super ou subestimar as respostas espectrais, alterando assim a modelagem e consequentemente os produtos dos mapeamentos que se baseiem nestes valores.

Com relação à correção geométrica da imagem do ano de 1994, foi realizada a validação da mesma. A imagem de 2014 foi utilizada como base para contabilizar os deslocamentos oriundos da correção. É válido ressaltar que a geometria da imagem Landsat 8 possui uma qualidade muito superior ao seu tamanho de pixel, atingindo escalas maiores como classe B 1:50.000 do Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC (DUARTE et al, 2014).

A validação foi realizada a partir da escolha de 30 pontos de controle para cada imagem, os mesmos pontos para ambas, onde através de suas coordenadas X e Y foi possível calcular o deslocamento para cada imagem em relação à base. Através desses resultados foi calculado o Erro Médio e o Desvio Padrão dos pontos, com objetivo de descobrir a qual escala e categoria do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC - Tabela 3) as imagens atenderiam. Apesar de ambas as imagens Landsat possuírem 30 metros de resolução espacial, a diferença na resolução radiométrica, 8 bits para o Landsat 5 e 16 bits para o Landsat 8, fez com que a coleta dos pontos se desse primeiramente na imagem Landsat 5, visto que o maior número de tons de cinza característico da imagem Landsat 8 faz com que as feições sejam mais facilmente identificadas do que na anterior.

Com objetivo de descobrir em qual categoria do PEC a imagem corrigida (1994) se encaixava, foi realizado o cálculo do Erro Médio e do Desvio Padrão (Tabela 4). O PEC é um decreto gerado na década de 80 pelo governo brasileiro para classificar os mapas e cartas topográficas em relação a seu deslocamento no terreno, no qual “até 90% dos pontos numa carta, quando testados no terreno, não devem apresentar um erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica estabelecido, conforme a escala de trabalho, a escala da carta que está sendo utilizada ou mesmo para a escala de saída de um projeto” (SANTOS, 2010).

Tabela 3. Tabela com os valores PEC para mesoescala.

PEC	1:25000		1:50000		1:100000		1:250000	
	CE90	DP	CE90	DP	CE90	DP	CE90	DP
A	12,5 m	7,5 m	25 m	15 m	50 m	30 m	125 m	75 m
B	20 m	12,5 m	40 m	25 m	80 m	50 m	200 m	125 m
C	25 m	15 m	50 m	30 m	100 m	60 m	250 m	150 m

Tabela 4. Comparação entre Landsat-8 (2014) e Landsat-5 (1994).

Média da Diferença X	Média da Diferença Y	Média da Resultante XY	Erro Médio	Desvio Padrão
8,30	4,21	29,77	46,07	18,72

De acordo com os resultados encontrados a imagem corrigida corresponde a classe A para a escala 1:100.000 ou C para a escala 1:50.000. Visto que o objetivo da correção é o mapeamento em mesoescala, o produto gerado, do ponto de vista geométrico, atende aos critérios necessários.

#### 4. Conclusões

A correção geométrica das imagens Landsat oriundas de diferentes sensores, a partir da metodologia proposta, correspondeu às expectativas, sendo realizado de forma rápida e tendo como produto um dado de qualidade, atingindo a classe A 1:100.000 ou C 1:50.000. A metodologia em questão permitiu uma grande economia na etapa de adequação dos dados, mantendo sua qualidade e tonando possível mais tempo para a realização das análises de transformações espaciais dos fenômenos. Dessa forma, apesar de ainda pouco explorada, a ferramenta demonstrou potencial para ser utilizada em pesquisas que envolvam intervalos de tempo maiores, sendo fundamental para realização do presente trabalho.

Com relação à correção atmosférica podemos concluir que ela foi fundamental para o ajustamento das respostas espectrais das bandas utilizadas para a assinatura espectral característica de cada alvo.

#### Referências Bibliográficas

ABREU, M. B. de. Análise Espaço-Temporal da Cobertura e Uso da Terra no Estado do Rio de Janeiro de 1994 até 2007. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

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.

CÂMARA, G; DAVIS, C. Introdução: Por que Geoprocessamento. In: CÂMARA, G; DAVIS, C; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à ciência da geoinformação. INPE. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>; 2001.

D'ALGE, J.C.L. Cartografia para geoprocessamento. Apostila Introdução à ciência da geoinformação. INPE. 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html> > Acessado em janeiro 2014.

DUARTE, G.S; et al. Avaliação da exatidão planimétrica da imagem Landsat 8 e do potencial de integração com imagem Landsat 5 visando estudos temporais. 26o Congresso Brasileiro de Cartografia. Gramado, RS. 2014

FLORENZANO, T. G. Iniciação em Sensoriamento Remoto. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

KALAF, R. et al. Landsat 8: Avanços para mapeamento em mesoescala. 4º Congresso Brasileiro de Geoprocessamento. Rio de Janeiro, RJ. 2013.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações – Edgard Blucher, 2010.

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://mart2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.18.08/doc/p1019.pdf>> Acesso em 17 out. 2014.

SANTOS, Suzana Daniela Rocha; HUINCA, Suelen Cristina Movio; et all. Considerações sobre a utilização do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) nos dias atuais. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésias e Tecnologias da Geoinformação. Recife, 2009.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Imagens Landsat 8. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>