

O uso da geometria do Landsat 8 como base para georreferenciamento semiautomático visando estudos espaço-temporais

Gabriel dos Santos Duarte¹
Genilson Estácio da Costa¹
Ana Paula de Oliveira¹
Rafael Silva de Barros¹
Carla Bernadete Madureira Cruz¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ – Departamento de Geografia
Laboratório ESPAÇO de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais
219490-900 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil
{gabriel11705; genilsonestacio}@gmail.com
{rafael.barros; cmad}@ufrj.br

Abstract. Temporal analysis constitute an important kind of comparison in many ways of Geography, being a task most of times complex because of a temporal variation of the object of study and of the data that are limited by the technology of its time. A lot of times, the limited mapping accuracy of the old data, often related to the precision obtained at the time, may difficult their uses because of the necessity of a series of processes to make them consistent with new data. Among the technological development increasing is expected that this geometric correction becomes simpler to be done, more automatic and precise as if it were done manually, by assigning its product a coordinate system and a reference scale. Based on that, the objective of this work is to evaluate and compare the geometric correction offered by ENVI 5, Registration module, using as base a Landsat 8 image aiming at the compatibility with historic images. It will be georeferenced a raw Landsat 5 image and raw Landsat 7 image, distributed by INPE, using as a comparison the roads base of Instituto Pereira Passos (IPP) from Rio de Janeiro's city. As main results, Landsat 8 image showed adequate as a reference for geoprocessing of Landsat historic images, and its use in Registration represented a significant decrease in the time required for processing, while achieving satisfactory quality in the final products.

Palavras-chave: Geometric correction, Georeferencing, Rio de Janeiro, Correção geométrica, Georreferenciamento, Rio de Janeiro

1. Introdução

Uma das etapas mais importantes em trabalhos que envolvem análises espaciais é o referenciamento dos dados do objeto de estudo em relação à sua representação e distribuição na superfície terrestre. Isso se faz ainda mais necessário quando esses dados são provenientes de imagens de Sensoriamento Remoto, pois, segundo Crosta:

Imagens geradas por sensores remotos, sejam elas fotografias aéreas ou imagens de satélites, são sujeitas a uma série de distorções espaciais, não possuindo, portanto precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos, superfícies ou fenômenos nelas representados (CROSTA, 2002: 53).

Dessa maneira, para que essas imagens possam ser referenciadas a um ponto na superfície terrestre é necessário que sejam corrigidas e referenciadas a um sistema geodésico de referência. Esse processamento pelo qual um arquivo matricial ou vetorial passa a possuir uma escala e um sistema de coordenadas conhecido, através da projeção, se chama correção geométrica ou georreferenciamento.

O método mais utilizado para georreferenciar dados espaciais é a coleta de pontos de controle, tanto através de trabalho de campo, quanto a partir de bases já existentes que possuam precisão suficiente para a escala em que se pretende trabalhar. Assim, a escolha dos pontos de controle é a etapa mais importante do georreferenciamento, pois irá interferir de modo crucial na precisão espacial do produto final. A quantidade de pontos necessários irá

depende do método de correção geométrica utilizado, que poderá necessitar de uma quantidade maior ou menor de pontos.

Essa etapa é fundamental para que o dado, no caso a imagem, esteja o mais ajustado possível com a realidade terrestre, podendo ser integrada com outros dados espaciais. A escolha e qualidade dos pontos a serem usados no processo de correção geométrica são dependentes, entre outros fatores, da experiência do operador, que em um processo manual tem que ser muito cuidadoso para não coletar pontos de controle insatisfatórios, pondo em risco a precisão espacial do dado e, conseqüentemente, de todas as análises espaciais realizadas a partir dele.

Sendo um dos primeiros procedimentos a ser adotado no tratamento de imagens, esse processo pode demandar um gasto demasiado de tempo quando o volume de imagens é grande, tanto por razões de abrangência espacial quanto por temporal. E em análises integradas com outros dados ou outras datas, desajustes espaciais podem influenciar nos resultados obtidos. Em um país com extensão territorial continental, como é o caso do Brasil, trabalhar em escala nacional ou até mesmo regional implica em utilizar dezenas de imagens ou dados para construir uma matriz de informação de toda a área de estudo. Assim como, caso seja necessário trabalhar a variação temporal de um fenômeno em um determinado espaço, georreferenciar imagens referentes a diversas datas implicaria na necessidade de uma grande quantidade de imagem ou dados, de acordo com a dimensão temporal com que se pretenda trabalhar.

E em análises espaço-temporais em que são utilizadas grandes escalas, tanto espaciais quanto temporais, a série de satélites Landsat se destaca como uma das principais fontes de dados espaciais em virtude de sua grande disponibilidade de imagens. Essa série se encontra em imageamento contínuo da superfície terrestre desde 1972, possuindo um grande acervo de imagens históricas disponibilizado gratuitamente. O último satélite lançado é o Landsat 8, que possui três principais diferenciais: seus dois sensores, o sensor OLI, com 8 bandas para imageamento da superfície terrestre com pixel de 30 metros e 1 banda com 15 metros e o sensor TIRS, com 2 bandas para análises termais com pixel de 100 metros; a resolução radiométrica de 12 bits no imageamento e 16 bits no produto disponibilizado; e a mudança no escaneamento de *Whiskbroom* para *Pushbroom*. Outra grande mudança de suas imagens em relação às dos satélites anteriores é a correção geométrica realizada pela USGS/NASA, de modo que as imagens já são disponibilizadas ortorretificadas, não sendo, assim, necessário realizar processos de georreferenciamento antes da utilização desses dados, diferentemente do que acontece com as imagens geradas pelos satélites mais antigos da série.

A partir disso, este trabalho tem como objetivo qualificar a ortorretificação realizada pela USGS/NASA nas imagens do Landsat 8 de acordo com o PEC, Padrão de Exatidão Cartográfica (Concar, 1984), assim como testar e avaliar o método de georreferenciamento semiautomático oferecido pelo módulo Registration do software ENVI 5 em imagens históricas da série Landsat 5 e Landsat 7, utilizando como base para a coleta dos pontos uma imagem Landsat 8. Esses satélites foram escolhidos para avaliar a possibilidade de integração de imagens Landsat em um período de aproximadamente 30 anos (do Landsat 5 ao 8).

Para avaliar a exatidão da correção das imagens do Landsat 8 e do georreferenciamento semiautomático do Registration foi utilizado o PEC como parâmetro, usando como referência uma base de vias rodoviárias do município do Rio de Janeiro, fornecida pelo Instituto Pereira Passos (IPP) na escala 1:2.000, empregada como verdade terrestre. O PEC foi estabelecido por um decreto da década de 80 pelo governo brasileiro para classificar os produtos cartográficos em relação ao deslocamento no terreno, no qual até 90% dos pontos de checagem em uma carta, quando testados no terreno, não devem apresentar um erro superior ao estabelecido para a escala de trabalho, a escala da carta que está sendo utilizada ou mesmo

para a escala de saída de um projeto (Santos, 2010). Da mesma forma, há um valor limite para o desvio padrão dos erros.

2. Materiais e Métodos

Para a análise foi escolhida uma imagem da cena 217/76 da série Landsat dos anos de 2013, 2007 e 1994, respectivamente dos satélites Landsat 8, Landsat 7 e Landsat 5. Esta é a cena que engloba a área de estudo escolhida, o município do Rio de Janeiro. A escolha da área de estudos se deu por o município do Rio de Janeiro apresentar diferentes formas de relevo em seu território, de plano a montanhoso, que podem influenciar na qualidade da correção geométrica, e também pela disponibilidade de uma base de Vias Rodoviárias na escala 1:2.000, muito precisa, que foi utilizada como verdade terrestre para a qualificação de acordo com o PEC.

Para se atingir os objetivos pretendidos, foi feito o georreferenciamento através do *software* ENVI 5, módulo Registration, das imagens Landsat 5 e Landsat 7, tendo como base a imagem do Landsat 8. Com esse *software* é possível realizar o georreferenciamento através da escolha de apenas 3 pontos de controle bem selecionados, e uma nuvem de pontos em feições consideradas correlacionadas gerada automaticamente pelo *software*. A quantidade de pontos de controle (GCP) mínimos dependerá da forma de correção da imagem. Neste trabalho, optou-se pelo “Polinômio de 1º Ordem” para que a imagem não fosse muito distorcida sendo necessário, então, a partir de 3 pontos de controle identificáveis nos pares de imagens (L8 e L5; e L8 e L7). Nesse caso, foram utilizados pontos diferentes para cada correção, mas sempre tomando cuidado para que no mínimo 2 pontos estejam dentro da área de estudo. Em seguida, o software gerou os pontos em comum entre a imagem base/referência e a imagem a ser corrigida que poderão ser utilizados. Para refinar melhor a qualidade desses pontos, optou-se pela exclusão de todos os pontos APM com menos de 0,9 de correspondência entre as duas imagens. Com isso, a correção foi feita quase que totalmente de forma automatizada, sendo necessária a intervenção do operador apenas para a escolha dos 3 pontos GCP necessários e da correspondência mínima entre os pontos em comum.

Após a correção geométrica, objetivando a validação dos produtos, foram escolhidos manualmente 30 novos pontos em comum entre as imagens Landsat 8, Landsat 7 e Landsat 5 com a base cartográfica de vias rodoviárias do Rio de Janeiro na escala 1:2.000. Esse número de 30 pontos de checagem é o adotado como mínimo padrão na comunidade científica visando à obtenção de maior estabilidade estatística na validação da correção geométrica. Esses novos pontos serviram para mensurar o deslocamento das coordenadas X e Y entre os produtos e saber a resultante do erro (XY), para por fim, se realizar a análise do PEC para as três imagens.

Para saber em qual classe do PEC os produtos se enquadram é calculado a Tolerância (CE90 - Erro Circular a 90%) e o Desvio Padrão (DP) que os produtos apresentam e comparar com os valores aceitáveis pelo PEC. Na Tolerância se considera 90% dos pontos coletados, ordenando-os do menor para o maior, sendo o valor do último ponto considerado como referência para comparação com a tolerância especificada no PEC. Assim, se considera que 90% dos seus pontos tiveram um erro até aquele valor. O Desvio Padrão é um método estatístico para observar a dispersão das amostras em relação à média. Nesse caso, são utilizados 100% dos pontos coletados, e um baixo desvio padrão significa que os valores estão próximos da média e não muito dispersos, enquanto que um desvio padrão muito alto significa que os valores fogem da média e estão mais dispersos. Assim, para que os dados, mapeamento ou correção adquira uma classe no PEC, é necessário que 90% dos pontos estejam abaixo da tolerância, bem como o desvio padrão dos 100% dos pontos, que não devem estar muito dispersos. Assim, o produto tem que atender aos valores aceitáveis para cada classe (A,B,C) em relação a escala em que esteja trabalhando. A Tabela 1 mostra os

respectivos valores de Tolerância e Desvio Padrão do PEC para algumas escalas de mapeamento em mesoescala, e a figura 1 a distribuição dos pontos de checagem utilizados para a análise do PEC.

Tabela 1. Valores necessários para o produto se encaixar nas classes do PEC em mapeamentos de mesoescala.

PEC	1:25.000		1:50.000		1:100.000		1:250.000	
	Tolerância	Desvio Padrão	Tolerância	Desvio Padrão	Tolerância	Desvio Padrão	Tolerância	Desvio Padrão
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

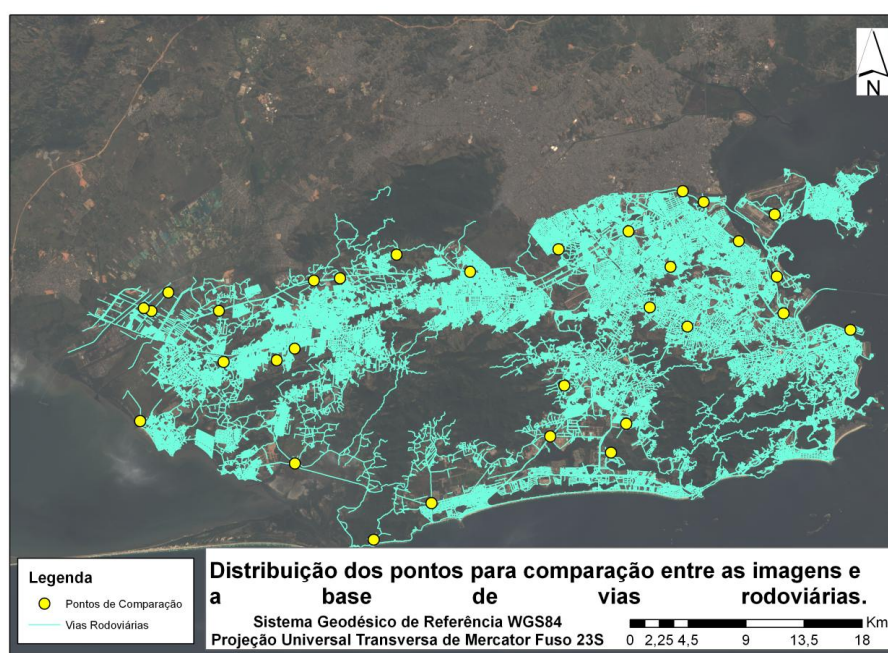


Figura 1: Distribuição dos pontos para comparação entre a base cartográfica de vias rodoviárias na escala 1:2.000 e as imagens.

O PEC foi utilizado em 2 tipos de análises, nas análises do Erro Absoluto e do Erro Relativo. O Erro Absoluto consiste na comparação direta entre o produto georreferenciado e a base cartográfica. Essa é a forma de avaliar o quanto o produto está deslocado em relação ao terreno conforme a verdade terrestre utilizada, no caso, a base cartográfica de vias rodoviárias. O Erro Relativo é a comparação entre as imagens utilizadas para a análise espaço-temporal para calcular o deslocamento entre elas. Dessa forma é possível mensurar o deslocamento prévio das imagens a fim de avaliar se a mudança do posicionamento do objeto de estudo foi causada por uma evolução temporal deste ou pelo deslocamento das imagens utilizadas.

3. Resultados e Discussão

Após o processo de coleta de pontos para o georreferenciamento e para a mensuração do deslocamento, foi feita a análise do deslocamento entre as imagens e a base cartográfica de vias rodoviárias na escala 1:2.000 para avaliar a geometria da Landsat 8 e a correção das demais imagens pelo Registration, através dos Erro Absoluto e Erro Relativo.

3.1 Erro Absoluto

No Erro Absoluto foram encontrados valores bastante satisfatórios para ambas as imagens. A Landsat 8, que já vem ortorretificada pela USGS/NASA, apresentou ótimos resultados quando comparada às imagens corrigidas pelo Registration, como mostrado na figura 2.

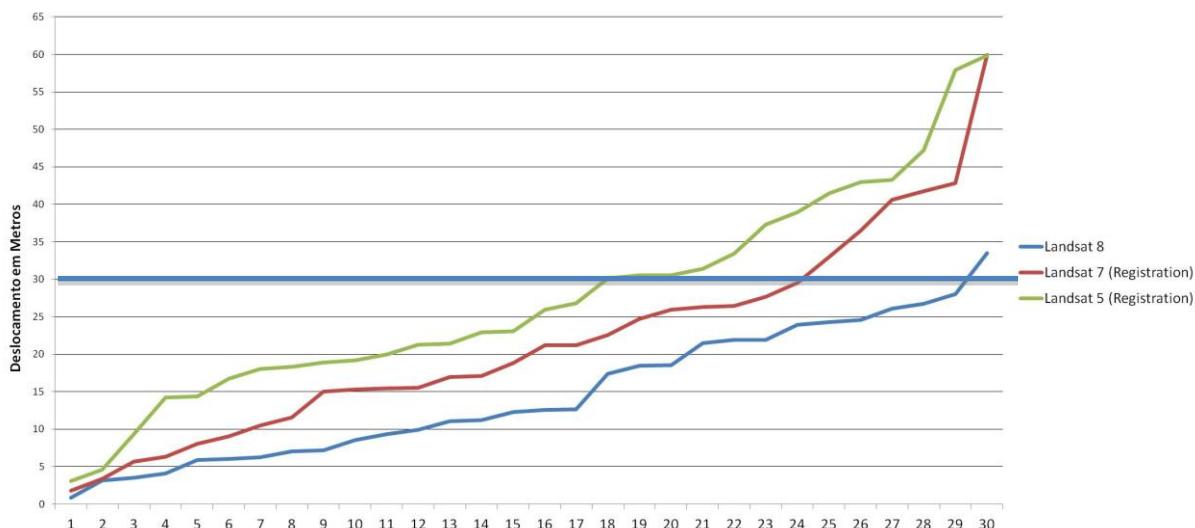


Figura 2: Valores dos erros absolutos entre as imagens de cada um dos 30 pontos de checagem utilizados.

A imagem OLI/Landsat 8 foi a que teve os menores erros absolutos, tendo 29 dos 30 pontos de comparação abaixo de 30 metros de erro, isso significa que 97% dos seus pontos estavam com erro abaixo do valor referente ao tamanho do pixel de 30 metros. As imagens corrigidas pelo Registration apresentaram resultados também muito bons. O resultado da análise segundo o PEC pode ser visto na tabela 2.

Tabela 2: Valores do deslocamento absoluto das imagens em relação à base cartográfica

ERRO ABSOLUTO	Landsat 8	Landsat 7	Landsat 5
Média da Diferença X (Metros)	-2,560	-5,089	19,652
Média da Diferença Y (Metros)	0,109	2,196	-7,041
Média da Resultante (XY) (Metros)	14,618	21,695	27,440
Tolerância (Metros)	26,053	40,610	43,243
Desvio Padrão (Metros)	8,896	13,383	14,087

Pela tabela de valores do erro absoluto e comparando com a tabela 1 dos valores do PEC para mapeamento em mesoescala pode-se ver que a Landsat 8 com a ortorretificação da USGS/NASA se adequa a classe B da escala 1:50.000 facilmente, quase atingindo a classe A da mesma escala, não alcançando por apenas 1 metro de erro na Tolerância, porém seu Desvio Padrão está compatível com ambas as escalas. A Landsat 5 e Landsat 7 corrigidas pelo Registration também obtiveram bons resultados, alcançando a classe C de 1:50.000 e classe A de 1:100.000, sendo importante destacar que é natural que se encontre erros absolutos maiores que na Landsat 8, já que as imagens foram corrigidas utilizando como base a própria Landsat 8, havendo, portanto, um processo de acumulação de erro. Também é importante dar destaque ao fato de que a correção da Landsat 5 e 7 foi feita de maneira muito mais rápida do que pelo processo tradicional, dessa forma na relação entre tempo de processamento e qualidade do produto final a correção do Registration atingiu seus objetivos, estando as duas imagens aptas

para mapeamento na escala 1:100.000, escala onde as imagens Landsat são bastante utilizadas, ou ainda em escalas menores.

Na análise visual é possível perceber o ótimo ajuste das imagens Landsat 8 e das imagens corrigidas pelo Registration com a base rodoviária, tanto em relevo plano (figura 4) quanto em relevo montanhoso (figura 5), enquanto que as imagens antes do georreferenciamento apresentam deslocamentos superiores a 1 quilômetro.

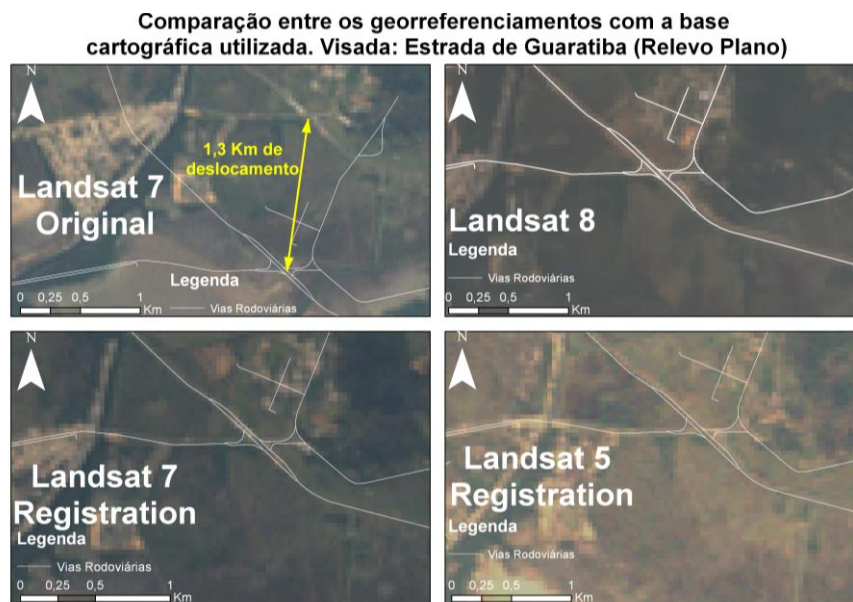


Figura 4: Comparação do posicionamento da imagem Landsat 7 bruta com o Landsat 8 e as imagens corrigidas pelo Registration em relevo plano.

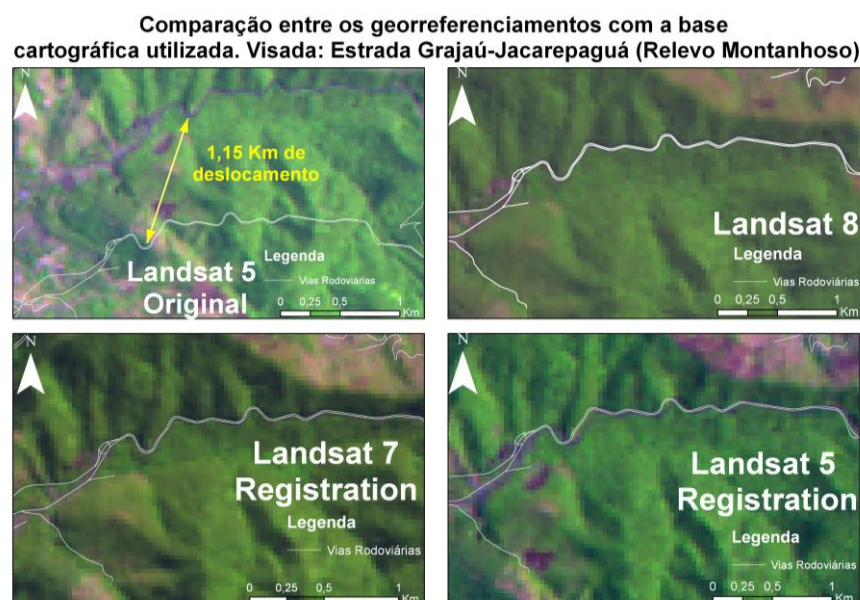


Figura 5: Comparação do posicionamento imagem Landsat 5 bruta com o Landsat 8 e as imagens corrigidas pelo Registration em relevo montanhoso.

3.1 Erro Relativo

Nessa análise é mostrado o deslocamento entre as imagens Landsat 8 e as imagens Landsat 5 e Landsat 7 corrigidas pelo Registration para verificar o grau de encaixamento entre as imagens visando estudos espaço-temporais. Os erros encontrados podem ser vistos na figura 3.

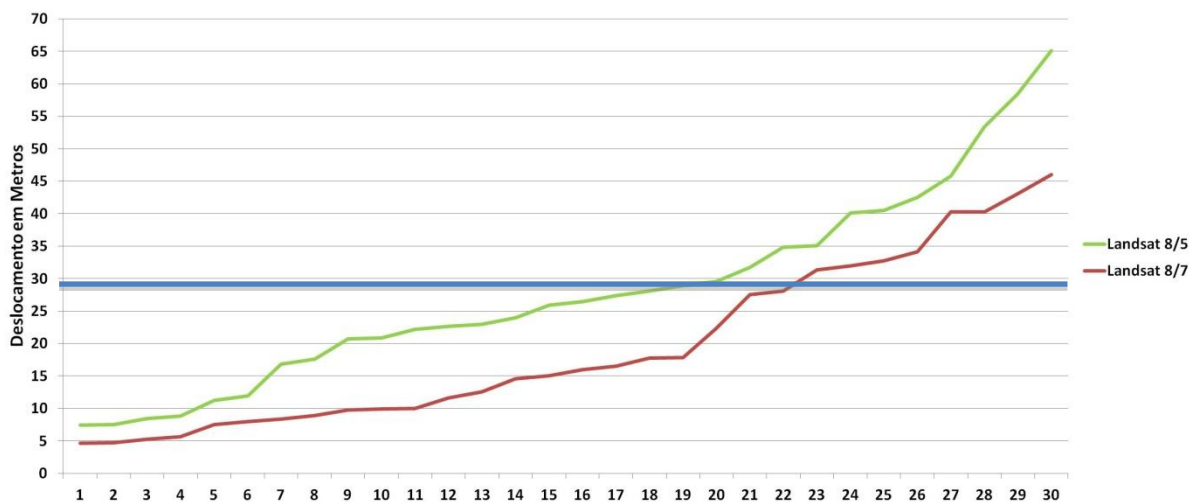


Figura 3: Valores dos erros relativos entre as imagens.

Tabela 3: Valores do deslocamento relativo entre as imagens

ERRO RELATIVO	Landsat 8/Landsat 7	Landsat 8/Landsat 5
Média da Diferença X (Metros)	2,531	-22,210
Média da Diferença Y (Metros)	-2,093	7,150
Média da Resultante (XY) (Metros)	19,410	27,890
Tolerância (Metros)	40,310	45,750
Desvio Padrão (Metros)	12,821	14,949

Apesar de possuir erros um pouco maiores que os valores do Erro Absoluto, ambas as comparações de imagens se enquadram na classe A da escala 1:100.000, classe também alcançada na análise do Erro Absoluto. Dessa forma, sabendo o valor do erro entre as imagens, é possível mensurar com confiança o quanto o fenômeno espacial estudado realmente sofreu alterações, seja por expansão, diminuição ou migração.

4. Conclusões

A correção geométrica feita pela USGS/NASA nas imagens Landsat 8 se mostrou surpreendente para a proposta e resolução do sensor. Ela alcança as classes de mapeamento entre as escalas 1:50.000 e 1:100.000 e, com a possibilidade de ter a resolução espacial ampliada para 15 metros com o uso da banda pancromática, é possível que se alcance resultados ainda melhores. Também poderá ser utilizada para correção de outros produtos similares ou com resolução mais baixa. Isso é muito importante para a compatibilização com imagens históricas do acervo Landsat, demonstrando haver um enorme potencial para estudos espaço-temporais em que se utilize a própria Landsat 8 como base para o georreferenciamento de imagens mais antigas, mantendo uma boa precisão na escala 1:100.000.

O módulo Registration do ENVI se mostrou fácil de ser usado e com inúmeras possibilidades, incluindo o georreferenciamento de produtos com resoluções diferentes. O georreferenciamento feito através desse *software* mostrou-se muito satisfatório, tendo

corrigido imagens rapidamente e gerando produtos com boa qualidade, tanto em áreas de relevo plano quanto de relevo montanhoso, como demonstrado.

Na relação tempo/produto o *software* em questão se mostrou uma ótima ferramenta para projetos que utilizem muitas imagens por adotarem grandes escalas, seja espacial ou temporal. Assim, ele se mostra muito adequado para trabalhos no Brasil onde, por ser um país de grande extensão territorial, é comum se trabalhar com várias imagens devido à adoção de recortes espaciais extensos. Apesar de haver um custo para adquirir o programa e o módulo, grandes projetos poderiam adquiri-lo visando a ganhar rapidez no georreferenciamento, já que o georreferenciamento semiautomático pelo Registration poderia proporcionar uma considerável economia de tempo. Caso tenha-se rigor na escolha dos pontos de controle, dificilmente será necessário alterar o valor de correspondência mínima entre as imagens, visto que o próprio Registration as ajusta de forma adequada.

Os estudos temporais são muito importantes para a compreensão das mudanças da paisagem e elaboração de trajetórias, tais como o desmatamento, a expansão urbana ou qualquer outra variação espacial do objeto de estudo. Porém é importante ressaltar que para isso é necessário que os dados espaciais utilizados estejam com uma boa correção geométrica. Além de ser oneroso e delicado, o procedimento de correção geométrica deve ser aplicado de forma homogênea, o que exige cuidados especiais do operador. Assim, o Registration teria ainda a vantagem de apresentar boa homogeneidade no processo devido a sua natureza semi-automática.

No entanto, é importante salientar que esse trabalho não pretende propor a correção semiautomática do Registration como o melhor método em detrimento do procedimento tradicional. O método tradicional se caracteriza pela maior confiabilidade para o operador, já que o mesmo escolhe cada um dos pontos utilizados, porém a custo de um consumo grande de tempo. O Registration seria, dessa maneira, uma alternativa a ser levada em consideração, principalmente em alguns casos específicos em que a utilização do método tradicional poderia se tornar difícil ou mesmo inviável, já que ele se mostrou confiável, com resultados bons pelo tempo despendido. Dessa forma, fica a critério do pesquisador adotar um método preferencial de acordo com suas necessidades, possibilidades e recursos.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPQ pelo incentivo financeiro das bolsas de iniciação científica.

Referências Bibliográficas

CONCAR. **Normas Técnicas da Cartografia Nacional (Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984)**. Disponível em <http://www.concar.ibge.gov.br/detalheDocumentos.aspx?cod=8>. Acesso em: 14.abr.2014.

CROSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Ed. Rev. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1993.

D'ALGE, J. C. L. **Geoprocessamento - Teoria e Aplicações - Parte I - Cap. 6 - Cartografia para Geoprocessamento**. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap6-cartografia.pdf>. Acesso em: 04.abri.2014.

DUARTE, G. S. **Landsat 8: Precisão Geométrica e Estudos Temporais**. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2014.

SANTOS, S. D. R.; HUINCA, S. C. M.; MELO, L. F. S.; SILVA, M. T. Q. S. DELAZARI, L. S. Considerações sobre a utilização do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) nos dias atuais. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésias e Tecnologias da Geoinformação, 2010, Recife. **Anais do III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésias e Tecnologias da Geoinformação**. 2010.