

## Avaliação da Qualidade Posicional das Ortoimagens RapidEye do Acervo de Referência da CCAR

Juliane Christine Silveira<sup>1</sup>  
Aline Lopes Coelho<sup>1</sup>  
Walter Humberto Subiza Pina<sup>1</sup>  
Darlan Miranda Nunes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE  
Diretoria de Geociências - Coordenação de Cartografia  
Avenida Brasil, 15671 - 21241-051 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil  
{juliane.silveira, aline.lopes, walter.pina, darlan.nunes}@ibge.gov.br

**Abstract.** As a result of a recent Brazilian Ministry of the Environment purchase of Rapideye imagery that includes a government-wide end user license, IBGE has access to country-wide coverages of Rapideye ortho-rectified images (ORI) acquired yearly between 2011 and 2014. The total volume of 2011, 2012 and 2013 ORI datasets amounts to about 57,000 tiles. In order to make the use of the datasets easier, IBGE's Department of Cartography (CCAR), created the CCAR's reference collection by selecting, among the overlapping images, those with the most recent acquisition date that present no cloud cover. In order to evaluate the positional accuracy of these images for cartographic production purposes, CCAR performed an extensive quality check campaign that employed ground control points (GCPs) covering 2,307 Rapideye ORI tiles. It employed a total of 4,295 points covering around 1/7 of the total country area. When compared to GCPs, 90% of the samples on the images presented displacements of less than 7.67m, with a root mean square error (RMS) of 5.17 m. These results indicate that the evaluated images meet the specifications claimed by the data supplier. Due to limitations on the GCPs geographical distribution, several regions could not be evaluated such as the entire northern region of the country. Therefore, the results of this evaluation are only valid for those regions where GCP coverage exists, and do not reflect the behavior of the entire collections.

**Palavras-chave:** rapideye ortomagens, positional accuracy, planimetric evaluation, ortomagens rapideye, qualidade posicional, avaliação planimétrica.

### 1. Introdução

Em novembro de 2012, o Ministério do Meio Ambiente - MMA - assinou um contrato de aquisição de coleções de imagens Rapideye ortorretificadas, que cobrissem todo o território brasileiro. Tal contrato permite que essas imagens sejam utilizadas não apenas pelo MMA, mas também por órgãos do governo federal e outros órgãos públicos envolvidos nos programas do MMA (TCU, 2016). Até 2016 foram adquiridas quatro coleções de cobertura nacional, referentes aos anos de 2011, 2012, 2013 e 2014.

De acordo com suas especificações técnicas, as imagens Rapideye adquiridas pelo MMA podem ser usadas como insumo no processo de construção de bases cartográficas nas escalas de 1:100.000 e menores produzidas pela CCAR - Coordenação de Cartografia do IBGE. Essas imagens também são de grande utilidade para geração de produtos do mapeamento temático e como apoio às atividades relacionadas à atualização da malha territorial para fins censitários. Por esse motivo, o IBGE decidiu realizar uma avaliação da qualidade posicional das ortomagens Rapideye, a fim de se certificar de que as especificações de exatidão planimétrica das ortomagens recebidas foram atendidas e confirmar sua adequação para geração dos produtos cartográficos do IBGE.

### 2. Imagens RapidEye e o Acervo de Referência da CCAR

As ortomagens adquiridas pelo MMA foram obtidas pela constelação de satélites RapidEye. Conforme especificações da empresa fornecedora, Blackbridge (2015), o sistema é composto por 5 satélites dispostos numa mesma órbita. Cada satélite carrega a bordo um

sensor do tipo multiespectral de 5 bandas, com resolução espacial de 6,5m e tempo de revisita, em nadir, de 5,5 dias.

O nível de processamento contratado foi o 3A, ou seja, as imagens, que passaram por correções de órbitas dos satélites e co-registro entre as bandas, são ortorretificadas com uso de Pontos de Controle e de Modelos Digitais de Elevação (MDE) e divididas em *tiles*, que são recortes das ortoimagens segundo uma grade regular pré-estabelecida de 25km x 25km. O tamanho do pixel das imagens nível 3A, após a ortorretificação, é reamostrado para 5m.

De acordo com o contrato de aquisição, as imagens devem ser entregues ortorretificadas, com exatidão planimétrica compatível com a escala 1:50.000, Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC classe A, todas no Sistema de Coordenadas SIRGAS2000 e na projeção UTM. Além disso, a cobertura máxima de nuvem permitida é de 20% da área total da cobertura nacional, que é 8.515.767Km<sup>2</sup>.

O conjunto das 3 primeiras coleções somam cerca de 57.000 *tiles* de ortoimagens. Diante do grande volume em acervo, com múltiplas imagens sobrepostas espacialmente, algumas com até 6 ortoimagens correspondendo a um mesmo *tile*, a CCAR optou pela criação de uma coleção de imagens selecionadas desse acervo, que foi denominada Acervo de Referência da CCAR. Essa coleção tem como objetivo facilitar o consumo das imagens, selecionando os *tiles* que apresentam menor quantidade de nuvens.

Os critérios de seleção foram: (1) a imagem mais recente que não apresenta nuvens. (2) se todas as imagens sobrepostas apresentassem algumas nuvens, duas ou mais imagens eram selecionadas, sempre priorizando as datas de aquisição mais recentes.

Desta forma, o acervo de referência foi composto por 22.000 *tiles* de ortoimagens, o que corresponde a aproximadamente 1/3 da quantidade total. Desses 22.000 *tiles*, 52% pertencem à coleção 2013.

A criação do acervo de referência e a avaliação de que trata o presente artigo, foram concluídas em meados de 2016 e, nessa data, o IBGE ainda não havia recebido as imagens da quarta coleção. Por esse motivo, foram avaliados apenas os *tiles* das três primeiras coleções (2011, 2012 e 2013) que compõem o acervo de referência.

Vale ressaltar que em avaliações realizadas em 2013 (Ferreira et al., 2016), o IBGE detectou que existiam imagens da coleção de 2011 que apresentavam deslocamentos planimétricos superiores ao estabelecido no contrato. O MMA também verificou que as coberturas de 2011, 2012 e 2013 não estavam totalmente alinhadas geometricamente entre si, o que causava dificuldades nas análises multitemporais. Em 2015, a Blackbridge aprimorou a metodologia de correção geométrica das imagens, utilizando pontos de controle e MDEs mais novos e mais precisos, e reprocessou todas as imagens das 3 primeiras coberturas. Segundo a empresa, as imagens reprocessadas passaram então a atender às especificações e, além disso, todas as imagens das 3 coleções que são sobrepostas não devem apresentar diferenças maiores que 1 pixel entre elas, em ao menos 90% dos casos.

### 3. Metodologia e Resultados

Nos últimos anos o IBGE determinou, em campo, as coordenadas de vários pontos de controle bem identificáveis em fotografias aéreas ou em imagens de satélite, que foram utilizados no processo de ortorretificação e/ou avaliação da qualidade das imagens empregadas na produção do mapeamento. Esses pontos estão armazenados no banco de pontos de controle do IBGE e estão distribuídos, de forma não uniforme, por todas as unidades da federação. Apenas parte desses pontos é bem identificável nas imagens Rapideye. Tais pontos tiveram suas coordenadas medidas e calculadas por método de posicionamento relativo estático pós-processado ou Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) e apresentam qualidade posicional melhor que 1m, o que os torna adequados para a avaliação posicional em questão.

A avaliação da qualidade posicional foi feita a partir da comparação das coordenadas lidas na ortoimagem Rapideye com as coordenadas de referência do ponto homólogo, medido em campo.

A primeira etapa foi a medição manual dos deslocamentos. As coordenadas de terreno dos pontos de verificação foram armazenadas e organizadas em um banco de dados PostGreSQL que possui algumas funções que facilitam o trabalho da avaliação.

Os operadores identificaram visualmente, sobre as imagens do acervo de referência, para cada ponto, a posição exata do alvo que foi medido no terreno, tendo como base as informações do seu croqui e das suas fotografias terrestres armazenadas no banco de pontos de controle. Ao reposicionar o ponto no alvo identificado na imagem, o banco de dados automaticamente identifica o *tile* da ortoimagem no qual o ponto foi medido, e registra no banco o identificador da imagem.

Os pontos medidos no terreno que estavam localizados na sobreposição entre dois *tiles* vizinhos, ou nos casos onde o acervo de referência possuía duas ortoimagens sobrepostas, foram medidos duas vezes, uma para cada ortoimagem. O uso do banco permitiu que a duplicação do ponto a ser medido fosse realizada automaticamente, e também facilitou muito a execução e o controle do trabalho, visto que tornou viável o acesso simultâneo e organizado por todos os técnicos envolvidos, inclusive com participação de técnicos que trabalhavam na gerência regional localizada em Fortaleza-CE.

Como as coordenadas das ortoimagens Rapideye estão em UTM, os pontos foram divididos por fuso, para que todos os deslocamentos fossem medidos em metros no sistema de coordenadas UTM. Esses pontos estão distribuídos em 5 fusos, do 21 ao 25, e cobrem o território nacional parcialmente. Desta forma, apenas cerca de 1/7 da extensão territorial do país – desconsiderando as sobreposições dos *tiles* de ortoimagens – pode ser avaliada.

Ao final da fase de identificação e reposicionamento dos pontos, o deslocamento planimétrico resultante  $\Delta p_i$  em cada ponto de verificação foi obtido por comparação das coordenadas lidas na ortoimagem Rapideye com as coordenadas de referência do ponto homólogo, conforme a equação 1:

$$\Delta p_i = \sqrt{\Delta E_i^2 + \Delta N_i^2} \quad (1)$$

onde:

$\Delta E_i$  = diferença entre a coordenada E lida na ortoimagem Rapideye e a coordenada E de referência, para cada ponto ( $E_{\text{imagem}} - E_{\text{campo}}$ ).

$\Delta N_i$  = diferença entre coordenada N lida na ortoimagem Rapideye e a coordenada N de referência, para cada ponto ( $N_{\text{imagem}} - N_{\text{campo}}$ ).

Foram utilizados 4.295 pontos de verificação (considerando duplicação em área de sobreposição) para avaliar 2.307 *tiles* de ortoimagens, sendo que em 73,8% dos *tiles* existia apenas 1 ponto de verificação. A Tabela 1 mostra a quantidade de pontos por *tile* usada na avaliação.

Tabela 1 - Quantidade de pontos por *tile*

Quantidade de pontos usados para avaliar um <i>tile</i>	Quantidade de <i>tiles</i>	Percentual de <i>tiles</i>
1	1703	73,8
2	314	13,6
Entre 3 e 5	153	6,7
Entre 6 e 10	83	3,6
Entre 11 e 20	52	2,2
Mais de 20	2	0,1

De posse dos valores de deslocamento nas componentes E e N (DeltaE e DeltaN) e ainda do deslocamento planimétrico resultante (DeltaP) dos pontos utilizados na avaliação, foi iniciada a fase de cálculo das estatísticas. Todos os cálculos e gráficos para análise e apresentação dos resultados foram produzidos com o software R e RStudio, utilizando um *script* desenvolvido no IBGE. A Tabela 2 apresenta as estatísticas básicas calculadas para o conjunto de dados. O erro circular em 90% (CE90) foi de 7,67m e o erro quadrático médio (EQM) foi de 5,17m. A Tabela 3 mostra a comparação dos valores encontrados com o estabelecidos para o PEC classe A das escalas 1:50.000 e 1:25.000.

Tabela 2 - Estatísticas dos deslocamentos calculados para os 4.295 pontos (valores em metros).

	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Amplitude
DeltaE	-0,5	3,78	-0,33	-24,12	38,04	62,16
DeltaN	-0,44	3,46	-0,04	-23,97	21,18	45,15
DeltaP	4,13	3,1	3,5	0	40,12	40,12

Tabela 3 – Comparação dos valores do CE90 e EQM encontrados na avaliação com os valores estabelecidos pelo PEC (valores em metros).

	DeltaP Calculado	PEC A 1:50.000	PEC A 1:25.000
CE90	7,67	25,00	12,50
EQM	5,17	15,00	7,50

A Figura 1 mostra os deslocamentos divididos em classes, onde se percebe não haver regionalização das discrepâncias encontradas.

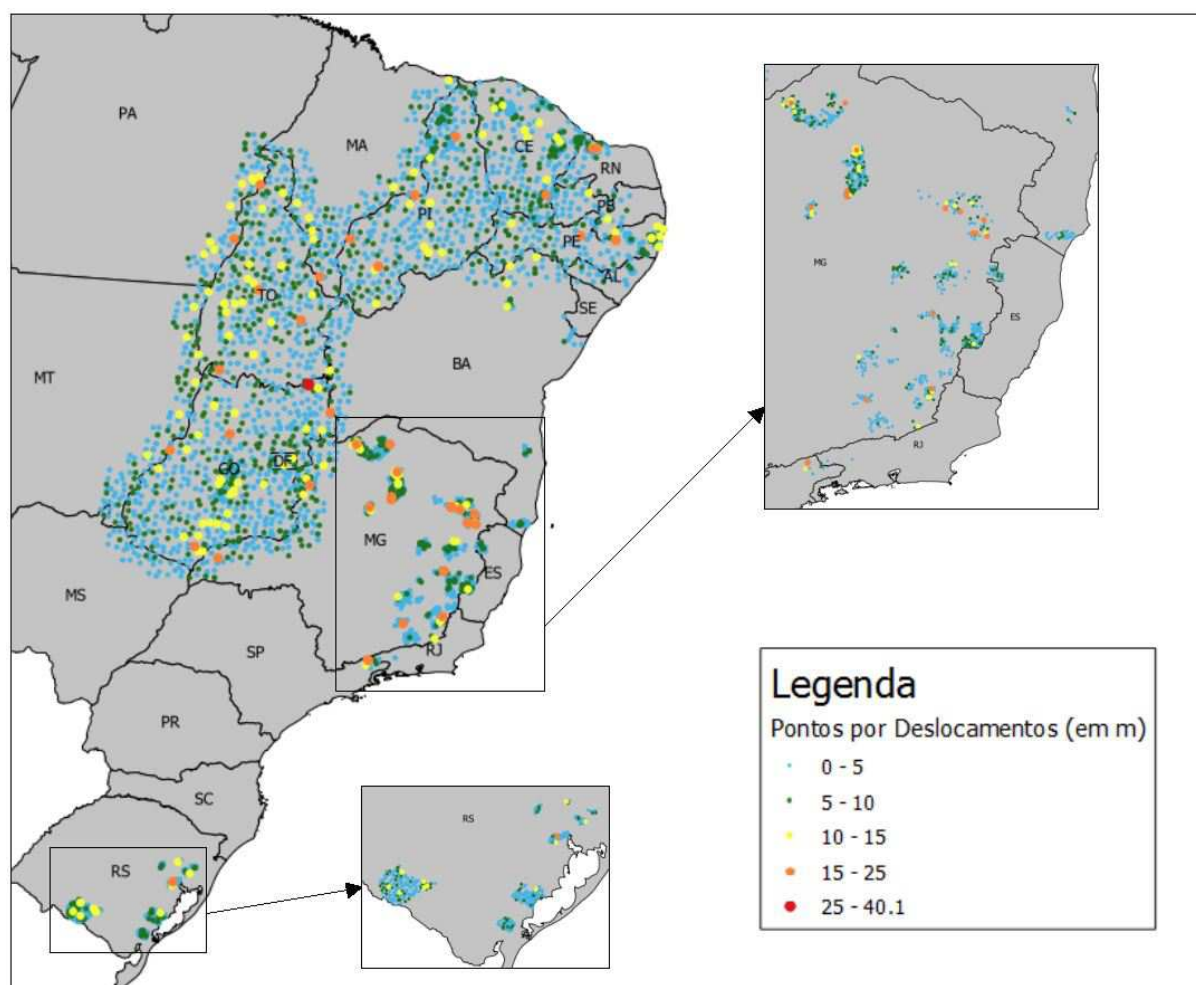


Figura 1 - Distribuição geográfica dos deslocamentos planimétricos ilustrados por intervalos de variação.

A Figura 2 mostra os histogramas e *boxplots* de cada componente planimétrica avaliada e o gráfico de dispersão para a resultante DeltaP. O círculo em amarelo corresponde ao raio de 7.67m, que engloba 90% dos pontos avaliados.

Os histogramas de ambas as componentes evidenciam que a amostra tem distribuição normal.

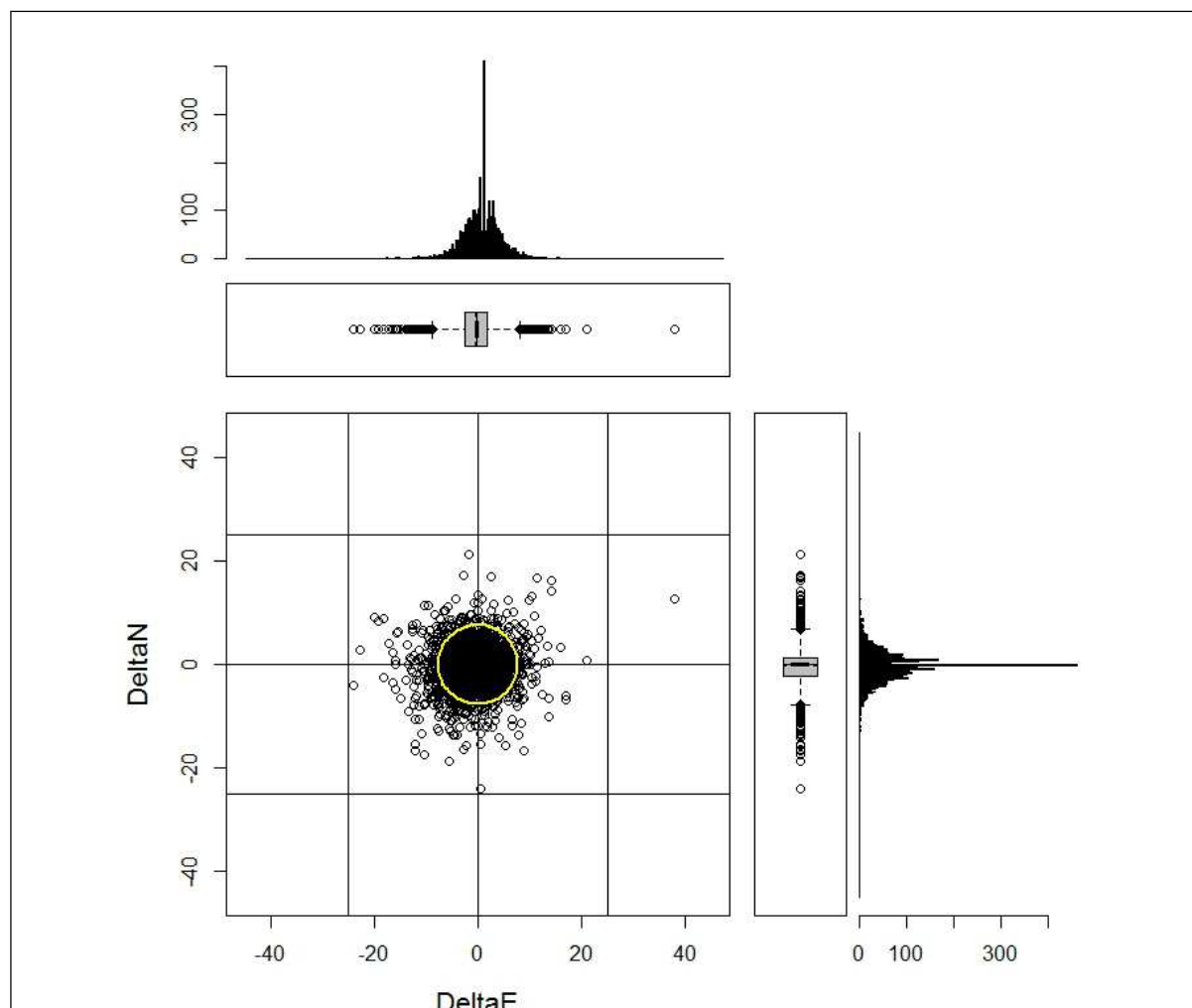


Figura 2 - Histograma e *boxplot* por componente planimétrica avaliada e gráfico de espalhamento para o deslocamento planimétrico (valores em metros).

#### 4. Conclusões

Comparando-se os resultados da avaliação com o determinado em contrato, pode-se concluir que as imagens avaliadas atenderam a exatidão especificada pelo MMA, ou seja, mais de 90% dos pontos testados apresentaram deslocamentos menores que 25m e erro quadrático médio de até 15m.

Vale ressaltar que, neste trabalho, as ortoimagens foram avaliadas como compatíveis com a escala 1:25.000 apenas do ponto de vista geométrico. Estudos realizados por Teixeira (2016) indicam que tais imagens não apresentam característica de interpretabilidade que as classifique como adequadas para extração de feições nessa escala.

Salienta-se que os resultados da presente avaliação dizem respeito apenas àquelas regiões onde existe cobertura de pontos de verificação, e não necessariamente reflete o comportamento das coleções completas.

Como o IBGE não dispõe de pontos medidos em toda a extensão do território nacional com qualidade compatível para avaliar a cobertura Rapideye completa do país, diversas

regiões não puderam ser avaliadas, como por exemplo, a região amazônica. Em tal região, devido às suas características singulares, a identificação de alvos é bem mais difícil e os modelos digitais de elevação tendem a ser menos precisos, conseqüentemente o processo de ortorretificação pode apresentar erros maiores. É desejável que, em estudos futuros, avaliações geométricas sobre as regiões não avaliadas sejam realizadas.

Na comparação dos resultados obtidos na avaliação realizada pelo IBGE em 2013 (Ferreira *et al.*, 2016) com os atuais, confirmou-se que houve melhorias nos processos de ortorretificação executados pelo fornecedor das imagens e que o reprocessamento realizado trouxe um ganho significativo para a qualidade posicional das mesmas.

Dentre as imagens avaliadas apenas uma apresentou deslocamento maior que 25m. Tal deslocamento foi confirmado, pois o mesmo deslocamento foi verificado na área de sobreposição desta em relação às imagens vizinhas. Esse problema específico está sendo verificado pela empresa fornecedora.

A maior parte das imagens foi avaliada utilizando-se apenas 1 ou 2 pontos de verificação. Seria desejável avaliar cada imagem com uma quantidade maior de pontos, entretanto, dado o grande volume de imagens, torna-se inviável realizar avaliação com mais pontos, devido à limitação de orçamento e de tempo disponível para tal. Para contornar esta limitação a CCAR vem executando também avaliações das imagens Rapideye usando, como referência para comparação, imagens de alta resolução cuja qualidade posicional seja confiável e compatível com mapeamentos na escala 1:25.000 ou em escalas maiores. Para essa comparação está sendo utilizado processo de correlação automática de imagens.

## 5. Citações e Referências

BlackBridge. **Positional Accuracy of the RapidEye Image Products**. Version 1.0. Abril 2015.

BlackBridge. **Rapideye - Satellite Imagery Product Specifications**. Version 6.1. Abril 2015.

Ferreira, R.D.; Silva, L.S.L.; Coelho, A.L., Maranhão, M.R.A.; Oliveira, L.F; Soares, R.A.; **Avaliação da qualidade posicional de ortoimagens RapidEye**. Revista Brasileira de Geografia v. 61, n. 1 .2016.

Teixeira, A.J.A. **Construção de um índice de Interpretabilidade para imagens orbitais: o caso da Bacia hidrográfica do rio São João**. 2016. 357p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2016.

Tribunal de Contas da União (TCU). **Termo de Compromisso Corporativo de Uso das Imagens Rapideye**. Disponível em <<http://portal2.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/2667434.PDF>>. Acesso em: 1.nov.2016.