AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL PLANIMÉTRICA DE IMAGENS MSI DO SENTINEL-2A: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DOM PEDRITO-RS

Mariane dos Santos Pessanha [1], *Mauro Antonio Homem Antunes* [1]

[1]Mestranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – PGEAAmb, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica, RJ, marisantospessanha@gmail.com Autor; [1]Professor, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Departamento de Engenharia, Seropédica, RJ, homemantunes@gmail.com

RESUMO

Imagens são fornecidas por diferentes sensores e a qualidade posicional deve ser avaliada de acordo com os padrões de mapeamento. Este trabalho tem como objetivo a avaliação da acurácia posicional planimétrica da ortoimagem MSI do Sentinel-2A de acordo com as Normas Técnicas da Cartografia Nacional. A área de estudo é o município Dom Pedrito, Rio Grande do Sul, Brasil. Pontos identificados na ortoimagem MSI do Sentinel, tomando como referência os pontos coletados em campo por receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*). As coordenadas para os pontos homólogos foram analisadas para diferentes escalas. Os resultados mostram que a ortoimagem MSI do Sentinel-2A obteve classificação A na escala 1:50.000 e 1:25.000, e a ausência de erros sistemáticos verificada pela média direcional e variância circular. Conclui-se que a ortoimagem avaliada atende às exigências da cartografia nacional.

Palavras-chave **—** Ortoimagem, acurácia posicional planimétrica, mapeamento.

ABSTRACT

Images are provided by different sensors and positional quality must be evaluated. The objective of this paper is to evaluate the positional accuracy of MSI orthoimage in accordance to Brazilian mapping standards. The study area is the municipality of Dom Pedrito, Southern Brazil. Points identified in the orthoimage, with reference to the points collected in the field by GNSS receivers. The coordinates of all reference points identified in the image and on field were analyzed for different scales. The results show that the orthoimage obtained a classification of A standard in the scale of 1:50.000 and 1:25.000. Systematic errors were not found in the image as checked by the directional average and the circular variance. It is concluded that orthoimage is suitable for mapping at scale of up to 1:25.000 with high accuracy. It is concluded that for this region the positional accuracy of the orthoimages satisfy the demands.

Keywords **—** *Positional accuracy, scale, mapping.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, devido ao nível de detalhamento das imagens orbitais, análises desde um espaço geográfico complexo até um dado pontual podem ser realizadas. O uso de imagens viabiliza e auxilia ações em diversas atividades e por diferentes instâncias do poder público e privado, como apoio em atividades de gestão: Plano Diretor, Regularização Fundiária, Planejamento Urbano, Gestão Ambiental, Agricultura de Precisão, dentre outros.

As normas cartográficas orientam que, para a aquisição e extração de dados de uma imagem orbital, é necessário aplicar critérios de qualidade no tratamento da mesma. A etapa de avaliação é essencial na análise da acurácia posicional de dados espaciais, identificação de incoerências e enquadramento em um padrão. Algumas soluções para a minimização das incoerências do dado espacial em teste e indicação de qual a possível utilização deste em termos de extração de feições cartográficas e informações geométricas são resultados da avaliação de acurácia posicional.

A avaliação posicional utiliza-se de critérios estatísticos e cartográficos para avaliar a exatidão de mapeamento por imagens. São utilizados testes estatísticos de exatidão cartográfica, permitindo estabelecer a qualidade final dos produtos gerados em relação às suas precisões, exatidões e ao PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica). No caso do Brasil, o PEC é estabelecido pela CONCAR (Comissão Nacional de Cartografia), através do Decreto-lei nº 89.817. Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo a avaliação da acurácia posicional planimétrica da ortoimagem MSI do Sentinel-2A de acordo com o padrão Decreto-lei 89.817.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo (Figura 1) compreende uma região do município Dom Pedrito, no estado do Rio Grande do Sul. Um município localizado na mesorregião Sudoeste Rio-Grandense com uma área de 5.192,10 Km² e altitude média de 141 m [1].

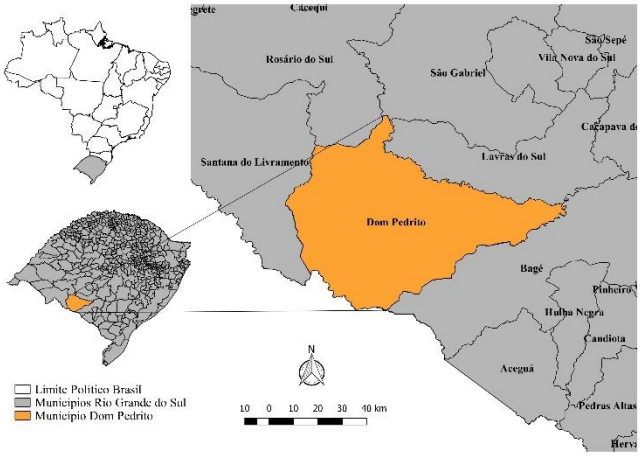

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Fonte: O autor (2018).

A imagem foi obtida junto ao Serviço Geológico Americano (USGS), sendo a escolha baseada na menor incidência de nuvens. O produto Nível-1C fornece imagem ortorretificada processada na projeção UTM e em WGS84, para o processo de ortorretificação é utilizado um modelo digital de elevação com resolução espacial de 90 m (PlanetDEM 90). O PlanetDEM 90 é um modelo reprocessado a partir de dados de origem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) de 90 metros, considerando melhorias para áreas montanhosas e desertos através de dados GDEM (*Global Digital Elevation Map*) e NED (*National Elevation Dataset*). O produto nível 1C passa por processos de correção dos efeitos de radiância, através da interpolação radiométrica. A interpolação estima os valores de radiância do ponto alvo, conhecendo o brilho dos pixels vizinhos através de um algoritmo linear com funções B-*spline* [4].

Para a identificação dos pontos foi gerada uma composição colorida em R4G3B2 (*Red - 490nm, Green – 560 nm, Blue – 665nm*) com as bandas provenientes do sensor MSI (*multi-spectral instrument*) do satélite Sentinel 2A através do *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) no *software* QGIS.

Para a verificação geométrica da imagem foram utilizados 68 pontos de controle, obtidos em campanha de campo (LC545) no período de 12/08/2015 à 01/09/2015 por profissionais do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), com equipamentos GPS Novatel - Modelo DL4 – série: NBY06110025 e NBY06050014. Em campo, adotou-se o método de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), sendo o tempo de rastreio maior ou igual a 45 minutos com taxa (intervalo) de rastreio de 1” (segundo) e máscara de elevação de 10° (graus). O processamento final pelo PPP online – IBGE. Segundo os relatórios de processamento fornecidos pelo IBGE, a incerteza associada às coordenadas é inferior a 40 cm na planimetria e 80 cm na altimetria. Essa incerteza inclui erros inerentes ao processo de ocupação do ponto na planimetria, à metodologia de cálculo e à incerteza do modelo geoidal na altimetria. A escolha da amostra foi definida de forma aleatória. A localização aleatória é definida pelas coordenadas X e Y de um conjunto de números aleatórios, sendo esta chamada de amostragem aleatória espacial [6]. Após a identificação visual dos pontos, as coordenadas de imagem foram exportadas e seguiu-se para o procedimento de análise da exatidão cartográfica no programa GeoPEC. O programa GeoPEC é uma ferramenta de fácil aplicação, utilizada para verificação da qualidade de produtos cartográficos baseada no Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). O GeoPEC baseia-se em procedimentos [5] buscando avaliar o PEC e as possíveis tendências nas coordenadas do produto cartográfico. A inferência estatística aplicada pelo software é realizada por meio da análise de exatidão e de tendência, sendo a última utilizada na identificação de erros sistemáticos. As análises foram realizadas através de testes de hipóteses sobre a média e o desvio padrão amostral dos resíduos, obtidos pela discrepância.

$$\textit{D}\text{iscrep.E(m): } \Delta E(m) = E\,(\text{Orto}) - E(\text{Referência}) \quad (1)$$

$$\textit{D}\text{iscrep.N(m): } \Delta N(m) = N\,(\text{Orto}) - N(\text{Referência}) \quad (2)$$

$$\text{Discrep.Resultante: } \Delta R = \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2} \quad (3)$$

Posteriormente, os dados foram analisados segundo as Normas Técnicas da Cartografia Nacional, que rotula a qualidade geométrica em classes de acordo com a escala definida pelo usuário.

2.1. Avaliação do PEC através do software GeoPEC v3.2.1

Entre as opções de configurações permitidas pelo software para o processamento da acurácia posicional, foi considerada as condições do Decreto-lei 89.817/84. A medida de Dispersão dos dados foi determinada por RMS (fator menos permissivo que o Desvio-padrão). O Nível de Confiança utilizado para os testes estatísticos foi de 90%. Com relação aos *outliers*, foram considerados como tal, os pontos que tiveram mais de 3 vezes o Erro Padrão (EP) da Classe de referência. O *software* apresenta a tabela de estatísticas básicas para as coordenadas Este, Norte e Posicional (Resultante). Ao ser examinado apenas pelo Decreto-lei 89.817/84, considera-se apenas o Posicional.

O processamento planimétrico da acurácia posicional utilizando o Decreto-Lei 89.817 foi realizado adotando as escalas 1:50.000, 1:25.000 e 1:10.000, e considerando a área de 5.192 km² que compõem a área de estudo referente ao município Dom Pedrito-RS.

3. RESULTADOS

Na Tabela 2 e 3, respectivamente, são apresentados os resultados das estatísticas descritivas da amostra de discrepância posicional planimétrica da imagem Sentinel-2A/MSI avaliada e os resultados da média direcional e variância circular, considerando os resultados apresentados para as escalas: 1:50.000, 1:25.000 e 1:10.000. A medida do

desvio dos valores obtidos visualmente na imagem em relação aos valores de referência obtidos em campo, ou seja, o valor do erro médio quadrático (RMS) foi de 6,3 m, sendo esse inferior a um pixel da imagem utilizada.

Tabela 2 - Estatísticas da discrepância posicional.

	Imagem Sentinel-2A MSI Avaliada
Número de pontos	68
Média (m)	4,8
Desvio (m)	3,6
Variância (m²)	12,9
RMS (m)	6,3
Máximo (m)	18,4
Mínimo (m)	0,9

A análise de tendência utilizando a média direcional e variância circular, por sua vez, não apresentou tendência na ortoimagem. A variância circular varia de 0 a 1, valores próximos a 0 indica que possuem tendência, já que os vetores estão na mesma direção; valores próximos de 1 indica que não possuem tendência, já que apresentam vetores em direções diversas. A Tabela 3 apresenta os resultados da média direcional e variância circular. Observa-se, que a variância circular é 0,56 indicando a ausência de tendência.

Tabela 3. Resultados da média direcional e variância circular.

	Imagem Sentinel-2A MSI Avaliada
Média Direcional	342,91º
Variância Circular	0,56

Sendo assim, este trabalho considera que um dado espacial é tido como acurado posicionalmente quando o mesmo for classificado no padrão Decreto-lei 89.817 em uma determinada escala e classe e ainda estar livre de efeitos sistemáticos em suas coordenadas, ou seja, não apresentar tendência.
A qualidade posicional da ortoimagem MSI do satélite Sentinel-2A, de acordo com o Decreto-Lei 89.817, foi a classificação A na escala 1:100.000, considerando 20 pontos amostrais na área de estudo e a aplicação do teste de tendência t-*Student* que identificou a existência de tendência nos dados avaliados, a translação no eixo das ordenadas foi realizada na ortoimagem, apresentando classificação A na escala 1:100.000 segundo o Decreto-Lei 89.817 e inexistência de tendência [7].

3.1. Classe 1:50.000

O resultado do Padrão de Exatidão Cartográfica de acordo com as normas cartográficas brasileiras foi Classe A+ para a imagem MSI do Sentinel 2A quando considerada a escala 1:50.000, indicando uma qualidade geométrica do produto Nível-1C.
Na Tabela 4 é apresentada a classificação da acurácia posicional planimétrica quanto ao Decreto-Lei 89.817 da ortoimagem Sentinel-2A com escala de teste 1:50.000.

Tabela 4 - Classificação da Acurácia Posicional na escala 1:50.000.

	Imagem Sentinel-2A MSI Avaliada
Classe	A+
PEC-PCD	14
Erro Padrão (EP)	8,5
% di ≤ PEC-PCD	100
RMS ≤ EP	SIM
Tendência	NÃO

Segundo os padrões da PEC-PCD, a imagem de estudo é classificada pelo Decreto-Lei 89.817 como classe A+. Com os valores apresentados na Tabela 5 e Tabela 6, pode-se observar que a ortoimagem apresenta um RMS desejável, pois RMS ≤ EP. As discrepâncias das coordenadas são menores que as estabelecidas pelo PEC-PCD, neste caso 100% menor do que é recomendado, inferindo na aprovação da imagem. O número de *outliers* encontrados na análise da amostra em estudo é nulo.

3.2. Classe 1:25.000

O resultado do Padrão de Exatidão Cartográfica de acordo com as normas cartográficas brasileiras foi Classe A para a imagem MSI do Sentinel 2A quando considerada a escala 1:25.000, indicando uma qualidade geométrica do produto Nível-1C.
Na Tabela 5 é apresentada a classificação da acurácia posicional planimétrica quanto ao Decreto-Lei 89.817 da ortoimagem Sentinel-2A com escala de teste 1:25.000.

Tabela 5 - Classificação da Acurácia Posicional na escala 1:25.000.

	Imagem Sentinel-2A MSI Avaliada
Classe	A
PEC-PCD	12.5
Erro Padrão (EP)	7.5
% di ≤ PEC-PCD	95.59
RMS ≤ EP	SIM
Tendência	NÃO

Segundo os padrões da PEC-PCD, a imagem de estudo é classificada pelo Decreto-Lei 89.817 como classe A. Com os valores apresentados na Tabela 5, pode-se observar que a ortoimagem apresenta um RMS desejável, pois RMS ≤ EP. As discrepâncias das coordenadas são menores que as estabelecidas pelo PEC-PCD, neste caso 95.59% menor do que é recomendado, inferindo na aprovação da imagem. O número de *outliers* encontrados na análise da amostra em estudo é nulo.

.3. Classe 1:10.000

A imagem MSI do Sentinel 2A quando considerada a escala 1:10.000, não foi classificada segundo as normas cartográficas brasileiras.
Na Tabela 6 é apresentada a classificação da acurácia posicional planimétrica quanto ao Decreto-Lei 89.817 da ortoimagem Sentinel-2A com escala de teste 1:10.000. Segundo os padrões da PEC-PCD, a imagem de estudo foi reprovada pelo Decreto-Lei 89.817. Foram identificados 8 *outliers* na análise da amostra em estudo.

Tabela 6 - Classificação da Acurácia Posicional na escala 1:10.000.

	Imagem Sentinel-2A MSI Avaliada
Classe	-
PEC-PCD	-
Erro Padrão (EP)	-
% di ≤ PEC-PCD	REPROVADO
RMS ≤ EP	FALHOU
Tendência	NÃO

4. DISCUSSÃO

Os resultados encontrados mostram boa qualidade geométrica da imagem MSI do Sentinel 2A avaliada fornecida de forma gratuita pelo site do USGS. Sendo assim, esse trabalho se torna muito útil no crescente mercado de imagens de Sensoriamento Remoto, visto que foi apresentado metodologias para avaliação da qualidade do produto oferecido. Com o estudo foi possível analisar através do Decreto-Lei 89.817, o comportamento da ortoimagem que abrange a área do município de Dom Pedrito e estabelecer uma metodologia de avaliação da qualidade de posicional de produtos cartográficos através da utilização do software GeoPEC v3.2.1.
Conforme a metodologia apresentada e a partir dos resultados obtidos, foi possível verificar que a ortoimagem avaliada Sentinel-2A, sensor MSI, obteve classificação A+ na escala 1:50.000, A na escala 1:25.000 e reprovação na escala 1:10.000 de acordo com o Decreto-Lei 89.817. Porém, devem ser realizadas avaliações mais aprofundadas relacionadas ao teste de tendência. O RMS das discrepâncias posicionais apresentou valor de 6,3 metros, aproximadamente, confirmando a magnitude da incerteza posicional nominal do Satélite Sentinel-2A, sensor MSI.

5. CONCLUSÕES

A imagem do satélite Sentinel-2A, sensor MSI (*Multispectral Instrument*) avaliada neste estudo, possui boa qualidade posicional para gerar produtos cartográficos para as escalas adotadas como classe A+ e A. Recomenda-se o estudo de diferentes cenas e órbita/ponto para épocas distintas em trabalhos futuros a fim de se obter um maior número de informações para compor a análise dos aspectos referente à geometria das imagens.

6. AGRADECIMENTOS

Ao *United States Geological Survey* e à *European Space Agency* pelo fornecimento das imagens e ao IBGE pelo fornecimento dos pontos de referência.

7. REFERÊNCIAS

[1] Cidades, I. B. G. E. Disponível em:< http://cidades. ibge. gov. br/>.Acesso em 20 outubro, v. 1, 2015.

[2] CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia. Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespacias Vetoriais (ET-EDGV v2.01).

[3] DSG – Diretoria do Serviço Geográfico. Norma para Especificação Técnica para Produtos de Conjunto de Dados Geoespaciais (ET-PCDG) – 2ª Edição. Brasília, 2016. 195p.

[4] ESA – United Space in Europ. Sentinel Online. Disponível em: <http://www.esa.int/ESA>. Acesso em: 20 outubro 2015.

[5] Merchant, Dean C. Spatial accuracy standards for large scale line maps. In: Proceedings of the Technical Congress on Surveying and Mapping. 1982. p. 222-231.

[6] Santos, A. P. Avaliação do padrão de exatidão cartográfica em imagens Ikonos e CBERS-2B na bacia do ribeirão São Bartolomeu. Viçosa-MG. Monografia (Engenharia de Agrimensura) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

[7] Tibúrcio, C. M. Análise da qualidade posicional das ortoimagens do satélite sentinel-2A sensor MSI. Viçosa-MG. Monografia (Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.