

AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA POSICIONAL PLANIMÉTRICA DAS ORTOIMAGENS SENTINEL 2A / SENSOR MSI NAS REGIÕES DE ALVINÓPOLIS E VIÇOSA, MG

L. S. Barbosa¹, C. T. Martins¹, A. P. Santos¹, N. G. Medeiros¹, I. O. Ferreira¹

¹Universidade Federal de Viçosa, Brasil

Comissão 3: Cartografia

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a acurácia posicional de ortoimagens do satélite SENTINEL 2A, sensor MSI, nas regiões dos municípios de Alvinópolis e Viçosa, ambos do estado de Minas Gerais. As ortoimagens SENTINEL 2A/MSI foram classificadas como Classe A, segundo Decreto-Lei n° 89817/ET-CQDG para a escala de 1:100.000. Verificou-se que a ortoimagem não apresentou tendência na região de Alvinópolis-MG, porém constatou-se tendência na avaliação na região Viçosa-MG.

Palavras chaves: acurácia posicional, Sentinel, Decreto-Lei n° 89.817, ET-CQDG

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the positional accuracy of orthoimages of the Sentinel-2A satellite, MSI sensor, in the regions of Alvinópolis and Viçosa, both in the state of Minas Gerais. The Sentinel-2A/MSI orthoimages were classified as Class A, according to Decree-Law n° 89817 / ET-CQDG for the 1: 100000 scale. It was verified that orthoimaging did not show a trend in the region of Alvinópolis-MG, but it was verified a trend in the evaluation in the Viçosa-MG region.

Keywords: positional accuracy, Sentinel, Decree-Law n° 89817, ET-CQDG

1- INTRODUÇÃO

As imagens orbitais do Sensoriamento Remoto foram um grande avanço na área da cartografia, possibilitando o mapeamento da superfície terrestre de forma muito eficiente. Suas aplicações abrangem diversas áreas, como gestão municipal, meio ambiente, agricultura, arqueologia, entre outros. A partir da análise dessas imagens orbitais, é possível detectar mudanças geoambientais e variações temáticas ao longo da superfície terrestre, o que permite realizar a atualização dos dados cartográficos de um determinado local. Assim, as imagens orbitais é, hoje, o principal insumo para realização do processo de atualização cartográfica. A agilidade na obtenção dessas imagens, a qualidade, a economia e o fornecimento de uma boa visão da área de estudo, também são justificativas para a sua utilização, ao invés, por exemplo, de fotografias aéreas (ZANETTI et al., 2016).

Um exemplo de imagens orbitais são aquelas obtidas do satélite Sentinel-2A da Agência Espacial Europeia (ESA ou *European Space Agency*), lançado em 23 de junho de 2015, o qual possui a bordo o sensor

MSI (*Multispectral Instrument*) operando em 13 bandas espectrais, desde o visível até o infravermelho de ondas curtas. Esse satélite fornece ortoimagens de forma gratuita para qualquer usuário com resolução espacial de até 10 metros. As imagens orbitais obtidas por esse satélite possuem um nível de correção *Level-1C*, em que as mesmas já estão ortorretificadas no sistema de coordenadas geográficas WGS84, com correções das distorções geométricas da terra, conhecida como TOA (*Top Of Atmosfera*) (NEGRÃO, 2016). Os dados adquiridos possibilitam a geração de geoinformação em escalas regionais, nacionais e internacionais (ESA, 2015).

A Coordenação do Centro de Desempenho da Missão (MPC-CC) fornece mensalmente relatórios de qualidade de dados dos produtos Sentinel-2A, onde consta informações sobre o monitoramento e medição dos desempenhos (geométrico e radiométrico) do produto em relação à especificação proposta. Quanto aos requisitos de qualidade geométrico tem-se a incerteza de geolocalização absoluta, onde os valores são de 20 metros e 2σ em imagens processadas sem a utilização de pontos de controle e, 12,5 metros e 2σ para

imagens processadas com o uso de pontos de controle (ESA, 2015).

Ao se fazer o uso de quaisquer tipos de dados para o processo de atualização cartográfica, é necessário realizar a análise da sua qualidade posicional. Tal análise faz parte do controle de qualidade cartográfica, que é uma das atividades mais importantes na cartografia, cujo objetivo principal é verificar as discrepâncias, a acurácia, a qualidade e as incertezas inerentes aos mesmos, além de definir qual será o seu uso (GOODCHILD, 2010). No Brasil, essa análise é fundamentada no Decreto-Lei nº 89.817 de 1.984, aliado à Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG) de 2016 proposta pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) (BRASIL 1984; DSG 2016).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é analisar a acurácia posicional de imagens ortorretificadas do satélite Sentinel-2A, sensor MSI, na região de Alvinópolis-MG e na região de Viçosa-MG, segundo as especificações do Decreto-Lei nº 89.817 e a ET-CQDG para utilizá-las na escala 1:100.000

A justificativa para esta análise, é apresentar ao usuário a acurácia posicional adquirida na imagem orbital do Sentinel 2A/MSI, comprovando se a mesma pode ser utilizada em algum trabalho na escala 1:100.000 devido a sua resolução espacial de 10 metros. Outra justificativa para o estudo é a avaliação, na prática, da incerteza posicional das ortoimagens Sentinel 2A/MSI, de modo a verificar se as mesmas são compatíveis com a incerteza posicional nominal do satélite.

2- CONTROLE DE QUALIDADE POSICIONAL

Segundo Queiroz e Santos (2016), para realizar a análise da qualidade geométrica do produto cartográfico, é necessário que seja feita a avaliação da acurácia posicional do mesmo. Essa avaliação é realizada através de uma comparação do produto que se pretende avaliar com pontos de checagem obtidos no campo, ou a partir de um produto mais acurado. A partir dessa comparação, são obtidas discrepâncias que possibilitará obter a qualidade do dado cartográfico, utilizando normas ou testes estatísticos.

O controle de qualidade posicional no Brasil é fundamentado no Decreto-Lei nº 89.817 de 1984, onde o produto cartográfico é avaliado através de duas tolerâncias: o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) para Produtos Cartográficos Digitais (PCD) e o Erro Padrão (EP). Estes estão relacionados à escala e a classe utilizada na análise da qualidade posicional do produto em avaliação (BRASIL, 1984).

Através do Decreto-Lei nº 6.666 de 27 de novembro de 2008, foi implantada a INDE, com o propósito de organizar dados espaciais obtidos por instituições nacionais e empresas produtoras e

mantedoras desses dados. Entre as especificações elaboradas pela INDE, está a ET-CQDG, que possui o objetivo de fornecer uma forma padronizada para avaliar a qualidade dos produtos de conjuntos de dados geoespaciais integrantes do Sistema Cartográfico Nacional (SCN) do Brasil (DSG, 2016).

Sendo assim, segundo SANTOS (2010) e DSG (2016), para determinar a acurácia posicional planimétrica de um produto cartográfico através do Decreto-Lei 89.817, é necessário que sejam atendidas duas condições:

- i. 90% dos pontos testados devem apresentar valores de discrepâncias iguais ou inferiores ao valor do PEC-PCD em relação à escala e a classe testada e;
- ii. O RMS (*root mean square*) das discrepâncias deve ser igual ou inferior à tolerância EP definido pela norma.

onde:

$$dpi = \sqrt{(x_r - x_p)^2 + (y_r - y_p)^2} \quad (1)$$

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (dpi)^2}{n}} \quad (2)$$

sendo: x_r e y_r : coordenadas do ponto de referência; x_p e y_p : coordenadas do ponto no produto de teste; n : número de pontos de checagem.

A Tabela 1 apresenta os valores de tolerâncias da PEC-PDC e EP definidos pelo padrão Decreto-Lei 89.817, aliada à ET-CQDG.

Tabela 1- Tolerâncias para a classificação quanto à precisão posicional.

Classe PEC - PCD	Planimetria		Padrão para a escala 1:100.000	
	PEC (mm)	EP (mm)	PEC (m)	EP (m)
A	0,280	0,170	28	17
B	0,500	0,300	50	30
C	0,800	0,500	80	50
D	1,000	0,600	100	60

3- MATERIAIS E MÉTODOS

3.1- Área de Estudo

A área de estudo para realização da avaliação da acurácia posicional foi o município de Alvinópolis e regiões próximas (Figura 1), e a região que engloba a Bacia do Ribeirão São Bartolomeu, na cidade de Viçosa (Figura 2), ambos pertencentes ao estado de Minas Gerais, Brasil.

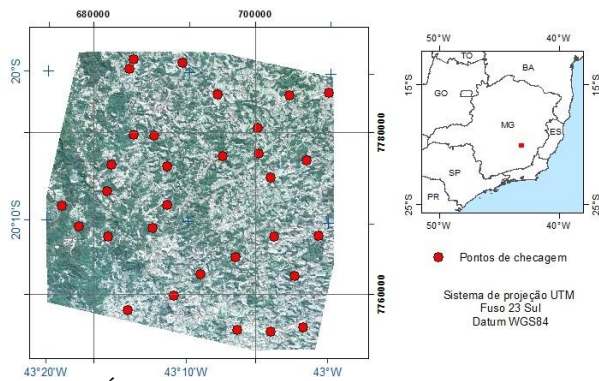


Fig. 1 - Área de estudo do município de Alvinópolis-MG e regiões próximas.

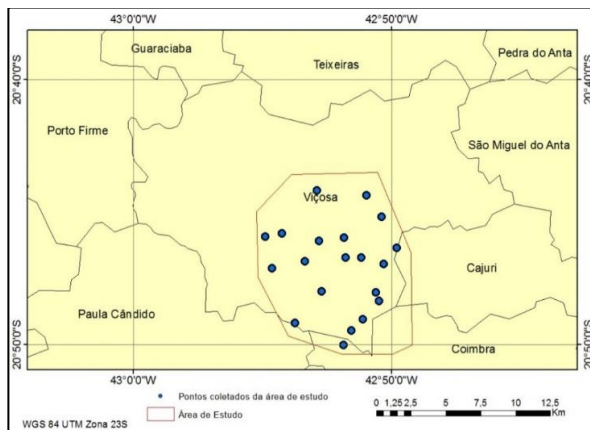


Fig. 2- Área de estudo da Bacia do Ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG, limitada pela linha em vermelho.

3.2- Materiais Utilizados

Os materiais utilizados neste trabalho foram:

- Software ArcGis 10.2 para manipulação dos dados analisados.
- Software GeoPEC 3.4 para classificação e análise estatísticas das ortoimagens.
- Ortoimagem proveniente do satélite SENTINEL 2A sensor MSI, disponibilizada gratuitamente no site da ESA (*European Space Agency*). As ortoimagens estão referenciadas ao WGS 1984, sistema de projeção UTM Zona 23 Sul.
- Ortoimagem proveniente do satélite ALOS sensor PRISM, com acurácia posicional na escala 1:25.000, enquadrando-se na classe A conforme o Decreto-Lei 89.817 (SANTOS, 2010). Esta ortoimagem foi utilizada como referência para avaliar a ortoimagem Sentinel na região de Alvinópolis-MG.
- Ortoimagem proveniente do satélite IKONOS com qualidade posicional Classe B na escala de 1:10.000 (SANTOS et al., 2010). Esta ortoimagem foi utilizada como referência para avaliar a ortoimagem Sentinel na região de Viçosa-MG.

Vale ressaltar que a imagem orbital ALOS utilizada como referência, é cerca de 4 vezes mais

acurada que a ortoimagem que está sendo avaliada. Já a imagem orbital IKONOS é 10 vezes mais acurada.

3.3- Metodologia

Através do software ArcGis fez-se a composição colorida (RGB) das bandas 2,3 e 4 das ortoimagens do SENTINEL 2A/MSI para realizar a avaliação em ambas regiões.

A ET-CQDG determina o tamanho da amostra (n) e o número de aceitação (Ac) tolerável dentro da amostra. As áreas de estudo foram divididas em quadrículas de 4x4 cm no valor da escala teste (1:100.000), obtendo 74 quadrantes significativos para a região de Alvinópolis e 9 para a região da Bacia do Ribeirão São Bartolomeu conforme as Figuras 3 e 4. Segundo a DSG (2016) o número de quadrantes válidos corresponde ao valor da população, que no caso é 74 para a região de Alvinópolis e 9 para a região da Bacia do Ribeirão São Bartolomeu. Segundo a classificação lote a lote, o tamanho da amostra foi determinado de acordo com o tamanho da população. Para o cálculo, o limite de qualidade aceitável (LQA) é 4% e o tamanho da amostra é determinado de acordo com as Tabelas 44 e Tabela 45 do ET-CQDG. A partir da Tabela 44, o tamanho da população (faixa de população entre 51 e 90 para a região de Alvinópolis e entre 9 e 15 para a região da Bacia do Ribeirão São Bartolomeu) e o nível de inspeção (nível II), determina a letra “E” para a região de Alvinópolis e “B” para a região da Bacia do Ribeirão São Bartolomeu como código que será utilizado na Tabela 45 para a determinação do tamanho amostral. Assim, de acordo com o LQA igual a 4% e código “E” e “B”, obtém-se o número amostral igual a 13 e 3 respectivamente.



Fig. 3 - Croqui da área de estudo divididas em quadrantes. Região de Viçosa-MG.

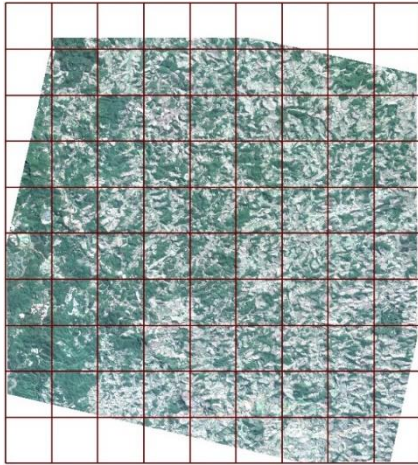


Fig. 4 - Croqui da região de Alvinópolis-MG.

A ET-CQDG foi elaborada para o controle de qualidade dos dados Geoespaciais pertencentes ao Sistema Cartográfico Nacional, o qual são dados do mapeamento sistemático nacional, que abrange uma área muito maior que a considerada neste trabalho (por exemplo, uma carta topográfica na escala de 1:100.000 abrange uma área de 3086 km²). Assim o tamanho da amostra determinado pela ET-CQDG para a área de estudo, não traz confiabilidade para se proceder o controle de qualidade posicional da ortoimagem. Diante do exposto, utilizou-se a *National Standard Spatial Data Accuracy*, norma norte-americana de acurácia posicional, que recomenda um mínimo de 20 pontos de checagem para o processo de avaliação.

A partir dos valores das coordenadas planimétricas dos pontos de checagem e referência, fez-se o estudo da acurácia posicional das ortoimagens, utilizando o software GeoPEC, com escala de referência 1:100.000 e considerando uma área de estudo de 1.200 km² para a região de Alvinópolis e 110 km² para a região da Bacia do Ribeirão São Bartolomeu. Após a obtenção dos valores de discrepância de cada ponto de checagem, realizou-se a detecção de *outliers* utilizando o método 3σ , o qual consiste em utilizar a tolerância $3*EP$ (Erro Padrão), conforme apresentado por Santos (2010). Em seguida, analisou-se a tendência dos dados através da análise estatística espacial da Média Direcional e Variância Circular em ambas regiões, e também através do t de *Student* para a região da Bacia do Ribeirão São Bartolomeu. Maiores informações sobre os testes de tendência podem ser encontradas em Santos *et al.* (2016). No último passo, fez-se a classificação da imagem conforme o padrão do Decreto-Lei n° 89817 de 1984 e as tolerâncias do PEC-PCD da ET-CQDG de acordo com metodologia adotada por Santos *et al.* (2016).

4 – RESULTADOS

Após a coleta dos pontos de checagem, calculou-se as discrepâncias planimétricas (Figura 5 e Figura 6), e, em seguida, obteve-se as estatísticas descritivas da amostra de discrepâncias posicionais (Tabela 2).

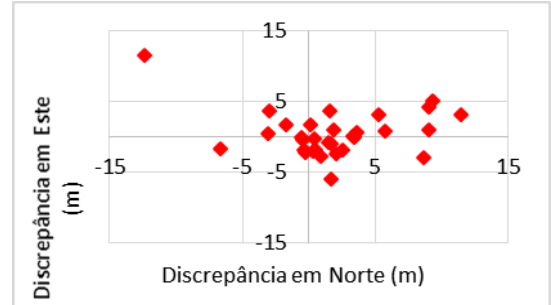


Fig. 5 - Gráfico das discrepâncias da ortoimagem Sentinel-2A na região de Alvinópolis-MG.

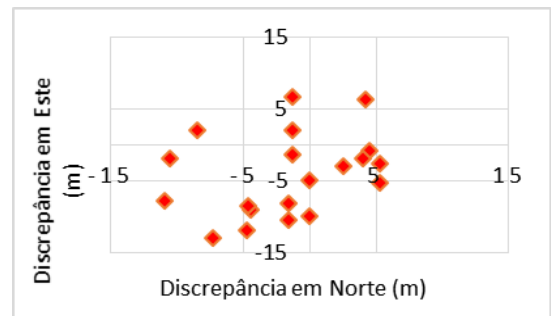


Fig. 6 - Gráfico das discrepâncias da ortoimagem Sentinel-2A na região de Viçosa-MG.

Tabela 2 - Tabela estatística descritiva dos pontos de checagem.

Estatísticas	Região de Alvinópolis - MG	Região de Viçosa-MG
Média (m)	4,64	7,98
Desvio (m)	3,86	3,64
Variância (m²)	14,92	13,25
RMS (m)	6,10	8,96
Máximo (m)	16,92	14,80
Mínimo (m)	0,48	1,80
Outliers	0	0

De acordo com os dados da Tabela 2, verifica-se que na análise não foi detectada a existência de *outliers*, o que demonstra que não há a presença de erros grosseiros na coleta dos dados e a inexistência de discrepâncias posicionais que se encontram afastadas dos demais na amostra testada.

A Tabela 3 apresenta a classificação da acurácia posicional planimétrica em relação ao Decreto-

Lei 89.817/ET-CQDG da ortoimagem Sentinel-2A/MSI com escala de teste 1:100.000.

Tabela 3 - Avaliação da Acurácia Posicional.

	Região de Alvinópolis-MG	Região de Viçosa-MG
Escala	1:100.000	1:100.000
Classe	A	A
PEC-PCD	28	28
EP	17	17
% di ≤ PEC-PCD	100	100
RMS ≤ EP	SIM	SIM
Tendência	NÃO	SIM

A partir dos resultados contidos na Tabela 2 e na Tabela 3, verifica-se que a ortoimagem Sentinel-2A/MSI apresentou RMS das discrepâncias posicionais próxima a 6 metros na região de Alvinópolis e próxima a 9 metros na região de Viçosa-MG, valor menor que a tolerância EP. Todos os valores das discrepâncias posicionais foram menores que o valor máximo permitido pelo PEC-PCD para a classe A.

A Tabela 4 apresenta o resultado do teste de tendência e a Tabela 5 o resultado do teste t de *Student* para Viçosa-MG.

Tabela 4 - Resultado da análise de tendência através da Média Direcional e Variância Circular.

	Região de Alvinópolis-MG	Região de Viçosa-MG
Média Direcional	106,83°	190,86°
Variância Circular	0,66	0,56

Tabela 5 - Resultados do teste t de Student na região de Viçosa-MG.

	Ortoimagem Sentinel-2A Disponibilizada	
	di (E)	di (N)
Coordenada		
t_{tabelado}	1,73	1,73
t_{calculado}	-1,42	-3,25
Resultado	Sem efeito sistemático	Há efeito sistemático

Como a variância circular é 0,66 na região de Alvinópolis, pode-se inferir que a amostra é não-

tendenciosa, ou seja, não há deslocamento sistemático da ortoimagem em avaliação com relação à ortoimagem de referência da mesma região. Já na região da Bacia do Ribeirão São Bartolomeu a variância circular é 0,56, o que não indica ao certo se a imagem é tendenciosa ou não.

Através da Tabela 5, verifica-se o resultado da análise de tendência para o teste t de *Student*, onde observa-se que a discrepância em E (este) não apresenta efeitos sistemáticos, porém em N (norte) existem estes efeitos. Com isso, o resultado da análise de tendência, pelo teste de hipótese t de *Student*, para a ortoimagem apresentou-se tendencioso.

Como a ortoimagem Sentinel-2A/MSI na região de Alvinópolis-MG enquadrou-se nos padrões de precisão e tendência, verifica-se que a mesma é acurada posicionalmente para a escala 1:100.000 na classe A. Desta forma, a mesma possui uma boa qualidade posicional para gerar produtos cartográficos nesta escala. Já no caso da região de Viçosa-MG, a ortoimagem Sentinel-2A/MSI apresentou tendência, sendo assim, a mesma não é acurada.

A escala utilizada de 1:100.000 para a avaliação das ortoimagens Sentinel-2A/MSI, foi definida em relação a sua resolução espacial de 10 metros. A partir de testes, verificou-se que as ortoimagens enquadram-se em escalas maiores, como por exemplo 1:50.000, contudo, a identificação de objetos torna-se uma tarefa difícil.

5 - CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, é importante ressaltar que na avaliação da acurácia posicional de produtos cartográficos, é necessário identificar os possíveis erros inerentes aos dados, a sua precisão e classificá-lo de acordo com algum padrão. Pode ser visto que a ortoimagem em estudo na região de Alvinópolis-MG é acurada, não apresentando tendência. Esta foi aprovada por se enquadrar nas condições estabelecidas pelo Decreto-Lei nº89817/ET-CQDG e classificada dentro do PEC-PCD como classe A, podendo ser utilizada para gerar produtos cartográficos na escala 1:100.000.

Já no caso da avaliação na região de Viçosa-MG, foi possível verificar que a ortoimagem disponibilizada Sentinel-2A, sensor MSI, obteve classificação A na escala 1:100.000, de acordo com o Decreto-Lei 89.817/ET-CQDG. Porém, o resultado foi tendencioso, o que torna a imagem não acurada. Entretanto, uma simples translação nesta ortoimagem minimizaria o efeito sistemático presente.

Ao se adquirir as imagens orbitais do satélite Sentinel-2A/MSI, as mesmas já estão ortorretificadas, o que dispensa a necessidade do usuário efetuar algumas correções prévias na imagem. Além disso, existem outras missões da Sentinel, assim, recomenda-se para

trabalhos futuros a avaliação da acurácia posicional das imagens geradas pelas demais missões. Para o sensor MSI do satélite Sentinel-2A, recomenda-se avaliar a utilização de um único ponto de controle para correção das ortoimagens. Além disso, com os resultados obtidos foi observado que as discrepâncias obtidas na avaliação estão condizentes ao nível divulgado pelo provedor das ortoimagens.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto Nº 89.817 de 20 de Junho de 1984. Normas Técnicas Da Cartografia Nacional. 1984. Brasil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm. Acesso em Abril de 2017.

DSG. Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET – CQDG). 2010. Brasil. Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/index.php/inde2?id=142>. Acesso em Abril de 2017.

ESA. Sentinel Online. Disponível em: <http://www.esa.int/ESA>. Acesso em Abril de 2017.

GOODCHILD, M. F. 2010. “Foreword.” em Principles of Modeling Uncertainties in Spatial Data and Spatial Analyses. CRC Press.

PROCESSAMENTO DIGITAL. Uma nova iniciativa para utilizar imagens do sentinel 2A. Disponível em: <http://www.processamentodigital.com.br/2016/09/22/uma-nova-iniciativa-para-utilizar-imagens-do-sentinel-2>. Acesso em Abril de 2017.

QUEIROZ, M.R.Q. e A.P. Santos, 2016. Avaliação da acurácia posicional de imagens LANDSAT 8 /sensor OLI na região de Alvinópolis-MG, em VI Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife-PE, Brasil.

SANTOS, A.P. Avaliação da Acurácia Posicional em Dados Espaciais com o uso de Estatística Espacial. 2010. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil.

ZANETTI, J.; PAULA, R. M.; SANTOS, A. P e N. G. MEDEIROS, 2016. Avaliação da acurácia posicional planimétrica de ortoimagens disponibilizadas nos sistemas de informações geográfica, em Revista Brasileira de Cartografia. Rio de Janeiro, Nº 68/7, pp. 1341-1352.