



METODOLOGIA PARA AVALIAR O PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICO (PEC) EM ORTOMOSAICO OBTIDO ATRAVÉS DE AERONAVE PILOTADA REMOTAMENTE (RPA)

Sérgio Roberto Horst Gamba¹, Edson Eyji Sano²

¹ Universidade de Brasília - UnB Campus Universitário Darcy Ribeiro - Instituto de Geociências

² Universidade de Brasília - UnB Campus Universitário Darcy Ribeiro - Instituto de Geociência

Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens

RESUMO

Com a evolução das plataformas de sistemas sensores, sejam elas orbitais ou aerotransportadas, surgiu a necessidade da criação de uma plataforma que reduzisse os custos de um aerolevanteamento para imageamento óptico, Radar, Laser, multiespectral e geofísico. Desta forma, os Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas, em inglês *Unmanned Aircraft Systems* (UAS) tem sido utilizados como plataforma de baixo custo na atividade de aerolevanteamento, principalmente no imageamento óptico. O termo adotado tecnicamente pela Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), com abrangência internacional, para esse tipo de aeronave é o *Remotely Piloted Aircraft System* (RPAS). O objetivo deste artigo é apresentar uma metodologia para avaliar o padrão de exatidão cartográfica (PEC) em ortomosaico obtido através de um aerolevanteamento com RPA. A área de estudo está localizada na zona 23°S e 43°W, região de Itaipuaçu, distrito do município de Maricá, na Região dos Lagos, no estado do Rio de Janeiro, carta SF-23Z-B-IV-4-SE. O RPA utilizado é o PT-UAV oferecido da empresa Esteio Engenharia e Aerolevanteamentos S.A. O sensor empregado é a câmera Alfa Nex 3 Sony. A metodologia empregada neste trabalho está dividida em quatro fases. A primeira fase é o planejamento e a execução do voo. A segunda fase consiste em determinar os pontos de apoio, logo após a execução do voo. Na terceira fase é feita a geração e a avaliação inicial do ortomosaico na escala 1:1000. A quarta fase consiste na avaliação do ortomosaico, por meio da aplicação do PEC, utilizando o método de testes de hipóteses, baseado na análise de tendências e precisão. Neste trabalho foi realizado a orientação interior e exterior (ressecção espacial) e gerado o MDS no aplicativo livre E-foto, a fim de gerar um ortomosaico. Os resultados demonstram que é possível observar o erro médio quadrático (RMS) da discrepância em planimetria e o valor dado pela norma CE90 (circle error 90%), que estipula que noventa por cento dos resíduos nas medições das coordenadas dos pontos de referência estejam abaixo de um determinado valor. No tocante a análise de tendência, foi possível observar a existência de tendência, nas componentes X e Y do ortomosaico, denotando a existência de erros sistemáticos na imagem processada com pontos de apoio. A análise de precisão enquadrou o ortomosaico na classe B para uma escala de 1:1000. Conclui-se que o uso dos RPA para a atividade de aerolevanteamento permite baixo custo operacional, comparado às plataformas satélites e aeronaves, e a possibilidade de gerar mapas e cartas de grandes escalas que atendam a PEC. Normalmente, as prefeituras das cidades do Brasil contratam empresas de aerolevanteamento, que utilizam aeronaves, para gerar cartas de grande escalas, a fim de otimizar a arrecadação do IPTU. Com a utilização de RPA pelas empresas, o custo do serviço oferecido às prefeituras tende a ser menor, oferecendo o mesmo produto final.

Palavras-Chave: Sensoriamento Remoto, Aerolevanteamento, Geoprocessamento.

ABSTRACT

With the evolution of the platforms of sensor systems, whether orbital or airborne, the need arose for the creation of a platform that would reduce the costs of an aero-survey for optical, Radar, Laser, multispectral and geophysical imaging. Thus Unmanned Aircraft Systems (UAS) has been used as a low-cost platform for aerial surveying, mainly in optical imaging. The internationally adopted International Civil Aviation Organization (ICAO) is the Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) for this type of aircraft. The objective of this article is to present a methodology to evaluate the cartographic accuracy (PEC) in orthostatic obtained through aerial surveying with RPA. The study area is located in the 23 ° S and 43 ° W zone, Itaipuaçu region, Maricá district, in the Lakes Region, in the state of Rio de Janeiro, letter SF-23Z-B-IV-4-SE . The RPA used is the PT-UAV offered by the company Esteio Engenharia and Aerolevanteamentos S.A. The sensor used is the Alfa Nex 3 Sony camera. The methodology used in this work is divided into four phases. The first phase is the planning and execution of the flight. The second stage consists in determining the points of

support, shortly after the execution of the flight. In the third phase the initial generation and evaluation of the orthostatic in the 1: 1000 scale is done. The fourth phase consists of the evaluation of the orthomotic, through the application of the PEC, using the method of hypothesis testing, based on the analysis of trends and precision. In this work the internal and external orientation (spatial resection) was performed and the MDS was generated in the free E-foto application, in order to generate an orthosaic. The results show that it is possible to observe the mean squared error (RMS) of the planarity discrepancy and the value given by the CE90 (circle error 90%), which states that ninety percent of the residuals in the reference point coordinate measurements are below of a certain value. In relation to the trend analysis, it was possible to observe the existence of a tendency, in the X and Y components of the orthomotic, denoting the existence of systematic errors in the processed image with points of support. The precision analysis fitted the orthomotic in class B to a scale of 1: 1000. It is concluded that the use of RPA for the aerobatic activity allows a low operational cost, compared to satellite platforms and aircraft, and the possibility of generating large scale maps and charts that meet PEC. Usually, city halls in Brazilian cities hire airline companies that use aircraft to generate large scale letters in order to optimize the collection of IPTU. With the use of RPA by companies, the cost of service offered to municipalities tends to be lower, offering the same final product.

Keywords: Remote Sensing, Aerolevantamento, Geoprocessing.

1. INTRODUÇÃO

Com a evolução das plataformas de sistemas sensores, sejam elas orbitais ou aerotransportadas, surgiu a necessidade da criação de uma plataforma que reduzisse os custos de um aerolevantamento para imageamento óptico, Radar, Laser, multiespectral e geofísico (Jensen, 2009).

Desta forma, os Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas, em inglês *Unmanned Aircraft Systems* (UAS), conforme Instrução do Comando da Aeronáutica 100-40/2016 (ICA 100-40/2016), tem sido utilizados como plataforma de baixo custo na atividade de aerolevantamento, principalmente no imageamento óptico (Jensen, 2009).

Cabe frisar que, no Brasil, Aeronaves Não Tripuladas são conhecidas como Drones, do inglês Zangão, Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), em inglês *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) e, ainda, Aeronave Remotamente Pilotada (ARP). O termo adotado tecnicamente pela Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), com abrangência internacional, para esse tipo de aeronave é o *Remotely Piloted Aircraft System* (RPAS), segundo a ICA 100-40/2016.

Conforme o Decreto-Lei Nº 1177, de 21 de junho de 1971, artigo 3º, o aerolevantamento consiste no conjunto das operações aéreas e/ou espaciais de medição, computação e registro de dados do terreno com o emprego de sensores e/ou equipamentos adequados (fase aeroespacial), bem como a interpretação dos dados levantados ou sua tradução sob qualquer forma (fase decorrente).

O objetivo deste artigo é apresentar uma metodologia para avaliar o padrão de exatidão cartográfica (PEC) em ortomosaico obtido através de um aerolevantamento com RPA.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

A área de estudo está localizada na zona 23°S e 43°W, região de Itaipuaçu, distrito do município de Maricá, na Região dos Lagos, no estado do Rio de Janeiro, próxima a praia de Itaipuaçu, a 20 km da Baía de Guanabara, carta SF-23Z-B-IV-4-SE, figura 1. As

coordenadas na área a ser imageada são: 22° 58' 27''S / 42° 57' 03''W, 22° 57' 43''S / 42° 57' 06''W, 22° 57' 41''S / 42° 56' 31''W e 22° 58' 25''S / 42° 56' 33''W.

O RPA utilizado é o PT-UAV oferecido pela empresa Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A., figura 2, com 1,47 metros de comprimento e 2,00 metros de envergadura, peso de 6 Kg e carga útil de 2 Kg, autonomia de 90 minutos, velocidade de cruzeiro de 60 a 100 K/h, motor de 2 HP e teto operacional de 2000 metros. O sensor empregado é a câmera Alfa Nex 3 Sony, resolução máxima de 14 MP, distância focal 16 mm, velocidade de obturação de 30 a 1/4000 segundos e abertura do diafragma entre f/2.8 a f/22.

A metodologia empregada neste trabalho está dividida em quatro fases.

A primeira fase é o planejamento e a execução do voo, com a delimitação da área de imageamento, a definição do número de faixas de recobrimento aéreo na região de Itaipuaçu, RJ, verificação das condições meteorológicas para o melhor dia e hora para a realização do voo, utilização do piloto automático modelo MP2128g2® e do sistema de disparo automático da câmera Alfa Nex 3 Sony, uma atitude de voo de 300 metros, abertura de diafragma de f/8 e velocidade de obturação de 1/2000 segundos para a câmera Alfa Nex 3 Sony, elaboração e execução do plano de voo e solicitação de um aviso aos aeronavegantes (NOTAM) ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) para a garantir a segurança do voo (BRASIL, 2017).

A segunda fase consiste em determinar os pontos de apoio, com o equipamento Topcon Hyper com antena Hyper GD número de série 256-0690, logo após a execução do voo, utilizando o sistema de projeção cartográfica UTM e o sistema de referencia geodésica SIRGAS 2000 e com trinta e um pontos de apoio, a fim de obter dados altimétricos e planimétricos (Jensen, 2009).

Na terceira fase é feita a geração e a avaliação inicial do ortomosaico, de 31 imagens, na escala 1:1000 no E-foto (Estação Fotogramétrica Digital Educacional Livre), a qualidade da imagem quanto ao contraste e a nitidez, se houve recobrimento

longitudinal e lateral dentro dos limites de 50% a 60% e de 20% a 30%, respectivamente, a fim de garantir a visão estereoscópica (Jensen, 2009).

A quarta fase consiste na avaliação do ortomosaico, por meio da aplicação do PEC, segundo o Decreto-Lei nº. 89.817/84, utilizando o método proposto por Galo & Camargo (1994) de testes de hipóteses, baseado na análise de tendências e precisão. Sendo este um dos métodos mais completos dentre os existentes na

literatura, pois além de avaliar o PEC, avalia também se no produto cartográfico existe alguma tendência nas componentes das coordenadas, indicando a existência de erros sistemáticos.



Fig 1 – Mapa da região de Itaipuaçu. Fonte: <https://www.google.com.br/maps/>.



Fig. 2 – RPA da Esteio. Fonte: <http://www.esteio.com.br>.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o processamento e posterior geração do ortomosaico é necessário as imagens, os parâmetros de orientação interior da câmera (distância focal, coordenadas do ponto principal, coeficientes de distorção radial simétrica e coeficientes da distorção descentrada), obtidos no certificado de calibração da câmera, e os parâmetros de orientação exteriores de cada imagem usadas no processo (coordenadas dos centros perspectivos e os ângulos de orientação yaw, pith e roll), obtidos no log de voo do RPA, e o modelo digital de superfície (MDS).

Desta forma, neste trabalho foi realizado a orientação interior e a exterior (ressecção espacial) e

gerado o MDS no aplicativo livre E-foto, a fim de gerar um ortomosaico.

A tabela 1 apresenta de forma resumida as coordenadas dos centros perspectivos e os ângulos de orientação yaw, pith e roll, sete pontos, e a tabela 2 mostra de forma resumida os pontos de apoio obtidos no terreno, sete pontos. A figura 3 representa todas as coordenadas dos centros perspectivos e os pontos de apoio no terreno.

O ortomosaico obtido no E-foto apresentou ótimo contraste e nitidez. Tendo realizado recobrimento longitudinal de 60% e lateral de 30%. Não foi realizado correção atmosférica nas imagens.

TABELA 1 - COORDENADAS DOS CENTROS PERSPECTIVOS E OS ÂNGULOS DE ORIENTAÇÃO YAW, PITH E ROLL

Faixa	Pontos	Longitude	Latitude	Altura	Pitch	Roll	Yaw
1	P3	-42.947.658.539	-22.964.132.309	301	-2.350	-.504	-178.937
1	P4	-42.947.738.647	-22.965.074.539	299	-.951	-1.007	179.217
2	P8	-42.946.247.101	-22.971.338.272	299	.783	.056	4.980
2	P9	-42.946.174.622	-22.970.546.722	299	-.224	-.615	4.364
3	P1	-42.944.271.088	-22.962.230.682	298	-.671	-.839	-176.979
3	P2	-42.944.362.640	-22.963.092.804	300	-.392	-2.854	-179.721
3	P3	-42.944.450.378	-22.964.115.143	300	-.671	-.448	-179.441

TABELA 2 - PONTOS DE APOIO OBTIDOS NO TERRENO

Pontos	Direção leste (Metro)	Direção norte (Metro)	Elevação (Metro)
C-01	710303,001	7458540,884	6,586
C-02	710395,067	7458588,307	8,878
C-03	710309,610	7458726,593	11,966
C-04	710395,024	7458682,402	12,959
C-05	710556,127	7458662,809	12,577
C-06	710579,864	7458510,927	5,448
C-07	710672,303	7458674,758	11,747

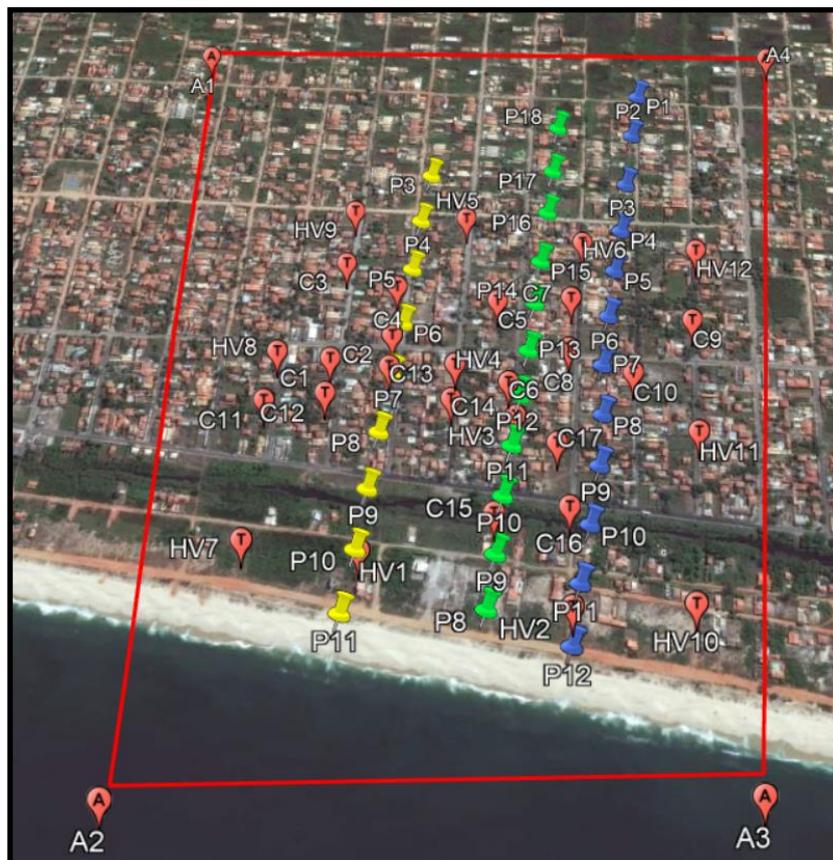


Fig. 3 – Todas as coordenadas dos centos perspectivos e os pontos de apoio no terreno. Fonte: Google Earth Pro.

Os resultados demonstram que é possível observar o erro médio quadrático (RMS) da discrepância em planimetria e o valor dado pela norma CE90 (circle error 90%), que estipula que noventa por cento dos resíduos nas medições das coordenadas dos pontos de referência estejam abaixo de um determinado valor. No tocante a análise de tendência, foi possível observar a existência de tendência, nas componentes X e Y do ortomosaico, denotando a existência de erros sistemáticos na imagem processada com pontos de apoio (Richards e Jia.,2006). A análise de precisão enquadrou o ortomosaico na classe B para uma escala de 1:1000, figura 4.

Conclui-se que o uso dos RPA para a atividade de aerolevanteamento permite baixo custo operacional, comparado às plataformas satélites e aeronaves, e a possibilidade de gerar mapas e cartas de grandes escalas que atendam a PEC (Jensen, 2009). Normalmente, as prefeituras das cidades do Brasil contratam empresas de aerolevanteamento, que utilizam aeronaves, para gerar cartas de grande escalas, a fim de otimizar a arrecadação do IPTU. Com a utilização de RPA pelas empresas, o custo do serviço oferecido às prefeituras tende a ser menor, oferecendo o mesmo produto final (BRASIL, 2017).



Fig. 4 – Ortomosaico. Fonte: E-Foto.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica, Tráfego Aéreo, ICA 100-40, de 22 de dezembro de 2016, Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro.

BRASIL, Ministério da Defesa, Decreto-Lei Nº 1.177, de 21 de junho de 1971. Dispõe sobre aerolevanteamentos no território nacional e dá outras providências.

BRASIL, Ministério da Defesa, Decreto Nº 89.817, de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

BRASIL, Portal Ministério da Defesa, Geoinformação e Aerolevanteamento. Disponível em:

<<http://www.defesa.gov.br/cartografia-e-aerolevanteamento-claten>>. Acesso em 28 de abril de 2017.

Galo, M.; Camargo, P. de O. Utilização do GPS no controle de qualidade de cartas. In: 1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Tomo II, p. 41-48, Florianópolis – Brasil, 1994.

Jensen, J.R. Sensoriamento Remoto do Ambiente. Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2ª ed.,2009.

Richards, J. A.; Jia, X. Remote Sensing Digital Image Analysis. New York: [s.n.], Springer, 2006.