AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA POSICIONAL DE IMAGENS PROVENIENTES DE RPA PARA FINS DE GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEL URBANO

Positional accuracy evaluation from RPA images for the purposes of urban property georeferencing

João Paulo Vieira
vieirajp.eac@gmail.com
Gustavo Jonas Vieira
gustavojonasvieira@yahoo.com.br
Mary Caroline Oliveira Camargos
camargosmco@hotmail.com
Samuel Lacerda de Andrade
samuelandrade@ufu.br
Tatiane Assis Vilela Meireles
tatiane_meireles@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia
***Campus* Monte Carmelo - MG**
Instituto de Geografia - IG
Rodovia LMG 746 km 1 s/n – Monte Carmelo/MG CEP: 38500-00

Resumo:
O uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAs) vem se tornando frequente, pois apresenta eficácia em relação aos métodos de levantamentos topográficos, dada uma maior rapidez no processo de geração de produtos cartográficos. Sendo assim, este trabalho buscou realizar o georreferenciamento urbano por meio de RPAs de uma parcela da Universidade Federal de Uberlândia no *Campus* Monte Carmelo, de modo a verificar o possível atendimento a Norma de Execução INCRA/DF/ Nº 02 de 19 de fevereiro de 2018. Primeiramente foi efetuado o voo aerofotogramétrico na área utilizando o Drone Phantom 4 Advanced, concomitantemente, por meio do RTK, foram levantados pontos de controle a fim de comparar a precisão obtida no levantamento aéreo. O resultado demostrou, de acordo com o Decreto-lei n. 89.817 de 20 de junho de 1984 aliado às tolerâncias da ET-CQDG, um produto acurado para escala 1/1000, classe A, não apresentando tendência em suas componentes posicionais. Concluiu-se então, que a precisão garantida foi de 8 cm, a qual, conforme especificação na lei normativa, afirma que o imóvel urbano utilizado como área de estudo pode ser georreferenciado por meio de um RPA, fazendo com que este seja um importante instrumento de gestão tanto para prefeituras, órgãos de serviço e empresas particulares.

Palavras-chave: Levantamento Aéreo, Georreferenciamento, Imóvel Urbano.

Abstract:
The Remotely Piloted Aircraft (RPAs) use is becoming frequent, since it is effective in relation to the topographic surveys methods, given a greater speed in the process cartographic products generation. Therefore, this work aimed to verify the possibility of a georeferencing by means of RPAs in a portion on the Federal University of Uberlândia in Monte Carmelo Campus, characterized as urban property, in order to comply with the INCRA/DF/ Nº 02 of 19 of February, 2018. First the aerophotogrammetry flight was done using Drone Phantom 4 Advanced, concomitantly through the RTK was raised control points in order to compare the obtained precision in the aerial survey. The result showed, according to law no. 89.817 of June 20, 1984, together with the ET-CQDG tolerances, an accurate product for scale 1/1000, class A, showing no tendency in its positional components. It was concluded that the guaranteed accuracy was 8 cm, which, according to specification in the normative law, states that the urban property used as a study area can be georeferenced through an RPA, making it an important management tool for municipalities, service agencies and private companies.

Keywords: Aerial Survey, Georeferencing, Urban Property.

1. INTRODUÇÃO

RPA é um termo utilizado para definir um veículo voador não tripulado, ou aeronave que não necessita de um piloto para o seu funcionamento. Existem diversos modelos diferentes no mercado, e são classificados em duas categorias: asa rotativa e asa fixa. Os que possuem asa fixa assemelham-se a um helicóptero e costumam ser compactos, de fácil operação e baixo custo. Sua estrutura permite melhor estabilidade de voo. Possuem autonomia de voo limitada, restringindo sua utilização em algumas aplicações. Há fabricantes de asas rotativas de alto desempenho com até 90 minutos de autonomia. Já os de asa fixa apresentam vários tamanhos, funcionalidades e são mais susceptíveis aos ventos fortes. Assemelham-se a um avião, possuindo sustentação aerodinâmica a partir do fluxo de ar nas asas. Possui uma autonomia maior e custo reduzido na grande maioria das vezes, o que contribui para sua utilização em aplicações como mapeamento aéreo, para o qual é necessária a cobertura de grandes áreas (NASCIMENTO et al., 2017).

O uso de RPAs (Aeronaves Remotamente Pilotadas) vem se tornando mais frequente pois apresenta eficácia em sua utilização no processo de levantamento aerofotogramétrico para geração de produtos cartográficos com rapidez, precisão e custos reduzidos.

Com o crescente aumento da autonomia de voo dessas aeronaves, assim como a utilização de sistemas de imageamento embarcados com maiores resoluções espectrais e geométricas e Sistemas de Navegação GNSS (Global Navigation Satellite System) integrados aos Sistema de Navegação Inercial, proporcionando melhor acurácia ao georreferenciamento das imagens faz com que os RPAs possam ser utilizados no levantamento de dados geográficos de áreas urbanas para fins de georreferenciamento.

Este trabalho tem como objetivo geral verificar a possibilidade de um georreferenciamento em uma parcela caracterizada como imóvel urbano por meio de RPAS (*Remotely Piloted Aircraft Systems*). Deste modo, pretende-se realizar o levantamento pelo sistema de posicionamento RTK dos pontos de controle (*tie points*), efetuar um voo aerofotogramétrico por meio do Drone *Phantom 4 Advanced* e por fim comparar a precisão obtida no levantamento aerofotogramétrico com a estabelecida pela Norma de Execução/DF/ Nº 02 de 19 de fevereiro de 2018.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Avanço do Uso de RPAs e suas Tecnologias

Nas últimas décadas a evolução tecnológica tem sido muito intensa, devido principalmente aos desenvolvimentos nas áreas de Eletrônica e Informática. Uma das áreas diretamente beneficiadas como consequência dessa evolução é a área de mapeamento, na qual inúmeros sensores e plataformas são disponibilizados. Exemplo disso são os RPAs (Aeronave Remotamente Pilotadas), que têm sido utilizados com frequência para realização de trabalhos profissionais (AMORIM *et al.*, 2016).

O mercado atualmente está buscando tecnologias inovadoras e soluções que possam atender ao mesmo tempo as necessidades de tempo, qualidade e dinheiro dos usuários, com a finalidade de otimizar o tempo de produção da indústria e reduzir os custos de produção, sem diminuir a qualidade final do produto. Até pouco tempo, acreditava-se que estas três necessidades não poderiam ser atendidas, ou seja, para gerar um produto de qualidade o mesmo não pode ser realizado de forma rápida e com baixo custo, ou vice-versa. Sendo assim, qualidade era um termo que estava diretamente ligado com a somatória de tempo e dinheiro (BELTRÃO, 2017).

Com o avanço da tecnologia e a redução do tamanho e peso de sensores, como câmaras fotográficas, sistema inercial e receptor GNSS, é possível embarcá-los em RPAs cada vez menores e mais leves. Aliados ainda ao desenvolvimento dos processos fotogramétricos, este tipo de plataforma pode ser considerado com uma alternativa para algumas aplicações obtendo resultados de alta qualidade, precisão e acurácia (AMORIM et al., 2016).

2.2 Norma de Execução Incra/DF/02

O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) aprovou a Norma de Execução Incra/DF/02, de 19 de fevereiro de 2018, a qual estabelece critérios para aplicação e avaliação de produtos gerados a partir de aerofotogrametria para determinação de coordenadas de vértices definidores de limites de imóveis rurais.

Um dos itens mais importantes descritos na Norma de Execução, é que devem ser respeitadas a precisão do tipo de limite e as exigências definidas no item 7.2 do Manual Técnico de Posicionamento do Incra. Na Norma Técnica são definidos diferentes padrões de precisão de acordo com os tipos de limites: artificiais (melhor ou igual a 50 centímetros), naturais (melhor ou igual a 3 metros) e inacessíveis (melhor ou igual a 7,5 metros).

2.3 Pontos de Controle em Levantamentos Aerofotogramétricos

Pontos de controle são objetos, alvos e detalhes no terreno que são foto identificáveis, ou seja, que irão aparecer nas imagens aéreas. Eles são utilizados para fazer a relação entre o sistema de coordenadas da imagem com o sistema de coordenadas do terreno, basicamente são pontos de referência no solo que são utilizados no pós-processamento das imagens aumentando assim a precisão dos produtos finais gerados (SILVA NETO, 2015).

O emprego da pré-sinalização é uma prática antiga, recomendada por normas e instruções internacionais, para a fiscalização e execução de projetos viários a partir de levantamentos aerofotogramétricos convencionais. Portanto, no processamento, além dos dados obrigatórios de voo, que são as imagens com as coordenadas registradas na tomada da foto, as coordenadas destes pontos coletados em solo também são, ocorrendo assim uma interligação entre os sistemas tridimensionais da imagem e do terreno (BELTRÃO, 2017).

A etapa de georreferenciamento das imagens é muito importante e deve-se tomar o devido cuidado ao posicionar os pontos. Por ser uma atividade manual, pode acarretar erro grosseiro ao ajustamento de coordenadas. Terminada esta etapa, inicia-se a etapa de Aerotriangulação, agora tendo como base as coordenadas processadas dos pontos de controle. Assim, cada ponto gerado das imagens receberá coordenadas com uma melhor acurácia, pois têm como referência, as coordenadas que foram coletadas por métodos tradicionais de posicionamento (GPS de Alta precisão), cuja acurácia final está na casa dos milímetros (BELTRÃO, 2017).

2.4 Uso de GNSS para mapeamentos

No território brasileiro o Cadastro Imobiliário é administrado em áreas rurais pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), e em áreas urbanas pelas Prefeituras Municipais. A situação jurídica dos imóveis, quaisquer que sejam (rurais ou urbanos) é de responsabilidade dos serviços registrais ou cartórios de registro de imóveis (CARNEIRO, 2001).

No geral, o georreferenciamento é realizado utilizando diversas informações, como a análise de recursos naturais e geográficos, transportes, comunicações, ferramentas computacionais e a própria topografia. É preciso delimitar as circunstâncias do imóvel e seus limites e as características de confrontação (SANTIAGO & CINTRA, 2017).

O sistema GNSS (*Global Navigation Satellite System*), além de ter aplicação em levantamentos, vem sendo utilizado em georreferenciamento de imóveis para fins cadastrais e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (AMORIM *et al.*, 2016).

De acordo com Santiago & Cintra (2017), para a realização do georreferenciamento, dentre os equipamentos utilizados, estão as bases (fixa e móvel) e o aparelho GPS de alta precisão para a coleta dos dados, além da execução do processamento dos dados com o auxílio de informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e dos dados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). Os principais processos do georreferenciamento são:

- Planejamento: é feito com a análise da documentação e legislação vigente, realização de consultas aos órgãos envolvidos e a definição de como realizar o georreferenciamento;
- Demarcação: que é realizada com o reconhecimento dos limites da área;
- Medição: que ocorre com o transporte das coordenadas dos marcos do IBGE até cada vértice, utilizando também os métodos e precisões estabelecidas pela Norma Técnica para Georreferenciamento;
- Relatório: que é elaborado com a descrição dos trabalhos realizados, com os resultados atingidos e a geração dos produtos finais; e

> • Certificação: que ocorre quando o processo estiver realizado (com o devido acompanhamento do INCRA), realizando a certificação para o encaminhamento junto ao Registro de Imóveis.

2.5 Uso da fotogrametria para mapeamento

Silva & Costa (2010) apontam algumas aplicações da fotogrametria:

> Os principais aspectos de vantagens da fotogrametria são relativos a grande quantidade de informações que pode obter com a fotointerpretação, essencial para as fases preliminares dos projetos e estudos das possíveis variantes, mas também quando se deseja um levantamento mais rápido de grande extensão ou em áreas perigosas ou inacessíveis.

Há alguns anos, quando se mencionava a possibilidade de se mapear uma pequena porção de área, por meio de Fotogrametria convencional, os custos inviabilizavam a realização do processo. Atualmente, a possibilidade de investir nos RPAs como instrumento para aquisição de imagens aéreas que possibilitam o mapeamento fotogramétrico, não apenas com o atrativo do baixo custo, mas também pela possibilidade de se executar mapeamentos que atendam as necessidades em termos de qualidade geométrica e semântica (AMORIM et al., 2016).

Tommaselli (2009) afirma que a fotogrametria apresenta diversas vantagens sobre os processos diretos de medição, pois o objeto a ser medido não é tocado, a quantidade de informações semânticas e geométricas é elevada, superfícies de difícil acesso podem ser determinadas, a precisão se adequa às especificações do projeto.

2.6 Produto de exatidão Cartográfica - PEC

A qualidade final de um produto é influenciada por vários fatores, dentre os quais destacam-se o mercado para o qual o produto é destinado, o ser humano que o produz, o recurso financeiro disponível para a confecção, o tipo de administração e os materiais e métodos empregados na produção (NOGUEIRA JÚNIOR, 2003).

O Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984 estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira por meio de procedimentos e padrões a serem obedecidos na elaboração e apresentação de documentos cartográficos no Território Brasileiro, criando o Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC, e uma classificação das cartas em: Classe A, B e C. Em um de seus itens, a ET-ADGV explica como deve ser a aplicação do Decreto-lei nº. 89.817 e cria uma classe (D) mais restritiva destinadas para produtos cartográficos digitais (PEC-PCD). conforma mostra a Quadro 1.

Quadro 1 – Critérios PEC.

Classe (PEC)	Classe (PEC-PCD)	Planimetria		Altimetria	
		PEC	EP	PEC	EP
-	A	0,28 mm	0,17 mm	0,27 eq.	1/6 eq.
A	B	0,5 mm	0,3 mm	1/2 eq.	1/3 eq.
B	C	0,8 mm	0,5 mm	3/5 eq.	2/5 eq.
C	D	1,0 mm	0,6 mm	3/4 eq.	1/2 eq.

Fonte: Decreto Nº 89.817/ET-ADGV.

O Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984 consta em seu 80° artigo que "90% dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica estabelecido".

Santos et al. (2010) afirma que a o PEC de uma carta é diretamente proporcional a escala da mesma:

> A escala da carta apresenta uma relação entre a medida registrada no modelo e sua correspondente na superfície. Esta imposição física traz diversas consequências: uma delas é que a escala depende da quantidade de informações a representar e o grau de precisão com que estas informações são registradas. O padrão de exatidão cartográfica é avaliado diretamente em função da escala da carta. Como exemplo, tem-se as cartas na escala 1/2000 que possuem uma limitação quanto ao número de informações possíveis de serem cartografadas e quanto à sua exatidão.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

A área de estudo se localiza no Município de Monte Carmelo - MG. O imóvel está situado as margens da rodovia LMG-746 em seu km 1, e com outros três imóveis rurais. Uma referência para sua localização são as coordenadas no sistema de referência WGS 1984, 18°43'25" Sul e 47°31'26" Oeste. De acordo com a Figura 1, pode-se identificar a área onde foi realizado o levantamento do imóvel urbano, sendo este a área da Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Monte Carmelo.

Figura 1 – Delimitação da Área de Estudo
Fonte: os autores (2018).

3.2 Material

Para a realização deste projeto, utilizou-se o RPA Phantom 4 para realização do levantamento aerofotogramétrico (Figura 2) e um receptor Hiper V para levantamento de campo baseado no posicionamento por ponto simples (Figura 3).

Figura 2 – *Phantom 4* utilizado no levantamento aerofotogramétrico
Fonte: os autores (2018).

Figura 3 – Hiper V utilizado no levantamento geodésico
Fonte: os autores (2018).

É válido ressaltar ainda nesta etapa, os softwares utilizados antes e após o levantamento aerofotogramétrico e geodésico, sendo estes:

- Google Earth para delimitação da área de estudo e auxilio na implantação dos pontos de controle (tie points).
- *DroneDeploy* para elaboração do plano de voo.
- *Agisoft PhotoScan* e *Pix4D* para o processamento fotogramétrico (mosaico georreferenciado do talhão).
- AutoCAD para visualização e edição dos pontos de controle que foram utilizados no processo de ortorretificação.
- GeoPEC para avaliação do padrão de acurácia posicional conforme decreto nº 89.817/1984.
- QGIS para aplicação dos *buffers* nos pontos coletados pelo método RTK e pelos obtidos após a mosaico, além de auxiliar na criação do mapa comparativo de suas precisões.

3.3 Métodos

Para realização dos procedimentos metodológicos, será dividido em duas seções os dois métodos utilizados para georreferenciamento urbano do *campus* Monte Carmelo (MG), sendo assim, na seção 3.3.1 será demonstrado o levantamento aerofotogramétrico, e na seção 3.3.2 o levantamento geodésico.

3.3.1 Levantamento aerofotogramétrico

A cobertura aérea foi realizada objetivando coletar os pontos de controle (GCPs) implantados por todo perímetro do imóvel urbano, e também com distribuições em pontos adequados dentro dessa área, com o propósito de classificar e validar esse georreferenciamento urbano por meio de RPAs com a técnica tradicional realizada por posicionamento por ponto simples. Os GCPs foram construídos por cartolina e materializados no terreno por meio de cartolinas, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – GCPs utilizados nos levantamentos
Fonte: os autores (2018).

Se referindo aos dados da câmara, bem como seus parâmetros, é apresentado na Tabela 1 um resumo de todos estes detalhes, importantes para o processamento e criação do mosaico apresentado posteriormente.

Tabela 1 – Detalhamento da cobertura aérea

Detalhes da cobertura aérea:	Dia do voo: 21/06/2018 Horário aproximado: 15:00 horas Condição climática: nublado, luz homogênea Município: Monte Carmelo – MG
Características da câmara acoplada:	Modelo: FC300C Resolução: 4000 x 3000 pixels Distância Focal: 3,61 mm Tamanho do Pixel: 1,56 x 1,56 µm
Parâmetros de voo:	Altitude: 160 metros Recobrimento longitudinal: 80% Recobrimento lateral: 80% Área coberta: 0,774 km²

Fonte: os autores (2018).

3.3.2 Levantamento geodésico

O levantamento foi realizado seguindo a norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), NBR13.133/1994 no que dispõe sobre execução de levantamento topográfico. Foi efetivado utilizando um par de aparelhos GNSS (Global Navigation Satellite System) da marca Topcon Hiper V, no qual tem a precisão horizontal de 3mm + 0.1ppm e vertical de 3.5mm + 0.4ppm para o levantamento estático e rápido estático.

De acordo com a norma estabelecida pela Lei 13.465/2017 Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, no qual o Art. 29 do Decreto 9.310/2018 informa que o erro posicional esférico do vértice que defini os limites deverá ter uma medida igual ou menor a 8 cm (oito centímetros) de raio, no que se remete ao levantamento efetuado se teve medidas entre 0.0084mm em X, 0.0065mm em Y e 0.0035mm em Z, no que atende as medidas dentro do padrão aceitável e abaixo do exigível para se efetuar o georreferenciamento do imóvel urbano. A ilustração deste aparelho pode ser visualizada na Figura 5.

Figura 5 – Hiper V no GCP
Fonte: os autores (2018).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como mencionado anteriormente, utilizou-se o *Agisoft PhotoScan* e *Pix4D* para o processamento fotogramétrico (mosaico georreferenciado do talhão). Dessa forma, obteve-se inicialmente a sobreposição das fotos, onde a área interna teve-se sobreposições superiores à nove fotografias (Figura 6) e também, foi realizado a ortorretificação do mosaico do limite do imóvel urbano estudado, apresentado sem equalização conforme a Figura 7.

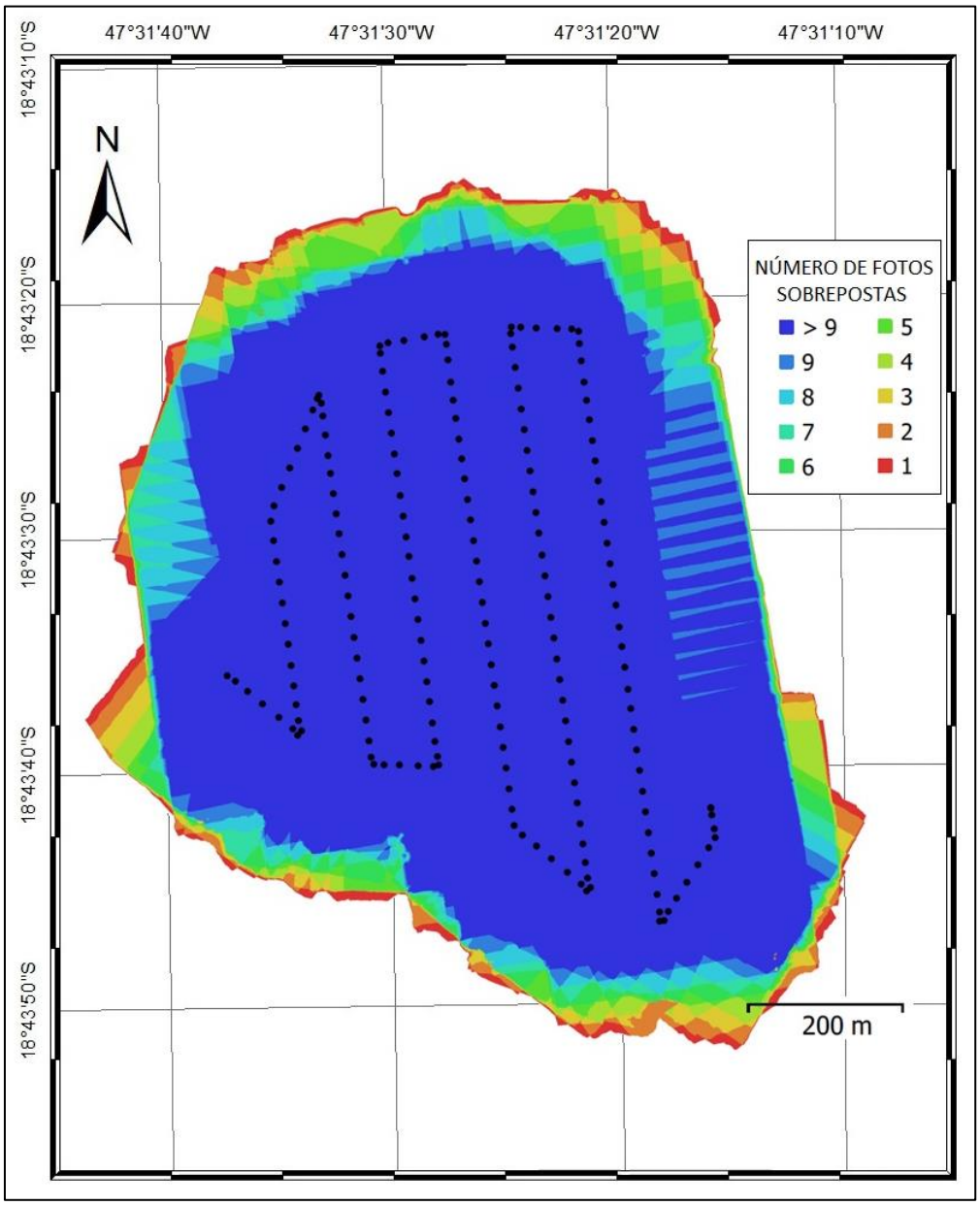

Figura 6 – Sobreposição de imagens do voo
Fonte: os autores (2018).

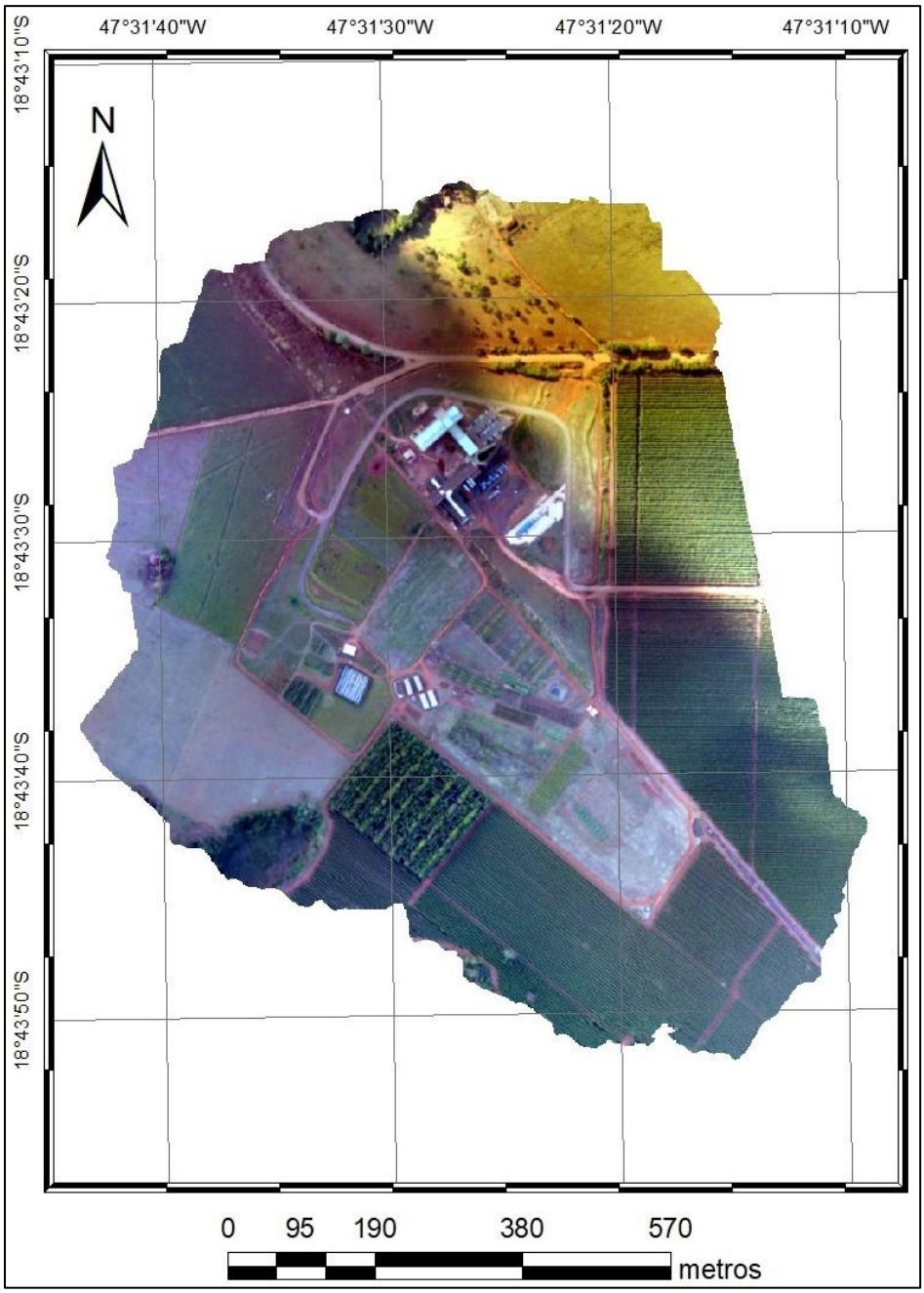

Figura 7 – Imagem ortorretificada sem equalização
Fonte: os autores (2018).

Após a realização de todas etapas descritas anteriormente, foi realizado a avaliação posicional obtida pós processamento das imagens. Para isso, inicialmente tabulou-se as coordenadas UTM dos 41 (quarenta e um) pontos de controle, obtidos tanto pelo RTK quanto pela ortofoto, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Tabulação das coordenadas dos pontos de controle

ID	X (RTK)	Y (RTK)	X (VOO)	Y (VOO)	ΔX	ΔY
1	233924,040	7927803,945	233924,049	7927803,945	-0,009	0
2	233990,804	7927726,132	233990,8056	7927726,132	-0,0016	0
3	234008,145	7927657,276	234008,152	7927657,276	-0,007	0
4	233947,818	7927650,771	233947,884	7927650,821	-0,066	-0,05
5	234008,219	7927629,717	234008,363	7927629,600	-0,144	0,117
6	234016,957	7927626,364	234017,07	7927626,307	-0,113	0,057
7	234019,886	7927617,842	234020,02	7927617,761	-0,134	0,081
8	234019,357	7927572,212	234019,403	7927572,158	-0,046	0,054
9	234025,286	7927533,815	234025,302	7927533,800	-0,016	0,015
10	234025,578	7927502,668	234025,621	7927502,634	-0,043	0,034
11	234154,785	7927349,2	234154,831	7927349,242	-0,046	-0,042
12	234149,396	7927343,557	234149,341	7927343,574	0,055	-0,017
13	234147,035	7927330,998	234147,056	7927331,035	-0,021	-0,037
14	234157,062	7927317,126	234157,13	7927317,133	-0,068	-0,007
15	234062,789	7927335,272	234062,876	7927335,241	-0,087	0,031
16	234090,22	7927215,52	234090,266	7927215,598	-0,046	-0,078
17	234082,717	7927214,271	234082,941	7927214,292	-0,224	-0,021
18	233954,798	7927428,075	233954,871	7927428,056	-0,073	0,019
19	233817,331	7927519,305	233817,348	7927519,223	-0,017	0,082
20	233751,789	7927484,586	233751,788	7927484,443	0,001	0,143
21	233703,965	7927422,116	233704,083	7927422,083	-0,118	0,033
22	233543,385	7927551,71	233543,344	7927551,619	0,041	0,091
23	233580,897	7927637,736	233580,904	7927637,763	-0,007	-0,027
24	233605,44	7927677,541	233605,429	7927677,565	0,011	-0,024
25	233642,842	7927609,978	233642,796	7927609,97	0,046	0,008
26	233631,175	7927729,527	233631,104	7927729,554	0,071	-0,027
27	233645,162	7927729,142	233645,155	7927729,173	0,007	-0,031
28	233655,164	7927752,523	233655,172	7927752,566	-0,008	-0,043
29	233645,853	7927760,521	233645,863	7927760,548	-0,01	-0,027
30	233648,108	7927773,894	233648,129	7927773,905	-0,021	-0,011
31	233691,529	7927889,94	233691,516	7927889,986	0,013	-0,046
32	233729,108	7927797,403	233729,081	7927797,481	0,027	-0,078
33	233793,924	7927787,194	233793,851	7927787,294	0,073	-0,1
34	233754,575	7927894,076	233754,515	7927894,23	0,06	-0,154
35	233798,25	7927936,65	233798,235	7927936,743	0,015	-0,093
36	233826,757	7927941,521	233826,797	7927941,529	-0,04	-0,008

37	233852,702	7927941,18	233852,636	7927941,23	0,066	-0,05
38	234010,651	7927926,723	234010,72	7927926,758	-0,069	-0,035
39	234026,438	7927917,827	234026,421	7927917,868	0,017	-0,041
40	233982,729	7927874,648	233982,742	7927874,657	-0,013	-0,009
41	233990,763	7927726,142	233990,771	7927726,152	-0,008	-0,01

Fonte: os autores (2018).

Por meio do software GeoPEC, foi definido o padrão de exatidão cartográfica dos pontos listados anteriormente na escala 1/1000, por sua vez, o resultado do PEC-PCD foi acurado e do tipo "Classe A", de acordo com o Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984, que regulamenta as normas cartográficas brasileiras, aliada às tolerâncias da ET-CQDG.

O produto foi submetido a análise de tendência e precisão em suas componentes posicionais, onde os resultados foram: “é preciso e não há tendência”. Na Tabela 3 verifica-se as informações gerais obtidas na classificação final do produto.

Tabela 3 – Classificação final do produto

Padrão de acurácia utilizado: Decreto-lei n. 89.817/1984 (Análise Planimétrica)

Processamento

Escala de Referência: 1/1000

Pontos de checagem inseridos: 41

Pontos de checagem utilizados: 41

Outliers

Outliers detectados: 0

Valor limite - detecção: 0,9

Estatísticas Descritivas

Média (E) = 0,0194	Média (N) = 0,0044	Média (ABS) = 0,0628
Desv-pad (E) = 0,0526	Desv-pad (N) = 0,053	Desv-pad (ABS) = 0,0442
RMS (E) = 0,0554	RMS (N) = 0,0526	RMS (ABS) = 0,0764

Teste de Precisão

Decreto-lei 89.817:

PEC = 0,28 EP = 0,17

Resultado: **Classe A**

Teste de Tendência

Teste t de *Student*

tcalc (E) = 2,3616 tcalc (N) = 0,5316 ttab = 1,684

Resultado: Inconclusivo

Estatística Espacial

Média direcional (Azimute) = 58,1499

Variância Circular = 0,5674

Resultado: Não Tendencioso

Fonte: os autores (2018).

Para finalizar a análise de acurácia do produto obtido, é apresentado na Tabela 4, as discrepâncias dos pontos de checagem.

Tabela 4 – Discrepâncias dos pontos de checagem

ID	Discrepância (E)	Discrepância (N)	Discrepância (ABS)
1	0,009	0	0,009
2	0,043	-0,034	0,0548
3	0,046	0,042	0,0623
4	-0,055	0,017	0,0576
5	0,021	0,037	0,0425
6	0,068	0,007	0,0684
7	0,087	-0,031	0,0924
8	0,046	0,078	0,0906
9	0,073	-0,019	0,0754
10	0,017	-0,082	0,0837
11	0,0016	0	0,0016
12	-0,001	-0,143	0,143
13	0,118	-0,033	0,1225
14	-0,041	-0,091	0,0998
15	0,007	0,027	0,0279
16	-0,011	0,024	0,0264
17	-0,046	-0,008	0,0467
18	-0,071	0,027	0,076
19	-0,007	0,031	0,0318
20	0,008	0,043	0,0437
21	0,01	0,027	0,0288

22	0,007	0	0,007
23	0,021	0,011	0,0237
24	-0,013	0,046	0,0478
25	-0,027	0,078	0,0825
26	-0,073	0,1	0,1238
27	-0,015	0,093	0,0942
28	0,04	0,008	0,0408
29	-0,066	0,05	0,0828
30	0,069	0,035	0,0774
31	-0,017	0,041	0,0444
32	0,066	0,05	0,0828
33	0,013	0,009	0,0158
34	0,008	0,01	0,0128
35	0,01	0,001	0,01
36	0,031	0,014	0,034
37	0,011	-0,014	0,0178
38	0,144	-0,117	0,1855
39	0,113	-0,057	0,1266
40	0,134	-0,081	0,1566
41	0,016	-0,015	0,0219

Fonte: os autores (2018).

Conforme mencionado anteriormente, utilizou-se o software QGIS para ilustrar geograficamente os pontos de checagem e verificar quais deles atingiram o erro médio quadrático (RMS) o qual se trata da diferença máxima dado um intervalo de confiança em que uma variável quantitativa assume, sendo a mesma de 8 (oito) centímetros para os pontos, precisão essa, exigida para georreferenciamento urbano com RPAs. Os pontos foram representados pelos *buffers* de acordo com a Figura 8.

Por fim, ressalta-se que foi necessário descartar 4 (quatro) pontos de um total de 45 (quarenta e cinco) que foram considerados erros grosseiros, o que resultou em 41 (quarenta e um) pontos para avaliação final de acurácia posicional apresentada na Tabela 3.

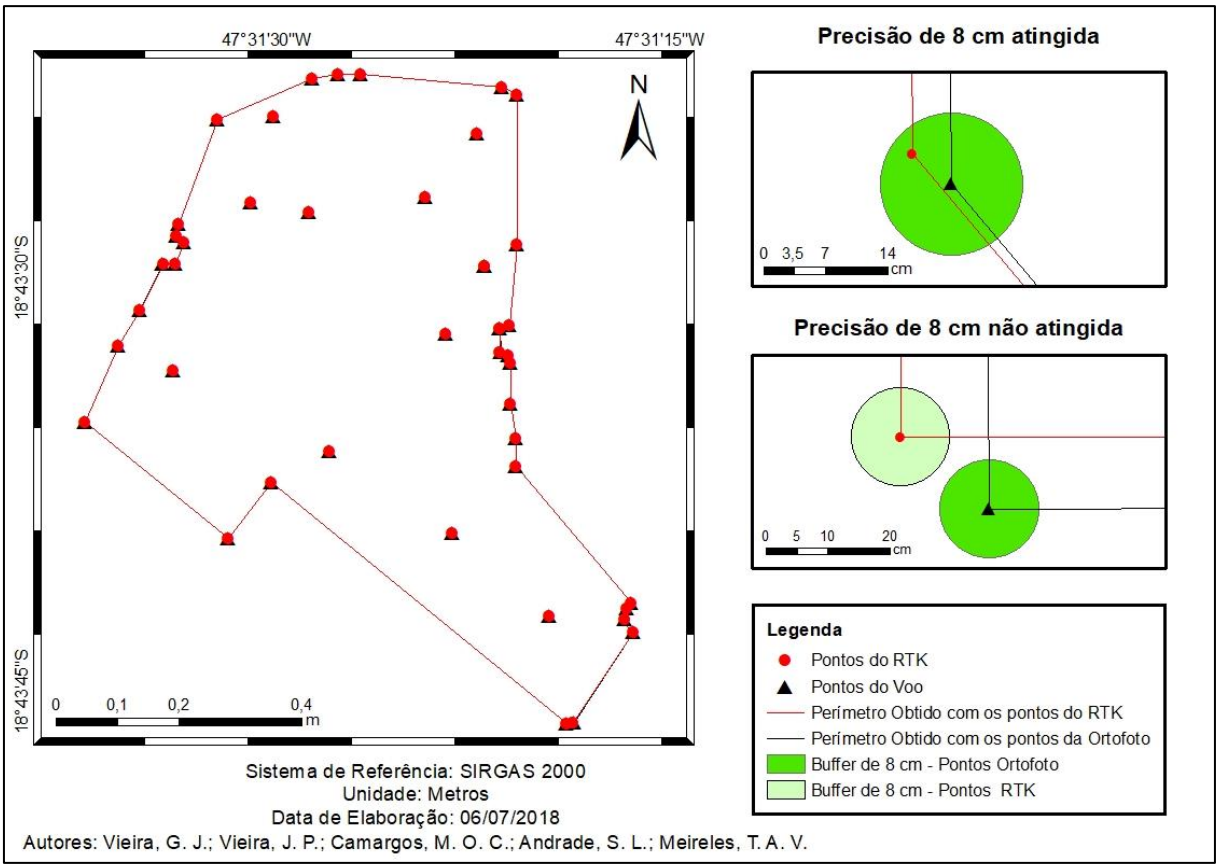

Figura 8 – Distribuição geográfica dos pontos de controle
Fonte: os autores (2018).

5. CONCLUSÃO

Conforme apresentado no desenvolvimento deste trabalho, conclui-se que perante as legislações atuais vigentes e o avanço das tecnologias relacionadas ao georreferenciamento de imóveis urbanos, os RPAs surgem fortemente nessa vertente, salientando que a resolução espacial obtida aqui foi de 8 centímetros.

Sendo importante ressaltar também que, como foi realizado o levantamento geodésico, este serviu como conferência nos processamentos, tanto para ortorretificação quanto para cálculo de área e limite da área de estudo, o que garante que este imóvel urbano utilizado como área de estudo pode ser georreferenciado por meio de um veículo aéreo não tripulado.

Dessa forma, os RPAs trazem grandes benefícios para levantamentos urbanos, visto que a sua facilidade de atualização da imagem (resolução temporal) aliados a qualidade geométrica (resolução espacial) da imagem correspondem as expectativas desse levantamento, fato este comprovado perante as comparações de precisões com o levantamento geodésico. Os pontos negativos de sua utilização, ficam a cargo do pós-processamento, que requer, devido ao tamanho do arquivo gerado, o uso de um hardware mais robusto para o processamento de dados.

Assim, as tecnologias com aeronaves remotamente pilotadas podem ser utilizadas simultaneamente com outras ferramentas das geotecnologias, tais como um Sistema de

Informações Geográficas (SIG), e podem gerar um importante instrumento de gestão tanto para prefeituras, órgãos de serviço e empresas particulares.

Referências Bibliográficas

AMORIM, A.; PESSOA, G.G.R; LEMES, I.R.; KOMAZAKI, J.M.; CANALI, L.; GALO, J.M.; Camargo, P.O. **Utilização de VANT para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais.** I SEMINÁRIO INTERNACIONAL UAV, Lisboa, 3-4 Mar 2016.

CARNEIRO, A. F. T. **Cadastro e registro de imóveis em áreas rurais e urbanas: A Lei 10.267/2001 e experiências nos municípios de São Paulo e Santo André**. Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências – Escola de Engenharia de Pernambuco Departamento de Engenharia Cartográfica. Recife – PE

BELTRÃO, S. R.B. **Qual a importância dos Pontos de Controle para o Mapeamento Aéreo com Drones?**. Fev 2017a.

_____. **A importância tecnológica para o avanço do mercado *onshore* e *offshore* no Brasil, no âmbito das inspeções industriais com drones.** Jun 2017b.

BRASIL. 1984. Decreto N° 89.817 de 20 de Junho de 1984. Normas Técnicas Da Cartografia Nacional.

LIMA, D.F.; SOUSA JÚNIOR, A.M.; SILVA, M. N.; CARVALHO, C.C.A.; FERNANDES NETO, M. A **Utilização de Vant (Drone) para fins de Regularização Fundiária Urbana de Interesse Social.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2016. Foz do Iguaçu, PR,2016.

NASCIMENTO J. S.; GONÇALVES B. B. T.; CINTRA C. L. D. **Otimização da Segurança em Canteiros de Obras Utilizando Veículos Aéreos não Tripulados (Vants) com Controle de Voo Via Arduino Yun.** ACTA TECNOLÓGICA v.12, nº 1, 2017.

NOGUEIRA JÚNIOR, J. B. **Controle de qualidade de produtos cartográficos: uma proposta metodológica**. 147 f. Dissertação - UNESP, Campus Presidente Prudente, Presidente Prudente, SP, Brasil. 2003

Norma de Execução Incra/DF/02, de 19 de fevereiro de 2018. Disponível em: <http://mundogeo.com/wp-content/uploads/2018/02/NE-INCRA-DF-N-02.pdf>. Acesso em: 24 jun 2018.

Santiago & Cintra. **Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Disponível em <https://www.santiagoecintra.com.br/blog/geo-tecnologias/georreferenciamento-de-imoveis-rurais>. Acesso em: 24 jun 2018.

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.** III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, 27-30 Jul 2010.

SILVA, D. C.; COSTA, G. C. **Aerofotogrametria em projetos de estradas.** In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**.** Recife – PE, jul-2010.

SILVA NETO, M. **Pontos de controle: quando utilizar no mapeamento aéreo com Drone?** Dez 2015.