



Extração da Informação Posicional de Pontos de Projeção Cartográfica Geradas em Rotinas de Processamento para Geração de Ortofotos

Extraction of Positional Information from Cartographic Projection Points Generated in Processing Routines for the Generation of Orthophoto

Agostinho Prado Alves Junior ¹ e Luciano Nardini Gomes ²

¹ Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências do Centro de Ciências Exatas, Londrina, Brasil.
agostinho.prado@uel.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4782-7112>

² Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências do Centro de Ciências Exatas, Londrina, Brasil. lunago@uel.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8200-646X>

Recebido: 08.2020 | Aceito: 09.2021

Resumo: As aeronaves remotamente pilotada (RPA) têm sido amplamente utilizadas na geração de ortofotos e modelos digitais de elevação (MDE), que subsidiam as análises geoespaciais. Ocasionalmente, estas análises requerem levantamentos rápidos, o que inviabiliza o uso de RPA associado a pontos de apoio para a correção da posição, ajuste e avaliação da qualidade dos ortofotos e MDE. Atualmente é possível a geração automatizada destes produtos por meio do uso de rotinas preestabelecidas disponíveis em programas especializados na manipulação das imagens obtidas com RPA. Dessa forma, a presente pesquisa se justifica pela carência de análises efetivas do processamento de imagens coletadas com RPA, em que poderá contribuir metodologicamente com a qualidade do mapeamento. Portanto, o objetivo deste trabalho foi extrair a informação posicional de pontos de projeção cartográfica geradas em rotinas de processamento para a geração de ortofotos no *software Agisoft Metashape*. Após o processamento das imagens, os resultados com ambas rotinas se mostraram satisfatórias para extração das informações geográficas, porém apenas as rotinas de alto rigor de qualidade se mostram como uma importante ferramenta no auxílio na atualização cadastral. Contudo, para o mapeamento de áreas rurais o processamento pode ser realizado nas cinco rotinas de processamento (*Lowest, Low, Medium, High e UltraHigh*).

Palavras-chave: Qualidade. RPA. Acurácia. IPTU.

Abstract: The remotely piloted aircraft (RPA) have been widely used in the generation of orthophoto and digital elevation models (MDE), which subsidize geospatial analysis. Occasionally, these analyzes require quick surveys, which makes the use of RPA associated with support points impossible to correct the position, adjust and assess the quality of orthophoto and MDE. Currently, the automated generation of these products is possible through the use of pre-established routines available in programs specialized in the manipulation of images obtained with RPA. Thus, this research is justified by the lack of effective analysis of the processing of images collected with RPA, in which it may contribute methodologically to the quality of the mapping. Therefore, the objective of this work was to extract positional information from cartographic projection points generated in processing routines for the generation of orthophoto in the Agisoft Metashape software. After processing the images, the results with both routines proved to be satisfactory for the extraction of geographic information, however only high-quality routines are shown as an important tool in helping to update the registration. However, for mapping rural areas, processing can be performed in the five processing routines (*Lowest, Low, Medium, High and UltraHigh*).

Keywords: Quality. RPA. Accuracy. IPTU.

1 INTRODUÇÃO

O uso de aeronave remotamente pilotada (RPA) pode ser entendido como uma evolução no mapeamento aéreo, similar à aerofotogrametria convencional. Embora a aerofotogrametria apresente uma série de aplicações nos mais diferentes campos e ramos da ciência geográfica, sua maior aplicação é no mapeamento

topográfico, aplicação esta que também passa ser realizada com o RPA.

Esta categoria de aeronave revolucionou o mapeamento de áreas na mesma proporção que os equipamentos de sistema de posicionamento global (GPS) fizeram com a geodésia, topografia e agrimensura nas últimas décadas. Dos produtos que podem ser obtidos com o uso de RPA, dois se destacam nas análises geoespaciais, a ortofoto e o modelo digital de elevação (MDE). O ortomosaico corresponde ao mosaico das ortofotos e o MDE, a imagem onde cada *pixel* apresenta um valor relativo à altitude da superfície modelada (SOPCHAKI, 2016).

De acordo com Gripp Jr. (2009), um MDE é a representação da superfície da Terra, no modo digital, cuja característica principal é descrever a morfologia de uma área qualquer de forma contínua visando representar a altimetria sem a cobertura vegetal e/ou edificações. Enquanto o modelo digital de superfície (MDS), segundo Cruz et al. (2011), representa a superfície do terreno acrescida de quaisquer objetos, como árvores e construções, onde o topo desses objetos será representado como a superfície do terreno.

Estes materiais servem de base para obtenção de medidas planimétricas e altimétricas que subsidiam as análises geoespaciais. Assim, podem ser utilizados na delimitação de áreas de risco (SOLOMON et al., 2002), quantificação de cicatrizes de movimentos de massa (LUCIEER; JONG; TURNER, 2014), definição de áreas de proteção permanente (APP) (CÂNDIDO; DA SILVA; PARANHOS FILHO, 2015) e extração de informação geográfica a partir da ortofoto gerada para auxílio na atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário – CTM (ZANETTI, 2017).

Contudo, um problema recorrente encontrado na geração das ortofotos são as de análise efetiva do número e distribuição dos pontos de apoio e da análise da acurácia e discrepâncias posicionais das ortofotos, pois podem acabar trazendo incertezas quanto à qualidade do mapeamento. No entanto, análises efetivas sobre o processamento das imagens para geração das ortofotos não são encontradas. Dessa forma, a presente pesquisa se justifica pela carência de análises efetivas do processamento de imagens obtidas de sensor a bordo de RPA, em que poderá contribuir metodologicamente com a qualidade do mapeamento.

No processamento dos dados, o *software* faz processo de decisão onde um grupo de *pixels* é definido como pertencente a uma determinada classe. Nesse sentido, os sistemas computacionais auxiliam o usuário na interpretação da imagem. Para Richards (1986), esta classificação consiste em rotular os *pixels* de uma cena a partir de suas características espectrais, sendo que essa categorização é implementada por um programa computacional habilitado para reconhecer os *pixels* espectralmente similares. Segundo Novo (1989), as técnicas de classificação digital implicam na implementação de um processo de decisão para que o computador possa atribuir certo conjunto de pontos (*pixels*) a uma determinada classe.

Segundo Jassen (2009), a estereocorrelação automática, isto é, o grupo de *pixels* pertencentes a uma determinada classe utilizados para criar um MDE, funciona bem quando o terreno está livre de árvores, edificações, viadutos, pontes, etc., os quais se elevam acima do terreno nominal. Mas quando tais objetos estão presentes, os algoritmos assumem-se como pertencentes ao terreno e computam a paralaxe diferencial e a altura resultante de tais superfícies. Ou seja, as alturas são então inseridas no MDE.

Ainda segundo o autor, quanto maior a escala da fotografia aérea e maior altura dos edifícios e das estruturas da área de estudo, maior a dificuldade para obter um MDE preciso do terreno. Os MDE's são mais precisos e requerem menos edição quando produzidos para áreas rurais que não apresentam cobertura arbórea densa ou estruturas artificiais (edifícios, pontes, etc.). Como, por exemplo, pode-se considerar o MDE de alta qualidade extraído da fotografia aérea de grande escala com poucas árvores e edifícios.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi extrair a informação posicional de pontos de projeção cartográfica em ortofotos obtidas de sensor a bordo de aeronaves remotamente pilotadas (RPA) geradas em rotinas de processamento para a geração de ortofotos no *software Agisoft Metashape*. A aeronave utilizada para obter as imagens foi do tipo multirrotor, do modelo *Phantom 4 Pro* da empresa *DJI*. Seu sensor *complementary metal oxide semiconductor* (CMOS) de 1 polegada de 20 *megapixels*.

Com isso, foi formando um banco de dados de qualidades distintas, onde permitirá realizar as análises de qualidade entre elas. Assim, essa informação geográfica extraída das ortofotos, se for de qualidade, poderá auxiliar na atualização cadastral referente às propriedades tributáveis, os lotes (IPTU), os quais são imprescindíveis para o cadastro técnico multifinalitário (CTM) por conter uma descrição detalhada do território por meio da representação gráfica das parcelas, constituindo um importante referencial para caracterização da

posse e da propriedade privada.

De acordo com Antunes (2007), um sistema cadastral atualizado possibilita desenvolver um CTM como ferramenta de apoio à gestão pública municipal, permitindo analisar as potencialidades do município para um desenvolvimento sustentável, possibilitando assim, um melhor gerenciamento dos recursos e desenvolvimento dos diversos processos econômicos, jurídicos e técnicos envolvidos na dinâmica das cidades. Loch (1998) complementa afirmando que, o CTM é uma área de pesquisa interdisciplinar, que envolve conhecimentos, desde as medidas cartográficas, até o nível do imóvel, a legislação que rege a ocupação do solo, bem como uma avaliação rigorosa da melhor forma de ocupação deste espaço para se obter o desenvolvimento da área.

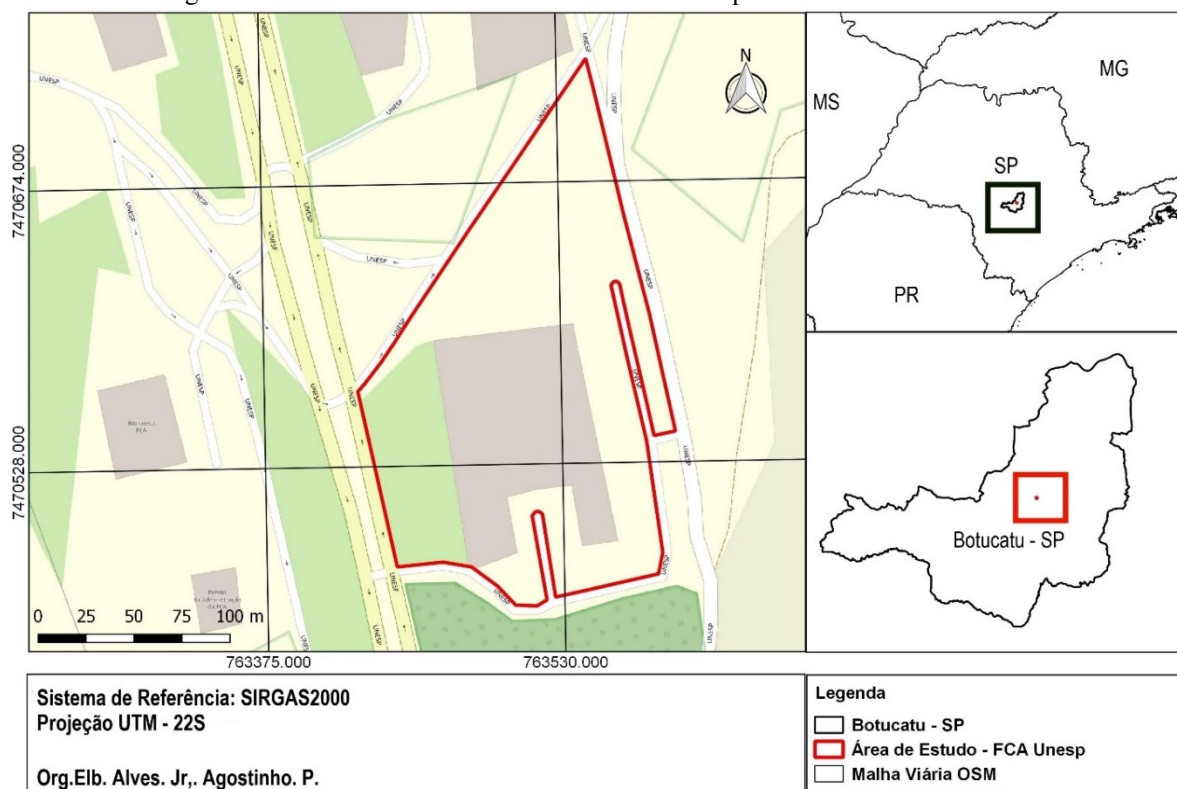
Em conformidade com Zanetti (2017), a principal característica de um CTM é o suporte para o conhecimento do território, mediante informatização de um banco de dados públicos com informações confiáveis sobre as propriedades municipais. A cartografia associada ao banco de dados é fundamental para o registro oficial das informações que definem a realidade da propriedade, formando assim, o cadastro técnico.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O local de estudo consiste em uma área de 79.103 metros cuja área efetiva é um polígono irregular de 26.352 metros, localizada na Unesp - Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) – Campus de Botucatu – SP (Figura 1).

Figura 1 - Área de estudo localizada na FCA da Unesp em Botucatu – SP.



Fonte: Os autores (2020).

2.2 Materiais utilizados

Os materiais utilizados foram:

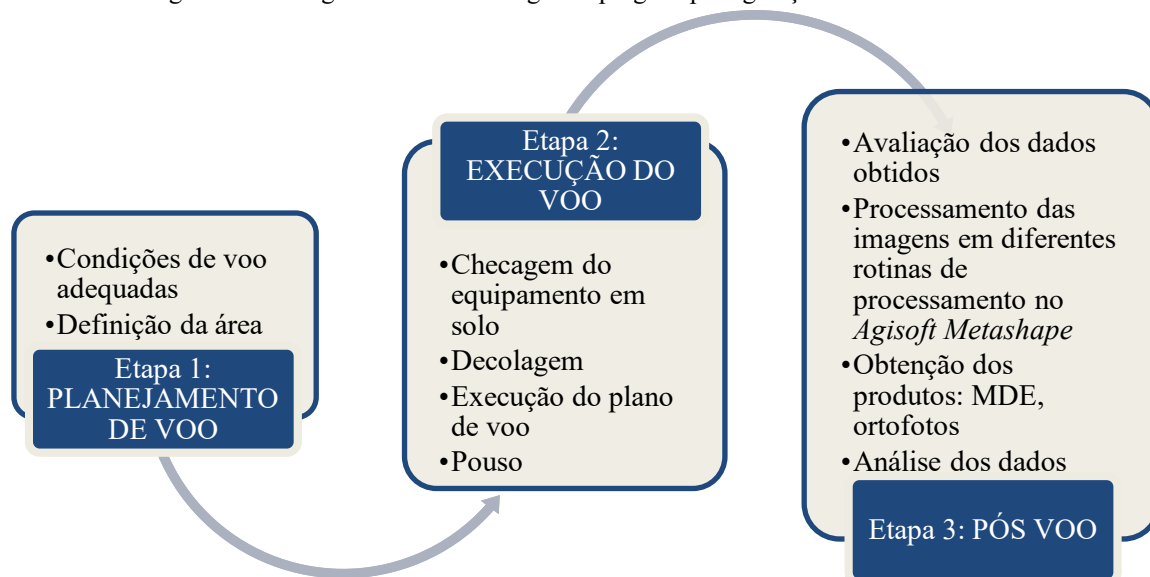
- Software *QGIS 2.18* para manipulação dos dados espaciais;
- Software fotogramétrico *Agisoft Metashape* para o processamento das fotos;
- A aeronave utilizada para obter as imagens foi do tipo multirrotor, sendo do modelo *Phantom 4 Pro*

da empresa *DJI*.

2.3 Metodologia

A Figura 2, apresenta de forma ilustrativa, as etapas e os procedimentos metodológicos implementados para atingir os objetivos propostos neste trabalho.

Figura 2 - Fluxograma da metodologia empregada para geração das ortofotos.



Fonte: Os autores (2020).

2.4 Aquisição das fotos com RPA

A metodologia utilizada para aquisição e processamento dos dados obtidos pelo RPA, está dividida em três etapas: (1) planejamento de voo; (2) execução do voo; e (3) pós voo. Conforme ilustradas no fluxograma da Figura 2.

A aeronave utilizada para obter as imagens foi do tipo multirrotor, sendo do modelo *Phantom 4 Pro* da empresa *DJI*. Esta aeronave é fabricada pela empresa chinesa *DJI Innovations*, e equipada com uma câmera de sensor *complementary metal oxide semiconductor* (CMOS) de 1 polegada de 20 *megapixels* capaz de fotografar e fazer filmes em 4k/60fps ou em modo *burst* (configuração da câmera que permite tirar várias fotos em sequência). O CMOS é um sensor semiconductor para captação de imagens formado por um circuito integrado que contém uma matriz de capacitores acoplados. Ou seja, é sensor de carga acoplada com a função de captar as imagens e transforma-las em elétrons (sinais eletromagnéticos) e em *Bits* e *Bytes* por um microprocessador em um processo analógico digital que gera a imagem.

Atualmente, a regulamentação para a operação de tais equipamentos é dada pela instrução do comando da aeronáutica (ICA) 100 – 40/2017. Esse documento visa esclarecer os procedimentos necessários para realização dos voos de RPA (DECEA, 2017). Segundo a ANAC (2018), sua proposta tem o objetivo de viabilizar as operações das RPA's, garantindo que haja segurança para as pessoas. Para tal, as regras que serão estabelecidas concordam com o nível de complexidade e o risco envolvido nas operações.

2.5 Processamento dos dados

A metodologia utilizada para aquisição e processamento dos dados obtidos pelo RPA, está dividida em três etapas conforme exemplificado na Figura 2. O ponto de projeção cartográfica das imagens, ou seja, as coordenadas geográficas, foram convertidas para o sistema cartesiano de projeção UTM, fuso 22 do hemisfério Sul. Isto é, o processamento de dados no *software* foi realizado no Sistema Geodésico de

Referência SIRGAS2000, na projeção Universal Transverso de Mercator (UTM) do fuso 22 do hemisfério sul.

O processamento dos dados aerofotogramétrico foi totalmente realizado no *software Agisoft Metashape*. Segundo *Agisoft LLC* (2016), o *Software Agisoft Metashape* foi desenvolvido pela empresa russa *Agisoft LLC* para criar conteúdo tridimensional a partir de imagens estáticas. Esse programa possui uma interface simples e permite a geração de nuvem de pontos esparsa ou densa, malhas texturizadas tridimensionais e outras representações, como as ortofotos e MDE, por exemplo.

Foram aplicadas rotinas de processamento sugerida pelo *software*, conforme os parâmetros adotados no Quadro 1. Estas rotinas envolvem a orientação das fotos (*Align Photos*), identificação e densificação de pontos homólogos (*Build Dense Cloud*), geração dos modelos (*Build Mesh*, *Build DEM*), geração das curvas de nível (*Build Contours*) e geração das ortofotos (*Build Orthomosaic*).

Quadro 1 - Parâmetros adotados nas rotinas de processamentos das imagens.

<i>Align Photo</i> ¹	<i>General</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Highest</i>
		<i>Pair preselection</i>	<i>Enabled</i>
	<i>Advanced</i>	<i>Key point limit</i>	<i>40,000</i>
		<i>Tie point limit</i>	<i>4,000</i>
		<i>Apply masks to</i>	<i>None</i>
	<i>Adaptive camera model fitting</i>	<i>Enabled</i>	
<i>Build Dense Cloud</i> ²	<i>General</i>	<i>Quality</i>	<i>Lowest - Rotina 1</i>
	<i>Advanced</i>	<i>Depth filtering</i>	<i>Mild</i>
		<i>Reuse depth maps</i>	<i>Disabled</i>
	<i>General</i>	<i>Quality</i>	<i>Low - Rotina 2</i>
	<i>Advanced</i>	<i>Depth filtering</i>	<i>Mild</i>
		<i>Reuse depth maps</i>	<i>Disabled</i>
	<i>General</i>	<i>Quality</i>	<i>Medium - Rotina 3</i>
	<i>Advanced</i>	<i>Depth filtering</i>	<i>Mild</i>
		<i>Reuse depth maps</i>	<i>Disabled</i>
	<i>General</i>	<i>Quality</i>	<i>High - Rotina 4</i>
	<i>Advanced</i>	<i>Depth filtering</i>	<i>Mild</i>
		<i>Reuse depth maps</i>	<i>Disabled</i>
	<i>General</i>	<i>Quality</i>	<i>Ultra High - Rotina 5</i>
	<i>Advanced</i>	<i>Depth filtering</i>	<i>Mild</i>
		<i>Reuse depth maps</i>	<i>Disabled</i>
<i>Build Mesh</i> ³	<i>General</i>	<i>Surface type</i>	<i>Arbitrary</i>
		<i>Source data</i>	<i>Dense cloud</i>
		<i>Face count</i>	<i>Low</i>
<i>Build DEM</i> ⁴	<i>Projection</i>	<i>Geographic</i>	<i>Sirgas2000 / UTM zone 22S</i>
	<i>Parameters</i>	<i>Source data</i>	<i>Mesh</i>
		<i>Interpolation</i>	<i>Enabled (default)</i>
		<i>Point classes: All</i>	<i>Disabled</i>
<i>Build Orthomosaic</i> ⁵	<i>Parameters</i>	<i>Surface</i>	<i>DEM</i>
		<i>Blending mode</i>	<i>Mosaic (default)</i>
		<i>Enable hole filtering</i>	<i>Enabled</i>
		<i>Pixel size (m)</i>	<i>Enabled</i>
		<i>Setup boundaries</i>	<i>Disabled</i>

Fonte: Os autores (2020).

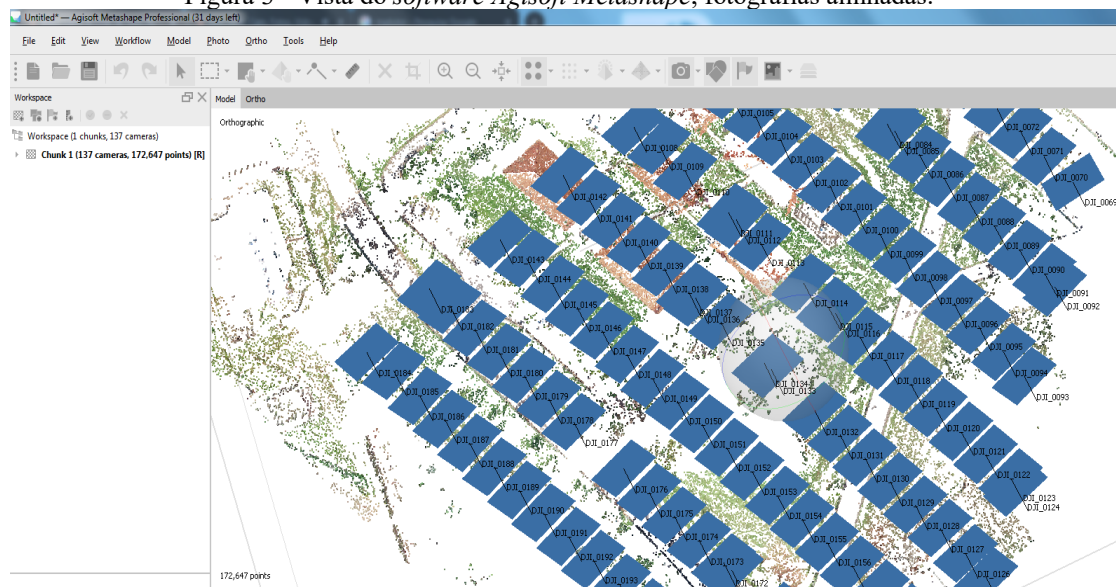
Estas rotinas fazem parte da ferramenta “fluxo de trabalho” fixado na barra de ferramentas do *software*, nela estão reunidas as etapas utilizadas no processamento até a geração da ortofoto. Assim, após o carregamento das fotografias coletadas com o RPA, foram realizados os procedimentos a seguir.

2.5.1 ALINHAMENTO DAS IMAGENS

O primeiro procedimento foi o *Align Photo*¹, exemplificado na Figura 3, que utiliza as informações de metadados incorporados nas fotografias. O resultado foi a geração da nuvem de “*tie points*” ou pontos fotogramétricos, onde sua função é materializar o sistema de coordenadas do terreno. Por isso, recomenda-se nesta etapa o máximo de rigor no alinhamento (em detrimento ao tempo de processamento), visando assim melhor qualidade da futura ortofoto.

Segundo Casemiro e Pinto (2014), o *software* utiliza algoritmos de identificação de pontos comuns, que permitem fazer a orientação relativa das imagens. Segundo estes autores, para a composição do alinhamento perfeito é necessária a sobreposição entre 55% a 65% sobre as fotos tiradas longitudinalmente e de 20% a 40% sobre as fotos sobrepostas lateralmente. No entanto, a sobreposição lateral utilizada foi de 75% e a sobreposição longitudinal de 65% entre as imagens.

Figura 3 - Vista do *software Agisoft Metashape*, fotografias alinhadas.



Fonte: AGISOFT LLC (2019). Organizado pelos autores (2020).

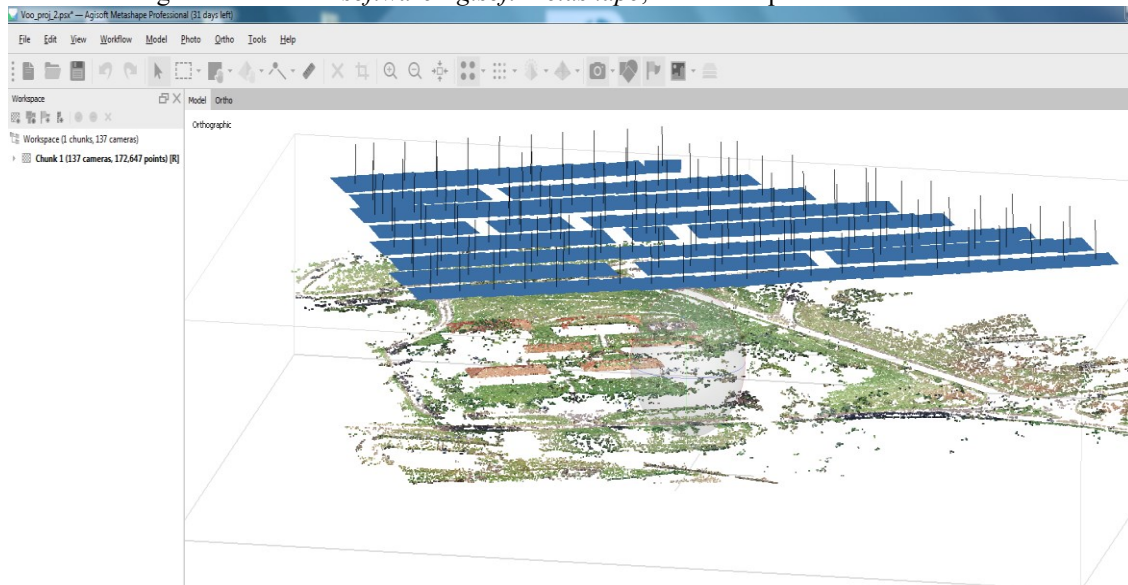
Para corrigir os erros sistemáticos das imagens geradas é efetuada a autocalibração da câmera com base nos dados do *exchangeable image file format* (EXIF) das fotografias. Assim, os retângulos azuis (Figura 3), indicam a localização da câmera no momento da aquisição das fotografias, como também as coordenadas ajustadas do centro perceptivo e as coordenadas das marcas fiduciais das imagens. Esse processo de autocalibração da câmera é feito automático pelo *software*.

2.5.2 CONSTRUÇÃO DA NUVEM DENSE

A construção da *Build Dense Cloud*² baseia-se na posição relativa de cada fotografia, assim é construída a nuvem de pontos densa, que possibilita determinar informação de profundidade e completar a nuvem esparsa anterior. Ou seja, o *software* irá aumentar a quantidade de pontos na nuvem de pontos, diminuindo os espaços vazios para representar melhor a área mapeada.

Por isso, nesta etapa foi utilizado os cinco rigores de qualidade para sua construção, culminando em bancos de dados com variação nos números totais de pontos, isto é, com qualidades diferentes. A nuvem de pontos gerada nesta etapa constitui-se como base para o MDE. A Figura 4 exemplifica o processamento do *Build Dense Cloud* em um desses rigores de qualidade.

Figura 4 - Vista do software *Agisoft Metashape*, nuvens de pontos densa.



Fonte: *AGISOFT LLC* (2019). Organizado pelos autores (2020).

O tempo de processamento dessa etapa teve uma variação, pois o processamento está diretamente ligado ao material bruto do levantamento com imagens de alta definição e o tipo da qualidade utilizada para construir a nuvem densa de pontos. Por isso, o *software* necessita de equipamento com boas configurações de *hardware*.

A etapa de tratamento de dados está altamente vinculada à capacidade de processamento do computador utilizado, sendo, portanto, de grande variação em virtude da velocidade dos processadores. Almeida (2014) ressalta que para o caso específico do MDE por fotogrametria terrestre, o computador a ser utilizado deverá conter memória compatível com a quantidade de fotos coletadas. A Tabela 1 contém os dados de variação de tempo realizadas nesta etapa da construção das nuvens densa de pontos para as rotinas de processamento.

Tabela 1 - Tempo de processamento *Build Dense Cloud*.

Rotinas	Imagens	Altura (m)	Resolução (cm/pixel)	Qualidade	Tempo de Processamento	Quantidade de Pontos
1	139	62,9	1,66	<i>Lowest</i>	0m37s	1,379,412
2	139	62,9	1,67	<i>Low</i>	1m44s	5,691,318
3	139	62,9	1,67	<i>Medium</i>	4m46s	22,480,428
4	139	62,9	1,67	<i>High</i>	19m16s	89,002,793
5	139	62,9	1,67	<i>Ultra-High</i>	1h23m0s	359,491,568

Fonte: Os autores (2020).

Portanto, quanto mais denso é o banco de dados (nuvem densa de pontos), maior o tempo de processamento. Conseqüentemente, maior qualidade do mapeamento. A Tabela 2 contém os dados de densidade de pontos por m² realizadas nesta etapa da construção das nuvens densa de pontos para as rotinas de processamento.

Tabela 2 – Densidade de pontos por área.

Rotinas	Qualidade	Área Total (m ²)	Área Efetiva (m ²)	Pontos - Área Total	Pontos - Área Efetiva	Densidade de Pontos
1	<i>Lowest</i>	79,103	29,352	1,379,412	459,531	17,44
2	<i>Low</i>	79,103	29,352	5,691,318	1,895,979	71,95
3	<i>Medium</i>	79,103	29,352	22,480,428	7,489,024	284,19
4	<i>High</i>	79,103	29,352	89,002,793	29,649,970	1125,15
5	<i>Ultra-High</i>	79,103	29,352	359,491,568	119,759,324	4544,60

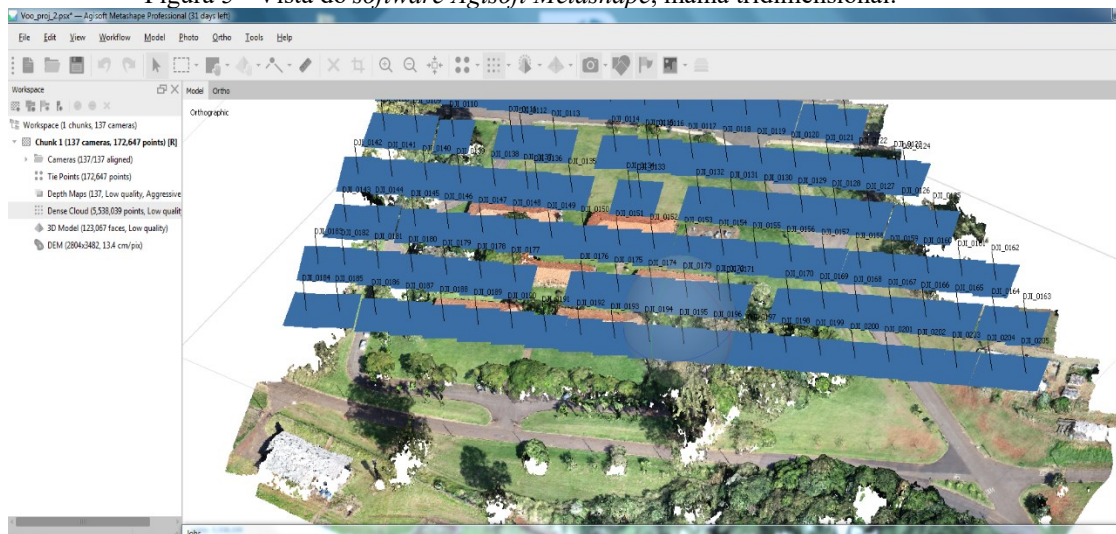
Fonte: Os autores (2020).

Assim, quanto maior a quantidade de pontos, maior será a densidade e mais detalhes exibidos nas imagens. Isto é, na densidade das informações onde a posição relativa de cada fotografia é construída, possibilitando determinação da informação de modo a representar melhor a área mapeada, seja para área urbana ou rural.

2.5.3 CONSTRUÇÃO DO MODELO POLIGONAL DO TERRENO

A *Build Mesh*³ consiste basicamente na montagem da malha poligonal do terreno mapeado tridimensionalmente. Por isso, nesta etapa foi utilizado baixo rigor, proporcionando menores números de triângulos e isolinhas altimétricas mais suavizadas, pois os pontos da nuvem densa são ligados, de modo a construir uma malha recorrendo a algoritmos de triangulação (Figura 5).

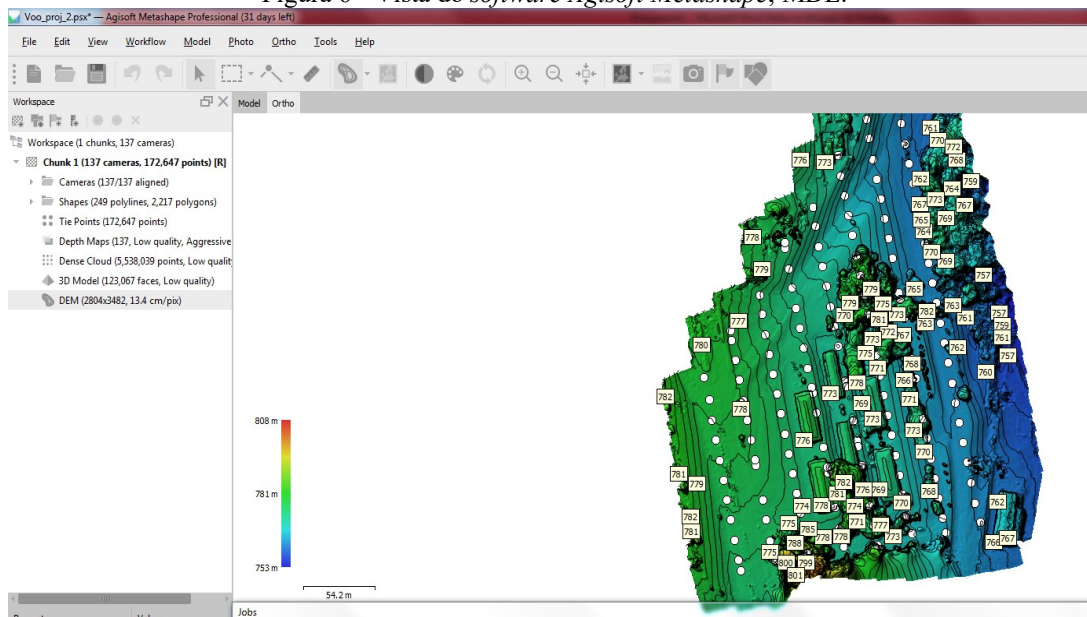
Figura 5 - Vista do *software Agisoft Metashape*, malha tridimensional.



Fonte: AGISOFT LLC (2019). Organizado pelos autores (2020).

2.5.4 CONSTRUÇÃO DO MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE)

A *Build DEM*⁴ é a confecção do MDE, ele pode ser gerado com base na nuvem densa ou modelo de malha. Os produtos gerados na construção do MDE são uma representação bidimensional em formato *raster* (imagem), sendo o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS). Com o MDT é possível gerar as curvas de nível (Figura 6).

Figura 6 - Vista do *software Agisoft Metashape*, MDE.

Fonte: *AGISOFT LLC* (2019). Organizado pelos autores (2020).

Assim, a última etapa “*Build Orthomosaic*” consiste na geração da ortofoto a partir do MDE gerado no procedimento anterior.

2.6 Atualização cadastral referente as propriedades tributáveis

Segundo Zanetti (2017), os métodos de atualização podem ser classificados em: cíclico, seletivo e contínuo. No método cíclico a atualização é realizada em intervalos de tempo pré-definidos. No método seletivo, a atualização é realizada segundo uma ordem de prioridades e no método contínuo, a carta é mantida em constante atualização. Sem dúvida, a atualização contínua é a mais recomendada, porém em alguns casos é a de maior custo e em outros casos, de difícil implantação. A utilização deste ou daquele método dependerá da dinâmica de alteração superficial, da finalidade das cartas e dos recursos disponibilizados para atualização. (ROBBI, 1990).

Neste contexto, as ortofotos geradas por RPA permitem a identificação de elementos (feições) do espaço físico que ao longo dos anos passam por modificações notáveis, como: trechos de rodovia, edificações, vegetação, etc., visando à atualização de bases cartográficas.

No âmbito da cartografia urbana, que necessita de mapas de grandes escalas, este problema se agrava, por se tratar de um ambiente onde há alterações a todo o momento. Todas essas alterações devem estar contidas nas cartas cadastrais. Com as cartas cadastrais, muitos setores que compõem a administração municipal podem extrair informações e tomar decisões apoiadas nos dados identificados. Daí a necessidade de se ter dados atualizados constantemente para que seja possível trabalhar com dados que condizem com a realidade e sem distorções dos objetos mapeados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Extração das informações geográficas a partir das rotinas de processamento

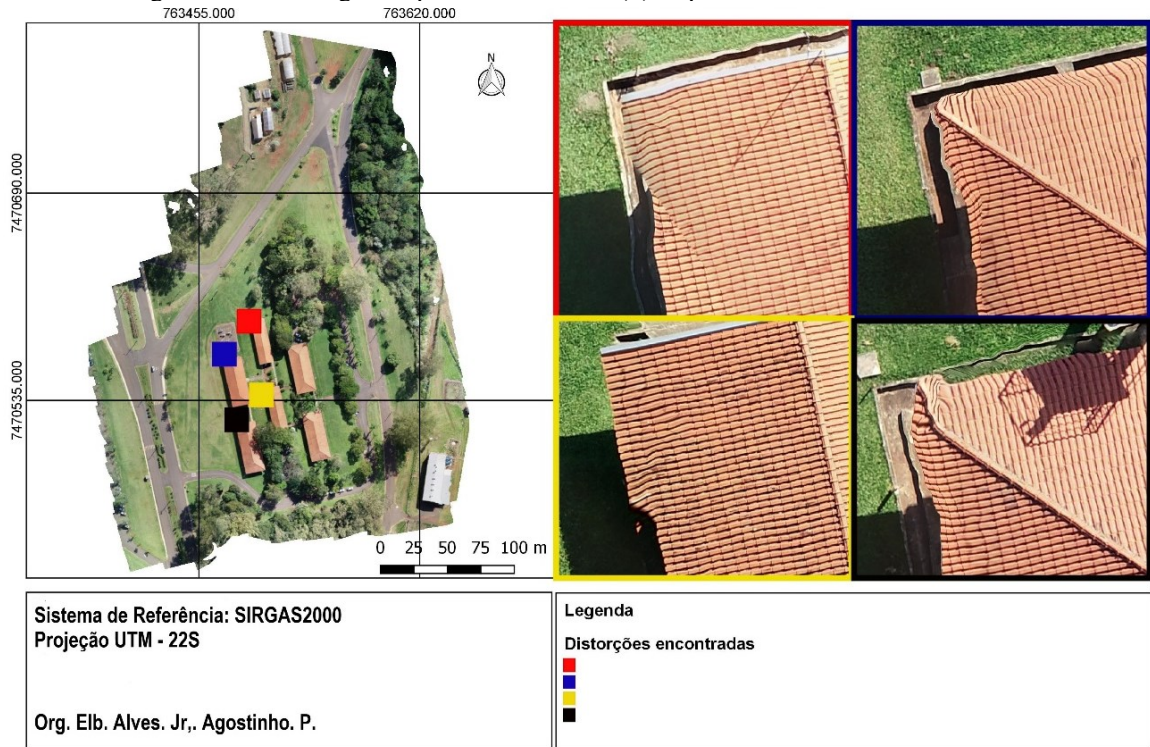
Os processamentos das fotografias aéreas obtidas com o RPA seguiram os passos descritos no Quadro 1. As fotografias foram processadas por meio de algoritmos computacionais de classificações de padrões e reconstrução tridimensional do terreno, oriundos do *software Agisoft Metashape*.

Os resultados obtidos com o mapeamento da área de estudo apresentaram variação de densidade, conforme Tabela 2. Isto é, as posições das informações relativas de cada fotografia, o que refletiu sobre a qualidade das ortofotos geradas, cuja estas informações têm maior importância para análises de identificação de elementos (feições), que podem ser utilizadas na atualização cadastral referente às propriedades tributáveis,

os lotes (IPTU). Dessa forma, permite-se apontar quanto maior a quantidade de pontos por área mapeada, maior será a densidade e mais detalhes exibidos nas imagens.

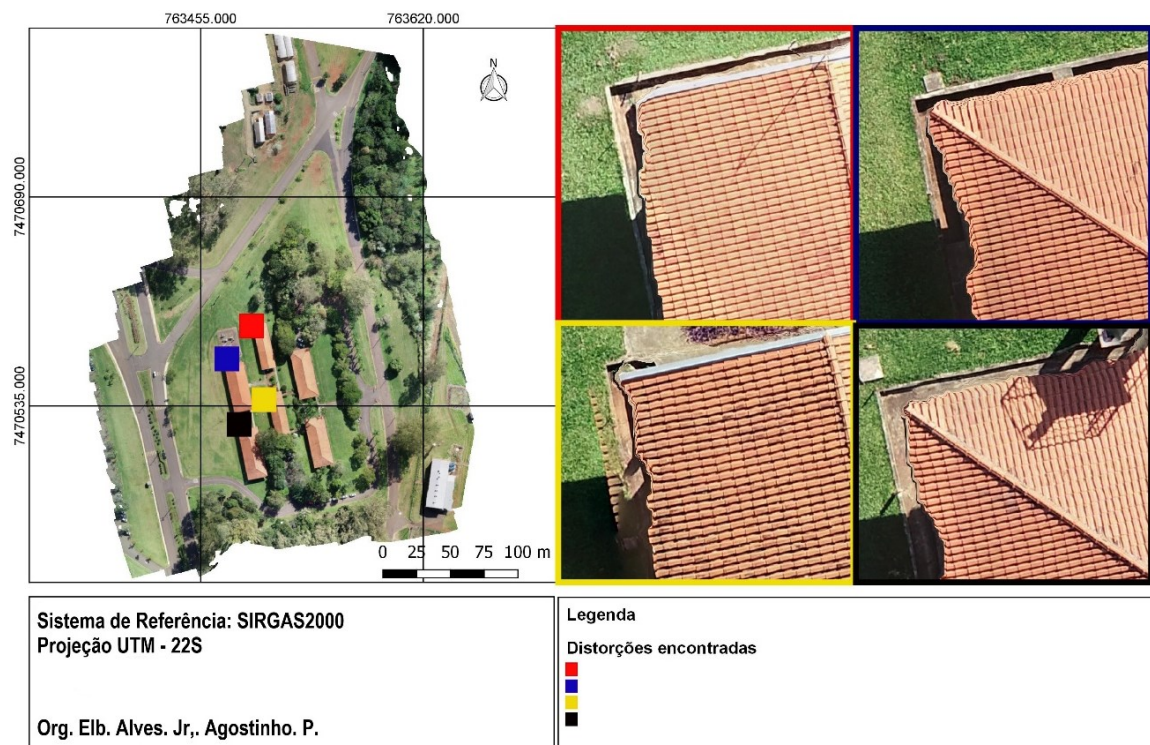
Nesta etapa, o processamento realizado nas cinco rotinas de processamento (*Lowest, Low, Medium, High e Ultra-High*) gerou cinco produtos com variações no número total de pontos, de 1.379.472 milhões de pontos na rotina (*Lowest*) para 359.491.568 milhões de pontos na rotina (*Ultra-High*), conforme apresentado na tabela 1. As Figuras 7, 8, 9, 10 e 11 apresentam as ortofotos geradas a partir das diferentes rotinas de processamento para extração da informação geográfica.

Figura 7 - Ortofoto gerada por meio da rotina (1) de processamento *Lowest*.



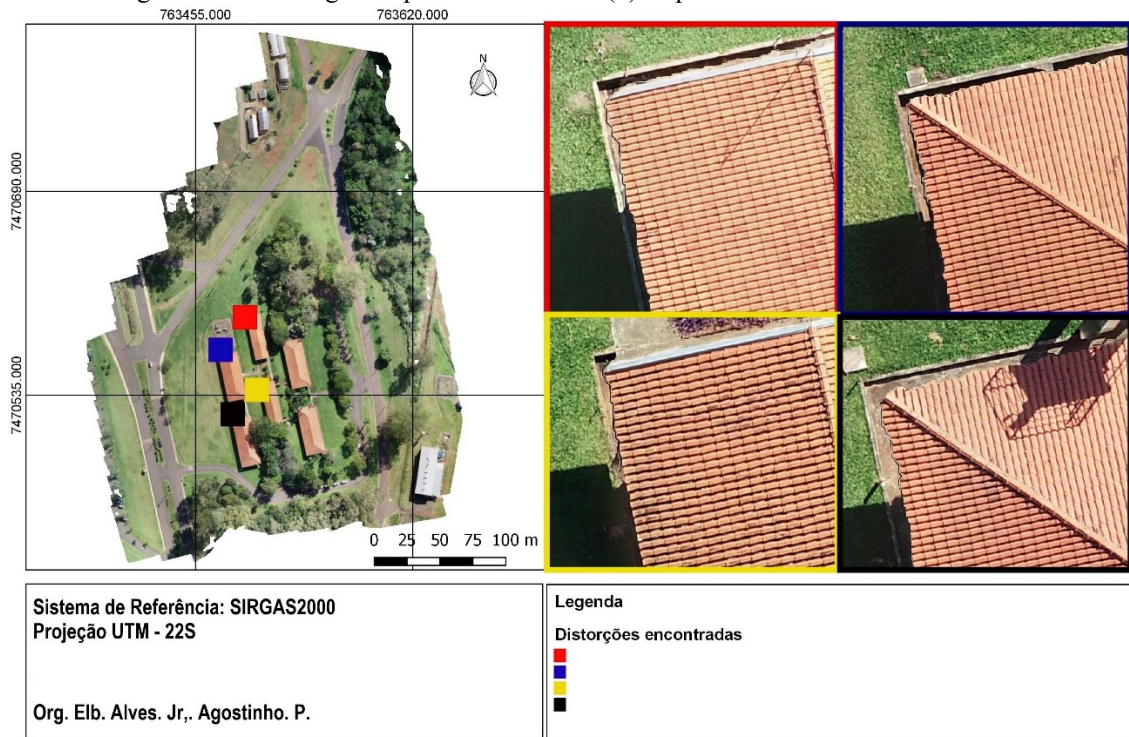
Fonte: Os autores (2020).

Figura 8 - Ortofoto gerada por meio da rotina (2) de processamento *Low*.



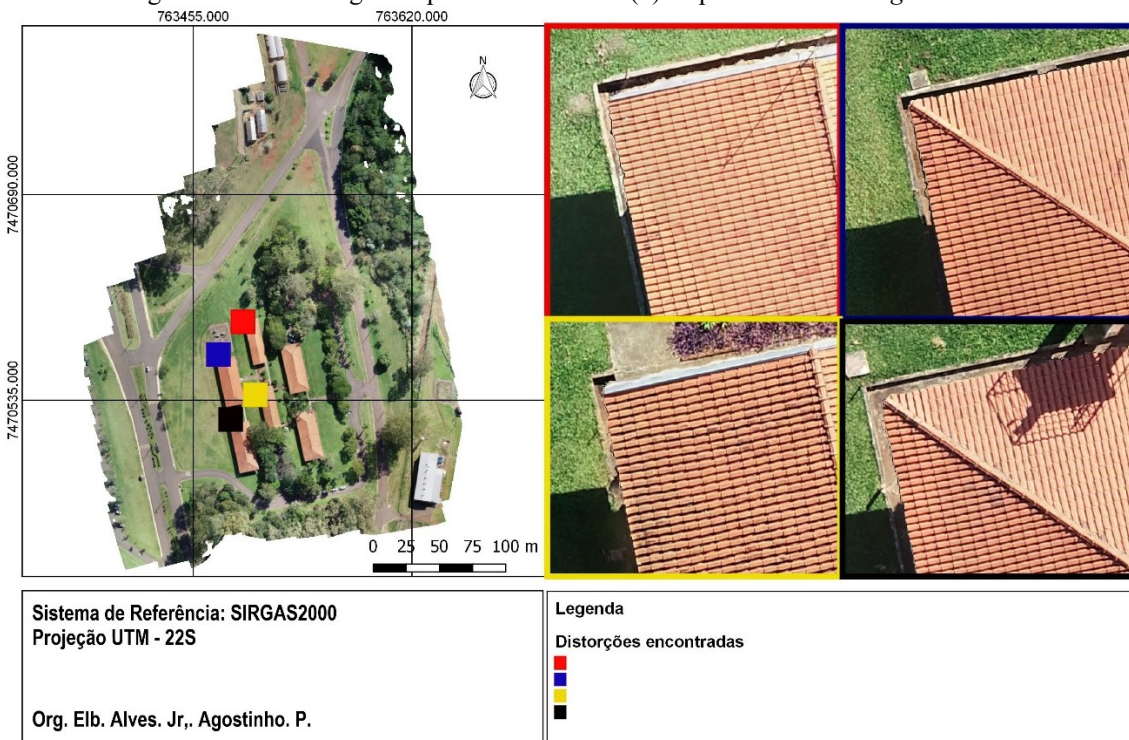
Fonte: Os autores (2020).

Figura 9 - Ortofoto gerada por meio da rotina (3) de processamento *Medium*.



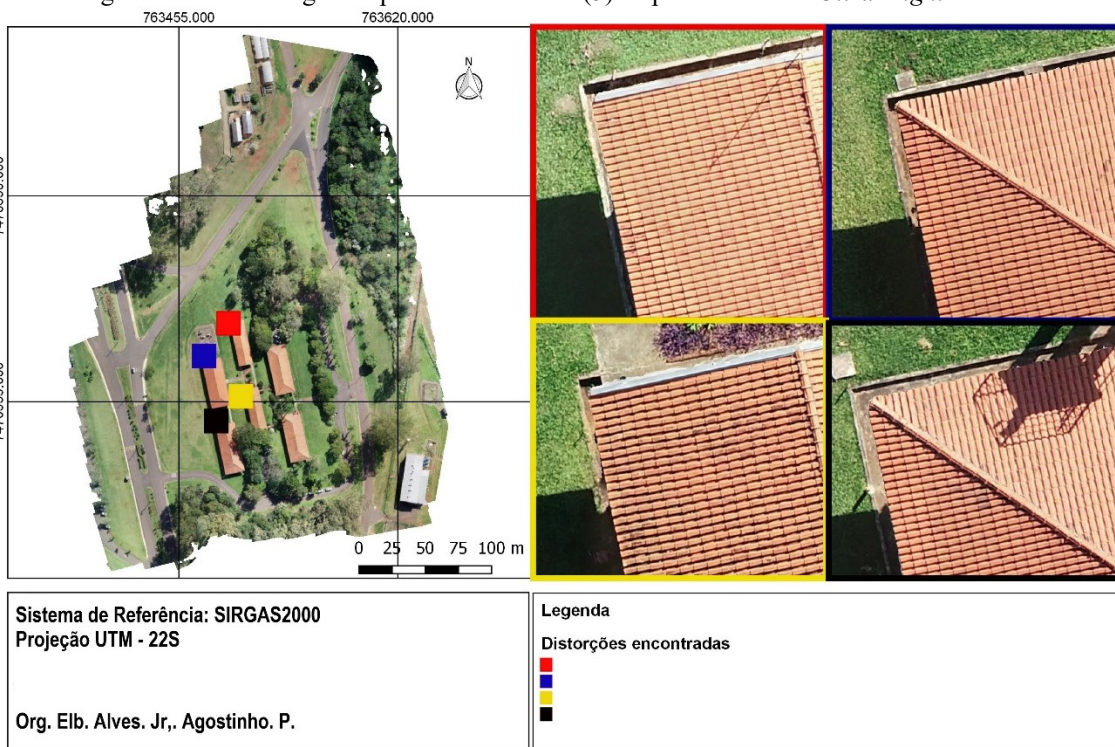
Fonte: Os autores (2020).

Figura 10 - Ortofoto gerada por meio da rotina (4) de processamento *High*.



Fonte: Os autores (2020).

Figura 11 - Ortofoto gerada por meio da rotina (5) de processamento *Ultra-High*.



Fonte: Os autores (2020).

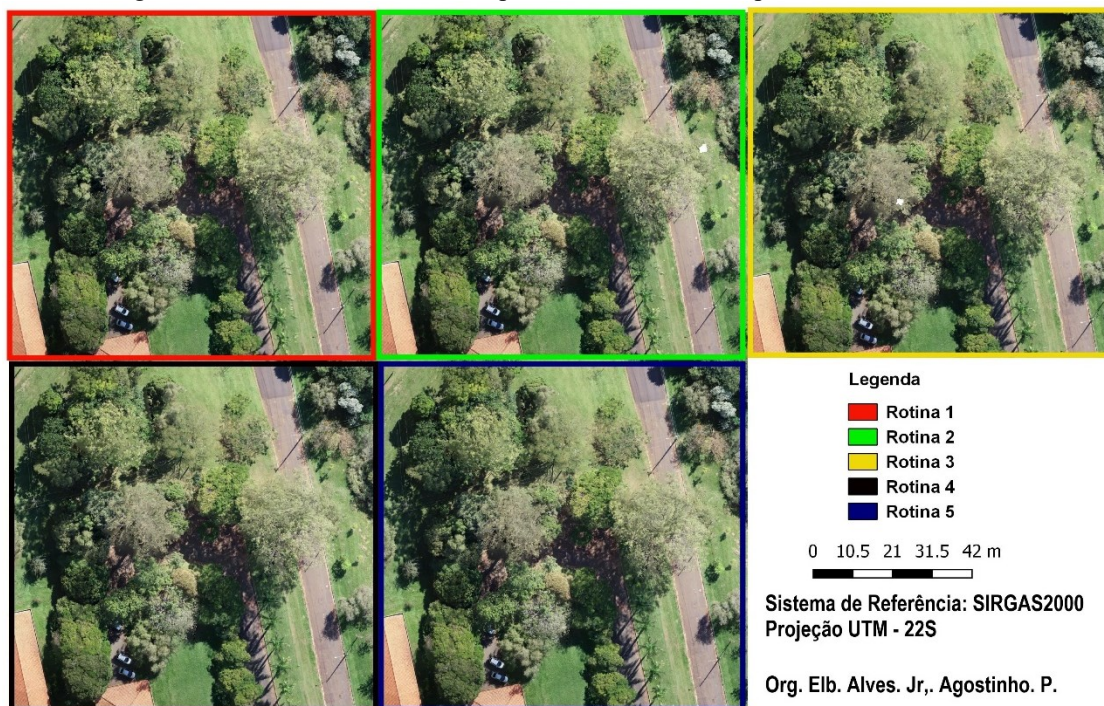
Quanto ao resultado dos processamentos destas ortofotos obtidas por sensor a bordo de RPA, observa-se uma margem de distorções, principalmente para identificação das feições (áreas edificadas). Nota-se que os produtos finais tiveram distorções de geometria em alguns pontos, em particular nas extremidades. Ou seja, as distorções estão relacionadas particularmente pelas rotinas de processamento.

Por isso, conclui-se que nas rotinas de processamento com maior rigor de qualidade (*High e Ultra-High*), tiveram distorções suavizadas e/ou quase não foram identificadas. Diferente das rotinas de baixo rigor (*Lowest, Low e Medium*), onde as distorções foram mais perceptíveis. Isso ocorre quando as posições das imagens e as inclinações da câmera do RPA são adversas e também no processamento das ortofotos, particularmente na construção do *Build Dense Cloud*. Isto é, na densidade das informações onde a posição relativa de cada fotografia é construída, possibilitando determinação da informação de modo a representar melhor a área mapeada. Deste modo, é possível apontar qual deve ser a densidade de pontos limiar entre uso rural e urbano.

Assim, as informações geográficas extraídas das ortofotos processadas em alto rigor de qualidade, se mostram como uma importante ferramenta no auxílio na atualização cadastral referente às propriedades tributáveis, os lotes (IPTU), os quais são imprescindíveis para o cadastro técnico multifinalitário (CTM). Principalmente, por permitir identificar e analisar as feições da área urbana, constituindo assim um importante referencial para caracterização da posse e da propriedade privada.

Contudo, nas distorções apresentadas nas ortofotos processadas nas rotinas de baixo rigor de qualidade da nuvem densa de pontos, mesmo com a densidade de pontos menor quando comparadas as rotinas de alto rigor de qualidade, não as impedem que sejam consideradas como material cartográfico, já que as mesmas disponibilizam de informações da área mapeada obtidas pelos sensores de imageamento acoplado no RPA. Por meio dos modelos digitais, nuvens de pontos e ortofoto dessas rotinas, podem se obter informações de relevo, distâncias e categorias de vegetação ou culturas. Estas informações podem ser percebidas na Figura 12.

Figura 12 - Áreas naturais extraídas por meio das rotinas de processamento.



Fonte: Os autores (2020).

No entanto, apenas se forem para projetos de áreas rurais, já que nas áreas naturais as distorções foram suavizadas, mesmo em baixo rigor de qualidade de processamento e consequentemente com baixa densidade de pontos.

4 CONCLUSÕES

Diante do exposto, conclui-se que as informações posicionais de pontos de projeção cartográfica obtidas com Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) geradas em rotinas de processamento no *software Agisoft Metashape* para a geração de ortofotos permite extrair as informações geográficas. No entanto, a partir do banco de dados formado, apenas as ortofotos geradas com alto rigor de qualidade (*High e Ultra-High*) se mostram como uma importante ferramenta no auxílio na atualização cadastral. Permitindo, pois, que sua utilização possa colaborar no auxílio do CTM de pequenas cidades do ponto de vista de eficiência, qualidade e viabilidade econômica.

Contudo, em se tratando de mapeamento de áreas rurais para a escala até 1:500 o processamento pode ser realizado nas cinco rotinas de processamento (*Lowest, Low, Medium, High e Ultra-High*), pois, como visto, nas ortofotos geradas não foram encontradas grandes distorções nas feições, não as impedindo de extrair as informações da área mapeada mesmo nas rotinas de processamento de baixo rigor de qualidade. Ao contrário do mapeamento de áreas urbanas, onde se procura um maior detalhamento dos objetos, por isso recomenda-se as rotinas de processamento com maior rigor de qualidade.

Diante dos resultados expostos, pode-se perceber que o objetivo de extrair a informação posicional de pontos de projeção cartográfica em ortofotos obtidas de sensor a bordo de aeronaves remotamente pilotadas (RPA) geradas em rotinas de processamento para a geração de ortofotos no *software Agisoft Metashape* foi alcançada. Contudo, por existirem inúmeras categorias de sensores, esta afirmação vale somente para o sensor utilizado neste estudo, ou seja, o sensor (CMOS) de 1 polegada de 20 *megapixels*. Dessa forma, os resultados descritos nesta pesquisa permitiram analisar as ortofotos geradas por meio das rotinas de processamento, perceptível a qualidade final entre eles. Em outras palavras, foi possível determinar qual deve ser a densidade de pontos limiar entre uso rural e urbano. Por isso, antes do processamento dos dados por meio de *softwares* automatizados, deve ser considerado a finalidade do mapeamento. Isto é, se o objetivo é obter melhor qualidade será necessário o controle do rigor deste atributo no processamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao financiamento concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Contribuição dos Autores

O autor Agostinho Prado Alves Junior contribuiu com a conceptualização, investigação, metodologia, análise formal, processamento dos dados, redação e edição do texto. O autor Luciano Nardini Gomes contribuiu com a orientação e revisão geral do trabalho.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

Referências

- AGISOFT LLC. **Agisoft PhotoScan User Manual**. Professional Edition, Version 1.2, p. 37, 2016. Disponível em: <www.agisoft.ru>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- ALMEIDA, I de C. **Estudo sobre o uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para mapeamento aéreo com fins de elaboração de projetos viários**. 2014, 137f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Católica de Pernambuco. Recife-PE, 2014.
- ANAC - AGENCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Regras da ANAC para uso de drones. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em- vigor/release_drone.pdf/view>. Acesso em 20 fev. 2019.
- ANAC - AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. DRONES - Páginas Temáticas – Drone. ANAC, 2018. Disponível em <<http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones>>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- ANTUNES, A. F. B. **Cadastro Técnico Urbano e Rural**. Curso de Engenharia Cartografica, 2007.
- BRASIL – Ministério das Cidades. Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros. Portaria nº 511, de 07 de dezembro de 2009.
- CÂNDIDO, A. K. A. A.; DA SILVA, N. M.; FILHO, A. C. P. Imagens de alta resolução espacial de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no planejamento do uso e ocupação do solo. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 38, n. 1, p. 147–156, 2015.
- CASSEMIRO, G. H. M.; PINTO, H. B. **Composição e processamento de imagens aéreas em alta resolução obtidas com drone**. 2014, 79f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Eletrônica), Universidade de Brasília (UNB). Brasília, DF, 2014.
- CRUZ, C. B. M.; Barros, R. S.; Cardoso, F. V.; Reis, F. B.; Rosário, L. S.; Barbosa, S. S.; Rabaco, L. M. L.; Lourenço, J. S. Q. Avaliação da exatidão planialtimétrica dos modelos digitais de superfície (MDS) e do terreno (MDT) obtidos através do LIDAR. Anais do **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, 2011.
- DECEA – **DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO**. Portaria DECEA Nº 282/DGCEA, de 22 de dezembro de 2016. Aprova a reedição da ICA 100-40, que trata dos “Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro”. Publicado no BCA, Brasília, DF, 02 fev. 2017.
- ERBA, D. A. **Cadastro multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana**. Rio de Janeiro, 2005. Ministério das cidades.
- GRIPP JR, Joel. **Ortorretificação de imagens de alta resolução para aplicação no cadastro técnico rural e mapeamento de área de preservação permanente e reservas legais**. Tese (Doutorado em Ciência

Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 174p. Viçosa, 2009.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604 p.

LOCH, C. Modernização do Poder Público Municipal. In: Congresso brasileiro de cadastro técnico multifinalitário, 1998, Florianópolis. UFSC, 1998.

LUCIEER, A.; JONG, S. M. de; TURNER, D. Mapping landslide displacements using Structure from Motion (SfM) and image correlation of multitemporal UAV photography. Progress in Physical Geography, v. 38, n. 1, p. 97–116, 2014

Manual de Apoio – CTM: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros / Organizadores: Eglaisa Micheline Pontes Cunha e Diego Alfonso Erba – Brasília: Ministério das Cidades, 2010.

NEVES, J. A. **Viabilidade de Uso do Drone em Levantamento Aerofotogramétrico: Estudo de caso com o *Dji Phantom 2 Plus***. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Geografia Regional, Universidade Federal de Goiás (UFG). Jataí, GO, 2017.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Jose dos Campos: Edgard Blücher, 1989.

RICHARDS, J. A. (1986). **Remote Sensing Digital Image Analysis: Na Introduction**. New York, Springer Verlag.

ROBBI, C. Atualização Cartográfica, In: Io Seminário Paranaense de Cadastro Técnico e Planejamento Municipal. Anais, Curitiba, 1990, p.65-73.

SOLOMON, D.; LEHMANN, J.; MAMO, T.; FRITZSCHE, F.; ZECH, W. Phosphorus forms and dynamics as influenced by land use changes in the sub-humid Ethiopian highlands. Geoderma, v. 105, n. 1–2, p. 21–48, 2002

SOPCHAKI, C. H. **Influência do N Amostal e das Características do Relevo na Qualidade de Modelos Digitais do Terreno**. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia. 161 f. Curitiba, 2016.

ZANETTI, J. **Influência do Número e Distribuição de Pontos de Controle em Ortofotos Geradas a Partir de um Levantamento por Vant**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 84 p. Viçosa, 2017.

Biografia do autor principal



Agostinho Prado Alves Junior é natural de Londrina - PR. É geógrafo (bacharel e licenciado) pela Universidade Estadual de Londrina – UEL (2017) e Mestre em Geografia pela Universidade Estadual de Londrina - UEL (2020). Atualmente é doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UEL. Desenvolve pesquisa em Sensoriamento Remoto, Aerolevantamento e Geoprocessamento, atuando principalmente em Mapeamento com Aeronave Remotamente Pilotada - RPA. Com competência em todo processo de aquisição, processamento e elaboração da base cartográfica.



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.