

## LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO POR MEIO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

**Mikael Timóteo Rodrigues<sup>1</sup>, Bruno Timóteo Rodrigues<sup>2</sup>, Tiago Makoto Otani<sup>3</sup>, Felipe de Souza Nogueira Tagliarini<sup>4</sup> & Sérgio Campos<sup>5</sup>**

**RESUMO:** Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) são apontados como a nova revolução das geotecnologias após o sistema GPS, adequando possibilidades que estão surgindo com praticidade logística e financeira da área de levantamentos por meio de aeronaves remotamente pilotadas. Objetivo do trabalho foi desenvolver levantamento topográfico em uma área agrícola, fazendo-se uso de Veículo Aéreo Não Tripulado, modelo MAVIC Pro da DJI, empregando princípios de aerofotogrametria. Para tanto, a missão de sobrevoo definiu parte da Fazenda Escola Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando, (UENP/CLM), na cidade de Bandeirantes - PR, caracterizada por uma extensão de três (3) hectares. Com a detecção automática de pontos homólogos, bem como a amarração entre os pares de imagens, utilizando o aplicativo de modelagem foi possível encontrar pontos de amarração entre as 321 imagens geradas no levantamento, uma vez que foi modelado com sucesso o ortomosaico. Estes parâmetros permitiram gerar a ortofoto e seus respectivos modelos digitais de superfície. O levantamento topográfico em uma área agrícola, fazendo-se uso de VANT, mostrou-se satisfatório. A plataforma utilizada no aerolevanteamento, o VANT e o sensor fotográfico nele acoplado, demonstraram ser capaz de atender satisfatoriamente a metodologia adotada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aerofotogrametria por VANT, Sensoriamento Remoto, Topografia.

**ABSTRACT:** The Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) are designated as the new geotechnology revolution after the GPS system, adapting possibilities that are emerging with logistic and financial practicality of the surveying area through remotely piloted aircraft. The objective of this work was to develop a topographic survey in an agricultural area, using an Unmanned Aerial Vehicle model, MAVIC Pro model from DJI, using aerophotogrammetry principles. For that, the overflight mission defined part of the Fazenda Escola Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando, (UENP / CLM), in the city of Bandeirantes - PR, characterized by an extension of three (3) hectares. With the automatic detection of homologous points, as well as the mooring between the pairs of images, using the modeling application it was possible to find mooring points among the 321 images generated in the survey, once the orthostatic was successfully modeled. These parameters allowed to generate the orthophoto and its respective digital surface models. The topographic survey in an agricultural area, making use of one of UAV, proved satisfactory. The platform used in the aerial survey, the UAV and the photographic sensor in it coupled, proved to be able to satisfactorily fulfill the methodology adopted.

**KEY WORDS:** Aerophotogrammetry by UAV, Remote Sensing, Topography.

### 1 INTRODUÇÃO

Com o surgimento e inserção dos Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANTs) na agricultura, os levantamentos topográficos passam a ganhar uma nova transição de modelo padrão, uma quebra de paradigma com as novas possibilidades e seus respectivos benefícios de custos operacionais e tempo de trabalho em analogia aos métodos tradicionais. Segundo Rodrigues et al. (2017) o principal ponto que proporcionou a popularização dos VANTs foi o fato da acessibilidade financeira à tecnologia, o que antes, a exemplo da Fotogrametria,

com alto custo de viabilidade, era apenas disponível para o setor público e grandes empresas de engenharia.

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

Geralmente os avanços das geotecnologias inicialmente ocorrem no mercado militar, felizmente estas tecnologias posteriormente ganham espaço no mercado civil, proporcionando grandes benefícios, foi assim com o GPS (*Global Position System*) e está sendo com os

1 UNESP/FCA. E-mail: mikaelgeo@gmail.com

2 UNESP/FCA. E-mail: brunogta21@gmail.com

3 UNESP/FCA. E-mail: tiagomotani@gmail.com

4 UNESP/FCA. E-mail: felipe\_tagliarini@hotmail.com

5 UNESP/FCA. E-mail: seca@fca.unesp.br

VANTs (RODRIGUES et al., 2017). Os VANTs ou Drones (como são popularmente conhecidos) são apontados como a nova revolução das geotecnologias após o sistema GPS, adequando possibilidades que estão surgindo com praticidade logística e financeira da área de levantamentos por meio de aeronaves remotamente pilotadas.

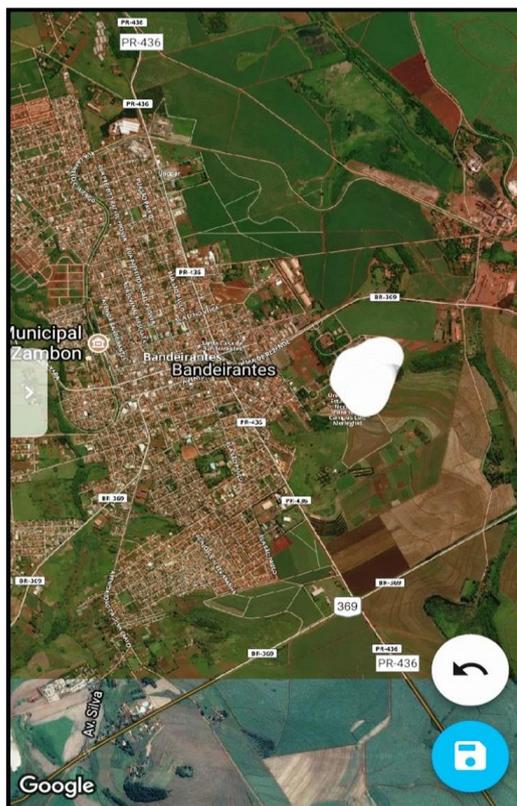
Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi apresentar uma metodologia de levantamento topográfico em uma área agrícola, fazendo-se uso de um Veículo Aéreo Não Tripulado, por meio de fotogrametria e princípios de sensoriamento remoto.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

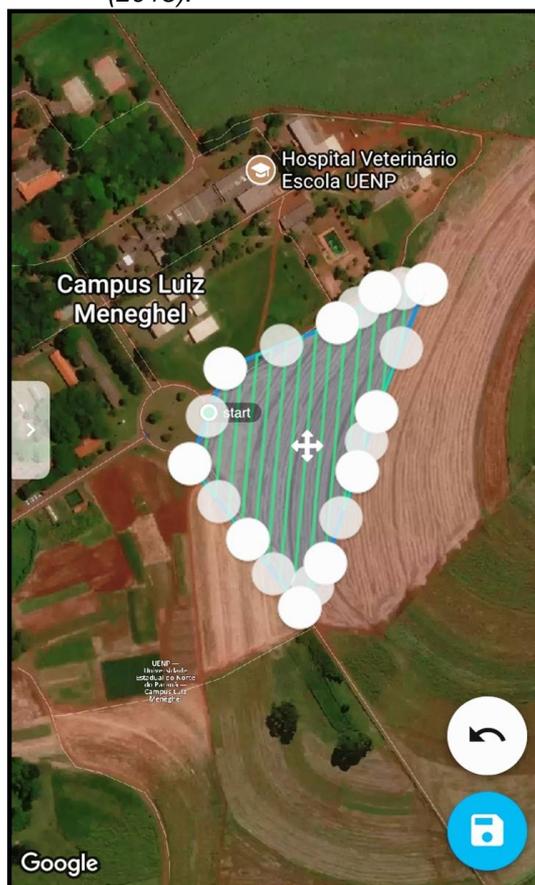
### 2.1 Área de estudo

Para alcançar o desenvolvimento da metodologia aqui proposta, isto é, levantamento topográfico em uma área agrícola, fazendo-se uso de Veículo Aéreo Não Tripulado, por meio de fotogrametria e princípios de sensoriamento remoto, se fez necessária a identificação dos benefícios que esta tecnologia pode trazer referente aos procedimentos técnicos atuais.

A área alvo do imageamento está situada na Fazenda Escola Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando, estabelecida dentro da Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Luiz Meneghel (UENP/CLM), na cidade de Bandeirantes - PR, caracterizada por uma extensão de três (3) hectares. Nas Figuras 1 e 2 são demonstrados os segmentos onde foi desenvolvido o levantamento com o plano de voo do VANT, apontando a rota da missão para captura das imagens com objetivo de construção do mosaico ortorretificado.

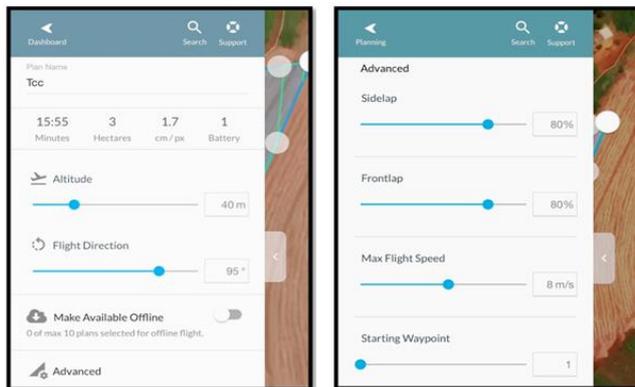


**Figura 1** - Área de estudo localizada na cidade de Bandeirantes – PR. Fonte: Autores (2018).



**Figura 2** - Plano de voo do VANT na área de estudo. Fonte: Autores (2018).

A definição da área do voo foi estabelecida em campo com o auxílio do aplicativo do tipo *Ground Station* denominado Drone Deploy, este sendo um software livre, de código aberto e disponibilizado gratuitamente na internet, onde neste foi possível programar os voos com o VANT, assim, definindo a altura desejada e a velocidade de voo bem como as áreas e a porcentagem de sobreposição das imagens (Figura 3).



**Figura 3** - Drone Deploy com janelas de configuração de voo. Fonte: Autores (2018).

## 2.2 Aquisição de imagens aéreas

As imagens foram obtidas em julho de 2017 por meio de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) do tipo multirrotor (Quadrirrotor), modelo MAVIC Pro da DJI (Figura 4). Para tanto, a missão de sobrevoo definiu como setor alvo a área citada no item 2.1.

Os comandos de voos foram realizados nos três eixos: a) para frente e para trás (*Pitch*); b) direita e esquerda (*Roll*); c) para cima e para baixo (*Elevator*), além da rotação no próprio eixo para direita e esquerda (*Yaw*). A plataforma do VANT possui um sistema embutido denominado *Inertial Measurement Unit* (IMU), que possibilita o controle da altitude através de um sensor de inércia e um altímetro barométrico. O sistema *Compass* realiza a leitura da informação geomagnética com o auxílio do GPS aumentando a acurácia do cálculo da posição e altura do VANT. O VANT também possui um sistema de estabilização da câmera, um Gimbal de três eixos, que auxilia na qualidade das imagens obtidas da plataforma durante o voo, possibilitando uma boa coleta de imagens.



**Figura 4** - VANT Mavic Pro  
Fonte: Autores (2018).

O sensor acoplado no VANT para aquisição das imagens, CMOS de 1/2, 3 pol para captura de imagens a 30 *fps*, possui resolução de 4000 x 3000, com 12 Megapixels, com comprimento focal de 4.73 mm, capaz de gerar imagens com GSD (*Ground Sample Distance*) de até 1,38 cm/pix. Os modos de captura de imagens disponíveis incluem disparo sequencial, contínuo e de modo intervalado. A velocidade para capturar as imagens foi estipulada em 7 m/s (aproximadamente 25,2 km/h), podendo haver variação dependendo da velocidade e direção do vento. As imagens possuem recobrimento/sobreposição frontal (*Overlap*) de 80% e lateral (*Sidelap*) de 80%.

Considerando o tamanho físico e a distância focal do sensor, a altura máxima do voo foi estipulada em 65 metros, observando também as condições do levantamento e o regulamento especial da Anac, que define as regras gerais para o uso civil de aeronaves não tripuladas no Brasil. O teto de voo de 120 metros definido pela Anac não foi alcançado, pois a área recoberta é relativamente pequena e o sensor usado apresenta pequena distância focal.

Portanto, adotou-se a equação proposta por Falkner (1995) para calcular a área de recobrimento de imagens aerofotogramétricas, onde:

$$A_c = (A_v/D_f \cdot L_s) \cdot (A_v/D_f \cdot C_s) \quad (1)$$

Em que:

$A_c$  = Área coberta  
 $A_v$  = Altura do voo em relação ao solo  
 $D_f$  = Distância focal  
 $L_s$  = Largura do sensor  
 $C_s$  = Comprimento do sensor

## 2.3 Segurança

A utilização e operação desta tecnologia exige um elevado grau de segurança, desde a decolagem, programação do voo até sua aterrissagem. Desta maneira, o VANT deve oferecer segurança em sua

operação para não proporcionar riscos à situação de desastres, devendo o operador (piloto remoto) estar capacitado em missões de Operação VLOS – Operação na qual o piloto mantém o contato visual direto com o VANT (sem auxílio de lentes ou outros equipamentos).

## 2.4 Georreferenciamento, mosaico e ortofoto

A missão produziu imagens aéreas em formato *JPEG*, incluindo os arquivos acessórios de sincronização de cada cena. As imagens possuem pontos de amarração, no sistema de coordenadas geográficas (latitude/ longitude), sendo adotado o SIRGAS 2000 como datum horizontal. Durante as incursões em campo, foram coletados pontos de controle por meio de GPS geodésico objetivando garantir a calibração e o georreferenciamento das imagens, bem como melhoria da acurácia do posicionamento e resultado final (Ortomosaico).

Durante a missão, o sensor foi programado para capturar uma imagem a cada três (3) segundos ao longo das rotas de imageamento, com sobreposição de 80%. De posse dos dados de campo, utilizou-se o software Pix4D Mapper de fotogrametria para realizar o processamento na nuvem, onde foi possível gerar e visualizar o ortomosaico. Assim, foi produzido um (1) mosaico ortoretificado, que foi ajustado para que tivesse um elevado GSD, ou seja, boa resolução espacial. Foram geradas 321 imagens calibradas, destinadas à construção do ortomosaico.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

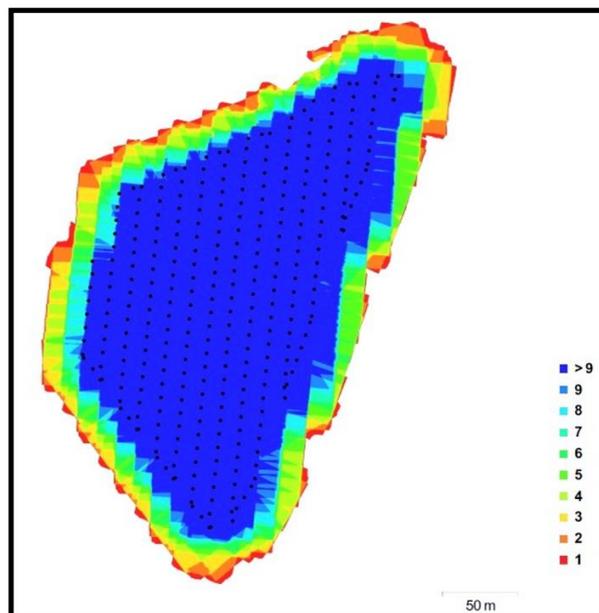
Os VANTs possuem peculiaridades técnicas e funcionalidades operacionais que podem oferecer uma relação de custo-benefício para fins de levantamento topográfico. No caso de áreas com superfícies homogêneas, possuidoras de grandes perímetros de solo preparado para o cultivo, como é o caso da área alvo do imageamento situada na Fazenda Escola Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando, é essencial que o sensor empregado no levantamento seja capaz de gerar imagens com determinado grau de heterogeneidade, pois desta forma, evita que o aplicativo de processamento interprete os produtos derivados do aerolevantamento como uma área "vazia" no ortomosaico da área estudada, pois o algoritmo do software necessita de pontos homólogos.

Desta forma, tais medidas operacionais foram adoradas antes e a pós o voo, o que resultou nos resultados aqui apresentados.

### 3.1 Processamento do Ortomosaico

Observando as Figura 5, gerada a partir do processamento das imagens, que trata da localização da câmera e sobreposição de imagens da área imageada

pelo VANT, é possível verificar os pontos vermelhos e amarelos, que demonstram as faixas de baixa sobreposição onde foram admitidos como resultados insatisfatórios, sendo a faixa azul as áreas de sobreposição satisfatória com acoplamento de pontos homólogos.



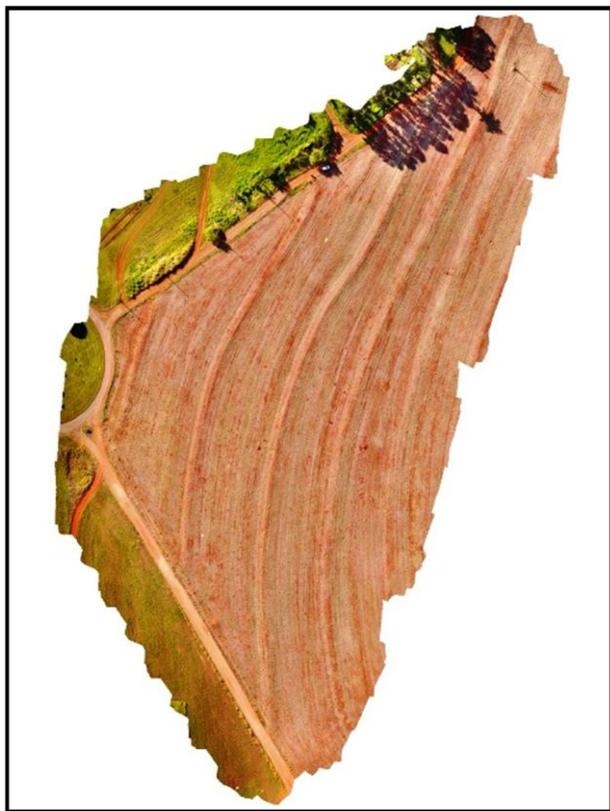
**Figura 5.** Número de imagens sobrepostas do ortomosaico.

Fonte: Autores (2018).

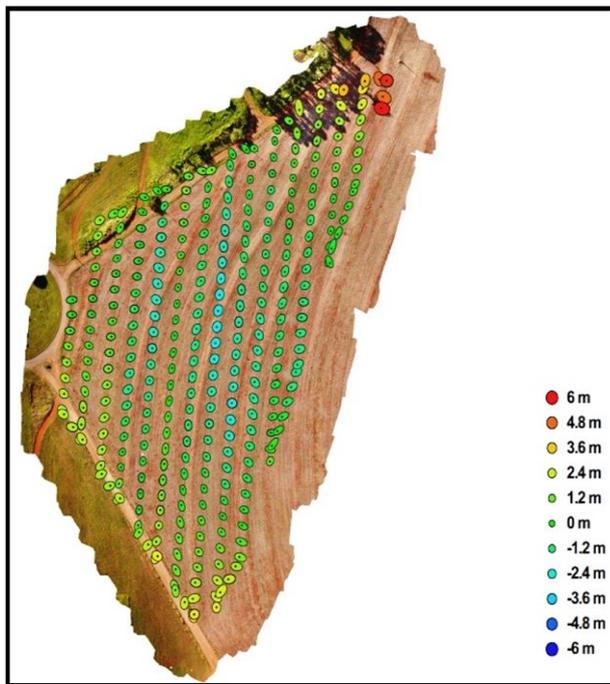
Com a detecção automática de pontos homólogos, bem como a amarração entre os pares de imagens, utilizando o aplicativo de modelagem foi possível encontrar pontos de amarração entre as 321 imagens geradas no levantamento, uma vez que foi modelado com sucesso o ortomosaico (Figura 6).

Tal operação gerou uma densa nuvem de pontos com valores de coordenadas X, Y e Z. Estes parâmetros permitiram gerar o ortomosaico e seus respectivos modelos digitais de superfície.

Ainda analisando o mosaico relativo à missão de imageamento, foram identificados e mapeados os locais da câmera (Figura 7), onde o erro Z é representado pela 'cor' das elipses. Os erros X, Y são representados pela 'forma' das elipses. As localizações estimadas da câmera são marcadas com um ponto preto. Desta forma, baseado no gráfico sob a imagem, bem como a legenda, observa-se que a região periférica do levantamento possui uma maior tendenciosidade ao erro, pois as imagens que compõem esta região da área de estudo não possuem pontos homólogos de áreas adjacentes, com isso, também não vão possuir dados de correlação para calibrar a periferia do mosaico, deste modo, diminuindo a acurácia das bordas com relação aos perímetros centrais.



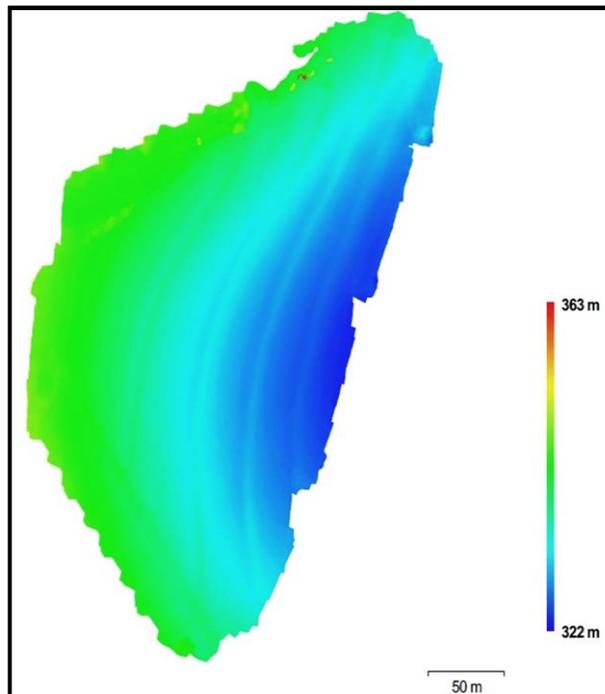
**Figura 6** - Ortomosaico proveniente do aerolevanteamento  
Fonte: Autores (2018).



**Figura 7** - Localizações da câmera e estimativas de erro.  
Fonte: Autores (2018).

Quanto maior for a elipse com relação as localizações estimadas da câmera (pontos pretos), menos confiável será os valores deste perímetro, tanto da elipse, quando da região na qual compõe.

Outro importante parâmetro derivado a partir da detecção automática de pontos homólogos utilizando a modelagem do aplicativo foi a geração do Modelo Digital de Elevação (Figura 8), com densidade de ponto de 82,34 (nuvem de pontos por metro quadrado). Tal operação foi produto de uma densa nuvem de pontos.



**Figura 8** - Modelo digital de elevação.  
Fonte: Autores (2018)

### 3.2 Validação do tempo de levantamento e custo de operação

O tempo de voo, de acordo com o planejado, durou em torno de quinze (15) minutos e cinquenta e cinco (55) segundos. Posteriormente, as imagens foram processadas para gerar o ortomosaico, levando pelo aplicativo aproximadamente oitenta (80) minutos. Desta forma, se somado o tempo de voo do VANT ao processamento das imagens, temos como resultado um período total de levantamento topográfico, de uma área com extensão de três (3) hectares, noventa e cinco (95) minutos e cinquenta e cinco (55) segundos.

Com relação ao tempo despendido ao se utilizar técnicas de levantamento topográfico convencional, fazendo-se uso de Estação Total, Vogel et al. (2011), prospectou de uma área de vinte (20) hectares, com tempo de vinte e sete (27) horas em campo, bem como, de seis (6) horas de pós-campo em escritório, totalizando trinta e três (33) horas de prospecção e finalização (em caso de condições climáticas adequadas) em uma mesma área de estudo, uma vez que métodos tradicionais existe os entraves de acessibilidade restrita e/ou terreno acidentado.

Assim como no presente estudo, Fitzpatrick (2016) levantou áreas fazendo-se uso de VANTs desmostrando o poder operacional e mais econômico que o método convencional (transversal), com menor tempo gasto, com menor custo de operação e com a mesma acurácia de resultados.

O aerolevanteamento com VANT, por sua vez, é um processo relativamente novo para aquisição de dados de topografia (ASINELLI FILHO, 2016) e é definido pelo Ministério da Defesa (BRASIL, 2017) como conjunto das operações aéreas e/ou espaciais de medição e registro de dados do terreno com o emprego de sensores adequados, bem como a interpretação dos dados levantados.

#### 4 CONCLUSÕES

O levantamento topográfico em uma área agrícola, fazendo-se uso de Veículo Aéreo Não Tripulado, por meio de fotogrametria e princípios de sensoriamento remoto mostrou-se satisfatório. Do ponto de vista operacional, verificou-se que a plataforma utilizada no aerolevanteamento, o VANT MAVIC Pro e o sensor fotográfico nele acoplado, oferece vantagens técnicas e econômicas (por moderação de tempo de levantamento em campo e pós-campo, bem como equipe reduzida) quando considerado aos métodos tradicionais de levantamento.

Sua utilização em missões destinadas a detecção de alvos específicos e levantamentos topográficos tem sido potencializada, haja vista a flexibilidade dos Veículos Aéreos Não Tripulados na incorporação de novas tecnologias de sensoriamento remoto.

#### 5 REFERÊNCIAS

ASINELLI FILHO, R. **O passado, o presente e o futuro do mercado de aerolevanteamento no Brasil**. Curitiba, PR: Anea, 2016. Disponível em: <<http://www.anea.org.br/artigos/MercadoAerolevanteamentoRev04.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2017.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Cartografia e Aerolevanteamento**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.defesa.gov.br/cartografia-e-aerolevanteamento-claten>>. Acesso em: 28 set. 2017.

BRASIL. Norma de Execução INCRA/DF/02, de 18 de fevereiro de 2018. Estabelece critérios para aplicação de produtos gerados a partir de aerofotogrametria para determinação de coordenadas de vértices definidores de limites de imóveis rurais em atendimento ao parágrafo 3º do artigo 176 da LEI nº 6.015. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 fev. 2018.

FALKNER, E. **Aerial Mapping: Methods and Applications**. 1. ed. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. 322 p.

FITZPATRICK, B. P. **Unmanned aerial systems for surveying and mapping: cost comparison of uas versus traditional methods of data acquisition**. 2016. 36 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-University Of Southern California, Los Angeles. Disponível em: <<http://spatial.usc.edu/wp-content/uploads/2016/08/Fitzpatrick-Bryan.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2017.

RODRIGUES, B. T.; RODRIGUES, M. T.; CAMPOS, S.; CAMPOS, M.; TARUMOTO, M. B. Possibilidades e métodos de utilização no uso de DRONES/VANTS na agricultura. In: PUTTI, F. F.; SILVA, A. L. C.; GABRIEL FILHO, L. R. A. (Org.). **Tecnologias em agricultura sustentável**. Tupã: Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista, 2017. p. 249-269.

VOGEL, E.; MARQUES, F. P.; ROCHA, I. R.; OLIVEIRA, R. C.; SARAIVA, C. C. S. Estudo de caso de um levantamento topográfico altimétrico realizado com estação total e laser Scanning terrestre. In: MUNDO GEO. 8 set. 2011. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2011/09/08/estudo-de-caso-de-um-levantamento-topografico-altimetrico-realizado-com-estacao-total-e-laser-scanning-terrestre/>>. Acesso em: 09 out. 2017.