



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Vitor Hugo Marquez Silva

MAPEAMENTO AEROFOTOGRAFICO COM USO DE VANT

Palmas – TO

2019

Vitor Hugo Marquez Silva

MAPEAMENTO AEROFOTOGRAFICO COM USO DE VANT

Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) elaborado e apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Michele Ribeiro Ramos

Palmas – TO

2019

Vitor Hugo Marquez Silva

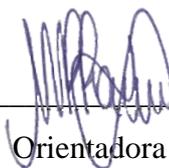
MAPEAMENTO AEROFOTOGRAFICO COM USO DE VANT

Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II)
elaborado e apresentado como requisito para obtenção
do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Michele Ribeiro Ramos

Apresentado em: 22/05/2019

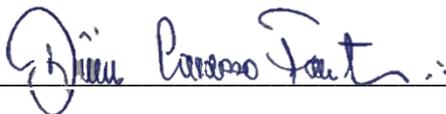
BANCA EXAMINADORA



Orientadora

Prof.^a Dr.^a Michele Ribeiro Ramos

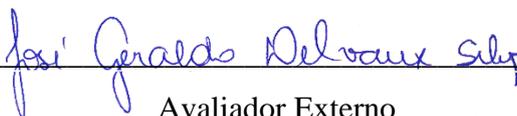
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Avaliador

Prof. Msc. Denis Cardoso Parente

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Avaliador Externo

Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva

Palmas – TO

2019

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela vida, por cada oportunidade que me foi apresentada e por sempre abençoar cada passo dessa trajetória.

Agradeço à minha família, em especial aos meus avós, Alfredo e Maria, à minha mãe Marta, ao meu irmão Lucas e ídolo, ao meu primo, Rafael, à minha tia, Maria José. Agradeço a vocês pela paciência e entendimento em todas as minhas ausências e por nunca medirem esforços para que este sonho se tornasse realidade.

Aos meus irmãos Júnior e Letícia, que mesmo distante sempre se mantiveram confiantes.

Agradeço também ao meu pai, Vildomar (*in memoriam*), que, onde quer que esteja sempre a me proteger e guiar.

Agradeço à minha namorada, Dheine, pela paciência e incentivo a cada dia, sempre me dando forças para seguir em frente e não desistir.

Agradeço aos meus amigos (muage) Dheine, Dhiele, Murilo, Nick, Pedro H, Pedro Gasparetto, Rodrigo, Vitor D, Ygor e Nayara, por acompanharem de perto o começo dessa jornada, mas que mesmo um pouco mais distantes nunca deixaram de torcer para o término dessa caminhada. A um dos meus ídolos, Matheus Henrique, uma das fontes de inspiração e determinação para me tornar engenheiro. Ao meu amigo, Rafael Stafen, que contribuiu muito durante minha formação.

Aos meus parceiros de panelinha, Leandro e Giovana, sem vocês a caminhada não teria sido tão emocionante. Agradeço aos amigos que a faculdade me apresentou, Daniella, Neto, Thaís, Iara, Gabi, Ranilson e Zé Neto. Vocês foram muito importante durante este período.

À minha orientadora, Michelle que sempre apoiou cada ideia e cada modificação deste projeto. Ao “2º orientador”, José Geraldo, pela disposição em conduzir cada etapa.

Meu muito obrigado a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste projeto e para a concretização deste sonho.

“Se não der certo hoje, amanhã eu acordo mais cedo e tento de novo”.

- Autor desconhecido

RESUMO

As evoluções tecnológicas têm trazido grandes benefícios para a engenharia civil. Porém, existe a necessidade da implantação destas tecnologias, principalmente quando se trata de dispositivos eletrônicos autônomos visando a otimização de sistemas construtivos. Este trabalho tem o objetivo de utilizar um veículo aéreo não tripulado (VANT) para obtenção de dados e confecção de mapa de elevações de terreno através de aerofotogrametria. A metodologia descritiva e ferramenta de obtenção de dados o VANT modelo *Mavic Pro*, da fabricante *DJI*. As imagens coletadas permitem a criação de mapas criados a partir de sobrevoos uma determinada área de estudo. Os resultados demonstram que os VANTs podem realizar rapidamente tarefas de obtenção de dados para o mapeamento após processamento dos dados coletados, no entanto há a necessidade da verificação de pontos georreferenciados para melhorar a precisão do mapa.

Palavras-chave: VANT. Mapa. Aerofotogrametria.

ABSTRACT

Technological developments have brought great benefits to civil engineering. However, there is a need for the implementation of these technologies, mainly when it comes to autonomous electronic devices aimed at the optimization of construction systems. The objective of this work is to use an unmanned aerial vehicle (UAV) for data collection and mapping of terrain elevations through aerophotogrammetry. The descriptive methodology and data acquisition tool of the *Mavic Pro* model, from the manufacturer *DJI*. The collected images allow the creation of maps created from overflying a certain area of study. The results show that the UAVs can quickly perform data acquisition tasks for the mapping after processing the collected data, however the need for georeferenced points verification is necessary to improve map accuracy.

Keywords: UAV; Maps; Aerophotography.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	17
Figura 2 - Mavic Pro DJI.....	20
Figura 3 - Mapa de Locação LT 01, QD 801 SUL.....	28
Figura 4 - Plano de voo	29
Figura 5 - Sobreposição de imagens.....	29
Figura 6 - Ortoimagem	30
Figura 7 - Cobertura vegetal.....	30
Figura 8 - Elevação.....	30
Figura 9 - Ortoimagem e mapa de Palmas	31
Figura 10 - RMSE	32
Figura 11 - Ortoimagem em mapa.....	33
Figura 12 - Mapa da elevação.....	33

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Especificações técnicas <i>Mavic Pro DJI</i>	18
Quadro 2 – Classes de drone	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHO - American Association of State Highway and Transportation Officials.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil.

CEDEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo.

DNIT – Departamento nacional de infraestrutura de transportes.

EPEX - Escritório de Projetos do Exército Brasileiro.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

MDE – Modelo Digital e Elevação.

MDS – Modelo Digital de Superfície.

MDT – Modelo Digital de Terreno.

RPA – *Remotely Piloted Aircraft* ou Aeronave Remotamente Pilotada.

VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1. PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.1. OBJETIVO GERAL	12
1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1. AEROFOTOGRAMETRIA	14
2.2. PROJETOS DE ENGENHARIA CIVIL	14
2.3. FISCALIZAÇÃO E MONITORAMENTO DE OBRAS DE ENGENHARIA	14
2.4. VANT'S, RPA OU DRONE?	16
2.4.1. História dos VANTs	16
2.4.2. Classificação, características e legislação	17
2.4.3. Onde são usados	21
2.4.4. Utilização na engenharia civil	22
2.4.5. LIMITAÇÕES	23
2.5. TERRAPLENAGEM	23
2.6. MDT E MDS	24
3. METODOLOGIA	26
3.1. ÁREA DE ESTUDO	26
3.2. MATERIAIS	26
3.2.1. Softwares para voo e processamento de imagens	27
3.3. MÉTODO	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. LOCALIZAÇÃO DO LOTE	28
4.2. VISITA IN LOCO PARA CHECAGEM E CRIAÇÃO DE PLANO DE VOO	29
4.3. UPLOAD DE IMAGENS PARA PLATAFORMA DRONEDEPLOY	29
4.4. PROCESSAMENTO DE IMAGENS	30
4.5. TRATAMENTO DAS IMAGENS E CRIAÇÃO DE MAPAS	31
5. CONCLUSÃO	34
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	35
REFERÊNCIAS	36
ANEXOS	39

INTRODUÇÃO

A história retrata que homem desenvolve artifícios para vencer obstáculos, diminuir distâncias e poupar tempo. A era moderna é impulsionada por inovações tecnológicas que proporcionam facilidades na execução de tarefas e ganho de tempo.

O desenvolvimento de técnicas é também acompanhado pela necessidade de obter informações em tempo reais a fim de aperfeiçoá-las e garantir a segurança de operadores que utilizam as mais diversas estruturas. No ramo da engenharia civil, existem diversos problemas que devem ser resolvidos com urgência, por exemplo, no caso de grandes obras como pontes, edificações de múltiplos pavimentos, barragens, estradas, etc. Qualquer imprevisto deve ser solucionado a partir de uma tomada de decisão do responsável que está à frente da realização da obra.

Processos de observação e monitoramento sofisticados tem ganhado espaço após o desenvolvimento de dispositivos eletrônicos como lasers, câmeras e diversos sensores que proporcionam precisão na obtenção de dados de modo a diminuir o tempo na execução de tarefas (ASGOTINHO, 2012).

Os Veículos Aéreos não Tripulados (VANTs) são equipamentos que apresentam grandes potencialidades para a identificação, caracterização de superfícies e monitoramentos diversos. Pertencem a uma classe de aeronaves que, como o próprio nome indica, não são tripuladas, sendo assim controladas remotamente, em regime automático ou manual. Proporcionam uma maior segurança por não necessitar de um piloto a bordo e diminuem os riscos a vida humana.

Os desenvolvimentos na miniaturização de elementos de eletrônica fizeram nascer uma nova gama de veículos aéreos não tripulados (VANT), para uso civil e militar, bastante robustos, de pequena dimensão e peso, facilmente manobráveis. Para aplicações mais exigentes, geralmente na área da fotogrametria, é possível fazer uma pré-programação da sua trajetória, utilizando software de planejamento de voo, e realizar o voo de forma autónoma.

A enorme potencialidade de uso dos VANTs está relacionada com o fato de ser uma plataforma móvel, de fácil operação, com alta capacidade de sensoriamento e aquisição de dados, sendo possível acoplar diversos tipos de dispositivos, além de ser uma ferramenta de baixo custo (ÁLVARES, apud BARRETO, 2016). Em obras de terra ou durante a elaboração de pequenos ou grandes projetos, realizar um levantamento prévio da superfície em que será construída pode ser uma tarefa demorada que requer o envolvimento de diversas equipes a fim de realizar estudos detalhados.

De acordo com Henriques, o desenvolvimento nas áreas de computação e eletrônica permitem que sejam criados produtos com rigor cartográfico que podem ter grande potencial para

aplicações de engenharia civil e com baixo custo. Os desenvolvimentos na computação gráfica estimulam a criação de softwares que, com a utilização de fotografias obtidas por câmaras normais, permitem criar ortomosaicos e nuvens de pontos que reconstroem, de forma digital, os traços, cores e possibilitam recriar objetos em um computador. Softwares como estes requerem pouca intervenção do utilizador e não exigem capacidades computacionais elevadas, podendo ser executados a partir de computadores pessoais (HENRIQUES, 2015).

Por serem equipamentos de pequeno porte e mobilidade avançada podem facilmente acessar pontos remotos a fim de mapear e identificar estruturas, patologias e quaisquer outros parâmetros observáveis. A realização de levantamentos se dá de maneira rápida, podendo assim auxiliar na realização de levantamentos e execução de pré-projetos.

Para Barreto, tais equipamentos possibilitam comparativos do planejado e executado na obra, além de vistorias do canteiro de obra, disposição de materiais, organização dos operários, e outros, o que possibilita ao gestor do empreendimento realizar uma análise geral da obra para posterior tomada de decisões, analisando pontos críticos que precisam ser remanejados (BARRETO, 2016).

Este trabalho tem o objetivo de apresentar os benefícios da utilização do VANT para mapeamento topográfico utilizando a aerofotogrametria para projetos de engenharia civil, e demonstrar, potencialidades e vantagens da utilização da ferramenta.

1. PROBLEMA DE PESQUISA

Os VANT's são utilizados há décadas para realizar o acesso a regiões extremas sem a necessidade de um piloto a bordo, e, ao longo dos anos, tornaram-se mais sofisticados possibilitando a execução de inúmeras tarefas com finalidade de uso civil e militar.

Informações relativas a obras de terra demandam tempo e mobilização de mão de obra elevadas, devido à grande quantidade e complexidade das informações a serem coletadas. Muitas vezes as informações coletadas em campo não demonstram clareza nos dados e facilmente são identificáveis pela equipe que realiza o serviço de coleta devido à ausência de imagens que ilustrem bem a real situação da área em estudo.

Como a utilização de um VANT pode auxiliar para a realização de um mapeamento topográfico através de aerofotogrametria?

1.1. OBJETIVO GERAL

Utilizar um VANT para obtenção de dados e confecção de mapa de elevações de terreno através de aerofotogrametria.

1.1.1. Objetivos Específicos

- Confeccionar um mapa hipsométrico através das imagens obtidas com o VANT;
- Gerar um mapa de situação de um lote através das ortoimagens;

1.3. JUSTIFICATIVA

O uso dos drones tem ganhado espaço nos últimos anos em diversas áreas, seja na engenharia, agricultura, saúde e outras. São equipamentos que realizam tarefas, mapeamentos e coleta de dados de maneira ágil e satisfatória com menor levantamento de equipe técnica e consequentemente com menor custo. O interesse pelo tema surgiu após o uso de um modelo de drone, *Mavic Pro – DJI*, onde verifica-se que a ferramenta tem grande utilidade e agilidade para a realização de tarefas corriqueiras como a coleta de imagens em alta qualidade (imagens em Alta Definição, 4K) de forma segura, e estas imagens podem ser utilizadas para realizar diversas tarefas.

Este projeto permite estudar e avaliar o desempenho de novas tecnologias com o uso dos VANT's na realização de trabalhos e coleta de informações através de resultados de pesquisas.

Estas técnicas de desenvolvimento de mapas vão além do processo de projeto de obra e podem ser estendidas para fases de construção e monitoramento. Reduzir o tempo e alcançar resultados mais precisos voltados a projetos e execução obras, proporcionar ganho de tempo em outras fases, e, consequentemente aumentando a produtividade final e economia.

No caso de grandes obras e áreas extensas como rodovias, aterros e em geral, há a necessidade de um controle rigoroso, com rapidez e sem perda na de informações. Este trabalho visa apresentar os resultados e as influências positivas do uso do VANT para obtenção de mapas através do aeronivelamento atualizado para auxílio em projetos de engenharia, e, também, discutir sobre o uso desta tecnologia inovadora que visa otimizar os processos tradicionais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. AEROFOTOGRAMETRIA

Coelho e Brito trazem a definição etimológica da palavra fotogrametria do grego *photon* (luz), *graphos* (escrita) e *metron* (medições), ou seja, execução de medidas através de fotografias. Existem outros termos científicos e tecnológicos que a trazem como uma maneira confiável de se obter informações através de imagens obtidas por sensores. A aerofotogrametria é a utilização da fotogrametria por meio de uma fonte de coletas de imagens aéreas, seja em qualquer dispositivo de obtenção de imagens a fim de realizar um mapeamento (COELHO E BRITO, 2007, apud CARNEIRO, 2016).

2.2. PROJETOS DE ENGENHARIA CIVIL

Um projeto, seja ele de qualquer área, nada mais é que um roteiro que norteia o processo de construção de um produto – ou serviço –, a fim de atender os anseios da sociedade (SCHEER, 2013). Partido desta definição, toda esta metodologia envolvida tem o objetivo de solucionar um ou mais problemas que funcionam como requisitos para a elaboração de um projeto.

A engenharia, de modo geral, não é apenas voltada para a realização de cálculos e desenhos técnicos, mas sim a compatibilidade de diversos fatores que contribuem para a construção de um produto final. Durante a fase de projeto são incrementados as partes de memórias (descritivo e cálculo), orçamentos, logística, cronogramas e afins. Todos estes componentes são feitos com base fundamentada em modelos técnicos e empíricos, feitos por grupos ou equipes multidisciplinares. Na engenharia civil, esta lógica mantém-se, logo para executar um projeto é necessário que se tenha uma série de informações para dar início as demais fases de elaboração.

2.3. FISCALIZAÇÃO E MONITORAMENTO DE OBRAS DE ENGENHARIA

A inspeção visual é uma das mais antigas atividades nos setores industriais e é o primeiro ensaio não destrutivo aplicado em qualquer tipo de peça ou componente, estando frequentemente associado a outros ensaios. A inspeção de componentes que não permitem o

acesso direto interno para a sua verificação, ou que por questão de disponibilidade não se pode dispor de tempo para abertura dos equipamentos, utilizam-se de fibras óticas conectadas a espelhos ou micro câmeras de TV com alta resolução, além de sistemas de iluminação, fazendo a imagem aparecer em oculares ou em monitores de vídeo (FERREIRA, 2018).

Controle é o acompanhamento contínuo da execução e a comparação contínua das atividades realizadas com as atividades previstas no planejamento, apontando para os responsáveis da produção e gerência, as diferenças encontradas nessa comparação, e ainda apontando como prosseguir a produção após essa análise (FILHO e ANDRADE, 2010, apud BARRETO, 2017). O monitoramento e controle de projeto possibilitam acompanhar a execução das tarefas e identificar possíveis ações corretivas ante a problemas identificados durante o processo de vistoria. Quanto antes forem identificados os problemas, maior é a chance de corrigi-los, a fim de evitar uma possível paralização em frentes de serviço que comprometem o cronograma de obra.

Os processos de manutenção e inspeção são imensamente importantes para qualquer tipo obra da construção civil, pois asseguram o melhor funcionamento, assegurando assim a qualidade da estrutura final e o bem-estar de todos os utilizadores da benfeitoria. Uma atividade técnica especializada que tenha abrangência, coleta de elementos de projeto e de construção, exame detalhado de uma estrutura, elaboração de relatórios e laudos, avaliação do estado de utilização da obra e demais recomendações, como vistoria, manutenção, recuperação, de reforço ou reabilitação. (DNIT, 2006).

O controle das fases e sequencias construtivas, permitem ao responsável pelo andamento da obra realizar previsões e analisar a produtividade dos operários. A utilização de recursos práticos e tecnológicos que proporcionam a redução do tempo de operações simples, como as de monitoramento trazem agilidade e, conseqüentemente, economia para uma obra.

O uso de VANTs apresenta diversas vantagens, como monitoramento e acompanhamento da evolução da obra, mapeamento da área onde será realizado o projeto, avaliação de viabilidade, com a possibilidade de realizar pré-projetos, documentação fotográfica de alta complexidade e grande área de alcance, redução de custos em relação aos demais levantamentos, segurança do canteiro. O tempo de inspeção de obras pode tomar grande parte da produtividade dos funcionários responsáveis pela tarefa. A realização de levantamentos com o equipamento contribui para a inovação de técnicas e ganho de tempo durante a realização dos levantamentos (BARRETO, 2017).

2.4. VANT'S, RPA OU DRONE?

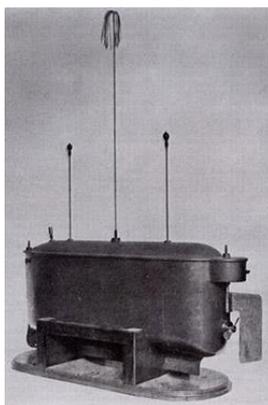
O Sistema Aéreo Não Tripulado (UAS, do inglês Unmanned Aircraft Systems) ou Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) dispõe de um equipamento de controle para operação humana (estação de controle, ou controle remoto), podendo ser equipado com diversos sensores, tais como, câmeras de alta resolução, equipamentos de infravermelho, radar, GPS ou outros dispositivos de comunicação especializado e próprio adequado a cada tipo de aeronave. Dentre as vantagens do uso dos VANTs tem-se a capacidade de transferência de dados em tempo real entre a aeronave e a estação de controle, além de realizar voos mais rápidos, seguros e com um baixo custo quanto comparado a aeronaves tripuladas (MELO, et al., 2015).

A ANAC, diz que “drone” é o termo usualmente popular, usado para descrever qualquer tipo de dispositivo que possua alto grau de automatismo, logo é um termo genérico (podendo referir-se a veículos aéreos, terrestres ou aquáticos). Não existem uma definição formal e única para o termo e a ANAC não o utiliza para descrever os aparelhos. É utilizado o termo RPA que são “aeronaves remotamente pilotadas” ou simplesmente “aeromodelos”. A diferenciação entre as categorias esta na finalidade de uso. Os aeromodelos são aeronaves não tripuladas com finalidade recreativa e as RPA são aeronaves comandadas a partir de um dispositivo de controle, ou pilotagem, remota que tenha outra finalidade qualquer que não seja de fins recreativos, logo são fins, experimentais, corporativos, comerciais e afins.

O equipamento utilizado para a realização de monitoramento se enquadra em uma RPA com carga útil (câmera), logo adota-se o termo de VANT.

2.4.1. História dos VANTs

Os veículos não tripulados apresentam ser uma tecnologia nova, porém os conceitos destes equipamentos são datados desde a época das grandes guerras mundiais. Aquela época, realizar reconhecimentos, estudos de campo e traçar planos com sigilo e sem comprometer a vida era uma missão complicada. Nicolai Tesla apresentou na Electrical Exposition no Madison Square Garden, um dispositivo capaz de ser controlado remotamente através de rádio frequência e foi nomeado de Teleautômaton, tratava-se do primeiro torpedo guiado remotamente, conforme Figura 1 (REZENDE, 2015).

Figura 1

Fonte: NERCOME, 2004 apud REZENDE, 2015.

No começo, acreditava-se que a invenção de Testa não havia utilidade prática alguma, ou até mesmo que aquilo não se passava de um truque do exército americano. Mais tarde, em 1991, aeronaves não tripuladas do exército americano realizaram mais de 300 missões de reconhecimento durante operações militares na guerra do Golfo, e em diversas outras atividades, o que mais tarde abriu espaço para o desenvolvimento de pesquisas com aeronaves não tripuladas (DEMPSEY, 2010 apud REZENDE, 2015).

Estes equipamentos são geralmente utilizados de forma associada a outros sensores mais leves e sofisticados e possibilitam a sobreposição de imagens através dos softwares de terceiros ou através dos próprios equipamentos, gerando conseqüentemente ortoimagens, ou ortomapas, com qualidade e resolução superior, com uma mesma cobertura em sobrevoos se comparados a sensores maiores, de outros tipos e classes de aeronaves. De forma não menos importantes, a leveza e instabilidade no ar mostram-se como limitações que implicam em resultados menos precisos para orientação dos sensores, o que pode ser facilmente corrigidos através de softwares (EINSEBEISS, 2009 apud PARENTE, 2016).

A primeira informação acerca de um VANT com 100% tecnologia nacional veio do Projeto Arara (Aeronave de Reconhecimento Autônoma e Remotamente Assistida), construído com o objetivo de substituir aeronaves convencionais na obtenção de imagens para monitoramento e uso agrícola (ALVES JÚNIOR, 2015).

2.4.2. Classificação, características e legislação

Atualmente, inúmeros modelos são encontrados facilmente no mercado, sem restrição de compra. A escolha do modelo está diretamente relacionada com o objetivo de aplicação no qual será utilizado o equipamento. Devido variedade de formas, pesos, dispositivos acoplados,

dimensões, configurações de voo e características em geral, os VANTs podem basicamente operar de duas maneiras, sendo um a partir de um local remoto qualquer e outra de forma autônoma, por meio de voos programados automaticamente. Na maioria dos planos de voo os softwares de programação e controle permitem que os controladores alternem entre controles manuais e autônomos, ou seja, pode haver a troca de controle durante a missão (PEGORARO et al., 2013 apud PARENTE, 2016).

De acordo com o manual do usuário do *Mavic Pro DJI*, é possível observar as seguintes características a fim de classificar o VANT, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Especificações técnicas *Mavic Pro DJI*

Peso	734 g
Peso (incluindo tampa do gimbal)	743 g
Dimensões	83 x 83 x 198 mm 9dobrado)
Comprimento diagonal (hélices excluídas)	335 mm
Velocidade máx. de ascensão	5 m/s modo Sport
Velocidade máx. de descida	3 m
Velocidade máx.	65 km/h
Teto máximo de serviço acima do nível do mar	5000 m
Tempo máx. de voo	27 min (sem vento, a 25 km/h)
Tempo máx. de planagem	24 min (sem vento)
Méd. Tempo de voo	21 min (voo geral, 15% de carga de bateria restante)
Distância máxima de voo	13 km (sem vento)
Temperatura operacional	0°C a 40°C
Sistemas de posicionamento por satélite	GPS/GLONASS
Frequência de funcionamento	FCC: 2,-2,4835 GHz; 150-5,250 GHz; 5,725-5,850 GHz CE: 2,4-2,4835 GHz; 5,725-5,850 GHz SRRC: 2,4-2,4835 GHz; 5,725-5,850 GHz
Potencia do transmissor (EIRP)	2,4 GHz FCC: ≤26 dBm; CE: ≤20 dBm; SRRC: ≤20 dBm 5,2 GHz FCC: ≤23 dBm 5,8 GHz FCC: ≤23 dBm; CE: ≤13 dBm; SRRC: ≤23 dBm

Fonte: manual do usuário – *Mavic Pro DJI* (2017)

Conforme os dados do manual do usuário, podemos ter como base para classificar a aeronave nos padrões da ANAC. (SILVA 2013, apud PARENTE, 2016) relata que na ausência de normas específicas e internacionalmente aceitas, logo cada país, desenvolve sua própria legislação para classificar os VANTs em uma ou mais categorias. Uma classificação bastante aceita, definida pela UVS *International* (Associação Internacional de VANT's), combina fatores como alcance, altura de voo, autonomia de bateria em horas e massa para agrupar os VANT's em categorias como:

- Mini - baixa altitude e autonomia, para sistemas com alcance menor que 10 km e autonomia inferior a 2 horas;
- MRE (Medium Range Endurance), para alcance acima de 500 km e autonomia de 10 a 18 horas;
- MALE (Medium Altitude Long Endurance), com altitude de 5/8.000 m e autonomia de 24 a 48 horas; e
- HALE (High Altitude Long Endurance), para sistemas com altitude de 20.000 metros e autonomia de 24 a 48 horas.

Classificam-se também quanto ao peso de voo e carga útil a ser transportada (Câmera, equipamento GPS e afins).

A ANAC classifica as aeronaves remotamente pilotadas em três classes, não sendo aplicável para aeromodelos, de acordo com o peso de decolagem (com carga útil acoplada, como bateria, câmera e demais acessórios utilizados para voo), conforme tabela:

Quadro 2 – Classes de drone

Classe	Peso máximo de decolagem kg
1	> 150
2	>25 até 150
3	até 250g
	>250g até 25kg

Fonte: ANAC (2017)

Logo, a aeronave a ser utilizada como ferramenta de estudo é uma RPA de Classe 3, com asa rotativa, de categoria mini, com todos os equipamentos necessários para voo embutidos, conforme Figura 2.

Figura 2 - Mavic Pro DJI

Fonte: DJI

As RPA com peso de até 250g não necessitam de registro ou autorização para voo, porém devem obedecer aos quesitos de segunda do DECEA.

O DECEA é o órgão responsável pela operação no espaço aéreo, cabendo a ele a autorização das VANTs de acordo com regras preestabelecidas, segurança de operação e segurança de terceiros. O órgão possui um portal dedicado a reunir toda a legislação vigente para que o usuário possa realizar a operação do dispositivo com garantia de segurança. Existe também espaço dentro deste portal para que o usuário solicite acesso ao espaço aéreo (para voos acima de 400 pés).

É necessário também cumprir alguns requisitos, como idade mínima para pilotar um RPA, que é de 18 anos. Não existe idade mínima para pilotar aeromodelos. Há também é obrigatóreidade de um seguro com cobertura contra danos a terceiros em voos e operações de aeronaves não tripuladas de uso não recreativo acima de 250g. As operações de aeronaves pertencentes a entidades controladas pelo Estado, mesmo acima de 250 g, não requerem do seguro.

Quanto aos locais de sobrevoo, pousos e decolagens, é interessante observar que a aeronave não deve operar em áreas de segurança como aeroportos, quartéis e etc. Haja vista que a ANAC determina condições específicas para estas operações. Deve haver também distância ou proteção de terceiros, respitando o limite de 30 metros do público.

Aeronaves abaixo de 250g não necessitam de autorização e registro da ANAC, desde que não ultrapassem o limite de 120 m de voo.

Para pilotos de operações com aeronaves não tripuladas RPA das classes - 1 ou 2 ou da classe 3 que pretendam voar acima de 400 pés - são obrigatórias licença e habilitação emitidas pela ANAC.

Deverão possuir, o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) emitido pela ANAC ou o CMA de terceira classe do DECEA, os pilotos remotos de aeronaves não tripuladas RPA das classes 1 e 2.

2.4.3. Onde são usados

As aplicações de uso civil deram-se após verificarem as vantagens na operação destas máquinas como uso na agricultura, no monitoramento de colheitas, entregas chamadas de *delivery*, por exemplo as que acontecem em cidades como São Paulo – SP, inspirados pela gigante *Amazon*, focada em comércio *on-line*, que pretende expandir entregas utilizando a ferramenta, dentre as mais variadas aplicações, que vão desde a entrega de produtos, monitoramento de doenças, infestações de insetos, pulverização e monitoramento de lavouras, monitoramento de impactos ambientais, regularização fundiária, dentre outras.

Não existe um número certo com a quantidade de VANTs no Brasil, sabendo que os cadastros destas aeronaves se enquadram também os aeromodelos, sendo diferenciados apenas pela finalidade a que o usuário almeja. Segundo o EPEX, foram utilizados alguns VANTs para apoiar em missões de monitoramento, levantamento de informações e vigilância geral durante os Jogos Olímpicos Rio 2016. Devido ao fato de a maioria dos dispositivos não necessitarem de pistas de pousos e decolagens e operarem diuturnamente, serem facilmente portáteis, transmitirem imagens em tempo real para o operador (estação de controle), é possível intensificar ações e planejar diversas ações como zonas de lançamento de paraquedistas e pouso de helicópteros (RANGEL JUNIOR, 2016).

A ANAC não informa ao certo o número de VANTs no Brasil, uma vez que o cadastro de aviões experimentais engloba não só as aeronaves remotamente pilotadas, mas também outros tipos de modelos. O Brasil é considerado um dos principais mercados das empresas que produzem VANTs, sendo possível encontrar esses equipamentos em abundância em lojas nacionais. Segundo o Ministério da Defesa, os VANTs são utilizados pelas forças de segurança em missões de reconhecimento, aquisição de alvos, apoio e direção de tiro, avaliação de danos e vigilância. O Brasil possui empresas com grande potencial de atuação nessa área; a Embraer, por exemplo, firmou uma parceria com a empresa israelense Elbit Systems para produzir VANTs no Brasil em acordo que prevê a transferência de tecnologia.

2.4.4. Utilização na engenharia civil

A tecnologia tem impulsionado a engenharia no decorrer dos anos, o surgimento de novas técnicas é proporcionado devido a necessidade de inovação.

O VANT possibilita realizar o que já feito através da topografia, mas de uma forma muito mais eficiente, rápida e prática, podendo acrescentar ainda outros mecanismos diversos que não são possíveis de utilizar com a convencional topografia como é a coleta de imagens e a termografia, por exemplo. O desenvolvimento da tecnologia permitirá a competitividade do mercado fazendo que as novas técnicas sejam tão eficazes quanto aos métodos tradicionais conhecidos (ASGOTINHO, 2012).

De acordo com Santos (2016), uso de VANT para a realização levantamento topográfico tem tomando espaço nos últimos anos devido possibilidade de acesso e ao fácil compartilhamento de informações em tempo real entre os usuários. Devido facilidade de manuseio, é possível afirmar que favorece o acesso a essa plataforma, tornando os dispositivos acessíveis e utilizáveis em qualquer área de conhecimento.

Lima (2016) afirma que o aerolevante dá suporte para a realização do levantamento planialtimétrico e possibilita melhores disposições de equipamentos, otimizando o trabalho e tempo, e, por consequência, reduzindo custos (LIMA, 2016). A possibilidade da implantação de novas ferramentas com o objetivo de complementar serviços e diminuir tempo contribui para o andamento de uma obra. As vantagens de utilizar a tecnologia a favor dos processos construtivos e de análise dão força ao desenvolvimento de novas ferramentas que possam contribuir para a construção civil.

A utilização do VANT em atividades para fiscalização de áreas irrigadas ou de responsabilidade ANA demonstra-se positiva e apresenta uma grande viabilidade frente às atividades, principalmente em relação à rapidez, qualidade e facilidade no processamento de dados. Nesse tipo de atividade com fins de fiscalização, há necessidade de urgência, confiabilidade e eficiência na obtenção de dados, que posteriormente serão transformados em informação (PODERARO, et al, 2011).

Na construção civil, avanços de pesquisas com uso de VANTs ainda é recente. No entanto, estudos demonstram crescimento da aplicação da tecnologia frente a atividades de monitoramento e inspeção contribuem para o desenvolvimento de novas tecnologias e análises complexas (NASCIMENTO, 2017). Dentre as aplicações citadas é possível identificar inúmeras contribuições da tecnologia em fases de implementação de projeto, execução e até

monitoramento de segurança após o término das obras. A facilidade na obtenção de informações.

2.4.5. Limitações

Os VANT's possuem algumas limitações de acordo com a classificação. Dentre eles a carga útil, peso e dimensões dos sensores, de modo que muitas vezes o baixo peso dos sensores é determinante para a seleção de câmeras de pequeno e médio formato. Portanto, em comparação com as câmeras de grande formato, os VANT's têm que adquirir um maior número de imagens a fim de obter a mesma cobertura e resolução. Além disso, sensores de baixo custo, normalmente são menos estáveis do que os sensores de alta tecnologia, o que resulta em uma qualidade de imagem reduzida. Portanto, essas limitações de carga exigem o uso de unidades de baixo peso de navegação, o que implica resultados menos precisos para a orientação dos sensores. Além disso, os VANTs de baixo custo são normalmente equipados com motores menos potentes, o que limita a altura alcançável.

2.5. TERRAPLENAGEM

Um dos pontos importantes que se deve levar em consideração antes de qualquer construção é a terraplenagem, com o objetivo de preparar o terreno para receber um determinado projeto, seja ele de uma rodovia, construção de uma casa, ferrovia, edifício, aeroporto, barragem, fábrica, etc. Estas obras exigem a execução de serviços de terraplenagem prévios e precisos, regularizando o terreno natural, em obediência aos projetos que darão suporte ao que se deseja implantar. O substrato dos solos, para que possam ser utilizados em aterros ou reaterros em obras de terraplanagem, devem cumprir com alguns requisitos, ou seja, possuir as propriedades adequadas que melhorem seu comportamento de forma química ou mecânica. Normalmente, na prática, o solo local não apresenta condições requeridas pela obra, ele deve ser preparado a fim de atender as solicitações que lhe serão confiadas (BELONATO, 2016).

Os levantamentos planialtimétricos em obras de terraplenagem consistem na obtenção de modelos de terreno para cálculo de áreas e superfícies a serem modificadas com o objetivo de construção algum empreendimento ou modificação da paisagem.

Segundo Agostinho, através de um perfil topográfico é possível obter um nivelamento relativamente preciso que permite a posterior criação de um modelo em três dimensões (3D) da infraestrutura, ou área de estudo. No entanto este tipo de monitorização topográfica exige um trabalho intensivo e demorado obtendo uma área de cobertura reduzida em função do tempo, logo a sua eficiência é considerada reduzida frente a outras soluções (AGOTINHO, 2012).

De acordo com a definição difundida, é possível afirmar que a terraplenagem ou movimentação de terras é entendida como um conjunto de operações necessárias para transportar volumes de solo de locais em que se encontra em excesso para aqueles em que há falta, ou vice-versa, tendo como comum objetivo um determinado projeto a ser implantado. Logo, a construção de uma estrada, ferrovia, aeroporto, edificação, usina hidrelétrica, ou mesmo de um conjunto residencial multifamiliar, exigem a execução de serviços de terraplenagem prévios, para a regularização da superfície do terreno natural, em obediência as premissas projeto que se deseja implantar. Pode-se afirmar, portanto, que independente do porte da obra de Engenharia, a realização de trabalhos prévios de movimentação de terras se faz necessário. (NICHOLS, 2010 apud SOUZA, 2014).

Os serviços topográficos e movimentação e terra são de grande importância para o início de uma obra de engenharia. São também os serviços com o maior valor orçamentário e significativo ante aos demais itens de infraestrutura, pois de acordo com os dados obtidos em campo é possível estimar custos e planejar tarefas.

2.6. MDT E MDS

Os modelos digitais de representação do relevo apresentam as informações sobre a vegetação, topografia e as edificações, podem ser classificados como modelos digitais de superfície (MDS), sendo estes que englobam as características do relevo e objetos acima dele, onde o topo desses objetos é representado como a superfície do terreno (CRUZ et al., 2011 apud HUNG, 2018). Por outro lado, quando o modelo representa somente as características do relevo, ou seja, sem considerar os objetos sob ele (vegetação e edificações), pode ser classificado como modelo digital do terreno (MDT) (ARAKI, 2005, apud HUNG, 2018).

Um levantamento com VANT constitui-se como uma ou mais operações com o objetivo principal de obter imagens aéreas de um determinado local, através de uma câmera acoplada ao dispositivo, sendo necessário o registo e análise dos dados obtidos através de softwares ou não. Os VANTs podem ter suas trajetórias planejadas e controlados pelo operador

ou orientados por sistemas de navegação por satélite (GNSS) e podem capturar imagens sequenciais que são analisadas e processadas via aplicações até a geração de produtos cartográficos como nuvens de pontos, ortofotos, modelos digitais de superfície e de terreno, os quais podem fornecer outros produtos como distâncias, alturas de quais quer objetos e volume (HUNG et al, 2018).

Segundo Figueiredo, os Modelos Digitais de Elevação (MDE), são representações tridimensionais (3D), contínuas da superfície terrestre, ou seja, são imagens (rasters) nas quais cada pixel tem associado um valor que representa uma altitude definida num plano geodésico, sendo que cada um destes pixels carrega diversas informações a fim de compor quadro maior de dados. E, a partir destas informações, é possível criar modelos de terreno para execução de projetos (FIGUEIREDO, 2018).

3. METODOLOGIA

Neste item é apresentado os materiais e métodos utilizados na realização deste trabalho e áreas de estudos para a realização desta pesquisa de campo. Discorrido acerca das características gerais do equipamento utilizado para a aquisição de imagens, descrições dos softwares e as aplicações em cada fase.

Este trabalho utiliza como método de pesquisa descritiva, pois “descreve o comportamento dos fenômenos”, (COLLIS, apud FERNANDES et al, 2018), é voltada para uma investigação com o objetivo de deixar mais claro acerca da problemática em estudo e tem como ferramenta de pesquisa, o instrumento de coleta de dados o VANT da *DJI*, modelo *Mavic Pro*.

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O local escolhido para a realização do estudo foi o lote 1, na Quadra 801 Sul, AC-SO-80, entre a Avenida Joaquim Teotonio Segurado e a Avenida LO-19, o lote tem 1100m² de área, com dimensões de 22m de largura (paralelo a AV. Teotonio Segurado) e 50m de comprimento (paralelo a AV. LO-19). Situa-se no perímetro urbano de Palmas-TO, capital do Estado do Tocantins, município situado à margem do lago da UHE de Lajeado, atualmente a cidade possui cerca de 291.855 habitantes (IBGE, 2018).

Os municípios circunvizinhos são Porto Nacional (de onde a capital foi desmebrada na época de sua criação), Aparecida do Rio Negro, Novo Acordo, Miracema do Tocantins, Lajeado, Monte do Carmo, Santa Tereza do Tocantins (PALMAS, 2016). A Figura 3, no item 3.1.1, apresenta o mapa de situação do lote 01.

3.2. MATERIAIS

Este trabalho utiliza como método descritivo como ferramenta de pesquisa. Fez-se inicialmente uma revisão literária, a fim de contextualizar a ferramenta e o objetivo. Seguindo de coletas de campo (realizada com o VANT para a aquisição das imagens), processamento de dados para confecção de mapas e a análise dos resultados.

A ferramenta escolhida para ser utilizada como instrumento de pesquisa possui uma câmera que faz a captação de imagens em alta resolução. Devido à facilidade na execução de

planos de voo, autonomia e fácil mobilidade do equipamento foram decisivas para a escolha do modelo de VANT da *DJI Modelo Mavic Pro*.

As limitações do ambiente de pesquisa impõem diversas dificuldades para a obtenção de imagens com menor interferência possível. Tais elementos, como arbustos, árvores, prédios, residências demandam um cuidado para que não haja risco de colisão do equipamento. O modelo de drone possui uma função *Smart RTH*, que faz com que o VANT evite colisões frontais automaticamente. A função não funciona em baixa luminosidade e também pode ser desativada, logo o operador deve realizar a vistas a fim de evitar choques. Pensando nestas variáveis, o voo foi realizado entre as 11h00 e 12h00 do dia 03/03/2019, com boas condições de vento e iluminação (sem nuvens e sombras que pudessem prejudicar a qualidade das imagens).

Os diversos sensores embutidos ao equipamento permitem verificar altitude, distância, velocidade, percurso de voo, autonomia da bateria e etc, tudo em tempo real via conexão rádio. Ao realizar qualquer voo o equipamento já aciona automaticamente todas as funções, podendo o operador alternar dentre elas de acordo com a necessidade.

O plano de voo foi realizado por um software, obedecendo uma altura máxima de 50m, a fim de garantir uma boa precisão das imagens (resolução de 2,5cm por pixel). A análise será baseada no estudo de imagens obtidas através da câmera que o VANT da *DJI Modelo Mavic Pro*.

3.2.1. Softwares para voo e processamento de imagens

O Mavic Pro permite realizar o registro de imagens de forma rápida, ágil e segura.

O software nativo do equipamento, que é necessário para que softwares terceiros realizem o controle no VANT, o *DJI GO 4*, disponível para Smartphones, possui planos para voos automáticos, funções inteligentes para realização de imagens em movimento, pousos e decolagens automatizados e diversas funções para captura de imagens. O aplicativo permite verificar e configurar as funções pretendidas, bem como realizar os voos com altitudes demarcadas, resolução das imagens, condições do sinal de rádio, nível de bateria, temperatura de operação, tudo em tempo real.

O equipamento possui um GPS embutido, o que facilita a criação de um plano de voo e georeferenciamento das imagens.

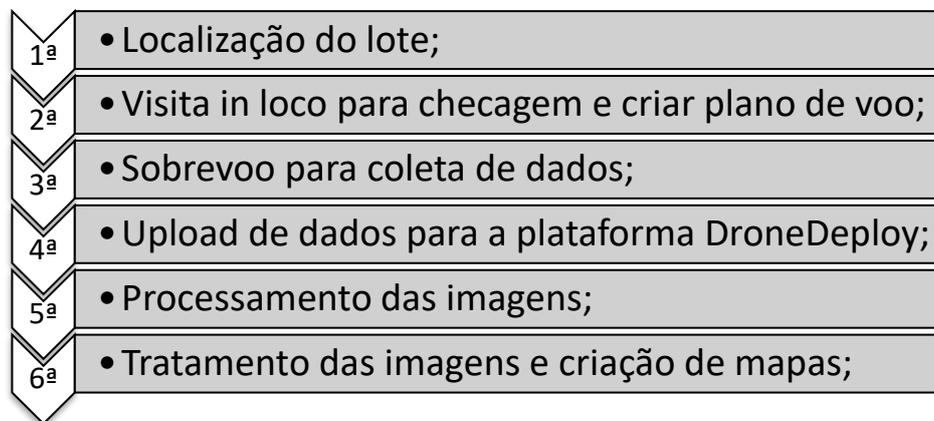
Apesar de existir um software nativo para o equipamento utilizou-se o software *DroneDeploy*, versão de testes, podendo este realizar um plano de voo específico destinado a

realização de um aerolevante que possibilita a criação de ortoimagens com mosaico, modelos digitais de elevação e também a importação dos dados para outras plataformas.

3.3. MÉTODO

No decorrer do projeto utilizou-se várias metodologias com o objetivo a fim de atingir ao objetivo proposto. Logicamente, algumas dessas metodologias foram sendo incrementadas conforme o surgimento de necessidades inerentes ao desenvolver do trabalho.

Dividiu-se então, as seguintes etapas para alcançar o objetivo proposto:

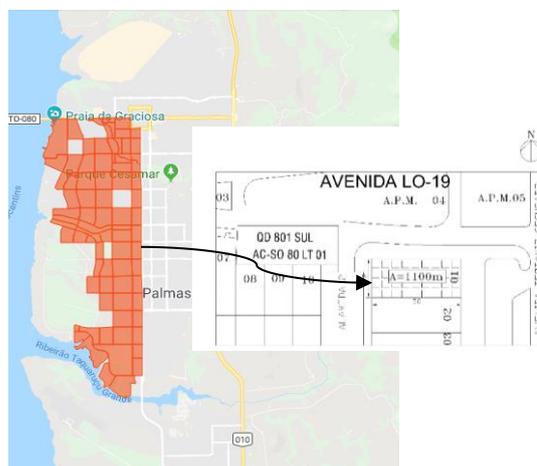


4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. LOCALIZAÇÃO DO LOTE

A escolha do lote, ou área de estudo, deu-se através da técnica aleatória simples. A Figura 3, apresenta o mapa de situação da área de estudo.

Figura 3 - Mapa de Localização LT 01, QD 801 SUL

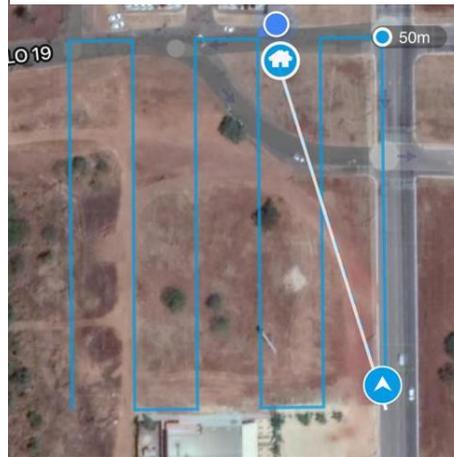


Fonte: autor, 2019

4.2. VISITA IN LOCO PARA CHECAGEM E CRIAÇÃO DE PLANO DE VOO

Foi realizada uma visita in loco, para checagem das condições meteorológicas ideais, com a ausência de nuvens e luminosidade suficiente para sobrevoo. A Figura 4 apresenta o plano de voo, que fora feito.

Figura 4 - Plano de voo



Fonte: autor, 2019

O plano de voo previsto pelo aplicativo foi de aproximadamente 8 minutos, devido às boas condições de vento, o voo sobre a área de estudo durou 5:01 minutos e utilizou pouco mais de 25% de bateria do VANT.

4.3. UPLOAD DE IMAGENS PARA PLATAFORMA DRONEDEPLOY

Foram capturadas 84 imagens em 4K, com 3840x216 pixels, sendo estas enviadas para processamento via servidores web da plataforma DroneDeploy.

Figura 5 - Sobreposição de imagens



Fonte: autor, 2019

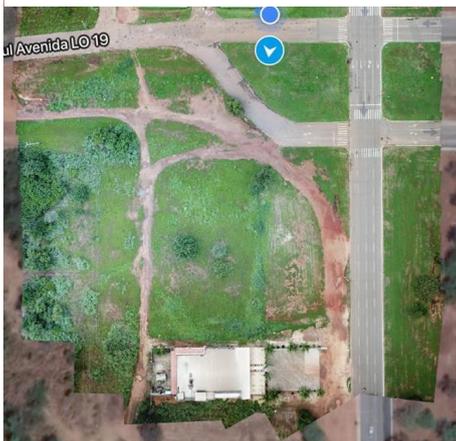
4.4. PROCESSAMENTO DE IMAGENS

O processamento de imagens acontece em servidores web do software DroneDeploy, neste caso, as 84 imagens necessitaram cerca de 2 horas para ser finalizado. Depois de processadas, a plataforma envia um e-mail informando o fim do processamento de informações e link para download dos arquivos.

Após o processamento das imagens é possível solicitar à plataforma os dados renderizados para que assim seja trabalhado as imagens.

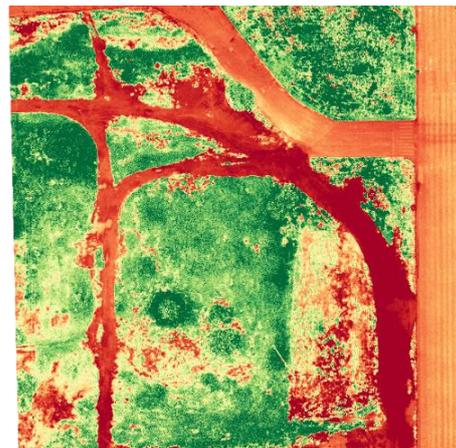
A plataforma disponibiliza diversas ferramentas como cálculo de áreas, volumes, elevações, distâncias, verificação de cobertura vegetal e entre outras diversas acessadas via navegador web, sendo solicitados três processamentos. A ortoimagem, mapa de cobertura vegetal e mapa com cotas de elevação, conforme figura 6, 7 e 8, respectivamente.

Figura 6 - Ortoimagem



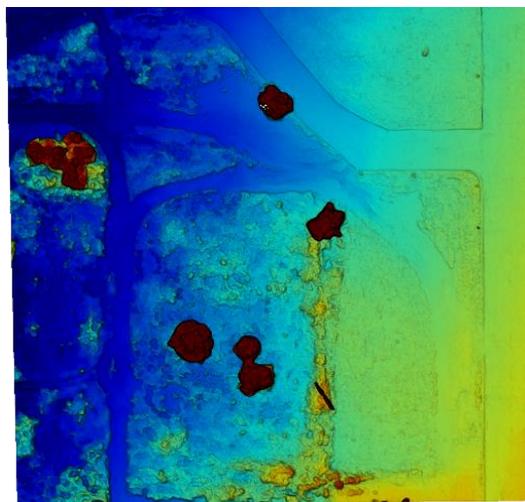
Fonte: autor, 2019

Figura 7 - Cobertura vegetal



Fonte: autor, 2019

Figura 8 - Elevação



Fonte: autor, 2019

4.5. TRATAMENTO DAS IMAGENS E CRIAÇÃO DE MAPAS

De posse das imagens foi feito o processamento em software de criação de mapas, como o QGis, que é um software de código livre.

É possível também a edição via AutoCAD Civil 3D, neste é possível a inserção de projetos dentro as áreas de estudo. A figura 9 apresenta a ortoimagem trabalhada após o processamento e combinada com o mapa da disposição dos lotes da cidade de Palmas, incluindo a área de estudo em hachura tracejada.

Figura 9 - Ortoimagem e mapa de Palmas

ORTOIMAGEM LOCAÇÃO DO LOTE 1



ESCALA: 0 10 20

Fonte: elaborado pelo autor, 2019

O VANT possibilita realizar análises por meio dos mapas gerados. É possível observar que a diferença de altitudes através dos mapas de elevação, conforme citado anteriormente.

A captura de imagens realizada com o drone proporcionou a criação de uma ortomagem, mapa de elevações de superfície e também a interação de outro mapa já existente com os mapas produzidos.

De acordo com o aplicativo DroneDeploy, a precisão mostra o erro médio entre o local em que o GPS disse que a câmera estava e onde o software faz o cálculo com a câmera para que as imagens sobrepostas fossem costuradas. Isso não indica a precisão do mapa, mas onde os locais esperados da câmera estão desativados em grande número, é esperado uma menor precisão dos dados.

O mapa tem precisão de 1,27cm/px, conforme informações do software DroneDeploy. O RMSE é o erro médio da raiz quadrada, fornece a precisão em todas as direções X, Y e Z. Esta informação é apresentada na Figura 10:

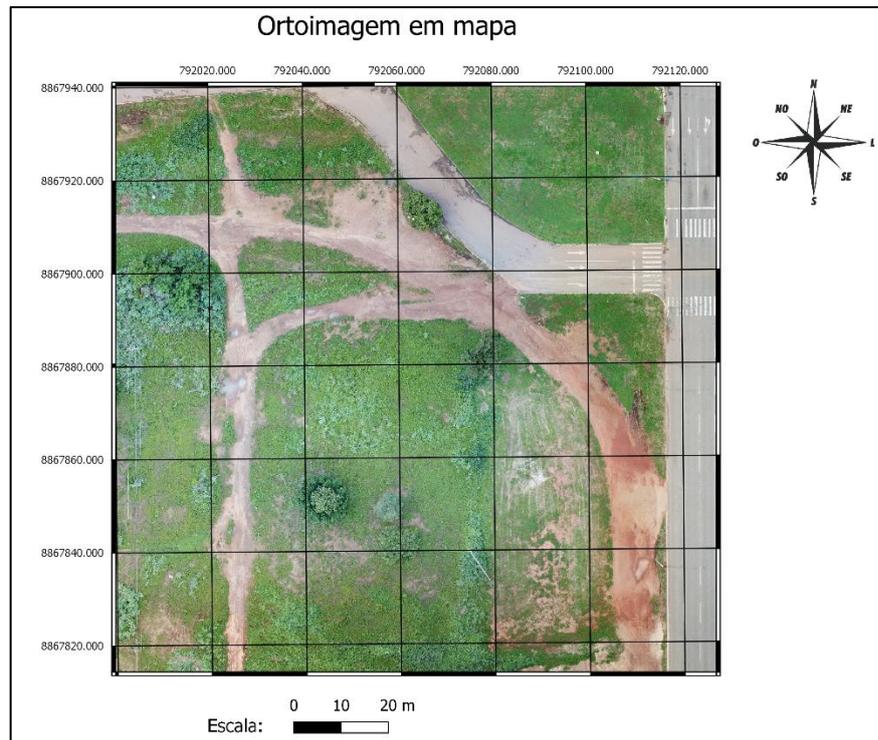
Figura 10 - RMSE

RMSE	X	Y	Z
0.3m	0.3m	0.2m	0.2m

Fonte: DroneDeploy, 2019

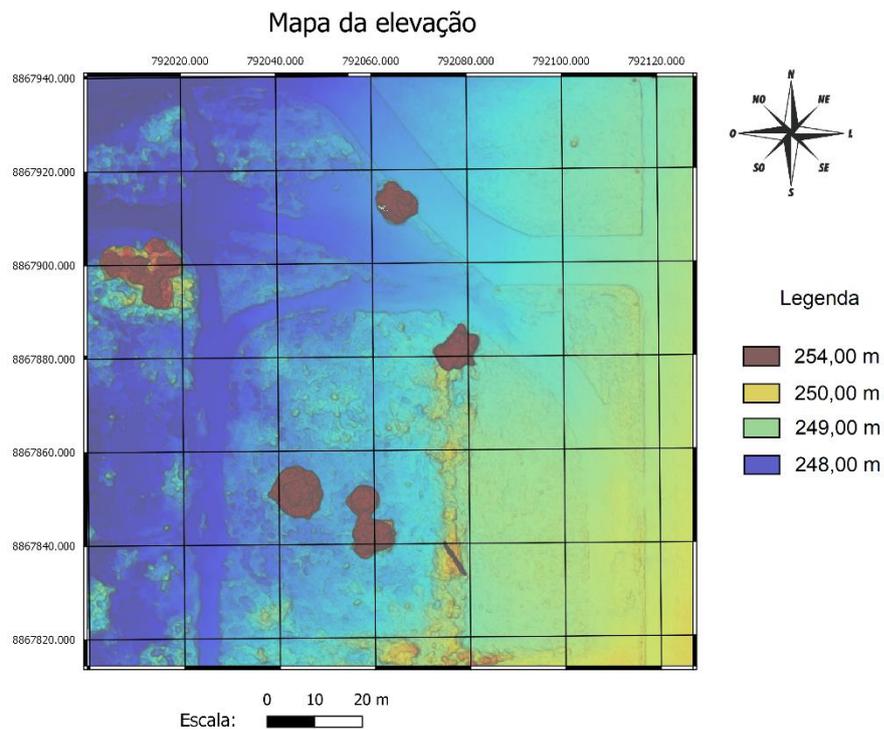
Isto significa dizer que as imagens coletadas diferem em até 0,3m da posição entre a localização que é gravada pelo GPS do dispositivo e a localização da imagem corrigida durante o processamento do mapa. Este erro não quer dizer que o mapa não seja preciso, mas pelo contrário, após o processamento esta precisão aumenta. Logo, por não ter utilizado alguma outra ferramenta para obtenção de referências para a coleta das imagens deixa uma lacuna em relação precisão das imagens.

A Figura 10 apresenta o mapa com a ortomagem em sistema de coordenadas WGS 84, criado em plataforma do QGIS Versão 3.6.2-Noosa, com área de 1,779ha, referenciadas automaticamente pelo software.

Figura 11 - Ortoimagem em mapa

Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 11 apresenta o mapa das elevações do terreno, em escala de cores que vão de vermelho escuro ao azul, das cotas mais altas para cotas mais baixas.

Figura 12 - Mapa da elevação

Fonte: autor, 2019

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que os VANTs podem ser utilizados para a obtenção de dados com a finalidade de criar mapas de elevações de terreno através da técnica da aerofotogrametria.

Possuem um enorme potencial em benefício a diversas áreas de pesquisa. A baixa demanda de tempo para execução de uma determinada tarefa, e que podem sim auxiliarem como ferramentas de uso para o desenvolvimento de mapas com imagens, além, é claro, de proporcionar rapidez na obtenção de dados.

Porém, há a necessidade de elencar alguns elementos para verificação da sanidade de um mapa, como por exemplo, adotar pontos como referência com uso de estação total para aumentar a precisão de um mapa.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar o nivelamento topográfico utilizando do VANT para criação de MDT;
- Monitorar andamento de obras com determinada periodicidade;
- Obter mapas a fim de promover interação com projetos e pré-projetos de engenharia.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13133/94: Execução de levantamento topográfico.** ABNT, 1994, Rio de Janeiro – RJ.

AGOSTINHO, S. L., **Inspeção e Monitoramento de Estruturas em Engenharia Civil - Utilização de UAV na Inspeção e Monitorização**, Universidade da Madeira, 2012, Funchal, Portugal.

ALTOUNIAN, C. S., **Obras públicas: licitação, contratação, fiscalização e utilização.** Fórum, 2016, Belo Horizonte – MG.

ÁLVARES, J. **Estudo exploratório de mapeamento 3D de canteiros de obras utilizando Veículos Aéreos Não Tripulados.** Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 2016, São Paulo.

ALVES JÚNIOR, L. R. **Análise de produtos cartográficos obtidos com câmera digital não métrica acoplada a um veículo aéreo não tripulado em áreas urbanas e rurais no estado de Goiás.** 2015. Dissertação, (Mestre em Geografia) Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO.

ANAC, **Classes de Drone**, Brasil, 2017.

ARAÚJO, L. C. et al, **Desafios da Defesa e Segurança frente à nova ameaça do uso ilícito de VANT**, Ministério da Defesa, 2015, Maringá – PR.

BARRETO, A. S. et al., **Uso de VANT'S para monitoramento na construção civil**, GEONORDESTE 2017, 2017, Salvador – BA.

BELONATO, M. B., **Controle tecnológico aplicado a execução de obras de terraplenagem – compactação dos solos**, 2016, Manhuaçu – MG.

CARNEIRO, M. **Geração de modelo digital de terreno por restituição aerofotogramétrica com apoio de veículo aéreo não tripulado de pequeno porte: estudo de caso na pedreira da empresa**, INCOPEL, 2016, CANOAS – RS.

DNIT, **Manual rodoviário de conservação, monitoramento de controle ambiental**, Brasil, 2005.

FERNANDES, A. M. et al, **Metodologia de pesquisa de dissertações sobre inovação: análise bibliométrica**, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2018, Campo Grande – MS.

FERREIRA, J. V. S., **Inspeção e monitoramento de obras de arte especiais com vista a manutenção preditiva**, Universidade federal do Rio de Janeiro, 2018, Rio de Janeiro – RJ.

FIGUEIREDO, R. R. D., **Identificação e mapeamento de unidades geoambientais: uma contribuição ao planejamento territorial periurbano e à conservação dos recursos hídricos de Cuiabá, Mato Grosso.**, UFMT, Cuiabá-MT, 2018.

HENRIQUES, M. J., **Nuvens de pontos e ortomosaicos. A sua utilização num laboratório de engenharia civil**, Ordem dos Engenheiros, VIII Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, 2015, Lisboa – Portugal.

HUNG, M.N.W.B. et al., **Levantamento com veículo aéreo não tripulado para geração de modelo digital do terreno em bacia experimental com vegetação florestal esparsa.**, RA'EGA, 2018, Curitiba – PR.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de saneamento básico, 2000**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/palmas/panorama>, acesso em 1º de outubro de 2018, Brasil.

KNEIPP, R. B., **O estado da arte na utilização de drones para inspeção naval e offshore**, Universidade federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2018.

LIMA, D. F., **A utilização de VANT (drone) para fins de regularização fundiária urbana de interesse social**, 2016, Foz do Iguaçu – PR.

MELO, R. R. S., COSTA, D. B. **Uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) para inspeção de logística em canteiros de obra**. In: SIBRAGEC ELAGEC, 2015, São Carlos – SP.

MOGNON, M., **Primeira simulação de entrega com drone acontece no Brasil**, 2018. Disponível em: <https://mundoconectado.com.br/noticias/v/5720/primeira-simulacao-de-entrega-com-drone-acontece-no-brasil>, acesso em 05 de outubro de 2018, São Paulo – SP.

MUNARETTO, L. A. C., **VANT e Drones: a Aeronáutica ao Alcance de Todos**. Edição independente, 2015, São José dos Campos – SP.

NASICMENTO, J. S., **Otimização da segurança em canteiros de obras utilizando veículos aéreos não tripulados (vants) com controle de voo via arduino yun**, P 63-72, ACTA TECNOLÓGICA v.12, nº 1, 2017.

OLIVEIRA, J. L. N. de et al., **Composição de preços unitários referenciais de serviços de topografia de acordo com a NBR 13133**. APEAESP, 2015, São Paulo – SP.

PARENTE, D. C., **Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de resíduos de construção civil (RCC) dispostos em locais inadequados**, Universidade Federal do Tocantins, 2016, Palmas – TO.

PODERARO, A. J, et al., **Quadrirotores/Microdrone como Portadores de Geosensores aplicados ao Cadastro Territorial**, XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011, Curitiba – PR.

RANGEL JUNIOR, R. FT Sistemas – **VANTs apoiam Forças Armadas na segurança dos Jogos Olímpicos**, 2016. Disponível em: <http://www.epex.eb.mil.br/index.php/ultimas-noticias/332-ft-sistemas-vants-apoiam-as-forcas-armadas-na-seguranca-dos-jogos-olimpicos>, acesso em 02 de outubro de 2018, Rio de Janeiro – RJ.

REZENDE, D. C. R., **Drones e VANT's: Conceitos básicos e seu uso na engenharia de avaliações e perícias**. Saletto educação, 2015, Belo Horizonte – MG.

SANTOS, L. F. B., **Valiação de modelo digital de terreno gerado através de vant em planícies pantaneiras**, Universidade Federal de Mato Grosso, 2016, Cuiabá – MT.

SCHEER, S, **Projeto de Engenharia**, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, 2013, Curitiba – PR.

SOUZA, F. B. R., **Controle tecnológico aplicado a obras de terraplenagem estudo de caso da via expressa transolímpica**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014, Rio de Janeiro – RJ.

ANEXOS

CopySpider

Ferramentas Ajuda

Arquivo URL Iniciar Parar **Limpar** Opções Scholar

E-mail vitorhugommarquez@gmail.com Modo de pesquisa Buscar em arquivos da internet

Nome do arquivo de entrada	Relatório	Tempo	Progresso	Chance	Status	Principal	Remover
V:\Vitor Hugo\Dropbox\Dropbox\TCC\TCC II - VH\TCC II 2019...	Analisar	00:04:58	100%	2,31%	Ok		✗

APOIA.se

Torne-se um Apoiador e tenha acesso a licenças exclusivas com todos os recursos do CopySpider.

Versão: 1.4.1