



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

Thaiana Brunes Feitosa

ESTUDO DE COMPATIBILIDADE E ADEQUAÇÃO DE EDIFICAÇÕES DA REGIÃO NORTE DE PALMAS – TO AO CÓDIGO DE OBRAS POR MEIO DE IMAGEAMENTO AÉREO

Palmas – TO

2018

Thaiana Brunes Feitosa

ESTUDO DE COMPATIBILIDADE E ADEQUAÇÃO DE EDIFICAÇÕES DA REGIÃO
NORTE DE PALMAS – TO AO CÓDIGO DE OBRAS POR MEIO DE IMAGEAMENTO
AÉREO

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

Orientador: Prof. M.e. Dênis Cardoso Parente.

Palmas – TO

2018

Thaiana Brunes Feitosa

ESTUDO DE COMPATIBILIDADE E ADEQUAÇÃO DE EDIFICAÇÕES DA REGIÃO
NORTE DE PALMAS – TO AO CÓDIGO DE OBRAS POR MEIO DE IMAGEAMENTO
AÉREO

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

Orientador: Prof. M.e Dênis Cardoso Parente.

Aprovado em: 14 / 11 / 2018

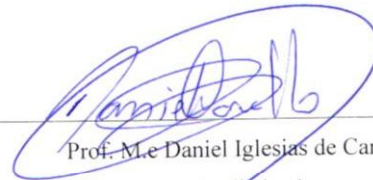
BANCA EXAMINADORA



Prof. M.e Dênis Cardoso Parente

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.e Daniel Iglesias de Carvalho

Avaliador 1

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.e Roldão Pimentel de Araújo Júnior

Avaliador 2

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2018

Dedico este trabalho ao meu irmão Pedro Henrique Brunes Feitosa, por ser meu raio de sol, minha inspiração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que torcem por mim. Especialmente àqueles que me acompanharam durante esses anos especiais de minha vida, entendendo a falta de tempo, os dias difíceis e colaborando com o meu sucesso.

Agradeço à minha mãe e irmãos, pelo amor, paciência e estímulo neste difícil e gratificante período.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia Civil, pelo conhecimento passado e pela motivação. Professores fascinantes, que ensinam os alunos não só para a profissão, ensinam para a vida.

Agradeço em especial ao professor Dênis Cardoso Parente, pela disponibilidade, paciência e dedicação na orientação do presente estudo. Uma grande inspiração como pessoa e como profissional.

Agradeço aos vários amigos que, de alguma forma, contribuíram com este trabalho, especialmente aos amigos Isabella, Mauro, Erus, Gardenia e Oscar, pela confiança e motivação.

Agradeço a Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, especialmente ao Subsecretário Rubens Brito pela compreensão, paciência e apoio.

O engenheiro, por sua vez, fala pouco porque tem receio de emitir uma afirmação que não possa provar, enquanto os opositores criam factóides e parecem saber mais, ainda que estejam mentindo. O engenheiro não mente.

Francisco Luiz Sibut Gomide

RESUMO

FEITOSA, Thaiana Brunes. **Estudo de compatibilidade e adequação de edificações da região norte de Palmas – TO ao código de obras por meio de imageamento aéreo.** 2018. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO.

Inicialmente, os VANTs foram utilizados para fins militares, no entanto, seu uso está tornando-se cada vez mais atraente para aplicações comerciais e governamentais locais devido ao enorme potencial de monitoramento e inspeção de propriedades. Na engenharia civil, os estudos ainda são recentes, tendo como destaque: monitoramento de rodovias (BARROS *et al.*, 2017); identificação de patologias em pavimento asfáltico (PARENTE *et al.*, 2017); inspeção de canteiros de obras (MELO, 2016); mapeamento de projetos viários (ALMEIDA, 2014). Tal potencial de uso está diretamente relacionado ao baixo custo, à alta mobilidade, à segurança oferecida, proximidade com o objeto fotografado e à velocidade de aquisição e transferência de dados, possibilidade de monitoramento ao longo dos anos através das imagens, podendo ser utilizado em situações em que uma inspeção tripulada não seja possível. O presente trabalho tem como objetivo analisar a confiabilidade da utilização de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) na compatibilização e adequação de edificações da região norte de Palmas – TO ao código de obras. Como ferramenta foi utilizado um VANT, softwares para plano de voo e processamento de imagens. A área de estudo escolhida foi a quadra 407 Norte, localizada na região norte da cidade de Palmas - TO. Com metodologia que permitisse atestar a potencialidade dos produtos gerados em termos de fotointerpretação, precisões geométricas e geográficas, foram feitos sobrevoo e medições em campo. Através das imagens aéreas obtidas, foi gerado um ortomosaico. A partir do ortomosaico, foram identificadas diretrizes pré-estabelecidas e posteriormente comparadas com as diretrizes estabelecidas pelo código de obras municipal. Os resultados encontrados mostram que as imagens aéreas obtidas e o ortomosaico gerado podem auxiliar de forma confiável, rápida e segura no processo de compatibilização e adequação das edificações, atestando que a plataforma VANT e os sensores passíveis de serem acoplados a elas podem servir adequadamente como tecnologia no estudo proposto. Mesmo apresentando elevado potencial e exatidão no levantamento dos quantitativos das superfícies, cabe destacar que as condições de voo e a presença de sombra podem interferir na qualidade das imagens geradas.

Palavras-chave: Veículo Aéreo não Tripulado (VANT). Ortomosaico. Código de Obras Municipal.

ABSTRACT

FEITOSA, Thaiana Brunes. **Compatibility and adequacy study of buildings in the northern region of Palmas – TO according to the Building Code using aerial imaging.** 2018. 50 p. Undergraduate thesis. Civil Engineering, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO.

Initially, the UAVs were used for military purposes, however, their use is becoming attractive to data and asset applications because of its huge potential for monitoring and inspection of properties. In civil engineering, studies are still recent, highlighting: road monitoring (BARROS et al., 2017); identification of pathologies in asphalt pavement (PARENTE et al., 2017); inspection of construction sites (MELO, 2016); mapping of road projects (ALMEIDA, 2014). Such as the possibility of being related to the cost, the high mobility, security, the proximity to the photographed object and the speed of capacity obtention and transfer of data, the possibility of monitoring over the years through the images, being able to be used in situations where a manned inspection is not possible. The present work aims at analyzing the reliability of the use of unmanned aerial vehicle (UAV) in the compatibility and adequacy of buildings in the northern region of Palmas - TO to the Building Code. As a tool it was used a UAV, flight planning software and image processing. The area of study chosen was block 407 Norte, located in the northern region the city of Palmas - TO. Using a methodology that allowed to attest the potential of the products generated in terms of photointerpretation, geometric and geographic precisions, flyovers and field measurements were made. Through the aerial images obtained, an orthomosaic was generated. From the orthomosaic, pre-established guidelines were identified and later compared to the guidelines established by the municipal building code. The results show that the aerial images obtained and the generated orthomosaic can help in a reliable, fast and safe way in the process of compatibility and adequacy of the buildings, attesting that the UAV platforms and the sensors that can be coupled to them can adequately serve as technology in the proposed study. Even with high potential and accuracy in the survey of the quantitative of the surfaces, it should be noted that flight conditions and the presence of shadow can interfere with the quality of the images generated.

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV), orthomosaic, Municipal Building Code

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Área de estudo.	30
Figura 2. VANT modelo eBee.....	31
Figura 3. Base do eBee.....	32
Figura 4. Distribuição de pontos escolhidos em ruas, avenidas e lotes.	35
Figura 5. Tabela de atributos da plataforma ArcGis.....	37
Figura 6. Mosaico com as áreas totais na quadra 407 Norte.....	38
Figura 7. Vetorização da área construída.	39
Figura 8. Número de imagens sobrepostas calculadas para cada pixel do ortomosaico.....	40
Figura 9. Número de combinações correspondente entre as imagens.	41
Figura 10. Distorções em vértices e arestas das edificações, sombreamento por diferença de altura e copa de árvores e construção anexa.....	42
Figura 11. Muros desalinhados, construção anexa e beiral.....	43
Figura 12. Imagem do ortomosaico e imagem de campo.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dados de Taxa de Ocupação do Solo e de Permeabilidade.....	44
Tabela 2- Dados de recuos.	45
Tabela 3- Dados de medição de travessias de vias.	47
Tabela 4- Dados de medição dos passeios.	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
CPA	Aeronave Convencionalmente Pilotada
CAVE	Certificado de Autorização de Voo Experimental
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CINDACTA	Centros Integrados de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
IMPUP	Instituto Municipal de Planejamento Urbano Palmas
IPTU	Imposto Territorial Urbano
PRFS	Plano de Regularização Fundiária Sustentável
NOTAM	Notice To Airmen
RAB	Registro Aeronáutico Brasileiro
RPAS	Aeronaves Remotamente Pilotadas
UAS	Sistema de Aeronaves não Tripuladas
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetro
g	Gramas
ha	Hectares
kg	Quilos
m	Metros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral.....	15
1.1.2	Objetivos Específicos.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	CÓDIGO DE OBRAS MUNICIPAL.....	18
2.1.1	Diretrizes estabelecidas no processo de compatibilização e adequação ao código de obras.....	18
2.2	VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT).....	19
2.2.1	Classificação do VANT	20
2.2.2	Características da plataforma VANT.....	21
2.2.3	Aplicações do VANT	21
2.2.4	Estudos atuais com o VANT	22
2.2.5	Limitações na Utilização dos VANTs	23
2.2.6	Ortofoto e ortomosaico.....	23
2.2.7	Componentes do sistema VANT	25
2.3	REGULAMENTAÇÃO AÉREA.....	27
2.3.1	Regulação da ANAC.....	27
2.3.2	Regulação da DECEA	28
2.3.3	Regulamentação da ANAC	29
3	METODOLOGIA	30
3.1	ÁREA DE ESTUDO	30
3.2	MATERIAIS.....	31
3.2.1	VANT eBee softwares para voo e processamento de imagens	31
3.2.2	Base	32
3.2.3	Dispositivo de captação de imagem (câmeras)	33
3.3	PROCEDIMENTOS	33
3.3.1	Planejamento e trajetória do voo.....	33
3.3.2	Aquisição de imagens	33
3.3.3	Montagem do ortomosaico	33
3.3.4	Levantamento de dados no ortomosaico.....	34
3.3.5	Levantamento de dados em campo.....	34

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1	ALCANCE E AUTONOMIA DO VOO.....	36
4.2	QUALIDADE DO ORTOMOSAICO GERADO	36
4.3	ANÁLISE DA VETORIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES DOS PRODUTOS OBTIDOS COM O VANT.....	44
4.4	ANÁLISE DE PRECISÃO PLANIMÉTRICA	46
5	CONCLUSÃO	49
6	RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS	50
7	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Municipal De Planejamento Urbano De Palmas – IMPUP (2017), Palmas foi concebida através de um projeto urbanístico modernista, abrangendo uma área urbana com 11.085 hectares, com capacidade para abrigar cerca de 1 milhão e 200 mil habitantes. Esse projeto previa fases de ocupação e adensamento, estabelecendo diretrizes para seu crescimento e desenvolvimento com um eixo central adensado, onde se concentram serviços urbanos. Entretanto, o processo de ocupação não seguiu as diretrizes traçadas, nem as etapas de sua ampliação, tampouco as densidades planejadas, gerando nas regiões centrais um grande número de vazios urbanos e nas regiões periféricas uma densa concentração da população de menor poder aquisitivo.

Diniz *et al.* (2015) defendem que o crescimento urbano acelerado sem a implementação do código de obras integrado, com a implantação irregular de centenas de loteamentos ao longo da malha viária, sem nenhum critério, com instalação de infraestrutura parcial, são condições que não satisfazem a segurança, o conforto e a higiene dos usuários e dos demais cidadãos.

Nesse contexto, o processo de compatibilidade e adequação dessas edificações ao código de obras serve como ferramenta importante para o planejamento urbano e para viabilizar o acesso ao direito à moradia, tendo importância para o atendimento dos interesses particulares dos envolvidos e para o atendimento dos interesses públicos, melhorando a qualidade da cidade e oferecendo oportunidades à população de menor renda, possibilitando a melhoria da infraestrutura através do planejamento do município na destinação de recursos.

De acordo com Lima *et al.* (2016), para a realização desse processo são necessárias várias etapas, dentre elas, o levantamento planialtimétrico, essencial para descrever as características físicas e topográficas da área, sendo feito a partir dele o detalhamento do terreno, indispensável na verificação da viabilidade do processo.

Para tal, a rapidez e precisão dos dados são essenciais. Inseridos nesse contexto, os veículos aéreos não tripulados - VANTS são ferramentas importantes na realização desses levantamentos, uma vez que realizam aerolevantamento.

De acordo com o DECEA (2015), o VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) é a terminologia oficial prevista pelos órgãos reguladores brasileiros do transporte aéreo para definir este escopo de atividade, caracterizando-se como VANT toda aeronave projetada para operar sem piloto a bordo. Esta, porém, há de ser de caráter não recreativo e possuir carga útil embarcada. E aerolevantamento é o conjunto de operações para obtenção de informações da parte terrestre, aérea ou marítima do território nacional, por meio de sensor instalado em

plataforma aérea, complementadas pelo registro e análise dos dados colhidos, utilizando recursos da própria plataforma ou de estação localizada à distância.

Inicialmente, os VANTs foram utilizados para fins militares, no entanto, seu uso está tornando-se cada vez mais atraente para aplicações comerciais e governamentais locais devido ao enorme potencial de monitoramento e inspeção de propriedades (GIUFFRIDA, 2015).

Segundo Melo (2016), a evolução contínua das plataformas VANT tem possibilitado a utilização desta tecnologia emergente em diversas aplicações, tais como: agricultura e pecuária, vigilância e controle de tráfego, monitoramento de situações de emergência, como incêndios e desastres naturais, campanhas publicitárias e mercado imobiliário. Na engenharia civil, os estudos ainda são recentes, tendo como destaque: monitoramento de rodovias (BARROS *et al.*, 2017); identificação de patologias em pavimento asfáltico (PARENTE *et al.*, 2017); inspeção de canteiros de obras (MELO, 2016); mapeamento de projetos viários (ALMEIDA, 2014).

Conforme Guiffreda (2015), tal potencial de uso está diretamente relacionado ao baixo custo, à alta mobilidade, à segurança oferecida, proximidade com o objeto fotografado e à velocidade de aquisição e transferência de dados, possibilidade de monitoramento ao longo dos anos através das imagens, podendo ser utilizado em situações em que uma inspeção tripulada não seja possível. Além de corroborar na identificação e na correção de condições e/ou atos inseguros, contribuindo com a prevenção de acidentes.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo estudar a aplicação de imagens obtidas com veículo aéreo não tripulado (VANT) no processo de compatibilidade e adequação de edificações da Região Norte de Palmas – TO ao código de obras do município.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Estudar a aplicabilidade de imagens obtidas com veículo aéreo não tripulado (VANT) no processo de verificação da compatibilidade e adequação das edificações ao código de obras da cidade de Palmas - TO.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Gerar ortomosaico de uma quadra da região norte de Palmas por meio de sobreposições de imagens RGB obtidas por VANT;

- Confrontar os produtos levantados no ortomosaico com as diretrizes estabelecidas no código de obras do município;
- Discutir a potencialidade do uso do VANT na verificação da compatibilidade e adequação de edificações ao código de obras do município.

1.2 JUSTIFICATIVA

O processo de ocupação urbana de Palmas ultrapassou o que havia sido projetado. De acordo com Bessa (2017), a área foi macroparcelada em quatro setores – Nordeste (NE), Sudeste (SE), Noroeste (NO) e Sudoeste (SO) e foi alvo de ocupações por famílias de imigrantes que vieram para trabalhar na construção da cidade.

Segundo o IMPUP (2017), esta situação foi sendo consolidada ao longo dos anos, com as famílias construindo inicialmente barracos e posteriormente promovendo melhorias habitacionais, murando os terrenos, construindo novas habitações, entre outros, o que contribuiu para um aspecto urbano segmentado e desordenado, caracterizado pelo alargamento desnecessário da área urbana e pela implantação parcial da infraestrutura, equipamentos urbanos e ofertas de serviços, acarretando maiores custos.

De acordo como IMPUP (2017), em 2012 já se identificavam loteamentos clandestinos fora do perímetro urbano definido em lei, mas com uma baixa ocupação. Uma das áreas mais populosas era próximo à área da Região Norte, o Setor Lago Norte, e esta ocupação passou por uma aceleração a partir de 2013 com a concessão de alguns serviços urbanos, tais como: ligação de rede de água, energia elétrica, coleta de lixo e transporte público. Não há no município a frequência de novas ocupações de áreas públicas, mas existe a necessidade de definição da política pública para as áreas já ocupadas.

Para tal, novas tecnologias são imprescindíveis para facilitar as atividades de regularização e tornar os processos mais eficientes, coibindo tal prática e garantindo qualidade de vida. A evolução contínua das plataformas de VANTs tem possibilitado a utilização desta tecnologia em diversas aplicações, tais como: agricultura, pecuária, monitoramento de desastres naturais e acidentes com cargas perigosas, vigilância de trânsito, projetos viários, inspeção de canteiros de obras, além dos diferentes domínios da engenharia civil. Sousa (2017), cita muitas vantagens para o uso do VANT, tais como a possibilidade de adquirir dados com grande detalhamento em áreas de difícil acesso ou que possam oferecer riscos, além de oferecer uma alta resolução temporal e espacial.

Desse modo, o estudo de compatibilidade e adequação de edificações ao código de obras trata-se de um bom campo para que seja realizado um estudo de aplicabilidade de

imagens obtidas com veículo aéreo não tripulado (VANT), sendo este um estudo de caráter metodológico exploratório-descritivo e qualitativo, além de contribuir para trabalhos futuros executados a partir do levantamento com VANT.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir, são apresentados a definição e o objetivo do código de obras municipal, bem como as diretrizes escolhidas para este estudo. São apresentadas também as características, componentes e diferentes aplicações do VANT.

2.1 CÓDIGO DE OBRAS MUNICIPAL

O código de obras do município de Palmas foi aprovado através da Lei Nº 31, de 07 de Dezembro de 1989, e alterado pela lei Nº 045/90, de 22 de Março de 1990. O Código tem como objetivo disciplinar a aprovação, a construção e a fiscalização, assim como definir condições mínimas que satisfaçam a segurança, o conforto e a higiene dos usuários e dos demais cidadãos.

De acordo com o IBAM (2011), o código de obras é um instrumento que permite à administração municipal exercer o controle e a fiscalização do espaço edificado e em seu contorno, garantindo a segurança e a salubridade das edificações.

O código estabelece uma série de diretrizes para aprovação de projetos de construção, demolição e modificações, em que o interessado deve manifestar interesse perante a prefeitura. Exige também que toda construção tenha um responsável técnico e obedeça a um projeto elaborado por profissionais legalmente habilitados, sendo considerados legalmente habilitados a projetar, construir, calcular e orientar os profissionais que satisfizerem às exigências da legislação do exercício das profissões de engenheiro e arquiteto e normas complementares do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CREA - e do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CONFEA.

ÁVILA (2011), defende que a compatibilização ao código de obras tem como fundamento a verificação de possíveis interferências, de forma sistêmica, apontando e propondo adequações necessárias para a equalização e o perfeito ajuste entre as especialidades envolvidas, reduzindo retrabalhos, custos e antecipando eventuais problemas e minimizando conflitos.

2.1.1 Diretrizes estabelecidas no processo de compatibilização e adequação ao código de obras

Para este estudo, as diretrizes estabelecidas para avaliação da potencialidade do uso do imageamento aéreo na compatibilização e adequação das edificações ao código de obras municipal foram:

1. Área do terreno: é a área total do imóvel, independentemente de estar construída ou livre. Deve ser indicada em metros quadrados.
2. Área ocupada pela construção: representa o somatório das áreas de pisos de uma edificação, inclusive as ocupadas por paredes e pilares. Deve ser indicada em metros quadrados.
3. Perímetro do terreno: é a soma das medidas dos lados da área do terreno. Deve ser indicada em metros.
4. Perímetro da construção: é a soma das medidas dos lados da área construída. Deve ser indicada em metros.
5. Recuos do terreno: Recuos são faixas junto aos limites do terreno que devem ficar livres de construções na frente, nos fundos e nas laterais do terreno. Devem ser indicados em metros.
 - Recuo frontal: é a distância que se deve deixar entre a construção e o limite da frente do terreno, onde este encontra-se com a calçada.
 - Recuo dos fundos: é a distância que se deve deixar entre a construção e o limite dos fundos do terreno, quando este dá fundos para um logradouro público (rua, beco, praça, etc.) e não para outro terreno particular.
 - Recuo lateral: é a distância que se deve deixar entre a construção e os limites dos lados do terreno, quando estes dão para logradouros públicos, como em terrenos de esquina, por exemplo.

2.2 VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

De acordo com a ANAC (2012), o Veículo Aéreo Não Tripulado – VANT é uma aeronave projetada para operar sem piloto a bordo e que não seja utilizada para fins meramente recreativos.

A ANAC (2017) comenta que o termo “drone” é utilizado popularmente para descrever qualquer aeronave que possua alto grau de automatismo. Todavia, a regulamentação da Agência não utiliza essa nomenclatura, mas sim “aeromodelos” e “aeronaves remotamente pilotadas” (RPA). O que diferencia essas duas categorias é a sua finalidade, sendo o aeromodelo considerado toda aeronave não tripulada com finalidade recreativa, enquanto a Aeronave Remotamente Pilotada, toda aeronave não tripulada com finalidade não recreativa.

Para Tatum e Liu (2017), um sistema de aeronave não tripulada (UAS), muitas vezes referido como drone, é um sistema de aeronave que é pilotado por um piloto no chão. O sistema inclui o próprio VANT, bem como o sistema de controle, que é feito por

equipamentos de solo e satélite, links de comunicação e um operador, os quais são necessários para operar a aeronave de maneira efetiva e segura.

Até recentemente, os veículos aéreos não tripulados (VANTs) ou drones eram desenvolvidos principalmente para fins militares. Esses sistemas eram aeronaves ou helicópteros controlados remotamente. Eles foram equipados com sensores precisos para reconhecer o alinhamento e a posição da aeronave (Siebert e Teizer, 2014).

2.2.1 Classificação do VANT

Há uma grande variedade de formas, tamanhos, configurações e características de VANTs. Eles podem ser controlados de duas formas, alguns a partir de um local remoto que pode ser de milhares de quilômetros de distância, em outro continente, e outros que voam de forma autônoma com base de voos pré-programados, usando complexos sistemas de automação dinâmica. A maioria deles permite que pilotos possam alternar os controles manuais e autônomos conforme as conveniências (PEGORARO *et al.*, 2013).

De acordo com o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial –nº 94 publicado pela ANAC (2017), os VANTs de uso comercial, corporativo ou experimental foram categorizados em três classes, de acordo com o peso máximo de decolagem do equipamento.

- **Classe 1 (acima de 150 kg)** –Prevê processo de certificação similar ao existente para as aeronaves tripuladas. E devem ser registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
- **Classe 2 (acima de 25 kg e abaixo de 150 kg)** – Estabelece os requisitos técnicos que devem ser observados pelos fabricantes e determina que a aprovação de projeto ocorrerá apenas uma vez. Também devem ser registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
- **Classe 3 (até 25 kg)** - Determina que operem além da linha de visada visual ou acima de 400 pés (120m). Devem ser de um projeto autorizado pela ANAC e precisam ser registrados e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula. Drones dessa classe que operem em até 400 pés (120m) acima da linha do solo e em linha de visada não precisam ser de projeto autorizado, mas devem ser cadastrados na ANAC. Os drones com até 250g não precisam ser cadastrados ou registrados, independentemente de sua nacionalidade (uso recreativo ou não).

2.2.2 Características da plataforma VANT

Para Udin e Ahmad (2014), as demandas de aerolevantamento aumentaram especialmente devido ao pequeno formato digital, o fato da plataforma oferecer vários modos de voo, como manual, semi-automatizado ou totalmente autônomo, ser fácil de construir e oferecer um preço acessível, comparado ao levantamento aéreo tripulado, além de maiores níveis de segurança.

De acordo com Parente (2016), os VANTs oferecem imagens em tempo real, podendo enviá-las à estação de base. Este procedimento permite avaliar a qualidade dos dados, e dessa forma efetuar novamente o procedimento para melhorar os resultados.

Segundo Siebert e Teizer (2014), a versatilidade e o baixo custo são algumas das principais características dessa ferramenta, pois os levantamentos oferecem a possibilidade de uma resolução temporal totalmente flexível, considerando que pode realizar vários voos em épocas diferentes na mesma área e são considerados mais baratos que aerolevantamentos por veículos aéreos tripulados. Além disso, é possível adquirir imagens aéreas com melhores resoluções espaciais, livre de interferência de obstáculos atmosféricos, como nebulosidade e gases. Sendo assim, obtêm-se imagens com alto grau de sobreposição, o que possibilita a visão tridimensional de objetos a partir de duas ou mais imagens planas tomadas de posições diferentes (estereoscopia).

Outra vantagem dos VANTs é a realização de voos em menores altitudes, acesso a áreas de difícil alcance ou que possam oferecer riscos, além de oferecer uma alta resolução temporal e espacial, velocidade de aquisição e transferência de dados, possibilidade de monitoramento ao longo dos anos através das imagens e facilidade de manobra das aeronaves.

2.2.3 Aplicações do VANT

De acordo com Udin e Ahmad (2014), os veículos aéreos não tripulados têm sido aplicados nas mais diversas áreas, como agricultura, vigilância, manutenção de estradas, gravação e documentação do patrimônio cultural.

Tatum e Liu (2017), afirmam que, atualmente, a maior aplicação do VANT é no ramo das indústrias de cinema e televisão, que se enquadra na categoria de fotografia aérea e vídeo. Logo em seguida as aplicações industriais, as quais incluem inspeção de infra-estrutura linear crítica, como oleodutos e gasodutos ou linhas de transmissão elétrica, inspeção de lâminas de turbinas eólicas com imagens de resolução superior. O setor imobiliário começou a explorar o uso de VANTs para realizar levantamentos aéreos e mapeamentos. Embora não seja o maior número de aplicações, o seu uso na agricultura de precisão está se tornando uma valorosa

ferramenta para as fazendas. Os VANTs estão sendo usados para determinar se as culturas precisam ser regadas e quando e onde investir fertilizantes para aumentar os rendimentos das culturas e diminuir as despesas agrícolas.

Para Iescheck *et al.* (2016), a diversidade de plataformas disponíveis no mercado, a custos variados, expandiu o leque de aplicações para as áreas de agricultura, silvicultura, mineração, monitoramento ambiental e de fronteiras e para a cartografia em geral. A flexibilidade da resolução temporal e a rapidez em executar um voo têm também a sua aplicação, em diversas regiões do mundo, no monitoramento de desastres e potenciais vítimas.

2.2.4 Estudos atuais com o VANT

De maneira geral, os estudos ainda são de caráter exploratório e têm apresentado resultados positivos. Alguns pesquisadores tem investido em sensores acoplados ao VANT (como infravermelho, laser scanner), assim como no desenvolvimento de algoritmos para o processamento de dados, sendo possível obter resultados precisos, capazes de identificar fissuras em estrutura de concreto (ESCHMANN *et al.*, 2012), desgastes de pavimentos (Parente *et al.*, 2018) e vistoriar o uso de equipamento de segurança (capacete) em canteiro (Melo, 2016).

Com base nas aplicações estudadas, observa-se que o VANT se apresenta como uma ferramenta tecnológica inovadora e de fácil uso, no entanto, o tratamento dos dados é dos grandes paradigmas, visto que grandes quantidades de dados são coletadas num curto período de tempo, exigindo a combinação de algoritmos e computadores com alta capacidade de processamento para tratar os ativos coletados. Estudos com finalidade em modelagem 3D são os que exigem maior capacidade de processamento, principalmente pela necessidade de software aplicados e de computadores compatíveis.

Observa-se que na construção civil, os estudos aplicados à segurança e monitoramentos ainda possuem uma abordagem mais qualitativa do que quantitativa, devido ao desconhecimento da contribuição da tecnologia para a melhoria dos processos e da dificuldade de processamento dos dados, devido à inexistência de software para analisar os dados sob a perspectiva de segurança. Para resolver esse impasse, atualmente os pesquisadores têm buscado explorar os recursos visuais fornecidos pelos ativos para compreender o potencial da tecnologia para aplicação em gestão, especialmente através da análise da percepção dos potenciais usuários baseado em estudos exploratórios e na literatura.

De acordo com os resultados da pesquisa realizada por Kim e Irizarry (2015), notou-se que 80% dos potenciais usuários da tecnologia VANT apresentam expectativas positivas

quanto ao uso de VANT, entretanto, devido ao caráter inovador, algumas limitações foram observadas, a grande influência que as características do sistema do VANT e da equipe envolvida em sua operação exercem sobre seu desempenho, como a falta de experiência para avaliar os benefícios envolvidos na atividade, uma vez que, ainda não se tem aplicações reais da tecnologia para este propósito.

Outras questões ainda desconhecidas são extremamente relevantes, tais como os impactos do ambiente regulatório sobre o uso dos VANT para a construção civil, a influência do uso do VANT sobre as atividades desenvolvidas em campo, a preocupação quanto à privacidade dos trabalhadores e terceiros, além dos riscos que podem estar relacionados ao uso do VANT em canteiros de obra.

Contudo, embora Teizer (2008) discuta que o desenvolvimento de métodos de processamento de dados de imagem tem alcançado um nível de precisão, devido à alta resolução dos ativos que lhes permite fornecer informações necessárias à tomada de decisões. No que se refere à aplicação do VANT, o desenvolvimento de procedimento sistemático para coleta e processamento de dados é imprescindível para a adoção da tecnologia na construção civil.

2.2.5 Limitações na Utilização dos VANTs

De acordo com Eisenbeiss (2009), VANTs, especialmente os de baixo custo, possuem limite de carga útil, dimensões dos sensores e peso, sendo que muitas vezes a limitação do peso dos sensores é determinante para a seleção de câmeras de pequeno e médio formato, de qualidade inferior. Resultando na necessidade de adquirir um maior número de imagens a fim de obter a mesma cobertura e resolução, em comparação com as câmeras de grande formato. Além disso, sensores de baixo custo normalmente são menos estáveis do que os sensores de alto custo, o que resulta em uma qualidade de imagem reduzida. Dessa forma, essas limitações de carga exigem o uso de unidades de baixo peso de navegação, o que implica em 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.

2.2.6 Ortofoto e ortomosaico

Atualmente fotografias em meio digital, devidamente corrigidas, são utilizadas como subsídio para o mapeamento. Dessa forma, a fotografia pode servir de base para a produção de mapas quando tratadas (ortorretificadas) e se forem adicionadas a alguns elementos básicos

de um mapa (escala, grade de coordenadas, etc.), então passam a ser ortofotos. Contudo, fotografias brutas não podem subsidiar a produção mapas. Isso ocorre devido a tomada da fotografia que representa uma realidade gerada a partir de uma projeção cônica central (de um ponto de visada), enquanto o mapa topográfico é gerado em projeção ortogonal à superfície mapeada (observador ao infinito). De acordo com Lima e Loch (1998), para que uma fotografia seja análoga a uma carta topográfica, a fotografia deveria atender a algumas condições ideais, sendo elas:

- Verticalidade do eixo ótico da câmara fotogramétrica;
- Linha de voo horizontal, sem variações na altitude do voo entre as tomadas de fotografias;
- Terreno plano e horizontal.

Entende-se que na realidade essas condições ideais são impossíveis de serem executadas, logo, existem procedimentos de correção das fotografias, sendo a ortorretificação uma delas. O mosaico pode ser entendido como um conjunto de fotos de escala aproximada, de uma determinada região, unidas de tal forma que todo o conjunto passa a ser uma única fotografia. Atualmente este procedimento é realizado via software, por exemplo, o Terra 3D e quando se usam fotos ortorretificadas origina-se, o ortomosaico.

Os mosaicos podem ser classificados em controlados, semi-controlados e não controlados, isso varia de acordo com o processo de produção e com o nível de controle.

A construção dos mosaicos controlados é feita a partir de fotografias retificadas na mesma escala. Para isso, utilizam-se pontos de controle, os quais são impressos em uma folha base sobre a qual são ajustadas as fotografias retificadas. Essas fotografias retificadas são imagens que consistem em modificar os ângulos referentes à atitude da câmara, bem como a distância focal, resultando em projetá-la, para um plano horizontal, segundo seu feixe perspectivo. Na ortorretificação são eliminadas as distorções causadas pelo relevo da área fotografada, pois há uma mudança da perspectiva cônica para a perspectiva ortogonal, além de remover as distorções relativas à atitude da câmara. Para a realização da ortorretificação é necessário às informações de inclinação, posição e distorção da câmara no instante da tomada das fotografias além de informações referentes ao terreno que são obtidas através do modelo digital de terreno (MDT) da mesma imageada.

Os mosaicos não-controlados são ideais para aqueles que não precisam de muita precisão, pois como são feitos a partir da justaposição das fotografias e pela observação de seus detalhes, são mosaicos de elaboração rápida. Um tipo de mosaico não controlado

especial é a foto índice, sendo visto nessas identificações de cada fotografia que forma o bloco e a capacidade de inserir a toponímia das mais importantes feições da área que foi fotografada.

Por fim, existem os mosaicos que misturam características dos mosaicos controlados e não-controlados, sendo chamados de mosaicos semi-controlados. Esse tipo de mosaico é formado a partir de fotografias aéreas retificadas ou não, sem ponto de controle ou com ponto de controle respectivamente. É direcionado para aqueles que precisam unir precisão e economia.

2.2.7 Componentes do sistema VANT

Conforme Austin (2010), um sistema VANT compreende uma série de elementos. Sendo eles: a estação de controle, a carga útil e a aeronave.

A estação de controle (ou estação central) geralmente possui base no chão, embora seja possível a bordo de um navio, ou no ar (em uma aeronave "mãe"). A base é o centro de controle da operação e a interface homem-máquina. É também onde as missões são pré-planejadas, quando, neste caso, pode ser conhecida como estação de planejamento e controle de missão. Com menos frequência, a missão pode ser planejada a partir de um centro de comando central e os dados da missão são enviados para a estação de controle para sua execução. A partir da estação de controle, os operadores "falam" com a aeronave através do sistema de comunicação de ligação ascendente para direcionar seu perfil de voo e para operar os vários tipos de "cargas úteis" que ele carrega.

Da mesma forma, através do link de comunicação a aeronave retorna informações e imagens aos operadores. As informações podem incluir dados das cargas úteis, informações de status nos subsistemas da aeronave (dados de manutenção) e informações de posição. O lançamento e a recuperação da aeronave podem ser controlados a partir da estação de controle principal ou de uma estação de controle de satélite (subsidiária). A estação de controle normalmente abriga os sistemas de comunicação com outros sistemas externos. Estes podem incluir meios de aquisição de dados meteorológicos, transferência de informações para outros sistemas da rede, tarefas de alta autoridade e relatórios de informações de volta a essa ou a outras autoridades.

De acordo com Austin (2010), o tipo e o desempenho das cargas úteis são conduzidos pelas necessidades da tarefa operacional. Estes podem variar de:

(a) subsistemas relativamente simples consistindo em uma câmera de vídeo não estabilizada com uma lente fixa, com massa de até 200g, através de

- (b) um sistema de vídeo com maior capacidade de alcance, empregando uma lente de comprimento focal mais longo com facilidade de zoom, estabilizado em giroscópio e com função pan e tilt com uma massa de cerca de 3-4 kg, para
- (c) um radar de alta potência com uma massa e com suas fontes de alimentação, possivelmente de até 1000 kg.

Alguns possuem uma combinação de diferentes tipos de sensores, dentro de um módulo de carga útil ou em uma série de módulos. Os dados desses vários sensores podem ser processados e integrados para fornecer informações aprimoradas ou informações que não podem ser obtidas usando um único tipo de sensor. Por exemplo, as imagens de uma câmera de vídeo colorida com visor óptico (luz), de uma câmera de imagem térmica (calor) e possivelmente de um sistema de varredura de radar podem ser fundidas. Assim, a imagem térmica e a imagem do radar podem adicionar informações escondidas na imagem óptica. A imagem de cor óptica irá adicionar discriminação, resolução e contraste não disponíveis a partir do contraste reduzido da imagem térmica ou na menor resolução da imagem do radar. Além disso, a redução do desempenho de um sensor em condições diferentes de luz ou atmosféricas de precipitação ou poluição pode ser compensada pelos sensores complementares. As imagens ou outros dados obtidos por esses sistemas são processados de modo que possam ser transmitidos via down-link para a estação de controle ou outro destino conforme apropriado.

Para Austin (2010), no que diz respeito à aeronave, o tipo de desempenho é determinado principalmente pelas necessidades da missão operacional. A principal tarefa da aeronave é transportar a carga útil da missão para o seu ponto de aplicação, mas também tem que carregar os subsistemas necessários para operá-lo. Esses subsistemas incluem o link de comunicação, o equipamento de estabilização e controle, o combustível, a energia elétrica e a estrutura e mecanismos básicos necessários para que a aeronave seja lançada, para realizar sua missão e para ser recuperada. Outros determinantes significativos no projeto da configuração da aeronave são o alcance operacional, velocidade e resistência exigidos pelo requisito da missão. O requisito de resistência e alcance determinará a carga de combustível a ser transportada. A obtenção de uma pequena carga de combustível e um desempenho maximizado exigirá um sistema de propulsão eficiente e uma aerodinâmica de ótima estrutura.

O requisito de velocidade determinará de forma mais fundamental se será usada uma aeronave mais leve ou uma configuração de aeronave conversível com asa rotativa ou, ainda, uma conversível mais pesada.

2.3 REGULAMENTAÇÃO AÉREA

Apesar de avanços em vários países no que tange a emendas e a leis regulatórias, sendo permitido o uso desse tipo de aeronaves, o que se tem atualmente é um espaço aéreo não compartilhado com as demais aeronaves. Se tratando do Brasil, de acordo com a FAB (2015), o Departamento de Controle do Espaço Aéreo - DECEA, em consonância com outros órgãos, vem trabalhando a fim de possibilitar a inserção do VANT no espaço aéreo de forma segura e controlada, do mesmo modo que vem fazendo com as aeronaves tripuladas desde que estas começaram a voar no País.

Para Rodrigues (2015), a possibilidade de introdução do VANT em espaço aéreo não segregado ampliaria as oportunidades de exploração comercial, trazendo, consequentemente, mais pesquisa e desenvolvimento em um ciclo virtuoso.

Clothier *et al* (2015), apontam os principais riscos de segurança relacionados ao VANT: colisão entre o drone e uma aeronave convencionalmente pilotada (CPA) e falhas do drone em áreas povoadas, sendo a preocupação principal o potencial dano às pessoas a bordo de outras aeronaves e nos residentes das regiões atingidas.

Em concordância, Contrera *et al.* (2011), afirmam que as colisões aéreas com obstáculos ou aeronaves tripuladas geram preocupações sobre a forma de integração dessa nova tecnologia com o espaço aéreo conhecido atualmente, visto que elas podem provocar danos a propriedades, perda das aeronaves envolvidas, perda de vidas humanas nas aeronaves tripuladas atingidas e risco das pessoas no solo que venham a ser atingidas pelos destroços de um acidente. Sendo assim, a falta de capacidade *sense and avoid* obriga essas aeronaves a voar em espaço aéreo segregado.

2.3.1 Regulação da ANAC

De acordo com a FAB (2015), para a operação de um VANT deve ser solicitada à ANAC a expedição de um Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE). O CAVE é o certificado de aeronavegabilidade que pode ser emitido para voo experimental, com os propósitos de pesquisa e desenvolvimento, treinamento de tripulações e/ou pesquisa de mercado, sendo expressamente proibido o uso para outros propósitos que não aqueles para os quais o certificado foi emitido, seja transportando pessoas ou bens com fins lucrativos.

A ANAC estabelece os requisitos para que seja emitido um CAVE para um VANT. De acordo com a Instrução Suplementar - IS Nº 21-002 da ANA (2012), o requerente deve fazer o requerimento junto à ANAC fornecendo todos os dados do RPAS, descrição da operação desejada, dos membros da equipe, manuais e programa de manutenção. A ANAC

fará então uma avaliação de segurança e inspeção de aeronavegabilidade para deliberar pela emissão ou não do CAVE. O certificado possui validade de 1 ano, devendo nova solicitação ser feita após esse período, caso seja do interesse do operador. A ANAC ressalta que o mesmo pode ser suspenso ou cancelado caso não sejam cumpridas as condições e limitações do CAVE ou caso a operação da aeronave se dê de forma negligente, descumprindo os regulamentos aéreos. É pré-requisito para emissão do CAVE a aeronave estar registrada no Registro Aeronáutico Brasileiro - RAB, bem como possuir marcas de matrícula, o que também é feito pelo RAB.

2.3.2 Regulação da DECEA

Em posse do CAVE, a operação do VANT estará condicionada à autorização do Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA.

De acordo com a FAB (2015) qualquer objeto que se desprenda do chão e seja capaz de se sustentar na atmosfera, com propósito diferente de recreação, está sujeito às regras de acesso ao espaço aéreo brasileiro. Desse modo, todo voo de Aeronaves Remotamente Pilotadas precisa de autorização do DECEA, assim como no caso das aeronaves tripuladas.

A solicitação de autorização de voo para o VANT deverá ser encaminhada ao DECEA, por meio do Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo - CINDACTA.

Com a finalidade de proporcionar um acesso ordenado e seguro dos VANTs ao espaço aéreo brasileiro, o DECEA (2010) define os requisitos para aprovação da solicitação:

- a) a operação de qualquer tipo de VANT não deverá aumentar o risco para pessoas e propriedades (no ar ou no solo);
- b) garantia de manter, pelo menos, o mesmo padrão de segurança exigido para as aeronaves tripuladas;
- c) a proibição do voo sobre cidades, povoados, lugares habitados ou sobre grupo de pessoas ao ar livre;
- d) os VANTs deverão se adequar às regras e sistemas existentes, e não receberão nenhum tratamento especial por parte dos Órgãos de Controle de Tráfego Aéreo;
- e) o voo só poderá ocorrer em espaço aéreo segregado, sendo proibida a operação em espaço aéreo compartilhado com aeronaves tripuladas;
- f) quando for utilizado aeródromo compartilhado para a operação do VANT, as operações devem ser paralisadas.

2.3.3 Regulamentação da ANAC

No Brasil, a ANAC aprovou, em maio de 2017, um regulamento especial para utilização de aeronaves não tripuladas, o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC –E nº 94. De acordo com a ANAC, objetivo é tornar viável a operação desses equipamentos, preservando a segurança das pessoas.

A normativa estabelece os requisitos mínimos e foi elaborada levando-se em conta o nível de complexidade, de risco envolvido nas operações e os tipos de equipamentos. A regulamentação abrange tanto o uso profissional das aeronaves – RPA - quanto o uso recreativo (aeromodelos).

Um importante ponto da regulamentação é a restrição de operação dos RPAS sobre áreas públicas. A normativa define ainda que a distância da aeronave não tripulada para as pessoas não envolvidas com a operação ou não anuentes não seja inferior a 30 metros. Porém, para anuentes e com a distância de 30 metros respeitada, o voo pode ser liberado desde que preencham todos os requisitos das normativas: do DECEA, ICA 100-40, ICA 100-12, ICA 100-17, da ANAC, RBAC-E 94. Estão previstas algumas exceções para a operação de voo por órgãos oficiais de governo, porém, ainda não está claro se órgãos rodoviários se enquadram nessa ressalva.

Conforme a ANAC (2017), os drones de uso comercial, corporativo ou experimental (RPA) foram categorizados em três classes, de acordo com o peso máximo de decolagem do equipamento. Além disso, os pilotos das três classes de RPA deverão ter idade mínima de 18 anos. Exige-se seguro com cobertura de danos a terceiros para os RPA acima de 250 gramas, com exceção de órgãos de segurança pública e Defesa Civil. Os voos com aeromodelo e RPA com até 250 g não precisam ser registrados.

De acordo com a ANAC (2017), os drones com mais de 250g só poderão voar em áreas com distância horizontal mínima de 30 metros de terceiros, sob total responsabilidade do piloto. A distância especificada não precisa ser observada caso exista uma barreira de proteção entre o equipamento e as pessoas. Para voar com drones com mais de 250g perto de pessoas é necessário que elas concordem previamente com a operação.

3 METODOLOGIA

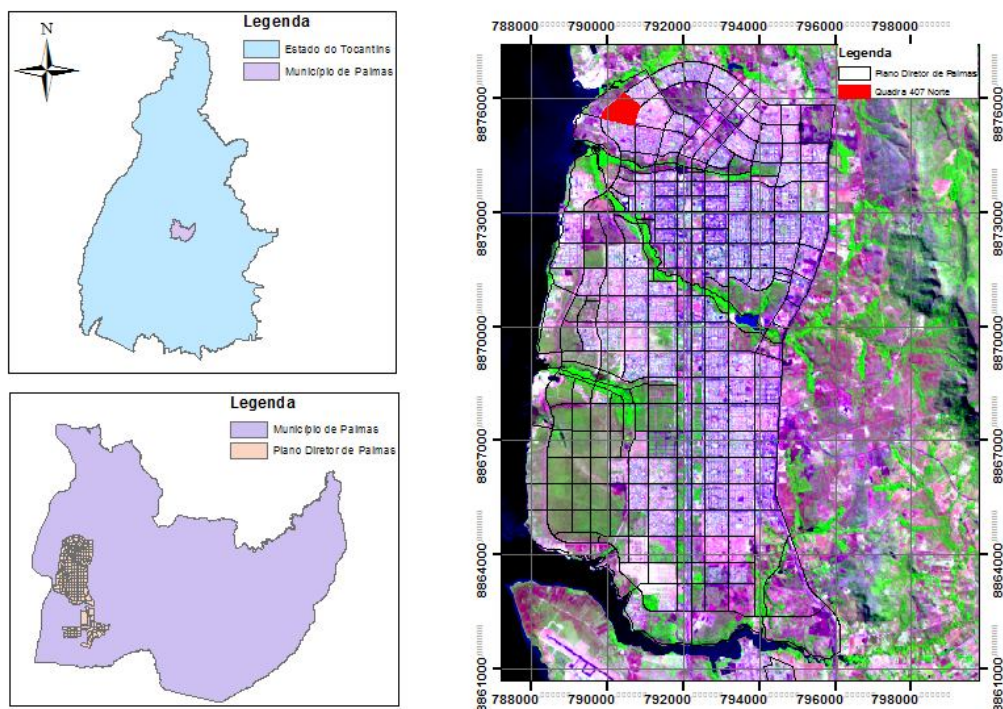
São apresentados aqui os materiais e métodos que serão utilizados nesta pesquisa, bem como as áreas de estudo e o que motivou as escolhas para a realização do trabalho de campo. Destacam-se ainda as características e especificidades dos equipamentos utilizados na aquisição das imagens, descrições dos softwares que foram utilizados e suas aplicações em cada etapa da pesquisa, planejamento dos voos, os parâmetros e as técnicas utilizadas para a obtenção das fotos e processamento do ortomosaico e análise do resultado final.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a quadra 407 Norte, localizada no plano diretor Norte do município de Palmas, Figura 1. As visitas a quadra foram realizadas nos dias 09 de Agosto de 2018 e 05 de Setembro de 2018.

A quadra 407 Norte possui área de 50,86 ha e perímetro de 2.919,42m, por ser um loteamento antigo possui alta taxa de ocupação, tendo como data de registro e início de sua ocupação em 20/07/1998. A escolha dessa área de amostragem deve-se ao fato de ser uma quadra antiga da cidade.

Figura 1. Área de estudo.



Fonte: Autor, 2018.

3.2 MATERIAIS

3.2.1 VANT eBee softwares para voo e processamento de imagens

Para a coleta das imagens foi utilizado o veículo aéreo não tripulado do modelo eBee (Figura 2). A aeronave compreende uma plataforma com sensores específicos acoplados que permitem a obtenção de imagens fotográficas e vídeos. A aeronave traz incorporados sensores que possibilitam a estabilidade do equipamento em missão, bem como a transmissão de dados que garantem o acompanhamento direto da execução do voo.

Figura 2. VANT modelo eBee



Fonte: Autor, 2018.

O planejamento de voo foi elaborado por meio da estação base com o seguinte conjunto: o software eMotion 2, responsável pela programação do voo e execução do trajeto da aeronave, e uma antena transmissora, que permite o acompanhamento em tempo real do sobrevoo, bem como o envio de comandos de pouso, mudanças de direção ou tomada de imagens. A interface do programa mostra informações importantes sobre o nível de bateria,

temperatura ambiente, altitude, posição, duração e velocidade do voo, velocidade do vento, resolução e sobreposição longitudinal e latitudinal da área a ser sobrevoada, altitude e link do rádio.

Para processamento das imagens e geração dos mosaicos ortorretificados, a aeronave também dispõe de software específico, o Terra 3D. Nesse processo os pontos capturados pelo GPS da aeronave são associados a cada uma das imagens.

3.2.2 Base

A base de controle de voo da aeronave constitui-se de uma maleta de alumínio ligada a um notebook com o software eMotion 2 instalado e configurado, além de um rádio transmissor, conforme mostra a Figura 3. A partir da máquina ligada ao rádio transmissor foram controladas e assistidas todas as etapas do voo programado.

Figura 3. Base do eBee



Fonte: Autor, 2018.

A comunicação ininterrupta garante permanentemente que informações sejam recebidas e encaminhadas à aeronave.

3.2.3 Dispositivo de captação de imagem (câmeras)

A câmera utilizada na captura das imagens possui as seguintes características: modelo Canon RGB S110, adequada e compatível com sistema do eBee e o aplicativo de formação de ortomosaico. Sensor Live MOS de 12,3 megapixels, com uma gama ISO de 100 a 6400, capacidade de gravar imagens em RAW (12-bit de compressão sem perdas), JPEG, JPEG + RAW, estabilizador de imagem e uma velocidade máxima do obturador de 1/4000s, podendo disparar até 3 quadros por segundo.

3.3 PROCEDIMENTOS

Antes de iniciar o voo foi efetuada uma verificação dos sistemas da aeronave para se assegurar de que o veículo estava pronto. Ainda em solo foram feitas análise das cargas das baterias para assegurar que elas estavam carregadas, além de verificar se o ambiente de decolagem está livre de obstáculos, tais como fiações, postes, vegetação, entre outros, permitindo assim a perfeita decolagem e pouso do equipamento.

3.3.1 Planejamento e trajetória do voo

O plano estabelecido para a presente pesquisa vislumbrou a obtenção de imagens que garantissem melhor distinção dos objetos na superfície e maior precisão para o levantamento de áreas ocupadas e recuos das edificações. Para tal, foi feito um sobrevoo com sobreposição das imagens da ordem de 50% na longitudinal e 75% na lateral. A sobreposição de imagens garante que as faixas possam ser sobrepostas entre si através de pontos homólogos entre duas ou mais imagens na área comum e formem um único bloco.

O voo é realizado em voltas paralelas, trata-se da representação do terreno por meio de fotografias expostas sucessivamente ao longo de uma direção, formando uma faixa de voo.

3.3.2 Aquisição de imagens

A plataforma aérea captura imagens fotográficas de até 12 km² e em áreas menores voando em altitudes mais baixas, podem chegar até 3,5cm por pixel. Com o intuito de aumentar a estabilidade da aeronave, o motor é desligado automaticamente no momento da tomada da fotografia, evitando as vibrações do motor para a câmera.

3.3.3 Montagem do ortomosaico

O mosaico devidamente georreferenciado foi obtido após uma série de etapas, que envolveram a remoção dos erros e distorções causados pelo processo de aquisição das imagens, que visou orientar as figuras com relação umas às outras e com relação à cena

completa. Nesse processo também foi realizado a correção radiométrica das cores para que não ocorra descontinuidade entre elas.

Esse processamento das imagens feito pelo software compatível com modelo do sensor da aeronave, que dispõe de GPS de navegação acoplado, que possibilitou a obtenção de pontos de controle na própria imagem, referenciadas no sistema de coordenadas UTM. DATUM WGS84, FUSO 22L.

3.3.4 Levantamento de dados no ortomosaico

Após a geração do ortomosaico e com o auxílio do software arcGIS, as edificações foram identificadas, foram criados dois polígonos para cada edificação, um polígono correspondente a área total e um polígono correspondente a área construída. Com a ferramenta editor, e por meio da ferramenta de calculadora de campo do software arcGIS, calculadas as áreas e perímetros e com a ferramenta “medições” foram calculados recuos para as edificações.

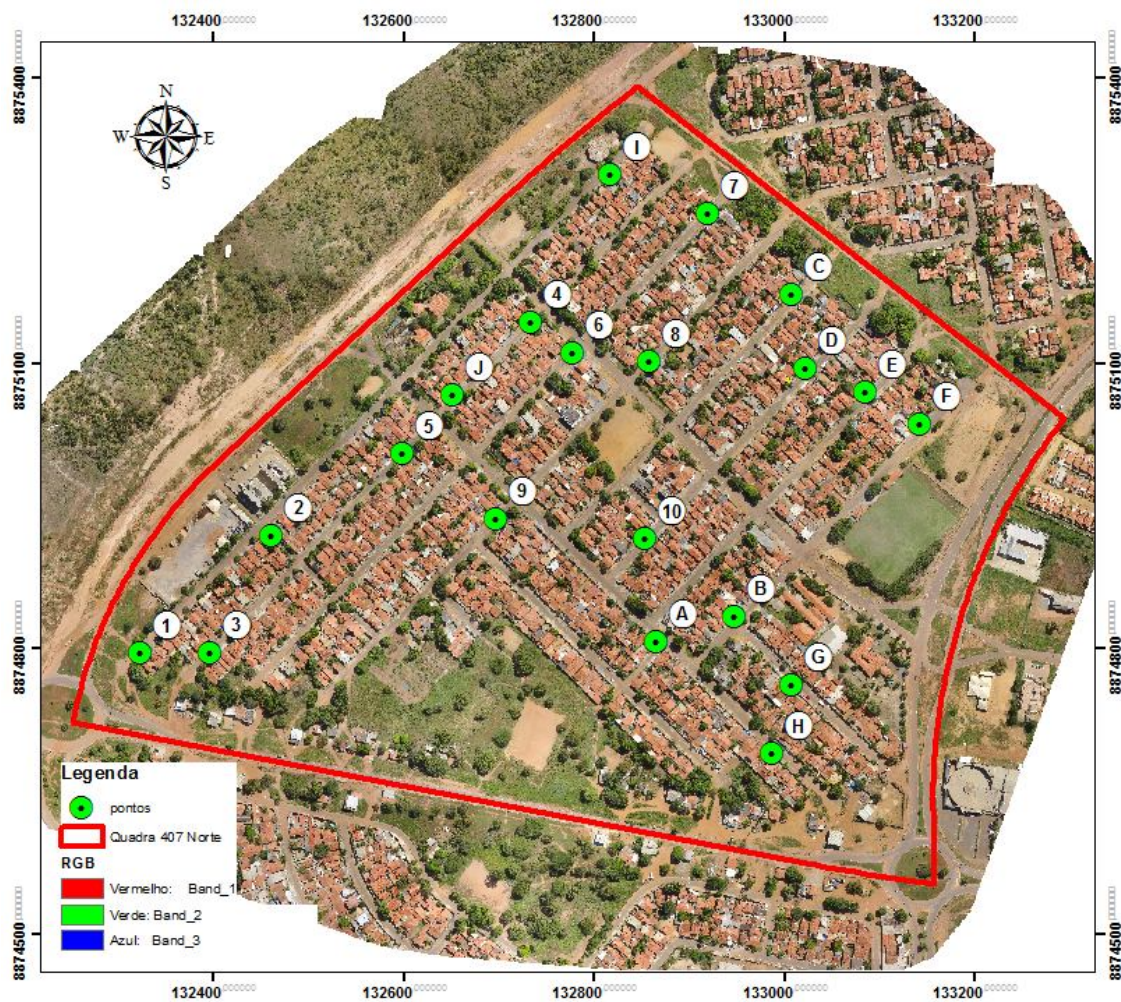
A segunda atividade foi realizada através do software Excel 2010, atendendo demandas de cálculo de taxa de ocupação, além da diferença entre as áreas e perímetros de cada polígono gerado a partir das edificações identificadas no mosaico analisado.

Após a vetorização das edificações, os resultados obtidos foram confrontados com as diretrizes estabelecidas pelo Código Municipal de Obras, sendo elas: área construída, taxa de ocupação, recuos, taxa de permeabilidade, com a finalidade de verificar a potencialidade do uso desses produtos na compatibilidade e adequação dessas edificações.

3.3.5 Levantamento de dados em campo

A fim de verificar a confiabilidade dos dados extraídos do ortomosaico, foram escolhidos de 20 pontos, de forma bem distribuída, isentos de interferências e obstáculos possibilitando a medição correta, tais como: copas de árvores, veículos, sendo 10 trechos em ruas e avenidas e 10 trechos em vias de passeio de pedestre, de modo que a unidade amostral trouxesse diferentes tipos de medição, subsidiando assim a aferição da confiabilidade da ferramenta no levantamento proposto. A Figura 4 mostra a distribuição dos pontos escolhidos, representados com numeração arábica os pontos em ruas e avenidas e com letras do alfabeto os trechos em passeio.

Figura 4. Distribuição de pontos escolhidos em ruas e avenidas.



Fonte: Autor, 2018.

Após a definição dos pontos, foram levantados em campo os seus respectivos comprimentos. Com o mosaico gerado e com auxílio do software arcGIS, foram levantados os mesmos dados, dos mesmos pontos e confrontados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante dos estudos realizados a partir da metodologia descrita, podê-se confrontar os produtos levantados no ortomosaico com as diretrizes estabelecidas no código de obras do município e finalmente discutir a potencialidade do uso do VANT na verificação da compatibilidade e adequação de edificações ao código de obras do município.

4.1 ALCANCE E AUTONOMIA DO VOO

A quadra 407 Norte tem formato regular e área de 50.860 m², o que facilitou o alcance de sobrevoo. A autonomia de voo também estabeleceu um limite de distância entre a área de decolagem e o percurso feito pela aeronave durante o imageamento. A duração do voo foi de 19 minutos e 30 segundos, correspondendo a um consumo de bateria de aproximadamente 70%. No sobrevoo foi recoberta área total de 94,41 ha em tempo total efetivo de voo de 19,30 minutos, resultando em uma produtividade de 4,84 ha/min. A alta produtividade se deve a baixa velocidade do vento, o que permitiu melhor desempenho da aeronave. A altura adotada foi de 120m, e resolução em solo correspondente de 4 cm por pixel.

O alcance do link de rádio estabelecido entre a aeronave utilizada nesta pesquisa e a plataforma de controle não ultrapassou os 3.000m de limite estabelecido pelo equipamento, o que possibilitou a utilização de pontos mais adequados para sobrevoo e decolagem, ou seja, áreas livres de obstáculos, mais afastadas e pouco urbanizadas, todas dentro dos limites de alcance do rádio e da autonomia de voo. Atrelado ao fator alcance de comando, estão o alcance em visada da aeronave durante as missões, que possibilita a correção de qualquer intercorrência como, erro no planejamento de vôo, necessidade de mudança de rota em razão de inobservância de obstáculos, podendo assim, se constatado a tempo evitar maiores danos.

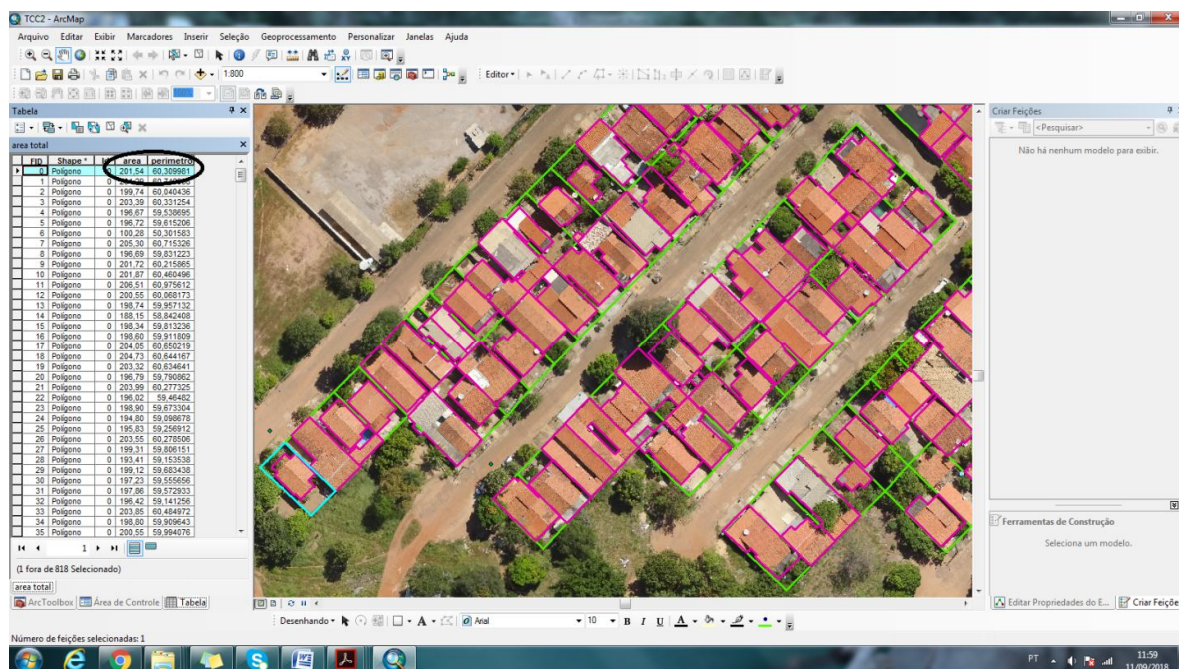
4.2 QUALIDADE DO ORTOMOSAICO GERADO

Para o estudo de potencialidade sobre a utilização da tecnologia VANT na verificação da compatibilidade e adequação de edificações ao código de obras do município, foi sobrevoada uma quadra totalmente urbanizada dentro do perímetro urbano, objetivando a busca por maior número de edificações a serem vetorizadas e confrontadas com as diretrizes preestabelecidas no código de obras.

Após a realização de todo processo referente aos itens anteriores, nesta etapa foi possível realizar a elaboração de mapas temáticos. O processo foi realizado por meio

através da plataforma do ArcGis 10.2.2e do ortomosaico de imagens obtidas no sobrevoo. Nessa etapa de vetorização a plataforma informa através da tabela de atributos a área e perímetro de cada unidade, conforme apresentado na Figura 5.

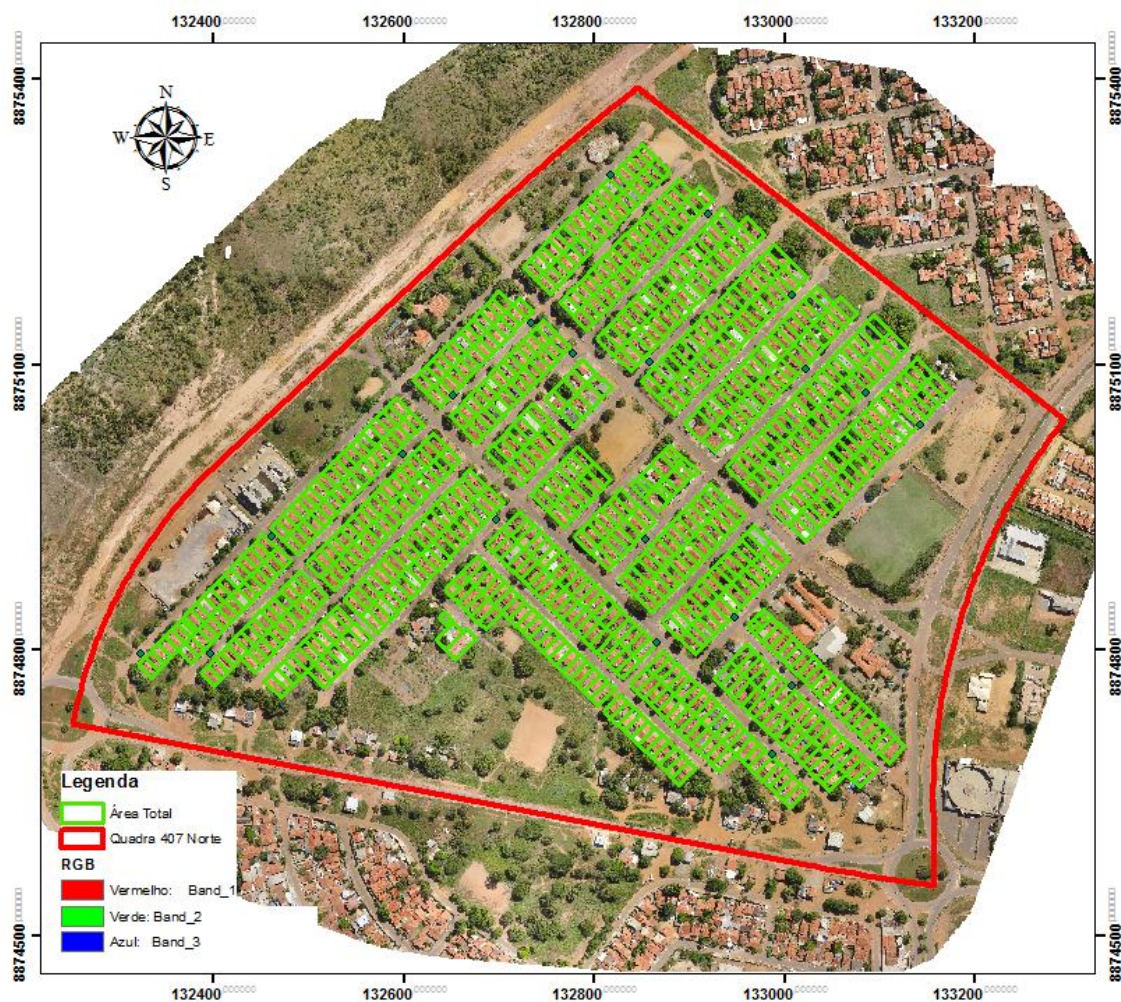
Figura 5. Tabela de atributos da plataforma ArcGis.



Fonte: Autor, 2018.

Na Figura 6, é apresentado o resultado final da vetorização de todos os lotes murados na quadra.

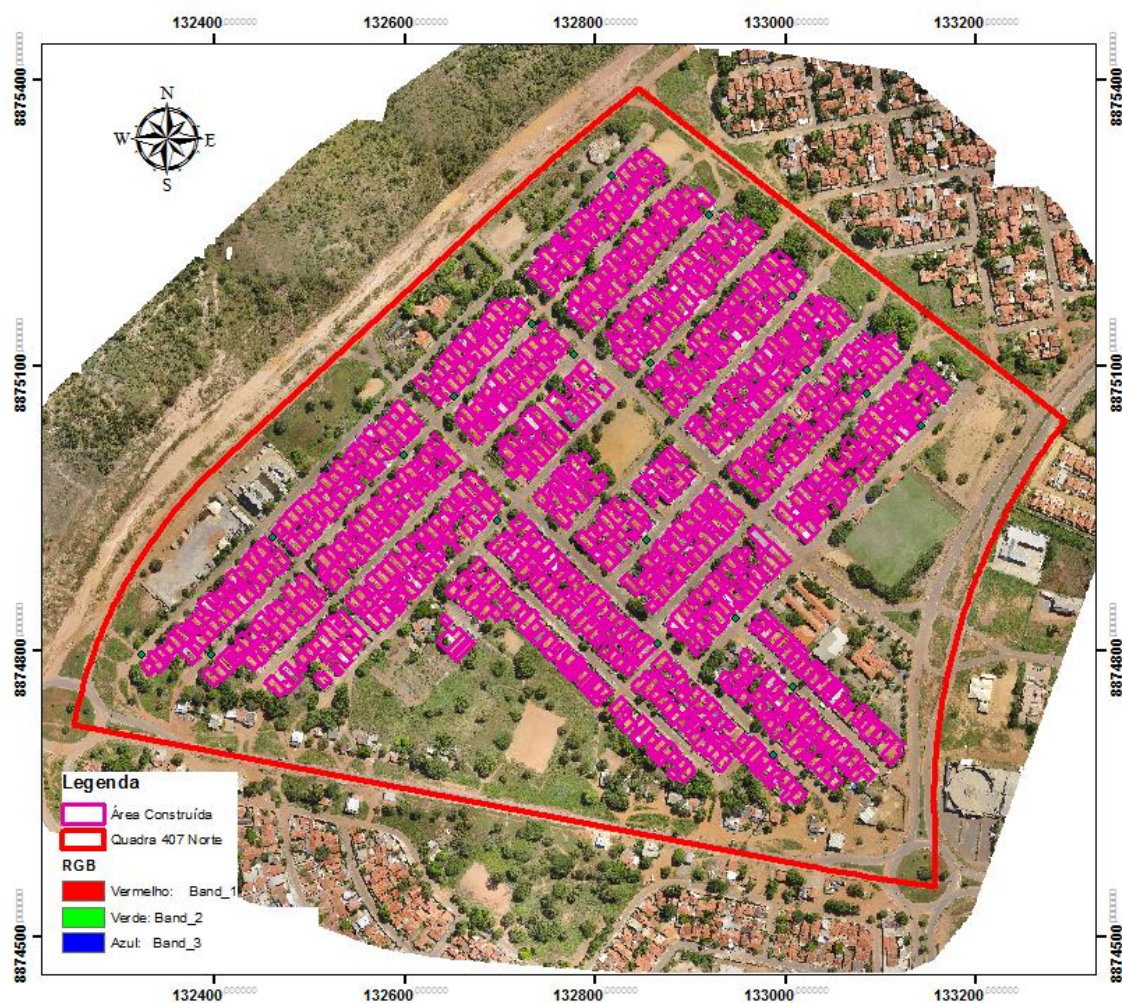
Figura 6. Mosaico com as áreas totais na quadra 407 Norte.



Fonte: Autor, 2018.

Na Figura 7, é apresentado mapa temático contendo a área construída dos lotes vetorizados na quadra, o procedimento foi análogo a vetorização da área total dos lotes, por intermédio da plataforma do ArcGis 10.2.2.

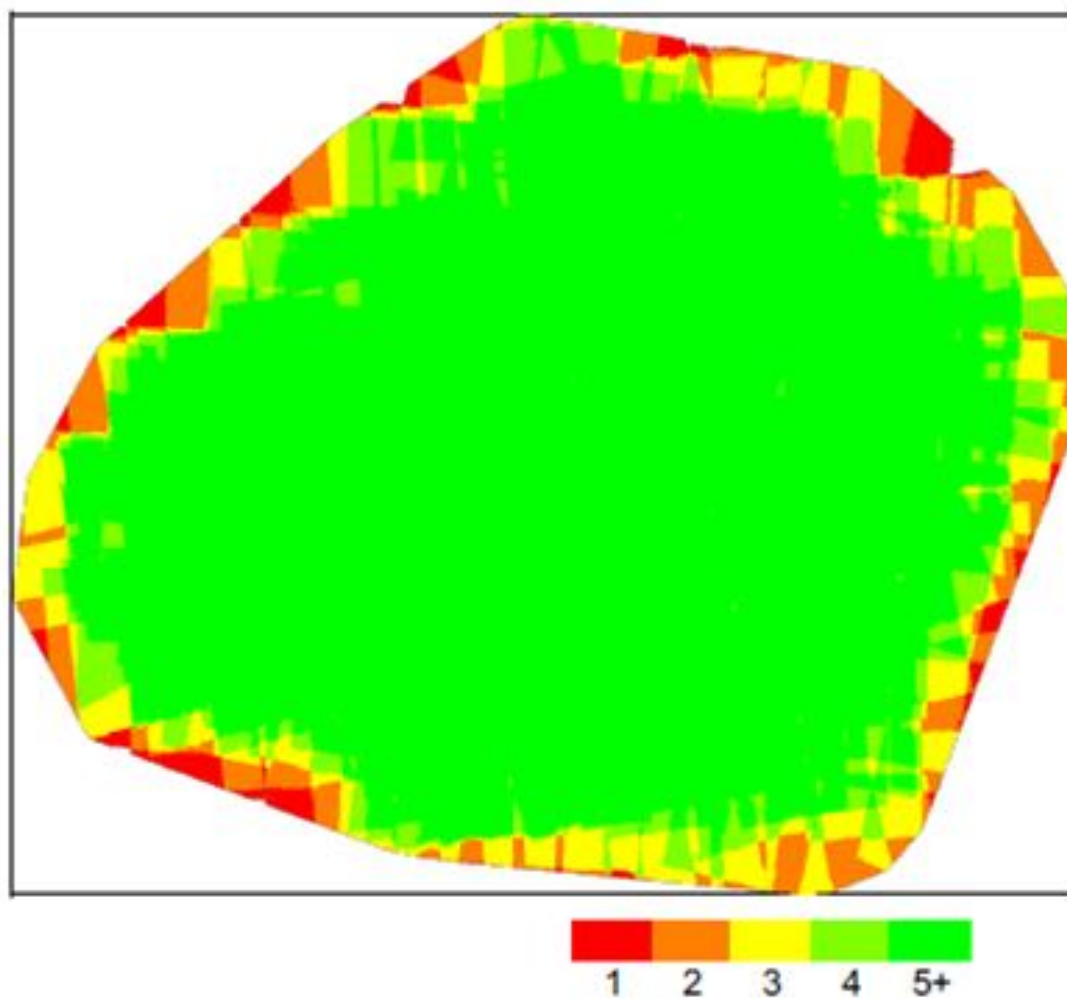
Figura 7. Vetorização da área construída.



Fonte: Autor, 2018.

Apesar da alta taxa de sobreposição de imagens, observada no mapa de sobreposição de imagens gerado (figura 8), em que as áreas verdes indicam uma sobreposição de mais de 5 imagens para cada pixel, foram observadas distorções geométricas, que foram potencializadas por se tratar da vetorização de polígonos com a geometria bem definida, compostos de vértices e arestas.

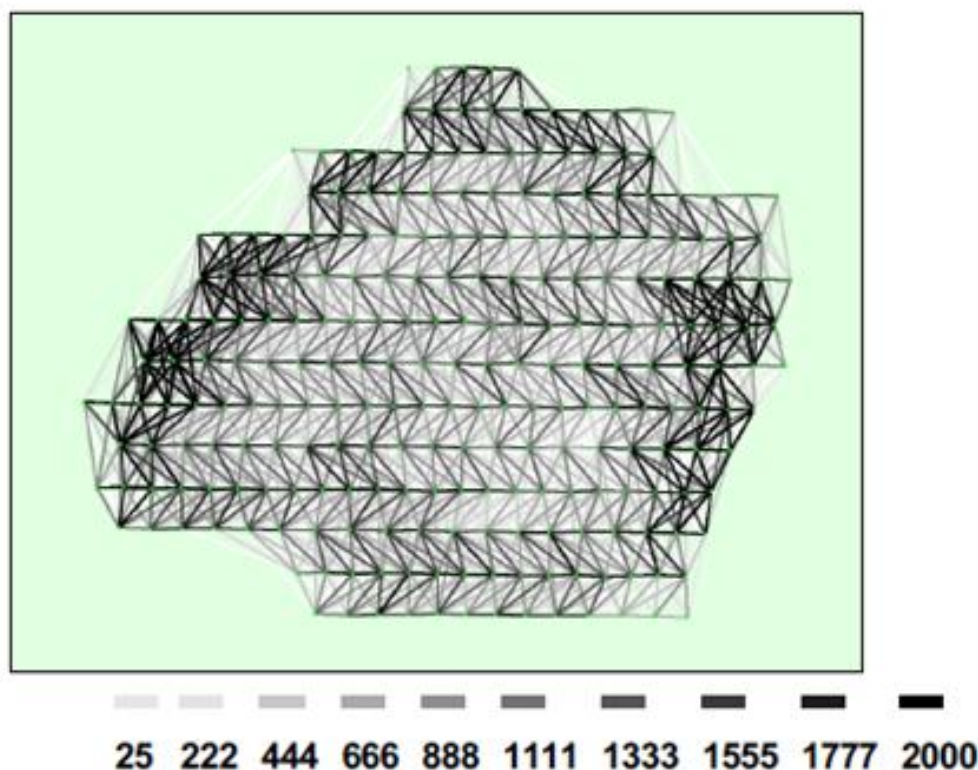
Figura 8. Número de imagens sobrepostas calculadas para cada pixel do ortomosaico.



Fonte: Autor, 2018.

Além da sobreposição de imagens, resultados de qualidade são gerados, desde que o número de correspondências de pontos-chave também seja suficiente para essas áreas. Conforme pode ser verificado na Figura 9, nota-se uma grande variação de tons de cinza, sendo que a escuridão dos links indica o número de “pontos-chave” entre as imagens, links brilhantes indicam links fracos e exigem pontos de empate manuais ou mais imagens, justificando a existência de distorções na imagem.

Figura 9. Número de combinações correspondente entre as imagens.

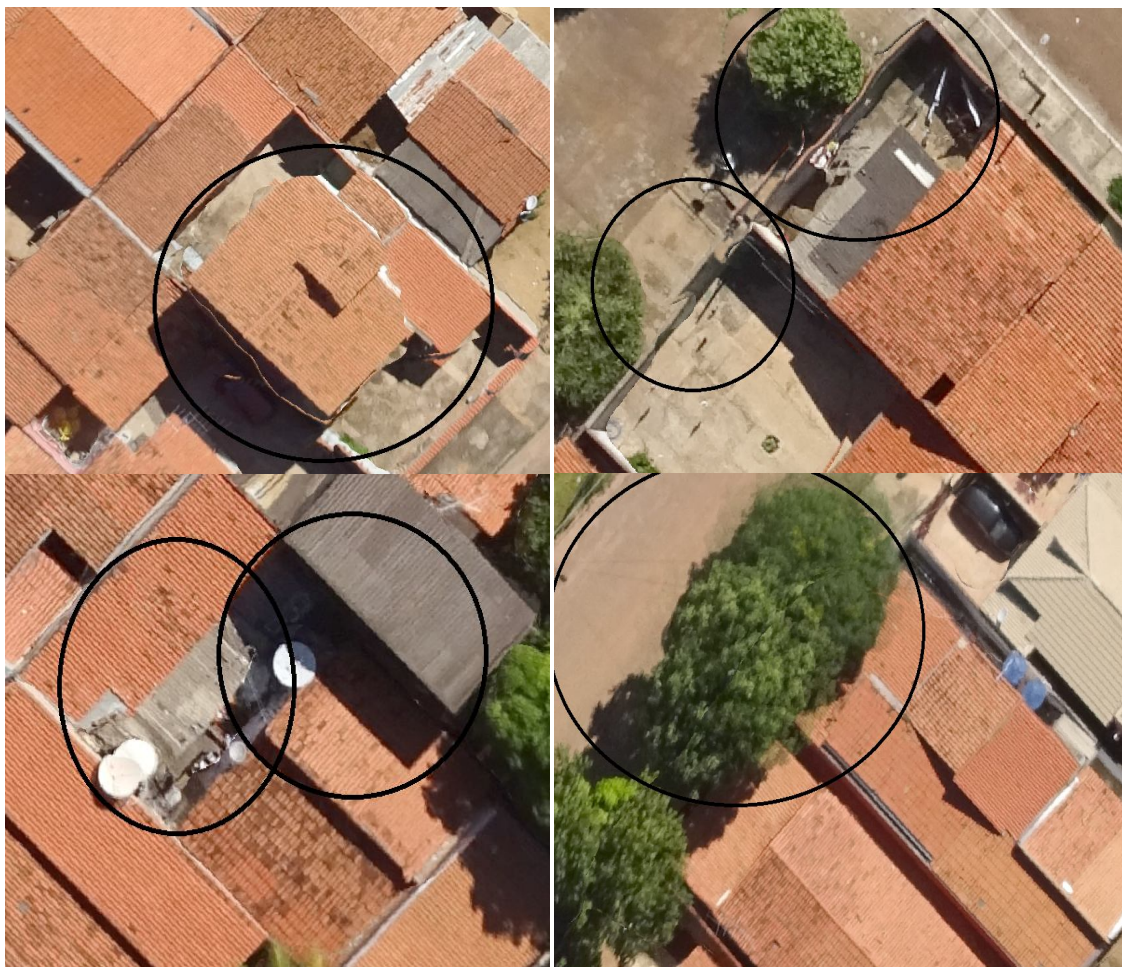


Fonte: Autor, 2018.

Alguns pontos apresentam imagens inclinadas, gerando muro inclinado e sombreamento, dificultando a precisão. Também foi possível notar sombreamento causado pela diferença de nível entre as edificações, uma hipótese para a inclinação das imagens e sombreamento é a posição do sol no horário dos voos, responsável pela projeção das sombras, seja qual for a superfície, em algumas situações o aspecto supracitado pode interferir e ser o fator limitante na precisão do levantamento das medidas.

Outro fator que dificultou a precisão das medidas foi a existência de muitas espécies arbóreas, cujas copas de árvores cobriam os limites dos lotes e as edificações, figura 10.

Figura 10. Distorções em vértices e arestas das edificações, sombreamento por diferença de altura e copa de árvores e construção anexa.



Fonte: Autor, 2018.

A figura 11 apresenta algumas dificuldades encontradas, tais como a existência de edificações com anexo dentro do mesmo lote, situação corriqueira em loteamentos antigos. Outro fator que dificultou a vetorização foi a existência de muros desalinhados e beiral que ultrapassa o limite do lote, a hipótese é de que as construções antigas foram feitas com menor rigor e tecnologia, bem como não seguimento das diretrizes do código de obras do município, facilitado pela falta de fiscalização dos órgãos públicos.

Figura 11. Muros desalinhados, construção anexa e beiral.



Fonte: Autor, 2018.

Braz *et al* (2015), afirma que deve ser levado em consideração que os mosaicos gerados pelo VANT no decorrer de seu processamento são automaticamente georreferenciados e corrigidos geometricamente pelo software responsável, gerando uma imagem final da área sobrevoada, sendo atribuído a esta imagem pontos de referência com coordenadas e projeção cartográfica. Sendo o processo da geração do mosaico, coleta automática de pontos de VANT, georreferenciamento e correções nas imagens realizado automaticamente pelo software de processamento, o que otimiza o tempo de coleta de pontos de controle em campo, além de suprir algumas horas de trabalho que seriam utilizadas para a distribuição de alvos e levantamentos de pontos conhecidos em campo, além do georreferenciamento manual destas imagens.

No entanto, de acordo com Parente (2016), produtos gerados sem pontos notáveis de campo apresentam uma diferença na precisão planimétrica da imagem quando comparada às imagens geradas com inserção de pontos de controle obtidos com GPS geodésico. Contudo,

apesar de apresentar distorções no produto final, as distorções observadas não foram significativas no processo de vetorização dos imóveis, permitindo com sucesso o levantamento dos dados.

4.3 ANÁLISE DA VETORIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES DOS PRODUTOS OBTIDOS COM O VANT

Como já mencionado anteriormente, as edificações foram vetorizadas de forma a extrair as seguintes diretrizes: área do terreno, área ocupada pela construção, perímetro do terreno, perímetro da construção e recuos do terreno, o que possibilitou a análise da taxa de ocupação do solo pré-estabelecida pelo Código Municipal de Obras e Lei N° 386, de 17 de fevereiro de 1993 que dispõe sobre a divisão da Área Urbana da Sede do Município de Palmas em Zonas de Uso e dá outras providências.

A região é classificada como a Área Residencial (AR), para a Habitação Unifamiliar os usos admitidos são os seguintes: a) Habitação Singular; b) Habitação Geminada; c) Habitação Seriada.

Foram identificadas 816 edificações, a fim de chegar a conclusão do quão relevante seria a aplicação da ferramenta VANT no processo de compatibilidade e adequação das edificações da região. A tabela 1 apresenta o resultado da compatibilização das edificações referentes a taxa de ocupação do solo e de permeabilidade. De acordo com o Código Municipal de Obras, as taxas máximas de ocupação para as áreas residenciais (AR) é de 60% (sessenta por cento) do lote, respeitando os afastamentos mínimos obrigatórios e o índice de permeabilidade do solo de 25% (vinte e cinco por cento).

Tabela 1- Dados de Taxa de Ocupação do Solo e de Permeabilidade.

Quant. De Edificações	Taxa de Máxima Ocupação do Solo (<=60%)	Taxa de Ocupação do Solo (>60%)	Taxa de permeabilidade (>=25%)	Taxa de permeabilidade (<25%)
816	307	509	550	266

Fonte: Autor, 2018.

Conforme apresentado na Tabela 1, foram identificadas 307 edificações que atenderam a taxa de ocupação máxima definida pelo Código Municipal de Obras, o que representa aproximadamente 37,58% das edificações totais. O fato de mais de 62% das edificações apresentarem taxa de ocupação superior ao permitido por lei se deve

principalmente ao processo de ocupação desordenado da quadra, de maneira regular e irregular e sem a implementação do código de obras integrado. Nota-se também que apesar da alta taxa de edificações irregulares, 67,32% das edificações atenderam a taxa de permeabilidade mínima.

A Tabela 2 apresenta os resultados referentes aos afastamentos mínimos obrigatórios, sendo eles o afastamento de frente, de fundo e laterais. De acordo com o Código de Obras, são exigidos os seguintes afastamentos mínimos: Frente - 5,00, Fundo - 2,00 m, Laterais - 1,50 m em uma das laterais e nulo na outra. Sendo a distância mínima entre as edificações de 1,50m (um metro e cinquenta centímetros). No caso de lotes menores ou iguais a 200,00 m² são exigidos os seguintes afastamentos mínimos: Frente - 3,00 m, Fundo - 2,00 m e Lateral – nulo. No caso de lote de esquina, o afastamento mínimo de frente exigido em relação a maior frente é de 2,5 m (dois metros e meio).

Tabela 2- Dados de recuos.

Recuo de Frente	Recuo de Fundo	Recuo de Lateral	Recuo entre edificações no mesmo lote
53	416	680	121

Fonte: Autor, 2018.

Analisando os dados da Tabela 2, nota-se que apenas 6,50% das edificações atenderam a exigência do recuo de frente, 50,98% atenderam ao recuo de fundo, aproximadamente 80,51% atenderam a exigência dos recuos de lateral e 83,33 % atenderam ao recuo entre as edificações. Foram identificadas 169 edificações com anexo, no qual 121 edificações, cerca de 71,60 % atenderam a exigência da Lei. Apesar da alta taxa de atendimento aos recuos, principalmente o lateral, apenas 350 edificações, representando 42,89 %, atenderam a todos os afastamentos mínimos obrigatórios. Ao comparar os resultados da Tabela 1 e da Tabela 2, temos que 215 edificações, aproximadamente 26,35%, atenderam a todas as diretrizes pré-estabelecidas pelo Código de Obras.

Destaca-se que a geração de informações geométricas úteis por meio do sensoriamento remoto por VANTs para identificação compatibilização e adequação de edificações ao código de obras se mostra viável tecnicamente e economicamente, tendo alcançado o objetivo de produzir imagens com melhores resoluções a um baixo custo, de forma programada e sem a interferência do recobrimento de nuvens.

Tomando o fator tempo para a compatibilização e adequação das edificações, o que se percebe é que ele pode ser reduzido. Esta redução do tempo está vinculada a quão difícil seria a obtenção desses dados sem as imagens aéreas. No entanto, deve ser repetido que a compatibilização e adequação das edificações não devem depender da obtenção das imagens, pois há casos que a avaliação in loco é muito mais rápida e eficiente. Entretanto, conforme maiores e mais dispersas as áreas avaliadas, maior a aplicabilidade das imagens obtidas e maior economia de tempo poderão trazer nesse processo. O uso dessas imagens pode ser justificado também se houver dificuldade no acesso, dentro ou fora do perímetro urbano.

4.4 ANÁLISE DE PRECISÃO PLANIMÉTRICA

O produto final do processamento das imagens resultou em um ortomosaico com boa resolução, que possibilitou as medições com precisão. A Figura 12 confronta a imagem obtida pela aeronave (esquerda) com a imagem obtida em campo de um trecho de via com pavimento asfáltico. O refinamento da resolução utilizada no processo de obtenção das imagens trouxe uma riqueza de detalhes que permitiu além da medição, a especificação do material e a existência de algumas patologias. Como pode ser observado também na Figura 12, ponto 10 a presença de desgaste, exsudação e buraco.

Figura 12. Imagem do ortomosaico e imagem de campo.



Fonte: Autor, 2018.

De acordo com o código de obras do município, os itens referentes a área total são medidos em metro quadrado, onde são levantados os comprimentos dos trechos por largura dos lotes. Como não se adotou uma edificação em específico onde fossem apresentadas todas as medidas, foram levantados os comprimentos dos trechos previamente estabelecidos. Procurando obter a acurácia das medidas extraídas do mosaico, estas também foram comparadas com as dimensões levantadas em campo (dados reais). A Tabela 3 apresenta os comprimentos de 10 trechos em ruas e avenidas obtidos por meio do levantamento em mosaico e em campo. Percebe-se que as variações são relativamente pequenas, como por exemplo, no ponto 6, a medida extraída por meio do ortomosaico foi 7,80 m e a medida em campo de 7,83m, apresentando desvio de 3,0 cm, a maior variação dentre os trechos levantados.

Tabela 3- Dados de medição de travessias de vias.

Nº	Comprimento Ortomosaico (m)	Comprimento Campo (m)	Variação (m)	Diferença Individual (%)
1	9,93	9,96	-0,03	0,30
2	5,97	6,00	-0,03	0,50
3	7,36	7,38	-0,02	0,27
4	8,08	8,10	-0,02	0,25
5	8,00	8,02	-0,02	0,25
6	7,80	7,83	-0,03	0,38
7	8,12	8,15	-0,03	0,37
8	7,80	7,83	-0,03	0,38
9	7,99	8,02	-0,03	0,37
10	7,96	7,99	-0,03	0,38

Fonte: Autor, 2018.

A Tabela 4 apresenta as medidas lineares obtidas em trecho de passeio, onde também se obteve precisões consideráveis, com variação de 0,0 cm.

Tabela 4- Dados de medição dos passeios.

Nº	Comprimento Ortomosaico (m)	Comprimento Campo (m)	Variação (m)	Diferença Individual (%)
A	2,93	2,95	-0,02	0,68
B	2,80	2,80	0,00	--
C	2,70	2,72	-0,02	0,74
D	3,05	3,08	-0,03	0,97
E	2,90	2,90	0,00	--
F	2,50	2,52	-0,02	0,79
G	2,77	2,80	-0,03	1,07
H	2,86	2,87	-0,01	0,35
I	2,92	2,94	-0,02	0,68
J	2,70	2,73	-0,03	1,10

Fonte: Autor, 2018.

Ao comparar os dados de travessias e de passeios, percebe-se que a variação máxima entre os dados de passeio e travessias em pavimento foi igual, da ordem de 3,0 cm, no entanto, essas variações individuais obtidas podem ter sido ocasionadas pela projeção da sombra de obstáculos, o que dificultou o levantamento das medidas em alguns pontos no mosaico. Em algumas situações o aspecto supracitado pode interferir e ser o fator limitante na precisão do levantamento das medidas, ou seja, a posição do sol no horário dos voos é responsável pela projeção das sombras, seja qual for a superfície. Como forma de coibir tais interferências, pode-se planejar voos com maior sobreposição do trajeto e em horários entre as 10h e 11h da manhã. No entanto, mesmo diante das dificuldades encontradas, pode-se observar que a variação percentual individual não ultrapassou 1,1% em ambas as situações, o que atesta o grau de confiabilidade do uso de imagens obtidas por meio de veículo aéreo não tripulado no levantamento dos quantitativos e, conseqüentemente, no processo de compatibilização e adequação das edificações ao código de obras da cidade de Palmas - TO.

5 CONCLUSÃO

A obtenção de imagens da superfície terrestre a partir da ferramenta VANT utilizada nessa pesquisa traz inovação, agrega agilidade e precisão, além da possibilidade da análise à distância. Além disso, estabelece novos padrões em termos de resolução temporal e espacial, tendo em vista que oferece a possibilidade de uma revisita rápida para a obtenção de maior nível de detalhamento da área imageada, possibilitando o esclarecimento de incertezas na fase de vetorização.

Na avaliação visual das imagens obtidas pelo sensor, RGB, observou-se grande riqueza de informações, o que facilitou a vetorização das edificações. No que se refere a vetorização das edificações, enquanto no método tradicional o projetista deve mensurar objeto por objeto, percorrendo toda extensão da quadra, a tecnologia VANT permite a extração dos quantitativos de forma ágil após a geração do mosaico, tendo alcançado o objetivo de produzir imagens com melhores resoluções a um baixo custo, de forma programada e sem a interferência do recobrimento de nuvens, confirmando a sua viabilidade técnica e econômica.

No que se refere ao levantamento dos comprimentos dos trechos, observou-se que existe uma diferença pouco significativa em termos percentuais entre os dados levantados nos mosaicos gerados e os levantados em campo. Além disso, os levantamentos por meio do mosaico gerado demonstraram ser rápidos.

A metodologia mostrou-se, portanto, promissora, por apresentar resultados rápidos e precisos, podendo ser utilizada como subsídio no processo de compatibilização e adequação de edificações da região norte de Palmas – TO ao código de obras.

Além disso, as novas tecnologias empregadas para fins de mapeamento, no que diz respeito a produtos obtidos com VANT podem auxiliar na manutenção e atualização de bases cadastrais de referência para representar novas edificações em uma determinada área de estudo em curto período de tempo.

Contudo, a ferramenta utilizada aqui não visa substituir a metodologia convencional utilizada e sim agregar novas informações ao método hoje empregado, maximizando as informações por meio de imagens georreferenciadas, que poderão ser consultadas em momento oportuno, possibilitando o esclarecimento de incertezas presentes na fase de compatibilização e adequação dessas edificações.

6 RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS

- Desenvolver estudos comparativos entre áreas de estudo com características diferentes.
- Desenvolver estudos que avaliem a aplicação de ortofotos, modelos 3D em diferentes escalas e panorâmicas na construção civil.
- Verificar e comparar a eficácia entre os aplicativos eMotion e PIX4D para a realização do voo.
- Utilizar anemômetro para medir a interferência da velocidade do vento.
- Desenvolver estudos que avaliem a aplicação de diferentes sensores para o processo de inspeção com VANT;

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. de C. **Estudo sobre o uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) para mapeamento aéreo com fins de elaboração de projetos viários**. Dissertação- Engenharia Civil. Universidade Católica de Pernambuco. Recife. 2014.

AUSTIN, R. **Unmanned Aircraft Systems: UAVs design, development and deployment**. Wiltshire: John Wiley& Sons Ltd, 2010.

ÁVILA, V. M. **Compatibilização de projetos na construção civil Estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2011.

BARROS, E. R. O.; MAFRA F. F. H. M. G.; ANDRADE, M. de O.; SATO, S. S. **As potencialidades e limitações do uso do VANT no monitoramento de faixas de domínio de rodovias federais**. Recife, PE, 2017. Originalmente apresentada como dissertação de Mestrado. Universidade Federal De Pernambuco. 2017.

BESSA, K.; OLIVEIRA, C. F. P. Ordem e desordem no processo de implantação de Palmas: a capital projetada do Tocantins. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 21, n. 2, p. 497-517, ago. 2017. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/117161>>. Acesso em: 6 fev. 2018.

BRASIL. ANAC. **IS Nº 21-002 Revisão A**, de 04 de outubro de 2012. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-21-002a/@@display-file/arquivo_norma/IS%2021-002A.pdf>. Acesso em: 6 fev 2018.

BRASIL. ANAC. **Regras sobre drones**. 2017. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2018.

BRASIL. ANAC. **Requisitos Gerais Para Aeronaves não Tripuladas de Uso Civil – RBAC – E nº 94**, de 02 de maio de 2017. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf>. Acesso em: 22 fev 2018.

BRAZ, A. M. et al. Análise da aplicação de VANT na atualização de cadastro florestal com uso de pontos de controle. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. João Pessoa Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015.

Você sabe a diferença entre VANT, DRONE e RPAS? Disponível em: <<https://www.drondrones.com.br/single-post/2017/01/06/Voc%C3%AA-sabe-a-diferen%C3%A7a-entre-VANT-DRONE-e-RPAS>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

CLOTHIER, R. A.; GREER, D. A.; GREER, D. G.; MEHTA, A. M. Risk Perception and the Public Acceptance of Drones. **Risk Analysis**. Brisbane, Queensland, v. 35, p. 1167-1183, jun, 2015.

CONTRERAS, C.T. et al. Análise dos parâmetros atuais de classificação de UAV para aplicação civil. **Revista Conexão Sipaer**, v. 2, n.3, ago, 2011.

DINIZ, M. I. L. et al. Código de obras: um estudo da ferramenta para reter os impactos ambientais causados pelas cidades. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 3, 2015, João Pessoa. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. João Pessoa: UFPB, 2015.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. **Saiba mais sobre voo de drones**. 2015. Disponível em: <<http://fab.mil.br/noticias/mostra/21519/ESPA%C3%87O-A%C3%89REO---Saiba-mais-sobre-voo-de-%60%60drones%C2%B4%C2%B4>>. Acesso em: 6 fev. 2018.

GIUFFRIDA, F. Property Drone Consortium. **Potential Uses and Considerations Regarding the Use of UAS Technology in Assessment**. 2015. Disponível em: <<http://propertydrone.org/wp-content/uploads/2017/01/Potential-Uses-and-Considerations-Regarding-the-use-of-UAS-Technology-in-Assessment-c.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2018.

IESCHECK, A. L.; SOUZA, DE G.; FARINA, F. Mapeamento de cobertura e uso da terra com veículo aéreo não tripulado (VANT). Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 6, 2016, Recife. **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife: UFPE, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Projeto - Código de Obras**. 2011. Disponível em: <http://www.ibam.org.br/projeto/3>. Acesso em: 10 fev. 2018.

INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO DE PALMAS. **Revisão Do Plano Diretor Participativo De Palmas – Modelo Espacial**. Palmas, TO, jun, 2017.

LIMA, D. et al. A utilização de VANT (drone) para fins de regularização fundiária urbana de interesse social. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2016, Foz do Iguaçu. **Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**. Foz do Iguaçu. Rafain Palace Hotel & Convention Center. 2016. p. 1-5.

MELO, R. R. S. de. **Diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obra por meio de imageamento com veículo aéreo não tripulado (VANT)**. Salvador, BA, 2016. Originalmente apresentada como dissertação de Mestrado. Universidade Federal Da Bahia. 2016.

PARENTE, D. C.; PICANÇO, A. P.; LIMA, S. N. Utilização de veículo aéreo não tripulado no levantamento de serviços para orçamentação de redes coletoras de esgoto e de abastecimento de água. **Revista Dae**, v. 66, n. 213, p. 76-84, out-dez, 2018.

PARENTE, D. C.; FELIX, N. C.; PICANÇO, A. P. Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico. **Revista Alconpat**, v. 7, n. 2, p. 160-171, mai-ago, 2017.

PARENTE, D. C.; FELIX, N. C.; PICANÇO, A.P. **Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de resíduos de construção civil (RCC) dispostos em locais inadequados**. Palmas, TO, 2016. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Tocantins, 2016.

PEGORARO, A. J. **Estudo do potencial de um veículo aéreo não tripulado/ quadrotor, como plataforma na obtenção de dados cadastrais**. Florianópolis, SC, 2013. Originalmente apresentada como dissertação de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina. 2013.

RODRIGUES, E. S. Aspectos regulatórios da operação de veículos aéreos não tripulados. IN: CONGRESSO RIO DE TRANSPORTES, 13, 2015, Rio de Janeiro. **Anais do XIII Rio de Transportes**. Rio de Janeiro. 2015. p. 14.

SIEBERT, S.; TEIZER, J. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. **Automation in Construction**. Georgia, Atlanta. v.41, p. 1-14. 2014.

SOUSA, H. L. de. Sensoriamento Remoto com VANTs: uma nova possibilidade para a aquisição de geoinformações. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, PR. v. 5, n. 3, p. 326-342, jul/set. 2017.

TATUM, M. C.; LIU, J. Unmanned Aircraft System Applications In Construction. **Procedia Engineering**, v. 196, p. 167-175, jun, 2017.

TOCANTINS. Lei n. 045, de 22 de março de 1990. Altera a Lei n. 31, de 7 de dezembro de 1989, que estabelece o Código Municipal de Obras. Palmas, TO, 1990.

UDIN, W. S; AHMAD, A. Assessment of Photogrammetric Mapping Accuracy Based on Variation Flying Altitude Using Unmanned Aerial Vehicle. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. V. 18, 2014. Disponível em: < <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/18/1/012027/pdf> >. Acesso em: 6 fev. 2018.