

José Vinícius da Costa Paixão

O USO DO IMAGEAMENTO ÁEREO COMO FERRAMENTA PARA A VERIFICAÇÃO
DA COMPATIBILIDADE E ADEQUABILIDADE DE EDIFICAÇÕES AO CÓDIGO DE
OBRAS DE PALMAS – TO

Palmas – TO

2020

José Vinícius da Costa Paixão

O USO DO IMAGEAMENTO ÁEREO COMO FERRAMENTA PARA A VERIFICAÇÃO
DA COMPATIBILIDADE E ADEQUABILIDADE DE EDIFICAÇÕES AO CÓDIGO DE
OBRAS DE PALMAS – TO

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

Orientador: Prof. Me. Dênis Cardoso Parente.

Palmas – TO

2020

José Vinícius da Costa Paixão

O USO DO IMAGEAMENTO ÁEREO COMO FERRAMENTA PARA A VERIFICAÇÃO
DA COMPATIBILIDADE E ADEQUABILIDADE DE EDIFICAÇÕES AO CÓDIGO DE
OBRAS DE PALMAS – TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito final para a obtenção do tí-
tulo de bacharel em Engenharia Civil do Centro Univer-
sitário Luterano de Palmas (CEULP ULBRA).

Orientador: Prof. Me. Dênis Cardoso Parente.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Dênis Cardoso Parente.

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Me. Daniel Iglesias Carvalho.

Prof. Examinador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof.

Prof. Me. Roldão Pimentel de Araújo Junior.

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2020

Dedico este trabalho a todos que me motivaram a escrever desde sua primeira letra até o seu último ponto final.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeira a Deus.

Aos meus pais e ao meu irmão, âncoras da minha vida, refúgio e consolo, alegria e felicidade.

Aos meus tios e primos que me apoiaram e ajudaram no começo desta jornada: obrigado pelo carinho.

A toda minha família, que me apoia constantemente.

Aos meus amigos, que mesmo longe, motivaram-me em meus objetivos, prestando carinho e sendo bons ouvintes.

Aos meus colegas, que foram parceiros nesta caminhada acadêmica. Torço para que também sejamos parceiros na vida profissional.

Aos professores de Engenharia, pelo conhecimento, apoio, e pelos momentos de riso e seriedade; em especial, ao meu professor orientador, pela compreensão e confiança depositados em mim desde o primeiro momento. Meu muito obrigado.

A todos que, de alguma forma, caminharam junto comigo nas andanças da vida: vocês também são importantes para mim.

“If I have seen further, it’s by standing on the shoulders of Giants”.

Sir Isaac Newton.

RESUMO

PAIXÃO, José Vinícius da Costa. **O uso do imageamento aéreo como ferramenta para a verificação da compatibilidade e adequabilidade de edificações ao código de obras de Palmas – TO**. 2020. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2020.

O uso do imageamento aéreo como ferramenta para verificação da compatibilidade e adequabilidade de edificações é uma das possibilidades de emprego dos recursos da plataforma VANT, por causa de sua capacidade de gerar imagens com alta resolução espacial e temporal. Em vista disto, este trabalho objetivou verificar a aplicabilidade dessa ferramenta e sua acurácia quando empregada na compatibilização e adequação de edificações ao código de obras do município de Palmas – TO. Para isso, empregou-se metodologia que permitisse a verificação da precisão geométrica de um ortomosaico produzido com um VANT. O Setor Bertaville, localizado no Plano Diretor Sul, em Palmas – TO foi a área estudada; realizou-se levantamento de dados em campo e de dados no ortomosaico produzido a partir de sobrevoo realizado na área. Após, confrontaram-se as informações coletadas com as diretrizes estabelecidas pela legislação de uso e ocupação de solo e do código de obras, e por último, comparou-se a precisão destas informações com a precisão de outro trabalho que empregou a mesma metodologia. Os resultados mostram que, em se tratando de compatibilização e adequação, 69% das edificações amostradas obedecem às condições de ocupação máxima, e 94% obedece às condições de taxa de permeabilidade; além disso, os produtos gerados pelo uso da plataforma VANT tem boa confiabilidade geométrica, com valores de desvio geométrico da ordem de 1% no máximo, oferecendo informações planimétricas de forma rápida e com baixo custo; entretanto, são fatores intervenientes na qualidade da ortoimagem as condições de tempo e de voo do veículo durante a missão.

Palavras – Chaves: Veículo aéreo não-tripulado (VANT). Código de Obras. Imageamento aéreo urbano. Planimetria.

ABSTRACT

PAIXÃO, José Vinícius da Costa. **The use of aerial imaging as a tool to check the compatibility and adequacy of building's construction code of Palmas-TO**. 2020. 63 f. Undergraduate thesis. Civil Engineering, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2020.

The use of aerial imaging as a tool for verifying the compatibility and adequacy of buildings is one of the possibilities of using the resources of the UAV platform, because of its ability to generate images with high spacial and temporal resolution. In view of this, this work aimed to verify the applicability of this tool and its accuracy when used in the compatibility and adequacy of buildings to the construction code of the municipality of Palmas - TO. For this, a methodology was used to allow the verification of the geometric precision of an orthomosaic produced with an UAV. The Setor Bertaville, located in the South Master Plan, in Palmas – TO, was the studied area; a survey of data in the field and data in the orthomosaic produced from overflight carried out in the area was carried out. Afterwards, the information collected was compared with the guidelines established by the legislation for the use and occupation of land and the construction code, and finally, the accuracy of this information was compared with the accuracy of another work that used the same methodology.. The results shown, when it comes to compatibility and adequacy, 69% of the buildings sampled obey the conditions of maximum occupation, and 94% obey the conditions of permeability rate; in addition, the products generated by the use of the UAV platform have good geometrical reliability, with geometric deviation values of the order of 1% at most; the products generated by the use of the UAV platform have good geometric reliability, offering planimetric information quickly and at low cost; however, intervening factors in the quality of the orthoimage are the weather conditions and the flight of the vehicle during the mission.

Key Words: Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Municipal Building Code. Urban aerial imaging. Planimetry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1. Tipos de drones. Da esquerda para a direita: asa fixa (a), asa rotativa (b), dirigível (c) e asa batidora (d). | 24 |
| Figura 2. Fluxo de trabalho empregado por Feitosa (2018). | 28 |
| Figura 3. Fluxo metodológico empregado neste trabalho. | 29 |
| Figura 4. Mapa de localização da área de estudo - Setor Bertaville. | 30 |
| Figura 5. Área imageada do Setor Bertaville. | 31 |
| Figura 6. VANT eBee. | 32 |
| Figura 7. Estação base empregada. | 33 |
| Figura 8. Tabela de Atributos produzida no ArcGis. | 35 |
| Figura 9. Polígonos gerados na plataforma ArcGis. | 36 |
| Figura 10. Pontos Amostrais. | 37 |
| Figura 11. Imagem do ortomosaico (à esquerda) e imagem do campo (à direita). | 39 |
| Figura 12. Imagem do ortomosaico (à esquerda) e imagem do campo (à direita). | 40 |
| Figura 13. Imagem do ortomosaico (à esquerda) e imagem do campo (à direita). | 40 |
| Figura 14. Imagem do ortomosaico (à esquerda) e imagem do campo (à direita). | 41 |
| Figura 15. Distorção geométrica em arestas de construções. | 41 |
| Figura 16. Distorção geométrica em vértices e arestas de muro. | 42 |
| Figura 17. Corpo arbóreo em linha de divisa. | 43 |
| Figura 18. Beiral sobrepondo linhas de divisa, com sombreamento. | 43 |
| Figura 19. Obras em andamento, com levante de alvenaria. | 44 |
| Figura 20. Estrutura de telhado aguardando telhamento e vigas baldrame com pintura impermeável. | 44 |
| Figura 21. Depósito de resíduos de construção em terreno baldio e terreno murado sem construção. | 45 |
| Figura 22. Taxa Máxima de Ocupação. Figura 23. Taxa Mínima de Permeabilidade. | 47 |
| Figura 24. Cobertura de Garagem. | 49 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Dados de atendimento de recuos, em %. | 49 |
| Tabela 2. Percentual de atendimento de recuos. | 50 |
| Tabela 3. Dados de levantamento de calçadas. | 52 |
| Tabela 4. Dados de levantamento em ruas. | 52 |
| Tabela 5. Dados de medição de travessas de vias. | 53 |
| Tabela 6. Dados de medição de calçadas. | 54 |
| Tabela 7. Comparativo da média dos resultados. | 54 |

LISTAS DE ABREVEATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ANAC | Agência Nacional de Aviação Civil |
| CAVE | Certificado de Autorização de Voo Experimental |
| DECEA | Departamento de Controle do Espaço Aéreo |
| ICA | Instrução do Comando da Aeronáutica |
| IMPUP | Instituto Municipal de Planejamento Urbano de Palmas |
| IS | Instrução Suplementar |
| OACI | Organização da Aviação Civil Internacional |
| PMD | Peso Máximo de Decolagem |
| RBAC-E | Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial |
| RPA | Aeronave Remotamente Pilotada |
| SIG | Sistema de Informações Geográficas |
| UA | Unmanned Aircraft |
| UAV | Unmanned Aerial Vehicle |
| VANT | Veículo Aéreo Não Tripulado |

LISTA DE SÍMBOLOS

ha Hectare
m Metro
cm Centímetro
km Quilômetro
m² Metro quadrado
kg Quilograma

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1. | PROBLEMA DE PESQUISA | 14 |
| 1.2. | HIPÓTESE..... | 14 |
| 1.3. | OBJETIVOS | 14 |
| 1.4. | JUSTIFICATIVA..... | 15 |
| 2. | REFERENCIAL TEÓRICO..... | 16 |
| 2.1. | LEGISLAÇÃO..... | 16 |
| 2.2. | VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)..... | 22 |
| 2.3. | IMAGEAMENTO REMOTO | 25 |
| 3. | METODOLOGIA | 28 |
| 3.1. | ÁREA DE ESTUDO | 29 |
| 3.2. | MATERIAIS..... | 32 |
| 3.3. | PROCEDIMENTOS | 34 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 39 |
| 4.1. | PLATAFORMA VANT | 39 |
| 4.2. | VETORIZAÇÃO DE EDIFICAÇÕES E COMPATIBILIZAÇÃO COM CÓDIGO DE OBRAS | 45 |
| 4.3. | ANÁLISE DE PRECISÃO PLANIMÉTRICA | 51 |
| 5. | CONCLUSÃO | 56 |
| | REFERÊNCIAS..... | 58 |

1. INTRODUÇÃO

Conhecida como a última cidade planejada do século XX, Palmas foi “planejada com objetivos futuristas, e (...) foi construída sobre o debate de cidade do século XXI, com um planejamento dito inovador” (BRITO, 2010). A cidade foi concebida para ser a sede do poder político e administrativo do Estado do Tocantins, cuja previsão de população total era de 1 milhão e 200 mil habitantes, em que seu território seria ocupado num processo coordenado pelo poder público, possuindo um traçado arrojado influenciado pela geografia local e visando custos menores com infraestrutura (BRITO, 2009; PIZZIO E RODOVALHO, 2015).

Mesmo sendo uma cidade originalmente planejada, norteadas por diretrizes do urbanismo moderno e contemporâneo, Bessa e Oliveira (2017) afirmam que a cidade também teve em seu processo de ocupação uma ordem espontânea, caracterizada por um grupo de ações intencionais e arbitrárias marcadas por imposições e até mesmo coerções, oriunda de ajustes particulares, que contribuíram para o desvirtuamento do projeto original, resultando em uma cidade desordenada, social e espacialmente fragmentada.

Dessa forma, a capital do Tocantins é marcada historicamente por um crescimento urbano desordenado, com forte expansão das periferias e a presença de grandes vazios urbanos no seu traçado, segundo Coriolano, Rodrigues e Oliveira (2013).

Dentro dessa perspectiva de ocupação territorial, Diniz (2015) diz que o Código de Obras é uma alternativa para modificar essa situação, configurando-se como um instrumento que permite à Administração Municipal realizar, com eficácia, a administração e a fiscalização do espaço construído, visando garantir o conforto ambiental, a conservação de energia, a acessibilidade à pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, assegurando, assim, a qualidade de vida para toda a população, seja urbana, seja rural.

O autor também afirma que a não implementação das orientações postuladas pelo código de obras, em um ambiente de expansão urbana acelerada, não satisfazem as condições de segurança, conforto e higiene dos cidadãos, necessárias para a manutenção do bem-estar social das cidades (DINIZ, 2015).

Em face disto, a compatibilização e adequação de edificações ao código de obras surge como procedimento de gestão urbana, ao permitir o planejamento do uso do espaço da cidade, norteadas ações futuras para melhoria da infraestrutura local, monitorando o correto uso do

solo conforme legislação pertinente, que culmina no aumento da qualidade do ordenamento da cidade, e, por conseguinte, na qualidade de vida dos seus cidadãos.

Para a execução deste procedimento é necessário o cumprimento de várias etapas de trabalho, sendo o levantamento planialtimétrico um dos mais essenciais, já que descreve a área levantada física e topograficamente, e cuja celeridade no procedimento é essencial para o sucesso das demais etapas. O levantamento planialtimétrico pode ser feito por meio de aerolevanteamento, através de veículo aéreo não tripulado (LIMA et al, 2016).

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) define veículo aéreo não tripulado (VANT) como sendo uma “aeronave remotamente pilotada (...) projetada para operar sem piloto a bordo e que não seja utilizada para fins meramente recreativos” (BRASIL, 2012).

Liu et al (2014) comenta que o uso do imageamento aéreo na engenharia civil é uma abordagem eficaz para obtenção de informações de um ponto de vista diferente, possuindo baixo custo e alta mobilidade se comparados com outras tecnologias de sensoriamento remoto, cujo potencial traz benefícios significativos. Noor, Abdullah e Hashim (2018) corroboram com esta ideia, ao frisarem que o veículo aéreo não tripulado pode, fácil e frequentemente, satisfazer os requisitos de monitoramento e avaliação rápidos.

Algumas das aplicações do uso da plataforma VANT na engenharia civil são o monitoramento e inspeção visual de infraestruturas civis (NA e BAEK, 2016; MORGENTHAL e HALLERMAN, 2014;), gerenciamento da construção civil (IRIZARRY e COSTA, 2016), monitoramento e avaliação de estruturas de pontes (KHAN et al, 2015), análise de inundações em ambiente urbano (BUFFON; PAZ; SAMPAIO, 2018) e identificação de resíduos de construção civil dispostos em locais inadequados (PARENTE, 2016).

Todavia, segundo Longhitano (2015), embora novos usos científicos e civis tenham sido desenvolvidos para os veículos aéreos no cenário brasileiro, a quantidade de projetos envolvendo aplicações do VANT na área civil ainda é incipiente.

Assim sendo, o presente trabalho objetivou avaliar a aplicabilidade do uso do imageamento aéreo como ferramenta para compatibilização e adequação de edificações ao código de obras do município de Palmas – TO.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Coriolano, Rodrigues e Oliveira (2013) afirmam que o processo de ocupação observado em Palmas foi desordenado, havendo nas regiões centrais muitos vazios, e nas regiões periféricas, alta densidade habitacional. “O desplanejamento da cidade conduziu a ocupação a uma outra esfera não prevista, que foi a do alto custo de implantação do serviço básico” (BRITO, 2010). Conseqüentemente, isso implicou num crescimento urbano desordenado, sem a correta aplicação dos princípios do código de obras municipal, uma problemática que acompanha Palmas desde seu processo de implantação, e que é uma das mais sérias a serem enfrentadas pelo poder público (IMPUP, 2017).

Diante disso, qual a potencialidade do uso do imageamento aéreo na verificação da compatibilidade e adequação de edificações ao código de obras do município? E qual a acurácia do método utilizado para essa verificação?

1.2. HIPÓTESE

O uso do imageamento aéreo, como instrumento para a fiscalização e regularização de futuras edificações, se configura como uma alternativa aplicável para a verificação da compatibilidade e adequação de edificações ao código de obras?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

Avaliar 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.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Gerar ortomosaico de uma quadra de Palmas – TO por meio de sobreposição de imagens RGB obtidas por VANT;
- Verificar a precisão planimétrica da metodologia empregada, comparando os produtos obtidos para esta área de estudo com os dados de campo de outro trabalho que utiliza da mesma metodologia;

- Discutir a potencialidade do uso do VANT na verificação da compatibilidade e adequação das edificações ao código de obras do município.

1.4. JUSTIFICATIVA

Apesar das intenções iniciais de promoção da ocupação ordenada e sequenciada, o que se observou em Palmas foi um processo desordenado de ocupação, concentrando nas regiões centrais vazios urbanos, e nas periferias, densa concentração da população de menor poder aquisitivo, que se reflete num histórico crescimento urbano desordenado (CORIOLANO, RODRIGUES E OLIVEIRA, 2013).

O planejamento é a forma mais eficaz de combater os problemas estruturais de uma cidade (DINIZ, 2015). As geotecnologias, aplicadas no planejamento urbano regional, têm grande potencial benéfico, visto seu baixo custo e alta capacidade de monitoramento e avaliação de impactos, a partir de imagens aéreas geradas pelo VANT e sua plataforma de suporte, oferecendo uma visão pormenorizada do ambiente urbano (LIU *et al* 2014; ALMEIDA, 2010), embasando decisões do poder público sobre como enfrentar tais conflitos.

Assim sendo, o uso de imageamento aéreo como ferramenta para a compatibilização e adequação de edificações ao código de obras usando um veículo aéreo não tripulado vai de encontro a necessidade de enfrentamento dos problemas urbanos, apresentando-se como uma alternativa tecnológica de baixo custo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. LEGISLAÇÃO

2.1.1. Plano Diretor

Segundo Rezende e Ultramari (2007), questões físico-territoriais, econômicas, financeiras, políticas, socioambientais e de gestão têm desafiado os municípios, requerendo um avanço nas técnicas de planejamento até então desenvolvidas. O maior desafio para a administração pública local é equilibrar os diferentes interesses relacionados com cada uma dessas temáticas e garantir a participação comunitária durante esse processo.

Em definição, o plano diretor “é o instrumento de planejamento e gestão de municípios e prefeituras, considerados de importância inquestionável.” (REZENDE E ULTRAMARI, 2007, p. 257), cujos preceitos são norteados pelo Estatuto das Cidades (BRASIL, 2001).

Em Palmas – TO, o Plano Diretor atual é definido pela Lei Complementar Nº 400, de 02 de abril de 2018, cuja primeira redação foi dada pela Lei Complementar n. 155/2007. Nele, se lê que a função social de Palmas

corresponde ao direito à terra, à moradia, ao saneamento ambiental, a uma cidade humanizada, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho, à cultura, ao lazer e ao meio ambiente sustentável, para as presentes e futuras gerações (PALMAS, 2018).

Como objetivos desta legislação, podem-se citar a democratização do acesso à terra, à moradia e aos serviços públicos, revertendo o processo de segregação socioespacial presentes na cidade; a promoção do desenvolvimento sustentável do município e do reordenamento do território, priorizando a racionalização, a sustentabilidade e a ocupação dos vazios urbanos (PALMAS, 2018).

2.1.2. Código de Obras

A adoção de legislação pertinente ao ordenamento urbano é um fato antiquíssimo. Souza (2015) diz que na Roma Antiga (cerca de 450 A.C.), já existiam obrigações sobre recuos de construções em relação a lotes vizinhos e limites de altura, devido a desmoronamentos. Já na Roma pós Nero, (54 a 68 D.C), existiam limitações quanto à altura das edificações margeadas

na largura das vias, e exigências relacionadas com aberturas para iluminação e sistemas de esgoto.

Já no Brasil, segundo Souza (2015), os Códigos de Edificações foram instituídos e aprimorados almejando ajustar o ambiente urbano às necessidades locais, originadas da evolução da sociedade.

Em seu art. 30, a Constituição Federal diz que é competência dos municípios “legislar sobre assuntos de interesse local” e “promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano (...)”, caracterizando como atribuição municipal o ordenamento do uso do solo urbano através de legislação específica para tal.

O Código de Obras é o instrumento legal que confere à Administração Municipal o poder de exercer o controle e a fiscalização do espaço edificado e seu entorno, garantindo a segurança e a salubridade das edificações (SOUZA, 2015, p. 128).

Nesse sentido, Diniz (2015, apud Arthur Saboya, 1947) afirma que os códigos de posturas devem afiançar a estabilidade e o bem-estar de seus habitantes, por se tratar de um instrumento cujo uso garante a segurança e o bem-estar social dos cidadãos ao facilitar ou inibir certas atividades e usos, rejeitando ou acolhendo pessoas, e reafirma a posição de autoridade e de controle do poder público.

Munido do código de obras, o município pode crescer ordenadamente, respeitando as necessidades da população, gerando conforto e bem-estar para todos os seus habitantes, além de prevenir problemas oriundos da ocupação desordenada e do uso inadequado do solo urbano (DINIZ, 2015).

2.1.3. Código de Obras Municipal de Palmas – TO

O Código Municipal de Obras de Palmas – TO é dado pela Lei Nº 045/90, de 22 de março de 1990, cuja redação foi alterada pela Lei Complementar nº 305, de 02 de outubro de 2014.

Trata-se de documento jurídico que ordena a ocupação do solo urbano, com o objetivo de “disciplinar a aprovação, a construção e a fiscalização, assim como as condições mínimas que satisfaçam a segurança, o conforto e a higiene dos usuários e dos demais cidadãos” (PALMAS, 2014). O documento se divide em três partes: Títulos I, II e III.

No Título I, definem-se os parâmetros necessários para a realização de atividades edilícias, quem são os profissionais legalmente habilitados para operar em tais atividades, bem como documentação necessária para aprovação de projetos, emissão do Habite-se e licenças de construção e demolição.

No Título II estão especificadas as normas genéricas das edificações que se aplicam a toda e qualquer edificação. Definem-se, neste ponto, especificações de materiais e processos construtivos, dimensões de marquises e balanços, condições de ventilação e iluminação, banheiros e sanitários, garagens e estacionamentos, elevadores, escadas e rampas, circulação vertical e horizontal, entre outras disposições.

No Título III estão as normas específicas que são complementares às normas genéricas, devendo os projetos atenderem ambas as normatizações, prevalecendo as especificidades quando, em projeto, observa-se um ou mais casos indicados neste título, tais como: locais de moradia, comércio e varejo, serviços especiais, estabelecimentos de saúde, locais de reunião, estabelecimentos de ensino, oficinas e indústrias, inflamáveis e explosivos, entre outros. Também trata sobre condições para aplicação de multas, embargos, demolições e outros.

Em conjunto a esta lei, também se aplica como legislação complementar sobre o ordenamento urbano, a Lei Complementar nº 321 de 13 de agosto de 2015, que “dispõe sobre a divisão da Área Urbana da Sede do Município de Palmas em Zonas de Uso e dá outras providências” (PALMAS, 2015).

Nela, é definido que a “área da Sede Urbana do Município de Palmas é delimitada em Zonas de Uso que se especificam de acordo com a sua destinação predominante” (PALMAS, 2015), resultado do “exercício das funções da cidade e a ocupação urbana, definindo, conforme a destinação do solo urbano, as atribuições programadas com relação ao uso e ocupação” (PALMAS, 2015).

Este documento orienta a ordenação do solo urbano dentro do Plano Diretor de Palmas – TO, estabelecendo os parâmetros e definições que norteiam ações de controle do espaço urbano, garantindo o cumprimento da função social de Palmas.

Palmas (2015) determina que o Plano Diretor de Palmas – TO seja dividido em Zonas de Uso, determinadas de acordo com as características urbanísticas estabelecidas pelo referido plano. São elas:

- I. Área Administrativa - AA;
- II. Área de Comércio e Serviço - ACS;
- III. Área de Lazer e Cultura - ALC;
- IV. Área Residencial - AR;
- V. Área Verde - AV.

Destas, a zona na qual a área de estudo se enquadra é a Área Residencial, cuja característica é a predominância do uso residencial, e são compreendidas por espaços não abrangidos por outras zonas de uso ou equipamentos urbanos (PALMAS, 2015).

Também se define que o aproveitamento e a ocupação máximas no ambiente urbano serão determinados por alguns índices, a saber:

- 1) Área Máxima Construída: é o total da área a ser edificada em um lote, indicada em metros quadrados (m²);
- 2) Taxa Máxima de Ocupação: percentual máximo de construção horizontal em um lote ou gleba em relação a área do terreno;
- 3) Taxa de Permeabilidade do Solo: relação entre área permeável e a área total do lote, livre de qualquer edificação.

2.1.4. Regulamentação Aérea

“No Brasil, a operação de qualquer aeronave civil está sujeita as regras estabelecidas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA)” (RODRIGUES, 2015).

Rodrigues (2015) também afirma que as funções exercidas por estas entidades públicas são complementares: enquanto a ANAC regula e fiscaliza tripulantes, aeronavegabilidade e infraestrutura aeroportuária, o DECEA regula e opera o sistema de tráfego aéreo.

2.1.5. Regulação da Agência Nacional de Aviação Civil

O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº 94 é o instrumento regulador da ANAC que se aplica ao uso do VANT, abordando requisitos gerais de competência do órgão para veículos aéreos desta natureza, de uso civil, tornando viável a utilização deste equipamento, e preservando a segurança das pessoas.

Segundo a ANAC (2017), o RBAC-E nº 94 coloca as condições para a operação de aeronaves não tripuladas no país, tendo em vista o estágio atual do desenvolvimento desta tecnologia, promovendo um desenvolvimento sustentável e seguro para o setor.

O regulamento se aplica em aeronaves capazes de sustentar-se e/ou circular no espaço aéreo mediante reações aerodinâmicas, em duas condições: se possuírem certidão de cadastro, certificado de matrícula brasileiro ou certificado de marca experimental, emitidos pela ANAC, ou se operam em espaço aéreo brasileiro (ANAC, 2017).

As disposições gerais do regulamento discriminam os tipos de veículos aéreos não tripulados, bem como os requisitos necessários para o piloto e o observador, também inferindo a respeito da aeronavegabilidade civil e sobre o descumprimento destas normativas; em seguida, dispõe sobre as regras de voo e seus requisitos, registros de marcas, autorizações de projetos, certificados de aeronavegabilidade, dentre outros.

ANAC (2017) define o VANT como uma “Aeronave Remotamente Pilotada (*Remotely-Piloted Aircraft – RPA*) significa a aeronave não tripulada pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota com finalidade diversa de recreação”, terminologia esta que também será adotada neste trabalho para se referir ao veículo aéreo não tripulado. A RPA é classificada, segundo seu peso máximo da decolagem (PMD), dado em quilos (kg), em três classes, que são:

- Classe 1: RPA com PMD maior que 150 kg;
- Classe 2: RPA com PMD maior que 25 kg e menor ou igual a 150 kg;
- Classe 3: RPA com PMD menor ou igual a 25 kg.

O regulamento também define o que é área distante de terceiros, significando uma área

determinada pelo operador, considerada a partir de certa distância horizontal da aeronave não tripulada em operação, na qual pessoas não envolvidas e não anuentes no solo não estão submetidas a risco inaceitável à segurança. Em nenhuma hipótese a distância da aeronave não tripulada poderá ser inferior a 30 metros horizontais de pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação. O limite de 30 metros não precisa ser observado caso haja uma barreira mecânica suficientemente forte para isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes na eventualidade de um acidente (ANAC, 2017, p. 4),

Um limite de espaço horizontal determinado para aplicação das regras da agência. Para acesso ao espaço aéreo, o VANT deverá se sujeitar às determinações do DECEA.

Determina-se também a responsabilidade do operador do RPA, também chamado de piloto remoto em comando. Ele “é diretamente responsável pela condução segura da aeronave, pelas consequências advindas, e tem a autoridade final por sua operação” (ANAC, 2017), e tem por requisitos ser maior de 18 anos, possuir certificado médico aeronáutico de 1ª, 2ª ou 5ª classe válido e caso atuem em altura de 400 pés (~ 121,92 m), deverão ter licença e habilitação emitidas ou validadas pela ANAC.

Acerca das regras de voo, o regulamento determina que as operações de aeronaves não tripuladas, de uso não recreativo, com peso de decolagem maior que 250 g, devem possuir seguro com cobertura de danos a terceiros, sendo a exceção operações de aeronaves pertencentes a entidades controladas pelo Estado. A operação de aeromodelos com o peso máximo citado anteriormente somente é permitida pela agência em áreas distantes de terceiros, sob total responsabilidade do seu operador, conforme permitido o uso do espaço aéreo pelo DECEA. (ANAC, 2017).

A normativa salienta, porém, que

o usuário deve sempre atentar que não basta cumprir as regras da ANAC para poder operar, mas é preciso cumprir também as regras do DECEA, da ANATEL e eventualmente de outras autoridades competentes, que podem criar restrições ou proibições operacionais além das regras da ANAC (ANAC, 2017, p. 9).

ANAC (2017) também estipula que o piloto remoto em comando opere uma aeronave que possua certificação de aeronavegabilidade válido perante o órgão, estabelecendo quais os tipos de certificações necessárias para tal fim. Uma delas é o Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE), cuja emissão é orientada pelo cumprimento das normativas da Instrução Suplementar (IS) nº 21-002 (ANAC, 2012).

2.1.6. Regulação do Departamento de Controle do Espaço Aéreo

A Regulação do DECEA é dada pela Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 100-40 de 2018, que objetiva “regulamentar os procedimentos e responsabilidades necessários para o acesso seguro ao Espaço Aéreo Brasileiro por aeronaves não tripuladas” (DECEA, 2018), cujo âmbito se aplica a todos envolvidos com a operação de VANTs que se utilizem do espaço aéreo brasileiro .

O DECEA (2018) define em sua instrução a estrutura do espaço aéreo brasileiro e suas regras de acesso (gerais e específicas), certificações e aprovações conforme critérios dos órgãos

reguladores, registro da aeronave, responsabilidades do operador quanto à operação em espaço aéreo, processos de solicitação de autorização, situação de contingência ou emergência, infrações, dentre outros fatores inerentes ao espaço aéreo.

Uma vez emitido o CAVE, o piloto remoto em comando deverá submeter sua operação ao DECEA, pois “para voar no espaço aéreo sob responsabilidade do Brasil, deverá seguir as normas estabelecidas pelas autoridades competentes da aviação nacional” (DECEA, 2018).

Prioriza-se a segurança operacional, objetivando minimizar os riscos para aeronaves tripuladas, animais, propriedades no solo e pessoas, não podendo gerar impactos negativos de segurança e capacidade no Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), exceto quando em operações específicas (DECEA, 2018).

2.2. VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

2.2.1. Definição e histórico

ANAC (2012) define VANT como sendo um veículo aéreo projetado para ser operado sem um piloto a bordo e cujos fins não sejam recreativos. Inicialmente usado para fins militares, Faria e Costa (2015) comenta que

A terminologia VANT foi primeiramente explorada quando o Exército Austríaco atacou a cidade italiana de Veneza, em 12 de julho de 1849, utilizando-se de balões carregados de explosivos que foram lançados do navio austríaco Vulcano. Acontece que nem todos esses balões atingiram o alvo pretendido. Alguns desses, por conta de uma alteração repentina da direção do vento, acabaram retornando à base de lançamento austríaca (FARIA E COSTA, 2015, apud HARDGRAVE, 2015).

Alves Júnior (2015) comenta que nos últimos anos, extraordinário desenvolvimento e progresso em termos de tecnologia e capacidade das aeronaves não tripuladas pode ser observado. Graças ao desenvolvimento de sistemas de navegação por satélite, a miniaturização dos sistemas inerciais, câmeras digitais leves e compactas e programas computacionais capazes de gerar ortomosaicos em processos semiautomáticos, observou-se ressurgimento e popularização do uso de VANT. O uso de A utilização de VANTs no espaço aéreo pode ser caracterizado como o último passo na evolução da aviação civil.

De acordo com DECEA (2018), o VANT é comumente conhecido como “drone” (do inglês ‘zangão’). Sua terminologia vem do inglês *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*, considerada obsoleta pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), embora as aeronaves sejam amplamente conhecidas por esta nomenclatura. O termo adotado pela OACI é *Unmanned Aircraft (UA)* – Aeronaves não Tripuladas.

Nesse ponto, a ANAC (2017) divide os veículos aéreos não tripulados entre Aeronaves Remotamente Pilotadas (*RPA*, na sigla em inglês) e aeromodelos, sendo os últimos para uso recreativo, não fazendo parte do escopo das normas da ANAC ou do DECEA.

2.2.2. Características

Melo (2015, apud Morgenthal e Hallermann, 2014)) comenta que, comparados com aeronaves tradicionais, os VANTS são mais simples de operar, precisando apenas de um operador na estação de controle, que comanda a aeronave e os dispositivos nela acoplados.

São aparelhos mais rápidos, seguros e de baixo custo, possuindo muito maior mobilidade e sendo capazes de realizar o monitoramento aproximado de estruturas e situações de risco sem comprometer vidas humanas no processo. Destaca-se, ainda, a capacidade de transmissão de dados em tempo real entre o VANT e o ponto de controle, além da possibilidade de armazenamento de informações durante o voo (MELO, 2015, APUD MORGENTHAL E HALLERMANN, 2014).

Faria e Costa (2015) fala que essa ferramenta tecnológica se divide em alguns subsistemas, que incluem a aeronave, a estação de controle (remota ou não), suas cargas, subsistemas de suporte, de lançamento, recuperação e de comunicação. Existe certa similaridade com os sistemas empregados em aeronaves tripuladas, diferenciando-se na utilização de uma inteligência eletrônica e um subsistema de controle diferenciado.

É um instrumento com baixo custo operacional, que pode ser operado via controle remoto por terra ou, dependendo do modelo, a partir de um plano de voo pré-determinado, que, de acordo com os equipamentos instalados, poderá executar missões até então realizadas única e exclusivamente por aeronaves tripuladas (FARIA E COSTA, 2015).

A capacidade de automação do VANT poderá gerar uma comunicação com o seu operador, tendo maior ou menor grau de inteligência, a partir de instrumentos tecnológicos acoplados ao aparelho, tais como o envio de dados de câmeras de visão termal, dados sobre a velocidade,

altitude, localização via GPS, ou, como acontece em alguns modelos, os dados coletados somente serão recuperados após o retorno à base de lançamento (FARIA E COSTA, 2015).

Segundo Angelov (2012, apud Melo 2015, p. 10), veículos aéreos não tripulados podem ser classificados de acordo com suas características aerodinâmicas, ilustrados na figura 02. São os tipos, a saber:

- a) Asa fixa, precisando de uma pista de pouso e decolagem, utilizando catapultas de lançamento em alguns casos; realiza voos de longa duração;
- b) Asa rotativa, realizando decolagem e pouso verticais, sendo capaz de se manter estável no ar e possui alta mobilidade, muito usado para fins civis;
- c) Dirigíveis, são mais leves que o ar, realizam voos de longa duração em baixas velocidades, são maiores em tamanho em virtude do balão a que estão acoplados;
- d) Asas batedoras, com asas flexíveis, inspirados em pássaros e insetos voadores.

Figura 1. Tipos de drones. Da esquerda para a direita: asa fixa (a), asa rotativa (b), dirigível (c) e asa batidora (d).



Fonte: Melo, 2015.

2.2.3. Aplicações

Alguns dos usos do VANT na engenharia civil são: monitoramento e inspeção visual de infraestruturas civis gerenciamento da construção civil, monitoramento e avaliação de estruturas de pontes, análise de inundações em ambiente urbano e identificação de resíduos de cons-

trução civil dispostos em locais inadequados (NA e BAEK, 2016; MORGENTHAL e HALLERMAN, 2014; IRIZARRY e COSTA, 2016; KHAN et al, 2015; BUFFON; PAZ; SAMPAIO, 2018; PARENTE, 2016);

Entretanto, mesmo que novos usos científicos e civis têm sido desenvolvidos para os VANTs no território nacional, a quantidade de projetos envolvendo aplicações desses aparelhos na área civil ainda é incipiente (LONGHITANO, 2015).

Existe uma grande diversidade de modelos disponíveis no mercado, muitos deles ganhando ênfase na esfera civil. Júnior (2015) salienta que, em virtude da capacidade de aquisição de imagens de alta resolução a baixo custo e alta resolução temporal, o VANT tem se popularizado, “principalmente para atualização e confecção de mapas em áreas longínquas ou pequenas, onde o uso da fotogrametria convencional torna a execução do trabalho economicamente inviável” (JUNIOR, 2015).

Apesar destes benefícios, alguns VANTs apresentam certas limitações, principalmente os menores e mais leves. Devido ao seu tamanho reduzido, apenas dispositivos pequenos e com pesos compatíveis podem ser acoplados nos aparelhos; essa limitação também exige pequenas menores, reduzindo o tempo de voo; seu sistema de voo ser bastante sensível às mudanças meteorológicas, como chuvas e ventos mais fortes, justamente por conta do baixo peso da aeronave, exigindo um piloto com certa experiência para sua operação (MELO, 2015, apud MORGENTHAL e HALLERMANN, 2014).

2.3. IMAGEAMENTO REMOTO

2.3.1. Definição

Almeida (2010, apud Slater, 1980) define o sensoriamento como

o conjunto de atividades que tratam da obtenção de informação relativa aos recursos naturais da Terra ou seu meio ambiente, por meio de sensores instalados a bordo de plataformas em altitude (tais como balões, foguetes, aviões e satélites), os quais coletam a radiação eletromagnética emitida ou refletida por um alvo, convertendo-a em um sinal que é posteriormente processado em terra, com fins de geração de imagens. Assim sendo, não somente as imagens de satélite, mas também as originadas em plataformas aerotransportadas (aerofotogrametria analógica e digital) constituem a matéria de trabalho do sensoriamento remoto (ALMEIDA, 2010, apud SLATER, 1980, p. 102).

Segundo Cândido, Silva e Paranhos Filho (2015, apud Zhou & Troy 2008) em mapeamentos mais complexos, com áreas mais heterogêneas (como as áreas urbanas) imagens de média resolução espacial são insuficientes para mapeamentos de cobertura do solo, pelo fato de haver feições com dimensões físicas menores que a área de um pixel.

É nesse sentido que, aliados ao baixo custo de manutenção, as imagens obtidas por meio de VANTs têm alta flexibilidade temporal e alta resolução espacial, configurando-se como alternativa a processos mais onerosos de obtenção de imagem, tais como sensores orbitais de alta resolução, aerofotogrametria convencional, helicóptero tripulado, entre outros (LONGHITANO, 2010).

Longhitano (2010) diz que a possibilidade de obtenção de imagens de sensoriamento remoto, por meio de câmera e sensores embarcados em veículos aéreos não tripulados, com geração de imagens georreferenciadas, mesmo que com imprecisões, permite que estas sejam integradas de forma mais rápida a Sistemas de Informação Geográfica – SIG (do inglês *Geographic Information System*, GIS).

Fontes (2005) elenca fatores inerentes ao processo fotográfico que, durante o processo de obtenção das imagens aéreas, influem na presença de distorções nas imagens tiradas, a saber:

- Variação da topografia do terreno;
- Sistema de projeção central do processo fotográfico (Projeção cônica);
- Distorção provocada pelo sistema de lentes da câmera fotográfica;
- Variações na altitude de voo da aeronave;
- Curvatura da terra.

Em virtude da não homogeneidade de escala que essas distorções provocam, o produto do imageamento deve ser submetido ao processo de retificação da imagem. Nesse processo, corrigem-se os fatores de distorção da imagem, até que as feições do terreno apareçam em sua correta posição e em escala adequada (FONTES, 2005).

2.3.2. Geoprocessamento

O Geoprocessamento é o conjunto de atividades de aquisição, tratamento e análise de dados sobre a terra. Para tal é necessário um conjunto de tecnologias para a coleta de imagens da superfície do planeta.

Esse processo envolve ferramentas de Sistemas de Informação Geográficos (SIGs) que suportam o processamento e análise de dados de mapas digitais e o sensoriamento remoto (aquisição de informações de um determinado objeto por meio de um sensor). É um ambiente computacional orientado à análise e interpretação de diversos fatos e fenômenos relacionados com a terra. (PEGORARO; GUBIANI; PHILIPS, 2013).

Existem atualmente, no mercado, diversas aplicações SIGs, licenciadas ou de código aberto, capazes de compilar os arquivos de imagem com um banco de dados, relacionado à pesquisa em questão, otimizando tempo e custos para o operador (Santos et al, 2018).

2.3.3. Aplicações

Cândido, Silva e Paranhos Filho (2015) menciona alguns autores cujos trabalhos se valem de imagens aéreas com alta resolução espacial e temporal em seus trabalhos. Seus usos possuem enfoques diferenciados, como no monitoramento de copas de árvores em ruas de áreas urbanas (apud Lima Neto et al., 2012), classificação de cobertura do solo (apud Perea et al., 2010), monitoramento agrícola (apud Xiang & Tian, 2011), estimativa de índice de área foliar (apud Córcoles et al., 2013) e produção de mapas georreferenciados em alta resolução espacial (apud Bryson et al., 2010).

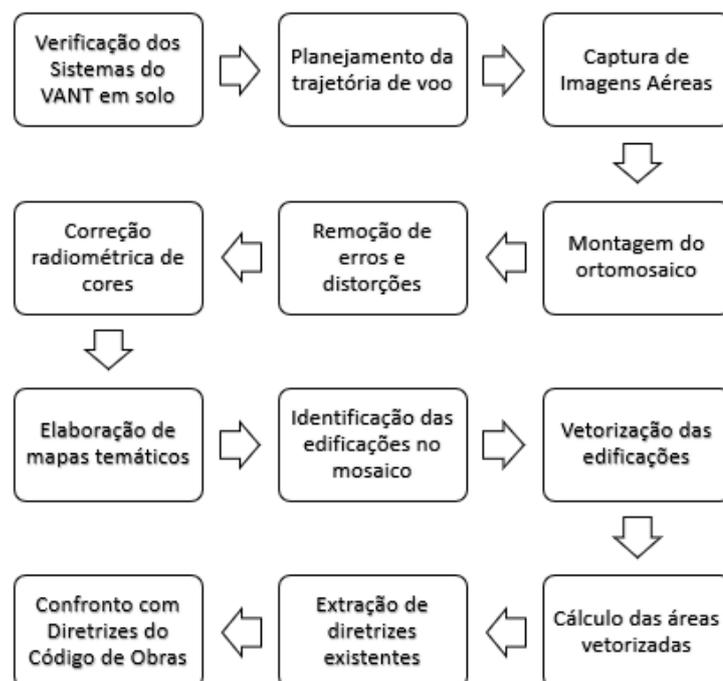
A utilização desse tipo de imagem contribui para obtenção de informações em campo, caracterização do problema e até a geração de mapas temáticos em escala, de elevado detalhe. (CÂNDIDO, SILVA E PARANHOS FILHO, 2015).

3. METODOLOGIA

A pesquisa realizada teve finalidade exploratória, de natureza quantitativa, com observação sistemática não-participante e análise de conteúdo.

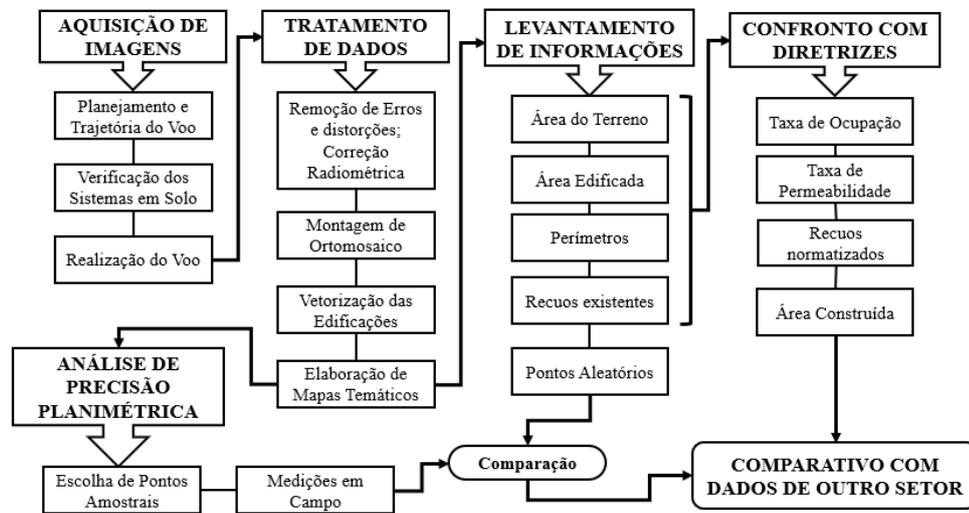
A metodologia empregada neste estudo foi uma adaptação do procedimento metodológico utilizado por Feitosa (2018), cujo trabalho também tratou sobre a utilização de imageamento por VANT como ferramenta no processo de compatibilização e adequação de edificações ao Código de Obras do Plano Diretor de Palmas – TO. A título de informação e resumo, as figuras 02 e 03 apresentam fluxos metodológicos adotados por Feitosa (2018) e pelo autor deste trabalho, respectivamente.

Figura 2. Fluxo de trabalho empregado por Feitosa (2018).



Fonte: Adaptado de Feitosa (2018).

Figura 3. Fluxo metodológico empregado neste trabalho.



Fonte: Autor, 2020.

Feitosa (2018) também objetivou, através da geração de um ortomosaico com imagens georreferenciadas obtidas por VANT, estudar a aplicabilidade do procedimento no processo de verificação da compatibilidade e adequação de edificações.

3.1.ÁREA DE ESTUDO

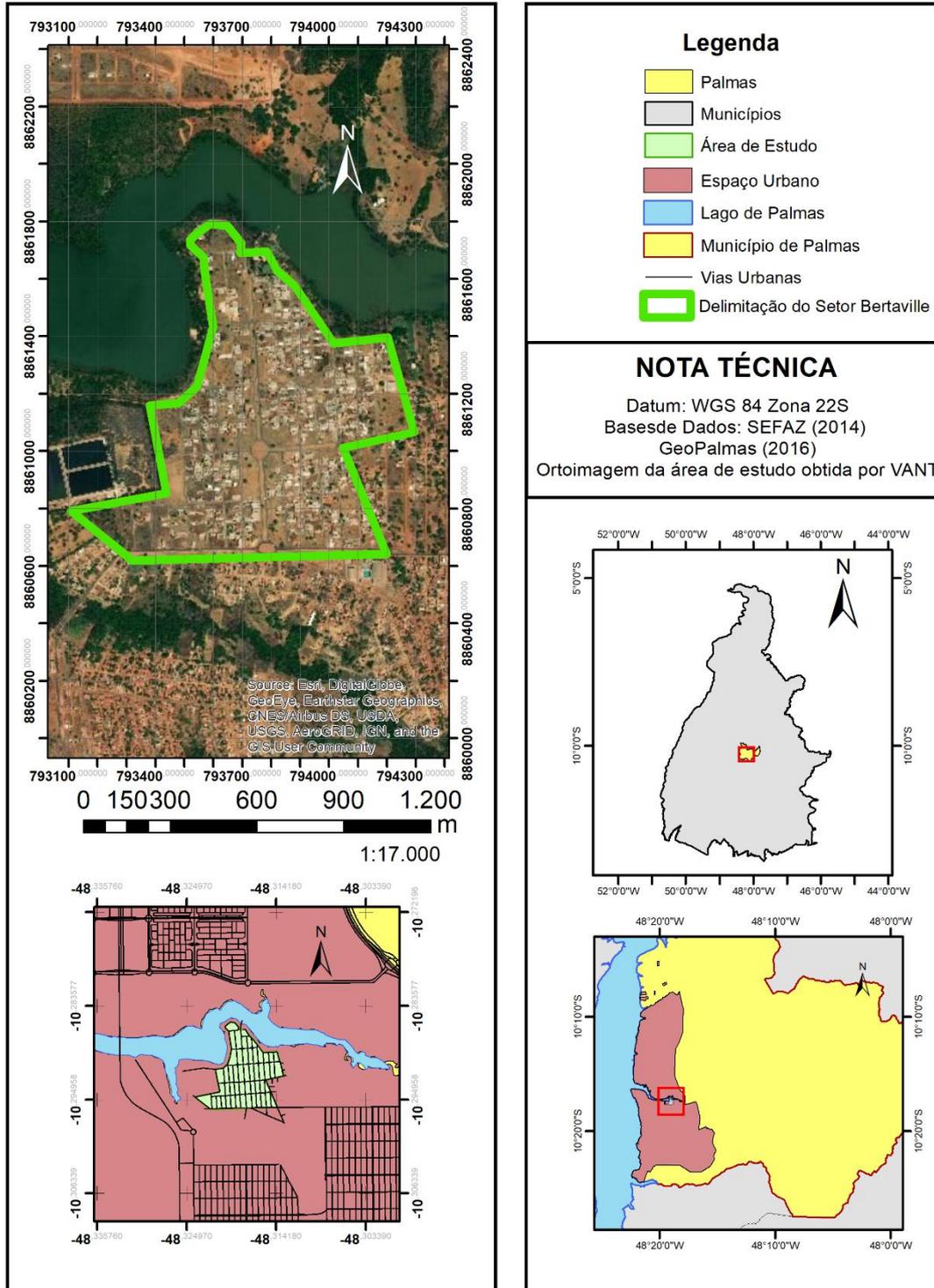
O setor Residencial Bertaville é o objeto de estudo deste trabalho, ilustrado na figura 02. Localizado no Plano Diretor Sul em Palmas, Tocantins, tem 617.728,78 m² (cerca de 60 hectares) de área e perímetro de 4080,98 m, ilustrado na figura 04.

É um setor novo na cidade, cujo processo de ocupação teve início no ano de 2012. Por ser uma região nova na cidade, está em processo de ocupação. É uma região urbanizada, com infraestrutura instalada, e que já apresenta em algumas de suas quadras internas início de saturação de ocupação, mas ainda apresentando espaços vazios. Por conta destes fatos, o setor foi escolhido para ser o objeto de estudo deste trabalho.

As visitas na quadra para a coleta de dados em campo foram realizadas nos dias 30/03/2020 e 19/04/2020.

Figura 4. Mapa de localização da área de estudo - Setor Bertaville.

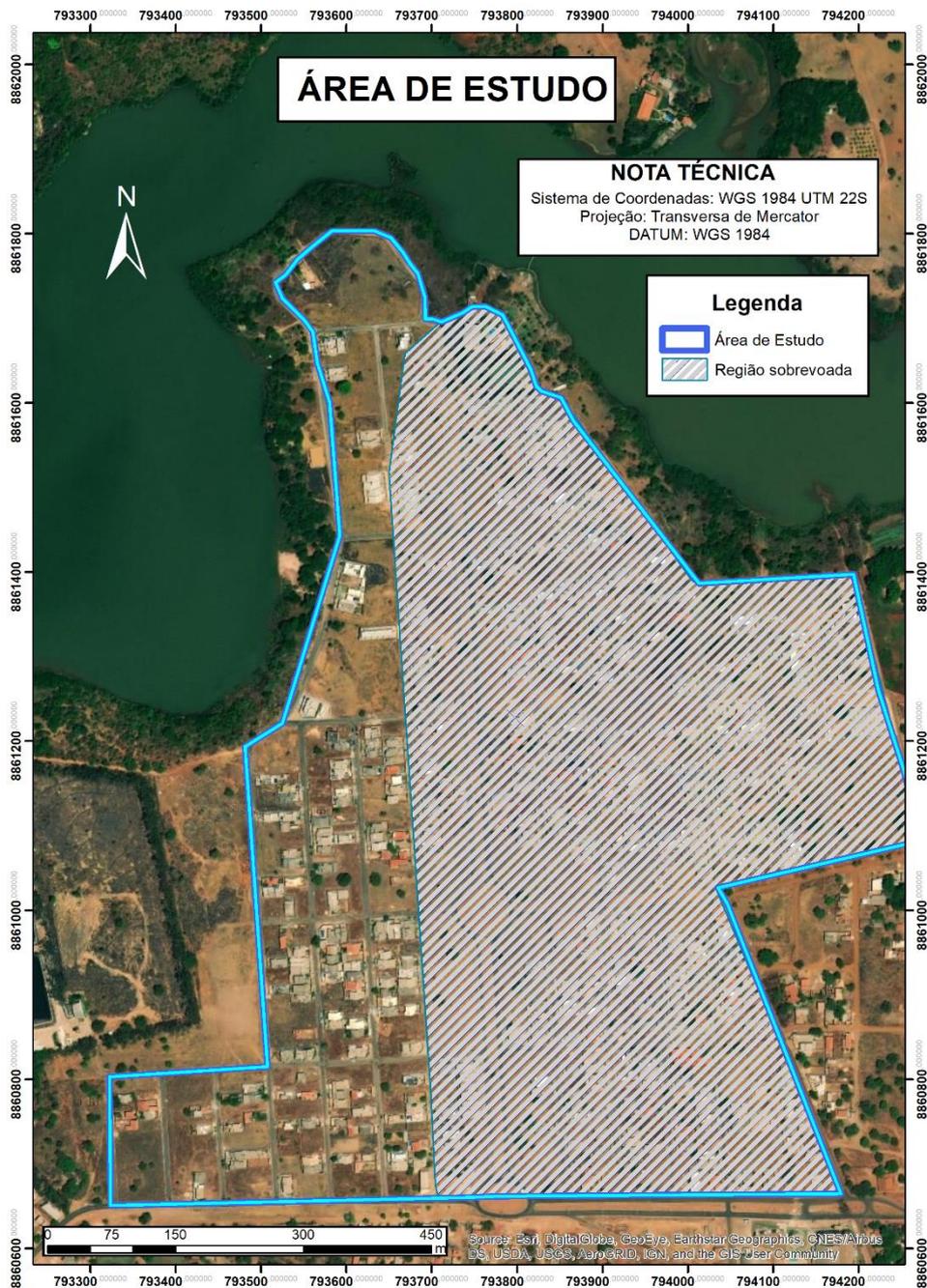
MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - SETOR BERTAVILLE



Fonte: Autor, 2020.

Para a realização deste trabalho, somente uma parte do setor foi imageada, como ilustrado pela figura 05. Tal decisão se deve ao fato de, na ocasião do imageamento, a área imageada apresentar a maior parte das edificações existentes, bem como, já citado anteriormente, quadras internas que apresentam início de saturação de ocupação. A área imageada equivale a 68,50% da área total do setor, e encontra-se localizada entre as coordenadas $10^{\circ}17'09,52''$ e $10^{\circ}17'49''$ S, e $48^{\circ}19'07''$ e $48^{\circ}18'45''$ W.

Figura 5. Área imageada do Setor Bertaville.



Fonte: Autor, 2020.

3.2. MATERIAIS

3.2.1. VANT

Para a aquisição de imagens aéreas, utilizou-se um VANT modelo eBee Classic, bem como sua plataforma de controle. O modelo tem cerca de 96 cm de envergadura, pesa aproximadamente 690 gramas e link de rádio de limite 3,00 km, tempo máximo de voo de 50 minutos e capaz de alcançar velocidades de 40 a 90 km/h, enfrentando ventos de até 45 km/h, ilustrado na figura 06.

Figura 6. VANT eBee.



Fonte: Autor, 2020.

O equipamento traz consigo sensores que garantem sua estabilidade durante o voo e a comunicação com a base da missão, bem como a câmera que realizou a captura das ortofotos. A transmissão dos dados aconteceu em tempo real com a estação base, composta por uma antena transmissora com link de rádio e um notebook com 8 programas para monitoramento e controle do aparelho, manutenção da rota e obtenção das imagens, ilustrada na figura 07.

Figura 7. Estação base empregada.



Fonte: Autor, 2020.

3.2.2. Câmera fotográfica

Foi utilizada uma câmera fotográfica modelo Canon RGB S110, sensor Live MOS de 12,3 MP, gama ISO de 100 a 6400, capaz de gravar imagens nos formatos RAW, JPEG e JPEG + RAW, com estabilizador de imagens embutido, com velocidade de disparo de 1/4000s e capacidade de disparar até 3 quadros por segundo.

3.2.3. Softwares de voo e processamento de imagens

O eMotion 2, software próprio do VANT eBee, foi o programa utilizado para a programação do voo e execução do trajeto da aeronave, permitindo também o acompanhamento em tempo real do sobrevoo, também fornecendo informações para o monitoramento da missão, tais como duração e velocidade do voo, nível de bateria, latitude e longitude, velocidade do vento e resolução de imagem.

Para o processamento de imagens e geração dos mosaicos ortorretificados foi utilizado software específico do VANT, o Terra3D. Na medida em que as imagens foram sendo tiradas pela câmera do aparelho, o software foi associando a cada uma delas pontos com coordenadas conhecidas que auxiliam no processo de montagem do mosaico, também executado por ele.

3.2.4. Softwares de coleta e tratamento de dados

Usou-se o programa O ArcCIGS 10.6 para a criação dos mapas temáticos e a coleta de dados do ortomosaico. Os dados coletados em campo e no ortomosaico foram tratados no software Microsoft Excel 2016.

3.3. PROCEDIMENTOS

3.3.1. Aquisição de Imagens

Realizou-se em solo o planejamento do voo e a definição da trajetória percorrida pela aeronave, de forma a englobar a área de estudo na cena gerada. A missão aconteceu em um dia claro, com condições atmosféricas favoráveis ao voo.

Verificaram-se todos sistemas da aeronave, bem como a situação de suas baterias para realização da missão. Também se escolheu um ambiente livre de obstáculos como vegetação, postes de iluminação e suas fiações, para adequada decolagem e pouso do equipamento.

A fim de garantir melhor definição dos objetos na superfície e maior precisão para o levantamento dos dados no mosaico, definiu-se um sobrevoo com sobreposição de imagens da ordem de 50% na longitudinal e 75% na lateral. Esta decisão se deve ao fato de que imagens com maior grau de sobreposição tem maior acuidade e precisão (PARENTE, 2016).

O voo é realizado em uma rota marcada por voltas paralelas entre si. A captura de imagens é realizada nesse momento. Enquanto executa a rota traçada, a câmera captura fotos sucessivamente, ao longo da direção definida, e para evitar que as vibrações do motor na câmera influenciem no resultado, o motor é desligado no momento da captura.

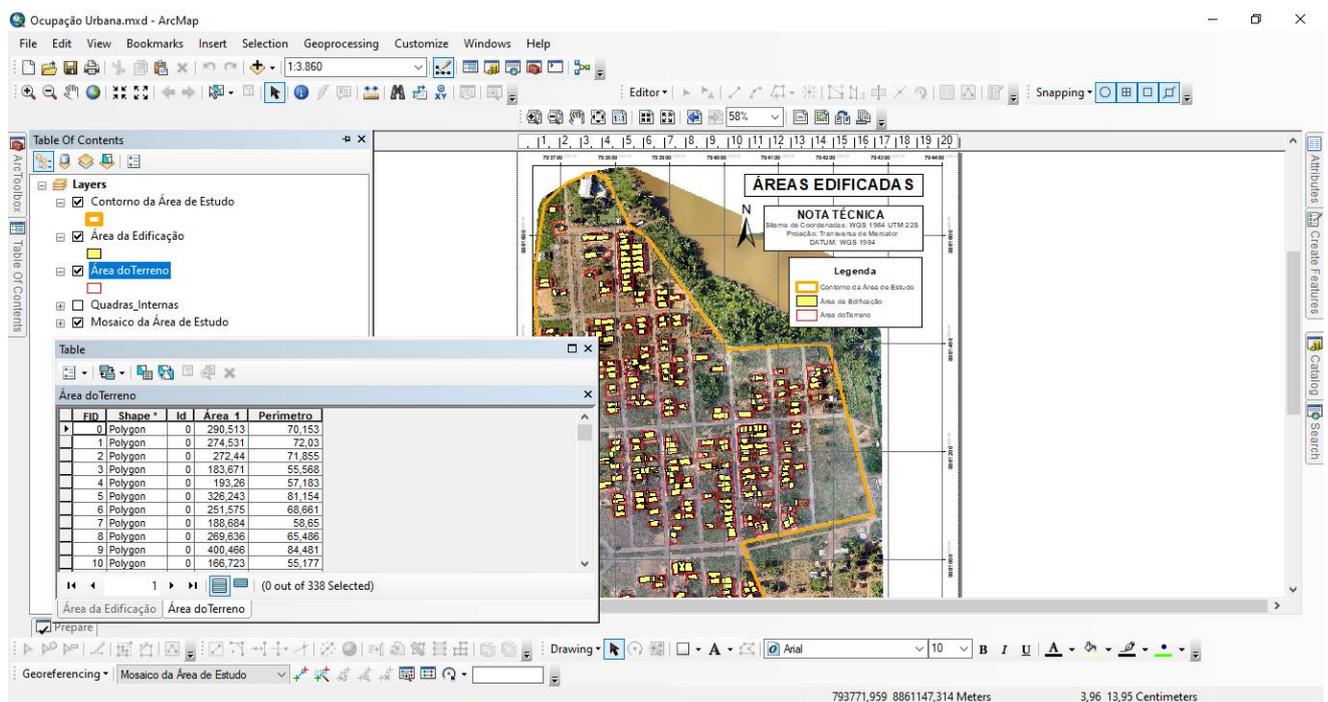
A plataforma é capaz de capturar imagens fotográficas de até 12 km², podendo atingir a precisão da ordem de 4,00 cm por pixel quando em altitudes menores. As imagens capturadas pelo VANT foram georreferenciadas através de pontos de controle criados nas próprias imagens, usando o sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), no DATUM WGS84 22S.

3.3.2. Geração de Ortomosaico e mapas temáticos

Inicialmente, foram removidos erros e distorções causados pelo processo de obtenção das figuras, objetivando posicionar os produtos obtidos em relação uns aos outros e em relação à cena final, para em seguida, realizar a correção radiométrica, a fim de diminuir a ocorrência de discontinuidades entre elas, tendo como produto final desta etapa a geração de um ortomosaico georreferenciado, processo este realizado pelo Terra3D, compatível com a aeronave.

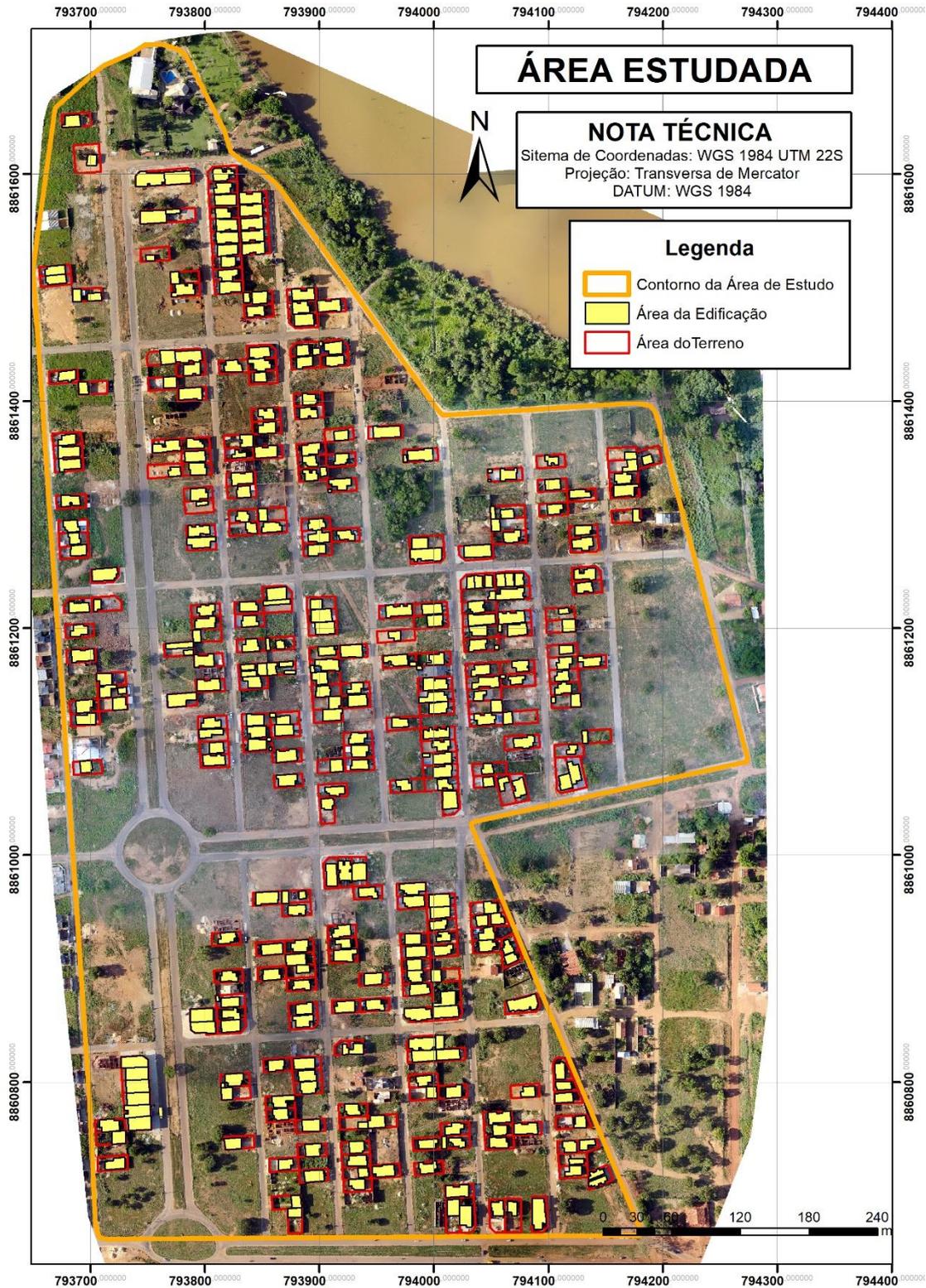
Em seguida, utilizou-se o software ArcGIS (ESRI, 2018) para a vetorização das edificações. Nesta etapa, geraram-se polígonos referentes à área do terreno e a área construída, ilustrados na figura 09, bem como o cálculo das áreas e perímetros da região amostrada e dos percentuais de ocupação, através da ferramenta “Calculadora de Campo”, culminando com a elaboração de tabelas de atributos contendo essas informações, cujo processo é ilustrado pela figura 08.

Figura 8. Tabela de Atributos produzida no ArcGis.



Fonte: Autor, 2020.

Figura 9. Polígonos gerados na plataforma ArcGis.

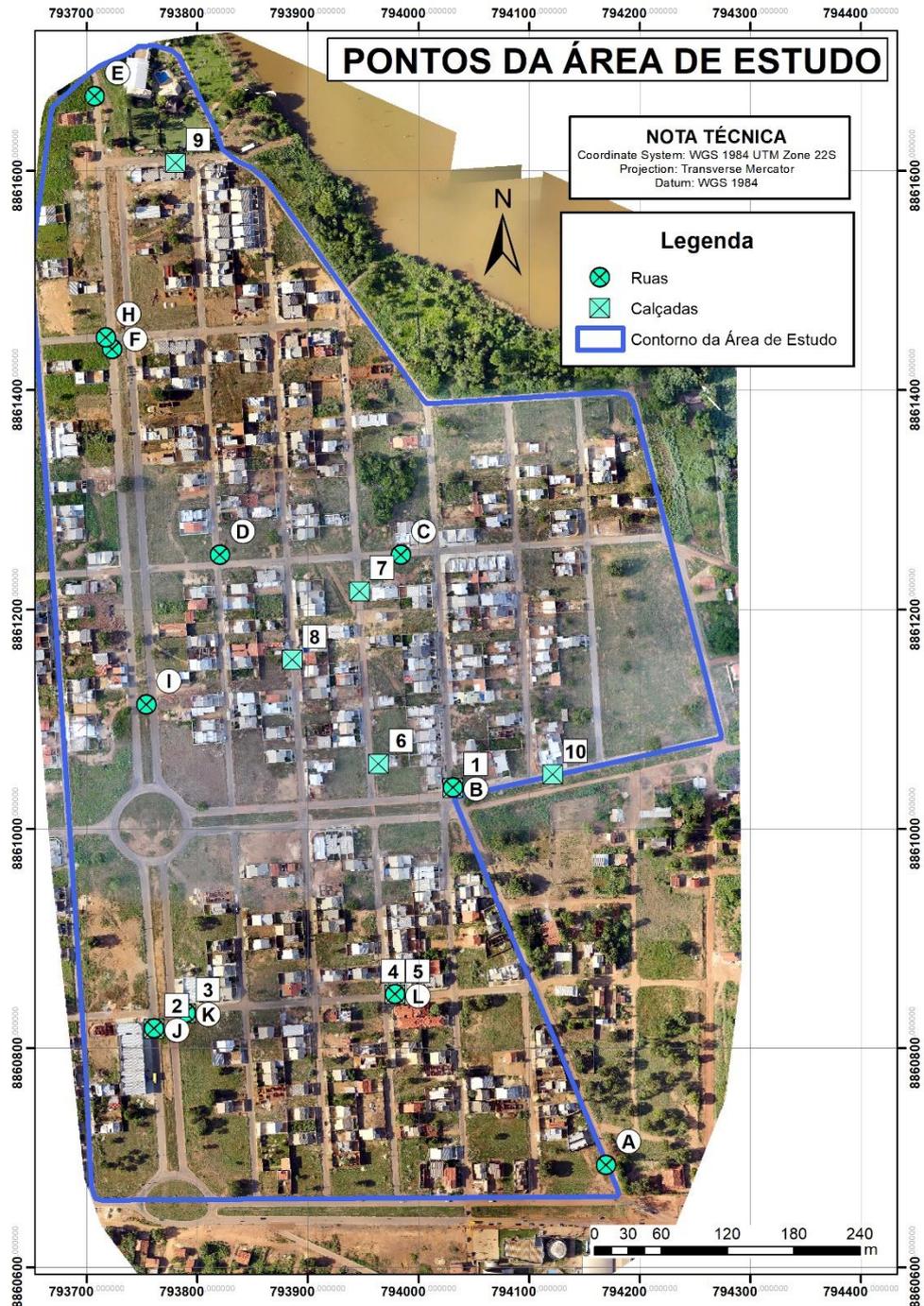


Fonte: Autor, 2020.

3.3.3. Levantamento de informações

Foram escolhidos, no mapa ortorretificado, 20 pontos amostrais, de maneira aleatória, sendo 10 trechos em ruas e avenidas e 10 trechos em passeios públicos, de modo que a amostra fornecesse diferentes tipos de medição; os pontos amostrais estão mostrados na figura 10.

Figura 10. Pontos Amostrais.



Fonte: Autor, 2020.

Realizou-se a medição em campo das distâncias de passeios e travessas de ruas dos pontos amostrais escolhidos anteriormente. As coordenadas relativas de cada ponto foram obtidas, e usando aplicativo Google Maps, atingiu-se em campo cada um deles.

O levantamento de informações nos mapas temáticos produzidos anteriormente realizou-se após a geração dos polígonos das edificações. Foram extraídas as seguintes informações:

- Área total do terreno, indicada pela área cercada por muros
- Área da edificação, indicada pela projeção da cobertura das edificações;
- Recuos frontal, lateral e de fundo das edificações;
- Perímetros das respectivas áreas;
- Distâncias de 20 pontos amostrais escolhidas anteriormente.

3.3.4. Confronto com diretrizes

As informações coletadas anteriormente foram confrontadas com as diretrizes do Código de Obras do município. São elas:

- Taxa de Ocupação;
- Taxa de Permeabilidade;
- Recuos;
- Área Construída.

A partir deste, realizou-se a compatibilização dos dados obtidos com os parâmetros preconizados pela legislação vigente.

3.3.5. Comparativo com dados de campo de outro setor

Ao término de todas as etapas anteriores, fez-se a análise dos dados obtidos na etapa anterior, referentes a esta área de estudo, com os dados de campo obtidos no estudo realizado por Feitosa (2018).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. PLATAFORMA VANT

4.1.1. Missão com VANT

Como dito anteriormente, o setor Bertaville tem cerca de 60 ha de área. Destes, foram imageados 68,50%, respeitando as condições limitantes de trabalho do equipamento: o alcance de link do rádio não ultrapassou 3,00 km, o tempo de sobrevoo foi inferior ao limite de 50 min (a missão durou em torno de 20 minutos, com consumo de bateria na ordem de 70%), resultando em produtividade aproximada de 3,90 ha/min.

A altura adotada para sobrevoo foi 120,00 m, com resolução em solo de 4,00 cm por pixel. As condições de tempo se mostraram favoráveis para realização da missão.

No alcance em visada da missão, não foram encontrados obstáculos que atrapalhassem ou interferissem na rota planejada; ressalta-se que a distância do link de rádio para a base de comando está atrelada a este alcance.

4.1.2. Qualidade do Ortomosaico

A ortoimagem produzida possui 4,00 cm de resolução por pixel. Esta resolução garantiu clareza e riqueza de detalhes, especialmente quando observadas em escalas menores.

Nas figuras 11, compara-se uma imagem em escala 1:100 retirada do ortomosaico com fotos dos mesmos pontos tiradas in loco, na qual se constata as características entre os tipos de revestimento de calçada e a situação do pavimento na respectiva travessa.

Figura 11. Imagem do ortomosaico (à esquerda) e imagem do campo (à direita).



Fonte: Autor, 2020.

Na figura 12, também em escala 1:100 na imagem do ortomosaico, verifica-se a situação da travessa, que não tem seu trajeto delineado por meio fio, estando este ocultado pela presença de arbustos, bem como é possível averiguar a situação do seu recobrimento, que é falho em alguns pontos.

Figura 12. Imagem do ortomosaico (à esquerda) e imagem do campo (à direita).



Fonte: Autor, 2020.

Na figura 13, com escala 1:100 na imagem do ortomosaico, também é possível ver a composição da calçada, que é de blocos intertravados hexagonais; as arestas destes blocos são bem visíveis, bem como as diferenças de cores entre eles em virtude de sua exposição a intempéries.

Figura 13. Imagem do ortomosaico (à esquerda) e imagem do campo (à direita).



Fonte: Autor, 2020.

De igual maneira, a figura 14 contrasta com a figura 12, ao se tratar de uma travessa de rua bem delimitada e definida por meio-fio. Mesmo havendo presença de gramíneas, o gabarito do meio-fio é nítido, bem como o pavimento da pista de rolamento se encontra em melhores condições.

Figura 14. Imagem do ortomosaico (à esquerda) e imagem do campo (à direita).



Fonte: Autor, 2020.

Em alguns pontos da cena se observaram distorções nos vértices e arestas de edificações e muros. Estas distorções ficam mais evidentes quando se observam elementos de geometria definida, o que pode ser visto na figura 15.

Figura 15. Distorção geométrica em arestas de construções.



Fonte: Autor, 2020.

Também a figura 16 exemplifica estas distorções na imagem, sendo esta mais evidente na aresta do muro e em seu vértice. Esse tipo de distorção, entretanto, não interferiu no procedimento de vetorização da edificação e do terreno, pois ainda é possível identificar a forma geométrica do espaço murado, e assim, vetorizá-lo; o mesmo se aplica para distorções do gênero observáveis em edificações.

Figura 16. Distorção geométrica em vértices e arestas de muro.



Fonte: Autor, 2020.

Conjectura-se que a distorção destas imagens ocorre em virtude do processo de criação do mosaico e pela instabilidade da aeronave. O software estipula pontos-chave georreferenciados nas imagens, que são sobrepostas umas às outras várias vezes; a instabilidade da aeronave interfere no momento da captura da imagem, gerando uma inconsistência geométrica, implicando num uso de mais pontos-chave para sua correção em relação à cena e às imagens vizinhas.

Parente (2016) explica que, ao se valer de produtos gerados sem o uso de pontos de controle, existe uma diferença na precisão planimétrica da imagem quando comparada com imagens geradas com a utilização destes pontos, determinados com o uso de GPS Geodésico, já que sua utilização poderia diminuir a distorção geométrica existente, implicando uma correção do erro.

Entretanto, é importante lembrar que nos mosaicos gerados pelo VANT, o software realiza todo o processo de coleta de pontos georreferenciados e atribuição de coordenadas e projeção geográfica, bem como todas as correções de erros na imagem. Na prática, esse método otimiza o tempo e recursos para locação de pontos em campo, levantamento de informações e georreferenciamento manual com programas próprios para tal (BRAZ et al, 2015).

Foi baixa a interferência da copa de árvores para detecção de arestas durante a vetorização, mostrados nas figuras; este último se deve a baixa ocorrência de espécies arbóreas nos terrenos ocupados. ilustrada pela figura 17.

Figura 17. Corpo arbóreo em linha de divisa.



Fonte: Autor, 2020.

Também foram poucos os lugares onde o beiral da construção ultrapassou a divisa do muro, como mostrado na figura 18.

Figura 18. Beiral sobrepondo linhas de divisa, com sombreamento.



Fonte: Autor, 2020.

A posição do sol nos horários do imageamento e as condições atmosféricas no local durante a obtenção das fotos são outras duas variáveis que influenciam na qualidade da cena gerada. No caso do sol, ele gera sombras por toda a superfície, e a presença deste sombreamento em certos pontos pode interferir na precisão dos dados coletados, bem como a maior intensidade de luminosidade favorece a obtenção de imagens mais nítidas; já no que tange às condições de

tempo, a velocidade do vento no momento da missão é fator interveniente, uma vez que a vibração causada pelo vento influencia a qualidade da foto, e por sua vez, na precisão do levantamento via mosaico.

A riqueza de detalhes do mosaico e sua alta resolução espacial permitiram a observação de diferentes situações no espaço urbano imageado. Na figura 19, a exemplo, observa-se a existência de obras em execução, ainda na fase de levante de alvenaria.

Figura 19. Obras em andamento, com levante de alvenaria.



Fonte: Autor, 2020.

Já na figura 20, também se encontram obras em execução, mas em diferentes fases; enquanto na imagem à esquerda se vê uma estrutura de telhado aguardando o telhamento, na figura à direita se vê vigas baldrame com pintura impermeabilizante executada.

Figura 20. Estrutura de telhado aguardando telhamento e vigas baldrame com pintura impermeável.



Fonte: Autor, 2020.

Outra ocorrência neste setor é a disposição de resíduos de construção civil em terrenos baldios, bem como a existência de terrenos nos quais não se observa construção alguma, mas estão delimitadas por muro. Estas situações são ilustradas pela figura 21.

Figura 21. Depósito de resíduos de construção em terreno baldio e terreno murado sem construção.



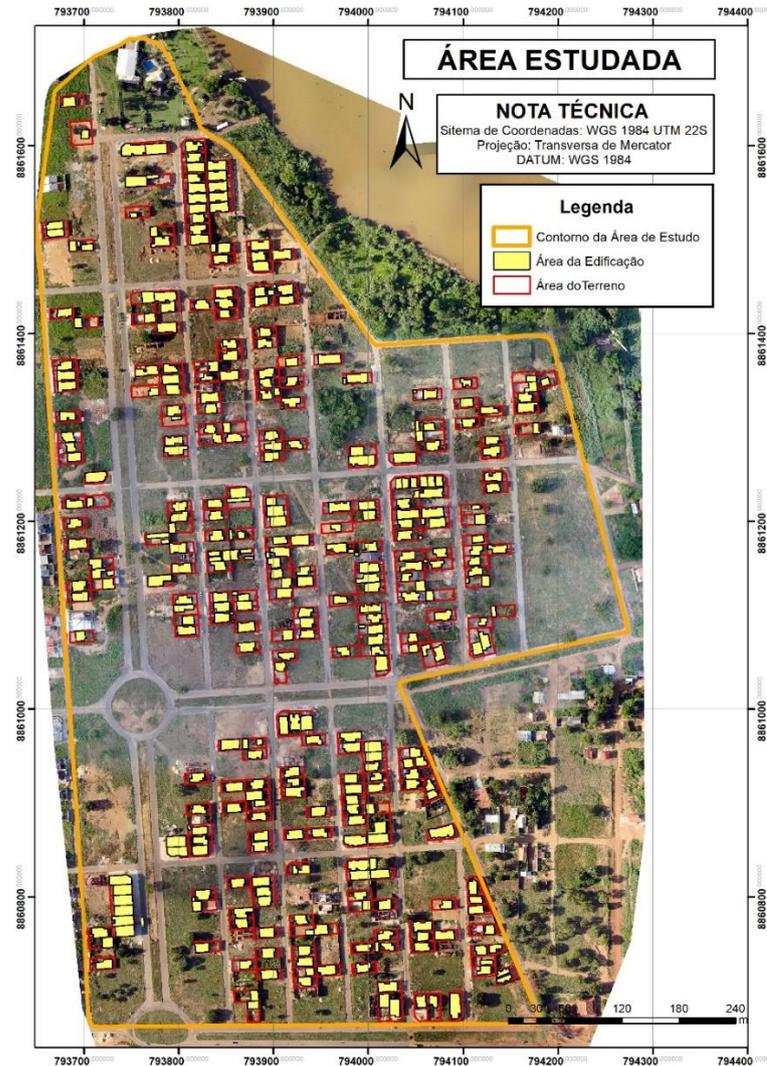
Fonte: Autor, 2020.

O depósito de resíduos de construção civil de maneira irregular não é uma ocorrência pontual observada, mas sim frequente, pois foram localizados outros, em vários lugares do setor. Uma possível explicação para esta observação é que o Setor Bertaville está em processo de ocupação, com muitas construções em andamento.

4.2. VETORIZAÇÃO DE EDIFICAÇÕES E COMPATIBILIZAÇÃO COM CÓDIGO DE OBRAS

Transcorridas as etapas anteriores de elaboração do ortomosaico, realizou-se a vetorização das edificações da parcela imageada do setor Bertaville. Vetorizaram-se as áreas edificadas e as áreas com divisas delimitadas por muros utilizando o software ArcGis 10.6.2 (ESRI, 2018), em processo muito similar. O produto deste trabalho foi mostrado na figura 09, onde se destacam a parcela imageada, os terrenos e as edificações vetorizadas na ortoimagem.

Figura 9. Polígonos gerados na plataforma ArcGis.



Fonte: Autor, 2020.

Localizaram-se o total de 342 edificações, inseridas em terrenos delimitados por muros ou com divisas bem definidas, ficando de fora da vetorização edificações em construção, terrenos murados sem construção e edificações sem linha ou divisa bem definidas ou delimitadas por muros.

As informações extraídas deste mapa foram: área do terreno e da construção, seus respectivos perímetros e recuos. Uma vez catalogados, estes dados foram tabelados, para então serem analisados sob a ótica do Código de Obras Municipal de Palmas – TO (PALMAS, 2014) e da Lei de Uso do Solo (PALMAS, 2015).

4.2.1. Taxas de Ocupação e Permeabilidade

O Setor Bertaville é classificado, segundo as citadas legislações, como uma área residencial (AR), voltada para a construção de edificações unifamiliares do tipo singular, geminada ou seriada, devendo, portanto, obedecer às seguintes prescrições:

- A. Taxa de Ocupação Máxima: 60% (sessenta por cento) do lote no térreo.
- B. Taxa de Permeabilidade Mínima: 25% (vinte e cinco por cento) do lote no térreo.

A taxa máxima de Ocupação foi calculada da seguinte forma:

$$Tx_{Ocupação} = \frac{\text{Área Projetada (m}^2\text{)}}{\text{Área do Terreno (m}^2\text{)}} \times 100$$

Já a taxa de permeabilidade mínima foi calculada da seguinte maneira:

$$Tx_{Permeab.} = \frac{\text{Área Livre (m}^2\text{)}}{\text{Área do Terreno (m}^2\text{)}} \times 100$$

As figuras 22 e 23 mostram o resultado da compatibilização das informações coletadas sobre as edificações vetorizadas. Percebe-se que 69% das edificações atendem a taxa máxima de ocupação, e 94% das edificações atendem à taxa mínima de permeabilidade; no total, 69% das edificações do parcelamento imageado atendem ambas as taxas.

Figura 22. Taxa Máxima de Ocupação.

Figura 23. Taxa Mínima de Permeabilidade.

Taxa de Ocupação - Setor Bertaville



Fonte: Autor, 2020.

Taxa de Permeabilidade - Setor Bertaville



Fonte: Autor, 2020.

Todavia, ressalta-se que um fator interveniente nesta análise é a projeção da cobertura em relação ao terreno. Explica-se que, durante o processo de vetorização, a projeção foi tomada como base para a elaboração dos polígonos relativos às edificações, de forma que não foi possível desconsiderar o espaço existente abaixo dos beirais, já que, segundo o Código de Obras, beirais podem ter distâncias de 0,80 a 1,00 m em relação à edificação, implicando em percentuais maiores de ocupação e permeabilidade. Regularmente, as taxas de ocupação máxima e taxa de permeabilidade são calculadas considerando a projeção horizontal da área edificada, e não da projeção da cobertura, fato que também interfere na análise anterior.

Outra observação a ser considerada é a versão do Código de Obras e da Lei de Uso do Solo, utilizados como referência de diretrizes. As versões adotadas neste trabalho são atualizações das legislações anteriores, datadas da década de 90 (O Código de Obras em sua versão inicial é do ano de 1990, enquanto a Lei de Uso do Solo é do ano de 1993), e, no corrente ano deste trabalho, está em discussão uma nova revisão destas leis (GREIK, 2020).

Nesse contexto, infere-se que certas edificações imageadas podem obedecer a versões anteriores das legislações tomadas como referência de diretrizes, enquanto outras têm por critérios as versões mais recentes. Como não é possível discriminar pelo ortomosaico (e em campo) quais edificações obedecem a quais versões normativas, este fator também se torna interveniente nos resultados obtidos.

Assim, neste trabalho, não se mensurou qual o grau de interferência do fator citado anteriormente, de maneira que ele foi desconsiderado desta análise.

4.2.2. Recuos

No que diz respeito aos recuos, utilizou-se a ferramenta “Medições” do ArcGis para aferir as distâncias entre os polígonos vetorizados das edificações e seus respectivos terrenos. Os parâmetros utilizados para a análise foram:

- I. Afastamentos mínimos:
 - a. Frontal: 5,00 m
 - a. Lateral: 1,50 m em um dos lados, sendo nulo no outro.
 - b. Fundo: 2,00 m
- II. Afastamento especial: lotes menores ou iguais a 200,00 m² são exigidos os seguintes afastamentos:

- c. Frente: 3,00 m
- d. Fundo: 2,00 m
- e. Lateral: nulo

III. Afastamento entre edificações: a distância mínima entre edificações num mesmo lote é de 1,50 m.

A tabela 01 apresenta os resultados da análise e comparação dos valores obtidos com os parâmetros preconizados pelas normativas.

Tabela 1. Dados de atendimento de recuos, em %.

| RECUO | EDIFICAÇÕES QUE ATENDEM (%) |
|--------------------------|------------------------------------|
| Frontal | 38% |
| Lateral | 37% |
| Fundo | 61% |
| Entre Edificações | 78% |

Fonte: Autor, 2020.

Das 342 edificações vetorizadas, observou-se que a maioria atendeu aos critérios de recuo de fundo, enquanto os atendimentos de recuo lateral e frontal possuem percentuais próximos.

Uma possível explicação para um percentual baixo de atendimento do recuo frontal, quando comparado com o recuo de fundo é que, em muitas edificações do setor, o espaço que se configura como espaço recuado frontal é utilizado como garagem, e depois de entregue a construção ao usuário, este opta por construir um recobrimento para servir como cobertura para a garagem, situação ilustrada pela figura 24.

Figura 24. Cobertura de Garagem.



Fonte: PALANCIO, 2011.

Já em outros casos, trata-se de edificações de esquina que não atenderam ao recuo frontal normatizado.

O alto percentual de atendimento ao recuo entre edificações se aplica somente neste caso, e suas ocorrências são da ordem de 8% do total de edificações vetorizadas.

Continuando com a análise, a tabela 02 apresenta um resumo das informações obtidas. Nela, é mostrado os percentuais de edificações imageadas que atenderam aos requisitos da legislação.

Tabela 2. Percentual de atendimento de recuos pelas edificações.

| CONDIÇÕES | ATENDIMENTO (%) |
|------------------------------|------------------------|
| No mínimo um recuo | 89% |
| No mínimo dois recuos | 43% |
| Todos os recuos | 9% |

Fonte: Autor, 2020.

É correto afirmar, com base nesses dados, que a maioria das edificações atende pelo menos a uma das condições de recuos, e que um percentual baixo de edificações atende a todos os recuos simultaneamente – também considerando os recuos entre edificações nesta análise. Os percentuais tendem a diminuir na medida em que se consideram mais parâmetros de recuos para a avaliação.

Reitera-se aqui que estes dados são resultado de uma análise da vetorização de edificações que levou em consideração a projeção de cobertura como representação geométrica da edificação em si, desconsiderando a influência dos beirais. Os recuos foram medidos considerando o espaçamento entre a aresta do muro e a aresta projetada pela cobertura, de maneira que estes dados podem ser maiores na realidade.

De igual maneira, reforça-se a consideração feita acerca das leis tomadas como referência paramétrica. No caso dos recuos, também há diferença entre as prerrogativas vigentes e as que foram revogadas; esta diferença também foi desconsiderada, pois a referência tomada foi a legislação vigente até o ano deste trabalho.

À luz do que foi discutido, é possível considerar que, numa edificação na região estuada, há uma grande chance de atendimento a pelo menos uma das condições de recuos, atendimento da taxa de permeabilidade mínima e da taxa de ocupação máxima, parâmetros normatizados pelo Código de Obras e Posturas e Lei de Uso e Parcelamento do Solo.

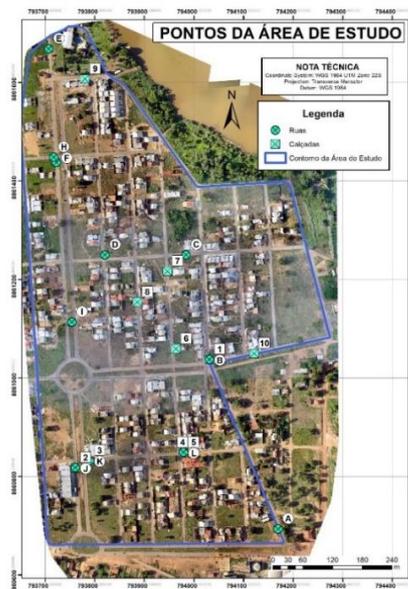
4.3. ANÁLISE DE PRECISÃO PLANIMÉTRICA

4.3.1. Análise dos dados coletados.

A etapa final desta pesquisa se tratou da realização de levantamento in loco de pontos de calçada e leito carroçável, em comparação com informações dos mesmos pontos levantados via mosaico, para, então, comparar a acurácia dos produtos obtidos com a acurácia do trabalho realizado por Feitosa (2018), que se valeu do mesmo procedimento em sua área de estudo.

Levantou-se um total de 20 pontos in loco, sendo dez pontos relativos a passeios e calçadas e dez pontos relativos a ruas, os quais são indicados por letras do alfabeto, enquanto os pontos de calçadas são indicados por numeração arábica. Os pontos estão indicados na figura 10, apresentada anteriormente. A distribuição dos pontos seguiu o critério da aleatoriedade.

Figura 10. Pontos amostrais.



Fonte: Autor, 2020.

Logo que coletados, calculou-se a variação de medidas entre o valor real e o valor obtido via mosaico, também calculando um percentual de diferença individual em relação ao valor real. As tabelas 03 e 04 apresentam os resultados dessa operação.

Tabela 3. Dados de levantamento de calçadas.

| Ponto | Comprimento em Campo (m) | Comprimento Ortomosaico (m) | Variação (m) | Diferença Individual (%) |
|--------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| 1 | 2,97 | 2,96 | 0,01 | 0,34% |
| 2 | 7,70 | 7,68 | 0,02 | 0,26% |
| 3 | 4,42 | 4,43 | -0,01 | -0,23% |
| 4 | 4,15 | 4,16 | -0,01 | -0,24% |
| 5 | 1,93 | 1,94 | -0,01 | -0,52% |
| 6 | 2,50 | 2,52 | -0,02 | -0,80% |
| 7 | 3,10 | 3,11 | -0,01 | -0,32% |
| 8 | 3,66 | 3,68 | -0,02 | -0,55% |
| 9 | 4,47 | 4,47 | 0,00 | 0,00% |
| 10 | 3,72 | 3,74 | -0,02 | -0,54% |

Fonte: Autor, 2020.

De início, a variação observada é da ordem de centímetros, sendo o maior desvio observado com valor de 2,00 cm, e o menor, 1,00 cm, valores muito pequenos quando se tem em vista que as medidas coletadas em ambas as situações (in loco e mosaico) se encontram em metros. Além disso, as diferenças individuais nestes dados são menores que 1%, o que implica em boa precisão nas medidas.

Tabela 4. Dados de levantamento em ruas.

| Ponto | Comprimento em Campo (m) | Comprimento Ortomosaico (m) | Variação (m) | Diferença Individual (%) |
|--------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| A | 5,92 | 5,97 | -0,05 | -0,84% |
| B | 5,93 | 5,92 | 0,01 | 0,17% |
| C | 6,69 | 6,68 | 0,01 | 0,15% |
| D | 6,43 | 6,48 | -0,05 | -0,78% |
| E | 7,83 | 7,82 | 0,01 | 0,13% |
| F | 7,89 | 7,87 | 0,02 | 0,25% |
| H | 6,78 | 6,86 | -0,08 | -1,18% |
| I | 7,77 | 7,77 | 0,00 | 0,00% |
| J | 7,81 | 7,78 | 0,03 | 0,38% |
| K | 6,71 | 6,81 | -0,10 | -1,49% |
| L | 6,91 | 6,82 | 0,09 | 1,30% |

Fonte: Autor, 2020.

Também aqui se observam valores pequenos de desvio, com variação entre 1,00 cm e 10,00 cm, um intervalo de variação muito maior do que a variação observada na tabela 03.

Uma possível explicação para estas variações nos trechos de ruas é a questão da urbanização. Mesmo o Setor Bertaville ser um bairro urbanizado e com infraestrutura instalada, a

presença de gramíneas e arbustos no meio fio gerou sombras que dificultaram a localização mais precisa do ponto de medição no mosaico, assim como as folhas e ramagens destes arbustos também dificultaram a localização precisa destes pontos, quando, em campo, tais elementos não se revelam como um impedimento para a obtenção desses dados. Não somente as gramíneas, mas também o próprio gabarito do pavimento gera sombras que também interferem nos resultados, embora neste último caso, a interferência seja menor.

Esta variável pode ser reduzida valendo-se de um horário no qual a incidência solar gere menos sombreamento, e por conseguinte, forneça imagens mais claras e nítidas da superfície, quando aliado a condições de tempo favoráveis – céu limpo e baixa velocidade do vento, assim como, em períodos não-chuvosos, nos quais a vegetação rasteira não é muito abundante e assim, suas folhagens não oferecem impedimento para a coleta de dados no mosaico.

Em ambos os casos, a variação individual não superou o valor de 2%, fato que confere confiabilidade nos resultados.

4.3.2. Comparativo de dados.

Nas tabelas 05 e 06, apresentam-se os dados coletados por Feitosa (2018) em seu trabalho, realizado em outra área de estudo, também em Palmas – TO. A área de estudo, de onde os dados apresentados se originam, é a Quadra 407 Norte.

Tabela 5. Dados de medição de travessas de vias.

| Nº | Comprimento Orto-mosaico (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: Feitosa (2018).

Tabela 6. Dados de medição de calçadas

| Nº | Comprimento Orto-mosaico (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: Feitosa (2018).

Vê-se que há grande proximidade nos valores de variação individual em ambas as situações, sendo o percentual máximo de variação individual de 1,10% nos dados de Feitosa (2018), cuja metodologia foi empregada neste trabalho, com adaptações. As variações máximas de ambos os trabalhos são inferiores a 2%, o que atesta a acurácia do método quando empregado em levantamentos planimétricos.

Consoante a esta averiguação, comparou-se também, na tabela 07, os valores das médias dos desvios, e seus respectivos desvios-padrão, em cada uma das situações, conforme sua natureza.

Tabela 7. Comparativo da média dos resultados.

| Área de Estudo | Ruas | | | Calçadas | | |
|-------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------|
| | Variação Média (m) | Diferença Individual Média (%) | Desvio-Padrão (m) | Variação Média (m) | Diferença Individual Média (%) | Desvio-Padrão (m) |
| Setor Bertaville | -0,02 | 0,32% | 0,04 | -0,01 | -0,26% | 0,01 |
| Quadra 407 N | -0,03 | 0,35% | 0,005 | -0,02 | 0,80% | 0,01 |

Fonte: Autor, 2020.

Observa-se que há uma proximidade muito grande nos resultados nas medidas de calçadas, que obtiveram o mesmo valor de desvio-padrão para suas respectivas médias, enquanto nas ruas, o desvio-padrão para suas respectivas médias é divergente.

A explicação que se dá para tal ocorrência nas medidas de travessas de ruas é a interferência gerada pela presença de sombras e folhas de arbustos que dificultaram medidas mais precisas das travessas, e, por conseguinte, maior consonância com os dados comparados.

Assim, mesmo com uma taxa tão pequena de desvio nas medidas horizontais, os fatores ambientais ainda influenciam a acurácia do método, como explanado anteriormente; daí que seu grau de confiabilidade aumenta quando o método é associado a outras metodologias de levante informações em campo, não somente para medições de travessas e passeios, mas também no processo de compatibilização e adequação das edificações ao código de posturas e lei de uso do solo.

No caso destes últimos, há situações em que o levante em campo é mais eficiente, a exemplo, quando se tem por objeto de análise grandes áreas e parcelamentos, ou áreas nas quais o acesso é dificultado e remoto. Nestes casos, o emprego do VANT e suas tecnologias oferece grande ganho em tempo e recursos, tendo boa aplicabilidade nestes casos.

5. CONCLUSÃO

O VANT é uma ferramenta valiosa para a obtenção de informações precisas sobre a superfície terrestre, em virtude de sua alta resolução espacial e temporal, oferecendo maiores níveis de detalhe sobre a área imageada, quando em comparação com outros métodos de imageamento. Associada a outras metodologias de levantamento, a plataforma potencializa a confiabilidade das informações, capaz de trazer à tona, por exemplo, detalhes de áreas que em certas situações, o alcance é dificultado ou remoto.

As informações coletadas do mosaico, quando em confronto com informações coletadas in loco, possuem grande precisão, e, em virtude de seu baixo custo, reforçam o aspecto de bom custo-benefício natural nesse tipo de tecnologia, em comparação com métodos tradicionais. Tal fato é salientado quando se tem em mente que o método empregado gerou resultados cujo comportamento de precisão têm proximidade, incluso em aplicações em diferentes áreas e por diferentes operadores, demonstrando que o método tem eficácia e confiabilidade nos resultados gerados.

Pela qualidade das imagens e sua resolução, o uso da ortoimagem produzida por VANT pode ser usado em outras áreas do gerenciamento urbano, como implantação e manutenção de novas vias, monitoramento de ocupação de parcelamentos urbanos, criação de bases cadastrais de edificações, detecção de pontos de depósito inadequado de resíduos de construção civil, dentre outros, tornando-se uma ferramenta valiosa para obtenção de dados geométricos confiáveis que subsidiem tomadas de decisão na área, dissipando incertezas.

Porém, frisa-se que mesmo oferecendo imageamento de qualidade e de boa acuidade geométrica, a plataforma VANT ainda é sujeita a variáveis ambientais externas, que influem diretamente sobre a qualidade do produto. Isto implica em uma restrição de uso em certas situações, como dias de vento forte, tempo nublado e horários de sol com alta projeção de sombras, como o período da tarde, por exemplo. Estas variáveis podem ser contornadas através do planejamento antecipado das missões e, quando em ambiente urbano, conhecimento prévio da área a ser imageada.

No que diz respeito ao processo de compatibilização e adequação de edificações, as variáveis obtidas no ortomosaico são influenciadas pelo fato de, durante a vetorização, não se considerar a influência dos beirais no processo em função do modelo utilizada para representação do espaço edificado – a projeção da cobertura, que é a informação obtida por uma imagem

aérea, de forma que os dados coletados podem ser ainda maiores dos que foram apresentados. A quantificação desta variação não foi realizada neste trabalho, por não se tratar de um de seus objetivos, mas é uma consideração interessante que pode ser alvo de trabalhos futuros.

Mesmo em face do que foi explanado, o VANT se mostra como uma ferramenta com grande potencial para aplicações em ambiente urbano, oferecendo produtos confiáveis de qualidade a baixo custo e com boa precisão geométrica.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Cláudia Maria de. Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto por imagens e o planejamento urbano regional. **Arq.urb**, São Paulo, v. 3, n. 7, p.98-123, jan. 2010. Semestral. Disponível em: <https://www.usjt.br/arq.urb/numero_03/8arqurb3-claudia.pdf>. Acesso em: 24/08/2019.

ALVES JÚNIOR, Leomar Rufino. **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. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. 114 p.

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, agosto. 2017. ISSN 2179-0892. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/117161>>. doi: 10.11606/issn.2179-0892. geosp.2017.117161. Acesso em: 30/08/2019.

BRASIL. ANAC. **IS N° 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: 21/08/2019.

BRASIL. ANAC. Ministério da Infraestrutura. **A atividade de Aerolevanteamento**. 2012. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/empresas/aerolevesp.asp>>. Acesso em: 09/09/2019.

BRASIL. ANAC. **Requisitos Gerais Para Aeronaves não Tripuladas de Uso Civil – RBAC – E n° 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: 22/08/2019.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição Federal da República Federativa do Brasil de 1988**. Planalto. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf>. Acesso em: 22/08/2019.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm>. Acesso em: 22/08/2019.

BRITO, Eliseu Pereira de. O PLANEJAMENTO DA CIDADE E A FORMAÇÃO DO CENTRO URBANO DE PALMAS. **Paraonde?!**: Revista Eletrônica, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p.92-107, jan. 2009. Quadrimestral. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/paraonde/article/view/22091>>. Acesso em: 25/08/2019.

BRITO, Eliseu Pereira de. PLANEJAMENTO, ESPECULAÇÃO IMOBILIÁRIA E OCUPAÇÃO FRAGMENTADA EM PALMAS. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 34, p.94-104, jun. 2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/16161/9097/0>>. Acesso em: 24/08/2019.

BUFFON, Elaiz; SAMPAIO, Tony; PAZ, Otacílio (2018). Veículo aéreo não tripulado (VANT) - aplicação na análise de inundações em áreas urbanas. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n.º 13 (junho). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 85-108, dx.doi.org/10.17127/got/2018.13.004. Acesso em: 30/08/2019.

CÂNDIDO, A. K. A. A.; SILVA, N. M.; PARANHOS FILHO, A. C. High Spatial Resolution Images of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in Land Use and Occupancy Planning. **Anuário do Instituto de Geociências - Ufrj**, [s.l.], v. 38, n. 1, p.147-156, 24 ago. 2015. Instituto de Geociências - UFRJ. http://dx.doi.org/10.11137/2015_1_147_156.

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. Disponível em: <<http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2015/trabalhos/pdf/congestas2015-et-01-017.pdf>>. Acesso em: 09/09/2019.

ESRI. 2018. Environmental Systems Research Institute. **ArcMap**. Versão 10.6.2, Estados Unidos. 2018.

FARIA, Rodrigo Ribeiro de; COSTA, Marledo Egidio. A INSERÇÃO DOS VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULÁVEIS (DRONES) COMO TECNOLOGIA DE MONITORAMENTO

NO COMBATE AO DANO AMBIENTAL. **Revista Ordem Pública**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p.81-103, jan. 2015. Semestral. Disponível em: <<https://rop.emnuvens.com.br/rop/article/view/92/91>>. Acesso em: 03/10/2019.

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.

FONTES, Luiz Carlos A. de A. **Fundamentos de Aerofotogrametria aplicados à Topografia**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2005. Técnicas de Geomensura. Disponível em: <<http://www.topografia.ufba.br/nocoos%20de%20aerofotogrametriapdf.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2019.

FURTADO, Vitor Hugo et al. ASPECTOS DE SEGURANÇA NA INTEGRAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT) NO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO. In: SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO, 7., 2008, Rio de Janeiro. **ANAIS DO VII SITRAER - SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO**. Rio de Janeiro: Sitraer, 2008. p. 506 - 5017. Disponível em: <<https://www3.ufpe.br/latecgeo/images/PDF/vants.pdf>>. Acesso em: 03/10/2019.

GREICK, Marcio. **Código de Obras e Edificações de Palmas passa por revisão em audiência pública nesta quarta, 22**. 2020. Disponível em: <<https://surgiu.com.br/2020/01/22/codigo-de-obras-e-edificacoes-de-palmas-passa-por-revisao-em-audiencia-publica-nesta-quarta-22/>>. Acesso em: 06/06/2020.

KHAN, F. et al. Investigation on Bridge Assessment Using Unmanned Aerial Systems. **Structures Congress 2015**, [s.l.], p.404-4013, 17 abr. 2015. American Society of Civil Engineers. <http://dx.doi.org/10.1061/9780784479117.035>. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784479117.035>>. Acesso em: 23/08/2019.

LIMA, Daniela de Freitas 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, 73., 2016, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Confea, 2016. p. 1 - 5. Disponível em: <<http://confea.org.br/si>>

tes/default/files/uploads-imce/contecc2016/civil/a%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20vant%20(drone)%20para%20fins%20de%20regulariza%C3%A7%C3%A3o%20fundia%C3%A1ria%20urbana%20de%20interesse%20social.pdf>. Acesso em: 10/09/2019.

LIU, Peter et al. A review of rotorcraft Unmanned Aerial Vehicle (UAV) developments and applications in civil engineering. **Smart Structures and Systems**, [s.l.], v. 13, n. 6, p.1065-1094, 25 jun. 2014. Techno-Press. <http://dx.doi.org/10.12989/sss.2014.13.6.1065>. Disponível em: <<http://koreascience.or.kr/article/JAKO201419553341986.page>>. Acesso em: 22/08/2019.

LONGHITANO, G. A. **VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2010, 148 p. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-10012011-105505/pt-br.php>>. Acesso em: 05/09/2019.

LOPES, Wilza Gomes Reis; LIMA, Antônia Jesuita de; VIANA, Bartira Araújo da Silva; RODRIGUES NETO, Edmundo Ximenes; NOGUEIRA, Rochelle Hermenegilda Nunes. REFLEXÕES SOBRE O PLANO DIRETOR COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS / REFLECTIONS ON THE MASTER PLAN AS MANAGEMENT TOOL IN BRAZILIAN MUNICIPALITIES. **Geo UERJ**, [s.l.], n. 30, p. 145-168, 11 jun. 2017. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2017.28340>. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/download/28340/21164>. Acesso em: 25/04/2020.

MELO, Roseneia Rodrigues Santos de. **USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) PARA MONITORAMENTO DE OBRA COM ÊNFASE EM SEGURANÇA E LOGÍSTICA**. 2015. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015. Disponível em: <<http://www.ppec.ufba.br/site/node/3509>>. Acesso em: 07/10/2019.

MORGENTHAL, G.; HALLERMANN, N.. Quality Assessment of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Visual Inspection of Structures. **Advances in Structural Engineering**, [s.l.], v. 17, n. 3, p.289-302, mar. 2014. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1260/1369-4332.17.3.289>. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1260/1369-4332.17.3.289>>. Acesso em: 30/08/2019.

NA, Wongi; BAEK, Jongdae. Impedance-Based Non-Destructive Testing Method Combined with Unmanned Aerial Vehicle for Structural Health Monitoring of Civil Infrastructures. **Applied Sciences**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.7-15, 22 dez. 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app7010015>. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/7/1/15>>. Acesso em: 22/08/2019.

ORIOLANO, Germana Pires; ROGRIGUES, Waldecy; OLIVEIRA, Adão Francisco de. Estatuto da Cidade e seus instrumentos de combate às desigualdades socio-territoriais: o Plano Diretor Participativo de Palmas (TO). **Urbe - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s.l.], v. 5, n. 480, p.131-145, jul. 2013. Semestral. Pontificia Universidade Catolica do Parana - PUCPR. <http://dx.doi.org/10.7213/urbe.05.002.ac04>.

PALANCIO. **Cobertura para garagem: 28 modelos e materiais**. 2011. Disponível em: <https://www.vaicomtudo.com/cobertura-para-garagem.html>. Acesso em: 10/06/2020.

PALMAS (Município). Lei nº 305, de 02 de outubro de 2014. Altera a Lei nº 31, de 07 de dezembro de 1989, que estabelece o Código Municipal de Obras. **Lei Complementar Nº 305 de 02/10/2014**. Palmas, TO, 02 out. 2014.

PALMAS (Município). Lei Complementar nº 321, de 13 de agosto de 2015. **Dispõe Sobre A Divisão da Área Urbana da Sede do Município de Palmas em Zonas de Uso e Dá Outras Providências**. Palmas, TO: Prefeitura de Palmas, 13/08/2015.

PALMAS (Município). Lei Complementar nº 400, de 02 de abril de 2018. **Diário Oficial do Município**. Palmas, TO, 02/04/2018.

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, Antoninho João; GUBIANI, Juçara Salete; PHILIPS, Jurgen W. Veículo Aéreo não Tripulado: Uma Ferramenta de Auxílio na Gestão Pública. In: SIMPOSIO ARGENTINO DE INFORMATICA Y DERECHO, 11., 2013, Córdoba. **Anais...** . Córdoba: Sid, 2013. p. 176 - 187.

PIZZIO, Alex; RODOVALHO, Sarah Afonso. PALMAS (TO): UMA ANÁLISE ACERCA DO PAPEL DO PLANEJAMENTO URBANO NA PRODUÇÃO DO ESPAÇO NA MAIS NOVA C. **Cadernos Gestão Social**, Salvador, v. 6, n. 1, p.97-106, jan. 2015. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/cgs/article/view/31696>>. Acesso em: 30/08/2019.

RODRIGUES, Elder Soares. ASPECTOS REGULATÓRIOS DA OPERAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO. In: CONGRESSO RIO DE TRANSPORTES, 13., 2015, Rio de Janeiro. **Resumo...** . Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015. p. 448 - 463. Disponível em: <<http://www.riodetransportes.org.br/wp-content/uploads/artigo33.pdf>>. Acesso em: 24/08/2019.

SANTOS, Ivaneide et al. Methodologies to Represent and Promote the Geoheritage Using Unmanned Aerial Vehicles, Multimedia Technologies, and Augmented Reality. **Geoheritage**, [s.l.], v. 10, n. 2, p.143-155, 25 maio 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12371-018-0305-0>.

SOUSA, Regina Moreira de. **A EXPANSÃO URBANA DO PLANO DIRETOR DE PALMAS: UMA ANÁLISE JURÍDICA ACERCA DA DISPUTA DO ESPAÇO URBANO EM PALMAS/TO**. Vertentes do Direito, Palmas, v. 2, n. 2, p.40-66, abr. 2015. Semestral. Disponível em: <<https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/direito/article/view/1526>>. Acesso em: 10/09/2019.

SOUZA, Érika da Cunha Victor. Legislação sustentável: diretrizes para incorporação de conceitos de sustentabilidade no código de edificações de Vitória/ES. **Pós. Revista do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Fauusp**, [s.l.], v. 22, n. 38, p.124-139, 18 dez. 2015. Universidade de Sao Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v22i38p124-139>.

TURNER, Darren; LUCIEER, Arko; WATSON, Christopher. An Automated Technique for Generating Georectified Mosaics from Ultra-High Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery, Based on Structure from Motion (SfM) Point Clouds. **Remote Sensing**, [s.l.], v. 4, n. 5, p.1392-1410, 14 maio 2012. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs4051392>.

YAO, Huang; QIN, Rongjun; CHEN, Xiaoyu. Unmanned Aerial Vehicle for Remote Sensing Applications—A Review. **Remote Sensing**, [s.l.], v. 11, n. 12, p.1443-1465, 18 jun. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs11121443>.

REZENDE, Denis Alcides; ULTRAMARI, Clovis. Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual. **Rev. Adm. Pública**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 2, p. 255-271, abr. 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122007000200005&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 25 maio 2020. <https://doi.org/10.1590/S0034-76122007000200005>.