



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE VOO PARA RECONSTRUÇÃO 3D
A PARTIR DE SEQUÊNCIA DE IMAGENS POR DRONES PARA APLICAÇÃO EM
SENSORIAMENTO REMOTO

Mariana Passos dos Reis Gotti

Relatório de Iniciação Científica
do programa PIBIC, orientada pelo
Dr. Elcio Hideiti Shiguemori
Coorientador Moisés José dos Santos Freita

URL do documento original
<http://urlib.net/>

INPE
São José dos Campos
2023



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE VOO PARA RECONSTRUÇÃO 3D
A PARTIR DE SEQUÊNCIA DE IMAGENS POR DRONES PARA APLICAÇÃO EM
SENSORIAMENTO REMOTO

Mariana Passos dos Reis Gotti

Relatório de Iniciação Científica
do programa PIBIC, orientada pelo
Dr. Elcio Hideiti Shiguemori e
MsC. Moisés José dos Santos Freita

URL do documento original
<http://urlib.net/>

INPE
São José dos Campos
2023

RESUMO

Os drones têm sido empregados para gerar imagens tridimensionais na execução de monitoramentos e levantamentos de regiões rurais e urbanas. Essa tecnologia tem sido aplicada em diversas áreas, incluindo engenharia, setores militares, indústria, agricultura e demografia. Uma das vantagens do uso destas aeronaves consiste na precisão e alta resolução das imagens capturadas. Além disso, um dos produtos resultantes destas imagens é a criação de modelos 3D. Esses modelos possibilitam avaliações estruturas, terrenos, vegetação, entre outros elementos, fornecendo uma fonte de dados para análises e tomada de decisões em diversos campos, desde a avaliação de infraestruturas até os impactos ambientais e planejamento urbano. Essa capacidade de gerar representações tridimensionais detalhadas amplia o escopo de aplicação e a utilidade do sensoriamento remoto realizado por drones. Os resultados dos softwares utilizados para o processo de geração 3D podem variar a depender de como as imagens foram obtidas. O objetivo principal deste projeto foi avaliar diferentes softwares, como o Pix4D e o Meshroom, na produção dessas imagens tridimensionais. Para efetuar essas comparações, foram planejados e executados voos no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), localizado em São José dos Campos. O uso de dados desses voos foi essencial, permitindo uma análise comparativa entre os diferentes programas e as variáveis associadas, como resolução, quantidade de imagens e horários do dia.

Palavras-chave: Drones. Reconstrução 3D. Sensoriamento Remoto,

LISTA DE FIGURAS

	Pág
1– Exemplo software Mission Planner.....	2
2 – Imagens do Drone utilizado.....	3
3– Imagem da estrutura da aeronave analisada vista superior.....	4
4- Imagem da estrutura da aeronave analisada vista superior.....	4
5– Imagem da estrutura analisada vista lateral direita.....	5
6 – Imagem da estrutura analisada vista lateral esquerda.....	5
7- Imagem da estrutura da casinha 01.....	6
8 - Imagem da estrutura da casinha 02.....	6
9 - Imagem da estrutura da Torre 01.....	7
10 - Imagem da estrutura da Torre 02.....	7
11- Imagem software Mission Planner.....	10
12 –Imagem Software Meshroom.....	11
13 - Geolocalização Pix4D.....	11
14- Execução Pix4D.....	12
15– Exemplo de imagem 3D com pontos.....	13
16– Exemplo imagem 3D com nuvem de pontos.....	13
17- Imagem estrutura aeronave.....	14
18- Nuvem de pontos da estrutura da aeronave.....	14
19– Imagem estrutura da aeronave lateral.....	15
20– Imagem 2 Nuvem de pontos da aeronave.....	15
21 – Nuvem de pontos gerada com 100 imagens.....	16
22- Visualização 3D estrutura aeronave.....	16
23- Visualização 3D estrutura aeronave Resultado 2.....	17
24– Sequência de 30 imagens da casinha.....	17
25– Resultado 3D da casinha.....	18
26 – Resultado 2 3D da casinha.....	18
27- Nuvem de pontos marcadas na torre.....	19
28- Imagem da estrutura da torre.....	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IEAv - Instituto de Estudos Avançados
LIDAR - Detecção de Luz e Alcance (do inglês Light Detection and Ranging)
VANT - Veículos Aéreos Não Tripulados
ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica
FPV (First Person Vision - Visão em primeira pessoa)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	2
3 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES.....	8
4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADO.....	9
4.1 Projeto detalhado.....	9
5 CONCLUSÃO.....	20
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto com uso de drones, também conhecidos por veículos aéreos não tripulados (VANT) ou aeronaves remotamente pilotadas, tem sido muito utilizado para o monitoramento de áreas desmatadas, levantamento topográfico de áreas rurais e urbanas, na área de meteorologia, geologia, áreas militares, na indústria, agricultura, demografia e para geração de dados em três dimensões (3D) devido a possibilidade desses veículos serem equipados por diferentes tipos de câmeras e sensores. Uma das vantagens do sensoriamento remoto com os drones está no detalhamento e na alta resolução das imagens obtidas. Os softwares utilizados para o processo de geração 3D possuem várias condições para serem utilizados, pois podem ser dependentes de como as imagens foram obtidas, sendo em alguns casos, não eficiente a sua reconstrução.

O objetivo principal do projeto foi analisar a influência das condições de voo de Drones na captura de sequência de imagens usadas na reconstrução em 3 dimensões (3D), com uso de ferramentas de visão computacional fotogramétrica (MESHROOM, 2021). Este projeto possui grande relevância para diversas aplicações do INPE, entre elas, aplicações de sensoriamento remoto (RUIZ, 2021). A reconstrução em 3D é uma tarefa importante, principalmente, para modelamento urbano, reconstrução de edificações e cobertura do solo como árvores e bosques (RUIZ, 2021). Um sensor que tem sido utilizado para reconstrução 3D é o sensor LIDAR (LU; LEE, 2017), no entanto, estes sensores são de alto custo (CARNEVALI, et al., 2019). Uma alternativa que tem sido utilizada e de menor custo faz uso de câmeras de alta resolução embarcadas em Drones e de técnicas de fotogrametria (COGIMA et al., 2020). Esta solução coleta grande quantidade de imagens, possibilitando registrar com precisão, informações de referências urbanas e rurais. Porém, como indicado em trabalhos anteriores (RODRIGUES, 2016), as condições de voo podem influenciar na qualidade final da reconstrução 3D, conseqüentemente, gerando erros para a tomada de decisões. Portanto, neste trabalho, um dos objetivos específicos foi a realização da análise da influência das condições de voo dos drones no processo de captura de imagens para reconstrução 3D. Para isso, foram realizados novos voos em diferentes condições, como velocidade, sobreposição, ângulo da câmera, serão variadas as configurações de captura das

imagens, além de se considerar variações nas coberturas do solo, como construções, prédios, árvores e vegetação.

2. Materiais e Métodos

Os principais métodos considerados no projeto foram novos planejamentos dos voos. O planejamento de voo é um processo importante pois deve-se considerar voos em diferentes condições, como apontamento da câmera, velocidade de subida, velocidade de descida, velocidade de voo e frequência de obtenção das imagens. Existem diferentes ferramentas para planejar os voos. Foi Mission Planner (2021), por ser uma ferramenta gratuita. Na Figura 1 é ilustrada uma tela de planejamento de voo do Mission Planner.

Figura 1 – Exemplo do Mission Planner.



Fonte: Mission Planner (2021).

A realização dos voos foi realizada seguindo as normas da aviação. Para esta etapa, os voos foram realizados por pilotos já treinados e certificados do IEAv. Os drones disponíveis são ilustrados na Figura 2.

Figura 2 – Drones disponíveis para o projeto.



Fonte: equipe profissional do IEAv

Para exemplificar os resultados das imagens capturadas pelos voos dos drones, as Figuras 3 a 6 apresentam imagens de uma estrutura, incluindo parte de uma aeronave localizada no Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) em São José dos Campos.

Figura 3



Fonte: equipe profissional do IEAv

Figura 4



Fonte: equipe profissional do IEAv

Figura 5



Fonte: equipe profissional do IEAv

Figura 6



Fonte: equipe profissional do IEAv

Nas Figuras 7 e 8, são apresentadas imagens capturadas de uma diferente estrutura: uma pequena casa situada no Instituto de Estudos Avançados, em São José dos Campos.

Figura 7



Fonte: equipe profissional do IEAV

Figura 8



Fonte: equipe profissional do IEAV

Para a análise dos resultados, também foram adquiridas imagens de uma torre de observação situada no Instituto de Estudos Avançados (IEAV), em São José dos Campos. Algumas destas imagens são ilustradas nas Figuras 9 e 10.

Figura 9



Fonte: equipe profissional do IEAV

Figura 10



Fonte: equipe profissional do IEAV

3 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Para o desenvolvimento do trabalho foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- I. Planejamento dos voos com uso de softwares específicos como o *Mission Planner* (2022);
- II. Acompanhamento dos voos dos drones a serem pilotados;
- III. Aplicação de técnicas de fotogrametria utilizando o software Meshroom (2022) e Pix4D (2023) para tratamento e geração dos modelos 3D;
- IV. Geração de gráficos e tabelas para análise dos resultados das reconstruções e obtenção de medidas;
- V. Acompanhamento de voos complementares: caso sejam necessários, serão realizados voos para obtenção de novos dados para realização de análises e testes;
- VI. Elaboração e análise dos resultados obtidos na reconstrução e elaboração do relatório final.

4.DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Essa seção apresenta o desenvolvimento do projeto, além de ser descrito os estudos de caso abordados.

4.1 Projeto detalhado

Após o planejamento, os voos do Drone foram realizados. Foi um modelo Phantom 4 PRO, com resolução de imagens em 4k, com capacidade de autonomia de 30 minutos, atingindo até 70km/h. Esse Drone é elétrico e carrega câmera e sensores embarcados. Estes sensores diminuem o tempo de uso destas aeronaves. Portanto, em algumas aplicações realizar voos mais que o necessário pode ser desperdício de recurso e menos pode ser que não se obtenha um resultado desejado.

O primeiro software analisado foi o Meshroom, programa também open-source e gratuito, tem como função a geração de imagens 3D a partir da sequência de imagens utilizadas, como na Figura 11.

Acredita-se que devido ao detalhamento das imagens utilizadas, como são imagens obtidas por Drones, possuem longitudes, latitudes, amplitudes e são mais carregadas que imagens tiradas de aparelhos celulares, por exemplo, não houve sucesso na geração 3D com esse software.

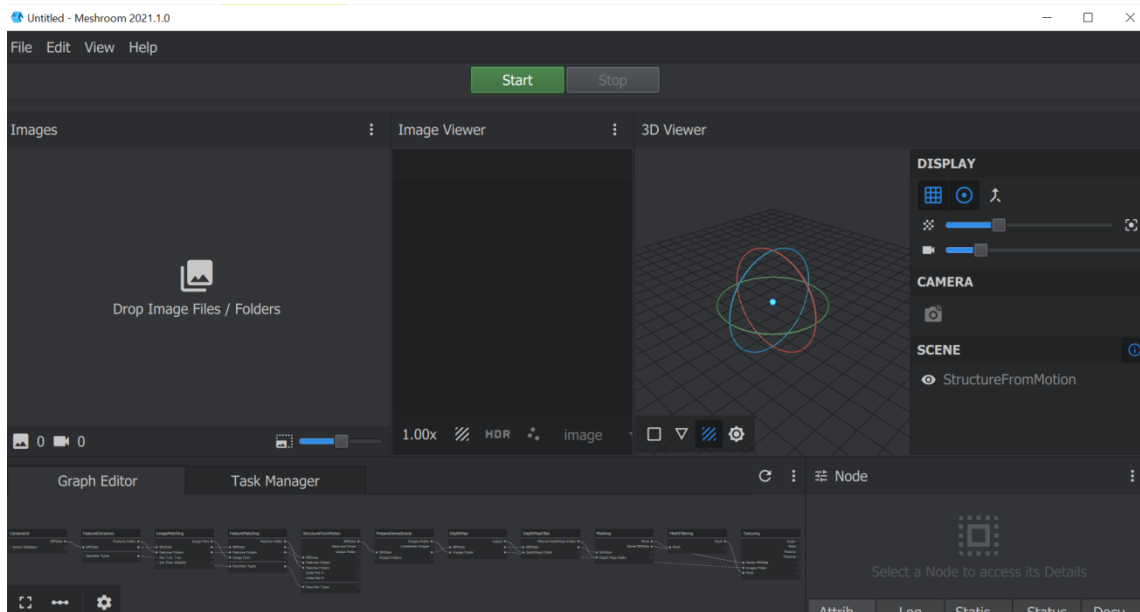
Figura 11



Fonte: software Mission Planner

Após esta etapa, os modelos 3D foram gerados. Um software utilizado foi o Pix4D, programa que possui opções de mapeamento, geração de modelos 3D de mapas, imagens, exemplo na Figura 12. Pode ser modificado e alterado conforme o objetivo para o processamento que deseja ser utilizado. Em suas configurações, primeiramente é possível escolher as imagens, o modelo e observar suas coordenadas (latitude, longitude e altitude), como mostrado na Figura 13.

Figura 12



Fonte: autoria própria

Figura 13

Image Geolocation

Coordinate System

☒ Datum: WGS 1984; Coordinate System: WGS 84 Edit...

Geolocation and Orientation

☒ Geolocated Images: 20 out of 20 Clear From EXIF From File... To File...

Geolocation Accuracy: ☐ Standard ☐ Low ☒ Custom

Selected Camera Model

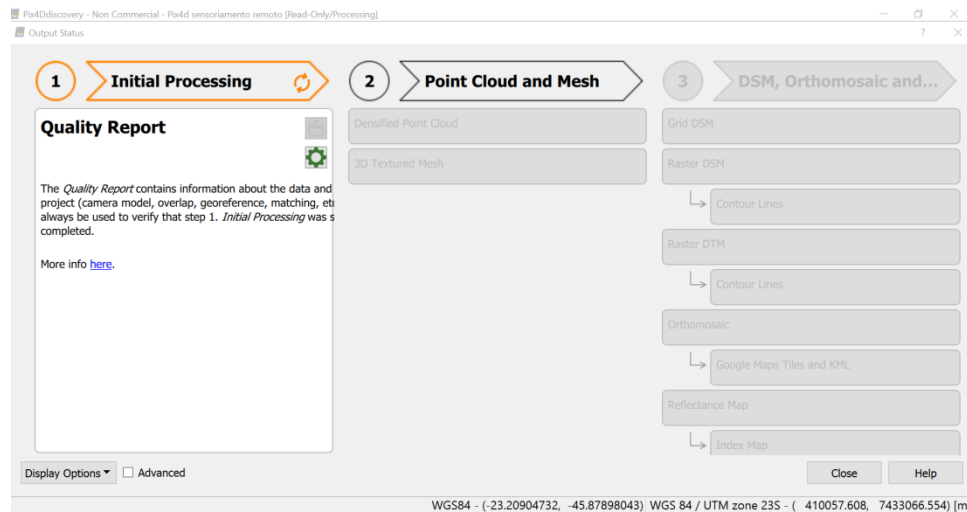
☒ FC6310R_8.8_5472x3648 (RGB) View...

Enabled	Image	Group	Latitude [deg]	Longitude [deg]	Altitude [m]
☒	DJI_0002.JPG	group1	-23.20895481	-45.87904683	599.816
☒	DJI_0003.JPG	group1	-23.20896364	-45.87904825	599.807
☒	DJI_0004.JPG	group1	-23.20896686	-45.87904853	599.821
☒	DJI_0005.JPG	group1	-23.20897244	-45.87904933	599.788
☒	DJI_0006.JPG	group1	-23.20897583	-45.87904958	599.808

Fonte: autoria própria

Na tecla “outpt status” visualiza-se o que está sendo executado no software Figura 14

Figura 14



Fonte: autoria própria

Estudos de caso

As 3 estruturas diferentes foram analisadas, sendo a parte de uma aeronave, a casinha e a Torre

Estudo de Caso 1: Estrutura da Aeronave.

A primeira análise foi dividida em sub etapas.

No primeiro processamento foram realizados 4 testes da estrutura da aeronave.

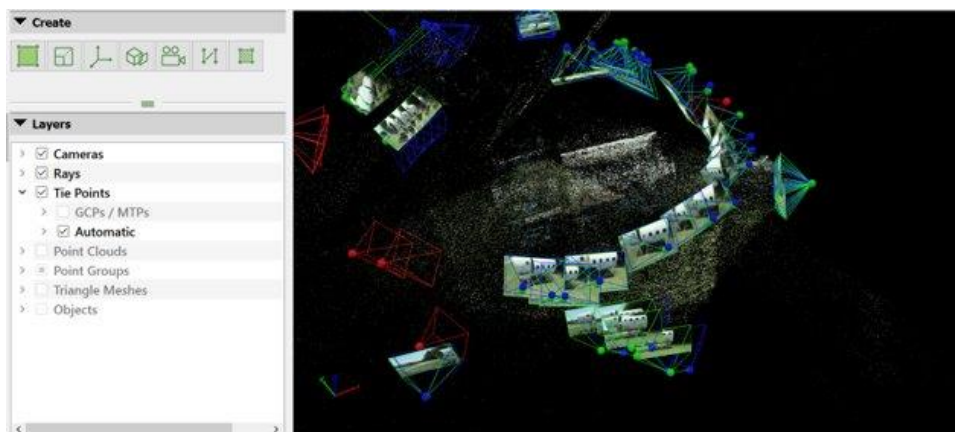
Primeiramente o resultado obtido com 54 imagens de pontos diferentes, foi a falta de imagens da localização dos 4 pontos da estrutura da aeronave analisada, como mostrado na Figura 15 e 16

Figura 15



Fonte: autoria própria

Figura 16



Fonte: autoria própria

O segundo teste foi feito com 60 imagens próximas à estrutura, como mostrado na Figura 17. A nuvem de pontos gerada, não foi satisfatória, porém seu detalhamento, se comparado com o primeiro teste, ficou melhor, como mostrado na Figura 18.

Figura 17



Fonte: equipe profissional do ITA

Figura 18



Fonte: autoria própria

O terceiro teste, foi realizado com 21 imagens calibradas, apresentou um melhor resultado, como mostrado nas Figuras 19, 20

Figura 19



Fonte: equipe profissional do ITA

Figura 20

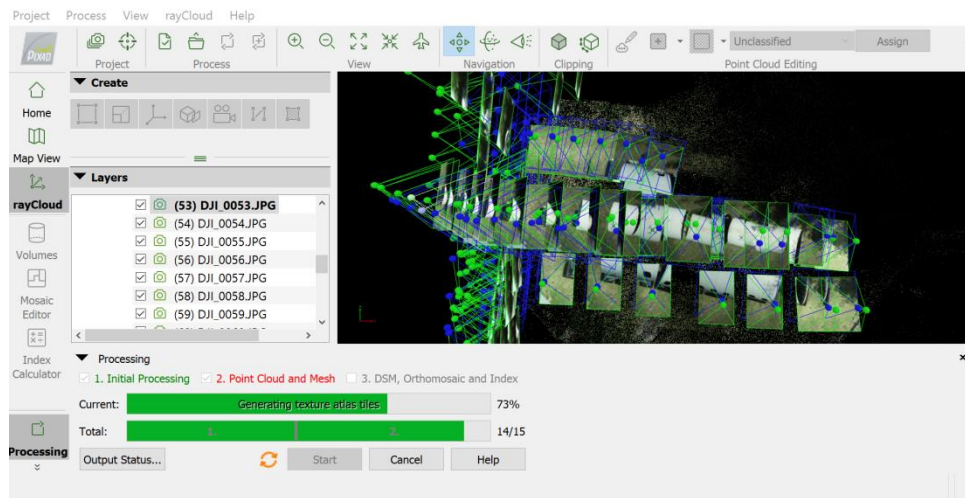


Fonte: autoria própria

O quarto processamento foi feito com 100 imagens, resultou na geração de nuvem de pontos e a imagem em 3D, porém como foram poucas imagens, comparadas como total obtido pelo Drone, a geração não ficou com um resultado satisfatório.

Nuvem de pontos gerada pelo Pix4D com 100 imagens, como na Figura 21

Figura 21



Fonte: autoria própria

Por último, foi feito teste com 555 imagens, o resultado foi satisfatório, apresentou a geração 3D, porém o processamento foi muito lento devido a quantidade de imagens processadas, como mostrado na Figuras 22 e 23.

Figura 22

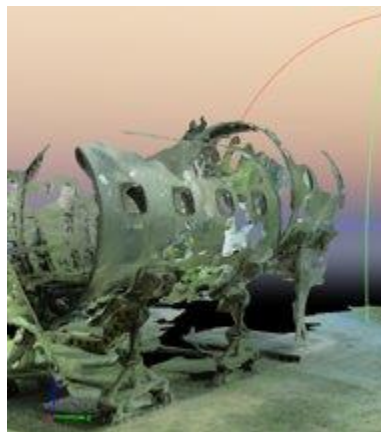


Imagem 3D. Fonte autoria própria

Figura 23

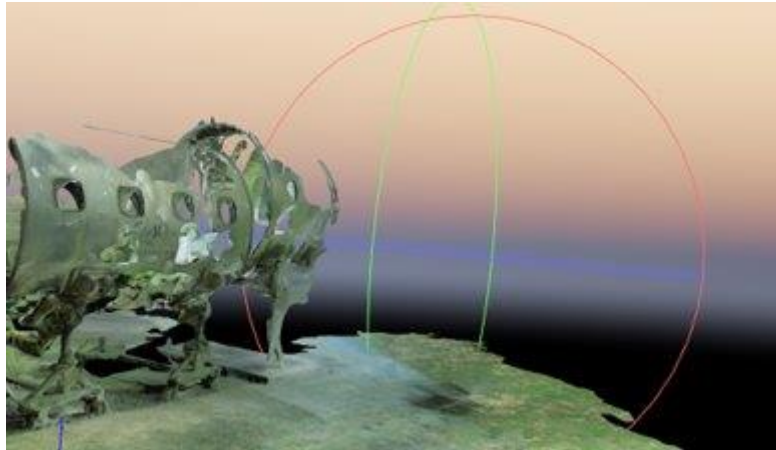
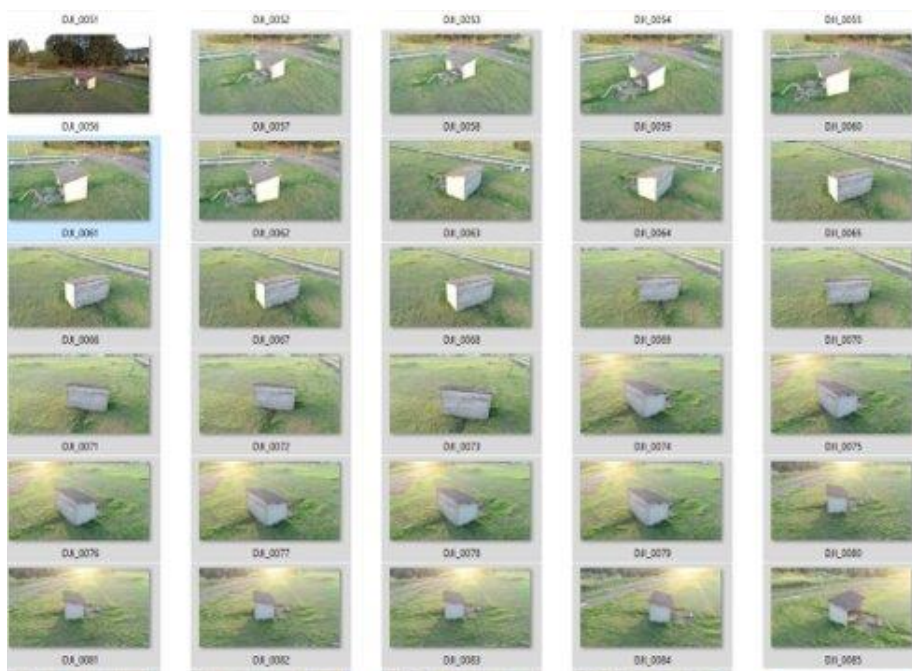


Imagem 3D. Fonte: autoria própria

Estudo de caso 2: casinha.

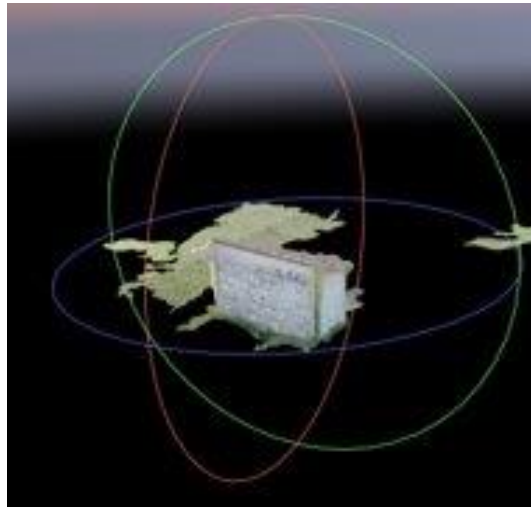
O processamento seguinte foi realizado com a casinha, com 30 imagens. O resultado obtido foi satisfatório, possuindo a nuvem de pontos e visualização em 3D da estrutura analisada, como mostrado nas Figuras 24, 25 e 26.

Figura 24



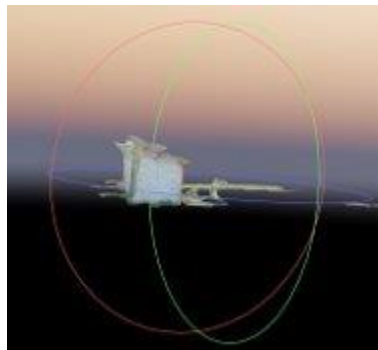
Fonte: Autoria Própria

Figura 25



Fonte: autoria própria

Figura 26



Fonte autoria própria

Estudo de caso 3: torre.

O último processamento foi feito pela continuação da análise da Estrutura da Torre, com 60 imagens, realizada no projeto passado de Iniciação Científica. Pode-se obter a nuvem de pontos (Figura 27) e a visualização 3D da estrutura (Figura 28).

Figura 27



Fonte: autoria própria

Figura 28



Fonte: equipe profissional Ieav

5 CONCLUSÃO

Este projeto fez o uso de imagens obtidas por Drones considerando diferentes tipos de construções: estrutura de uma aeronave, de uma casinha e de uma torre. Foram realizadas análises qualitativas variando também a quantidade de imagens. Foi observado que o tipo de estrutura e a quantidade de imagem, além das condições de voo, influenciam na geração de dados em 3D. Estas análises são importantes para projetos futuros que necessitem de reconstrução 3D.

Como trabalho futuro serão realizados voos variando as quantidades de imagens e serão realizadas análises quantitativas

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRON, J.T.; MILDENHALL, B.; VERBIN, D. SRINIVASAN P.P., HEDMAN P. Mip-NeRF 360: Unbounded Anti-Aliased Neural Radiance Fields, arXiv, 2022.

CARNEVALI, L.; LANFRANCHI, F.; RUSSO, M. Built information modeling for the 3D reconstruction of modern railway stations. *Heritage*, v. 2, p. 2298-2310, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/heritage2030141>.

CLOUDCOMPARE. Cloudcompare. Disponível em < <https://www.danielgm.net/cc/> >. Acesso em jun. 2021

COGIMA, C. K.; NASCIMENTO, R. V. C.; PAIVA, P. V. V.; CARVALHO, M. A. G.; DEZEN-KEMPTER, E. Scan-to-HBIM aplicado à igreja da Pampulha de Oscar Niemeyer. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v.15, n.1, p.117-134, jan.2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.116/gtp.v14i1.152828>.

LU, Q.; LEE, S. Image-based technologies for constructing as-is building information models for existing buildings. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 31, n. 4, 2017

MESHROOM. Meshroom. Disponível em < <https://meshroom.br.uptodown.com/windows> >. Acesso em jun. 2021.

MISSION PLANNER. Mission Planner. Disponível em: < <https://ardupilot.org/planner/> >. Acesso em: jun. 2021.

QGIS. Qgis. Disponível em < https://www.qgis.org/pt_BR/site/ >. Acesso em: jun. 2021.

RSTUDIO. Rstudio. Disponível em < <https://www.rstudio.com/> >. Acesso em: jun. 2021

RODRIGUES, C. H. M. “Extração de fachadas de edifícios em imagens” obtidas com UAV. 2016. 54 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geográfica) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/27331/1/ulfc121222tm_Carolina_Rodrigues.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2021.

RUIZ, P. R. S. Fusão de dados ALS, TLS e fotogramétricos de curto alcance para a modelagem tridimensional de edificações. 2021. 174 p. Tese (Doutorado em

Sensoriamento Remoto) - INPE. São José dos Campos, 2021. Disponível em: <<http://mtc-m21c.sid.inpe.br/rep/8JMKD3MGP3W34R/4489CKE?ibiurl.backgroundlanguage=pt-BR>>. Acesso em: 22 jun. 2021.

CONSERVATION DRONES. **The Mission Planner created by Michael Osborne.** 2012. Disponível em: <https://conservationdrones.org/mission-planner/> Acesso em: 2022.

INFOREST. **A brief description of capabilities.** Disponível em: <http://www.inforest.gr/index.php/em/software/blue-marble/global-mapper/global-mapper-capabilities.html>>

MORAES, R. Sensoriamento Remoto e Classificação de Imagens. 1999. Disponível em: <http://www.de.ufpb.br/~ronei/procimagem/procimagem.htm>. Acesso em 2023.