

O USO DA FOTOGRAMETRIA COM AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA PARA LEVANTAMENTO DE FACHADAS.

Guilherme Braghirolli¹, Maria Carolina Soares², Francisco Henrique de Oliveira³

¹IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina, guilherme.braghirolli@ifsc.edu.br; ²UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, mariacarol.soares@gmail.com; ³UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, chico.udesc@gmail.com

RESUMO

O trabalho apresenta as etapas de execução e processamento acerca de levantamento de fachada de imóvel com utilização de RPA (*Remotely Piloted Aircraft*, em português Aeronave Remotamente Pilotada) e pontos de controle levantados com estação total. Como objeto de estudo foi utilizado um prédio de 03 andares, com possibilidade de imageamento em um único voo, realizado no sentido vertical. Um dos destaques do voo nesse sentido é o controle do equipamento de forma manual. A técnica possui detalhes em relação ao planejamento e controle do equipamento, como por exemplo, o cálculo de sobreposição das imagens e cuidados em campo. As etapas e dados levantados são apresentados no artigo, bem como o modelo tridimensional gerado.

Palavras-chave — Fotogrametria, RPA, Voo vertical, Levantamento de Fachadas.

ABSTRACT

The article presents the execution and processing steps of a property facade survey using a Remotely Piloted Aircraft (RPA) and control points surveyed with a total station. For this purpose, a 03-story building was used as an object of study, with the possibility of imaging in a single flight, performed in the vertical direction. The differential in the case of this type of survey is the control of the equipment manually, thus having details in relation to the planning and execution, such as the calculation of overlapping images. Such items are presented in the article, as well as the three-dimensional model generated with the data collected.

Key words —. Photogrammetry, RPA, Vertical Flight, Facade Survey.

1. INTRODUÇÃO

A documentação de dados espaciais de estruturas e edificações em formato digital é uma necessidade que aumenta em grau de detalhe e dificuldade na medida que as construções se tornam mais complexas e que imóveis antigos precisam ser preservados e restaurados. Assim, enquanto avançam as demandas, expandem também as tecnologias e metodologias para a captação, processamento de dados e geração de modelos tridimensionais de elementos de engenharia e arquitetura.

A realização de fotogrametria com fins de arquitetura iniciou em 1858, com a documentação da catedral realizada por Albrecht Meydenbauer no levantamento da catedral da cidade de Wetzlar na Alemanha, pelo procedimento da interseção fotogramétrica, baseada em duas vistas fotográficas da obra [1].

Na atualidade a utilização de fotogrametria e outras técnicas de sensoriamento remoto como a varredura a *laser*, são etapas comuns em projetos de recuperação de patrimônio histórico, construção civil, controle e planejamento de obras como túneis, entre outras situações.

Nesse sentido o uso de fotogrametria com apoio de RPA fornece uma alternativa mais acessível, para os casos em que o objetivo do levantamento comporta o tipo de dado fornecido por esse método. Sobre a aplicabilidade, em meio acadêmico são encontradas referências das mais diversas atividades. Ballesteros e Lordsleem (2021) afirmam que na prática de inspeção visual de fachadas para verificação de revestimento cerâmico, por exemplo, o levantamento com RPA possibilita um “bom funcionamento do subsistema de vedação vertical, de forma a cumprir as funções para as quais foi construído e, possivelmente, ser estendida sua vida útil” [2]. Ainda, Parracho et al. (2022) documentam estudo de caso relacionando o levantamento de fachadas de imóveis para fins termográficos [3].

Para cada estudo de caso, são apresentadas peculiaridades nos procedimentos utilizados, seja no tipo de aeronave, câmera fotográfica, programa de processamento ou mesmo nos procedimentos de caso. Dessa forma o presente artigo demonstra a execução de um levantamento de fachadas com utilização de RPA e pontos de apoio levantados com estação total.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A primeira etapa do presente estudo foi a escolha da edificação. O local escolhido foi a fachada de uma edificação de 03 andares, presente no Bloco H do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Câmpus Florianópolis. O imóvel possui aproximadamente 35 m de largura e 13 m de altura e a escolha considerou fatores como: existência de possíveis obstáculos para o voo (árvores, fiação elétrica, outros edifícios), fluxo de pessoas no local e o tamanho da área para captação de imagens.

O RPA utilizado foi o Mavic Mini SE, da marca DJI, que possui 249 gramas e carrega uma câmera de 12MP. Previamente ao voo foi realizado um reconhecimento do local

em campo e feita a medição da distância entre a fachada e os obstáculos existentes (Figura 1).



Figura 1 - Foto do local da fachada a ser levantada mostrando os obstáculos existentes no local. Fonte: Os autores.

Após a obtenção dessas informações foi possível realizar o planejamento de voo. Em um levantamento aerofotogramétrico comum, onde o RPA voa no plano horizontal tirando fotografias nadirais (para baixo), geralmente, o planejamento de voo se dá via software, no qual é possível escolher a altura de voo, as sobreposições lateral e frontal, entre outros aspectos. Nesse formato, assim que finalizado o planejamento, a missão ocorre de forma automatizada, utilizando os sensores de posicionamento para mover a aeronave ao local planejado e obter cada uma das imagens.

O voo vertical possui limitações que tornam esse planejamento menos preciso e confiável. Algumas das particularidades existentes são: 1. Imprecisão da medição da altitude do sistema GNSS autônomo presente no equipamento utilizado; 2. Existência natural de obstáculos para o posicionamento GNSS (gerada pela edificação levantada ou edificações vizinhas); 3. Não utilização dos sensores de obstáculos do RPA em voos autônomos (particularidade do equipamento utilizado).

Devido a esses fatores, o voo foi realizado manualmente, seguindo o padrão de obtenção de imagens mostrado na Figura 2. No momento do voo foi necessária a atenção do operador para dois fatores principais: a velocidade vertical, medida em m/s, e a distância entre linhas de voo.

A tomada das imagens foi configurada de forma temporizada a cada 2 segundos. Sendo assim, o cálculo realizado para a determinação destes valores considerou a distância entre o RPA e a edificação como um fator fixo, sendo que nesse tipo de voo a variação dessa distância nem sempre é possível devido aos obstáculos presentes e a segurança da operação.



Figura 2 - Padrão de obtenção das imagens em voo vertical, as setas amarelas representam o caminho percorrido e os círculos verdes demonstram a obtenção de cada fotografia. Fonte: Os autores.

Em campo, definiu-se que a distância entre o sensor e o objeto deve ser de 7 m, mantendo assim um posicionamento adequado para a captação de imagens em um bom ângulo e ainda, mantendo um afastamento de segurança entre possíveis obstáculos do entorno. A partir disso foram realizados os cálculos com base nas características do sensor para a definição do intervalo entre linhas e da velocidade vertical máxima para que fosse garantido pelo menos 80% de sobreposição, tanto vertical quanto horizontal.

Para o cálculo da distância entre linhas foram utilizados os dados fornecidos pela fabricante do drone referentes ao sensor. A largura do sensor do drone utilizado é de 6,3 mm, a altura é de 4,7 mm, a distância focal é de 4 mm. A regra de três a seguir visa descobrir qual é a distância entre linhas mínima para que a sobreposição de 80% seja atendida, mantendo o distanciamento de 7 m e considerando as características do sensor utilizado.

$$\frac{\text{Larg. Sensor.}}{\text{Dist. Focal}} = \frac{\text{Larg. Imagem}}{\text{Dist. da Fachada}}$$

$$\frac{0,0063\text{m}}{0,004\text{m}} = \frac{\text{Larg. Imagem}}{7\text{m}}$$

$$\text{Larg. Imagem} = 11,025\text{m}$$

$$\text{Dist. Entre Linhas} = 11,025\text{m} * (1 - 80\%)$$

$$\text{Dist. Entre Linhas} = 2,2\text{m}$$

Após a definição da distância entre linhas de voo (2,2 m) é necessário definir a distância entre fotos, considerando também a sobreposição vertical de 80%. O cálculo a seguir demonstra a obtenção deste valor.

$$\frac{\text{Altura Sensor.}}{\text{Dist. Focal}} = \frac{\text{Altura Imagem}}{\text{Dist. da Fachada}}$$

$$\frac{0,0047\text{m.}}{0,004\text{m}} = \frac{\text{Altura Imagem}}{7\text{m}}$$

$$\text{Altura Imagem} = 8,2m$$

$$\text{Dist. Entre Fotos} = 8,2m * (1 - 80\%)$$

$$\text{Dist. Entre Linhas} = 1,6m$$

Considerando que o controle da sobreposição vertical se dará pela velocidade vertical é necessário definir qual a velocidade vertical máxima de deslocamento durante as subidas e descidas. Considerando a obtenção de imagens de forma temporizada a cada 2 segundos, o deslocamento deve ser feito a, no máximo, 0,8 m/s (1,6 m / 2 s) para que seja garantido pelo menos 80% de sobreposição.

Previamente à realização do voo foram fixados pontos de apoio ao longo da fachada para posterior referenciamento das imagens e medição das feições presentes na estrutura. Os pontos foram demarcados com adesivos refletivos de 60x60 mm, específicos para fins topográficos (Figura 3), e espacializados de forma distribuída na face do imóvel a ser levantado. Desta forma foi possível visualizar a demarcação do centro do adesivo através da imagem, e determinar as coordenadas X, Y e Z de cada ponto de apoio através do uso de métodos topográficos.

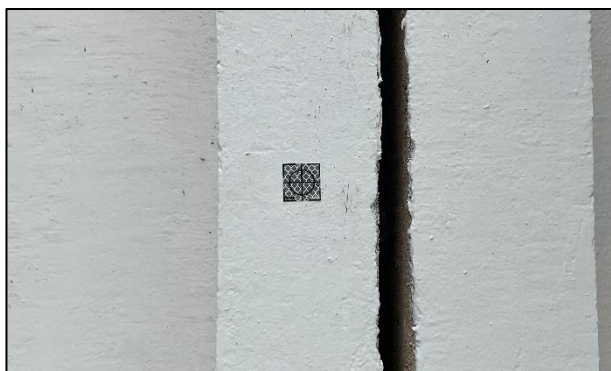


Figura 3 - Ponto de apoio fixado na fachada da edificação.
Fonte: Os autores.

A estação total foi instalada em um ponto previamente materializado a uma distância aproximada de 20 m da fachada. As coordenadas, tanto do ponto de instalação quanto do ponto de ré foram definidas arbitrariamente, desta forma o resultado não foi afetado pelos fatores de escala e redução que são inerentes às coordenadas georreferenciadas.

Após a fixação dos pontos de apoio e a definição dos parâmetros de voo (2,2 m de distância entre linhas e 0,8 m/s de velocidade vertical máxima), foi realizado o voo para a obtenção das imagens.

Os parâmetros controlados ao longo do voo estão demarcados na Figura 4, onde é possível verificar a medição da velocidade vertical e a distância existente entre o RPA e o operador durante a operação. É importante ressaltar que, para que essa distância possa ser utilizada é necessário que o operador esteja localizado também a 7 m da fachada (que é a mesma distância entre o RPA e a fachada).

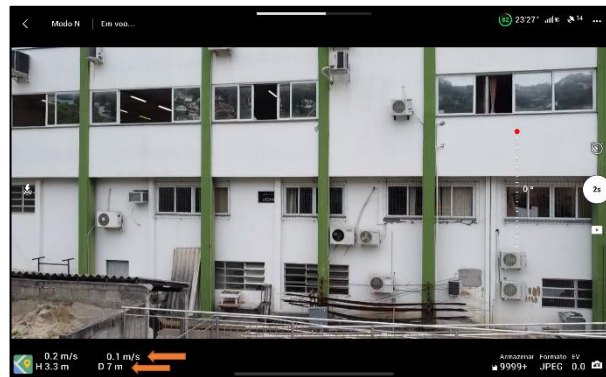


Figura 4 - Print do Aplicativo DJI Fly, mostrando os parâmetros controlados durante o voo. Fonte: Os autores.

Após a obtenção de 231 imagens ao longo do voo, elas foram carregadas em um software de processamento de imagens. O software utilizado foi o Agisoft Metashape e o computador utilizado nesse processamento foi um Avell A70MOB com processador i7 de 11ª geração, 64Gb de RAM e placa de vídeo Nvidia RTX 3050. O processamento ocorreu no nível de qualidade *High* (alto) consumindo um total de 02 horas e 30 minutos na execução das etapas até a obtenção da ortofoto.

Salienta-se que o tempo de processamento (considerado baixo) é decorrente de um conjunto de fatores como: configuração do computador utilizado, metragem e estilo da fachada, bem como finalidade do levantamento. Acerca do software, hoje existem outras opções gratuitas, como o Visual SFM e o OpenDroneMap. Porém em comparações realizadas em estudos acadêmicos observa-se que o Agisoft Metashape ainda é um dos que possibilitam melhores resultados [4].

Dos 6 pontos de apoio instalados, 4 foram utilizados como pontos de controle, ou seja, serviram para o correto posicionamento das imagens e os 2 restantes serviram de pontos de checagem, auxiliando na conferência do resultado.

Após o processamento das imagens foi feita a exportação da ortofoto gerada no formato .tif e essa imagem foi inserida no software AutoCAD para que fosse possível a visualização e verificação dos resultados obtidos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças entre as coordenadas medidas pela estação total e pelo drone, nos pontos de checagem 02 e 05, são respectivamente, 5 mm e 8 mm, sendo considerados diferenças aceitáveis para os métodos utilizados considerando que o GSD (*Ground Sampling Distance*), que é o valor relativo ao tamanho do pixel, das imagens obtidas foi de 3 mm. Salienta-se ainda que a quantidade de pontos de checagem pode ser considerada insuficiente para uma análise estatística, porém, neste estudo, esses pontos tiveram a função de conferência do resultado final e não o de enquadramento em uma classe de qualidade específica. Isso

se deu devido a dificuldade de acesso para instalação de mais pontos ao longo da fachada.

A ortofoto (Figura 5) foi exportada do software Agisoft Metashape e referenciada ao sistema local criado no momento do levantamento topográfico dos pontos de apoio, sendo assim não há a necessidade de posterior ajuste, alinhamento, ou escala da imagem gerada pois esta já se encontra em verdadeira grandeza.



Figura 5 - Ortofoto aberta no software AutoCAD. Fonte: Os autores.

A metodologia desenvolvida para o levantamento vertical é um dos resultados da presente pesquisa, ela foi adaptada da lógica existente e já consolidada há anos na área da fotogrametria e alterada para a lógica existente em um levantamento vertical, onde não se escolhe com tanta liberdade a distância entre o objeto e o sensor. As variáveis dos cálculos foram tratadas para que os resultados fossem condizentes com as possibilidades disponíveis no software de acompanhamento de voo existente (*DJI Fly*), dessa forma, o voo, apesar de ser feito manualmente, não apresenta nenhuma dificuldade técnica em sua execução, sendo que o piloto deve se atentar aos obstáculos existentes e apenas a dois parâmetros na tela do aplicativo.

4. CONCLUSÕES

O levantamento de fachadas com RPA é uma atividade ainda timidamente explorada no mercado e que possui diversas aplicações, como: documentação de estruturas históricas; levantamento de patologias (fissuras, trincas e rachaduras); documentação para fins de projetos arquitetônicos como renovação ou restauração de imóveis; e para o setor imobiliário.

A realização do voo vertical de forma automatizada, para o sistema (RPA) utilizado é uma realidade, porém, o método aplicado ainda possui necessita melhorias, apresentando algumas fragilidades que podem ocasionar erros de levantamento ou até mesmo acidentes durante a operação, principalmente considerando a existência de obstáculos ao longo do planejamento de voo. Na ocasião de um levantamento vertical onde não haja obstáculos na frente da fachada, o voo automatizado já pode ser considerado a solução ideal.

Atualmente, a existência de obstáculos traz a necessidade da execução do voo de forma manual juntamente com o cálculo dos parâmetros de voo previamente ao levantamento, garantindo principalmente a sobreposição das imagens, que é o principal fator para que os softwares de processamento de imagens atuais sejam capazes de gerar resultados confiáveis.

O método utilizado nesta pesquisa é aplicável para qualquer RPA da marca DJI. É provável que um dos fatos para a inexistência de planejamento de voos automatizados para o sentido vertical com método mais confiável, se dê pela baixa demanda deste tipo de operação, o que não motiva maiores investimentos para o desenvolvimento de softwares.

Salienta-se que, atualmente, os equipamentos mais modernos já possuem os sensores necessários para que a operação ocorra de forma segura, como por exemplo: GPS (Global Positioning System ou Sistema de Posicionamento Global), sensor de obstáculos frontais para o controle da distância entre a aeronave e o edifício e sensores de obstáculos superiores, inferiores e laterais para a identificação de obstáculos que possam estar no caminho do plano de voo, porém ainda faltam as ferramentas que se utilizem desses sensores de forma satisfatória.

O método presente neste artigo foi desenvolvido para ensino na disciplina de Introdução à Fotogrametria do Curso Técnico de Geoprocessamento do IFSC de Florianópolis, assim agradecemos à instituição por ceder a estrutura e o tempo necessário para o desenvolvimento desta pesquisa.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Westphal, 1999; Altrock, 2004; Groetelaars & Amorim, 2008 *apud* Gomes, D.S, Mendonça F. J. B., Seixas A. Determinação de Coordenadas Tridimensionais para os Levantamentos do Patrimônio Cultural Edificado com Fotogrametria Digital, 2021:02. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350167981_Determinacao_de_Coordenadas_Tridimensionais_para_os_Levantamentos_do_Patrimonio_Cultural_Edificado_com_Fotogrametria_Digital Acesso em: 29/10/2022.
- [2] Ballesteros, R. D.; Lordsleem Junior, A.C. Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para inspeção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/bgky4C8WTK4dn6Y9XXZc7rv/?lang=pt&format=html> Acesso em: 19/12/2022.
- [3] Parracho, D.F.R., Martins, J.P. Metodologia digital para a realização de levantamentos fotogramétricos e termográficos de edifícios existentes com drones – Caso de estudo. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/140938/2/554406.pdf>. Acesso em: 19/12/2022.
- [4] Coelho, A. F.; Genin, S. Método de levantamento fotogramétrico aplicado ao Projeto de Conservação da fachada do Mosteiro de Alcobaça. 2022. Disponível em: https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/25273/1/conferenceobject_32049.pdf Acesso em: 19/12/2022.