XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE FACHADAS COM USO DE RPAS (DRONES)[1]

BEDIN, Carla (1); MATTANA, Leticia (2)

(1) Universidade Federal de Santa Catarina, carlabedin@gmail.com
(2) Universidade Federal de Santa Catarina, leticia.mattana@ufsc.br

RESUMO

A adequada manutenção de fachadas de edificações garante que os seus componentes continuem funcionais durante o período de vida útil previsto e auxilia na preservação do espaço interno. Os meios convencionais para monitorar o estado desses edifícios são majoritariamente inspeções visuais guiadas por uma pessoa, sendo este processo demorado, impreciso e que podem causar riscos aos inspetores. Com isso, essa pesquisa tem como objetivo identificar o estado de conservação de fachadas com imagens obtidas de drones e propor um algoritmo para a análise dos dados. Foram realizados levantamentos em campo usando dois RPAS para obtenção de imagens. Estas, foram processadas no software Bentley ContextCapture e desenvolveu-se um algoritmo que identifica o estado de conservação de fachadas por cores dos pixels das imagens. Como resultado, obteve-se o estado de conservação de uma amostra da fachada do edifício em estudo, com identificação automática de manchas pelas cores dos pixels. Foram observadas diferenças com relação a luminosidade das imagens que podem impactar no resultado. As inspeções prediais do estado de conservação de fachadas com RPAS mostraram-se favoráveis pelo acesso facilitado e rápido dos equipamentos a diferentes áreas, atingindo boa precisão e qualidade da informação.

Palavras-chave: *RPAS, Estado de conservação, Manutenção.*

ABSTRACT

Appropriate maintenance of building façades ensures that its components remain functional during the expected useful life and helps to preserve the internal space. Conventional means of monitoring the condition of these buildings are mostly visual inspections person-guided, which is a lengthy, inaccurate process that may cause risks to inspectors. Thus, this research aims to identify the conservation status of facades with images obtained by drones and to propose an algorithm for data analysis. Field surveys were carried out using two RPAS to obtain images. These were processed in the Bentley ContextCapture software and afterwards, an algorithm was developed to identify the state of conservation of façades by color of the pixels of the images. As a result, the conservation status of a sample of the façade of the building under study was obtained, with automatic identification of spots by the color of the pixels. It was found that differences regarding the luminosity of the images can impact the result. Building inspections of the state of conservation of façades with RPA's proved to be favorable due to the easy and quick access of equipment to different areas, achieving good accuracy and quality of information.

Keywords*: RPAS. Conservation Status. Maintenance.*

[1] BEDIN, Carla; MATTANA, Leticia. Estado de conservação de fachadas com RPAS (Drones). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

1 INTRODUÇÃO

A introdução de inovações tecnológicas tem provocado mudanças nos processos e produtos oriundos da construção civil. Destacam-se os investimentos em novos equipamentos que dão suporte ao gerenciamento do fluxo de informações ao longo do ciclo de vida do edifício, a exemplo dos RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) e do laser scanner (MEDEIROS et al., 2014). Dentre a variedade de aplicações dessas inovações tecnológicas, é possível a análise de manifestações patológicas visando manutenção e o cadastro de informações para *as built* (POZO et al., 2015). Por serem equipamentos de uso recente, há necessidade de investigações aprofundadas sobre as potencialidades e recomendação no setor da construção civil.

No Brasil, práticas relacionadas às inspeções e manutenção preventiva são negligenciadas e poucos são os usuários que as realizam conforme sugerido e especificado em manuais de uso e operação de edificações (CASTRO, 2007). Aprimorar a qualidade das inspeções prediais, melhorar a eficiência dos levantamentos de dados em campo, reduzindo prazos e aumentando a segurança dos inspetores têm se tornado cada vez mais relevantes ao processo. Essa pesquisa pretende identificar o estado de conservação de fachadas com imagens obtidas de drones e propor um algoritmo para a análise dos dados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Dezen-Kempter et al. (2015), as tecnologias de sensoriamento remoto e varredura, como RPAS, impõem-se como alternativas para adquirir dados referentes aos edifícios por tratarem-se de métodos propícios à obtenção de dados de forma rápida e precisa. Com a finalidade de estudo em fachadas, as informações oriundas de drones ou equipamentos similares precisam ser mapeadas em planos de voos perpendiculares ao objeto (AGISOFT, 2014).

No entanto, como descrito por Martin et al. (2016), os planos de voo levam pouco em conta a geometria volumétrica da cena. Para tal lacuna, Verykokou e Ioannidis (2018) propõem adquirir imagens oblíquas altas, que incluem o horizonte, e imagens oblíquas baixas, mais centradas no objeto. Após o levantamento de dados fornecidos pelos sensores ópticos ativos e passivo acoplados aos equipamentos para a inspeção predial, prossegue-se com a fase de tratamento dos dados, que é igualmente relevante.

Uma das técnicas capazes de subdividir as imagens em uma ou mais regiões, satisfazendo critérios de uniformidade, é o processo de segmentação. Um dos métodos possíveis para tal é o da binarização (SOLOMON; BRECKON, 2013). A classificação dos pixels das imagens é baseada no histograma de uma propriedade, em geral o nível de cinzento, também conhecido como luminosidade. No processo de binarização, a vertente conhecida como técnica de limiarização variável e multinível é capaz de qualificar e definir dois valores que segmentam os dados, gerando assim, três conjuntos de dados segmentados para posterior averiguação de informações (PADILHA, 1998).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização do local de estudo

A edificação escolhida para este estudo foi o edifício da Figura 1. Buscou-se um imóvel que possuísse determinadas características para análise de imagem e ponto. Esta edificação se sobressai devido à sua geometria curva, entorno livre de obstáculos, com janelas em todas as fachadas, presença de brises (verticais, horizontais e no entorno de algumas janelas) e pintura completamente branca, atualmente afetada pela presença de patologias.

A pesquisa foi limitada a uma parcela da edificação para que os dados recolhidos pudessem ser analisados com mais detalhe. A região escolhida abrange a maior parte das características da edificação, com o intuito de adotar uma amostra representativa que pudesse posteriormente ser aplicada a toda edificação, conforme destacado em vermelho na Figura 1.

Figura 1 – Amostra da fachada adotada no estudo (em vermelho)



Fonte: Autores (2020)

3.2 O levantamento de dados em campo

A aquisição correta dos dados em campo é etapa essencial para a estratégia de inspeção predial das fachadas, sendo capaz de propagar erros por todo o processo, caso realizada incorretamente. A configuração do sensor óptico do drone tem impacto direto nos resultados. Assim, independente do equipamento utilizado, manteve-se abertura do diafragma entre 2,8 e 7,1, tempo de exposição entre 1/500 e 1/1000 e sensibilidade ISO entre 125 e 400.

Para coletar os dados, foram adotados dois RPAS: (1) DJI Matrice 200, proveniente de uma parceria com o laboratório Fotovoltaica/UFSC (Figura 2a) e (2) DJI Mavic Air, proveniente de uma parceria com a empresa VeM Associados (Figura 2b). Com relação aos sensores ópticos passivos (câmeras fotográficas acopladas aos RPAS), para o DJI Mavic Air utilizou-se o que o acompanhou de fábrica (tamanho do pixel de 15µm e campo de visão da lente de FOV 85º (24 mm)). Já para o DJI Matrice 200, acoplou-se a câmera térmica Zenmuse XT2 (tamanho do pixel de 17µm e campo de visão da lente de FOV 57.1º x 42.4º (13 mm)).

Os equipamentos foram utilizados em dois dias distintos. No dia do levantamento com o DJI Mavic Air as condições climáticas estavam favoráveis para a captura dos dados, principalmente por ser um dia nublado. Já no dia da aquisição das imagens com o DJI Matrice 200 havia incidência de raios solares

sobre a edificação, causando sombreamento em partes do edifício e alteração nas cores das imagens recolhidas.

Figura 2 – Levantamento dos dados em campo com os RPAS

(a)  (b) 

Fonte: Autores (2019)

A metodologia de captura de dados foi igual para os dois equipamentos. Para a primeira técnica, paralela à fachada, manteve-se sobreposição de 80% entre as fotos, 8 metros de distância da face da fachada, deslocamento horizontal e vertical nas linhas de voo de 2 metros entre a aquisição de fotos. Já para a técnica do voo oblíquo alto, a câmera foi inclinada a 45º e 25 metros de distância da fachada.

3.3 Processamento das imagens e reconstrução da edificação

Sequentemente à coleta dos dados, as imagens foram processadas e reconstruídas tridimensionalmente com o pacote *Bentley ContextCapture* seguindo o fluxo: orientação automática da imagem por *Structure-from- Motion* (SfM), ajuste de bloco de pacotes, reconstrução 3D por malha poligonal e mapeamento de textura.

Com o modelo tridimensional elaborado, produziu-se então ortoimagens, processo no qual algoritmos computacionais transformam as coordenadas espaciais (X, Y, Z) das reconstruções em coordenadas de espaço imagem (X, Y), a partir de equações de colinearidade. Tal processo foi desenvolvido com o apoio do software *Bentley ContextCapture Editor*. A alternativa de tornar as reconstruções do edifício em ortoimagens se deve ao fato de o algoritmo desenvolvido para a etapa de segmentação não ser capaz de interpretar informações tridimensionais. Dois planos foram definidos para a geração dos dados bidimensionais, buscando minimizar a omissão de informações.

3.4 Análise do estado de conservação das fachadas

Por fim, a etapa de análise de dados representou a extração de dados quantitativos, a partir de um algoritmo para leitura dos pixels das imagens obtidas na etapa anterior, com o intuito de identificar manchas e a conservação das fachadas do edifício. Para isso, a ortoimagem foi discretizada espacialmente (ou seja, em X e Y) e em luminância (níveis de cinza). Essa segmentação gerou um processo de binarização, que consiste em separar uma imagem em regiões de interesse e não interesse pela escolha de pontos de corte. No caso em estudo, os pontos de corte envolveram um intervalo de luminância (níveis de cinza) onde esse intervalo foi considerado como uma possível mancha na fachada. Assim, todos os pixels dentro do intervalo fizeram parte da região de interesse e os fora dele, são os de não interesse, consequentemente não são considerados manchas.

A segmentação das ortoimagens e identificação dos pixels foi realizada pela linguagem de programação *Python*, versão "3.7". Como o algoritmo identifica

o estado de conservação por cores, as esquadrias e regiões não pertencentes a edificação precisaram ser previamente removidas no aplicativo *Bentley ContextCapture Editor*, garantindo assim que os elementos classificados obtivessem resultados mais fidedignos à realidade. Com os pixels classificados dentro de suas categorias, extraiu-se a porcentagem considerada possível patologia em detrimento à quantidade total de pixels na imagem.

4 RESULTADOS

4.1 O levantamento de dados em campo

Como resultados do levantamento em campo, foram obtidas 96 imagens no formato ".PNG" pelo drone *DJI Matrice 200* e 83 imagens no formato ".PNG" pelo *DJI Mavic Air*.

4.2 Processamento das imagens e reconstrução da edificação

Para a etapa de processamento e reconstrução 3D, a região plana da edificação pôde ser reconstruída sem deformações ou ausência de partes constituintes, para os dois equipamentos. Porém, os brises verticais apresentaram lacunas para ambos os casos, em especial ao referente ao equipamento *DJI Matrice 200*, devido a problemas no processamento de parte das imagens oblíquas que quando importadas para o software não completaram o processo de aerotriangularização e não foram anexadas ao empreendimento. As falhas presentes em ambos os casos poderiam ser sanadas conforme descrito por Verykokou e Ioannidis (2018), onde captura de imagens oblíquas baixas, centradas no objeto, poderiam registrar mais detalhes e pontos do elemento, reduzindo a probabilidade de erros e falhas. Tais imagens não foram recolhidas devido a restrição de disponibilidade dos equipamentos.

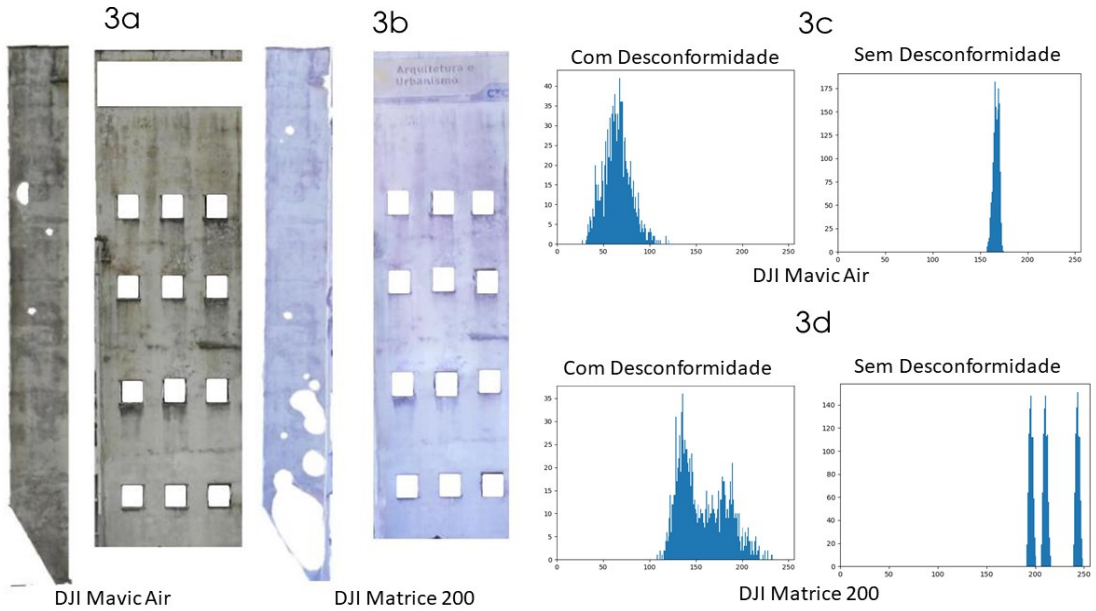
4.3 Análise do estado de conservação das fachadas

Com a geração das ortoimagens, é possível a extração de dados para análise da conservação das fachadas, podendo mensurar comprimentos de áreas comprometidas e documentar algumas áreas danificadas mais significativas. A Figura 3 apresenta as ortoimagens de uma parcela plana da fachada e da lateral de um brise vertical da fachada, obtidas pelo drone *DJI Mavic Air (Figura 3a)* e pelo drone *DJI Matrice 200* (Figura 3b). A diferença de cor entre estas figuras é claramente visível e o principal motivador disso é a luminosidade natural incidindo sobre as fachadas nos dias de aquisição das imagens. Com as ortoimagens (Figuras 3a e 3b), foi possível a geração dos histogramas para a amostra em estudo (Figura 3c e 3d), provenientes dos dois equipamentos. O eixo das abscissas nos histogramas representa a distribuição de frequência na escala de cinza dos pixels, variando de 0 a 256, sendo 0 a cor mais escura (preto) e 256 a mais clara (branca).

O histograma "Com Desconformidade" refere-se à cor escura obtida na ortoimagem, considerada mancha na fachada. O histograma "Sem desconformidade" refere-se à cor clara, considerada parede sem manchas na ortoimagem. Os histogramas deixam claro o que já era esperado: a região "Sem desconformidade" apresenta valores mais altos no eixo das abcissas, próximos ao branco e a com "Com Desconformidade" tende a valores mais próximos ao

zero, ou seja, preto. Para o equipamento *DJI Mavic Air* (Figura 3c), o intervalo considerado mancha se manteve majoritariamente entre 30 e 130, já para o *DJI Matrice 200*, os valores com mancha estiveram no intervalo de 110 a 240 (Figura 3d). Para a definição desses dois intervalos, uma amostra da fachada contendo apenas a região mais "escura" da mancha foi processada no algoritmo, para que fosse possível encontrar o intervalo que representa mancha em cada caso.

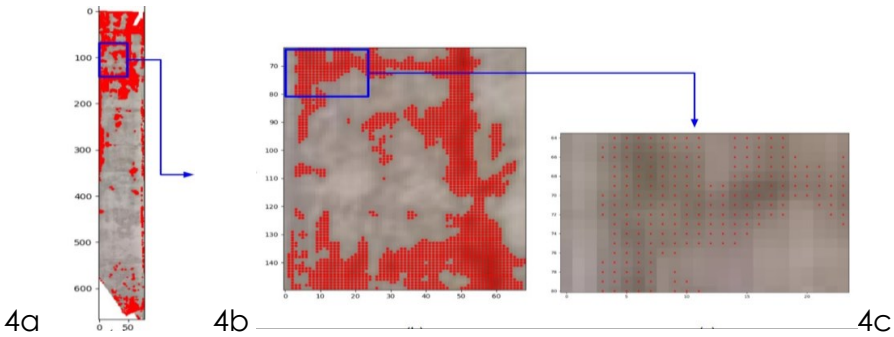
Figura 3 – Análise dos dados pelos histogramas



Fonte: Autores (2019)

Os intervalos definidos pelo histograma foram acrescentados ao algoritmo de binarização, que identificou os pixels como pertencentes ou não ao conjunto. Quando o resultado foi positivo, a cor do pixel era alterada para vermelho, a fim de facilitar a interpretação. A Figura 4 demonstra que o nível de detalhe alcançado é o suficiente para o entendimento de quais são os possíveis problemas de conservação das fachadas presentes no local estudado. Além disso, o algoritmo desenvolvido para o estudo tem a característica de apresentar as marcações vermelhas maiores do que o tamanho do pixel quando representado em escala maior, ou seja, na Figura 4a o ponto vermelho que indica desconformidade possui dimensões superiores a dimensão do pixel a que se refere e na Figura 4c, por se tratar de uma escala menor, o ponto vermelho ocupa dimensões inferiores a do pixel.

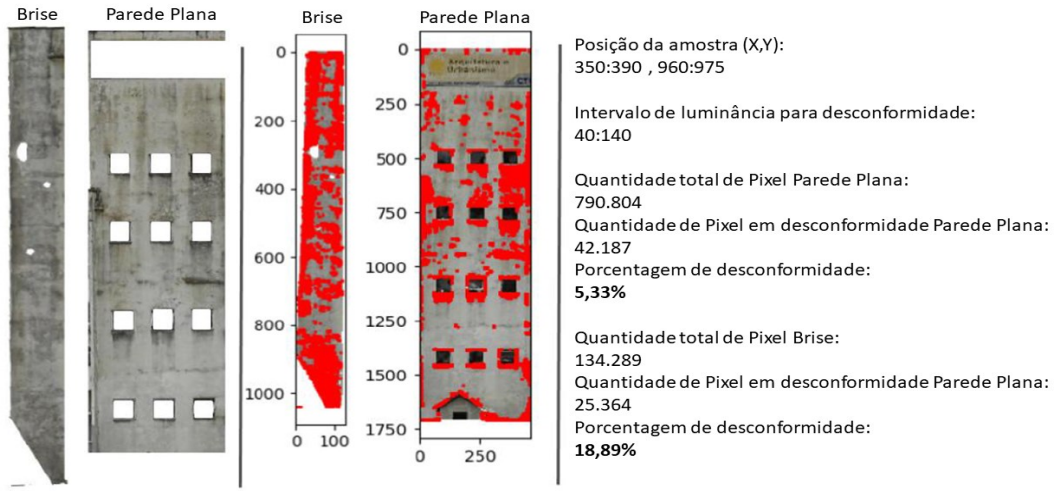
Figura 4 – Identificação dos Pixels



Fonte: Autores (2019)

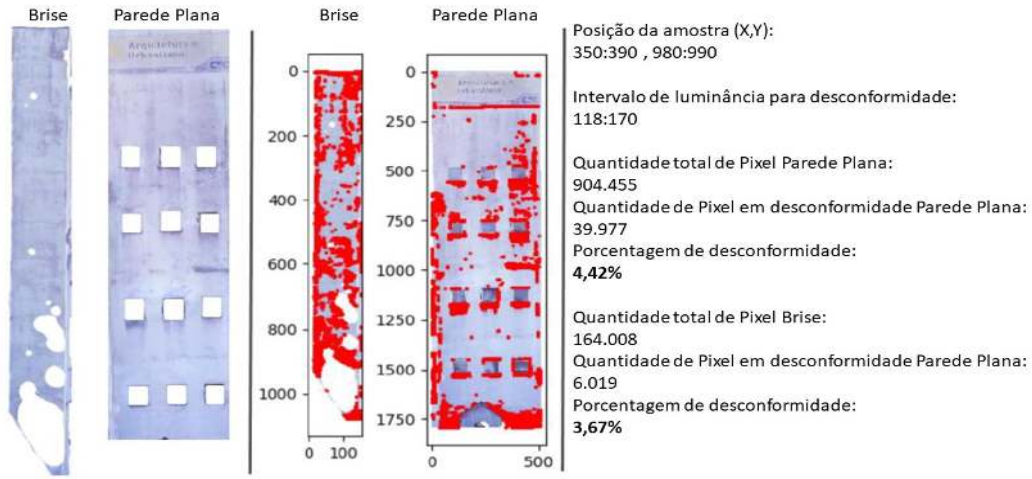
Por fim, as Figuras 5 e 6 apresentam o resultado da verificação e binarização das ortoimagens para os dois equipamentos e planos distintos pré definidos (parede plana e lateral do brise vertical da fachada). Nelas, observa-se as porcentagens de mancha de cada plano, definida pela quantidade de pixels vermelho comparada ao total de pixels da ortoimagem. Para alcançar resultados mais próximos entre os dois equipamentos, o intervalo de luminância aplicado ao algoritmo foi variado iterativamente, chegando aos valores apresentados nas Figuras 5 e 6. Entretanto, a diferença da porcentagem de desconformidade entre os brises dos dois equipamentos foi relativamente alta. Caso o brise referente ao DJI Matrice 200 tivesse sido reconstruído com menos falhas os resultados poderiam ser mais próximos, porém para comprovar tal informação, novos dados deveriam ter sido coletados e processados.

Figura 5 – Resultado de Segmentação de Dados para *DJI Mavic Air*



Fonte: Autores (2019)

Figura 6 – Resultado de Segmentação de Dados para D*JI Matrice 200*



Fonte: Autores (2019)

Em primeiro momento, uma análise visual entre a ortoimagem com e sem a segmentação revela para o equipamento *DJI Mavic Air* que, como as ortoimagens tendenciam para tons mais escuros, aparentemente algumas regiões mais escuras não foram identificadas pelo algoritmo. Porém, ao analisar

mais de perto fica claro que o valor desses pontos na escala de luminância é mais próximo ao intervalo considerado claro, não sendo o suficiente para ser classificado como possível mancha. Já em relação ao *DJI Matrice 200* (Figura 6), com tonalidades mais claras decorrente da incidência solar no dia do levantamento, os resultados encontrados não puderam ser considerados confiáveis. Ao verificar visualmente e comparar as ortoimagens, segmentadas e não, é difícil distinguir locais em que realmente há manchas.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou estratégias para inspeção de fachadas com o uso de RPAS. De modo geral, o comportamento dos dados coletados e as estratégias adotadas foram satisfatórios, visto que foi possível a extração de dados quantitativos referentes ao estado de conservação da amostra da fachada estudada. Os dados extraídos são úteis para a identificação das áreas que necessitam de maior atenção e controle, destacando a necessidade da interpretação e análise dos dados por profissional da área, de maneira mais precisa e segura, focando sua atenção nos locais detectados como possível problema, controlando e planejando a manutenção preventiva periódica e gerando uma economia de tempo significativa na inspeção predial quando leva-se em conta edificações de maior porte e complexas.

Os principais empecilhos relacionados à estratégia dizem respeito a falta de solução única no mercado capaz de realizar o procedimento apresentado e de profissionais capacitados. Apesar disso, a estratégia adotada pode servir para embasamento e continuação no processo de melhorias da qualidade das intervenções durante o uso das edificações e, mostrar que as inovações tecnológicas podem ser aplicadas para melhorar a qualidade das edificações e condições de trabalho dos profissionais da área.

REFERÊNCIAS

AGISOFT. **AGISOFT PhotoScan User Manual: professional edition.** [S.l.], 2014.

CASTRO, U. R. **Importância da manutenção predial preventiva e as ferramentas para sua execução**. 2007. p. 173. Diss. (Mestrado) – UFMG, Minas Gerais, 2007.

DEZEN-KEMPTER, Eloisa et al. Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 113–124, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102710.

MARTIN, Ronald A. et al. Evolutionary View Planning for Optimized UAV Terrain Modeling in a Simulated Environment. **Remote Sens**, v. 8, p. 26–50, 2016. DOI: 10.3390/rs8010026.

MEDEIROS, J. S. et al. Tecnologias de vedação e revestimento para fachadas. Instituto Aço Brasil / CBCA - Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de Janeiro, 2014.

PADILHA, A. J. **Processamento e Análise de Imagem**, 1998.

POZO, S. Del et al. Multi-sensor Radiometric Study to Detect Pathologies in Historical Buildings. **Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Avila, Spain, 2015. DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-193-2015.

SOLOMON, C.; BRECKON, T. Fundamentos de Processamento Digital de Imagens: uma abordagem prática com exemplos em Matlab. **LTC**, 2013.

VERYKOKOU, S.; IOANNIDIS, C. Oblique aerial images: A review focusing on georeferencing procedures. **Remote Sens**, n. 39, 2018.