2020 ENTAC
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

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS: DA CAPTURA DE DADOS REAIS ATÉ O ORÇAMENTO - CASO DE MANUTENÇÃO DE FACHADAS[1]

MATTANA, Leticia (1); BEDIN, Carla (2); KOERICH, William Pauli (3); VILLELA, Mateus Coivo (4); PORTO, Matheus Porfírio (5); SOUZA, João Carlos (6); SPRICIGO, Danielli Godinho (7); FOLADOR, Beatriz (8).

(1) Universidade Federal de Santa Catarina, leticia.mattana@ufsc.br
(2) Universidade Federal de Santa Catarina, carlabedin@gmail.com
(3) Universidade Federal de Santa Catarina, williampaulikoerich@gmail.com
(4) Universidade Federal de Santa Catarina, villelamateus@outlook.com
(5) Universidade Federal de Santa Catarina, matheusportooo@hotmail.com
(6) Universidade Federal de Santa Catarina, joao.carlos@ufsc.br
(7) Universidade Federal de Santa Catarina, danielli.spricigo@gmail.com
(8) Universidade Federal de Santa Catarina, beafolador16@gmail.com

RESUMO

A adoção de inovações tecnológicas na construção civil tem provocado mudanças nos processos de gestão da construção. O objetivo deste trabalho é descrever um procedimento que adota inovações tecnológicas, desde a captura da realidade até a elaboração do orçamento. Foi feito um estudo de caso para pintura das fachadas de uma edificação existente. A edificação escolhida possui geometria complexa e os desenhos diferem da execução final. Foi realizado levantamento de dados em campo com uso de drones e laser scanner, processamento de dados com AUTODESK RECAP e FARO SCENE, geração de nuvem de pontos e modelagem BIM no AUTODESK REVIT. A análise dos dados ocorreu pela documentação do projeto original em 2D e a documentação obtida da modelagem BIM sobre nuvem de pontos (as-is), usando ferramentas como o AUTODESK REVIT e o TRIMBLE VICO OFFICE para orçamentação. Como resultados, obteve-se os desenhos "as-is", o levantamento de quantidades e orçamento da pintura para manutenção de parte da fachada da edificação. Como proposta de contribuição científica, este trabalho apresenta um processo de adoção de inovações tecnológicas para aplicação em edificações com geometrias complexas e cuja execução diferiu do projeto original, com vista na obtenção de informações precisas para orçamentação e manutenção.

Palavras-chave: *Inovações tecnológicas. BIM. as-is. Orçamentação. Manutenção.*

---

1 MATTANA, Leticia (1); BEDIN, Carla (2); KOERICH, William Pauli (3); VILLELA, Mateus Coivo (4); PORTO, Matheus Porfírio (5); SOUZA, João Carlos (6); SPRICIGO, Danielli Godinho (7); FOLADOR, Beatriz (8). Inovações tecnológicas: da captura de dados reais até o orçamento – caso de manutenção de fachadas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

ABSTRACT

The adoption of technological innovations in civil construction presents changes in the construction management processes. The objective of this work is to describe a procedure that adopts technological innovation, from capturing reality to preparing the budget. A case study was done to paint the facades of an existing building. The chosen building has a complex geometry and the original designs differ from the final execution. Data were collected in field using drones and laser scanners, the data processing was made with AUTODESK RECAP and FARO SCENE, then happen the point cloud generation and the BIM modeling at AUTODESK REVIT. Data analysis was carried out by applying the original 2D design and using the BIM model over point cloud (as-is), using tools such as AUTODESK REVIT and TRIMBLE VICO OFFICE for budgeting. As a result, was obteined the project "as is", the takeoff quantities and the budget to maintain part of the building's facade. As a proposal for scientific contribution, this work presents a process of adopting technological innovation for applications in buildings with complex geometries and whose execution is different from the original project, in order to obtain accurate information for budgeting and maintenance.

***Keywords**: Technological innovation. BIM. as-is. Budgeting. Maintenance.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, observa-se a adoção de inovações tecnológicas no setor da construção civil. Destaca-se a adoção de laser scanner, RPAS (*Remotely Pilot Aircraft System*), drones, nuvens de pontos e BIM (*Building Information Modeling*), sendo os três primeiros voltados para a captura da realidade com uso de equipamentos e tecnologias digitais. Este trabalho apresenta um estudo de uma instituição de ensino superior, envolvendo a captura da realidade e um processo colaborativo em busca de resultados para manutenção de uma edificação da instituição. O objetivo da pesquisa é descrever um processo da captura de dados reais com adoção de inovações tecnológicas, para permitir a manutenção da edificação. Para verificação da viabilidade do método, além da análise de informações existentes na documentação oriunda do projeto original, foi realizado um levantamento de dados em campo usando-se drone e laser scanner, com geração de nuvens de pontos, que possibilitou a elaboração de modelagem BIM no AUTODESK REVIT. Com isso, foi possível mensurar os custos envolvidos na manutenção de fachadas da edificação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As inovações tecnológicas têm sido introduzidas na construção civil, promovendo novas abordagens para a gestão do ciclo de vida das edificações. No Brasil, algumas pesquisas estão sendo desenvolvidas no tema, incluindo a de Bedin (2019), que trata da proposição de um algoritmo a partir de ortoimagens obtidas por drones, que auxilia na identificação do estado de conservação de fachadas de edifícios, a de Dodl (2018), que adotou o laser scanner para o levantamento de dados de uma edificação existente, com o objetivo de desenvolver um modelo digital "as-is" (como está) e produzir um caderno de boas práticas e, a de Tondelo e Barth (2019), que analisam aspectos construtivos e manifestações patológicas em fachadas industrializadas usando VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados). Melo Junior et al. (2018) geraram mapas de danos em fachadas de edificações, com apoio de VANTs e da técnica *dense stereo matching* (DSM), objetivando realizar inspeção visual para atividades de manutenção predial com dados gerados por nuvens de pontos.

Nos Estados Unidos, Giel e Issa (2011) abordam métodos para capturar informações

usando a nuvem de pontos, para avaliar a qualidade e precisão dos dados reconstruídos tridimensionalmente para análise em BIM, e Czerniawski e Leite (2019) propõem um processo no qual a reconstrução tridimensional oriunda de um escaneamento a laser se converte em um modelo BIM de forma automática, com apoio do *Machine Learning*. Randall (2011) descreve as aplicações da digitalização a laser para as fases de projeto e construção, dividindo em quatro grupos: modelagem e mapeamento em escala urbana, gerenciamento de ativos de infraestrutura, monitoramento de canteiros de obras e análise/inspeção estrutural.

Na Alemanda, Eschmann et al. (2012) adotaram um "micro veículo aéreo" para inspecionar e monitorar de forma digital uma edificação, usando uma câmera de alta resolução acoplada, que permitiu observar danos e rachaduras milimetricamente. Estes autores confirmaram que métodos visuais fornecem informações valiosas para inspeção da edificação. As tecnologias digitais estão em constante evolução e percebe-se que seu uso voltado para inspeções prediais é recente no Brasil.

3 MÉTODO

Neste capítulo será apresentada a edificação escolhida para caso de estudo, bem como o método proposto para este trabalho, contendo o levantamento de dados em campo com drone e laser scanner e a modelagem BIM.

3.1 Caracterização da edificação em estudo

O edifício escolhido como caso para estudo, refere-se ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo, localizado na Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Trindade, Florianópolis/SC. O projeto desta edificação foi realizado por meio de um concurso em 1998. A construção iniciou em 2000 e o prédio foi sendo construído em etapas, e até hoje o projeto apresentado no concurso ainda não foi edificado integralmente. Ressalta-se que, em função de problemas com os custos, o edifício que está parcialmente construído sofreu modificações em relação ao projeto vencedor do concurso, tendo alguns de seus detalhes construtivos simplificados em relação ao projeto original. O edifício caracteriza-se pela geometria curva, com paredes não ortogonais que acabam conferindo complexidade arquitetônica. Em decorrência do formato não trivial e das modificações em relação ao projeto original, surgiram dificuldades no levantamento de dados para manutenções, tais como quantitativos de materiais para a pintura de fachada e a reforma da cobertura.

3.2 A captura da realidade com laser scanner e drone

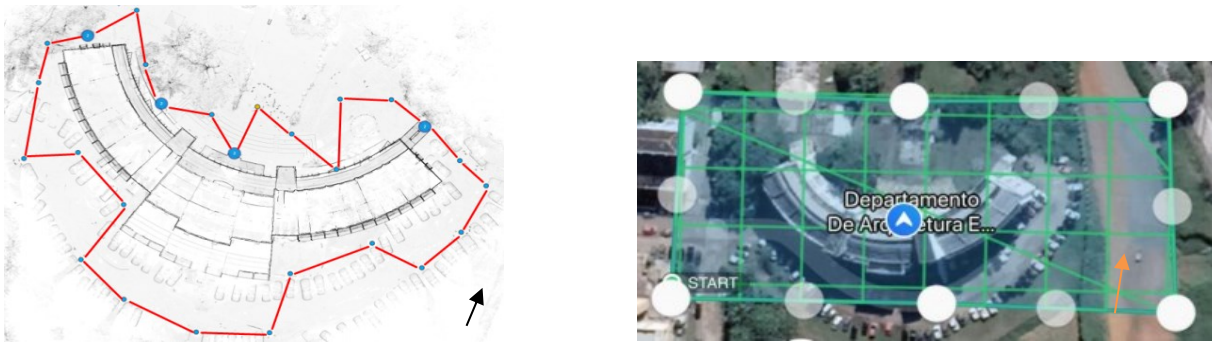
O levantamento de dados foi realizado no dia 3 de julho de 2019, em parceria com a empresa *FARO Technologies*. O equipamento utilizado foi o *laser scanner FARO Focus 350* e um engenheiro da empresa realizou o levantamento em campo, acompanhado pelos autores deste trabalho. O método adotado para escanear o edifício foi o deslocamento aberto, iniciando a locação do equipamento na primeira estação e movimentando-o em outras 31 estações para a captura da realidade, resultando em 32 cenas para a completa cobertura da edificação (Figura 1a). A sobreposição entre os 32 levantamentos foi de pelo menos 30%, garantindo maior qualidade e precisão ao resultado. Para o levantamento dos dados, o equipamento levou de 6 a 7 minutos em cada estação.

Após a varredura a laser, o processamento das cenas foi realizado pelo engenheiro no software *FARO Scene*. As 32 cenas foram disponibilizadas e prosseguiu-se com a reconstrução tridimensional da edificação para gerar a nuvem de pontos completa, usando o software AUTODESK RECAP, versão estudante. A nuvem completa foi processada e exportada em três extensões de arquivos: (1) ".rcs", (2) ".rcp" e (3) ".e57", sendo os dois primeiros compatíveis com o AUTODESK REVIT e o terceiro compatível com o GRAPHISOFT ARCHICAD.

A nuvem de pontos gerada não contemplou dados densos na cobertura devido a dificuldade em acessar este local para instalação do *laser scanner*. Visando mais informações para modelagem, optou-se por usar os dados obtidos de um voo com o drone *DJI Mavic Air*, realizado em maio de 2019 em parceria com a empresa V&MDrones, para captura da cobertura e terreno com suporte do aplicativo *DroneDeploy*. O plano de vôo adotado é conhecido como o método estrutura, em que toda a edificação é sobrevoada paralelamente ao solo, com *grid* duplo (voo cruzado) e câmera posicionada a nadir (Figura 1b). As imagens obtidas do voo foram novamente processadas no software AUTODESK RECAP e exportadas nos mesmos formatos descritos anteriormente.

Figura 1 - Poligonal com as 32 estações (pontos azuis) obtidas pelo laser scanner (1a) e representação do plano de voo do drone (1b)

Laser Scanner (1a) Drone (1b)



Fonte: Os autores (2019)

3.3 A modelagem BIM

As duas nuvens de pontos foram abertas no AUTODESK REVIT no formato ".rcs", como vínculo de nuvem de pontos, servindo de referência para a modelagem da edificação existente em BIM. A adoção da nuvem de pontos agilizou o processo, principalmente na etapa de levantamento das medidas, visto que, em nenhum momento utilizou-se equipamentos tradicionais de medição, como trenas. Nesse caso, em específico, como se trata de uma edificação de grande porte, a nuvem de pontos facilitou o desenho curvo característico da edificação. Na primeira etapa foram modeladas as paredes de alvenaria de vedação, seguidos dos brises, esquadrias e lajes de concreto armado. Na segunda etapa, foi modelada a cobertura, composta de telhas metálicas e vidro. Por fim foram modeladas as rampas, escadas e guarda-corpos em perfil tubular metálico.

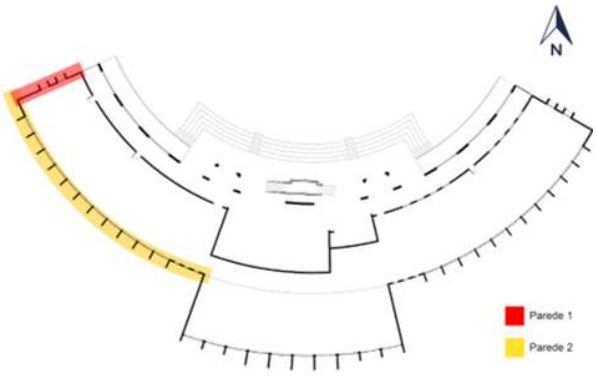
A nuvem de pontos obtida por meio do laser scanner apresentou maior qualidade e densidade de pontos em comparação com a nuvem obtida das imagens fotográficas capturadas com drone, que era menos densa, mas também foi utilizada para visualização dos elementos da cobertura. Isso permitiu ter uma boa noção das

formas dos elementos construtivos que compõem a volumetria externa do edifício, resultando em dimensões bem aproximadas às reais, tanto em planta baixa, quanto nos cortes e elevações. O tamanho do arquivo da nuvem de pontos (aproximadamente 6 gigabytes) foi um aspecto que dificultou a modelagem.

3.4 Comparação entre o projetado e o construído

As discrepâncias entre o projetado e o construído interferem na integridade dos valores de orçamento de obra. Com o intuito de verificar as diferenças entre o projeto original e o projeto *as-is* do edifício, utilizou-se os programas AUTOCAD e REVIT, ambos da empresa AUTODESK. Desta forma, foi possível identificar as diferenças geométricas, como as dimensões, e também a precisão da informação, visto que os dados usados para o modelo BIM foram capturados através de varredura a laser. Após, realizou-se o levantamento de quantidades oriundas de diferentes documentos: (1) dos desenhos em formato ".dwg" na ferramenta AUTODESK AUTOCAD, (2) do modelo BIM "*as-is*" desenvolvido no AUTODESK REVIT e (3) do modelo em formato ".ifc" aberto no TRIMBLE VICO OFFICE. Foram selecionadas duas fachadas do edifício, a parede 1 com geometria simples (ortogonal) e a parede 2 com formato curvilíneo e maior complexidade (Figura 2).

Figura 2 - Fachadas selecionadas para o estudo

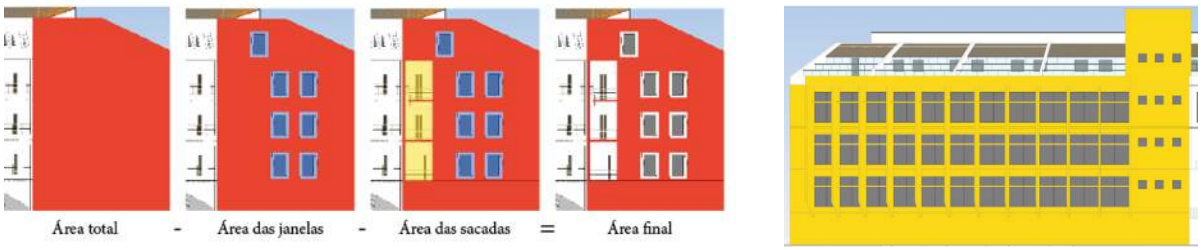


Fonte: Os autores (2020)

Como critérios de medição para o levantamento de quantitativos de área de parede, foram descontados todos os vãos e/ou aberturas, calculando a área final efetiva das paredes, desconsiderando também os requadros das janelas no quantitativo. No cálculo da área referente à parede 1 não foram considerados os brises no entorno das janelas (Figura 3-a) e na área da parede 2 foram contabilizados todos os brises, verticais e horizontais (Figura 3-b).

Figura 3 - Áreas de paredes consideradas no cálculo das fachadas em estudo

Parede 1 (a) Parede 2 (b)



Fonte: Os autores (2020)

4 RESULTADOS

4.1 A captura da realidade com laser scanner e drone

A nuvem de pontos obtida pelo drone originou-se a partir de 75 fotos com o voo no método estrutura e câmera posicionada a nadir, com levantamento rápido em campo (cerca de 10 minutos). Porém, destaca-se que a nuvem apresenta informações do perfil do terreno e cobertura do edifício, faltando dados das fachadas da edificação. A nuvem de pontos obtida do laser scanner apresenta informações das fachadas em alta qualidade e precisão, faltando dados precisos da cobertura, devido à dificuldade de acesso ao telhado para instalação do equipamento e geração de cenas da cobertura. Este foi o motivo da adoção conjunta de imagens do drone e do laser scanner para este estudo. Destaca-se ainda, que a qualidade da nuvem de pontos obtida pelo laser scanner possui baixo percentual de erros, na ordem de 1,59mm. A Figura 4a apresenta a nuvem de pontos obtida com as fotografias do drone e a Figura 4b apresenta a nuvem de pontos obtida pelo escaneamento a laser.

Figura 4 - Nuvens de pontos

(a) fotografias do drone (b) *laser scanner*

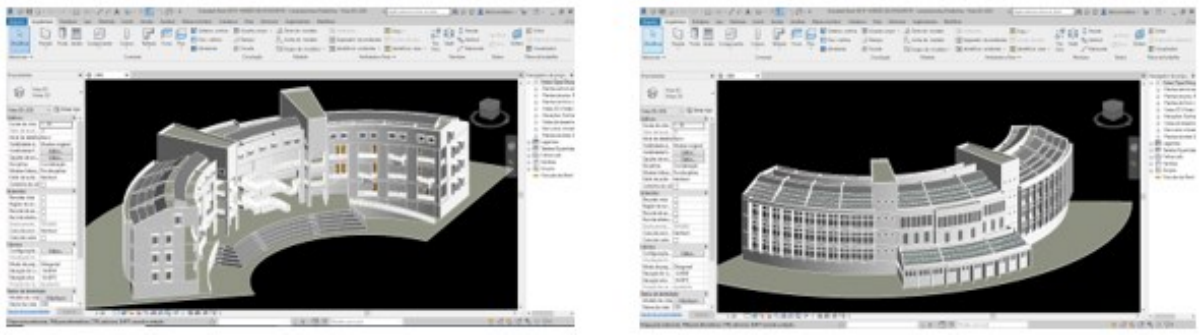


Fonte: Os autores (2019)

4.2 A modelagem BIM do edifício

A modelo parcial do edifício consiste em elementos arquitetônicos da envoltória da edificação (fachada e cobertura), contemplando revestimentos externos e alguns detalhes construtivos, sem modelagem de áreas internas, visto que a captura da realidade refere-se somente às áreas externas (Figura 5).

Figura 5 - Modelo BIM do edifício



Fonte: Os autores (2019)

4.3 Comparação entre o projetado e o construído

A análise das duas paredes 1 e 2 permitiram a obtenção dos quantitativos e do custo para pintura destas fachadas, além da comparação entre o projeto original e o projeto *as-is* em planta. A Tabela 1 demonstra os resultados dos quantitativos de áreas e apresenta os custos totais para pintura das fachadas estudadas pelos diferentes levantamentos de quantidades. A Figura 6 apresenta uma simulação de custo de pintura externa, usando uma composição de custos do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), elaborada dentro do VICO Office.

As áreas de paredes obtidas pelas ferramentas BIM AUTODESK REVIT e TRIMBLE VICO OFFICE apresentaram valores muito próximos, porém, ao comparar com o valor obtido pelo levantamento de quantidades oriundo do AUTODESK AUTOCAD, percebe-se uma diferença significativa na amostra de paredes estudada. Essas diferenças entre os levantamentos podem ser causadas pela complexidade da geometria da edificação, que dificulta seu levantamento via projetos 2D, ou pelo fato destes projetos originais diferirem da execução final, uma vez que o modelo BIM foi ajustado à edificação existente pela modelagem sobre nuvem de pontos. As diferenças nos quantitativos pelos três métodos refletem nos custos, como o exemplo apresentado para o serviço de pintura externa das fachadas.

Tabela 1 - Comparação - levantamento de quantidades e custos das paredes (m²)

Áreas e Custos	AUTODESK AUTOCAD	AUTODESK REVIT	VICO OFFICE
Área Parede 1 (m²)	139,17	142,35	142,44
Área Parede 2 (m²)	719,77	741,30	740,39
Área Total (m²)	858,94	883,65	882,53
Custo Pintura (R$)	11.391,01	11.718,71	11.703,85

Fonte: Os autores (2020)

Figura 6 - Composição de custos para pintura externa de fachadas – VICO Office

Code	Description	Quantity	Unit	Unit Cost	Total Price
#1000	*Alternatives*	*1,00*		*0,00*	*0,00*
[0]	*PINTURA*	*1,00*	-	*11.703,86*	*11.703,86*
15.01.01	APLICAÇÃO MANUAL DE TINTA LÁTEX ACRÍLICA EM PANOS COM PRESENÇA DE VÃOS DE EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS, DUAS DEMÃOS. AF_11/2016	882,53	m²	13,26	11.703,86
01270.0.1.19	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	67,95	h	17,09	1.161,35
01270.0.41.1	PINTOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	272,70	h	24,42	6.659,38
09910.3.7.2	TINTA ACRILICA PREMIUM, COR BRANCO FOSCO	176,51	L	22,00	3.883,13

Fonte: Os autores (2020)

5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta um processo de adoção de inovações tecnológicas na construção civil para aplicação em edificação com geometria complexa e cuja execução diferiu do projeto original, com vista na obtenção de informações precisas para orçamentação e manutenção, que poderão ser utilizadas ao longo da vida útil

do edifício. Ampliando-se o resultado obtido na amostra para toda a edificação, destaca-se que a margem de erro torna-se mais significativa entre os dados oriundos da ferramenta AUTODESK AUTOCAD e as ferramentas BIM adotadas, e isso leva à impactos diretos nos custos.

O orçamento obtido com quantidades precisas, oriundas de modelos BIM desenvolvidos com suporte de inovações tecnológicas permite maior controle e gestão dos recursos públicos e minimiza a ocorrência de aditivos em contratos de obras. Além disso, pensando nos impactos da informação ao longo do ciclo de vida da edificação, adotar tecnologias como suporte aos processos da construção civil pode ajudar no controle da perda de desempenho decorrente da degradação das fachadas, na avaliação da conservação do edifício público pelos setores patrimoniais e na atualização de projetos que diferem do construído.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas V&MDrones e FARO Techonologies pelo apoio voluntário no levantamento dos dados, ao Grupo de Extensão em BIM (GEBIM-SC) e ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, por permitir que a pesquisa se realizasse em suas dependências.

REFERÊNCIAS

BEDIN, C. **Estratégias para inspeção do estado de conservação de fachadas com uso de RPAs e Laser Scanner**. TCC (graduação). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Engenharia Civil. Florianópolis, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/202853

CZERNIAWSKI, T.; LEITE, F. Semantic Segmentation of Building Point Clouds Using Deep Learning: A Method for Creating Training Data Using BIM to Point Cloud Label Transfer. **Proceedings** of I3CE2019: The 2019 ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering. Georgia Institute of Technology, Georgia, USA, 2019. June 17-19. p. 410-416

DODL, L. D. **Caderno de boas práticas para AS-IS Bim usando laser scanner faro e revit**. TCC (graduação). Instituto Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2018. 98 p. Disponível em: https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/344

ESCHMANN et al. Unmanned Aircraft Systems for Remote Building Inspection and Monitoring. In: EUROPEAN WORKSHOP ON STRUCTURAL HEALTH MONITORING, 6., 2012, Dresden. **Proceedings** [...]. Berlim: Dgzfp, 2012. v. 2, p.01 - 08.

GIEL, B.; ISSA, R. A. Using laser scanning to access the accuracy of as-built BIM. Journal of Computing in Civil Engineering, **Proceedings** of the 2011 ASCE International Workshop on Computing in, Civil Engineering, 2011, pp. 665-672.

MELO JUNIOR, C. M. et al . Geração de mapas de danos de fachadas de edifícios por processamento digital de imagens capturadas por Vant e uso de fotogrametria digital. **Ambient. constr.,** Porto Alegre , v. 18, n. 3, p. 211-226, set. 2018 . Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212018000300211&lng=pt&nrm=iso. Acesso em 19 ago. 2020.

RANDALL, T. Construction engineering requirements for integrating laser scanning technology and building information modeling. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 137, 2011, p. 797-805

TONDELO, P. G.; BARTH, F. Análise das manifestações patológicas em fachadas por meio de inspeção com VANT. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, fev. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652817. Acesso em: 19 ago. 2020. doi: https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8652817.