



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

REFLEXÕES SOBRE A REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, BIM E TÉCNICAS AVANÇADAS DE CAPTURA DE DADOS DA REALIDADE EXISTENTE¹

MENDES, Raísa C. (1); SANTOS, Eduardo T. (2)

(1) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, raisa.mendes@usp.br

(2) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, etoledo@usp.br

RESUMO

Tarefas preliminares em projetos de reabilitação para edifícios existentes podem apresentar alguns desafios, como obter dados sobre como foram construídos, detectar patologias atuais e outros problemas no local e desenvolver um modelo da informação da construção (BIM) durante a fase de projeto. Tecnologias e processos avançados, como BIM, escaneamento a laser e fotogrametria aérea oferecem potencialidades e limitações a iniciativas de reabilitação. Este artigo apresenta conceitos básicos sobre essas técnicas e, com base em dois estudos de caso brasileiros sobre escaneamento a laser e fotogrametria, tira algumas conclusões sobre sua utilidade e adequação para projetos de reabilitação. Os resultados demonstraram que ambas as técnicas têm benefícios e restrições diferentes e que é importante envolver os profissionais nas atividades de treinamento e planejamento para colher adequadamente suas vantagens.

Palavras-chave: Edifícios Existentes; Reabilitação; Modelagem da Informação da Construção; Escaneamento a laser; Fotogrametria.

ABSTRACT

Preliminary tasks on rehabilitation projects for existing buildings may present some challenges, such as obtaining as-built data, detecting current pathologies and other problems on site, and developing a building information model (BIM) during the design phase. Advanced technologies and processes, such as BIM, laser scanning and aerial photogrammetry offer potentialities and limitations to rehabilitation initiatives. This paper presents basic concepts regarding these techniques and, based on two Brazilian case studies dealing with laser scanning and photogrammetry, derives some conclusions about their usefulness and adequacy for rehabilitation projects. The results demonstrated that both techniques have different benefits and restrictions and that is important to engage professionals in training and planning activities to properly harvest their advantages.

Keywords: Existing Buildings; Rehabilitation; Building Information Modelling; Laser Scanning; Photogrammetry.

¹ MENDES, Raísa C.; SANTOS, Eduardo T. Reflexões sobre a reabilitação de edifícios, BIM e técnicas avançadas de captura de dados da realidade existente. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

1 INTRODUÇÃO

No ciclo de vida de um edifício, as etapas de uso e operação são as que duram mais tempo e consomem mais recursos (Leusin, 2018, p. 13). O desempenho tende a se reduzir ao passar dos anos, criando demandas por reformas e manutenções (Agopyan et al., 2011, p. 86). A obsolescência das edificações é causada por diversos fatores – como o aparecimento de patologias, a inconformidade quanto ao conforto ambiental, a ineficiência energética, a falta de aderência às necessidades sociais e espaciais, os altos custos operacionais (Douglas, 2006, p. 7-10) –, fazendo com que a reabilitação das construções existentes se torne essencial para minimizar ou extinguir os problemas elencados.

O termo reabilitação pode ser definido como melhoramento, adaptação, atualização, reforma, restauro, modernização, conservação, *retrofit*, entre outros significados (Douglas, 2006, p. 1; Giebler et al., 2009, p. 10). A reabilitação, diferente de projetos de edifícios novos, possui especificidades quanto à gestão de projetos, sendo uma delas a necessidade de se compreender as pré-existências, fazendo um levantamento antes do início do desenho (Croitor et al., 2009, p. 2).

A introdução de tecnologias e formas de gestão avançadas pode aperfeiçoar os processos de reabilitação. Segundo Volk et al. (2014, p. 114-115), no caso da Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modelling - BIM*), do escaneamento laser e da fotogrametria, pode-se dizer que estes avanços ferramentais e de paradigma constituem oportunidades de enfrentar alguns dos problemas da gestão de projetos de reformas.

Segundo Eastman et al. (2014, p. 335), "no processo tradicional, uma equipe coletaria e criaria plantas das facilidades existentes e repetiria este esforço a cada poucos anos." Já com processos e técnicas avançadas de captura seria possível agilizar o levantamento das pré-existências de forma a compor um *As-built* (projeto conforme construído) ou *As-Is* (projeto em conformidade com o encontrado atualmente). Haveria, portanto, a potencialidade de se reduzir erros de levantamento que resultam em projetos de reforma mal embasados, evitando revisões de projeto e ajustes feitos em obra. Levantamentos eficientes e precisos evitariam imprevistos, reduzindo os riscos técnicos e econômicos do projeto de reabilitação. Além disso, a modelagem virtual poderia reduzir os problemas de comunicação entre equipes e compatibilidade entre especificações.

Contudo, é importante observar que há alguns empecilhos que limitam o aproveitamento dos benefícios decorrentes do uso de técnicas e processos avançados, se refletindo no fato de que os mercados de *Real Estate*, Arquitetura, Engenharia, Construção Civil e *Facilities* ainda não os utilizam comumente (Volk et al., 2014, p. 110;114); estes obstáculos serão explorados nesta pesquisa de forma concisa.

2 METODOLOGIA

Trata-se de uma breve pesquisa bibliográfica e de pesquisas exploratórias. A pesquisa bibliográfica tem como objetivo ilustrar resumidamente o referencial teórico quanto aos assuntos chave para o estabelecimento de potencialidades, limitações e diretrizes básicas de uso de processos e ferramentas avançadas para a reabilitação: (1) o próprio tema da reabilitação, (2) o BIM e (3) os dados e análises sobre o edifício existente – com foco em escaneamento laser e fotogrametria. As pesquisas exploratórias feitas em 2019 foram aplicadas a dois objetos de estudo: a Capela da Fazenda Veneza em Valinhos – SP e o Instituto de Arquitetura e Urbanismo da

Universidade de São Paulo em São Carlos – SP.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Pesquisa bibliográfica

3.1.1 Reabilitação de edifícios

Sob a ótica da sustentabilidade, são desejáveis as atividades que alonguem o ciclo de vida, melhorando a eficiência do uso de recursos, bem como trazendo melhor adaptação às necessidades dos ocupantes (Morettini, 2012, p. 5). Segundo Agopyan et al. (2011, p. 85), o fator de durabilidade impacta no tempo em que a construção vai prestar serviços e a quantidade de recursos gastos na manutenção, definindo, portanto, o impacto ambiental, social e econômico das construções ao longo dos anos.

Projetos de reabilitação estão entre os mais arriscados, complexos e incertos para gerenciar, e isso ocorre por alguns motivos, como a falta de dados existentes e a falta de um processo estruturado para a colaboração entre profissionais da construção (Liang et al. apud Okakpu et al., 2018, p. 3). Croitor e Melhado (2009, p.14) apontam que a reabilitação de edifícios pode oferecer mais riscos de atraso do projeto e obra, bem como mais riscos orçamentários. Segundo Okakpu et al. (2018, p. 4-7), os desafios da reabilitação são muitos, como a própria complexidade da natureza de projeto (riscos e incertezas), além dos desafios relacionados ao processo de projeto e obra (atrasos, estouros de orçamento, engajamento fraco das partes envolvidas e falta de colaboração). Para se ter um processo de renovação mais racional e eficiente, Croitor e Melhado (2009, p. 9) idealizam um maior tempo dedicado ao projeto, sobretudo à etapa pré-desenho, composta por diagnóstico e levantamento de campo.

3.1.2 BIM

O termo *Building Information Modelling* (BIM), ou ainda, Modelagem da Informação da Construção, é definido por Brasil (2019) como

[...] o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, de forma a servir a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção. [...]

Volk et al. (2014, p. 110;114) comentam que os usos BIM se concentram nas fases de planejamento, projeto e construção. Já a etapa de operação – que inclui as reabilitações – não é comumente explorada no que se refere aos usos e potencialidades do BIM, como demonstram estudos (Kreider et al. apud Leusin, 2018, p. 27; Câmara Brasileira da indústria da Construção, 2018, p. 7-10; McGraw Hill Construction, 2014, p. 38).

Segundo Volk et al. (2014, p. 116), algumas das potencialidades do BIM, no que toca o diagnóstico e a captura de dados existentes, seriam: maior certeza dos dados, objetos e relações entre elementos modelados; dados relacionados aos danos e defeitos de elementos; informação de geometrias desviadas, como superfícies irregulares e não ortogonais, entre outros.

Caberia, contudo, também explorar as limitações e dificuldades da implementação do BIM em processos de reabilitação, as quais serão brevemente debatidas neste artigo.

3.1.3 Dados e análises sobre o edifício existente

Existem várias formas de se analisar e obter dados técnicos dos edifícios existentes. É comum a prática de vistorias do estado de conservação e outras formas de engenharia diagnóstica, podendo ocorrer através de investigações tradicionais, como relatórios visuais (fotos), espaciais (desenhos em duas dimensões) e textuais (Gomide et al., 2015, p. 39), ou ainda com auxílio de equipamentos habituais no mercado para obtenção de dados, como as estações totais, trenas laser, luxímetros, decibelímetros, radares, câmeras térmicas, etc.

Todavia, é importante destacar que algumas técnicas e processos avançados de modelagem e captura de dados geométricos e de cores – como o BIM, o escaneamento laser e a fotogrametria – têm potencialidades adicionais para projetos de reabilitação, como a maior agilidade na obtenção dos dados *in loco*, o maior controle de precisão dos dados espaciais capturados, o melhor nível de detalhamento dos dados capturados, o melhor compartilhamento digital e comunicação sobre os dados existentes com os times de projeto, além da facilidade de visualização do estado de conservação através de modelo espacial e paramétrico digital, entre outros (Klein et al. apud Dezer-Kempton et al., 2015, p. 115; Volk et al., 2014, p. 120; Groetelaars e Amorim, 2012, p. 364).

Mesmo assim, sabe-se que existem barreiras e limitações na aplicação destas técnicas e processos avançados, como a falta de conhecimento das partes interessadas (investidores, proprietários, incorporadores, projetistas, construtoras, gestores de facilidades, usuários etc.), o alto custo de compra de equipamentos e programas digitais avançados, a complexidade do processamento de modelagem à partir de dados escaneados, a incapacidade de captura de determinados elementos em determinadas situações (como a materialidade dos elementos construtivos ou as condições ambientais), entre outros aspectos (Klein et al. apud Dezer-Kempton et al., 2015, p.115; Volk et al., 2014, p. 122; Groetelaars e Amorim, 2012, p. 364).

Segundo Tang et al. (2010, p. 833), a definição dos *outputs* (resultados ou saídas) desejadas no processo de modelagem dos edifícios existentes ajudam a especificar a técnica adequada a ser usada em capturas de dados e diagnósticos.

3.2 Pesquisa exploratória

Para compor a pesquisa exploratória, foram feitas as seguintes atividades: (A) Escaneamento laser na Capela da Fazenda Veneza em Valinhos – SP, no evento de workshop “*Laser scanning* e manipulação de nuvem de pontos” do 2º Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (SBTIC 2019), com apoio da empresa FARO; e (B) Fotogrametria com veículo aéreo não tripulado (VANT) – popularmente conhecido como *drone* - no Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU) da Universidade de São Paulo (USP) em São Carlos – SP, no evento de “Oficina de fotogrametria e Drones na Arquitetura: plano e prática” oferecida pelo IAU e pelo pesquisador Júlio Cesar Franco Júnior.

A atividade A – escaneamento laser – foi conduzida pela empresa FARO, fornecedora de equipamentos de escâner, e pela autora, com o uso do *software*

FARO Scene.

O equipamento utilizado foi o Focus^S, que além de captar pontos e distâncias através do laser, também tem capacidade de capturar cores com fotos. Para a explanação junto aos convidados do workshop (treinamento superficial de diretrizes de uso do equipamento), gastou-se cerca de uma hora. A obtenção de dados em campo (Figura 1) através do escâner durou também cerca de uma hora, em que foram feitas capturas de cenas em diversas posições ao redor do objeto, a capela. Para realizar estas capturas de cenas, o equipamento escâner, bem como outros objetos de referência (esferas também apoiadas em tripés, conforme Figura 1), foram posicionados em locais visíveis e próximos à capela. As esferas eram posicionadas conforme a evolução da captura de cena, fazendo com que 3 delas fossem mantidas para estabelecer referenciais comuns entre cenas e outras delas se deslocassem entre as cenas para criar novos referenciais.

Figura 1 – Atividade A – À esquerda, escaneamento laser na Capela da Fazenda Veneza com escâner laser da Faro. À direita, esferas para referência do escaneamento e registro de cenas.



Fonte: a autora (Agosto de 2019).

Depois de executar as capturas em campo, a autora utilizou os dados transmitidos para o computador no *software* Faro Scene para a execução das tarefas de registro, que duraram cerca de uma hora. O treinamento para uso do *software* durou também cerca de uma hora. Todas as cenas capturadas receberam indicação manual da esfera de referência que, quando indicada pelo usuário do *software*, tornava-se verde (Figura 2). Com o uso de objetos de referência (esferas), o processo de registro da nuvem de pontos (junção de cenas) ficou facilitado.

Figura 2 – Atividade A – À esquerda, a indicação manual das esferas de referência (em verde) para registro das cenas no *software* Faro Scene. À direita, a nuvem de pontos processada pelo *software* Faro Scene após registro das cenas capturadas.



Fonte: a autora (Agosto de 2019).

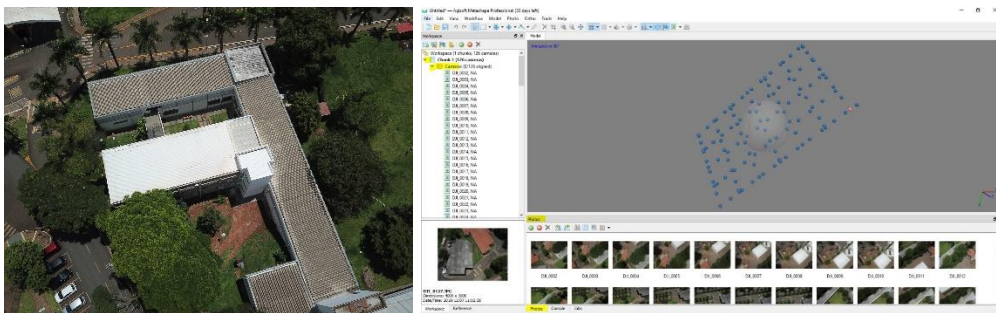
O resultado do registro foi uma nuvem de pontos completa do objeto da capela

(Figura 2), que possui dados de cor e referência geométrica com distâncias mensuráveis entre pontos. Obteve-se um resultado médio de 1 mm de erro nas distâncias entre pontos nesta nuvem.

A atividade B – fotogrametria com apoio do VANT – foi conduzida pelo pesquisador Júlio César Franco Júnior através do uso do drone com câmera, além do uso pela autora do software *Agisoft Metashape*.

O drone utilizado foi o *DJI Mavic Pro*, com apoio do aplicativo *Pix4D Capture* para a determinação da trajetória de voo, altura, velocidade, configurações de sobreposição de imagens e inclinação da câmera. Este drone fez capturas de fotos, conforme ilustrado na Figura 3, com exposição em campo de cerca de 30 minutos. O treinamento quanto às diretrizes de uso de drone durou cerca de uma hora. É importante ressaltar que não foram colocados em campo objetos de referências nas superfícies capturadas nas fotos, como marcadores impressos, mas esta prática é recomendável para melhorar o nível de precisão. Após a captura de fotos aéreas do IAU-USP, foram transferidos os dados capturados para computador e utilizados no software *Agisoft Metashape*. O treinamento para uso do software durou cerca de uma hora. Os arquivos de fotos possuem dados aproximados de georreferência (Figura 3), portanto, ao carregar as fotos no programa, ele já as posicionou automaticamente, com um nível de imprecisão de aproximadamente 1 metro.

Figura 3 – Atividade B – À esquerda, captura de foto com VANT DJI Mavic Pro no IAU-USP. À direita, inserção de fotos aéreas no software *Agisoft Metashape*.



Fonte: IAU-USP (Dezembro de 2019).

Para reduzir a imprecisão, utilizou-se o processo de realinhamento de fotos através da adição de marcadores (em pontos conhecidos e comuns entre as fotos) e da otimização das localizações das fotos. Em seguida, criou-se a nuvem de pontos (Figura 4). Todo o processamento do programa *Agisoft Metashape* durou cerca de uma hora e meia.

Figura 4 – Atividade B – criação de nuvem de pontos no software *Agisoft Metashape*.



Fonte: a autora (Dezembro de 2019).

Para os dois estudos de campo, a nuvem de pontos gerada possibilita a manipulação dos dados em softwares BIM, como Autodesk Revit, para geração de modelo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bibliografia apresentada fornece brevemente o entendimento sobre os desafios das atividades das reabilitações, bem como sobre a importância do processo diagnóstico e de levantamento de dados existentes em processos de desenho de reformas. Neste contexto, foram caracterizados algumas tecnologias e processos avançados que podem ser utilizados, como o BIM, o escaneamento laser e a fotogrametria.

A pesquisa experimental com escaneamento laser e fotogrametria aérea gerou resultados distintos. Com escaneamento laser foi possível gerar nuvens de pontos com dados dimensionais com maior precisão do que com a fotogrametria aérea. A nuvem de pontos gerada pelo escâner focou-se em elementos perceptíveis a um observador terrestre – não incluindo, por exemplo, dados da cobertura da capela – e retratou um objeto reduzido – uma edificação de baixa complexidade geométrica apenas; já a nuvem gerada pela fotogrametria executada com um veículo aéreo resultou em dados abrangentes, como coberturas de prédios, calçadas, praças e estacionamentos – sem constar dados de elementos verticais perceptíveis a um observador terrestre e sem precisão de detalhes e dimensões.

Quanto aos recursos usados nas atividades experimentais, o escâner laser utilizado (*Faro Focus^s*) custa entre R\$150.000,00 e R\$400.000,00, a depender do modelo; quanto ao VANT *DJI Mavic Pro*, o equipamento custa cerca de R\$9.000,00. Além disso, os softwares citados foram cedidos ou usados em versão de teste e educacional; o programa *Faro Scene* é fornecido como acompanhamento do equipamento quando comprado; o *Agisoft Metashape* custa entre R\$800 e R\$17.500,00, a depender da versão e funcionalidades oferecidas. Quanto ao tempo com as capturas (desempenhada por especialista), cabe ressaltar que a captura em campo feita por VANT foi mais rápida que por escâner a laser (20.000 m² em 30 minutos versus 1.000 m² em 1 hora, respectivamente).

5 CONCLUSÕES

Processos de reabilitação, em etapa de desenho, podem obter benefícios em atividades de levantamento e diagnóstico das pré-existências, minimizando problemas decorrentes da falta de informação. Procedimentos e técnicas avançadas, como o BIM, o escaneamento laser e a fotogrametria possuem potencial para obtenção ágil de dados sobre a geometria, medidas e os aspectos visuais da edificação existente.

Todavia, existem limitações referentes a estas técnicas e ferramentas, como a necessidade de treinamento e capacitação profissional, bem como os dispendiosos custos e recursos necessários para implementação. A definição dos objetivos dos levantamentos e da modelagem da edificação e o entendimento dos riscos que podem ser mitigados com o auxílio de tecnologias avançadas devem ser pontos chave para nortear planos de execução relacionados. Ademais, fica implícita a necessidade de interpretação e análise técnica para propor soluções de projeto de reabilitação.

REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011.
- BRASIL. **Decreto nº 9.983, de 22 de Agosto de 2019**. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. Presidência da República, 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm>. Acesso em: 14/06/2020.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Road Show BIM – Resultados da pesquisa e desdobramentos**. Brasília: CBIC, 2018.
- CROITOR, E., MELHADO, S. A gestão de projetos aplicada à reabilitação de edifícios: estudo da interface entre projeto e obra. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, BT/PCC/529, 26p, 2009.
- CROITOR, E. **A gestão de projetos aplicada à reabilitação de edifícios: estudo da interface entre projeto e obra**. 176 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- DOUGLAS, JAMES. **Building adaptation**. Edimburgo: Elsevier, 2006.
- EASTMAN et al. **Manual de BIM**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2014.
- GOMIDE, T.; FAGUNDES NETO, J.; GULLO, M. **Engenharia Diagnóstica em Edificações**. São Paulo: PINI, 2015.
- GIEBELER, G.; KRAUSE, H.; FISCH, R.; MUSSO, F.; LENZ, B.; RUDOLPHI, A. **Refurbishment manual: maintenance, conversions, extensions**. Basel/Boston/Munich: Edition Detail, 2009.
- GROETELAARS, N. **Criação de modelos BIM a partir de “nuvens de pontos”: estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.
- GROETELAARS, N., AMORIM, A. Dense Stereo Matching (DSM): conceitos, processos e ferramentas para criação de nuvem de pontos por fotografias. **Anais do XVI Congresso da SIGraDi**, Fortaleza, 2012, p. 361-365.
- LEUSIN, S. **Gerenciamento e coordenação de Projetos BIM: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
- MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: how contractors around the world are driving innovation with building information modeling**. Bedford, MA, Estados Unidos, 2014, 64p. Disponível em: <https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2018.
- MORETTINI, R. **Tecnologias construtivas para a reabilitação de edifícios: tomada de decisão para uma reabilitação sustentável**. 130 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- OKAKPU, A., TOOKEY, J., GHAFARIANHOSENI, A., HAAR, J. A proposed framework to investigate effective BIM adoption for refurbishment of building projects. **Architectural Science Review**, 1-13, 2018.
- TANG, P.; HUBER, D.; AKINCI, B.; LIPMAN, R.; LYTLE, A. Automatic reconstruction of as-built information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. **Automation in Construction**, v. 19, p.829-843, 2010.
- VOLK, R., STENGEL, J., SCHULTMANN, F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs. **Automation in Construction**, v. 43, p.109-127, 2014.