



15ª Edição do Prêmio ABRAFAC Melhores do Ano

São Paulo - Brasil
23 de junho de 2020



BIM, facilities e COVID19: digitalização na Bosch para enfrentamento da crise

Júlio Franco ¹,

¹IEL/CNPq/Bosch - julio.frc@gmail.com

RESUMO

O cenário desencadeado pela crise do COVID19 é desafiador para o gerenciamento de facilities. As ineficiências das abordagens tradicionais baseadas em CAD para o gerenciamento de facilities tornam necessário a incorporação de tecnologias digitais mais robustas para a coordenação, colaboração e comunicação no âmbito de atividades projetuais. O desafio em questão envolve estabelecer ambientes digitais que favoreçam a integração e compartilhamento de conhecimento técnico para apoiar atuações emergenciais e preparar condições de desenvolvimento de projetos estratégicos para a retomada. Nesse sentido, a hipótese norteadora deste trabalho está na implementação de processos de digitalização e utilização de BIM, o que significa melhor instrumentar o planejamento para permitir antecipar resoluções de projeto, compatibilizar disciplinas, evitar retrabalhos, custos inesperados e riscos subestimados. O trabalho objetiva estruturar a implementação de tecnologias de digitalização e modelagem BIM no setor de gestão de facilities da Bosch para o desenvolvimento de projetos e obras. Tais ferramentas são propostas como instrumentos facilitadores da comunicação e coordenação de projetos, além de suporte a processos decisórios nesse momento de crise. O desenvolvimento inicial abrangeu o levantamento de necessidades e expectativas internas e a estruturação de proposta de implementação de tecnologias. Foram realizados três projetos pilotos envolvendo levantamentos aéreos, fotogrametria, escaneamento a laser, modelagem BIM e uso de ambiente comum de dados para equipes de projeto. Os resultados permitiram validar e estabelecer soluções a serem adotadas e diretrizes para o desenvolvimento de modelos digitais com maior confiabilidade e agilidade na extração de informações, quantitativos e análises de projeto. Os produtos (nuvem de pontos e modelos) obtidos já estão disponíveis para atividades do setor. Esse estudo ressaltou a natureza sociotécnica do desenvolvimento de projetos de facilities frente a crises, o que requer atuação mult-, inter- e transdisciplinar de estímulo à colaboração efetiva entre agentes de projeto.

Palavras-chave: modelagem digital, facilities, covid19, escaneamento a laser, fotogrametria aérea.

Keywords: digital modeling, facilities, covid19, scan-to-BIM, aerial photogrammetry

1. INTRODUÇÃO

Nesse momento de pandemia do COVID19, a gestão de facilities na Bosch Campinas buscou ampliar as estratégias de digitalização para adaptação aos novos cenários e responder aos desafios que surgiram com a crise. A incorporação de tecnologias digitais mais robustas para áreas técnicas é essencial para o enfrentamento deste momento. O trabalho em questão compreende a estruturação da utilização de BIM para o desenvolvimento de novos projetos como instrumento facilitador da comunicação e coordenação entre projetistas, e como suporte a processos decisórios em projetos de construção. Desde 2019, a área de Facilities da empresa está desenvolvendo a implementação de BIM em suas atividades. Entretanto, após o início da pandemia, os esforços foram redirecionados para compreender as novas necessidades que se formaram nesse momento. A complexidade de projetos de facilities industriais, caracterizada pelo grande número de informações e especialidades envolvidas, foi acentuada com a crise do COVID19. As incertezas socioeconômicas impactaram investimentos previstos para projetos de facilities, demandando otimizar custos, tornar processos mais eficientes e flexibilizar formas de trabalho remoto. Com o isolamento social, a comunicação entre agentes de projeto foi modificada, agora priorizada a meios virtuais. Além disso, o momento exige cautela em qualquer atividade a ser desempenhada para que a segurança e saúde de colaboradores e demais envolvidos sejam garantidas.

Tal cenário é desafiador para o gerenciamento de ativos e continuidade de desenvolvimento de projetos, uma vez que amplia as ineficiências das abordagens tradicionais em vigor baseadas em CAD e em ferramentas com processos fragmentados para a coordenação, colaboração e comunicação no âmbito de atividades projetuais. Desafia também a estabelecer ambientes digitais que favoreçam a integração e compartilhamento de conhecimento técnico para apoiar atuações emergenciais (como atividades de manutenção que podem ser planejadas para esse momento de parada fabril) e preparar condições para desenvolver projetos estratégicos para a retomada.

Por outro lado, novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) tem beneficiado fortemente processos de projeto, construção e gestão, como a Modelagem de Informações da Construção (BIM) e tecnologias de sensoriamento remoto e varredura (DEZEN-KEMPTER *et al.*, 2015). BIM não é apenas um software, mas sim uma plataforma tecnológica com diferentes aplicações e usos (EASTMAN *et al.*, 2008). Seu emprego crescente se apoia na capacidade paramétrica de englobar geometrias tridimensionais e abranger informações semânticas a respeito de materiais, quantidades, custos, funções e relações entre componentes (SUCCAR, 2009).

Particularmente para facilities industriais, ferramentas BIM têm viabilizado conceitos de indústria 4.0 (CHANG, DZENG e WU, 2018), permitindo integrar, processar e analisar informações em um ambiente 3D digitalizado (GAO e PISHDAD-BOZORGI, 2019). O resultado é um conjunto de dados rico, orientado a objetos, inteligente e de representação digital paramétrica da construção (AZHAR, 2011). O uso de dados é mais bem definido e há mais valor adicionado a eles, gerando informações estruturadas para a colaboração entre equipes (GHAFARIANHOSEINI *et al.*, 2017). Com isso é possível compatibilizar projetos antes de chegarem ao canteiro, diminuir o risco de falhas e imprevistos e otimizar o fluxo de informações entre projetistas (ALEMANHA, 2015).

O desafio de apoiar a colaboração entre agentes de projeto, aumentar a eficiência, reduzir o uso de recursos e construir de forma enxuta é um dos motivadores para o emprego de tecnologias digitais baseadas em BIM como resposta à crise do COVID-19, bem como, dos crescentes desafios de sustentabilidade e da alta complexidade da gestão de facilities. Aumentar a eficiência de análises de projetos e compatibilização significa antecipar a resolução de problemas para fases em que a habilidade de influenciar custos e qualidade é maior, o impacto de alterações projetuais é menor e a previsão de uso de recursos é mais confiável. Estudos estimam que a digitalização de processos de AECO possa trazer economias de 10% a 20% dos custos de obra (COSTA, 2018). Particularmente ao Brasil, a estratégia BIM BR almeja a redução de custos de produção de empresas que adotarem BIM em 9,7% (BRASIL, 2018).

Pelas razões expostas, pela importância do tema e pelo potencial de impacto em projeto, construção e operação de facilities, este projeto tem sido desenvolvido na Bosch Campinas por meio do programa Inova-Talentos do IEL/CNPq.

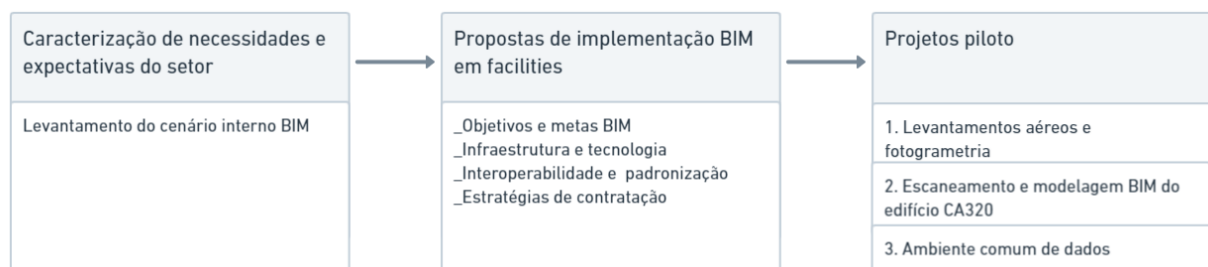
2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é estruturar a implementação de tecnologias de digitalização e modelagem BIM para o desenvolvimento de projetos e obras e apoiar à gestão de facilities da planta da Bosch Campinas. Tal abordagem visa (i) estabelecer formas de levantamento de dados e organização de projetos técnicos, (ii) integrar informações de especialidades de projeto para facilitar a colaboração entre agentes e (iii) fortalecer a digitalização de processos remotos no enfrentamento à crise.

3. MÉTODO

O método empregado para implementação de tecnologias digitais BIM é baseado nos guias da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2016) e da Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2017). No fluxograma da Figura 1, são apresentadas as etapas metodológicas adotadas para o estudo e organizadas em três principais tópicos, sendo (i) a caracterização de necessidades e expectativas internas, (ii) a estruturação da proposta de implementação e (iii) os projetos piloto estabelecidos.

Figura 1: Fluxograma de desenvolvimento do estudo



3.1. Caracterização de Necessidades e Expectativas Internas

Foram entrevistados especialistas do setor para levantar expectativas do uso de BIM de forma qualitativa. Em cada entrevista, uma contextualização da tecnologia foi apresentada tratando de conceitos básicos de BIM e ferramentas de digitalização para desenvolvimento de projetos. Após as entrevistas, foram discutidos oportunidades, expectativas e *insights* para o uso de BIM na área de atuação do entrevistado. Nesse documento serão apresentados apenas tópicos de convergência resultantes das entrevistas, pois as transcrições completas contêm informações confidenciais.

3.2. Estruturação de Proposta de Implementação BIM em Facilities

A partir dos resultados da pesquisa interna foram analisadas oportunidades de utilização de BIM e o roteiro inicial de implementação foi elaborado baseando-se em manuais brasileiros como os da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2016). O roteiro adotado contempla a identificação de fases do ciclo de vida de edificações da Bosch Campinas, a definição de objetivos de modelagem de informações, as tecnologias de digitalização fundamentais, as infraestruturas necessárias, as estratégias e requisitos de contratação, a padronização de processos, o controle de qualidade e, por fim, a definição de projetos piloto.

3.3. Projetos Piloto

A partir da estruturação de usos BIM e da definição de requisitos tecnológicos para digitalização, foram definidos os projetos piloto.

O primeiro piloto corresponde ao emprego de tecnologias de sensoriamento remoto baseadas em levantamentos aéreos com drone. As atividades compreenderam inspeções por rotas automatizadas e mapeamento da planta por fotogrametria digital. Foi empregada a aeronave DJI Phantom 4 Pro. Para as inspeções, foram estabelecidos *waypoints* utilizando o software DJI GO 4 para o traçado de rotas de inspeção na edificação CA370. Para mapeamento, foram estabelecidas rotas automáticas de captura com o software *Pix4Dcapture* para a edificação CA401. As imagens foram processadas no software *Pix4DBIM*, cujo funcionamento é baseado em técnicas computacionais de *dense stereo matching* (FRANCO, 2019, p. 135).

O segundo piloto trata do escaneamento a laser 3D e modelagem BIM do edifício industrial CA320. O equipamento utilizado foi o escâner a laser Leica BLK360 com precisão de 4mm/10m. A modelagem foi desenvolvida com softwares Autodesk Revit, Recap e Naviworks (versão 2019).

O terceiro piloto trata da utilização de um ambiente comum de dados para colaboração remota. Para isso foi utilizada a plataforma BIM360 da Autodesk, na qual o modelo da edificação CA320 foi carregado para teste de visualização e operação do acesso remoto pela equipe de facilities.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados em três tópicos. O primeiro trata da caracterização e pesquisa interna de expectativas quanto ao uso de BIM. O segundo trata dos pontos principais da estratégia de implementação BIM definida. O terceiro trata dos projetos piloto estabelecidos.

4.1. Levantamento de Cenário Interno BIM

A partir da pesquisa interna foram identificadas as características predominantes para as fases “Pré-obra”, “Obra” e “Pós-obra” das edificações na planta da Bosch. Em síntese, a planta da Bosch em Campinas tem 65 anos e possui ambiente construído já consolidado, de modo que as atividades de construção se concentram, predominantemente, na fase de Pós-obras (Operação e manutenção). Assim, são predominantes atividades de projeto relacionadas ao uso, operação, manutenção e modernização de ativos. Identifica-se que a elaboração de modelos BIM é oportuna para registros de equipamentos e infraestrutura para fins de gestão de ativos, desenvolvimento e documentação de projetos e simulação de alterações de layouts de ambientes fabris e corporativos.

Quanto ao desenvolvimento de novos projetos (Pré-obra), aponta-se que modelos BIM deverão partir da modelagem de condições existentes, o que incorre em reunir documentações técnicas do acervo Bosch e/ou utilizar tecnologias de digitalização de ambientes construídos. A aplicação na fase de projeto é visualizada como forma de planejamento de intervenções e detalhamento de processos construtivos. Além disso, identificam-se oportunidades para análise de riscos, estudos de viabilidade técnica, apoio à tomada de decisão, orçamentação e compatibilização de projetos.

Sobre a fase “Obras”, identifica-se que os modelos BIM deverão focar em reproduzir de forma precisa as diversas etapas de obra e possibilitar melhor gerenciamento pelo setor de gestão de facilities em tempo e custo. Em função de atividades de construção estarem estritamente dependentes de edificações já existentes, a modelagem deve possuir nível de detalhamento e desenvolvimento adequados para possibilitar a identificação de interferências com elementos já existentes. Além disso, deve-se garantir a geração de documentação técnica consistente para utilização em futuras atividades de manutenção e operação.

Por fim, elencam-se as principais fases mapeadas para modelos BIM na gestão de facilities na Bosch Campinas: (i) Modificações de layout fabril e áreas corporativas; (ii) Modernizações (Novos sistemas, reabilitações etc.) e; (iii) Manutenções preventivas.

4.2. Proposta de Implementação BIM

De acordo com a caracterização do cenário interno BIM na Bosch e as necessidades levantadas, foram determinados os objetivos e usos BIM, a infraestrutura tecnológica necessária, as diretrizes para padronização e sistematização de dados e, por fim, as estratégias de contratação de prestadores de serviços BIM.

4.2.1. Objetivos e Metas para Usos BIM na Gestão de Facilities Bosch

Um dos passos importantes no processo de planejamento foi definir claramente o valor potencial de BIM em atividades de projeto, definindo objetivos e metas mensuráveis para a implementação da tecnologia. Essas metas se baseiam no desempenho do projeto de implementação e incluem itens como a redução da duração do cronograma, obtenção de maior produtividade no campo, aumento da qualidade de projeto, redução de custos e pedidos de alteração e, por fim, a estruturação de dados operacionais consistentes para atividades de construção, operação e manutenção. Dessa maneira, elencam-se na Tabela 1 os objetivos, metas e parâmetros de acompanhamento para implementação de BIM na gestão de facilities da Bosch.

Tabela 1 – Objetivos e metas BIM para implementação na gestão de facilities Bosch

Objetivo	Meta (mensurável)	Alcançado se
1 Padronizar arquivos e informações de novos projetos de construção	Desenvolver <i>templates BIM</i> e obter modelos para novas construções	Um modelo é elaborado ou atualizado pela equipe de projeto e disposto em um ambiente comum de dados
2 Empregar tecnologias digitais de sensoriamento e varredura para obter dados confiáveis de edificações existentes	Obter dados digitais precisos para construções	Um modelo é elaborado a partir de técnicas digitais de captura (escaneamento/fotogrametria)
3 Reduzir desperdícios a partir de simulação de processos executivos	Obter modelos 4D (3D+tempo) para planejar construções	Um modelo BIM 4D (3D+tempo) é elaborado e atualizado pela equipe de projeto
4 Assessorar análises de custos e processos decisórios com planejamento físico-financeiro integrado	Obter modelos 5D (4D+custos) para novas construções	Um modelo BIM 5D é utilizado para levantar quantidades e estruturas de custos
5 Melhorar os processos de compatibilização entre disciplinas de projeto	Reduzir a quantidade de conflitos entre disciplinas de projeto	Forem empregadas ferramentas de detecção de interferências, simulações de processos executivos e ferramentas de colaboração/revisão

4.2.2. Infraestrutura e Tecnologias

A partir das necessidades levantadas e os usos BIM definidos, a infraestrutura tecnológica foi estabelecida para atender a estrutura apresentada na Figura 2. Adotou-se a suíte de softwares BIM da Autodesk como plataforma de desenvolvimento de projetos, de modo que os modelos digitais deverão ser desenvolvidos prioritariamente utilizando soluções atreladas ao Autodesk Revit. Também é prevista a utilização dos softwares Autodesk Navisworks para coordenação e modelagem 4D, Autodesk Autocad para edições finais de folhas de impressão, Autodesk Recap para manuseio de nuvens de pontos de escaneamentos e Agisoft Metashape para o processamento fotogramétrico de imagens. Além dos softwares adotados, o investimento na capacitação da equipe interna é previsto como necessidade constante e fundamental.

4.2.4. Estratégias de Contratação

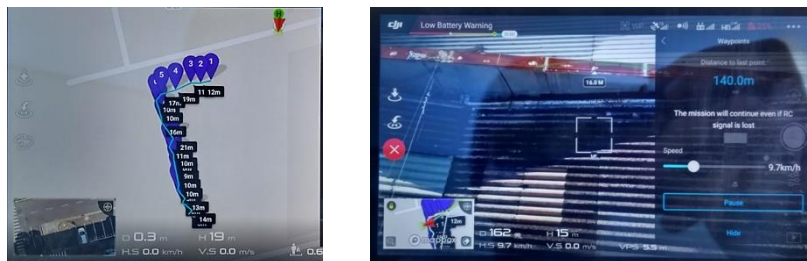
Para a contratação de fornecedores BIM, foi elaborado e proposto um memorial descritivo de prestação de serviços para chamamento público. O memorial prevê requisitos técnicos a serem exigidos em propostas de fornecedores, de modo a padronizar e sistematizar o desenvolvimento de projetos em BIM. Também prevê os softwares a serem utilizados, os formatos de arquivos dos produtos a serem entregues e os procedimentos de verificação de compatibilização e qualidade. (Detalhes técnicos de cunho confidencial até o momento).

4.3. Projetos Piloto

Piloto 1 – Levantamentos aéreos para inspeção e fotogrametria digital

A rota de inspeção do telhado do CA370 foi traçada a partir de *waypoints* determinados de acordo com a necessidade de inspeção, bem como, obstáculos existentes. A rota determinada foi elaborada e armazenada no DJI GO 4 para rotinas de inspeção futuras. Os resultados validaram o uso de inspeções automatizadas em estruturas de difícil acesso para minimizar trabalhos em altura e reduzir riscos como entupimentos e falhas na estanqueidade de coberturas. Na Figura 4a o traçado da rota é apresentado com *waypoints* numerados. Na Figura 4b, apresenta-se a visão de inspeção.

Figura 4: a) Rota automática de inspeção de calhas no CA370. b) Visão da câmera durante a inspeção.



Para o mapeamento por fotogrametria digital, foram levantadas 302 imagens utilizando rotas aéreas automatizadas em grid duplo para o mapeamento da edificação CA401 da Bosch Campinas. A aeronave utilizada foi o modelo DJI Phantom 4 Pro. As imagens foram capturadas a 70 m de altura, sobreposição de 70% e inclinação da câmera de 45°, utilizando o software Pix4Dcapture. O processamento fotogramétrico foi realizado no Pix4D BIM resultando em nuvem de pontos com cerca de 30 milhões de pontos 3D (Figura 5a). Também foram gerados o ortomosaico (Figura 5b) resultante da mescla das imagens e o modelo digital de superfície (Figura 5c) colorido conforme elevações. A área coberta no levantamento foi de 0,060 km² e GSD médio (*Ground Sample distance*) foi de 1,85 cm/pixel. Os resultados foram satisfatórios, estando aptos a utilização nas atividades do projeto de retrofit da fachada da edificação.

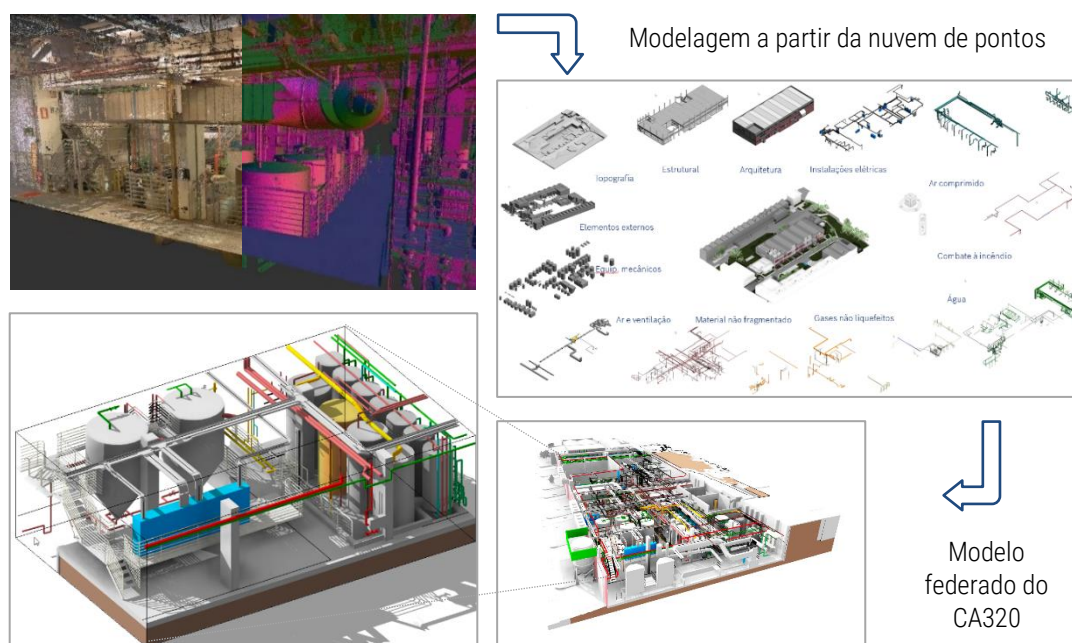
Figura 5: a) Nuvem de pontos do edifício CA401 gerado por aerofotogrametria. b) Ortomosaico e c) Modelo Digital de Terreno (DSM) do edifício CA401



Piloto 2 – Escaneamento e modelagem BIM do edifício CA320

Foram realizados levantamentos com escâner a laser terrestre 3D para modelagem do edifício CA320. O edifício em questão concentra sistemas de infraestrutura e abastecimento de utilidades de alta complexidade. O desenvolvimento foi realizado pelas empresas parceiras FacilityBr e BIMStart utilizando o equipamento BLK360 da Leica Geosystems e a suíte BIM da Autodesk. A nuvem de pontos gerada cobriu áreas internas e externas da edificação com precisão nominal de 4 mm. A partir dos dados gerados no escaneamento a modelagem BIM foi desenvolvida na suíte de softwares da Autodesk com alto nível de detalhe (LOD400). Na Figura 5 são apresentados exemplos de vistas capturadas pelo escaneamento e perspectivas em corte do modelo federado¹ desenvolvido. O modelo BIM resultante contempla 12 disciplinas e totaliza 11661 componentes. Os resultados atingiram as expectativas de nível de desenvolvimento necessário às atividades manutenção e operação. Tais resultados são consistentes frente à complexidade dos sistemas instalados na edificação e demandas operacionais. Deste modo, o modelo desenvolvido apoiará futuros projetos de manutenção e modernização dos sistemas da edificação.

Figura 6: Vistas da nuvem de pontos do escaneamento a laser, das disciplinas modeladas e do modelo federado da edificação CA320

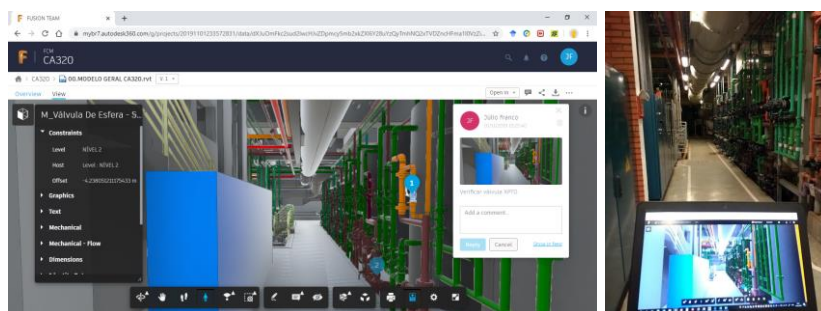


Piloto 3 - Ambiente comum de dados

O modelo BIM da edificação CA320 foi configurado e armazenado na plataforma de acesso remoto BIM360 da Autodesk. O modelo permite o compartilhamento e visualização imersiva em navegador web com ferramentas de navegação 3D, visualização integrada de parâmetros de cada componente (instância) e suporte à colaboração em tempo real entre usuários. Também permite o controle de revisões de projeto, filtros de visualização e vistas seccionadas/explodidas do modelo de acordo com as necessidades do usuário. A visualização do modelo na plataforma é apresentada na Figura 7a. Pelo nível de desenvolvimento do modelo alcançado é possível utilizá-lo para projetos de intervenções e auxiliar checagens em campo com laptops ou dispositivos mobile, como demonstra a Figura 7b.

¹ Um modelo federado é aquele que reúne modelos das várias disciplinas de projeto envolvidas

Figura 7: a) Modelo BIM do CA320 – Vista de barrilete de válvulas, parâmetros e comentários associados . b) Imagem real do barrilete de válvulas



5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

O presente trabalho visou apresentar resultados preliminares do plano de implementação de BIM e tecnologias digitais para fortalecer a digitalização no enfrentamento à crise do COVID19. A caracterização do cenário interno da gestão de facilities trouxe a compreensão de demandas e atributos a serem considerados na proposta de implementação. Buscou-se estabelecer um direcionamento padronizado para gestão de informações de projeto de construção baseada em BIM. O foco foi estabelecer diretrizes para o desenvolvimento de modelos digitais que permitam maior confiabilidade e extração rápida de informações, quantitativos e análises de projeto. No entanto, os resultados não são estanques, uma vez que tratam de processos dinâmicos cuja sistemática requer atuação e retroalimentação mult-, inter- e transdisciplinar.

Os projetos piloto compuseram abordagens sociotécnicas, tratando de tecnologias de captura de dados (Piloto 1 e 2), ferramentas de tratamento e modelagem BIM (Piloto 2) e, por fim, meios de colaboração e compartilhamento (Piloto 3). O projeto piloto 1 validou conceitos de levantamentos aéreos para inspeções e mapeamentos na planta industrial demonstrando agilidade e mitigando riscos de trabalhos em altura. A tecnologia poderá ser utilizada para coleta de dados a serem disponibilizados por equipes remotas de projeto. O projeto piloto 2 possibilitou a aproximação prática com tecnologias de escaneamento a laser e modelagem BIM. A abordagem BIM serviu de base para discussões, análises e desafios da implementação. BIM traz novos paradigmas tecnológicos e é necessário ampliar os estudos sobre impactos na gestão de facilities e garantir que processos inovadores sejam embasados em um plano de ação consistente que promova os benefícios da tecnologia de fato. Sobre o projeto piloto 3, a utilização de um ambiente comum de dados demonstrou ser fundamental para integrar dados de projeto de forma mais intuitiva e eficiente frente aos tradicionais diretórios e servidores web. A utilização de ferramentas integradas de revisão e colaboração remotas pode ser decisiva para a eficiência de equipes durante e após a crise do COVID19. Entretanto, outras plataformas devem ser testadas e exploradas para uma escolha mais assertiva quanto aos recursos de colaboração necessários.

Ressalva-se que o emprego de tecnologias de informação deve ser considerado de forma cautelosa por não ser capaz de resolver ou remediar todos os problemas do setor, e sim, uma ferramenta aplicada a processos de planejamento e projeto de construções (THOMPSON *et al.*, 2016). Em outras palavras, a tecnologia por si só não basta pois a natureza subjetiva e variável de tomadas de decisão deve ser amparada pelo conhecimento tácito e pelo julgamento humano também (EL-DIRABY e OSMAN, 2011). Qualquer melhoria se dará em função de processos sociotécnicos.

Por fim, o estímulo à colaboração efetiva entre agentes de projeto, o emprego de tecnologias mais ágeis de digitalização e a implementação de BIM possibilitam melhor planejamento e permitem antecipar resoluções, evitando retrabalhos, custos inesperados e riscos subestimados. Nem todos os problemas foram criados na crise do COVID19, mas sim revelados ou acentuados por ela. De vantagem competitiva, a implementação de tecnologias digitais como BIM se tornou necessidade, não somente pelo impacto e importância, mas pela urgência.

6. REFERÊNCIAS

- ABDI. Guia 6: **A implantação de Processos BIM**. Vol. 1. ed. Brasília, DF: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2017.
- AZHAR, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. **Leadership and Management in Engineering**, v. 11, n. 3, p. 241–252, 2011.
- CBIC. Fundamentos BIM. In: **Coletânea de Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília, DF: [s.n.]. v. 1p. 124.
- CHANG, K. M.; DZENG, R. J.; WU, Y. J. An automated IoT visualization BIM platform for decision support in facilities management. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 8, n. 7, 2018.
- COSTA, A. C. (org). **BIM e a digitalização da construção e das infraestruturas**. Instituto Superior Técnico, COTEC Portugal. 2018.
- DEZEN-KEMPTER, E.; SOIBELMAN, L.; CHEN, M.; VICTOR, A.; FILHO, M. Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, v. 10, n. 2, p. 113–124, 2015.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. 2008. ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- EL-DIRABY, T. E.; OSMAN, H. A domain ontology for construction concepts in urban infrastructure products. **Automation in Construction**, v. 20, n. 8, p. 1120–1132, 2011.
- FRANCO, J. **Modelagem BIM de infraestrutura urbana a partir de levantamentos aéreos com drone**. 135 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.
- GAO, X.; PISHDAD-BOZORGI, P. BIM-enabled facilities operation and maintenance: A review. **Advanced Engineering Informatics**, v. 39, n. August 2018, p. 227–247, 2019.
- ALEMANHA. **Road Map for Digital Design and Construction**. Federal Ministry Of Transport And Digital Infrastructure, 2015. Disponível em: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/road-map-for-digital-design-and-construction.html>. Acesso em: 10 abr. 2020.
- GHAFFARIANHOSEINI, ALI; TOOKEY, J.; GHAFFARIANHOSEINI, AMIRHOSEIN; NAISMITH, N.; AZHAR, S.; EFIMOVA, O.; RAAHEMIFAR, K. Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, n. October 2015, p. 1046–1053, 2017.
- BRASIL. **Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - BIM**. Brasília, DF. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, 2018 Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/26-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf>.
- SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.
- THOMPSON, E. M.; GREENHALGH, P.; MULDOON-SMITH, K.; CHARLTON, J.; DOLNÍK, M. Planners in the Future City: Using City Information Modelling to Support Planners as Market Actors. **Urban Planning**, v. 1, n. 1, p. 79, 2016.