

Estado da arte e BIM: um banco de dados aplicável às obras de reabilitação

*MARIA LUISA R. ANTUNES – ENG., <https://orcid.org/0000-0001-6975-3578>, antunesmarialuisa@gmail.com;
 DIOGO OLIVEIRA – ENG., <https://orcid.org/0000-0002-4771-8971>, diogooliveira@ufv.br;
 JOSÉ C. RIBEIRO – ENG., <https://orcid.org/0000-0003-4069-7001>, jcarlos.ribeiro@ufv.br;
 JOSÉ M. CARVALHO – ENG., <https://orcid.org/0000-0001-5785-3213>, josemaria.carvalho@ufv.br;
 KLEOS M. L. CESAR JÚNIOR – ENG., <https://orcid.org/0000-0003-4779-4226>, kleos@ufv.br – UFV-MG;
 VITOR C. CURI – ENG. – vitor.curi@deer.mg.gov.br – DEER-MG

R E S U M O

As obras de engenharia civil, especialmente de infraestrutura, são determinantes para o desenvolvimento econômico dos países em todo o mundo, uma vez que promovem a conexão de pessoas e produtos, por meio de vias conectadas por diferentes tipologias estruturais. No Brasil, o Ambiente Construído é caracterizado predominantemente por estruturas de concreto armado e protendido. Neste contexto, alguns dos desafios da gestão de manutenção desses ativos estão relacionados à dificuldade de resgatar proje-

tos autorais originais, *As-built*, além de dados patológicos a fim de fundamentar os processos decisórios de intervenção. Alinhada às iniciativas internacionais, a governança brasileira implementou a Modelagem da Informação da Construção (BIM) na execução de obras e serviços de engenharia, na esfera pública federal. O objetivo deste artigo é contextualizar o Estado da Arte, contemplado pelos laudos técnicos de engenharia, alinhado ao Decreto Federal 10.306, que inclui as obras de reforço e reabilitação estrutural.

PALAVRAS-CHAVE: AMBIENTE CONSTRUÍDO, GESTÃO DE MANUTENÇÃO, BIM, ESTADO DA ARTE, REABILITAÇÃO ESTRUTURAL.

1. INTRODUÇÃO

Em 02/04/2020 o governo brasileiro publicou o Decreto Federal 10.306 estabelecendo a utilização do sistema BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia na esfera pública nacional, a partir de 01/01/2021[1]. O Decreto possui três marcos principais dispostos nas Fases I, II e III que determinam ações e metas para 2021, 2024 e 2028, respecti-

vamente, aplicáveis às obras públicas de médio e grande porte.

Inspirado nas ações *top/down* dos países que iniciaram, com sucesso, a disseminação do BIM, a governança brasileira elegeu entidades da administração pública federal visando a sua implementação de forma gradual. Foi vinculado o Ministério da Defesa (Exército, Marinha e Força Aérea) visando atividades executadas nas edificações

e reabilitação estrutural de obras de arte especiais (OAE).

Com o objetivo de atender à nova legislação, o DNIT elegeu o projeto PRO-ARTE como projeto piloto, no processo de Adoção do BIM [2]. O projeto reúne um acervo de aproximadamente 8.000 pontes e viadutos, caracterizados pela fase operacional do ciclo de vida. Este universo construído é classificado: por nível de OAE segundo critérios de número de vãos (K_{vao}); por número de tipos de elementos (Kele) e extensão (Kext) da estrutura; por nível de lote, que leva em conta a nota técnica da estrutura. Por fim, a classificação final é avaliada em nível de empreendimento (Figura 1).

Uma vez que essas OAE encontram-se em plena fase operacional do ciclo de vida, o desenvolvimento de novos projetos autorais visando às obras de reabilitação e reforço estrutural (em atendimento ao Decreto) fica condicionado à Modelagem das Condições Existentes (Figura 2) cujo objetivo é representar, fidedignamente, a realidade existente.

A Universidade da Pennsylvania apresentou 25 usos do BIM, entre primários e secundários, mapeando-os



► **Figura 1**
Classificação de OAE
Fonte: DNIT, 2020

ao longo do ciclo de vida de um empreendimento típico da construção civil [3]. O ciclo tem sido referenciado na bibliografia brasileira por meio de Cadernos de Projetos BIM e Coletânea BIM (Câmara Brasileira da Indústria Construção), além de fundamentar BIM Mandates em outros países da América do Sul, como o Chile. Na Figura 2 apresenta-se o ciclo de vida e os usos do BIM customizados à demanda de obras de reabilitação do Projeto PROARTE.

Dados como topografia, vegetação, infraestrutura existentes no local, além da condição estrutural (levantamento de anomalias e avaliações estruturais) são demandados com o objetivo de registrar possíveis desgastes devido ao tempo de uso. Nesta direção, os laudos técnicos de engenharia produzidos pelas inspeções in loco são instrumentos fundamentais na formatação do Estado da Arte.

Alinhado com a isonomia, pré-requisito de processos licitatórios públicos, o sistema BIM contempla a entrega dos produtos licitados, em formato digital de arquivos *openBIM* intitulados pela *buildingSmart* (*bsl*) como *Industry Foundation Classes* (*IFC*) [5], além dos formatos de softwares nativos. Nesta direção, os profissionais envolvidos no projeto praticam a colaboração multidisciplinar e a troca de informações, de forma integrada e interoperável.

Neste cenário, as inspeções técnicas caracterizadas como serviços

de engenharia passam a ter como base de partida os arquivos IFC dos Modelos das OAE, além dos arquivos digitais que contém as nuvens de pontos da realidade capturada (do objeto de análise). Logo, o Estado da Arte que será apurado no processo pericial, deverá ser representado no arquivo IFC da ponte, por meio da inserção dos dados patológicos nos objetos do modelo, formatando-se, assim, o Modelo As-is (como está) da OAE.

2. DESENVOLVIMENTO

O objetivo geral do artigo é refletir o Estado da Arte de uma OAE, a partir de registros coletados durante uma inspeção técnica tradicional de engenharia, em um Modelo paramétrico, alinhado ao Decreto Federal 10.306.

Para atingir este objetivo, utilizou-se como objeto de estudo uma ponte do complexo viário General Carneiro, localizado na BR MG 262 sobre o Rio das Velhas (Figura 3). A OAE passou pelo processo de reabilitação estrutural em 2019, em resposta à avaliação estrutural da OAE que demandou que o tráfego fosse reduzido para 60% da carga de projeto.

Caracterizada pela tipologia estrutural em concreto armado, a OAE ainda revela parte das fundações remanescentes da época da sua construção (década de 1970), tal como apresentadas na Figura 3. A obra de reabilitação estrutural foi caracterizada, essencialmente, pela inclusão de elementos na mesoestrutura e infraestrutura da

ponte (vigas de travamento, pilares e elementos verticais de fundações).

O modelo da OAE foi desenvolvido a partir da aplicação da técnica *3D Laser Scanning* que utilizou o equipamento do tipo estáti-

co, em um único dia de coleta. As nuvens de pontos geradas, representadas por coordenadas x,y,z, foram importadas pelo software Revit (versão 2021) e foi cedido para este estudo pelo Laboratório BIM do Departamento de Edificações e Estradas de Minas Gerais (DEER MG) [4]. Além de parametrizar os objetos revelados pelas nuvens de pontos, a parametrização permite o georeferenciamento e nesta direção, torna-se possível simular a carta solar da latitude do objeto periciado, representando um importante recurso de análise de registros pós-captura.

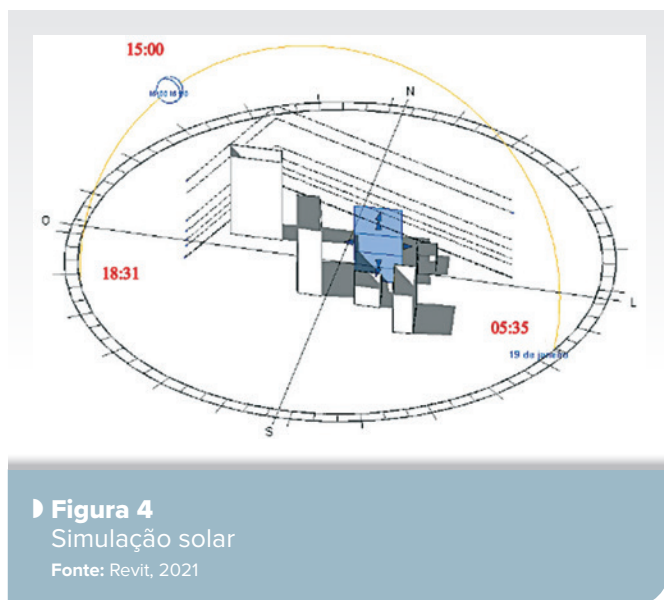
Vale destacar que este recurso pode auxiliar nas análises de incidência de radiação direta e indireta nas estruturas, de sombreamentos causados pelo ambiente construído (edificações presentes no entorno urbano), além de referenciar com precisão os objetos periciados por meio dos pontos cardeais. A conexão da simulação solar e os registros coletados durante a inspeção técnica embasa interpretações (pós-coleta) mitigando a subjetividade do(s) profissional(ais) envolvido(s) no processo de trabalho. Como exemplo, ilustra-se a simulação solar aplicada no estudo de uma edificação (Figura 4) e o sombreamento causado pelas edificações vizinhas, no dia e horário da coleta do registro (19/01/21 às 15:00h). A fachada oeste do objeto periciado (destacado na cor azul) recebe radiação direta, de acordo com a carta solar da latitude simulada (intervalo de



► **Figura 2**
Ciclo de vida
Fonte: DNIT, 2020



► **Figura 3**
Ponte rodoviária BR MG 262
Fonte: Autores, 2021



05:35h às 18:31h), podendo sugerir a ausência e/ou presença de anomalias na superfície inspecionada).

Outro processo de simulação virtual aderente ao Ambiente Construído é possibilitado pelas nuvens de pontos da realidade capturada, na elaboração do plano de ações das inspeções. As análises no cenário virtual antecipam possíveis dificuldades operacionais e auxiliam na seleção de técnicas complementares de captura, que variam de acordo com a subjetividade de cada projeto. Devido a essas particularidades, o processo licitatório é sustentado por um Plano de Execução BIM (PEB), que tem como objetivo geral explicitar as diretrizes que orientarão o

ma BIM, preliminarmente (fase Planejamento). Entretanto, as novas soluções demandadas pelas obras de reabilitação (Projetos Autorais) previstas na fase Projeto dependem das análises do Estado da Arte da estrutura, produto do laudo de engenharia viabilizado por meio das inspeções técnicas.

Esta lacuna é solucionada inserindo-se os dados patológicos coletados e demais informações relevantes no modelo IFC da ponte. Inicialmente, o modelo representa o objeto periciado e ao final do processo pericial, os objetos modelados hospedarão os registros. O modelo final é exportado em IFC e recebido pela equipe de gestão e/ou coordenação

desenvolvimento do uso BIM licitado, além de relacionar os profissionais e ferramentas envolvidos no projeto de reabilitação para atingir o(s) resultado(s) esperado(s).

A Modelagem de Condições Existentes é o uso BIM previsto no PEB que possibilita a conexão do Ambiente Construído ao siste-

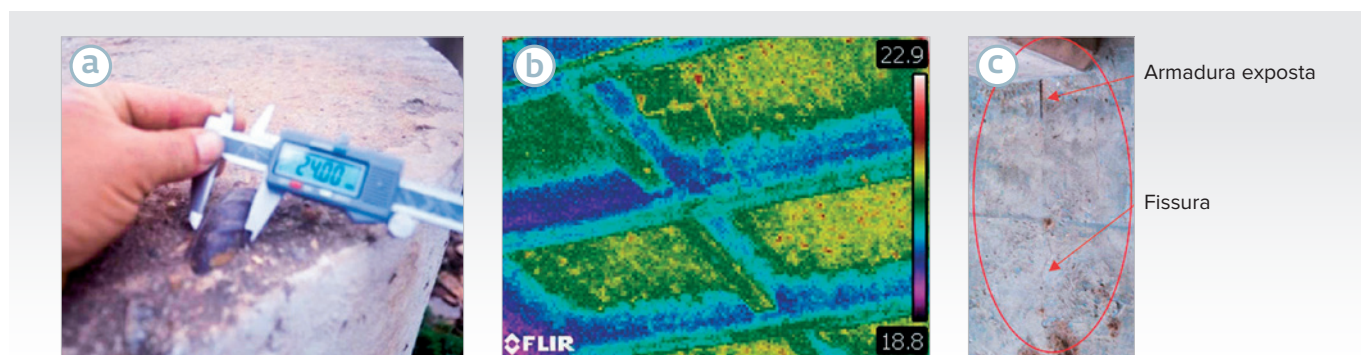
mação de projeto, como orientado no PEB.

Na Figura 5, ilustra-se alguns exemplos de registros coletados durante a inspeção técnica da ponte: 5(a) Registro fotográfico, auxiliado por fissurômetro digital, da armadura exposta presente na viga de travamento; 5(b) Registro termográfico da face inferior do tabuleiro; 5(c) Registro fotográfico de anomalias presentes na viga longitudinal da superestrutura (armadura de cisalhamento exposta e fissura).

O(s) responsável(is) pela elaboração do laudo técnico insere(m) as anomalias identificadas durante a inspeção nos respectivos objetos periciados por meio de *hyperlinks*. Esta associação reflete o Estado da Arte da OAE e permite o resgate facilitado de informações para a equipe de gestão de manutenção e operações do ativo, em qualquer momento do ciclo de vida.

Nesta direção, o Modelo As-is funciona como um denso banco de dados, caracterizado por alto índice de confiabilidade, capaz de embasar a elaboração de soluções eficazes e futuras, como os *end-uses* (fase operação), uma vez que a OAE vivenciará novamente uma fase construtiva.

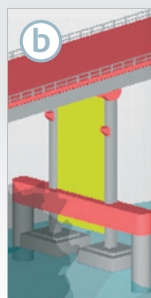
Na Figura 6 apresenta-se, como exemplo, a inserção do registro da anomalia presente na viga de travamento (ilustrado na figura anterior) no modelo da OAE cedido pelo



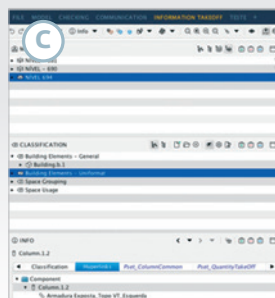
► **Figura 5**
Registros coletados: (a) registro fotográfico; (b) registro termográfico; (c) registro fotográfico



Seção inspecionada



Viga de travamento



Hyperlink



Registro fotográfico

Figura 6

Inserção do estado da arte no modelo: (a) Modelo da OAE (DEER, 2021); (b) Objeto modelado (DEER, 2021); (c) Criação do hyperlink (Autores, 2022); (d) Registro fotográfico acessado via hyperlink

Fonte: Autores, 2022

LaBIM DEER, utilizando-se o software de gestão *BIM Solibri Model Checker (SMC)*, por meio do arquivo IFC.

O registro fotográfico é inserido selecionando-se na seção periciada da OAE (Figura 6(a)) o respectivo objeto periciado (Figura 6(b)). Na Figura 6(c) ilustra-se a criação do *hyperlink* na aba *Information Takeoff* do software que cria a vinculação do registro fotográfico coletado durante a inspeção técnica, ao objeto modelado.

Neste momento, o objeto se transforma em hospedeiro da informação, que é, automaticamente, apresentada quando os demais colaboradores manuseiam o modelo *As-is* (Figura 6(d)).

3. CONCLUSÕES

Alguns processos de trabalho ainda utilizam a modelagem paramétrica a partir de arquivos *Computer Aided Design (CAD)*. Entretanto, o mode-

lo gerado por este fluxo pode não refletir a real condição que a OAE foi encontrada. Alterações na fase construtiva podem ocorrer e não serem documentadas, além de vícios construtivos e desconformidades em geral (como falta de cobrimento de armaduras, como utilizado como exemplo neste estudo).

No fluxo BIM, o processo de trabalho inicia-se com a captura da realidade por meio da aplicação da técnica *3D Laser Scanning* em função de sua agilidade de aplicação, segurança e precisão milimétrica. Apesar das nuvens de pontos não permitirem a identificação visual de anomalias, funcionam como um denso e fidedigno banco de dados, ao longo de toda vida útil da estrutura. Além das coordenadas 3D, a cada posicionamento do equipamento, registros fotográficos são gerados em alta resolução formatando um acervo relevante para equipe de gestão.

No Brasil, ainda que o BIM tenha sido disseminado desde 2018, a cadeia da indústria da construção civil ainda não está preparada para a mudança de paradigma. As obras de infraestrutura, em especial, carecem de famílias de objetos específicos e conjuntos de propriedades (*property sets*), diferentemente do sistema BIM aplicado às edificações, que encontra-se mais avançado nestes quesitos.

Por fim, da mesma forma que o segmento foi impactado por ocasião da transição da prancheta física para a prancheta eletrônica, a Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) passa por uma transformação digital e se depara não somente com as novas ferramentas de representação (geométrica e paramétrica), mas com novos processos de trabalho que formatam uma ruptura com os processos tradicionais praticados. □

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRASIL. Decreto n. 10.306, de 02 de abril de 2020. Utilização do Building Information Modelling. Diário Oficial da União, Brasília. Edição 65. 2020.
- [2] Departamento Nacional Infraestrutura e Transportes DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA EM TRANSPORTES - DNIT. Disponível em <https://www.gov.br/dnit/pt-br>. >Acesso em: 21 jan. 2022.
- [3] BIM Execution Plan. Disponível em <https://bim.psu.edu/> > Acesso em 02 fev. 2022
- [4] DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM DE MINAS GERAIS – DER/MG. Disponível em <http://www.der.mg.gov.br/obras/plataforma-bim-deer-mg> >Acesso em: 25 jan. 2022.
- [5] BuildingSMART. Disponível em <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/> > Acesso em: 20 jan. 2022.