

Aplicação da metodologia BIM e princípios da Construção Enxuta para o planejamento de uma obra comercial

CAROLINE DE A. SILVA – ENG., ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1217-9856> – carol123.22@hotmail.com;

BACUS DE O. NAHIME – DR., ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7292-7919-5224>;

IGOR S. DOS SANTOS – MES., ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7619-273X>, IFG – GO

ALBERTO B. NETTO – DR., ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0615-1865>;

ANNA JULIA H. RIBEIRO – GRAD., ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8083-9305>, UNIRV – Go

JORGE L. AKASAKI – DR., ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1986-1196>, UNESP – SP

R E S U M O

Este artigo propõe a implementação da metodologia BIM em sinergia com os princípios da Construção Enxuta, através do levantamento de dados e no acompanhamento das atividades no canteiro de obra, sugerindo propostas de aplicação do sistema em uma obra comercial. Visa-se minimizar os efeitos causados pela falta de planejamento, a implantação da metodologia da Construção Enxuta nas atividades executadas e na modelagem em BIM, que permite a realização de um planejamento adequado

para a obra, contando com cronograma, orçamento, visualizações 3D, entre outros. Com as análises e os procedimentos utilizados, observou-se a execução do serviço de fundação em 23 dias, conforme proposto inicialmente. Nas descargas das peças pré-fabricadas, verificou-se a redução de tempo em 45 minutos/peça, o que possibilitou maior agilidade no início da execução dos serviços de montagem das peças; verificando a real necessidade de se realizar o planejamento de obras, incluindo ferramentas de gestão.

PALAVRAS-CHAVE: MODELAGEM DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO, FERRAMENTAS DE GESTÃO, GERENCIAMENTO DE OBRAS, CONSTRUÇÃO CIVIL.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil sempre busca por inovações. Entre elas, destacam-se as questões relacionadas à segurança, às tecnologias construtivas e ao desenvolvimento de materiais. Aliadas às questões supracitadas, vêm as tecnologias na produção de projetos e no planejamento das obras. Desta forma, destaca-se a importância da modernização do setor da construção civil a partir da adoção de metodologias e conceitos de gestão, visto que o planejamento fornece ao gestor um alto nível de conhecimento sobre o empreendimento, permitindo a detecção de situações desfavoráveis, agilidade nas decisões, otimização na alocação de recursos e definição de metas com custos e prazos mais precisos (ANGELIM *et al.*, 2020).

A Construção Enxuta baseia-se em metodologias que visam ao

planejamento e ao gerenciamento transparente dos processos, calçadas em princípios como a redução da variabilidade, a redução do tempo de ciclo e o estabelecimento de melhoria contínua ao processo. Neste contexto, um conceito de suma importância é o *Building Information Modeling* (BIM), que surge como uma metodologia para analisar e facilitar o acesso às inovações e mudar a perspectiva de 2D para 3D, diminuindo de forma eficaz as incompatibilidades das diversas disciplinas de projetos. Por ser um sistema totalmente integrado, é possível melhorar e agilizar todo processamento de informações entre os profissionais (COSTA *et al.*, 2021).

A metodologia BIM pode ser adotada sem as práticas da Construção Enxuta, e vice-versa, mas a implantação conjunta traz enormes benefícios nas práticas de planejamento

e gerenciamento de obras. O uso de ferramentas tecnológicas proporciona diminuição de perdas (material, mão de obra), cumprimento de metas e prazos, entre outros benefícios (SU *et al.*, 2021). Assim, este trabalho propõe a implementação da metodologia BIM em conjunto com as aplicações da Construção Enxuta, sugerindo propostas de aplicabilidade do sistema em uma obra comercial.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida através de um estudo de caso e buscou elaborar propostas de aplicação dos princípios da Construção Enxuta com a obra já em execução e comparar seu gerenciamento caso os projetos, cronogramas e orçamentos fossem realizados com funcionalidades do BIM. A seguir será descrita a construção objeto do estudo e elencados os serviços analisados.

2.1 Estudo de caso

O objeto do estudo de caso é uma obra comercial com um pavimento térreo e um vertical, localizada no município de Santa Helena de Goiás, com área total de 1.179,32 m². Seus dois pavimentos são denominados pavimento térreo, conforme a Figura 1 (a), e pavimento superior, observado na Figura 1 (b). As fundações foram executadas no tipo tubulão e projetadas em concreto armado moldadas *in loco*. Já, a superestrutura e as alvenarias de vedação foram projetadas em concreto pré-fabricado.

A empresa vencedora para a execução do objeto será denominada contratada ou Empresa X. Foi a que ofertou a proposta mais vantajosa quanto ao preço e, por isso, foi contratada para realizar o objeto desse estudo, contemplando os seguintes itens: serviços preliminares, infraestrutura, superestrutura, alvenaria e cobertura da edificação. Os projetos arquitetônicos e complementares foram fornecidos pela contratante. Enquanto as instalações elétricas, hidráulicas e de combate a incêndio não foram executadas pela Empresa X.

2.2 Métodos

Para o levantamento dos dados, foi realizado o acompanhamento das atividades no canteiro de obra desde a data de início até a conclusão dos serviços verificados, com data anterior a pandemia. De acordo com o cronograma definido entre as partes envolvidas, a execução da obra teria início no dia 27 de fevereiro de 2018, sendo o prazo de execução de 90 dias. No entanto, devido à ocorrência dos imprevistos na logística de entrega dos materiais e os impactos que o edifício iria causar na vizinhança (tanto nas obras ao entorno, quanto no trânsito), os serviços iniciaram-se no dia 24 de junho do mesmo ano, resultando no atraso de quase cinco meses. O acompanhamento das atividades em campo foi realizado a partir da elaboração de diários de obra. Foram elaboradas fichas de registro

para supervisão dos serviços em andamento, registrando-se os prazos de execução, os operários envolvidos e demais ocorrências relevantes para o adequado controle das atividades. Tal execução inicialmente não contava com cronograma físico-financeiro detalhado das atividades, apenas um orçamento preliminar dos serviços e uma previsão de prazo de aproximadamente 90 dias úteis para finalização da obra e do contrato.

No início das atividades, os processos que seriam realizados foram analisados a fim de propor melhorias na execução da obra; em geral, realizou-se um estudo a fim de determinar como os princípios da Construção Enxuta poderiam ser implantados de tal forma a melhorar o desempenho do cronograma físico-financeiro, bem como inserir a metodologia BIM como ferramenta de gestão.

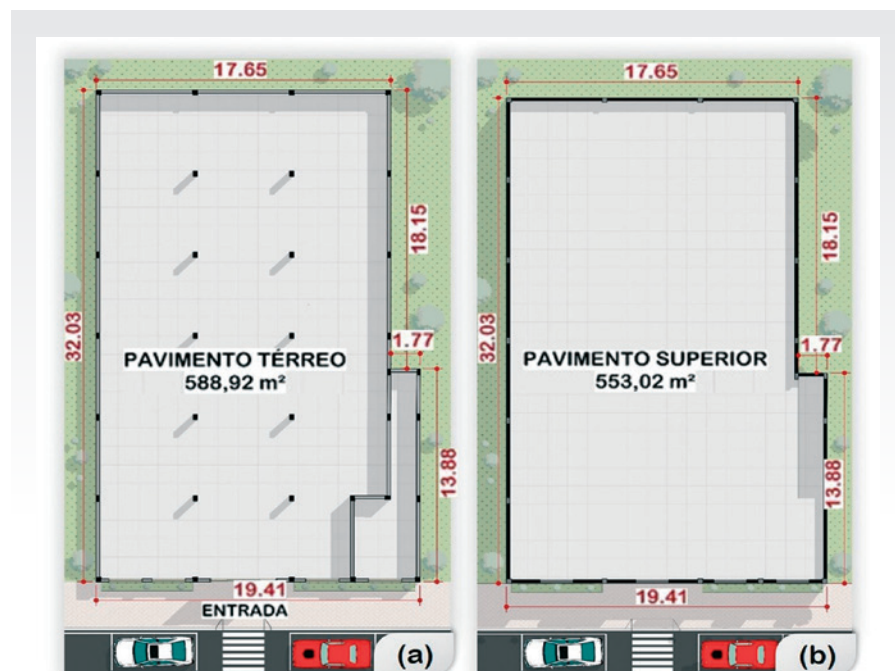
A fim de verificar como as soluções propostas impactariam nos custos e prazos da obra se implantadas desde o início dos serviços, realizou-se a comparação entre os dados

levantados em campo e os dados gerados a partir do emprego das simulações computacionais.

Para a modelagem das informações dos projetos, optou-se pela utilização do Revit (Figura 2). Um comparativo entre o elemento real e o modelado são apresentados na Figura 3.

O Naviswork, também em versão educacional, foi adotado para desenvolver mecanismos necessários para coordenação e execução do planejamento da obra.

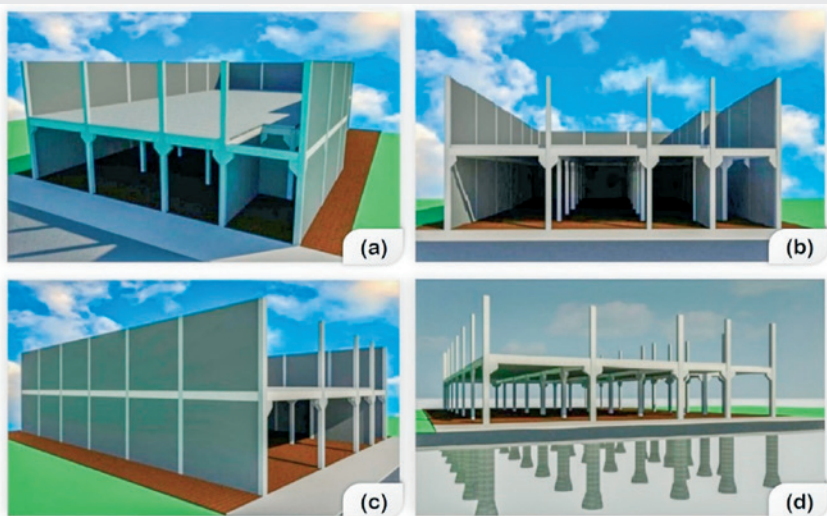
A partir da análise dos projetos e do levantamento de dados, foi elaborada a proposta da modelagem em BIM, utilizando o software Revit para modelagem 3D, elaboração dos projetos e levantamento dos quantitativos, seguido pelo orçamento no Excel e planejamento da obra no MS Project e Navisworks. Com isso, ao longo da elaboração dos projetos, buscou-se utilizar recursos da Construção Enxuta, bem como a implantação dos princípios dentro do canteiro de obra, a fim de minimizar



► **Figura 1**

Planta baixa do pavimento térreo (a) e pavimento superior (b)

Fonte: Autoria própria (2021)



► **Figura 2**
Perspectiva frontal com lateral esquerda (a), perspectiva frontal (b), perspectiva lateral direita com a frente (c), perspectiva frontal com lateral esquerda, identificando os elementos estruturais (d)

Fonte: Autoria própria (2021)

os efeitos causados pela falta de planejamento encontrado no estudo de caso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Levantamento dos dados

O orçamento fornecido inicialmente pela contratada para os serviços analisados na pesquisa, que foram efetivamente executados, segue descrito na Tabela 1. Através desses dados, é possível obter um comparativo

entre o proposto e o que foi desenvolvido através do levantamento de dados e modelagem BIM.

Outros serviços seriam desenvolvidos, tais como sistema de cobertura, contrapiso e escada, porém, com o não cumprimento das atividades no prazo determinado pelo contratante, a contratada teve seu contrato suspenso, executando apenas as atividades mencionadas nesse estudo. Assim, foram modeladas e utilizadas

para realização do cronograma e do orçamento apenas as atividades que foram acompanhadas no canteiro de obra durante a vigência do contrato da Empresa X.

3.2 Planejamento

Com o levantamento de materiais e serviços e os quantitativos do orçamento finalizados, determinou-se os prazos de cada atividade. Assim, através dos predecessores, realizou-se a elaboração do cronograma físico-financeiro, desenvolvida através do software *MS Project* e, posteriormente, inserido no *Navisworks*, conforme exposto na Figura 4, onde é possível visualizar os prazos de cada atividade e os serviços subsequentes.

3.3 Aplicação dos princípios da Construção Enxuta

Visando a implantar melhorias na execução dos serviços, foi proposta aos operários a utilização dos princípios da Construção Enxuta durante o gerenciamento da obra, a fim de minimizar os efeitos causados pela falta de planejamento.

Como base no princípio da Construção Enxuta de estabelecimento de melhoria contínua ao processo, foram realizadas anotações diárias dos processos da obra, com destaque

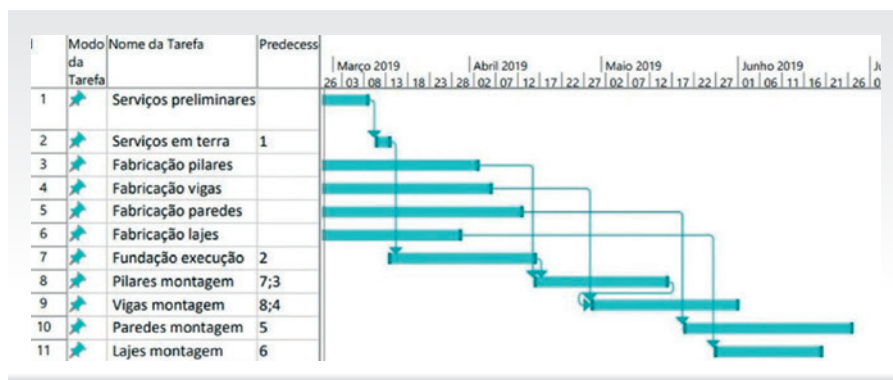
► **Tabela 1**
Orçamento executivo da Empresa X

Item	Atividade	Valor (R\$)
1	Limpeza do terreno, locação e terraplanagem	22.100,00
2	Fundação e estrutura em concreto armado no local	114.500,00
3	Laje de concreto pré-moldado	122.515,00
4	Construção em painéis alveolares de concreto	183.580,00
TOTAL (R\$)		442.695,00

Fonte: Autoria própria, adaptado da Empresa X (2021)



► **Figura 3**
Execução dos elementos estruturais e dos painéis de vedação (a) e modelagem 3D dos elementos estruturais e dos painéis de vedação (b)
Fonte: Autoria própria (2021)



► **Figura 4**
Gráfico de Gantt
Fonte: Autoria própria (2021)

para as atividades que demoravam além do esperado e, assim, após serem analisadas, foram propostas melhorias em cada serviço na atividade prática. As adoções foram tomadas de forma gradual e de acordo com a possibilidade de comunicação e compreensão dos trabalhadores e empresas envolvidas.

Na execução do serviço de fundação, verificou-se resultados positivos em função do tempo da atividade, uma vez que esta foi desenvolvida dentro do cronograma proposto pela empresa.

Inicialmente, verificou-se o atraso da chegada do caminhão fornecedor de concreto; diante disso, foram realizadas reuniões com a empresa responsável para alinhamento de horários para fornecimento do concreto seguindo a demanda da obra, bem como a utilização de mais de um caminhão para concretagem a fim de otimizar o tempo. Com as análises do diário de obra digital, foi observada a perda de tempo do caminhão para realizar manobras dentro da obra, o que demorava cerca de 6 minutos. Com um estudo do layout do canteiro realizado na atividade prática e das possibilidades de tráfego do caminhão, diminuiu-se para 3 minutos o tempo para manobrar e estacionar e, assim, iniciar a concretagem. Com a ficha de verificação de serviço, possibilitou o controle dos tubulões já concretados e do planejamento de concretagens diariamente, conforme disponibilidade da empresa fornecedora e da obra.

Com a identificação do atraso da fabricação e entrega das peças pré-moldadas, foram realizadas reuniões com todas as empresas envolvidas no fornecimento das peças pré-moldadas (vigas, pilares, painéis de vedação e lajes) para que fornecessem funcionários que executassem mais de uma tarefa, com o intuito de abranger diversos serviços com a mesma mão de obra, excluindo a necessidade de procura de mão de obra adicional (ANDRADE *et al.*, 2021).

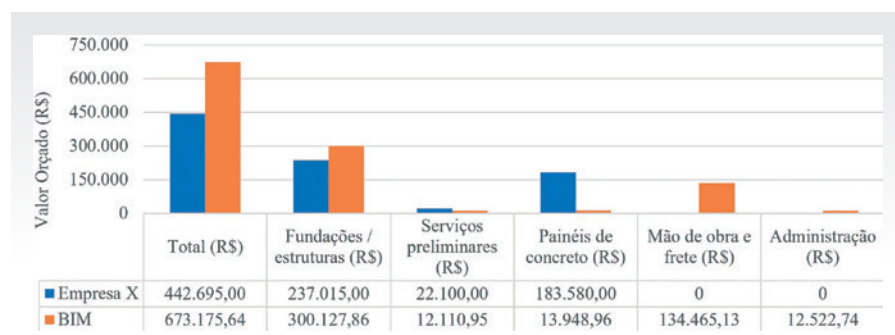
Com a falta de identificação correta das peças pré-moldadas, foi verificada perda de tempo para encontrar as peças compatíveis com o projeto para utilização, bem como a necessidade de retrabalho por conta da montagem e içamento de peças erradas no local. Dessa forma, foi proposta a identificação de todas as peças conforme nomeação do proje-

to, fazendo com que se otimizasse o tempo de descarga no local adequado e montagem, sem que houvesse necessidade de retrabalho. Conforme observado em campo e realizando medições, o que antes levava mais de 1 hora e 30 minutos passou a ser realizado em cerca de 45 minutos.

3.4 Comparativo entre os orçamentos contratados e modelados com BIM

Realizando cronograma físico-financeiro, bem como o orçamento da obra, foi realizado um comparativo de orçamento e prazo da empresa contratada com o orçamento (Figura 5) e prazo obtido através do BIM usando cotações no mercado regional e a tabela de composições fornecidas pela Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes (GOINFRA, 2022). A composição e caminho crítico da Empresa X forneceram o prazo de obra de 8 meses, enquanto a modelagem em BIM retornou o tempo de 3 meses.

Segundo os dados obtidos através da orçamentação, pôde-se perceber discrepância entre o valor total fornecido pela Empresa X e o total fornecido através da utilização do BIM, sendo essa diferença no valor de R\$ 230.480,64 a menos do quantitativo e dos preços, representando 52,06% do valor contratado, observado através da comparação entre o orçado pela Empresa X e o planejado pelas ferramentas técnicas e de gestão



► **Figura 5**
Comparativo do orçamento da Empresa X com a modelagem BIM
Fonte: Autoria própria (2021)

BIM. Tal fato se deu, em parte, pela falta do detalhamento dos valores de frete e de mão de obra pela Empresa X no orçamento final dos serviços executados, bem como levantamento dos valores de administração e valores em relação aos materiais a serem fornecidos, além da falta de BDI no valor final do orçamento.

Conforme a Figura 5, os valores das fundações e elementos estruturais apresentados pela Empresa X possuem variação de R\$ 63.112,86 a menos e os valores dos serviços preliminares se diferenciam em R\$ 9.989,05 a menos no valor ofertado pela Empresa X quando comparado ao orçado em BIM. Tal fato pode ser explicado pela falta de detalhes do orçamento da contratada e a discrepância de parâmetros de serviços e mão de obra a serem utilizados para apresentação dos valores. Os valores dos painéis de concreto excederam em R\$ 30.368,96 do valor obtido através das cotações realizadas e levantamentos em BIM, o que pode ser explicado pela possibilidade da diferença de valor de material, tais como concreto e aço, e diferença entre cotação de fornecedores distintos.

Com a diferença entre os valores da Empresa X e o orçamento em BIM é possível perceber a importância do planejamento e levantamento adequado do quantitativo para se obter um orçamento final compatível com a realidade da obra (ANDRADE *et al.*, 2021), considerando mão de obra, material, frete, gastos administrativos e outros serviços que se fazem necessários.

3.5 Comparação dos prazos de execução contratados e modelados com BIM

De acordo com o prazo inicialmente proposto pela Empresa X, foi realizado o planejamento das atividades através do BIM com 3 meses de duração, considerando as variáveis que pudessem agregar na melhor execução das atividades, conforme princípios da Construção Enxuta, como exposto na Tabela 2. Porém, em razão das intercorrências encontradas para

Tabela 2
Verificação de prazo de execução das atividades

Atividade	Prazo realizado pela Empresa X (dias)	Prazo BIM (dias)
Serviços preliminares	40	10
Fundações	23	23
Pilares	42	20
Vigas	45	25
Paredes	65	38

Fonte: Autoria própria (2021)

a execução da obra, a Empresa X executou os serviços em 8 meses, devido ao atraso do início das atividades em virtude de problemas com a contratada, tais como: falta de estudo prévio do local, a falta de mão de obra especializada, atraso no transporte das peças pré-fabricadas; bem como em virtudes de problemas com a contratante, tais como: erros de dimensão das peças fabricadas por conta de erros de compatibilização de projeto e mudanças repentinas de projeto.

Verificou-se a eficácia da utilização da metodologia BIM para o desenvolvimento de cronograma físico-financeiro, podendo evitar estouro de orçamento e de prazo, afetando diretamente no desenvolvimento dos serviços a serem prestados (NASCI-MENTO *et al.*, 2017). Sendo assim, destacou-se ainda mais a necessidade de um planejamento e mostrou-se que, embora alguma empresa ofereça o menor custo, não quer dizer que isso acarretará serviços executados de forma adequada. Neste caso, apesar do valor do orçamento menos elevado da empresa, observou-se prazos mais longos e incapacidade de finalizar a obra devido à má qualidade de gestão.

Com a possibilidade de implantação dos princípios da Construção Enxuta durante a obra, foi realizada a execução das fundações dentro do prazo previsto através do cronograma desenvolvido no MS Project e Navisworks, mas algumas atividades foram realizadas fora desse prazo desenvolvido em decorrência dos pro-

blemas encontrados. A oportunidade de verificação dos prazos executados e dos prazos previstos foi identificada devido ao uso do diário de obra digital e das fichas de serviços realizadas durante o acompanhamento.

A fase de serviços preliminares foi realizada com 30 dias a mais do que o previsto pelo BIM, o que é explicado pela falta de preparação das ligações provisórias de energia e de água, falta de estudo prévio do local para conhecimento pleno e consequentemente execução da locação da obra, e erros pela contratante como a falta de projetos compatíveis com as medidas do terreno.

A execução das fundações foi realizada dentro do prazo, já a montagem de pilares e vigas não seguiram o prazo determinado em BIM, com as montagens de pilares excedendo em 22 dias e de vigas em 20 dias, em decorrência dos erros de fabricação das peças por conta das incompatibilidades de projeto, o que dificultava o sequenciamento do trabalho e, consequentemente, a pausa das atividades, bem como a falta de planejamento de fabricação para entrega das peças, o que acarretou atraso no fornecimento e transporte para a obra. Como as vigas e pilares eram fabricadas pelo mesmo fornecedor, atraso e problemas ocorreram em ambas as atividades da mesma forma.

Na montagem das paredes, houve o atraso de 27 dias. O que impossibilitou a execução do trabalho em tempo hábil e planejado foi a diferença de tamanho entre as peças e o vão para montagem, o que exigiu o corte das paredes para encaixe, gerando maior gasto com ferramentas e readequação da mão de obra disponível. Além disso, o atraso do fornecimento e a entrega da obra também foram fatores predominantes para o atraso da execução dos serviços.

4. CONCLUSÕES

Com a utilização do BIM, pôde-se perceber a diferença no orçamento total da obra no valor de R\$230.480,64, concluindo que o levantamento adequado de quantitativo e a

consideração correta dos preços refletem em um orçamento com maior realidade e satisfação do cliente. Dessa forma, pôde-se verificar quantitativamente e qualitativamente a eficácia na utilização das metodologias e conceitos de gestão. Por fim, observou-se que, com as medidas adaptadas durante a execução da obra, não foram

suficientes para o sucesso do projeto, levando assim à ruptura do contrato da Empresa X, além de deixar um prejuízo significativo na ordem de 52,06% do valor contratado. Assim, percebe-se a importância da aplicação de ferramentas certas no momento adequado do projeto, ou seja, desde o planejamento preliminar e critérios

de contratação até a execução e gerenciamento de obras.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio dos pesquisadores Pâmela Millena Kunan, Lorena Araujo Silva e Danilo Guimarães Almeida com o auxílio do desenvolvimento dos projetos em BIM. 

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANGELIM, V. L., ALVES, T. D. C. L., LIMA, M. M. X. D., BARROS NETO, J. D. P. Planejamento de médio prazo: panorama de sua aplicação na construção civil. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 87-104, jan./mar. 2020.
- [2] COSTA, H. A., SOUZA, M. P., BALDESSIN, G. Q., ALBANO, G., FABRÍCIO, M. M. MODELAGEM BIM PARA REGISTRO DIGITAL DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO MODERNO. Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente, v. 6, n. 1, p. 49-68, 25 jan. 2021.
- [3] SU, T., LI, H., AN, Y. A BIM and machine learning integration framework for automated property valuation, Journal of Building Engineering, Volume 44, 2021, 102636, ISSN 2352-7102.
- [4] ANDRADE, F. M. R., BIOTTO, C. N., SERRA, S. M. B. Modelagem BIM para orçamentação com uso do SINAPI. Gestão & Tecnologia de Projetos, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 93-111, 2021.
- [5] DE MATTOS NASCIMENTO, D. L., SOTELINO, E. D., CAIADO, R. G. G., IVSON, P., FARIA, P. S. Sinergia entre Princípios do Lean Thinking e Funcionalidades de BIM na Interdisciplinaridade de Gestão em Plantas Industriais. Journal Of Lean Systems, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p. 80-105, mar. 2017.
- [6] Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes (Goinfra). Disponível em: <<http://www.goinfra.go.gov.br/>>. Acesso em: 28 fev. 2022.



Em 23 de junho de 1972, o IBRACON foi fundado no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT.

Assim, 2022 é ano de comemoração dos 50 anos de atividades do IBRACON em defesa e valorização da engenharia civil. **Marque em sua agenda: 23 de junho**, a partir das **14h**, transmissão on-line do **evento comemorativo do Jubileu de Ouro diretamente do IPT.**

PROGRAMAÇÃO

14h00 Abertura

Mestre de Cerimônia: Cláudio Sbrighi Neto

14h30 Histórico do IBRACON

Presidente do IBRACON: Paulo Helene

14h45 IBRACON no IPT

Representante do IPT

15h00 Apresentação Cultural

Orquestra Laetare

Maestrina: Muriel Waldman

15h30 Estatísticas do Instituto

Assessora da Diretoria e representando os sócios fundadores: Patrícia Bauer

15h50 Projeções dos próximos 50 anos

Diretor do IBRACON e representando os sócios mantenedores e coletivos: Hugo Armelin

16h20 Entrega ao IPT e aos demais Parceiros,

Diretoria e Conselho Diretor de Brinde Comemorativo do Jubileu de Ouro

PRESTIGIE!

Assista a transmissão nas redes sociais do IBRACON.