



6° EABIM

ENCONTRO ACADÊMICO DE BIM DE MINAS GERAIS



21 DE OUTUBRO
CONSTRUA MINAS 2022

Artigos científicos publicados no
6º Encontro Acadêmico de *Building Information Modeling* (BIM) de Minas Gerais

CONSTRUA MINAS 2022
21 de Outubro
Belo Horizonte, Minas Gerais

Todos os direitos reservados.

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada ou transmitida total ou parcialmente, por nenhuma forma ou meio, sem autorização prévia escrita dos autores e editores.

Os critérios e opiniões expressos nos artigos presentes nesta publicação são de exclusiva responsabilidade de cada um dos seus autores.

Sobre a CBIM-MG

Filiada à Câmara Brasileira de BIM Nacional, a Câmara Brasileira de *Building Information Modeling* de Minas Gerais, representada pelo acrônimo **CBIM-MG**, foi fundada em 1º de dezembro de 2018, em Belo Horizonte, Minas Gerais. A CBIM-MG é uma associação sem fins lucrativos, que tem como missão a promoção do desenvolvimento tecnológico, a regulamentação e normatização de procedimentos, ferramentas e elementos de uso comum do BIM, assim como sua difusão no âmbito municipal, estadual, regional, nacional e universal.

A partir de convênios e parcerias com diversas instituições públicas e privadas no estado, a CBIM-MG fomenta diversas iniciativas como: eventos profissionais e acadêmicos, atividades técnicas, programas e consultorias no âmbito da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Dentre essas iniciativas, destacam-se o SeBIM (Seminário BIM-MG), que está na sua 5ª edição; o Conversa BIM, evento mensal com viés descontraído e oferta de palestras, discussões e networking entre os principais *stakeholders* de BIM na cidade Belo Horizonte - MG; e o EABIM - Encontro Acadêmico de BIM de Minas Gerais, na sua atual 6ª edição.

A CBIM-MG está atualmente estruturada de forma hierárquica nas seguintes repartições: Presidência, Conselhos - Ética, Fiscal, Administrativo e Consultivo - e Comitês - Eventos, NBR, Tecnologia, Processos, Acadêmico, Aprovação de Projetos, Contratações/Licitações, Qualidade/Comunicação e Certificação.

Composta por diversos membros associados - profissionais e estudantes -, a instituição tem tido uma relevante atuação junto ao cenário BIM no estado, principalmente por fomentar e discutir diversos aspectos junto à gama de especialistas e entusiastas que contribuem neste projeto.

Objetivos da CBIM-MG

Dentre os diversos objetivos da CBIM-MG, destaca-se, sugerir e/ou colaborar com a criação de políticas públicas no âmbito federal, estadual e municipal, e com a política industrial e tecnológica da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), relacionadas ao BIM, visando facilitar a aprovação de projetos, o controle e a fiscalização de obras, a melhoria na qualidade de informações para planejamento, o orçamento e a gestão de obras, e a integração e a troca de experiências entre projetistas, usuário final e construtoras, e, ainda, contribuir com as políticas supracitadas no âmbito da ciência, educação, tecnologia, cultura e inovação, na aplicação de mecanismos que facilitem a integração entre institutos de pesquisas, universidades e empresas.

Buscando atuar também na esfera acadêmica, a CBIM-MG propõe-se a planejar, promover, realizar, apoiar e coordenar mostras e exposições científicas, encontros, eventos de comercialização, congressos, simpósios, seminários, feiras e conferências

para a difusão dos trabalhos técnicos desenvolvidos a partir das experiências obtidas e das atividades compartilhadas e outros eventos de interesse dos setores da indústria usuária do BIM, estimulando, a partir destas e de outras ações, a obediência às normas técnicas pertinentes.

Sobre o EABIM

Um dos grandes desafios da difusão do BIM ainda está pautado na mudança cultural do mercado e no conhecimento restrito, descentralizado e insuficiente que ainda existe sobre seus conceitos fundamentais. Com o objetivo de atuar na interface com as instituições de ensino técnico e superior e o mercado da AECO, visando a difusão dos conceitos BIM e capacitação técnica em todos os níveis e por consequência, reduzir e ou mitigar estas questões, surge o Encontro Acadêmico de *Building Information Modeling* (BIM) de Minas Gerais - EABIM.

Com frequência anual, o EABIM firmou-se como um relevante evento acadêmico de viés técnico-científico, reunindo diversos profissionais - docentes, empresários, gestores e funcionários públicos - do ramo educacional e de mercado, e discentes, tanto a nível técnico como superior. Este encontro tem contribuído para a abordagem do BIM nas academias nas suas mais diversas abordagens.

O 1º EABIM realizou-se em 29 de novembro de 2011 na cidade de Belo Horizonte - MG. Numa parceria da CBIM-MG, ABRASIP-MG e SEBRAE junto à coordenadores e professores dos cursos de engenharia e arquitetura das instituições de ensino do Estado, o encontro contou com a apresentação da CBIM-MG e suas ações, abordagem e nivelamento dos conceitos em torno do BIM, a apresentação do Comitê Acadêmico da CBIM-MG e fomentou debates cujas temáticas abordagem as medidas necessárias para melhor difusão do BIM no âmbito acadêmico.

No ano de 2019, realizou-se o 2º EABIM, em 26 de fevereiro de 2019, novamente numa parceria entre a CBIM-MG, ABRASIP-MG e SEBRAE. Dentre as pautas realizadas no evento, destacam-se a atualização da Estratégia BIM BR, o resultado das pesquisas acadêmicas e do mercado sobre BIM, o resultado de pesquisa BIM sobre plataformas tecnológicas adotadas pelo Mercado BIM no Brasil, a criação de Grupos de Trabalho para Estratégias de adoção de BIM pelas Instituições de Ensino e a definição de agenda do Comitê Acadêmico da CBIM-MG.

No segundo semestre de 2019, realizou-se então o 3º EABIM, em 8 de novembro de 2019. Nesta edição, foi apresentada uma nova estrutura de evento, com a abertura para a submissão de resumos e artigos científicos, e mediante aprovação do comitê científico, a apresentação desses trabalhos, ampliando ainda mais a participação da academia e da disseminação das pesquisas desenvolvidas sobre o BIM no estado. Além disso, destaca-se o lançamento do Programa de Aprimoramento do Conhecimento em BIM (PAC-BIM), uma iniciativa da CBIM-MG que visa a capacitação dos discentes vinculados à uma

instituição de ensino superior a partir de convênios para o aprendizado prático do BIM no cotidiano dos escritórios que o utilizam, elevando assim o nível do conhecimento sobre BIM e mercado, entre os discentes e por consequência, atuando positivamente nas suas respectivas produções acadêmicas e no aprendizado técnico durante a vivência universitária.

No segundo semestre de 2020 realizou-se o 4º EABIM. Devido o cenário de pandemia por conta da COVID-19, o evento foi realizado na modalidade *online* dentro da programação do MINASCON 2020, evento realizado pelo SEBRAE-MG e pela FIEMG, no dia 18 de novembro de 2020.

No segundo semestre de 2021 realizou-se a 5ª edição do EABIM. Ainda por conta das restrições impostas pelo cenário de pandemia por conta da COVID-19, o evento foi novamente realizado na modalidade *online* dentro da programação do MINASCON 2021, realizado pelo SEBRAE-MG, no dia 25 de novembro de 2021.

A 6ª edição do EABIM foi realizada no dia 21 de outubro de 2022, e pela primeira vez teve caráter internacional, contando com palestrante e participantes de outros países, de forma a ampliar as discussões sobre o BIM. Com palestrantes voltados à academia e ao mercado, o evento permitiu ricas trocas de experiências. Objetivando incentivar a participação, os quatro artigos destacados pelo comitê científico como mais relevantes foram premiados: DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA DE DIAGNOSTICO PRÉ ADOÇÃO BIM EM PEQUENOS ESCRITÓRIOS PELO MÉTODO DSR (1º lugar); DISCUSSÕES ACERCA DO USO DE TECNOLOGIAS BIM COMO ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL (2º lugar); IMPLEMENTAÇÃO BIM NO SETOR PÚBLICO DO ESTADO DE PERNAMBUCO - UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ORGANIZAÇÕES DO PROJETO DE PESQUISA PET-GOV (3º lugar) e LIGA ACADÊMICA COMO FACILITADOR DA INSERÇÃO DO BIM NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO ESTUDO DE CASO LABIM (4º lugar). Além disso, com o intuito de um maior alcance de público e facilidade de acesso a outros países, o EABIM continuou na modalidade *online* e esse ano ocorreu dentro da programação do CONSTRUA MINAS 2022.

Comitê Organizador

Carla de Paula Amaral Macedo

Josyanne Pinto Giesta

Emilha Cecília Fernandes da Silva Lira

Thalita Giesta Costa

Comitê Científico

Ana Cláudia Pereira Cotta Rezende

Daniela Matschulat Ely

Eduardo Marques Arantes

Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira

Érica de Sousa Checcucci

Keylla Costa do Carmo Alves

Kléos Magalhães Lenz César Júnior

Luciana de Figueiredo Lopes Lucena

Natalia Assunção Brasil Silva

Suerda Campos da Costa

Tamms Maria da Conceição Morais Campos

Comitê Acadêmico | CBIM-MG

Carla de Paula Amaral Macedo

Daniel Pinheiro Santos

Ronaldo Sergio Santos Bartholo

Coordenação | EABIM

Josyanne Pinto Giesta

Edição

Josyanne Pinto Giesta

Emilha Cecília Fernandes da Silva Lira

Thalita Giesta Costa

Realização



Comitê Acadêmico



Parceria



Apoio



Programação geral

Início	Temas e participações
	Mestre de Cerimônia – Carla Macedo
13:30	Apresentação da CBIM-MG Juliana Soares
13:40	Apresentação do Comitê Acadêmico da CBIM-MG Carla Macedo
13:50	Apresentação do 6º EABIM Josyanne Giesta
14:00	<p>Painel 1: Experiências com o ensino de BIM em IES</p> <p>IES 01: CEFET/MG – Profª Daniela Ely IES 02: UFBA - Profª Érica Checucci IES 03: UFV/MG – Prof. Kleos M. Lenz César IES 04: EMGE – Profª Patrícia Elizabeth e Profª Rosamônica da Fonseca Lamounier IES 05: ULBRA/RS - Profª Caroline Kehl IES 06: IFRN – Profª Josyanne Giesta</p>
14:40	Debate 1: Experiências com o ensino de BIM em IES Mediação: Carla Macedo
15:10	<p>Painel 2: BIM no contexto real</p> <p>Palestra: “BIM em Portugal” Prof. João Poças (FEUP)</p> <p>Palestra: “Rede Células BIM” Profª Regina Ruschel (UNICAMP)</p> <p>Palestra: “Mercado de trabalho BIM” Arqº Tito Sena (Sena Arquitetura)</p>
16:20	Debate 2: BIM no contexto real Mediação: Josyanne Giesta
16:50	<p>Painel 3: Apresentação dos artigos</p> <p>Artigo: DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA DE DIAGNOSTICO PRÉ ADOÇÃO BIM EM PEQUENOS ESCRITÓRIOS PELO MÉTODO DSR Apresentação: Carolina Martinez Vendimiati</p> <p>Artigo: DISCUSSÕES ACERCA DO USO DE TECNOLOGIAS BIM COMO ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL Apresentação: Luiz Ferreira Soares</p> <p>Artigo: IMPLEMENTAÇÃO BIM NO SETOR PÚBLICO DO ESTADO DE PERNAMBUCO - UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ORGANIZAÇÕES DO PROJETO DE PESQUISA PET-GOV Apresentação: Isabella Silva</p>

	Artigo: LIGA ACADÊMICA COMO FACILITADOR DA INSERÇÃO DO BIM NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO ESTUDO DE CASO LABIM Apresentação: Márcia Crusado
17:30	Perguntas e repostas sobre os artigos Apresentação: Emilha Lira e Thalita Giesta
18:00	Premiação dos artigos Apresentação: Emilha Lira e Thalita Giesta
18:15	Comunicados e encerramento Apresentação: Carla Macedo e Josyanne Giesta

Sumário

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM PARA PLANEJAMENTO DA LOGÍSTICA DE MONTAGEM DE FUNDAÇÃO DE TORRE EÓLICA	12
<i>Carolina Araújo UNIFEFE Alessandro Ferrari UNIFEFE</i>	
COMPARAÇÃO DE SOLUÇÕES ESTRUTURAIS COM USO DE MODELOS PARAMETRICOS BIM: ESTUDO DE CONSUMO DE MATERIAIS	24
<i>Rafael Câmara SENAI CIMATEC Juan Freitas SENAI CIMATEC João Vilanova SENAI CIMATEC Luara Batalha SENAI CIMATEC Henrique Aguiar SENAI CIMATEC</i>	
DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA DE DIAGNOSTICO PRÉ ADOÇÃO BIM EM PEQUENOS ESCRITÓRIOS PELO MÉTODO DSR	32
<i>Carolina Martinez Vendimiati UFMS Mayara Dias de Souza UFMS</i>	
DISCUSSÕES ACERCA DO USO DE TECNOLOGIAS BIM COMO ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL	44
<i>Luiz Soares UFERSA Maria Lacerda UFERSA Maria Medeiros UFERSA Josyanne Giesta IFRN Tamms Campos UFERSA</i>	
EXPLORANDO A COMPLEXIDADE DE PROBLEMAS ARQUITETÔNICOS DIANTE DA APLICAÇÃO DOS ALGORITMOS EVOLUTIVOS	54
<i>Alessandro Ferrari Politécnica USP Sérgio Ferreira Politécnica USP</i>	
IMPLEMENTAÇÃO BIM NO SETOR PÚBLICO DO ESTADO DE PERNAMBUCO - UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ORGANIZAÇÕES DO PROJETO DE PESQUISA PET-GOV	68
<i>Isabella Silva UFPE Max Andrade UFPE</i>	
LIGA ACADÊMICA COMO FACILITADOR DA INSERÇÃO DO BIM NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO ESTUDO DE CASO LABIM	79
<i>Márcia Crusado IFRN Weyssmuller Olives IFRN Josyanne Giesta IFRN Alfredo Costa Neto IFRN</i>	
MÉTODO PARA MODELAGEM DE OBJETOS BIM: DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO PRÁTICA	90
<i>Ana Clara Diniz Bezerra IFRN Mateus Tomaz PMTS Josyanne Giesta IFRN Alfredo Costa Neto IFRN</i>	
O USO DA REALIDADE AUMENTADA (RA) E DA REALIDADE VIRTUAL (RV) PARA O MELHOR ENTEDIMENTO DO PROJETO DE OBRAS CIVIS NO CANTEIRO DE OBRAS	98
<i>Danielle Maniçoba UNIRN Josyanne Giesta IFRN Suerda Costa UNIRN</i>	

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM PARA PLANEJAMENTO DA LOGÍSTICA DE MONTAGEM DE FUNDAÇÃO DE TORRE EÓLICA

Carolina Araújo | UNIFEFE | carol_diniz_araujo@hotmail.com

Alessandro Ferrari | UNIFEFE

Resumo:

Com o passar dos anos, a Modelagem da Informação da Construção (BIM) vem ganhando cada vez mais espaços na indústria da construção civil brasileira embora esse avanço ocorra em diferentes proporções a depender da tipologia da construção. Em obras de infraestrutura percebe-se um atraso em sua adoção quando comparada as de edificações, mesmo aquelas constituindo um dos maiores gargalos enfrentados por países em desenvolvimento, devido à sua complexidade e a necessidade de investimentos elevados, aliado à contribuição destas para impulsionar a economia. O setor eólico, por exemplo, tem sido a prova disso melhorando a performance do PIB do país. De acordo com Torres (2010), a construção civil precisa melhorar a produtividade e reduzir os desperdícios o que pode ser atingido com o uso da nova metodologia. Com base na sua importância e na sua crescente demanda, este trabalho tem como objetivo, analisar os impactos gerados na adoção do BIM em modelagem de fundação de torre de aerogerador de um parque eólico e em simulações da organização dos seus recursos durante a montagem, incluindo a movimentação de máquinas nas proximidades. Como metodologia utilizou-se o estudo de caso fundamentado a partir de revisões teóricas. Nos resultados são constatados os benefícios atingidos ao se tratar com o BIM, dentro os quais destaca-se: a facilidade de entendimento do projeto de execução, uma vez que o mesmo contempla diferentes formatos de aço que caso sejam posicionados de forma diferente, podem ocasionar fissuras na fundação de diferentes magnitudes. Por outro lado, a fornecedora de aço não pôde seguir de forma fidedigna a entrega e locação do material, visto que outras características da obra causaram impedimento, demonstrando a importância de todos os colaboradores estarem envolvidos no fluxo de trabalho BIM.

Palavras-chave: BIM, Parque Eólico, Logística, Infraestrutura.

Abstract:

Over the years, Building Information Modeling (BIM) has been gaining more and more space in the Brazilian construction industry, although this advance occurs in different proportions depending on the type of construction (Torres, 2010). For example, in infrastructure works, there is a delay in their adoption when compared to buildings, even those constituting one of the biggest bottlenecks faced by developing countries, due to their complexity and the need for high investments, combined with their contribution to boost the economy. The wind sector, for example, has been proof of this, improving the country's GDP performance. According to Torres (2010), civil construction needs to improve productivity and reduce waste, which can be achieved with the use of the new methodology. Based on its importance and its growing demand, this work aims to analyze the impacts generated by the adoption of BIM in modeling the foundation of a wind turbine tower in a wind farm and in simulations of the organization of its resources during assembly, including the movement of machines in the vicinity. As a methodology, the case study was used, based on theoretical reviews. The results show the benefits achieved when dealing with BIM, among which the following stand out: the ease of understanding of the execution project, since it includes different steel formats that, if positioned differently, can cause foundation cracks of different magnitudes. On the other hand, the steel supplier could not reliably follow the delivery and leasing of the material,

as other characteristics of the work caused an impediment, demonstrating the importance of all employees being involved in the BIM workflow.

Keywords: BIM, Wind farm, Logistics, Infraestructure.

1. Introdução

O setor da construção civil é de grande relevância para a economia do país. De acordo com a ABRAINC (2021), os investimentos realizados no setor além de elevarem o PIB e reduzirem a taxa de desemprego, aumentam a contribuição de tributos e garantem renda à população. Os benefícios podem ser percebidos também em diversos setores importantes para o desenvolvimento urbano: a construção de mais moradias reduz o déficit habitacional, o aumento de áreas contempladas com o saneamento básico melhora as condições de saúde da população e a expansão da mobilidade urbana garante cidades mais produtivas e com mais qualidade de vida.

Entretanto a construção civil é um dos setores cuja produtividade menos tem crescido quando comparado com outros, conforme observa-se no gráfico 1 abaixo:

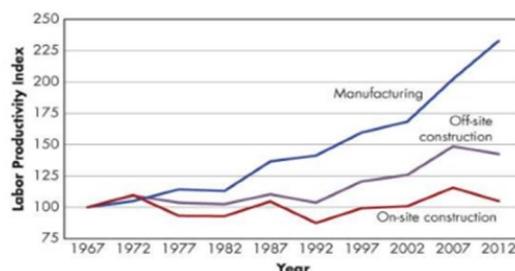


Gráfico 1: Produtividade ao longo dos anos
Fonte: Sacks et al (2018a) apud Torres

Conforme percebe-se pelo gráfico, a indústria da manufatura tem crescido em larga escala. Esse fato deve-se sobretudo aos esforços realizados ao longo da história que culminaram na industrialização a partir da inovação e uso de novas tecnologias no setor. Já do outro lado, percebe-se que a Construção Civil apresenta baixas produtividades, sobretudo devido ao fato dos processos de construção serem ainda muito arcaicos e artesanais, tornando a construção muito suscetível à erros. Mão de obra desqualificada e falhas de comunicação ou processos produtivos e fluxos de trabalho ineficientes também contribuem para um resultado não satisfatório. De acordo com Fialho (2018), a produtividade da indústria da construção no Brasil representa cerca de 25% da dos Estados Unidos, China, Rússia e os da União Europeia.

Diante desse contexto, os processos construtivos necessitam ser modernizados, a fim de otimizar recursos, o que garante uma maior rentabilidade, e até mesmo encurtar o tempo para realizá-los. Dessa forma, o BIM pode ser encarado como um grande aliado para alavancar não só o setor da construção como a economia brasileira e a qualidade de vida da população.

De acordo com a Fialho (2018), em sua lista de indicadores e metas, com a adoção do BIM espera-se que: (1) A produção do trabalhador aumente em 10%; (2) Os custos de produção reduzam 9,7%; (3) A adoção do BIM cresça em até 10 vezes; (4) O PIB da construção civil até 2028 seja elevado em 28,9% representando um crescimento de 2,6% a.a.

De acordo com LIMA (2012), estudos comprovam que construções que utilizam a metodologia BIM atingem uma redução de 22% no custo de construção, 33% no tempo de projeto e execução,

33% nos erros de documentos, 38% de reclamações após a entrega da obra ao cliente e 44% nos serviços de retrabalho.

O BIM permite a construção virtual do edifício com informações pertinentes que podem ser alimentadas durante todo o seu ciclo de vida, centralizando dados e documentos importantes da edificação. Assim, pode-se afirmar que o modelo é uma base confiável para realizar estudos e tomar decisões antecipadas e mais precisas durante o seu ciclo de vida. Com o BIM 4D pode-se realizar simulação a fim de planejar o layout do canteiro, bem como acompanhar como se dará a evolução da construção mesmo antes da mesma iniciar na realidade.

De acordo com o gráfico abaixo, pode-se perceber que quanto mais tarde as decisões forem tomadas, menor vai ser a capacidade de influenciar nos custos e na qualidade de uma determinada construção. Isso porque, antes de iniciar a execução, durante o estudo e a concepção de um determinado projeto, há várias possibilidades para se reduzir os custos e racionalizar a produção a partir de tomadas de decisões mais assertivas e aplicadas ao caso. Contudo, conforme a obra evolui, como a maioria das especificações e decisões já foram tomadas, os esforços concentram-se na gestão de suprimentos de materiais e dos demais recursos logísticos além de retrabalhos, quando não planejado e projetado de forma adequada (Gonçalves Junior, 20??).

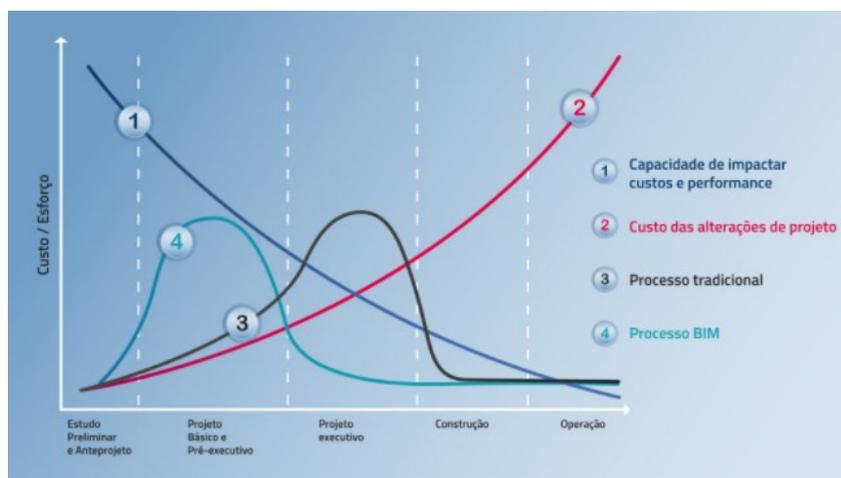


Figura 1: Curva de esforço
Fonte: Gonçalves Junior (20??)

Dessa forma, ao contribuir para as fases de planejamento e concepção, o BIM potencializa os resultados da obra.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é analisar os impactos gerados na adoção do BIM em modelagem de fundação de torre de aerogerador de um parque eólico e em simulações da organização dos seus recursos durante o seu processo de montagem incluindo a movimentação de máquinas. Para isso, busca-se atingir os seguintes objetivos específicos: (1) Modelar a fundação em BIM; (2) Delinear a sequência executiva de construção da fundação; (3) Realizar estudos de layout a fim otimizar o processo de montagem. (4) Elaborar um plano de romaneio de cargas; (5) Criar uma animação da sequência executiva de montagem indicando também o fluxo de maquinários ao longo da evolução da construção, bem como o arranjo físico incluindo a estocagem do aço; (6) Levantar quais os benefícios e os ganhos de qualidade possíveis de serem atingidos em projetos semelhantes quando aplicado o BIM.

2. Referencial Teórico

2.1. Importância da construção e expansão de parques eólicos

A civilização evoluiu criando uma forte dependência com a energia elétrica. Na vida contemporânea, é quase impossível viver sem o seu fornecimento e à medida que a população cresce ou o poder aquisitivo aumenta, verifica-se o acréscimo também, da demanda de energia. Dessa forma, visando explorar novas fontes para suprir o consumo e descentralizar a matriz energética brasileira, sob o cenário da sustentabilidade, a tendência é a busca cada vez maior por investimentos em fontes limpas e renováveis de energia; em meio a isto, umas das mais promissoras é a energia eólica.

Atualmente, a capacidade instalada no Brasil é 21,03 GW, representando 11,5% da matriz energética brasileira, com concentração maior de parques na região Nordeste correspondendo a 87% dos parques eólicos do país (ABEEólica, 2022). Isso ocorre sobretudo devido ao clima favorável: quente e úmido o qual proporciona ventos mais fortes.

A Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) divulgou um estudo comparativo entre grupos de municípios que receberam parques eólicos com outros que não receberam. O resultado mostrou um aumento no Produto Interno Bruto PIB de 21,15%, no período de 1999 a 2017, e de 20% no Índice de Desenvolvimento Humano do Município (IDHM). Aliado a isso, o aumento na produção de torres eólicas e construção de parques juntamente com a busca por um preço mais competitivo e melhores eficiências, vem exigindo cada vez mais novas metodologias e tecnologias capazes de atender prazos curtos e uma maior otimização da etapa de produção. Além disso, segundo Aristarco Sobreira (2011), diretor comercial e de incorporações da Mercurius Engenharia, construtora sediada em Fortaleza/CE, ao longo dos anos, observa-se um aumento nos tamanhos das torres as quais exigem fundações cada vez maiores e robustas para suportar o seu peso, demandando assim uma grande movimentação de concreto e aço durante o processo construtivo. Sendo assim, fica evidente também o crescimento na necessidade de planejamentos de logística a fim de garantir os resultados desejáveis.

3. Procedimentos metodológicos

Primeiramente realizou-se uma revisão teórica tendo como fontes livros, revistas, artigos científicos, teses, dissertações e sites com informações confiáveis e atualizadas, a fim de fundamentar o tema e contribuir para uma melhor compreensão dos assuntos abordados e relevantes para o desenvolvimento da pesquisa.

Por se tratar de um estudo com o objetivo de otimizar o processo de construção e montagem da fundação de uma torre de aerogerador a partir do BIM, foi necessário escolher uma obra para levantar os dados em campo, analisá-los e então propor soluções. Portanto o desenvolvimento deste trabalho foi conduzido como um estudo de caso sendo todas as informações fornecidas pela construtora responsável pela execução do projeto.

Em relação ao levantamento de dados, este foi realizado em duas etapas: (1) a primeira com a finalidade de construir o panorama da logística geral de montagem das fundações das torres então praticada pela construtora escolhida, tendo como base as obras de mesmo tipo já executadas pela mesma. Para isso foi necessário entender, passo a passo, as etapas que envolvem o processo, seus objetivos e ordem de precedência, bem como os recursos utilizados em cada uma delas, a fim de obter-se uma visualização da dinâmica do processo construtivo. Com isso, pôde-se levantar quais os pontos críticos possíveis de serem melhorados; (2) A segunda tem como objetivo reproduzir os cenários de construção, a partir da modelagem da área de estudo em BIM. Para

isso, foi necessário a obtenção dos projetos, bem como fotos e vídeos de diversas etapas de obras já finalizadas com o intuito de auxiliar na modelagem.

Para o levantamento de dados, inicialmente foi aplicado um questionário, enviado por e-mail, e direcionado aos engenheiros de obra e da sala técnica de engenharia e à medida que foram sendo necessários maiores esclarecimentos ou mesmo a obtenção de informações mais específicas, realizou-se vídeo chamadas através do *Microsoft teams* e ligações telefônicas.

Os principais requisitos de informações e sua respectiva fonte foram: (1) Localização e especificação das barras que compõem a fundação, tais como: tipo de aço, bitola, quantidade, comprimento, posição e formato - Projeto Estrutural (desenhos e quadro de ferros); (2) Composição dos feixes de aço entregues pela fornecedora de aço (barra e sua quantidade) - arquivo de consistência; (3) Sequência de montagem dos vergalhões – contato via e-mail; (4) Modelo e tamanho das carretas que realizam a entrega dos vergalhões, a fim de pesquisar a capacidade de carga e dessa forma organizar o romaneio de cada veículo – Aquisição do modelo do veículo por meio de contato via e-mail e pesquisa ao catálogo do equipamento fornecido pelo fabricante; (5) Modelo da máquina utilizada para descarregar as carretas e posicionar os vergalhões no solo - manual do equipamento; (6) Área disponível ao redor da fundação para estoque dos feixes antes da montagem - fotos e vídeos de diversas etapas da construção da fundação de obras já realizadas e o projeto da plataforma.

De posse das informações acima foi possível entender o processo, analisá-lo e conseqüentemente identificar os pontos críticos e propor soluções a partir de simulações. As simulações da logística do canteiro incluiu tanto o seu arranjo físico, como a disposição do aço, quanto a movimentação de maquinários para realizar as atividades do processo de montagem da fundação. Como resultado das simulações e estudo, elaborou-se uma animação a fim de representar como as atividades devem ocorrer: o melhor fluxo de movimentação das máquinas e o local de estocagem do aço de forma a garantir o fluxo contínuo das atividades com um melhor aproveitamento do espaço e utilização dos recursos, evitando desperdícios.

Em outras palavras, esse estudo gerará diretrizes para que a empresa construtora consiga otimizar as construções de fundações de dimensões semelhantes a partir da animação.

4. Estudo de caso

4.1. Apresentação

O presente estudo é realizado na obra de um parque eólico localizado no Nordeste. O parque contempla 103 aerogeradores resultando em 566,50 MW de potência instalada e 75 km de vias de acesso. A fundação tipo dos aerogeradores em estudo é do tipo direta e é composta por 163 grupos de barras CA-50, totalizando 4152 vergalhões que juntos pesam 76.727 kg. Já o volume de concreto resultante é 581,6 m³. A figura 2 a seguir ilustra a geometria da fundação em estudo.

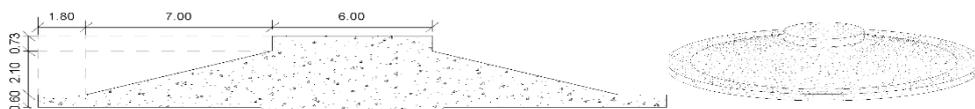


Figura 2: Geometria da fundação em estudo
Fonte: Autora (2021).

A empresa construtora responsável é atuante no mercado em diversos tipos de obras de construção civil, industrial, de infraestrutura viária e urbana, entre outras, tendo se destacado nos últimos anos na execução de obras de implantação de parques eólicos em diversas regiões do Brasil.

4.2. Caracterização do processo e identificação do problema

A partir da coleta de dados, percebeu-se que o romaneio de cargas é um dos pontos críticos e que vem prejudicando a produtividade de todo o processo. Isso porque, não é possível com o descarregamento já organizar os vergalhões obedecendo a sequência de montagem visto que eles não vêm já organizados levando em consideração as etapas seguintes. Com isso, observa-se um desperdício de tempo, além do subaproveitamento das máquinas que realizam o descarregamento posicionando-os de forma aleatória onde haja espaço. Como após esse serviço as máquinas já precisam ser realocadas para outras atividades, os operários acabam transportando manualmente maiores distâncias nas etapas seguintes. Esse panorama provoca a perda de tempo devido a dois fatores principais: o primeiro deles é a necessidade de procurar os vergalhões no momento da sua utilização ou mesmo de criar uma etapa com o objetivo de separar as barras organizando o estoque; e o segundo é a realização do transporte também por homens em vez de por apenas máquinas.

Os vergalhões são entregues na obra por carretas com carrocerias de 12 m de comprimento e largura de 2,45 m, agrupados em feixes etiquetados onde consta a bitola, a posição do aço e a sua quantidade. Como a capacidade de carga de cada veículo é de aproximadamente 25.000 kg, para o caso estudado serão necessários três. Para conferência, a fornecedora emite o documento de consistência o qual reúne as informações de cada feixe, as mesmas contidas nas etiquetas.

Como premissa de formação dos feixes, visando o agrupamento e amarração de barras, bem como a fim de tornar o transporte mais eficiente, o mesmo deve ser composto por barras de mesmo formato, no caso das radiais, e de raios semelhantes, no caso das circunferenciais. Além disso o peso máximo deve ser de 1.000 kg permitindo o alcance máximo do braço do Munk AGE 45.0 que posicionado ao lado da carreta, içar o material da sua carroceria e descarrega no terreno, e a quantidade é limitada a 200 barras. Em condições plenas de utilização para tal carga, o caminhão Munk consegue ter um alcance horizontal máximo de 20,2 m e uma elevação máxima de 24,1 m.

4.3. Planejamento e proposta de solução

A fim de otimizar o descarregamento e a montagem da fundação, foi analisado como deveria ser o romaneio de cargas, bem como a sequência de descarregamento das carretas e a organização dos vergalhões no solo a fim de, no momento do descarregamento, as mesmas já serem organizadas visando a montagem. Dessa forma, além de facilitar, é possível reduzir a possibilidade de ocorrência de erros, uma vez que os operários vão montando as barras seguindo a mesma ordem de estocagem.

Para o planejamento da organização do aço próximo à escavação, levaram-se em conta os seguintes aspectos: visando encurtar as distâncias do transporte manual, os vergalhões deverão ser posicionados o mais próximo possível do seu ponto de utilização, contudo como a escavação onde será executada a fundação, não comporta o estoque de todos os vergalhões, parte terão que ser descarregados no nível do terreno. Os vergalhões descarregados na escavação deverão ser os primeiros a serem montados ocupando tanto o fundo, quanto o talude. No fundo da escavação deverão ser posicionados os primeiros vergalhões a serem montados, a fim de desobstruir logo em seguida o local. Já no talude deverão ser posicionados os vergalhões circunferenciais montados em seguida. Estes, devido ao seu formato arredondado conseguem se acomodar com

mais facilidade nessa região. A sequência de estocagem desses deverá respeitar a sequência de montagem, a fim de tornar o processo mais rápido uma vez que os operários não perderão tempo localizando cada feixe, apenas seguirá o fluxo percorrendo o perímetro da escavação recolhendo-os e posicionando-os em local correto. A sequência de imagens abaixo ilustra as posições de parada da primeira carreta, a qual descarregará os vergalhões na escavação.

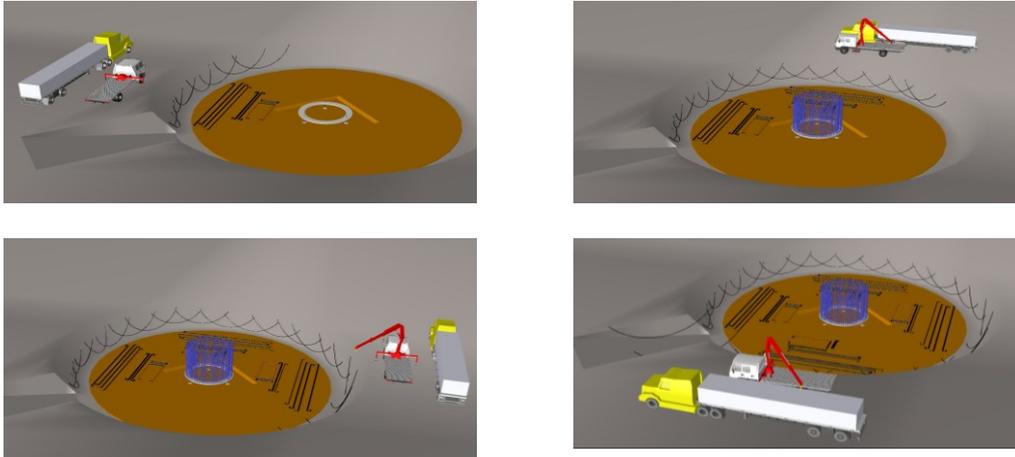


Figura 3: Pontos de parada da 1ª carreta para descarregamento
Fonte: Autora (2022)

Como os vergalhões estocados na escavação somam 25.000 kg, eles ocupam uma carreta inteira e a mesma deve ser organizada de tal forma que as últimas barras a retirar sejam as que ficarão dispostas no talude a fim de não prejudicar o descarregamento. Os demais vergalhões, carregados pelas carretas 2 e 3, devem ser estocados no nível do terreno. Como geralmente a área disponível para estoque é pequena, uns precisarão sobrepor outros totalizando duas camadas, conforme ilustra-se na figura 4 a seguir. A camada inferior, que deverá ser descarregada primeiro, deve corresponder às últimas barras a serem montadas a fim de não gerar impedimentos para retirar as barras para montagem. Em seguida, devem ser descarregadas sobre elas, as barras que serão montadas logo em seguida a fim de favorecer o fluxo de trabalho.

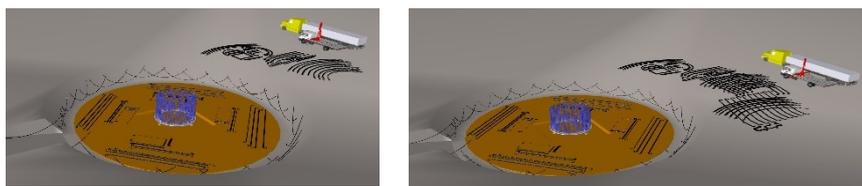


Figura 4: Descarregamento da 2ª e 3ª carreta respectivamente
Fonte: Autora (2022)

As três carretas da fornecedora de aço devem sempre chegar juntas e serem descarregadas todas antes do início do processo de montagem devido a dois motivos principais destacados pelos engenheiros da construtora em estudo: (1) Dificuldade no acesso ao parque devido à questões burocráticas para o acesso; e (2) Segurança na produtividade, pois uma vez que o descarregamento é intercalado com o processo de montagem, há uma exigência precisa de sincronização rigorosa do recebimento dos novos insumos com a produção, uma vez que qualquer atraso provocará tempo ocioso e perda de produtividade.

Se tratando da localização dos vergalhões estocados no nível do terreno, esses devem ser situados os mais próximos da escavação, contudo distanciados de tal forma que permita a movimentação de máquinas no entorno na escavação tendo em vista o limite do alcance do braço do Munk em direção a base da escavação no momento do descarregamento. As barras situadas no nível do terreno devem ser transportadas para o talude, por meio do Munk, acompanhando o avanço da montagem o qual libera espaço na escavação para acomodar novas barras. A figura 5 ilustra esse processo. Para esse descarregamento, o Munk coletará os vergalhões seguindo a sequência de estocagem e descarrega respeitando a mesma sequência, posicionando as barras na direção do seu percurso ao longo do perímetro da escavação.

Através dessa logística, sempre os operários realizarão o transporte manual no interior da escavação encurtando as distâncias e otimizando o processo.

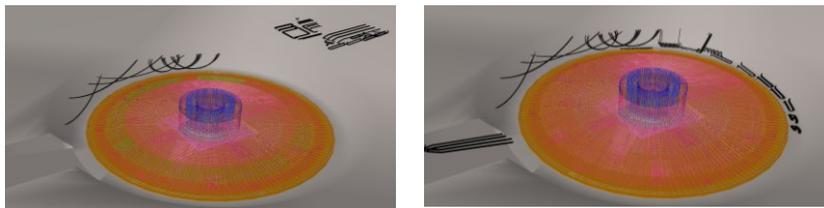


Figura 5: Ocupação do talude com novas barras à medida que a montagem avança
Fonte: Autora (2022)

4.4. Ferramentas e funcionalidades utilizadas

Segue abaixo as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento deste estudo e suas principais funcionalidades

Tabela 1. Ferramentas utilizadas

Tipo de ferramenta	Ferramenta	Funcionalidade
Software	Revit	Modelagem 3D
Plug in	Dynamo	Automatização da modelagem
Software	Synchro	Simulações

Fonte: Autora (2022).

Nos próximos tópicos serão explorados os processos de cada funcionalidade.

4.4.1. Modelagem 3D

Modelou-se a fundação, constituída de concreto e barras de aço, bem como parte do terreno a fim de representar a escavação no modelo. Como havia somente dois tipos de barras: as radiais dispostas na direção do raio e as circunferenciais na direção do perímetro da base, utilizou-se o plugin do Dynamo no Revit para automatizar o processo. Este consiste em uma ferramenta de programação visual desenvolvida para estender as funcionalidades do Autodesk Revit. Assim, por meio da criação de dois códigos foram modeladas todas as barras através da variação dos parâmetros de entrada.

Tendo o projeto estrutural em DWG, importou-se a vista de corte transversal onde mostra todas as barras radiais e as vistas de plantas contendo as barras circunferenciais. Sobre cada barra, foram desenhadas linhas no Revit utilizadas como parâmetros entrada nos códigos do Dynamo e

assim as barras foram geradas. Bitola, nomenclatura e tipo de aço também era parâmetros de entrada.

Os feixes também foram modelados no Revit de acordo com o arquivo de consistência da fornecedora dos vergalhões e seguindo as premissas descritas no tópico 4.2 do presente trabalho.

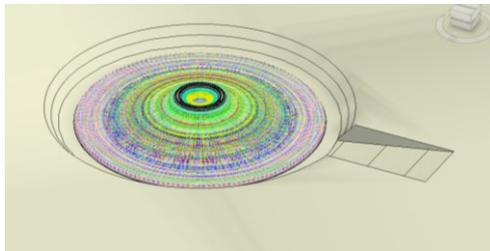


Figura 6: Modelo no Revit 2023 com transparência da fundação
Fonte: Autora (2021)

4.4.1.1. Automação

O código para a criação das barras radiais foi elaborado de forma a gerar uma barra a partir das linhas criadas e rotacionar em torno do eixo central, duplicando-a a partir da especificação do ângulo entre elas e até completar 360°. Além desse dado, também são inputs do código: posição, bitola, aço e tipo de barra (armação inferior radial, armação superior radial da saia, armação superior radial do núcleo, entre outros tipos).

Já se tratando das barras circunferenciais, as linhas selecionadas como entrada no código são projetadas na superfície, descoladas o valor do cobrimento, divididas pelo número de partes especificado em projeto e acrescido o traspasse. Por fim, as linhas passam a ser barras. Para esse caso, os inputs são: seleção da superfície na qual é feita a projeção, podendo ser a base ou a saia), bitola, aço, posição, cobrimento e número de divisões.

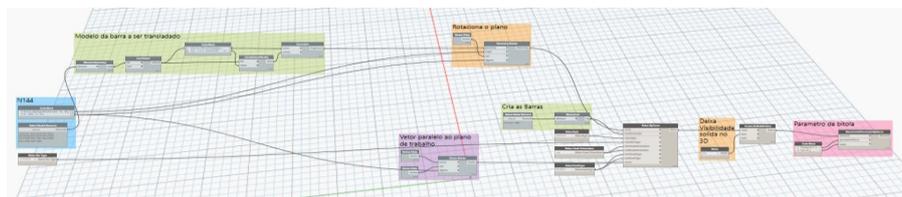


Figura 7: Código de programação visual no Dynamo para modelagem das barras
Fonte: Autora (2022)

4.4.1. Simulações

Para a simulação foi utilizado o software Synchro desenvolvido pela Bentley por possuir maiores funções quando comparado ao Navisworks e pela facilidade de criação do cronograma o qual é desenvolvido no próprio software, sem a necessidade de importar um arquivo de um outro. A modelagem foi importada por meio do arquivo IFC 2x3 Coordination View 2.0 gerado a partir da exportação no Revit.

A fim de validar a sequência de montagem, optou-se primeiramente por simular somente a montagem, facilitando a percepção de erros no faseamento e contribuindo para a correção antecipada evitando assim futuros retrabalhos. Após a aprovação, foi realizada a simulação de descarregamento e estocagem dos feixes dando continuidade às simulações. Todo esse processo foi realizado por meio da inserção de atividades dentro do cronograma do Synchro e atribuição dos elementos 3D à cada uma delas, além da definição da relação de precedência entre as

mesmas e sua duração. Por fim, foram criadas as vistas de câmeras que quando interpoladas, durante a exportação, geram o vídeo do planejamento.



Figura 8: Criação de simulações no Synchro
Fonte: Autora (2021)

Abaixo consta o fluxograma que resume todo o processo de uso das ferramentas.

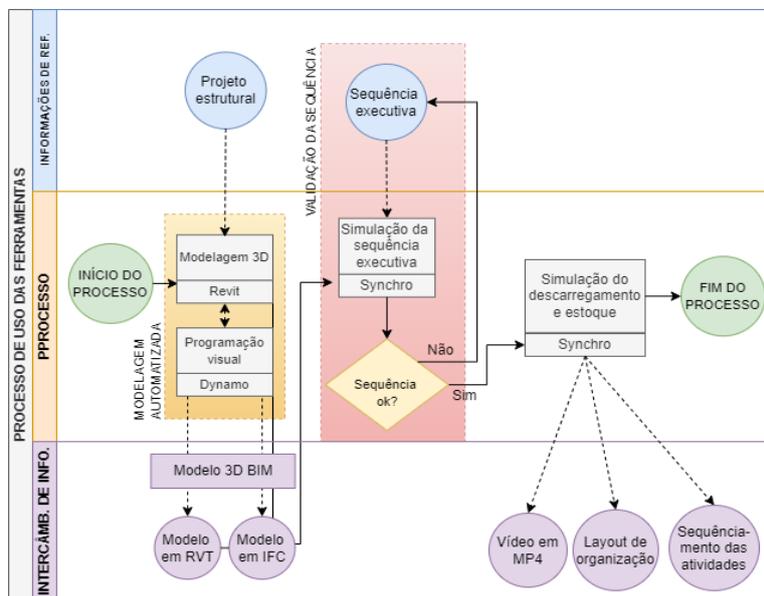


Figura 9: Fluxograma de uso das ferramentas
Fonte: Autora (2022)

5. Análise dos resultados

Com a realização desse estudo, pôde-se constatar quais os reais benefícios obtidos com a modelagem 3D e as simulações para as etapas de planejamento da obra e quais as dificuldades encontradas ao longo do seu desenvolvimento.

Com a adoção do modelo BIM na obra constatou-se uma grande motivação por parte dos colaboradores uma vez que diferentemente dos modelos convencionais baseados em CAD, o modelo não apresentou deficiências em sua interpretação, acarretando leituras mais rápidas, fáceis e eficientes. Além disso, a visualização virtual e antecipada de cenários que retratam a evolução da obra, por meio do vídeo, permite que os montadores se coloquem previamente dentro das atividades que irão desempenhar contribuindo para a proposição de melhorias por parte deles bem como para a participação no processo de tomada de decisão, além de garantir que os mesmos cheguem no campo de trabalho mais preparados: sem dúvidas acerca da função que irão desempenhar, dos EPI's (Equipamentos de Proteção Individual) que irão utilizar e dos equipamentos e ferramentas que serão necessários. Vale salientar ainda, que os impactos desses benefícios se tornam ainda maiores quando se tem que treinar um novo funcionário.

Em relação ao romaneio e a organização das carretas, a fornecedora de aço conseguiu realizar a entrega conforme planejado, atendendo o romaneio e a organização interna das carretas. Contudo, o descarregamento não foi possível ser seguido conforme a simulação, pois o concreto magro do fundo da escavação não estava com a sua execução finalizada e apta para estocar o aço e/ou iniciar a montagem. Isso aconteceu porque os vergalhões tiveram que ser comprados bem antes do tempo previsto devido a previsão de aumento do preço existente na época para tal material. Logo, todo o aço teve que ser descarregado no nível natural do terreno não tendo espaço para a correta organização indicada nas simulações.

Em resumo, como o cronograma da obra não estava sincronizado com a frente de serviço em estágio conforme planejado no momento da chegada das carretas, não foi possível colocar em prática a simulação por completo. Dessa forma, fica clara a importância de ser ter os cronogramas pensados também para situações imprevistas como essa, porém possíveis dentro da abordagem do atual mercado, a fim de não prejudicar os resultados de produtividade, sendo esse um ponto de relevância importante para ser tratado em trabalhos futuros.

Sob o ponto de vista comercial, tendo em vista que o mercado está cada vez mais concorrido e cada vez mais tendencioso ao uso de novas soluções digitais, o BIM acaba impulsionando o marketing de empresas que o utilizam atraindo clientes por meio do modelo digital detalhado, colorido e que pode ser facilmente acessado por um aplicativo mobile na palma da mão. Para os leigos o impacto visual é o mais marcante, mas já para os engenheiros e os envolvidos com o projeto, os benefícios e os impactos nas fases da obra se sobressaem mais.

6. Considerações finais

Uma das maiores dificuldades encontradas no desenvolvimento do presente estudo foram as falhas existentes no processo de comunicação, como a descontinuidade gerada pela não centralização das informações entre os envolvidos com o projeto. Como a construtora ao desse estudo ainda não tem a metodologia BIM implementada, a mesma utiliza os métodos tradicionais de trabalho deixando a desejar a integração entre as diferentes equipes envolvidas no projeto de engenharia, sobretudo devido a inexistência de um ambiente comum de dados e de um BIM Manager, responsável pela estruturação do fluxo de trabalho e gestão da comunicação das equipes. Nesse caso, as trocas de informações e dados eram realizadas principalmente através de e-mails, assim, quando realizadas mudanças no projeto em CAD, o modelo BIM tinha a dificuldade em manter-se atualizado. Além disso, a falta do BIM Manager e do CDE gerou a necessidade da autora estabelecer diversos canais de comunicação com colaboradores de diferentes funções a fim de obter as informações necessárias para o desenvolvimento do atual trabalho.

Outro ponto observado é que, para que o planejamento consiga ser efetivado é imprescindível que todo o fluxo de trabalho esteja sendo monitorado, tendo em vista a dependência existente entre as atividades e os imprevistos que podem acontecer. Dessa forma, a depender dos andamentos das atividades, é possível reajustar a logística para que se obtenha melhores resultados, uma vez que os imprevistos são imediatamente detectados.

Como sugestão para trabalhos futuros indica-se a análise da aplicação do planejamento 4D em empreiteiras que já tenham o BIM implementado e conforme visto nesse trabalho, é imprescindível utilizar metodologias como *Lean Construction* e métodos de produção *Just in time* para se um cronograma alinhado com os fornecedores de serviços e materiais e dessa forma, conseguir executar o planejado. Para análise dos resultados, recomenda-se a utilização de índices para medir a produtividade, tempo total de construção, bem como nível de desperdício a fim de

comparar o uso do BIM com as metodologias tradicionais empregadas, as quais utilizam os métodos tradicionais de projeto, planejamento e execução.

Ademais, sugere-se também a ampliação do uso do BIM visando antecipar erros e melhorar o planejamento, realizando a compatibilização dos modelos das fundações com a topografia do parque eólico, criada por meio do AutoCad Civil 3D e Infracore, a partir de levantamento realizado por meio do drone.

Referências

ABEEólica – **Associação Brasileira de Energia Eólica**. InfoVento 24. Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/?s=infovento>>. Acesso em: 11/03/2021.

ABRAIN. **A importância da Construção Civil para impulsionar a economia brasileira**. 2021. Disponível em: <https://www.abrainc.org.br/abrainc-explica/2021/06/28/abrainc-explica-a-importancia-da-construcao-civil-para-impulsionar-a-economia-brasileira/>. Acesso em: 20 nov. 2021.

Aristarco Sobreira apud Associação Brasileira de Tecnologia para Equipamentos e Manutenção. **Tecnologias que otimizam a construção de parques eólicos**. Revista M&T- Manutenção e Tecnologia, São Paulo, n. 151, p. 15-24, 2011. Disponível em: <https://revistamt.com.br/Arquivos/Edicoes/MT_151.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2022.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM**. 1Ed. Editora Bookman, 2014.

FIALHO, Gabriel. **Modelagem BIM é alternativa para reverter cenário atual da construção civil**. 2018. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/modelagem-bim-e-alternativa-para-reverter-cenario-atual-da-construcao-civil>. Acesso em: 23 nov. 2021.

FREITAS, João A. G. **Metodologia BIM: Uma nova abordagem, uma nova esperança**. Dissertação de Mestrado, Universidade da Madeira. 2014, 123p. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.13/745>>. Acesso em 22 de mar. de 2022.

GONÇALVES JUNIOR, Francisco. **BIM: tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia**. Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia. 20???. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 23 nov. 2021.

LIMA, João Pedro Alves de. **Aplicação da Metodologia BIM para estudos de obras de infraestrutura de transporte**: estudo de caso - projeto de pavimentação da via sc-436. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/197493>. Acesso em: 23 nov. 2021.

SACKS et al (2018a) apud TORRES, Xavier Emílio Loor. **BIM no planejamento de obras de infraestrutura de drenagem**. 2020. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

TORRES, Xavier Emílio Loor. **BIM no planejamento de obras de infraestrutura de drenagem**. 2020. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

COMPARAÇÃO DE SOLUÇÕES ESTRUTURAIS COM USO DE MODELOS PARAMÉTRICOS BIM: ESTUDO DE CONSUMO DE MATERIAIS

Rafael Câmara | Centro Universitário SENAI CIMATEC | rafael.camara@fieb.org.br

Juan Freitas | Centro Universitário SENAI CIMATEC

João Vilanova | Centro Universitário SENAI CIMATEC

Luara Batalha | Centro Universitário SENAI CIMATEC

Henrique Aguiar | Centro Universitário SENAI CIMATEC

Resumo:

Tendo em vista o avanço tecnológico no âmbito da Construção Civil, o processo de gerenciamento e análise de projetos se tornou mais integrado, ao fazer uso do paradigma BIM, ou seja, ao utilizar modelos virtuais interdisciplinares abrangendo todo o ciclo de vida da construção. Dado o cenário, este trabalho tem por objetivos apresentar, discutir e consolidar um exercício de uso de software BIM para análise comparativa do custo de alternativas de estrutura de um edifício desenvolvido pelos discentes do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário SENAI CIMATEC. Considerando que o trabalho não se resume ao comparativo entre o volume de materiais dessas estruturas, mas, principalmente, ao uso de uma ferramenta computacional, os estudantes adotaram o método comparativo, de modo a detalhar os passos no *software* usado para o lançamento da estrutura e extração do quantitativo de materiais. Diante do trabalho desenvolvido, observou-se que, com as duas estruturas dimensionadas corretamente para suportarem as cargas consideradas, a estrutura metálica exige um consumo menor de materiais e respeita a proposta arquitetônica ao permitir a existência de maiores vãos. Soma-se a isso o uso adequado de *software* BIM para a escolha ideal do material.

Palavras-chave: BIM, Aço, Concreto Armado, Projeto Arquitetônico, Exercício.

Abstract:

With the technological advance in the field of civil construction, the use of the management process and the analysis projects have become more integrated, by making use of interdisciplinary virtual models of construction life. Given the scenario, this work presents an exercise in the use of BIM software for comparative analysis of the cost of a structure developed by students of the Civil Engineering undergraduate program at of the SENAI CIMATEC School of Technology. Considering that the work is not limited to the comparison between the volume of materials of these structures, but the use of a computational tool mainly, students used the comparative method, in order to detail the steps in the software used to launch the structure and extract the quantity of materials. It was observed that the metallic structure requires a lower consumption of materials and respects the architectural proposal by allowing the existence of larger spaces. Added to this is the proper use of BIM software for the ideal choice of material.

Keywords: BIM, Steel, Reinforced Concrete, Architectural Design, Exercise.

1. Introdução

O desenvolvimento tecnológico aplicado à construção civil acarretou inúmeras inovações que auxiliam o profissional no gerenciamento de obras, bem como empreendedores e usuários das edificações que procuram mais segurança e rapidez na execução de seus investimentos (VILLANUEVA, 2015). Para atender essas necessidades e garantir que todas as normas técnicas sejam seguidas de forma integrada e sem perda de informações, o paradigma BIM (Modelagem de Informação da Construção) vem sendo cada vez mais utilizado no mundo, inclusive no Brasil, como forma de avanço no setor, bem como para economia.

Há diversos e imensos desafios na gestão do desenvolvimento econômico de um país, que passa por várias questões, entre as quais está a preferência de alocação de recursos, visto que estes são escassos. Diante disso, é necessário definir setores prioritários de acordo com os parâmetros que julgam-se ser mais importantes no desenvolvimento de uma economia. (VERAS, 2018)

O paradigma BIM é o processo holístico de criação e gerenciamento de informações para um recurso construído que abrange dados estruturados e multidisciplinares, como a inserção de informações sobre insumos, metragem, espessura, dentre outros, conseguindo uma representação digital de um recurso ao longo do ciclo de vida da edificação (DEGASPERI *et al.*, 2007).

*Building Information Modeling (BIM), em português Modelagem de Informações da Construção, é um recurso promissor na área de engenharia e arquitetura que integra diversas disciplinas de um projeto em uma modelagem virtual, identificando incompatibilidades e informações potenciais para o próprio projeto. (DEGASPERI *et al.*, 2007)*

Desse modo, durante o planejamento é desenvolvido um projeto com modelagem rica em dados, ou seja, a construção de um modelo em 3D (Três Dimensões) que serve de representação da edificação que será executada, não sendo constituído apenas de formas geométricas e texturas, mas também repleta de informação compartilhada entre todos os profissionais.

É importante destacar que a norma NBR 15965 - Parte 1 - Sistema de classificação da informação da construção (ABNT, 2011) deve ser seguida para todos os projetos e planejamento onde são empregados os conceitos do paradigma BIM. Desta forma, este estudo empregou os preceitos da norma para que os projetos de duas estruturas, uma de aço e outra de concreto armado, de uma edificação comercial, pudessem ser comparadas através do método científico comparativo.

Vale ressaltar que os objetivos do artigo são apresentar, discutir e consolidar um exercício de uso de software BIM para análise comparativa do custo de alternativas de estrutura de um edifício. Deste modo, faz-se necessário a comparação inicial entre as estruturas antes da execução de uma obra, para escolher a que mais se adequa à situação. Para isso, foi utilizado o paradigma BIM, que permite uma vasta criação e coleta de dados, como esforços de cargas atuantes sobre as estruturas e tabelas orçamentárias.

2. Metodologia

Para se obter os resultados deste estudo, foi utilizado o método científico comparativo. Portanto, houve a modelagem de duas estruturas em 3D, através do *software* BIM autoral de análise e projeto estrutural, a primeira em aço e a segunda em concreto armado. Todas as medidas e concepções arquitetônicas foram alocadas na modelagem com base no projeto de planta baixa de um mezanino, referente a uma loja com um pavimento térreo e um mezanino escritório.

Dessa forma, a concepção estrutural do mezanino (Figuras 1 e 2) seguiu os preceitos arquitetônicos para que fosse possível obter um vão livre no pavimento térreo que possibilitasse a

circulação de funcionários na cozinha e de clientes no estabelecimento sem pilares centralizados, respeitando as recomendações normativas. Buscou-se também a implementação de pilares e vigas padronizadas em suas medidas, para que o custo de alocação e execução fosse menor, para tanto, foram utilizadas como referências a NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento (ABNT, 2014), para pré-dimensionamento de estruturas de concreto armado, e a NBR 8800 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios (ABNT, 2008), para pré-dimensionamento de estruturas metálicas. Além disso, fez-se a escolha das dimensões e bitolas de aço comerciais para facilitar a execução da obra e compra dos materiais.

Com a modelagem da edificação concluída, para cada material estrutural citado obteve-se a representação em 3D do mezanino, assim como o tempo de execução do projeto, uma base orçamentária de mão de obra e insumos utilizados. Para o desenvolvimento do orçamento foi utilizado o Sistema Nacional de Índices e Custos da Caixa Econômica (SINAPI) (FEDERAL, sn). Além disso, adotou-se na execução do mezanino em concreto armado uma resistência característica à compressão de 20 MPa (ABNT, 2014), tendo em vista que se trata de uma estrutura de pequeno porte com baixos esforços solicitantes e que o custo de aquisição de concreto com esta resistência é menor do que os demais. Nesse mesmo sentido, utilizou-se o Aço ASTM 572, com resistência de escoamento de 345 MPa para as vigas e pilares já que é um material de fácil obtenção e de baixo custo.

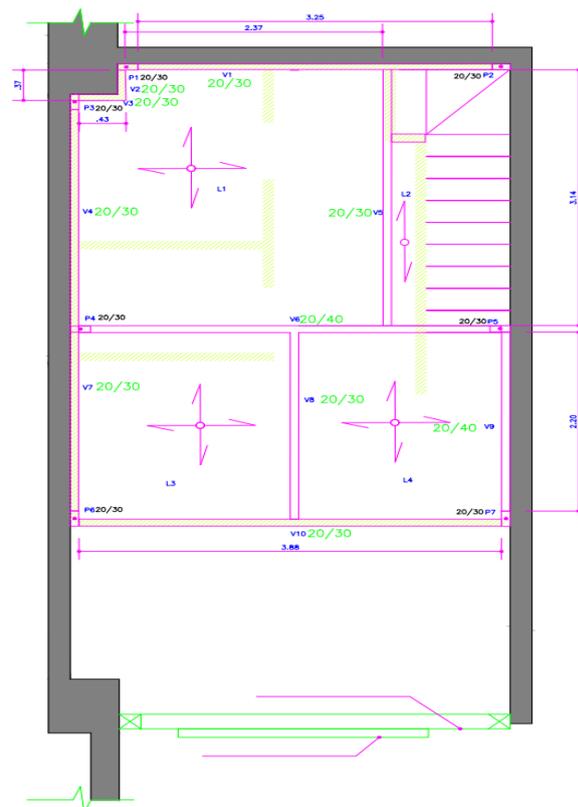


Figura 1: Concepção estrutural em concreto armado.

Fonte: Os autores.

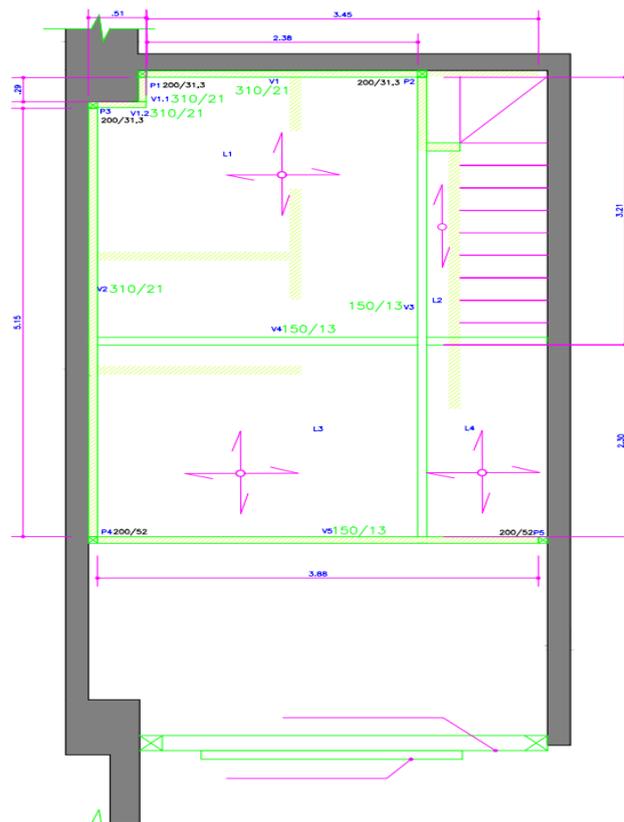


Figura 2: Concepção estrutural em aço.
Fonte: Os autores

Com o auxílio do *software* CAD 2D, os pilares e as vigas foram posicionados atendendo ao projeto arquitetônico, conforme indicam as Figura 1 e 2. Para a definição das dimensões da estrutura concreto armado utilizou-se os conceitos das áreas de influência. As cargas adotadas respeitaram as recomendações normativas e tiveram os valores de 200 kgf/m² para o escritório, 90 kgf/m² para a laje de concreto, 15 kgf/m² para o forro abaixo do mezanino, 15 kgf/m² para o ar-condicionado e de 10 kgf/m² para os demais equipamentos elétricos (ABNT, 2019).

Já no caso dos pilares e vigas metálicas, adotou-se as áreas de influência de cada pilar a partir das instruções normativas da NBR 8800:2008 [6]. Considerou-se a carga de 421600 N/m² e o Aço ASTM 572 - Grau 50 do fornecedor Gerdau, e adotou-se a área aproximada dos pilares comerciais "W", disponíveis no catálogo do fornecedor. Para o pré-dimensionamento das vigas metálicas foram determinadas as alturas teóricas e escolhida a viga W comercial da Gerdau superior (GERDAU, sn).

Para as lajes nos dois projetos utilizou-se o método das dimensões mínimas, como orienta a NBR 6118 (ABNT, 2014).

Com todos os cálculos e conferências realizadas, foi executado o lançamento da estrutura já pré-dimensionada no *software* BIM, com o objetivo de se obter o quantitativo de materiais utilizados.

3. Resultados e discussões

Os modelos em 3D das estruturas em aço e em concreto armado estão na Figura 3 e Figura 4, respectivamente. Com estes modelos, torna-se fácil a visualização das diferenças entre os dois métodos construtivos.

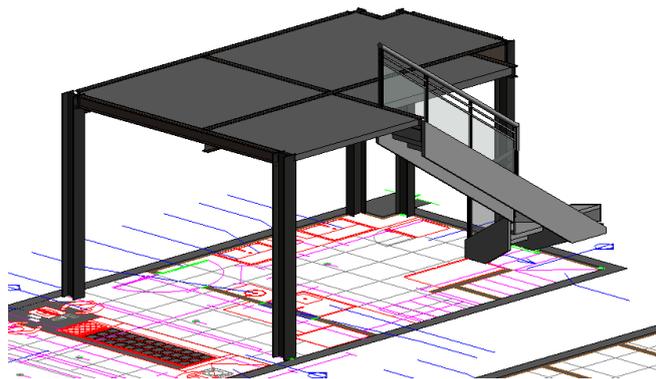


Figura 3: Representação 3D do projeto em estrutura metálica.
Fonte: Os autores

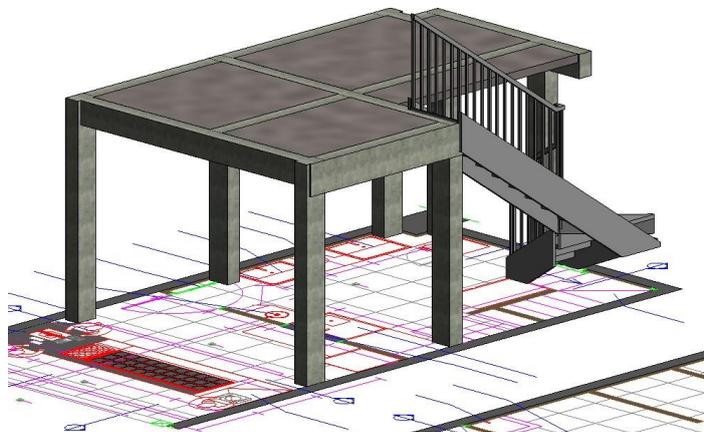


Figura 4: Representação 3D do projeto em concreto armado.
Fonte: Os autores

A partir da comparação entre as modelagens pode-se inferir que a estrutura metálica é mais leve devido a utilização de menos elementos estruturais, como pilares e vigas. Seu peso total é de 4,56 t enquanto a de concreto armado é de 9,50 t. A menor quantidade de elementos também contribui para que a construção seja mais rápida e permite uma fácil movimentação num local de pequeno porte, como a loja do modelo arquitetônico utilizado neste estudo. Considerando que nesta proposta há também um restaurante, a existência de vãos maiores torna a utilização do espaço mais proveitosa.

Os modelos analíticos obtidos no *software* BIM da Figura 5 mostram a distribuição de cargas nas duas estruturas propostas, corroborando a segurança do conceito da estrutura metálica com menos elementos estruturais e maiores vãos.

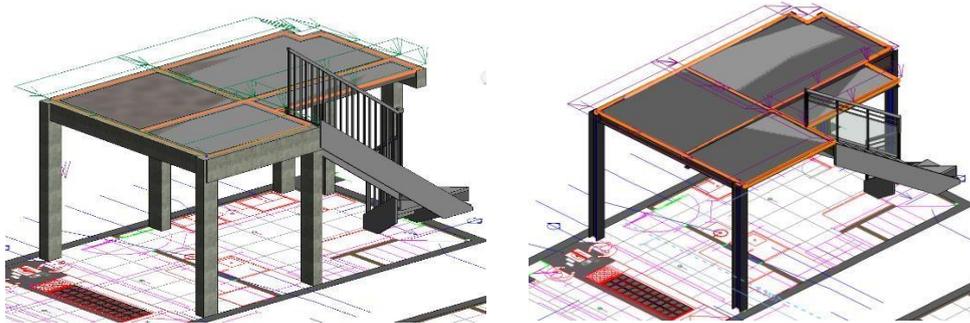


Figura 5: Modelo analítico das estruturas em concreto armado (à esquerda) e em aço (à direita).
Fonte: Os autores

A modelagem realizada das estruturas também permitiu o levantamento de quantitativos, bem como determinação da sua relação com as categorias, famílias e tipos criados, como elenca a Tabela 1.

Tabela 1. Quantitativo de materiais necessários para a execução da estrutura metálica

A	B	C	D	E
Categoria	Família e tipo	Material: Nome	Material: Área	Material: Volume
Pilares estruturais	Pilares W Gerdau: W200X31.3	Aço, 45-345	2.54 m ²	0.01 m ³
Pilares estruturais	Pilares W Gerdau: W200X31.3	Aço, 45-345	2.54 m ²	0.01 m ³
Pilares estruturais	Pilares W Gerdau: W200X31.3	Aço, 45-345	2.54 m ²	0.01 m ³
Pilares estruturais	Pilares W Gerdau: W200X52	Aço, 45-345	3.27 m ²	0.02 m ³
Pilares estruturais	Pilares W Gerdau: W200X52	Aço, 45-345	3.27 m ²	0.02 m ³
Pisos	Piso: Piso Laje	Material pré-definid	15.23 m ²	1.22 m ³
Pisos	Piso: Piso Laje 2	Material pré-definid	1.86 m ²	0.19 m ³
Quadro estrutural	Vigas W Gerdau: W150X13	Metal - Aço 43-275	1.04 m ²	0.00 m ³
Quadro estrutural	Vigas W Gerdau: W150X13	Metal - Aço 43-275	0.27 m ²	0.00 m ³
Quadro estrutural	Vigas W Gerdau: W150X13	Metal - Aço 43-275	0.22 m ²	0.00 m ³
Quadro estrutural	Vigas W Gerdau: W310X21	Metal - Aço 43-275	4.82 m ²	0.02 m ³
Quadro estrutural	Vigas W Gerdau: W310X21	Metal - Aço 43-275	5.32 m ²	0.02 m ³
Quadro estrutural	Vigas W Gerdau: W150X13	Metal - Aço 43-275	2.58 m ²	0.01 m ³
Quadro estrutural	Vigas W Gerdau: W150X13	Metal - Aço 43-275	2.39 m ²	0.01 m ³
Quadro estrutural	Vigas W Gerdau: W150X13	Metal - Aço 43-275	0.53 m ²	0.00 m ³
Total geral: 15			48.41 m ²	1.53 m ³

Analisando os dados da Tabela 1 percebe-se que é preciso um volume de 1,53 m³ de material para execução da estrutura metálica. Isto é inferior a metade do que será necessário para a construção da estrutura de concreto armado, como evidencia a Tabela 2, cujo volume total é de 3,72 m³. O concreto armado moldado in loco pode também dificultar a execução do projeto, visto que o espaço disponível para construção do mezanino é reduzido.

Tabela 2. Quantitativo de materiais necessários para a execução da estrutura de concreto armado

A	B	C	D	E
Categoria	Família e tipo	Material: Nome	Material: Área	Material: Volume
Pilares estruturais	Concreto-Retangular-Coluna: 200 x 350m	Concreto, Moldado	2.84 m ²	0.16 m ³
Pilares estruturais	Concreto-Retangular-Coluna: 200 x 350m	Concreto, Moldado	2.84 m ²	0.16 m ³
Pilares estruturais	Concreto-Retangular-Coluna: 200 x 350m	Concreto, Moldado	2.84 m ²	0.16 m ³
Pilares estruturais	Concreto-Retangular-Coluna: 200 x 350m	Concreto, Moldado	2.84 m ²	0.16 m ³
Pilares estruturais	Concreto-Retangular-Coluna: 200 x 350m	Concreto, Moldado	2.84 m ²	0.16 m ³
Pilares estruturais	Concreto-Retangular-Coluna: 200 x 350m	Concreto, Moldado	2.84 m ²	0.16 m ³
Quadro estrutural	Concreto-Viga retangular: 200 x 300mm	Concreto, Moldado	1.62 m ²	0.08 m ³
Quadro estrutural	Concreto-Viga retangular: 200 x 300mm	Concreto, Moldado	0.55 m ²	0.03 m ³
Quadro estrutural	Concreto-Viga retangular: 200 x 300mm	Concreto, Moldado	0.32 m ²	0.01 m ³
Quadro estrutural	Concreto-Viga retangular: 200 x 300mm	Concreto, Moldado	2.61 m ²	0.15 m ³
Quadro estrutural	Concreto-Viga retangular: 200 x 300mm	Concreto, Moldado	3.08 m ²	0.18 m ³
Quadro estrutural	Concreto-Viga retangular: 200 x 300mm	Concreto, Moldado	2.34 m ²	0.12 m ³
Quadro estrutural	Concreto-Viga retangular: 200 x 300mm	Concreto, Moldado	3.69 m ²	0.21 m ³
Quadro estrutural	Concreto-Viga retangular: 200 x 300mm	Concreto, Moldado	2.24 m ²	0.13 m ³
Quadro estrutural	Concreto-Viga retangular: 200 x 300mm	Concreto, Moldado	0.68 m ²	0.03 m ³
Quadro estrutural	Concreto-Viga retangular: 200 x 400mm	Concreto, Moldado	4.39 m ²	0.27 m ³
Quadro estrutural	Concreto-Viga retangular: 200 x 400mm	Concreto, Moldado	2.85 m ²	0.17 m ³
Fundações estrutur	Laje de fundação: Laje de fundação de 80	Concreto, Moldado	12.69 m ²	1.02 m ³
Fundações estrutur	Laje de fundação: Laje de fundação de 10	Concreto, Moldado	1.76 m ²	0.18 m ³
Total geral: 20			58.68 m ²	3.72 m ³

4. Considerações Finais

Diante do trabalho desenvolvido, observou-se que, com as duas estruturas dimensionadas corretamente para suportarem as cargas acidentais adotadas, a estrutura metálica poderá ser executada com um consumo menor de materiais e um maior respeito a proposta arquitetônica ao permitir a existência de maiores vãos. Este estudo também demonstrou o uso do paradigma BIM para a escolha ideal do material a ser utilizado em um determinado empreendimento, evitando assim maiores desperdícios, custos indesejáveis e permitindo uma maior velocidade na execução e solução de problemas durante a execução

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-1**: Sistema de classificação da informação da construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 6p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 238p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 60p .
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 237p.
- DEGASPERI, A. *et. al.* **Estudo da Tecnologia BIM e os desafios para a sua implementação**. Revista Espaço Acadêmico, v. 7, n. 2, p. 81-93, 2007.
- FEDERAL, Caixa Econômica. **SINAPI – Índice da Construção Civil**. Brasil, Governo Federal. Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 26 mai. 2022.
- GERDAU. **Biblioteca BIM**, Perfil W metálicos Comerciais Gerdau. Disponível em: <<https://www2.gerdau.com.br/biblioteca-bim>>. Acesso em: 26 mai. 2022.

VERAS, R. H. **A importância da construção civil na economia brasileira.** 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Estadual do Maranhão, Maranhão.

VILLANUEVA, M. M. **A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação.** 2015. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA DE DIAGNOSTICO PRÉ ADOÇÃO BIM EM PEQUENOS ESCRITÓRIOS PELO MÉTODO DSR

Carolina Martinez Vendimiati | UFMS | carolina.vendimiati@ufms.br

Mayara Dias de Souza | UFMS

Resumo: O conceito de Modelagem da Informação da Construção, BIM, propõe a colaboração entre os diversos especialistas envolvidos no decorrer das ações relacionadas à concepção de edificações. Tal processo é possível graças as tecnologias que possibilitam a virtualização das informações mais relevantes durante as diferentes etapas da existência de um edifício. Entretanto, existem pouco conteúdo que apoie os profissionais que lideram os processos de implementação do BIM em pequenos escritórios. O estudo descrito nesse artigo se propõe a compreender as diferenças e similaridades das ferramentas de análise de maturidade disponíveis, com o objetivo e destacar a aplicabilidade de novas ferramentas das mesmas para auxiliar a gestão da adoção BIM em pequenos escritórios, com destaque para o método de pesquisa e desenvolvimento de artefatos denominada de *Design Science Research* (DSR). O principal objetivo da DSR é apoiar a formulação de artefatos voltados a resolução de problemas práticos, promovendo também a integração entre disciplinas diversas para o estudo de soluções para problemas cotidianos de profissionais de áreas como a arquitetura, ciências sociais, educação, engenharia de produção, gestão, administração e sistemas de informação. O produto descrito no artigo é resultante da aplicação do método DSR ao desenvolvimento de uma ferramenta de diagnóstico pré-implantação BIM, concebida para auxiliar gestores de pequenos escritórios quanto aos requisitos necessários para o planejamento de uma futura implementação BIM. A aplicação de tal instrumento pode favorecer uma implementação BIM bem-sucedida através do investimento incremental prévio em recursos humanos e materiais.

Palavras-chave: BIM, Implementação BIM, Design Science Research, Pequenos Escritórios.

Abstract: The concept of Building Information Modeling, BIM, proposes a collaboration between the various specialists involved during actions related to the design of buildings. This process is possible thanks to technologies that enable the virtualization of the most relevant information during the distinct stages of a building's existence. However, there is little content to support professionals who lead the BIM implementation processes in small offices. The study described in this article aims to understand the differences and similarities of the available maturity analysis tools, to highlight the applicability of new tools of the same to help the management of BIM adoption in small offices, with emphasis on the method of research and development of artifacts called Design Science Research (DSR). The main objective of DSR is to support the formulation of artifacts aimed at solving practical problems, also promoting the integration between different disciplines for the study of solutions to everyday problems of professionals in areas such as architecture, social sciences, education, production engineering, management, administration and information systems. The product described in the article is the result of the application of the DSR method to the development of a pre-implementation BIM diagnostic tool, designed to assist small office managers regarding the requirements for planning a future BIM implementation. The application of such an instrument can favor a successful BIM implementation through prior incremental investment in human and material resources.

Keywords: BIM, BIM Implementation, Design Science Research, Small Business.

1. Introdução

A disseminação adequada do conceito de Modelagem da Informação da Construção ou BIM (acrônimo de *Building Information Modeling*) está fundamentada em três pilares: políticas, tecnologia e processo. A respeito de políticas, Bilal Succar (2009) refere-se ao estímulo dado pelo Estado para a adoção do BIM em órgãos públicos e empresas privadas. Tecnologias, a aplicação de infraestrutura de comunicação, dispositivos físicos para manipulação e processamento de dados assim como softwares de modelagem paramétrica, simulação, representação e gestão em projetos de edificações não necessariamente unidos em uma só solução, porém passíveis de serem os dados compartilhados de maneira segura ente si. E processos, pois mudanças organizacionais devem ser organizadas e executadas por pessoas e por procedimentos estabelecidos para elas as executarem.

Os Guias e Manuais de referência no contexto nacional, como Guias Asbea de Boas Práticas em BIM (2013; 2016), a Coletânea Implementação do BIM CBIC (2016), Coletâneas Guias BIM ABDI MDIC (2017), buscaram adaptar as recomendações oriundas de nações mais maduras quanto a disseminação do BIM, tal qual o Reino Unido, Estados Unidos, China. Entretanto, eles não abordam de forma mais precisa quanto ao diagnóstico da situação da empresa pré-implementação e estão direcionadas para a implantação do BIM em construtoras, incorporadoras e escritórios de maior porte, preterindo a situação de empresas de micro e pequeno porte, cujos recursos humanos e materiais são escassos (GARBINI; BRANDÃO, 2013).

O descontentamento dos profissionais com a ausência de padrões BIM voltados à pequenas empresas está associada à diversos fatores como: a parte do mercado com conhecimento superficial sobre o BIM e que o associam seus processos e ferramentas BIM ao aumento da “burocracia” dentro da empresa (SHAPIRO, 2014; LEUSIN, 2021), os requisitos do sistema convencional ainda vigentes que exigem a entrega de documentos 2D para a aprovação de projetos entre órgãos públicos e investidores assim como as iniciativas de implementação BIM entre estes últimos atores citados enquanto o sistema convencional coexiste, aumentando o esforço gasto nas entregas em BIM (HATMOKO et al, 2019).

Há críticas quanto ao desgaste causado pela implementação de softwares inadequados às demandas da organização, seja pela ausência de um diagnóstico adequado durante o planejamento estratégico da adoção do BIM ou pela pressão de vendedores de licenças e treinamentos que, aproveitando a emergência da implementação BIM na indústria, promovem a venda dos seus produtos como a solução da implementação (SUCCAR, 2011; MANZIONE, 2018). Essa tendência, de vendedores tomarem a dianteira quanto a disseminação do BIM, promove a prática do chamado *BIM Washing* cuja consequência da sua prática são os casos de adoção malsucedidos, desastrosos e a disseminação de resistência da adoção do BIM (SANTOS, 2017), principalmente entre os escritórios menores que não possuem recursos para testar a introdução de uma inovação sem comprometer os projetos paralelos (FERRARI, 2019) e despreparados financeiramente para empregar recursos em novas tecnologias, equipamentos e treinamentos (GARBINI, BRANDÃO, 2013).

Esse cenário evidencia que os micros e pequenos escritórios, que compõem cerca de 85% do total de escritórios de arquitetura e engenharia do Brasil (SEBRAE, 2020), além de sofrerem para superar as limitações relacionadas a pessoas, tempo e dinheiro escassos, também precisam administrar a implementação de uma inovação em que cada implementação representa uma situação única e particular. Na organização de menor porte, o planejamento precisa ser mais assertivo, principalmente em mudanças que envolvem custo elevado e que devem transformados em resultados mais rapidamente (COELHO; LIMA; MELHADO, 2015).

Deste modo, o estudo da implementação BIM em pequenos escritórios e a subsequente proposição de alternativas que favoreçam a autonomia de profissionais para diagnosticar, mesmo que superficialmente, suas empresas quanto a um futuro projeto de implementação do BIM, não somente propicia a expansão da contribuição da pesquisa acadêmica para o mercado como também possibilita que empresas com menor disposição de recursos possa familiarizar-se e compreender de forma menos equivocada o conceito do BIM.

2. Método

A metodologia escolhida para o desenvolvimento da ferramenta de diagnóstico da situação pré adoção BIM em pequenos escritórios foi o *Design Science Research* (DSR), método capaz de consolidar o conhecimento consequente do projeto e desenvolvimento de novos artefatos que desempenham a solução para diversos problemas. Também conhecida como pesquisa construtiva, tem natureza prescritiva e inclui a integração com outras disciplinas com o objetivo de ser a "ciência do projeto" ou "ciência do artificial" para estudar soluções para problemas cotidianos de profissionais de áreas como a arquitetura, ciências sociais, educação, engenharia de produção, gestão, administração e sistemas de informação (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

Ao projetar um artefato utilizando a metodologia DSR, é recomendável identificar o problema. Nesta pesquisa, essa etapa resultou na aplicação de questionários anônimos entre arquitetos e engenheiros familiarizados ou não com o conceito BIM. As questões elaboradas assim como a análise dos resultados do questionário estão documentadas na dissertação de mestrado disponível no endereço <https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalhos/index/177>. O artefato resultante foi desenvolvido como resposta à análise de um levantamento entre escritórios de arquitetura e engenharia de micro e pequeno porte. Durante a aplicação dos questionários que levantaram os dados foi possível identificar como o público se comporta ante a questões mais simples (objetivas, com respostas de múltipla escolha curtas) e complexas (enunciados mais longos, subjetivos, abertas ou com alternativas longas), as fontes de informações sobre BIM e implementação as quais possuíam acesso e entre outros. O levantamento possibilitou analisar as diferenças entre os escritórios com processos tradicionais de projeto e as condições pré-implementação dos escritórios que já adotaram processos BIM.

Com essas análises, foi identificada a condição previa existente que favoreceram a implementação bem-sucedida nestes escritórios e apontada como uma dificuldade por aquelas que ainda não haviam transicionado: a pré-existência de projetistas familiarizados com ferramentas de modelagem BIM ou a contratação de novos colaboradores com essa qualidade. Dentro deste contexto, cada vez menores escritórios estão sendo criados tendo como premissa a utilização de ferramentas BIM (ARAUJO, 2021; PEREIRA; FREIRE, 2021) e novas alternativas para "diluir" através do preparo prévio deverão ser identificadas. Para a construção do artefato foi fundamental a análise das informações levantadas pelo questionário e das ferramentas de mensuração da maturidade BIM assim como a utilização de técnicas de documentação de questionários (MELO & BIANCHI, 2015).

A etapa seguinte, de estruturação das Classes de Problemas, materializou-se na análise de artefatos similares. Em seguida, foi possível diagnosticar condições externas e internas que prejudicam a introdução dessas ferramentas no contexto em estudo (EPPs brasileiras com pouca ou nenhuma consciência de como seus processos e recursos existentes devem ser geridos em uma situação de implantação de BIM). O diagnóstico norteou a proposição de requisitos para ferramentas futuras ou para a adaptação das já mapeadas para o contexto em questão.

3. Análise das principais ferramentas de diagnóstico para implementação BIM

O desenvolvimento de ferramentas e métodos para a avaliação de empresas, equipes ou projetos quanto a qualidade da adoção BIM data desde 2007, ano de lançamento da pioneira *Capability Maturity Model* (NBIMS CMM). Desde então, diversas propostas foram criadas e entre elas destacam-se a *VDC/BIM Scorecard* (2010); *BIM Maturity Matrix* (2010) e *BIM Assessment Profile* (2013).

3.1. NBIMS Capability Maturity Model (NBIMS CMM)

NBIMS-US™ foi desenvolvido visando maior eficiência no gerenciamento de ciclo de vida de uma edificação, estabelecendo padrões referência que vão desde sistemas de classificação de informações da construção até processos e procedimentos de modelagem, troca de informações, execução e entregáveis BIM definidos em contrato (NBIMS US, 2015). A sua primeira versão foi publicada em 2007 e foi atualizada mais duas vezes nos anos de 2011 e 2015. A CMM está inclusa desde a primeira versão, sendo retroalimentada nas versões posteriores, em especial na terceira (2015), com análises referentes as ferramentas semelhantes desenvolvidas a partir de 2007.

Entre as desvantagens do uso desse modelo estão o difícil acesso ao mesmo: endereços eletrônicos indicados são inválidos, não há instruções suficientes para o seu uso e a usabilidade é baixa (KASSEM et al, 2020). Os tópicos abordados não constituem uma pergunta claramente formulada e se concentram mais na disponibilidade de recursos ou habilidades para execução de processos BIM do que de fato em qualidades concretas da empresa ou equipe.

O modelo, se utilizado para o propósito sugerido pelos autores do NBIMS v.3, é uma ferramenta auxiliar para obtenção de informações para o planejamento estratégico de uma empresa, porém o sistema de pontuação para uma “futura” certificação demonstra ser inadequado para tal método que envolve autoavaliação, que não considera adequação para contextos diversos de porte empresarial e que não cobre aspectos que envolvem infraestrutura física e tecnológica, performance, suporte para aperfeiçoamento da equipe e padronização de processos e procedimentos.

Wu et al (2017) argumentou que a falta de diretrizes detalhadas para os usuários pode dificultar a compreensão do significado das questões de usuários menos familiarizados em BIM. Os mesmos pesquisadores apontam que inconsistência e contradições em algumas das áreas de interesse da CMM prejudica a validade dos resultados. A aplicação da ferramenta da NBIM não pode ser considerada adequada para avaliar a prontidão de uma organização (KASSEM et al, 2020).

3.2. VDC/BIM Scorecard e derivações

O *VDC/BIM Scorecard* começou a ser desenvolvido em 2010 por pesquisadores do CIFE (*Center for Integrated Facility Engineering*) da Universidade de Stanford (EUA), com o intuito de criar um sistema de pontuação objetiva de maturidade e de inovação em projetos da indústria da construção cuja prática adota BIM ou outros métodos de virtualização da construção. A proposta também engloba a avaliação holística das tecnologias, equipes e processos assim como ser de uso prático, objetivo, quantificável, adaptável e uma ferramenta de auxílio para *benchmarking* na AECO (KAM et al 2015).

O resultado da pesquisa são dois formulários: a versão completa que consiste em 22 métricas levantadas quando aplicado e a versão expressa, em 22 métricas que estão divididas em quatro áreas: Planejamento, Adoção, Tecnologia e Performance. As áreas possuem participação ponderada no output final do VDC Scorecard, assim como as divisões. Diferentemente do NBIMS CMM, a ferramenta está comprometida com a avaliação de projetos e suas respectivas equipes.

No website oficial da pesquisa, o material é disponibilizado para download em formato PDF, um tipo de documento virtual exclusivo para leitura, fazendo do conteúdo dos formulários menos dinâmica e dependente de transcrição para a sua aplicabilidade. No mesmo endereço web, não

há informações suficientes para a autoaplicação e para a pontuação dos resultados, sendo necessária a interferência de um consultor para ser aplicado.

Os pesquisadores do CIFE desenvolveram uma avaliação que, mesmo na sua forma expressa, é longa, sendo esta composta por oito páginas de formulários e uma média de quatro horas de entrevista para completá-la (VCD SCORECARD, 2021).

O VDC Scorecard foi também usado como referência para o desenvolvimento do SBI *bimSCORE* (OLDFIELD; KAM; RINELLAS, 2015), porém esse produto foi especificamente elaborado para ser uma ferramenta de apoio para consultores destinados a analisar a maturidade BIM de um projeto. Para acessar a plataforma é necessário ser consultor ou contratar os serviços de consultoria especializados do SBI.

Overfield, Kam e Rinella (2015) defendem que o SBI *bimSCORE* é escalável à quaisquer portes empresariais e customizável a diversos tipos de projetos, regiões e necessidades individuais de cada empresa, entretanto a sua composição estrutural não atende às características holísticas e adaptáveis destacadas por seus criadores (BRITTO, 2017, p. 98), pouco adequada para empresas de pequeno porte e para o contexto brasileiro dada a ocorrência de termos e técnicas comuns no mercado norte americano, mas pouco difundida no cenário brasileiro e desconhecidas por muitos profissionais do ramo (LIMA, 2019, p. 148).

3.3. BIM Maturity Matrix e derivações

Bim³ é “uma autoavaliação organizacional com baixo nível de detalhe” (SUCCAR, 2016). O modelo foi desenvolvido na Austrália e publicado em 2010, composto por cinco níveis de maturidade que evoluem somando 10 pontos conforme avançam em maturidade e cujas denominações (Inicial/Ad Hoc, Definido, Gerenciado, Integrado e Optimizado) são análogas a algumas das denominações empregadas nos níveis de maturidade utilizados no contexto de desenvolvimento de software.

Uma das vantagens da Bim³ é o engajamento gerado pela liderança internacional do autor na pesquisa do BIM através da BIME Initiative que reúne mais de 70 voluntários, entre eles professores do Brasil, Canadá, França, Alemanha e Austrália (CBIC, 2018), tomando a sua pesquisa, que envolve diversos conceitos relacionados ao BIM, ainda mais difundida. Essa difusão resultou na tradução de diversas publicações acadêmicas da pesquisa e, conseqüentemente, da matriz em diversas línguas, entre elas o português. Como consequência, a mesma já foi utilizada em pesquisas publicadas que levantavam a maturidade BIM (DANTAS FILHO et al, 2017; RODRIGUES, 2018; ALVES, 2019; VIANNA, CARVALHO, 2020; SILVA, 2020, TELES JUNIOR, 2018; LIMA, 2019; SIENGE & GRAND THORNTON, 2020. BÖES, NETO, DE LIMA, 2021). O método de avaliação de maturidade do Bim³ é simples, gratuita e pode ser usada para avaliar tanto projetos quanto organizações.

Sugere-se que a avaliação, cuja duração deve variar entre 60 e 90 minutos, seja realizada como uma atividade em grupo entre três e oito profissionais de diferentes níveis de experiência e função na organização e que seja liderada por “alguém com experiência relevante em ferramentas BIM, processos de trabalho e protocolos e suficiente visão do sistema e cultura organizacionais” (SUCCAR, 2016). Assim como a NBIMS CMM, deve ser escolhida em cada linha qual descrição mais se adequa a realidade atual da empresa, de forma que as células anteriores representem um status já superado pela organização.

Entre as críticas relacionadas à ferramenta, é apontado pelos usuários que as respostas são longas, que elas abrangem muitos tópicos, a duração é demorada e “algumas das questões do método avaliativo *BIM Maturity Matrix* não se enquadram na realidade de organizações de pequeno porte” (LIMA, 2019, p.143). Logo, a aplicação da mesma para avaliar a situação pré-implementação é pouco viável, pois exigiria maior conhecimento prévio. Mesmo sendo bastante flexível, a Matriz de Maturidade BIM, a subjetividade, a ausência de questões “quantificáveis”

tomam muito difícil a possibilidade de um usuário menos experiente em BIM utilizá-la, principalmente porque há muitos conceitos necessários para a compreensão da sua aplicação e, conforme os níveis vão aumentando, suas descrições se tornam mais complexas (WU et al, 2017, p.53). Um produto derivado do BIm³ é o modelo de maturidade BIM para instituições de ensino superior (m²BIM-HEI). Enquanto o BIm³ se concentra em ser uma ferramenta flexível desenvolvida na Austrália, o m²BIM-HEI é produto de pesquisa em instituições de ensino superior brasileiras (BÖES, NETO, LIMA, 2021).

3.4. Organizational BIM Assessment Profile e derivações

A Universidade Estadual da Pensilvânia (*Pennsylvania State University/Penn State*), nos EUA, produz diversos materiais relevantes para a disseminação e padronização do BIM. Através do grupo de pesquisa *Computer Integrated Construction (CIC)*, foram publicados guias de relevância para a comunidade de pesquisadores e entusiastas do BIM: *BIM Project Execution Plan Guide*, *The Uses of BIM* e o *BIM Planning Guide for Facility Owners*, o qual contém as instruções para o uso da *Organizational BIM Assessment Profile* e a matriz em planilha Excel correspondente.

A ferramenta, apresentada ao público em 2013, é auto avaliativa e procura medir as organizações quanto a implantação do BIM. O objetivo é estimar o nível de maturidade de uma organização que está preparando o Planejamento Estratégico da Implementação BIM, identificando o seu status atual, sua competitividade, possíveis áreas de adoção e implementação de novos processos e tecnologias (COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM, 2013, p. 9). A sua aplicação é orientada pelo *BIM Planning Guide for Facility Owners*, que orienta que o *BIM Assessment Profile* seja conduzido pelos funcionários com maior conhecimento na área de implementação BIM na empresa.

Por meio de 20 questões, são aferidas as aptidões de uma organização em seis elementos de planejamento: Estratégia, Usos BIM, Processos, Informação, Infraestrutura e Recursos Humanos. Cada uma das questões, que correspondem a uma linha na planilha, deve ser julgada conforme o grau de maturidade, em uma escala de seis níveis que varia de Não Existente (nível mais baixo de maturidade), Inicial, Gerenciado, Definido, Gerenciado Quantitativamente e Otimizado (nível mais maduro).

Os níveis de maturidade eleitos pelo grupo de pesquisa CIC para compor a matriz em discussão são correspondentes aos existentes no *Capability Maturity Model Integration (CMMI)*. O CMMI é um *framework* de melhoria de processos desenvolvido há mais de 20 anos pela Software Engineering Institute (SEI) da *Carnegie Mellon University* (EUA), frequentemente adotado na indústria de desenvolvimento de software e patrocinado pelo Departamento de Defesa dos EUA (LINSTEDT, OLSCHIMKE, 2016, p. 39).

As características mais desfavoráveis ao uso do modelo são a pouca flexibilidade, a subjetividade de parte das questões/métricas, a ausência de funções relacionadas ao *benchmarking* e da apresentação, por parte de seus criadores, de testes e experimentos que validem a ferramenta proposta (WU et al, 2017; KASSEM et al, 2020).

Quanto a avaliação da prontidão para a adoção do BIM na organização (*BIM Readiness*), o *BIM Assessment Profile* destaca a importância do alinhamento das estratégias projetuais com o planejamento estratégico e com o investimento em recursos humanos, porém não mede a prontidão para a implementação BIM. Há uma questão específica que aborda a preparação da empresa para a implementação de mudanças, contudo essa abordagem é genérica.

Dada a facilidade de compreensão e aplicação da ferramenta, a mesma também foi referência no desenvolvimento de outras três posteriores: *BIM Maturity Assessment Tool (BMAT)* desenvolvido pela Arup em 2014, BMAT, pela Universidade de Cambridge em 2018 e o *BIM Profiler*, pelo *Bimconnect* em 2019.

4. Resultados e discussões

O artefato a ser descrito não se propõe a ser uma ferramenta pronta para uso prático, mas sim uma série de recomendações e heurísticas a serem adotados por aqueles que resolverem desenvolver um instrumento de estudo de viabilidade de implementação BIM em micro e pequenos escritórios.

Para atender as necessidades do micro e pequeno, foram identificados os atributos desejáveis em uma ferramenta de estudo ou diagnóstico da viabilidade de implementação. Os atributos fundamentais para tal tipo de artefato são: Ser Redigido em língua portuguesa; estar disponível online; sua abordagem deve estar adaptada para uma linguagem acessível às micro e pequenas empresas, menos familiarizadas o vocabulário comum entre aqueles que utilizam processos BIM; ser autorrealizável com interface de intuitiva; contribuir para a disseminação do BIM e desmistificação da ideia do “BIM é *software*”.

Com base no observado nas ferramentas de maturidade existentes, a determinação de um mínimo de três áreas de avaliação e três níveis facilita, primeiro, a compreensão dos aspectos políticos, tecnológicos e processuais do conceito. Os primeiros foram estruturados baseados nos “conjuntos de capacidades em BIM” (SUCCAR, 2010) que são Políticas, Processos e Tecnologias que buscam abordar questões relacionadas a Elementos de Planejamento BIM (COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM, 2013), áreas de interesse (NIBS, 2007) e divisões (VCD, 2010).

A experiência adquirida através de questionários aplicados na etapa de estruturação das classes de problemas demonstrou a baixa adesão público menor familiarizado com BIM com questionários e testes de longa duração. Então, o desenvolvimento de uma ferramenta mais sucinta, composta por 27 questões dicotômicas foi justificada como uma maneira de atender às preferências do seu público e também pela dificuldade existente na criação de uma ferramenta de alto grau de assertividade sem que a mesma seja aplicada por um profissional que domine os conceitos envolvidos. Isto é, conforme as questões se tornam mais complexas para aqueles que a respondem, suas respostas tendem a ser as alternativas que favoreçam um resultado mais alto, ou melhor classificado (VAN BERLO et al, 2012, p. 4).

Quadro 1. Afirmações-chave para levantamento de dados suficientes para realizar o diagnóstico

Tópico		Questão
Políticas	Estratégico	Adoção do BIM como objetivo estratégico
		Modelos contratuais com Requisitos do modelo BIM definidos
	Oportunidades e riscos associados ao BIM claro entre os membros do time	
	Treinamentos em BIM total ou parcialmente patrocinados pelo escritório	
	Planejamento	Usos BIM em potencial já mapeados
Método de Entrega	Projetos entregues no formato em que projeto foi desenvolvido	
	Projetos entregues em IFC	

	Performance	Aplicação de checklist para controle de qualidade das entregas
		Lista de boas práticas para controle de qualidade
	Processos de negócio	Processos de negócio documentados
Processos	Usos BIM	Modelagem para documentação mais consistente
		Modelagem para simulação e análise
		Modelagem para detecção de interferências
		Modelagem para extração de quantitativos
		Modelagem para visualização e renderização 3D
	Funções e disciplinas	Colaboradores designados para disciplinas/funções específicas
		Pelo menos um membro motivador da adoção do BIM no time
		Pelo menos um membro do time com noções sobre processos de modelagem paramétrica
		Adoção do BIM é vista como mais do que a aquisição de um software
Infraestrutura	Infraestrutura	O ambiente para reuniões do time possui espaço suficiente, com possibilidade de projeções e rascunho durante as discussões
		Os computadores disponíveis possuem desempenho satisfatório durante a execução de softwares 3D
		O proprietário tem planejada a aquisição de melhores recursos físicos (computadores, servidores) no futuro
		Existe um ambiente de compartilhamento de arquivos localizado na empresa (servidor) ou em nuvem.
	Modelagem	Há uma biblioteca de objetos tridimensionais paramétricos (.rfa, .gsm, .ifc, entre outros) em construção
		Os softwares utilizados em processos BIM serão adquiridos no futuro (adicionais ou não)
		Os colaboradores possuem habilidades mínimas de modelagem em softwares de modelagem paramétrica e/ou BIM
		Os dados inseridos nos modelos são estabelecidos através de listas/checklists/demais documentos

Os níveis estão classificados da seguinte maneira: Definido, Inicial e Não existente. O nível final, aquele que corresponde a faixa entre 70 e 100% das questões respondidas como “sim”, é o Nível Definido que configura na prática projetual convencional acrescida do desenvolvimento de modelos tridimensionais abastecidos por informações paramétricas. Nessas situações, o proprietário já adota softwares que permitem a inserção de parâmetros em objetos, já planeja a adoção de BIM no futuro, se movimenta para a padronização de processos e procedimentos internos como também a aplicação de métricas para a homogeneização da qualidade dos produtos entregues pelo escritório.

A faixa intermediária entre 40 e 70%, denominada Nível Inicial, abriga as categorias de escritórios que, convencionalmente, utiliza a modelagem 3D com finalidade promocional, parte da concepção visual (nas empresas de arquitetura e design de interiores), ou na elaboração de modelos para cálculo estrutural, por exemplo. Nessa faixa, o impacto da especialidade da empresa no resultado é mais expressivo: nas empresas especializadas em disciplinas complementares, como instalações elétricas, de água fria, esgoto, o Nível de Maturidade (e conseqüentemente, de Prontidão) é estatisticamente mais alto do que o levantado nas empresas de arquitetura e cálculo estrutural pôr as primeiras serem as partes “mais passivas” no processo de colaboração, cobrando maior habilidade de padronização de procedimentos internos para conseguir submeter a empresas aos processos de contratação de prestação de serviço bastante heterogêneos existente no mercado e a natureza bastante específica dos softwares utilizados por tais projetistas (VAN BERLO et al, 2012, p. 5 e 7).

A faixa mais baixa, o Nível Não Existente, também reflete um grupo de empresas que necessitam resolver muitas questões relacionadas à suas políticas e processos internos, tornando os planos de uma futura implementação BIM secundários dada a emergência dessas fragilidades estratégicas da empresa.

Quanto mais baixo o nível, maior deverá ser o investimento, principalmente nas áreas de planejamento estratégico da empresa. No Não Existente, mesmo que a empresa possua hardwares e softwares compatíveis com a demanda para implementação BIM, se suas políticas internas não estiverem alinhadas com o objetivo da adoção do BIM, a implementação bem-sucedida do BIM na empresa fica comprometida.

Para aquelas com porcentagem de afirmações verdadeiras menor, há uma grande quantidade de ações a serem decididas e discutidas internamente: o primeiro passo é, entre proprietários, estudar os usos do BIM para identificar a motivação da implementação: “é pelo aumento de produtividade? É pela modelagem 3D atrelada à documentação? É pela compatibilização de projetos? Ou é pelo planejamento 4D?”. Como as empresas que ainda não adotaram o BIM afirmaram, as despesas relacionadas à alocação de pessoas, contratação de softwares e treinamento são consideráveis e, portanto, o planejamento de estar alinhado aos objetivos estratégicos e ao plano de negócios da mesma, incluindo a elaboração de processos de transição e padronização interna.

Na situação do Nível Inicial, devem ser analisadas as afirmativas negadas para que as mesmas possam se converter em afirmativas verdadeiras. É previsível que nesses casos, as empresas provavelmente precisaram investir na padronização de processos, procedimentos e eventualmente discutir o investimento em ferramentas de trabalho (software e hardware). É favorável discutir como melhorar os processos de projeto tendo em vista uma futura implementação BIM e refletir se as ferramentas usadas no momento estão adequadas a realidade atual e desejada.

O nível mais alto, o Definido, seria aquele que encaixaria uma empresa que já adotou BIM, caso se aplicasse essas afirmações neste contexto. O escritório do nível Definido já tem políticas internas alinhadas à adoção BIM, os recursos necessários para alterar processos e aprimorar a infraestrutura existente estão disponíveis e são bem menos significativos do que os valores que

as empresas de outros níveis precisariam desembolsar. Caso já não tenha planejado a implementação, é interessante considerar investir na transição.

5. Considerações finais

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de contribuir para a disseminação de práticas que podem potencializar a gestão mais assertiva de obras e projetos. A implementação do BIM bem-sucedida necessita do suporte de uma série de procedimentos. Estes envolvem mapeamento de processos adequado, padronização das trocas de informações, dos entregáveis, estruturação de minutas de contratos e planos de execução BIM, entre outros que envolvem um grande esforço e investimento. Portanto, esses procedimentos devem ser realizados somente após uma intensa análise das condições internas e externas da organização, cuja consequência da sua não realização são empresas arriscando seus limitados recursos em uma missão mal organizada.

Destaca-se que qualquer artefato concebido não conseguirá atender a todas as particularidades relacionadas ao seu público-alvo, dada a complexidade do planejamento de adoção de novos processos em ambientes empresariais. Porém objetiva-se facilitar o entendimento das possibilidades de aplicação do BIM em escritórios com limitações relacionadas ao micro e pequeno porte, possibilitando que o profissional identifique qual o lugar que ocupa quando se trata de informação da construção e quais estratégias podem ser.

Para contribuir para a disseminação de melhor práticas no contexto da implementação BIM em pequenos negócios, foi elaborado um site como forma de publicização do artefato no endereço <https://carolinavendimiati.wixsite.com/bim-epp>. As informações disponíveis nesta página também buscam explicitar o conceito BIM de maneira acessível, pois sabe-se que parte do público-alvo nem mesmo possui o mínimo de maturidade sobre o conceito para compreender o significado e propósito de uma implementação BIM.

Referências

- ALVES, J. C.; DREUX, V.P. Resíduos da construção civil em obras novas. **Interfaces Científicas-Exatas e Tecnológicas**, Aracaju v. 1, n. 1, p. 53-65, 2015.
- ARAÚJO, Alan. II WEBINAR BIM - Dia 4. Algo+ritmo, 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RgZDObP04vA>. Acesso em: 16 nov. 2021.
- BÖES, J. S.; BARROS NETO, J. de P.; LIMA, M. M. X. de. BIM maturity model for higher education institutions. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 131-150, abr./jun. 2021.
- BRITTO, Saulo Almeida dos Santos. **Composição estrutural do VDC scorecard: triangulação transformativa concomitante da aplicabilidade pela neutralização das suas medidas**. 2017. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.
- CARVALHO, H.; SCHEER, S. **A utilização de modelos BIM na gestão de resíduos de construção e demolição**. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015.
- CBIC. **Especialista em BIM, Bilal Succar participa de evento da CBIC e diz que o País está progredindo na implantação da ferramenta desses processos**. Agência CBIC, 2018. Disponível em: <https://cbic.org.br/especialista-em-bim-bilal-succar-participa-de-evento-da-cbic-e-diz-que-o-pais-esta-progredindo-na-implantacao-da-ferramenta/>. Acesso em: 1 ago 2021.
- COELHO, K.M.; LIMA, T.F.; MELHADO, S. **Implementação da modelagem da informação da construção em empresa de arquitetura: um estudo de caso**. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE

TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015"

COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM. **BIM Planning Guide for Facility Owners**. Version 2.0. State College, PA: The Pennsylvania State University, 2013.

DANTAS FILHO, J. B. P. et al. Identificação de passos BIM para colaboração baseada em modelo usando medição de maturidade. In: **Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção**, 1, 2017, Fortaleza. Anais... Fortaleza: ANTAC, 2017.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; JÚNIOR, José Antonio Valle Antunes. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Bookman Editora, 2015.

FERRARI, Alessandro. **Principais desafios das pequenas empresas na adoção do BIM**. BIMEXPERTS, 2019. Disponível em: <https://www.bimexperts.com.br/post/principais-desafios-do-bim-para-pequenas-empresas>. Acesso em: 26 jan 2021.

GARBINI, M. A. L.; BRANDÃO, D. Q. Implantação da tecnologia BIM analisada em quatro escritórios de arquitetura. **Cadernos Proarq**, v. 21, p. 125-146, 2013.

HATMOKO, Jati Utomo Dwi et al. **Investigating building information modelling (BIM) adoption in Indonesia construction industry**. In: MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2019. p. 02006.

KAM, K. et al. **The VDC Scorecard: Formulation and Validation**. CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) Working Paper, Stanford, #WP135, 2016.

KASSEM, Mohamad et al. **Building Information Modelling: Evaluating Tools for Maturity and Benefits Measurement**. Centre for Digital Built Britain: London, UK, p. 184, 2020.

LEUSIN, Sergio. **BIM está matando o BIM**. LinkedIn: 2021. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/bim-está-matando-o-sergio-leusin>. Acesso em: 24 fev 2021.

LIMA, Luciana de Oliveira et al. **Análise de modelos de maturidade para medição da implementação do building information modeling (BIM)**. 2019. Dissertação de Mestrado (Mestrado em engenharia civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

MANZIONE, Leonardo. **Equívocos nas implementações BIM**. Make BIM: 2018. Disponível em: <https://www.makebim.com/2018/05/27/equivocos-nas-implementacoes-bim/>. Acesso em: 06 maio 2021.

MELO, Waisenhowerk Vieira de; BIANCHI, Cristina dos Santos. Discutindo estratégias para a construção de questionários como ferramenta de pesquisa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 3, 2015.

NBIS - NATIONAL BIM STANDARD PROJECT COMMITTEE. **National building information modeling standard**, version 1, Part 1: Overview, principles, and methodologies. Washington: National Institute of Building Sciences, 2007.

NBIS - NATIONAL BIM STANDARD PROJECT COMMITTEE. **National building information modeling standard**, version 3, Part 1: Overview, principles, and methodologies. Washington: National Institute of Building Sciences, 2015.

OLDFIELD, J.; KAM, K.; RINELLAS, T. Target, Track, Evaluate, Benchmark, and Improve BIM Performance of Firms and Projects. Las Vegas. Autodesk University. 3 dez. 2015. Apresentação. 62 slides. color. Apresentação em Mesa Redonda promovida pela Autodesk University. Disponível

em: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Target-Track-Evaluate-Benchmark-and-Improve-BIM-Performance-Firms-and-Projects-2015>. Acesso em: 8 jul. 2021.

PEREIRA, Lucas; FREIRE, Lucas. II WEBINAR BIM - Dia 3. Algo+ritmo, 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xs7q6PiAgCA>. Acesso em: 16 nov. 2021

RODRIGUES, Ana Raquel Silvério. **Grau de Maturidade em BIM: Estudos de Caso em empresas projetistas de Arquitetura na cidade de São Paulo**. 2018. 182 f. Dissertação (Especialista em Gestão de Projetos na Construção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

SIENGE & GRAND THORNTON. **Mapeamento de maturidade BIM Brasil**. Sienge, 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/relatorio-mapeamento-de-maturidade-bim/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

SILVA, Adriano Macedo; VENDIMIATI, Carolina Martinez; DOS SANTOS JÚNIOR, Ricardo Egídio. Virtualização na construção: aplicações na gestão de saúde e segurança do trabalho. **Brazilian Journal of Business**, v. 2, n. 3, p. 2645-2667, 2020.

SANTOS, Eduardo Toledo. BIM bem-feito. Estrutura, São Paulo, ano 1, ed. 3, p. 63 - 65, abr. 2017.

SEBRAE (Brasil). **DataSEBRAE: total de empresas brasileiras**. Total de empresas brasileiras. 2020. Disponível em: <https://datasebrae.com.br/totaldeempresas/>. Acesso em: 29 out. 2020.

SHAPIRO, Gideon Fink. **Setting a Standard in Building Information Modeling**. ARCHITECT, 2014. Disponível em: https://www.architectmagazine.com/technology/setting-a-standard-in-building-information-modeling_o. Acesso em: 31 maio 2021.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, p. 357-375, 2009.

SUCCAR, Bilal. Building information modelling maturity matrix. In: **Handbook of research on building information modeling and construction informatics: Concepts and technologies**. IGI Global, 2010. p. 65-103.

SUCCAR, Bilal. **Episode 16: Understanding BIM Wash**. BIM ThinkSpace, 2011. Disponível em: <https://www.bimthinkspace.com/2011/06/episode-16-understanding-bim-wash.html> . Acesso em: 06 maio 2021.

SUCCAR, Bilal; KASSEM, Mohamad. Building information modelling: Point of adoption. In: CIB World Conference Proceedings, 1, 2016, Tampere. CIB World [...]. Tampere: CIB Programme Committee, 2016.

THE BIM PROFILER. **Are you BIM-Ready? The BIM-Profiler will help you assess your company**. BIM Profiler, 2021. Disponível em: profiler.bimconnect.org. Acesso em: 12 de jul 2021.

VAN BERLO, L. et al. BIM QUICKSCAN: BENCHMARK OF BIM PERFORMANCE IN THE NETHERLANDS. In: CIB W78 International Conference, 29, 2012, Beirut. Proceedings ... Beirut: 2012.

VCD SCORECARD. **Survey Input Forms**. VDC and BIM Scorecard, 2021. Disponível em: vdcscorecard.stanford.edu. Acesso em: 13 jul 2021.

WU, C. et al. Overview of BIM maturity measurement tools. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, V. 22, pg. 34-62, 2017.

DISCUSSÕES ACERCA DO USO DE TECNOLOGIAS BIM COMO ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL

Luiz Soares | UFERSA - campus Pau dos Ferros | luiz.ferreira.soares17@gmail.com

Maria Lacerda | UFERSA - campus Pau dos Ferros

Maria Medeiros | UFERSA - campus Pau dos Ferros

Josyanne Giesta | IFRN - campus Natal-Central

Tamms Campos | UFERSA - campus Pau dos Ferros

Resumo

O uso recorrente de novas tecnologias tem se tornado cada vez mais uma realidade em escala global. No Brasil, visando aderir aos padrões de qualidade internacional, bem como implementar tecnologias de maior controle qualitativo para elaboração de projetos, foi-se publicado o decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, que trata da obrigatoriedade de adoção de tecnologias Building Information Modeling (BIM) em obras públicas, buscando o progresso do ambiente de construção na realidade brasileira. Tem-se notado paulatinamente, a emergência do planejamento urbano sustentável como premissa ordenadora da cidade, amparada também pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) postos em debate na agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (2015), onde pontua-se diversos objetivos que almejam a sustentabilidade em escala Global. Aliado a isso, surge a necessidade de buscar por meio do BIM, estratégias de projeto e acompanhamento de obras que permitam pensar a atividade projetual de modo a se adequar aos novos padrões de qualidades não só no Brasil, mas também em uma macro escala. Visto isso, essa pesquisa propõe-se em um primeiro momento, a analisar as contribuições do uso de tecnologias BIM para projetos e estratégias de Desenvolvimento Urbano Sustentável, principalmente no que tange ao avanço do ODS 11. Este artigo se faz através de pesquisa de caráter exploratório, com teor do método de Revisão Sistemática de Literatura (RSL) no que tange ao estudo e desenvolvimento em BIM, relacionando este universo de estudo a manuais, normas brasileiras e à agenda 2030 da ONU no que concerne em aproximar as áreas de tecnologia BIM ao Desenvolvimento Urbano Sustentável. Para isso, realizou-se o estado da arte com ênfase em textos clássicos como o livro Manual do BIM, pesquisa em periódicos da Capes (2019-2022) e documentos oriundos do governo brasileiro, como guias para o uso do BIM elaborado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Com isso, foi possível considerar que embora a nível nacional se tenha algum direcionamento para adoção do BIM, o mesmo ainda não é atendido plenamente para o padrão a nível mundial, em especial no que consiste a sua adoção como estratégia para o Desenvolvimento Urbano Sustentável.

Palavras-chave: BIM, Desenvolvimento Urbano Sustentável, planejamento urbano.

Abstract

The recurrent use of new technologies has increasingly become a reality on a global scale. In Brazil, with the aim of adhering to international quality standards, as well as implementing technologies of greater qualitative control for the preparation of projects, Decree No. Modeling

(BIM) in public works, seeking the progress of the construction environment in the Brazilian reality. Gradually, the emergence of sustainable urban planning has been noted as an organizing premise for the city, also supported by the Sustainable Development Goals (SDGs) discussed in the 2030 agenda of the United Nations (2015), where several goals are highlighted. aim for sustainability on a global scale. Allied to this, there is a need to seek, through BIM, design strategies and monitoring of works that allow thinking about the design activity in order to adapt to the new quality standards not only in Brazil, but also on a macro scale. In view of this, this research proposes, at first, to analyze the contributions of the use of BIM technologies for projects and strategies of Sustainable Urban Development, especially with regard to the advancement of SDG 11. This article is done through research of a character exploratory, with content of the Systematic Literature Review (RSL) method regarding the study and development in BIM, relating this universe of study to manuals, Brazilian standards and the UN 2030 agenda with regard to bringing together the areas of BIM technology to Sustainable Urban Development. For this, the state of the art was carried out with an emphasis on classic texts such as the book Manual do BIM, research in Capes journals (2019-2022) and documents from the Brazilian government, as guides for the use of BIM prepared by the Brazilian Agency of Industrial Development (ABDI). With this, it was possible to consider that although at the national level there is some direction for the adoption of BIM, it is still not fully met for the standard at a global level, especially in what is its adoption as a strategy for Sustainable Urban Development.

Keywords: BIM, sustainable urban development, urban planning.

1. Introdução

A construção civil é uma das áreas que mais cresce no Brasil e no mundo, na qual gera muitos empregos, faz a economia girar e consome grande parte da matéria prima mundial, dessa forma faz-se necessário repensar os métodos utilizados para projetar, pois é de grande valia refletir sobre as formas de construção utilizadas atualmente, tomando como pressuposto a necessidade de construir de forma limpa e responsável, pensando não só nessa geração, mas nas gerações futuras. Desse modo, o universo da construção precisa se reinventar a cada dia para que o mercado venha a suprir as exigências estabelecidas pelos seus contemporâneos e que venham a satisfazer seus posteriores. Dessa forma as tecnologias BIM que são softwares de base de dados utilizados para facilitar a visualização do resultado final do projeto, surge com o intuito de substituir os métodos tradicionais de representação em 2D, trazendo visualização em 3D com informações detalhadas, que garantem uma maior diminuição de erros e aceleram os processos projetuais, já que as ferramentas operam de forma paramétrica, que facilita a interoperabilidade entre softwares e profissionais envolvidos.

Foi publicado no Brasil o decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, tornando-se obrigatório a adoção de tecnologias Building Information Modeling (BIM) em obras públicas, com prazo final até o ano de 2028 (BRASIL, 2020), fazendo-se necessário a difusão do uso dessas ferramentas para todo o Brasil, levando em consideração que os softwares são eficazes, pois possuem uma comunicação fácil, completa e concisa, suprimindo de maneira ampla as necessidades impostas para se projetar em vários níveis, indo da microescala para a macroescala. Sendo assim, integrar os softwares aos projetos urbanos pode vir a ser uma medida necessária, pois essas ferramentas podem ser grandes aliadas com o desenvolvimento urbano que vem se tornando atualmente um tema de grande relevância, pois o desenvolvimento urbano também vive um momento de renovo. No ano de 2016 em Quito Equador foi realizada a Habitat III conferência das Nações Unidas que adotou a nova agenda urbana (Agenda 2030), com intuito de se pensar a cidade de forma sustentável convertendo-se em um local resiliente, colocando em pauta uma nova forma de se pensar as cidades.

Tanto o Desenvolvimento Urbano Sustentável quanto a utilização de ferramentas BIM, surge no Brasil como algo inovador e promissor, capaz de se integrar, pois os softwares BIM podem colaborar de forma positiva para o desenvolvimento sustentável das cidades, já que os mesmos agilizam os processos e proporcionam a visualização de soluções mais concisas e eficazes, podendo promover entrega de resultados corretos, econômicos e de forma mais rápida gerando um melhor custo benefício, e ainda garantem a fácil compreensão para todos, aproximando a população da tomada de decisões, já que é a população que faz uso das cidades, tornando o planejamento urbano cada vez mais inclusivo e resiliente, premissas essas defendidas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável os ODS, em especial o ODS 11 que consta na agenda 2030.

2. Metodologia

O presente artigo se faz através de pesquisa de caráter exploratório, sob a égide de pesquisa bibliográfica no que tange ao estudo e desenvolvimento em BIM, relacionando este universo de estudo a manuais, normas brasileiras e à agenda 2030 da ONU no que concerne em aproximar as áreas de tecnologia BIM ao Desenvolvimento Urbano Sustentável. Para realização da presente publicação, realizou-se o estado da arte com ênfase em textos clássicos como o livro Manual do BIM (EASTMAN *et al.* 2021), pesquisa em periódicos da Capes (2019 - 2022) e documentos oriundos do governo brasileiro, como guias para o uso do BIM elaborado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI.

A construção bibliográfica da pesquisa se deu através de Revisão Sistemática de Literatura (RSL) agrupadas em três fases: planejamento, condução e relatório. No processo de planejamento foi observado a possibilidade de aliar o uso de tecnologias BIM ao Desenvolvimento Urbano Sustentável, tendo em vista que a união destas podem garantir melhor qualidade projetual, a partir desses preceitos explicitados acima, foi definido nossa base de dados através da plataforma Capes, por meio de periódicos atuais sobre as temáticas em questão, para que dessa forma seja possível compreender e obter esclarecimentos sobre as hipóteses levantadas, vindo a discutir medidas e propostas dentro dessa temática.

Para critérios de adoção de referências bibliográficas, refinou-se a busca na base de dados da Capes ao filtrar pelos parâmetros a seguir: publicações entre 2019 - 2022, somente artigos na íntegra, além de publicações brasileiras que fosse possível verificar uma renomada conceituação através do qualis. Ao privilegiar trabalhos no referido recorte temporal, buscou-se priorizar publicações da atualidade devido a mutabilidade dos temas. Além disso, adotou-se como palavra-chave BIM que norteou os parâmetros de busca mencionados anteriormente.

Já para amparar a temática de Desenvolvimento Urbano Sustentável, restringiu-se a busca principalmente através de documentação que evidenciasse a materialidade da questão, como a agenda 2030 da ONU, amparada pela conferência Habitat III além da própria constatação na realidade brasileira, culminando em iniciativas como a Carta Brasileira para Cidades Inteligentes que busca adotar a sustentabilidade como fator integrante do meio urbano. A opção por tratar também do tema de Desenvolvimento Urbano Sustentável se faz em razão das progressivas mazelas que assolam o meio ambiente com significativo avanço nos últimos anos.

3. Resultados e Discussões

Pode-se afirmar que o ato de projetar em Arquitetura e Urbanismo bem como no campo da construção é uma atividade secular, ao longo da história veio se aprimorando e utilizando novas técnicas e tecnologias para melhor atender os desafios das novas dinâmicas sociais. Hoje, ainda

carece da implementação de novas tecnologias em maior escala visando a aproximação do projeto com o real.

Para o campo da Arquitetura, o projeto pode ser considerado como a concepção e antecipação da realização do objeto a ser construído, sendo necessariamente uma etapa que precede uma realização futura. Na Arquitetura, o saber projetual e sua aproximação com o campo tecnológico é indissociável da figura do arquiteto criador, onde de acordo com Leonardo Benevolo “A arquitetura é uma das artes maiores, junto com a pintura e a escultura. Mas, diferentemente da técnica pictórica e escultórica, a da arquitetura não se considera incorporada na arte e forma uma especialização reconhecida no mundo da *cultura tecnológica*” (BENEVOLO, 2014, p.83, grifo nosso). De tal maneira que o próprio entendimento do que é praticar Arquitetura requer a apropriação de novas tecnologias que o permitam atuar com maestria na sociedade.

A indústria da construção possui ainda grande parte de seu processo realizado em manufatura, se comparado a indústrias não agrícolas, podendo o fator humano influenciar significativamente na gerência de obras e conseqüentemente ocasionar atrasos não previstos em projeto, de tal sorte que “a incompatibilidade entre sistemas frequentemente impede que membros de equipes do empreendimento compartilhem informações com rapidez e precisão” (EASTMAN *et al*, 2021, p.12). Para isso, a realização de obras com o sistema de pré-fabricados visa alcançar um ponto de mutação, porém não podendo se restringir a essa atividade. A antecipação de erros é um dos fatores chaves da realização de projetos em tecnologia BIM, tanto em softwares de projeto quanto de análise e gerenciamento de obras.

Com isso, da incidência de erros na construção, nota-se de acordo com EASTMAN *et al* que: procedimentos de controle de qualidade raramente são capazes de capturar todos os erros, mas ultimamente todos os erros são revelados durante a construção ou a operação da edificação (2021, p.211). Dessa forma, ao desenvolver a maquete eletrônica em um ambiente de simulação da realidade, a iminência de erros tende a diminuir, podendo sua aplicabilidade ser usada da microescala como para projetos urbanos, uma vez que sua dimensão pede um maior controle de qualidade.

Autores como EASTMAN *et al* (2021), estabelecem 04 pontos basilares no que tange a melhorias da atividade projetual sob a ótica de um fluxo de trabalho voltado ao BIM, sendo elas desenvolvimento quanto ao: projeto conceitual, pré-fabricação, a integração de análises e a consideração dos tipos especiais de edificações. Nota-se a mudança quanto ao projeto desde da fase de pré-projeto até mesmo a realização de análises ao corpo da modelagem, sendo etapas que variam de acordo com a curva de aprendizagem de cada usuário.

A passagem de tecnologias CAD em 2D para um ambiente integrado de modelagem em BIM, possibilita ainda um salto tecnológico significativo para os profissionais que integram o campo da Arquitetura, Urbanismo e Construção - AEC (e recentemente a AECO com a adição da Operação para a sigla), onde o modo como se projeta também deve ser (re)visto, sob a ótica das novas dinâmicas e fluxos de trabalho. Alguns desses pontos que destoam do modo de projetar tradicional trata-se da antecipação de etapas como a altura do pé direito, pé esquerdo já no início da atividade conceitual.

Desse modo, ao projetar em BIM, é preciso sair do pensamento linear de início – meio – fim, onde muitas vezes as etapas passam para uma relação dialética, intercalando fatores, processos e ordens muitas vezes não lineares, porém que tornam a modelagem robusta e integrada de informações necessárias para a construção, dessa forma, é necessário passar do raciocínio simples para o complexo.

A empregabilidade de um fluxo de trabalho em BIM, desde a concepção projetual possibilita um projeto enxuto e menos provável a erros, uma vez que a construção no ambiente virtual trabalha com componentes parametrizados e quantificáveis, visto que não se desenham linhas ou traços, mas sim paredes, onde essa não somente representa por conveniência uma parede, mas de fato possui em sua composição argamassa, blocos e acabamentos. De tal sorte que ao prever tais condicionantes em etapa projetual, reduz-se a margem de erro ao implementar boas práticas de projeto desde o início da concepção projetual, dado que “a maior definição de um projeto em suas fases iniciais leva à redução de incertezas e aumenta a acuracidade do empreendimento” (ABDI, 2017, p.17).

Porém, é necessário entender também que a modelagem em BIM segue uma linha de raciocínio para o desenvolvimento projetual, onde traça um processo contínuo de adição de informações para as etapas essenciais, devendo ser papel do usuário utilizar o fundamental para seu objetivo, não carregando o modelo com acúmulo de informações não necessárias para sua tarefa (ABDI, 2017).

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI, propõe 03 questionamentos prévios à realização do projeto em BIM, sendo: Qual será seu uso? Em que momento do ciclo de vida da edificação ele deve ocorrer? Quem será o responsável? (ABDI, 2017). Dessa forma, entende-se a necessidade de pensar cada caso de maneira única, onde um projeto micro com uma finalidade X, pede um tratamento diferenciado de um projeto macro com finalidade Y, com isso, a adoção de critérios faz-se necessário para o bom uso de ferramentas e plataformas BIM.

Assim, percebe-se o desenvolvimento de tecnologias BIM com um nível de ganho superior a tecnologias CAD 2D, não somente reduzindo erros, quanto aumentando a produtividade e qualidade projetual, além de que:

A alavancagem do BIM pode aprimorar o processo de várias maneiras. Primeiro, o BIM pode melhorar a eficiência da maioria das etapas existentes no processo de CAD 2D tradicional, aumentando a produtividade e eliminando a necessidade de manter manualmente a consistência entre os arquivos múltiplos de desenho. (EASTMAN *et al*, 2021, p.284)

Para isso, é necessário estimular a indústria nacional com incentivos e divulgação para passagem do tradicional para o contemporâneo. Visto isso, a atividade projetual não deve ser pensada como um fim em si mesma, mas como aplicável a um caso, percebe-se também a necessidade de unir o uso de tecnologias BIM a projetos urbanos (e não urbanos) que promovam o Desenvolvimento Urbano Sustentável, através da redução do tempo de execução, construções enxutas e uma maior compatibilidade projetual entre diferentes disciplinas. Nota-se que tecnologias de maior controle e gerenciamento de obras podem vir a trabalhar com obras que promovam uma atenção especial para o meio ambiente urbano, compartilhando elementos da tecnologia com o real.

Pensar a atividade projetual de maneira a corroborar para o Desenvolvimento Urbano Sustentável é trabalhar nas mais variadas escalas e processos, onde uma construção enxuta pode vir a ser facilitada através de plataformas BIM, ressalta-se também que o ambiente BIM ainda é constantemente desenvolvido e atualizado, não possuindo um limite em si, mas ainda uma linha de horizonte a ser desbravada. No Brasil, esse desenvolvimento vem sendo trabalhado a partir de algumas diretrizes, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e a recente Carta Brasileira para Cidades Inteligentes (2021) que norteiam a Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (PNDU) do Brasil. Ações como estas, denotam uma maior atenção para o contexto da realidade brasileira.

Sob as possibilidades de seu uso para construções sustentáveis, é notável levar em conta algumas considerações, uma vez que “Arquitetos e engenheiros receberão a incumbência de fornecer edificações muito mais eficientes energeticamente e que usem materiais recicláveis, o que significa que serão necessárias análises mais acuradas e amplas. Os sistemas BIM precisarão suportar tais capacidades” (EASTMAN *et al*, 2021, p. 393). Logo, o sistema BIM apesar de progredir para medidas que trabalhem com o desenvolvimento sustentável ainda se faz necessário melhorias que possam facilitar análises energéticas e de custos, embora não se questione a contribuição do BIM para práticas de construções sustentáveis e verdes, além de facilitar a regulamentação de normas de eficiência energética bem como protocolos de certificação, como o LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design* (EASTMAN *et al*. 2021).

Dessa maneira, a etapa projetual abarca uma série de questões-chaves ainda nas fases iniciais do projeto, todavia, para um uso de maneira controlada, sugere-se o acompanhamento da obra também em ambiente virtual através de programas de análise e revisões, podendo vislumbrar interferências na compatibilidade de projetos e medições acerca da vida útil da edificação. Tais ações “são possíveis devido à conexão das dimensões espaciais com a temporal promovidas pela visualização em modelos 3D e simulação de sequência de atividades da obra” (SILVA; CRIPPA; SCHEER, 2019, p.03) dessa forma, trazer essa gama de processos é uma maneira de estimular o desenvolvimento urbano de maneira enxuta, evitando desperdícios, gerenciando o projeto de forma facilitada, além de permitir análises energéticas com uma maior fidedignidade ao real, logo, levar essas demandas para projetos urbanos é uma maneira de aproximar a tecnologia com o Desenvolvimento Urbano Sustentável.

A prática projetual através da colaboração realizada por meio de plataformas BIM denota uma intensa troca de informações entre os diversos participantes do projeto, que pode ser realizada através do IFC (Industry Foundation Classes) que se trata de um esquema padrão internacional, para a representação de informações construtivas, onde é necessário atribuir um conjunto de definições complementares para a melhor sincronização dos arquivos (ABDI, 2017).

Com a possibilidade de compatibilizar projetos de perfis urbanos e arquitetônicos, o BIM ainda permite que seja viabilizado um arranjo de trabalho com melhor fluidez, permitindo que haja um maior engajamento de forma perspicaz para corrigir eventuais erros que possam aparecer. Essa prática é facilitada por meio da interoperabilidade, a qual consiste em trabalhar com um arquivo que seja executado em diversas plataformas, essa estruturação de arquivo gera uma maior interação e contribuição dos usuários. A ABDI, ainda nos dá uma breve conceitualização desta interoperabilidade utilizada de forma projetual:

A referência ao “modelo BIM” é uma maneira simples de falar do que, na verdade, trata-se de uma combinação de diversos arquivos das diferentes especialidades. Ou seja, ele é a soma dos dados desses diferentes arquivos que, graças à interoperabilidade, fornece uma visão completa da construção virtual. (ABDI, 2017, p.23)

Desta forma, a interoperabilidade mencionada pode ser entendida levando em consideração a forma como o BIM consegue compatibilizar diversos tipos de projetos em apenas uma plataforma, sendo estes, elétricos, hidráulicos, estruturais e de movimentações de terra. A adoção desta plataforma para o desenvolvimento e execução de projetos de cunho sustentável, dará possibilidades de exploração de novas formas e conceitos para explorar e criar uma arquitetura biossistemática que seja executada com maior exatidão e fluidez baseada nos parâmetros de projeto.

Assim, a chamada interoperabilidade vem a somar no novo fluxo de trabalho advindo de plataformas BIM, essa, nasce da necessidade de trabalhar um arquivo de maneira universal, não o restringindo a nenhum software específico, mas abrindo a possibilidade que o mesmo seja trabalhado em diversos programas por diferentes profissionais. Podendo ser pensado como:

A capacidade de troca de dados entre aplicações, o que estabiliza os fluxos de trabalho e, por vezes, facilita sua automação. [...] A interoperabilidade tradicionalmente foi baseada em formatos de intercâmbio de arquivos limitados a geometria, como o formato DXF (Drawing eXchange Format) e o IGES (Initial Graphic Exchange Specification). (EASTMAN *et al*, 2021, p.85)

Percebe-se a casualidade da questão em aproximação com o tema do Desenvolvimento Urbano Sustentável, uma vez que esse ao ser composto por uma equipe interdisciplinar de profissionais e estudiosos, necessita da integração de várias frentes, utilizar arquivos que possam conversar entre softwares distintos representa um passo adiante para um projeto colaborativo e que compartilhe dados sem grandes restrições.

Somado a isso, surge a necessidade de implementar ainda mais um ambiente BIM, onde as mais distintas plataformas agreguem informações que possam ser compartilhadas entre os usuários, operando arquivos com extensões que não se restrinjam a um único uso, flexibilizando sua usabilidade perante os usuários.

Atualmente, as sociedades vivem um processo de conscientização global, que visa prosperar em harmonia com o meio ambiente. Em 2016 na Habitat III conferência das Nações Unidas foi adotada a nova agenda urbana (Agenda 2030), que busca promover cidades inclusivas, resilientes, seguras e sustentáveis, pautada por meio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável os ODS, com foco no ODS 11 que prioriza a construção de cidades e comunidades sustentáveis, proporcionando a implementação do conceito de cidades inteligentes no Brasil, de acordo com a Carta Brasileira para Cidades Inteligentes (2021), que vem com a missão de não só promover cidades sustentáveis e inclusivas, mas também cidades conectadas, inovadoras, tecnológicas e economicamente férteis, já que a mesma traz a transformação digital para dentro do ambiente urbano. É importante ressaltar que assim como o Desenvolvimento Urbano Sustentável é algo prioritário e urgente, a inserção de tecnologias BIM para construção de projetos em obras públicas também, de acordo com o decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020 que traça como data limite o ano de 2028. É notória a relevância em integrar as duas áreas, considerando que projetos voltados para o planejamento urbano possuem uma generosa gama de profissionais de diferentes áreas com conhecimentos complementares que necessitam desse tipo de ferramenta, já que a mesma possibilita uma maior flexibilização projetual de maneira colaborativa.

Os softwares BIM vem como uma proposta de solução a ser pensada, pois através desses softwares podem ser sancionados ou diminuídos problemas de comunicação entre os especialistas e sua partilha de informação, tendo em vista que esses softwares possibilitam os utilizadores a cederem e acrescentarem informações que serão importantes no processo de construção, que vem a diminuir problemas futuros nas obras, já que os programas funcionam não

só em 2D, mas também em 3D, deixando de ser apenas um desenho e funcionando como uma modelagem protótipo do que será o projeto real. Pois “a adoção desta tecnologia torna-se um passo importante para o futuro visto que tem uma importância significativa no sector da construção, permitindo visualizar e prevenir erros que possam ocorrer durante a elaboração de uma obra.”(CARDOSO *et al*, 2012, p.03.).

O uso de tecnologias BIM em projetos voltados para o Desenvolvimento Urbano Sustentável tem muito a agregar, uma vez que quando se fala em sustentabilidade é importante ter atitudes e fazer escolhas socialmente responsáveis, o que torna imprescindível levar em consideração os custos, o tempo, os materiais e técnicas que serão utilizados, todos esses aspectos devem ser pensados inicialmente quando se começa a projetar, os softwares BIM nos beneficiam com essas opções cíclicas, que são pensadas e levadas em conta a todo momento que se está projetando, tornando mais fácil a visualização da aplicabilidade do projeto e sua viabilidade de acordo com os princípios guiados para realização do mesmo. As ferramentas BIM podem gerar uma previsão mais segura e precisa quanto a diminuição de gastos e uso de tecnologias sustentáveis, já que os softwares produzem o 3D e tabelas imediatas do que se é projetado.

Os programas também contam com informações consideráveis quanto a estudos de insolação e topografia, fatores relevantes especialmente em projetos urbanos, visto que muitas vezes a falta de planejamento prévio nessas etapas projetuais pode gerar adoção de técnicas que venham a degradar o meio ambiente e que gere gastos elevados, uma vez que a visualização 3D é fundamental para se pensar na melhor forma que possa vir a gerar maior custo benefício quanto a esses aspectos apresentados, que são primordiais para se obter soluções convergentes tanto para o projeto, como para área que ele será inserido quanto para o planeta.

A nova agenda urbana propõe que até 2030, deve-se “aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e a capacidade para o planejamento e a gestão participativa, integrada e sustentável dos assentamentos humanos, em todos os países” (Agenda 2030, p.32. 2016). A visualização prévia da modelagem torna mais fácil a compreensão do projeto para o público geral, o que é de fundamental importância em projetos urbanos sustentáveis, tendo em vista que a população precisa ter o conhecimento prévio da construção para que venha a colaborar com sugestões, uma vez que é a população geral que fará uso dessas áreas, dessa forma, são propostos diálogos entre os gestores, profissionais envolvidos e habitantes (BURGER, 2019).

A parametrização dos objetos fornecida por meio de ferramentas BIM vem a auxiliar quanto a diminuição de tempo gasto ao corrigir e modificar alguns elementos, podendo ocorrer a partir desses diálogos entre profissionais e habitantes, pois a população pode sugerir algo diferente do que tinha sido pensado pelos profissionais, podendo vir a ser modificados depois de analisados pelos responsáveis. A parametrização que é algo específico desses softwares BIM na área de construção acelera esse processo de correção e mudança, vale salientar também que a interoperabilidade oferecida por essas tecnologias facilita e acelera todo o processo projetual garantindo troca de informações concisas não só entre os profissionais, mas entre diferentes ferramentas, tendo em vista o formato utilizado pelas ferramentas BIM. Desse modo, “compreende-se que a informação é essencial para a criação e avaliação de projetos em BIM, no entendimento de quanto mais conhecimento da informação disponível, maior é a probabilidade de ter um produto de qualidade”. (BARROS; LIBRELOTTO; MEDINA, 2020, p.03). Portanto, é através da troca de informações que gera-se um bom fluxo de trabalho entre os profissionais, possibilitando-os de usar diferentes ferramentas, vindo a favorecer o projeto, o que amplia importância e urgência a inserção do uso das mesmas em obras públicas, dado que oferecem inúmeros benefícios, pois essas tecnologias vêm a ofertar projetos mais fidedignos à realidade, em um menor espaço de tempo, com o benefício da pré-visualização de custos, para garantir índices de desperdício tanto financeiro quanto de materiais, esses fatores levantados são bastante

relevantes quando se fala em planejamento urbano sustentável, o que nos leva a propor essa integração dos mesmos.

4. Considerações Finais

Por fim, embora a nível nacional exista algum direcionamento para a ampla adoção do BIM, ainda se faz necessário criar espaços para sua disseminação, além de pesquisas que façam o reconhecimento do nível de utilização geral no mercado nacional. Ainda que o Brasil esteja no caminho pela implementação a nível geral em obras públicas, como mostrado no decreto nº10.306, ainda carece expandir a área para novos campos, como utilizar o BIM em harmonia a políticas de desenvolvimento sustentável.

A aplicação de ferramentas BIM em união a medidas de sustentabilidade a níveis gerais vem se provando cada vez mais promissoras na busca por construções energeticamente eficientes e que minimizem o impacto ambiental, além disso, trabalhar ferramentas que forneçam uma maior interatividade com a população de modo a facilitar o entendimento, constitui um avanço também no campo social para realidade brasileira.

Dessa forma, realizar estudos que forneçam dados qualitativos e gerais da adoção de plataformas BIM é buscar avançar na luta pelo desenvolvimento urbano de maneira sustentável, ressalta-se também a natureza da pesquisa ainda em curso, de modo que para abarcar em maior porção as perspectivas e críticas para essa nova dinâmica social ainda se faz necessário contínuos estudos – e estudos de casos – em diferentes escalas.

Referências

ABDI - AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Processo de Projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDIMDIC**/Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: ABDI, 2017. V. 1; 82 p. ISBN 978-85-61323-43-1.

BARROS, R. A. M. L. de; LIBRELOTTO, L. I.; MEDINA, F. **Modelo BIM integrado gerindo o fluxo de informações no processo de projeto**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 11, p. e020010, 2020. DOI: 10.20396/parc.v11i0.8653830. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8653830>>. Acesso em: 20 out. 2022.

BENEVOLO, Leonardo. **A Cidade e o Arquiteto**. Serie Debates. São Paulo: Ed. 2014.

BRASIL. Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 163, Seção 1, p. 2-3, ago. 2019.

BRASIL. Decreto n. 10.306, de 2 de abril de 2020. Institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 65. Seção 1, p. 5, Abril de 2020.

BURGER, Bruno. **Tecnologia BIM – A metodologia de projetos do futuro**. IGNIS Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenharias e Tecnologia de Informação, p. 20-31, 2019.

CARDOSO, Andreia; MAIA, Bruno; SANTOS, Diogo. **BIM: O que é?** 2012. 27 f. 2013. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. 2020. **Carta brasileira para cidades inteligentes**. 2020. Disponível em: <11nq.com/GmB28>. Último acesso em 20/10/2022.

EASTMAN, *et al.* **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção Para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores.** Porto Alegre: Bookman, 2021, p.565.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável A/RES/70/1.** Brasília, 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 14 set. 2022.

SILVA, P. H. da; CRIPPA, J.; SCHEER, S. **BIM 4D no planejamento de obras:** detalhamento, benefícios e dificuldades. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 10, p. e019010, 2019. DOI: 10.20396/parc.v10i0.8650258. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650258>>. Acesso em: 20 out. 2022.

EXPLORANDO A COMPLEXIDADE DE PROBLEMAS ARQUITETÔNICOS DIANTE DA APLICAÇÃO DOS ALGORITMOS EVOLUTIVOS

Alessandro Ferrari | Politécnica USP | ferrari.alessandro@usp.br

Sergio Ferreira | Politécnica USP | sergio.leal@usp.br

Resumo: A utilização de ferramentas CAD (*Computed Aided Design*), comum prática desde meados da década de 90, auxiliaram em grande otimização na produção de projeto arquitetônico. Os processos e métodos de conceber um projeto é uma temática ampla onde não há universalidade pois o indivíduo possui seus processos intrínsecos de criação e operação para externar uma ideia, porém percebe-se que para a concepção de projeto há um processo generalizado quando usamos determinada tecnologia como ferramenta para expressá-la. Com o uso de novos métodos como Desenho Paramétrico e Modelagem Algorítmica, o processo de projeto é mais suscetível ao *FormFinding* (encontrar a forma), um processo que busca a forma ou resultado a partir de parâmetros. A partir destes preceitos, os Algoritmos Evolutivos (AE) vêm sendo aplicados nos métodos para desenvolvimento de projetos arquitetônicos, reproduzindo computacionalmente o processo evolutivo da Teoria de Darwin, a simulação do processo de seleção natural. A vantagem dessa abordagem é que ela pode encontrar soluções ótimas para problemas que são muito difíceis para os humanos resolverem. Para embasamento do tema, a revisão de literatura transcorre pela história dos Algoritmos Evolutivos, suas principais definições e correlações com outros métodos complementares. Através de caso exploratório apresenta-se a aplicação do Algoritmo Evolutivo, onde foi desenvolvido um algoritmo por meio de Programação Visual na fase de concepção de projeto arquitetônico ao que se refere a localização de uma edificação em relação ao melhor aproveitamento de uma fachada para um ponto de interesse de observação. O objetivo deste trabalho será analisar através dos dados quantitativos e qualitativos resultantes da aplicação do Algoritmo Evolutivo, o melhor resultado otimizado da problemática exposta. Ao final conclui-se que a Aplicação do Algoritmo resultou em grande agilidade para encontrar o melhor *design*, além de expor mais de uma solução viável.

Palavras-chave: Algoritmos Evolutivos, Design Generativo, Modelo Algorítmico

Abstract: The use of CAD (*Computed Aided Design*) tools, a common practice since the mid-1990s, helped greatly optimize the production of architectural design. The processes and methods of designing a project is a broad topic where there is no universality because the individual has their intrinsic processes of creation and operation to externalize an idea, but it is clear that for the design of a project there is a generalized process when we use certain technology. as a tool to express it. With the use of new methods such as Parametric Design and Algorithmic Modeling, the design process is more susceptible to *FormFinding*, a process that seeks the shape or result from parameters. Based on these precepts, Evolutionary Algorithms (EA) have been applied in methods for developing architectural projects, computationally reproducing the evolutionary process of Darwin's Theory, the simulation of the natural selection process. The advantage of this approach is that it can find optimal solutions to problems that are too difficult for humans to solve. To support the theme, the literature review goes through the history of Evolutionary Algorithms, their main definitions and correlations with other complementary methods. Through an exploratory case, the application of the Evolutionary Algorithm is presented, where an algorithm was developed through Visual Programming in the design phase of an architectural project regarding the location of a building in relation to the best use of a facade for a point of observation interest. The objective of this work will be to analyze

through the quantitative and qualitative data resulting from the application of the Evolutionary Algorithm, the best optimized result of the exposed problem. In the end, it is concluded that the Algorithm Application resulted in great agility to find the best design, in addition to exposing more than one viable solution.

Keywords: Evolutionary Algorithms, Generative Design, Algorithmic Model

1. Introdução

A utilização de ferramentas computacionais pelos escritórios de projetos é uma prática usual desde meados dos anos 1990 (VOLTOLINI, 2016). Estas ferramentas CAD (*Computed Aided Design*) auxiliaram em uma grande otimização na produção de projeto no que se refere a representação gráfica e visualização.

Os processos e métodos de conceber um projeto é uma temática ampla onde não há universalidade pois cada ser humano possui seus processos intrínsecos de criação e operação para externar uma ideia, porém percebe-se de forma comum processos análogos quando usamos determinada tecnologia como ferramenta ou método para expressar esta ideia. Desta forma, quando atrelado ao uso das ferramentas tradicionais (CAD), que é um processo aditivo onde se insere informações que vão configurando e incrementando o projeto, a maneira de compreender e gerar é resultante a partir da forma ou de sua composição espacial, conhecido como *FormMaking* (desenhar a forma) enquanto que novas metodologias (Desenho Paramétrico e Modelagem Algorítmica) são mais suscetíveis ao *FormFinding* (encontrar a forma), um processo que busca a forma ou resultado a partir de parâmetros, sendo estes de restrição (fixos) ou variável (manipuláveis). Este modelo paramétrico possui entidades geométricas que, por sua vez, possuem suas propriedades, fixas e variáveis. As propriedades variáveis são os “parâmetros”, valores facilmente manipuláveis, e as propriedades fixas são as “restrições”, propriedades determinísticas (CARDOSO, 2017). Estes parâmetros são relacionais, possuem vínculos que alteram as relações internas, da propriedade do elemento, e relações externas, dependentes entre os elementos, podendo ser variáveis ou restritivas.

Com a aplicação do método de *Design* Generativo (DG), os Algoritmos evolutivos (AE) vêm sendo utilizados em projetos de arquitetura para criar desde a forma de um edifício quanto para atender arranjos geométricos que se adequam a fatores de seu entorno, como incidência solar ou atendimento a leis de uso de solo. A ideia básica é apoiar-se em conceitos e teorias evolutivas da natureza e no modo como os seus sistemas funcionam para criar com maior agilidade novas soluções.

Algoritmos evolutivos têm sido usados para projetar diversas tipologias de produtos, desde aviões a chips de computador. Eles são adequados para problemas onde a solução desejada não é conhecida antecipadamente e onde o espaço de busca é grande e complexo.

Nesta abordagem de projeto, o algoritmo evolutivo simula o processo de seleção natural, onde os membros mais aptos de uma população são selecionados para reproduzir e transmitir suas características para a próxima geração, gerando várias soluções (chamadas de população). O algoritmo começa com uma população de *designs* aleatórios e a partir deste ponto avalia cada *design* para o objetivo desejado. Essas soluções são então avaliadas em relação a algum conjunto de critérios, chamados de funções de aptidão (ROHRMANN, 2019). Os *designs* mais aptos são selecionados para reprodução e suas características são combinadas para criar novos *designs*. As soluções que apresentam bom desempenho de acordo com as funções de aptidão são selecionadas para formar uma nova geração de soluções. Este processo é então repetido,

com cada nova geração de soluções sendo melhor que a anterior, até que o objetivo desejado seja alcançado ou a melhor opção alcançada dentro de um processo finito (VOLTOLINI, 2020). A principal vantagem dessa abordagem é que ela pode encontrar soluções muito boas para problemas que são muito difíceis para os humanos resolverem.

Este artigo possui como objetivo apresentar os principais conceitos do Algoritmo Evolutivo, suas correlações com outros conceitos predecessores ou interdependentes, suas derivações, ferramentas computacionais e sua aplicação na Arquitetura através de um estudo com o uso do AE como auxiliador para solução de uma problemática.

2. Revisão de Literatura

2.1. História da programação evolutiva de algoritmos

A história da programação evolutiva de algoritmos começa com a ideia de usar a evolução como uma metáfora para resolver problemas. Darwin, em seu livro *A Origem das Espécies*, propôs que os organismos evoluem através de um processo de seleção natural, onde os indivíduos mais aptos são mais propensos a sobreviver e se reproduzir. Essa lógica pode ser aplicada para resolver problemas usando uma população de soluções potenciais e selecionando as mais aptas. Os primeiros trabalhos publicados relacionados à computação evolucionária ocorreram em meados da década de 1950, (JONG et al., 1997). Três trabalhos se destacam: Friedberg (1958), Friedberg et al. (1959) e Fraser (1957). No mesmo período, precisamente em 1962, Bremermann apresenta suas primeiras tentativas em aplicar simulação evolutiva e otimização numérica para solução de problemas, onde desenvolveu algumas das primeiras teorias sobre Algoritmos Evolutivos (JONG et al., 1997).

Em meados de 1960 foram estabelecidas as três principais formas de Algoritmos Evolutivos (AE), sendo a Programação Evolutiva (*Evolutionary Programming*) por Lawrence Fogel em San Diego, Califórnia, os Algoritmos Genéticos (*Genetic Algorithms*) por Holland, da Universidade de Michigan e a Estratégia Evolutiva (*Evolution Strategies*) desenvolvida pelo um grupo de estudantes em Berlim, Nienert, Rechenberg e Schwefel (JONG et al., 1997). Estas três técnicas de algoritmos evolutivos são conhecidas coletivamente como *Evolutionary Algorithms* (EAs) (COELLO et al., 2007).

Nos anos 1990, aconteceu o workshop Internacional Parallel Problem Solving from Nature, em Dortmund, onde houve a interação entre diversas comunidades de pesquisa em AE. A constante e crescente interação levou a terminologia conhecida por Computação Evolutiva (*Evolutionary Computation*), utilizada até os dias atuais (SCHWEFEL e MÄNNER, 1991).

Os Algoritmos Evolutivos foram usados para projetar e otimizar uma ampla variedade de produtos de diferentes setores, sendo um deles, objeto deste trabalho, o projeto arquitetônico. Nas últimas décadas, um dos principais ambientes de exploração na arquitetura é o uso de ferramentas computacionais aplicadas ao processo de projeto (KESTELIER e PETERS, 2006).

2.2. Definições

Para melhor compreensão, serão apresentadas as definições de conceitos relacionados ao Algoritmo Evolutivo, como Algoritmo, Modelagem Algorítmica, Programação Visual, Desenho Paramétrico, Modelo Paramétrico e Desenho Generativo.

2.2.1. Algoritmo

Em seu célebre livro, *Algorithmic Architecture*, Terzidis define Algoritmo como (TERZIDIS, 2013):

“Um algoritmo é um procedimento computacional para resolver um problema em um número finito de etapas. Envolve dedução, indução, abstração, generalização e lógica estruturada. É a extração sistemática de princípios lógicos e o desenvolvimento de um plano de solução genérico.” (TERZIDIS, 2006, p. 159).

2.2.2. Modelagem Algorítmica

Refere-se especificamente ao uso de linguagens de *script* que permitem ao *designer* avançar além das limitações da interface de software convencional de projeto, ampliando a capacidade de modelar através da manipulação direta não da forma, mas sim do código. Genericamente, a modelagem algorítmica pode ser performada através de linguagens de programação de computador, como *RhinoScript*, porém com a dificuldade de programação, aplicativos como *Generative Components* e *Grasshopper* possibilitam o uso de códigos com formas pictográficas (componentes) de automação (LEACH, 2014).

2.2.3. Programação Visual

A programação Visual permite a criação de algoritmos através da manipulação de componentes gráficos como, ícones, botões e símbolos. É possível executar a modelagem paramétrica com recursos de programação visual sem a necessidade de digitar uma linha de código em texto. Diferente do código tradicional onde são escritas as linhas de texto em um compilador, a programação visual utiliza programas que contêm uma interface onde são introduzidos componentes que irão formar o código que realizará a tarefa. Um exemplo deste tipo de programa é o *Grasshopper*, um plugin para o programa *RhinoCeros* (CELANI e VAZ, 2012).

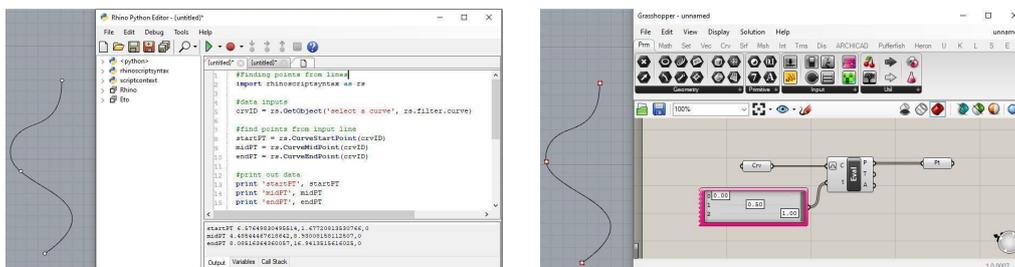


Figura 1: Programação Textual x Programação Visual – Start, Mid, End point de uma curva.
Fonte: o autor.

2.2.4. Projeto Paramétrico

Softwares paramétricos utilizam parâmetros numéricos e geométricos, permitindo assim o ajuste incremental de um elemento que, conseqüentemente, afeta todo o modelo em cadeia. Em contraste ao processo tradicional, o desenho paramétrico inter-relaciona as partes do projeto e as alteram juntas, de forma integrada. Essa conexão permite mudanças, relações, adições e reparos no projeto, reduzindo retrabalho e facilitando possibilidades (LEACH, 2014).

2.2.5. Design Generativo

Concluem como principal definição de *Design Generativo* (DG) sendo uma abordagem de projeto que usa algoritmos para gerar projetos (CAETANO et al., 2020). DG é um ciclo iterativo de aplicação e avaliação de regras, ou seja, o projeto inicial sofre iterações por operações que implicam em transformações geométricas e topológicas evoluindo até o projeto resultante (BERNAL et al., 2015).

2.2.6. Algoritmo Evolutivo

Os Algoritmos Evolutivos (AE) têm a sua origem na ciência da computação, na área da inteligência artificial, reproduzindo computacionalmente o processo evolutivo da Teoria de Darwin. Baseado em quatro pilares (população, diversidade, hereditariedade e seleção) a sua principal característica é a reprodução artificial dos mecanismos evolutivos que possibilitam o comportamento adaptável (*Adaptive Behavior*). Assim como na Natureza, esse processo é caracterizado pela integração e interação entre o grande número de espécies e suas variações, que buscam atingir o equilíbrio com o meio através de uma disputa pela sobrevivência dos mais aptos. É este o principal enfoque para a utilização dos AE, ou seja, a busca por soluções que resolvam e satisfaçam simultaneamente os diferentes objetivos que envolvem um determinado problema (FLOREANO e MATTIUSI, 2008).

Muitos algoritmos são simulações do funcionamento de processos naturais, que a partir da descoberta humana, não são concebidos e controlados pela mente humana, mas sim capturados, codificados e executados por um sistema de computador (TERZIDIS, 2006).

Os AE, utilizam os conceitos de mutação, seleção e herança, onde os indivíduos irão povoar (população) determinado contexto e os mais aptos, a partir dos princípios biológicos da teoria da evolução serão determinados como melhor resultado "*fitness*" (RUTTEN, 2013). Um AE consiste basicamente em uma população de soluções codificadas (indivíduos) manipuladas por um conjunto de operadores e avaliadas por alguma função de aptidão (COELLO et al., 2007).

2.2.7. Formas de Algoritmos Evolutivos

Existem vários tipos diferentes de algoritmos evolutivos, sendo três as principais técnicas aplicadas a partir do conceito de AE, conhecidos como Algoritmos Genéticos, Programação Evolutiva e Estratégias Evolutivas.

Tabela 1. Principais diferenças de implementação de AE

Tipo AE	Representação	EVOPs (Operadores Evolutivos)
PE	Valores reais	Mutação; seleção ($\mu + \lambda$)
EE	Valores reais; parâmetros de estratégia	Mutação; recombinação; seleção ($\mu + \lambda$) ou (μ, λ)
AG	Historicamente binário; Valores reais comuns	Mutação; recombinação; seleção

2.2.7.1. Algoritmos Genéticos

O primeiro algoritmo a usar essa ideia foi o Algoritmo Genético (AG), proposto por John Holland na década de 1960. AG é um algoritmo de busca que usa uma população de soluções potenciais e aplicam operadores como seleção, cruzamento e mutação para produzir novas gerações de soluções (JONG et al., 1997).

2.2.7.2. Programação Evolutiva

Idealizado por Lawrence J. Fogel em 1960 enquanto assistente especial na National Science Foundation (NSF), considerava que, então na época, a inteligência artificial ficava concentrada em torno da heurística e da simulação de redes neurais primitivas, abordagens limitadas pois modelam os humanos e não o processo de produção de indivíduos, relacionando ao processo de evolução. Assim, entendia que a inteligência teria que se basear na adaptação do comportamento perante uma variedade de ambientes (JONG et al., 1997).

Na PE o indivíduo de uma população é representado por uma máquina de estados finitos (MEF) e a reprodução da população e a geração de descendentes, a partir de todos os indivíduos, é realizada por operadores de mutação. Na seleção dos indivíduos para a geração subsequente, os descendentes competem com os pais e sobrevivem somente os indivíduos de maior *fitness*, tanto da geração atual quanto dos descendentes (GABRIEL, 2013).

2.2.7.3. Estratégias Evolutivas

A primeira versão de uma Estratégia Evolutiva aparece (EE) em 1964, realizada pelos estudantes da Technical University of Berlin, Bienert, Rechenberg e Schwefel, quando realizavam estudos de tecnologia aeroespacial. Depois de experimentos onde utilizavam estratégias manuais sem êxito, Rechenberg idealizou usar dados para decisões aleatórias, mais tarde sendo executado com sucesso por Schwefel em uma calculadora mecânica e por Bienert (1967) pela criação de um robô que realizava ações e decisões de forma automática (JONG et al., 1997).

Na EE, foi desenvolvida a chamada (1 + 1)-EE, onde um indivíduo gera apenas um descendente e tanto gerador quanto descendente disputam pela sobrevivência (GABRIEL, 2013). Nos anos 2000, um novo tipo de algoritmo evolutivo foi proposto, chamado de Programação Genética (PG). PG é semelhante a AG e PE, mas usa um conjunto diferente de operadores.

2.3. Ferramentas computacionais de Algoritmos Evolutivos

Nesta pesquisa, iremos apresentar duas ferramentas de modelagem algorítmica conhecidas para a aplicação de Algoritmos Evolutivos, sendo Galapagos e Wallacei, ambas são plugins do software Grasshopper da McNeel.

2.3.1. Galapagos

Desenvolvida por David Rutten, arquiteto formado pela Universidade Tecnológica de Delft, Galapagos é um plugin padrão do Grasshopper, utilizado em questões de otimização e *design* complexos com muitas variáveis. Este implementa dois solucionadores genéricos, um usando um algoritmo genético e outro usando um algoritmo de anelamento simulado (RUTTEN, 2013).

2.3.2. Wallacei

Inicialmente idealizada como uma ferramenta analítica por Mohammed Makki e posteriormente com a integração dos pesquisadores Milad Showkatbakhsh e Yutao Song, Wallacei se tornou um mecanismo evolutivo que permite usuários na execução de simulações evolutivas. Ainda permite que os usuários possam selecionar, reconstruir e produzir qualquer fenótipo da população resultante da simulação, conforme seus desenvolvedores em seu próprio manual, Wallacei Primer 2.0 (MAKKI, 2019).

Diferente do plugin anterior, o Wallacei possibilita uma abordagem multi-objetos, o que expande trabalhar com diversos intervenientes dentro do mesmo algoritmo.

3. Metodologia de pesquisa

Através da revisão de literatura, este artigo irá transpassar pela história da computação evolutiva e apresentar os principais termos que se relacionam ao Algoritmo Evolutivo e ao processo de projeto arquitetônico.

Através de um caso exploratório, apresenta-se a aplicação do AE na fase de concepção do projeto arquitetônico ao que se refere a localização de uma edificação em relação ao melhor aproveitamento de uma fachada para um ponto de interesse de observação. Nos resultados, serão analisados os dados quantitativos e qualitativos como o AE resolveu a problemática e gerou os resultados.

Também são apresentados dois solucionadores de AE, sendo um deles utilizado no objeto de estudo. Com a aplicação do solucionador são apresentados dados quantitativos resultantes do processo de evolução do algoritmo e feita análise qualitativa dos melhores locais, definidos como *design* ótimo para a problemática exposta.

3.1. Aplicação do Algoritmo Evolutivo

Este trabalho visa apresentar a aplicação do AE em uma problemática como estudo inicial tendo como base seu entendimento e exploração para sua futura aplicação em problemáticas mais complexas.

A aplicação neste contexto também pode auxiliar no entendimento do desenvolvimento do algoritmo através da programação visual. Assim como o estabelecimento da questão e da resposta correta para que o algoritmo fosse coerente.

3.1.1.A estrutura da problemática

Pode parecer lógico, porém saber qual a pergunta correta para encontrar uma resposta adequada não é tão simples. Isto porque o homem desenvolveu sua capacidade de pensar e comunicar de forma complexa enquanto que ao tentar transferir uma questão de uma problemática para o ambiente computacional, deve ser utilizada uma linguagem ou pensamento computacional, que comparada a anterior ainda é básica.

Desta forma, a problemática exposta valoriza uma paisagem como ponto de interesse de observação a partir de um centro urbano, popularizado com um entorno de edificações. A edificação a ser estudada, possui uma de suas fachadas voltada para o ponto de interesse. A proposição da problemática se concentra exatamente nesta característica, em chegar ao menos o mais próximo possível do melhor resultado que forneça a fachada o maior campo de visão ao ponto de interesse. Desta forma, o algoritmo evolutivo terá que buscar qual a melhor posição da edificação no terreno, considerando os obstáculos visuais de seu entorno.

3.1.2.A modelagem geométrica e algorítmica

Foram utilizados, respectivamente, o software Rhinoceros e o plugin Grasshopper para a modelagem geométrica e algorítmica dos elementos e dados do projeto.

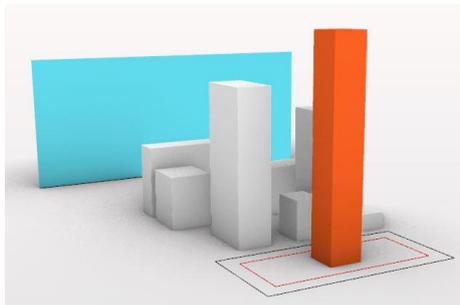


Figura 2: Ponto de interesse de observação (Azul), Entorno (Branco) e Edificação (Laranja).
Fonte: o autor.

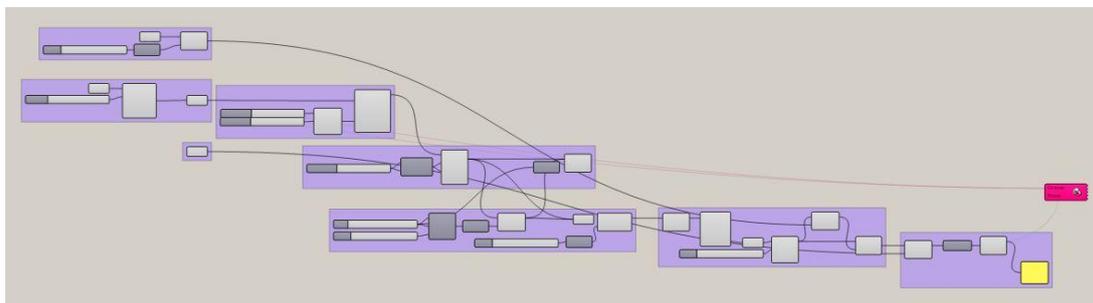


Figura 3: Modelagem Algorítmica.
Fonte: o autor.

3.1.3.A estrutura do modelo algorítmico

Para a organização do Modelo Algorítmico, os componentes de programação visual foram organizados por grupos, que foram apresentados conforme a evolução e adequação do modelo.

Primeiramente foi modelado o terreno diretamente no software Rhinoceros com sua composição geométrica, então foram absorvidos como dados para o componente do Grasshopper. Este é o ponto de partida para que o Algoritmo tenha suas interdependências.

Uma vez que o terreno está associado ao componente da programação, possui-se o primeiro dado importante, que é a delimitação do espaço em que a edificação irá se deslocar para buscar o melhor posicionamento no terreno. Aqui encontramos o primeiro desafio, pois o dado a ser deslocado dentro do espaço será um ponto de referência central à edificação, e não propriamente a edificação. Desta forma a edificação em alguns momentos, irá extrapolar o limite da implantação, conforme figura 4 (imagem à esquerda).

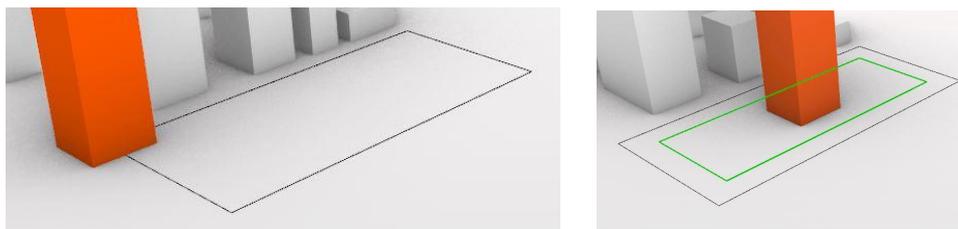


Figura 4: À esquerda, problema de extrapolação da edificação. À direita, Recuo para limitar o deslocamento durante a busca do melhor local.

Fonte: o autor.

Desta forma, foi delimitado um espaçamento interno para que a edificação não ultrapasse o limite real do terreno (figura 4, imagem à direita).

Com os dados do terreno, entorno e ponto de interesse de observação, tem-se o primeiro conjunto de elementos restritivos dentro do Modelo Algorítmico (Figura 1, imagem à esquerda). Na sequência foi definido o grupo 4, onde o ponto como referência da Edificação, tendo atributo variável de deslocamento nos eixos X e Y com delimitação do limite do terreno. Para isto, utiliza-se um componente que permite identificar um ponto em uma determinada superfície (*Evaluate Surface*) e foram re-parametrizadas as unidades globais para absolutas de 0 à 1, (Figura 1, imagem à direita).

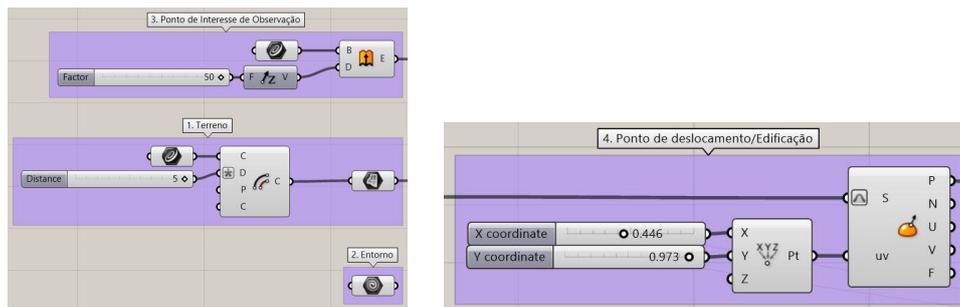


Figura 6: À esquerda, Grupo 1, 2 e 3, respectivamente o Terreno, Entorno e Ponto de interesse de observação. À direita, Grupo 4, definição e parametrização do ponto de referência.

Fonte: o autor.

A partir do Ponto de referência e interdependente deste, foi modelada a edificação, com dimensões de largura, comprimento e altura variáveis.

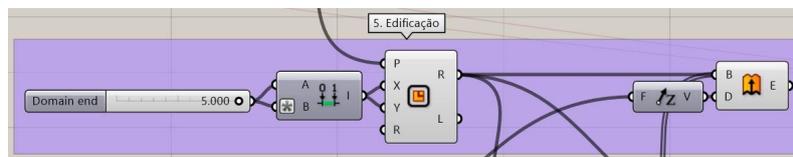


Figura 7: Grupo 5, Geometria e componentes variáveis da Edificação.

Fonte: o autor.

Como o objetivo é ter a fachada com a maior vista possível para o ponto de Observação, foi definido que a simulação deveria adotar o ponto de partida do observador a altura média dos olhos de uma pessoa. Para isto foram criadas geometrias com a altura de 1,5 acima de cada pavimento.

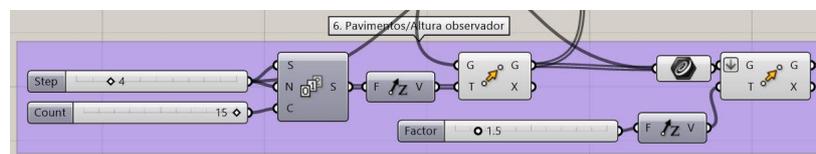


Figura 8: Grupo 6, Definição dos pavimentos e altura do observador.

Fonte: o autor.

No grupo 7 foram definidas as quantidades dos pontos de observação, componente variável, adotando 10 pontos de observador por pavimento neste caso. Assim como os raios de conexão ao ponto de observação, através de um componente que conecta os dois elementos.

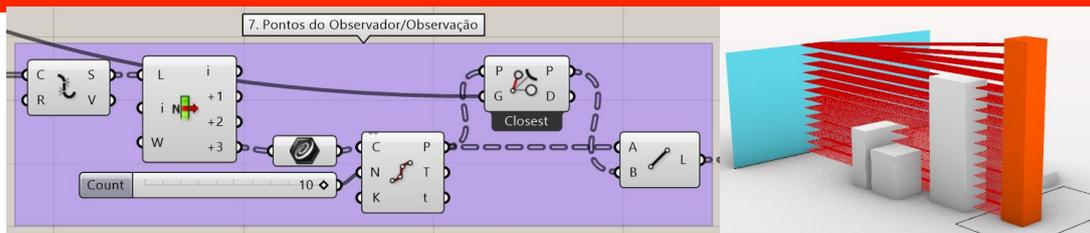


Figura 9: Grupo 7, Pontos do Observador/Observação.

Fonte: o autor.

Como último grupo de componentes antes de aplicar Algoritmo Evolutivo, foram criados raios de conexão entres os pontos do observador e observação. O objetivo foi ter um elemento que pudesse ser identificado como colisão com os elementos do entorno.



Figura 10: Grupo 8, Identificação dos raios de colisão.

Fonte: o autor.

Para a aplicação do Algoritmo Evolutivo foi utilizado o componente Galapagos, que funciona sobre dois atributos paramétricos, o *Genome*, atributo variável e o *Fitness*, atributo restritivo.

No *Genome* foram considerados os componentes 'Slider' que configuram a posição do ponto de referência da edificação, enquanto que o *Fitness* foi o componente dos elementos que possuem colisão com outro elemento.

Como o *Fitness* precisa ser um número, foi aplicado o componente *Integer* para converter os dados do componente de identificação de colisão com um dado número. Uma vez que estes dados atendem aos requisitos de leitura do componente Galapagos, foi realizada a aplicação do Algoritmo Evolutivo (figura 11, imagem à esquerda).



Figura 11: À esquerda, Galapagos - *Genome* e *Fitness*. À direita, *Fitness*, População e Gerações.

Fonte: o autor.

Isto é realizado através do Editor do Galapagos (figura 11, imagem à direita), que possibilita executar a aplicação do algoritmo sob os conceitos do algoritmo evolutivo. Basicamente foram definidas as quantidades de alternativas através do número de População (50) e de Gerações (50) e Maximização ou Minimização do *Fitness*. Uma vez que estes parâmetros sejam definidos pode-se executar o editor. Isto possibilitará realizar uma análise de 2.500 indivíduos, resultantes da reprodução e mutação a cada geração.

escolher várias opções que lhe agradem ou que sejam interessantes de acordo com outros parâmetros que não estão diretamente vinculados ao algoritmo.

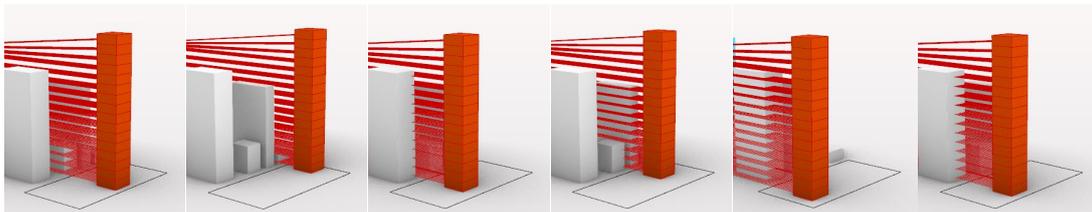


Figura 14: Exemplo de 6 indivíduos com maior diferença de *Fitness*

Fonte: o autor.

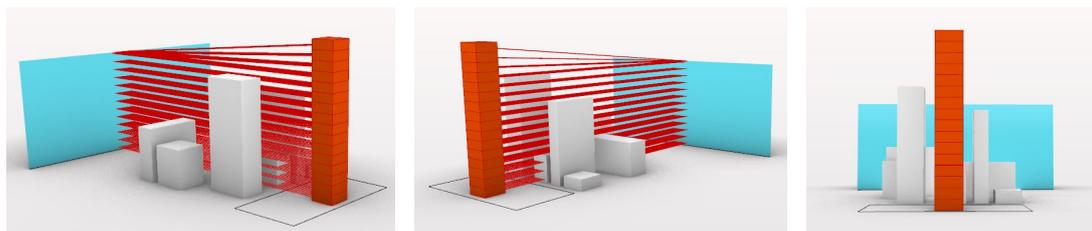


Figura 15: Um dos resultados com *Fitness* (25) mais adequado

Fonte: o autor.

5. Considerações Finais

Como exposto pelos autores citados ao longo deste artigo, percebe-se que os Algoritmos Evolutivos auxiliam na tomada de decisões em problemas complexos que são de grande dificuldade para a conclusão apenas com a capacidade de processamento humano ou, mesmo que possíveis, tardariam muito tempo para serem solucionados.

O entendimento dos conceitos das diferentes estratégias de AE, assim como de outros processos e métodos relacionados, ajudam a dar visibilidade e difundir uma técnica de programação que atualmente ainda não é adotada e difundida no ramo profissional da arquitetura e engenharia.

Ao explorar um caso para exemplificar o uso de AE na concepção de um projeto arquitetônico, os resultados obtidos mostram uma melhor facilidade de compreensão do funcionamento e desenvolvimento de AE. Diante das possibilidades desta aplicação, mesmo sendo o caso apresentado relativamente simples, este foi um primeiro passo fundamental para apoiar futuras investigações em um contexto mais amplo, em escala urbana, com a análise de uma maior massa de dados.

O uso do *plugin* Galapagos se mostrou bastante adequado para o *case* explorado e forneceu base de conhecimento suficiente para questões de otimização e *design* complexos com muitas variáveis. Ainda assim, é um modelo de AE que possibilita a abordagem objetivada a uma única questão. Existem outros *plugins* como Wallacei, que possui abordagem multi-objetos, o que certamente causará futuras investigações como continuidade deste trabalho.

Conhecer as diferentes vertentes dos AE (AG, EE, PE) estimula a reflexão e a geração de novas hipóteses. Isto instiga o aprofundamento do tema e a extrapolação do trabalho atual com vistas a futuras investigações.

Referências

- BERNAL, Marcelo; HAYMAKER, John R.; EASTMAN, Charles. **On the role of computational support for designers in action.** *Design Studies*, [s. l.], v. 41, ed. Part B, p. 163-182, 2015.
- CAETANO, Inês; SANTOS, Luís; LEITÃO, António. **Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design.** *Frontier of Architectural Research*, [s. l.], v. 9, p. 287-300, 2020.
- CARDOSO, Carmo Gonçalves Machado. **Performance-based Design: From form making to form finding.** 2017. Tese (Mestrado) - Instituto Técnico de Lisboa, [S. l.], 2017.
- CELANI, G.; VAZ, C. E. V. **Scripts em CAD e ambientes de programação visual para modelagem paramétrica: uma comparação do ponto de vista pedagógico.** In: Cadernos Proarq. Revista do Programa de Pós-graduação em Arquitetura da UFRJ, Rio de Janeiro: v.1, n. 18, p. 177-194, 2012.
- COELLO, Carlos A. Coello; LAMONT, Gary B.; VELDHUIZEN, David A. Van. **Evolutionary Algorithms for Solving Multi-objective Problems.** Springer, [s. l.], ed. Second Edition, 2007.
- FLOREANO, Dario; MATTIUSI, Claudio. **Bio-Inspired Artificial Intelligence: Theories, Methods, and Technologies.** Cambridge, Massachusetts London, England: The MIT Press, 2008.
- FRASER, A.S. **Simulation of Genetic Systems by Automatic Digital Computers.** *Australian Journal of Biological Sciences*, vol 10, p 484-491, 1957.
- FRIEDBERG, Richard M. **A Learning Machine: Part I.** *IBM Journal of Research and Development*, vol. 2, no. 1, p. 2-13, 1958.
- FRIEDBERG, Richard M.; DUNHAM, Bradford; NORTH, J. H. **A Learning Machine: Part II.** *IBM Journal of Research and Development*, vol. 3, no. 3, p. 282-287, 1959.
- GABRIEL, Paulo Henrique Ribeiro; DELBEM, Alexandre Cláudio Botazzo. **Fundamentos de algoritmos evolutivos.** [S.l: s.n.], 2008.
- JONG, Kenneth De; FOGEL, David B.; SCHWEFEL, Hans-Paul. A history of evolutionary computation. In **book: Handbook of Evolutionary Computation**, Oxford University Press, p. A2.3:1-A2.3:12, 1997.
- LEACH, Neil. **Parametrics Explained. Next Generation Building**, [s. l.], v. 1, 2014.
- MAKKI, M., SHOWKATBAKHS, M. and SONG, Y. (2019) 'Wallacei Primer 2.0', [Online]. Available at <https://www.wallacei.com/>.
- KESTELIER, Xavier de; PETERS, Brady. **Computation Works: The Building of Algorithmic Architectural Design**, [s. l.], v. 83, ed. 2, p. 8-15, 2013.
- ROHRMANN, Jacqueline. **Design Optimization in Early Project Stages: A Generative Design Approach to Project Development.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Technical University of Munich, Munich, 2019.
- RUTTEN, David. Galapagos: **On the Logic and Limitations of Generic Solvers.** *Architectural Design*, v.83, n. 2, p. 132-135, 2013.
- SCHWEFEL, Hans-Paul; MÄNNER, Reinhard. **Parallel Problem Solving from Nature: 1st Workshop, PPSN I Dortmund, FRG, October 1-3, 1990 Proceedings.** Lecture Notes in Computer Science, [s. l.], v. 496, 1991.

TERZIDIS, Kostas. **Algorithmic Architecture**. [S. l.]: Architectural Press, p. 159, 2006.

VOLTOLINI, Giovanni. **Design Paramétrico e Modelagem Algorítmica: Os Efeitos De Seus Conceitos e Técnicas em Acadêmicos de Arquitetura**. 2016. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2016.

VOLTOLINI, Giovanni; PUPO, Regiane Trevisan; QUEIROZ, Natália. **Design paramétrico e modelagem algorítmica: os efeitos de seus conceitos e técnicas para o estudante de arquitetura**. Revista Geometria Gráfica, [s. l.], v. 4, ed. 1, p. 75-93, 2020.

Implementação BIM no setor público do estado de Pernambuco: um estudo comparativo entre organizações do projeto de pesquisa PET-GOV.

Isabella Rodrigues | UFPE | isabella.rodrigues@ufpe.br

Max Andrade | UFPE

Resumo

O BIM se tornou, nos últimos anos, substrato de uma transformação tecnológica que a Indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) vêm passando. Nesse sentido, o Governo Federal por meio dos Decretos 9.983 (2019) e 10.306 (2020), oficializou a Estratégia Nacional para a Disseminação do BIM, promovendo um ambiente adequado ao investimento, difusão e capacitação em BIM no Brasil. Já na esfera estadual, em 2019 foi assinado um Acordo de Cooperação Técnica entre o Consórcio de Integração Sul e Sudeste (Cosud) para a criação da Câmara Temática da Estratégia do BIM, com o objetivo de definir e gerenciar as ações necessárias para que estratégias estaduais e federais de implementação do BIM sejam harmonizadas entre as iniciativas de entidades públicas estaduais que avaliam, desenvolvem e contratam obras públicas. A implementação do BIM em órgãos estaduais que lidam desde a concepção à operação de obras públicas, trará maior produtividade, previsibilidade e transparência no uso de recursos públicos. Isso porque, como sugere Leusin (2018), o BIM representa a expressão da inovação na indústria AECO. É nesse contexto que o presente artigo se situa. A ideia passa pelo estudo comparativo da implementação do BIM entre Secretarias do Estado de Pernambuco selecionadas para o projeto de extensão PET-GOV proposto pela UFPE, em parceria com a UPE, em prol da inovação tecnológica, voltados para servidores estaduais que avaliam, desenvolvem e contratam obras públicas, a fim de compreender como uma formação em BIM pode melhorar os processos de projeto e gestão dentro das organizações. O método foi proposto em quatro macro etapas: Formação da equipe, considerando perfil e área de atuação dos servidores públicos; Estruturação dos trabalhos e planejamento das principais ações; Realização de projetos de integração de conhecimento, apoiados no uso das Tecnologias BIM; Experimentação das Capacidades BIM adquiridas no curso de formação e do conhecimento dos problemas relacionados à prática profissional pelo corpo técnico. Essas etapas seguem ciclos de planejamento, ação, monitoramento e avaliação, desenvolvidas com sprints na metodologia Ágil. Esse projeto de extensão se iniciou com a capacitação de equipes ligadas à secretarias do poder público estadual, realizando um curso de formação em BIM de 180h. Após essa etapa, as equipes iniciaram o desenvolvimento de um Plano de Implementação BIM. O ponto de partida foi realizar o diagnóstico do problema de cada secretaria, identificando as barreiras, com a introdução da inovação no setor público por meio do uso do BIM. O passo seguinte, em andamento, é o desenvolvimento de um projeto piloto apoiado no Plano de Execução BIM nos setores que os recursos humanos qualificados estão vinculados. No artigo, serão analisados os problemas identificados por duas das secretarias trabalhadas e como o BIP cria estratégias para auxiliar esses problemas. Os resultados preliminares já demonstram a importância em iniciar o processo de implementação BIM a partir de uma conceituação mais ampla do que vem a ser implantar o BIM em uma organização, compreendendo que a adoção BIM em uma empresa pública passa por mudanças profundas em seus processos e sua cultura de trabalho.

Palavras-chave: Adoção BIM, Plano Execução BIM, Plano Implementação BIM e Diagnóstico BIM.

Abstract

BIM has become, in recent years, the substrate of a technological transformation that the Architecture, Engineering, Construction and Operation Industry (AECO) has been undergoing. The Federal Government through Decrees 9,983 (2019) and 10,306 (2020), made official the National Strategy for the Dissemination of BIM, promoting a suitable environment for investment, dissemination and training of BIM in Brazil. At the state level, in 2019 a Technical Cooperation Agreement was signed between Technical Cooperation between the South and Southeast Integration Consortium (Cosud) to create the Thematic Chamber of the BIM Strategy, with the goal of defining and managing the actions necessary for the state and federal BIM implementation strategies to be harmonized among the initiatives of state public entities that evaluate, develop, and contract public works. The implementation of BIM in state agencies that deal with everything from design to operation of public works will bring greater productivity, predictability, and transparency in the use of public resources. This is because, as Leusin (2018) suggests, BIM represents the expression of innovation in the AECO industry. It is in this context that the present article is situated. The idea goes through the comparative study of BIM implementation among selected Secretariats of State of Pernambuco for the PET-GOV extension project proposed by UFPE, in partnership with UPE, in favor of technological innovation, aimed at state servers that evaluate, develop and contract public works, in order to understand how a BIM training can improve design and management processes within organizations. The method was proposed in four macro stages: formation of the team, considering the profile and area of activity of the public servants; structuring the work and planning the main actions; carrying out knowledge integration projects, supported by the use of BIM technologies; experimentation with the BIM capabilities acquired in the training course and the knowledge of the problems related to professional practice by the technical staff. These steps follow cycles of planning, action, monitoring, and evaluation, developed as sprints in the Agile methodology. This extension project started with the training of teams linked to the state government's departments. A 180-hour, 2-month BIM training course was held. After this stage, the teams started the development of a BIM Implementation Plan. The starting point was to perform a problem diagnosis for each secretariat, identifying the barriers, by introducing innovation in the public sector through the use of BIM. The next step, in progress, is the development of a pilot project supported by the BIM Implementation Plan in the sectors to which the qualified human resources are attached. The article will analyze the problems identified by two of the departments selected, and how the BIP, in progress, creates strategies to help these problems. The preliminary results already show the importance of starting the BIM implementation process from a broader concept of what it means to implement BIM in an organization, understanding that BIM adoption in a public company goes through deep changes in its processes and work culture.

Keywords: BIM Adoption, BIM Execution Plan, BIM Implementation Plan and BIM Diagnostic.

1. Introdução

Como forma de incentivar a implementação do BIM, vários esforços têm sido feitos em empresas privadas e públicas. Esses esforços vão desde a criação de guias até as regras e licitações que exigem o uso do BIM. Estados Unidos, Reino Unido, Finlândia, Singapura, Noruega e Hong Kong são países pioneiros na publicação de guias com diretrizes para a implementação do BIM. Estes guias incluem: Introdução ao BIM (NATSPEC, 2014); Building Information Modeling

Roadmap (USACE e ERDC, 2006); National Building Information Modeling Standard (NIBS, 2007); National Building Information Modeling Guide 01-07 (GSA, 2006-2015); BIM Guide for Germany (Federal Office for Building and Regional planning, 2013); CIC Building Information Modeling Standards (Construction Industry Council, Hong Kong, 2015); BIM Guideline Standard (Public Works Department, Malaysia, 2016); Statsbygg Building Information Modeling Manual Version 1. 2.1 (Statsbygg, 2017); Método de trabalho 3D (Agency for Enterprise and Construction, Dinamarca, 2006) entre outros (tradução de Rodrigues e Andrade, 2021).

No âmbito nacional, em 2018 o Governo Federal publicou o Decreto No. 9.377, posteriormente substituído pelos Decretos no 9.983 de 22 de agosto de 2019 e no 10.306 de 2 de abril de 2020, que oficializa a criação da Estratégia Nacional para a Disseminação do BIM, visando promover um ambiente adequado ao investimento e capacitação em BIM e na sua difusão no Brasil. Na esfera estadual, no ano de 2019 foi assinado um Acordo de Cooperação Técnica entre os estados participantes do Consórcio de Integração Sul e Sudeste (Cosud) para a criação da Câmara Temática da Estratégia do BIM (CT BIM Cosud). Entre os objetivos desta Câmara estão o de definir e gerenciar as ações necessárias para que as estratégias estaduais e federais de implementação do BIM sejam harmonizadas entre as iniciativas de órgãos e de entidades públicas estaduais que avaliam, desenvolvem e contratam obras públicas (BIM FORUM BRASIL). A implementação do BIM em órgãos estaduais que lidam com a concepção, desenvolvimento, aprovação/avaliação, contratação, execução, manutenção ou operação de obras públicas, trará maior produtividade, previsibilidade e transparência no uso de recursos públicos (EASTMAN, 2014). Isso porque, como sugere Leusin (2018), o BIM representa a expressão da inovação na indústria da AECO.

É dentro desse contexto que o presente artigo se situa. A ideia passa pelo estudo comparativo da implementação do BIM entre Secretarias do Estado de Pernambuco selecionadas para o projeto de extensão PET-GOV proposto pela Universidade Federal de Pernambuco, em parceria com a Universidade Estadual de Pernambuco, em prol da inovação tecnológica, voltados para servidores estaduais que avaliam, desenvolvem e contratam obras públicas.

Esse projeto de extensão se iniciou com a capacitação de algumas equipes ligadas à algumas secretarias do poder público estadual e de municípios do Estado. Esse foi um curso de 180 horas, com duração de 2 meses. Após essa primeira etapa as equipes iniciaram o desenvolvimento de um Plano de Implementação BIM em cada um dos setores. O ponto de partida foi a realização do diagnóstico do problema dentro de cada uma das secretarias a serem trabalhadas, identificando as barreiras e os meios de superação, com a introdução da inovação no setor público por meio do uso do BIM. Após a realização do diagnóstico, está sendo desenvolvido a etapa seguinte do Plano de Implementação BIM (BIP) baseado nas estratégias BIM nacionais e internacionais, que constitui-se de ações estratégicas de implementação BIM no setor público. O passo seguinte será de experimentação com o desenvolvimento de um projeto piloto que será apoiado em um Plano de Execução BIM (BEP) nos setores aos quais os recursos humanos a serem qualificados estão vinculados.

Para este artigo serão analisados os problemas identificados por duas das secretarias trabalhadas e como o BIP, em andamento, tem criado estratégias para auxiliar na resolução desses problemas. Embora o primeiro contato que um desses dois órgãos teve com o BIM aconteceu durante o curso de formação e apesar das limitações temporais, haja vista que são apenas 4 meses para a criação do Plano de Implementação BIM, acrescido por 1 primeiro projeto piloto vinculado a um Plano de Execução BIM esse processo de implementação tem permitido capacitar as equipes sobre como implementar e melhorar um BIP, identificando os principais desafios, limitações e ações necessárias para superação em termos de tecnologias, processos e políticas ligadas à adoção BIM.

2. Metodologia

O método proposto constituiu-se em quatro macro etapas: (i) Formação da equipe, considerando o perfil e a área de atuação dos servidores públicos; (ii) Estruturação dos trabalhos e planejamento das principais ações; (iii) Realização de projetos de integração de conhecimento, apoiados no uso das Tecnologias inovadoras relacionados ao BIM; (iv) Experimentação das Capacidades BIM adquiridas no curso de extensão e do conhecimento dos problemas relacionados à prática profissional pelo corpo técnico. Essas quatro macro etapas estão seguindo os ciclos de planejamento, ação, monitoramento e avaliação. Os pacotes de trabalho dentro das macro etapas são as ações desenvolvidas como sprints na metodologia Ágil. Já os sprints são os ciclos regulares de tempo de trabalho, durando em média de 1 a 4 semanas. Para isso, são adotados três papéis principais: dono do produto, time e scrummaster. O dono do produto é o gestor da atividade de extensão, o scrummaster é o líder do grupo de trabalho e o time é composto pelos professores, alunos de pós-graduação da UFPE e UPE, e os funcionários públicos estaduais envolvidos na ação. Os times são elencados nas reuniões de planejamento dos pacotes de trabalho, com o scrummaster sendo responsável pela gestão do trabalho e o dono do produto responsável tanto pela gestão das macro etapas quanto participação das reuniões de demonstração/apresentação dos seus produtos, bem como pela retrospectiva do conjunto de sprints de uma macro etapa (COUTINHO, 2020). Assim, os produtos gerados em cada ação (sprint) são produtos parciais que orientam a formação de um Plano de Implementação BIM e um Plano de Execução BIM.

Nas reuniões semanais de monitoramento dos sprints são avaliados: (i) O que já foi realizado para ajudar a concluir os sprints; (ii) O que falta ser feito para as equipes concluírem os sprints; (iii) Quais obstáculos estão dificultando a realização dos sprints por parte das equipes. Para o acompanhamento do projeto pelo dono do produto, são elaborados relatórios mensais sobre informações das reuniões de monitoramento e dos produtos parciais realizados. Para manter as equipes em sintonia, são realizadas reuniões gerais no planejamento da macro etapa, no qual se estabelece os sprints de pacotes de trabalho. O início de cada sprint de pacote de trabalho também é marcado por uma reunião para definição do backlog do sprint, restrita à equipe do pacote de trabalho. São realizadas reuniões de scrum quinzenais para o monitoramento do sprint de um pacote de trabalho. Finalizado o sprint, tem-se uma reunião para demonstrar a funcionalidade do produto. Ao final de todos os sprints de uma macro etapa do projeto será realizada uma reunião geral de retrospectiva para registro das lições aprendidas, que é gerida pelo scrummaster geral.

3. Resultados

Duas secretarias do Estado de Pernambuco foram selecionadas para participar deste projeto de extensão: COMPESA e SEPLAG-SEDUH. Abaixo tem-se a descrição do campo de atuação e das atividades realizadas por essas secretarias.

A COMPESA atua nos setores de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgotos sanitários. As atividades desenvolvidas pela Gerência de Projetos de Engenharia envolvem a análise e elaboração de projetos e orçamentos. De forma mais específica, envolvem: (1) Elaboração de Projetos Hidromecânicos, Estruturais e Elétricos pela equipe própria; (2) Levantamentos de Quantitativos de Projeto; (3) Elaboração e atualização de orçamentos, inclusive realização de pesquisa de preços; (4) Contratação de Projetos, dos mais diversos tipos, inclusive gestão dos contratos e análise dos produtos; (5) Análise de projetos de empreendimentos que por ventura queiram se ligar aos sistemas da COMPESA;

A SEPLAG-SEDUH atua para melhorar a mobilidade urbana, a partir da gestão de resíduos sólidos e na ampliação ao acesso à moradia digna. A equipe do projeto de extensão está alocada em uma secretaria executiva e tem como foco o acompanhamento e elaboração de orçamentos de projetos, relacionados à mobilidade urbana.

As secretarias participaram de um cronograma de capacitações proporcionadas pelo corpo técnico do projeto, com a contribuição de diversos palestrantes nacionais e internacionais, a fim de construir uma base teórica sobre o BIM para permitir que os participantes, ao final do projeto de extensão, tenham autonomia para prosseguir com o desenvolvimento do BIP/BEP nas suas respectivas organizações. As capacitações foram estruturadas em 6 macro etapas, variando entre aulas síncronas e assíncronas (tabela 01).

Tabela 1. Macros etapas das capacitações ofertadas pelo corpo técnico.

Etapas	Conteúdos abordados
Introdução do BIM	Principais definições e conceitos BIM, importância do BIM para AECO no setor público, exemplos da aplicação do BIM no setor público da AECO, usos e tecnologias BIM
Integração	Diretrizes e regras para colaboração BIM, interoperabilidade, softwares, análise de projetos de arquitetura e engenharia em BIM
Gerenciamento	Novas habilidades do gerenciamento BIM; ambientes BIM de gestão, fiscalização e operação de projetos; ambientes BIM de planejamento e orçamento de obras; fluxos BIM e contrato, metodologia ágil
Protocolos e Normas	Normas BIM no mundo e no Brasil; Guias nacionais e nova lei de Licitação, NBR 15965; ISO 19650; criação de Normas e protocolos no poder público; protocolos de implementação BIM
Usos do BIM	Compreender os usos BIM, principais tipos de Classificação de Usos BIM, Sistema de Classificação do BIM - Model Uses Table
PIB e BEP	O que é PIB/BEP; importância do BIP e BEP; procedimentos envolvidos; objetivos da empresa e do projeto; Diagnóstico de maturidade BIM

Fonte: Autores, 2022.

Essas informações servem para construção de um diagnóstico inicial da organização que será utilizado como base para identificar o perfil da organização (MESSNER et al., 2019). Durante os dois meses de capacitações, foram realizadas diversas atividades práticas para dar subsídio ao produto final: o Plano de Implementação BIM e o Plano de Execução BIM. As duas empresas desenvolveram, com o suporte do corpo técnico, uma matriz SWOT como atividade inicial do diagnóstico das empresas. A matriz SWOT busca ter uma visão clara e objetiva sobre quais as forças e fraquezas no ambiente interno, e suas oportunidades e ameaças no ambiente externo da organização, possibilitando a elaborar estratégias para obter melhor desempenho organizacional (SILVA et. al, 2011) conforme indicado nas tabelas 02 e 03.

Tabela 2. Matriz SWOT COMPESA.

Matriz SWOT COMPESA		
	Fatores Positivos	Fatores Negativos
Análise Interna	Forças Disponibilidade de softwares; Corpo técnico capacitado para análise e elaboração de projetos; Apoio da alta direção para implementação do BIM; Processos e fluxos mapeados, monitoramento de indicadores	Fraquezas Falta de treinamento da equipe nos softwares; Múltiplas demandas simultâneas, Falta de planejamento das atividades; Dificuldade de contratação; Burocracia
Análise Externa	Oportunidades Decreto BIM; Projeto para PIB e PEB (PET-GOV); Ata da deskgraphics; Marco legal do saneamento	Ameaças Falta de critérios de análise BIM dos os órgãos de controle; Contratados podem não estar habilitados para atender especificações solicitadas; Mudanças políticas; Mudança de estratégia da Companhia

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 3. Matriz SWOT SEPLAG-SEDUH.

Matriz SWOT SEPLAG-SEDUH		
	Fatores Positivos	Fatores Negativos
Análise Interna	Forças Equipe qualificada; Bom relacionamento entre as equipes internas da secretaria; Tentativa de padronização; Otimização dos processos de trabalho - implantação do SEI; Motivação de alguns membros na busca de qualificação; Oportunidade de contratar softwares com cursos de sistema BIM (carona em ATAS)	Fraquezas Ausência de equipe própria; Falta de avaliação de desempenho; Falta de interação entre os setores externos, secretarias e órgãos vinculados; Ausência de definição de responsabilidades e competências de cada setor; Estrutura física precária; Ausência de softwares para desenvolvimento do trabalho; Ausência de espaço para arquivo (físico e digital); Ausência de recursos financeiros e tecnológicos
Análise Externa	Oportunidades Capacitação da equipe técnica; Implantação da padronização de todas as atividades da gerência de projetos e orçamento; Revisão dos modelos dos produtos a serem contratados (estudo, projeto e orçamento); Trabalhar de forma integrada; Redução de prazos de	Ameaças Falta de quadro efetivo de funcionários da Secretaria; Inexistência de concurso público para vagas efetivas; Mudança de gestão; Rotatividade da equipe técnica; Falta de recurso financeiro para atualização e implementação dos recursos tecnológicos, podendo

execução contratual referente a ocorrer a perda dos arquivos;
elaboração de estudos, projetos e Mudança da estrutura organizacional
orçamentos

Fonte: Autores, 2022.

Após a construção da matriz SWOT, os participantes foram levados a afunilar os problemas, identificando as causas raízes das suas organizações, a partir do princípio de Pareto, que afirma que cerca de 80% dos resultados são gerados por 20% das causas (Entendendo..., 2021). Foram executadas etapas de brainstorm para conseguir identificar os problemas, após isso, seguiu-se para etapa de análise dos problemas levantados, observando quais deles poderiam ter o mesmo denominador comum e se, de fato, aqueles eram os problemas raízes. Esse movimento de “chuva” de ideias e posterior afunilamento se repetiu por algumas vezes dentro de um sprint até findar nos problemas escolhidos. Assim, as secretarias selecionaram os principais problemas a serem trabalhados com o BIM no projeto de extensão, conforme identificado na figura 1.

Para COMPESA o problema selecionado em relação a análise de projetos foi: atrasos e falhas de qualidade na elaboração dos projetos e orçamentos pelos contratados e de terceiros (retrabalhos, projetos desatualizados, sem qualidade, falta de recursos); e em relação a elaboração de projetos foi: escassez de recursos (dados, pessoal, equipamentos) e falta de padronização e de controle de processos na gerência para elaboração dos projetos e orçamentos. Já para SEPLAG-SEDUH os problemas selecionados foram: (1) falta de amadurecimento dos processos operacionais padronizados e na sua atualização; (2) rotatividade de membros da equipe, perde de “expertise” e (3) falta de infraestrutura tecnológica, forçando utilização de equipamentos particulares ou de colegas de trabalho, provocando inclusive perdas de documentos físicos.

ANÁLISE DIAGNÓSTICA DAS EQUIPES			
EQUIPE	PROBLEMA	GRAVIDADE	OBS.
SEPLAG-SEDUH	Falta de amadurecimento dos processos operacionais padronizados e na sua atualização.	Muito Grave	
	Rotatividade de membros da equipe, perde de "expertise".	Muito Grave	
	Falta de infraestrutura tecnológica, forçando utilização de equipamentos particulares ou de colegas de trabalho. Ex: Em alguns casos, ocorre perda de documentos digitais. Falta de infraestrutura física, provocando inclusive perdas de documentos físicos.	Grave	
	Falta de incentivo a educação continuada nas tecnologias necessárias à execução dos trabalhos.	Grave	
	Dificuldades na gestão contratual com relação ao controle da execução; por exemplo muitas por atraso. Obs: A qualificação é conseguida através de exigências de experiências passadas (comprovações).	Muito Grave	Fora da capacidade da equipe
COMPESA	Análise de Projetos: Atrasos e falhas de qualidade na elaboração dos projetos e orçamentos pelos contratados e de terceiros (retrabalhos, projetos desatualizados, sem qualidade, falta de recursos);	Grave	
	Elaboração de Projetos: Escassez de recursos (dados, pessoal, equipamentos) e falta de padronização e de controle de processos na gerência para elaboração dos projetos e orçamentos;	Muito Grave	
	Áreas estranhas ao setor: Falta de planejamento e priorização das atividades devido a motivações diversas, além de atrasos entre a conclusão do projeto e orçamento e o e licitação das obras (desatualização de projetos, alterações, retrabalhos);	Grave	Questões organizacionais - equipe sem capacidade de influenciar
	Áreas diversas: Obras incompletas e licitações fracassadas geram necessidade de adequação de projeto e orçamento;	Grave	Questões externas à organização
	Legenda		Problemas escolhidos para serem trabalhados no PET-GOV

Figura 1. Análise diagnóstica das equipes estudadas.

Fonte: Autores, 2022.

Assim, o Diagnóstico da organização parece como o primeiro passo da criação de um Plano de Implementação BIM. A compreensão da organização pública envolve muito mais que a visão da alta gestão, mas também como os funcionários vêem a organização e como os seus parceiros podem trabalhar de forma mais integrada e produtiva. Ao se ter essa visão mais ampla da organização e das múltiplas possibilidades de implementar o BIM dentro da organização abre-se espaço para um processo de implementação muito mais duradouro e de longo prazo, tornando a implementação muito mais produtiva e com efeitos mais profundos (LEUSIN, 2018).

A partir desse diagnóstico, então, foi estudado como o BIM poderia auxiliar na minimização dos problemas identificados e foram definidos os objetivos a serem atacados com a tecnologia BIM, bem como seus indicadores e metas de cumprimento destes. A SEDUH tem como objetivos a

padronização dos processos BIM, iniciar licitações em BIM, reduzir quantidade de revisões e otimizar os prazos de análises (Figura 2). Já a COMPESA foca principalmente na redução de tempo de elaboração de projeto, melhoria da qualidade da documentação gráfica, redução do tempo de levantamento de quantitativos e melhoria da qualidade dos orçamentos executados.

Objetivo	Padronizar	Iniciar licitação em BIM	Reduzir quantidade de revisões	Otimizar prazos de análises
Indicador	Padronização em processos BIM (Caderno de Especificações)	Das 10 licitações de projetos ainda em 2022 uma será em BIM	Revisões por produto pela Contratada (6 revisões em média)	Prazo de análise pela equipe técnica (10 dias úteis em média)
Meta	100%	10%	50%	30%

Figura 2. Definição de objetivos, indicadores e metas da SEDUH.

Fonte: Autores, 2022.

Objetivo	Indicador	Meta
Redução do tempo de elaboração de projeto	1 - (Tempo de elaboração de projeto em BIM / Tempo de elaboração de projeto)	20%
Melhoria da qualidade da documentação gráfica	Quantidade de incompatibilidades e/ou conflitos verificados no projeto executivo.	
Redução do tempo de levantamento de quantitativos do modelo para orçamentação	1 - (Tempo de levantamento de quantitativos do modelo / Tempo de levantamento de quantitativos)	50%
Melhorar a qualidade dos orçamentos – Comparar os orçamentos com levantamento de quantitativos do CAD e do modelo	% orçamentário de desvio (super ou subestimativa do orçamento)	
Validar o fluxograma de atividade do PIB	Nº de etapas executadas/ Nº de etapas no fluxograma	100%
Validar os usos estabelecidos no PIB	Nº de Usos BIM do projeto / Nº de Usos BIM previstos PIB	80%
Validar o organograma da GPE	Nº de cargos envolvidos no projeto / Nº de cargos previstos no PIB	80%
Validar o plano de aquisições de softwares e hardware	Nº de estação de trabalho aptas / Nº total de estações de trabalho	80%
Aferir o indicador Assertividade do Tempo de Elaboração de Projetos em cada etapa	Tempo gasto para desenvolvimento do projeto / Tempo previsto para desenvolvimento do projeto	100%

Figura 3. Definição de objetivos, indicadores e metas da COMPESA.

Fonte: Autores, 2022.

Os resultados preliminares mostram a importância em iniciar o processo de implementação BIM a partir de uma conceituação mais ampla do que vem a ser implantar o BIM em uma organização. Compreender a estrutura da organização, os seus principais problemas ligados às suas atividades principais, identificando gargalos e como o BIM pode empreender transformações nessa organização parece ser uma forma frutífera de introduzir o BIM dentro de uma organização.

4. Considerações finais

Entre as inúmeras dificuldades e desafios para o processo de implementação BIM das Secretarias do Estado de Pernambuco citadas neste artigo, cabe destacar aqui o desafio ligado à pressão de empresas do mercado que muitas vezes vendem a falsa ilusão que a implementação do BIM está associado à aquisição de certos pacotes de ferramentas, sem um estudo mais aprofundado sobre as reais necessidades da organização. Por força e pressões dessas empresas o processo de implementação torna-se contraproducente, dificultando inclusive o empenho de funcionários da organização. Alguns desses terminam achando que o treinamento de uma ou outra ferramenta vai realmente resolver os seus problemas, quando muitos desses treinamentos, capacitações e aquisições de softwares não correspondem às reais demandas da organização.

Assim, o processo de implementação exige uma árdua tarefa de convencimento, aderência e participação dos diversos atores de uma organização pública. Ainda que os desafios de implementar o BIM neste setor sejam diversos, que podem de uma hora para outra, por mudanças da visão política de um governo, mudar completamente ou até mesmo cancelar a estratégia de implementação, convencer o corpo técnico concursado e mostrar os benefícios estratégicos para a organização pode ser uma tarefa mais bem estruturada em busca de um processo de implementação que seja capaz de perdurar por vários anos e diferentes Governos.

Mesmo sabendo da importância que é desenvolver projetos pilotos, compreender como certas ferramentas e tecnologias associadas à Modelagem da Informação funcionam, é importante compreender que o processo de adoção BIM em uma empresa pública passa por mudanças profundas em seus processos e sua cultura de trabalho. Esse parece ser o grande desafio na implementação. E, para conhecer como essas mudanças podem e devem acontecer, é de fundamental importância conhecer de uma forma mais ampla a organização pública que se vai trabalhar.

Portanto, no processo de implementação numa empresa pública duas questões são fundamentais: conscientizar a organização sobre o que é o BIM, mostrando que é muito mais do que o uso de uma tecnologia de ferramentas e; compreender as reais demandas da organização e como a Gestão da Informação da Construção pode contribuir com a melhoria dos serviços oferecidos por essa organização e com o trabalho das pessoas que fazem parte dessa organização.

Referências

BIM Forum Brasil. **Estratégia BIM dos Governos do Sul-Sudeste é tema do próximo evento do BIM Fórum Brasil**. 2021. Página Inicial. Disponível em: < <https://tecnoblog.net/247956/referencia-site-abnt-artigos/> >. Acesso em 15 nov. de 2021.

Coutinho, T. **Entenda as funções de um Scrum Master e sua importância em um Scrum Team**. Voitto, 2020. Disponível em: < <https://tecnoblog.net/247956/referencia-site-abnt-artigos/> >. Acesso em: 10 de julho de 2021.

Eastman, C. et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al. Porto Alegre: Bookman, 2014.

Entendendo o princípio de Pareto (a regra 80/20). 2021. Disponível em: <https://asana.com/pt/resources/pareto-principle-80-20-rule>. Acesso em: 15 mai 2022.

Leusin, S. **Gerenciamento e Coordenação de Projetos BIM: Um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

MESSNER, J. et al. **BIM Project Execution Planning Guide, Version 2.2**. Computer Integrated Construction Research Program, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, August, 2019. Disponível em: <http://BIM.psu.edu>, acesso em: 13 março de 2022.

Rodrigues, I; Andrade, M. **BIM Execution Plan (BEP) to Infrastructure Superintendence of the Federal University of Pernambuco: A proposal to implement BEP in a Federal University in Brazil**. ASCAAD, 2021.

Silva, A. A., Silva, N. S., Barbosa, V. A., Henrique, M. R., & Baptista, J. A. (2011). **A Utilização da Matriz Swot como Ferramenta Estratégica – um Estudo de Caso em uma Escola de Idioma de São Paulo**. SEGeT - VIII Simpósio de Excelência Em Gestão e Tecnologia, 11. Retrieved from <http://eng.aedb.br/seget/artigos11/26714255.pdf> <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos11/26714255.pdf> <http://www.economia.aedb.br/seget/artigos11/26714255.pdf>

LIGA ACADÊMICA COMO FACILITADOR DA INSERÇÃO DO BIM NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO: ESTUDO DE CASO LABIM

Márcia Crusado | IFRN | beatrizcrusado@gmail.com

Weyssmuller Olives | IFRN

Josyanne Giesta | IFRN

Alfredo Costa Neto | IFRN

Resumo:

A utilização do Building Information Modeling (BIM) tem recebido atenção do mercado de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) pelo seu potencial de integração da informação e pelo ganho da produtividade proporcionado, tornando-se dessa forma, uma importante ferramenta que permite aos profissionais construir, projetar e até mesmo executar operações em uma instalação ou edificação de maneira colaborativa. Partindo da necessidade de capacitar e preparar os alunos para o mercado de trabalho e em sintonia com as iniciativas que o Governo Federal vem utilizando para a implementação do BIM no setor público e privado, foi implementado no curso de Engenharia Civil do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) no ano de 2021, a Liga Acadêmica de BIM (LABIM) a qual tem como objetivo difundir a utilização e implementação do BIM, e também, fornecer as horas de atividades de extensão obrigatórias. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a inserção do BIM no curso de Engenharia Civil, buscando compreender as potencialidades da liga acadêmica nesse processo. O método adotado foi um estudo de caso partindo de observações de fenômenos reais baseando-se nos desafios que a academia enfrenta ao implementar a metodologia BIM como por exemplo, a falta de disciplinas obrigatórias na matriz curricular, sendo necessário, as instituições procurarem outros meios para a implementação. No estudo de caso, criou-se um ambiente onde se pudesse implementar o BIM nas diferentes disciplinas da matriz curricular do curso. Dessa forma, as principais etapas desenvolvidas ao longo do estudo foram: a) Pesquisa Bibliográfica dividida em duas fases 1- com o intuito de analisar o panorama atual das disciplinas nos cursos de Engenharia Civil das Universidades e Institutos Federais, por meio de pesquisas nas matrizes curriculares dos cursos, e 2- pesquisa bibliográfica em trabalhos publicados sobre ligas acadêmicas BIM e levantamento das ligas; b) seleção do estudo de caso - LABIM do IFRN; c) levantamento das ações realizadas pela LABIM; d) análise dos resultados. Como resultados, constatou-se que o BIM tem se inserido de forma pontual nos cursos AECO, quando se trata de matriz curricular e que existem poucas ligas acadêmicas BIM. Através do estudo de caso identificou-se um grande potencial das ligas BIM, observou-se possibilidades da inserção do BIM na academia em seus três pilares, na extensão com os ligantes realizando eventos abertos à comunidade acadêmica e também ao público externo, como palestras, cursos e oficinas; no ensino com os conhecimentos vistos no curso de Engenharia Civil sendo praticados ao desenvolverem projeto colaborativo envolvendo diferentes disciplinas, como Desenho Arquitetônico, Estrutura de Concreto Armado, Instalações Elétricas Prediais, Instalações Hidrossanitárias e Orçamento; e na pesquisa com a disseminação do BIM através do desenvolvimento de artigos científicos. Entretanto, destaca-se como dificuldade a constante renovação dos ligantes, sendo necessário atenção aos períodos dos editais de ingresso, de modo a garantir a integração entre os colaboradores mais antigos e os novos. Diante do exposto, conclui-se que as ligas acadêmicas possuem um grande potencial de contribuição no processo de implementação do BIM nos cursos de graduação da área AECO.

Palavras-chave: BIM, Liga Acadêmica, IFRN.

Abstract:

The use of Building Information Modeling (BIM) has received attention in the Architecture, Engineering, Construction and Operation (AECO) market for its potential to integrate information and the productivity gains it provides, thus becoming an important tool that allows professionals to build, design and even execute operations in a facility or building in a collaborative way. Based on the need to train and prepare students for the labor market and in line with the initiatives that the Federal Government has been using to implement BIM in the public and private sectors, the Academic League of BIM (LABIM) was implemented in the Civil Engineering course of the Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) in the year 2021, which aims to disseminate the use and implementation of BIM, and also provide hours of mandatory extension activities. In this context, the present work aims to evaluate the insertion of BIM in the Civil Engineering course, seeking to understand the potential of the academic league in this process. The method adopted was a case study based on observations of real phenomena based on the challenges that academia faces when implementing the BIM methodology, such as the lack of mandatory disciplines in the curriculum, making it necessary for institutions to seek other means of implementation. In the case study, an environment was created where BIM could be implemented in the different disciplines of the course curriculum. Thus, the main steps developed throughout the study were: a) Bibliographical research divided into two phases - with the purpose of analyzing the current panorama of the disciplines in Civil Engineering courses at Universities and Federal Institutes, through research in the curricula of the courses, and - bibliographical research in published works about academic BIM leagues and survey of leagues; b) selection of the case study - LABIM of IFRN; c) survey of the actions performed by LABIM; d) analysis of the results. As results, it was found that BIM has been inserted in a punctual way in AECO courses, when it comes to curricular matrix and that there are few academic BIM leagues. Through the case study it was identified a great potential of the BIM leagues, it was observed possibilities of BIM insertion in the academy in its three pillars, in the extension with the leagues holding events open to the academic community and also to the external public, such as lectures, courses and workshops; in teaching with the knowledge seen in the Civil Engineering course being practiced when developing collaborative projects involving different disciplines, such as Architectural Design, Reinforced Concrete Structure, Building Electrical Installations, Hydraulic and Sanitary Installations, and Budgeting; and in research with the dissemination of BIM through the development of scientific articles. However, the constant renewal of the team members is a difficulty, and it is necessary to pay attention to the periods of the admission notices, in order to guarantee the integration between the older collaborators and the new ones. Given the above, it is concluded that the academic leagues have a great potential to contribute to the process of implementing BIM in undergraduate courses in the AECO area.

Keywords: BIM, Academic league, IFRN.

1. Introdução

Os debates sobre a implementação do *Building Information Modeling* (BIM) no Brasil iniciaram-se com estudos relacionados às vantagens e desvantagens da modelagem da informação da construção, passando dessa forma a discutir aspectos importantes pertencentes à metodologia BIM como colaboração e multidisciplinaridade nas fases iniciais do projeto.

No entanto, observa-se que a inserção do BIM nas instituições de ensino superior (IES) encontra obstáculos, uma vez que é exigido alterar metodologias didáticas consolidadas, práticas e culturas já estabelecidas na matriz curricular dos cursos. Nota-se ainda, que geralmente a aplicação da

metodologia BIM acontece de forma pontual, em uma ou duas disciplinas do currículo (representação gráfica, e ou projeto de arquitetura). Poucas experiências relatam integração com disciplinas técnicas como instalações, estrutura, construção, orçamento etc., especialmente junto à graduação. Isto evidencia uma adoção inicial da metodologia, revelando a necessidade de estratégias mais efetivas para acelerar a difusão, adoção e amadurecimento do ensino do BIM nos cursos de graduação da área de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO).

Diante desse quadro, a implementação das ligas acadêmicas voltadas ao BIM, pode se caracterizar como um instrumento relevante, por permitir aos participantes realizarem atividades, estudos e pesquisas relacionadas ao tema. Tradicionalmente, a área da saúde desenvolve diversas ligas acadêmicas desde 1920. Ao observar os diversos benefícios que as ligas podem oferecer aos cursos, por permitir a integração entre universidade e sociedade, outras áreas começaram a implementar esta metodologia, como por exemplo, a Liga Acadêmica de Construção Civil da Universidade Federal de Goiás (UFG), um projeto de extensão fundado no primeiro semestre de 2016.

Nesse cenário, torna-se relevante conhecer o universo das ligas acadêmicas BIM no contexto brasileiro, bem como de que forma tem se dado a implementação do BIM na matriz curricular dos cursos da área AECO e principalmente como uma liga acadêmica pode contribuir para a disseminação do BIM. Sendo assim, o presente artigo tem como objetivo avaliar a inserção do BIM no curso de Engenharia Civil, buscando compreender as potencialidades da liga acadêmica nesse processo.

2. Metodologia

Para a realização da pesquisa sobre a Liga Acadêmica como um facilitador da inserção do BIM nos cursos de graduação, foi necessário o desenvolvimento de quatro etapas. Na primeira etapa realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre: (a) Projetos pedagógicos dos cursos de graduação em Engenharia Civil das universidades federais e institutos federais para conhecer como o BIM está inserido na matriz curricular, se é em disciplinas específicas, obrigatórias ou em disciplinas optativas; (b) Pesquisas sobre as ligas acadêmicas na engenharia civil com ênfase no BIM como eixo temático. Com os resultados da pesquisa bibliográfica, e levando-se em consideração os obstáculos encontrados na inserção do BIM, partiu-se para a segunda etapa, que correspondeu a seleção do estudo de caso - LABIM, a liga acadêmica de BIM do curso de engenharia civil. A escolha por esta liga deu-se em razão dos autores integrarem a LABIM, facilitando assim todo tipo de consulta. A terceira etapa correspondeu à identificação das principais ações desenvolvidas na liga e suas repercussões para os ligantes e para o curso de engenharia civil. E por fim, na quarta etapa, foi feita uma análise qualitativa dos resultados obtidos, os desafios encontrados e as possibilidades de novos estudos.

2.1. Pesquisa bibliográfica

De acordo com Boccato (2006, p. 266), “a pesquisa bibliográfica busca o levantamento e análise crítica dos documentos publicados sobre o tema a ser pesquisado com intuito de atualizar, desenvolver o conhecimento e contribuir com a realização da pesquisa”. Em conformidade com a afirmação de Boccato, realizou-se uma pesquisa bibliográfica com o intuito de realizar um levantamento acerca das ligas acadêmicas sobre BIM implementadas nos cursos da área de AECO. Para tanto foram utilizados termos como “ligas acadêmicas de BIM” e “ligas acadêmicas construção civil”, nas bases de dados como google acadêmico, SciELO e Periódicos Capes sem recorte temporal objetivando um alcance maior de publicações.

Encontrou-se na pesquisa, poucos estudos sobre a utilização dessa ferramenta na inserção do BIM. Nesse sentido, Santana pontua “Apesar de as primeiras ligas terem sido fundadas já há algumas décadas, ainda são escassas as publicações e os estudos sobre esse assunto” (SANTANA, 2012, p.96). A afirmação de Santana torna-se mais evidente ao se tratar das ligas nas áreas AECO que ainda estão em fase inicial de desenvolvimento.

Realizou-se ainda um levantamento junto aos sites das Universidades Federais e Institutos Federais, buscando compreender como o BIM vem sendo inserido oficialmente nas matrizes curriculares dos cursos de Engenharia Civil, se de forma pontual em apenas uma disciplina ou pulverizada em múltiplas disciplinas.

2.2. Seleção do estudo de caso

A pesquisa bibliográfica realizada referente a busca por ligas acadêmicas voltadas à área BIM identificou somente três ligas, entre as quais a LABIM do IFRN. O estudo de caso da presente pesquisa foi desenvolvido na Liga Acadêmica de BIM (LABIM). A LABIM foi implementada no curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), no ano de 2021. Para Azevedo e Dini (2006, p. 5), “as ligas têm o objetivo de aprofundar um tema específico a ser estudado” funcionando a partir do tripé pesquisa, ensino e extensão. Em conformidade com a afirmação de Azevedo e Dini, a LABIM vem desenvolvendo atividades tendo como eixo temático a implementação do BIM. Tornando-se um espaço importante para que os alunos possam sair da fase inicial da utilização do BIM e integrar conhecimentos vistos em sala de aula ao desenvolverem modelos ricos em informações pertinentes às diferentes disciplinas da matriz curricular ao implementar e conhecer os pilares do BIM: Pessoas, Processos e Tecnologias.

As atividades desenvolvidas dentro da liga são planejadas e/ ou revisadas a cada semestre pela equipe sob coordenação dos professores orientadores que norteiam os objetivos dos estudos a serem realizados para que estejam sempre em conformidade com o tripé acadêmico, extensão, ensino e pesquisa.

2.3. Ações da LABIM

No tocante à extensão, os ligantes realizam no mínimo uma vez a cada ciclo de estudos da liga, eventos abertos à comunidade acadêmica e também ao público externo, como elaboração de projetos, palestras, cursos e oficinas permitindo que o público alvo conheça os níveis de maturidade BIM e possam evoluir em conformidade com o decreto de nº 10.306, de 22 de abril de 2020 que estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia (BRASIL, 2020).

Quanto ao ensino, a liga permite uma flexibilidade de atividades a serem desenvolvidas anualmente, como por exemplo, palestras e mesa-redonda, onde um tema específico sobre o BIM é posto em debate e convidados ganham espaço para compartilhar seus conhecimentos na área, tornando-se desta forma, um ambiente de troca de conhecimentos. A realização de tais eventos, funcionam como ferramentas que auxiliam, motivam e aproximam o conhecimento ao ligante, se caracterizando como uma oportunidade para partilhar opiniões, ideias e experiências com outros profissionais da área.

Na pesquisa, busca-se sempre estar em sintonia com os eventos nacionais e internacionais sobre o BIM, procurando contribuir de forma ativa por meio de elaboração e submissão de artigos científicos. Atualmente a liga que está no seu segundo ano de atividades, trabalha um estudo de caso com o intuito de desenvolver uma proposta de processo de projeto colaborativo com o uso

do BIM envolvendo uma equipe de quatro alunos que estão atuando em um projeto piloto com diferentes disciplinas técnicas da área de engenharia civil.

2.4. Análise dos resultados obtidos

A quarta etapa, que correspondeu à análise dos resultados obtidos, buscou através dos conhecimentos adquiridos na revisão bibliográfica formular os questionamentos a serem respondidos por meio do estudo de caso, bem como preencher as lacunas identificadas.

3. Resultados

3.1. Obtidos com a pesquisa bibliográfica

Durante a pesquisa bibliográfica, encontrou-se informações sobre endereços eletrônicos de páginas sociais, blogs e sites, contendo notícias de eventos realizados por ligas acadêmicas de BIM, assim, as ligas foram sistematizadas na tabela 1.

Tabela 1. Ligas acadêmicas de BIM

NOME	SIGLA	INSTITUIÇÃO	LOCAL
Liga Acadêmica de BIM	LABIM	UFCA	CE
Liga Acadêmica de BIM	LABIM	IFRN	RN
Liga Acadêmica de BIM	LABIM	UFJF	MG

Vale ressaltar que esse levantamento é referente às ligas acadêmicas com eixo temático BIM e diversas Universidades e Institutos Federais podem utilizar outros meios para a implementação da metodologia, como grupos de estudos e práticas em BIM. Além desse levantamento, realizou-se também uma pesquisa nos sites das Universidades Federais e Institutos Federais para analisar as matrizes curriculares dos cursos de Engenharia Civil de cada instituição, de forma a identificar como o BIM está sendo inserido de forma direta nos cursos.

Observou-se que há poucas disciplinas de BIM oficialmente na matriz curricular dos cursos, como demonstram as figuras 1 e 2, através de gráficos.

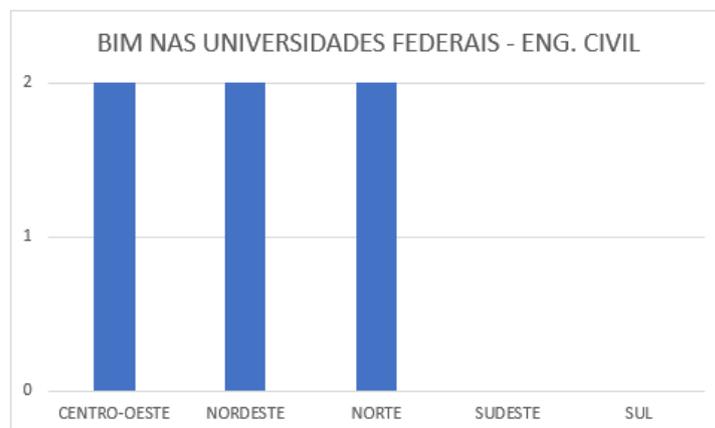


Figura 1: Disciplinas na matriz curricular nos cursos de Eng. Civil - Universidades Federais.

Fonte: Acervo pessoal.

Representando o Centro-Oeste, a Universidade de Brasília (UNB) foi a única a oferecer disciplinas de BIM, são elas: BIM Aplicado à Engenharia I e II. No Nordeste, duas universidades (Universidade Federal do Ceará - UFC e Universidade Federal de Pernambuco - UFPE) oferecem respectivamente as disciplinas Projeto e Construção de Edifícios I e BIM - Revit. No Norte, a Universidade Federal do Oeste do Pará oferece no formato obrigatório a disciplina Projeto arquitetônico e a Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, a disciplina de Noções de BIM, de forma optativa.

O BIM está implementado oficialmente em poucas universidades federais pelo país, e sua inserção ainda se dá de forma bastante pontual, em apenas uma ou no máximo duas disciplinas no curso.

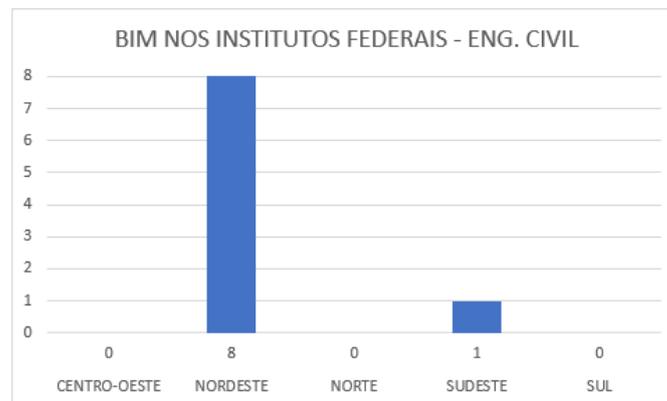


Figura 2: Disciplinas na grade curricular nos cursos de Eng. Civil - Institutos Federais.
Fonte: Acervo pessoal.

Nos Institutos Federais, apenas duas regiões tem na sua matriz curricular disciplinas voltadas para o ensino do BIM, no Nordeste, o Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) se destaca com sete Disciplinas de BIM sendo uma obrigatória: Modelagem de Informação da Construção (BIM) e seis disciplinas de forma optativa, são elas: Compatibilização e Cooperação em Projetos BIM, Representação Gráfica em BIM, BIM e Estruturas de Concreto Armado, Gestão de projetos utilizando BIM, BIM na Infraestrutura Viária, BIM e Instalações Prediais. Além do IFRN, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão do Pernambuco, tem na sua matriz curricular a disciplina Plataforma BIM. Por fim, no Sudeste, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), oferece a disciplina Modelagem da Informação do Edifício.

Com relação aos institutos federais, a pesquisa apontou que a situação do BIM no ensino não se apresenta muito diferente, a exceção do IFRN, que apresentou a inserção do BIM de forma mais pulverizada, estando presente em sete disciplinas, no entanto seis delas são optativas. Nesse sentido, cabe destacar que o curso de engenharia civil do IFRN é novo, foi aprovado em 2019.

Os resultados encontrados na pesquisa bibliográfica ressaltam a importância das ligas acadêmicas como ferramenta para a disseminação do BIM nos cursos de graduação, uma vez que as matrizes curriculares em sua maioria não oferecem aos alunos competências BIM. Aliado a isso tem-se a flexibilidade das ligas, que possibilitam diferentes metodologias de ensino, visto que podem realizar eventos e estudos envolvendo os ligantes, favorecendo a obtenção de conhecimentos e a troca de experiências inclusive com o público externo.

3.2. Obtidos no estudo de caso LABIM – Caracterização

A Liga Acadêmica de BIM (LABIM) funciona no laboratório do Grupo de Estudos e Pesquisa em Integração de Projetos (GIP), que é estruturado com nove computadores apropriados para o uso de softwares BIM.

A seleção da equipe de ligantes ocorre por meio da publicação de editais, tanto pelo portal da instituição (Portal IFRN) como pelas mídias sociais da Liga (@labim_ifrn), iniciando-se com o preenchimento do formulário de inscrição (figura 3) por parte dos interessados e posteriormente dá-se a etapa de entrevistas. As seleções acontecem todos os anos e no geral, qualquer aluno do curso de Engenharia Civil que já tenha cursado a disciplina "Introdução às atividades de extensão" pode se candidatar.



Figura 3: Confirmação de inscrição do formulário da primeira etapa da seleção LABIM 2021.

Fonte: Acervo pessoal.

A equipe atual da LABIM é formada por quatro alunos e dois professores orientadores. Importante destacar que três dos ligantes atuais já possuem experiência em BIM, visto que participaram de projetos de pesquisas sobre BIM no Grupo de Estudos e Pesquisa em Integração de Projetos (GIP), logo, espera-se um avanço na maturidade BIM da liga durante esse ano.

3.3. Obtidos no estudo de caso LABIM – Projeto piloto

O estudo de caso realizado na LABIM, contempla o desenvolvimento de um projeto piloto realizado através de um trabalho colaborativo totalmente planejado. O software utilizado para as modelagens 3D é o Revit da Autodesk, versão 2020, a escolha por esse software se deu principalmente pelo domínio por parte dos autores e pela existência da licença acadêmica. Para Manzione (2017), o projeto piloto tem como objetivo fornecer um treinamento prático, estabelecendo orientações práticas para equipe BIM.

A estrutura organizacional da liga permite e estimula os participantes a desenvolverem habilidades de liderança, gestão, autogestão e cooperação, valorizando a autonomia dos ligantes. De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção, através de sua coletânea de implantação do BIM (CBIC, 2016), deve ser estabelecido um projeto piloto, que representará os casos típicos de processos da empresa. Logo, partindo da necessidade de capacitar e preparar os alunos para o mercado de trabalho, a liga simula um escritório de engenharia, buscando representar ao máximo como uma empresa da área da AECO funciona.

O primeiro ano da LABIM destinou-se à divulgação dos objetivos da liga, também como conhecimentos e curiosidades relacionados ao BIM, por meio de podcast, palestras e conteúdo em redes sociais. Enquanto neste segundo ano, o objetivo principal é trabalhar os conhecimentos vistos em sala de aula ao desenvolver um projeto colaborativo de uma residência unifamiliar composta por dois pavimentos, o Projeto Piloto Casa Solarium, projeto esse que envolve diferentes disciplinas, tais como, Desenho Arquitetônico, Estrutura de Concreto Armado, Instalações Elétricas Prediais, Instalações Hidrossanitárias e Orçamento (figura 4).

Importante destacar que foi estruturado um Ambiente Comum de Dados (CDE), juntamente com um gerenciador de tarefas, para tornar eficaz o gerenciamento dos projetos e auxiliar diretamente no trabalho colaborativo, de forma a se aplicar eficientemente a metodologia BIM, envolvendo pessoas, conjunto de políticas, processos e tecnologias.

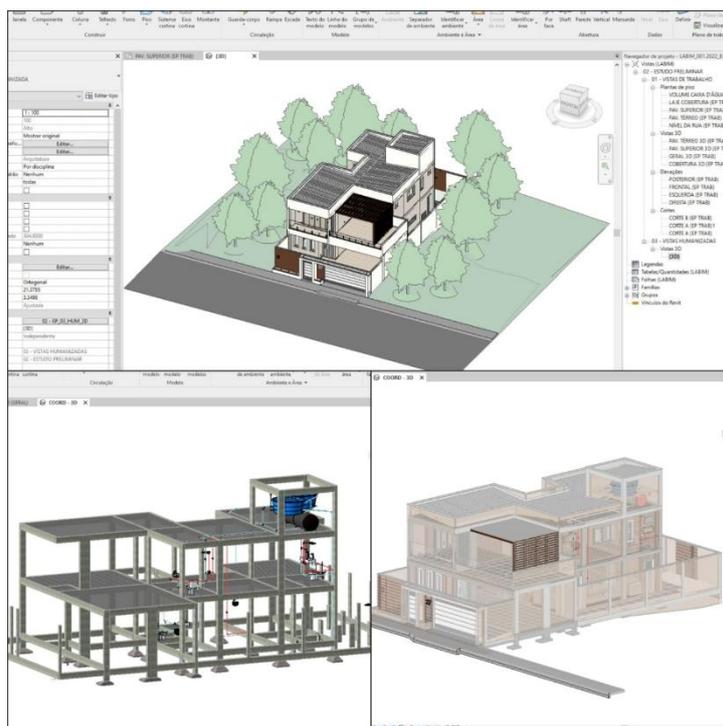


Figura 4 - Projetos em BIM das disciplinas de Desenho Arquitetônico, Estrutura de Concreto Armado, e Instalações Hidráulicas da Casa Solarium.

Fonte: Acervo pessoal.

Segundo Farias e Lima (2020) o Ambiente Comum de Dados (CDE) é um repositório digital onde as informações de um projeto como modelos, relatórios, planilhas e cronogramas, são concentradas e gerenciadas, permitindo que todos que compõem o projeto possam acessá-las. Dessa forma, ao concentrar os dados, os membros da equipe podem acessar todas as informações necessárias em uma mesma fonte, fazendo com que a comunicação e colaboração entre todas as partes interessadas no projeto sejam melhoradas e erros/duplicações sejam reduzidos. Por isso a importância da existência de um CDE, juntamente com um gerenciador de tarefas, quando se trata de trabalho colaborativo.

Para a utilização CDE, foi adotado o Fusion 360 para colaboradores da Autodesk como o ambiente comum de dados, e o uso do Autodesk Drive para armazenamento dos arquivos autorais. A utilização do Fusion para fins de gerenciamento de projetos, conectar a equipe, visualização do progresso do projeto, armazenamento dos arquivos e a comunicação, permite que os envolvidos possam compartilhar o conteúdo e todas as informações do projeto, visualizar arquivos 2D e 3D

de vários tipos de extensões, revisar e comentar, facilitando dessa forma, a tomada de decisões entre a equipe. Para uma melhor organização do CDE foram utilizadas configurações de pastas recomendadas pela ISO 19.650. Cabe ressaltar que, além da organização das pastas, os arquivos obedeceram às nomenclaturas sugeridas para obter um melhor controle de versões, pois para ocorrer a interoperabilidade, ou seja, a troca de informações sem perdas de dados é fundamental adotar diversas medidas, entre elas a padronização na nomenclatura de arquivos, diretórios e elementos ou componentes BIM.

Com relação ao gerenciamento de tarefas foi selecionado o Trello, uma ferramenta visual que possibilita aos envolvidos o gerenciamento do projeto, fluxo de trabalho e monitoramento de tarefas. Com o Trello (figura 5) tem-se o cronograma de entregas das versões dos arquivos compartilhados para serem compatibilizados, a organização da distribuição dos cartões com as datas dos entregáveis e das reuniões. Esse ambiente controlado permite implementar ao máximo a metodologia BIM nas atividades elaboradas pelos autores no projeto piloto.

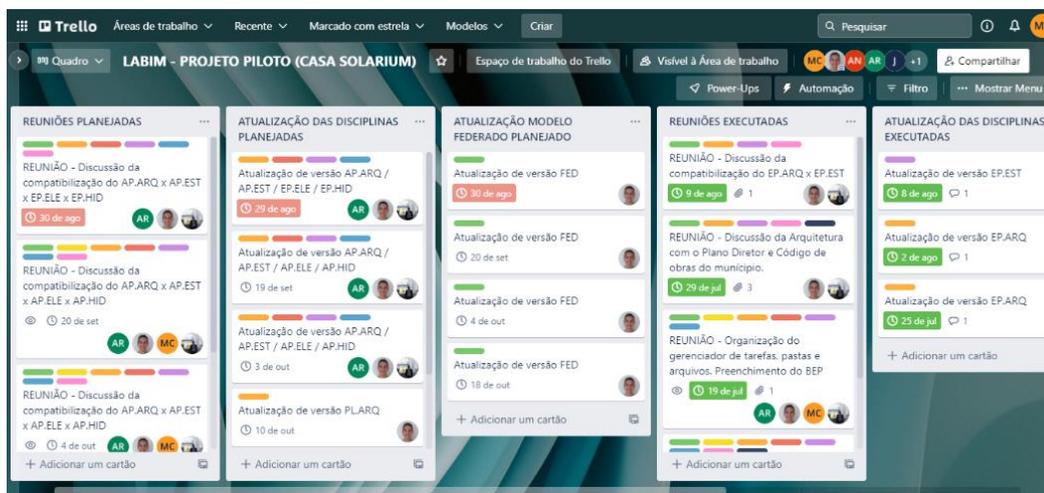


Figura 5 - Trello como gerenciador de tarefas do projeto piloto.

Fonte: Acervo pessoal.

O Projeto Piloto Casa Solarium, envolve diferentes disciplinas, tais como, Desenho Arquitetônico, Estrutura de Concreto Armado, Instalações Elétricas Prediais, Instalações Hidrossanitárias e Orçamento. A etapa de orçamento destacou-se, pois para que fosse feito um projeto inteiramente em BIM seriam necessárias ferramentas adequadas, não só no processo de modelagem, mas também para economia de tempo que o BIM proporciona ao orçamentista durante a etapa de levantamento de quantitativos, pois a extração dos mesmos ocorre diretamente dos modelos 3D.

Ciente disso, obteve-se uma parceria com os desenvolvedores do programa OrçaFascio, juntamente com o plugin para orçamento em modelos BIM, o OrçaBIM, que funciona integrado ao Revit, o software da empresa Autodesk, e ao sistema de orçamento de obras OrçaFascio. Assim, com essa integração ele garante o desenvolvimento de projetos com a redução de tempo de trabalho e erros de custos da obra, sem haver mais a necessidade de exportar planilhas manualmente, diminuindo assim as possibilidades de erros e de retrabalhos. Pode-se destacar que uma das vantagens do plugin é justamente poder automatizar os dados quanto ao levantamento de quantitativos e as atualizações de informações que ocorrem eventualmente, sejam composições alteradas ou até mesmo a tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) que sofre modificações mensalmente.

Observou-se um grande despertar dos alunos envolvidos na liga para a utilização do BIM, que já é uma realidade na indústria AECO atualmente. É notável pelos debates entre os envolvidos que a curva de aprendizagem sobre a metodologia está em constante ascensão e que a maturidade BIM dentro da liga está crescendo.

A Liga Acadêmica torna-se muito atrativa para os alunos, pois além de trabalhar com pesquisa e ensino, ela fornece as horas de atividades de extensão solicitadas pela matriz curricular do curso, incrementando o currículo do participante e preparando-o melhor para o mercado de trabalho.

Cabe destacar a colaboração que a LABIM vem oferecendo na instituição, frente ao processo de implementação do BIM, sobretudo ao atuar de forma direta na pesquisa, proporcionando assim aos acadêmicos oportunidades de participarem de projetos de pesquisas sobre o tema. No ensino ao permitir a integração dos conhecimentos vistos em sala de aula no laboratório da liga, e por fim, na extensão ao atuar frente à comunidade por meio de atividades abertas ao público, garantindo trocas de experiências entre todos os envolvidos.

4. Conclusão

Embora a pesquisa bibliográfica tenha apontado a existência de poucas ligas acadêmicas voltadas ao BIM, pelo estudo de caso abordado no presente artigo, a implementação de ligas acadêmicas com eixo temático sobre o BIM como a LABIM mostrou-se fundamental para desenvolver conhecimentos e promover maior valorização na utilização do BIM entre os estudantes, através da atuação nas áreas de ensino, pesquisa e extensão. Justifica-se por estar em conformidade com as ações governamentais inseridas na realidade brasileira sobre a implementação do BIM.

Pode-se observar que a LABIM, por meio do desenvolvimento das suas atividades, tem relevante influência no processo ensino-aprendizagem ao permitir que o estudante adquira pelo embasamento teórico, reuniões, estudos das literaturas e normas, competências BIM tornando-o mais preparado para atuar frente à realidade da indústria AECO.

A metodologia utilizada no estudo sobre as potencialidades das ligas na inserção do BIM, oportuniza, desta forma, modelos de utilização da ferramenta “liga acadêmica” como facilitador da inserção do BIM nos cursos de graduação.

Nota-se, enquanto desafio, a rotatividade dos colaboradores da liga, principalmente no início da implementação, tendo em vista que seja necessário garantir a integração dos ligantes antigos com os novos para que não ocorra retrabalhos nos estudos já em andamento. Aponta-se a quebra de estereótipos de que o BIM serve somente para formar projetistas e nota-se com os resultados alcançados nos estudos, que a implementação do BIM, no meio acadêmico, possibilitará uma interdisciplinaridade no ensino ao implementar as diferentes disciplinas técnicas em um único modelo, como visto no projeto piloto desenvolvido durante a pesquisa.

A utilização do BIM já é uma realidade no Brasil e se tornará mais consolidada através de vivências como essa abordada no presente artigo, que possibilitará a disseminação do BIM nas instituições e aos envolvidos uma bagagem mais rica em informações de como proceder na utilização da metodologia em suas carreiras profissionais, principalmente no processo colaborativo, que requer trocas de conhecimento e experiências de trabalho em equipe envolvendo pessoas, processos e tecnologias.

Diante do exposto, pode-se concluir que a liga acadêmica de BIM pode se caracterizar como mais uma opção de inserção do BIM nos cursos de graduação da área AECO. Como limitações do artigo pode-se apontar o estudo de caso ter sido realizado em somente uma liga, de modo que se sugere como trabalhos futuros que sejam realizados estudos comparativos em outras ligas, de modo a ampliar os conhecimentos sobre as possibilidades de inserção do BIM via liga acadêmica.

Tendo a pesquisa sobre as instituições de ensino superior, que possuem disciplinas formalmente inseridas na matriz curricular, sido realizada somente nas federais, recomenda-se também, que seja verificado como tem se dado no contexto das instituições particulares.

Referências

AZEVEDO R. P., DINI P. S. **Guia para construção de ligas acadêmicas**. Ribeirão Preto: Assessoria Científica da Direção Executiva Nacional dos Estudantes de Medicina; 2006.

BOCCATO, V. C. **Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação**. Rev. Odontol. Univ. Cidade de São Paulo, São Paulo, v.18, n.3, p.265-274, 2006.

BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020** - Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>>. Acesso em: 11 ago. 2022.

CBIC - **Câmara Brasileira da indústria da construção**. Implementação BIM - Parte 2: Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras. Brasília: CBIC, 2016, 72p.

FARIAS, J., LIMA. **O que é um ambiente comum de dados (CDE)?** SPBIM. São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://spbim.com.br/o-que-e-um-ambiente-comum-de-dados-cde/>>. Acesso em: 18 set. 2022.

FASCIO, A. **Conheça o OrçaBIM e faça orçamentos em BIM muito mais rápido**. Disponível em: <<https://www.orcafascio.com/papodeengenheiro/orcabim/#:~:text=O%20Or%C3%A7aBIM%20funciona%20integrado%20ao,evas%C3%A3o%20de%20custos%20do%20empreendimento./>>>. Acesso em: 15 set. 2022.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

SANTANA, A. C. D. A. **Ligas acadêmicas estudantis**. O médico e a realidade. Medicina (Ribeirão Preto) [Internet]. 30 de março de 2012; 45(1):96-8. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/47582>>. Acesso em: 15 set.2022.

MÉTODO PARA MODELAGEM DE OBJETOS BIM: DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO PRÁTICA

Ana Clara Diniz Bezerra | Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) |
anaclaradinizbezerra@hotmail.com

Mateus Tomaz | Prefeitura Municipal de Tibau do Sul - RN

Josyanne Pinto Giesta | Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN)

Alfredo Costa Neto | Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN)

Resumo:

Hodiernamente, surgem tecnologias em prol de um mercado mais produtivo e lucrativo, com isso, observa-se que os segmentos da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) vêm sendo impactados pelas inovações tecnológicas. Só em 2021, a indústria da construção civil representou cerca de 9,7% do PIB do Brasil, mostrando sua relevância na economia e crescimento do país. Apesar da demanda pelos segmentos da AEC terem aumentado, não se diminui a preocupação pelos impactos que as obras vão gerar ao meio ambiente, posto isso, inúmeros materiais foram e estão sendo desenvolvidos para diminuir esses impactos, como exemplo tem-se o tijolo ecológico, que apresenta um bom desempenho ambiental e a redução dos custos na alvenaria. Assim, mesmo com o avanço do mercado, muitos profissionais da área AEC ficam limitados, perante a ausência das novas tecnologias da indústria, nas bibliotecas de objetos para os softwares BIM. Nesse contexto, os projetistas não conseguem elaborar determinados projetos. Dessa forma, o presente artigo, através do método de pesquisa Design Science Research (DSR), tem como objetivo propor um artefato do tipo método para o desenvolvimento de objetos para softwares BIM. A DSR foi estruturada nas seguintes etapas: a) conscientização e sugestão; b) desenvolvimento; c) avaliação; d) conclusão. Nas etapas de conscientização e sugestão a problemática foi exposta e em conjunto, a necessidade de buscar soluções. Na etapa de desenvolvimento, após a revelação de um meio de solucionar as demandas apresentadas, iniciou-se o processo de modelagem e seus resultados foram observados com a progressão do modelo, sendo desenvolvido o método. A etapa de avaliação se deu de forma concomitante com o desenvolvimento, visto que a medida que se definia o método, ele era avaliado, através da modelagem do objeto – tijolo ecológico. Na etapa final, a conclusão, o método proposto foi apresentado e divulgado. Como resultado principal desenvolveu-se um método para modelagem de objetos BIM, mostrando que não é preciso limitar-se ao que há disponível nas bibliotecas. O método apontou a importância da consulta ao objeto real (formas, dimensões, volumetria), definiu três níveis de modelagem (pré-modelagem, modelagem básica e modelagem refinada), bem como destacou a relevância da definição prévia do uso do modelo 3D como pré-requisito para determinação do LoD e Lol a ser aplicado no objeto. Importante destacar que o método desenvolvido se baseou em um estudo de caso experimental, motivo pelo qual faz-se necessário que outras pesquisas sejam realizadas, objetivando compreender o grau de generalidade e aplicabilidade dele, bem como possibilidades de adaptação e o aperfeiçoamento do método.

Palavras-chave: BIM, Modelagem, Objetos, Tijolo Ecológico.

Abstract:

Nowadays, technologies arise in favor of a more productive and profitable market, with this, it is observed that the segments of Architecture, Engineering and Construction (AEC) have been impacted by technological innovations. In 2021, the construction industry accounted for about 9.7% of Brazil's GDP, showing its relevance in the country's economy and growth. Although the demand for the segments of AEC have increased, the concern for the impacts that the works will generate to the environment is not diminished, because of this, numerous materials have been and are being developed to reduce these impacts, as an example there is the ecological brick, environmental performance and cost reduction in the masonry. Thus, even with the advance of the market, many AEC professionals are limited, due to the absence of new industry technologies, in the object libraries for BIM software. In this context, designers cannot elaborate certain projects. Therefore, this article, through the research method Design Science Research (DSR), aims to propose an artifact type method for the development of objects for BIM software. The RSD was structured in the following stages: a) awareness and suggestion; b) development; c) evaluation; d) conclusion. In the stages of awareness and suggestion the problem was exposed and together, the need to seek solutions. In the development stage, after the revelation of some ways to solve the demands presented, the modeling process began and its results were observed with the progression of the model, and the method was developed. The evaluation stage took place concomitantly with the development, since as the method was defined, it was evaluated through the modeling of the object - ecological brick. In the final stage, the conclusion, the proposed method was presented and disclosed. As a main result, a method for modeling BIM objects was developed, showing that it is not necessary to limit itself to what is available in libraries. The method pointed out the importance of consulting the real object (shapes, dimensions, volumetry), defined three levels of modeling (pre-modeling, basic modeling and refined modeling), as well as highlighted the relevance of the previous definition of the use of the 3D model as pre-defined requirement for determining the Lod and Loi to be applied to the object. It is important to point out that the method developed was based on an experimental case study, which is why it is necessary that other research be conducted, aiming to understand the degree of generality and applicability of it, as well as possibilities for adaptation and improvement of the method.

Keywords: BIM, Modeling, Objects, Ecological Brick.

1. Introdução

A verdade é que o surgimento da Construção Civil se confunde com a origem das primeiras civilizações. Os homens pré-históricos não tinham lugar fixo, uma casa. Então, descobriram que as cavernas e grutas poderiam abrigá-los e protegê-los das chuvas, frio, bem como qualquer ameaça. Com o passar do tempo, o homem começou a melhorar suas moradias, pois aprendeu a manipular melhor os recursos da natureza. Dessa forma, outros materiais como ossos, pedras, galhos e folhas vieram a ser utilizados na construção dos abrigos. Mais tarde, o barro foi descoberto como um bom elemento para construção, a partir disso, o homem moderno criou as telhas e os tijolos que hoje são elementos essenciais nas construções.

É notório que a criação de novas tecnologias e engenharias contribuem para o desenvolvimento das civilizações e os espaços ao redor dela com a intenção de facilitar e trazer mais conforto a população. Entretanto, a história tem mostrado que essa revolução industrial tecnológica, que está em ritmo cada vez mais acelerado, desempenha grande influência nos impactos ambientais. Sem

exclusão, os segmentos da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) se destacam na geração de resíduos, conseqüentemente, na poluição e abuso de recursos naturais do meio ambiente.

O que evidencia a falta de políticas e medidas sustentáveis na área da Construção Civil e a necessidade de coagir com as responsabilidades sociais força tais segmentos a se adaptarem as mudanças e demandas da sociedade. Posto isso, seguindo a revolução tecno-industrial, diversos softwares de CAD (Computer Aided Design) e modelagem 3D, como o AutoCad e o Revit foram desenvolvidos. Mais tarde surgiu o sistema BIM, que segundo Alves (2014, apud COSTA, 2017, p. 2) a modelagem BIM permite ao projetista construir o empreendimento em um mundo virtual antes deste ser construído no mundo real. Ele o cria utilizando componentes virtuais inteligentes, cada um deles sendo perfeitamente análogo a um componente real no mundo físico.

Outrossim, o sistema de Building Information Modeling completa os softwares como o Revit, que além de oferecer um ambiente de modelagem 3D também disponibiliza recursos para gerar toda a documentação 2D tradicional (plantas, cortes, vistas, elevações, entre outros), itens fundamentais para a documentação de qualquer tipo de projeto. Também é possível obter o quantitativo dos materiais especificados no projeto, tornando o projeto um banco de dados da construção, totalmente alinhado com o conceito BIM. Atrelado ao que foi citado, o mercado de construção utilizou das novas tecnologias para desenvolver projetos e materiais sustentáveis visando a preservação ambiental.

O problema se encontra na falta de inserção desses objetos e famílias nas bibliotecas dos softwares de modelagem, pois os profissionais ficam limitados em fazer seus projetos com os pré-existentes, assim, se o profissional desejar fazer um projeto mais sustentável, com tijolos ecológicos, por exemplo, não seria possível, pois até então tal produto não existia nas bibliotecas. Além disso, a falta de tais famílias também impede a análise e estudo da utilização de tais materiais nas obras, o que dificulta o crescimento de demanda deles no mercado. Voltando ao exemplo do tijolo ecológico, se comparar a utilização de tijolos comuns e tijolos de solo e cimento em uma obra, pode-se ver que muito mais vantajoso seria o tijolo ecológico, não pelo tijolo em si, mas pelo fato de sua utilização não requerer uma quantidade grande de outros materiais, como o cimento.

Nesse cenário, surge a necessidade de buscar uma forma de inserir novos objetos nas bibliotecas para o desenvolvimento de projetos mais sustentáveis. Diante desta demanda, o presente artigo, através do método de pesquisa Design Science Research (DSR), tem como objetivo propor um artefato do tipo método para o desenvolvimento de objetos para softwares BIM, estimulando assim a conjuntura da construção civil e sustentabilidade na sociedade.

2. Métodos

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi realizada uma Design Science Research (DSR) que segundo Hevner (2004, apud PIMENTEL, s.d, p. 4) esse novo paradigma de ciência e de produção de conhecimento, a partir principalmente da década de 1990, vem se popularizando na área de Sistemas de Informação (SI), cujas pesquisas objetivam produzir conhecimento que possibilite o desenvolvimento de soluções baseadas em tecnologias para problemas importantes de negócios. De forma clara, a DSR se concentra no desenvolvimento de artefatos projetados com a intenção explícita de melhorar o desempenho funcional do artefato. Possibilitando assim, uma análise mais detalhada dos projetos e modelos, até mesmo o processo de criação dos artefatos.

O artefato que será desenvolvido na pesquisa é do tipo método, que corresponde a um conjunto de passos necessários para desempenhar determinada tarefa (MARCH; SMITH, 1995 apud DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). Segundo Manson (2006 apud DRESCH;

LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015) as etapas do processo são conscientização do problema, sugestão, desenvolvimento, avaliação e conclusão, tendo como saídas, respectivamente, proposta, tentativa, artefato, medidas de performance e resultado.

Nas etapas de conscientização e sugestão, através de revisão bibliográfica percebeu-se o problema, ou seja, a necessidade de implementação de materiais mais sustentáveis, enquanto na vida prática identificou-se a dificuldade de obtenção de objetos para serem utilizados no modelo 3D que atendam as características, sobretudo em termos de materiais e insumos voltados aos processos construtivos brasileiros. Aliado a isso detectou-se a existência do tijolo ecológico e seus benefícios, pois é um tijolo que devido a seu processo de fabricação reduz a emissão de CO², reduz a geração de resíduos, pois sua utilização diminui de forma considerável a quantidade de materiais em uma obra e por fim, a redução dos custos da obra em virtude do seu padrão estético e de encaixe.

Dessa forma, diante das facilidades oriundas dos softwares BIM, optou-se pela modelagem dos objetos, através do software Revit da Autodesk. A escolha por este software se deu sobretudo pelo domínio prévio da ferramenta por parte dos autores do artigo, juntamente pela possibilidade de utilização da versão acadêmica.

Por conseguinte, durante a etapa do desenvolvimento do artefato, realizou-se um estudo de caso experimental, onde através de tentativa e erro, foi-se desenvolvendo a modelagem de um objeto BIM – tijolo ecológico, registrando todas as interferências ocorridas durante o processo, criando assim o artefato do tipo método, ou seja, um passo a passo de modelagem 3D de objetos BIM.

A etapa de avaliação se deu de forma concomitante ao desenvolvimento do artefato, quando após as primeiras tentativas e o aperfeiçoamento do método, obteve-se melhor desempenho. Enfim, a etapa de conclusão correspondeu a sintetização das principais aprendizagens, bem como a apresentação do método (passo a passo) desenvolvido.

3. Resultados

3.1 Design Science Research

Durante a conscientização e sugestão foi realizada uma exaço de informações que vieram a denunciar o alto impacto da geração de resíduos nas obras tornando necessário a implementação de recursos mais sustentáveis no mercado. Atrélado a isso, a escassez de objetos sustentáveis nas bibliotecas virtuais estimulou o desenvolvimento de um método de modelagem 3D de objetos BIM, a partir do estudo de caso experimental de modelagem de um objeto – tijolo ecológico. Para tanto, utilizou-se uma metodologia construtiva, ou seja, conhecendo bem o material, tendo discernimento de seus detalhes e texturas, além disso, enfatizou-se a importância dos conhecimentos básicos do software de modelagem BIM selecionado. O processo de modelagem foi baseado em experimentos, mas ainda assim, permitiu o desenvolvimento de um método (passo a passo) para a modelagem de objetos BIM, como mostra a figura 1.

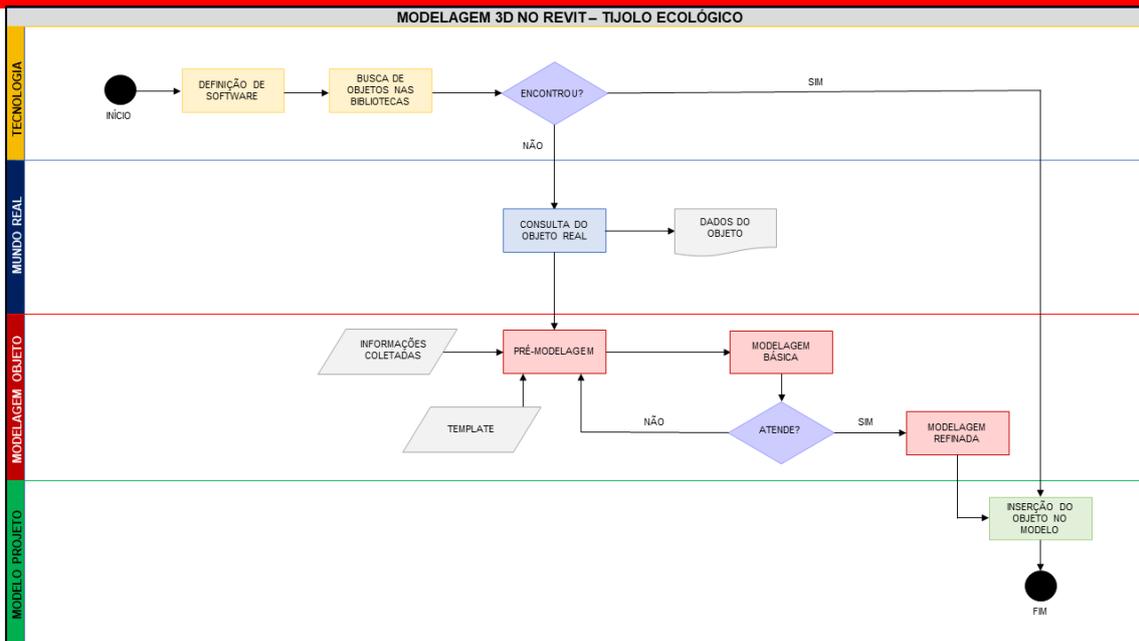


Figura 1: Fluxograma de modelagem 3D - Tijolo ecológico

Fonte: Autoria própria (2022)

A priori definiu-se o software de modelagem BIM a ser utilizado e as bibliotecas para busca do objeto – tijolo ecológico. Não sendo localizado o objeto optou-se pela modelagem dele, mas para tanto foi necessária uma pesquisa das dimensões e características do objeto no mundo real, de modo a garantir precisão e semelhança visual. Na sequência as informações coletadas e o template de construção padrão do software serviram de suporte para a pré-modelagem. Posteriormente evoluiu-se para a modelagem básica (figura 2), a qual foi analisada em termos de similaridade com o objeto real (dimensões e curvaturas). Esta análise é que repercutiu em possibilidades de retorno para a pré-modelagem, sempre que algum dos aspectos avaliados não atingiram o padrão esperado.

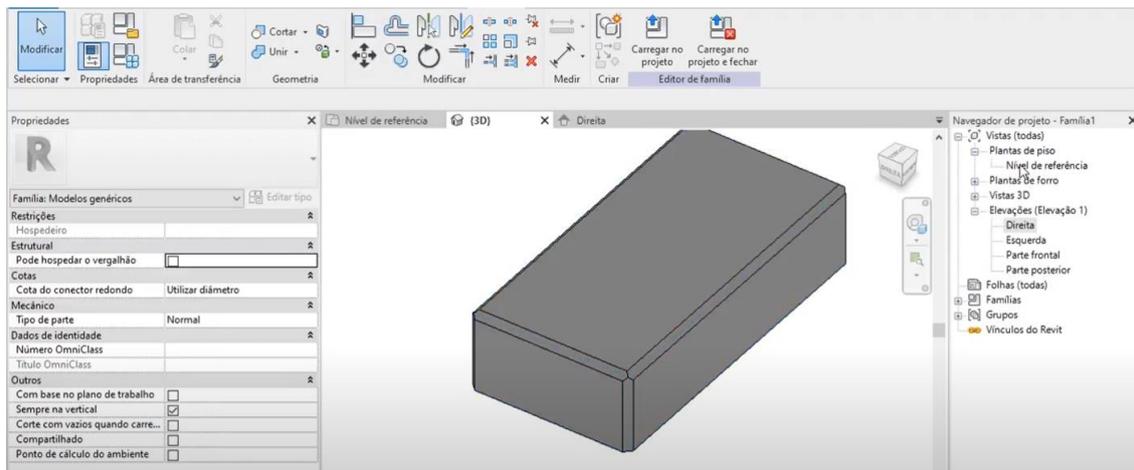


Figura 2: Modelagem básica – Tijolo Ecológico

Fonte: Autoria própria (2022)

Após a aprovação do modelo básico passou-se para a modelagem refinada (figuras 3 e 4), e este foi o objeto aprovado para inserção no modelo 3D (projeto sustentável). Em decorrência do objeto

estar sendo modelado para um uso prioritário de visualização do modelo e não para análises e simulações, foi dado ênfase no aumento do nível de detalhe (LoD) e não do nível de informações (LoI). Vale destacar que segundo Oliveira (2019), o LOD corresponde ao somatório dos níveis de detalhe (LoD) e de informação (LoI).

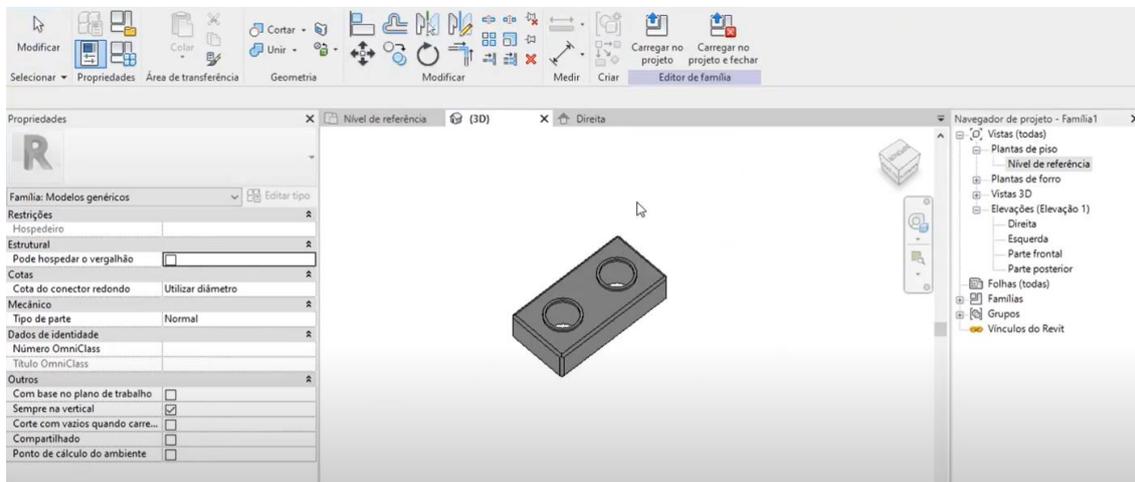


Figura 3: Modelagem refinada – Tijolo Ecológico

Fonte: Autoria própria (2022)

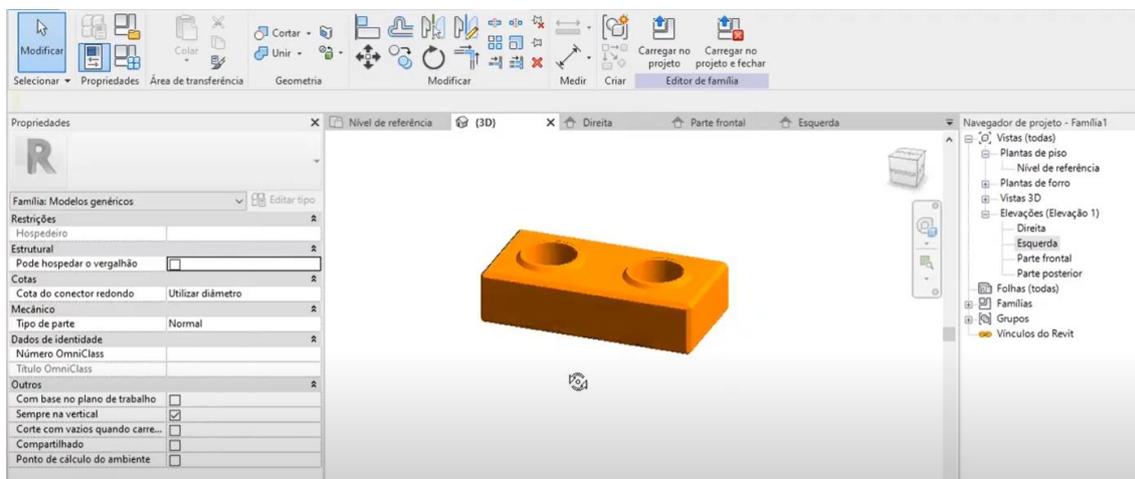


Figura 4: Modelagem refinada – Tijolo Ecológico

Fonte: Autoria própria (2022)

3.2 Analisando os resultados do fluxo de trabalho

A partir desta experiência empírica viu-se que, devido ao objeto final possuir inúmeros detalhes em termos de formas geométricas e volumetrias sem, no entanto, apresentar muitas variações dimensionais, a parametrização se tornava complexa e desnecessária, assim, optou-se por não parametrizar os objetos. De modo que, foi verificado o design de cada modelo de tijolo físico real (meio tijolo, canaleta, entre outros), atentando-se para a precisão das formas e dimensões. A figura 5 apresenta o bloco tipo canaleta.

Importante destacar que, o desenvolvimento do método se deu a partir do estudo de caso experimental de modelagem do objeto tijolo ecológico, no entanto, o método pode ser utilizado

para outros objetos BIM que porventura não estejam disponibilizados nas bibliotecas. A pesquisa permitiu ainda constatar na prática, que existe o crescimento da curva de aprendizagem, ou seja, quanto mais se manipula o software BIM, mais fácil e intuitivo se torna o processo de planejamento e modelagem de objetos.

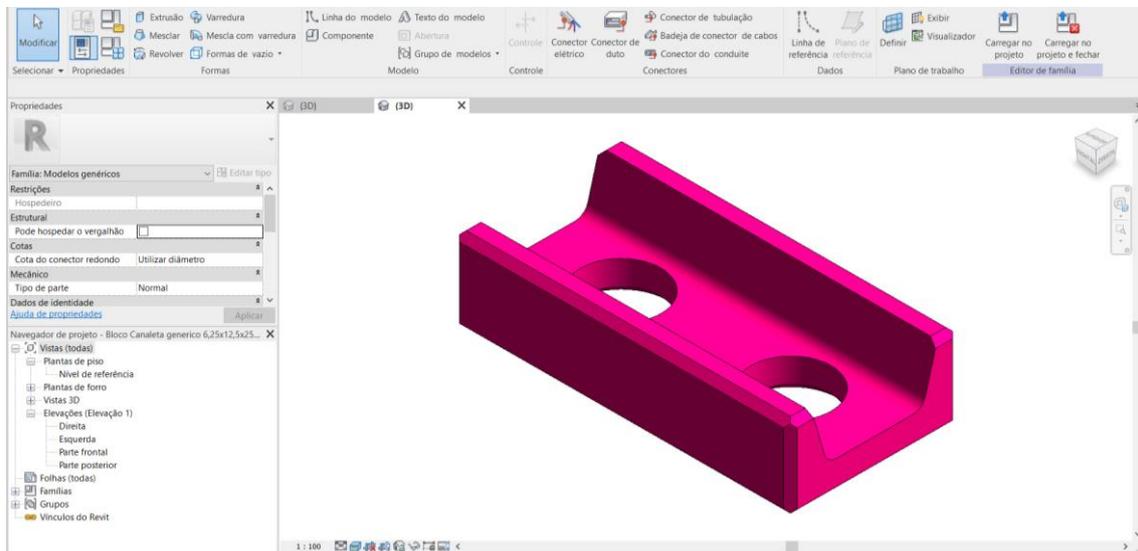


Figura 5: Modelagem do bloco tipo canaleta – Tijolo Ecológico

Fonte: Autoria própria (2022)

4. Conclusões

O presente artigo abordou as dificuldades ainda existentes quando se trata de buscar objetos BIM que permitam a criação de projetos mais sustentáveis. Nesse cenário, foi desenvolvido um método para modelagem de objetos BIM com sua validação prática, através de estudo de caso experimental de modelagem de um tijolo ecológico. O método apontou a importância da consulta ao objeto real (formas, dimensões, volumetria), definiu três níveis de modelagem (pré-modelagem, modelagem básica e modelagem refinada), bem como destacou a relevância da definição prévia do uso do modelo 3D como pré-requisito para determinação do LoD e Lol a ser aplicado no objeto.

A pesquisa revelou ainda a necessidade de análise do objeto, quanto a complexidade da forma e padronização do objeto com variabilidade de dimensões, como requisitos para a definição de aplicação ou não de parametrização. Nesse sentido, vislumbra-se como limitação do método o mesmo ter sido experimentado somente em um estudo de caso – modelagem de tijolo ecológico, que não fez uso de parametrização.

Nesse contexto, sugere-se como trabalhos futuros a aplicação do método para criação de outros objetos BIM, visando compreender o grau de generalidade e aplicabilidade dele, bem como possibilidades de adaptação e o aperfeiçoamento do método.

Referências

COSTA, Nivalda et al. **Implantação da plataforma BIM: Vantagens e Desvantagens**. In: *Semana Nacional e Ciência e Tecnologia UNIFIMES, 7., 2017, Mineiros. Anais Eletrônicos [...]* Mineiros: [s.n.], 2017. p.2. Disponível em: <file:///C:/Users/20201011010076/Downloads/IMPLANTAC%CC%A7A%CC%83O%20DA%20PLATAFORMA%20BIM%20-%20VANTAGENS%20E%20DESVANTAGENS%20(1).pdf>. Acesso em: 09 set 2022.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A V. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 181 páginas. 2015.

OLIVEIRA, R. L. de. **Orçamentação de obras com metodologia BIM**. 2019. Disponível em: <https://ead.ipog.edu.br/moodle/course/view.php?id=34946>. Acesso em: 16 set 2022.

PIMENTEL, Mariano et al. **Design Science Research: fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação**, s.n. Disponível em: <https://metodologia.ceie-br.org/wp-content/uploads/2018/10/cap1_5.pdf>. Acesso em: 09 set 2022.

O USO DA REALIDADE AUMENTADA (RA) E DA REALIDADE VIRTUAL (RV) PARA O MELHOR ENTENDIMENTO DO PROJETO DE OBRAS CIVIS NO CANTEIRO DE OBRAS

Danielle Maniçoba | UNIRN | danielle-manicoba@hotmail.com

Josyanne Giesta | IFRN

Suerda Costa | UNIRN

Resumo:

São inúmeros os impactos ambientais causados pela construção civil, desde a fabricação de certos materiais, consumo de energia elétrica nos canteiros, geração de resíduos e o desmatamento de áreas verdes para a construção. Nessa perspectiva, é inegável a crescente procura por obras mais sustentáveis e o *Building Information Modeling* (BIM), tem sido um aliado associado com a Realidade Aumentada (RA), e da Realidade Virtual (RV). A RA é o conjunto de tecnologias que permitem a interação com o contexto real, aumentando a realidade com informações de forma digital, enquanto a RV, é relativa a um ambiente no qual é possível criar uma realidade física por meio de equipamentos tecnológicos, que simulam o ambiente real por meio de um sistema computacional. O desperdício de materiais de construção civil muitas vezes está relacionado ao não entendimento do projeto e em certas decisões tomadas em canteiro de obras. O uso da tecnologia BIM é de grande relevância visando garantir o ciclo de vida da edificação e assegurar maior sustentabilidade nos processos projetuais assim como em todo o processo de construção. Diante do que foi exposto, a utilização da tecnologia BIM em conjunto com a RA e à RV no canteiro de obras pode trazer uma experiência imersiva que auxilia nas tomadas de decisões e na visualização projetual. Sendo assim, o uso dessas tecnologias facilita o entendimento das soluções adotadas e as interferências entre a compatibilização dos projetos. O principal objetivo do presente artigo é evidenciar a importância da RA e RV no dia a dia no canteiro de obras para o desenvolvimento da obra e a compreensão do projeto por parte dos operários. O método utilizado foi a pesquisa experimental, partindo de uma modelagem de um projeto arquitetônico e de interiores acadêmico produzido por uma das autoras na disciplina de Projeto de Arquitetura I, referente a uma habitação de interesse social (HIS), no ano de 2019. Para o desenvolvimento do estudo de caso foram desenvolvidas seis etapas: a) revisão bibliográfica para demarcação dos limites da investigação; b) seleção do estudo de caso; c) seleção das ferramentas de RA e RV; d) elaboração do protocolo para coleta de dados; e) coleta dos dados, através de questionário; f) análise dos dados; g) divulgação das conclusões, permitindo replicação do caso. Como resultado pode-se apontar a boa aceitação por parte dos funcionários entrevistados. Nessa perspectiva, observou-se um grande potencial de contribuição da RA e RV no canteiro de obras. No entanto, visando aproveitar todo o potencial que as ferramentas oferecem, constatou-se a necessidade de treinamento por parte de alguns funcionários para manusear a construção virtual de maneira correta. No que se vislumbra a possibilidade do surgimento de capacitações nessa área.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, Realidade Virtual, BIM, Canteiro de Obras.

Abstract:

There are countless environmental impacts caused by civil construction, from the manufacture of certain materials, consumption of electricity at construction sites, generation of waste and the deforestation of green areas for construction. From this perspective, the growing demand for more sustainable works is undeniable and Building Information Modeling (BIM) has been an ally associated with Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR). AR is the set of technologies that allow interaction with the real context, increasing reality with information in a digital way, while VR is related to an environment in which it is possible to create a physical reality through technological equipment, which simulates the real environment through a computer system. The waste of construction materials is often related to the lack of understanding of the project and certain decisions made at the construction site. The use of BIM technology is of great relevance in order to guarantee the life cycle of the building and ensure greater sustainability in the design processes as well as in the entire construction process. Given the above, the use of BIM technology in conjunction with AR and VR at the construction site can bring an immersive experience that assists in decision-making and project visualization. Therefore, the use of these technologies facilitates the understanding of the solutions adopted and the interference between the compatibility of projects. The main objective of this article is to highlight the importance of AR and VR in everyday life at the construction site for the development of the work and the understanding of the project by the workers. The method used was experimental research, based on a modeling of an academic architectural and interior project produced by one of the authors in the discipline of Architecture Project I, referring to a housing of social interest (HIS), in the year 2019. For the development of the case study, six steps were developed: a) bibliographic review to demarcate the limits of the investigation; b) selection of the case study; c) selection of AR and VR tools; d) elaboration of the protocol for data collection; e) data collection, through a questionnaire; f) data analysis; g) dissemination of conclusions, allowing replication of the case. As a result, the good acceptance by the interviewed employees can be pointed out. From this perspective, there was a great potential for the contribution of AR and VR at the construction site. However, in order to take advantage of the full potential that the tools offer, some employees need to be trained to handle the virtual construction correctly. In what is envisaged the possibility of the emergence of capabilities in this area.

Keywords: Augmented Reality, Virtual Reality, BIM, Construction Site.

1. Introdução

É crescente o número de materiais desperdiçados no setor da construção civil, esse desperdício na maioria dos casos se dá pelo não entendimento do projeto. Nessa perspectiva há um crescente aumento por obras alinhadas aos conceitos de sustentabilidade, assim sendo o *Building Information Modeling* (BIM), tem sido um aliado nesses processos de projeção, bem como a Realidade Aumentada (RA), e a Realidade Virtual (RV).

Com o uso do BIM é possível ter uma visão realística do projeto e do seu desenvolvimento ao longo do processo de elaboração, contribuindo para a diminuição de interferências e erros que muitas vezes só são percebidos durante a execução, o que acaba acarretando custos adicionais e desperdícios de materiais.

A utilização do BIM atrelado a RA e à RV, possibilita uma melhor compreensão e visualização do projeto a ser executado. A RA propicia esse tipo de experiência ao sobrepor modelos digitais ao mundo real, numa visualização realista controlada de modo natural. Em meio a esse processo de modernização, a RA pode ser utilizada como um instrumento de comunicação que maximiza o

olhar e a compreensão sobre o mundo, em especial sobre o ambiente construído (FREITAS; RUSCHEL, 2015). Porém, embora já se produzam amplamente modelos tridimensionais que possuem potencial de uso em RA nas fases de projeto, estes têm sido simplificados a representações bidimensionais para o uso em canteiro de obra (ASSIS; ANDRADE; BROCHARDT, 2016).

De acordo com Braga (2001), Realidade Virtual é uma técnica avançada de interface, na qual o usuário realiza imersão (estar dentro do ambiente), navegação e interação em um ambiente resumidamente tridimensional gerado pelo computador por intermédio de vias multissensoriais. Pinho, Kopper e Charão (2004), atestam ainda que a Realidade Virtual traz ao uso do computador um novo paradigma de interface com o usuário, de forma que o usuário se sente dentro da aplicação ou do ambiente onde está se desenvolvendo esta aplicação.

No caso deste estudo, buscou-se evidenciar a importância da RA e RV no dia a dia no canteiro de obras para o desenvolvimento da obra e a compreensão do projeto por parte dos operários.

2. Metodologia

O método aplicado foi a pesquisa experimental, Antonio Carlos Gil, um dos estudiosos sobre as metodologias de pesquisas, afirma que “A pesquisa experimental é a que mais se aproxima do conhecimento científico” (2008, p.51). Para o desenvolvimento do estudo de caso foram desenvolvidas seis etapas: a) revisão bibliográfica para demarcação dos limites da investigação; b) seleção do estudo de caso; c) seleção das ferramentas de RA e RV; d) elaboração do protocolo para coleta de dados; e) coleta dos dados, através de questionário; f) análise dos dados; g) divulgação das conclusões, permitindo replicação do caso.

O estudo de caso em questão não possui relação com a obra A, localizada na cidade de São Paulo/SP, na qual se deu a aplicação dos questionários, a obra foi utilizada somente como ponto de apoio, visto uma das autoras trabalhar na obra. O projeto utilizado trata-se de um projeto arquitetônico e de interiores acadêmico de uma das autoras desenvolvido na disciplina de Projeto de Arquitetura I, referente a uma habitação de interesse social (HIS), no ano de 2019, através do software Autodesk Revit, versão 2019.

Para o estudo experimental - etapa Realidade Aumentada, foi necessário a exportação do modelo 3D para a ferramenta de RA, através de plugin específico indicado pelo fabricante. Utilizou-se o Augin, que disponibiliza o plugin Augin versão 4.22 que exporta o arquivo em formato RVT para a plataforma do aplicativo. A escolha por essa ferramenta se deu principalmente por ser um plugin gratuito e de interface de fácil manuseio e interpretação.

Para o estudo experimental - etapa Realidade Virtual, utilizou-se o plugin Enscape, que oferece uma renderização em tempo real e realidade virtual, a versão aplicada foi a 3.4, que apresenta um fluxo de trabalho otimizado. Escolheu-se trabalhar com o Enscape principalmente por ter a licença gratuita para estudantes.

Em ambas as etapas, fez-se uso como suporte a visualização de equipamentos do tipo Smartphones e Tablet, todos de propriedade da autora que aplicou os questionários.

A metodologia empregada foi do tipo método descritivo-exploratório. Utilizou-se um questionário anônimo, elaborado no google forms e aplicado por meio da internet, composto por 12 perguntas objetivas. A aplicação do questionário se deu em um único dia e o tamanho da amostra foi de 20 colaboradores da obra A, localizada no bairro do Butantã em São Paulo/SP. A obra possui cerca de 60 trabalhadores, de modo que o recorte amostral foi de 33,33%.

No dia da aplicação do questionário aos funcionários e colaboradores da obra A, a sequência das etapas realizadas foi: a) explanação sucinta do objetivo da pesquisa; b) apresentação do modelo em RA (figura 1); c) apresentação do modelo em RV (figura 2); d) aplicação do questionário.



Figura 1: Construção Virtual no aplicativo Augin.
Fonte: Autoria própria (2022).



Figura 2: QR referente à RV
Fonte: Autoria própria (2022).

As etapas de análise dos dados e divulgação das conclusões foram desenvolvidas posteriormente, não mais no ambiente da obra.

3. Resultados e discussões

Com o questionário buscou-se inicialmente caracterizar o entrevistado em termos de idade e função dentro da obra A. Na sequência investigou-se a experiência e o domínio sobre as tecnologias RA e RV. Nas questões seguintes explorou-se aspectos como: facilidade de compreensão do projeto; aplicabilidade das tecnologias no canteiro de obras e facilidade do uso das ferramentas.

3.1 Faixa etária dos profissionais

De acordo com o gráfico da figura 3, os entrevistados apresentavam uma faixa etária que variou entre 26 e > de 45 anos, onde observou-se que as faixas de 36 a 40 anos e 31 a 35 anos obtiveram os maiores índices. Essas duas faixas juntas representaram 65% do total de entrevistados, indicando que se tratava de profissionais experientes.

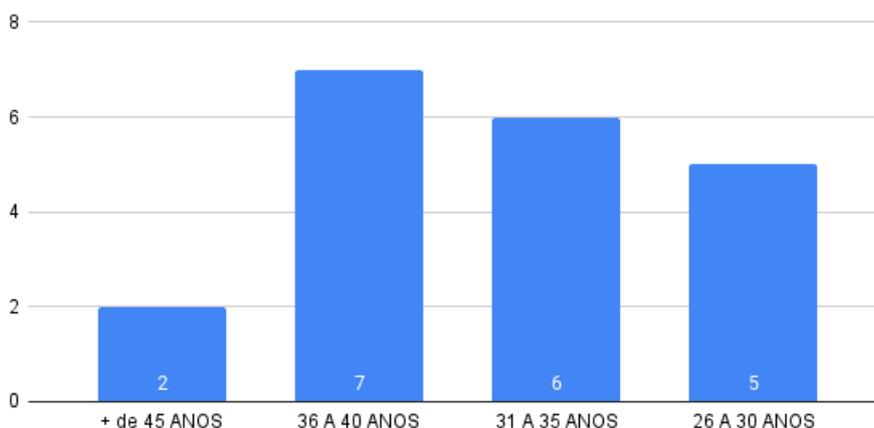


Figura 3: Faixa etária dos profissionais.

Fonte: Autoria própria (2022).

3.2 Funções desempenhadas pelos profissionais

Conforme o gráfico apresentado na figura 4, as funções de Engenheiro Civil e Pedreiro são as que apresentam maior percentual nas respostas. As demais funções não constatarem diferenças significativas em seus percentuais. É importante mencionar, que o questionário foi aplicado apenas para aqueles que estavam presentes no dia da aplicação. Considerando o total de engenheiros e estagiários, tem-se que 35% dos entrevistados possuíam um conhecimento técnico mais apurado em relação à leitura de projetos.

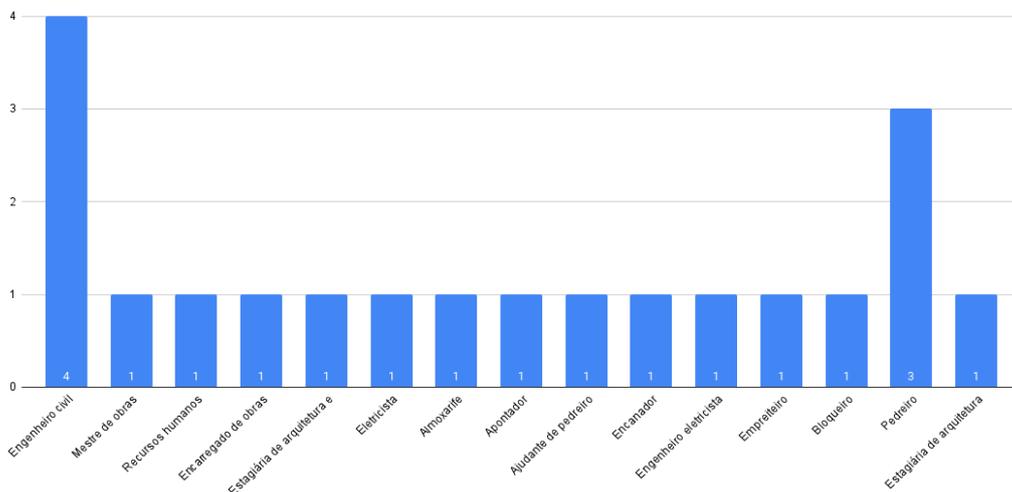


Figura 4: Funções desempenhadas pelos profissionais.

Fonte: Autoria própria (2022).

3.3 Quanto a utilização da Realidade Aumentada e Realidade Virtual em canteiro de obras

Referente a utilização da RA e RV em canteiro de obras, 18 respondentes nunca haviam utilizado nenhuma das tecnologias, representando 90% do total de entrevistados, indicando inexperience prévia nas ferramentas.

3.4 Quanto ao uso da Realidade Aumentada e Realidade Virtual como um facilitador na leitura do projeto arquitetônico

O fato de que 100% dos entrevistados consideraram que essas tecnologias facilitam a compreensão dos projetos, quando comparados ao método tradicional em 2D, se faz mais relevante ainda, quando se observa que 65% deles não apresentavam elevado conhecimento técnico em relação à leitura de projetos. Nesse sentido, Costa et al. (2022) apontam em sua pesquisa, que os entrevistados viram aspectos positivos no uso da RV para a visualização de projetos.

3.5 Quanto a aplicabilidade da Realidade Aumentada e Realidade Virtual no canteiro de obras

Importante destacar que embora 90% dos entrevistados ainda não tenham utilizado as ferramentas, 100% deles consideraram a RA e RV aplicável no canteiro de obras. Resultado semelhante foi apontado por Silva; Giesta; Câmara (2020) sobre a boa aceitação da aplicação de RA no canteiro de obras, por parte dos trabalhadores participantes da pesquisa.

3.6 Quanto ao interesse pessoal em utilizar a Realidade Aumentada e Realidade Virtual no canteiro de obras

Importante destacar que, embora o recorte amostral tenha se dado de forma bastante ampla, quando se trata de tipos de funções desempenhadas no canteiro de obras, o qual englobou 14 funções diferentes. O estudo apontou que 100% dos entrevistados são favoráveis à aplicação da RA e RV no canteiro de obras, tendo em vista os benefícios que tal inovação tecnológica pode proporcionar na compreensão dos projetos, reduzindo assim erros, retrabalhos e desperdícios de tempo e material. Silva; Giesta; Costa (2019) corroboram nesse aspecto, ao apresentarem em sua pesquisa que a utilização de RV auxilia na identificação de possíveis erros e imprevistos no canteiro de obras.

3.7 Quanto a facilidade em utilizar o Augin e o Enscape

A maioria dos entrevistados (95%) achou fácil a utilização do Augin no canteiro de obras. Com relação ao Enscape, 100% o consideraram de fácil utilização.

3.8 Quanto a preferência de utilização entre RA (Augin) e RV (Enscape)

Considerando-se que 18 entrevistados gostaram das duas tecnologias, não demonstrando preferência entre elas, e 2 apontaram a RV como a preferida, pode-se concluir que a Realidade Virtual, através do plugin Enscape se apresentou como a de maior interesse na pesquisa (figura 5). Essa preferência pela RV se alinha com Silva et al. (2020), que identificaram que os stakeholders percebiam vantagens na visualização do modelo em RV, sobretudo pela sensação de estar fisicamente dentro dos ambientes.

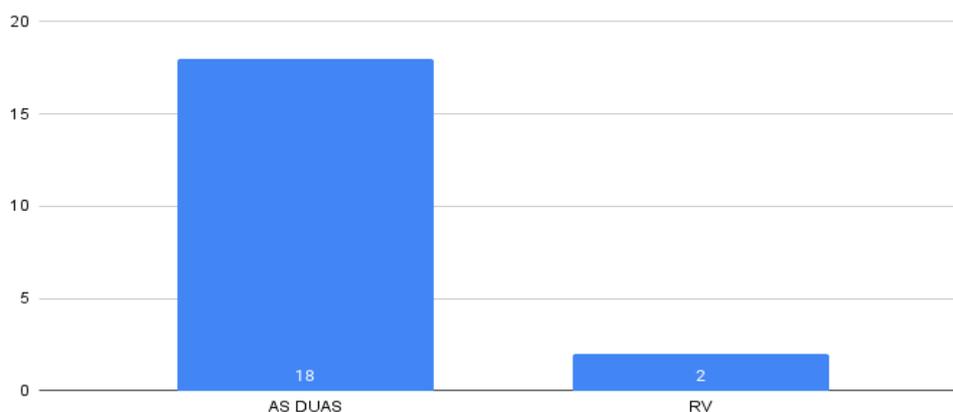


Figura 5: Preferência de utilização entre RA (Augin) e RV (Enscape).

Fonte: Autoria própria (2022).

4. Considerações finais

Diante do que foi exposto, o presente artigo tratou da aplicabilidade da RA e RV no canteiro de obras com o auxílio de dispositivos móveis. Apesar da grande maioria dos entrevistados nunca terem utilizado RA e RV, foi possível observar uma boa aceitação por partes dos funcionários entrevistados. Nessa perspectiva, observou-se um grande potencial de contribuição da RA e RV no canteiro de obras. No entanto, visando aproveitar todo o potencial que as ferramentas oferecem, constatou-se a necessidade de treinamento por parte de alguns funcionários para manusear a construção virtual de maneira correta. No que se vislumbra a possibilidade do surgimento de capacitações nessa área.

Importante apontar que, independentemente da função desempenhada, 100% dos entrevistados são favoráveis à aplicação da RA e RV no canteiro de obras. Nesse sentido, este estudo enfatiza

a importância da inclusão da RA e RV no dia a dia no canteiro de obras, tendo em vista que facilita a visualização do projeto e melhora o entendimento por parte dos funcionários, o que contribui para minimizar retrabalhos e erros.

Aponta-se como limitações do artigo, a utilização de somente um estudo experimental, no que se recomenda que a pesquisa seja replicada em outros canteiros de obras. Bem como utilizou-se somente projeto arquitetônico e de interiores, de modo que pesquisas podem ser feitas com outros tipos de projetos, como instalações e estrutura.

Referências

ASSIS, Jonas H. G. de; ANDRADE, Max L. V. de; BROCHARDT, Mikael M. de S. A. Aplicações de Realidade Aumentada no Canteiro de Obras: Proposta de utilização na visualização de projetos de instalações para a execução. 2016, In: **XX Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics**, (SIGraDi) [s. l.], p. 9-11, 2016.

BRAGA, Mariluci. Realidade Virtual e Educação **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, vol. 1, núm. 1, 2001, p. 0 Universidade Estadual da Paraíba Paraíba, Brasil.

COSTA, T.; LIRA, E.; GIESTA, J.; COSTA NETO, A. Vantagens e limitações do uso da realidade virtual em cenário remoto – Uma análise comparativa. In: **4º Congresso Português de Building Information Modelling**, 2022.

FREITAS, M. R. de; RUSCHEL, R. C. Validação de aplicativo comercial visando à incorporação da realidade aumentada a um modelo de avaliação pós-ocupação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 97-112, abr./jun. 2015. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000200016>.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

PINHO, M.; KOPPER, R.; CHARÃO, M. Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Virtual. **Realidade Virtual: Uma abordagem Prática – “Livro dos Minicursos do VII Symposium on Virtual Reality”**, São Paulo, 2004.

SILVA, C.; GIESTA, J.; COSTA, A. Realidade Virtual Como Ferramenta Facilitadora no Planejamento de Canteiro de Obras. In: **4º Congresso Nacional de Construção de Edifícios (IV CONACED)**, 2019.

SILVA, C.; GIESTA, J.; COSTA, A.; MORAIS, K.; COSTA, T. Realidade Virtual: Percepções dos Stakeholders. In: **I Simpósio Nacional de BIM (SINABIM)**, 2020.

SILVA, F.; GIESTA, J.; CÂMARA, R. Avaliação das Potencialidade da Inserção da Realidade Aumentada em Canteiro de Obras. In: **3º Congresso Português de Building Information Modelling**, 2020.



6° EABIM
ENCONTRO ACADÊMICO DE BIM DE MINAS GERAIS

