

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GEOVANE MATEUS ALVES TERTULIANO

**IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NA QUANTIFICAÇÃO DE
INSUMOS CONSTRUTIVOS**

ILHA SOLTEIRA

2024

GEOVANE MATEUS ALVES TERTULIANO

**IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NA QUANTIFICAÇÃO DE
INSUMOS CONSTRUTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha
Solteira – UNESP, como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luis Akasaki

ILHA SOLTEIRA

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

T332i Tertuliano, Geovane Mateus Alves.
Implementação da metodologia BIM na quantificação de insumos construtivos / Geovane Mateus Alves Tertuliano. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
110 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2024

Orientador: Jorge Luís Akasaki

Inclui bibliografia

1. Industrialização da construção. 2. Estudo qualitativo. 3. Levantamento de quantidades. 4. Modelagem de informação da construção. 5. Interoperabilidade.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno: **GEOVANE MATEUS ALVES TERTULIANO**

Título: **"IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NA QUANTIFICAÇÃO DE INSUMOS CONSTRUTIVOS."**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki

UNESP – Campus de Ilha Solteira (Orientador)



Documento assinado digitalmente

DANILO BORDAN ISTUQUE

Data: 17/07/2024 12:45:28-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Danilo Bordan Istuque



Documento assinado digitalmente

RODRIGO ANDRAUS BISPO

Data: 17/07/2024 12:56:32-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Eng. Me. Rodrigo Andraus Bispo

Ilha Solteira

17/07/2024

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a minha família, que por meio de coragem, união, amor e esperança, mesmo com todas as adversidades, me faz acreditar em mim e ter força. Com vocês a vida possui significado.

AGRADECIMENTOS

Com a finalização de mais uma etapa na minha jornada de vida, que por um tempo foi um sonho irrealizável, sou profundamente grato à todas as pessoas que contribuíram de diversas maneiras para a realização da minha graduação. Agradeço, principalmente, aos funcionários da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Ilha Solteira, pela oportunidade e vivências que me proporcionaram ao longo desses anos, e à todas as pessoas que tornaram a minha presença nesse espaço possível por meio de ações afirmativas e políticas públicas.

Minha eterna gratidão ao meu orientador, Jorge Akasaki, que foi paciente e compartilhou experiências de vida e informações de suma importância em aulas, visitas em obras e orientações durante a graduação. A sua qualificação, profissionalismo, dedicação e sabedoria me inspiram em acreditar na Construção Civil, me especializar na área e foram indispensáveis para as etapas finais da minha graduação. Da mesma forma, agradeço aos demais docentes que repassaram conhecimentos com dedicação, amor e seriedade. Vocês, sem dúvidas, foram de extrema importância para a minha permanência, motivação e interesse pela Engenharia Civil, e transformam o ambiente e pessoas positivamente, moldando novos profissionais com ótima qualificação acadêmica e profissional.

Agradeço aos entrevistados para a pesquisa deste trabalho e, principalmente, aos funcionários da Companhia de Habitação do Paraná – COHAPAR, que auxiliaram na busca e informações para que o estudo de caso deste trabalho pudesse ser realizado. Sem todo o profissionalismo e ótimo atendimento a todas as minhas dúvidas, o processo de elaboração teria sido inviável.

Agradeço a Gabriel Zanlorenssi, e aos meus amigos, principalmente Bruno Botelho, Estefania Chavez e Letícia Barros, que estiveram comigo nesta trajetória, compartilharam alegrias, conquistas, palavras de encorajamento e, principalmente, conversas enriquecedoras. Vocês tornam esse caminho gratificante, tranquilo e tenho carinho por todos os momentos que passamos juntos. O apoio de vocês foi essencial para que tudo isso fosse possível diante da minha origem social.

Apesar de sinalizar o final de uma jornada, também é o começo de uma nova vida. Este trabalho é resultado coletivo de todas as contribuições que, direta ou indiretamente, contribuíram valiosamente na minha trajetória. Meus mais sinceros agradecimentos a todos, e levarei comigo todas as memórias construídas.

RESUMO

A Modelagem de Informação da Construção, ao empregar modelos digitais em ambientes colaborativos multidisciplinares de revisões instantâneas integrados, resulta em benefícios para o setor da construção civil. No entanto, a sua adoção ainda encontra barreiras significativas e há tendência de haver estudos quantitativos na literatura sobre a sua implementação. Este trabalho teve como objetivo analisar qualitativamente o relacionamento de um estudo de caso pontual com entrevistas semiestruturadas sobre os benefícios e limitações do levantamento quantitativo pela Metodologia BIM, com intuito de avaliar se os resultados indicam um cenário propenso para a sua adoção no meio profissional. Foi realizada uma modelagem digital e um levantamento quantitativo de estacas de fundação da edificação MTB 40 TI da licitação pública 19/2023, da COHAPAR, pelo Autodesk Revit, além de entrevistas semiestruturadas com amostra intencional de caráter exploratório por meio de vários canais de comunicação com engenheiros do setor da construção civil, com diferentes experiências. Os estudos, além de aprofundarem os conhecimentos adquiridos durante a graduação, indicaram que o levantamento quantitativo por BIM de insumos construtivos é mais complexo que pelos métodos tradicionais. Em conjunto com os resultados das entrevistas, a necessidade de formação complementar e atualização contínua foram identificados como limitações principais para se ter benefícios como precisão, usabilidade acessível e confiabilidade em aplicativos BIM. A revisão de literatura e os estudos convergem na identificação de limitações de implementação em nível profissional, como resistência cultural e organizacional e a falta de capacitação e treinamento. Entretanto, os entrevistados demonstraram interesse em se especializar, mesmo possuindo limitações tecnológicas. Dessa forma, todos os resultados indicaram incentivos e motivações que viabilizam uma maior implementação completa de ferramentas BIM.

Palavras-chave: Industrialização da Construção. Estudo Qualitativo. Levantamento de Quantidades. Modelagem de Informação da Construção. Interoperabilidade.

ABSTRACT

Building Information Modeling, by employing digital models in integrated multidisciplinary collaborative environments with instant revisions, results in benefits for the construction sector. However, its adoption still faces significant barriers, and there is a tendency for quantitative studies in the literature regarding its implementation. This work aimed to qualitatively analyze the relation between a specific case study and semi-structured interviews about the benefits and limitations of quantitative surveys using the BIM methodology, with the intention of assessing whether the results indicate a favorable scenario for its adoption in the professional environment. A digital modeling and a quantitative survey of foundation piles from the MTB 40 TI building of the public bidding 19/2023 from COHAPAR were conducted using Autodesk Revit, in addition to semi-structured interviews with a purposive exploratory sample through various communication channels with engineers in the construction sector with different experiences. The studies, in addition to deepening the knowledge acquired during graduation, indicated that the quantitative surveying using BIM for construction resources is more complex than traditional methods. Along with the results from the interviews, the need for additional training and continuous updating was identified as a main limitation to achieving benefits such as accuracy, accessible usability, and reliability in BIM applications. The literature review and the studies converge on identifying implementation limitations at the professional level, such as cultural and organizational resistance and the lack of training and capacity building. However, the interviewees expressed interest in specializing themselves, even with technological limitations. Hence, all results indicated incentives and motivations that make a greater complete implementation of BIM tools feasible.

Keywords: Construction Industrialization. Qualitative Study. Quantity Surveying. Building Information Modeling. Interoperability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elaborado de projetos estruturais com estação de trabalho fixa	19
Figura 2 – Organização do planejamento e documentos de construtoras e incorporadoras, no Brasil em 2023.....	21
Figura 3 – Dificuldades na transição para o BIM, de acordo com construtoras e incorporadoras, no Brasil	22
Figura 4 – Visualização dos Níveis de Desenvolvimento BIM	24
Figura 5 – Usos da Metodologia BIM	25
Figura 6 – LOD na Construção civil	26
Figura 7 – Visualização de recursos BIM no Revit.....	27
Figura 8 – Roteiro de orçamentação de obras	33
Figura 9 – Uso de estimativos na elaboração de custos	34
Figura 10 – Exemplos de algumas Figuras geométrica planas.....	36
Figura 11 – Denominações geométricas no Espaço Euclidiano.....	36
Figura 12 – Troncos de prisma	37
Figura 13 – Frequência dos termos CAD e BIM em livros de língua inglesa, por ano.....	41
Figura 14 – Modelagem de Elementos Estruturais de MTB 40 TI	53
Figura 15 – LOD na Construção civil	54
Figura 16 – Ofício de solicitação de acesso e uso de licitação pública	76
Figura 17 – Estrutura base para formulário de termo de consentimento.....	77

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

2D	duas dimensões
3D	três dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	<i>Architecture, Engineering and Construction</i>
AGC	<i>Associated General Contractor of America</i>
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
AR	<i>Augmented Reality</i>
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CA	Canadá
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CATEM	Catálogo de Especificações Técnicas de Materiais
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CPU	Composição de Preços Unitários
CUB	Custo Unitário Básico
<i>et al</i>	<i>et alii</i>
HDD	<i>Hard Disk Drive</i>
IA	Inteligência Artificial
IBGE	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
LODs	<i>Level of Details</i>
LOI	Levels of Information
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços
MEF	Método dos Elementos Finitos
ML	<i>Machine Learning</i>
NBR	Norma Brasileira
PME	Pequenas e Médias Empresas
RAM	<i>Random Access Memory</i>

RSMeans	<i>Robert Snow Means</i>
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura
SI	Sistema Internacional
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SINAPI	Sistema Nacional de Índices da Construção civil
SSD	<i>Solid State Drive</i>
TCPO	Tabela de Composições de Preços para Orçamentos
VR	<i>Virtual Reality</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO TEMÁTICA	13
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.3	JUSTIFICATIVA DE PESQUISA	15
1.4	OBJETIVO GERAL	15
1.5	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.6	ESTRUTURA DE TRABALHO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	METODOLOGIA BIM: FUNDAMENTOS E EVOLUÇÃO	17
2.1.1	Contextualização da Metodologia BIM	17
2.1.2	Vantagens e Limitações de Implementação	20
2.1.3	Aplicativos e Ferramentas	23
2.1.4	Normatizações e Padrões	28
2.2	QUANTIFICAÇÃO DE INSUMOS CONSTRUTIVOS COM BIM	29
2.2.1	Definição de Materiais de Construção	29
2.2.1.1	Importância de Quantitativos para a Gerência de Obra	32
2.2.2	Métodos de Quantificação de Materiais na Construção civil	34
2.2.3	Ferramentas de Quantificação em BIM	38
2.3	IMPLEMENTAÇÃO DA BIM ACADÊMICA E PROFISSIONALMENTE	40
2.3.1	Adoção da BIM no Ambiente Acadêmico	40
2.3.2	Adoção da BIM no Ambiente Profissional	42
2.3.3	Análise de Experiências e Perspectivas	43
3	MATERIAIS E MÉTODOS	45
3.1	ESTUDO DE CASO	45
3.1.1	Metodologia de estudo de caso	45

3.1.2	Escolha de empreendimento para modelagem BIM	46
3.1.3	Software e Hardware	47
3.2	ENTREVISTA QUALITATIVA SEMIESTRUTURADA	47
3.2.1	Metodologia de entrevistas qualitativa semiestruturadas	47
3.2.2	Amostragem	48
3.2.3	Perguntas	49
3.2.4	Estratégia de coleta e tratamento dos dados	51
3.2.5	Considerações éticas	52
4	RESULTADOS	53
4.1	ESTUDO DE CASO	53
4.2	ENTREVISTA QUALITATIVA SEMIESTRUTURADA	55
4.2.1	Considerações gerais sobre os resultados das entrevistas	55
4.2.2	Síntese das respostas do eixo Experiência Pessoal	57
4.2.3	Síntese das respostas do eixo Quantificação de Insumos Construtivos com BIM	58
4.2.4	Síntese das respostas do eixo Fatores de uso da BIM	59
4.2.5	Considerações adicionais sobre as entrevistas	60
5	DISCUSSÃO	61
5.1	ESTUDO DE CASO	61
5.2	ENTREVISTAS	62
6	CONCLUSÃO	64
	REFERÊNCIAS	65
	ANEXO A	74
	ANEXO B	76
	ANEXO C	77
	ANEXO D	78

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO TEMÁTICA

Há uma tendência global de crescimento de cidades e de concentração populacional de suas malhas urbanas. Em 2000, 2,87 bilhões de pessoas viviam em cidades, número que saltou para 4,52 bilhões em 2022, segundo dados do Banco Mundial (2024). No Brasil, no mesmo período, houve aumento de 45,7 milhões de pessoas nas áreas urbanas, conforme as mesmas estimativas. O aumento da urbanização, quando rápido e mal organizado, ocasiona impactos negativos na qualidade de vida da população, sobre fatores como conforto térmico (Mahmoud; Gan, 2018), saúde pública (Moore; Gould; Keary, 2003) e formação de favelas (Ooi; Phua, 2007).

O crescimento da indústria da construção civil, associado à urbanização, também pode aumentar a poluição, a geração de resíduos e gerar incômodos na vizinhança, por demolições, reformas e construções, segundo Borja (2019). Nesta indústria, o uso de novas tecnologias pode torná-la mais eficiente, atenuando os impactos da construção no meio urbano.

Entre esses novos instrumentos, estão os aplicativos computacionais de design de construção. No Brasil, esses programas começaram a ser utilizados nos escritórios a partir de meados da década de 1980, segundo Ribeiro e Silva (2023). O momento que coincide com o lançamento do AutoCAD, em 1982, e do Archicad, em 1987, dois aplicativos que são exemplos das tecnologias CAD (*Computer-Aided Design*) e BIM (*Building Information Modeling*).

A adoção das inovações e melhorias crescentes contribuiu com o avanço da construção civil desde as últimas décadas, mas ainda persiste nas empresas o uso de desenhos no papel e de cálculos em tabelas. Em instituições que adotaram os aplicativos de computadores, muitas vezes o trabalho é restrito ao CAD. Esta tecnologia é menos avançada do que a Metodologia BIM, que permite visualização tridimensional com a integração e compatibilização entre todas as áreas do projeto.

Dados do relatório Cenário Construtivo Brasileiro mostram que essa é uma realidade que está mudando rapidamente. Entre 264 empresas que responderam à pesquisa do Cenário da Construção Civil no Brasil em 2023, 64% apontaram que fazem uso da BIM em seus projetos (Thórus Engenharia; Otus, 2023). O número é 16 pontos percentuais mais alto do que em 2019, quando 167 empresas participaram da pesquisa. As empresas destacaram também a melhor compatibilização e melhor detalhamento dos projetos como a principal vantagem da

Metodologia BIM, mas trouxeram preocupações com o preço dos aplicativos e falta de capacitação dos profissionais.

A dificuldade de implementação de Ferramentas BIM gera inconsistências diante aos seus benefícios, que impactam diretamente os cronogramas de obras, sejam eles físicos, financeiros ou físico-financeiros. A quantificação na construção civil pode ser considerada uma etapa relativamente simples por profissionais como engenheiros civis, arquitetos e técnicos em edificações. No entanto, a ineficiência nesses processos, quando não se usa ferramentas que garantem maior precisão e confiabilidade, pode resultar em erros, custos adicionais e maior demanda de tempo.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

O tema deste trabalho, como apresentado na contextualização, é sobre os desafios e benefícios da implementação de tecnologias computacionais na construção civil, em especial da Metodologia BIM (Building Information Modeling), para a quantificação de insumos construtivos profissionalmente. Partindo-se disso, algumas lacunas foram identificadas na revisão de literatura sobre o tema:

- a) Apesar de benéfico, os métodos BIM ainda enfrentam barreiras significativas, como resistência a mudanças e falta de treinamento e capacitação adequados;
- b) Estudos sobre BIM tendem a ser quantitativos sobre a eficiência para as empresas e não sobre quem os utiliza.

As lacunas identificadas indicaram que era preciso haver investigações qualitativas para verificar se era possível haver maior adoção dessas ferramentas por meio de implicações de estudos com o intuito de analisar as barreiras de implementação da Metodologia BIM, principalmente para a quantificação de insumos construtivos, sendo este o problema de pesquisa. Diante disso, algumas hipóteses foram elaboradas:

- a) Existe superioridade em termos de precisão, rapidez, controle e eficiência de quantificação dessa metodologia em relação aos métodos tradicionais?
- b) Compreender as perspectivas de profissionais da construção civil sobre usabilidade de BIM pode auxiliar na identificação de estratégias de aumento da sua adoção?

- c) A baixa adesão por completo aos softwares BIM se deve à dificuldade de usabilidade e falta de ensino adequado em BIM por estudantes e profissionais da construção civil?

1.3 JUSTIFICATIVA DE PESQUISA

O problema de pesquisa e hipóteses elaboradas indicaram duas necessidades: análise da visão dos profissionais atuantes na construção civil sobre o uso da metodologia, principalmente para a quantificação de materiais de construção, em relação aos métodos tradicionais; exploração das abordagens e dificuldades que os profissionais e estudantes possuem com dispositivos tecnológicos.

1.4 OBJETIVO GERAL

Analisar qualitativamente o relacionamento um estudo de caso pontual com entrevistas semiestruturadas com amostragem intencional exploratória sobre os benefícios e limitações do levantamento quantitativo de insumos construtivos pela Metodologia BIM, com intuito de avaliar se existe um cenário propenso para a sua maior adoção no meio profissional.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O detalhamento do objetivo geral para atender ao problema de pesquisa foi dividido em três partes:

- a) Avaliar a usabilidade, confiabilidade e precisão das ferramentas BIM, como o Revit, para estudar quantificações de materiais de construção em relação aos métodos tradicionais;
- b) Explorar as dificuldades que os profissionais da construção civil possuem na adoção da metodologia BIM e as suas realidades para realizar correlações sobre a implementação da metodologia;
- c) Compreender estratégias de atenuação dos fatores limitantes de implementação de BIM em prol de maior aderência acadêmica e profissional.

1.6 ESTRUTURA DE TRABALHO

Os capítulos dos elementos textuais deste trabalho foram divididos em Revisão de Literatura, Material e Métodos, Resultados, Discussão e Conclusão. Como base teórica, na Revisão de Literatura, foi apresentada uma reunião de conhecimentos sobre a Metodologia BIM e demais ferramentas tecnológicas. A divisão deste capítulo foi estruturada em três tópicos principais: fundamentos e evoluções que contribuíram para o desenvolvimento da Metodologia BIM; reunião de informações essenciais para a quantificação de insumos construtivos; análise da abordagem das ferramentas dessa metodologia acadêmica e profissionalmente na construção civil.

Após a Revisão de Literatura, foram apresentadas as metodologias e materiais utilizados com discussão de possíveis limitações dos dois estudos realizados. O primeiro foi um estudo de caso, com modelagem e quantificação de estacas profundas de um empreendimento por meio do aplicativo Revit, além de análise bidimensional com uso de planilha eletrônica com equações matemáticas. O segundo foi uma entrevista qualitativa semiestruturada semiestruturadas com amostragem intencional exploratória, com profissionais que atuam no mercado AEC, para compreender quais são as perspectivas profissionais sobre definições, possibilidades e dificuldades no uso da Metodologia BIM.

Partindo dos métodos adotados, os resultados dessas duas abordagens de pesquisa foram apresentados, dando prosseguimento para as implicações, na Discussão, e análise de relacionamento das duas abordagens diante dos objetivos de trabalho, na Conclusão, que conta com possibilidades de pesquisas futuras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 METODOLOGIA BIM: FUNDAMENTOS E EVOLUÇÃO

2.1.1 Contextualização da Metodologia BIM

Com participação relevante na economia brasileira (Nunes *et al.*, 2020), além de desempenhar papel significativo mundialmente, a construção civil é fundamental para o desenvolvimento humano seguro, duradouro e sustentável. Essa importância de atividades de produção de obras, vai desde o planejamento até a execução de projetos, manutenção e restauração. Esta área depende de teorias matemáticas, químicas e físicas estudadas por profissionais qualificados, além de fiscalização, normatização regulatória, estudos de impacto social e ambiental e, principalmente, uso de tecnologias, além de investimento em pesquisas e ensino para que isso aconteça, já que governos e organizações possuem vantagens com o uso de tecnologias (Leonovich; Riachi, 2021). O setor, ainda segundo Nunes *et al.*, (2020), de 2000 a 2020, representou média de 5,3% de participação na economia nacional do Brasil, e 40% do consumo de energia no mundo (Taha; Hatem; Jasim, 2020). Este cenário ocorre apesar da crise econômica no mercado da construção civil que se iniciou em 2014 no Brasil. Para se ter tecnologias inovadoras nesta indústria e que, por consequência beneficiam toda a economia, é preciso empregar táticas estruturadas para que as pessoas abandonem métodos obsoletos e improdutivos (Prabhakar *et al*, 2023).

As etapas de construção envolvem profissionais que trabalham em conjunto, como engenheiros civis, engenheiros de outras áreas inseridos em diferentes aspectos da construção, arquitetos e urbanistas, técnicos em edificações, mestres de obras, operários, e advogados imobiliários e de construção civil. Segundo dados da Pesquisa Anual da Construção Civil de 2022, 2,3 milhões brasileiros estavam empregados na construção civil, somente no emprego formal, entre as mais diversas profissões (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024).

Para que as obras fossem mais eficientes, diante da diversidade de funções desempenhadas pelos profissionais da construção, houve o emprego de diferentes dispositivos desenvolvidos ao longo do tempo até atualmente, com a indústria 4.0, ou até mesmo indústria 5.0 (Prabhakar *et al*, 2023). Segundo Simão *et al.* (2019), esses dispositivos têm como objetivo melhorar a produção, diminuir custos e usar tecnologias da Internet das Coisas – IoT (*Internet of Things*). Partindo dessas mudanças no processo de fabricação, em busca de custos reduzidos

e melhor qualidade, mercados emergentes competitivos disseminam esse fenômeno tecnológico, usado para denominar a 4ª Revolução Industrial, mudando o papel dos processos já estabelecidos de produção (Santos *et al.*, 2018).

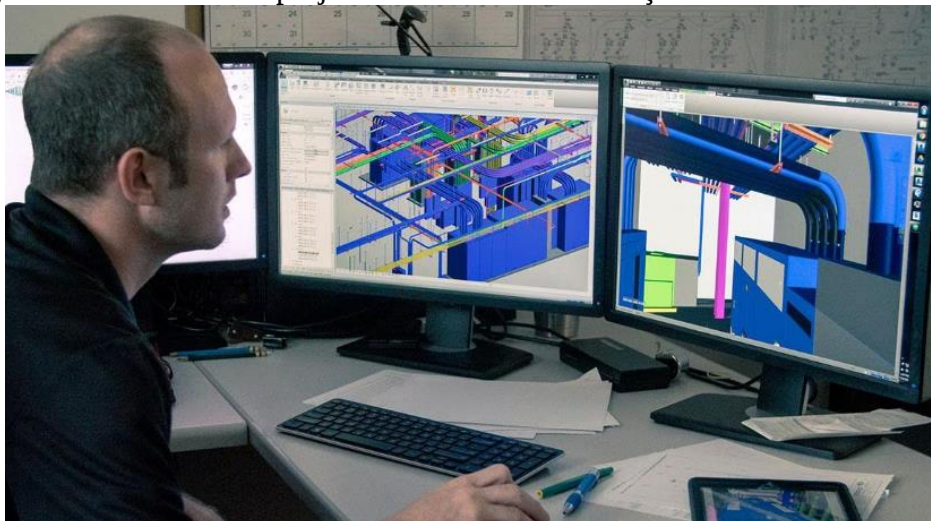
Visando a melhora dessa indústria, há o interesse de pesquisadores, órgãos públicos e empresas privadas por pesquisas dos problemas e soluções neste setor diante da tecnologia utilizada e seus potenciais. Essas partes interessadas preocupam-se também com as formas de implementá-la, em prol de melhor eficiência, otimização, qualidade e gestão de tempo, como analisado por Prabhakar *et al.* (2023). Junto ao uso de aplicativos e dispositivos físicos no uso das tecnologias aplicadas a materiais de construção, técnicas e métodos construtivos desempenham um papel importante na infraestrutura e transporte, urbanização, saúde pública, saneamento básico, educação, economia, sustentabilidade e cultura diante da demanda crescente das civilizações em desenvolvimento. Seja para controle, tratamento de dados, identificação de erros, execução e, principalmente na otimização, racionalização e rentabilidade na elaboração de projetos e canteiros de obra.

Embora a informatização tenha transformado a construção civil, o desenvolvimento de tecnologias na área não é recente, pois acompanha a evolução acumulativa humana. Resultado disso é o aperfeiçoamento de ferramentas para caça, confecção de abrigos e meios de transporte pelas civilizações, e até mesmo empreendimentos mais complexos como as estruturas das Pirâmides, Parthenon, Coliseu e a cidade de Tenochtitlan, respectivamente pertencentes às civilizações egípcias, gregas, romanas e astecas. Para isso, a qualidade física e química dos materiais, sua disponibilidade e capacidade de aplicação pela mão de obra disponível e, sobretudo, a concepção e o ensino de estudos teóricos e empíricos aplicados a este setor são indispensáveis. A complexidade de materiais, mão de obra, técnicas e execução, consequentemente, também evoluiu e se tornou mais elaborada, resultando na industrialização da construção civil que, segundo (Teng *et al.*, 2017) resulta em ambientes limpos, de maior desempenho e com menor tempo de trabalho.

Em contraposição, mesmo com benefícios dessa industrialização, problemas como impacto ambiental (Lima *et al.*, 2021), social, trabalhista e econômico também ocorreram com a construção. Há ainda a resistência de implementação tecnológica, apesar de contribuições expressivas no setor (Pelisser *et al.*, 2021), que é ocasionada pelo uso extensivo de abordagens técnicas e metodológicas convencionais. Simão *et al.* (2019) constata que, com a industrialização da construção, há falta de estruturação nas empresas, não há incentivo governamental suficiente, além de haver alto custo para que ela ocorra, apesar de possuir pontos

positivos como redução de riscos, melhoria na qualidade de obra e menores prazos de entrega. A realização de projetos antes da existência de ferramentas CAD, se dava por meio do desenho técnico manual, cujo ensino ainda é útil e apresenta benefícios (Lima *et al.*, 2020). Esse processo manual é constatado como demorado, cansativo, difícil de corrigir e propenso a imprudências, de acordo com Lima *et al.* (2020).

Figura 1 – Elaborado de projetos estruturais com estação de trabalho fixa



Fonte: Autodesk Inc., (2024c)

O processo tradicional envolvia o uso de ferramentas de desenho e grandes papéis e pranchetas e, por isso, exigia maiores espaços de trabalho, sobreposições de folhas e análises demoradas de conformidades e compatibilidade. Isso resultava muitas vezes em redesenho, falhas de comunicação, atrasos de entrega, problemas de coordenação e acompanhamento mais difícil de alterações entre diversas disciplinas. Essa realidade do trabalho envolvido na elaboração de projetos mudou, devido ao desenvolvimento de aplicativos de desenho técnico, como o Autodesk AutoCAD, desenvolvido desde a década de 1980 pela Autodesk (Javohir *et al.*, 2024). O aplicativo passou a ser utilizado mundialmente pelos profissionais da construção civil na criação e edição de projetos em 2D e 3D.

Na constante demanda por melhora operacional e desenvolvimento de novas tecnologias, houve diversas atualizações e implementações de recursos dentro desses aplicativos, como Realidade Aumentada – RA, Aprendizado de Máquina – ML (*Machine Learning*) e Inteligência Artificial – AI (*Artificial Intelligence*). Como resultado, houve também a evolução de ferramentas CAD para a Metodologia BIM para representações digitais de

elementos físicos e funcionais para as áreas de Design, Arquitetura e Engenharias, que se beneficiaram dessa inovação tecnológica.

Essa evolução da tecnologia ainda é recente e está em progresso (Leonovich; Riachi, 2021), no entanto, não há um consenso sobre suas consequências de uso entre os usuários e pesquisadores da Metodologia. A definição dos métodos BIM é um assunto complexo e o desenvolvimento de aplicativos BIM não acompanhou o desenvolvimento teórico e prático estudado academicamente (Borkowski, 2023). Essas pesquisas estavam focadas apenas no desenvolvimento e uso da Metodologia, sendo negligentes na interação de equipes (Peres, 2019). Ainda como constata Peres (2019), sob a demanda crescente de soluções eficazes, todo o processo de utilização de ferramentas digitais deve ser eficiente e não apenas o resultado.

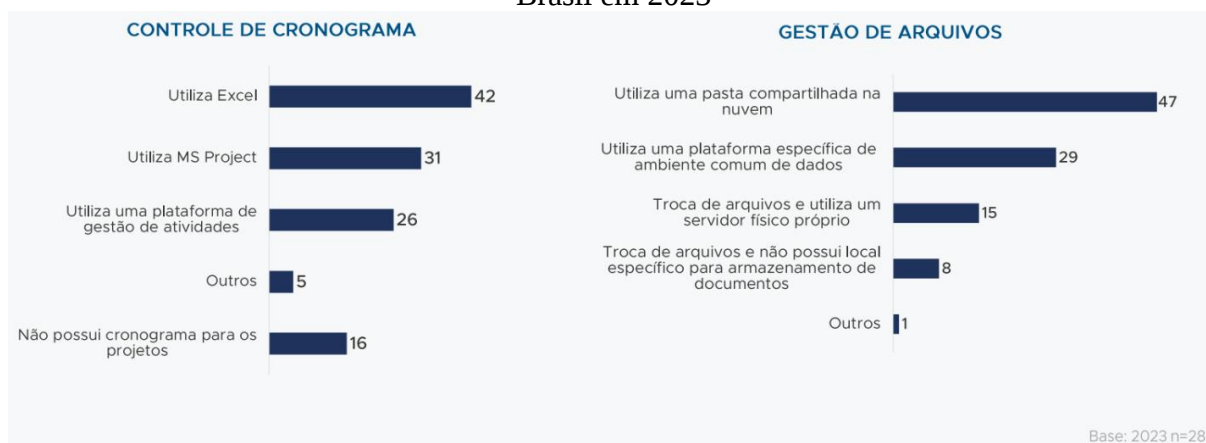
Diante disso, fica evidente que há impasses no uso da metodologia nos mais diversos ambientes. Sob a promessa de benefícios diante o uso de CAD, é necessário apresentar quais são esses benefícios, além de formas de implementar a Metodologia BIM tanto acadêmica, quanto profissionalmente.

2.1.2 Vantagens e Limitações de Implementação

Os aplicativos BIM, diante das ferramentas majoritariamente bidimensionais do CAD, possuem diferentes usos na AEC. As ferramentas CAD têm versatilidade, variedade de um conjunto de funções, uso disseminado no mercado da construção 2D e 3D e arquivos nos formatos DWG ou DXF. Porém, se limitam a atividades isoladas, ou seja, geram maior retrabalho e demandam maior tempo de compatibilização. As ferramentas da Metodologia BIM vão além da geometria limitada a alguma etapa específica de projeto e promovem um Ambiente Comum de Dados – CDE (*Common Data Environment*), que Sampaio; Gomes; Farinha, (2021) definem como a centralização de dados do ciclo de vida dos projetos.

Um estudo da Thórus Engenharia e Otus (2024) indica que os principais problemas encontrados em projetos realizados pelas construtoras e incorporadoras do Brasil são a falta de compatibilização de informações e detalhes. As três categorias foram as mais citadas pelas empresas do setor, acima até mesmo das questões legais da aprovação dos projetos. A pesquisa também apontou que, em 2023, as principais formas de comunicação sobre os projetos eram os grupos de WhatsApp (71%) e as reuniões presenciais (45%). Ainda segundo o estudo, a maior parcela dos projetos utiliza Excel para gestão dos cronogramas, e pasta compartilhada na nuvem para gestão dos arquivos, conforme consta na Figura 2.

Figura 2 – Organização do planejamento e documentos de construtoras e incorporadoras, no Brasil em 2023



Fonte: Thórus Engenharia e Otus (2024)

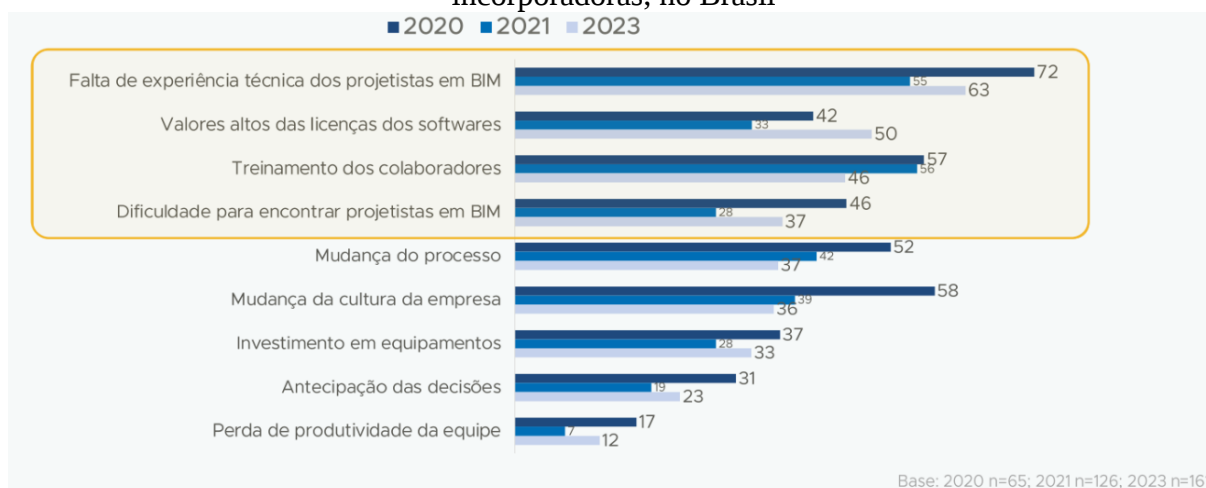
Os aplicativos BIM, com diferentes LOD de modelos digitais e com famílias parametrizadas, suportam maior complexidade de atividades e informações. Ofertam também uma abordagem integrada e de maior colaboração das diversas disciplinas da Engenharia, resultando em otimização e eficiência, redução de tempo, erros e retrabalhos nos projetos. Além de representações 3D automatizadas com possibilidade de uso da tecnologia AR (Amin; Mills; Wilson, 2023), a capacidade da BIM de interoperabilidade na modelagem virtual de projetos, facilita o planejamento e a integração de ambientes computacionais de trabalho. Outros benefícios são a agilidade de visualização de incompatibilidades (Dos Santos; Ferreira; Ferreira, 2023; Gharouni Jafari; Ghazi Sharyatpanahi; Noorzai, 2021) e a geração rápida de atualizações de documentos, como folhas de plantas, isometrias, cortes, quantitativos, cronogramas e análises de desempenho.

A adoção da BIM traz inúmeros benefícios, porém há desafios técnicos e organizacionais (Criminale; Langar, 2017). Em relação aos desafios técnicos, primeiramente, tem-se a interoperabilidade dependente da compatibilidade entre aplicativos e sistemas BIM, que é viável apenas diante o trabalho conjunto de profissionais capacitados e treinados para o uso eficiente dessas ferramentas. Há também o gerenciamento de dados e segurança de informação com uma infraestrutura de Tecnologia da Informação – TI que suporte operação e armazenamento adequados para o seu uso. Já em termos organizacionais, existem os desafios de mudança cultural e de processos de trabalho, pois as equipes e partes interessadas, precisam adotar novas formas de trabalho e colaboração que envolvem reestruturação de processos e fluxos de trabalho (Siebelinkli *et al.*, 2021).

Outro desafio é a exigência de adaptação às normas e regulamentações de cada país (Edirisinghe; London, 2015). Para superar essas barreiras organizacionais, são necessários investimentos iniciais altos em dispositivos físicos, treinamentos contínuos e licenças de aplicativos, além de capacidade de gerenciamento entre diferentes equipes e disciplinas colaborativamente. Essa implementação exige uma abordagem técnica e estruturada para não haver subutilização dessa tecnologia, sendo necessário um planejamento cuidadoso de transição e, principalmente, alinhamento de expectativas de todas as partes envolvidas acerca das possibilidades e metas alcançáveis.

Na Figura 3 (Thórus Engenharia; Otus, 2024), constam algumas das principais dificuldades identificadas na transição para o BIM por empresas da construção civil no Brasil. Os obstáculos principais estão relacionados a custos, falta de mão de obra qualificada disponível e falta de capacitação das equipes. Uma tendência observada é a queda, de 2020 para 2023, do número de empresas que citavam problemas na cultura (de 58% para 36%) e nos processos estabelecidos (52% para 37%), indicando uma abertura para adaptação tecnológica. No outro prisma dos benefícios da Metodologia BIM, o estudo apontou as principais vantagens pela compatibilização e o melhor detalhamento dos projetos, com 82% e 66%, respectivamente, em 2023.

Figura 3 – Dificuldades na transição para o BIM, de acordo com construtoras e incorporadoras, no Brasil



Fonte: (Thórus Engenharia; Otus, 2024)

Diante da apreensão com a mudança tecnológica, cabe destacar que há diversos casos de sucesso e dificuldades de implementação da BIM que aconteceram recentemente e podem servir como referência às empresas. Em relação ao uso efetivo, há exemplos como na

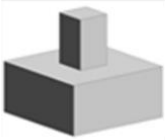
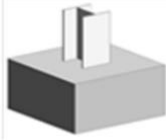
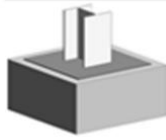
modelação digital do Pavilhão de Exposições Agrícolas de Lisboa (Rocha; Mateus; Ferreira, 2024); análise da performance da eficiência energética em um dos projetos de construção na Universidade de Diyala, no Iraque, (Taha; Hatem; Jasim, 2020); pesquisa sobre a sua adoção por pequenas e médias empresas (PME) na pré-fabricação de madeira em Quebec, Canadá (Mahmoud *et al.*, 2022). Já em relação às dificuldades de uso, temos como exemplos o estudo acerca da utilização da BIM na engenharia de rodovias na Polônia (Juszczuk, 2022); estudo de caso do uso de BIM na preservação de estruturas históricas em Portugal, onde a falta de padronização e a interoperabilidade dificultam a integração com métodos de construção e materiais tradicionais (Demirdögen *et al.*, 2021); estudo dos desafios de uso da tecnologia AR na construção civil, evidenciando necessidade de refinamento de informações (Schranz; Urban; Gerger, 2021).

2.1.3 Aplicativos e Ferramentas

Definidos pelo Instituto Americano de Arquitetos – AIA (*Institute of Architects*) e os Empreiteiros Gerais Associados da América – AGC (*Associated General Contractors of America*), os LOD são indispensáveis para CDE na BIM por definirem a maturidade dos modelos digitais, e representam os diferentes níveis de detalhe e precisão de informações contidas neles em termos de geometria (Autodesk Inc., 2024c). Segundo Leonovich; Riachi, (2021), os Níveis de Detalhes – LODs (Levels of Details), junto aos Níveis de Informação – LOI (Levels of Information), compõem os Níveis de Desenvolvimento – LOD (Levels of Development).

Para evitar problemas de uso, foi estabelecida em 2019 a classificação de seis níveis de detalhamento (Nunes *et al.*, 2021) para a Metodologia BIM. Ainda segundo Autodesk Inc. (2024c), os níveis variam de LOD 100 a LOD 500, cujas diferenças gerais estão expostas na Figura 4. O LOD 100 corresponde a etapa de concepção de projetos e representa formas e tamanhos básicos. Já os LOD 200 e 300 são referentes ao anteprojeto, projeto legal e projeto básico, aferem detalhamento geométrico e definições específicas de design e documentação. O LOD 400, referente ao projeto executivo, se relaciona a etapas de fabricação e montagem de elementos de obras, enquanto o LOD 500 representa a obra concluída, ou seja, os elementos instalados operantes em condições reais. Os níveis definem até que ponto os elementos são desenvolvidos e a confiabilidade, além de comunicar possibilidades de análises para as próximas etapas de projetos.

Figura 4 – Visualização dos Níveis de Desenvolvimento BIM

				
LOD-100	LOD-200	LOD-300	LOD-400	LOD-500
Preliminary layout Rough size and geometry	Definitive layout Preliminary dimensions Preliminary material	Definitive layout Detailed dimensions Material specification Detailed shape	Definitive layout Detailed dimensions Material specification Detailed shape Detailed reinforcement	As-built layout As-built dimensions As-built material specification Water proofing records

Fonte: Leonovich; Riachi, (2021).

Para utilização das ferramentas BIM, são empregadas estações de trabalho fixas com *desktops* (como representado anteriormente na Figura 1) ou portáteis pelo uso de *laptops* de alta performance, equipados com dispositivos de armazenamento e servidores de alta capacidade, sejam físicos ou de armazenamento em nuvem. Isso é necessário devido à grande demanda computacional do processo de modelagem 3D e grande volume de dados envolvidos, exigindo processadores potentes e diversos tipos de memórias, como a memória primária RAM (*Random Access Memory*) e secundárias como Discos Rígidos – HDD (*Hard Disk Drive*) e Unidades de Estado Sólido – SSD (*Solid State Drive*), além de placas gráficas suficientes e demais dispositivos eletrônicos pertinentes. Para projetos avançados no Archicad 26, por exemplo, são necessários no mínimo 64GB de memória RAM (Graphisoft, 2024), exigência similar é feita pelo Revit 2024 (Autodesk, 2024).

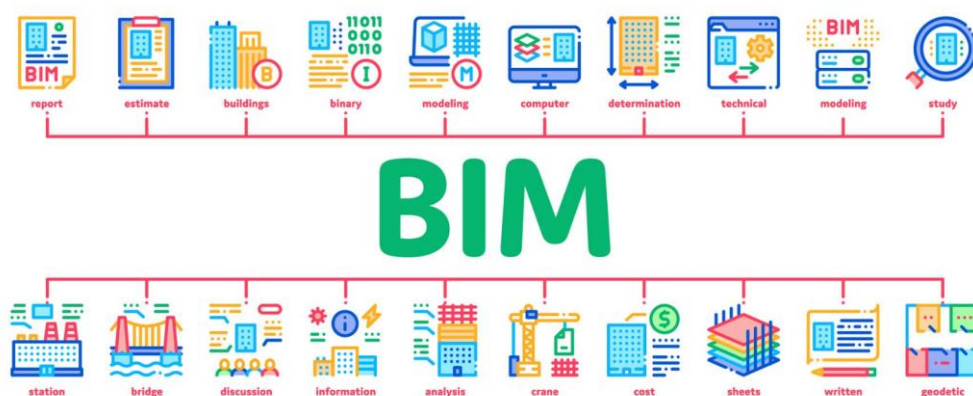
Além dessas estações de trabalho e ferramentas convencionais utilizadas para aferimento e controle de dimensões e locação de obra, a visualização tátil pode ser empregada pelo uso de impressoras 3D, para criar modelos físicos a partir dos modelos digitais, facilitando a colaboração e comunicação com clientes e partes interessadas. Exercendo funções parecidas de visualização de informações, podem ser empregados dispositivos de entrada e de realidade virtual aumentada, como *tablets*, *smartphones*, digitalizadores 3D pelos *scanners* a laser 3D e sensores LiDAR (*Light Detection and Ranging*). Estes últimos são úteis para execução de nuvens de pontos, com grandes volumes de dados. Há ainda a possibilidade de utilizar óculos

de Realidade Virtual – VR e/ou óculos de Realidade Aumentada – AR, que possibilitam o acesso, visualização em campo e capturas das estruturas existentes, e que podem ser incorporadas aos modelos BIM. Dispositivos de captura de dados, como *drones* e sensores IoT, também podem ser empregados para captar imagens e coletar dados em tempo real sobre parâmetros como a topografia de área de influência e estruturas existentes em obra, temperatura, umidade, vibração e movimento, permitindo monitoramento contínuo e integração dessas informações aos modelos BIM.

Graças aos dispositivos computacionais físicos, conhecidos como dispositivos físicos, junto aos aplicativos BIM, os projetos são viáveis e se baseiam na extensão de arquivos IFC (*Industry Foundation Class*), criada pela organização BuildingSMART (Miranda; Salvi, 2019). Essa extensão é aberta e disponível publicamente para ser utilizada por qualquer desenvolvedor de *software*, garantido acessibilidade e desenvolvimento de ferramentas variadas. Ela foi projetada para facilitar a usabilidade entre diferentes aplicativos com plataformas BIM, permitindo troca de informações sem perda de dados ou necessidade de conversão, além da melhoria da comunicação entre diferentes disciplinas.

Diante dos benefícios, diversidade de plataformas e padronização de arquivos, muitos profissionais ainda não foram treinados para ler e usar os aplicativos BIM e será necessário haver investimentos em treinamento e equipamentos para isso (Leonovich; Riachi, 2021). A seguir, na Figura 5, há uma representação da usabilidade de ferramentas BIM.

Figura 5 – Usos da Metodologia BIM

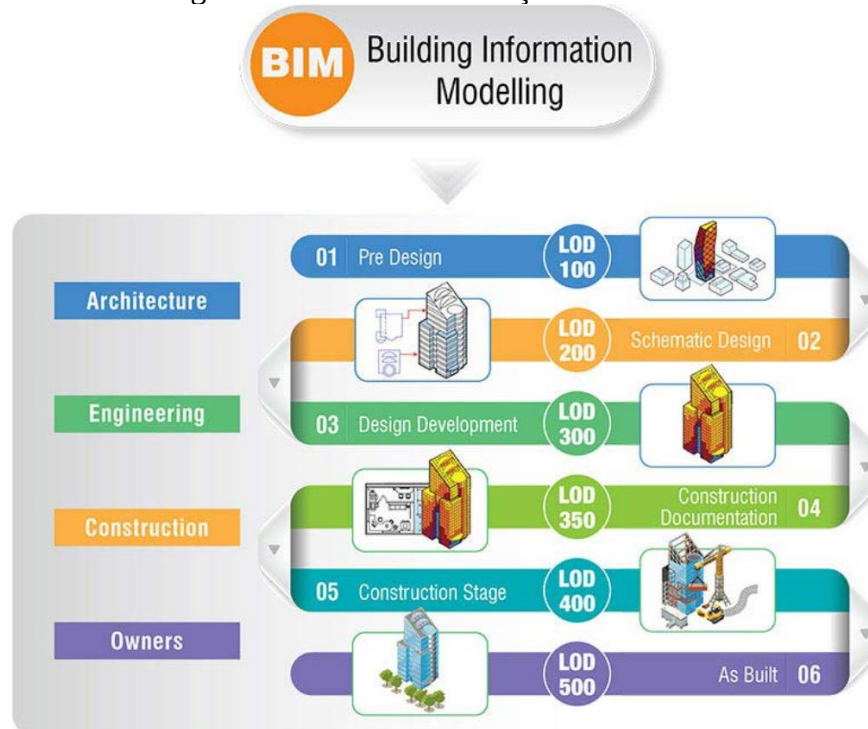


Fonte: PUC Minas (2024).

A Figura 6, retoma o conceito de LOD, para exemplificar visualmente as aplicabilidades da Metodologia BIM. Os diferentes níveis mostram em quais pontos cada profissional atua,

sendo necessária sua capacitação. O nível inicial, menos detalhado, está no campo da Arquitetura, enquanto nível mais alto é o que será apresentado ao cliente.

Figura 6 – LOD na Construção civil



Fonte: Hi-Tech House (202-?).

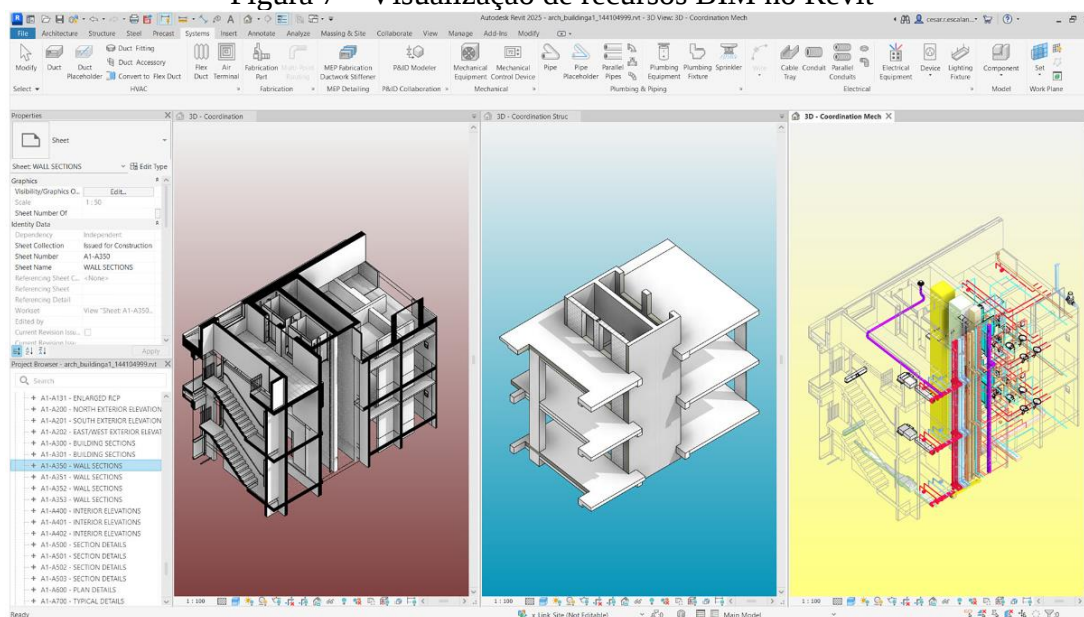
Segundo Miranda; Salvi, (2019), alguns exemplos de ferramentas BIM disponíveis que podem ser usados simultaneamente para suprir necessidades técnicas são: Revit, para arquitetos e engenheiros; AutoCAD Civil 3D para projetos de infraestrutura; Infraworks para infraestrutura e análise *as-built*; Navisworks para coordenação e revisão de modelagens; Green Building Studio para análises de performance relacionadas à sustentabilidade de empreendimentos; e Archibus para planejamento, gerenciamento e manutenção de construções. Além disso, há *plugins* gratuitos como Blender BIM, QTO, Roombook, OrçaBIM e Dynamo, que são adições e alterações de aplicativos. Em relação aos aplicativos e suas áreas de aplicação, além dos citados, existem:

- a) Arquitetura: Archicad, Allplan, Vectorworks e Bentley;
- b) Planejamento e gerência: MS Project, Solibri, Tribble Connect, Tekla BIMsight e Bexel
- c) Análise estrutural: TQS, Eberick, CypeCAD, Tekla Structure e Robot;

- d) Instalações prediais: Revit – MEP (*Mechanical, Eletrical, Plumbing*), AltoQI Builder e Bentley;
- e) Orçamentação: SISPLO, OrçaPlus, Solibri, i9 Orçamentos, Arquimedes, Vectorworks, PRESTO, Bexel Manager, Trimble Connect, CostX, Bluebeam Revu e Vico Office.

Partindo do Revit, alguns exemplos de uso de modelagem tridimensional parametrizada são apresentados na Figura 7:

Figura 7 – Visualização de recursos BIM no Revit



Fonte: Autodesk (2024b).

A maioria dos aplicativos e plugins mencionados, com exceções como Dynamo e Blender BIM, são pagos e é justamente o custo das licenças um fator que dificulta a implementação da Metodologia BIM (Thórus Engenharia; Otus, 2024). Há opções de aplicativos como o FreeCAD, utilizado para design de produtos, renderização e simulações de modelos 3D paramétricos (THE FREECAD TEAM, 202-?); IFC Builder, que por meio do armazenamento em nuvem, utiliza arquivos em IFC para modelagem em BIM por meio da conexão com uma plataforma financiada pela União Europeia (BIMServer Center); e o CYPE Architecture, uma alternativa ao Revit (CYPE, 202-?). A licença de uso dessas ferramentas é *open source*, o quer dizer que têm distribuição gratuita, código aberto e desenvolvimento público, entre outras características (PERENS, 1999).

Em relação aos formatos dos arquivos, as plataformas BIM, além do formato de arquivo aberto IFC e COBie (*Construction Operations Building Information Exchange*), que garantem

leitura independente do fornecedor, há diferentes tipos de arquivos que podem ser abertos somente no próprio aplicativo onde foi desenvolvido. Esses formatos são chamados de proprietários, pois são de propriedade de uma empresa desenvolvedora. Entre esses formatos estão RVT, PLN, NDW, EDF, NWD e EDL.

2.1.4 Normatizações e Padrões

As novidades teóricas e práticas nos meios de produção de bens de capital das construções devem ser regulamentadas por meio de normas técnicas, por exemplo. Isso ocorre para existir um uso homogêneo e evitar particularidades nas empresas e instituições de ensino de design em projetos de Arquitetura e Engenharia, possibilitado a interação do poder público e viabilidade de exigência de condutas por meio de ordenamento legal. Na Metodologia BIM, não é diferente e, ao longo do ciclo de vida dos projetos, foi regulamentada em diversos países conforme as suas necessidades para uso eficaz e seguro.

Cada país possui documentos técnicos de conformidade legal que definem critérios, diretrizes, procedimentos e requisitos para assegurar critérios mínimos de segurança, padronização, qualidade, confiabilidade, eficiência, gestão de riscos e, principalmente, a interoperabilidade de processos, produtos e serviços. Como não há uniformidade global de procedimentos e práticas nessas ferramentas, há esforços para ocorrer harmonização e definição de padrões internacionais, facilitando o seu uso e comunicação entre diferentes países. A regulamentação de uso visa padronizar e certificar qualidade de como as informações devem ser estruturadas e organizadas para um bom uso, gestão e visualização de dados, como especificações sobre nomenclaturas, classificações de elementos, níveis de detalhes e formatos de arquivos. Com o sucesso de implementações e resolução de problemáticas a partir de regulamentações, há possibilidade de evolução tecnológica contínua, como IoT e IA, o que exige atualizações constantes das regulamentações nacionais e internacionais.

Internacionalmente, existem inúmeros documentos regulatórios, sendo relevante, principalmente, a ISO 19650 – Organização da Informação da Construção, composta por cinco partes, que padroniza produtos, sistemas e serviços na utilização de ferramentas BIM, além de servir como base para demais normas existentes. A Organização Internacional de Padronização – ISO (*International Organization for Standardization*), criada em Londres na década de 1940, visa obtenção de padronizações industriais, facilitar comércio, comunicação, concorrência justa e avanço tecnológico a nível internacional por meio colaboração de mais de 160 países que são

responsáveis pelas edições de suas normas (Governo Federal do Brasil, 2022), como o Brasil, por meio da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Em relação da implementação BIM, a ISO 19650 foi elaborada com base nas normas britânica BS 1192 e na PAS 1192-2, por serem importantes referências para aplicação da metodologia BIM.

No Brasil, a adesão à BIM encontra desafios (Thórus Engenharia; Otus, 2024). Os autores discorrem que foi criada em 2008 a Estratégia Nacional de Disseminação da BIM, por meio do Decreto nº 9.983 – Estratégia BIM BR. Essa iniciativa criou um Comitê Gestor para avaliar ações, objetivos e finalidades. Entre os objetivos gerais, estão a promoção da Metodologia BIM, com capacitações, a adoção nas obras públicas e a redução de custos para a construção civil. Há quatro etapas de implementação, divididas entre 2018 e 2028, com metas de resultados. São elas o aumento em 10% da produtividade pelas empresas do setor; o aumento da adoção da BIM em 10 vezes; a redução de 9,7% dos custos de obras; e elevar em 28,9% o Produto Interno Bruto – PIB da construção civil no Brasil, que é utilizado para medir a atividade econômica e resultado de crescimentos que servem de comparativo com outros lugares.

Todas essas normas aplicáveis ao setor da construção civil e de infraestrutura, possibilitam a criação e atualização de normas, harmonização internacional, eficiência, qualidade, consistência, confiabilidade, interoperabilidade nos projetos de construções. Desempenham papéis regionais específicos e são base para uma perspectiva futura em prol de maior integração, inovação e sustentabilidade e eficiência e, conseqüentemente, maior uso da tecnologia BIM.

2.2 QUANTIFICAÇÃO DE INSUMOS CONSTRUTIVOS COM BIM

2.2.1 Definição de Materiais de Construção

Primeiramente, é necessário diferenciar os sistemas estruturais, sistemas construtivos e os processos construtivos, que são interdependentes e, quando bem harmonizados, garantem eficiência, durabilidade, estética e segurança em edificações. Esses sistemas e processos dependem dos insumos construtivos, constituídos pelos serviços realizados pela mão de obra, ferramentas que utilizam e, principalmente, os materiais de construção. Como exemplo de mão de obra, temos os operários, técnicos com habilidades específicas como eletricitas e encanadores, gerentes e supervisores de obras, além de engenheiros e arquitetos. Já para as ferramentas, elas podem ser manuais ou elétricas; manuais, como martelos, serras, níveis;

elétricas, como vibradores de concreto e furadeiras, havendo também as máquinas pesadas, como escavadeiras, betoneiras, guindastes, compactadores de solo, também os equipamentos de medição e precisão, como teodolitos, níveis a laser, e equipamentos de proteção individuais e coletiva, como capacetes, luvas, óculos, redes de proteção e sinalizações. Partindo para os materiais mais utilizados nos processos construtivos, temos o concreto, aço, madeira, tijolos e blocos, cerâmica e azulejos, materiais compostos, além ligantes desses materiais, como argamassa, adesivos e colas, resinas Epóxi, ancoragens mecânicas e químicas e demais elementos compatíveis para a coesão e durabilidade das construções.

Os materiais podem ser usados de diversas maneiras, dependendo da aplicação e função no meio, e a definição das suas especificações são guiadas por catálogos e normas técnicas, que asseguram padronização, uniformidade dos produtos, além de segurança. No Brasil, existe a base de dados conhecida como Tabela de Composições de Preços para Orçamentos – TCPO, elaborada pela empresa Pini desde 1955, sendo a principal referência em engenharia de custos. Ademais, fornecendo indicações detalhadas de materiais para uso em obras públicas e privadas, existe o Catálogo de Materiais – CATMAT do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, mantido pela Caixa Econômica Federal e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, havendo outros bancos de dados como o Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO, Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe – ORSE e tabelas de custo unitário da Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras – SIURB, Secretaria da Infraestrutura - SEINFRA e da Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro – EMOP. Também existem catálogos de produtos de empresas, como Votorantim, Gerdau, Fischer, que especificam os seus produtos e utilizações. Há ainda bancos de dados de especificações, o Custo Unitário Básico – CUB, definido pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil, e a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Voltando à abordagem dos sistemas construtivos, eles englobam o conjunto de todas as técnicas, métodos e processos envolvidos na construção de uma edificação como fundação, pisos, paredes, coberturas, acabamentos e instalações prediais elétricas e hidráulicas. Esses sistemas podem ser classificados como (a) construção convencional, pelo uso de blocos de concreto e tijolos cerâmicos na construção de paredes; (b) construção pré-fabricada, pelo uso de componentes individuais não fabricados no local de obra; (c) modular, pela montagem completa de módulos no local de obra; (d) construção em *DryWall*, pelo uso de paredes e divisórias com perfis leves de aço ou elementos em madeira para a sua estrutura, contando com o uso de chapas de gesso acartonado. Os sistemas estruturais compõem a estrutura portante e

dependem de fatores como condições locais de terreno, geometria do edifício, materiais utilizados, intempéries, durabilidade, estética desejadas, e capacidade de suporte de cargas pela estrutura. Eles referem-se à composição elementar das estruturas das edificações.

Enquanto que os processos construtivos são referentes às sequências de atividades de etapas de construção em canteiro de obra, envolvendo técnicas úteis durante a execução da edificação e infraestrutura, como o planejamento de projeto com estudos preliminares, projeto arquitetônico, estrutural e complementares; preparação do terreno, montagem de formas e armações, concretagem e perfis de aço para as estruturas; construção das paredes de vedação, fixação de esquadrias e instalação de elementos do telhado ou laje de cobertura; aplicação de revestimentos nas superfícies e montagem de sistemas elétricos, hidráulicos e sanitários que constituem as instalações prediais, na fase de acabamento, que também ocorre a instalação de pisos, forros e rodapés; por fim, finalização, com detalhamentos, limpeza e inspeções.

Contribuindo com a contextualização sobre localização e utilidades dos insumos construtivos em projetos de edificações residenciais, industriais e comerciais, além de projetos de infraestruturas e de utilidades/instalações, a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura e o Governo Federal do Brasil (2016) descrevem os serviços para coordenação de projetos. Eles consideram finalidades construtivas em projetos principais, projetos especializados e projetos de consultorias realizados por especialistas.

Para os projetos principais, ainda segundo as descrições dos autores, existe projetos de Arquitetura e Urbanismo; de fundações e estudo do solo, com projetos de fundações e de mecânica dos solos; de sistemas estruturais, com concreto armado, pré-moldado, pré-fabricado, além de estruturas de madeira e metálicas; de água fria e quente, esgoto predial, água pluvial com projetos de hidráulica; de hidrantes, extintores, sprinklers e detectores de fumaça, com projetos de combate e proteção contra incêndio; de abastecimento de água, drenagem, redes de esgoto, pavimentação, iluminação pública, sistema viário, projetos geométricos e de mecânica dos solos, com projetos de infraestrutura; de fornecimento e distribuição de gás, eletricidade, além de planejamento e implementação de sistemas de geração de energia elétrica e de água quente, com projetos de energia; de ar condicionado, exaustão mecânica, ventilação mecânica, pressurização, aspiração central, controle de fumaça e de água gelada, com projetos de instalações mecânicas, conhecidos como HVAC (*Heating, Ventilating and Air Conditioning*); por fim, de planejamento, instalação e integração de sistemas de comunicações, com projetos de telecomunicações e automação, como de telefonia interna, externa, de Transferência de dados, sonorização, circuito de TV, CFTV, TV a cabo e automação.

A informação acima representa apenas alguns dos projetos mais encontrados e, além deles, existem os projetos especializados, como de ancoragem, pisos, acessibilidade e pavimentação, além de consultorias especializadas, como por serviços direcionados à troca de solo por contaminação, acústica, revestimentos e impermeabilização.

2.2.1.1 Importância de Quantitativos para a Gerência de Obra

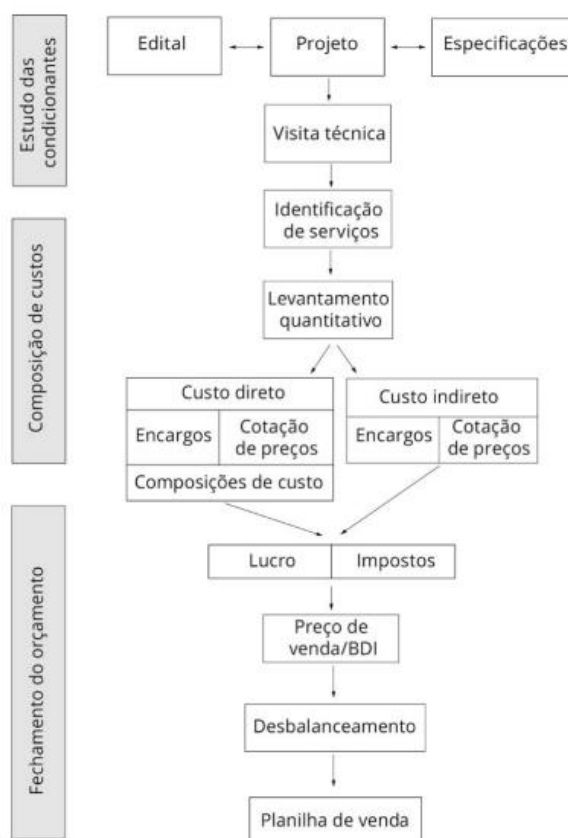
Em relação à funcionabilidade de levantamentos quantitativos, tem-se as ferramentas administrativas conhecidas como cronogramas de obras, que podem ser físicos, financeiros e físico-financeiros, e que são úteis para planejamento e gestão de obras eficientes. Os cronogramas auxiliam esses desafios por meio de técnicas relevantes para o controle do progresso da execução de construções de forma eficiente, pois além de servirem para levantamentos de quantidades, são fatores centrais “[...] para os clientes da construção maximizarem os valores, reduzirem custos e alcançarem sustentabilidade”(Kim; Park, 2016, p.2). Além disso, temos o gerenciamento de cronogramas de projetos, que não são voltados unicamente para às atividades, mas também para logística otimizada (Reis Júnior, 2020). Sendo uma combinação dos dois, o cronograma físico-financeiro une as funções de cronogramas físicos de detalharem as etapas de execução de atividades em uma sequência lógica, com o financeiro que busca a organização de recursos financeiros para mão de obra, materiais e equipamentos, por exemplo. Ainda segundo o autor, em sua pesquisa com linha de balanço para sequenciamento de atividades, além de tecnologia BIM, houve redução de 13% do prazo do término do empreendimento estudado com redução de interferências, retrabalho e impedimentos de etapas de medição.

Essa gestão de obras e recursos se beneficiam de artifícios de visualização de conjuntos de dados como histogramas e distribuições por meio de curvas, como as conhecidas no ramo da engenharia como Curva de Compactação e de Tensão-Deformação. Essas representações são úteis para avaliar comportamento e tendências de materiais e sistemas que os envolvem na construção civil, principalmente em relação à produtividade, rendimentos e retorno de investimentos. A exemplo métodos gráficos de visualização e análise de dados, como Linha de Balanço e Linha de Fluxo, como cita Reis Júnior (2020), existe também a classificação ABC, que é um método de classificação de estoques e sistemas indicador de itens que requerem maior atenção e tratamento adequado e que, na construção civil, visa melhorias de controle de estoque,

armazenagem de produtos, menores custos e maiores investimentos (Trajano; Mendonça; Domingues, 2023).

Diante disso, financeiramente, a disposição de dados para os materiais considera os custos diretos e indiretos, que são correlacionados pela majoração de Benefícios e Despesas Indiretas – BDI, que visa uniformizar todos os serviços na estimativa de custo, orçamentação preliminar e analítica (Mattos, 2019). Segundo o autor, nos orçamentos preliminares referenciais genéricos, existe a estimativa de custos por etapa de obra realizadas por similaridades de casos, portanto não aplicáveis a obras atípicas, que delimitam percentuais as etapas de obra em relação ao custo total, e servem para verificação de conformidades de orçamento, assim como estimativas iniciais. Para níveis de detalhamento mais elevados, os orçamentos analíticos aproximam da realidade o cenário de obra, e depende de profissionais capacitados em realizar quantitativos pelas metodologias de custos, como fatores de capacidade e proporcionalidade. Na Figura 8 é apresentado um exemplo de roteirização de da orçamentação de obra.

Figura 8 – Roteiro de orçamentação de obras



Fonte: Mattos (2019).

Diante disso, ainda segundo o autor, ele traz como exemplo a aplicação de percentuais na estimativa de custos na Figura 9:

Figura 9 – Uso de estimativos na elaboração de custos

Etapas	% do custo total	Valor (R\$)
Serviços preliminares	0,2-0,3	6.800,00 a 10.200,00
Movimento de terra	0,0-1,0	0 a 34.000,00
Fundações especiais	3,0-4,0	102.000,00 a 136.000,00
Infraestrutura	1,8-2,4	61.200,00 a 81.600,00
Superestrutura	26,8-32,7	911.200,00 a 1.111.800,00
Vedação	3,6-5,0	122.400,00 a 170.000,00
Esquadrias	6,1-11,3	207.400,00 a 384.200,00
Instalações hidráulicas	10,5-12,3	357.000,00 a 418.200,00
Instalações elétricas	4,5-5,4	153.000,00 a 183.600,00
Impermeabilização e isolamento térmica	1,2-2,4	40.800,00 a 81.600,00
Revestimento (pisos, paredes, forros)	21,1-27,4	717.400,00 a 931.600,00
Vidros	1,5-2,9	51.000,00 a 98.600,00
Pintura	3,8-4,9	129.200,00 a 166.600,00
Serviços complementares	0,3-0,9	10.200,00 a 30.600,00
Elevadores	1,4-1,8	47.600,00 a 61.200,00
Total	100,0	3.400.000,00

Fonte: Mattos (2019).

2.2.2 Métodos de Quantificação de Materiais na Construção civil

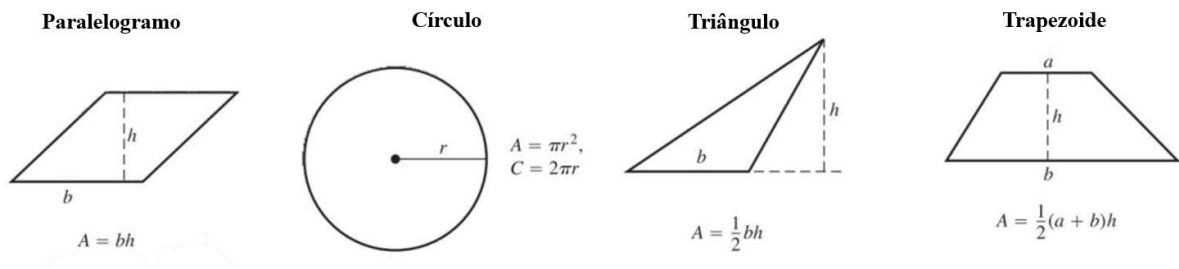
No mercado AEC, o cálculo da quantidade de elementos necessários para construções civis, insumos construtivos, depende principalmente da determinação de propriedades geométricas como perímetro, área e volume, assim como classificação de material e onde são utilizados desde a fundação até o acabamento nos empreendimentos de pequeno, médio e grande porte. Teorias matemáticas, físicas e químicas são aplicadas na quantificação dos materiais e devem obedecer às normas, catálogos adotados e documentação técnica de obra como memorial descritivo e especificações técnicas de obra. Diante disso, algumas medições que compõem as listas de quantificação, segundo MDCI (2017), são comprimento, largura, espessura, altura, perímetro, área, volume, peso e contagem.

Algumas propriedades físicas e químicas como densidade, compacidade, viscosidade, resistência e reatividade são importantes na quantidade final de materiais necessários. Isso, pois o cálculo geométrico é insuficiente para se ter o valor real de insumos necessários diante das perdas e estados em que se encontram. Para isso, representando as grandezas físicas de acordo com o padrão adotado: Sistema Internacional - SI ou outros sistemas de unidades regionais, os profissionais envolvidos nos ciclos de vida das obras, além de considerar disponibilidade de mão de obra qualificada e materiais nas áreas de obra, devem entender sobre as interações dos materiais, as equivalências para substituições necessárias, a forma como são adquiridos dos fornecedores, além de logística para o seu armazenamento e descarte corretos, resultando em gestão eficiente e sustentável.

Existem diferentes abordagens, entretanto, em relação às precisões e majorações para atender aos possíveis erros, o que leva a imprecisões nos valores e a maiores custos de execução, devido à falta de critérios de detalhes e exatidão nos cálculos, na crença de que as majorações serão suficientes pelos profissionais sob prazos curtos e grandes volumes de dados de projetos. Um exemplo da tendência de erros na disposição final de quantidades, ao contrário do uso de ferramentas para quantificação com o uso da modelagem em BIM, é o cálculo manual, que tende a apresentar maiores erros a partir de análises de projetos básicos e executivos, mesmo com o auxílio de planilhas de cálculo e catálogo de materiais. Além disso, o método manual é limitado a formas geométricas básicas, já que para formas complexas há setorização de seções, demanda para o conhecimento avançado em cálculo de integrais, o que consequentemente gera acúmulo de erros.

Assim como Agustini (2014) descreve sobre a geometria no Espaço Euclidiano, os elementos construtivos também seguem a mesma teoria para as suas formações. O autor discorre que as Figuras são formadas por pontos, segmentos de linha e planos na perspectiva elementar, sendo a junção desses elementos geradora de Figuras planas no mesmo plano bastante úteis e presentes na natureza e construções, e que são denominadas como polígonos quando há três ou mais lados. Para Figuras geométricas com pontos situados em diferentes planos, temos os sólidos. Na Figura 10 são apresentadas algumas Figuras geométricas, polígonos, juntamente com as equações de área e circunferência.

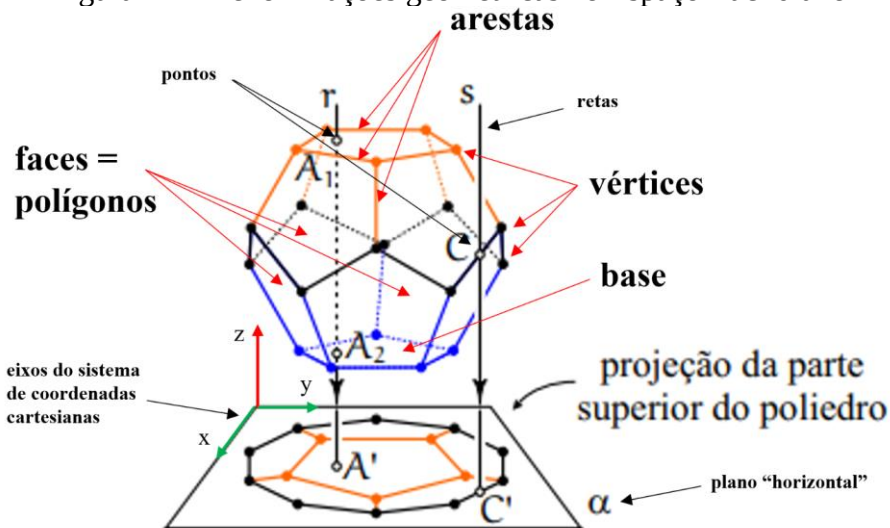
Figura 10 – Exemplos de algumas Figuras geométrica planas



Fonte: adaptado de Thomas, Weir e Hass (2013).

Dentre os sólidos, existem os prismas, cubos e pirâmides, que são separados do espaço por superfícies planas, e sólidos geométricos conhecidos como sólidos de revolução, que são separados do espaço por superfícies curvas como cilindros, cones e esferas. Esses sólidos geométricos possuem denominações de parâmetros que os constituem, Figura 11, e são formados por pontos, retas, base, faces, arestas, vértices e eixos, principalmente, e possuem três dimensões: comprimento, largura e altura. O conhecimento dos princípios geométricos por profissionais da construção civil é importante para poderem lidar com sólidos geométricos complexos na possibilidade de terem que analisar formas pela combinação de sólidos geométricos que as constituem.

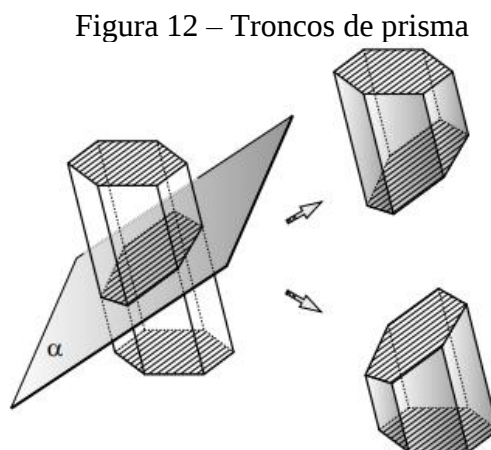
Figura 11 – Denominações geométricas no Espaço Euclidiano



Fonte: adaptado de Agustini (2014).

O desenho técnico é a combinação de Figuras elementares em tamanhos diferentes usadas para representar ilustrações de estruturas por meio de detalhes para execução e visualização. Porém em diversas situações, pode ser necessário envolver cálculos mais

detalhados, já que os sólidos geométricos são truncados, ou seja, são cortados por um plano, Figura 12, ou não apresentam formatos que possam ser calculados por meio das equações de perímetro, área e volume comuns.



Fonte: Agustini (2014).

Também existe a possibilidade desses sólidos serem vazados, ou em formatos de difícil análise e, para isso, temos o desenvolvimento de cálculos mais detalhados, demorados e propensos a erro, porém pode ser relevante o uso do Cálculo Diferencial e Integral e análises pelos Método de Elementos Finitos - MEF, que é útil computacionalmente e parte de modelos reais, físicos e matemáticos para modelação numérica, possibilitando análises de fenômenos físicos estáticos e dinâmicos. Um exemplo de cálculo de propriedades geométricas úteis para quantificação de insumos seria o cálculo do perímetro e área de um polígono retangular. Para isso primeiramente existe a soma das arestas, seguindo para o quociente das arestas que formam a base/Figura plana: comprimento e largura. Já para o volume de um prisma retangular, a área da base é multiplicada pela altura.

Cada etapa construtiva representa um nível de abordagem quantitativa diferente e, impacta diretamente nos cronogramas de obra, evidenciando a necessidade de ótimo conhecimento técnicos. Para isso, são utilizadas teorias matemáticas para serviços de obra como locação e sondagem, e para elementos construtivos da fundação, estrutura, vedações, esquadrias, cobertura, acabamentos e instalações prediais, além dos serviços preliminares como terraplenagem, sendo imprescindível o uso de equações matemáticas para se chegar na quantidade necessária para tornar projetos executáveis. Exemplificando a composição de materiais dessas etapas de execução, temos o exemplo de uma parede de alvenaria de vedação

com revestimento interno e/ou externo com pintura, a parede possui blocos, denominados como base, com juntas de argamassa, que são revestidos por chapisco, emboço, reboco e pintura. Na quantificação, a ordem de análise e disposição de quantidades não é diferente em termos de seguir ordem de execução de cada elemento da obra.

A existência de listas de quantidades de insumos para obras de pequeno, médio e grande porte, conhecidas como Obras de Arte Especiais - OAEs, e consequentemente, cronogramas, só é possível graças aos sistemas estruturais adotados para os canteiros de obra, que dependerá de mão de obra capacitada, ferramentas para construção e proteção, além de disponibilidade de oferta e capital para aquisição. Na sua elaboração, deve-se haver uma boa organização e diálogo dos projetistas e calculistas estruturais com as partes interessadas, para se ter informações abrangentes dos processos construtivos e composição estrutural da obra que será realizada, assim como quais são ações atuantes, local de canteiro de obra e viabilidade socioeconômica e ambiental. Após acordo final com os clientes mediante indicações de diversas marcas, catálogos de materiais, possibilidade de substituições e fornecedores relevantes, devem ser indicadas nas listas informações como nome, cor, fabricante, quantidade e dimensões, sendo a viabilidade logística de transporte e armazenamento indispensáveis para a escolha final para execução de obra.

2.2.3 Ferramentas de Quantificação em BIM

O desenvolvimento de listas quantitativas de materiais, equipamentos, e recursos humano pela mão de obra e subcontratados para compartimentos e pavimentos de construções, é relacionado a estimativas de custos e orçamentações que consideram preços reais de insumo índices de produtividade, catálogos e regulamentações.

É importante definir que nem toda modelagem 3D tem propriedades BIM, mas todas as propriedades BIM são 3D e, para não ocorrer sobrecarga computacional, além de maiores esforços para a utilização de ferramentas BIM, na modelação de todos os componentes de obra, nem sempre são detalhados todos os componentes de obra. Para isso, temos o uso de metadados para os objetos BIM, além dos modelos digitais tridimensionais, que juntos definem a modelagem paramétrica. Os metadados agrupam dados descritivos das propriedades, características e atributos dos elementos da modelagem, sendo referentes a identificação, propriedades físicas, informações funcionais, informações de execução de obra, informações sobre os custos, cronograma, manutenção e conformidades.

A parametrização, que interconecta os metadados e parâmetros, aos modelos, possibilita edições pontuais nas informações que impactam automaticamente os objetos, elementos ligados e documentos associados a eles em termos de estrutura, análise e disposição, como as listas de quantidades para orçamentos e cronogramas por meio de fórmulas que associam os dados, dispensando necessidades de redefinições e repasses a todas disciplinas envolvidas em prol de atualização e compatibilização de estruturas e informações. A reunião de objetos parametrizados pela classificação denomina o conceito de famílias BIM, qual são encontradas em bibliotecas públicas e privadas, sendo o uso delas realizado em aplicativos que partem do uso de *templates* que possuem de padrões e configurações para se ter bom uso das funcionalidades.

Sob os requisitos de haver modelos digitais consistentes, sem conflitos e com classificação de seus elementos para os empreendimentos, para atenuar erros, a mensuração dos insumos pode ser realizada de diversas formas pelas ferramentas BIM de modelagem digital tridimensional. Especialmente de forma atualizada junto à evolução dos projetos, essas ferramentas contam com bancos de dados, famílias parametrizadas com informações consistentes, integração com aplicativos externos e *plugins* para aumento de produtividade, tornando o resultado final mais próximo da realidade, dependendo de onde e como foram envolvidos os processos de modelagem.

Para isso, deve haver o Plano de Execução do Projeto BIM – PEB (Infra AS, 2021), nos empreendimentos, contemplando essa função com informações abrangentes para o levantamento quantitativo, em quais etapas e ND. Isso possibilita a existência desde estimações genéricas de quantificações para documentos básicos, como pela avaliação de áreas pela NBR 12721 com a predominância da modelagem em LOD 200, até a realização de orçamentos analíticos ou detalhados associados à Composição Unitária de Custos – CPU, com maior grau de precisão devido ao maior desenvolvimento das modelações digitais tridimensionais em documentos executivos, o que evolui para o orçamento sintético ou resumido.

Segundo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (2017), no uso desta ferramenta, onde cada uma possui suas particularidade, limitações e variação valores inferior a 1% entre elas para quantificações, todos os modelos realizados e utilizados devem contemplar as classificações e dimensões necessárias dos elementos para as mensurações desejada nos setores e etapa das obras, como metro linear e área, além de que pode-se associar serviços aos objetos ou seus componentes, direta ou indiretamente, também conhecidos como camadas, gerando tabelas variadas. A não observância das integridades de padronização entre

as informações, que devem ser suficientes para o ND esperado, portanto, indica que não é viável quantificar tudo que está associado aos projetos em BIM, seja por inoperância e compreensão da complexidade de componentes dinâmicos ou falta de informações suficientes neles. Entretanto, ainda existem elementos temporários, como elementos de escoramento e formas, e serviços provisórios, que não devem constar nos modelos, a não ser separadamente.

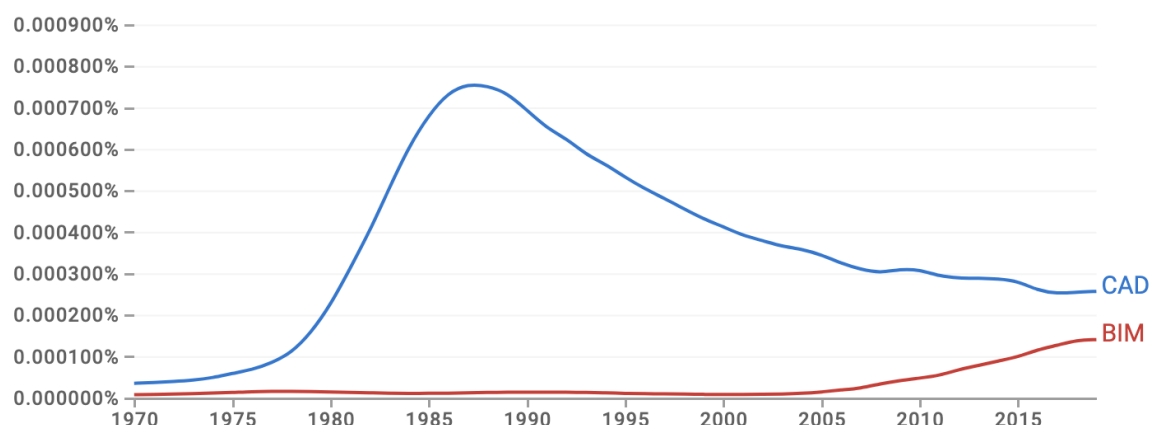
Como MDIC (2017) descreve, essas ferramentas objetivam sistematizar os insumos construtivos para etapas, serviços, disciplinas, precisões e funções diferentes deles, dependendo do Nível de Desenvolvimento – ND do modelo BIM, que delimita requisitos específicos de projeto, e a mensuração podem ser realizadas segundo diversas abordagens, incluindo normativas como a ABNT NBR 12721, importante norma no âmbito da Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC, e entidades filiadas. Esta norma segue as exigências da Lei Federal 4.591, baseia-se em avaliações de custos por áreas e objetiva “estabelecer critérios para avaliação de custos unitários, cálculo do rateio de construção e outras disposições correlatas” (ABNT, 2021, p. 2). Ainda de acordo com MDIC (2017), para não ocorrer inconsistências e falta de precisão, a implementação bem-sucedida da metodologia demanda investimentos maiores em processos, compra de licenças, adaptação, treinamento nos sistemas e padronização no processo de modelagem, daí a existência de inúmeras normas que visam assegurar essas condições.

2.3 IMPLEMENTAÇÃO DA BIM ACADÊMICA E PROFISSIONALMENTE

2.3.1 Adoção da BIM no Ambiente Acadêmico

Em comparação ao CAD, a Metodologia BIM é um tópico mais recente de pesquisa e de ensino nas instituições universitárias. Enquanto o CAD é amplamente conhecido nos cursos AEC desde a década de 1980, a BIM ganha relevância a partir dos anos 2000. Na Figura 13, esta tendência é exemplificada com dados do Google Ngram Viewer, que aponta o número de ocorrências de um termo sobre o total de termos utilizados em livros de língua inglesa em certo ano. O CAD atingiu seu ápice em 1987, enquanto a BIM está em ascensão. Os dados vão até o ano de 2019.

Figura 13 – Frequência dos termos CAD e BIM em livros de língua inglesa, por ano



Fonte: Google, 2024.

A crescente no gráfico, a partir dos anos 2000, coincide com o momento em que as universidades passam a inserir a Metodologia em seus programas de graduação e pós-graduação. Segundo Barison; Santos (2011), o primeiro curso universitário com BIM foi em 1990, pelas universidades americanas Georgia Tech e Texas A&M, sendo que a partir de 2003 que a adoção da BIM nos currículos se estende a um número maior de instituições. A primeira década do século XXI também foi marcada pelo amadurecimento dos aplicativos BIM (Borkowski, 2023) e por crises de produtividade na construção civil (Dixit *et al.*, 2019), fatores que podem ter acelerado o interesse pela Metodologia BIM, por conta de suas promessas de eficiência. O ensino da BIM se intensificou quando as empresas passaram a requisitar esses profissionais (Barison; Santos, 2011).

A adoção da BIM no currículo das universidades também trouxe desafios de adaptação tecnológica e do corpo docente. Há um vasto conjunto de artigos científicos que trazem relatos de experiências no ensino de BIM, para tentar estabelecer as melhores práticas pedagógicas (Abbas; Din; Farooqui, 2016; Adamu; Thorpe, 2016; Ruschel; Andrade; Moraes, 2013). Esses estudos geralmente destacam os obstáculos de implementação, que vão além da falta de estrutura computacional. A curva de aprendizado, instrumental e conceitual, é elevada, o que pode ser frustrante para os discentes. Barison e Santos (2011) defendem uma estratégia de aprendizado dividida em níveis, introdutório, intermediário e avançado. Em cada um desses níveis, há diferentes pré-requisitos e resultados esperados dos estudantes.

Como a introdução da BIM nos cursos AEC é recente, muitos docentes não tiveram contato com os aplicativos durante sua formação. A falta de capacitação do corpo docente pode ser um problema, especialmente se o currículo inclui cursos intermediários e avançados de

BIM. Um estudo de 2015 entrevistou docentes dos cursos de Engenharia Civil, dos quais 73% declararam que não utilizavam a BIM na época, entre os que utilizavam, a maioria o fazia há menos de cinco anos (Pereira; Ribeiro, 2015). Uma outra análise mais recente apontou que não havia menções à BIM no currículo de 61,26% dos cursos de Engenharia Civil de universidades públicas brasileiras, sendo que a maioria dos que tinha são da região Sudeste (Pergher; Freitas, 2020).

Este diagnóstico desafiador nas instituições de ensino brasileiras é uma realidade que a Estratégia BIM BR, mencionada na Seção 2.1.4, almeja mudar. Para atingir os seus objetivos de disseminação da Metodologia no Brasil até 2028, estão previstas iniciativas de suporte ao ensino de BIM nas universidades. Uma delas é a criação Células BIM em 27 instituições de ensino superior brasileiras, com a disponibilização de equipamentos avançados e capacitação (Governo Federal do Brasil, 2024).

2.3.2 Adoção da BIM no Ambiente Profissional

De forma similar à adoção da Metodologia BIM nos currículos universitários, a sua implementação no ambiente profissional também ocorreu a partir do começo dos anos 2000. Na Europa, na Oceania e, especialmente, na América do Norte essa implementação foi mais rápida (Jung; Lee, 2015). Nesses locais, houve iniciativas pioneiras, estimuladas pelos governos locais (Ullah; Lill; Witt, 2019). Nos Estados Unidos, por exemplo, as primeiras medidas governamentais para o incentivo do uso da BIM na construção civil datam de 2003 (Wong; Wong; Nadeem, 2011). Outros países seguiram caminhos similares, criando comitês para o estímulo da BIM e estabelecendo normas de padronização, com um papel importante desempenhado pelos governos nacionais (Cheng; Lu, 2015). A Estratégia BIM-BR se insere neste contexto de transição tecnológica.

Essa necessidade de incentivo se explica pelas dificuldades enfrentadas para a implementação da BIM no setor privado, que são comuns, em escalas diferentes, em todos os países. Entre os problemas estão os custos altos, falta de treinamento, cultura empresarial e a complexidade dos aplicativos (Ullah; Lill; Witt, 2019). Os benefícios, por outro lado, se sobrepõem, pois trazem mais produtividade e eficiência para a construção civil, em etapas que vão da pré-obra a pós-construção.

No Brasil, em 2023, a utilização da BIM já ocorre em 64% das construtoras e incorporadas, número que cresceu 16 pontos percentuais em relação a 2019 (Thórus

Engenharia; Otus, 2024), com 73% das que utilizam recomendado a Metodologia. Um dos obstáculos ainda é a falta de mão de obra qualificada, que é um reflexo das dificuldades mencionadas na seção 2.3.1.

Cabe ressaltar que utilizar aplicativos BIM não quer dizer que a empresa implementou a Metodologia com sucesso. Succar; Kassem (2015) sugerem um modelo “Ponto de Adoção” para definir quando uma empresa implementa de fato a BIM em seu fluxo de negócios. Para isso, a empresa organização precisa combinar prontidão (*readiness*), capacidade (*capability*) e maturidade (*maturity*), etapas que representam pré, durante e pós implementação. A prontidão é quando a empresa reconhece a necessidade de implementação; a capacidade se refere ao uso dos aplicativos BIM para entregar resultados pelas equipes; e a maturidade engloba qualidade, repetibilidade e previsibilidade dos fluxos. Quando a organização cruza o “Ponto de Adoção” da BIM, pode-se dizer que a metodologia foi implementada.

Para auxiliar as empresas no processo de implementação, há guias e normativas especializadas, muitas delas inseridas no contexto da Estratégia BIM-BR. O Guia 6 da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ADBI, por exemplo, oferece protocolos para o planejamento da implementação, com estimativas de custo e de ferramentas necessárias. Essas iniciativas servem como base para as empresas estabelecerem o seu BIM *Execution Plan* – BEP ou BIM *Mandate*, documento compreensivo que detalha como a empresa vai incorporar a Metodologia. No Brasil, apenas 15% das construtoras e incorporadoras têm um BIM Mandate, outras 12% estão desenvolvendo o seu (Thórus Engenharia; Otus, 2023).

2.3.3 Análise de Experiências e Perspectivas

Há uma série de estudos sobre benefícios, obstáculos e processos de implementação da BIM que está centrada na perspectiva dos ganhos de eficiência para as empresas, mas não sobre as perspectivas de profissionais da construção civil (Arunkumar; Suveetha; Ramesh, 2018). A maioria desses estudos conduziu pesquisas quantitativas (*surveys*) para identificar pontos positivos e pontos negativos na implementação. Os resultados corroboram o que é proposto pela literatura e o que as empresas também observam como pontos relevantes (Arunkumar; Suveetha; Ramesh, 2018). Embora reconheçam a importância da BIM, muitos profissionais não têm uma visão clara do que é exatamente a Metodologia. A necessidade de se manter sempre atualizado e o conjunto extenso de aplicativos existentes são apontados como fatores adicionais que dificultam essa compreensão (Quach; Wenström, 2022).

Compreender aspectos subjetivos dos profissionais envolvidos na implementação acrescenta ao conhecimento sobre suas limitações. Esse enfoque interpretativo contrasta com o positivismo tradicional ao explorar como os processos ocorrem e quais são as motivações subjacentes (Alharahsheh; Pius, 2020). Frequentemente, isso é realizado através de entrevistas com os agentes envolvidos em pesquisas qualitativas. Essa perspectiva não se opõe aos estudos quantitativos inferenciais, mas sim os complementa ao trazer a riqueza das experiências individuais. No contexto da Metodologia BIM, entender as perspectivas de engenheiros, arquitetos e outros profissionais do setor AEC sobre a implementação pode tornar esse processo mais eficaz para todas as partes envolvidas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Diante das informações teóricas aplicações práticas de estudos sobre o uso de ferramentas BIM e fatores associados a elas na construção civil, foram realizados estudos qualitativos. Estes estudos foram centralizados na investigação das barreiras da implantação da Metodologia BIM principalmente para o levantamento quantitativo de insumos construtivos, e isso ocorreu por meio de estudo de caso complementado por entrevistas semiestruturadas, em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD (Brasil, 2018) e a Lei de Acesso à Informação – LAI (Brasil, 2011).

A LGPD assegura a privacidade e segurança de dados sigilosos, pessoais e protegidos por legislações específicas, e foram tomadas como base para as entrevistas por canais de voz e textuais, e para documentos técnicos da licitação usada como base de estudos. Enquanto a LAI garante o direito, integridade e transparência no acesso de informações de órgãos e entidades públicas. Esta lei estabelece diretrizes sobre reprodução de documentos por meio do seu Artigo 7º, que detalha esses direitos de acesso, restrições e condições de reprodução por meio de creditação, uso ético e com finalidades legítima de acordo com os direitos fundamentais, como exercício da cidadania, jornalismo investigativo e pesquisa acadêmica.

3.1 ESTUDO DE CASO

3.1.1 Metodologia de estudo de caso

Existem diversas pesquisas, que são citadas ainda neste parágrafo, que indicam a relevância de estudos de casos para aprofundar a compreensão de problemas existentes e servir como base para discussões de conhecimentos. Como exemplo disso, tem-se o uso desse método na avaliação da capacidade BIM para a análise de detecção de conflitos no ciclo de vida em um projeto no Iraque (Abd; Khamees, 2017). Outro exemplo é sobre implemento BIM em projetos ferroviários, que requer melhoria constante e comprova informações de literaturas indicando os benefícios de controle de custos, auxílio decisões, redução de trabalhos extras ocasionados por erros de design, melhora de visão de projeto e detecção de problemas de conexão de sistemas (Bensalah; Elouadi; Mharzi, 2019). Tomando isso como base, neste trabalho foi realizado um estudo de caso pontual, que será complementado por entrevistas semiestruturadas, para apoiar

a problemática, objetivos, desenvolver conhecimentos adquiridos durante graduação e contribuir com literaturas existentes.

3.1.2 Escolha de empreendimento para modelagem BIM

Para a escolha do empreendimento, foram realizadas consultas por navegadores de internet, sobre projetos que poderiam ser utilizados como base de estudo de modelagem BIM. Considerou-se fatores como facilidade de obtenção de todos os dados relevantes e viabilidade de uso. A escolha final foi pela Licitação Pública – MDF (Modo Disputa Fechado), de nº 19, com regime de contratação semi-integrada e referente à conclusão de 40 unidades habitacionais pelo meio da elaboração de projetos executivos, além de infraestrutura e equipamentos comunitários para o município de Telêmaco Borba – PR (Governo do Estado do Paraná, 2023), que também disponibiliza os seguintes dados apresentados no Anexo A. Das estruturas propostas por esta licitação, a tomada como base para modelagem foi a MTB 40 TI, que possui projeto arquitetônico, estruturais, hidrossanitários, elétricos e de cobertura disponíveis para consulta pública.

O acesso e uso desses documentos são garantidos pela LGPD e LAI. Mesmo que o uso dos arquivos seja para fins educacionais, que não implica em eventuais violações do direito de propriedade do projeto, foi realizado um ofício de solicitação de uso, contendo dados do solicitante, informações da licitação e finalidades de uso. O documento foi encaminhado para a Companhia de Habitação do Paraná – COHAPAR por via digital. O retorno da empresa ocorreu com a justificativa, pelos canais de ouvidoria, de que não havia necessidade de autorização de uso para o destino proposto e por já constarem para consulta pública no portal da companhia. Este documento se encontra no Anexo B, e considera a supressão de informações pessoais do autor e orientador deste trabalho.

Nesta etapa de estudos, ocorreu a utilização do aplicativo Revit para a modelagem das informações dos projetos base em LOD 200 a 300, que correspondem às etapas de anteprojeto, projeto básico e projetos legais, onde ainda há poucos detalhes de construtivos necessários para execução em obra. O intuito é de identificar problemas e favorecimentos de uso, principalmente em relação ao levantamento de quantitativos de materiais (as ferramentas e mão de obra são “parâmetros de serviço” associados aos objetos e não serão considerados, por haver diferentes abordagens de execução a depender dos projetistas e calculistas, apesar de haver

recomendações para o projeto usado como base). Também foram comparados os dados da geração de tabelas com dados analisados de forma bidimensional tradicional.

Segundo Abd e Khamees (2017), os métodos envolvidos em documentos técnicos de engenharia tradicionais às vezes resultam em falhas na gestão, reabilitação e renovação de edifícios, devido à falta de documentos apropriados e de colaboração de todas as partes interessadas em diferentes fases da vida de projeto na inserção, extração, atualização e alteração de informações.

3.1.3 Software e Hardware

Em termos de Metodologia BIM, teve-se a escolha do uso do aplicativo Revit, da Autodesk, por meio do plano educacional (Autodesk, 2024a), além de uso de famílias de elementos digitais parametrizados adquiridas em bibliotecas digitais públicas, como Plataforma BIM BR (Governo Federal do Brasil, 202-?), e plugins que são precursores do melhoramento destes aplicativos. Em termos de análise por métodos convencionais de quantificação, foram usados documentos em Ferramentas CAD, necessariamente pelo Autodesk AutoCAD, por contemplar a mesma licença já obtida por ser estudante de graduação, e foram também utilizadas planilhas eletrônicas de cálculo com o uso do Microsoft Excel, também com licença de estudante, baseadas na setorização de elementos de obra por sólidos e Figuras da Geometria Euclidiana, para as estacas de fundações.

O dispositivo computacional utilizado para modelagem e uso do Revit versão de 2024, foi um *desktop* com o sistema operacional de 64 bits Windows 11 Pro, processador AMD Ryzen 5 3600 6-Core Processor 3,59 GHz e 64 GB de RAM. Esta configuração de dispositivo de estação de trabalho fixa é importante para atender os requisitos mínimos e recomendações sugeridas pela Autodesk.

3.2 ENTREVISTA QUALITATIVA SEMIESTRUTURADA

3.2.1 Metodologia de entrevistas qualitativa semiestruturadas

As pesquisas qualitativas, embora não sejam comumente empregadas no campo da Engenharia, possuem um potencial significativo para enriquecer os estudos desta área (Kelly; Bowe, 2011). A abordagem qualitativa se destaca por sua capacidade de coletar informações e

entender o comportamento humano (Flick, 2022). Na Engenharia, essas pesquisas podem trazer *insights* relevantes sobre a interação dos usuários com as técnicas e tecnologias. O sistema de energia de um prédio, por exemplo, pode ser aperfeiçoado se os engenheiros entendem com precisão o que determina conforto térmico dos usuários, por exemplo, a partir de uma abordagem qualitativa (Kelly; Bowe, 2011). Para que uma pesquisa qualitativa não seja simplista em suas recomendações, precisa seguir com rigor a metodologia científica.

Este trabalho utilizou como base Flick (2022) e Merriam; Tisdell (2015) para elaborar uma estratégia de pesquisa qualitativa, optando por fazer entrevistas semiestruturadas para explorar as dificuldades de implementação da Metodologia apontadas por Bensalah; Elouadi; Mharzi (2019). As entrevistas semiestruturadas partem de perguntas pré-estabelecidas, fazendo com que as perguntas sejam focadas no tópico investigado, ao mesmo tempo em que fornecem autonomia para explorar tópicos levantados durante a entrevista (Adeoye-Olatunde; Olenik, 2021).

O grupo selecionado para as entrevistas era de profissionais e acadêmicos da área da construção civil, que também concordaram com a participação e uso de respostas. A amostra da pesquisa não foi probabilística, ou seja, os participantes não foram selecionados de forma aleatória. Há neste tipo de amostragem um possível problema de viés amostral, que limita as possibilidades de generalizações. No entanto, como aponta (Guest; Namey; Mitchell, 2013), a maioria das pesquisas qualitativas não têm amostras probabilísticas, pois não estão interessadas em generalizações ou testar p-valores, mas sim compreender fenômenos sociais complexos.

3.2.2 Amostragem

A estratégia de amostragem seguiu a categorização feita por Guest; Namey; Mitchell (2013) para pesquisas com amostras não-probabilísticas. Elas são comuns em estudos qualitativos e não possuem tamanho mínimo ideal, pois dependem de fatores como objetivo de pesquisa, heterogeneidade de população, método de coleta de dados, saturação teórica e recursos disponíveis. Essa estratégia visa a exploração de um fenômeno e não possui intuito de generalizar fatores com uma amostra maior de pessoas, o que é característico de estudos quantitativos. A abordagem escolhida foi de amostragem intencional exploratória, na qual os selecionados são escolhidos por conta de critérios estabelecidos pelo pesquisador, evitando

homogeneidade de vivências em instituições e empresas. Sendo assim, a pesquisa estabeleceu dois critérios de participação:

- a) ser profissional ou acadêmico da área da construção civil;
- b) trabalhar ou desenvolver pesquisa sobre projetos e insumos construtivos.

O tipo de amostragem intencional, pela classificação de Guest; Namey; Mitchell (2013) foi a intencional estratificada, utilizada quando se busca manter subgrupos na amostra, que são relevantes para a pesquisa. No caso, os profissionais selecionados se dividem segundo três grupos:

- a) formação: engenharia atuantes em projetos de estruturas, infraestruturas ou de instalações de utilidades, assim como arquitetura e urbanismo;
- b) experiência ou tempo de atuação;
- c) familiaridade com BIM.

Das alíneas, apenas os critérios a) e b) eram conhecidos de antemão, enquanto o critério de c) foi investigado durante a entrevista. Sendo assim, a pesquisa buscou um equilíbrio no número de pessoas em cada subgrupo.

Foram selecionados, portanto, dezesseis profissionais para a entrevista, dos quais nove aceitaram responder às perguntas. A maioria dos entrevistados (seis dos nove) respondeu todas as perguntas propostas.

3.2.3 Perguntas

A entrevista consistiu em dez perguntas de resposta aberta, sem obrigatoriedade de resposta, divididas em três eixos principais, e com esclarecimento de dúvidas aos entrevistados durante as perguntas. O enfoque das perguntas é a exploração da percepção dos profissionais sobre a Metodologia BIM, em especial nas dificuldades de implementação e perspectivas sobre a Metodologia na construção civil.

Os eixos que estruturam a entrevista são Experiência Pessoal (quatro perguntas), Quantificação de Insumos Construtivos com BIM (três perguntas), e Fatores de uso da BIM (três perguntas). O primeiro indaga a relação do profissional com o cenário tecnológico atual

das construções civis, já o segundo e o terceiro se relacionam com o objetivo da pesquisa, que é avaliar a implementação da metodologia e o seu uso em quantificação de insumos construtivos.

A lista de perguntas se encontra no Quadro 1. Perguntas adicionais foram feitas em algumas das entrevistas, de acordo com a pertinência e estratégia semiestruturada, para esclarecer ou expandir o entendimento sobre algum tópico.

Quadro 1 - Perguntas feitas na entrevista com profissionais atuantes na construção civil

Eixo	ID da pergunta	Texto da pergunta
1. Experiência Pessoal	1.1	Há quanto tempo você trabalha ou tem contato com a elaboração de projetos na construção civil?
	1.2	Diante da sua experiência acadêmica e profissional, qual é a relevância para você dos dispositivos computacionais na construção civil?
	1.3	Além dos aplicativos comuns na grade curricular, foram indicados outros para projetos em sua graduação ou curso técnico, com incentivo de aprendizagem das aplicabilidades e limitações?
	1.4	Como você enxerga o seu desempenho futuro na construção civil em relação ao uso de tecnologias?
2. Quantificação de Insumos Construtivos com BIM	2.1	Poderia me descrever o que sabe sobre Modelagem da Informação da Construção, onde é empregada e para o que é útil?
	2.2	É possível utilizar a metodologia para elaborar levantamentos quantitativos em obras?
	2.3	Você a considera superior, equivalente ou inferior aos métodos tradicionais de cálculo de insumos construtivos?
3. Fatores de uso da BIM	3.1	Quais são as dificuldades que as instituições de ensino e empresas da construção civil, podem ter para ensinar, aperfeiçoar e usar a BIM?
	3.2	Você possui alguma dificuldade ou facilidade que influencie no uso de dispositivos computacionais e, conseqüentemente, na metodologia?
	3.3	Qual é a sua percepção geral da capacitação e motivação de demais profissionais para o uso adequado, otimizado e proveitoso desses dispositivos?

Fonte: Elaborado do próprio autor.

Complementando a metodologia de estudo adotada, houve o uso de um formulário de coleta de dados básicos dos participantes das entrevistas, como nome, e-mail e consentimento, como apresentado no Anexo B. Este formulário objetivou a obtenção da autorização do uso de voz dos diálogos das entrevistas, permitindo a transcrições das entrevistas de forma praticamente idêntica ao que foi dito, além de permitir o uso de informações trocadas por mensagens de texto quando a realização de conversas via oral não fosse viável. O texto do documento anexado serviu como base para a coleta de dados dos participantes pelo site Google Formulários, com adaptações para se adequar à plataforma online.

3.2.4 Estratégia de coleta e tratamento dos dados

As entrevistas com estas pessoas foram realizadas presencialmente ou de forma remota, a partir de videoconferências, trocas de áudios ou envio de texto. As opções da forma de resposta foram dadas aos entrevistados, que escolheram de acordo com conveniência mútua de entrevistador e entrevistado. Para as pesquisas feitas de forma remota, foi utilizado o Google Meet, nas videoconferências; os aplicativos da Meta, para a troca de áudios; Google Docs, para o envio do texto.

As respostas obtidas por áudio ou vídeo foram transcritas posteriormente com o uso do *software* TranscriberBot, para Telegram, e revisadas manualmente. Houve tratamento do texto apenas para eliminar marcas de oralidade e facilitar a compreensão do texto, buscando-se manter uma rigorosa fidelidade entre o que foi dito pelos entrevistados e o que está registrado no Anexo D.

Nome de empresas e instituições de ensino foram suprimidos para manter a privacidade dos entrevistados e, em seu lugar, consta uma informação genérica entre colchetes. A entrevista foi realizada com quatro mulheres e cinco homens, e portanto, na transcrição as respostas foram alteradas para o gênero masculino, para não ser possível identificar os respondentes.

Outra medida adotada para manter o anonimato dos entrevistados foi a criação de números aleatórios de dois dígitos, formando números entre 11 e 99, para identificá-los na pesquisa. Esses números foram gerados usando a função ALEATÓRIOENTRE do Microsoft Excel, com eventual novo sorteio para possíveis números repetidos. O procedimento visou manter a privacidade dos entrevistados, sem que seja possível associá-los nominalmente aos fatos e instituições citados. A privacidade dos entrevistados é essencial para garantir respostas mais honestas e abrangentes dos fenômenos estudados (Flick, 2022).

3.2.5 Considerações éticas

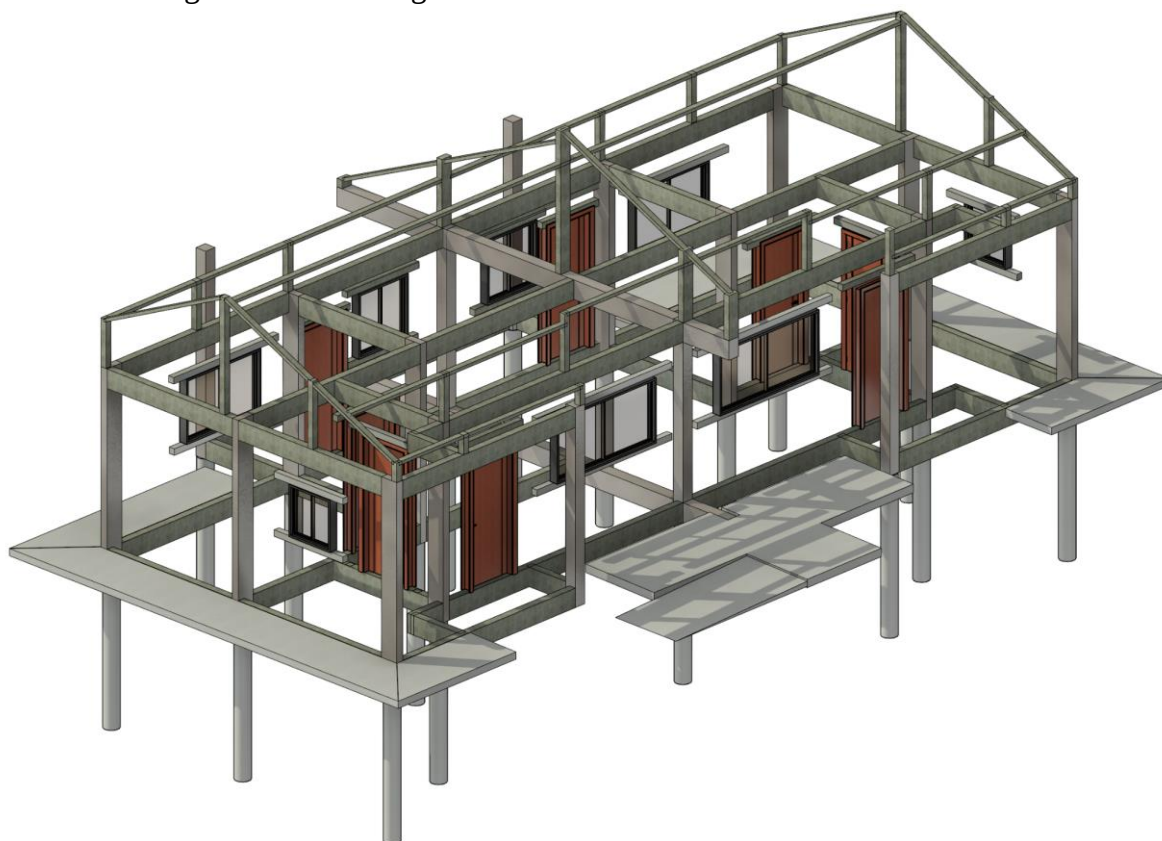
Todos os entrevistados participaram voluntariamente da pesquisa e consentiram com o uso das informações pessoais. Foi assegurado a eles a confidencialidade de que seus nomes, cargos e local de trabalho não seriam divulgados, sendo dispostos no texto de forma anônima. Os entrevistados também foram informados previamente para qual finalidade a pesquisa utilizaria os dados coletados.

4 RESULTADOS

4.1 ESTUDO DE CASO

O uso do software Revit 2024, junto com *plugins*, aulas, tutoriais e conhecimento prévio à realização do trabalho resultou na modelagem de elementos estruturais da edificação tomada como base. Na Figura 14, tem-se a representação dos pavimentos de concreto com declividade exteriores, com declividade, junto às esquadrias para facilitação de visualização de vergas e contravergas, além do quadro estrutural com estacas, vigas, pilares e cintas de amarração. Como o objetivo para essa análise foi a usabilidade, não foi adotada modelação de todos os elementos das estruturas.

Figura 14 – Modelagem de Elementos Estruturais de MTB 40 TI

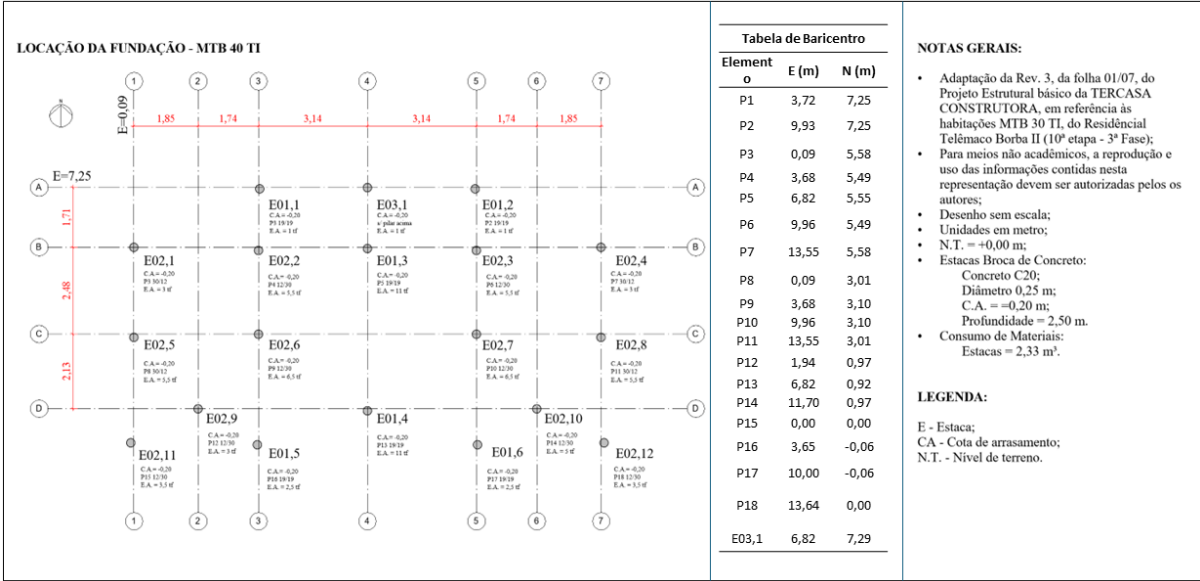


Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A usabilidade do Revit é consideravelmente diferente do AutoCAD, entretanto o uso integrado de ambos foi adotado para agilizar os processos e para exemplificar a interoperabilidade proposta pelos aplicativos BIM. Exemplo disso, foi o design da Planta de

Locação de Estacas para definir os pontos de inserção das famílias utilizadas dentro do Revit, assim como demais ferramentas de anotação. Dessa forma, como apresentado na modelagem da Figura 14, as estacas (fundação profunda) são o ponto base de estudo pelos motivos de facilidade, propensão a ausência de erros e por poder exemplificar o processo de quantificação a partir de modelos digitais. Para as estacas, foram feitas considerações na Figura 15.

Figura 15 – LOD na Construção civil



Fonte: Adaptado de Governo do Estado do Paraná (2023).

Todas as informações de projeto são essenciais pois, além de fazerem parte dos metadados, auxiliam na compreensão de documentos técnicos, percepção estrutural, cálculos e análises, a exemplo a quantificação dos elementos tubulares utilizados para suporte da superestrutura das casas. Esses dados, quando bem utilizados, permitem inserção de parâmetros nos aplicativos, e resultam na viabilidade de levantamento quantitativo. Entretanto, somente ter os dados não é suficiente, pois é preciso saber onde os inserir e como podem ser utilizados para determinadas funções, como cálculo de volume total, anexo de serviços aos objetos BIM ou até mesmo coordenar e utilizar as funcionalidades de forma otimizada.

Para as estacas, a partir da planta de locação da MTB 40 TI, os dados finais obtidos a partir da função de criação de tabelas estão no Quadro 2, considerando tratamento textual e escolha de informações relevantes.

Quadro 2 - Informações retiradas do Revit após modelação de estacas para quantitativos

Quantitativo de Estacas												
Marca de Tipo	Especificações	Elementos	URL	Família e Tipo	Material Estrutural	Comprimento	Elevação no levantamento topográfico inferior	Elevação no levantamento topográfico superior	Quantidade	Raio de Estaca	Área	Volume
E01	Material sem análise de serviços e ferramentas, Concreto fck 20 Mpa, 25 cm de diâmetro	<varia>	https://plataformabimbr.abdi.com.br/detalha-objetos-bim/1760	Estaca: Estaca tipo 1	Concreto, Moldado in loco - C20	2,5	-2,7	-0,2	6	0,125	0,05 m ²	0,12 m ³
E02	Material sem análise de serviços e ferramentas, Concreto fck 20 Mpa, 25 cm de diâmetro	<varia>	https://plataformabimbr.abdi.com.br/detalha-objetos-bim/1760	Estaca: Estaca tipo 2	Concreto, Moldado in loco - C20	2,5	-2,7	-0,2	12	0,125	0,05 m ²	0,12 m ³
E03	Material sem análise de serviços e ferramentas, Concreto fck 20 Mpa, 25 cm de diâmetro	E03,1	https://plataformabimbr.abdi.com.br/detalha-objetos-bim/1760	Estaca: Estaca tipo 3	Concreto, Moldado in loco - C20	2,5	-2,7	-0,2	1	0,125	0,05 m ²	0,12 m ³

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

De acordo com a tabela de levantamento disponibilizada nos documentos em anexo à licitação também, para uma unidade das habitações, o valor para o comprimento das estacas é de 23,75 m, enquanto que, para os dados do Revit, e calculados pelo uso de planilhas de cálculo (semelhante ao Quadro 2 pela utilização de células e equações matemáticas) e análise dos documentos bidimensionais, resultam em 47,50 m.

4.2 ENTREVISTA QUALITATIVA SEMIESTRUTURADA

4.2.1. Considerações gerais sobre os resultados das entrevistas

Respeitando a definição de entrevistas semiestruturadas, o questionário de três etapas proposto, foi realizado mantendo a sua integridade e sem seguir a ordem preestabelecida das construções frasais da base de perguntas do Quadro 1. O diálogo, complementado pelas perguntas da metodologia de trabalho, ocorreu de acordo com o comportamento dos entrevistados, e isso resultou em adaptações das perguntas iniciais com base nas respostas que surgiram no ato da entrevista, gerando repostas diferentes e de diversos níveis de complexidade.

Na Tabela 1, constam as informações dos entrevistados, de acordo com a sua formação, estado (cidade não mencionada para preservar a privacidade dos participantes), assim como a forma pela qual a entrevista foi feita. No Anexo D, constam as respostas dos nove respondentes, com a identificação de quais perguntas não foram respondidas pelos entrevistados 35, 37 e 66.

Ao todo minimamente foram 90 respostas longas que demandaram um tempo médio de 30 minutos para cada entrevistado.

Tabela 1 – Informações principais das entrevistas

Código Aleatório de Identificação (11 a 99)	Graduação (concluída ou em andamento)	Estado de moradia	Estado de Respostas	Canal de Comunicação
12	Eng. Civil	São Paulo	SR ¹	-
26	Eng. Elétrica	São Paulo	SR	-
29	Eng. Elétrica	São Paulo	SR	-
31	Eng. Elétrica	Mato Grosso do Sul	SR	-
32	Eng. Civil	São Paulo	SR	-
49	Téc. em Edificações	São Paulo	SR	-
83	Eng. Elétrica	SR	SR	-
35	Eng. Civil	São Paulo	Parcialmente	Voz
37	Eng. Civil	Mato Grosso do Sul	Parcialmente	Voz
66	Arq. e Urbanismo	São Paulo	Parcialmente	Voz
16	Arq. e Urbanismo	São Paulo	Sim	Voz
21	Eng. Civil	Minas Gerais	Sim	Voz
46	Eng. Civil	São Paulo	Sim	Voz
58	Arq. e Urbanismo	São Paulo	Sim	Voz
59	Eng. Elétrica	São Paulo	Sim	Voz
72	Arq. e Urbanismo	Bahia	Sim	Texto

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Diante ao tamanho da amostra dessa tabela, onde 67% dos participantes é do estado de São Paulo, houve 80% das perguntas iniciais do questionário das entrevistas semiestruturadas atendidas, sendo que, em relação ao tempo de experiência no setor da construção civil, 44,42%

¹ SR – Sem Resposta

está inserida até dois anos, 33,32% entre dois e dez anos, e 22,22% há mais de dez anos. Além disso, 44,44% é da graduação de Engenharia Civil, 44,44% da Arquitetura e Urbanismo, e 11,11% da Engenharia Elétrica. Nos próximos subtópicos, há uma análise das respostas dos entrevistados para cada eixo. Quando pertinente, os códigos de identificação estarão indicados entre parênteses.

4.2.2. Síntese das respostas do eixo Experiência Pessoal

Entre os respondentes, quatro são engenheiros civis (21, 35, 37 e 46), quatro arquitetos (16, 58, 66 e 72) e um é engenheiro eletricitista (59). Considerando a experiência profissional, quatro entrevistados apontaram ter até dois anos no mercado (16, 46, 59 e 66), três apontaram estar entre dois e dez anos (21, 35 e 37) e dois Justificativa de pesquisa têm mais de anos trabalhando (58 e 72). Os dois mais experientes são arquitetos, tendo o respondente 58 formado há 27 anos, enquanto o respondente 72 há 16 anos. Ambos trouxeram passagens em suas respostas sobre a transição dos desenhos em papel, nas pranchetas, para os primeiros aplicativos de projetos, como o AutoCAD.

Sobre a área de atuação dos entrevistados, há diversidade grande nas respostas, em segmentos como residencial, comercial, industrial, em projeto estrutural, elétrico e segurança de barragens. A diversidade de experiências era algo almejado desde a concepção do plano de entrevistas, para enriquecer as discussões sobre o uso da Metodologia BIM em diferentes áreas da construção civil.

Em relação à relevância, todos os entrevistados afirmaram que a Metodologia BIM é extremamente importante ou, até mesmo, indispensável para a construção civil na atualidade. Entre as justificativas apontadas para essa relevância estão facilitação do trabalho, com ganhos de produtividade; melhor apresentação do projeto para um cliente; agilidade que leva ao cumprimento de prazos; tendência de cumprimento de documentos regulatórios; coleta e análise de dados ágeis em tempo real; maior liberdade criativa e autonomia; transição tecnológica essencial para obras mais complexas; mais segurança nos cálculos, com menos possibilidades de erros.

Em comum na resposta dos entrevistados, tem-se o ganho de eficiência nas tarefas da construção civil. Outro ponto que surgiu, em especial na resposta do entrevistado 37 para a pergunta 1.2, é necessidade de o profissional entender o que está fazendo no aplicativo, para não se alienar e se transformar em “piloto de aplicativo”. Algo similar também aparece na

resposta 2.2 do entrevistado 59, da importância de saber identificar erros ou inconsistências no cálculo do programa.

Na pergunta 1.3, que indaga sobre como os entrevistados tiveram contato com aplicativos e se tiveram a oportunidade de aprendê-los durante a graduação, a maioria destacou limitações na instrução acadêmica em seus cursos universitários. As exceções foram os entrevistados 58 e 66, que apontaram experiências positivas, com a faculdade incentivando o aprendizado do AutoCAD. Entre as dificuldades levantadas pelos respondentes sobre suas graduações, estão (a) limitações financeiras das instituições, por conta das licenças serem caras, (b) pouco incentivo institucional, (c) aprendizado limitado ao AutoCAD, que não se enquadra dentro da metodologia BIM, (d) falta de aprofundamento no ensino dos programas e (e) pouca conexão entre os aplicativos ensinados.

Como alternativa ao déficit de aprendizagem durante a graduação, os entrevistados apontaram que recorreram a cursos extracurriculares ou de especialização, ou aprenderam na prática, durante o trabalho. Um dos entrevistados aprendeu as ferramentas no curso técnico (21) e outro por iniciativas do centro acadêmico e da empresa júnior (59). Nenhum dos entrevistados relatou que aprendeu Revit ou Archicad durante a graduação.

Sobre as expectativas pessoais em relação ao futuro no mercado da construção civil (pergunta 1.4), os entrevistados trouxeram questões sobre a necessidade de adaptação e atualização, para si próprios e para os demais profissionais, frente a um cenário de rápida inovação e automação. O entrevistado 21 apontou que sua área, de segurança de barragens, se transformou rapidamente depois da tragédia de Brumadinho em 2019, com mais exigências legais e uso mais intenso de ferramentas. O entrevistado 37 demonstrou uma preocupação com o avanço da inteligência artificial, destacando a necessidade de um papel mais expandido do engenheiro, mais como supervisor do que como calculista.

4.2.3. Síntese das respostas do eixo Quantificação de Insumos Construtivos com BIM

O eixo dos insumos construtivos, que se relaciona mais diretamente com o tema proposto por esse trabalho, avaliou a compreensão dos entrevistados sobre a Metodologia BIM e suas avaliações em relação aos métodos tradicionais de cálculos na construção civil.

Na pergunta 2.1, três entrevistados (21, 58 e 59) apontaram que conhecem pouco sobre BIM, mas deram respostas adequadas sobre o que é a metodologia. Em geral, os participantes da pesquisa ressaltaram haver um caráter multidisciplinar da BIM e como a metodologia

oferece uma visão mais próxima da realidade para o projeto. Destacaram ainda que a BIM otimiza o trabalho, proporcionando ganhos de eficiência.

As perguntas 2.2 e 2.3 questionavam a percepção dos entrevistados se a metodologia BIM poderia calcular listas de quantitativo e como ela se compara com métodos tradicionais. Na 2.2, os entrevistados apontaram a eficiência da BIM e a minimização dos erros humanos. Os entrevistados 59 e 72 apontaram ressalvas, sendo elas, respectivamente, a supervisão humana para evitar erros nos quantitativos e a necessidade de a modelagem estar correta.

Sobre a diferença com os métodos tradicionais, com duas exceções, os entrevistados reconheceram a superioridade da Metodologia BIM. Destacaram a economia de tempo, facilitação do processo de quantificação e mais segurança. Por outro lado, o entrevistado 21 apontou que em sua área, de segurança de barragens, a modelagem 2D ainda é mais utilizada. O entrevistado 58 destacou a dificuldade de aprendizado da BIM como uma desvantagem.

4.2.4. Síntese das respostas do eixo Fatores de uso da BIM

Neste eixo, os respondentes foram instigados a manifestar suas opiniões sobre possíveis desafios de implementação da Metodologia BIM. Na primeira pergunta (3.1), precisavam especificar as dificuldades de instituições de ensino e de empresas. Entre os aspectos do ensino, alguns repetem o que foi apontado na pergunta 1.3. Acrescenta-se aos itens expostos anteriormente (f) aplicativos desatualizados nos laboratórios e (g) falta de capacitação do corpo docente para ensinar os aplicativos. Em relação ao mercado de trabalho e pontos mais gerais levantados, estão a dificuldade para transacionar do AutoCAD para o Revit, os custos financeiros de adaptação e capacitação para as empresas e a falta de mão de obra qualificada.

Os respondentes apresentaram diferentes respostas sobre a sua eventual facilidade com os aplicativos. Um dos principais obstáculos individuais apresentados é a dificuldade inicial de adaptação aos aplicativos, mas com o tempo, as ferramentas ficam intuitivas e mais fáceis de usar. A falta de tempo foi um fator levantado pelos entrevistados 21 e 46 como impeditivos para aprender mais.

Por fim, na última pergunta (3.3), as pessoas que responderam afirmaram que a construção civil é uma área em constante mudança, que exige aperfeiçoamento contínuo, que há a vontade de aprender e se aperfeiçoar, mas que há obstáculos para uma capacitação adequada. O entrevistado 46 ressaltou que há uma resistência dos profissionais mais velhos, que preferem os métodos tradicionais.

4.2.5. Considerações adicionais sobre as entrevistas

Na maioria das entrevistas, os respondentes convergiram para perspectivas comuns (saturação) sobre a Metodologia BIM, aplicativos na construção civil e perspectivas de mercado, apesar da diversidade de formações, atuações e de tempo de experiência. O reconhecimento da importância da BIM foi unânime, com eventuais ressalvas sobre as dificuldades de aprendizado e adaptação, necessidade de supervisão humana dos aplicativos e persistência dos métodos tradicionais.

Entre os aplicativos mencionados, o AutoCAD foi o que apareceu em um maior número de entrevistas e com mais frequência, 22 vezes. Revit e Archicad foram mencionados 8 vezes, enquanto o SketchUp foi mencionado 3 vezes, por duas pessoas diferentes. A maior frequência do AutoCAD reforça como o ensino e prática da Metodologia BIM ainda não é tão difundida.

5 DISCUSSÃO

5.1 ESTUDO DE CASO

Os resultados do Estudo de Caso pela quantificação de estacas pelo Revit, em termos de análise de usabilidade do aplicativo escolhido entre diversos outros existentes, indicaram compreensões variadas. Tanto o nível de detalhes, quanto a apresentação de informações dispostas no capítulo de Resultados, indicam que o uso destas ferramentas BIM é, de fato, mais complexo do que as ferramentas CAD. Por isso, requer treinamento especializado para se ter maior nível de precisão de informações e otimização de trabalho, seja pelo grande volume de dados, pela demanda teórica e ferramentas disponíveis dentro desses ambientes de modelagem, ou pela necessidade de compreensão da realidade das obras para poder executar digitalmente, já que a função da modelagem digital tridimensional integrada tem maiores significâncias além da modelagem de elementos (Reis Júnior, 2020). Dessa maneira, ela deve ser semelhante à realidade das construções para não ser simplesmente uma representação tridimensional sem correspondência real e com possíveis conflitos de interface, que não garantem confiabilidade de uso e a que descaracteriza, em partes, benefícios BIM. Essas considerações refletem diretamente na interdependência dos dispositivos computacionais com as realidades envolvidas durante o ciclo de vida das construções em canteiros de obra.

Na utilização do Revit, foram percebidas diversas dificuldades, principalmente pela falta de compreensão de janelas, inserção de parâmetros e de conhecimento de bibliotecas públicas de famílias e *templates*, o que indica que cada ambiente virtual precisa ter um treinamento próprio e que não devem ser subestimados, apesar de parecerem de usabilidade simples.

Além disso, durante a realização da modelagem, houve a percepção de que havia diversas formas de realizar a mesma função, assim como ocorreu disponibilização de atualização do aplicativo Revit durante o período. Estes são fatores que indicam que a progressão de funcionalidades, correção de erros e melhoramentos é algo bastante presente no uso dos aplicativos BIM.

Outra questão observada ao longo do processo de modelagem no Revit foi a grande quantidade de cursos pagos em especialização em BIM, de famílias e *templates* e de consultoria de uso. Isso é um indicativo de questões apontadas nas entrevistas, e durante a revisão de

literatura, de que há um déficit na instrução formal dos profissionais e dificuldades práticas de implementação.

5.2 ENTREVISTAS

A análise dos resultados das entrevistas qualitativas semiestruturadas revela uma série de percepções relevantes sobre a adoção da Metodologia BIM (Building Information Modeling) na construção civil, especialmente no contexto brasileiro. Os achados corroboram os desafios de implementação expostos na literatura sobre o tema e os apontamentos das empresas do setor no Cenário da Construção Civil (Thórus Engenharia, Otus, 2024).

Todos os entrevistados concordaram com a relevância da Metodologia BIM, em um cenário em que a evolução tecnológica é muito rápida e exige constante aperfeiçoamento. Isso tem implicações para o futuro da prática profissional e da educação formal e extracurricular da área. Parte majoritária dos respondentes comentou que a transição tecnológica é inevitável, pois reduz custos, torna o trabalho mais ágil e mais eficiente e reduz os erros humanos.

Por outro lado, as respostas indicam que essa adaptação pode ser um processo desafiador, para empresas, profissionais e instituições de ensino. A falta de capacitação é um grande obstáculo, que supera em relevância o custo elevado das licenças de aplicativos. Com apenas duas exceções, os entrevistados apontaram que não tiveram uma formação adequada de ferramentas computacionais durante a graduação. Na maioria dos casos, o ensino de ferramentas estava restrito ao AutoCAD que, como mencionado na revisão de literatura, se contempla métodos menos eficiente do que a BIM. Há uma desconexão entre o que é ensinado e o que o mercado da construção civil está demandando, o que leva uma procura por formação complementar.

Os entrevistados também trouxeram expectativas futuras, com preocupações sobre o papel dos profissionais AEC, como o avanço da inteligência artificial e o predomínio dos aplicativos. Por outro lado, a automação que essas inovações trazem podem ressignificar o papel de engenheiros e arquitetos, exigindo um conhecimento mais expandido sobre o que se está fazendo. Isso também exige mais capacitação dos profissionais e compreensão das bases teóricas e práticas de suas áreas.

Em resumo, a análise das entrevistas qualitativas semiestruturadas com amostragem intencional exploratória, destaca tanto o reconhecimento da importância da Metodologia BIM quanto os desafios significativos na sua adoção plena. A formação acadêmica e a capacitação

contínua dos profissionais são fatores críticos para superar esses obstáculos. A discussão sugere que, para que a Metodologia BIM realize seu potencial máximo na construção civil, é necessário um esforço conjunto de instituições de ensino, empresas e profissionais para promover um aprendizado integrado e uma adaptação contínua às inovações tecnológicas.

6 CONCLUSÃO

Os objetivos gerais e específicos desta pesquisa foram alcançados de forma satisfatória por estudos qualitativos exploratórios. Por meio do estudo de caso de modelagem e levantamento quantitativo de estacas de uma unidade de habitação da licitação pública da COHAPAR, MTB 40 TI, além de cálculo manual com planilhas eletrônica e a realização de entrevistas, fica claro que a Metodologia BIM é superior aos métodos tradicionais em relação à quantificação, pois são mais precisos e confiáveis quanto aos seus usos e análises, entretanto não possui usabilidade simples, não se trata apenas de modelação digital e precisa de extenso treinamento para se ter os benefícios. A avaliação do impacto da Metodologia BIM no ambiente profissional deste trabalho permitiu aprofundar os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação em Engenharia Civil e trazer contribuições relevantes para o campo profissional, e os resultados obtidos contribuem com as hipóteses apresentadas uma vez que, apesar dos benefícios significativos do BIM, a sua adoção plena enfrenta desafios significativos, como falta de capacitação e resistência cultural. Observou-se pelas entrevistas também, que a Metodologia BIM é crucial para o progresso do setor da construção civil e que os profissionais a nível pessoal, com consciência disso, possuem interesse em superar os desafios tecnológicos por meio de cursos extracurriculares e especializações. Essa necessidade de formação complementar e atualização contínua dos profissionais, foram as barreiras principais de implementação para a adoção eficaz da metodologia. Devido às limitações de trabalho, para pesquisas futuras, recomenda-se um tamanho de amostra maior com foco em uma população acadêmica. Isso incluiria avaliar como essas medidas de políticas públicas, organizacionais e educacionais relacionadas à Metodologia BIM estão impactando os currículos das universidades e a capacitação da mão de obra e das empresas no setor da construção civil.

REFERÊNCIAS

ABBAS, A.; DIN, Z. U.; FAROOQUI, R. Integration of BIM in construction management education: an overview of Pakistani Engineering universities. **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 145, p. 151–157, 2016. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.04.034. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705816300388>. Acesso em: 20 maio. 2024.

ABD, A. M.; KHAMEES, A. S. As built case studies for BIM as conflicts detection and documentation tool. **Cogent Engineering**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 1–11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311916.2017.1411865>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2017.1411865>. Acesso em: 19 maio. 2024.

ABNT (Brasil). Versão corrigida 3. ABNT NBR 12721. Norma Brasileira. **Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios**: Procedimento, São Paulo: ABNT, ano 2021, p. 1-91, 19 jan. 2021. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5311/nbr12721-avaliacao-de-custos-unitarios-de-construcao-para-incorporacao-imobiliaria-e-outras-disposicoes-para-condominios-edificios-procedimento>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ADAMU, Z.; THORPE, T. How universities are teaching BIM: A review and case study from the UK. **Journal of Information Technology in Construction**, [S. l.], v. 21, p. 119–139, 2016.

ADEOYE-OLATUNDE, Omolola A.; OLENIK, N. L. Research and scholarly methods: Semi-structured interviews. **JACCP: JOURNAL OF THE AMERICAN COLLEGE OF CLINICAL PHARMACY**, [S. l.], v. 4, n. 10, p. 1358–1367, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/jac5.1441>. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jac5.1441>.

AGUSTINI, E. **Um Curso de Geometria Euclidiana Espacial**: Licenciatura em Matemática. 1. ed. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2014. 89 p. v. 1. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/25348/1/Geometria%20Espacial.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2024.

ALHARAHSEH, H. H.; PIUS, A. A review of key paradigms: Positivism VS interpretivism. **Global Academic Journal of Humanities and Social Sciences**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 39–43, 2020.

AMIN, K.; MILLS, G.; WILSON, D. Key functions in BIM-based AR platforms. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 150, p. 104816, 2023.

ARUNKUMAR, S.; SUVEETHA, V.; RAMESH, A. A feasibility study on the implementation of building information modeling (BIM): from the architects' & engineers' perspective. **Asian Journal of Civil Engineering**, [S. l.], v. 19, p. 239–247, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA (Brasil); GOVERNO FEDERAL DO BRASIL (Brasil). Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil. **Guia para Arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho**: ABNT NBR 15.575.

1. ed. São Paulo: AsBEA, 2016. 54 p. v. 1. Disponível em: <https://www.asbea.org.br/downloads/>. Acesso em: 8 maio 2024.

AUTODESK (EUA). **Requisitos do sistema para os produtos Revit 2024**. Califórnia: Autodesk, 2024. Website. Disponível em: <https://www.autodesk.com/br/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/PTB/Syst-em-requirements-for-Revit-2024-products.html>. Acesso em: 30 abr. 2024.

AUTODESK (EUA). **Comunidade Educacional**: Projete o seu Futuro. Califórnia: Autodesk, 2024. Website. Disponível em: <https://www.autodesk.com/br/education/home>. Acesso em: 14 mar. 2024.

AUTODESK (EUA). **Features**. Califórnia: Autodesk, 2024. Website. Disponível em: <https://www.autodesk.com/br/products/revit/features>. Acesso em: 12 mar. 2024.

AUTODESK INC. (EUA). **LOD: Levels of Development: Enabling coordination and collaboration**. Califórnia: Autodesk, 2024. Website. Disponível em: <https://www.autodesk.com/solutions/BIM-levels-of-development>. Acesso em: 7 maio 2024.

BANCO MUNDIAL (EUA). **Urban Population**: World Bank staff estimates based on the United Nations Population Division's World Urbanization Prospects: 2018 Revision. Washington: World Bank Group, 2024. Website. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL?skipRedirection=true&view=map>. Acesso em: 13 mar. 2024.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Ensino de BIM: tendências atuais no cenário internacional. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 67–80, 2011.

BENSALAH, M.; ELOUADI, A.; MHARZI, H. Overview: the opportunity of BIM in railway. **Smart and Sustainable Built Environment**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 103–116, 2019. DOI: 10.1108/SASBE-11-2017-0060. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SASBE-11-2017-0060/full/html>. Acesso em: 17 maio. 2024.

BORJA, L. C. A. **Desenvolvimento de um método quantitativo para previsão de aspectos ambientais gerados por canteiros de obras**. 2019. Tese de Doutorado - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/31547>. Acesso em: 15 abr. 2024.

BORKOWSKI, A. S. Evolution of BIM: Epistemology, Genesis and Division into Periods. **Journal of Information Technology in Construction**, [S. l.], v. 28, p. 646–661, 2023. DOI: 10.36680/J.ITCON.2023.034. Disponível em: <https://www.itcon.org/paper/2023/34>. Acesso em: 22 mar. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 nov. 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm. Acesso em: 23 maio 2024.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018**. Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 ago. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 23 maio 2024.

CHENG, J. C. P.; LU, Q. A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, [S. l.], v. 20, n. 27, p. 442–478, 2015.

CRIMINALE, A.; LANGAR, S. Challenges with BIM implementation: a review of literature. *Em: 53RD ASC ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE PROCEEDINGS 2017, Anais [...]*. [s.l.: s.n.] p. 329–335.

CYPE (Espanha). **Página Inicial: BIM software for everyone**. Alicante: CYPE, 202-?. Website da Empresa. Disponível em: <https://info.cype.com/en/>. Acesso em: 9 maio 2024.

DEMIRDÖĞEN, G.; IŞIK, Z.; ARAYICI, Y.; ALADAĞ, H. **Interoperability and Emerging Smart Technologies BIM Teaching and Learning Handbook**. London. DOI: 10.24425/ace.2022.140190. Disponível em: <https://researchportal.northumbria.ac.uk/en/publications/interoperability-and-emerging-smart-technologies>. Acesso em: 4 mar. 2024.

DIXIT, S.; MANDAL, S. N.; THANIKAL, J. V; SAURABH, K. Evolution of studies in construction productivity: A systematic literature review (2006–2017). **Ain Shams engineering journal**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. 555–564, 2019.

SANTOS, D. F. A. dos; FERREIRA, M. E. C.; FERREIRA, M. P. Compatibility of design through BIM methodology. **Revista Ingeniería de Construcción**, [S. l.], v. 38, n. 1, 2023.

EDIRISINGHE, R.; LONDON, K. Comparative analysis of international and national level BIM standardization efforts and BIM adoption. *Em: PROCEEDINGS OF THE 32ND CIB W78 CONFERENCE 2015, Anais [...]*. [s.l.: s.n.] p. 149–158.

FLICK, U. **An Introduction to Qualitative Research**. 7. ed. Alemanha: Sage Publications Ltd, 2022. 632 p.

JAFARI, K. G.; SHARYATPANAH, N. S. G.; NOORZAI, E. BIM-based integrated solution for analysis and management of mismatches during construction. **Journal of Engineering, Design and Technology**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 81–102, 2021.

GOOGLE. Google Books Ngram Viewer. Califórnia: Google, 2024. Website. Disponível em: <https://books.google.com/ngrams/>. Acesso em: 17 abr. 2024.

GOVERNO FEDERAL DO BRASIL (Brasil). Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Biblioteca Nacional BIM: Pesquisa de Objeto BIM**. 1. ed. Brasília: Plataforma BIM BR, 202-?. Website. Disponível em: <https://plataformabimbr.abdi.com.br/lista-objetos>. Acesso em: 12 mar. 2024.

GOVERNO FEDERAL DO BRASIL (Brasil). Ministério da Economia. **O que é ISO?: Responsabilidade Social**. Brasília: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, 2022. Website. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade_social/o-que-iso.asp. Acesso em: 25 abr. 2024.

GOVERNO FEDERAL DO BRASIL (Brasil). Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Tecnologia BIM chega a 27 instituições de ensino superior**. Brasília: Plataforma BIM BR, 2024. Website. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/maio/tecnologia-bim-chega-a-27-instituicoes-de-ensino-superior>. Acesso em: 15 mai. 2024.

GRAPHISOFT (EUA). **Requisitos de Sistema do Archicad 26**. Website. Disponível: <https://graphisoft.com/br/recursos-e-suporte/requisitos-de-sistema-26>. Acesso em: 30 abr. 2024.

GUEST, G.; NAMEY, E. E.; MITCHELL, M. L. **Collecting Qualitative Data: A Field Manual for Applied Research**. 55 City Road, London. DOI: 10.4135/9781506374680. Disponível em: <https://methods.sagepub.com/book/collecting-qualitative-data>.

HI-TECH HOUSE (India). **Level of Development**: Articulate building designs with high level of clarity and communication as per AIA standards to enhance communication. Amedabade: Hitech CADD Services, 2024. Website. Disponível em: <https://www.hitechcaddservices.com/BIM/support/level-of-development-lod/>. Acesso em: 8 maio 2024.

INFRA SA (Brasil). **BIM na Infra SA: Plano de Execução BIM**. Brasília: Empresa Pública Federal Infra SA, 2021. Website. Disponível em: <https://www.infrasa.gov.br/bim-na-infrasa/plano-de-execucao-bim/#>. Acesso em: 4 jun. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC) 2022**. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html?=&t=sobre>. Acesso em: 29 maio. 2024.

JAVOHIR, S.; OMINA, K.; GULNOZ, X.; AZAMAT, S.; FAXRIFDIN, Y.; ASALOY, A. Application and Capabilities of the AutoCAD Program in Architecture. **Holders of Reason**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 6–100, 2024. Disponível em: https://sciencepromotion.uz/index.php/HOLDERS_OF_REASON/article/view/1467. Acesso em: 4 maio. 2024.

JUNG, W.; LEE, G. The status of BIM adoption on six continents. **International Journal of Civil and Environmental Engineering**, [S. l.], v. 9, n. 5, p. 512–516, 2015.

JUSZCZYK, A. BIM in the construction process - selected problems at the stage of implementation in Polish road engineering. **Archives of Civil Engineering**, [S. l.], v. 68, n. 1, p. 623–633, 2022. DOI: 10.24425/ace.2022.140190. Disponível em:

<https://ace.il.pw.edu.pl/BIM-in-the-construction-process-selected-problems-at-the-stage-of-implementation,141981,0,2.html>. Acesso em: 15 abr. 2024.

KELLY, K.; BOWE, B. **Qualitative Research Methods in Engineering**. [s.l.: s.n.]. DOI: 10.18260/1-2--18752.

KIM, K. P.; PARK, K. S. Implication of Quantity Surveying Practice in a BIM-Enabled Environment. **NZIQS / PAQS Conference Programme and Proceedings**, Christchurch: New Zealand Pacific Association of Quantity Surveyors, 2016. p. 1–11. Disponível em: https://find.library.unisa.edu.au/discovery/fulldisplay/alma9916056186401831/61USOUTHATHA_US_INST:ROR. Acesso em: 14 abr. 2024.

LEONOVICH, S. N.; RIACHI, J. 3D-Modeling for Life Cycle of the Structure. **Science and Technique**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 5–9, 2021. DOI: 10.21122/2227-1031-2021-20-1-5-9. Disponível em: <https://sat.bntu.by/jour/article/view/2401>. Acesso em: 8 mar. 2024.

LICITAÇÃO n° 19: Informações Gerais. In: GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ (Brasil). Companhia de Habitação do Paraná. **Portal de Transparência do Poder Executivo do Estado do Paraná**: Lista de Licitações do Portal de Transparência. 1. ed. Paraná: Companhia de Habitação do Paraná, 14 set. 2023. Website. Disponível em: <https://www.sistemas.cohapar.pr.gov.br/transparencia/licitacaodetalhe.php?p=dSxUZ0S=qMNJCOYYKpykT4OMlWaB8HUMpqis5Md>. Acesso em: 14 mar. 2024.

LIMA, L.; TRINDADE, E.; ALENCAR, L.; ALENCAR, M.; SILVA, L. Sustainability in the construction industry: A systematic review of the literature. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 289, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125730.

LIMA, V. N.; LIMA, M. L. P.; BRANCO, B. B. C.; LANDIM, C. B. P.; ESMERALDO, L.B. S. A prática do desenho técnico à mão no século XXI. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 13848–13855, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n3-303. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/7869>. Acesso em: 10 abr. 2024.

MAHMOUD, B. B.; LEHOUX, N.; BLANCHET, P.; CLOUTIER, C. B. Strategies, and Best Practices for BIM Adoption in Quebec Prefabrication Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs). **Buildings**, [S. l.], v. 12, n. 390, p. 1–21, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings12040390>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/4/390>. Acesso em: 2 abr. 2024.

MAHMOUD, S. H.; GAN, T. Y. Long-term impact of rapid urbanization on urban climate and human thermal comfort in hot-arid environment. **Building and Environment**, [S. l.], v. 142, p. 83–100, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318303500>.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras**. 3. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2019. 328 p. v. 1. ISBN 978-85-7975-335-0.

MERRIAM, S. B.; TISDELL, E. J. **Qualitative research: A guide to design and implementation**. [s.l.] : John Wiley & Sons, 2015.

MIRANDA, R. das D. de; SALVI, L. Análise da tecnologia BIM no contexto da indústria da construção civil brasileira. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, [S. l.], v. 07, n. 05, p. 79–98, 2019. DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/tecnologia-bim.

MOORE, M.; GOULD, P.; KEARY, B. S. Global urbanization and impact on health. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, [S. l.], v. 206, n. 4, p. 269–278, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1078/1438-4639-00223>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463904702230>.

NUNES, D. R. da C.; FELICETTI, L. S.; WITIUK, R. L.; NETO, S. G.; MICELI JUNIOR, G. Análise do Nível de Desenvolvimento Requerido para Modelagem em BIM de Projetos de Infraestrutura de Transportes. *Em: 35º CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET 2021*, Rio de Janeiro, RJ. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, RJ: Anpet, 2021. p. 1097–1109.

NUNES, J. M.; LONGO, O. C.; ALCOFORADO, L. F.; PINTO, G. O. O setor da Construção Civil no Brasil e a atual crise econômica. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. 1–31, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7274. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7274>. Acesso em: 13 mar. 2024.

O processo de quantificação BIM. *In: MDIC (Brasil). Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção: Coletâneas Guias BIM ABDI-MDIC*. 1. ed. Brasília: ABDI, 2017. v. 3, cap. 4, p. 16-22. ISBN 978-85-61323-45-5. Disponível em: <https://plataformabimbr.abdi.com.br/guias-normas>. Acesso em: 8 maio 2024.

OOI, G. L.; PHUA, K. H. Urbanization and slum formation. **Journal of Urban Health**, [S. l.], v. 84, n. SUPPL. 1, p. 27–34, 2007. DOI: 10.1007/S11524-007-9167-5/TABLES/6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11524-007-9167-5>. Acesso em: 21 jun. 2024.

PELISSER, V.; CAPELETTO, A.; HOELSCHER, F. F.; MARTINI, J.; BET, F. J.; ZILIO, D. M. CAD/CAE/CAM Aplicados ao Layout, Design e Modelagem Industrial: uma revisão. **E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 63–74, 2021. Disponível em: <https://etech.sc.senai.br/revista-cientifica/article/view/1143>. Acesso em: 19 abr. 2024.

PEREIRA, P. A. I.; RIBEIRO, R. A. A Inserção de BIM no curso de graduação em Engenharia Civil. **International Journal on Alive Engineering Education**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 17–30, 2015.

PERENS, B. The open source definition. **Open sources: voices from the open source revolution**, [S. l.], v. 1, p. 171–188, 1999.

PERES, M. L. **An integrated approach for the design of reinforced concrete buildings in a BIM environment**. 2019. Mestrado em Engenharia Civil - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=51366@1>. Acesso em: 3 mar. 2024.

PERGHER, R.; FREITAS, M. do C. **Bim Currículo: Levantamento nos Cursos de Engenharia Civil e Arquitetura das Universidades Públicas Brasileiras**. [s.l.: s.n.]. DOI: 10.37702/COBENGE.2020.3336.

PRABHAKAR, V. V.; BELARMIN X., C. S.; ABUBEKER, K. M. A Review on Challenges and Solutions in the Implementation of AI, IoT and Blockchain in Construction Industry. **Materials Today: Proceedings**, [S. l.], p. 1–13, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.535>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785323016024>. Acesso em: 29 fev. 2024.

PUC MINAS. **Especialização e Master: BIM no Desenvolvimento de Projetos de Automação**. Brasil: PUC Minas, 2024. Website de Pós Online. Disponível em: <https://www.pucminas.br/Pos-Graduacao/IEC/Cursos/Paginas/BIM-no-Desenvolvimento-de-Projetos-de-Automação.aspx?moda=5&polo=40&area=72&curso=1385&situ=2>. Acesso em: 9 abr. 2024.

QUACH, B.; WENSTRÖM, O. Research on barriers with BIM implementation in facilities management: An interview study to investigate the main challenges and prospects of BIM in FM. [S. l.], 2022.

REIS JÚNIOR, S. G. dos. **Planejamento Físico Financeiro por meio de sistemas de fluxo de trabalho e tecnologia BIM**. Belo Horizonte. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/36899>. Acesso em: 9 jun. 2024.

RIBEIRO, S. A.; SILVA, H. de A. Teses brasileiras sobre BIM: uma revisão sistemática da literatura. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO**, [S. l.], v. 4, 2023.

ROCHA, G.; MATEUS, L.; FERREIRA, V. Historical Heritage Maintenance via Scan-to-BIM Approaches: A Case Study of the Lisbon Agricultural Exhibition Pavilion. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, [S. l.], v. 13, n. 54, p. 1–23, 2024. DOI: 10.3390/ijgi13020054. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/13/2/54>. Acesso em: 9 abr. 2024.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. de; MORAIS, M. de. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente construído**, [S. l.], v. 13, p. 151–165, 2013.

SAMPAIO, A. Z.; GOMES, A. M.; FARINHA, T. BIM Methodology Applied in Structural Design: Analysis of Interoperability in ArchiCAD/ETABS Process. **Journal of Software Engineering and Applications**, [S. l.], v. 14, n. 6, p. 189–206, 2021. DOI: 10.4236/jsea.2021.146012. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=109786>. Acesso em: 14 abr. 2024.

SANTOS, B. P.; ALBERTO, A.; LIMA, T. D. F. M.; CHARRUA-SANTOS, F. M. B. Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 111–124, 2018. Disponível em: <https://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento/article/view/e316>. Acesso em: 14 abr. 2024.

SCHRANZ, C.; URBAN, H.; GERGER, A. Potentials of augmented reality in a bim based building submission process. **Journal of Information Technology in Construction**, [S. l.], v. 26, p. 441–457, 2021. DOI: 10.36680/j.itcon.2021.024. Disponível em: <https://www.itcon.org/paper/2021/24>. Acesso em: 9 abr. 2024.

SIEBELINK, S.; VOORDIJK, H.; ENDEDIJK, M.; ADRIAANSE, A. Understanding barriers to BIM implementation: Their impact across organizational levels in relation to BIM maturity. **Frontiers of Engineering Management**, [S. l.], v. 8, p. 236–257, 2021.

SIMÃO, A. dos S.; ALCOFORADO, L. F.; LONGO, O. C.; SANTOS, D. A.; SANTOS, F.; SILVA, A. D.; MESRZES, C. A. G.; MEIRELLES JÚNIOR, J. C. Impactos da indústria 4.0 na construção civil brasileira. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 10, p. 20130–20145, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n10-210. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/3881>. Acesso em: 1 mar. 2024.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. Macro-BIM adoption: Conceptual structures. **Automation in construction**, [S. l.], v. 57, p. 64–79, 2015.

TAHA, T. F.; HATEM, W. A.; JASIM, N. A. Building Energy Management using BIM Technique: Iraq Construction Projects as A Case Study. **Diyala Journal of Engineering Sciences**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 91–100, 2020. DOI: 10.24237/djes.2020.13309. Disponível em: <https://djes.info/index.php/djes/article/view/490>. Acesso em: 4 abr. 2024.

TENG, Y.; MAO, C.; LIU, G.; WANG, X. Analysis of stakeholder relationships in the industry chain of industrialized building in China. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 152, p. 387–398, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.03.094. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617305401>. Acesso em: 9 mar. 2024.

THE FREECAD TEAM. Key FreeCAD Features. [S. l.]: **CYPE**, 202-?. Website da Ferramenta. Disponível em: <https://www.freecad.org/features.php>. Acesso em: 9 maio 2024.
THOMAS, George B.; WEIR, Maurice D.; HASS, Joel. **Cálculo**: Volume 1. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil LTDA, 2013. 643 p. v. 1. ISBN 978-85-8143-086-7.

THÓRUS ENGENHARIA; OTUS. **Cenário Construtivo Brasileiro**. 4. ed. Brasil: Thórus Engenharia e Otus, 2024. Website da Pesquisa. Disponível em: <https://cenarioconstrutivo.com.br>. Acesso em: 2 jun. 2024.

TRAJANO, G. dos S.; MENDONÇA, L. F.; DOMINGUES, M. A. Inovação no processo de gestão de estoques: um estudo de caso da implementação do uso da Curva ABC em uma empresa de equipamentos para construção civil. **Revista Expressão Científica (REC)**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 60–75, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/REC/article/view/232>. Acesso em: 17 maio. 2024.

ULLAH, K.; LILL, I.; WITT, E. An overview of BIM adoption in the construction industry: Benefits and barriers. *Em*: 10TH NORDIC CONFERENCE ON CONSTRUCTION

ECONOMICS AND ORGANIZATION 2019, **Anais** [...]. : Emerald Publishing Limited, 2019. p. 297–303.

WONG, A. K. D.; WONG, F. K. W.; NADEEM, A. Government roles in implementing building information modelling systems: Comparison between Hong Kong and the United States. **Construction innovation**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 61–76, 2011.

ANEXO A

Tabela 2 – Documentos disponíveis da Licitação Utilizada

Tipos de Documentos	Identificação de Arquivo
Documentos Técnicos	ART DE OBRA -1720203454425
Documentos Técnicos	ART Ensaios Telemaco Borba
Documentos Técnicos	ART WUILLIAM 04.01
Extrato de Publicação do Edital	Aviso DOE
Documentos Técnicos	doclicenca226687
Edital	Edital LP 19/2023
Documentos Técnicos	Matriculasindividuaisocasiaodaregularizacaodanascente
Documentos Técnicos	Modelo_BDI
Documentos Técnicos	Modelo_Cronograma
Documentos Técnicos	Ofício 038_2021-GP - COMPROMETIMENTO MUNICÍPIO INFRA EXTERNA
Documentos Técnicos	Planilha Orçamentária - PREENCHER
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Arquitetônico MPI Guarita MPI Quiosque - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Arquitetônico MPI Social - 01_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Arquitetônico MPI Social - 02_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Arquitetônico MTB 40 TI - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Arquitetônico MTB Academia - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Arquitetônico MTB Cercamento Muro Gradil - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Arquitetônico MTB Churrasqueira - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Arquitetônico MTB Horta - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Arquitetônico MTB Lixeira - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Arquitetônico MTB Mesa Jogos Bancos - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Arquitetônico MTB Reservatório - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Cobertura MTB 40 TI - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Cobertura MTB Guarita - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Cobertura MTB Quiosque - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Cobertura MTB Reservatório - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Cobertura MTB Social - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto de Patamarização - 01_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto de Patamarização - 02_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto de Pavimentação - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto de Urbanização - 01_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto de Urbanização - 02_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Distribuição Água - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Distribuição Elétrica - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Elétrico MPI Guarita MPI Quiosque - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Elétrico MTB 40 TI - 01_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Elétrico MTB 40 TI - 02_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Elétrico MTB Reservatório - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Elétrico MTB Social - 01_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Elétrico MTB Social - 02_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Entrada Energia - 01_05
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Entrada Energia - 02_05
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Entrada Energia - 03_05
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Entrada Energia - 04_05
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Entrada Energia - 05_05
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB 40 TI - 01_07
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB 40 TI - 02_07
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB 40 TI - 03_07
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB 40 TI - 04_07
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB 40 TI - 05_07
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB 40 TI - 06_07

(continua)

Tipos de Documentos	Título
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB 40 TI - 07_07
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB Guarita - 01_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB Reservatório - 01_03
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB Reservatório - 02_03
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB Reservatório - 03_03
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB Social - 01_08
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB Social - 02_08
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB Social - 03_08
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB Social - 04_08
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB Social - 05_08
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB Social - 06_08
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB Social - 07_08
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Estrutural MTB Social - 08_08
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Hidrossanitário MTB 40 TI - 01_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Hidrossanitário MTB 40 TI - 02_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Hidrossanitário MTB Guarita - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Hidrossanitário MTB Reservatório - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Hidrossanitário MTB Social - 01_03
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Hidrossanitário MTB Social - 02_03
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Hidrossanitário MTB Social - 03_03
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Incêndio - 01_03
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Incêndio - 02_03
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Incêndio - 03_03
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Rede Drenagem - 01_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Rede Drenagem - 02_02
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Rede Esgoto - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Rede Monitoramento - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto Rede Telefonia - 01_01
Documentos Técnicos	ProjetoBasico - Projeto SPDA - 01_01
Documentos Técnicos	Relatório de Sondagem SPT - Tercasa - Telêmaco Borba _R01
Documentos Técnicos	Relatório Triaxial Tercasa_R00
Resultado	Resultado
Documentos Técnicos	RRT EXECUÇÃO - TELÊMACO BORBA 04.01.2021
Documentos Técnicos	RRT PROJETOS - TELÊMACO BORBA 04.01.2021
Documentos Técnicos	Tabela Medição e Faturamento - PREENCHER
Documentos Técnicos	TabeladeMedicaoefaturamento_TelemacoBorba.v03
Documentos Técnicos	TelemacoBorba10ETCopel10032022_E.S.
Documentos Técnicos	TER_TLB_ELE_MC_R02
Documentos Técnicos	TER_TLB_ESP_MD_40TI_R02
Documentos Técnicos	TER_TLB_ESP_MD_GUA_R02
Documentos Técnicos	TER_TLB_ESP_MD_SOC_R02
Documentos Técnicos	TER_TLB_EST_MD_R02
Documentos Técnicos	TER_TLB_HID_MD_R02
Documentos Técnicos	TER_TLB_INF_ÁGUA_MD_PB_R02
Documentos Técnicos	TER_TLB_INF_DRE_MD_R02
Documentos Técnicos	TER_TLB_INF_ELE_MON_TEL_MC_R02
Documentos Técnicos	TER_TLB_INF_ESGOTO_MD_PB_R02
Documentos Técnicos	TER_TLB_INF_PAT_MD_PB_R01
Documentos Técnicos	TER_TLB_INF_PAV_MD_PB_R02
Documentos Técnicos	TER_TLB_INF_PUR_PAI_MD_PB_R02
Documentos Técnicos	TER_TLB_SPDA_MD_R02

Fonte: Adaptado de Governo do Estado do Paraná (2023).

ANEXO B

Figura 16 – Ofício de solicitação de acesso e uso de licitação pública



À Superintendência de Projetos da Companhia de Habitação do Paraná - COHAPAR,

Eu, Geovane Mateus Alves Tertuliano, discente do curso de Engenharia Civil na Unesp - Campus de Ilha Solteira - SP, solicito a disponibilização e permissão de uso dos anexos de documentos dos projetos básicos e executivos dispostos no Portal de Transparência da companhia, para uso em Trabalho de Conclusão de Curso — TCC, da Licitação Pública — MDF, homologada, numerada em 19/2023, publicada em 14/09/2023 em regime de contratação semi-integrada e referente à conclusão de 40 unidades habitacionais no município de Telêmaco Borba — PR. Para a elaboração do trabalho, os dados de projetos serão usados como base para modelação em BIM com objetivo de análise de técnicas de quantificação de insumos construtivos e, para isso, é de suma importância se ter um nível de detalhamento advindo desses anexos. Com o registro e arquivamento de trabalho acadêmico, após defesa, os dados utilizados serão devidamente referenciados e será expressamente vedada a reprodução para fins comerciais.

Permaneço à disposição para maiores esclarecimentos no e-mail usuariounesp@unesp.br ou no telefone (DDD)XXXXXX-XXX.

Ilha Solteira, 27/02/2024.

Assinatura do solicitante

Graduando em Eng. Civil, Geovane Mateus Alves Tertuliano
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Ilha Solteira

Assinatura do orientador

Prof. Dr. Jorge Luis Akasaki
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Ilha Solteira

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira
Cursos: Agronomia, Ciências Biológicas, Eng. Civil, Eng. Elétrica, Eng. Mecânica, Física, Matemática e Zootecnia.
Avenida Brasil Centro, 56. Caixa Postal 31. CEP 15385-000 / Ilha Solteira - São Paulo, Brasil.
pabx (18) 3743 1000, fax (18) 3742 2735, soom@adm.feis.unesp.br, www.feis.unesp.br

Fonte: Elaborado do próprio autor.

ANEXO C

Figura 17 – Estrutura base para formulário de termo de consentimento

TERMO DE CONSENTIMENTO DE USO DE VOZ	
Agradeço pelo tempo e disponibilidade, primeiramente, e gostaria de informar que, ao responder essa pesquisa, estará auxiliando no processo de finalização da minha graduação como Engenheiro Civil pela UNESP/FEIS.	
Título de Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso onde serão utilizadas as respostas: Implementação da Metodologia BIM na Quantificação de Insumos Construtivos	
Universidade de Graduação: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Campus de Ilha Solteira	
Semestre de Defesa: 1º de 2024	
COMO ISSO OCORRE: Por meio de uma ligação por chamada de voz ou videoconferência com câmera desligada, havendo gravação de voz durante entrevista, que será transcrita no trabalho preservando o seu anonimato. Cada entrevistado será identificado por dois números aleatórios (ex.: Geovane Tertuliano - 63). A entrevista, de caráter semiestruturado, é composta de 10 perguntas, feita a profissionais da Construção Civil com experiências e graduações diferentes, e com tempo de entrevista em torno de 30 minutos. A ordem de questionamento pode ou não seguir a ordem apresentado em trabalho, de acordo com o andamento, além de que as respostas das perguntas não são obrigatórias e o entrevistado pode perguntar ou dar sugestões, a qualquer momento, acerca do tema de pesquisa. Pelo presente "Termo de Consentimento de Uso de Voz", eu, com dados descritos a seguir, autorizo que o graduando em Engenharia Civil Geovane Mateus Alves Tertuliano, de acordo com os artigos 7º e 11 da Lei nº 13.709/2018, utilize minha voz e dados de identificação coletados via chamada de voz ou videoconferência e formulário, para fins educacionais, preservando a minha identidade após e durante realização de entrevista para o Trabalho de Conclusão de Curso com título "Implementação da Metodologia BIM na Quantificação de Insumos Construtivos" do graduando. Obrigado pela ajuda!	
PREENCHIMENTO Semestre de Defesa: 1º de 2024 Nome completo* _____ Município e Estado* _____ Data de autorização* <u>dd/mm/aaaa</u> Autorização de uso de transcrição de diálogo de entrevista:* ☐ Sim ☐ Não E-mail (para recebimento de convite de chamada de vídeo): _____ Número para contato (caso opte por chamada de voz): _____ Como quer que a entrevista ocorra: ☐ Videoconferência com câmera desligada ☐ Recebimento de chamada de voz Data para entrevista: <u>dd/mm/aaaa</u> Horário: ____:____	

Fonte: Elaborado do próprio autor.

ANEXO D

a) **Pergunta 1.1** Há quanto tempo você trabalha ou tem contato com a elaboração de projetos na construção civil?

- Entrevistado 72:

Eu sou arquiteto e urbanista e, desde a minha formação, em 2008, eu trabalho com projetos residenciais verticais, mais especificamente na etapa de viabilidade, concepção e projeto legal.

- Entrevistado 59:

Eu sou formado em Engenharia Elétrica pela [universidade pública brasileira], eu formei em 2022, e eu trabalho hoje com megaprojetos de infraestrutura na construção civil. Então hoje eu faço uma pós-graduação também em gestão de projetos de mega infraestrutura pela [universidade pública brasileira] e pela [universidade estrangeira]. Esqueci de citar, porém, eu trabalho com construção civil há três meses, é pouco tempo e eu migrei de área. Antes eu trabalhava com regulação e gestão de mercado de energia, hoje eu estou focada em instalações elétricas provisórias das obras da construção. Então tudo que média e baixa tensão, desde a conexão do ponto de acesso até qualquer manutenção que a gente precise fazer na rede ou nos equipamentos.

- Entrevistado 21:

Eu tenho técnico em edificações, formei em 2016, tenho graduação em Engenharia Civil, eu coleí grau em setembro de 2022 e eu tenho uma pós em Engenharia Geotécnica em [estado brasileiro], que finalizei no começo do ano. Iniciei o mestrado na [universidade pública brasileira], na parte de Hidráulica e Hidrologia, mas acabei não seguindo a área porque não sentir que era uma coisa que gostava muito.

Apesar de ter colado grau em 2022, eu trabalho com a parte de engenharia de segurança de barragens desde 2020, novembro de 2020. Então inicialmente eu estava com a parte de barragens de acumulação de água, então hidrelétricas e barragens de armazenamento de água mesmo, seja para irrigação, açudes, ou coisas

do tipo, e eu trabalhei com a parte de aterro de resíduos industriais. Em maio do ano passado, eu migrei para a área de mineração e hoje em dia eu trabalho com monitoramento geotécnico de barragens de rejeito, que estão em processo de descaracterização.

Em relação à construção civil, não tenho muita experiência. O pouco de contato que eu tenho, está mais relacionado com a parte de implantação de canteiro e abertura de vias para parte da obra de descaracterização em si. Hoje eu estou acompanhando duas barragens em descaracterização, que já começaram as obras. São duas barragens em nível de emergência 1, e agora no final do ano, vai entrar uma barragem que está em nível de emergência 2, para começar as obras de descaracterização. Então, eu faço o acompanhamento bem superficial das partes de implantação do canteiro e aberturas de vias para iniciar as obras de descaracterização. Não tenho experiência com construção civil efetiva em relação a residências ou coisas desse tipo.

Então, o contato que eu tenho é abertura de vias, implantação de canteiros provisórios e não sei se entra também essa parte de terraplenagem de bota-espera e bota-fora, mas acaba sendo mais voltado para a parte de infraestrutura que para a parte industrial.

- Entrevistado 37:

Eu não tenho nenhum curso técnico, eu fiz a faculdade na [instituição pública brasileira], Engenharia Civil, e depois eu fui me especializando, seja com curso, seja também com pós-graduação. Hoje eu já finalizei pós-graduação. Na verdade, MBA. De estrutura de concreto pela [instituição particular brasileira] e sigo me especializando pela [instituição pública brasileira] na parte também de concreto armado e alvenaria estrutural.

E sobre a minha vivência na construção civil, desde pequeno, via, às vezes com meu pai. Ele é Engenheiro Civil e eu o acompanhava algumas obras, mas nada muito sério. O que realmente tive experiência profissional foi meu primeiro estágio na faculdade, eu fui em escritório de arquitetura e comecei ver essa diferença de arquitetura, engenharia, visitando obra de alto padrão e depois eu trabalhei numa construtora de alvenaria estrutural, acho que a experiência é muito válida por mais que a pessoa queira seguir na parte de projetos, metodologia BIM. É importante ver

a execução. Depois desse um ano que eu fiquei na construtora, atualmente eu já estou dois anos e pouco já na área de projetos estruturais.

- Entrevistado 46:

Sou formada em Engenharia Civil há um ano. Eu estou trabalhando quase um ano, na parte industrial no projeto básico e detalhamento de projetos.

- Entrevistado 66:

Eu sou formado em arquitetura, tenho apenas o bacharelado, planejo fazer pós ou MBA em outra área para sair de arquitetura, em experiência em elaboração de projetos. Eu projeto agora, o meu primeiro projeto solo é para uma cliente lá de [município brasileiro], de um apartamento. Antes disso eu só colaborei na criação de projetos no estágio que eu fiz em dois escritórios diferentes em [outro município brasileiro] e durante a faculdade.

- Entrevistado 58:

Sou arquiteto e sou formado 27 anos. Após a formatura, meu primeiro trabalho foi em uma metalúrgica voltado para o seguimento de comunicação visual, exercendo a função de gerente técnico. Depois que eu saí, ingressei no ramo da construção civil. Aproximadamente, já estou há 22 anos trabalhando com projetos residenciais de altíssimo padrão. O escritório onde trabalho atualmente é empenhado em detalhar ao máximo o que foi especificado no projeto.

- Entrevistado 35:

Eu sou engenheiro civil formado na [instituição pública brasileira] eu estou fazendo mais especialização em Engenharia de Estruturas pela [instituição pública brasileira]. E como formação complementar eu tenho cursos da [instituição particular brasileira] e da [instituição particular brasileira] também. Todos voltados para a área de cálculo estrutural. Eu estou no mercado desde 2020. Eu comecei um pouco antes da pandemia. E desde então eu nunca larguei o os projetos estruturais. Sempre trabalhei em escritórios de projeto. A grande maioria são projetos residenciais, edifícios de pequeno, médio..., a maioria médio porte até uns vinte pavimentos, vinte e cinco pavimentos. E alguns comerciais. A maioria são edifícios

de médio porte residenciais. Então eu estou no mercado desde o estágio obrigatório da faculdade e continuo na mesma área.

- Entrevistado 16:

Eu sou arquiteto, eu sou formado há quase um ano, mas eu tenho trabalhado com obra e trabalhado em escritório há mais ou menos uns três anos. Eu já trabalhei com muita coisa, trabalhei tanto em design de interiores, com pequenas reformas normalmente, tanto como projeto de arquitetura, de casa até prédio, e com fotografia também.

b) **Pergunta 1.2** Diante da sua experiência acadêmica e profissional, qual é a relevância para você dos dispositivos computacionais na construção civil?

- Entrevistado 72:

É de suma importância, tendo em vista que facilitam o dia a dia, o entendimento espacial e apresentação para clientes, além de minimizar os riscos que a gente tem e as perdas em obras.

- Entrevistado 59:

Eu diria que esses dispositivos são indispensáveis para a nossa área. Por exemplo, cuidando de todas as instalações das obras, a gente é responsável por todos os quadros elétricos, seja de luz, força, que estejam instalados. Nisso, nas mais de quarenta frentes de obra somam quase quatrocentos quadros, e cada um deles precisa ter o diagrama unifilar correto de acordo com as normas (a norma 5410, por exemplo).

Para fazer isso, a gente precisa do AutoCAD, por exemplo, para que a gente possa desenhar esses diagramas de maneira correta e, também, mais automatizada. Claro que além desse *software*, a gente também utiliza o Excel em boa parte dos nossos processos, seja para controle interno, seja para cálculos que a gente precisa realizar e, também, algumas ferramentas de gestão de projetos como algum Kanban online.

- Entrevistado 21:

Hoje na área que estou, a gente não consegue rodar sem hardware e *software*. A parte de descaracterização demanda uma instrumentação coletando dados em tempo real, então a gente precisa fazer esse acompanhamento e a gente precisa da implantação desses instrumentos, que acredito que seja a parte de hardware. A parte de *software* também é muito importante tanto para gente definir os critérios de projeto, então a gente faz muito o uso de *software* de análise de estabilidade: GeoStudio, Slide, Plaxis. São aplicativos essenciais.

A gente precisa fazer ainda, segundo a legislação, fazer análises de estabilidade quinzenais para Agência Nacional de Mineração. Então, sem essa parte de *software* e *hardware*, a gente não conseguiria rodar uma obra de descaracterização com segurança igual a gente roda hoje.

- Entrevistado 37:

Eu vejo que o *software* tem que caminhar lado a lado com a gente. Por quê? Além de que existam métodos que não são possíveis calcular na mão como o método geral em pilar, método das cascas, é impossível a gente fazer isso na mão, então a gente precisa necessariamente de um *software* para estar nos auxiliando. E seria impossível também em questão de tempo, quando a gente está na realmente entregando um projeto, a gente é muito cobrado com prazo, então não existe mais a gente fazer verificações na mão. É claro que a gente complementa, a gente usa o auxílio de planilhas para estar no ajudando em alguns tipos de cálculo, verificações, ele está para nos ajudar. Mas ele não é a ferramenta, assim, o primordial.

Então a engenharia sempre vai ser a nossa base. A gente precisa saber o que está fazendo para não virar realmente só um piloto do *software*. Mas negar a existência dele, negar a metodologia BIM é irreal no mundo de hoje.

- Entrevistado 46:

Na faculdade, eles falavam que era importante porque agilizava o trabalho e tem coisas que não dá para fazer a mão, mas eles só focavam nisso, não davam a importância que tem para você desenvolver todo o projeto com *software*. Eles eram mais focados em um cálculo. Era mais focado para isso, e você fazia praticamente tudo a mão, então realmente na faculdade eu não vi que eles deram essa importância para esses aplicativos. No trabalho, sim, é importante. Tanto pela demanda e o

tempo que pedem os clientes para a gente desenvolver os projetos, que praticamente seria impossível fazer a mão, então não dá para fazer as coisas sem nenhum *software*.

- Entrevistado 66:

São tudo. A gente não faz nada sem eles. Na verdade, o nosso trabalho é ficar sentado no computador ou *notebook* o dia inteiro. A gente não faz mais nada na mão. Nada de desenhos em papel, como os arquitetos faziam, “séculos” atrás.

- Entrevistado 58:

Como eu já disse na pergunta anterior, eu sou formado há 27 anos, sou do tempo que, na faculdade, a gente fazia muito desenho à mão com o uso de papel manteiga, papel vegetal, grafite e nanquim. Com a chegada da computação gráfica, facilitou muito nosso trabalho porque ele ficou mais dinâmico. Antigamente, quando você tinha que fazer uma correção, você tinha que corrigir manualmente na planta, hoje é arquivo digital, facilita muito o nosso trabalho, criando mais produtividade e mais rapidez.

- Entrevistado 35:

A relevância dos dispositivos computacionais é enorme, é totalmente relevante, total necessário e indispensável, dentro do âmbito da construção civil. Não tem como imaginar mais a construção civil sem os dispositivos. É impossível. Porque todas as áreas usam. Então, dentro Engenharia de Estruturas, que é o meu caso particular, a gente usa para tudo. Simplesmente tudo. E na minha vivência eu sei que as outras áreas também usam. Os projetistas das outras disciplinas, seja elétrica, hidráulica e todas outras complementares, arquitetura, automação, tudo isso. Todas essas disciplinas usam dispositivos computacionais.

Cada um acaba usando um programa específico, seja para cálculo, seja para desenho, seja para planejamento, seja para verificação, mas todo mundo usa. Então, é impossível pensar, com toda a tecnologia que a gente tem, uma construção, uma obra, um empreendimento sem o uso desses dispositivos. Então, antigamente não tinham dispositivos, era tudo feito manualmente, tanto os desenhos, quanto os

cálculos E era possível, principalmente por conta da dificuldade das obras que estão em aeroportos mais simples, eram obras mais arrojadas.

Os materiais também. Antigamente, a resistência do concreto era mais baixa. Não se atingiam altas resistências como hoje. Então, tem essa diferença também. O desafio das obras de hoje faz com que sejam necessários esses dispositivos computacionais, sendo cada vez mais desenvolvidos. Cada vez a tecnologia sobe, tanto porque o desafio das obras também só aumenta. Então, são obras muito arranjadas, são obras mais difíceis, são obras com prazo mais curto. Muitas vezes o orçamento também é um orçamento que não tem muita maleabilidade, então precisa controlar isso muito bem, procurar as melhores alternativas e aí com isso entra os recursos computacionais e, no caso específico de cálculo estrutural, além de ser usado desde a concepção até o detalhamento, também é uma alternativa para estudar as melhores soluções.

Com o *software* computacional, você consegue estudar não só uma, mas como várias soluções para o cliente e aí o fica a cargo do cliente escolher a melhor solução do ponto de vista econômico, sendo que o engenheiro busca as melhores soluções do ponto de vista técnico. São alguns que eu falei são alguns exemplos, resumidamente, para mostrar a importância dos dispositivos computacionais dentro da construção civil.

- Entrevistado 16:

Por experiência própria, eu acho que é extremamente relevante o que está acontecendo, por exemplo, na minha área de arquitetura, o *software* cada vez mais adequando a realidade construtiva. Em questão de não ser só um desenho que que representa uma forma, mas é realmente um método ali para construção. Eu acho que em relação a isso, está dando mais capacidade para gente enquanto arquiteto poder ter mais liberdade de criação. Às vezes a gente tem liberdade de criação no desenho, mas aí na construção a gente não consegue executar realmente. Porque aí quem realmente entende da construção acaba podendo a gente, mas quando esses programas, de arquitetura em específico.. eles evoluem e se tornam tão complexos quanto é na obra, aí eu acho que a gente vai ganhando um pouco mais de autonomia.

c) **Pergunta 1.3** Além dos aplicativos comuns na grade curricular, foram indicados outros para projetos em sua graduação ou curso técnico, com incentivo de aprendizagem das aplicabilidades e limitações?

- Entrevistado 72:

Não, porque no meu curso de graduação, usávamos o AutoCAD em 2D e eventualmente o 3D Max, porém sem muita conexão um com o outro. Era muito mais limitado, até mesmo para a instituição adquirir licenças desses programas.

- Entrevistado 59:

Eu não sei dizer como está a graduação em Engenharia Elétrica hoje, na [universidade pública brasileira]. Eu terminei minhas aulas em 2020, isso foi quatro anos atrás, mas não, a gente não teve nenhuma motivação por parte dos professores. Na verdade, quando foi necessário que eu fizesse um projeto que poderia ser utilizado o AutoCAD, o professor pedia para que a gente fizesse na mão, então a gente nunca utilizou essas ferramentas durante a graduação. A gente tinha algumas ferramentas que os professores gostavam muito, que era o MATLAB, e acho que era basicamente só isso mesmo. Não teve incentivo por parte dos professores.

Em contraposto a isso, os centros acadêmicos fizeram um papel muito importante em nos mostrar esses aplicativos, nos apresentaram esses aplicativos e também como utilizá-los. Eu tive um curso muito bom de AutoCAD pelo Centro Acadêmico da Engenharia Civil, que eles disponibilizavam para toda a graduação em alguma semana específica, e eu tive a sorte de ter o interesse de fazer esse curso no começo da minha faculdade e ele foi útil, tem sido útil até então. No mesmo período, fiz um curso de SketchUp, que foi muito importante para a minha primeira experiência de trabalho e foi lá que tive contato com essas ferramentas, preços e também dicas de como utilizá-los.

Então, o centro acadêmico foi muito importante para mim, eu tive a sorte do Centro Acadêmico da Engenharia Civil fazer isso aberto para outras engenharias também, e também dentro da Empresa Júnior, que a gente tinha um contato um pouco maior com realidade de mercado, porque na graduação isso é muito vazio.

- Entrevistado 21:

Não, a graduação, eu acho que ela é muito deficiente nessa parte de *software*. A parte de AutoCAD, especificamente, o que eu sei de AutoCAD, é porque eu trouxe do técnico e no técnico de edificações que eu fiz, a gente tinha um contato, nós tivemos contato por três anos com esse *software* diariamente. O AutoCAD, em específico, eu tenho um conhecimento mais avançado pela questão do técnico e não pela graduação. O AutoCAD não é um *software* que eu uso tanto hoje em dia na minha área, sim, a gente precisa para o básico, mas a gente acaba utilizando outros aplicativos de modelagem.

Em questão de custo, são aplicativos extremamente caros, assim que, é uma coisa que eu acredito que seja mais para aquisição de empresas mesmo, que para pessoa física. São aplicativos até que têm uma limitação muito grande para versão de estudante, então assim, os aplicativos de análise de estabilidade não são nenhum pouco satisfatórios, e até para dar um curso com a versão estudantil é um pouco.. fica bem defasado. Você não consegue aplicar, fazer muitas aplicações, só o básico do básico, que seria coisas que você conseguiria fazer na mão e não precisaria de aplicativos, então tem esses pontos também.

- Entrevistado 37:

Bom, na faculdade quase nenhum *software* eles passaram. Ou era AutoCAD, bem básico. Revit, a gente teve que aprender por conta. TQS, eu tive que aprender no trabalho mesmo. Na minha pós, foi passado alguns aplicativos, sim, só que também tudo em avaliação gratuita de estudante. Então, de valor e tudo mais, isso somente no trabalho que eu consegui ver, a questão da aplicabilidade também. A TQS, por exemplo, eles fornecem curso da ferramenta em si. Então, ajuda para gente entender o quanto a ferramenta pode ser utilizada, mas isso só consegui ver por conta mesmo. Indo atrás de curso e trabalho.

- Entrevistado 46:

Então, eles sempre falam que tem aplicativos que você tem que conhecer, porque no mundo laboral usam, mas eles não explicam, não aprofundam coisas como o preço, como você chega a usar esses aplicativos ou a outras diversas coisas que você pode fazer.

Tanto que em Metálicas, por exemplo, a gente tinha que fazer um projeto que era praticamente à mão, ele queria tudo à mão para gente saber. É importante saber a mão, mas aí ele falou que tinha uma parte do projeto que a gente tinha, que a gente ia fazer no *software*, que era específico de colocar o vento e essas coisas, que era mais rápido e ia facilitar, mas praticamente focou nisso e não falou mais nada, “só fazer esse cálculo e entregar”. Mas não falava todas as possibilidades que tinha esse *software* e que realmente você podia ter desenvolvido tudo lá.

Também teve o uso de Revit na parte de hidráulica, de fazer o projeto e era somente isso. Ele falava que era importante para você fazer tudo, mas a gente só usou para fazer hidráulica e nem aplicamos corretamente, porque tinha algumas coisas que você precisa de família, precisa de certas peças que não tinha e você tinha que dar uma gambiarra, e no final o *software* não funciona como deveria, você não conseguia a quantidade exata de peças, de comprimento, coisas assim. Era mais visual.

Em relação a preço quase nunca falavam nada e normalmente Revit eles falavam mais na parte de modelagem, de você ver a estrutura como funciona, mais desse lado e não que você pode fazer toda a parte de hidráulica, toda a parte de elétrica, toda parte de fundação, de tudo do projeto. Era mais individualista, alguém pega e faz isso só, aí outro pega e faz elétrica e não um conjunto de tudo.

- Entrevistado 66:

Na graduação eu aprendi o AutoCAD, o que é de iluminação e o qual que é aquele? Map 3D. AutoCAD MAP 3D que é de como se chama aquilo? Sig SG. Chama aquilo. Eu não achei que nenhum dos três foi mal explicado. Achei que eles foram bem explicados. Minhas aplicações também deram para entender bem. Eu não sei se não sei se eu vou usar na minha vida. Só se eu for trabalhar com iluminação ou urbanismo. Porque são diárias bem específicas. Mas mal explicadas por que eles não ficaram não.

- Entrevistado 58:

A faculdade em que eu fiz o curso era pioneira em computação gráfica, então o incentivo era alto para gente realmente aprender a utilizar a ferramenta que na época era o AutoCAD.

- Entrevistado 35:

Depende muito do curso e de quem está lecionando o curso e também do objetivo do curso. Por exemplo, na graduação eu não tive direcionamento no programa de estruturas de concreto armado. Eu acabei aprendendo sozinho fazendo cursos online, os primeiros contatos. Agora, cursos extracurriculares geralmente já partem do princípio que você já aquele software em questão. Então, acaba sendo mais específico, mais focado. Dificilmente tem uma visão geral a não ser que você já faça um curso com esse direcionamento. Que seria, por exemplo, para quem começa do zero não sobe nada e aí o que faz o curso justamente para começar a aprender do zero e, dependendo de quem lecionar o curso, ele vai dar uma visão geral, uma visão global. Inclusive sobre a questão da licença igual foi mencionado na pergunta. Mas isso varia muito, isso é bem específico de cada curso, de cada lugar que dá o curso. Então, não há uma resposta assim única. É bem variável mesmo essa questão.

- Entrevistado 16:

Com certeza foi bem ruim nesse sentido de software na faculdade. Eu não sei como é muito para engenharia, mas na arquitetura a gente depende muito do software. É basicamente todo nosso trabalho que vai estar condicionado a algum software independente de qual for utilizar vai estar muito condicionado. E na faculdade a gente aprende o básico do AutoCAD, e o AutoCAD é básico, então é o básico do básico.

E aí dentro desse básico do básico na faculdade, a gente aprende o básico e a gente aprende a usar esse software muito mais como uma ferramenta de linhas. Que a gente vai fazer linhas do que necessariamente uma ferramenta que vai compor uma arquitetura. A gente trabalha como se ele estivesse desenhando no software. Não necessariamente isso agrega tipo uma noção construtiva. Necessariamente, acaba sendo muito um desenho pelo desenho.

Não existe um senso crítico em relação. Então, nesse sentido, a faculdade é bem defasada, a minha faculdade que eu fiz, que foi de arquitetura da [universidade pública brasileira], ela é bem defasada nessa questão de software para construção civil.

d) **Pergunta 1.4** Como você enxerga o seu desempenho futuro na construção civil em relação ao uso de tecnologias?

- Entrevistado 72:

Acredito que em um determinado momento da nossa carreira profissional, acabamos desenhando cada vez menos e fazendo mais gestão. Pelo menos esse sempre foi o meu foco. Mas mesmo em relação à gestão, temos inúmeros aplicativos e aplicativos. Então, eu espero estar disposto a me adequar, pois a construção civil, principalmente no Brasil, tem muito a evoluir ainda.

- Entrevistado 59:

Eu acho que existem muitas formas de empregar novas tecnologias, novos aplicativos também na construção civil, pelo menos olhando para a obra onde estou inserida hoje.

Um exemplo seria que a gente não tem muita rastreabilidade dos equipamentos. Sendo mais de quarenta frentes de obra, fica bem difícil de, digamos vou citar um exemplo: se eu tenho um refletor de luz, que precisa ir para uma frente, ele tem que sair do almoxarifado, chegar nessa frente e eu tenho que saber que ele chegou e esteve nessa frente. Se eu tivesse uma tecnologia, digamos como semelhante ao do Sem Parar, que é um chip de radiofrequência que automaticamente ao sair do almoxarifado, ele apontasse no sistema e depois apontasse que chegou na frente e, caso ele fosse removido dessa frente, esse chip também apontasse, talvez tornaria um pouco mais rastreável. Porque hoje o controle de todos os nossos equipamentos ainda é feito de uma forma muito manual, e não ter um sistema para isso ou para outras ações, por exemplo, abrir ordem de serviço para manutenções, torna tudo muito complicado.

Eu acredito que a tecnologia dentro o ambiente de obra tem muito a evoluir, e eu acho que naturalmente a gente evolui junto quando se tem permissão para isso. Permissão eu digo também apoio interno e da empresa para isso, se só jogarem um software, a tendência é que a obra não adote esse software. A tendência é que a gente tenha isso, e se não tiver a forma de utilizá-lo, que ele seja deixado de lado. A gente precisa que eles nos deem os meios para a gente utilizar as ferramentas também, e acho que pode ser até algo geracional, mas acho que eu tenho uma

facilidade de me desenvolver com ferramentas, apesar de não gostar muito. Eu gostaria de passar menos tempo na frente de um computador.

Eu pretendo continuar na área, sim, principalmente na área da construção civil. Eu acho que é uma área muito boa, tem sido muito boa para mim, eu acabei de chegar nela, e eu estou empolgado para me especializar mais. Estou pensando em fazer outra pós-graduação já, talvez em média tensão e sistema de proteção de média tensão, porque é uma área onde eu quero me estabelecer profissionalmente no momento.

- Entrevistado 21:

Pensando na parte de Geotecnia e na parte de barragens, eu vejo que é uma área, muito nova, porque é uma área que começou a ter mais notoriedade, pelo menos eu enxergo assim, desde o rompimento em Brumadinho em 2019. Se a gente for pensar, tem 5 anos que essa área está em desenvolvimento justamente pensando em questão tecnológica. Porque desde o acidente, a gente tem muito enfoque em melhorar a segurança geotécnica de várias estruturas, então assim, a gente teve implementação de tecnologias que eram utilizadas em outras áreas. Por exemplo radares, que eram muito utilizados em túneis, tão sendo aplicados para monitorar barragens, esse tipo de coisa. Então assim, eu vejo que é uma área que teve um desenvolvimento muito rápido em um curto espaço de tempo.

E se for seguir essa tendência, eu penso que, teremos o surgimento de novas tecnologias cada vez mais aprimoradas para Geotecnia, no geral. Então, nesse sentido, eu acredito que o mercado de trabalho vai demandar muito dos profissionais uma atualização constante. A gente não vai poder ficar estagnado no que a gente aprende teórico ou se limitar ao que a gente aprende na faculdade, apesar de já ser assim.

É comum encontrar profissionais da geotecnia que não têm aptidão nenhuma com aplicativos e, ao passo que a área está em desenvolvimento, os novos profissionais, pelo menos, precisam saber todos os aplicativos de análise de estabilidade, acompanhamento geotécnico, análise de instrumentação automatizada, que era uma coisa manual até um tempo atrás, e hoje é um monitoramento em tempo real, então a gente não pode ficar defasado.

Eu acho que isso reflete muito nas vagas, muitas vagas que a gente vê para a Engenharia Geotécnica, no geral, seja na área de barragem, seja área de pilha, ou área de pavimentação, enfim, acaba demandando o uso dos aplicativos. Todas as vagas, até mesmo para estagiários, pedem conhecimento básico de aplicativos, então eu acho que é uma coisa que está em desenvolvimento, vai demandar cada vez mais dos profissionais, até porque os próprios aplicativos que a gente utiliza hoje estão passando por constantes atualizações, então está sendo implementado agora muito a parte de análise tridimensional, que era uma coisa que os aplicativos não faziam até um ano atrás, não era uma coisa tão popular e agora são lançados módulos, são lançados cursos de treinamento desses novos módulos pelas próprias empresas de desenvolvimento, então eu acho que vai ter essa questão.

Mas, em contrapartida, tirando a parte de estar sempre acompanhando o mercado tecnológico, eu acredito que as análises vão ser mais precisas e, à medida que o profissional for dominando, vai ser mais tranquilo fazer essas análises. Tirando aquela questão que o pessoal sempre fala na faculdade, que a gente precisa saber interpretar o resultado dos aplicativos, eu acho que isso daí é o padrão para tudo. Tirando isso lado, eu acredito que as análises vão ter cada vez mais confiabilidade à medida que vão ocorrendo esses avanços. Então, eu enxergo projeções do mercado mais nesse sentido.

- Entrevistado 37:

Acho que temos os dois lados na questão de empenho futuro. E ainda mais que é algo muito incerto a gente saber realmente o que vai acontecer. Claro que existe um pouco do medo da máquina poder substituir a gente, mas eu vejo cada vez mais essa possibilidade. A inteligente bem usada eu vejo que talvez poder chegar num cenário que a máquina ela mesmo consegue modelar, que hoje pelo menos a minha área não faz, a gente precisa ter a confecção industrial. Eu vejo que talvez ela vá gerar e cabe a gente cada vez mais ficar no papel de engenheiro. Eu vejo, na verdade engenheiro mais completo, sendo que saber todas as áreas, não só a parte, por exemplo, da minha de estrutura, mas saber se aquilo é mais viável uma obra, então talvez seja necessário conhecimentos interdisciplinares.

- Entrevistado 46:

A parte de agilizar os projetos, os cálculos, você gerar relatórios diretos. Por exemplo, falando especificamente de modelagem, de 3D, você ter toda sua estrutura integrada num só projeto, num só software, tudo de todas as disciplinas, de facilitar de ver interferências e problemas que possam ter. Na minha área, no meu trabalho que estou fazendo agora mesmo, que é cálculo, eu percebi que você pode modelar todo o projeto e direcionar para um software que faz o cálculo, o que facilita muito mais, é mais rápido e você perde menos tempo e tem maior controle de tudo.

Em relação a mudar de área na construção civil, se eu souber desses aplicativos e dispositivos, eu consigo outras áreas com direcionamento diferente. Mas se eu tenho conhecimento básico, eu consigo fazer outras coisas.

- Entrevistado 66:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 58:

A chegada de novas tecnologias sempre vem acompanhada de surpresa e um pouco de receio. A gente como o ser humano tem muita dificuldade em lidar com as novidades. Em relação ao futuro eu me vejo mais capacitado para esse tipo de ferramenta, a gente vê e percebe que o mercado está mais voltado para o aprendizado tecnológico.

- Entrevistado 35:

Por hora eu pretendo continuar assim, pretendo continuar na área das estruturas. Talvez se a surgir uma oportunidade em estruturas, mas em um nicho diferente pode ser que eu aceite. Mas, por enquanto, eu pretendo continuar assim e não tem como você continuar nessa área sem continuar se aprimorando. É impossível.

O aprimoramento tanto o técnico quanto de aplicativos. Vão surgindo novos aplicativos, melhorias, novos programas ou então programas que já existem vão sendo mais usados. Nunca para, nunca para. Com certeza a ideia é continuar se aprimorando sempre eventualmente fazer cursos tanto relacionados a teoria quanto relacionados a novos programas e isso também varia muito da empresa então se você muda de empresa dependendo da empresa que trabalha com um nicho

diferente mesmo que seja na área de estruturas, por exemplo, um nicho mais voltado industrial já aparecem novos aplicativos, novos recursos para serem utilizados, recursos que tão sempre em desenvolvimento.

Então, por exemplo, dentro da engenharia de estruturas, a gente tem programas que fazem análise estrutura ou então programas para melhorar análise estrutural 3D, para melhorar é o uso do 3D e dos vários D que tem agora. É nos edifícios ou nas obras. Nas edificações em geral. Então é impossível você ficar parado e não aprender mais nada e não desenvolver mais nada nessa área. A tecnologia só desenvolve, só desenvolve, e se não acompanhar acaba ficando para trás.

- Entrevistado 16:

Depende, meu desempenho individual, meu desempenho comparado ao que você anda acontecendo no mundo. É porque eu sinto que os escritórios grandes de arquitetura tendem a utilizar cada vez mais programas, e programas mais e mais complexos. Normalmente programas que são de BIM e/ou programas de parametria, é algo que normalmente eu vejo que os escritórios grandes estão usando. Comparado a eles, eu estou meio baixo porque eu não uso tanto esses programas no meu dia a dia. Mas pessoalmente eu já me aventurei ao uso de alguns projetos, já fiz alguns projetos tanto projeto de residência quanto de projeto de edifício em BIM, e agora outros tipos, envolvendo formas paramétricas e afins eu não fui tanto, então eu diria que médio. O suficiente para me virar, não para inventar a roda.

e) **Pergunta 2.1** Poderia me descrever o que sabe sobre Modelagem da Informação da Construção, onde é empregada e para o que é útil?

- Entrevistado 72:

O que eu sei sobre o BIM é que é a modelagem de informação da construção, empregada na construção civil por disciplinas multidisciplinares, e é útil para otimizar tempo, ter mais eficiência e identificar previamente erros e problemas.

- Entrevistado 59:

Na verdade, o pouco que eu sei sobre BIM é o que me falou hoje, e também foi citado em algumas aulas da minha pós, porém nada muito aprofundado. Então só entendo que é uma metodologia, e posso estar enganado, mas entendo que é uma metodologia de aprimoramento de processos, que pode utilizar aplicativos, mas não se baseia puramente em aplicativos.

- Entrevistado 21:

Sobre o BIM, tenho muito pouco conhecimento, tenho muito pouco contato. Lembro que, quando estava surgindo essa questão, falava-se muito, pelo menos na faculdade, mas ninguém entrava especificamente no assunto. Eu sei que o BIM acaba sendo um conjunto de aplicativos, que eles acabam conversando entre si, então pensando num cronograma geral de obra, eu acredito que o BIM facilite todos os trâmites. Então você consegue fazer um projeto arquitetônico num software, um projeto estrutural no outro, um projeto elétrico em um, hidráulico no outro, e você consegue fazer um acompanhamento e desenvolvimento da sua obra de maneira mais precisa no que se diz a questão de cronograma e questão de suprimento, de quanto vai custar, quanto você vai ter que adquirir. Assim, eu me limito a isso, não tenho mais informações a respeito e era isso que eu sabia.

- Entrevistado 37:

O que eu sei da metodologia é mais do que a gente usa aqui. Vejo que ela é uma forma de integrar todos os processos. É então arquitetônica e casada com estrutural, com a parte hidráulica e elétrica. Assim consegue juntar todas as informações e também com distanciamento de obras é na parte de execução. Então no meu caso específico, o BIM a gente frisa mais para compatibilização com arquitetônico e estrutural. Eles geram para gente o IFC, a gente compatibiliza dentro do nosso também, consegue ver as interferências, por exemplo. Se viga vai estar numa janela onde consegue compatibilizar furos, também da parte hidráulica. É uma metodologia muito legal que vem sendo cada vez mais utilizada e é muito importante para gente não ter surpresa mais para frente. Então vejo que é uma forma que automatiza o trabalho. Na planta a gente já vai direto para o corte ou para o 3D, é bem bacana essa metodologia só para ressaltar a gente também consegue pela metodologia BIM todo o quantitativo. Algo que era feito à mão, de ficar contando,

e talvez planilhas como é o caso. O TQS em si entende como um todo, o elemento como um elemento único, e ele mesmo faz a contagem, então já dá direto para gente.

- Entrevistado 46:

Pelo que eu entendo de BIM, pelo que eu vi, é uma metodologia onde você integra todas as partes de um projeto das disciplinas que fazem um projeto, e você pode visualizar o que realmente está acontecendo, e que você pode também facilitar algumas tarefas com isso tipo você modelando, fazendo o projeto, pode ter cortes, plantas, elevações dos projetos, quantitativos, e como falei antes de fazer os cálculos já direto. Então, facilita bastante na hora de fazer o projeto.

- Entrevistado 66:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 58:

O pouco que sei sobre metodologia BIM e o que eu consigo enxergar sobre essa plataforma, é que ele é o futuro da arquitetura, da engenharia e da construção civil, pois é uma plataforma extremamente evoluída, com isso você consegue maior agilidade no processo, pois trabalhamos e pensamos em 3D, ao fazer uma planta de edificação já conseguimos automaticamente fazer cortes e elevações com os dados antes inseridos.

- Entrevistado 35:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 16:

Eu não sei exatamente a definição, mas o para mim o BIM é uma ferramenta de que ele não só tem o desenho da arquitetura, mas... como posso melhorar isso... O desenho deve ser condicionado por alguns fatores. Eu consigo colocar fatores numéricos, fatores de construção civil, tipo de material, desse sistema e aí a partir do momento que a gente for colocando esses fatores eu consigo fazer construção, uma modelagem mais realista. Com base no que realmente vai ser construído.

f) **Pergunta 2.2** É possível utilizar a metodologia para elaborar levantamentos quantitativos em obras?

- Entrevistado 72:

Com certeza, desde que a edificação esteja modelada de forma correta.

- Entrevistado 59:

Olha, eu entendo que é possível, mas eu acho que a supervisão humana nunca pode deixar de existir.

Um exemplo é um erro, eu prefiro chamar de erro mesmo cometido, no caso, na minha obra, onde foi utilizado um software para dimensionar cabeamento para uma frente de obra. É um software conhecido de mercado para isso, eu não sei o nome, só sei que ele é da [empresa multinacional], e o software entregou que os cabos deveriam ser de bitola de setenta milímetros, o que é um absurdo, é muito caro, é muito difícil de manejo. Então, o engenheiro por trás só aceitou o que o software trouxe para ele. Acredito que os aplicativos são importantes, mas precisa da supervisão.

- Entrevistado 21:

Essa pergunta, especificamente, eu não tenho ideia de como responder. Eu não tenho noção, mas eu imagino que sim, mas fica somente no campo do achismo. Não tenho repertório para responder, coisas além disso para esse ponto.

- Entrevistado 37:

Eu vejo que o BIM é uma ferramenta com certeza superior às tradicionais, até porque o BIM é um melhoramento. Então, o tempo que a gente perdia lá no CAD, fazendo o quantitativo contando, medindo, o BIM ele já consegue fazer de forma automática, então além de ter uma é o maior porque é por ser automático já conseguimos escapar do erro assim humano da gente da contagem ele também otimiza demais o nosso tempo.

- Entrevistado 46:

Dá, sim, como falei. Quando você realmente projeta bem, com tudo certinho, você consegue pegar volumes, área, metros lineares e com isso facilita para você fazer o quantitativo dos materiais. Tem alguns que já dão especificamente se você coloca lá certinho alvenaria, bloco de concreto, ele dá diretamente o quantitativo.

- Entrevistado 66:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 58:

Acredito que é extremamente possível e viável o uso da metodologia BIM para elaboração das listas de quantitativo, um exemplo simples, quando a gente faz uma parede de 3 metros de altura por 5 de comprimento, o programa já consegue calcular quantidade de todos os insumos para fazer essa edificação. Então, realmente ele é assertivo, facilitando muito o nosso trabalho.

- Entrevistado 35:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 16:

Eu acho que o BIM é uma ferramenta de modelagem a partir de parâmetros construtivos. A partir de parâmetro, a partir de parâmetros na realidade. Porque no BIM você consegue colocar até tabela. Fazer essa tabela basicamente.

g) Pergunta 2.3 Você a considera superior, equivalente ou inferior aos métodos tradicionais de cálculo de insumos construtivos?

- Entrevistado 72:

Acredito que seja superior, pois economiza tempo.

- Entrevistado 59:

Eu não acho que nada vai deixar de existir (em referência aos métodos tradicionais), mas acho que as coisas estão mudando com uma velocidade quase

que incompreensível para a gente quando a gente pensa em Inteligência Artificial e desenvolvimento de software. Então, talvez num futuro, a gente deixe de confiar tanto no que se vê, para versus o que se tem de dado de fato. e talvez esse futuro esteja muito mais próximo do que a gente espera.

Então, não acharia estranho se em breve a gente precisasse ter novas normas, novas leis, que exigissem talvez, não sei, relatórios de obra que incluíssem essas ferramentas, esses dimensionamentos de uma forma mais pela máquina, pelo software, que pelo ser humano. Só que, ao mesmo tempo, eu entendo que tudo em obra é maleável, o ambiente de obra pode ser também um caos e nem tudo que de fato foi projetado é seguido ou é mantido, então talvez isso seja muito aplicado nas fases iniciais, mas na execução da obra, acho que a realidade é um pouco mais do que o dia a dia permite fazer.

- Entrevistado 21:

Pensando na minha área especificamente, a parte bidimensional acaba sendo melhor que a tridimensional, porque como tinha mencionado, a parte tridimensional para minha área está começando a ser desenvolvida agora. Então assim, uma análise tridimensional hoje feita a partir de projetos tridimensionais, não dispensa uma análise bidimensional, porque os critérios de projeto do Ministério Público, hoje, precisam de análise bidimensional. Então assim, uma análise tridimensional hoje, pensando na minha área, pode ajudar a balizar uma questão de identificação de uma área mais crítica, mas sendo identificada essa área crítica, precisa ser feita uma análise bidimensional daquela questão, daquele ponto, porque a gente trabalha com seções transversais, mais especificamente.

Agora, sim, no que eu vejo com tridimensional e poderia dar um apoio nessa questão de quantitativo, seria mais na parte de cálculo de volume de terra. Mas, não vejo uma aplicação mais específica além dessa para a gente calcular o quanto de terra, o quanto de solo a gente precisaria para uma área de aterro ou para uma área de bota-fora, mas isso daí acabaria envolvendo muito questão de voo com drone, e esse tipo de coisa de modelos digitais do terreno. Então assim, tem que ver a viabilidade, porque acabam sendo áreas muito extensas, então acredito que o tridimensional, ele seria mais específico para ele ponto do que para análises

matemáticas da situação. No quantitativo que eu vejo o tridimensional sendo aplicado hoje na área que tive contato e tive experiência seria mais nesse ponto.

- Entrevistado 37:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 46:

Em questão de facilidade é superior, você não precisa perder muito tempo, em casos de formatos muito diferentes, calculando à mão. Você também tem uma noção da quantidade que vai dar, você não pode só assumir as coisas que te dão lá, mas se você projetar certinho no Revit, coisa por coisa, peça por peça, material por material, você consegue extrair uma quantidade boa de quantitativos que você pode utilizar, então seria superior.

Os projetos deviam ser modelados como primeira etapa. Eu passei em um trabalho que tinha projetos em 2D e acho que seria mais fácil modelar um 3D e tirar o quantitativo, do que fazer à mão. Acho que à mão fica bem impreciso, com uma variação e demora mais tempo pela forma do projeto, mas precisa ter bastante conhecimento para você poder modelar rápido e direito.

- Entrevistado 66:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 58:

As dificuldades que vejo na implantação da metodologia BIM são o custo que ainda é um programa consideravelmente ainda caro para implantar e também por ser uma tecnologia nova requer treinamento e disponibilidade para o aprendizado.

- Entrevistado 35:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 16:

Com certeza é muito melhor. Porque basicamente quando você tem todos esses parâmetros estabelecidos na sua volumetria no 3D, não fica modelando. O BIM faz as fórmulas direto para você, você não precisa ficar calculando na unha. Isso pouca tempo, sanidade mental e eu acho que também otimiza porque quando a gente faz na unha, a gente calcula os quantitativos o da cabeça, vai ter alguma interferência porque nós somos seres humanos e acabamos errando.

Mas o BIM ele acaba dando uma segurança a mais assim na hora de gerar esse comparativo. E às vezes algumas informações que você nem cogitou colocar um projeto, mas ele consegue gerar para você.

h) Pergunta 3.1 Quais são as dificuldades que as instituições de ensino e empresas da construção civil, podem ter para ensinar, aperfeiçoar e usar a BIM?

- Entrevistado 72:

Existe uma barreira natural para implementar tecnologia, principalmente na área da construção. Hoje na área em que eu atuo, é importante que todos os projetistas desenvolvam em 3D, e aos poucos essa migração está ocorrendo. A instituição de ensino é um ponto muito importante, pois há alguns anos não havia muitos profissionais habilitados para modelar em Revit ou o Archicad, por exemplo. Então, as instituições são importantes, pois são elas que vão colocar essa nova geração no mercado, com mais facilidade para a tecnologia e já estão, naturalmente, mais familiarizados. E, também, porque é essa geração que vai atuar mais no desenvolvimento do desenho em si, na modelagem. Na minha opinião, as dificuldades maiores já passaram, que é o entendimento da utilidade, e do conhecimento da ferramenta em si. Então, para resumir, eu diria que as empresas têm mais dificuldades no treinamento de pessoas na migração das ferramentas, do uso do AutoCAD para o Revit, por exemplo. E as instituições teriam mais dificuldades em ensinar questões mais técnicas, pois com a modelagem em 3D e com muita coisa já pré-pronta, muita coisa já não precisa ser mais desenhada e detalhada. Então, na minha opinião, essas seriam as principais dificuldades.

- Entrevistado 59:

Falando da experiência de universidade pública, a faculdade só pode trabalhar com aplicativos *open source*, então tudo que é pago não entra dentro do ambiente da faculdade, infelizmente, e todos esses aplicativos normalmente são pagos, então esse é o primeiro ponto.

O segundo ponto é que o corpo de docentes é formado majoritariamente por pessoas que nunca saíram da academia, então não têm a experiência de mercado para entender o que é, de fato, relevante e o que não é para os alunos que eles estão formando. Eles são da acadêmica e formam acadêmicos, e não de fato engenheiros, então quando a gente olha para esse cenário, a gente percebe que os professores talvez nem tenham alguma noção que aplicativos como esses são demandados no mercado, porque eles estão presos nos aplicativos que eles utilizam.

E aí, a gente entra numa discussão bem mais profunda do que a gente poderia fazer, seja para atualizar a grade, atualizar o corpo docente ou pelo menos a capacitação do corpo docente para um curso não mais técnico, porque esse não é de fato o papel da faculdade, ainda mais a faculdade pública, o papel é de fato formar novos cientistas para o país. Mas não é por isso que a gente busca faculdade pública, hoje a gente tem muito pouco incentivo para ciência, então talvez fazer a faculdade se comunicar mais com os alunos e também conseguir novos incentivos para faculdade conseguir que acessem esses aplicativos pagos também.

Eu já vivi os dois extremos da empresa pagar o curso para que eu me capacitasse e da empresa jogar a coisa sobre o meu colo e falar “se vira aí”, independente de eu ter alguma experiência prévia, interesse ou não. Então, o que eu posso dizer é que tudo vai depender muito da cultura da empresa, ou da cultura da gestão do projeto também, depende. A empresa não é tudo, tem quem está comandando o projeto, ou a equipe desta repartição desse projeto também, tudo isso influencia. Então, acho que a parte principal, assim, é que tudo depende, infelizmente, e aí quem precisar ou tiver o interesse de destacar no mercado, vai ter que correr atrás.

Então, assim, todo o investimento que a gente faz em nós mesmos, é algo que a gente leva para frente, independente da empresa, então nunca vai ser descartado, é sempre bom aprender. Mas é bem complicada a forma como esperam que a gente aprenda e desdobre para essas novas ferramentas.

- Entrevistado 21:

Acho que duas coisas. A primeira seria a questão do software em si, porque pelo menos na [universidade pública brasileira], eu achei, assim, diferente não ter nem o AutoCAD nas máquinas dos laboratórios, sendo que eu vim da [escola técnica pública]. Na [escola técnica pública], a gente tinha o AutoCAD na licença *full* instalado em todas as máquinas. Acho que o primeiro exemplo seria isso. Depois eu acredito que a capacitação dos professores. Porque a gente tem que o nosso corpo docente acaba não tendo muito contato com essas áreas. Pelo menos o corpo docente da [universidade pública brasileira]. E isso eu acredito que tenha sido uma das principais dificuldades de a gente ter conseguido entrar mais especificamente nesse assunto, porque na graduação se a gente perguntasse para os nossos professores, um ou dois tinha contato com a Metodologia BIM.

- Entrevistado 37:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 46:

Então, pelo que percebi, um problema que eu vi na faculdade era em relação às licenças, porque eles nem sempre conseguiam patrocinadores que ajudassem a comprar elas e no trabalho também percebi que isso precisa de um financiamento para ter. Mas também vi que eles focam muito em fazer as coisas a mão, porque o aluno tem que saber o que se está fazendo. O que é certo. Mas eles podiam ter combinado isso, já que no mundo laboral tudo é *software* praticamente, ninguém faz a mão. No trabalho acho que é questão de dinheiro, pois precisa de computador e internet bons, além de parte financeira para comprar as licenças.

- Entrevistado 66:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 58:

Vejo como uma certa dificuldade a mão de obra qualificada e capacitada.

- Entrevistado 35:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 16:

De trabalho, eu acho que na arquitetura especificamente quando se falta engenharia na arquitetura. Os escritórios normalmente... a grande maioria dos escritórios, maior percentual, utiliza AutoCAD. São ferramentas que eles já são mais populares, são ferramentas que não tem tantas complexidades. Eu acho que o BIM tem uma certa complexidade na hora de você aprender o software. Mas quando você pega a manha, quando você tem um pouco de experiência, tudo fica meio fácil no BIM porque você consegue ir dando alguns jeitinhos ali, resolvendo algumas necessidades.

Mas o começo do BIM é um pouco difícil. A interface dele é um pouco difícil menos do lado de Archicad que é o que eu uso. É um pouco mais complicada que o AutoCAD e o SketchUp. E o Archicad, por exemplo, ele não dá tanta liberdade de formas de volumetria, então para você ter essa uma variedade maior de forma acaba que vai ter que pegar outros programas ainda que são complexos também para incorporar nesse Archicad. Então, a grande maioria dos escritórios usam SketchUp e AutoCAD, um, por convenção que o AutoCAD ele é tipo tijolinho de barro, ele é o melhor. Não é exatamente o melhor, mas é o popular, então está todo mundo usando. Basicamente.

E, outra questão, era falando do ensino, eu acho que são os professores. Não querendo falar mal dos professores, mas acho que no ensino eles não valorizam pessoas que sabem usar esses programas. Porque a maioria dos problemas que eles dão pelo menos no curso de arquitetura são programas que a gente nunca vai utilizar ou a gente vai utilizar, mas não é inovador. Ou tipo, você está meio que negando um avanço que está acontecendo na arquitetura. E eles, os professores, não aprendem isso, os programas, para poder passar para os alunos e a faculdade não contrata professores que têm conhecimento desses programas para poder passar para os alunos, esse conhecimento.

i) **Pergunta 3.2** Você possui alguma dificuldade ou facilidade que influencie no uso de dispositivos computacionais e, conseqüentemente, na metodologia?

- Entrevistado 72:

Eu demorei um pouco a utilizar o Archicad, por exemplo. Ainda é um processo moroso, demora a desenvolver na mesma velocidade de outras ferramentas que eu já utilizo. Mas no geral, eu diria que tenho facilidade, porém reconheço que a migração é muito difícil do que a que aconteceu das pranchetas para o AutoCAD, pois na prancheta ainda prevalecia o desenho em 2D. Então, agora estamos vivenciando a migração do 2D para o 3D. Essa que é a maior dificuldade.

- Entrevistado 59:

Acho que eu tenho certa facilidade, mas eu também tenho muita rejeição. Eu gostaria de poder usar menos dispositivos eletrônicos o máximo possível na minha vida, então sempre que tenho que aprender algo novo, eu acabo postergando isso, ou talvez até atrasando mesmo o aprendizado, porque eu tenho preguiça de passar mais tempo na frente do computador, e quanto mais eu sei, mais as pessoas vão demandar. Um exemplo é a ferramenta do PowerBI, que eu nunca fiz um curso, mas por fuçar um pouco eu sei alguma coisa, aí sempre que descobrem isso, querem que eu faça um dashboard, mas eu não gosto e não é algo que me interessa.

Então, existe a facilidade. Eu realmente acho que isso é algo geracional. Eu peguei a geração, sou de 1996, então quando eu era criança, eu tinha computador na minha casa, então eu já cresci mexendo no computador, eu mexia no computador antes de saber ler. Então, acho que esse tipo de coisa facilita para gente aprender essas ferramentas de uma maneira mais intuitiva.

- Entrevistado 21:

Não diria que eu tenho dificuldade, mas eu diria que eu tenho preguiça. Porque aprender um *software* novo não é fácil, e eu vejo que eu só aprenderia se fosse uma demanda do meu trabalho hoje em dia. Hoje em dia, eu acabo focando o meu aprendizado mais na questão de trabalho do que por livre e espontânea vontade, porque acredito que tenha chegado um ponto que, fora das oito horas do trabalho, eu quero viver outras coisas não relacionadas a isso. Então acho que é esse o ponto.

- Entrevistado 37:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 46:

Acho que tenho facilidade, porque o CYPECAD, que não conhecia, nunca na faculdade ou outro lugar escutei sobre ele, eu aprendi. No começo tem as suas dificuldades de você aprender os comandos, onde estão as coisas, mas é um software bem interativo, bem fácil de utilizar e aprendi rápido. Já o Revit eu tenho mais dificuldade, porque ele tem muitas ferramentas que você pode utilizar, e combinar tudo isso foi uma dificuldade para mim. Na verdade, eu preciso de tempo, que é uma coisa que falta para mim, pelo menos, porque você tem que ficar um bom tempo mexendo no Revit ou no *software* para aprender.

Capacitar não fazem. Eles já esperam que você tenha o conhecimento ou que você aprenda rápido. Te apresentam e não dão as ferramentas para você aprender, na verdade, você tem que procurar por sua conta, mas não tem muita ajuda da parte deles e tem que ser mais da sua para você implementar lá.

- Entrevistado 66:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 58:

Para essa pergunta eu não vejo nem dificuldade e nem facilidade no uso desses dispositivos. O que eu percebo com a minha visão pessoal é a falta de acesso, é um software caro, o processo de implantação requer bastante treinamento para conhecer todas as possibilidades do método. Acredito que quando muito mais pessoas e muito mais empresas tiverem acesso às ferramentas, consequentemente o custo será reduzido.

- Entrevistado 35:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 16:

Eu tenho uma certa dificuldade com tecnologia por muitos motivos. Mas em relação aos programas, eles não são assim complexos. É difícil você pegar esse começo porque a interface não é tão fácil, mas os programas, pelo menos o

Archicad, que eu conheço, ele tende a ser intuitivo. Então, você aprende caminhos onde você tem que ir e ele vai te guiando e a partir disso ele vai transformando essa volumetria em dados, isso é bem legal. Então apesar de eu ter uma dificuldade com tecnologia, no início foi complicado no Archicad, mas hoje eu acho bem tranquilo. Ao ponto faz cinco meses que eu não uso o Archicad, ou seja, provavelmente eu esqueci algumas coisas. Mas se eu pegar agora sei que eu vou lembrar e vou relembrando e vou conseguindo fazer porque ele é bem intuitivo.

j) **Pergunta 3.3** Qual é a sua percepção geral da capacitação e motivação de demais profissionais para o uso adequado, otimizado e proveitoso desses dispositivos?

- Entrevistado 72:

Percebo que muita gente procura a capacitação na ferramenta para se recolocar no mercado de trabalho e, através desse caminho, vem a motivação. A modelagem de uma edificação, muitas vezes requer mais conhecimento técnico e experiência de um profissional com mais tempo de formação, então vejo capacitação e motivação andando juntos. Acredito que seguiremos de forma colaborativa para encontrar melhores meios de utilização das ferramentas. Mas na minha opinião, tendo em vista a minha experiência dentro de escritórios de arquitetura, dificilmente chegaremos a utilizar de forma adequada, mas utilizaremos de uma forma viável, explorando e entendendo melhor as ferramentas e otimizando o tempo de uso e principalmente, o tempo de retrabalho.

- Entrevistado 59:

Acho que isso varia demais de acordo com o nicho onde a gente está inserido. Por exemplo, quando eu estava na parte de gestão de energia, eu via muita gente mais confortável na própria existência de trabalho, achando que a experiência de trabalho era o suficiente para se capacitar, então não via tanta gente preocupada em fazer curso, fazer pós-graduação como vejo hoje.

Acho que o ambiente de construção, eu conheci muito mais gente fazendo pós-graduação, fazendo especializações e vejo mais gente interessada em se capacitar hoje do que eu já via. Então, acho que hora ou outra, se a pessoa quiser se

destacar no mercado, ela vai precisar correr atrás, então talvez isso não tenha a ver tão exatamente com o ambiente, mas também com a época de vida.

Então, é uma pergunta complicada, mas de maneira geral, eu vejo muita gente se capacitando sim. Se eu pensar a respeito da minha sala, posso dizer que a maioria ainda não começou uma pós-graduação, apesar de estar trabalhando na área. Só que se eu olhar para as pessoas um pouco mais velhas, aí eu vejo as pessoas começando a querer se especializar.

- Entrevistado 21:

Eu acho que você saber o básico do software para desenvolver uma atividade específica, pode te dar embasamento para você desenvolver uma atividade diferente no futuro. Eu acredito, acho que da vida profissional de quase todo mundo que eu conheço, o pessoal acaba focando especificamente nas demandas que tem profissionalmente no dia a dia. Então, por exemplo, hoje eu trabalho só com barragem, eu foco toda a parte de análise para barragens. Mas eu vejo que se, por exemplo, amanhã eu mudar de área e eu for para pilha ou para uma parte de rodovias, apesar de eu não saber desenvolver aquela atividade especificamente, utilizar o software para aquela atividade especificamente, eu sei utilizar as funções básicas do software e eu posso me adaptar para desenvolver uma nova atividade.

Pensando nessa questão, por exemplo, de troca de atividade quando você já sabe o software, eu acho que os profissionais, acaba sendo uma necessidade de você aprimorar mais as análises que você faz, mas não faz sentido você aprender a mexer, eu hoje, por exemplo, aprender a mexer com pilha, sendo que hoje eu não vou conseguir desenvolver e aplicar isso profissionalmente.

Mas quando, eventualmente, tem essa troca de áreas, eu acho que os profissionais estão muito autodidatas nessa questão, porque aquilo: quando você vai aprender um *software* ou quando você já sabe um *software*, você tem que saber interpretar os resultados que ele te retorna. Quando você está na área de geotecnia, você é um geotécnico, por exemplo, você já sabe que comportamento esperar dos tipos de solo em relação às questões de resistência, permeabilidade, etc. Então aí, você desenvolve esse novo campo e você confronta com a parte bibliográfica e vê se faz sentido o resultado que você está tendo ou não.

- Entrevistado 37:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 46:

Eu acho que as pessoas vão percebendo, os profissionais que trabalham com isso, da facilidade de aplicativos, que se podem ganhar mais tempo, conseguir a planta, corte e armadura sem precisar de muitas pessoas ou de ter muito tempo gasto com isso. Estão percebendo também que muitas empresas, no mundo laboral, estão usando cada dia mais isso, então eles como competência também para entrarem nessas empresas precisam ter esse conhecimento.

Acho que as pessoas mais velhas acreditam que o 2D é melhor, porque eles não sabem sobre outros aplicativos, acho que também não têm tempo para saber, e ficam falando “eu não sei o que ele faz, tenho que aprender, e do meu jeito eu sei. Tenho certeza de que é assim”. Por isso, eles estão com receio de passar para metodologia BIM, ou de dar esse passo nessa mudança. Acho que a gente está numa transição dos jovens, que estão começar a utilizar mais aplicativos, e os que ficam mais para trás, pois estão com receio de receber essa tecnologia.

- Entrevistado 66:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 58:

Conheço uma grande parcela de colegas com vontade de aprender e dominar esse programa, pois realmente ele otimiza o tempo e agiliza o processo.

- Entrevistado 35:

Entrevistado não respondeu esta pergunta.

- Entrevistado 16:

Os escritórios, alguns que eu trabalhei não tiveram tanto interesse em aprender BIM, um, por conta da licença que eles teriam que pagar que ia ser um valor mais alto e, outro, que seria a capacitação das pessoas, porque as pessoas todos que trabalhavam naquele escritório, tinha em específico umas doze pessoas, a

maioria não sabia BIM. Ou sabia muito pouco, tinha um conhecimento leve. Eu acho que a maioria dos escritórios tem essa visão. Agora eu tinha uma experiência recentemente até de trabalhar em outro escritório que eles pagaram para a gente ter uma capacitação em BIM, produto de capacitação em mim.

Então, a gente acabou tendo e isso super melhorou a qualidade das nossas entregas. Melhorou em diversos aspectos. Melhorou fluxo de trabalho. E eu acho que existe uma grande dificuldade dos escritórios de passarem por essa etapa do BIM. Muito por conta da capacitação das pessoas, não são tantas pessoas capacitadas e principalmente as pessoas que estão na administração dos seus escritórios, eles não são capacitados em BIM, é grande maioria. Isso faz com que não tenha essa aceitação.