



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil

MARCOS VINICIUS DE SOUZA LIMA

**CONTRIBUIÇÕES DO BUILDING INFORMATION MODELING
(BIM) PARA OBRAS PÚBLICAS: UM ESTUDO DE CASO
PARA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
(UFOP) DA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA**

Ouro Preto
2020

CONTRIBUIÇÕES DO BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) PARA OBRAS
PÚBLICAS: UM ESTUDO DE CASO PARA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE
OURO PRETO (UFOP) DA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA

MARCOS VINICIUS DE SOUZA LIMA

Monografia de conclusão de curso para
obtenção do grau de Engenheiro Civil na
Universidade Federal de Ouro Preto
defendida e aprovada em 09 de setembro
de 2020 como parte dos requisitos para a
obtenção do Grau de Engenheiro Civil.
Banca examinadora:

Área de concentração: Obras Públicas e Construção

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Jorge Brigolini Silva

Prof^a. Dr^a. Ana Leticia Pilz De Castro

Prof. Dr. Aníbal Da Fonseca Santiago

Ouro Preto
2020

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S729c Souza, Marcos Vinicius de Souza Lima.
Contribuições do Building Information Modeling (BIM) para obras
públicas [manuscrito]: um estudo de caso para a Universidade Federal de
Ouro Preto (UFOP) da subestação de energia. / Marcos Vinicius de Souza
Lima Souza. - 2020.
67 f.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Jorge Brigolini Silva Brigolini.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia Civil .

1. Building Information Modeling (BIM). 2. Obras Públicas. 3.
Arquitetura. 4. Engenharia civil. 5. Decretos-leis. I. Brigolini, Guilherme
Jorge Brigolini Silva. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624.13

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB: 1716

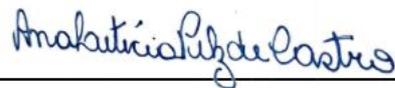
CONTRIBUIÇÕES DO BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) PARA OBRAS
PÚBLICAS: UM ESTUDO DE CASO PARA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE
OURO PRETO (UFOP) DA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA

MARCOS VINICIUS DE SOUZA LIMA

Monografia de conclusão de curso para
obtenção do grau de Engenheiro Civil na
Universidade Federal de Ouro Preto
defendida e aprovada em 09 de setembro
2020 como parte dos requisitos para a
obtenção do Grau de Engenheiro Civil.
Banca examinadora:



Orientador: Prof. Dr. Guilherme Jorge Brigolini Silva



Prof.ª. Dr.ª. Ana Leticia Pilz De Castro



Prof. Dr. Aníbal Da Fonseca Santiago

*Em meio a riscos diversos, superando todos
os percalços, trilhamos nosso caminho...*

Eneida

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, que me incentivou em todos os momentos, por seu amor e dedicação incondicional, por compreender os motivos de minha ausência enquanto me dedicava à graduação.

Aos meus professores e orientadores Renata e Guilherme, por terem dedicado parte de seu tempo a este trabalho, contribuindo para que ele pudesse tomar o melhor caminho possível. Suas correções e ensinamentos permitiram a mim, apresentar um melhor desempenho no processo de construção deste trabalho.

A Edmundo, por seus conselhos, pela ajuda e pela paciência, que sem a qual não teria trilhado o mesmo caminho de aprendizado.

A Escola de Minas da UFOP, primordial no meu processo de formação profissional, e por todo o aprendizado ao longo dos anos do curso.

RESUMO

O sistema CAD foi o precursor na realização de projetos e desenhos técnicos em computadores, permitindo apenas a realização de representações gráficas de projetos. O BIM permite uma nova abordagem da parte de projetos e dos processos construtivos como um todo na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), permitindo englobar ambas as fases, sendo capaz de minimizar os erros dos orçamentos e interferências entre projetos de diferentes disciplinas. Tendo em vista as duas ferramentas de projetos, este trabalho realizou um comparativo do levantamento de quantitativos e a verificação de interferências de projetos utilizando o método convencional CAD e a Metodologia BIM. Para obter os resultados, foi desenvolvido os projetos utilizando o software Autodesk Revit, que adota a metodologia BIM e, posteriormente, comparados com os desenvolvidos pelo no sistema CAD. Os resultados demonstraram que a utilização da Metodologia BIM, permite uma análise prévia das interferências entre os projetos, evitando erros durante a execução, e que o levantamento de quantitativos terá maior exatidão ao ser comparado ao estimado feito pelo sistema CAD.

Palavras-chaves: Metodologia BIM 1, Arquitetura 2, Engenharia Civil 3, Construção 4.

ABSTRACT

The CAD system was the precursor in the realization of projects and technical drawings on computers, allowing only the realization of graphic representations of projects. BIM allows a new approach to design and construction processes as a whole in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry, allowing to encompass both phases, being able to minimize budgeting errors and interference between projects of different disciplines. Taking into account the two design tools, this work performed a comparison of the quantitative survey and the verification of project interference using the conventional CAD method and the BIM Methodology. To obtain the results, the projects were developed using the software Autodesk Revit, which adopts the BIM methodology and later compared with those developed by the CAD system. The results showed that the use of the BIM Methodology, allows a prior analysis of the interference between the projects, avoiding errors during execution, and that the quantitative survey will be more accurate when compared to the estimated made by the CAD system.

Keywords: Methodology BIM 1, Architecture 2, Civil Engineering 3, Construction 4.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Impactos do BIM por Nível de Experiencia dos Usuários.	10
Figura 2: Dimensões do BIM.....	11
Figura 3: Diagrama esquemático dos processos DBB e DB.....	16
Figura 4: Roadmap da Estratégia BIM BR.....	20
Figura 5: Ciclo de vida de uma Obra Militar.....	23
Figura 6: Localização da Nova Subestação de Energia Elétrica.....	28
Figura 7: Subestação de Energia Elétrica – Estudo de Caso.	28
Figura 8: Metodologia de pesquisa.....	29
Figura 9: Configuração de uma família de parede no Autodesk Revit.	32
Figura 10: Modelagem da Arquitetura.....	34
Figura 11: Modelagem da Estrutura.....	35
Figura 12: Vista da união entre parede e pilar.	38

LISTA DE SIGLAS

ABDI – Associação Brasileira de Desenvolvimento da Industria

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC – Arquitetura, Construção e Engenharia

BDS – Building Description System

BIM – Building Information Modeling ou Modelagem de Informação da Construção

BR – Brasil

CAD – Computer Aided Design ou Desenho Assistido por Computador

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

DB – Design Build ou Projeto & Construção

DBB – Design Bid Build ou Projeto Concorrência Construção

DOM – Diretoria de Obras Militares

DOU – Diário Oficial da União

IFC – Industry Foundation Classes

LOD – Levels of Development ou Nível de Desenvolvimento

UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	V
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE SIGLAS.....	IX
SUMÁRIO.....	X
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo.....	3
1.1.1 Objetivos Específicos.....	3
1.2 Estrutura de desenvolvimento do trabalho.....	4
1.3 Delimitações do trabalho.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1 Contexto Histórico do BIM.....	6
2.2 Benefícios do BIM.....	8
2.3 Dimensões do BIM.....	10
2.4 Interoperabilidade.....	12
2.5 Níveis de desenvolvimento.....	13
2.6 O custo da ineficiência da indústria da construção.....	14
2.7 Modelos de contratação em BIM.....	15
2.7.1 Projeto Concorrência Construção – DBB.....	16
2.7.2 Projeto & Construção – DB.....	18
	X

2.8	Governo Federal Brasileiro.....	18
2.8.1	Metas Específicos da Estratégia BIM BR.....	19
2.8.2	Indicadores e Metas.....	19
2.8.3	BIM BR Roadmap	20
2.8.4	Decreto Nº 10.306, de 2 de abril de 2020	21
2.9	Cenário Brasileiro no Uso do BIM em Obras.....	22
2.9.1	Exército Brasileiro	22
2.9.2	Empresa SINCO	24
3	METODOLOGIA	27
3.1	Descrição do Estudo de Caso	27
3.2	Metodologia de pesquisa.....	29
3.3	Procedimentos.....	29
3.3.1	Definição do tema e da Revisão Bibliográfica	29
3.3.2	Definição e Obtenção do Estudo de Caso	30
3.3.3	Modelagem dos projetos no Modelo BIM.....	31
3.3.4	Compatibilização dos projetos no Modelo BIM	32
3.3.5	Levantamentos dos quantitativos do Modelo BIM.....	33
4	RESULTADOS.....	34
4.1	Modelo BIM da edificação	34
4.1.1	Arquitetura.....	34
4.1.2	Estrutura.....	35
4.1.3	Compatibilização dos Projetos no Modelo BIM	35
4.2	Levantamento de quantitativos e comparação entre o Modelo BIM e Convencional	36

4.2.1	Infraestrutura.....	37
4.2.2	Superestrutura	37
4.2.3	Alvenaria	38
4.2.4	Revestimento externo	39
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
5.1	Em relação objetivos	40
6	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45
	ANEXOS.....	50
	ANEXO A.....	50
	ANEXO B.....	53

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, diversos setores da Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) foram marcados pelos avanços tecnológicos provocando impactos diretos e indiretos em suas organizações. Atualmente, manter-se “atualizado” representa um papel vital para a sobrevivência nas Empresas da Indústria da AEC.

Apesar de ser um conteúdo ainda “incipiente” no Brasil o conceito da Metodologia Building Information Modeling (BIM) ou Modelagem de Informação da Construção remota dos anos 1970, de acordo com Eastman, Teicholz, *et al.*, (2014) “*é uma tecnologia de modelagem e um grupo de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção*”.

Ressalta-se que o conceito da Metodologia BIM não é apenas uma mera evolução dos desenhos 3D ou uma ferramenta tecnológica, ele representa um novo conceito ao se abordar as atividades do empreendimento como um todo. Quando se modela a partir de conceitos da Metodologia BIM, há a integração entre todas as etapas de um empreendimento, inclusive do desenho técnico arquitetônico (onde não se fazem cortes ou elevações separadamente ou desconectadas, mas sim um modelo parametrizado), ou seja, que contenha todas as informações relevantes de um projeto, como por exemplo: quantificação de trabalho e mão de obra, propriedades construtivas, representação gráfica, quantitativo de materiais etc.

Na indústria da construção civil, por exigir uma constante evolução substancial em seus métodos, ferramentas, processos e conceitos, compete aos envolvidos utilizá-las à medida do possível de forma a se manterem competitivos às exigências do setor (FORMOSO, BERNARDES, *et al.*, 1999).

O BIM se apresenta como um dos paradigmas pelo qual setores da AEC têm enfrentado nos últimos anos. Representando uma tendência promissora na atualidade, associada à expansão do entendimento dos conceitos envolvidos na Metodologia BIM e pelos adotantes, em especial os participantes da AEC. A necessidade dos profissionais adotantes esteja sempre avançada tecnologicamente,

dentro de suas limitações, e que busquem regularmente evoluir suas técnicas e um constante aprendizado.

O uso do BIM reduz consideravelmente os erros de planejamento e compatibilização de projetos, porque permite a integração de todas as partes envolvidas em um empreendimento, desde engenheiros, arquitetos e até responsáveis pela compra de materiais. A todos esses atores é permitido confrontar as diferentes partes de seus projetos, fator fundamental que determinará a viabilidade de um empreendimento.

De acordo com Eastman, Teicholz, *et al.*, (2014) são duas as principais “tecnologias” envolvidas na Metodologia BIM, a saber: a modelagem paramétrica e a interoperabilidade.

Por meio da modelagem paramétrica é permitido representar objetos por parâmetros, ou seja, incorpora-se suas propriedades geométricas e não geométricas, como por exemplo: suas características físicas. O que possibilita a extração de relatórios, averiguação de inconsistências. Quanto à interoperabilidade, é a premissa para o desenvolvimento de uma prática de integração entre as diferentes equipes de profissionais (CBIC, 2016).

Apesar de as pesquisas relacionadas a Metodologia BIM serem recentes, há um interesse por diversos setores em difundirem o tema, seja por congressos e eventos nacionais. Entretanto, as publicações a respeito do tema são recentes, de acordo com Andrade e Ruschel, (2009), e abordam temas como: conceitos básicos do BIM, seu uso no processo de projeto, sua relação com a colaboração e a interoperabilidade.

De acordo com Wong, Wong e Nadeem (2009), a implementação do BIM apresenta algumas peculiaridades, variando de acordo com as condições do país em questão, dependente de fatores como o tamanho e natureza do sistema econômico. Dessa forma, ter conhecimento das soluções e dos resultados obtidos por meio do BIM em países nos quais o tema é bem difundido é uma maneira para identificar as oportunidades que surgiram ao se implementar no contexto nacional.

Segundo Witicowski e Scheer, (2012), o cenário internacional conta com instituições e governos investindo nos últimos em pesquisas para o uso da Metodologia BIM. Dentre as organizações internacionais e os mecanismos que garantem sua implementação, pode-se citar: International Alliance of Interoperability (IAI), National Institute of Building Sciences (NIBS), Associated General Contractors of America (AGC), Construction to Operations Building Information Exchange (COBIE), General Service Administration (GSA), International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), entre outras.

Quanto às organizações governamentais, destacam-se as seguintes: Geological Society of America - GSA, nos Estados Unidos por meio de investimentos em pesquisas; a Senate Properties na Finlândia e da INNOVA na Europa, por meio de regulamentações para a construção.

Cabe ressaltar que a Europa representa um grande precursor na vanguarda da Metodologia BIM, a indústria da AEC tem um papel fundamental na economia Europeia, representando a 10% do PIB. Sendo reconhecido pelas autoridades da União Europeia (UE) a devida importância para o aperfeiçoamento da indústria da construção por ser responsável para o crescimento, geração de empregos e para a sustentabilidade do setor (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

1.1 Objetivo

Aplicar os conceitos da Metodologia BIM para os diferentes projetos da Subestação de Distribuição de Energia Elétrica da UFOP e comparar com a metodologia convencional.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Analisar a viabilidade da implementação do BIM em obras públicas
- Realizar a modelagem e a compatibilização dos projetos, através de softwares BIM, para criar um modelo inteligente do edifício.

- Realizar a extração dos quantitativos e comparar os resultados obtidos através da Metodologia BIM com o método convencional adotado.
- Comparar os resultados obtidos através da Metodologia BIM com o método convencional adotado.
- Ponderar qual o melhor método de contratação de serviços de construção civil.

1.2 Estrutura de desenvolvimento do trabalho

Para obter um melhor aproveitamento do trabalho, o mesmo foi organizado em cinco capítulos, sendo estes:

O Capítulo 1 – Introdução: Apresenta as justificativas e os objetivos propostos para o desenvolvimento do estudo de caso, estrutura e as delimitações a serem utilizadas para o desenvolvimento do mesmo.

O Capítulo 2 – Revisão bibliográfica: apresenta os conceitos, temas e suas definições estudadas ao longo do período de graduação em Engenharia Civil e pertinentes para o desenvolvimento deste trabalho. Dentre estes conceitos serão abordados alguns ainda não tão consolidados como o BIM e outros considerados bem difundidos como levantamento de quantitativos.

O Capítulo 3 – Metodologia e Desenvolvimento: define os processos utilizados e a maneira como são utilizados para alcançar os objetivos propostos no presente estudo.

O Capítulo 4 – Resultado: Apresenta os resultados alcançados pelo desenvolvimento deste estudo, se corresponderam ou não aos objetivos propostos, analisa os procedimentos utilizados e os benefícios que estes podem trazer para o desenvolvimento de projetos dentro da AEC.

O Capítulo 5 – Conclusão: Apresenta as conclusões relativas a este estudo como também as sugestões de trabalhos futuros a serem desenvolvidos por áreas a fins a partir deste trabalho.

1.3 Delimitações do trabalho

Para atingir os objetivos propostos pelo presente trabalho algumas considerações devem ser esclarecidas. O modelo a ser desenvolvido dentro do *software* Autodesk Revit tem por objetivo obter um modelo inteligente da edificação, com intuito de proporcionar a compatibilização dentre os projetos envolvidos e extrair os quantitativos do empreendimento.

O estudo pretende contemplar a Metodologia BIM para as áreas do empreendimento descritas anteriormente, proporcionando maior eficácia, eficiência e melhorar a previsibilidade de resultados no processo de compatibilização dos projetos e extração dos quantitativos do empreendimento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contexto Histórico do BIM

Nos últimos anos tem-se discutido com certa frequência a respeito do Building Information Modeling (BIM). Sobre seus conceitos e quanto a sua nomenclatura, tornando-se de conhecimento de profissionais e das indústrias da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Contudo, os relatos mais antigos documentados que trata do assunto diz respeito a um protótipo de trabalho, sendo o “*Building Description System* (BDS)” publicado por Charles Eastman, na *Jornal AIA* (extinto), incluindo noções do BIM, sendo estas:

(...) definir elementos de forma interativa (...) derivando seções, planos isométricos ou perspectivas de uma mesma descrição de elementos (...). Qualquer mudança no arranjo teria que ser feita apenas uma vez para todos os desenhos futuros. Todos os desenhos derivados da mesma disposição de elementos seriam automaticamente consistentes (...) qualquer tipo de análise quantitativa poderia ser ligada diretamente à descrição (...) estimativas de custos ou quantidades de material poderiam ser facilmente geradas (...) fornecendo um único banco de dados integrado para análises visuais e quantitativas (...) verificação de código de edificações automatizado na prefeitura ou no escritório do arquiteto. Empreiteiros de grandes projetos podem achar esta representação vantajosa para a programação e para os pedidos de materiais." (EASTMAN, 1975).

Concomitante ao trabalho realizado por Eastman, pesquisas e desenvolvimentos semelhantes foram realizados na Europa nos anos 1970 e início dos anos 1980 em especial no Reino Unido, passando por diversas abordagens até se tornar conhecido como BIM. O primeiro uso do termo BIM, como é conhecido atualmente, foi em um artigo publicado por (AISH, 1986).

Os conceitos relacionados ao BIM vêm propiciando mudar a forma como enxerga-se os edifícios, como se dá a sua construção, seu funcionamento e as diferentes formas para executá-los. Por permitir o uso de modelos inteligentes e paramétricos da construção, facilita e flexibiliza o fluxo e informações e a tomada de decisões ao longo da vida útil do empreendimento. De acordo com Sakamori, (2015) o BIM proporciona uma visão sistêmica de todo o ciclo construtivo de um empreendimento, permitindo analisar o empreendimento como um todo, agregando a todas as etapas e atividades um gerenciamento estratégico.

De acordo com National Institute of Building Sciences, (2008) o BIM é classificado em três níveis, sendo estes: o BIM como um produto ou uma representação digital e inteligente; o BIM como um processo colaborativo, envolvendo a interoperabilidade entre todos os motivadores; e o BIM com ferramenta para o gerenciamento do ciclo de vida de um empreendimento.

É notório o atual cenário econômico do Brasil, um período de recessões e instabilidades, levando os setores públicos e privados a procurarem meios para reduzir custos e otimizar seus processos. Há uma tendência para a procura de novas metodologias para o desenvolvimento e execução de projetos. A consequência da implementação destas pode ser melhores resultados, reduzindo os custos e aumentando a produtividade.

A indústria da construção civil no Brasil representa um dos setores com maiores investimentos na economia brasileira, estando entre uma das maiores do mundo, sendo responsável por 2% da indústria global (MOHAMAD e LEUSIN DE AMORIN, 2015). A adesão dos conceitos da Metodologia BIM e suas ferramentas por uma indústria tão grande pode levar a um impacto significativo na economia.

Tal cenário, tem levado empresas públicas a adotarem a Metodologia BIM, conforme o Decreto Federal 9.938, em 22 de agosto de 2019 decretado pelo Governo Federal, sendo este um Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling no Brasil – Estratégia BIM BR. De acordo com o decreto, o desenvolvimento de projetos em BIM se tornará obrigatório em obras públicas a partir de 2021. A partir

dessa medida a Associação Brasileira de Desenvolvimento da Indústria (ABDI) espera que ocorra um aumento na produtividade de 10% para o setor da AEC, além de proporcionar uma redução de custos de aproximadamente 20% (EXAME, 2018).

Concomitantemente, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) tem procurado desenvolver publicações com o intuito de regulamentar o uso do BIM no território brasileiro (ABNT, 2020).

Atualmente no Brasil, as pesquisas sobre BIM se concentram majoritariamente nas universidades, se comunicando através da Rede BIM Brasil. São considerados por Cordoso, (2011) centros acadêmicos brasileiros de referência no desenvolvimento de pesquisas tecnológicas e comunicação as seguintes universidades: Universidade de São Paulo (USP); Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); Universidade Federal do Paraná (UFPR); Universidade Federal Fluminense (UFF); Universidade Federal da Bahia (UFBA); Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM); Universidade Federal do Ceará (UFC); Universidade Federal de Viçosa (UFV); Universidade Nacional de Brasília (UnB); e Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó).

Observa-se que o cenário nacional é favorável à investigação, pesquisas e disseminação acerca da Metodologia BIM, especificamente, setores da AEC.

Ainda no contexto nacional, a parceria entre a ABDI com o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) resultou na plataforma BIM BR e uma biblioteca pública brasileira de BIM Ministério da Economia, (2018), ambas disponíveis para acesso via Internet.

2.2 Benefícios do BIM

Apesar dos benefícios oriundos do BIM a indústria da AEC ainda se encontra nas fases iniciais de utilização, comparando-se com às práticas tradicionais CAD 2D. Algumas das principais vantagens esperadas com o desenvolvimento do BIM podem ser apresentadas para as diferentes fases de um empreendimento de acordo com (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2014):

- **Fase de pré-construção para o proprietário:** conceitos, viabilidade, benefícios do projeto, aumento da qualidade e do desempenho da construção.
- **Fase de projeto:** visualização antecipada e mais precisa de um projeto, permiti correções automáticas de baixo nível quando mudanças são realizadas no projeto, geração de desenho 2D precisos e consistentes, colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto, verificação facilitada das intenções de projeto, extração de estimativa de custos durante a etapa de projeto, incrementação da eficiência energética e a sustentabilidade.
- **Fase de construção e à fabricação:** sincronização de projeto e planejamento da construção, descoberta de erros de projeto antes da construção, reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro, uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados, melhor implementação e técnicas de construção enxuta, sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção.
- **Fase pós-construção:** melhor gerenciamento e operação das edificações, integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades.

Há uma tendência entre diversos autores quanto aos principais benefícios e facilidades envolvendo a Metodologia BIM em um empreendimento: redução significativa no tempo de desenvolvimento de projetos de engenharia, arquitetura e instalações, possibilitar o suporte para a automação da produção de peças com maior precisão e assertividade e a precisão quanto a levantamento de quantitativos e custos a construção.

Cabe ressaltar que os benefícios proporcionados pelo uso do BIM estão diretamente relacionados ao nível de experiência de seus usuários. De acordo com a pesquisa realizada por McGraw Hill Construction, (2008), ao ponto que se alcança um maior nível de maturidade no uso do BIM, seus benefícios geram impactos substanciais nas organizações (ver Figura 1). Em síntese, 82% (oitenta e dois

porcento) dos usuários Experts em BIM consideram que o impacto é positivo em uma empresa (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2008).

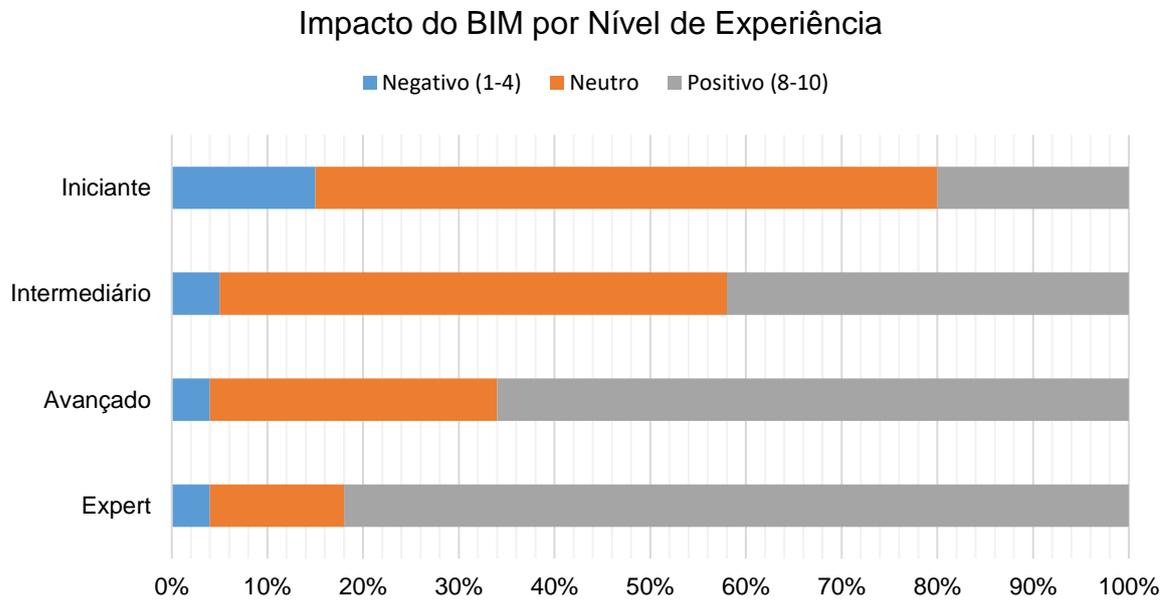


Figura 1: Impactos do BIM por Nível de Experiencia dos Usuários.

Fonte: McGraw Hill Construction, (2008) – Adaptada.

Ainda na mesma pesquisa, possuir habilidades de coordenação de diferentes softwares e equipes de projeto, pode resultar em benefícios ao se utilizar o BIM como o aprimoramento contínuo da produtividade, comunicação e o controle de qualidade. São apresentadas as atividades mais frequentes entre os usuários do BIM no topo e as menos frequentes em sua base.

2.3 Dimensões do BIM

As atividades desenvolvidas por equipes de um projetos ao longo de sua vida útil, podem ser classificadas quando da utilização do BIM para as diferentes camadas de informações, sendo denominadas por Dimensões do BIM Salvi e Miranda, (2019), conforme demonstrado na Figura 2.



Figura 2: Dimensões do BIM.

Fonte: Salvi e Miranda, (2019) – Adaptada.

De acordo com a Digital Inc., (2018), as Dimensões do BIM podem ser definidas da seguinte forma:

- Forma 3D: dimensões tridimensionais do projeto, é representada por uma modelagem paramétrica de todas as informações contidas no projeto; permite a colaboração multidisciplinar entre as diferentes equipes durante sua concepção.
- Tempo 4D: dimensão relacionada ao planejamento das equipes de trabalho, procura otimizar as atividades desenvolvidas entre construtores e fornecedores procurando atender a um cronograma; permite a simulação de fluxos e processo de trabalho para um gerenciamento do canteiro de obra, possibilitando estabelecer cronogramas enxutos (*Lean Construction*).
- Custo 5D: dimensão relacionada com o orçamento, permite a orçamentação em tempo real do levantamento de quantitativos, dando suporte ao planejamento (4D).

- Sustentabilidade 6D: dimensão relacionada a sustentabilidade do empreendimento, proporciona uma análise do consumo de energia durante a construção e operação do edifício; permite simulações quanto ao caminho do sol, análise de isolamento térmico, ventilação, emissão de CO₂, busca por materiais sustentáveis.
- Gerenciamento 7D: dimensão relacionada ao gerenciamento de informações inerentes ao projeto, como manuais de operação e manutenção, manuais com especificações de prazos de garantia, informações de fabricantes, entre outros; determina planos para manutenção e prevenção de falhas em peças e equipamentos, fornece uma garantia quanto à conformidade com as normas de operações do empreendimento.

2.4 Interoperabilidade

Sendo imprescindível para os adotantes da Metodologia BIM, de acordo com Eastman, Teicholz, *et al.*, (2014), é de suma importância que o intercâmbio entre as informações de diferentes softwares utilizados pelos colaboradores de um projeto seja de forma clara e sucinta. Por não haver um único software capaz de suportar todas as informações e atividades inerentes a um projeto ou ainda que consiga acessar tais informações, Andrade e Ruschel (2009), ressaltam a necessidade de se utilizar um protocolo padrão, único e internacional que possibilite a troca de informações entre diferentes softwares e arquivos durante o processo de projeto.

A partir de tais demandas, necessitou-se criar um meio universal de comunicação entre as diferentes plataformas. Surge então o Industry Foundation Classes (IFC), desenvolvido pela Building SMART, organização em que se concentram empresas que fazem o desenvolvimento de softwares. O IFC surge com o objetivo de promover uma ampliação da comunicação entre as plataformas, promovendo a capacidade de agrupar todas as informações pertinentes e que possuam a função de comunicação entre os softwares utilizados no desenvolvimento de um projeto (MANZIONE, 2013).

De acordo com Sabol, (2008), a proposta de uma única estrutura e internacional de intercâmbio de informações entre os colaboradores de um projeto, ao longo de suas etapas de desenvolvimento valida a criação do IFC. O IFC pode não ser ainda um modelo padrão que unifique os dados inseridos nos projetos BIM, no entanto, tem o potencial de unificar e padronizar a troca de dados entre diferentes softwares.

2.5 Níveis de desenvolvimento

O Nível de Desenvolvimento (*Level of Development – LOD*), é definido como um critério de maturidade e usabilidade de um Modelo BIM para as diferentes fases de um projeto.

De acordo com o AIA (*American Institute of Architects*, ou Instituto Americano de Arquitetura) foi definido cinco níveis de desenvolvimento, sendo possível situar qual o nível necessário de informações em cada etapa do projeto, determinando também o nível de confiabilidade dos dados AIA, (2013). A seguir é apresentado os cinco níveis de desenvolvimentos e seus critérios:

- LOD 100: definido como o primeiro nível de desenvolvimento, as informações contidas no modelo são mais genéricas e com poucos detalhes. Sendo indicado na fase de análise da concepção, com os estudos de volumes, áreas e perímetro, e para estimativas de custos e prazos.
- LOD 200: neste nível tem-se um modelo um pouco mais desenvolvido, sendo equivalente a etapa do anteprojeto, em geral, possui informações básicas suficientes para uma análise primária do sistema estrutural, podendo iniciar a fase inicial de coordenação de projetos. Nesta fase, o projeto requer ser aprovado para a execução.
- LOD 300: após a aprovação do anteprojeto, tem-se um modelo com o detalhamento de cada sistema, necessitando a aprovação de cada projeto. Dessa forma, é possível iniciar a compatibilização dos projetos, garantindo que não haja erros para as próximas fases.

- LOD 400: nesta etapa, tem-se um modelo com detalhes adicionais e todas as estruturas, permitindo serem usados durante a construção. É possível a obtenção da documentação legal, levantamento de quantitativos e o planejamento, permitindo assim, a realização do cronograma físico-financeiro.
- LOD 500: tem-se um modelo equivalente ao *As Built* (Como Construído), correspondente ao modelo real da construção. Nesta etapa, todos os elementos e sistemas são modelados, possuindo os mesmos critérios que o LOD 400, mas pode ser usado durante a vida útil da edificação e suas futuras e necessárias manutenções.

2.6 O custo da ineficiência da indústria da construção

De acordo com o estudo realizado pelo National Institute of Standards and Technology (NIST) em realizado em Maryland, Estados Unidos, o qual analisa os custos adicionais para os proprietários de edificações oriundas de uma interoperabilidade inadequada. O estudo abordou questões como o intercambio e o gerenciamento das informações, sendo que os sistemas individuais se mostraram incapazes de acessar e gerir as informações provenientes de outros sistemas. O Estudo analisou edificações comerciais, industriais e institucionais, focando em novas construções e estabelecidas ao longo de 2002.

Na Indústria da AEC, frequentemente a incompatibilidade entre sistemas impede o intercâmbio de informações de forma rápida e eficaz entre membros de diferentes equipes do empreendimento, resultando em numerosos problemas e custos adicionais.

O estudo mostrou que uma interoperabilidade inadequada representa um acréscimo de US\$ 65,50 por metro quadrado para novos empreendimentos e US\$ 2,53 por metro quadrado para a operação e manutenção. Isso resultou em um acréscimo total de US\$ 15,8 bilhões (GALLAHER, O'CONNOR, *et al.*, 2004).

Em suma, os custos adicionais devidos à interoperabilidade inadequada podem ser atribuídos as seguintes ações:

- Prevenção: devido a sistemas computacionais redundantes, gerenciamento ineficiente dos processos de negócios, pessoal de suporte de TI redundante.
- Mitigação: devido a entrada manual de dados, gerenciamento de solicitações de informações.
- Retardo: devido aos custos com empregados desocupados e outros recursos inativos.

O estudo pontuou que através de uma adoção generalizada do BIM e o uso de um modelo digital que abranja todo o ciclo de vida de um empreendimento seria a medida certa para se eliminar os custos resultantes de uma interoperabilidade inadequada (GALLAHER, O'CONNOR *et al.* 2004).

2.7 Modelos de contratação em BIM

Atualmente, o processo de concepção de um empreendimento seja da concepção do projeto, execução e/ou manutenção do mesmo envolve diversos métodos de contratação. Pode-se destacar duas formas contratuais dominantes de contratação o Projeto-Concorrência-Construção (*Design-Bid-Build* – DBB) e o Projeto & Construção (*Design-Build* – DB), e dentre outras variações destes (SANVIDO e KONCHAR, 1999).

A seguir é apresentado o processo típico de aquisição DBB comparado ao processo típico DB (ver Figura 3).

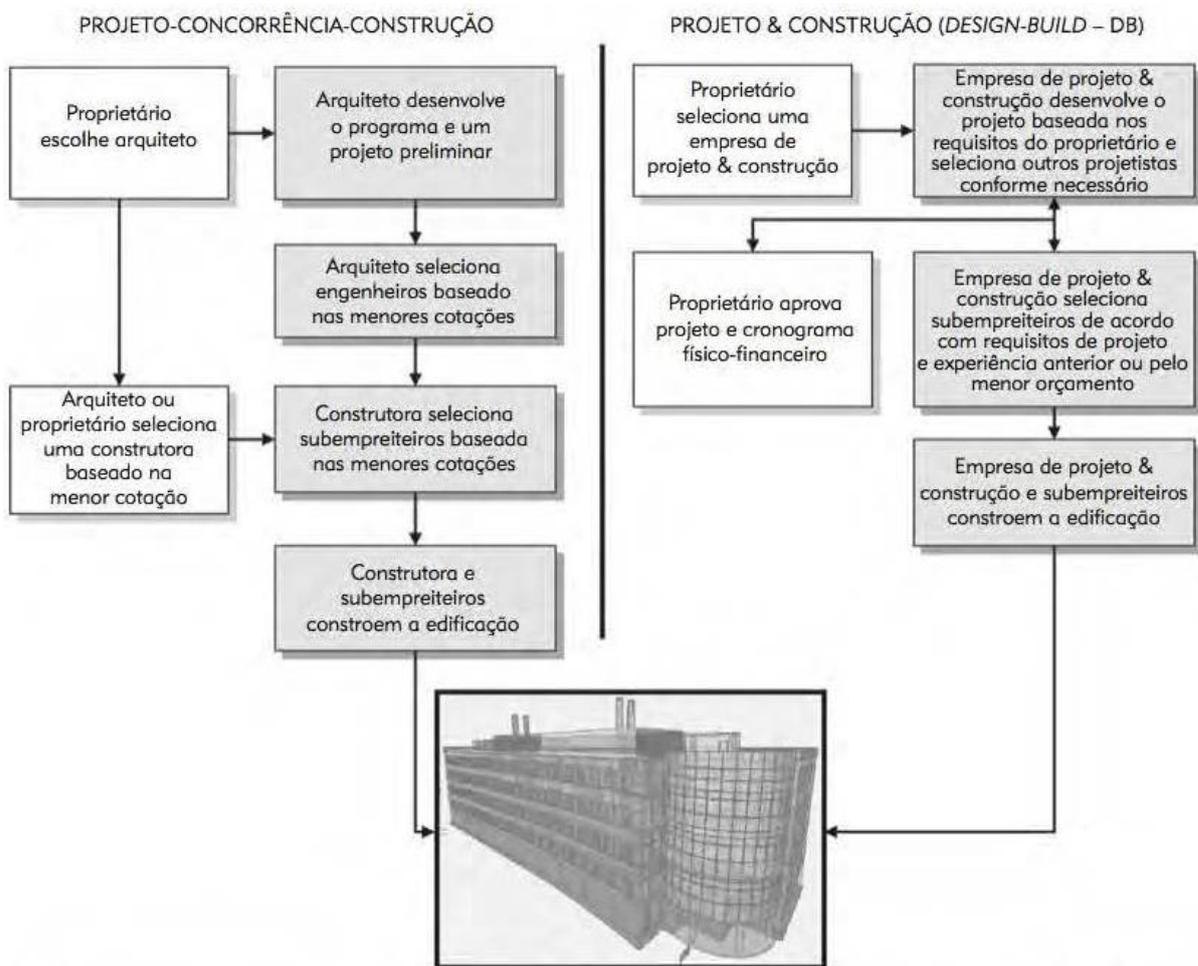


Figura 3: Diagrama esquemático dos processos DBB e DB.

Fonte: Eastman, Teicholz, *et al.*, (2014) – Adaptada.

2.7.1 Projeto Concorrência Construção – DBB

Modelo de contratação dos empreendimentos mais utilizado atualmente, possui uma vantagem em Licitações por proporcionar alcançar o menor preço possível para os proprietários e uma menor pressão política para selecionar a empreiteira, sendo esta última fundamental para órgãos públicos (GOVERNO FEDERAL, 1993).

No modelo DBB, inicialmente o proprietário contrata um arquiteto, que fica responsável por estabelecer um programa com os requisitos da construção junto com

os objetivos de projeto do empreendimento. Ao final, os documentos produzidos devem satisfazer o programa inicial e os códigos de obras e de zoneamento.

Por possuir a responsabilidade pelos erros e omissões, comumente o arquiteto pode optar por não fornecer todos os detalhes dos desenhos isentando-o de possíveis cobranças futuras. No entanto, tais práticas frequentemente levam a disputas com a construtora, à medida que os erros e omissões são detectados representando custos extras.

As construtoras vencedoras da Licitação são aquelas que apresenta o menor preço pelos trabalhos a serem executados incluindo ainda os subempreiteiros selecionados (GOVERNO FEDERAL, 1993). No entanto, antes de iniciar os trabalhos, as construtoras necessitam refazer alguns projetos na busca por refletir o melhor processo construtivo e suas fases de trabalho. Se os projetos forem imprecisos e/ou incompletos, ou ainda, se baseados em projetos com poucos detalhes e erros, inconsistências e omissões, isso acarretará em conflitos caros que os custos associados a tais podem ser significativos para o preço final do empreendimento (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2014).

Os problemas frequentemente surgem quando uma construtora ao propor um orçamento abaixo do custo estimado do empreendimento, no intuito de ganhar o serviço. Dessa forma, ela busca meios de modificações dos processos, visando recuperar as perdas ocorridas no orçamento inicial. Ressalta-se ainda que durante a fase da construção diversas modificações são realizadas nos projetos resultado dos erros e omissões, ou as condições do canteiro não foram devidamente previstas (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2014).

Tais praticas, rigorosamente baseadas na intenção do projeto se mostram ineficientes e irresponsáveis em relação aos clientes que frequentemente levam a disputas judiciais, acrescentando mais custos e atrasos (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2014).

2.7.2 Projeto & Construção – DB

Modelo de contratação no qual consolida as responsabilidades pelo projeto e pela construção a uma única empresa, simplificando a administração de tarefas para o proprietário (BEARD, LOULAKIS e WUNDRAM, 2005).

Nesse modelo, as modificações nos projetos são realizadas nas fases iniciais, sendo posteriormente aprovadas pelo proprietário por meio relações contratuais. Estabelece os custos e o tempo necessário para construir o empreendimento.

Com isso, há uma redução no tempo e nos custos do empreendimento, pois uma vez estabelecidas as relações contratuais, as modificações posteriores tornam-se de responsabilidade do empreiteiro.

Em consequência das simplificações, os empreendimentos terminam antes do prazo, e com menor ou extintas, as complicações legais e com um custo consideravelmente menor (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2014).

No entanto, há uma menor flexibilidade para modificações que possam surgir após o início da construção, uma vez que se estabeleceu os contratos (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2014).

2.8 Governo Federal Brasileiro

Com intuito de incentivar o desenvolvimento dos setores da Indústria da Construção, buscando meios de moderar os gastos públicos e uma maior transparência nos processos licitatórios, e conseqüentemente contribuir para a otimização dos processos de manutenção e gerenciamento dos ativos do Governo, instituiu-se o Decreto Nº 9.938, de 22 de Agosto de 2019 que dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil – Estratégia BIM BR (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, 2017).

Possui a Estratégia BIM BR a finalidade de promover o ambiente adequado para investimentos em BIM e sua disseminação pelo país. A seguir é apresentado os principais pontos da Estratégia BIM BR.

2.8.1 Metas Específicas da Estratégia BIM BR

Os objetivos apresentados a seguir fazem parte da Estratégia BIM BR e foram extraídos do Decreto Nº 9.938 de 22 de agosto de 2019:

- I. Difundir o BIM e seus benefícios;
- II. Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- III. Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- IV. Estimular a capacitação em BIM;
- V. Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VI. Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VII. Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- VIII. Estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;
- IX. Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

2.8.2 Indicadores e Metas

Os Indicadores e Metas apresentados a seguir são baseados nos objetivos definidos pela Estratégia BIM BR e foram extraídos da BIM BR Construção Inteligente (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, 2017):

- Aumentar a produtividade das empresas em 10% (produção por trabalhador das empresas que adotarem o BIM);
- Reduzir custos em 9,7% (custos de produção das empresas que adotarem o BIM);
- Aumentar em 10 vezes a adoção do BIM (hoje 5% do PIB da Construção Civil adota o BIM, a meta é que 50% do PIB da Construção Civil adote o BIM);

- Elevar em 28,9% o PIB da Construção Civil (com a adoção do BIM, o PIB do setor, ao invés de 2,0% ao ano, espera-se que cresça 2,6% entre 2018 e 2028, ou seja, terá aumentado 28,9%no período, atingindo um patamar de produção inédito).

2.8.3 BIM BR Roadmap

A seguir é apresentado o Roadmap da Estratégia BIM BR o mesmo foi extraído da BIM BR Construção Inteligente (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, 2017).

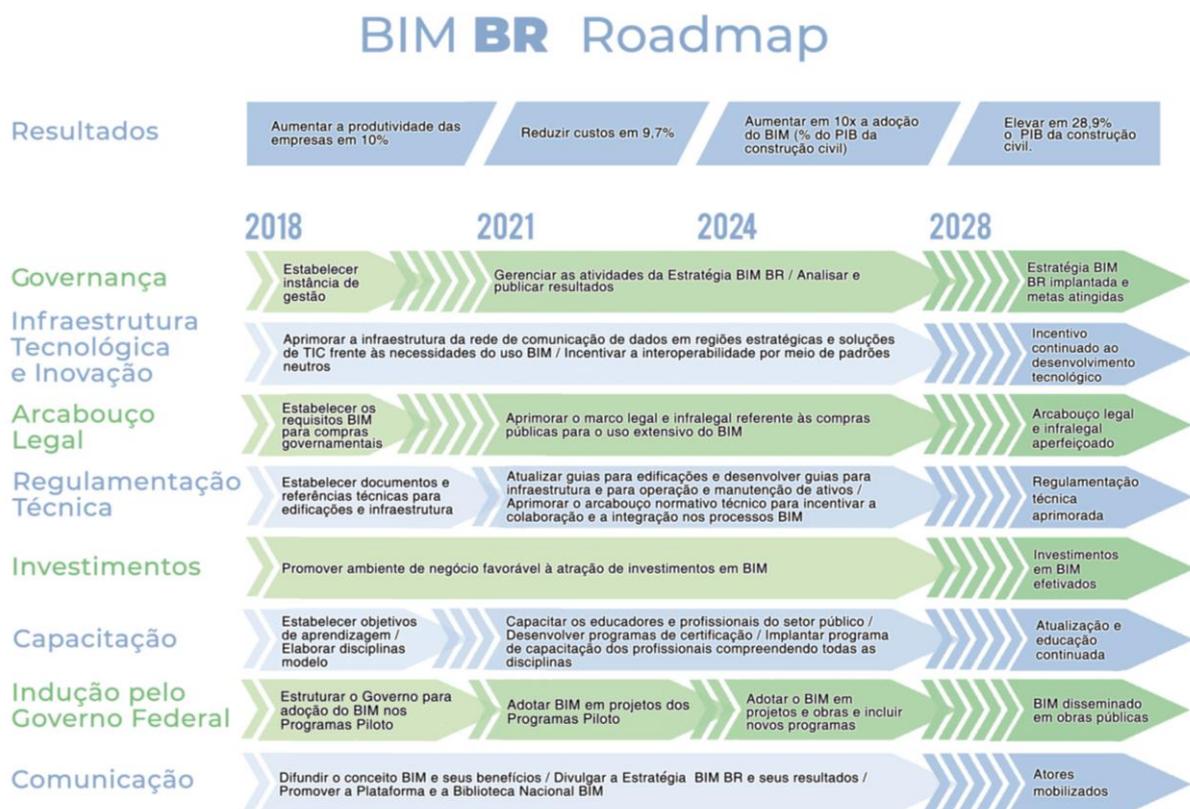


Figura 4: Roadmap da Estratégia BIM BR.

Fonte: Ministério da Indústria, 2017 – Adaptada.

2.8.4 Decreto Nº 10.306, de 2 de abril de 2020

O Decreto Nº 10.306, publicado no dia 2 de abril de 2020 no Diário Oficial da União (DOU), estabelece a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de arquitetura e engenharia, realizadas pelos órgãos e entidades da administração pública federal, a iniciativa parte do plano estabelecido na Estratégia BIM BR, instituída anteriormente pelo Decreto Nº 9.983, de 22 de agosto de 2019 (GOVERNO FEDERAL, 22 de agosto de 2019).

O documento oficializa a criação da política para o setor da construção, estabelecendo o escalonamento gradual da implementação para os projetos de arquitetura e engenharia, relativos a construções novas, ampliações ou reabilitações, quando estas forem consideradas relevantes para a disseminação do BIM, obedecendo as seguintes fases (GOVERNO FEDERAL, 2 de Abril de 2020):

I. Primeira fase: com início em 1 de janeiro de 2021, estabelece que o BIM seja utilizado no desenvolvimento dos projetos;

II. Segunda fase: com início em 1 de janeiro de 2024, estabelece que o BIM seja utilizado na execução direta ou indireta dos projetos;

III. Terceira fase: com início em 1 de janeiro de 2028, estabelece que o BIM seja utilizado no desenvolvimento dos projetos e na gestão das obras;

Embora a obrigatoriedade de utilização estar apenas para os órgãos vinculados ao Ministério da Defesa e ao Ministério da Infraestrutura, o decreto deixa para os outros órgãos vinculados ao Governo Federal a livre adoção das ações de implementação do BIM nos termos estabelecidos pelo decreto, independente da finalidade do uso, previstas ou não no decreto em quaisquer fases (GOVERNO FEDERAL, 2 de Abril de 2020).

O decreto estabelece que a responsabilidade pelo treinamento e capacitação dos profissionais envolvidos seja de inteira responsabilidade do contratado, não acarretando em quaisquer ônus ao contratante dos serviços, devendo os profissionais contratados estarem habilitados e comprovarem experiência, conhecimento ou formação em BIM (GOVERNO FEDERAL, 2 de Abril de 2020).

2.9 Cenário Brasileiro no Uso do BIM em Obras

Devido à pouca disponibilidade de dados sobre o uso do BIM no Brasil, foi feita uma seleção de casos notórios de utilização, sendo empresas e instituições que se destacaram. Nota-se a inexistência de uma listagem confiável de usuários quanto a utilização pelos fornecedores de softwares, o que dificultou o levantamento sobre a efetiva utilização (MOHAMAD e LEUSIN DE AMORIN, 2015).

Em vista disso, foi selecionado para exemplo de uso do BIM em obras do Exército Brasileiro e da Empresa SINCO.

2.9.1 Exército Brasileiro

Sendo responsável por um extenso patrimônio de imóveis, que está em constante expansão o Exército Brasileiro (EB) vinha enfrentando dificuldades no gerenciamento de suas benfeitorias, sendo mais de 75 mil imóveis em 2015, e em novas edificações e solicitações de obras (MOHAMAD e LEUSIN DE AMORIN, 2015).

Tendo em vista tais exigências para a gestão do patrimônio que crescia de forma exponencial, foi necessário o Diretório de Obras Militares (DOM) procurar soluções que atendessem a crescente demanda. No entanto, não existia no mercado uma solução que atendesse a todas as necessidades do exército (MOHAMAD e LEUSIN DE AMORIN, 2015).

Com isso, inicia-se internamente o desenvolvimento do Sistema OPUS – Sistema Unificado do Processo de Obras e Sistema para Gestão do Ciclo de Vida do Ambiente Construído pela equipe de engenheiros militares do exército (DIRETORIA DE OBRAS MILITARE, 2020).

Inicialmente foram realizadas pesquisas e estudos, reunindo conhecimentos e avaliações do nível de maturidade das tecnologias existentes, incluindo a metodologia BIM. Os estudos iniciais dos softwares BIM ocorreram através da aquisição do Autodesk Revit, sendo contratado um treinamento externo sem a contratação de profissionais externos especializados. No processo ocorreu a aquisição de estações de trabalho de alto desempenho e servidores para gestão dos projetos em BIM

(MOHAMAD e LEUSIN DE AMORIN, 2015). A seguir é apresentado o ciclo de vida das Obras Militares (ver a Figura 5).

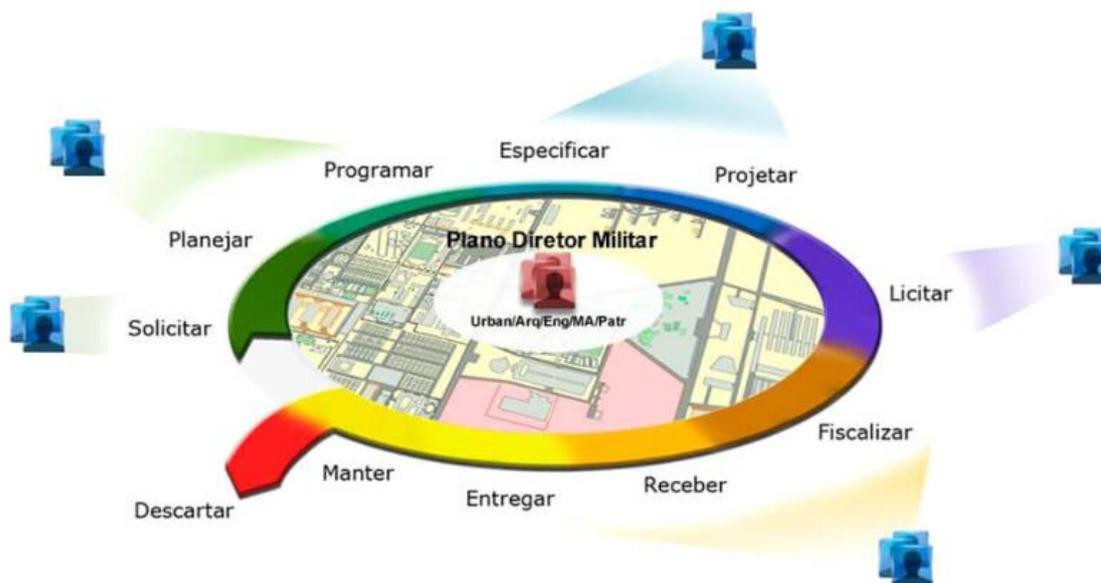


Figura 5: Ciclo de vida de uma Obra Militar.

Fonte: (DIRETORIA DE OBRAS MILITARE, 2020) – Adaptada.

Dentre as dificuldades enfrentadas destacam-se as seguintes (MOHAMAD e LEUSIN DE AMORIN, 2015):

- Resistência a mudanças por parte de engenheiros e arquitetos, que por vezes possuem a sensação de domínio do conhecimento;
- Reformulação de todo o processo de gestão dos projetos e obras;
- Falta da interoperabilidade entre as soluções BIM disponíveis no mercado.

A seguir é apresentado as vantagens e desvantagens observadas por parte do Exército (MOHAMAD e LEUSIN DE AMORIN, 2015).

Vantagens:

- Levar os benefícios aos clientes e aos gestores em todos os níveis;
- Simplificação na implantação de políticas públicas;
- Simplificação da relação entre demanda e planejamento;
- Supervisão facilitada dos ativos, imóveis, processos e desempenhos;

- Processo colaborativo entre as diferentes equipes;
- Padronização dos processos, reduzindo os erros e ganhando produtividade;
- Gestão de informação por parte do Setor Público e Privado;
- Estímulos ao setor da cadeia produtiva;
- Gerenciamento de todo o ciclo de vida útil de um empreendimento;
- Proporcionar a verificação dos espaços, materiais e elementos com exatidão;
- Proporcionar as análises das edificações quanto à sustentabilidade, segurança, eficiência energética, dentre outras.

Desvantagens:

- Alto custo dos softwares BIM usados;
- Necessário uma curva de aprendizagem elevada;
- Resistência na mudança de projetar por parte dos membros das equipes;
- Obstáculos quanto à adequação do software às Normas Técnicas e Padrões nacionais.

A implantação da OPUS no Exército Brasileiro proporcionou além dos benefícios citados acima uma redução nos impactos ambientais em virtude do uso de tecnologias e sistemas da informação, garantindo a DOM o Selo Verde – Categoria Ouro, servindo como exemplo de gestão ambiental além do âmbito do Exército Brasileiro para as demais instituições públicas do país (DIRETORIA DE OBRAS MILITARE, 2020).

2.9.2 Empresa SINCO

Atuante no mercado da construção desde 1986, desenvolvendo projetos em diversos segmentos da engenharia. Neste sentido, a empresa vem buscando utilizar as mais modernas tecnologias existentes no mercado (SINCO, 2020).

O processo de implementação do BIM na SINCO iniciou-se no segundo semestre de 2016 por meio da contratação de consultoria junto a Universidade de São Paulo (USP) a cargo do professor Eduardo Toledo Santos. Inicialmente o processo de

implementação do BIM foi por meio da aquisição de equipamentos e softwares BIM (MOHAMAD e LEUSIN DE AMORIN, 2015).

Posteriormente, buscou-se desenvolver o conhecimento interno, por meio de estudos e com a troca de experiências, adquiridas pela contratação de consultoria junto a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP), sem que houvesse a contratação externa adicional. Por trabalhar com projetos a cargo de terceiros optou-se pela modelagem interna dos projetos, onde, recebia-se os projetos em CAD 2D e a partir destes era desenvolvido a modelagem BIM 3D, os projetos eram desenvolvidos em uma arquitetura aberta, permitindo a liberdade de escolha de software aos projetistas, baseando-se em arquivos IFC (MOHAMAD e LEUSIN DE AMORIN, 2015).

Somente em 2013 que ocorreu a primeira contratação em BIM envolvendo as principais disciplinas de projetos, como arquitetura e engenharia, em questão foi o Shopping Norte Cantareira com uma área de 50.000 m², tendo início em abril de 2014 e com o prazo de entrega em outubro de 2015 (SINCO, 2020).

A seguir é apresentado as vantagens e desvantagens observadas por parte da Empresa SINCO (MOHAMAD e LEUSIN DE AMORIN, 2015).

- Mudança de paradigma no processo de projeto;
- Resistência dos projetistas de instalações quanto ao uso do BIM em virtude dos investimentos necessários;
- Dificuldade na contratação de profissionais com competência em BIM;
- Demora na conscientização da Cadeia Produtiva sobre a importância do BIM;

Vantagens:

- Mitigação dos riscos;
- Transparência na informação entre contratantes e contratados;
- Planejamento mais eficiente e assertivo;
- Maior agilidade em replanejamentos;
- Foco em engenharia e melhoria continua.

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição do Estudo de Caso

O estudo de caso deste trabalho se trata de uma Subestação de Distribuição de Energia Elétrica em média tensão da Universidade Federal de Ouro Preto localizada em Ouro Preto/MG (ver Figura 6). A edificação tem como objetivo assegurar a confiabilidade e segurança na distribuição de energia elétrica as edificações da universidade do Campus Morro do Cruzeiro (UFOP, 2016).

A nova subestação tem a capacidade de fornecimento de energia elétrica de 2.400 kVA, contemplando as atuais e futuras instalações do campus Morro do Cruzeiro. A construção da nova subestação proporcionará também maior confiabilidade, uma melhor operação, manutenção, e segurança do sistema elétrico de acordo com as normas (UFOP, 2016).

A edificação possui uma área de 214,5 m², com salas de comandos, disjuntores e transformadores (ver Figura 7). A construção segue as características arquitetônicas da antiga subestação e os traços das edificações em seus arredores, sendo de estrutura em concreto com fechamento de paredes em tijolos cerâmicos aparentes, com janelas fixas venezianas ventiladas nas duas faces, garantido a circulação do ar no interior da edificação e mantendo o ambiente em temperaturas adequadas para os equipamentos instalados.



Figura 6: Localização da Nova Subestação de Energia Elétrica.

Fonte: Google Maps – Adaptada.



Figura 7: Subestação de Energia Elétrica – Estudo de Caso.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.2 Metodologia de pesquisa

Ao iniciar os estudos, definiu-se a metodologia de pesquisa a ser utilizada, resumindo todas as atividades necessárias para se alcançar o resultado final desejado. O fluxograma a seguir (ver Figura 8), estrutura a metodologia utilizada nas pesquisas e na sequência de trabalho, os procedimentos adotados em cada etapa.

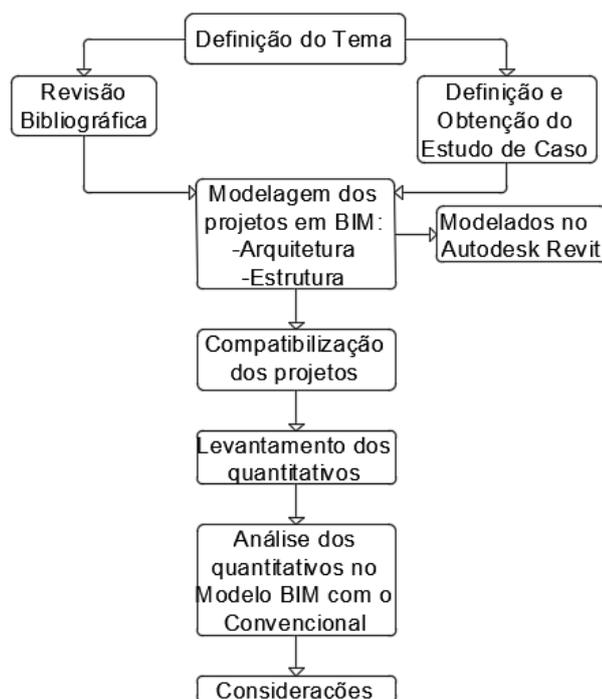


Figura 8: Metodologia de pesquisa.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.3 Procedimentos

3.3.1 Definição do tema e da Revisão Bibliográfica

Com o intuito de buscar aplicações práticas quanto ao uso da Metodologia BIM, procurou-se o tema de pesquisa que correspondesse com a proposta. Dessa forma, foi escolhido para o estudo de caso um empreendimento já construído, na qual sua concepção foi através do método convencional sem a utilização do BIM, com objetivo de propor uma reelaboração deste usando o BIM.

Definiu-se como estudo a fase do levantamento de quantitativos e compatibilização dos projetos em BIM e pelo levantamento convencional para o

estudo de caso proposto, sucedendo a uma comparação entre os dois métodos na fase de levantamento de quantitativos. Tal escolha foi estabelecida de forma a delimitar a pesquisa e pelo fato de o autor possuir acesso aos documentos do empreendimento, sendo que, o mesmo trabalhou na fase de construção da obra em 2016, período no qual era estagiário.

Por ser uma fase fundamental no processo de orçamentação o levantamento de quantitativos se mostrou como tema mais relevante para a definição da pesquisa, definiu-se o tema para a revisão bibliográfica do trabalho que foi a Metodologia BIM, abordando temas como benefícios do BIM, dimensões BIM, interoperabilidade, custos quanto a ineficácia da indústria da construção, modelos de contratação, atuação do Governo Federal, e cenários de uso nacional do BIM, nos quais buscou-se aborda-los de forma a proporcionar ao leitor um breve introdução aos temas mencionados.

3.3.2 Definição e Obtenção do Estudo de Caso

Após a definição do tema para a pesquisa, definiu-se um estudo de caso que tangesse a proposta do trabalho e que ao mesmo tempo envolvesse os conhecimentos da engenharia civil, associando-os ao estágio realizado pelo autor na Universidade Federal de Ouro Preto, campus Morro do Cruzeiro, em Ouro Preto.

Uma vez definido o caso de estudo, buscou-se com os responsáveis a autorização para disponibilização dos documentos do empreendimento, sendo esta responsável por todos os projetos executados. No entanto, por se tratar de uma obra pública, tais documentos podem ser encontrados nos órgãos responsáveis. Os projetos disponibilizados estavam nos formatos .dwg do software Autodesk AutoCad e em .xls para o software Microsoft Excel.

Destaca-se que apesar das alterações e atualizações que os projetos sofreram no decorrer da execução da obra, utilizou-se os arquivos iniciais dos projetos, sem adicionar as revisões. Desse modo, todas as análises feitas neste trabalho podem apresentar divergências com o que foi construído, em virtude das alterações realizadas posteriormente aos projetos iniciais. Vale destacar que, ao optar pela

utilização de um Modelo em BIM tais alterações seriam incorporadas automaticamente aos projetos, ou seja, ao final da obra o construído será equivalente aos projetos.

3.3.3 Modelagem dos projetos no Modelo BIM

A partir dos projetos originais disponibilizados pela empresa, iniciou-se à modelagem dos projetos em BIM através do software Autodesk Revit, previamente escolhido em virtude do conhecimento do autor no uso do mesmo. O software adotado foi o Autodesk Revit 2021, sendo a versão mais recente até a presente data de conclusão do trabalho.

Anteriormente à importação e modelagem dos projetos no Revit, foi necessária uma preparação dos projetos originais no software Autodesk AutoCad evitando conflitos e a sobrecarga do sistema, onde eliminou-se os elementos desnecessários, como hachuras, cotas e demais itens de detalhes do projeto que não são relevantes para a modelagem.

A partir dos arquivos ajustados deu-se o início a modelagem dos projetos, primeiramente, definiu-se os o nível de detalhamento para o modelo, com intuito de atender ao objetivo proposto, sendo este, o levantamento de quantitativos. A partir disso, definiu-se um nível de detalhamento intermediário (LOD 200/300) suficiente para a orçamentação.

Inicialmente modelou-se o projeto arquitetônico, sendo o levantamento de quantitativos o foco principal, obtendo o quantitativo de alvenaria e revestimento. Estabelecidos os elementos a serem modelados, foram criadas as famílias para cada tipo de elemento, como exemplo as paredes externas, com 25 cm de espessura, sendo o revestimento externo de plaquetas cerâmicas aparente (tijolos especiais) pintados com resina incolor fosca, e o interno com chapisco e reboco pintado com tinta acrílica na cor branca (ver Figura 9). Foi repetido o processo de criação de famílias para os demais elementos do projeto conforme anexo.

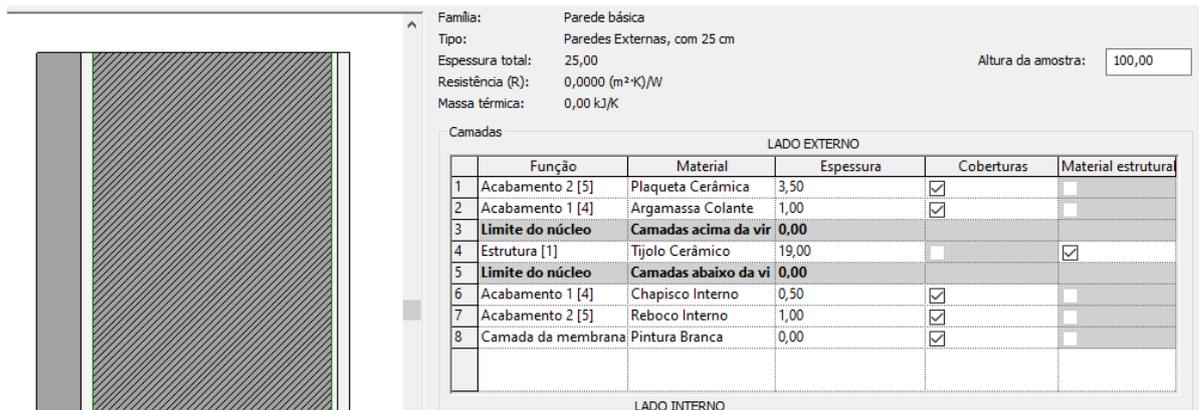


Figura 9: Configuração de uma família de parede no Autodesk Revit.

Fonte: Imagem do Autodesk Revit – Elaborado pelo Autor.

Após a modelagem da arquitetura, a próxima etapa do fluxo de trabalho é vincular o modelo do projeto arquitetônico a um Modelo de estruturas. Tem-se como objetivo a obtenção do quantitativo de concreto e aço dos elementos estruturais. Semelhante ao processo anterior de criação das famílias de paredes, criou-se as famílias dos elementos de fundações, lajes, vigas e pilares.

3.3.4 Compatibilização dos projetos no Modelo BIM

Uma vez acertada a arquitetura com a estrutura, iniciou-se o processo de validação dos modelos criados através de um software de compatibilização para a verificação de conflitos, neste trabalho foi usado o software Autodesk Navisworks.

A análise feita foi apenas nos elementos arquitetura e estrutura, sendo as instalações elétricas um modelo a parte, não tendo a engenharia civil autorização para atuar em tal área devido ao porte e potência da edificação. Os erros resultantes dos conflitos foram corrigidos nas modelagens, de forma a evitar um comprometimento expressivo aos projetos, porém, se não fossem corrigidos iriam externar as diferenças com o uso do Modelo BIM.

3.3.5 Levantamentos dos quantitativos do Modelo BIM

Após a compatibilização e ajuste dos conflitos dos projetos, iniciou-se o processo de levantamento de quantitativos e consecutiva confrontação com o orçamento original aprovado na licitação da obra. O processo de levantamento de quantitativos em softwares usados no BIM se dá de forma automática, sendo no Autodesk Revit necessário apenas utilizar o comando Tabelas/Quantidades e Levantamento.

É importante destacar que a precisão obtida no levantamento de quantitativos depende no nível de detalhe e informações contidas na modelagem. No Autodesk Revit é possível agrupar os dados necessários nos levantamentos, separando os itens por categoria, fase da obra, disciplina, etc. No entanto, é recomendável realizar o levantamento com poucos elementos, separando-os por categorias, pois uma tabela com todos os itens do projeto poderia gerar inconsistências por parte do usuário do software. Ao todo, neste trabalho foram extraídos os quantitativos dos seguintes itens:

- Alvenarias.
- Revestimentos das paredes.
- Pinturas.
- Volume de concreto, dos pisos e lajes, pilares e vigas.
- Taxa de armadura, e consumo total de aço da obra.

4 RESULTADOS

4.1 Modelo BIM da edificação

A modelagem dos projetos contemplou as disciplinas de arquitetura e engenharia, os demais projetos de instalações elétricas não foram contemplados neste trabalho.

4.1.1 Arquitetura

Apesar de ser considerado um edifício de pequeno porte, a modelagem dos projetos arquitetônicos foi um processo demorado em função do excesso de informações constantes arquivos CAD 2D, dificultando a compreensão dos projetos. Apesar das informações serem necessárias para a execução da obra em conformidade com os projetos, algumas deixaram dúvidas e incoerências em outras vistas da edificação.

Apesar disso, o fato de o software proporcionar a colaboração com outras disciplinas, e gerar uma visualização tridimensional de um edifício real compensou as dúvidas e incoerências, permitindo a verificação imediata. Fato este, importante a ser destacado, pois não permitiria que um projeto com incompatibilidades chegasse ao canteiro de obra, e na execução ser verificado o erro. A seguir é apresentado a Modelagem do projeto arquitetônico (ver Figura 10):

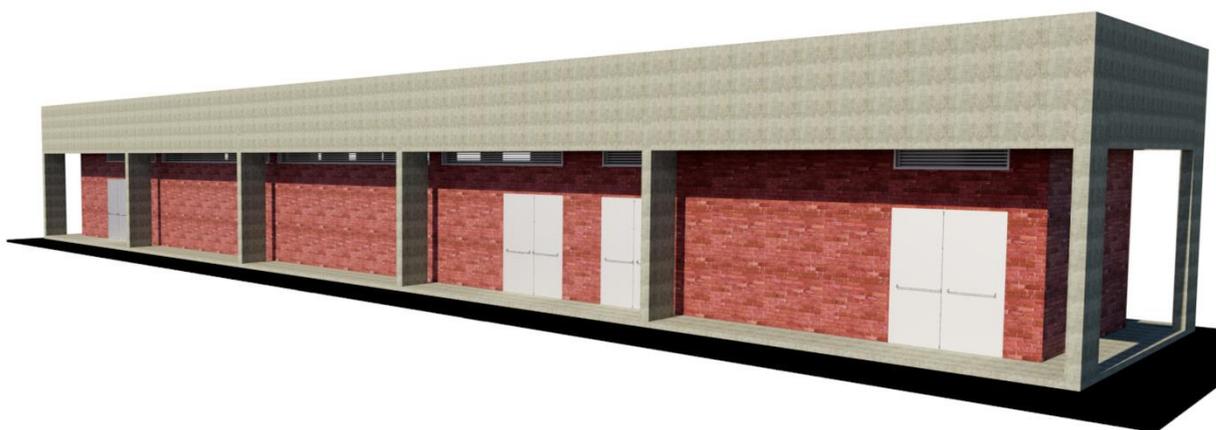


Figura 10: Modelagem da Arquitetura.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.1.2 Estrutura

Nesta etapa notou-se uma facilidade em modelar os elementos estruturais de concreto armado, sendo simples a modelagem de elementos com diferentes seções e dimensões. Destaca-se os benefícios alcançados em relação a atualização imediata da modelagem quanto as interferências entre estrutura e arquitetura, o modelo 3D gerado permite a visualização do edifício real, garantindo que o projeto esteja em conformidade com a proposta idealizada inicialmente.

Destaca-se a importância da criação de um modelo fidedigno da estrutura junto ao modelo arquitetônico e demais disciplinas envolvidas, tendo em vista o valor agregado aos insumos de aço e concreto no orçamento. A seguir é apresentado a Modelagem do projeto (ver Figura 11):



Figura 11: Modelagem da Estrutura.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.1.3 Compatibilização dos Projetos no Modelo BIM

Intentando uma extração de quantitativos mais confiável e explorar a proposta de interoperabilidade do BIM, uma vez modelados os projetos propostos anteriormente (arquitetura e estrutura), os arquivos foram importados para o Autodesk Navisworks e então realizar a compatibilização.

O através do software foi possível detectar os conflitos de elementos que estavam se sobrepondo numa mesma posição. No entanto, ressalta-se que um pequeno número de interferências ocorrerá e que devem ser toleradas em qualquer análise, como exemplo, eletrodutos passando pela alvenaria. Haja visto que, na prática é realizado uma abertura na alvenaria para a passagem de tubos e eletrodutos. A modelagem dessas aberturas na alvenaria se mostra muito trabalhosa e ineficiente, sendo ignorados tais conflitos nas análises.

Conseqüentemente, a modelagem e adequação precedente a verificação de conflitos entre os modelos analisados, na fase da modelagem, não resultou em conflitos relevantes que fizessem necessário a realização de modificações nos modelos.

É importante ressaltar que, em situações onde as famílias prevejam tais aberturas, como no caso de alvenaria estrutural, tais aberturas são consideradas nas análises. No entanto, foge do escopo desse trabalho, podendo ser abordado em trabalhos futuros.

4.2 Levantamento de quantitativos e comparação entre o Modelo BIM e Convencional

Primeiramente, analisou-se o levantamento de quantitativos realizado pelos responsáveis pelo projeto, o mesmo pode ser consultado no ANEXO A desse documento na Planilha de Referência Orçamentária. Como apontado anteriormente, não será realizado a comparação de todos os itens constantes do empreendimento, seja por não terem sido modelados ou por fugir a proposta deste trabalho. Sendo o levantamento voltado para os projetos, não para a execução.

Desse modo, o levantamento de quantitativos será analisado individualmente nos capítulos precedentes, levando-se em consideração as características de cada item.

4.2.1 Infraestrutura

Iniciou-se o levantamento de quantitativos pela infraestrutura, que trata dos elementos de fundações.

Tem-se que, o levantamento a ser feito se trata apenas do volume de concreto, sendo especificado pelo projetista o concreto estrutural usinado Fck 25 MPa para fundações. O autor dos projetos considerou como elementos de fundações o conjunto Sapatas, Baldrame e Arranque no levantamento de quantitativos.

O valor obtido no levantamento de quantitativos no Autodesk Revit para os elementos de fundação foi o de 19,49 m³. Nota-se que o valor obtido pelo BIM se difere em 12,6% a menos do valor aprovado para a licitação executado de forma convencional, sendo este de 22 m³.

É importante destacar que para o levantamento quantitativo de concreto para as fundações foi levado em consideração o volume de aço ocupado pelas armaduras nos mesmos.

4.2.2 Superestrutura

Conforme realizado para a infraestrutura, realizou-se o levantamento do volume de concreto para os pilares, vigas e lajes, sendo especificado pelo projetista o concreto estrutural usinado Fck 25 MPa.

O valor obtido no levantamento de quantitativos no Autodesk Revit para os elementos da superestrutura foi o de 68,99 m³. É importante destacar que, o volume de aço ocupado pelas armaduras dos pilares se apresenta maior que o real, uma vez que as armaduras foram parcialmente especificadas pelos projetistas, impossibilitando a modelagem destas, o que levaria a um volume de concreto menor. Tal consideração foi feita pelos responsáveis posteriormente, na execução da obra. Nota-se que, se modelados no BIM tal problema poderia ter sido sanado ainda na fase de projeto, evitando retrabalhos durante a fase de execução da obra.

O valor obtido pelo BIM se difere em 8,7% a menos do valor aprovado para a licitação executado de forma convencional, sendo este de 75,57 m³.

4.2.3 Alvenaria

Após a análise dos elementos de infraestrutura e superestrutura, prosseguiu-se para o levantamento de quantitativo da alvenaria de vedação, sendo constituída de três diferentes tipos de tijolos cerâmicos. O valor obtido no levantamento de quantitativos no Autodesk Revit foi em metros quadrados, semelhante ao levantamento convencional aprovado na licitação.

Inicialmente, foram levantados os tijolos cerâmicos das paredes externas, sendo estes de 14x19x29 cm. O valor obtido no levantamento foi o de 197,75 m², em contrapartida o valor levantado pelo método convencional é de 188,60 m², o valor obtido pelo BIM se difere de 4,6 % a mais.

Nota-se que, há uma pequena diferença nos quantitativos desse grupo. Observa-se que a área encontrada para tijolos no levantamento convencional é a mesma dos revestimentos em plaquetas, demonstrando que os responsáveis pelo projeto não desconsideraram a área ocupada pelos pilares (ver Figura 12), como será demonstrado no item seguinte.



Figura 12: Vista da união entre parede e pilar.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O próximo levantamento será o das alvenarias das paredes internas corta fogo, sendo estes de 10x20x20 cm. O valor obtido no levantamento foi o de 42,97 m², em contrapartida o valor levantado pelo método convencional é de 44,10 m², o valor obtido

pelo BIM se difere de 2,6 % a menos, não representando uma diferença significativa neste caso.

Por fim, realizou-se o levantamento das alvenarias das paredes internas, sendo estes de 11,5x19x29 cm. O valor obtido no levantamento foi o de 92,30 m², em contrapartida o valor levantado pelo método convencional é de 91,70 m², o valor obtido pelo BIM se difere de 1% a mais, não sendo uma diferença significativa neste caso.

É importante destacar que, foram encontradas divergências de informações entre o Caderno de Especificações e a Planilha de Referência Orçamentária, o que poderia ser sanado com o uso do BIM, uma vez que, os objetos modelados contêm informações paramétricas, conforme consta no ANEXO B.

4.2.4 Revestimento externo

Inicialmente, foi realizado o levantamento do revestimento externo, sendo estes de plaqueta retangular (tijolos especiais) de 3,5x7,0x22,5 cm. O valor obtido no levantamento foi o de 198,92 m², em contra partida o valor levantado pelo convencional é de 188,60 m², o valor obtido pelo BIM é 5,2% a mais, não sendo uma diferença significativa neste caso.

É importante ressaltar, como informado no item anterior que, o valor encontrado para o revestimento das paredes externas não poderia ser igual, note-as uma divergência nos projetos. Julgou-se inviável a comparação entre esses grupos, pois tornaria a análise errônea, perdendo o intuito desse trabalho. Dessa forma, tais itens não serão levados em consideração para efeitos de conclusão neste trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Em relação objetivos

Ao finalizar este trabalho, constata-se que a Metodologia BIM se mostra como uma nova perspectiva ao se abordar os setores da Arquitetura, Engenharia e Construção, e que apesar de grandes Cases de sucesso como do Exército Brasileiro e da Empresa SINCO, o processo se encontra em amadurecimento no cenário geral do Brasil. Situação que se mostra promissora para os próximos anos em virtude dos incentivos do Governo Federal para a utilização do BIM.

Nota-se que a compreensão e implementação passa por algumas barreiras. Somado a isso, observa-se a necessidade do apoio acadêmico, de órgãos normativos e da indústria, os quais se mostram fundamentais para que se possa alcançar os benefícios proporcionados pelo BIM, num futuro próximo.

Sendo o levantamento de quantitativos, o objeto de estudo deste trabalho, representar apenas uma pequena parcela das dimensões do BIM, que este trabalho procurou manifestar tal contribuição. Sendo de vital importância a produção de mais obras correlacionadas a esta.

Objetivos específicos:

- Analisar a viabilidade da implementação do BIM em obras públicas.

Tendo em vista os novos incentivos por parte do Governo Federal e apelo por parte da Indústria da AEC para o uso do BIM, vê-se uma tendência econômica na busca por um valor intrínseco na qualidade das informações oferecidas pela adoção.

Novos impulsionadores demandarão uma melhora na qualidade das informações, conformidade nos custos, soluções que proporcionem menores impactos ao meio ambiente, gerenciamento e manutenção das edificações existem, dentre outros. Esses fatores mostram ao autor bons indicadores para a utilização da Metodologia BIM em organizações públicas.

- Realizar a modelagem dos projetos, em software BIM, para criar um modelo inteligente do edifício.

Previamente, nota-se que modelos convencionais baseados em CAD de projetos de arquitetura e engenharia, podem apresentar deficiências, acarretando em leituras ineficientes na etapa de execução da obra quanto a compreensão dos desenhos e levantamento de quantitativos. Desse modo, modelos baseados em BIM se mostram uma excelente oportunidade para se alcançar uma melhoria dos projetos, propiciando atingir os objetivos iniciais dos projetos.

É importante ressaltar, que alguns itens do projeto não foram possíveis de serem modelados, devido à falta ou deficiência do detalhamento dos projetos baseados nos modelos convencionais CAD.

- Realizar a compatibilização dos projetos modelados através de softwares BIM.

Projetos que possuem um nível maior de qualidade permitem uma melhor compatibilização entre suas disciplinas. Além disso, proporcionam diretamente à execução inúmeros benefícios, reprimindo os erros de interpretação no canteiro de obra. Se mostrando também, como um fator preponderante nas fases de planejamento e orçamentação.

Este trabalho proporcionou entender o quão primordial é uma execução bem feita da etapa de compatibilização, se mostrando um fator preponderante para o levantamento de quantitativos, que influenciará diretamente no orçamento. Os conflitos encontrados foram verificados e solucionados antes que desse prosseguimento no levantamento de quantitativos, conforme apresentado nos resultados deste trabalho. Observa-se que o Autodesk Navisworks proporciona a seleção de filtros e limites na verificação de conflitos, cabendo ao projetista programá-los, evitando assim, “falsos” alarmes, como tubulações passando nas alvenarias.

- Realizar a extração dos quantitativos através da Metodologia BIM.

Há inúmeras formas para se estimar os quantitativos em um empreendimento que podem ser desenvolvidas no processo de projetos, variando de valores aproximados no início do projeto à valores precisos ao término dos projetos. Temos que a maioria das ferramentas utilizadas no BIM oferecem recursos para a extração e quantificação de seus projetos, que podem incluir planilhas ou para banco de dados externos.

O processo de projeto baseados em modelos BIM permitem a modelagem dos elementos carregando todas as suas informações paramétricas, diferentemente das representações em desenhos, isso faz com que os processos de levantamento de quantidades fiquem menos árduo aos orçamentistas, garantindo maior precisão e confiabilidade ao projeto. Apesar disso, o papel desempenhado pelos orçamentistas continua sendo fundamental no processo de construção, sendo que seu trabalho não se restringe apenas a extração de quantitativos e medidas, devendo considerar o uso do BIM como um facilitador, permitindo avaliar as condições e otimizar os serviços.

Modelos BIM detalhados permitem mitigar os riscos aos orçamentistas, podendo reduzir significativamente os custos das licitações, reduzindo as incertezas associadas aos levantamentos de quantidades.

- Comparar os resultados obtidos através da Metodologia BIM com o método convencional adotado.

Confrontando os resultados obtidos pelos dois métodos, nota-se uma pequena diferença. No entanto, observa que as divergências encontradas estão diretamente relacionadas a qualidade das informações dos projetos e do nível de acurácia dos projetistas em atribuir informações aos desenhos baseados em CAD.

Apesar das divergências encontradas, um fator que chama a atenção do autor é a importância dos orçamentistas, como mencionado no item anterior, que apesar dos projetos apresentarem inconsistências desempenhou um papel fundamental no levantamento de quantitativos, garantindo que o empreendimento não apresentasse grandes divergências em seu orçamento.

É importante ressaltar que, não foram analisados todos os quantitativos do estudo de caso, abordando apenas os itens mencionados no capítulo anterior, não podendo garantir a acurácia nos outros projetos.

- Ponderar qual o melhor método de contratação de serviços de construção civil.

Existem atualmente diversas variantes de processos de projeto e construção, inclinados na organização do empreendimento. Contemplações do uso da Metodologia BIM, sobre as questões que melhoram ou pioram as mudanças decorrentes da implementação dependem diretamente de quão bem e em qual estágio de envolvimento das equipes do empreendimento, integrar os modelos desde as fases iniciais pode ser um fator predominante no resultado final.

Tendo em vista isso, a abordagem Projeto e Construção (*Design-Build* – DB), se mostra uma excelente oportunidade para explorar os potenciais do BIM, garantindo a uma única entidade a responsabilidade pelos projetos, proporcionará que as partes envolvidas trabalhem em colaboração em todas as fases do projeto.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho cumpriu os objetivos propostos previamente e, compete ressaltar sua competência por englobar poucas, mas áreas importantes da AEC, como projetos, construção e orçamentação e a Metodologia BIM, sendo a última, não se teve contato ao longo do período de graduação. Ademais, a Metodologia BIM se mostra uma tendência promissora no maio acadêmico e de mercado.

Em suma, atualmente não se pode falar no desenvolvimento de projetos e as transformações da Indústria da AEC sem um entendimento básico da Metodologia BIM.

Atesta-se que as ferramentas utilizadas nas diferentes disciplinas de projetos permitem um excelente ambiente colaborativo, desde que sejam utilizadas adequadamente e com uma comunicação eficiente entre as diferentes equipes. Com isso, possibilitará a mitigação de erros que antes seriam detectados somente no canteiro de obra, muitas vezes não sendo analisadas todas as possíveis soluções, devido as pressões externas, desse modo, comprometendo a qualidade do empreendimento.

Analisando o cenário das obras públicas no Brasil, a Metodologia BIM se mostra uma oportunidade de melhoria e crescimento com melhores indicadores, permitindo que possamos avançar em frentes ainda poucos exploradas. Podendo também, impactar diretamente na reestruturação e expansão econômica do país, em virtude da parcela que o setor da construção representa.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, 2020. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/imprensa/releases/6806-normas-da-abnt-podem-apoiar-novo-decreto-federal-sobre-uso-do-bim>>. Acesso em: Maio 2020.

AIA. Project Building Information Modeling Protocol. In: AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Proceedings...**, Washington (EUA), 2013.

AIA. American Institute of Architects. **AIA International Region**, 2019.

AISH, R. Building Modeling: The Key to Integrated Construction CAD. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE USE OF COMPUTERS FOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING RELATED. **Proceedings...**, Adelaide (Australia), 1986.

ANDRADE E RUSCHEL. BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no brasil e tendências. Em: SBQP 2009. **Anais...**, São Carlos, p. 602-613, 2009.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. INTEROPERABILIDADE DE APLICATIVOS BIM USADOS EM ARQUITETURA POR MEIO DO FORMATO IFC. Em: Gestão & Tecnologia De Projetos. **Anais...**, Campinas, v. 4, n. 2, p. 36, 15 Novembro 2009. ISSN 19811543. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50960>>. Acesso em: 21 Novembro 2019.

BEARD, J. L.; LOULAKIS, M. C.; WUNDRAM, E. C. **Design-Build: Planning Through Development**. 1. ed. [S.l.]: McGraw-Hill Professional Engineering, 2005.

BIBLUS. **Biblus**, 2018. Disponível em: <<http://biblus.accasoftware.com/en/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-7d-bim-explained/>>. Acesso em: 18 Novembro 2019.

CBIC. **Volume 1 - Fundamentos BIM**. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, v. 1, 2016.

CORDOSO, F. F. Ciência, Tecnologia e Inovação e a Indústria da Construção Civil: elementos para a formulação de uma política para o setor. **ANTAC**, Porto Alegre, 2011.

COSTIN, E. BIM: vantagens e características. **Archdaily**, 2012. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-49221/bim-vantagens-e-caracteristicas-eron-costin>>. Acesso em: 18 Novembro 2019.

DIGITAL INC. **Digital Inc.**, 2018. Disponível em: <<https://digitalinc.net/bim-cad-services/>>. Acesso em: 18 novembro 2019.

DIRETORIA DE OBRAS MILITARE. Diretoria de Obras Militares. **Sistema Unificado do Processo de Obras**, 2020. Disponível em: <<http://www.dom.eb.mil.br/opus/>>.

EASTMAN, C. Building Description System. **Jornal AIA**, Pittsburgh, 1975.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman Editora LTDA, 2014.

EUROPEAN COMMISSION. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council: Strategy for the sustainable competitiveness of the construction sector and its enterprises. In: BRUSSELS. **Proceedings...**, 2012.

EXAME. O desenvolvimento do modelo BIM no Brasil. **EXAME**, 2018. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/dino/o-desenvolvimento-do-modelo-bim-no-brasil/>>. Acesso em: 19 Novembro 2019.

FORMOSO, R. T. et al. **Termo de Referência para o Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1999.

GALLAHER, M. P. et al. **Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry**. National Institute of Standards and Technology. Maryland. 2004.

GOVERNO FEDERAL. **LEI Nº 8.666**. Presidência da República. Brasília. 1993.

GOVERNO FEDERAL. **Decreto Nº 10.306**. Governo Federal. Brasília. 2 de Abril de 2020.

GOVERNO FEDERAL. **Decreto Nº 9.938**. Governo Federal. Brasília. 22 de agosto de 2019.

INFRAESTRUTURA, M. D. **Portaria Nº 1.104**. Ministério da Infraestrutura. Brasília. 6 de Maio de 2020.

INFRAESTRUTURA, M. D. **Portaria Nº 1.104**. Ministério da Infraestrutura. Brasília. 6 de Maio de 2020.

INSTITUTO BREMANTE. Conheça o software Autodesk Revit Architecture. **Instituto Bremante**, 2013. Disponível em: <<https://www.institutobramante.com.br/conheca-o-software-revit-architecture/>>. Acesso em: 18 Novembro 2019.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo colaborativo com o uso do BIM**. Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, p. 343. 2013.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **Building Information Modeling (BIM): Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity**. [S.l.]: SmartMarket Report, 2008.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC). **Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC)**, 2018. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/ultimas-noticias/3710-mdic-e-abdi-lancam-plataforma-e-biblioteca-bim-metodologia-inovadora-da-construcao-civil>>. Acesso em: 19 Novembro 2019.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, C. E. E. S. **BIM BR Construção Inteligente**. Brasília: [s.n.], 2017.

MOHAMAD, K.; LEUSIN DE AMORIN, S. R. **BIM Building Information Modeling No Brasil e na União Europeia**. Brasília: Diálogo Setoriais , 2015.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **United States National Building Information Modeling Standard – Part 1: Overview, Principles, and Methodologies**. [S.l.]: [s.n.], 2008.

REVIT, +. REVIT +. **Autocad, Revit e Arquitetura**, 2013. Disponível em: <<https://autocad-revit-arquitetura.typepad.com>>. Acesso em: Novembro 2019.

SABOL, L. Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling. In: DESIGN + CONSTRUCTION STRATEGIES, LCC. **Proceedings...**, Whashington DC (USA), p. 16, 2008.

SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (BIM) : processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 180. 2015.

SALVI, L.; MIRANDA, R. D. D. Análise da tecnologia BIM no contexto da indústria da construção civil brasileira. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 07, n. 05, p. 17, Maio 2019. ISSN 2448-0959.

SANVIDO, V. E.; KONCHAR, M. **Selecting Project Delivery Systems: Comparing Design-Build, Design-Bid-Build and Construction Management at Risk**. State College: The Project Delivery Institute, 1999.

SINCO, E. Sinco Engenharia. **Sinco Engenharia**, 2020. Disponível em: <<http://www.sincoengenharia.com.br/>>. Acesso em: Julho 2020.

SOUZA, L. L. A.; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. M. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: Oportunidades no mercado imobiliário. **Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil**, Rio de Janeiro, 2009.

UFOP. Universidade Federal de Ouro Preto. **UFOP**, 2016. Disponível em: <ufop.br>. Acesso em: 2019.

WITICOWSKI, L. C.; SCHEER, S. **Some improvements for BIM based cost estimation IN: 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATION IN ARCHITECTURE, ENGINEERING & CONSTRUCTION**. Innovations in AEC 2012

Proceedings. São Paulo: Escola Politécnica/USP e CICE/Loughborough. São Paulo, p. 1-10. 2012.

WONG, A. K. D.; WONG, F. K. W.; NADEEM, A. **Comparative Roles of Major Stakeholders for the Implementation of BIM in Various Countries**. The Hong Kong Polytechnic University. Hong Kong, p. 10. 2009.

ANEXOS

ANEXO A

Planilha de Referência,

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNIT	QUANT.	PREÇO	PREÇO TOTAL
4 - INFRAESTRUTURA					
4.1	Forma tábua para concreto em fundação com reaproveitamento 5x.	m ²	75,00		
4.2	Fornecimento e lançamento de concreto estrutural usinado Fck 25Mpa, brita 1 e módulo de elasticidade conforme NBR 6118, para fundações.	m ³	22,00		
4.3	Corte, dobra e armação de aço CA-50 D <= 12,5mm, conforme projeto.	kg	1648,00		
4.4	Corte, dobra e armação de aço CA-60, conforme projeto.	kg	64,00		
4.5	Forma tábua com reaproveitamento 5x, para canaletas, bacias e caixas coletoras.	m ²	184,00		
4.6	Fornecimento e lançamento de concreto estrutural usinado Fck 20Mpa, brita 1 e módulo de elasticidade conforme NBR 6118, para canaletas, bacias e caixas coletoras.	m ³	19,00		
4.7	Apiloamento de fundo de cintas e blocos.	m ²	280,00		
4.8	Lastro de concreto magro.	m ³	14,00		
4.9	Corte, dobra e armação de aço CA-50 D <= 12,5mm, conforme projeto, para canaletas, bacias e caixas coletoras.	kg	250,00		
4.10	Corte, dobra e armação de aço CA-60, conforme projeto, para canaletas, bacias e caixas coletoras..	kg	291,00		



UFOP

PLANILHA DE REFERÊNCIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
Mão de obra e Materiais para execução dos serviços especificados
NOVA SUBESTAÇÃO DO CAMPUS MORRO DO CRUZEIRO - UFOP

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNIT	QUANT.	PREÇO	PREÇO TOTAL
5- SUPERESTRUTURA					
5.1	Forma para laje em chapa de madeira compensada plastificada 18mm, para pilares, escoramento, vigas, laje e muro de arrimo.	m ²	266,00		
5.2	Fornecimento e lançamento de concreto estrutural usinado Fck 25Mpa, brita 1 e módulo de elasticidade conforme NBR 6118, para pilares, vigas, laje, pilaretes e muro de arrimo.	m ³	75,57		
5.3	Corte, dobra e armação de aço CA-50 D <= 12,5mm, conforme projeto, para pilares, vigas, laje, pilaretes e muro de arrimo.	kg	3305,00		
5.4	Armação em tela de aço nervurada Q196, 5,0mm, malha 10x10cm. Fornecimento e instalação.	m ²	190,00		
5.5	Fornecimento e lançamento de lona preta.	m ²	307,00		
5.6	Fornecimento e lançamento de brita n1, espessura 7cm.	m ³	16,00		
5.7	Corte, dobra e armação de aço CA-60, conforme projeto, para pilares, vigas, laje, pilaretes e muro de arrimo.	kg	610,00		



UFOP

PLANILHA DE REFERÊNCIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
Mão de obra e Materiais para execução dos serviços especificados
NOVA SUBESTAÇÃO DO CAMPUS MORRO DO CRUZEIRO - UFOP

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNIT	QUANT.	PREÇO	PREÇO TOTAL
6- ALVENARIA / VEDAÇÃO / DIVISÓRIA					
6.1	Alvenaria em tijolos cerâmicos 14x19x29cm, espessura 19cm, assentado em argamassa traço 1:4 (cimento e areia média), preparo mecânico, junta 1 cm.	m ²	188,60		
6.2	Tijolos cerâmicos tipo plaqueta retangular D=22.5x7.0x3.5cm, espessura 3,5cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia).	m ²	188,60		
6.3	Alvenaria em blocos cheios de concreto 20x40x20cm, espessura 20cm. Incluso assentamento. Para muro de arrimo.	m ²	36,00		
6.4	Alvenaria em tijolos cerâmicos 11,5x19x29cm, espessura 15cm, assentado em argamassa traço 1:4 (cimento e areia média), preparo mecânico, junta 1 cm.	m ²	91,70		
6.5	Alvenaria em tijolo cerâmico furado 10x20x20cm, espessura 25cm, assentado em argamassa traço 1:4 (cimento e areia média), preparo mecânico, junta 1 cm. Para parede corta-fogo.	m ²	44,10		



UFOP

PLANILHA DE REFERÊNCIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
Mão de obra e Materiais para execução dos serviços especificados
NOVA SUBESTAÇÃO DO CAMPUS MORRO DO CRUZEIRO - UFOP

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNIT	QUANT.	PREÇO	PREÇO TOTAL
7- REVESTIMENTOS					
7.1	Piso em lastro de concreto Fck 20Mpa de alta resistência mecânica a base de agregados minerais aglutinados tipo granitina na cor cinza claro, com 8 mm de espessura, em painéis delimitados por perfis plásticos de 27 mm x 3 mm previamente posicionados a cada 1 metro sobre o piso e polido com sucessivas passagens de politriz e passagem final em esmeril grana 120.	m ²	86,50		
7.2	Piso cimentado liso, desempenado e feltrado, sobre lastro de concreto Fck 20mpa e contrapiso em argamassa de cimento e areia seca e fina, traço 1:3 (cimento e areia) dotado de junta de dilatação a cada 1,0 metro.	m ²	211,40		
7.3	Chapisco traço 1:3 (cimento e areia grossa), espessura 2cm, preparo mecânico da argamassa.	m ²	720,80		
7.4	Massa única argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média), preparo mecânico, aplicada manualmente em paredes.	m ²	720,80		
7.5	Forro em régua PVC 20cm de largura, na cor marrom com arremates, incluso estrutura em Metalon 20x20 galvanizado, com todos os elementos de fixação. Fornecimento e instalação.	m ²	61,10		
7.6	Andaime para revestimento de forros.	m ²	61,10		

ANEXO B




MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Prefeitura do Campus Universitário



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

CADERNO DE ESPECIFICAÇÕES
SUBESTAÇÃO ELÉTRICA DO CAMPUS MORRO DO CRUZEIRO - UFOP

JULHO 2016

Bloco de Serviços - Campus do Morro do Cruzeiro – Morro do Cruzeiro – Ouro Preto – MG – Brasil
Cep: 35.400-000 – Homepage: <http://www.ufop.br> - fone: (31) 3559-1452

CADERNO DE ESPECIFICAÇÃO



A – PISOS

1. Piso em lastro de concreto f_{ck} 20mpa de alta resistência mecânica a base de agregados minerais aglutinados tipo granitina na cor cinza claro, com 8 mm de espessura, em painéis delimitados por perfis plásticos de 27 mm x 3 mm previamente posicionados a cada 1,0 metro sobre o piso e polido com sucessivas passagens de politriz e passagem final em esmeril grana 120.
2. Piso cimentado liso, desempenado e feltrado, sobre lastro de concreto f_{ck} 20mpa e contrapiso em argamassa de cimento e areia seca e fina, traço 1:3 (cimento e areia) dotado de junta de dilatação a cada 1,0 metro.
3. Piso preparado para receber placas de grama esmeralda.



B – PAREDES

1. Revestimento em plaquetas cerâmicas aparente $d= 22,5 \times 7,0 \times 3,5$ cm (tijolos especiais), pintado com resina incolor fosca (ref. coral).
2. Alvenaria em tijolos cerâmicos $14 \times 19 \times 29$ cm, chapiscada e rebocada internamente com areia fina e pintada com tinta acrílica na cor branco gelo (ref. coral).
3. Estrutura de concreto aparente, pintada com resina incolor fosca (ref. coral)
4. Alvenaria em tijolos cerâmicos $14 \times 19 \times 29$ cm (assentados deitados), chapiscada e rebocada internamente com areia fina e pintada com tinta acrílica na cor branco gelo (ref. coral).
5. Alvenaria em tijolos cerâmicos $11,5 \times 19 \times 29$ cm, chapiscada e rebocada com areia fina e pintada com tinta acrílica na cor branco gelo (ref. coral).



C – TETO

1. Laje de concreto aparente pintada com tinta acrílica branco gelo (ref. Coral).
2. Forro em régua PVC, 20 cm de largura, na cor marrom com arremates. Colocados de forma reta sobre os beirais externos da edificação.

D – COBERTURA

1. Telha galvanizada trapezoidal termoacústica pintada na cor branco, (Ref. ~~Isoste~~ – ~~Isotelha~~ EP5).
2. Laje de concreto impermeabilizada com manta asfáltica.

E – JANELAS / PORTAS / TAMPAS DE CANALETAS / GRADES DOS CUBÍCULOS

1. Janela J-1 fixa executada em moldura de perfis de alumínio anodizado natural (ref. linha Gold-Alcoa) com fechamento em venezianas de alumínio ventiladas. Dimensões: 120x80x270cm.
2. Janela J-2 fixa executada em moldura de perfis de alumínio anodizado natural (ref. linha Gold-Alcoa) com fechamento em venezianas de alumínio ventiladas. Dimensões: 350x80x270cm.
3. Janela J-3 fixa executada em moldura de perfis de alumínio anodizado natural (ref. linha Gold-Alcoa) com fechamento em venezianas de alumínio ventiladas. Dimensões: 605x80x270cm.
4. Janela J-4 – ITEM CANCELADO NO PROJETO
5. Janela J-5 fixa executada em moldura de perfis de alumínio anodizado natural (ref. linha Gold-Alcoa) com fechamento em venezianas de alumínio ventiladas. Dimensões: 120x80x30cm.
6. Janela J-6 fixa executada em moldura de perfis de alumínio anodizado natural (ref. linha Gold-Alcoa) com fechamento em venezianas de alumínio ventiladas. Dimensões: 160x80x270cm.
7. Porta P-1 com duas abas tipo folha resistente a 60 minutos de incêndio, estruturadas em perfis e chapas de aço galvanizado pintado eletrostaticamente na cor cinza claro. Dotada de conjunto de fechadura para portas duplas com barra anti pânico do lado interno e externo através de maçaneta tipo alavanca com chave pintadas na cor prata (Ref. ~~Dormetal~~). Dimensões: 160x210cm.
8. Tampa removível retangular GR-1 executada em chapa dobrada de aço xadrez, espessura 6.35mm dotada de furo retangular 30x60mm para facilitar o seu manuseio, instalada sobre cantoneira de aço "L" 3/4" chumbada no piso. Conforme detalhamentos no projeto. Dimensões: 96x44cm.
9. Tampa removível retangular GR-2 executada em chapa dobrada de aço xadrez, espessura 6.35mm dotada de furo retangular 30x60mm para facilitar o seu manuseio, instalada sobre

- cantoneira de aço "L" 3/4" chumbada no piso. Conforme detalhamentos no projeto. Dimensões: 93x24cm.
10. Tampa removível retangular GR-3 executada em chapa dobrada de aço xadrez, espessura 6.35mm dotada de furo retangular 30x60mm para facilitar o seu manuseio e nicho para passagem de cabos (600x80mm), instalada sobre cantoneira de aço "L" 3/4" chumbada no piso. Conforme detalhamentos no projeto. Dimensões: 93x24cm.
 11. Tampa removível retangular GR-4 executada em chapa dobrada de aço xadrez, espessura 6.35mm dotada de furo retangular 30x60mm para facilitar o seu manuseio e nicho para passagem de cabos (600x80mm), instalada sobre cantoneira de aço "L" 3/4" chumbada no piso. Conforme detalhamentos no projeto. Dimensões: 93x24cm.
 12. Tampa removível retangular GR-5 executada em chapa dobrada de aço xadrez, espessura 6.35mm dotada de furo retangular 30x60mm para facilitar o seu manuseio e nicho para passagem de cabos (600x80mm), instalada sobre cantoneira de aço "L" 3/4" chumbada no piso. Conforme detalhamentos no projeto. Dimensões: 112x24cm.
 13. Tampa removível retangular GR-6 executada em chapa dobrada de aço xadrez, espessura 6.35mm dotada de furo retangular 30x60mm para facilitar o seu manuseio, instalada sobre cantoneira de aço "L" 3/4" chumbada no piso. Conforme detalhamentos no projeto. Dimensões: 123x44cm.
 14. Tampa removível trapezoidal GR-7 executada em chapa dobrada de aço xadrez, espessura 6.35mm dotada de furo retangular 30x60mm para facilitar o seu manuseio, instalada sobre cantoneira de aço "L" 3/4" chumbada no piso. Conforme detalhamentos no projeto. Dimensões: (64/24)x64cm.
 15. Tampa removível trapezoidal GR-8 executada em chapa dobrada de aço xadrez, espessura 6.35mm dotada de furo retangular 30x60mm para facilitar o seu manuseio, instalada sobre cantoneira de aço "L" 3/4" chumbada no piso. Conforme detalhamentos no projeto. Dimensões: (44/24)x64cm.
 16. Tampa removível trapezoidal GR-9 executada em chapa dobrada de aço xadrez, espessura 6.35mm dotada de furo retangular 30x60mm para facilitar o seu manuseio, instalada sobre cantoneira de aço "L" 3/4" chumbada no piso. Conforme detalhamentos no projeto. Dimensões: (44/24)x44cm.
 17. Tampa removível trapezoidal GR-10 executada em chapa dobrada de aço xadrez, espessura 6.35mm dotada de furo retangular 30x60mm para facilitar o seu manuseio, instalada sobre cantoneira de aço "L" 3/4" chumbada no piso. Conforme detalhamentos no projeto. Dimensões: (44/24)x44cm.
 18. Tampa removível retangular GR-11 executada em chapa dobrada de aço xadrez, espessura 6.35mm dotada de furo retangular 30x60mm para facilitar o seu manuseio, instalada sobre cantoneira de aço "L" 3/4" chumbada no piso. Conforme detalhamentos no projeto. Dimensões: 84x44cm.

19. Tampa removível retangular GR-12 executada em chapa dobrada de aço xadrez, espessura 6.35mm dotada de furo retangular 30x60mm para facilitar o seu manuseio, instalada sobre cantoneira de aço "L" 3/4" chumbada no piso. Conforme detalhamentos no projeto. Dimensões: 24x44cm.
20. Deverão ser instalados fechamentos de proteção para todas as baias da subestação em tela ondulada quadrada 20x20mm – fio 10 pintado na cor cinza médio, estruturada em cantoneira e barra chata, dotadas de portas e nichos, com dispositivo para lacre e abertura para área de circulação da subestação, com limitadores de curso (batentes) para os quadros de tela. As dobradiças da porta deverão ser do tipo que não permite a abertura das portas sem romper o lacre da CEMIG, completa, conforme projetos e especificação dos disjuntores, com dimensões variadas: 01 módulo de 170x350cm / 01 módulo de 175x350cm / 13 módulos de 145x350cm / 01 módulo de 150x350cm / 01 módulo de 165x350cm.

OBS.

1. Para as esquadrias em alumínio, o fornecedor deverá apresentar previamente projeto executivo para aprovação da Prefeitura do Campus da UFOP.
2. Em caso de especificações contraditórias, as especificações desse caderno se sobrepõem às especificações da planilha de quantitativos e do projeto arquitetônico.
3. Os materiais especificados nesse caderno, ou nos projetos e planilhas, deverão ser previamente apresentados para avaliação junto a Prefeitura do Campus da UFOP, antes de sua aplicação nas obras.