

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização em Construção Civil

Caio Henrique Liberato Faria

**PLATAFORMA BIM: O POTENCIAL DE SUA
IMPLEMENTAÇÃO EM PROJETOS DE
SUBESTAÇÕES**

**Belo Horizonte,
2021.**

CAIO HENRIQUE LIBERATO FARIA

PLATAFORMA BIM: O POTENCIAL DE SUA IMPLEMENTAÇÃO EM PROJETOS DE SUBESTAÇÕES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Especialização em construção civil do departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Meireles de Oliveira

**Belo Horizonte,
2021.**

F224p

Faria, Caio Henrique Liberato.
Plataforma BIM [recurso eletrônico] : o potencial de sua
implementação em projetos de subestações / Caio Henrique Liberato
Faria. - 2021.

1 recurso online (39 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Danielle Meireles de Oliveira.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em
Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG.

Apêndices: f. 38-39.

Bibliografia: f. 37.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Subestações elétricas. 3. Modelagem de
informação da construção. 4. Sistemas elétricos de potência. 5. Projetos.
I. Oliveira, Danielle Meireles de. II. Universidade Federal de Minas
Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Roseli Alves de Oliveira CRB/6 2121
Biblioteca Prof. Mário Werneck, Escola de Engenharia da UFMG



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: CAIO HENRIQUE LIBERATO FARIA

MATRÍCULA: 2020683452

RESULTADO

Aos 21 dias do mês de julho de 2021 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

"PLATAFORMA BIM: O POTENCIAL DE SUA IMPLEMENTAÇÃO EM PROJETOS DE SUBESTAÇÕES"

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

☒ APROVADO

☐ APROVADO COM CORREÇÕES

☐ REPROVADO

NOTA: 85

CONCEITO: B

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Assinatura

Profª. Drª. Danielle Meireles de Oliveira

Nome

Assinatura

Profª. Drª. Sidnea Eliane Campos Ribeiro

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 21 de julho de 2021

Antonio Neves de
Carvalho
Junior:78724104604

Assinado de forma digital por
Antonio Neves de Carvalho
Junior:78724104604
Dados: 2021.07.23 18:06:49
-03'00'

Coordenador do Curso

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha amada mãe Rosângela Liberato Faria.

AGRADECIMENTOS

Aos professores do departamento de Engenharia de Materiais e Construção da UFMG por todo o conhecimento, suporte e experiências repassadas, em especial à Professora Doutora Danielle Meireles de Oliveira que me orientou de forma excepcional.

Aos colegas deste curso de especialização, por todas as experiências e conhecimentos que foram compartilhados com a turma.

Aos meu amigos da Amorim Engenharia e aos demais profissionais que atuam no desenvolvimento de projetos de subestações que me auxiliaram na disponibilidade de tempo e informações, sem as quais este trabalho não teria sido possível.

RESUMO

O Brasil está passando por um grande avanço na implantação de geração de energias renováveis, acarretando assim, na necessidade de implantação de novas subestações para conexão ao sistema elétrico existente. Além disso, nota-se que as companhias de transmissão e distribuição de energia elétrica estão realizando diversas reformas em suas subestações, seja a troca de equipamentos antigos bem como a ampliação visando atender a maior demanda. Dentro deste contexto, este trabalho tem por objetivo elaborar uma revisão bibliográfica sobre as subestações de energia e a plataforma BIM, apresentar o potencial e os benefícios da utilização da plataforma nos projetos de subestações, bem como verificar os possíveis desafios da implementação da plataforma BIM no segmento. Sendo assim, foi realizada uma investigação junto aos profissionais que atuam diretamente no desenvolvimento dos projetos de subestações, por meio da aplicação de um questionário contendo 8 questões. Ao todo 21 profissionais participaram com o objetivo de identificar precisamente o nível de conhecimento dos projetistas de subestações em relação à tecnologia BIM, o quanto o setor está defasado em relação as novas tecnologias de modelagem computacional, os benefícios que a tecnologia BIM pode gerar ao segmento e as dificuldades/desafios de implementação. Observou-se que a maior interação entre as áreas do desenvolvimento e o maior nível de detalhamento dos projetos são os grandes benefícios que o BIM pode fornecer ao setor, sendo a falta de mão de obra especializada seguida do custo de implementação da tecnologia os grandes desafios a serem superados pelo segmento.

Palavras-chave: Subestações. BIM. Projetos Executivos. Sistemas Elétricos. Construção Civil.

ABSTRACT

Brazil is going through a great advance in the implementation of renewable energy generation, resulting in the need to implement new substations to connect to the existing electrical system. In addition, it is noted that the electricity transmission and distribution companies are carrying out several renovations in their substations, whether the replacement of old equipment or the expansion train the greater demand. Within this context, this work aims to prepare a literature review on power substations and the BIM platform, present the potential and benefits of using the platform in substation projects, as well as verifying the possible challenges of implementing the BIM platform without thread. Thus, an investigation was carried out with professionals who work directly in the development of substation projects, through the application of a questionnaire containing 8 questions. A total of 21 professionals participated in order to precisely identify the level of knowledge of substation designers in relation to BIM technology, how lagging the sector is in relation to new computer modeling technologies, the benefits that BIM technology can generate to the segment and the difficulties/challenges of implementation. It was observed that the greater interaction between the areas of development and the greater level of detail of the projects are the great benefits that BIM can provide to the sector, with the lack of specialized labor followed by the cost of implementing the technology of the greatest challenges to be surpassed by the segment.

Keywords: Substations. BIM. Executive Projects. Electrical Systems. Civil Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estudos iniciais - Desenvolvimento	15
Figura 2 – Anteprojeto - Desenvolvimento	16
Figura 3 – Projeto Básico - Desenvolvimento.....	18
Figura 4 – Projeto Executivo - Desenvolvimento.....	20
Figura 5 – Fundamentos do BIM	23
Figura 6 – BIM no ciclo de vida dos empreendimentos.....	24
Figura 7 – Fluxo básico no processo de projeto BIM	26
Figura 8 – Curva de MacLeamy	27
Figura 9 – Modelo de um componente BIM	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Área de atuação dos profissionais entrevistados.....	31
Gráfico 2 – Tempo de atuação no seguimento.....	32
Gráfico 3 – Familiaridade com a tecnologia BIM	32
Gráfico 4 – Atraso do segmento em ferramentas BIM	33
Gráfico 5 – Possibilidade de uso do BIM no segmento	34
Gráfico 6 – Benefícios da adoção do BIM no segmento.....	34
Gráfico 7 – Desafios para a utilização do BIM no segmento.....	35

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 1:	13
SUBESTAÇÕES	13
1.1 AS FASES DE PROJETO DE SUBESTAÇÕES	13
1.1.1 ESTUDOS INICIAIS	14
1.1.2 ANTEPROJETO	15
1.1.3 PROJETO BÁSICO	17
1.1.4 PROJETO EXECUTIVO	19
CAPÍTULO 2:	21
TECNOLOGIA BIM	21
2.1 OS FUNDAMENTOS E FUNCIONALIDADES DO BIM	21
2.2 BIM NO CICLO DE VIDA DOS EMPREENDIMENTOS	23
2.3 FLUXO DO PROCESSO DE PROJETO BIM	25
2.4 OBJETOS PARAMÉTRICOS	27
2.5 INTEROPERABILIDADE	28
CAPÍTULO 3:	30
METODOLOGIA DE OBTENÇÃO DOS DADOS	30
CAPÍTULO 4:	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	38

INTRODUÇÃO

O BIM (*Building Information Model*) ou Modelagem da Informação da Construção, trata-se de um conceito de modelagem que integra as informações de projeto, de gerenciamento, de execução e podendo chegar operação e manutenção do empreendimento. Foi detectados em pesquisas que a utilização de uma plataforma BIM nos empreendimentos pode gerar projetos mais confiáveis e compatibilizados, bem como uma melhor produtividade no projeto e na obra, reduzindo custos e melhorando resultados. Nota-se que apesar da plataforma possuir tantos benefícios, alguns setores ainda não apresentam nenhum avanço na sua utilização, como no caso das empresas que desenvolvem projetos e obras para subestações.

As Subestações são construções que por finalidade trabalham auxiliando o sistema de transmissão e distribuição de energia elétrica a todos os setores da sociedade, ela é parte integrante desta atividade. Observa-se que no atual momento, o Brasil está passando por um grande avanço na implantação de geração de energias renováveis, acarretando assim, na necessidade de implantação de novas subestações para conexão ao sistema elétrico existente. Além destas novas implantações, nota-se que as companhias de transmissão e distribuição de energia elétrica estão realizando diversas reformas em suas subestações existentes, seja a troca de equipamentos antigos bem como a ampliação visando atender a maior demanda.

Apesar da grande demanda de projetos e obras de subestações, pode ser observado que o setor ainda não avançou na implementação da plataforma BIM. Assim, este trabalho tem por finalidade o levantamento de dados através de pesquisa visando apresentar o potencial e os possíveis benefícios da utilização da plataforma nos projetos de subestações bem como verificar os possíveis desafios da implementação da plataforma BIM no segmento.

CAPÍTULO 1: SUBESTAÇÕES

As Subestações são empreendimentos que fazem parte do sistema de transmissão e distribuição de energia, este empreendimento possui diversas funções como a manobra do sistema, a proteção, a regulação, a medição e distribuição de energia elétrica desde a geração até o atendimento ao consumidor final (FURNAS, 2006). Elas também são necessárias para que seja possível controlar os níveis de tensão na rede, ou seja, controlando a geração de eletricidade dependendo da demanda nas zonas de consumos, elevando ou abaixando os níveis de tensão na rede (RESSUREIÇÃO, 2014).

Para o desenvolvimento dos projetos de subestações, deve-se ter o conhecimento do tipo de obra que será executada. As obras em subestações podem ser de implantação, obra na qual será construída uma nova subestação, obra de ampliação, na qual a subestação já existe e por motivos de aumento da carga é necessário ampliá-la e por fim as obras de retro-fit ou reformas, na qual a subestação passa por uma reforma/substituição dos equipamentos (DALROSSO, 2011).

A busca pela qualidade no desenvolvimento dos projetos de subestações, visto que, possuem diversas disciplinas interessadas e agregadas no mesmo empreendimento, abre oportunidade para implementação da Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* – BIM) visando uma melhor compatibilização das disciplinas, evitando erros e auxiliando os setores de compras, operação e manutenção.

1.1 AS FASES DE PROJETO DE SUBESTAÇÕES

A partir de estudos de planejamento visando o desenvolvimento, evolução e demanda do sistema elétrico, ocorre a decisão de ampliar ou contruir uma nova subestação para atender a abrangência do sistema ou para interligar o sistema elétrico possibilitando assim o intercâmbio de energia entre as concessionárias (ELETROBRAS, 1982).

Os projetos para execução de uma subestação são divididos em suas respectivas áreas, projeto civil, eletromecânico e elétrico. Porém até a fase de elaboração do projeto executivo de uma subestação, são realizados estudos iniciais, estudos de viabilidade ou anteprojeto e projeto básico (FURNAS, 2006).

O desenvolvimento do projeto não obedece uma sequência rígida de atividades. Durante a evolução do projeto podem haver várias atividades em paralelo, ocorrendo a extinção de alguma etapa intermediária ou uma regressão a etapas anteriores no intuito de alcançar uma solução que seja técnica e economicamente satisfatória melhorando a qualidade e o custo final empreendimento (ELETROBRÁS, 1982). A seguir serão descritas cada uma destas etapas.

1.1.1 Estudos iniciais

Furnas (2006, p. 60), define os estudos iniciais como:

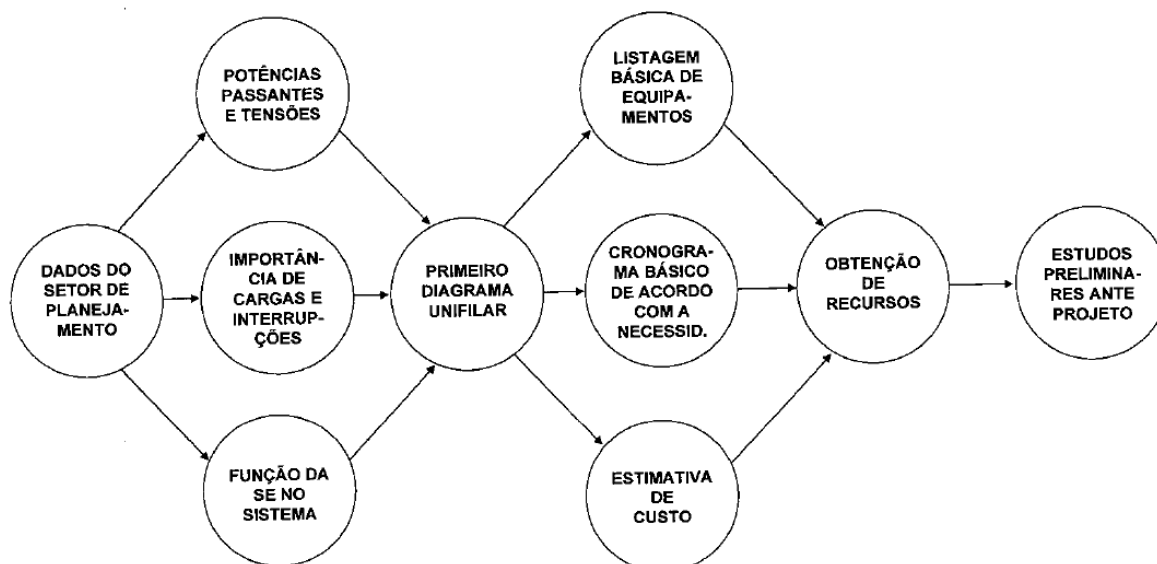
São todos os estudos necessários, a fim de se definir dados básicos de início de uma atividade de projeto e que deverão ser transmitido ao projetista. Estes dados básicos de partida, fornecidos pelo setor de planejamento nas empresas de energia elétrica, são as potências passantes pela SE (potência gerada pela usina respectiva no caso de SE elevadora, potências a serem transferidas em SE receptora ou interligadora) e as tensões de entrada e saída.

Segundo Eletrobras (1982), durante os estudos iniciais deve-se também conhecer a função da subestação no sistema, ou seja, a relevância das cargas supridas pela subestação, bem como o possível resultado de uma interrupção parcial ou total no funcionamento da mesma. Estas informações permitem que sejam definidos critérios de funcionamento e níveis aceitáveis de eventuais defeitos.

Durante a etapa de estudos, são desenvolvidos um cronograma básico de execução, uma lista aproximada de equipamentos necessários, uma estimativa de custo de implantação que é baseada em projetos similares e também são necessários estudos de possíveis impactos ambientais (FURNAS, 2006).

Na Figura 1 apresenta-se a sequência do desenvolvimento dos estudos iniciais.

Figura 1 – Estudos iniciais - Desenvolvimento



Fonte: Furnas (2006, p. 61)

1.1.2 Anteprojeto

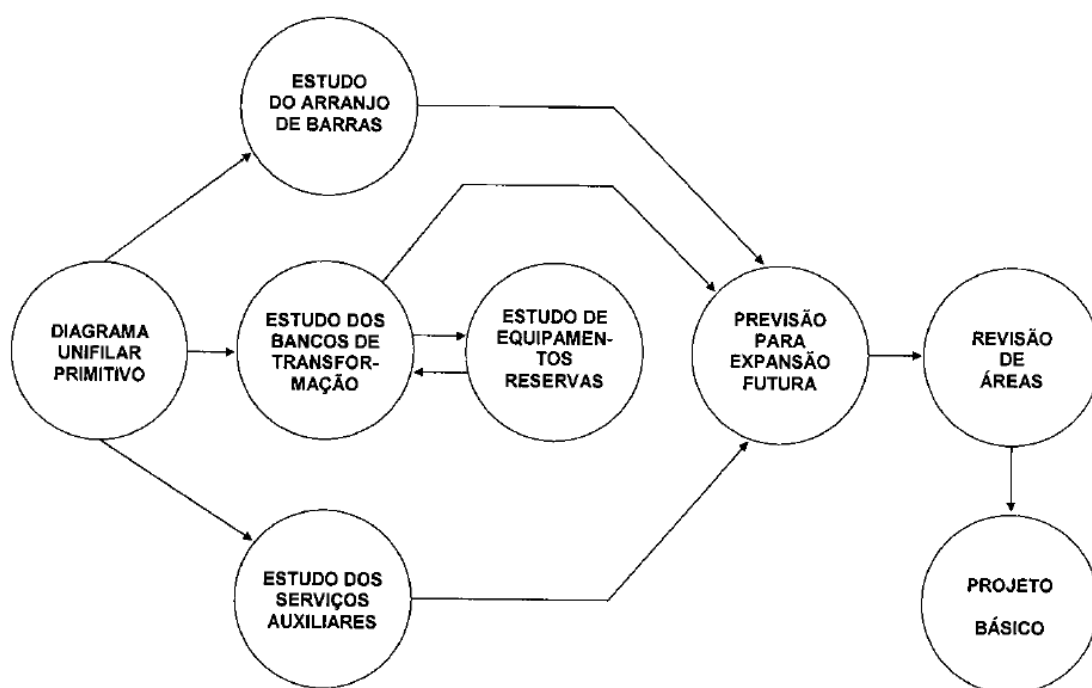
O anteprojeto corresponde à etapa em que são realizadas análises do sistema, sendo que os resultados obtidos a partir desta análise, complementados por estudos de coordenação, permitem determinar as principais características elétricas da subestação e dos seus equipamentos (ELETROBRAS, 1982).

De acordo com Furnas (2006), a importância da subestação no sistema está relacionada ao nível da sua tensão. Quanto maior a tensão, mais completos devem ser os estudos de análise, com o intuito de prevenir custos desnecessários. Na fase de anteprojeto ocorre uma análise mais aprofundada do diagrama unifilar, possibilitando avaliar a área requerida para a implantação da nova subestação, sendo desenvolvido um arranjo físico baseado em subestações similares. Para um mesmo diagrama é possível mais de um arranjo, sendo necessário um levantamento prévio dos terrenos disponíveis, que indicarão as alternativas que podem vir a ser requeridas para se adaptar ao *layout* do terreno.

A previsão de expansão futura da subestação é levada em consideração no momento da análise dos terrenos disponíveis, as subestações executadas no passado sofrem sérios problemas quando há a necessidade de ampliação devido à falta de previsão adequada. Sendo assim, para as novas implantações, é necessário um planejamento a longo prazo, o terreno a ser escolhido deve permitir expansões, assegurando faixas para entradas de novas linhas de transmissões. A área para expansão será adquirida no momento da implantação inicial, mesmo que a área não seja utilizada de imediato, é necessária a aquisição tendo em vista que no futuro poderão haver dificuldades para sua obtenção, em especial subestações que serão implantadas na periferia dos grandes centros.

Na Figura 2 apresenta-se a sequência do desenvolvimento do anteprojeto.

Figura 2 – Anteprojeto - Desenvolvimento



Fonte: Furnas (2006, p. 64).

1.1.3 Projeto básico

Segundo Eletrobras (1982), a etapa de projeto básico, constitui-se no desenvolvimento do que é indispensável à construção da subestação, e no levantamento de informações essenciais listadas a seguir:

a) informações do terreno onde será implantada a subestação como levantamento topográfico completo da área a ser utilizada, adjacências e acessos, natureza do solo complementadas por sondagens e resistividade do solo e sua variação ao longo do ano, estas informações são de baixo custo consequentemente evitam alterações subsequentes e possíveis superdimensionamentos das movimentações de terra e projetos das fundações;

b) características da região onde será implantada a subestação como o relevo, fatores climáticos e ambientais, acesso à área, à população vizinha, instalações (energia, água, internet e outros), oficinas para venda, aluguel, manutenção e reparos de equipamentos, alojamento temporário para o efetivo que irá construir a subestação e permanente para os profissionais de operação e manutenção.

Com base nos dados coletados pode-se efetuar o dimensionamento básico da subestação, desenvolvendo as seguintes etapas listadas:

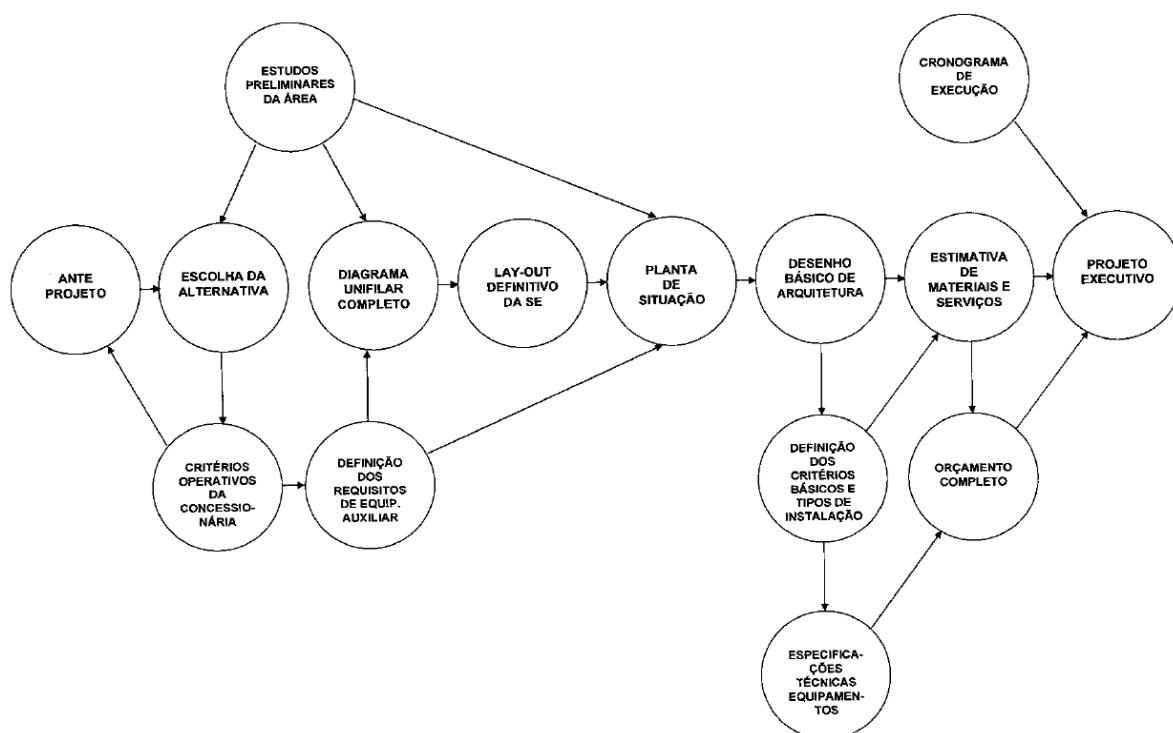
- a) diagrama unifilar completo;
- b) *layout* ou arranjo não detalhado da subestação em planta, com vistas e seções típicas;
- c) planta de situação com a apresentação das chegadas das linhas de transmissão e das vias de acesso ao pátio da subestação;
- d) desenhos básicos de arquitetura das edificações;
- e) definição dos critérios básicos e dos tipos de instalações que serão adotados para iluminação, malha de aterramento, cabos de alimentação e controle, água, esgotos e infraestrutura em geral;
- f) quantitativo dos materiais necessários para construção e volumes de serviços envolvidos;
- g) cronograma de execução;
- h) orçamento completo de obra;

- i) memorial descritivo e documentação para submissão a agência reguladora;
- j) especificações técnicas para fornecimento, ensaios e remessa dos principais equipamentos da subestação;
- k) especificações para obras civis e montagem eletromecânica, estudos e requisitos para projeto e instalação do canteiro.

Com a aprovação pelos órgãos competentes, podem ter início as atividades executivas como a aquisição do terreno e concorrências para compra dos equipamentos, estas aquisições são de grande importância tornando possível o andamento à etapa seguinte do projeto.

Na Figura 3 apresenta-se a sequência do desenvolvimento do projeto básico.

Figura 3 – Projeto Básico - Desenvolvimento



Fonte: Furnas (2006, p. 67).

1.1.4 Projeto executivo

O projeto executivo é a última etapa na evolução no projeto de implantação ou ampliação de uma subestação. De acordo com Furnas (2006), esta etapa consiste na análise dos desenhos dos fabricantes dos equipamentos, adaptação do projeto básico às características dos equipamentos que serão adquiridos e o detalhamento de toda a instalação a ser realizada na subestação.

Os projetos executivos que abrangem todos os aspectos da construção de uma subestação são reunidos em quatro grupos:

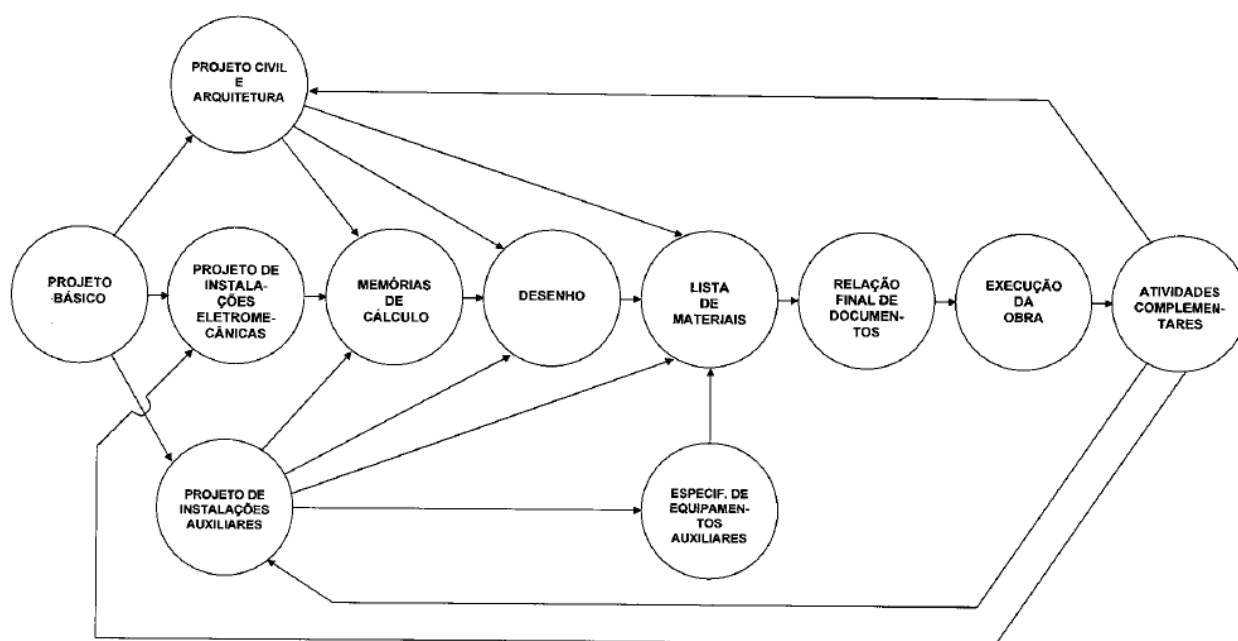
- a) projeto civil onde detalham-se: canaletas e caixas, drenagem, terraplanagem, urbanização, sondagem, fundações, edificações, hidrosanitário, ar condicionado, proteção contra incêndio, estruturas metálicas e de concreto;
- b) projeto eletromecânico onde detalham-se: arranjo físico dos equipamentos, dimensionamento dos condutores, detalhes de montagem dos equipamentos, eletrodutos e canaletas, iluminação, malha de aterramento e sistema de proteção contra descargas atmosféricas;
- c) projeto elétrico também conhecido como proteção e controle onde detalham-se: estudos de proteção, disposição dos painéis nas edificações, *layout* construtivo dos painéis, diagramas de interligação, diagramas de serviços auxiliares, diagrama unifilar, diagrama esquemáticos, lista de cabos e etc;
- d) projeto de telecomunicações onde detalham-se: encaminhamento dos cabos opticos que chegam pelas linhas de transmissão (LT's), infraestrutura para os cabos e os equipamentos necessários para comunicação na subestação.

Em diversos casos, a execução da obra se inicia antes da finalização do projeto executivo, nota-se que para adiantar as atividades de campo, diversos documentos são emitidos incompletos ou como destacado por muitas empresas, emitidos “em avanço”. Por motivos como estes, é necessário que o projeto tenha uma excelente coordenação de documentos a fim de manter todas as áreas

interligadas e informadas para que mantenha-se a compatibilização dos projetos visto que uma mudança pequena em um destes grupos pode descompatibilizar os documentos dos demais grupos gerando prejuízos à obra.

Na Figura 4 apresenta-se a sequência do desenvolvimento do projeto executivo.

Figura 4 – Projeto Executivo - Desenvolvimento



Fonte: Furnas (2006, p. 70).

CAPÍTULO 2: TECNOLOGIA BIM

Um dos mais promissores desenvolvimentos da indústria de projetos de AEC (arquitetura, engenharia e construção) é a modelagem da informação da construção (*Building Information Modeling* – BIM). O BIM pode ser definido como uma tecnologia de modelagem e um agrupamento de processos associados para produzir, gerir, comunicar e analisar modelos de empreendimentos (EASTMAN et al., 2014).

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2016), o BIM tem apresentado importantes mudanças tecnológicas para indústria AEC. Estas mudanças geram novos desafios para implementação da tecnologia como a necessidade de mão de obra especializada pois são requeridos novos métodos de trabalhos e novas posturas de relacionamento entre os engenheiros, arquitetos e projetistas, e a necessidade de promover condições de viabilizar um conjunto de informações multidisciplinares sobre o empreendimento, desde o momento da concepção até as fases de uso e manutenção.

CBIC (2016, p. 23), afirma que:

BIM não deve ser considerado uma tecnologia tão nova, embora o termo seja relativamente novo. Soluções similares ao BIM têm sido utilizadas em diversas indústrias, onde a complexidade logística (ex. uma montagem em alto-mar – offshore) ou a repetição de um mesmo projeto (ex. indústria automobilística ou de aviação) exigiam e permitiam um maior investimento no desenvolvimento dos projetos e especificações. O que é novo é o acesso da indústria da construção civil a essa ferramenta, que só se tornou possível pelo aumento da facilidade de aquisição de hardwares (computadores pessoais com grande capacidade de processamento) e softwares.

2.1 OS FUNDAMENTOS E FUNCIONALIDADES DO BIM

Atualmente a indústria de projetos de AEC ainda está, em sua maioria, implementando seus empreendimentos baseados nos documentos em papel. Erros,

omissões, incompatibilidades nestes documentos são comuns e geram atritos, gastos financeiros e atrasos. A implementação de ferramentas de CAD (*Computer Aided Design*) 3D, vem aumentando a compatibilização das informações, porém e nota-se que essas ferramentas auxiliaram pouco na redução, na gravidade e na frequência dos conflitos causados pelos documentos em papel (EASTMAN et al., 2014).

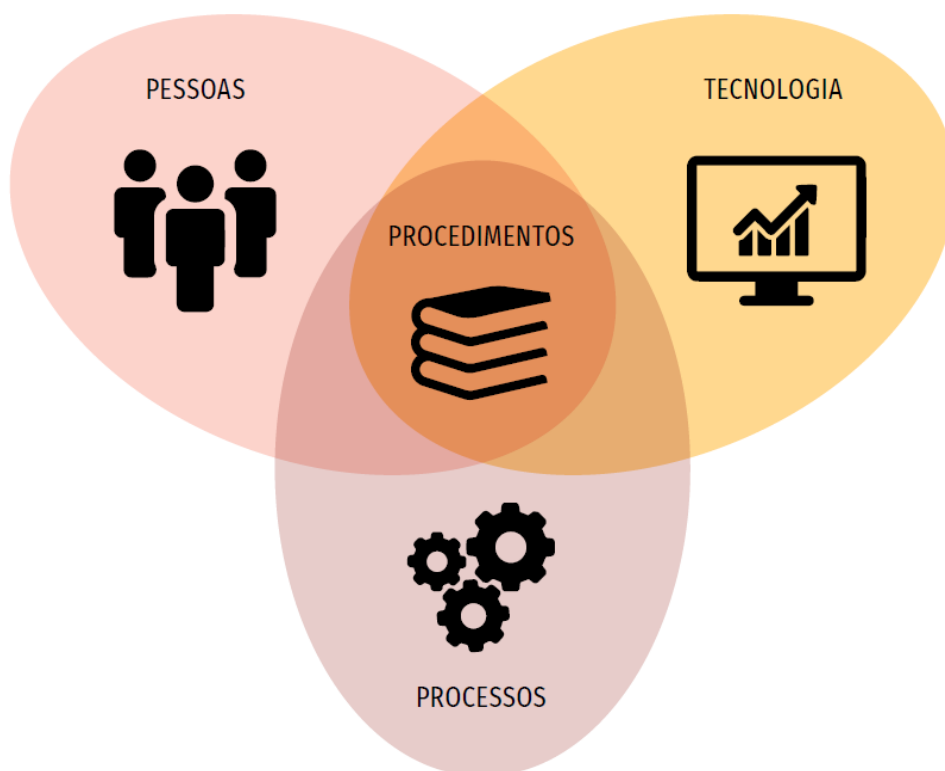
De acordo com o CBIC (2016), com a utilização dos documentos em papel, nota-se que infelizmente a ocorrência de várias alterações do decorrer da obra, em relação ao projeto e ao planejamento original, é muito comum. O BIM reduz consideravelmente a ocorrência e os impactos destas mudanças. A modelagem das informações proporciona a geração automática de projetos e de relatórios, auxiliando nas análises de projetos, no planejamento, gestão de instalações, permite que a equipe de projeto fique bem informada, auxiliando na tomada de decisões adequadas para o melhor resultado do empreendimento.

Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2017), a implementação do BIM é indentificada como uma inovação disruptiva, pois altera as soluções técnicas atuais para uma abordagem de modelagem de componentes virtuais para a apresentação do empreendimento em um modelo virtual. Conforme esta tecnologia avança, novos mercados são criados e as organizações atuais passam por uma grande mudança cultural. Estão envolvidas nesta mudança, as pessoas e processos e a forma como a organização resolve seus problemas e desenvolve seus produtos. Para efetiva implementação do BIM, é possível afirmar que ela se baseia em três dimensões fundamentais: tecnologia, pessoas e processos.

A tecnologia está relacionada a toda infraestrutura necessária para a perfeita operação, os computadores, os *softwares*, a rede, o treinamento e a segurança dos dados. As pessoas são fundamentais na implantação, os profissionais deverão possuir boa capacidade de trabalho em equipe, experiência no segmento e a boa capacidade cognitiva e comunicativa para que possam identificar os erros ou possíveis melhorias e comunicar no momento certo a pessoa correta. O processo está relacionado ao plano de trabalho que será adotado, como o fluxo de atividades, o acompanhando preciso do cronograma, a especificação dos entregáveis, o sistema

de concentração dos dados, arquivos e informações. A tecnologia, as pessoas e os processos estão relacionadas entre si por um conjunto de procedimentos, normas e boas práticas que regulam e consolidam os processos, as práticas comerciais, políticas pessoais, uso e operação da tecnologia, Figura 5 (ABDI, 2017).

Figura 5 – Fundamentos do BIM



Fonte: ABDI (2017, p. 11).

2.2 BIM NO CICLO DE VIDA DOS EMPREENDIMENTOS

A implementação do BIM na AEC em uma visão de longo prazo, irá transformar não somente as práticas de trabalho nas empresas, mas também a relação com o empreendimento. Segundo ABDI (2017), uma importante função do BIM é a sua aplicabilidade em todo o ciclo de vida do empreendimento, desde a sua programação e concepção até o momento de sua operação, reuso ou demolição,

conforme apresentado na Figura 6. Isto ocorre porque durante o desenvolvimento deve-se considerar todas as atividades, produtos, elementos e processos que podem ocorrer ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. No entanto, para a perfeita operação é necessário que os *softwares* utilizados para atender cada processo estejam certificados com o padrão *Industry Foundation Classes* (IFC) de interoperabilidade.

Figura 6 – BIM no ciclo de vida dos empreendimentos



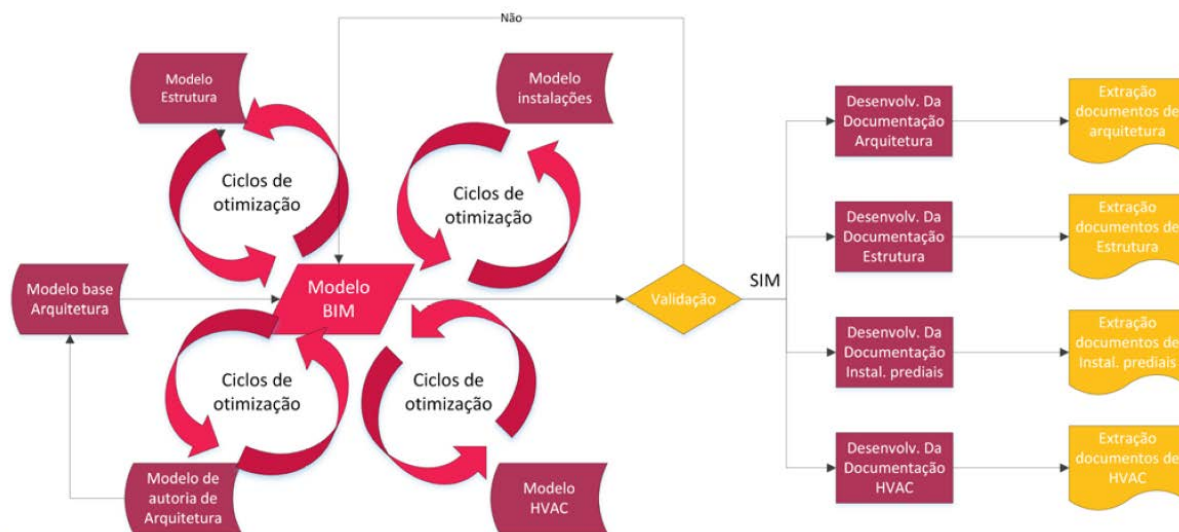
Fonte: ABDI (2017, p. 12).

2.3 FLUXO DO PROCESSO DE PROJETO BIM

ABDI (2017) descreve que o fluxo do processo do projeto BIM inverte o método de trabalho usualmente utilizado, no qual a análise e a compatibilização dos projetos são realizadas por diferentes participantes a partir da documentação 2D já definida. A partir disto o documento que pode ser considerado pelo seu desenvolvedor como já definitivo, pode passar por diversos ajustes e correções a medida que os diferentes participantes vão analisando até que o documento chegue a um documento final satisfatório. CBIC (2016), orienta que existe uma impressão equivocada de que o BIM seria o “substituto do CAD”, quando na verdade o BIM é uma tecnologia que altera todo o fluxo do processo de projeto, desde a concepção até o seu gerenciamento.

Com a utilização do processo de projeto BIM, ao contrário do modelo atual, os esforços de compatibilização, coordenação e otimização são concentrados em um modelo virtual do empreendimento em que todas as áreas participam e desenvolvem simultaneamente. Uma vez que o processo do projeto esteja completo, compatibilizado, otimizado e validado, são extraídas as folhas do projeto e os documentos que servirão de base para execução da obra, como apresentado no fluxograma da Figura 7 (ABDI, 2017).

Figura 7 – Fluxo básico no processo de projeto BIM



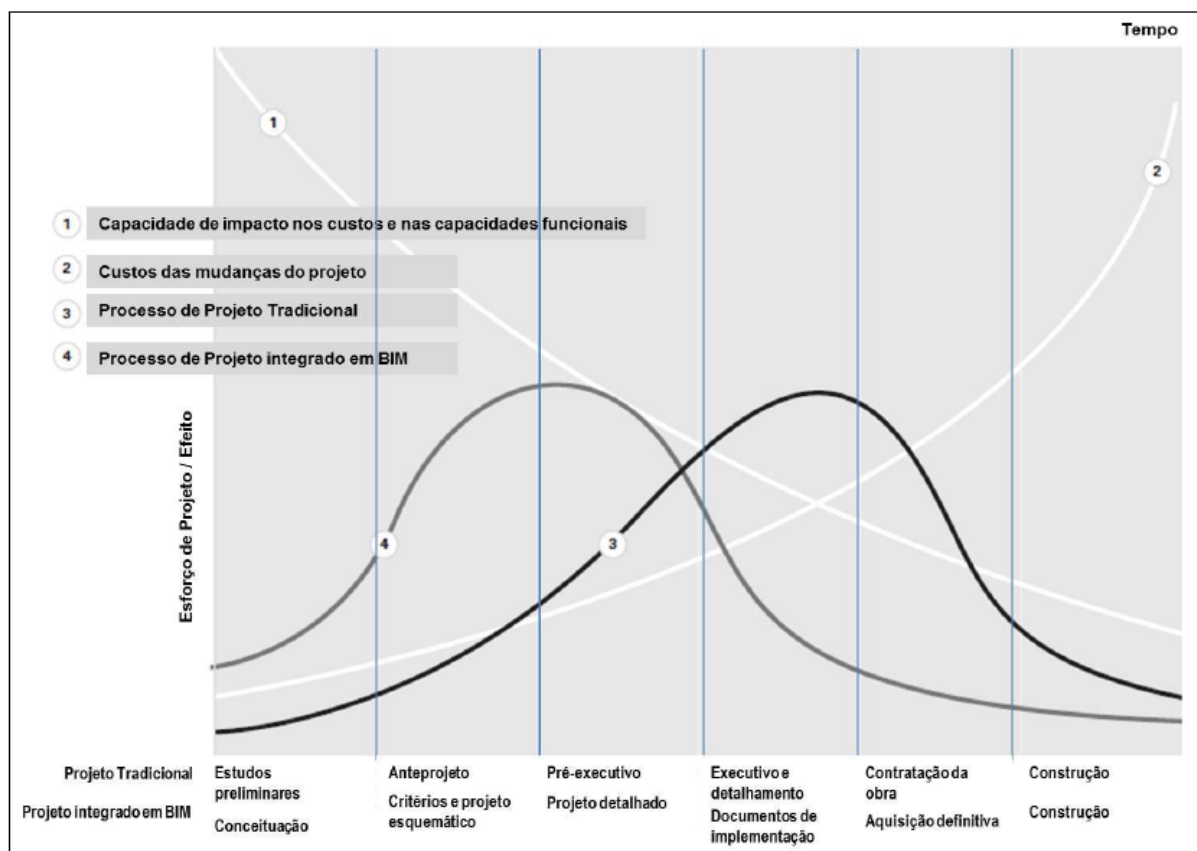
Fonte: ABDI (2017, p. 16).

ABDI (2017, p.17), afirma que:

Com esta metodologia de projeto em que se analisa um modelo que de fato é uma construção virtual, ainda que com maior ou menor nível de detalhe conforme o nível de desenvolvimento do projeto, os eventuais conflitos entre diferentes elementos e disciplinas são facilmente evidenciados, de modo que é possível evitar que aconteçam e buscar soluções de execução otimizadas. O projeto desenvolve-se de maneira coordenada e colaborativa, idealmente com todos os seus elementos das diferentes disciplinas compatibilizados entre si. Dessa forma, a atividade de compatibilização de projetos, que no CAD exige um enorme esforço, no BIM fica reduzida a verificações pontuais, pois os conflitos potenciais são evitados antes de surgirem.

No processo de projeto BIM, as decisões de projetos são concentradas em uma etapa anterior em relação ao modelo usual, com isso, seu impacto é maior e o custo das alterações são consideravelmente menores. Isto pode ser observado na Figura 8, conhecida como curva de MacLeamy.

Figura 8 – Curva de MacLeamy



Fonte: MANZIONE (2013, p. 144).

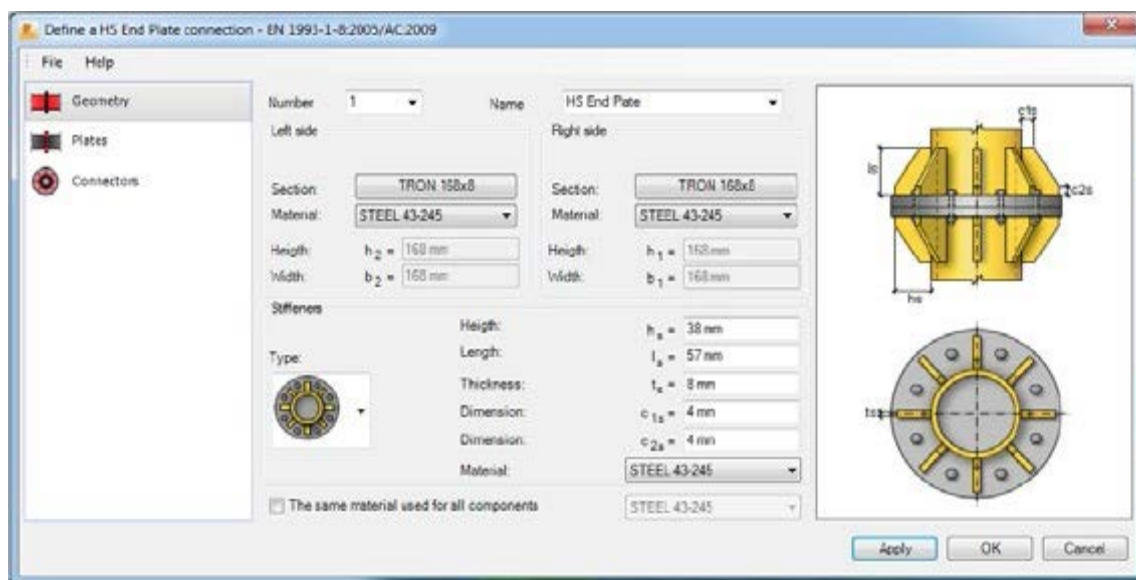
2.4 OBJETOS PARAMÉTRICOS

Os objetos paramétricos são componentes BIM onde suas propriedades podem ser alteradas para atender às demandas específicas de um projeto sem a necessidade de redesenho ou consequentemente retrabalho. Os componentes BIM são objetos virtuais que simulam o que será construído, contendo todas as características e suas dimensões reais, em resumo os componentes BIM são os elementos que dão forma e constituem o modelo BIM (ABDI, 2017).

CBIC (2016) afirma que os componentes BIM são inteligentes e possuem informações sobre si próprios, conseguem se relacionar com os demais objetos, seu entorno ou o ambiente no qual estão inseridos. Os componentes BIM podem ser relacionados a dados de todos os tipos como textos, números, especificações, dados relativos a desempenho, detalhes construtivos, *links* para documentos

externos ou uma especificação mais complexa. Na Figura 9 apresenta-se um modelo de um componente BIM onde o usuário pode gerar ou modificar diversas características de uma peça já parametrizada.

Figura 9 – Modelo de um componente BIM



Fonte: CBIC (2016, p. 66).

EASTMAN et al. (2014, p. 45) afirmam que:

A modelagem de objetos paramétricos fornece uma maneira poderosa para criar e editar geometria. Sem ela, a geração e o projeto de modelos seriam extremamente incômodos e sujeitos a erros, como constatou com grande desapontamento a comunidade da engenharia mecânica depois do desenvolvimento inicial da modelagem de sólidos. Projetar uma construção que contém um milhão ou mais de objetos pode ser impraticável sem uma plataforma que permita uma efetiva edição de projetos automática de baixo nível.

2.5 INTEROPERABILIDADE

EASTMAN et al. (2014) afirmam que nenhum *software* pode suportar sozinho todas as tarefas relacionadas nos projetos. A interoperabilidade representa a necessidade de se compartilhar dados entre diferentes *softwares*, permitindo a contribuição e o trabalho conjunto entre diferentes especialidades. A

interoperabilidade é usada, normalmente, no intercâmbio de formatos de arquivos, como DXF (*Drawing Exchange Format*) e IGES, que intercambiam apenas trocas geométricas.

A interoperabilidade é a necessidade de trocar informações entre dois ou mais *softwares*, para que em conjuntos, possam oferecer melhores dados e detalhes para execução do empreendimento. A interoperabilidade elimina a necessidade de retrabalho, além de auxiliar no fluxo de trabalho e na automação do processo de projeto. No final dos anos de 1980, foram desenvolvidos modelos de dados que auxiliam no intercâmbio de modelos de objetos em diferentes indústrias, esse desenvolvimento foi liderado pelas normas internacionais ISO (*International Organization for Standardization*) (DIAS, 2015).

O plano de dados conhecido na indústria BIM como IFC (*Industry Foundation Class*) foi enriquecido por uma série de normas ISO que determinam os requisitos dos objetos virtuais e a sua lógica para o inter-relacionamento. O IFC garante a interoperabilidade entre os diferentes *softwares*, das diversas fases ou etapas do projeto. A interoperabilidade dos projetos é complementado pelos padrões BCF (*BIM Collaboration Format*), que é voltado para o setor de coordenação e permite uma comunicação mais fácil e segura entre os usuários. Mesmo que o IFC não seja utilizado em nenhum *software* de projeto, ele é uma representação estática e a base da representação virtual da construção, que permite a interoperabilidade entre os diferentes *softwares* (ABDI, 2017).

CAPÍTULO 3:

METODOLOGIA DE OBTENÇÃO DOS DADOS

A presente pesquisa constituiu-se em três partes. A primeira etapa, fundamentação teórica, consiste no estudo e revisão de trabalhos acerca do tema de subestações e tecnologia BIM. As pesquisas teóricas abrangeram de forma geral os conceitos, o funcionamento, a história, a evolução e as novas tecnologias.

A segunda etapa consiste em uma investigação junto aos profissionais que atuam diretamente no desenvolvimento dos projetos de subestações. Foi desenvolvido um questionário contendo 8 questões, o qual foi disponibilizado aos profissionais por meio do sistema de formulários da google via e-mail e mensagens diretas. No Apêndice A é apresentado o modelo do questionário. A finalidade do questionário foi identificar precisamente o nível de conhecimento dos projetistas de subestações em relação à tecnologia BIM, o quanto o setor está defasado em relação às novas tecnologias de modelagem computacional, os benefícios que a tecnologia BIM pode gerar ao segmento e as dificuldades/desafios de implementação.

Por fim, na terceira e última parte são apresentados os resultados do questionário e, com isso, realizadas as análises dos dados e das informações coletadas, bem como a apresentação de sugestões de mudança e melhorias para o segmento de desenvolvimento de projetos de subestações nos diversos aspectos analisados e estudados.

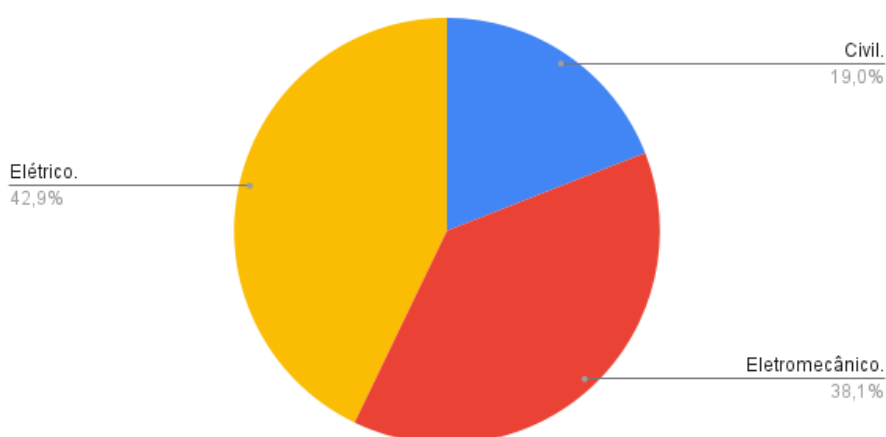
CAPÍTULO 4:

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Participaram da investigação 21 profissionais de engenharia que atuam diretamente no desenvolvimento dos projetos de subestações, e a partir das respostas obtidas por meio do questionário, foi possível compreender que o setor está atrasado, porém aberto a adotar o BIM como nova metodologia de trabalho.

No Gráfico 1 apresenta-se a área de atuação de cada profissional entrevistado. Assim como no segmento, a pesquisa envolveu um maior número de profissionais atuantes do setor elétrico, seguido pelo setor eletromecânico e em menor número o setor civil.

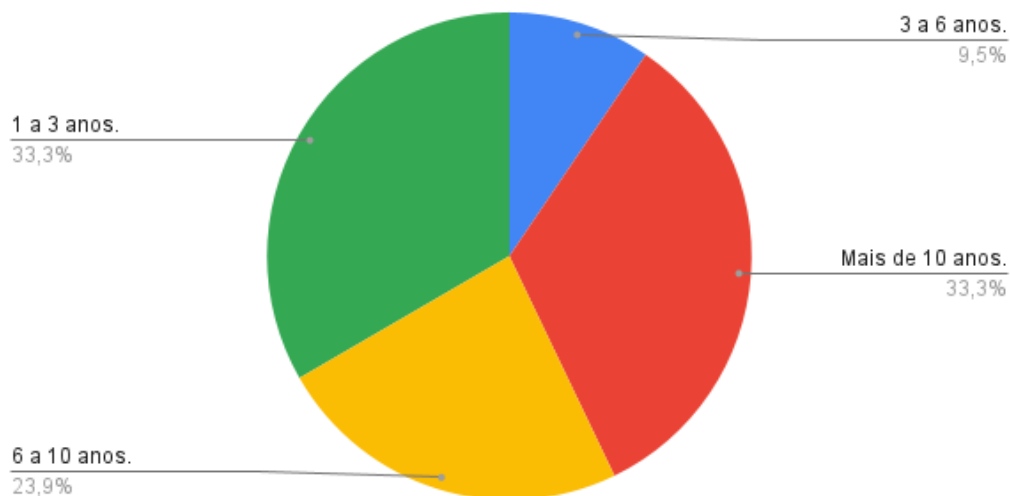
Gráfico 1 – Área de atuação dos profissionais entrevistados



Fonte: Elaborado pelo autor.

A fim de levantar o grau de experiência de cada profissional entrevistado, foi questionado aos mesmos há quanto tempo estão atuando no desenvolvimento de projetos de subestações. O resultado, apresentado no Gráfico 2, foi satisfatório, pois apresentam amostras consideráveis de profissionais que atuam há bastante tempo no segmento e de profissionais que ainda estão iniciando sua carreira.

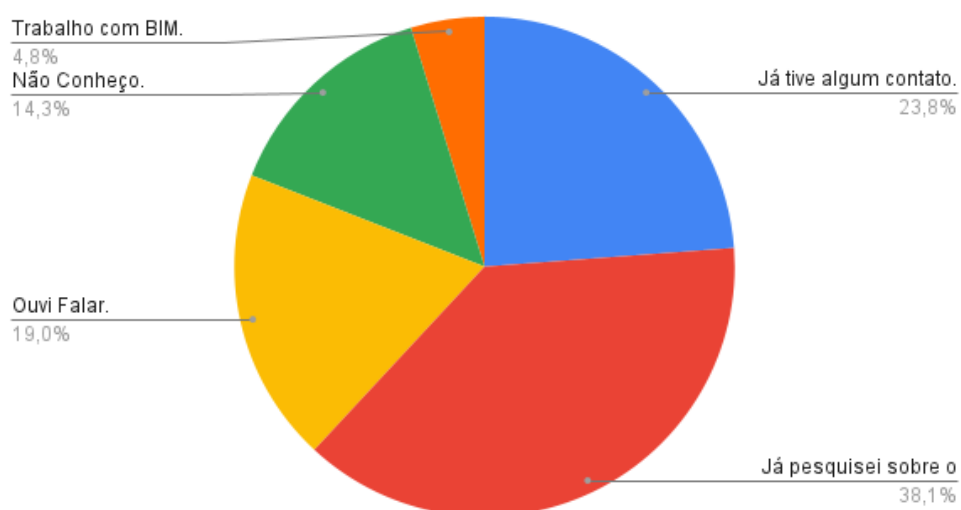
Gráfico 2 – Tempo de atuação no seguimento



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que a grande maioria dos profissionais já pesquisaram ou tiveram algum contato com a tecnologia BIM e apenas 1 questionado alegou que está trabalhando com BIM (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Familiaridade com a tecnologia BIM

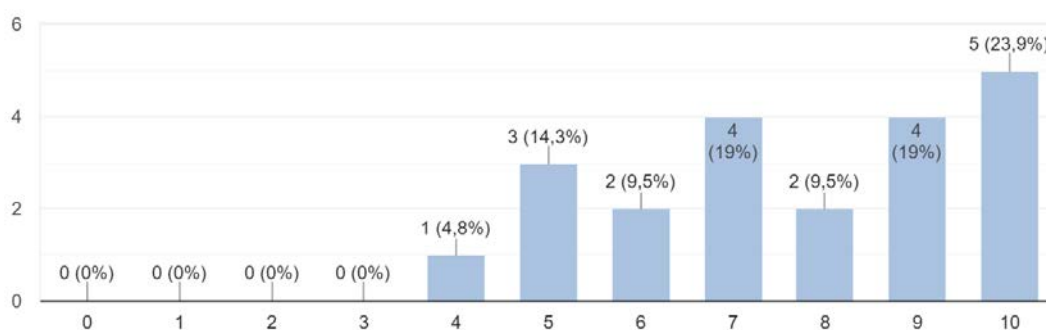


Fonte: Elaborado pelo autor.

Questionados sobre quais os *softwares* os profissionais entrevistados já conheceram, já trabalharam ou trabalham, dos 21 entrevistados apenas 7 profissionais responderam. O *software* Revit foi o mais citado e esteve em todas as 7 respostas.

Também verificou-se junto aos profissionais, o quão o setor de projetos de subestações está defasado em ferramentas BIM. Apresentou-se uma escala de 0 a 10 considerando 0 “pouco atrasado” e 10 “muito atrasado”. A grande maioria dos entrevistados pontuou acima de 7, acreditando que de fato o setor segue muito atrasado em relação à utilização das ferramentas BIM (Gráfico 4).

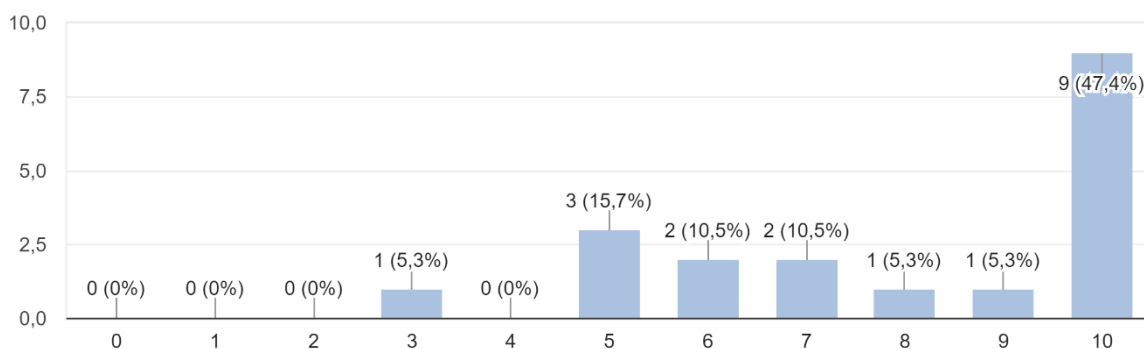
Gráfico 4 – Atraso do segmento em ferramentas BIM



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em contrapartida, a grande maioria dos profissionais que atuam diretamente no desenvolvimento dos projetos de subestações, enxerga grande possibilidades da utilização da tecnologia BIM. Esse resultado é apresentado no Gráfico 5, no qual 0 corresponde a “pouco possível” e 10 a “muito possível”. Destaca-se que dois profissionais entrevistados assinalaram que não possuem familiaridade com a tecnologia BIM para responder ao questionamento.

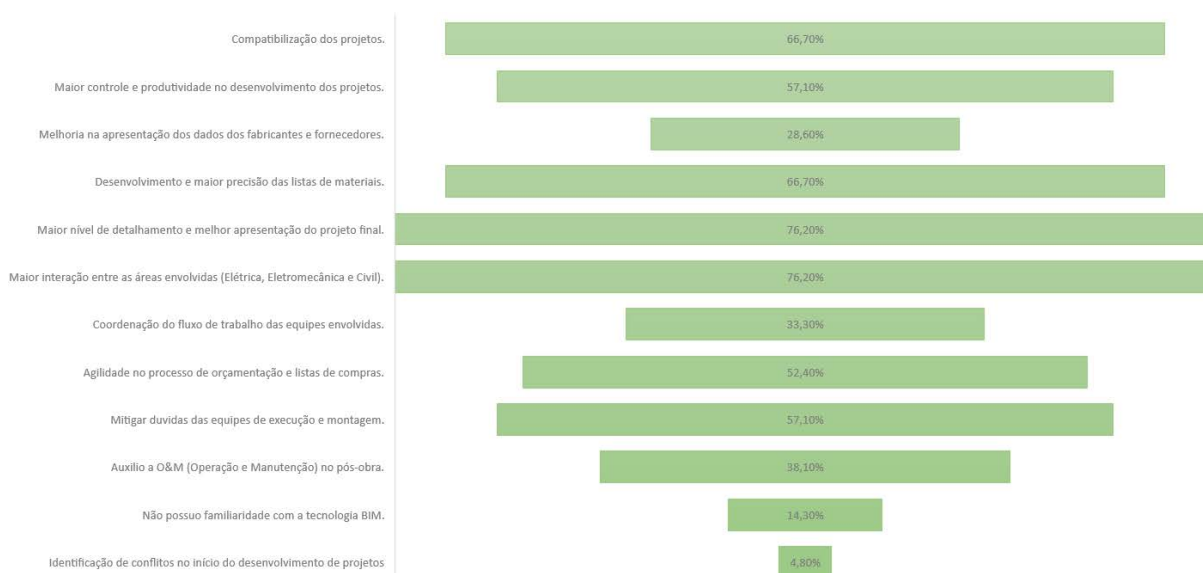
Gráfico 5 – Possibilidade de uso do BIM no segmento



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sabendo que a grande parte dos entrevistados já pesquisaram, ou tiveram algum contato com a tecnologia BIM, questionou-se quais os benefícios a adoção da tecnologia BIM poderá gerar ao segmento. Conforme Gráfico 6, 76,2% dos entrevistados acreditam que a maior interação entre as áreas do desenvolvimento e o maior nível de detalhamento dos projetos são os grandes benefícios.

Gráfico 6 – Benefícios da adoção do BIM no segmento

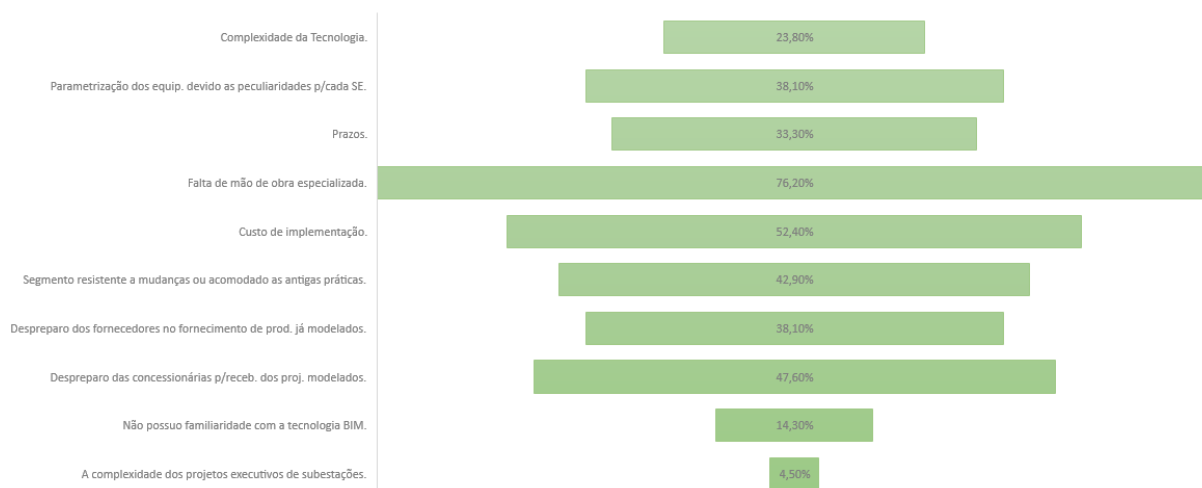


Fonte: Elaborado pelo autor.

Acerca disto, questionou-se quais seriam os grandes desafios para adotar a tecnologia BIM no desenvolvimento dos projetos de subestação. Conforme o Gráfico

7, 76,2% dos entrevistados acreditam que a falta de mão de obra especializada é o grande desafio, destacando-se também o custo de implementação com 52,4% da opinião dos entrevistados.

Gráfico 7 – Desafios para a utilização do BIM no segmento



Fonte: Elaborado pelo autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho era a investigação do potencial da implementação da utilização da plataforma BIM no desenvolvimento de projetos de subestações. Atualmente há uma grande demanda no Brasil de projetos e obras de subestações, essa demanda tem pressionado os projetistas a desenvolverem projetos cada vez mais rápidos, com isso a qualidade do projeto final tem caído substancialmente, gerando diversos erros, incompatibilidades e prejuízos às obras e ao sistema elétrico.

A partir dessa visão, acredita-se que a implementação da tecnologia BIM pode ser a solução para melhorarmos a qualidade e mitigar os erros que vem ocorrendo no segmento. Através desta pesquisa, pode-se concluir que o segmento reconhece que o setor está muito defasado em relação à utilização das ferramentas BIM porém está totalmente aberto para implementação.

Por fim, observa-se que a maior interação entre as áreas do desenvolvimento e o maior nível de detalhamento dos projetos são os grandes benefícios que o BIM pode fornecer ao setor, sendo a falta de mão de obra especializada seguida do custo de implementação da tecnologia são os grandes desafios a serem superados pelo segmento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Processos de projeto BIM:** Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Brasília: ABDI, 2017.

Câmara Brasileira da Indústria e Construção. **Fundamentos BIM – Parte 1:** Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras. Brasília: CBIC, 2016.

DALROSSO, Gomes Ricardo. **Projeto de subestação de médio porte.** Projeto de diplomação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

DIAS, Ezequiel Rosa. **Análise da modelagem da construção (BIM) em processos de projetos industriais.** Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM** – um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 1.Ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

Eletrobras - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Diretrizes Básicas para Projeto de Subestações de Tipo Convencional Aberto:** Volume 1, Subestações de Alta Tensão (138 e 230 kV). Rio de Janeiro: Eletrobras, 1982.

Eletrobras - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Diretrizes Básicas para Projeto de Subestações de Tipo Convencional Aberto:** Volume 2, Subestações de Extra Alta Tensão (345 e 750 kV). Rio de Janeiro: Eletrobras, 1982

Furnas Centrais Elétricas S.A. **Construção de Subestações:** Noções de projeto e construção. Rio de Janeiro: Furnas, 2006.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM.** Tese de doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

RESSUREIÇÃO, Ricardo Jorge Vieira E. **Projeto e construção de subestações.** 199 f. Dissertação de mestrado – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2014.

APÊNDICE A – Questionário

Nome (Opcional):

Empresa (Opcional):

E-Mail (Opcional):

Cidade (Opcional):

1- Em relação aos projetos de subestações, qual sua área de atuação?

- ☐ Elétrico.
- ☐ Eletromecânico.
- ☐ Civil.

2- A quanto tempo você trabalha com projetos de subestações?

- ☐ Menos de 1 ano.
- ☐ 1 a 3 anos.
- ☐ 3 a 6 anos.
- ☐ 6 a 10 anos.
- ☐ Mais de 10 anos.

3- Qual a sua familiaridade com a tecnologia BIM?

- ☐ Não Conheço.
- ☐ Ouvi Falar.
- ☐ Já pesquisei sobre o assunto.
- ☐ Já tive algum contato.
- ☐ Trabalho com BIM.

4- Caso possua alguma familiaridade com a tecnologia BIM, quais softwares você conhece?

5- De 0 a 10, o quanto você acredita que o setor de projetos de subestações está atrasado em ferramentas computacionais de modelagem, voltadas para unificar o processo, projeto e a gestão do empreendimento? (considerando 0 pouco atrasado e 10 muito atrasado)

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

6- De 0 a 10 o quanto você enxerga a possibilidades do uso do BIM em projetos de Subestações? (0 Pouco Possível e 10 muito possível)

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

☐ Não possuo familiaridade com a tecnologia BIM.

7- Quais os benefícios de se adotar a tecnologia BIM para os projetos de subestações? (Pode ser marcada mais de uma alternativa)

- ☐ Compatibilização dos projetos.
- ☐ Maior controle e produtividade no desenvolvimento dos projetos.
- ☐ Melhoria na apresentação dos dados dos fabricantes e fornecedores.
- ☐ Desenvolvimento e maior precisão das listas de materiais.
- ☐ Maior nível de detalhamento e melhor apresentação do projeto final.
- ☐ Maior interação entre as áreas envolvidas (Elétrica, Eletromecânica e Civil).
- ☐ Coordenação do fluxo de trabalho das equipes envolvidas.
- ☐ Agilidade no processo de orçamentação e listas de compras.
- ☐ Mitigar dúvidas das equipes de execução e montagem.
- ☐ Auxílio a O&M (Operação e Manutenção) no pós-obra.

Outros benefícios (Opcional):

- ☐ Não possui familiaridade com a tecnologia BIM.

8- Quais as dificuldades/desafios de se adotar a tecnologia BIM no desenvolvimento de projetos de subestações? (Pode ser marcada mais de uma alternativa)

- ☐ Complexidade da Tecnologia.
- ☐ Parametrização dos equipamentos devido as peculiaridades para cada subestação.
- ☐ Prazos.
- ☐ Falta de mão de obra especializada.
- ☐ Custo de implementação.
- ☐ Segmento resistente a mudanças ou acomodado as antigas práticas.
- ☐ Despreparo dos fabricantes e fornecedores no fornecimento de produtos já modelados.
- ☐ Despreparo das concessionárias de energia do Brasil para recebimento dos projetos modelados.

Outras Dificuldades/Desafios (Opcional):

- ☐ Não possui familiaridade com a tecnologia BIM.