

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

FELIPE NACK DE MEDEIROS

**ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS BIM E CAD PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS ELÉTRICOS**

FLORIANÓPOLIS, 2022.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

FELIPE NACK DE MEDEIROS

**ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS BIM E CAD PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS ELÉTRICOS**

Projeto do Trabalho de Conclusão de
Curso submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina.

Orientador:
Prof. Fernando Lila, Me.

FLORIANÓPOLIS, 2022.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Nack de Medeiros, Felipe

**ANÁLIS DAS TECNOLOGIAS BIM E CAD PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS ELÉTRICOS / Felipe Nack de Medeiros; orientação de
FERNANDO LILA. - Florianópolis, SC, 2022.**

53 p.

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado
em Engenharia Elétrica. Departamento Acadêmico
de Eletrotécnica.**

Inclui Referências.

**1. BIM. 2. CAD. 3. Projeto elétrico. I. LILA, FERNANDO.
II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. ANÁLIS
DAS TECNOLOGIAS BIM E CAD PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS
ELÉTRICOS.**

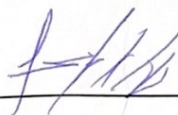
FELIPE NACK DE MEDEIROS

ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS BIM E CAD PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS
ELÉTRICOS

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Engenheiro Eletricista, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora

abaixo indicada.

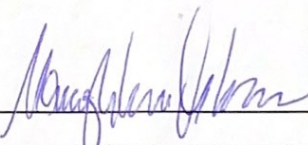
Florianópolis, 28 de julho de 2022.



Prof. Fernando Lila, Me

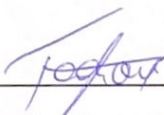
Orientador

IFSC



Prof. Márcio Silveira Ortmann, Dr.

IFSC



Prof. Everthon Taghori Sica, Dr

IFSC

RESUMO

O avanço da tecnologia trouxe benefícios nas ferramentas de elaboração de projetos de instalações elétricas, tornando os projetos mais rápidos e precisos. Muitas empresas têm se adaptado as novas tecnologias que chegam com o intuito de melhorar o desempenho em projetos, porém aprender uma nova tecnologia demanda tempo e recursos, logo é necessário analisar se trocar a tecnologia utilizada na elaboração dos projetos de instalações elétricas é algo vantajoso. Este trabalho tem como objetivo comparar e analisar o uso das tecnologias *Computer-Aided desing* (CAD) e *Building Information Modelling* (BIM) aplicadas na elaboração de projetos de instalações elétricas residenciais. A comparação foi realizada analisando o desempenho na elaboração de um projeto elétrico em uma residência unifamiliar utilizando o *software* Revit e o *software* Autocad e observando o tempo utilizado para a elaboração dos projetos, os benefícios e dificuldades encontrados ao utilizar ambos os programas. Os resultados encontrados apontaram para um tempo mais curto na elaboração em BIM, principalmente nas etapas de documentação do projeto, ainda que a tecnologia CAD tenha sido mais rápida nas etapas iniciais de elaboração.

Palavras-chave: BIM, CAD, Projeto elétrico.

ABSTRACT

The advance of technology brought benefits in the tools to create eletrical projects, making the projects become faster and more accurate. Many companies have adapted to the new technologies that surge with the intuit of improving the performance on projects, but learning a new technology demand time and resources, so it is necessary analyze if changing the technology used in the projects elaboration is something advantageous. This work have as objective compare and analyze the usage of Building Information Modelling (BIM) and Computer-Aided Design (CAD) technologies applied on the elaboration of residencial electrical projects. The comparison was made analyzing the performance in the elaboration of an electrical project of a single family residence using the software Revit and the software Autocad and observing the time spent on the projects elaboration, the benefits and difficulties found during the utilization of both softwares. The found results point to a shorter time in the elaboration usiing BIM, mainly in the project documentation phases, even though the CAD technology has been faster in the initial phases of elaboration.

Keywords: BIM. CAD. Electrical project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do projeto.....	20
Figura 2 – Planta baixa.....	22
Figura 3 – Pré-projeto.....	23
Figura 4 – Legenda pré-projeto.....	24
Figura 5 – Pontos em planta Autocad.....	25
Figura 6 – Eletrodutos no Autocad.....	26
Figura 7 – Projeto Autocad.....	28
Figura 8 – Diagrama Unifilar geral.....	29
Figura 9 – Planta Baixa com Pontos Alocados no Revit.....	30
Figura 10 – Planta Baixa com Eletrodutos no Revit.....	31
Figura 11 – Projeto Revit.....	33
Figura 12 – Diagrama Unifilar em Revit.....	34
Figura 13 – Interface Autocad.....	35
Figura 14 – Interface Autocad.....	36
Figura 15 – Propriedades de um trecho de eletroduto.....	37
Figura 16 – Região do corte.....	41
Figura 17 – Corte de vista.....	42
Figura 18 – Corte utilizando ferramenta do Autocad.....	42
Figura 19 – Corte utilizando ferramenta do Autocad finalizado.....	43
Figura 20 – Corte criado pelo projetista no Autocad.....	43
Figura 21 – Corte criado pelo projetista no Autocad com projeto elétrico.....	44
Figura 22 – Lista de materiais Revit.....	45
Figura 23 – Gráfico do tempo em cada etapa.....	47
Figura 24 – Tempo total do projeto.....	47

Figura 25 – Diferença de tempo em cada etapa.....	48
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise do desenvolvimento do BIM de 1975 à 2013.....	15
Tabela 2 – Etapas de elaboração dos projetos elétricos.....	21
Tabela 3 – Tempo de elaboração no Autocad.....	45
Tabela 4 – Tempo de elaboração no Revit.....	46
Tabela 5 – Diferença de tempo entre softwares em cada etapa.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BIM – *Building Information Modelling*

CAD – *Computer-Aided Design*

IFC – *Industry Foundation Classes*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 Justificativa.....	9
1.2 Definição do Problema.....	10
1.3 Objetivo Geral.....	11
1.4 Objetivos Específicos.....	11
1.5 Estrutura do trabalho.....	11
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1 CAD - <i>Computer Aided Design</i>	13
2.2 BIM - Building Information Modeling.....	14
2.3 Projeto de Instalações Elétricas.....	17
3 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA.....	19
3.1 Método.....	19
3.1.1 Etapas.....	19
3.1.2 Considerações.....	21
4 ELABORAÇÃO.....	22
4.1 Residência unifamiliar.....	22
4.2 PRÉ-PROJETO.....	23
4.3 ELABORAÇÃO DO PROJETO ELÉTRICO EM AUTOCAD.....	24
4.4 ELABORAÇÃO DO PROJETO ELÉTRICO EM REVIT.....	29
4.5 DIFERENÇAS ENTRE REVIT E AUTOCAD.....	34
4.5.1 INTERFACE E ACESSIBILIDADE.....	34
4.5.2 ALOCAR PONTOS.....	36
4.5.3 CRIAÇÃO DE OBJETOS.....	38
4.5.4 ALOCAÇÃO DE TAGS.....	39
4.5.5 OUTRAS DISCIPLINAS.....	39
4.5.6 CRIAÇÃO DE CORTE DE VISTA.....	40
4.5.7 LISTA DE MATERIAIS.....	44
4.5.8 TEMPO DE PROJETO.....	45
5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
5.1 Conclusão.....	50
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	52
REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

As ferramentas utilizadas na elaboração de projetos na área da construção civil transformaram-se acompanhando os adventos da tecnologia. Essas transformações podem ser verificadas na evolução das ferramentas de elaboração de projetos passando de desenhos feitos a mão para desenhos feitos através de computadores e mais recentemente modelos virtuais de edificações.

Computer-Aided Design (CAD) é uma tecnologia muito utilizada na elaboração de projetos de instalações elétricas. A tecnologia CAD consiste em auxiliar o projetista a fazer os desenhos dos projetos através do computador, promovendo melhor desempenho e exatidão na elaboração de projetos. As vantagens desta tecnologia resultaram em alta aderência do seu uso em escritórios de engenharia e ensino, onde os projetos devem ser precisos e exatos de forma a evitar erros em uma construção.

Building Information Modelling (BIM) é uma tecnologia mais recente em relação à CAD que tem como proposta melhorar ainda mais o desempenho na elaboração de projetos nas áreas de arquitetura, engenharia e construção. Enquanto a tecnologia CAD foi criada para auxiliar nos desenhos dos projetistas, a tecnologia BIM foi projetada com o intuito de criar virtualmente a construção de modo a interligar as diferentes disciplinas de projetos da construção e projetá-las com maior exatidão. De acordo com Hardin e Mccool (2015) projetistas podem analisar, sequenciar e explorar o projeto digital onde realizar alterações é menos oneroso do que em campo durante a construção.

Enquanto ao utilizar CAD o projetista faz desenhos que representam objetos reais da construção ao utilizar BIM o projetista insere um objeto com parâmetros pré definidos na construção virtual. Em um projeto de instalações elétricas tais objetos podem conter tanto parâmetros que definem o tamanho e formato do objeto quanto informações da parte elétrica do objeto, por exemplo: potência nominal no objeto, tensão, fator de potência, circuito pertencente, qual objeto esta fazendo a alimentação.

O *software* Revit é uma plataforma que utiliza a tecnologia BIM e possui a possibilidade de usar *templates* como ponto de partida e padronização dos projetos, facilitando assim o uso da ferramenta. *Templates* são modelos padrões para que ao iniciar o projeto já sejam definidos parâmetros e definições comuns entre projetos. Alguns desses parâmetros e definições são: simbologias, objetos, vistas, plantas, unidade de medida, tabelas de cálculo, entre outros. O conceito de *Templates* também existem no *software* Autocad para padronizar e facilitar a elaboração de projetos elétricos através das pré definições de *layers*, blocos, textos, folhas, entre outros. Os objetos no Autocad não são famílias paramétricas então os *templates* nesse *software* não possuem pré definições de parâmetros e cálculos utilizando esses parâmetros.

Os *templates* podem ser configurados para facilitar a elaboração de diferentes projetos e podem ser configurados para melhor atender normas específicas. Neste trabalho o *template* utilizado foi criado com o intuito de facilitar a elaboração de projetos de instalações elétricas de baixa tensão. O *template* está de acordo com a norma ABNT NBR 5410: 2008 – instalações elétricas de baixa tensão. O *template* possui também facilitadores para normas de diferentes concessionárias, para o estudo desse trabalho será utilizado como referência a norma Celesc N-321.0001 – fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição.

1.1 Justificativa

A elaboração de um projeto de uma construção exige diversos projetos de diferentes disciplinas para obter como resultado final a construção, como os projetos de instalações elétricas, estrutural, hidrossanitário, arquitetônico, proteção contra incêndio e climatização. A elaboração do projeto de instalação elétrica depende também dessas outras disciplinas citadas acima para ser elaborado, pois o projeto de instalações precisa constar os equipamentos elétricos desses outros projetos e são necessários que os todos os projetos coexistam em um espaço físico limitado. A análise da construção em um ambiente virtual gerado utilizando a tecnologia BIM facilita a comunicação entre os projetistas de diferentes disciplinas durante a elaboração do projeto.

Os benefícios do uso da tecnologia BIM atualmente estão fortemente fundamentados, de modo que surgiram esforços recentes do governo brasileiro para a expansão do uso da tecnologia no país. O Decreto nº 9.983, de 22 de agosto 2019, (BRASIL, 2019) dispõe a estratégia de disseminação do BIM, estratégia BIM BR, também institui o comitê gestor da estratégia do BIM. O Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, (BRASIL, 2020) obriga a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras realizadas pelos órgãos e entidades da administração pública federal que fazem parte da estratégia BIM BR. A Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021, (BRASIL, 2021) determina a preferência pela tecnologia BIM em licitações de obras e serviços de engenharia e arquitetura. Neste contexto a expectativa é que a presença da tecnologia BIM no mercado cresça.

Para atender a expectativa de crescimento do BIM no mercado brasileiro é importante que as instituições de ensino se adaptem para oferecer aos alunos oportunidades de aprendizado nesta ferramenta. Ao realizar uma análise do conhecimento de alunos em cursos de engenharia civil, mecânica e elétrica e cursos de ciência e tecnologia em relação a tecnologia BIM Vieira, Araújo e Rocha (2019) constataam que os entrevistados em sua maioria não possuem conhecimento em relação a tecnologia BIM.

1.2 Definição do Problema

A tecnologia BIM vem ocupando um espaço cada vez maior no mercado trabalho na área de projetos de instalações elétricas, de modo a fazer com que e engenheiros deixem de usar a tecnologia CAD em seus projetos. A fase de implementação de novas tecnologias na linha de produção pode gerar empecilhos e imprevistos, isso faz algumas firmas temerem alterar a tecnologia usada na elaboração de projetos de instalações elétricas. Para tomar a decisão de trocar a tecnologia que é usada é necessário analisar: a aplicação da tecnologia BIM na área da engenharia elétrica apresenta quais vantagens em relação à tecnologia CAD?

1.3 Objetivo Geral

Analisar a aplicação da tecnologia BIM na área da engenharia elétrica através do *software* REVIT e *templates* de projetos elétricos com base nas normas: ABNT NBR 5410 e Celesc N-321.0001, comparando com métodos mais tradicionais de elaboração de projetos utilizando o CAD.

1.4 Objetivos Específicos

Os objetivos para este trabalho são:

- a) analisar as vantagens da tecnologia BIM na elaboração de um projeto de instalações elétrica;
- b) analisar as vantagens da tecnologia CAD na elaboração de um projeto de instalações elétricas;
- c) comparar as duas tecnologias aplicadas em projetos de instalações elétricas, utilizando os *softwares* Revit e Autocad.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco partes, sendo a primeira a introdução ao tema, apresentando os conceitos iniciais do que são as tecnologias BIM e CAD, apresentando também os objetivos do trabalho de comparar as duas tecnologias em uma aplicação de projeto de instalações elétricas.

O segundo capítulo contém a revisão bibliográfica, definindo melhor as tecnologias e definindo o que é projeto de instalação elétrica.

O capítulo três apresenta a metodologia adotada para poder obter os dados para realizar a análise comparativa entre BIM e CAD apresentando as etapas que serão realizadas na elaboração do trabalho e as considerações utilizadas durante o trabalho.

O capítulo quatro refere-se à elaboração dos projetos elétricos para realizar a comparação, apresentando os processos utilizados, os resultados encontrados e comparação entre as tecnologias.

O capítulo cinco refere-se apresenta a conclusão do projeto a partir dos dados apresentados no capítulo anterior.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CAD - *Computer Aided Design*

A tecnologia CAD é uma ferramenta computacional usada por projetistas para auxiliar no processo de criação de produtos de acordo com as necessidades. CAD pode ser definido como “integração de métodos da ciência da computação e ciências de engenharia em um sistema computacional” (ENCARNAÇÃO; LINDNER; SCHLECHTENDAHL, 1991, tradução nossa)¹. Essa característica fez tal tecnologia ser adotada por diversos projetistas de diferentes áreas de atuação, não apenas na área da construção civil, já que CAD não está ligado a um segmento específico, mas sim a uma ferramenta de auxílio ao projetista.

A tecnologia CAD é muito utilizada em projetos de instalações elétricas pois facilitou as etapas de desenho na elaboração de projetos que antes precisavam ser feitos a mão. O uso da tecnologia facilitou a representação de plantas baixas e simbologias usadas nos projetos elétricos e também auxilia o detalhamento de equipamentos e detalhes específicos, já que estes podem ser modelados em CAD.

Foram desenvolvidos também *plug-ins* para aplicativos que utilizam a tecnologia CAD, esses *plug-ins* oferecem aos projetos maior facilidade e funcionalidades extras. Alguns exemplos que são usados na construção civil são o *arqui3D*, o *caddproj* elétrica, *caddproj* hidrossanitário, *orça CAD*, entre outros. O *arqui3D* adiciona a possibilidade de desenvolver projetos arquitetônicos em 3D no AutoCAD ou BricsCAD e até mesmo exportar o arquivo 3D em CAD para outros formatos que podem ser integrados a outras plataformas, como o formato IFC, permitindo integração ao BIM. O *caddproj* elétrica e o *caddproj* hidrossanitário auxiliam no desenho, realizam cálculos e quantificação de materiais em suas respectivas disciplinas. O *orça CAD* realiza listagem de materiais e orçamento de diferentes projetos em CAD.

¹ Tradução nossa de “integration of computer science methods and engineering sciences in a computer-based system”

É importante ressaltar que nem todos os *plug-ins* são compatíveis com BIM e não são necessariamente inteligentes como o sistema BIM que será definido a seguir.

2.2 BIM - *Building Information Modeling*

Uma das principais características do BIM que o diferenciou do CAD é modelagem de objetos parametrizados. O BIM “representa objetos por parâmetros e regras que determinam a geometria assim como algumas propriedades e funcionalidades não geométricas” (ESTMAN et al., 2011, tradução nossa)². Tendo conhecimento do funcionamento das regras e parâmetros que regem os modelos em BIM, o projetista pode criar e adaptar modelos próprios que atualizam automaticamente no projeto de acordo com a necessidade, permitindo customização de acordo com projeto, finalidade e empresa.

A elaboração da tecnologia BIM surgiu com o intuito de possibilitar a elaboração de um projeto através de um modelo da construção virtual, criando parâmetros para a criação chegando mais perto da construção real. O conceito de BIM se expandiu através dos anos para cada vez tornar mais fidedigno da realidade e ser cada vez mais capaz de extrair informações do projeto em BIM. A finalidade da tecnologia tornou-se então não apenas criar um modelo mas construir o edifício virtual antes do real, assim BIM não é apenas um modelo como também uma metodologia. A evolução dos conceitos e tecnologias que resultaram na tecnologia BIM podem ser analisados na Tabela 1.

2 Tradução nossa de “represents objects by parameters and rules that determine the geometry as well as some nongeometric properties and features.”

Tabela 1 – Análise do desenvolvimento do BIM de 1975 à 2013

Desenvolvimento	Fases da construção			Categoria
	Pré-construção	Construção	Pós-construção	
BDS (1975)	X			Design
GLIDE (1977)	X	X		<i>Design</i> e estimativa
BPM (1989)	X	X		<i>Design</i> , estimativa e processo de construção
GBM (1995)	X	X		<i>Design</i> , estimativa e processo de construção
BIM (2000)	X	X	X	<i>Design</i> , estimativa, processo de construção, ciclo de vida do edifício, performance e tecnologia

Fonte: Adaptado de Aryani, Brahim e Fathi (2014).

Analisando o quadro percebe-se que além de criar um ambiente virtual do edifício a tecnologia BIM também engloba conceitos que auxiliam no gerenciamento do projeto, desde a pré-construção à pós-construção. De acordo com Aryani, Brahim e Fathi (2014, tradução nossa)³ BIM ajudou na colaboração e comunicação entre projetistas e o gerenciamento da documentação para melhor performance e eficiência na construção.

Existem tecnologias que oferecem soluções semelhantes ao BIM que podem causar confusão em o que é ou não BIM, então é importante ressaltar também o que não é BIM :

Modelos que contém informações 3D apenas e nenhum (ou poucos) atributos de objetos. Esses são modelos que podem apenas ser usados para visualização gráfica e têm nenhuma inteligência à nível de objeto. São suficientes para visualização mas provêm pouco ou nenhum suporte para integração de informação e análise de *design*. Um exemplo é a aplicação SketchUp do Google que é excelente para o rápido desenvolvimento de esquemas de *design* de edifícios, mas o uso é limitado para qualquer outro tipo de análise por que não possui conhecimento dos objetos no *design* além da sua geometria e aparência na visualização.

Modelos com nenhum suporte de comportamento. Esses são modelos que definem objetos mas não conseguem ajustar o seu posicionamento ou proporção por que não utilizam inteligência paramétrica. Isso causa

3 Tradução nossa de “helped the construction players in improving collaboration and communication among them. It had also improved the management of documentation in order to achieve more effective and efficient performance in construction projects”

mudanças terem mão de obra intensa e provêm nenhuma proteção contra criação inconsistente ou vistas imprecisas do modelo.

Modelos que são compostos de múltiplos arquivos de referências 2D CAD que precisam ser combinados para definir o edifício. Esse é impossível assegurar que o modelo 3D resultante será factível, consistente, e demonstrará inteligência com respeito aos objetos contidos nele.

Modelos que permitem mudanças nas dimensões em uma vista mas não são automaticamente refletidas em outras vistas. Esse permite erros no modelo que são muito difíceis de detectar (similar a sobrescrever uma fórmula com entrada manual em uma planilha). (EASTMAN, 2011, tradução nossa)⁴.

Além da modelagem em 3D, o BIM extrapola esses conceitos criando uma modelagem inteligente podendo inclusive detalhar cada vez mais os processos de construção de uma obra. Utilizam-se indicações de mais dimensões, além do 3D, para demonstrar esses conceitos. O conceito de 4D é utilizado em BIM para se referir ao tempo utilizado na obra, ou seja, planejamento do tempo e agendamentos, já o 5D é utilizado para representar a estimativa de custo da obra. Conceitos além do 5D vêm surgindo como o 6D e 7D, de acordo com Charef, Alaka e Emmitt (2018) essas dimensões geralmente estão sendo relacionadas à sustentabilidade, gerenciamento de instalação ou segurança.

Com o crescimento do mercado para a tecnologia BIM diferentes *softwares* foram criados. Diversos modelos de informação foram criados para manter padrões entre *softwares* e conseguir a interoperabilidade, que é a capacidade de *softwares* distintos operar em uma mesma planta. Estman *et al.* (2011) apontam que um dos

4 Tradução nossa de “**Models that contain 3D data only and no (or few) object attributes.** These are models that can only be used for graphic visualizations and have no intelligence at the object level. They are fine for visualization but provide little or no support for data integration and design analysis. An example is Google’s SketchUp application which is excellent for rapid development of building schematic designs, but limited use for any other type of analysis because it has no knowledge of the objects in the design other than their geometry and appearance for visualization. **Models with no support of behavior.** These are models that define objects but cannot adjust their positioning or proportions because they do not utilize parametric intelligence. This makes changes extremely labor intensive and provides no protection against creating inconsistent or inaccurate views of the model. **Models that are composed of multiple 2D CAD reference files that must be combined to define the building.** It is impossible to ensure that the resulting 3D model will be feasible, consistent, countable, and display intelligence with respect to the objects contained within it. **Models that allow changes to dimensions in one view that are not automatically reflected in other views.** This allows for errors in the model that are very difficult to detect (similar to overriding a formula with a manual entry in a spreadsheet).”

modelos informação mais utilizados é o *Industry Foundation Classes* (IFC) para o planejamento de edifícios, design, construção e gerenciamento.

No trabalho o *software* utilizado para a análise é o Revit da empresa Autodesk. Esse *software* foi escolhido devido à popularidade dele e por fornecer versão sem custos à estudantes. Um estudo realizado em firmas que implementaram o Revit em seus processos de desenvolvimento de projetos aponta um ganho no tempo e produtividade, de acordo com Khemlani (2004) firmas no estado inicial de implementação tem seus resultados atrapalhados pelo tempo de aprendizado, mas em firmas em um estado mais avançado os benefícios ficam claros.

2.3 Projeto de Instalações Elétricas

O projeto de instalação elétrica pode ser descrito como “definir de que forma a energia elétrica será conduzida da rede de distribuição até os pontos de utilização em um determinado edifício” (LIMA FILHO, 2011). Lima Filho ainda ressalta que o projetista deve examinar as diversas soluções para o projeto e escolher a julga a mais adequada.

O foco deste trabalho será em projetos de instalações elétricas de baixa tensão, a norma referente a esse tipo de instalação é a NBR 5410. A norma NBR 5410 se aplica nas seguintes condições:

- a) aos circuitos elétricos alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1 000 V em corrente alternada, com frequências inferiores a 400 Hz, ou a 1 500 V em corrente contínua;
- b) aos circuitos elétricos, que não os internos aos equipamentos, funcionando sob uma tensão superior a 1 000 V e alimentados através de uma instalação de tensão igual ou inferior a 1 000 V em corrente alternada (por exemplo, circuitos de lâmpadas a descarga, precipitadores eletrostáticos etc.);
- c) a toda fiação e a toda linha elétrica que não sejam cobertas pelas normas relativas aos equipamentos de utilização; e
- d) às linhas elétricas fixas de sinal (com exceção dos circuitos internos dos equipamentos). (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

O objetivo dessa norma é estabelecer “as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e

animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004). O projetista também deve atentar as normas da concessionária de energia local, para o caso do estudo a concessionária será CELESC-Distribuição, sendo a norma referente a instalações elétricas de baixa tensão a N-321.0001. O limite de fornecimento referente a essa norma é de 75 kW.

Lima Filho (2011) aponta critérios importantes para a elaboração um projeto de instalações elétricas: a acessibilidade, flexibilidade e reserva de carga e confiabilidade, para garantir esses critérios o projetista deve se atentar as normas vigentes e projetar de acordo. Os pontos projetados têm que estar disponíveis para eventuais manutenções e manobras, o projetista deve então estar ciente das características da obra, evitando que dispositivos de proteção estejam em lugares de difícil acesso, lugares inadequados ou encobertos. Assim deve se atentar não apenas as características estruturais e arquitetônicas do local como também às outras disciplinas do edifício, por exemplo mecânica e hidrossanitário, para evitar conflitos.

A flexibilidade e reserva de cargas é importante para o projetista atender as demandas de energia do local e a futuras alterações do local. Para garantir o dimensionamento correto da carga do local o projetista deve considerar a finalidade da construção para estimar corretamente a carga atual e futuras possíveis alterações.

3 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

Este capítulo tem como objetivo descrever quais serão os métodos utilizados na elaboração do trabalho para poder realizar uma comparação entre as tecnologias BIM e CAD.

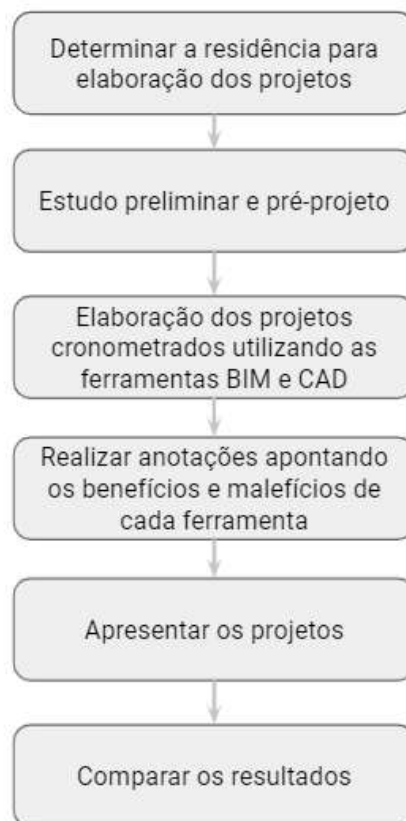
3.1 Método

A comparação entre as tecnologias deverá apresentar os pontos positivos e negativos de cada uma das tecnologias para a elaboração de um projeto elétrico. Para poder obter os dados que compõem os aspectos positivos e negativos de cada tecnologia será realizado um estudo de caso de um projeto elétrico em uma residência unifamiliar utilizando como padrão as normas ABNT NBR 5410 e CELESC N-321.0001.

O projeto de instalações elétricas da residência escolhida será realizado utilizando a tecnologia BIM com o *software* Revit e utilizando a tecnologia CAD com o *software* Autocad, totalizando 2 projetos elétricos o mais próximos possíveis. Ao realizar os projetos serão coletados dados de características qualitativas e quantitativas. Os dados quantitativos são referentes ao tempo para a elaboração dos projetos e o tempo das diferentes etapas do projeto, esses dados serão coletados através de cronômetros e apresentam a produtividade do projetista utilizando as diferentes tecnologias. Os dados qualitativos serão referentes aos benefícios e malefícios encontrados pelo projetista ao realizar o projeto, serão coletados utilizando anotações ao desenvolver os projetos.

3.1.1 Etapas

As etapas do projeto podem ser vistas na figura 1.

Figura 1 – Etapas do projeto

Fonte: Elaboração própria (2021)

Primeiramente será definido qual residência unifamiliar que será utilizada para realizar os projetos elétricos e obter o projeto arquitetônico desta residência nos formatos rvt para o Revit e dwg para o Autocad. Em seguida será realizado um estudo preliminar para determinar as cargas específicas que serão consideradas nos projetos elétricos e qualquer outro fator que vá influenciar na elaboração dos projetos. Também será realizado um pré-projeto para evitar que o segundo projeto realizado não tenha o tempo reduzido por não ter que serem feitas correções de caminho de eletrodutos ou realocação de pontos. Com o pré-projeto pronto serão feitos os projetos elétricos utilizando o Revit e Autocad cronometrando o tempo para realizar as etapas do projeto e o tempo total do projeto. Durante a elaboração dos projetos serão feitas anotações sobre a utilização das ferramentas. Em seguida os projetos serão apresentados para poder ser observado os resultados e se os projetos estão iguais. Com os projetos prontos e apresentados será feita a análise comparativa entre os resultados.

3.1.2 Considerações

Este tópico apresentará as considerações utilizadas para a realização dos projetos de instalações elétricas e comparação de resultados:

1. **Os projetos serão elaborados utilizando apenas os softwares Revit e Autocad.** Não serão utilizados aplicações que adicionam funções extras para esses *softwares*;
2. **Será utilizado um template para projeto elétrico em Revit e padrões de desenhos pré definidos para o Autocad.** Entende-se que um projetista utilizando esses *softwares* já possuem um padrão para os projetos, não interessando a criação de todo um padrão novo para o estudo de caso;
3. **O cronometramento de cada projeto será feito em etapas.** Serão cronometrados as diferentes etapas do projeto e o tempo total do projeto será a soma do tempo de cada etapa. As etapas estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Etapas de elaboração dos projetos elétricos

Etapa	Descrição
1	Alocação de pontos na planta
2	Distribuição de eletrodutos na planta
3	Alocação de <i>tags</i> na planta
4	Elaboração de diagrama unifilar
5	Elaboração da entrada de energia
6	Elaboração de plantas
7	Lista de Material

Fonte: Elaboração do autor (2022).

4 ELABORAÇÃO

4.1 Residência unifamiliar

O projeto arquitetônico escolhido para ser usado no estudo é uma residência unifamiliar. Foi escolhido um projeto com essa característica por ser um projeto de relativa baixa complexidade, o intuito dessa escolha é reduzir o impacto na performance do projetista ao fazer o projeto pela segunda vez. O projeto escolhido possui apenas 1 pavimento, o qual a planta baixa pode ser vista na figura 2.

Figura 2 – Planta baixa



Fonte: Elaboração do autor (2022).

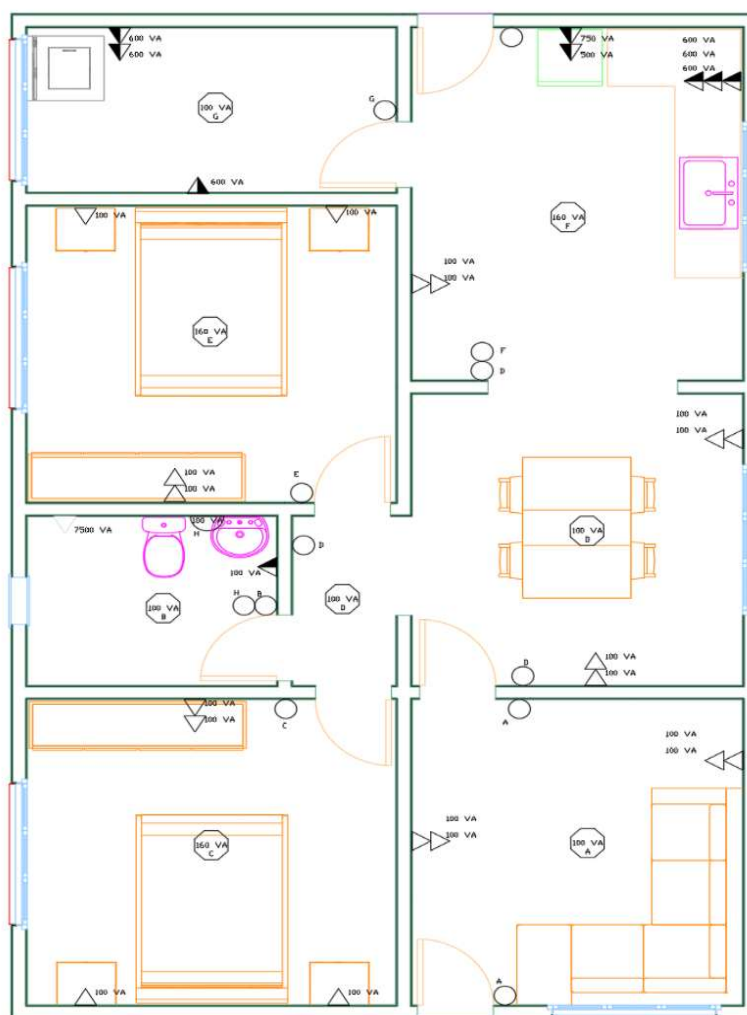
4.2 Pré-projeto

A elaboração dos projetos de instalações elétricas começou realizando o estudo preliminar e pré-projeto da residência.

Durante o estudo preliminar foram analisados os ambientes e foram coletados dados relevantes para a elaboração do projeto elétrico. Foram estabelecidos as áreas e perímetros dos ambientes e levantou-se a potência de iluminação e quantidade de tomadas e suas potências, tanto de tomadas de uso geral e tomadas de uso específico.

Após o estudo preliminar foi feito o pré-projeto que pode ser visto na figura 3. A figura 4 é a legenda da simbologia usada no pré-projeto.

Figura 3 – Pré-projeto



Fonte: Elaboração do autor (2022).

Figura 4 – Legenda pré-projeto

LEGENDA	
SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	PONTO DE ILUMINAÇÃO EMBUTIDO NO TETO (CX. OCTOGONAL).
	LUMINÁRIA SOBREPOSTA A PAREDE
	INTERRUPTOR 1, 2 E 3 SECCÕES (CX. 2x4" – h=1,20m).
	INTERRUPTOR PARALELO 1 E 2 SECCÕES (CX. 2x4" – h=1,20m).
	TOMADA EMBUTIDA 2P+T (CX. 2x4" – h=0,30m ; h=1,20m ; h=2,20m).

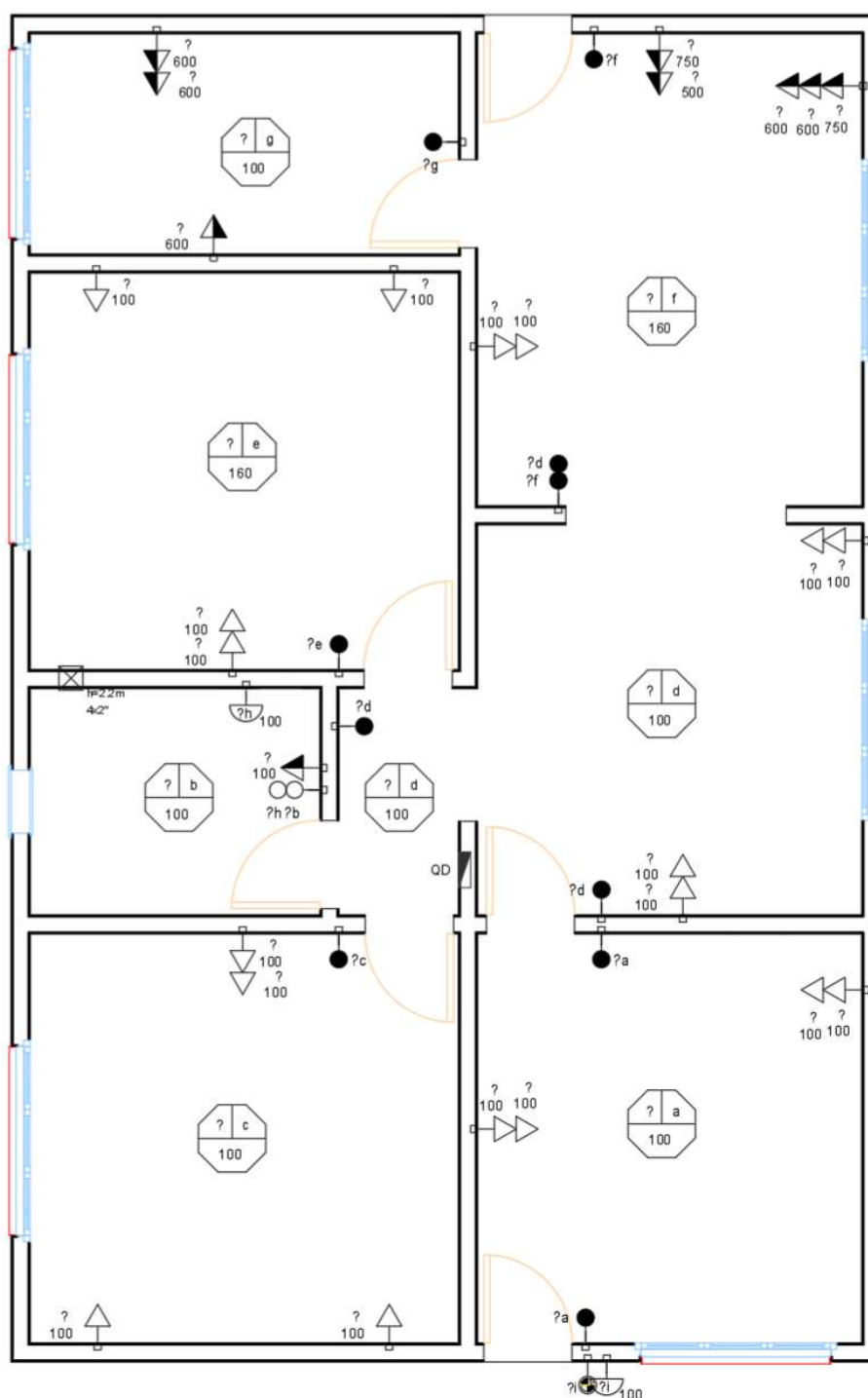
Fonte: Elaboração do autor (2022).

4.3 Elaboração do projeto elétrico em Autocad

Após a elaboração do pré-projeto se deu início à elaboração do projeto elétrico utilizando o *software* Autocad. Com as posições dos pontos de tomadas e iluminação já pré-definidos o primeiro passo na nesse projeto foi alocar esses pontos no projeto.

Foram utilizados blocos dinâmicos para alocar esses pontos na planta, os blocos dinâmicos utilizados facilitam a alocação dos pontos ao facilitar posicionar, rotacionar e alterar os elementos que compõem o ponto, como: a representação em desenho do objeto, a indicação de potência e a indicação de circuitos. A planta com os pontos alocados no Autocad pode ser vista na figura 5.

Figura 5 – Pontos em planta Autocad

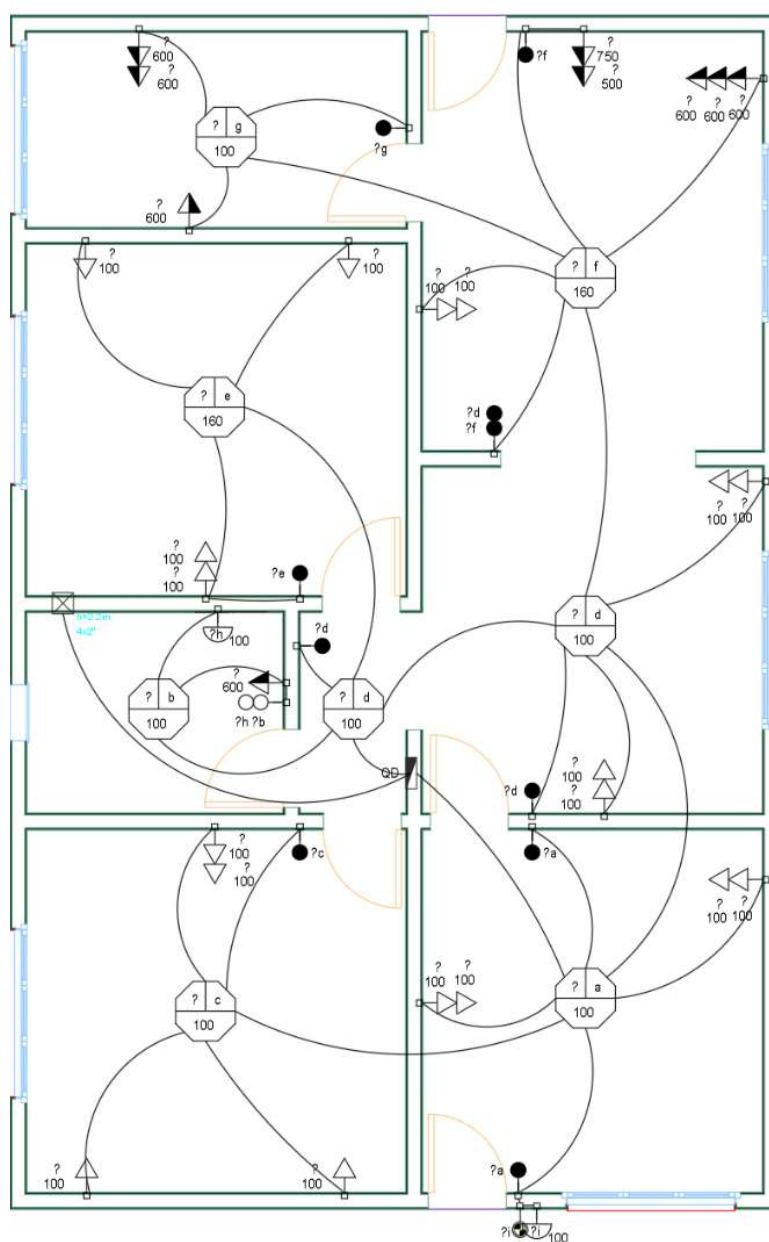


Fonte: Elaboração do autor (2022).

Com todos os pontos alocados foi feita a distribuição dos eletrodutos que no Autocad consiste em desenhar linhas conectando os pontos e essas linhas representam as posições horizontais que os eletrodutos vão passar na construção.

Essa representação não leva em conta a disposição vertical dos eletrodutos, em muitos projetos essa representação já é o suficiente por não haver subidas de instalação mais complexa, porém em alguns projetos são necessários fazer uma vista de corte que mostre na parede o caminho que o eletroduto vai fazer verticalmente, no Autocad o projetista precisa desenhar essa vista. A figura 6 apresenta a planta com os eletrodutos determinados.

Figura 6 – Eletrodutos no Autocad



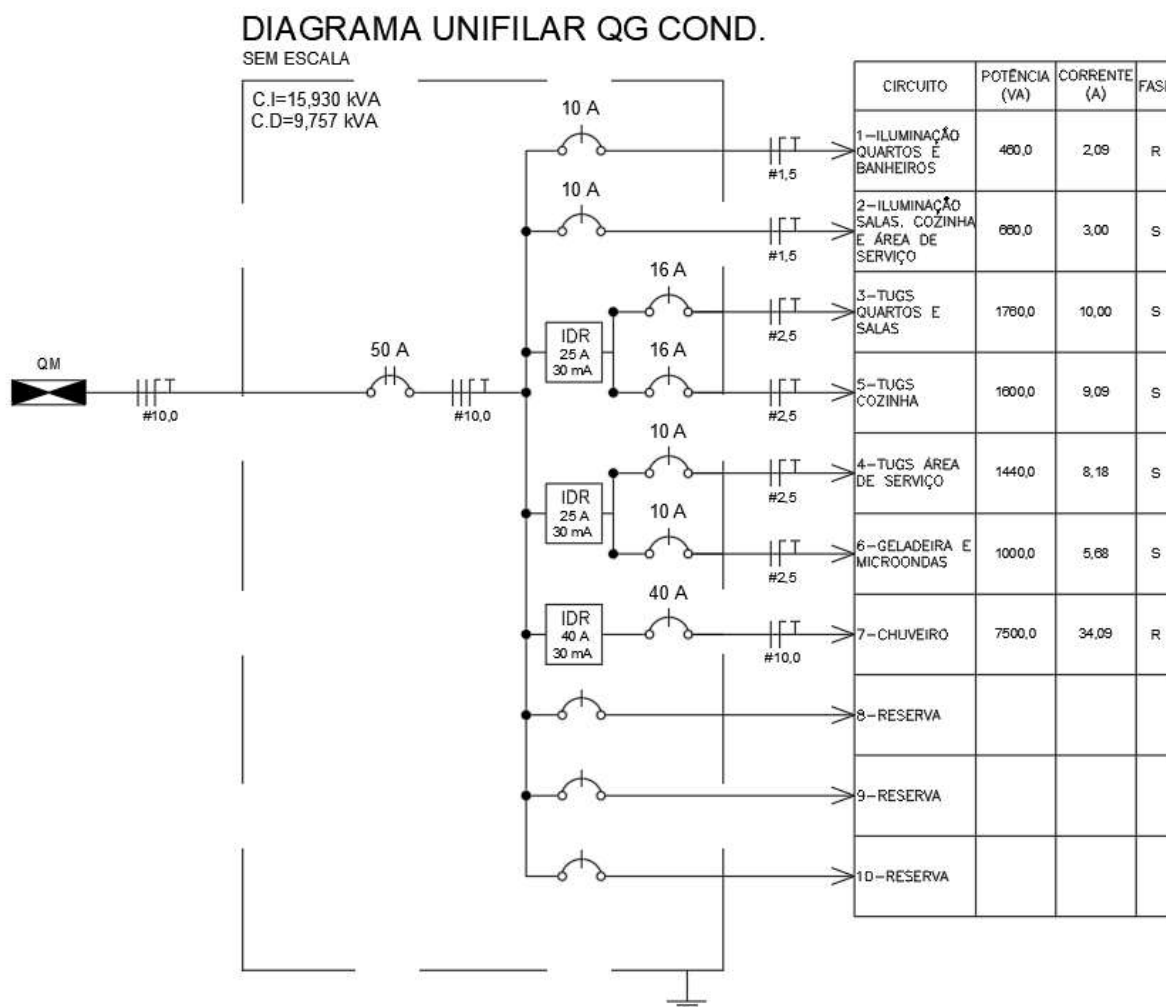
Fonte: Elaboração do autor (2022).

Com os elementos principais já em planta, foram alocadas *tags* de identificação nesses elementos. Para essa tarefa foi utilizado de bloco dinâmico também, onde o projetista escolhe quais os cabos representar por circuito e o bloco faz a representação do desenho precisando que o projetista coloque apenas o número do circuito e a seção dos cabos. Os blocos dos pontos elétricos já possuem a indicação do circuito e potência então as *tags* de ponto já foram alocadas juntas com os próprios pontos.

O diagrama unifilar geral da residência foi elaborado utilizando uma planilha separada do próprio Autocad para determinar as características de cada circuito como as seções dos cabos, os dispositivos de proteção e as fases de cada circuito. A representação foi feita a partir de um desenho apenas editando-o, copiando ou excluindo partes do desenho de acordo com as necessidades do projeto.

A figura 7 apresenta a planta do projeto elétrico elaborado em Autocad e a figura 8 o diagrama unifilar geral do QD.

Figura 8 – Diagrama Unifilar geral



Fonte: Elaboração do autor (2022).

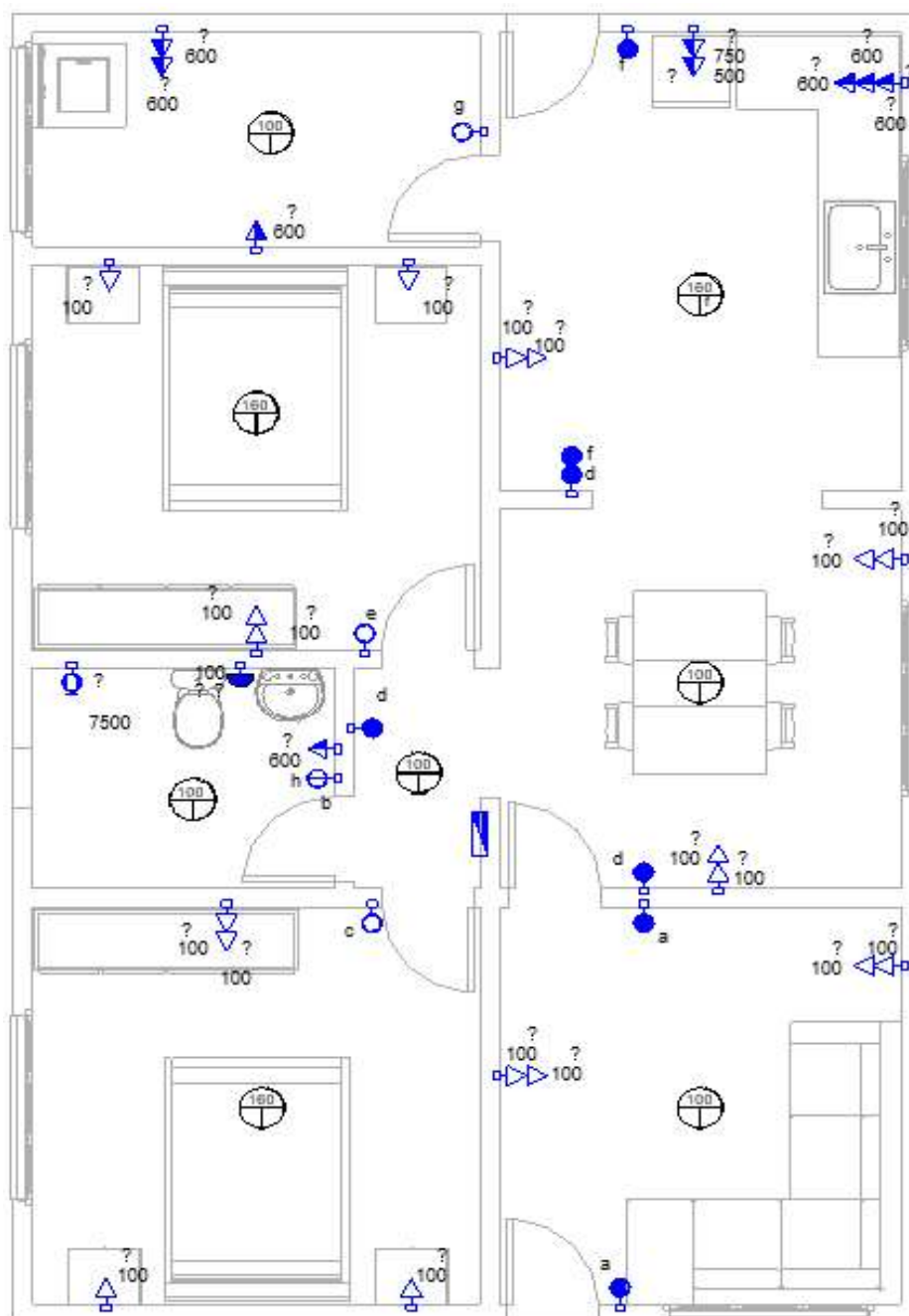
4.4 Elaboração do projeto elétrico em Revit

Com a elaboração do projeto em Autocad pronta e cronometrada foi realizado a elaboração do projeto elétrico utilizando o *software* Revit. O projeto no Revit começou alocando os pontos na planta assim como no Autocad, para fazer isso selecionou-se a família de cada objeto e selecionou diretamente na planta baixa a posição do ponto.

As famílias dos objetos no template utilizado possuem parâmetros pré configurados que tem como objetivo facilitar o projeto elétrico e tornar a representação mais semelhante ao que seria a obra. Depois de definir a posição do modelo tem que ajustar esses parâmetros como altura, rotação, potência e tensão de alimentação para cada um dos pontos.

O objeto tridimensional é alocado diretamente no modelo da residência ao selecionar a posição na planta baixa, porém com a pré-configuração da família esse objeto é representado na planta com a mesma representação de um desenho bidimensional que é utilizada no Autocad. A figura 9 apresenta a planta baixa com os pontos alocados no Revit.

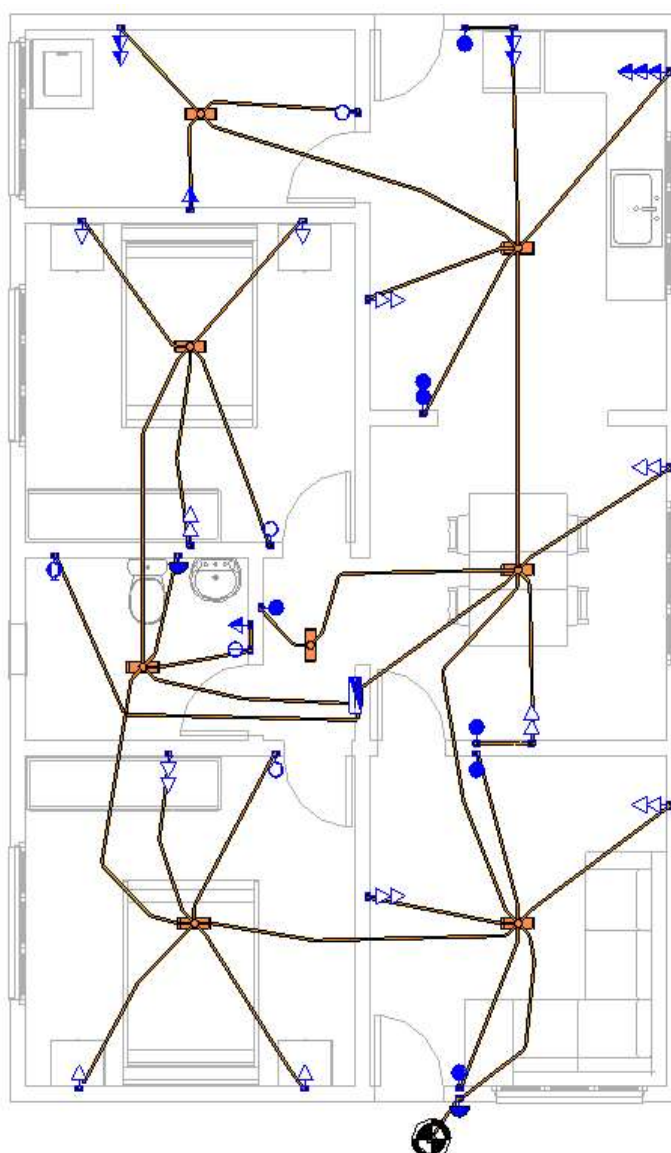
Figura 9 – Planta Baixa com Pontos Alocados no Revit



Fonte: Elaboração do autor (2022).

Em seguida foram distribuídos os eletrodutos pelo projeto, as famílias de caixas de passagem elétrica têm configuradas em seus modelos tridimensionais conectores para eletrodutos, então para a distribuição dos eletrodutos foram utilizados esses conectores como os pontos iniciais e finais dos eletrodutos. A trajetória dos eletrodutos é calculada pelo Revit escolhendo o menor caminho possível entre os pontos tendo apenas descidas horizontais e não verticais, podendo o projetista selecionar pontos intermediários para atender as necessidades do projeto. A figura 10 apresenta a planta baixa com os eletrodutos em Revit.

Figura 10 – Planta Baixa com Eletrodutos no Revit



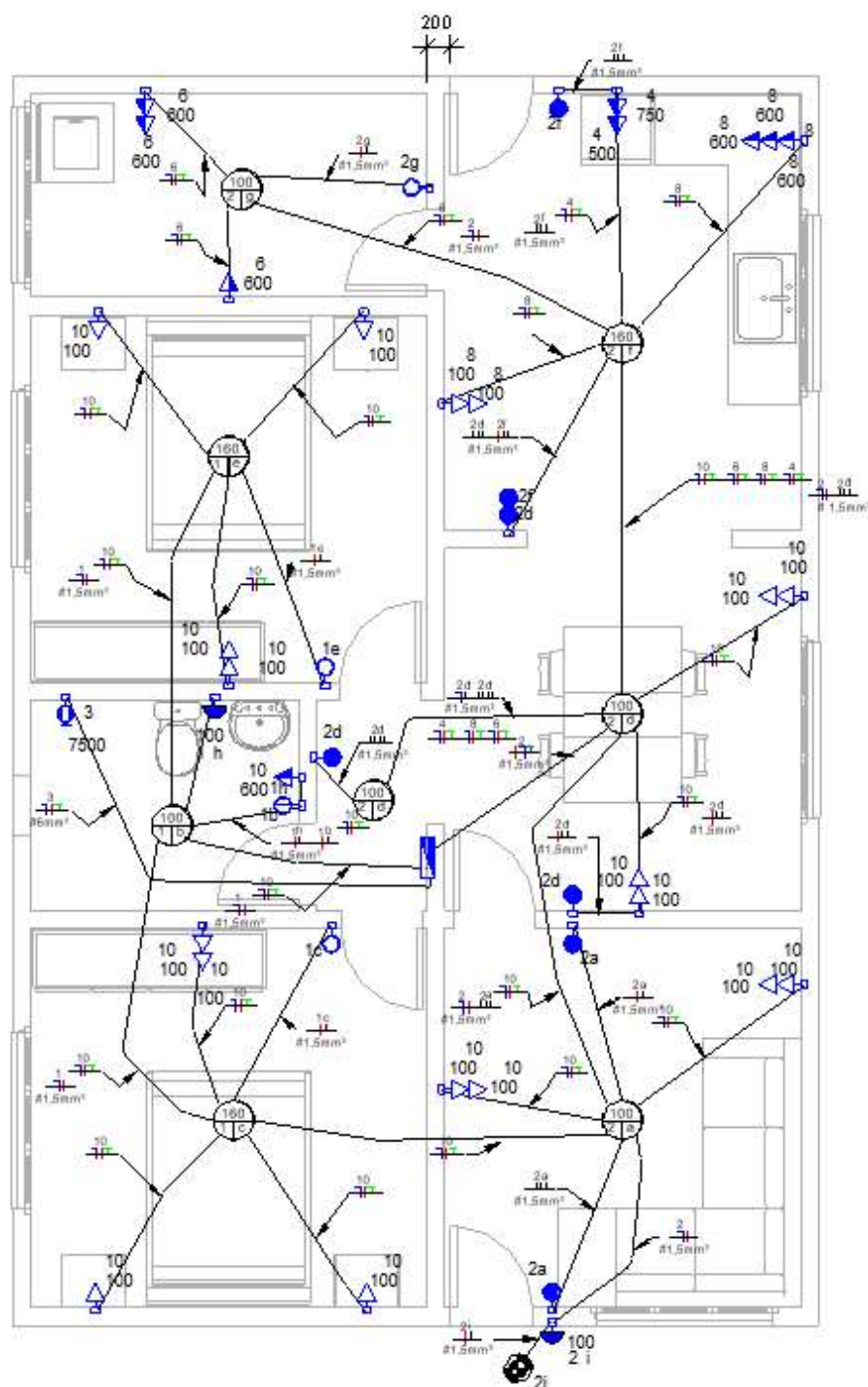
Fonte: Elaboração do autor (2022).

As *tags* foram alocadas no projeto utilizando famílias de anotações, essas famílias retornam valores indicados nos parâmetros dos objetos e no template utilizado os diferentes tipos da família retornam um parâmetro diferente. Por exemplo, dentro da família de anotação para tomadas utilizou-se os tipos “circuito” e “potência” com isso foram criadas as *tags* de identificação de circuito e de potência. O Revit não possui uma forma de determinar quais cabos e quais circuitos estes pertencem dentro dos eletrodutos, então para criar as *tags* de representação de fios utilizou uma família separada para indicação de circuito onde os tipos da família são diferentes configurações de cabos, assim fez-se a representação dos cabos manualmente circuito por circuito para cada trecho de eletroduto.

O diagrama unifilar geral da residência foi criado utilizando famílias de anotações para criar os desenhos, editando e copiando-as para poder criar o diagrama de acordo com a necessidade. As características dos circuitos foram calculadas em uma planilha pelo próprio Revit.

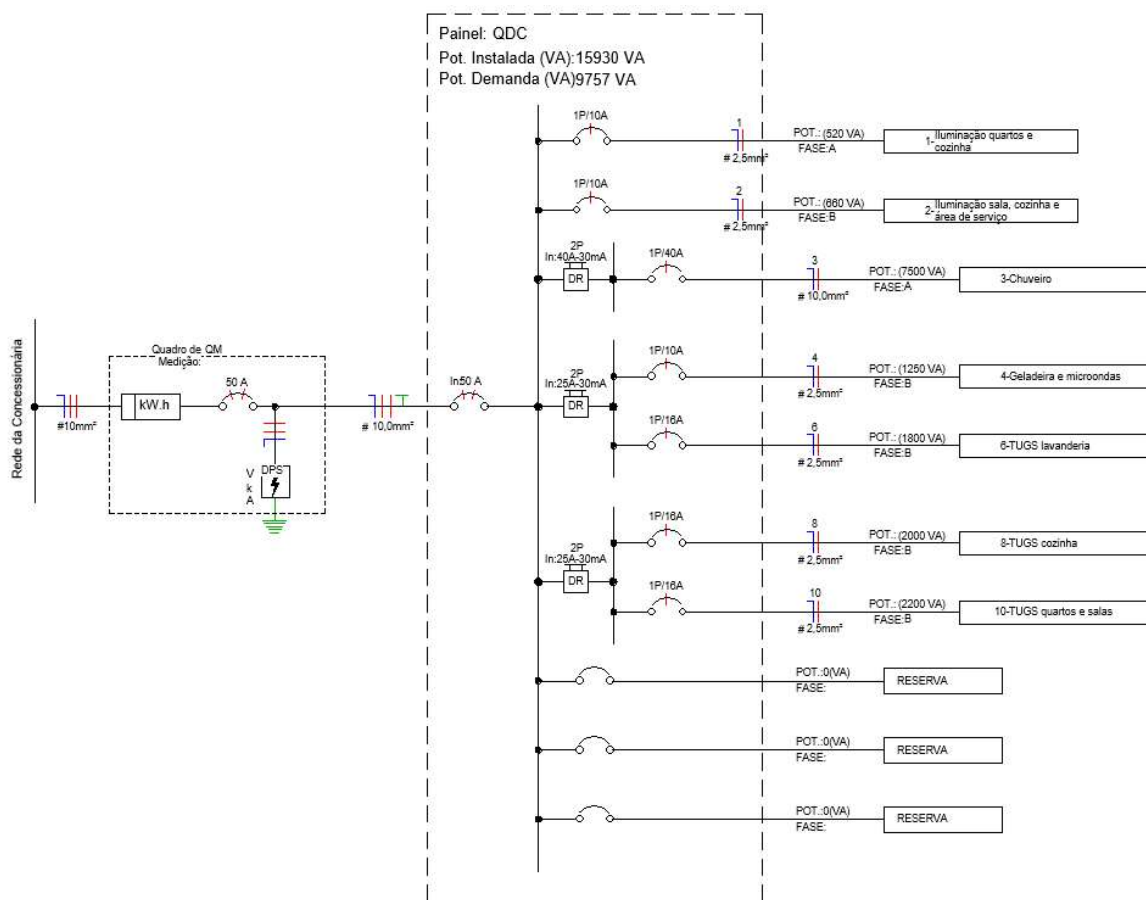
A figura 11 apresenta o projeto feito no Revit e a figura 12 o diagrama unifilar no Revit.

Figura 11 – Projeto Revit



Fonte: Elaboração do autor (2022).

Figura 12 – Diagrama Unifilar em Revit



Fonte: Elaboração do autor (2022).

4.5 Diferenças entre Revit e Autocad

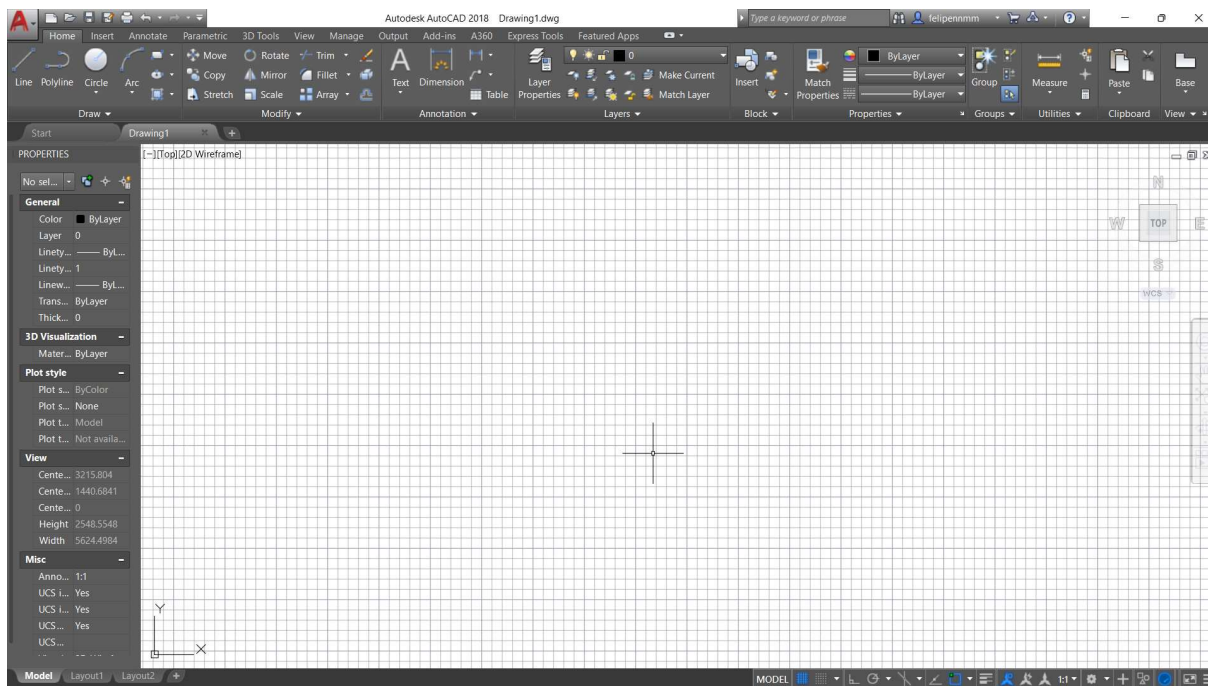
4.5.1 Interface e acessibilidade

O Revit e o Autocad possuem a interface similar. No canto superior os *softwares* possuem abas que organizam ferramentas por categoria e cada aba abre os ícones para selecionar as ferramentas. Ambos possuem janelas de propriedades de elementos para facilitar alterações em objetos que podem ser fixados nos cantos da janela principal.

O Autocad por ser um *software* voltado para o desenho possui suas principais ferramentas na aba “home”, porém possui também outras abas para as outras funções além das principais de desenho. As outras abas possuem ferramentas de inserção de arquivos externos para o projeto em CAD, ferramentas para anotação, ferramentas para ajuste de posição paramétricos, ferramentas de desenho 3D, ajustes de visualização de ícones e ferramentas, ajustes em configurações,

ferramentas para gerar documentos entre outras, podendo até possuir diversas abas de acordo com a quantidade de aplicações externas instaladas. A figura 13 apresenta a interface do Autocad durante a elaboração de projetos.

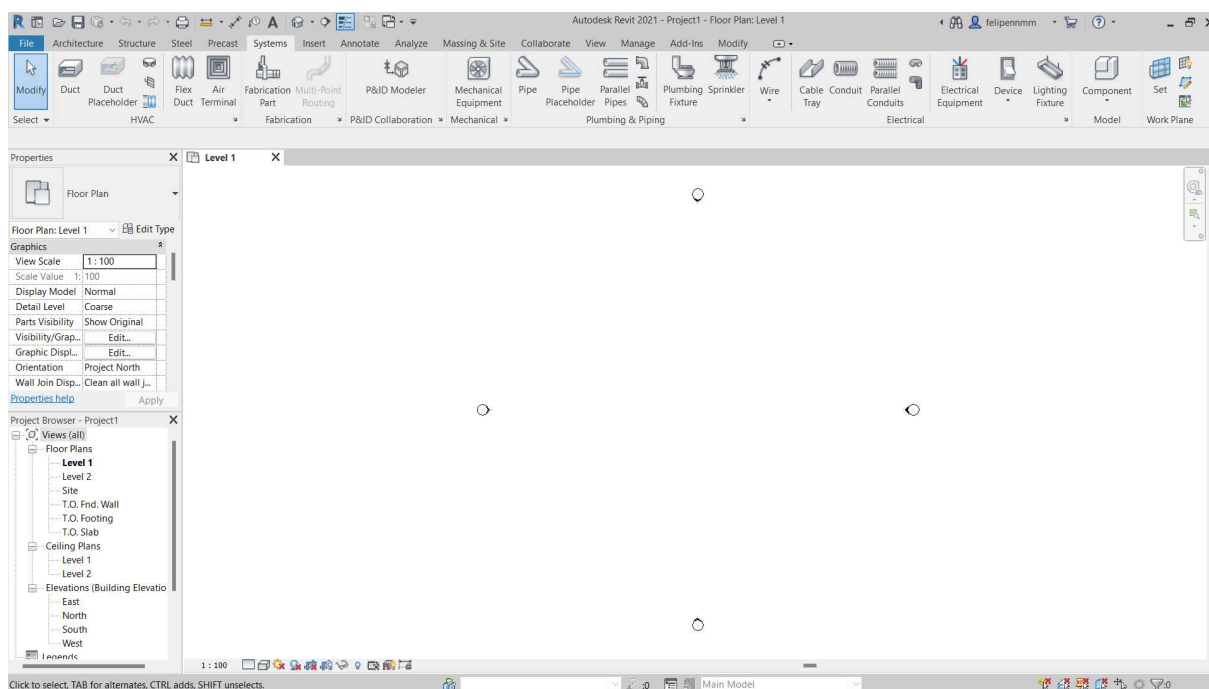
Figura 13 – Interface Autocad



Fonte: Elaboração do autor (2022).

As abas de ferramentas do Revit são mais voltadas para os tipos de disciplinas em uma construção. As abas no Revit relacionados a construção são de arquitetura, estrutura, aço, pré-fabricado e sistemas. A aba sistemas engloba diversas disciplinas, como mecânica, hidrossanitário, climatização e elétrica. O Revit ainda possui outras abas com funções de inserção de arquivos externos para o projeto, anotação, análise, topografia, colaboração entre usuários, visualização, configuração, modificação de objetos e abas para as aplicações instaladas. A figura 14 apresenta a interface do Revit.

Figura 14 – Interface Autocad



Fonte: Elaboração do autor (2022).

É importante ressaltar que em ambos os *softwares* permitem customização da interface pelo usuário e a maioria das funções possuem atalhos de teclado também customizáveis.

4.5.2 Alocar pontos

Uma diferença importante na alocação de pontos elétricos em cada uma das tecnologias é representação do ponto em cada uma das tecnologias.

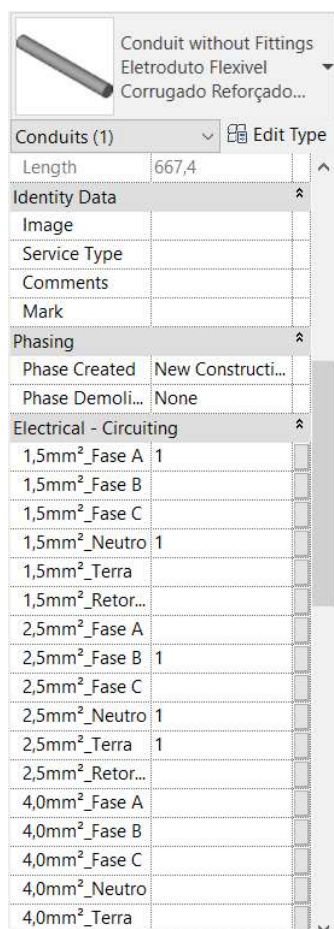
No Autocad os pontos são apenas desenhos que representam o objeto real e caso o projetista queira apresentar mais detalhes é preciso criar mais desenhos que complementem as informações. No projeto, isso pode ser visto na representação da potência nos pontos que é feito através de um texto ao lado do ponto. Para facilitar esse processo é possível criar blocos que automatizam a inserção dessas informações no desenho, porém não deixam de ser representações apenas de desenho.

No Revit os pontos são famílias que possuem parâmetros que melhor representam o objeto real do que apenas o desenho do objeto. No projeto foram utilizadas famílias que possuem informações que enriquecem as informações do

projeto como altura, potência e tensão de alimentação, estas informações podem e são utilizadas em diversas etapas do projeto automatizando o projeto e deixando-o mais confiável. Utilizando a potência dos objetos, a qual quadro pertence e a qual circuito pertence o próprio *software* cria e calcula o quadro de cargas, podendo até mesmo automatizar o cálculo de demanda do projeto. Um objeto pode ter também um parâmetro de custo que o *software* pode utilizar junto com a quantidade de objetos para gerar um orçamento de materiais da obra.

Quando o projeto é feito utilizando o Revit é necessário uma atenção maior com os pontos elétricos, pois esses precisam ser alimentados de informações ao alocá-los. Então, apesar do projeto em BIM automatizar processos e aumentar a confiabilidade é necessário um esforço maior do projetista durante essa etapa inicial do projeto. A figura 15 mostra um trecho no projeto onde estão passando dois cabos de 1,5 mm² e três de 2,5 mm².

Figura 15 – Propriedades de um trecho de eletroduto



Conduits (1)	
Length	667,4
Identity Data	
Image	
Service Type	
Comments	
Mark	
Phasing	
Phase Created	New Constructi...
Phase Demoli...	None
Electrical - Circuiting	
1,5mm²_Fase A	1
1,5mm²_Fase B	
1,5mm²_Fase C	
1,5mm²_Neutro	1
1,5mm²_Terra	
1,5mm²_Retor...	
2,5mm²_Fase A	
2,5mm²_Fase B	1
2,5mm²_Fase C	
2,5mm²_Neutro	1
2,5mm²_Terra	1
2,5mm²_Retor...	
4,0mm²_Fase A	
4,0mm²_Fase B	
4,0mm²_Fase C	
4,0mm²_Neutro	
4,0mm²_Terra	

Fonte: Elaboração do autor (2022).

4.5.3 Criação de objetos

Devido à diferença da quantidade de informação que cada tecnologia possui em seus objetos a criação de novos objetos requerem cuidados diferentes entre os *softwares*.

A criação de um novo objeto no Autocad pode ser tão simples quanto criar um desenho novo para representar esse objeto em planta ou pode ser mais complicado, criando um bloco com mais informações. Criar um bloco para atender as necessidades de projeto pode ser algo muito útil caso o projetista adote esse objeto como padrão em seus projetos. No Revit para criar um objeto o projetista tem que criar uma família para este objeto e passar por mais algumas etapas para ter um objeto completo. Primeiramente é necessário modelar o objeto em seu formato 3D, depois é necessário criar a representação em desenho do objeto em planta e então ajustar os parâmetros do objeto para possuir todas as informações necessárias.

Pela complexidade relativamente baixa do Autocad é fácil criar novos objetos e reutilizar recursos de outros projetos, já no Revit se torna mais complicado pois se a família não for configurada da forma correta pode acarretar em erros nos cálculos realizados pelo software. Essa complicação se vê ainda mais presente ao se utilizar de famílias criadas por outros projetistas, pois as configurações utilizadas por um projetista podem ser o suficiente para um template mas não para o outro, por exemplo: um projetista pode criar uma família de tomada utilizando apenas um objeto 3D que contemple toda a estrutura da tomada (caixa de passagem, módulo de tomada e espelho), já outro projetista pode criar famílias separadas de caixa de passagem, espelho e módulo de tomada e ao criar a família de tomada importar essas famílias para compor a nova família. Essa situação pode causar uma diferença na lista de material onde o primeiro método contaria apenas 1 objeto como conjunto de tomada e o segundo método contaria 3 objetos, 1 caixa de passagem, 1 espelho e 1 módulo para tomada.

Verifica-se então a necessidade de se possuir um template completo ao fazer um projeto em Revit e em caso da necessidade de criar uma família nova o projetista deve estar atento na forma que o template utilizado realiza seus cálculos.

4.5.4 Alocação de *tags*

Pelos objetos terem suas informações contidas em si mesmo em BIM fazer a identificação dos mesmos se torna um processo simples Revit já se utiliza dessas informações para gerar automaticamente as *tags* de identificação. A tag de informação é uma família também, assim o projetista pode criar famílias diferentes para apresentar tipos diferentes de informações.

No autocad pode se utilizar blocos dinâmicos para facilitar a inserção de *tags* na planta, porém esse processo é manual e depende do projetista ajustar a identificação de cada objeto. Isso torna o processo mais demorado e menos confiável.

É importante ressaltar que o Revit não possui parâmetros nativos ou famílias para indicações de cabo elétrico, então para fazer a indicação de cabo utiliza-se uma família de tag em que cada tipo da família é uma configuração de cabeamento e o projetista tem que selecionar o tipo de família necessário. Então para a inserção da identificação de cabos os dois *softwares* se assemelham por serem de forma manual.

4.5.5 Outras disciplinas

Ao realizar um projeto elétrico é muito importante que o projetista esteja atento também às outras disciplinas que compõem a obra, como o projeto estrutural, hidrossanitário, proteção contra incêndio, gás, óleo, telecomunicações, entre outros. Todos esses projetos estão utilizando um espaço na obra e isso diminui o espaço útil para a instalação do projeto elétrico.

Projetos no Autocad possuem uma dificuldade para o projetista visualizar as outras disciplinas e projetar de acordo com elas, pelo fato de não fazer a modelagem tridimensional em conjunto com o desenho em planta. Já o BIM modela todo o conjunto tridimensional da obra em conjunto com a elaboração do projeto em planta baixa, assim o projetista pode com mais facilidade verificar o choque físico com

outras disciplinas e alterar o projeto de acordo. Por isso projetos utilizando BIM tendem a ser mais confiáveis do que em CAD e precisar de menos correções durante a execução da obra.

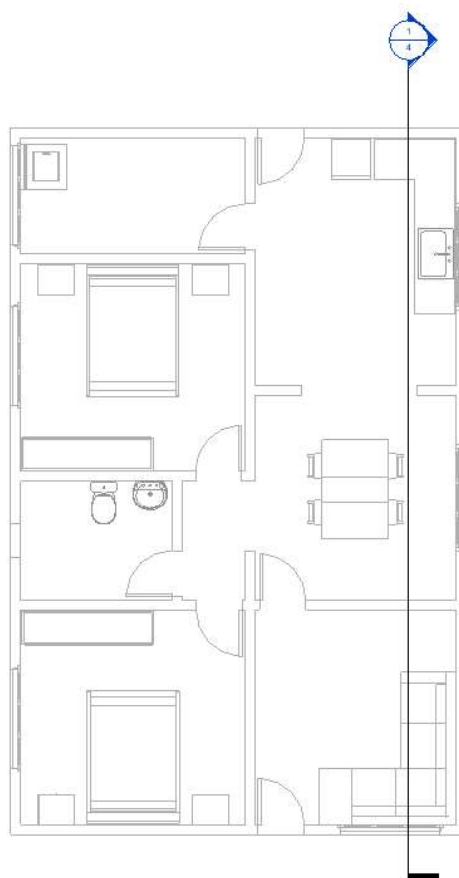
A inserção dos projetos de outras disciplinas em Autocad pode ser feita copiando o projeto e colando em cima do projeto elétrico ou utilizando o arquivo do outro projeto como referência. Utilizar a referência é recomendado pois permite alterações no arquivo da outra disciplina simultaneamente com o projeto elétrico, sendo apenas necessário recarregar a referência quando necessário.

No Revit se usa um método similar a referência, é feito um link com os projetos das outras disciplinas. Semelhante ao Autocad é possível que outros projetistas trabalhem em seus projetos simultaneamente sendo necessário apenas atualizar o link para apresentar as modificações nos projetos. O Revit permite fazer alterações na forma de apresentação dos links em cada vista permitindo maior customização na elaboração do projeto. Em uma vista é possível esconder inteiramente uma disciplina, em outra apresentar a disciplina inteira e em outra apresentar somente alguns objetos. Essa customização pode ser utilizada em projetos elétricos para apresentar as máquinas elétricas utilizadas em outras disciplinas no projeto elétrico, por exemplo, pode ser pertinente para o projeto elétrico apresentar uma bomba d'água mas não a tubulação de água indo até a bomba.

4.5.6 Criação de corte de vista

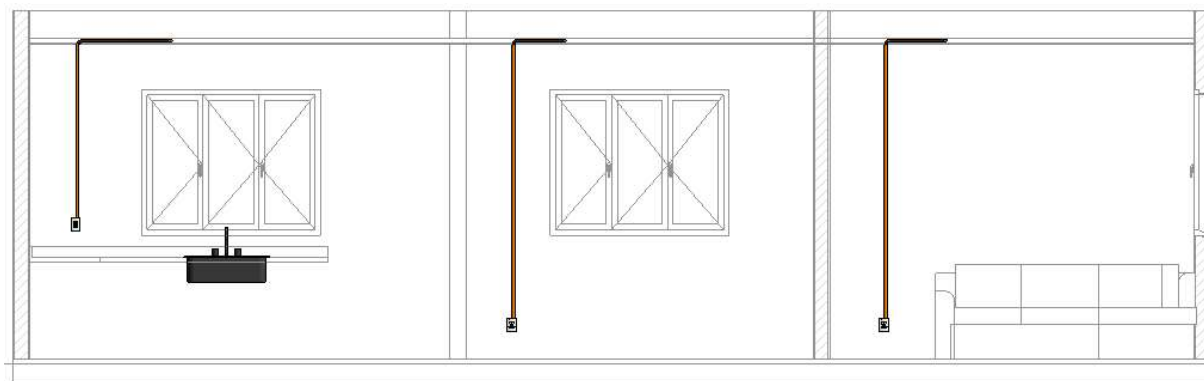
Cortes de vistas podem ser necessários em um projeto elétrico quando se precisa apresentar a posição vertical de um objeto em obra. Foram feitos cortes no projeto elétrico proposto para demonstrar como são feitos os cortes em cada *software* a figura 16 mostra a posição em que foram feitos os corte.

Figura 16 – Região do corte



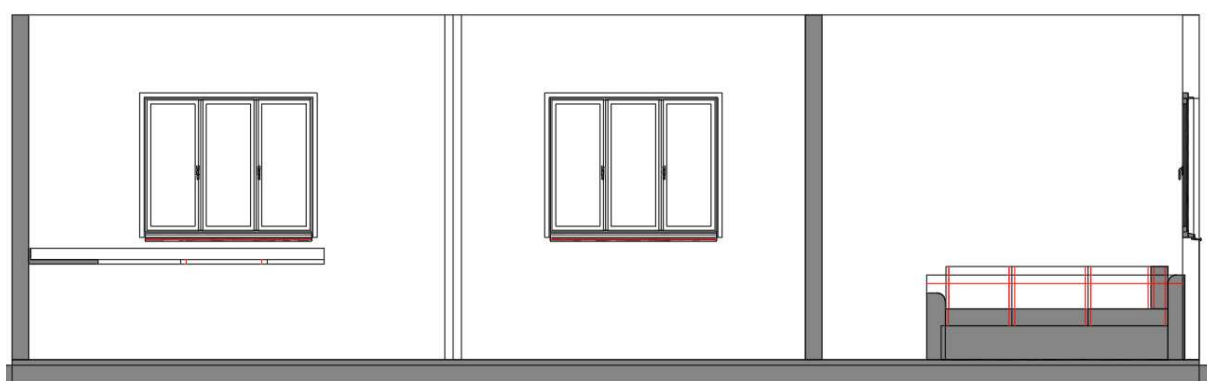
Fonte: Elaboração do autor (2022).

A criação de cortes em Revit é feita automaticamente por já possuir o modelo 3D, é necessário utilizar a ferramenta de corte nativa do *software* para traçar a linha de corte e abrir a vista criada precisando apenas ajustar detalhes da vista para melhor visualização, como escala e nível de detalhamento. A figura 17 mostra a vista de corte feita em Revit.

Figura 17 – Corte de vista

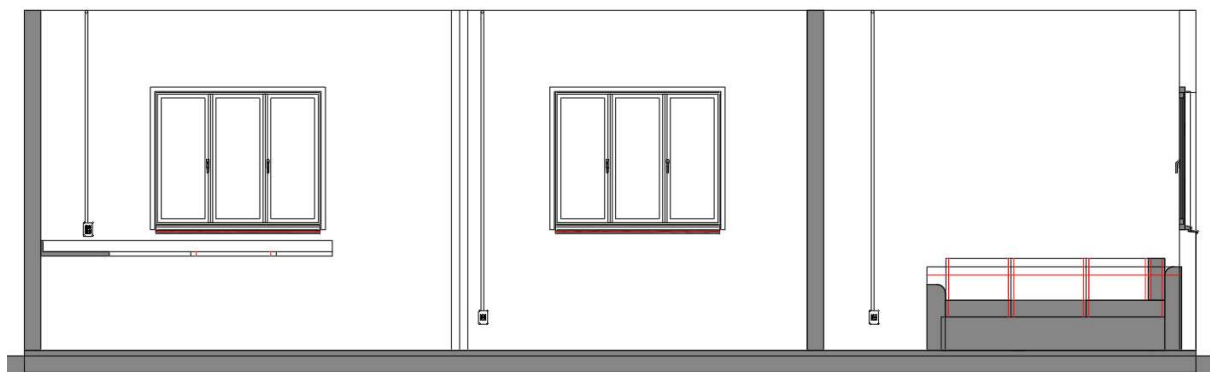
Fonte: Elaboração do autor (2022).

Em um projeto em Autocad criar um corte de vista pode ser mais trabalhoso. Existem duas possibilidades: o projetista tem acesso ao projeto arquitetônico no Autocad 3D ou o projetista não tem acesso ao projeto arquitetônico 3D. Caso já possua o projeto 3D é possível utilizar a ferramenta de corte do Autocad para gerar o corte do arquitetônico, como o modelo 3D do projeto não é criado automaticamente pelo Autocad o projetista precisa desenhar em cima do corte de vista do arquitetônico o detalhamento do projeto elétrico. A imagem 18 mostra o corte do projeto arquitetônico feito pela ferramenta de corte 3D do Autocad e a imagem 19 mostra o corte finalizado com o projeto elétrico.

Figura 18 – Corte utilizando ferramenta do Autocad

Fonte: Elaboração do autor (2022).

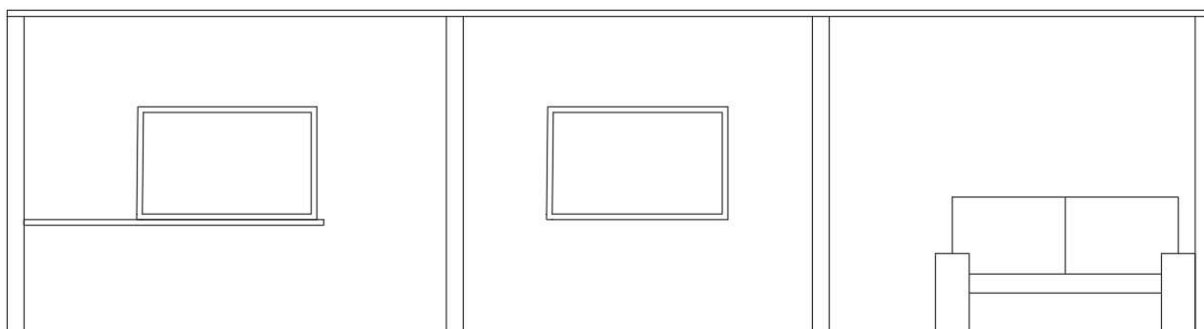
Figura 19 – Corte utilizando ferramenta do Autocad finalizado



Fonte: Elaboração do autor (2022).

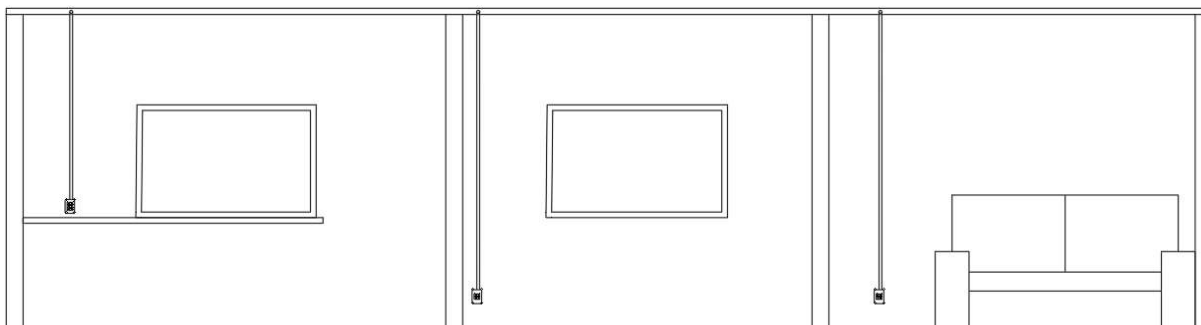
Caso não possua o projeto 3D o projetista precisa fazer o desenho do corte do arquitetônico manualmente, esse processo está mais sujeito a gerar erros, pois podem haver interpretações erradas do projeto arquitetônico e erros técnicos por parte do projetista. A figura 20 mostra a criação do corte do arquitetônico no Autocad e a figura 21 mostra com o detalhamento do projeto elétrico.

Figura 20 – Corte criado pelo projetista no Autocad



Fonte: Elaboração do autor (2022).

Figura 21 – Corte criado pelo projetista no Autocad com projeto elétrico



Fonte: Elaboração do autor (2022).

4.5.7 Lista de materiais

A elaboração da lista de materiais no Autocad é feita contabilizando quantas vezes os objetos foram utilizados no projeto essa contagem pode ser feita utilizando a função de selecionar objetos similares e contabilizar através da quantidade de objetos foram selecionados. Para realizar a contagem de cabos e eletrodutos é necessário que se pegue o comprimento de linha utilizado no projeto, porém ainda é necessário contabilizar o comprimento das descidas, para isso são necessários contabilizar a quantidade de descidas e multiplicar pelo comprimento das descidas, somando esses valores que se obtém a quantidade total. Esse processo acaba sendo muito trabalhoso pois a soma não é feita automaticamente pelo software e é necessário que o projetista realize essas operações.

No Revit a lista de materiais é feita através da ferramenta de criar tabelas do software, utilizando essa ferramenta é possível selecionar os equipamentos elétricos para aparecerem na tabela e selecionar quais características do objeto são pertinentes para elaboração da lista de materiais, para pontos de tomada, luminárias e interruptores seleciona a quantidade e para eletrodutos seleciona a soma dos comprimentos. O Revit não calcula a quantidade de fios utilizados pois esses não são modelados no projetos, porém o template utiliza parâmetros de eletrodutos para fazer a indicação de quais cabos estão passando pelos mesmos, dessa forma é possível criar uma tabela que indique o comprimento de cabo utilizado através do comprimento dos eletrodutos que contém cabos passando por eles, para fazer esse processo é necessário que o projetista selecione cada trecho onde esteja passando cabo e nas propriedades do objeto indique a quantidade de cabos de cada tipo que

está passando naquele trecho. A figura 22 apresenta a lista de materiais gerada pelo Revit.

Figura 22 – Lista de materiais Revit

<Lista de Materiais - Componentes>			
A	B	C	D
Descrição do Material	Dimensões	Quantidade	Referência Fabricante
		1	
Poste com Medidor Completo, Com Disjuntor e Haste de terra		1	
Caixas de Embutir			
Caixa de Luz 4"x2", de embutir, em PVC na cor amarelo para eletroduto corrugado	4"x2"	29	Tigre linha Tigreflex ou equivalente
Caixa octogonal 4"x4" com fundo móvel com suporte para lajota, reforçado, em PVC na cor laranja para eletroduto corruga	4"x4"	8	Tigre linha Tigreflex Reforçado ou equivalente
Interruptores			
Conjunto montado com 1 Interruptor Paralelo, 10A 250V~, 4"x2"	1P, 4"x2"	5	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado com 1 Interruptor Simples, 10A 250V~, 4"x2"	1S, 4"x2"	3	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado de Interruptor com 2 teclas paralelo, 4"x2"	2xP, 4"x2"	1	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado de Interruptor com 2 teclas simples, 4"x2"	2xS, 4"x2"	1	Pial Legrand ou equivalente
Placa saída de fio			
Conjunto montado de 1 Placa para Saída de Fio Ø11mm, 4"x2"	Saída de fio	1	Pial Legrand ou equivalente
Quadros			
Quadro de Distribuição 12/16 Disjuntores, de embutir, fabricado em PVC antichamas, com barramento de terra e neutro, p	12/16 Disjuntores	1	Tigre ou equivalente
Tomadas			
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, posto horizontal, 4"x2"	10A, 4"x2"	6	Pial legrand ou equivalente
Conjunto montado de 2 Tomadas 2P+T, 10A, postos horizontais, 4"x2"	2x10A, 4"x2"	9	Pial Legrand ou equivalente
Conjunto montado de 3 Tomadas 2P+T, 10A, postos horizontais, 4"x2"	10A, 4"x2"	1	Pial Legrand ou equivalente

Fonte: Elaboração do autor (2022).

4.5.8 Tempo de projeto

Durante a elaboração do projeto foram cronometrados o tempo gasto em cada etapa. A Tabela 3 apresenta o tempo utilizado para elaborar o projeto no Autocad e a Tabela 4 no Revit.

Tabela 3 – Tempo de elaboração no Autocad

Autocad	Tempo
Alocação de pontos	00:16:48
Distribuição de eletrodutos	00:06:30
Alocação de tags em planta	00:55:37
Unifilar	00:21:44
Entrada de energia	00:06:46

Elaboração de plantas	00:10:22
Lista de materiais	00:40:57
Total	02:38:44

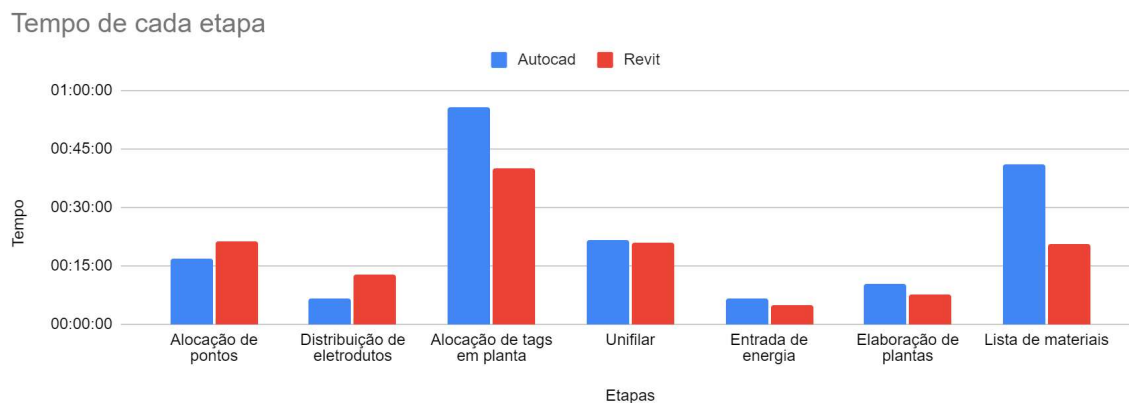
Elaboração do autor (2022).

Tabela 4 – Tempo de elaboração no Revit

Revit	Tempo
Alocação de pontos	00:21:14
Distribuição de eletrodutos	00:12:48
Alocação de <i>tags</i> em planta	00:40:02
Unifilar	00:21:00
Entrada de energia	00:05:00
Elaboração de plantas	00:07:38
Lista de materiais	00:20:34
Total	02:08:16

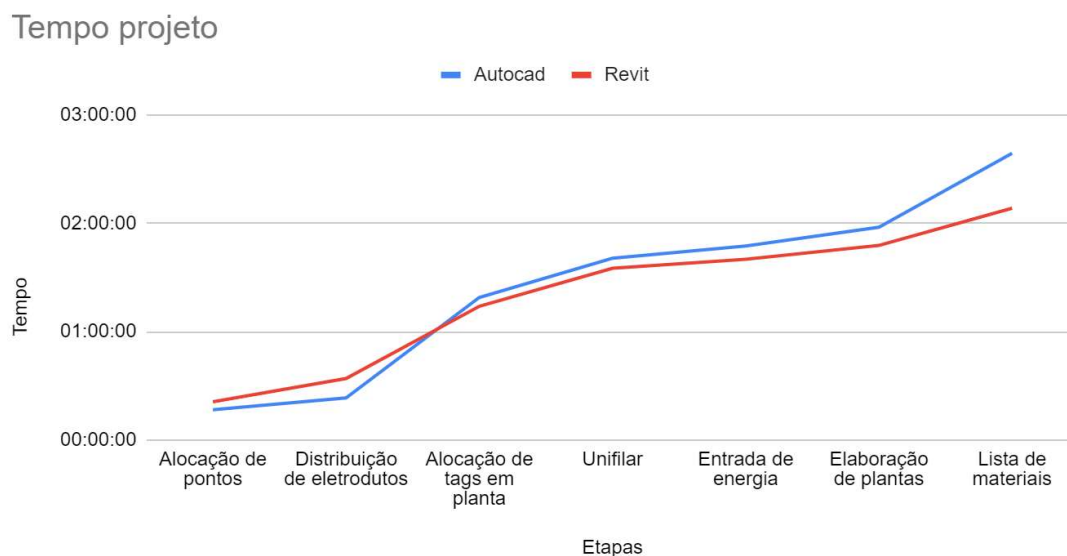
Elaboração do autor (2022).

A figura 23 apresenta o tempo em cada etapa de cada um dos *softwares*.

Figura 23 – Gráfico do tempo em cada etapa

Fonte: Elaboração do autor (2022).

A figura 24 apresenta o tempo total acumulado de cada projeto.

Figura 24 – Tempo total do projeto

Fonte: Elaboração do autor (2022).

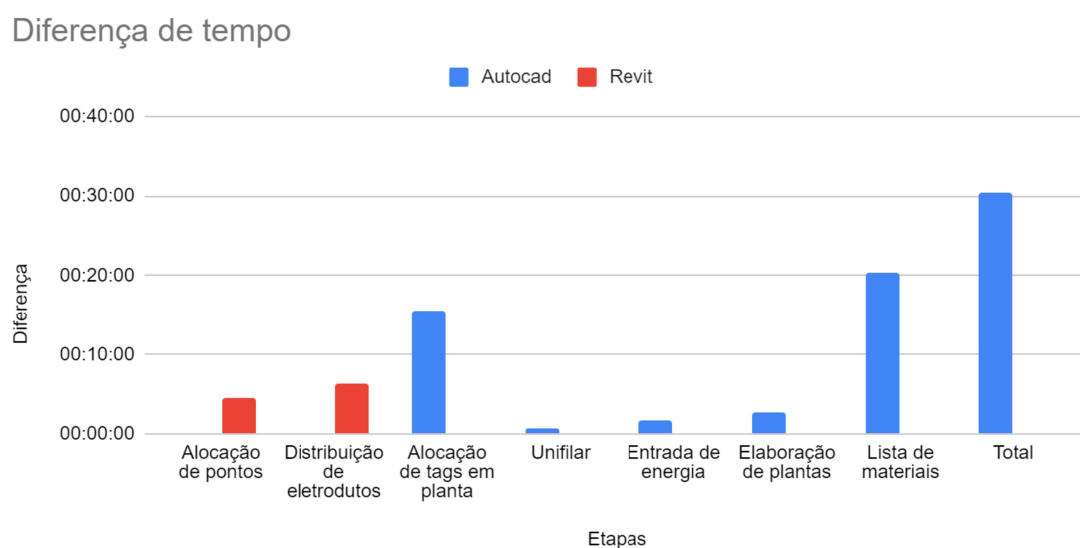
Verificou-se que o *software* Revit é mais demorado nas etapas iniciais, porém mais rápidos nas outras etapas sendo o *software* mais rápido no total. A Tabela 5 apresenta a diferença no tempo de cada etapa e qual software é o mais demorado.

Tabela 5 – Diferença de tempo entre softwares em cada etapa

Etapas	Software mais demorado	Diferença de tempo
Alocação de pontos	Revit	00:04:26
Distribuição de eletrodutos	Revit	00:06:18
Alocação de <i>tags</i> em planta	Autocad	00:15:35
Unifilar	Autocad	00:00:44
Entrada de energia	Autocad	00:01:46
Elaboração de plantas	Autocad	00:02:44
Lista de materiais	Autocad	00:20:23
Total	Autocad	00:39:34

Elaboração do autor (2022).

A diferença no tempo de cada etapa pode ser visualizada também na figura 25.

Figura 25 – Diferença de tempo em cada etapa

Fonte: Elaboração do autor (2022).

A partir dos dados apresentados verifica-se que a elaboração do projeto elétrico foi mais rápida utilizando o *software* Revit, porém as etapas iniciais são mais rápidas utilizando o *software* Autocad. Esse fato pode ser atribuído a necessidade inicial de inserir os valores paramétricos nos objetos utilizados no projeto em BIM, que resulta em um tempo maior para a inserção de pontos, distribuição de eletrodutos e criação de ponto em relação ao CAD, porém com os objetos já configurados o *software* Revit auxilia nas etapas seguintes por realizar cálculos automaticamente.

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

O presente trabalho conseguiu atingir os objetivos propostos. O projeto de instalações de elétricas de uma residência unifamiliar foi criado utilizando os *softwares* Revit e Autocad de forma a apresentar as diferenças das tecnologias BIM e CAD e compará-las.

As tecnologias CAD e BIM foram comparadas através do tempo utilizado para elaborar um projeto de instalações elétricas de uma residência unifamiliar e o tempo das etapas para elaboração. Verificou-se a vantagem do *software* Revit que obteve uma diferença de 30 minutos e 28 segundos em relação ao *software* Autocad.

A alocação de pontos e a distribuição de eletrodutos durante a elaboração do projeto de instalações elétricas foram mais rápidas utilizando o CAD. Essas etapas iniciais consistem na alocação dos desenhos em planta, a vantagem da tecnologia CAD surge pois essa é feita para auxiliar o projetista na elaboração de desenhos. Essas etapas não são vantajosas para a tecnologia BIM pois essa exige do projetista a inserção dos valores dos parâmetros dos objetos para que o *software* utilizado possa criar a modelagem tridimensional correta e possa calcular outras informações necessárias para a elaboração do projeto elétrico.

Nas etapas seguintes às de alocação de ponto e de distribuição de eletrodutos verificou-se que a tecnologia mais eficiente é o BIM. A vantagem do BIM nessas etapas é por conta do BIM já realizar cálculos, gerar dados e criar o modelo tridimensional da obra sem a necessidade do projetista de realizar esses processos, facilitando assim as finais do projeto. Já o CAD não realiza esses processos sozinho e é necessário que o projetista faça os processos, tornando CAD menos vantajoso nessas etapas. Essa situação foi evidenciada na inserção de *tags* e na criação do diagrama unifilar que dependem dos circuitos calculados e na elaboração da lista de materiais que foi necessário calcular a quantidade de materiais manualmente.

Além da comparação de tempo foi verificado diferenças no processo de elaboração dos projetos entre as tecnologias. Observou-se que a elaboração de projetos em BIM permite a automatização de diversos processos aumentando a confiabilidade do projeto, desde que estes processos estejam dentro das

predefinições estabelecidas do *template*. Em CAD observou-se que muitos processos têm que ser feito pelo projetista, porém possui mais liberdade para alterar os padrões e predefinições do projeto. Ao elaborar o projeto percebeu-se que a tecnologia BIM foi mais eficiente pois as predefinições do *template* utilizado foram suficientes para atender as demandas do projeto.

As interfaces dos dois *softwares* são semelhantes na organização de suas ferramentas por abas. A interface do Autocad possui as principais ferramentas em na aba “*home*” enquanto no Revit as abas são mais divididas por funções, porém as duas são customizáveis de modo a atender as preferências dos usuários.

Para se fazer a integração entre disciplinas de uma obra no Autocad é feito a sobreposição dos projetos de cada disciplina podendo ou não utilizar a função de referência. Utilizando o Autocad o projetista tem uma dificuldade extra ao compatibilizar as disciplinas pois o *software* não cria o desenho em planta em conjunto com um modelo tridimensional, o Revit cria o modelo tridimensional em conjunto com a elaboração da planta baixa assim fica fácil do projetista verificar eventuais choques entre disciplinas.

A criação de um objeto que não está presente no padrão utilizado pelo projetista no Revit é feita criando uma nova família para o objeto. Esse processo inclui a modelagem tridimensional, criação da simbologia, definição de parâmetros e definição de *tags*. Já, a criação de um objeto novo no Autocad pode ser simples como somente criar um desenho novo ou a criação de um bloco dinâmico para atender as necessidades. Verificou-se que esse processo no Autocad é mais simples e mais ágil.

Para criar uma vista de corte utilizando a tecnologia BIM utiliza-se a função do *software* para gerar automaticamente o corte, isso é possível pois a tecnologia já cria automaticamente o modelo tridimensional. Para criar uma vista de corte utilizando o CAD é necessário criar o desenho da vista de corte manualmente, inclusive o desenho do arquitetônico caso o projetista não possua o projeto tridimensional do arquitetônico. Por não ser criado automaticamente esse processo fica sujeito a erros.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

É importante ressaltar que o projeto elétrico realizado foi de uma residência unifamiliar, diferentes obras podem apresentar resultados diferentes. Uma sugestão para trabalhos futuros é a análise para diferentes tipos de obra, como residências multifamiliares, residências de alto padrão, projetos industriais, projetos hospitalares entre outros.

Os *softwares* utilizados foram o Autocad e o Revit e não foram utilizados aplicações para esses *softwares*. A análise entre as tecnologias podem ser realizadas utilizando outros *softwares* ou utilizando aplicações que facilitam o processo de elaboração de projetos elétricos de forma a deixar mais semelhante a elaboração de projetos elétricos realizadas por empresas no mercado de trabalho.

Para este trabalho não foi levado em consideração as diferenças ao criar as predefinições nos *softwares*, foram utilizadas predefinições prontas para facilitar a elaboração de projetos de instalações elétricas. Essa análise pode ser feita em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

ARYANI, A. L.; BRAHIM, J.; FATHI, M. S. The development of building information modeling (BIM) definition. **Applied Mechanics and Materials**, v. 567, p. 625–630, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**, 2004.

BRASIL. Decreto Nº9.983, De 22 De Agosto De 2019 Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. Diário oficial da união, 2019.

BRASIL. Decreto Nº 10.306, De 2 De Abril De 2020 Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling- Estratégia BIMBR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Diário oficial da união, 2020.

BRASIL. **Lei Nº. 14.133, de 1º de abril de 2021**, 2021.

CHAREF, R.; ALAKA, H.; EMMITT, S. Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views. **Journal of Building Engineering**, v. 19, p. 242–257, 2018.

ENCARNAÇÃO, J. L.; LINDNER, R.; SCHLECHTENDAHL, E. G. **Computer Aided design Fundamentals and System Architectures**. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1990.

ESTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken, Nova Jersey: Wiley Publishing, 2011.

HARDIN, B.; MCCOOL, D. **BIM and construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows**. 2. ed. Indiana: John Wiley & Sons, Inc., 2015.

KHEMLANI, L. **AUTODESK REVIT: IMPLEMENTATION IN PRACTICE**. Calgary, 2004.

LIMA FILHO, D. L. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais**. 12. ed. [s.l.] Érica, 2011.

VIEIRA, I.; ARAÚJO, T.; ROCHA, S. Análise da importância da inserção do BIM nas universidades Porta Alegre **ANTAC**, , 2019. Disponível em:

<<https://eventos.antac.org.br/index.php/enebim/article/view/270>. Acesso em: 20 jul. 2021.>