GUSTAVO CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE LEMMI
MARCELO DOMINGOS PEREIRA

ESTUDO COMPARATIVO DE FERRAMENTAS DE PROJETOS DE RESIDÊNCIA ENTRE O CAD E A MODELAGEM BIM

SÃO CARLOS - SP
2020

GUSTAVO CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE LEMMI
MARCELO DOMINGOS PEREIRA

ESTUDO COMPARATIVO DE FERRAMENTAS DE PROJETOS DE RESIDÊNCIA ENTRE O CAD E A MODELAGEM BIM

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia Civil do Centro Universitário Central Paulista, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Caio Gustavo Pereira Denari

SÃO CARLOS - SP
2020

“Dedico esse trabalho a todos Professores e Professoras do Curso e Engenharia Civil da UNICEP, as minhas filhas, minha família e todos aqueles que de alguma forma contribuíram e não mediram esforços para que eu concluísse mais essa etapa da minha vida. ”

AGRADECIMENTOS

A minha família, em especial as minhas filhas, Beatriz e Sofia que tiveram muita paciência e entendimento nas ocasiões em que não pude compartilhar dos momentos com elas por ter que me dedicar a faculdade. Ao Amigo, Prof. Doutor Pedro Manoel Sardinha Bico Soares por tantas noites e finais de semana de aulas particulares para as matérias de Cálculo e Física e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desse trabalho.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê. ”

Arthur Schopenhauer.

“Dedico este trabalho à minha filha Isabela Garcia Pereira e à minha esposa Clécia Ap. Garcia Pereira. ”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da minha vida e por proporcionar a conquista alcançada. Agradeço à minha esposa Clécia e a minha filha Isabela por me apoiarem e compreenderem as várias horas em que estive ausente em virtude de minha formação e do desenvolvimento deste trabalho. Agradeço ao meus pais Juraci e Vivaldo, por me ensinarem os valores que caracterizam um homem de bem. Agradeço ao meu orientador Caio Gustavo Denari pela confiança e pelo direcionamento durante o desenvolvimento do projeto. Sou grato a todo corpo docente da Universidade UNICEP que sempre transmitiram seu saber com muito profissionalismo. Também agradeço a todos os meus colegas de curso e em especial ao colega Gustavo Cavalcanti de Albuquerque Lemmi pela parceria, pela oportunidade do convívio e pela cooperação mútua durante estes anos.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.”

Albert Einstein.

RESUMO

ESTUDO COMPARATIVO DE FERRAMENTAS DE PROJETOS DE RESIDÊNCIA ENTRE O CAD E A MODELAGEM BIM

Visando a otimização da gestão de informações na construção civil e suas etapas para a elaboração do projeto final, esse estudo tem como finalidade comparar as tecnologias BIM (Building Information Modeling – Modelagem de Informação da Construção) e CAD (Computer Aided Design – Desenho Auxiliado pelo Computador) no desenvolvimento de um projeto de residência, seguindo as exigências de aprovação na prefeitura. O projeto foi desenvolvido com a colaboração de dois operadores experientes, para que fosse possível obter resultados reais e plausíveis de ser encontrados em uma situação comum de mercado. Dentro desse contexto, foi considerado o tempo consumido para o desenvolvimento do projeto, levantamento quantitativo de materiais e todo aspecto positivo ou negativo relevante. Com esse estudo contatou-se, que a ferramenta AutoCAD, por ser a mais conhecida no mercado, acaba sendo mais adequada para projetos de pequeno porte. A tecnologia BIM, por sua vez, é ideal para projetos de grande porte, cujo, erros pequenos podem tomar proporções maiores no que diz respeito a retrabalho e perca de material.

Palavras-chave: BIM – Building Information Modeling, CAD – Computer Aided Design, Comparativo, Projeto de Residência.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - PROJETO EM 2D DO SOFTWARE AUTOCAD VERSÃO 2016. 22
FIGURA 2 - PROJETO EM ELABORAÇÃO 3D DO SOFTWARE AUTOCAD VERSÃO 2016..... 23
FIGURA 3 - PROJETO FINALIZADO 3D DO SOFTWARE AUTOCAD, VERSÃO 2016..... 23
FIGURA 4 - DIAGRAMA REPRESENTATIVO DAS SETORIZAÇÕES EXISTENTES NOS PROJETOS CONVENCIONAIS..... 25
FIGURA 5 – BIM 3D: PROTÓTIPO, MODELO VIRTUAL. 30
FIGURA 6 - PROJETO COMPATIBILIZADO COM TODAS AS ÁREAS. 31
FIGURA 7 - EXEMPLO DE INTERFERÊNCIA, UMA TUBULAÇÃO EM CONFLITO COM A PARTE ESTRUTURAL..... 31
FIGURA 8 - VISUALIZAÇÃO ESTÉTICA DO PROJETO..... 32
FIGURA 9 - PLANEJAMENTO DE 65 DIAS DE UM PROJETO. 33
FIGURA 10 - PLANEJAMENTO DE 75 DIAS DE UM PROJETO. 33
FIGURA 11 - PLANEJAMENTO DE 155 DIAS DE UM PROJETO. 33
FIGURA 12 - PLANEJAMENTO DE 264 DIAS DE UM PROJETO – FINALIZADO..... 33
FIGURA 13 - TABELA DE QUANTITATIVOS..... 34
FIGURA 14 – ANÁLISE ESTRATÉGICA DE SOMBRA QUE POSSIBILITA VERIFICAR ANTES DO INÍCIO DAS OBRAS A MELHOR LOCALIDADE DAS JANELAS..... 35
FIGURA 15 - DEMONSTRATIVO DE EXCEDÊNCIA SOLAR (EM VERMELHO)..... 36
FIGURA 17 - RELATÓRIO DE INDICADORES..... 36
FIGURA 18 - RELATÓRIO "ROSA DOS VENTOS ANUAL"..... 37
FIGURA 19 - ESQUEMATIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE PESQUISA..... 41
FIGURA 20 - PLANTA ESQUEMÁTICA. 42
FIGURA 21 - PROJETO ARQUITETÔNICO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD. 46
FIGURA 22 - PROJETO ARQUITETÔNICO DESENVOLVIDO NO REVIT. 47
FIGURA 23 - PLANILHA DE QUANTITATIVOS: AUTOCAD PARTE 1..... 49
FIGURA 24 - PLANILHA DE QUANTITATIVOS: AUTOCAD PARTE 2..... 50
FIGURA 25 – TABELA DE QUANTITATIVOS EM TXT EXTRAÍDAS DO REVIT..... 51
FIGURA 26 - PLANILHA DE QUANTITATIVOS CONVERTIDAS EM XML: REVIT. 51
FIGURA 27 – LEVANTAMENTO COMPARATIVO DO ITEM “ALVENARIA”. 55
FIGURA 28 – LEVANTAMENTO COMPARATIVO DO ITEM “LAJE”..... 55
FIGURA 29 – LEVANTAMENTO COMPARATIVO DO ITEM “CHAPISCO E REBOCO”. 56
FIGURA 30 – LEVANTAMENTO COMPARATIVO DO ITEM “CONTRAPISO E PISO”. 56
FIGURA 31 – LEVANTAMENTO COMPARATIVO DO ITEM “REVESTIMENTO CERÂMICO”. 56
FIGURA 32 – LEVANTAMENTO COMPARATIVO DO ITEM “ESQUADRIAS”. 57
FIGURA 33 – LEVANTAMENTO COMPARATIVO DO ITEM “TELHADO”. 57
FIGURA 34 – LEVANTAMENTO COMPARATIVO DO ITEM “PINTURA”..... 58

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

2D – Duas dimensões.

3D – Três dimensões.

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção Civil.

BIM – Building Information Modeling (Modelagem de Informações da Construção).

CAD – Computer Aided Design (Desenho Auxiliado pelo Computador).

GSA – General Services Administration (Administração de Serviços Gerais).

IFC – Industry Foundation Classes (formato de dados cuja finalidade é permitir o intercâmbio de um modelo informativo sem perda ou distorção de dados ou informação).

SINAPI – (Sistema Nacional de Preços e Índices).

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES X
LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS XI
1 INTRODUÇÃO 15
1.1 JUSTIFICATIVA 16
1.2 OBJETIVOS 18
1.2.1 Objetivo Geral 18
1.2.2 Objetivos Específicos 19
2 REVISÃO LITERÁRIA 20
2.1 METODOLOGIA CAD 21
2.2 DIMENSÕES 22
2.2.1 2D 22
2.2.2 3D 23
2.3 EVOLUÇÕES DO SOFTWARE AUTOCAD 24
2.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SOFTWARE AUTOCAD 24
2.4.1 Vantagens 24
2.4.2 Desvantagens 25
2.5 METODOLOGIA BIM 26
2.6 DIMENSÕES E EVOLUÇÕES BIM 29
2.6.1 3D – Modelo Colaborativo 30
2.6.2 4D – Cronologia da obra 32
2.6.3 5D – Estimativa de custos 34
2.6.4 6D – Sustentabilidade 35
2.6.5 7D – Manutenção 37
2.6.6 8D – Segurança e Saúde Ocupacional 38
2.7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA METODOLOGIA BIM 38
2.7.1 Vantagens 38
2.7.2 Desvantagens 39
2.8 COMPARATIVO CAD E BIM 40
3 MATERIAIS E MÉTODOS 41
3.1 HARDWARE 42
3.2 SOFTWARE 43
3.3 OS OPERADORES 43
3.4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO E PROCESSOS 44

3.4.1 Projeto Arquitetônico 44
3.4.2 Planilha Quantitativa 48
4 RESULTADOS 52
4.1 ANÁLISE COMPARATIVA DO TEMPO DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 52
4.2 ANÁLISE COMPARATIVA DO LEVANTAMENTO QUANTITATIVO 53
4.3 ANÁLISE COMPARATIVA DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES EXTRAÍDAS 54
4.4 INTERFERÊNCIAS 58
5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES 60
REFERÊNCIAS 62
ANEXO 1 - PROJETO PARA APROVAÇÃO DA PREFEITURA – AUTOCAD 69
ANEXO 2 - ROJETO PARA APROVAÇÃO DA PREFEITURA – REVIT 70

1 INTRODUÇÃO

Com os avanços e as transformações que ocorrem no mundo, faz-se necessário reconduzir e analisar o modo como tudo é feito. Com a área de engenharia civil e projetos de residências não seria diferente, a chegada de novas tecnologias requer o acompanhamento e o aperfeiçoamento das mais diversas ferramentas e softwares utilizados para o processo de elaboração de um projeto. O avanço é perceptível desde o início, quando se observa que desde os primórdios da humanidade, os projetos edificados e demais construções utilizavam de artifícios para auxiliar nos processos, tais como: esquadros, normógrafos, escalímetro, caneta nanquim entre outros. Prática esta conhecida também como pranchetas de desenho, onde as linhas e pontos representavam as edificações.

Por volta das décadas de 80 e 90, ocorreu a revolução do sistema computacional CAD (Computer Aided Design ou Desenho Auxiliado pelo Computador) o que movimentou grande mudança no mercado AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção Civil) principalmente na forma de pensar e criar projetos. Pelo fato do AutoCAD ser muito utilizado e conhecido, há muita confusão ao tratar da tecnologia CAD e o software da Autodesk que utiliza a tecnologia, o mesmo acontece quando a marca vira sinônimo do produto, como exemplo: Bombril que virou sinônimo de palha de aço e assim por diante. Não há dúvidas de que o CAD trouxe consigo ganho de tempo e produtividade. No entanto, a única alteração, analisando de forma objetiva, o que era feito no papel, com o CAD era possível reproduzir no computador, com a possibilidade de representação geométrica com CAD 2D e 3D. A questão é que não há inteligência na tecnologia capaz de mostrar os elementos que compõem a edificação, material ou custos sem o auxílio de uma segunda ferramenta para tal levantamento. E acompanhando as considerações sobre como a concorrência estabelece uma necessidade de aprimorar a condição de como tudo é feito. Quando começou a movimentação da nova ferramenta de Modelagem de Informações da Construção, o BIM (Building Information Modeling) entendeu-se que com ela viriam grandes modificações com base nas necessidades e dificuldades dos projetistas

nesse segmento. É sabido que alguns países tornaram o BIM obrigatório há pelo menos 3 (três) anos. Isso serve de base para assegurar que este processo que se inicia, faz parte da próxima evolução tecnológica e forma de pensar, tornando obrigatório dar o passo à frente.

Neste trabalho, serão apontadas as características de ambos os softwares, com enfoque para as práticas de projeto de residências, bem como evidenciar a melhor ferramenta para os projetistas, e disseminar entre todos os interessados que acompanhar a evolução progressivamente é a melhor alternativa, tendo em vista que todos os marcos históricos foram decorrentes a isto.

1.1 JUSTIFICATIVA

Na década de 1960 uma nova ferramenta se torna essencial para todas as áreas, o computador. Diante disto, ocorreu um grande desenvolvimento tecnológico na indústria de softwares gráficos. Segundo Shodek et al. (2007), em 1980 se deu a aplicação da tecnologia para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos e complementares, através de um sistema designado Computer Aided Design (Desenho Assistido por Computador) - CAD. Neste momento, a aplicação dos sistemas CAD, mudaram o cenário do mercado, automatizando os desenhos e os projetos, antes desenvolvidos integralmente de forma manual.

Para atender o mercado AEC, muito dinâmico e exigente, surgiu a necessidade de que os hardwares fossem aprimorados. O CAD 2D e o CAD 3D, foram desenvolvidos para atender essa necessidade propiciando agilidade, precisão e melhor apresentação final. Porém, segundo Eastman et al. (2014), apesar da automatização de desenhos, o método representativo CAD é passível de falhas e inconsistências, visto que os desenhos elaborados no CAD são apenas figuras geométricas representadas no computador.

Segundo Resende (2008), mais recentemente, outra tecnologia que trouxe grandes mudanças no processo projetual foi à base em BIM, principalmente por aperfeiçoar o trabalho em ambiente 3D e por buscar integrar todo o processo de produção em um só modelo. Nascido da evolução da tecnologia CAD, o BIM possibilita uma análise mais profunda de todo o processo de construção, antes que o projeto seja concluído, já que ele permite a verificação de possíveis interferências, que são atualizadas conforme a introdução das alterações.

Ao encontro das necessidades do mercado AEC de menores prazos, menores custos e excelência na entrega do produto final, segundo Maria (2008), dessa forma contribuindo para a redução de custos e melhoria da qualidade. Esse novo modelo é utilizado para a tomada de decisões de projeto, documentos específicos a respeito da construção, previsão, estimativa de custos, planejamento da constituição e, eventualmente, gerenciamento do empreendimento após finalização da obra.

A tecnologia BIM, tem ganhado força ao redor do mundo e o seu uso já é indicado ou obrigatório em pelo menos cinco países:

- Em 2006, nos Estados Unidos a GSA (General Services Administration) determinou obrigatório o uso do BIM na fase de projetos de novos edifícios públicos.
- Desde 2007 o Senate Properties da Finlândia tornou obrigatório o uso do BIM em seus projetos.
- Em 2011, o Ministério de Obras Públicas do Chile passou a exigir o BIM em licitações hospitalares.
- Em 2016, em uma iniciativa da administração pública da Europa foi criado o “EU BIM Task Group” com o proposito de apresentar a plataforma BIM em uma reunião oficial para 14 países.
- O Reino Unido com o desejo de se tornar referencia no uso da plataforma BIM, procura reduzir os custos com projetos de construção em 20%.

No Brasil, de acordo com o Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, a partir de 2021 deverá se tornar obrigatório o uso da plataforma BIM, em obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e entidades da gestão pública federal. A intenção é que em janeiro de 2028, a dimensão 7D – responsável pela manutenção da edificação em todas as suas esferas, seja de uso obrigatório para os empreendimentos elaborados a partir do BIM.

Segundo Aguiar E. (2020), é aconselhável a preparação imediata para evitar riscos de penalidade e ou paralisações desnecessárias em obras.

Sendo assim, tendo em vista o sucesso obtido com a chegada do CAD em meados de 1980, acredita-se que o BIM possa ser a próxima grande revolução capaz de movimentar e contribuir de forma abrangente o mercado AEC, que com o passar dos anos têm agregado rigor nas práticas do ramo. As exigências que englobam o setor de construção sofrem alterações legislativas recorrentes, tornando necessário que o processo de planejamento seja bem elaborado e consistente para aprovação efetiva. Desta forma, o intuito deste trabalho consiste em promover a importância de aderir um software integralizado para atender toda e qualquer exigência relacionada a projetos de edificações residênciais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Comparar a produtividade e precisão no levantamento quantitativo de insumos a serem utilizados no projeto de uma residência unifamiliar desenvolvido em CAD versão 2020 e em BIM (utilizando software REVIT, versão 2020).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar e explicar as metodologias BIM e CAD, tecnologias utilizadas nos softwares REVIT e AUTOCAD, ferramentas estas escolhidas para elaboração deste projeto.
- Observar o desempenho de ambos os softwares, na elaboração de um projeto de residência unifamiliar que possa facilmente ser aprovado pela Prefeitura.
- Apresentar os resultados de performance de ambas as ferramentas e exibir o levantamento e alterações referente ao quantitativo de insumos.
- Promover a ferramenta com melhor execução, levando em consideração todas as características que englobam um projeto eficiente e eficaz.

2 REVISÃO LITERÁRIA

A necessidade de projetar as construções e edificações remonta à pré-história, desde que o homem passou a perceber a importância de representar as condições em que vivia. Com o passar do tempo e com o emprego de tecnologias, os projetos foram aperfeiçoados e melhor representados. Os principais fatores que influenciaram na evolução do processo de construção foram a utilização da tecnologia, a qualificação e especialização profissional, disse Melhado e Agopyan (1995).

A compatibilização dos projetos é um dos maiores desafios. Profissionais de áreas distintas trabalham de maneira a atender as necessidades, as exigências e as normas. Isto faz com que alguns conflitos de projeto ocorram e devam ser analisados expondo as soluções de forma consistente para a execução do projeto.

Portanto, como analisado por Costa (2013) a consequência da divisão de profissionais em áreas distintas, os projetos passaram a apresentar incompatibilidade que anteriormente eram encontrados apenas na fase de execução da obra. Como resultado houve aumento dos custos no valor final do empreendimento, com retrabalhos e atrasos, decorrentes da perda de tempo para encontrar a melhor solução.

O objetivo principal da compatibilização de projetos é propiciar melhorias no gerenciamento, redução do desperdício, aumento na qualidade, mitigação do retrabalho, ganho de produtividade reduzindo o tempo de obra. De acordo com Melhado (2005), compatibilizar é uma maneira de incorporar todas as disciplinas que envolvem um projeto. O processo se dá após a conclusão de todas as partes envolvidas, sanando conflitos e interferências através de sobreposição manual ou por meio de tecnologias que acelerem a verificação (MANZIONE, 2013).

2.1 METODOLOGIA CAD

CAD é um sistema computacional que significa (COMPUTER AIDED DESIGN) em outras palavras significa também Desenho Auxiliado pelo Computador. Em 1982, foi apresentado o software AutoCAD, ferramenta esta que possibilitou a ligação entre os departamentos de projetos e produção. O AutoCAD é um software da Autodesk que opera a tecnologia CAD. Na ocasião, o software representou um aumento de produtividade das empresas, reduzindo o tempo de desenvolvimento dos projetos, minimizando erros e aumentando a padronização dos detalhes do projeto como um todo, já que possibilitava a reprodução geométrica de forma computadorizada.

Porém, o custo de aquisição de hardware com maior capacidade de processamento que atendessem as necessidades do software, bem como o alto custo do programa em si e investimento na capacitação de profissionais na utilização da tecnologia, passaram a ser um empecilho para as empresas adotarem a tecnologia na época.

O software AutoCAD concebido pela Autodesk tornou-se tão conhecido que, o conceito se confundiu com o produto, transfigurando-se em sinônimo. Tais como ocorreram com outras grandes marcas, por exemplo: Bombril que virou sinônimo de palha de aço, o Durex sinônimo de fita adesiva e assim por diante. Por essa razão é provocada tanta confusão ao explicar o software e a tecnologia.

Mesmo se tratando de uma grande revolução, o CAD nada mais é que uma representação geométrica computadorizada, com um procedimento melhorado, porém desprovido de inteligência no que diz respeito às informações integradas e inerentes ao projeto de edificação. Todavia, para coletar ou consultar as informações do material utilizado em uma estrutura, é necessário obte-lo por intermédio de outra ferramenta ou um memorial descritivo. O mesmo ocorre quando há intenção em analisar custos e levantamentos quantitativos. Essas informações não são interligadas, ocasionando a necessidade de gerar essas noções de formas separadas.

2.2 DIMENSÕES

2.2.1 2D

O CAD que melhor se adaptou ao potencial de hardware da época, foi o CAD geométrico, que possibilita a elaboração de desenho no plano bidimensional (2D) virtual. Contudo, a representação no sistema gera distorções entre o virtual e o real, dificultando a análise dos resultados, causando confusão no entendimento da disposição das linhas, por exemplo:

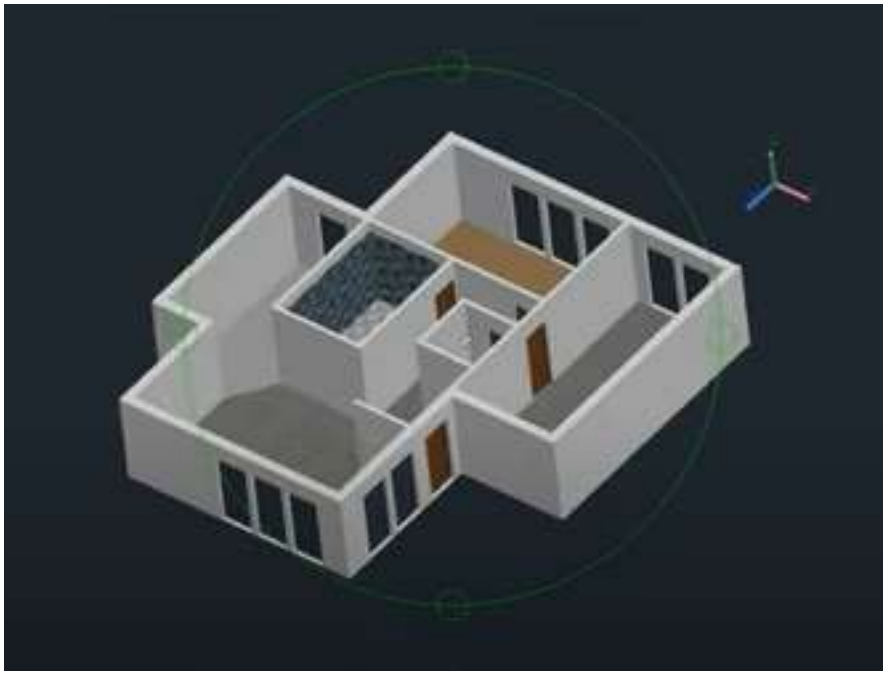
Figura 1 - Projeto em 2D do software AutoCAD versão 2016.

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=HmPufPNIAG0. Acessado em: setembro de 2020.

2.2.2 3D

Segundo Ruschel e Bizello (2011), o CAD 3D surge da necessidade de uma melhor apresentação do projeto. Com a utilização de programas específicos pode-se aplicar efeitos que valorizam e melhor apresentam o projeto.

Figura 2 - Projeto em elaboração 3D do software AutoCAD versão 2016.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=5d6uQQZJBd4. Acessado em: setembro de 2020.

Figura 3 - Projeto finalizado 3D do software AutoCAD, versão 2016.

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=5d6uQQZJBd4. Acessado em: setembro 2020.

2.3 EVOLUÇÕES DO SOFTWARE AUTOCAD

O software AutoCAD da Autodesk passou por diversas alterações ao longo do tempo, por esse motivo tem se mantido como referência nas diversas áreas abrangentes. Iremos destacar aqui as atualizações mais importantes relacionadas à AEC, que são as áreas que competem a esse trabalho.

Tabela 1 - Atualizações do software AutoCAD

Ano	Versão	Descrição da versão
1982	AutoCAD v.1.0	Criação
1985	AutoCAD v.2.1	É nesta versão que o AutoCAD começa a trabalhar em 3D.
1987	AutoCAD v.2.6	Chegam os comandos 3DLINE (linha 3D), 3DFACE (plano em 3D).
1999	AutoCAD 2000	Grandes destaques ficam por conta da plotagem onde os parâmetros ficam gravados no próprio desenho. E a possibilidade de abrir vários desenhos ao mesmo tempo.
2003	AutoCAD 2004	Oferecendo novas e melhoradas funcionalidades que permitem criar com rapidez, compartilhar com facilidade e administrar com eficiência. AutoCAD 2004 oferece novas características como ferramentas de produtividade e uma interface modernizada.
2006	AutoCAD 2007	Disponibiliza novas formas de trabalhar: uma nova forma de conjugar o desenho 2D com o modelo 3D, uma nova forma de projetar, visualizar, apresentar e documentar. Sucintamente, trata-se do projeto conceitual, que nos permitirá antever possíveis falhas e, de uma forma ou de outra, tornar-nos mais céleres e produtivos.
2012	AutoCAD 2013	Houve o acréscimo de ferramentas de desenho paramétrico, definição de sistema de trabalho, localização de comandos, melhoria nas hachuras, tabela de propriedade dos blocos dinâmicos, Autodesk Seek, Free-form, Anexar arquivos PDF e impressão em 3D.

Fonte: Tabela elaborada a partir dos dados obtidos no site: https://pt.wikipedia.org/wiki/AutoCAD. Acessado em: setembro 2020.

2.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SOFTWARE AUTOCAD

2.4.1 Vantagens

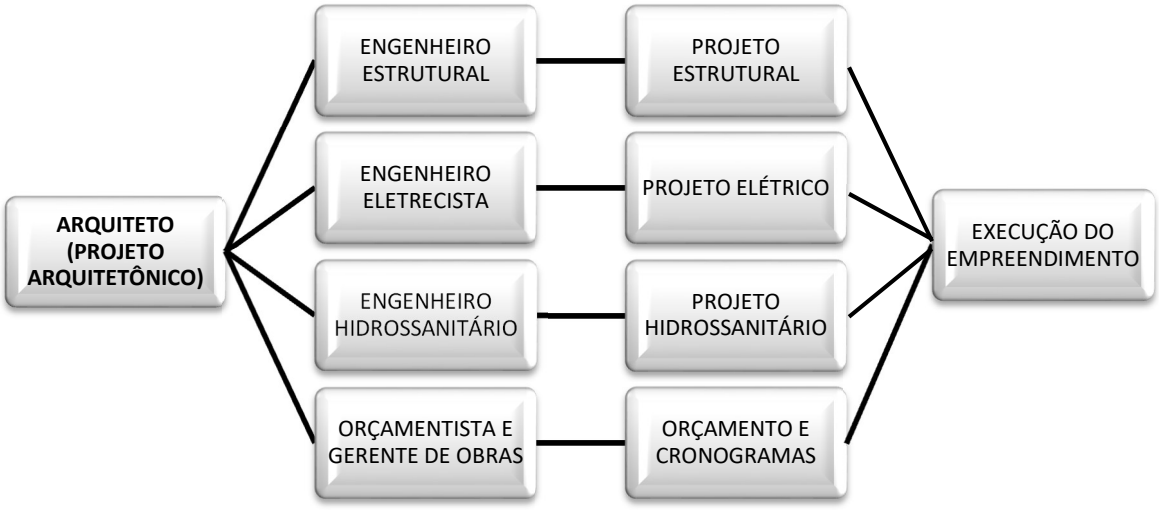
- Possibilidade de criação de várias cópias do projeto elaborado.

- Executar revisões sempre que necessário.
- Editar o projeto inumeras vezes.
- Impressão em diversos formatos.
- Configurar o ambiente em 3D.
- Criar imagens fotorrealisticas com fundo de tela do desenho tridimensional.
- Criar efeitos com a iluminação solar com base em data, hora e local.

2.4.2 Desvantagens

A ferramenta AutoCAD não possui inteligência para realizar levantamentos relacionados a custos e quantitativos de material utilizado. Outro ponto muito importante, é que AutoCAD não consegue compatibilizar projetos entre todas as áreas correlatas.

Figura 4 - Diagrama representativo das setorizações existentes nos projetos convencionais.



Fonte: Diagrama elaborado a partir das informações obtidas no site: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7662/1/PB_COECI_2016_1_01. Acessado em: setembro 2020.

Sendo assim, o que um projetista elabora não altera em outros projetos, mesmo que isso seja necessário para prevenir uma colocação indevida em um espaço pertencente a algum material e ou equipamento. Dessa forma, toda e qualquer ação decorrente a uma atualização no projeto, seja ela pequena ou não, deve ser inserido manualmente nas demais ferramentas que auxiliam o projeto, tornando o processo manual e passivo de erros.

2.5 METODOLOGIA BIM

BIM - Building Information Modelling ou Modelagem de Informações da Construção em português trata-se de uma metodologia de produção de projeto, a qual faz uso de um modelo conectado com as informações da construção pensadas durante as fases de projeto e o ciclo de vida do empreendimento.

O impacto mais visível dessa tecnologia sobre o processo de projeto é a forma pela qual ocorre a geração das informações (SPERLING, 2002).

No processo convencional, tanto no uso do CAD bidimensional ou no uso do papel vegetal, é criada uma série de desenhos técnicos, sem conexões explícitas entre si, cuja leitura em conjunto permite a compreensão da totalidade da informação do projeto. O conjunto de desenhos pode subsequentemente dar origem a uma maquete virtual – um modelo tridimensional que permite melhor visualização das informações, mas que pouco influência o processo de projeto em si e a qualidade final do produto (SPERLING, 2002).

Com a tecnologia BIM, o projetista modela virtualmente a edificação, utilizando objetos e elementos construtivos que serão empregados na obra, permitindo simular as interferências e benefícios de cada uma das camadas de projeto. Esses modelos virtuais compõem uma base de dados onde são armazenados os dados geométricos e textuais de cada elemento construtivo utilizado no projeto.

A combinação desses dados permite a extração automática de documentos como plantas, cortes, perspectivas ou quantitativos. A atenção do projetista é, portanto, destinada primordialmente às soluções projetuais, e não aos desenhos técnicos, que são em boa parte gerados automaticamente pelo computador (BIRX, 2006).

Assim como na indústria mecânica, aeroespacial e manufatura, a visualização tridimensional do modelo permite verificar as interferências e incompatibilidades antes da execução do projeto em si, auxiliando nos processos de tomada de decisão em todas as etapas do projeto.

A consolidação das informações que compõem o projeto é mais um ponto importante, pois ao utilizar uma base de dados unificada para toda a informação gerada, toda e qualquer modificação em qualquer um dos documentos do projeto - como planta baixa, especificação de espessura de parede, dutos de ar-condicionado e etc – serão replicadas e atualizadas de forma automática, confiável e ágil para todos os documentos.

O BIM é uma plataforma aberta, o que significa dizer que qualquer fornecedor de softwares pode criar soluções aplicando o seu conceito. Essa competição contribui para o avanço dos produtos oferecidos, mantendo a tecnologia em constante evolução e cada vez mais apta a atender às necessidades de projetos.

No ínico da década de 80 a empresa desenvolvedora de software Graphisoft, vislumbrando as vantagens do sistema BIM e inicia a criação do ArchiCAD com linguagem BIM.

Após o seu lançamento em 1987, com o conceito de "construção virtual", o ArchiCAD tornou-se o primeiro software com implementação BIM, além de primeiro produto de CAD num computador pessoal capaz de criar geometrias 2D e 3D. Foi revolucionário pela capacidade de armazenar grandes quantidades de informação dentro de um modelo 3D. Hoje tem mais de 120.000 usuários.

O VectorWorks foi lançado em 1985 pela NNA, inicialmente para a plataforma Apple. A versão para Windows surgiu em 1996. O software é capaz de trocar dados com diversos formatos e extenções de aplicativos CAD, mas o que o torna acessível ao sistema BIM é a sua capacidade de importar e exportar arquivos em IFC.

O SketchUp foi originalmente desenvolvido pela At Last Software, hoje o software é de propriedade da Trimble Navigation. É muito utilizado na área de Arquitetura devido à facilidade de modelagem de estudos de formas e volumes tridimensionais. Uma vez desenhado o modelo, é possível exportá-lo para outros formatos (2D e 3D), como DWG, DXF, 3DS, OBJ, XSI ou VRML para dar continuidade ao projeto do desenho preliminar.

A interação com outros programas é um grande diferencial desse software. Essa interassão que permite a importação e exportação de dados com programas como ArquiCAD e VectorWorkscom, citados anteriormente, é o que garante a utilização do SketchUp como ferramenta BIM.

O Revit surge em 2000, desenvolvido pela Revit Technology Corporation. Porém, em 2002 a Autodesk adquiri a empresa, transformando o software num dos mais populares entre arquitetos e engenheiros.

É um software totalmente BIM que permite aos usuários projetar edifícios, estruturas e seus componentes em 3D e anotações no modelo com desenhos 2D.

Desde o início, o Revit tinha como objetivo permitir que arquitetos e outros profissionais de construção criassem e documentassem um edifício criando um modelo paramétrico tridimensional que incluísse a geometria e as informações não geométricas de projeto e construção, que também é conhecida como Modelagem de Informação de Edifícios ou BIM (EASTMAN C, 1975).

A modelagem BIM é associada à interoperabilidade e compartilhamento de informação. Permite representar, de maneira consistente e coordenada, todas as informações e etapas de um edifício: do estudo preliminar à demolição (LEÃO, 2013).

O BIM cria um único modelo digital que possui conexão com todas as vistas e informações complementares, podendo ainda, ser realizadO de forma interdisciplinar por diferentes profissionais.

Para Farr et al. (2014), o impacto do BIM é maior na fase conceitual de um projeto, pois suporta uma maior integração e melhor avaliação para decisões de design inicial. Na sequência, o impacto aborda o nível de construção da modelagem, detalhamento, especificações e estimativas de custos, e finalmente, a integração de serviços de engenharia e suporte em novas informações de fluxo de trabalho e integração colaborativa.

Segundo Takim et al. (2013), o BIM é reconhecido como uma tecnologia de gerenciamento que oferece soluções integradas à indústria da construção civil, melhorando a satisfação do cliente em tempo, custo, segurança, qualidade e funcionalidade dos projetos.

O BIM propicia novas possibilidades e torna processos de projeto automáticos e ágeis. A afirmação implica, portanto, na qualificação e atualização profissional. Excluindo aos poucos do mercado profissionais que atuam de maneira monótona e apresentam soluções comuns, já reconhecidas e consagradas (DUARTE, 2013).

2.6 DIMENSÕES E EVOLUÇÕES BIM

A metodologia BIM através da tecnologia multidimensional é capaz de aplicar soluções em projetos sequencialmente mais completas e complexas. Especificaremos aqui todas as dimensões encontradas na tecnologia e descrever para compreensão

da magnitute da plataforma e sua intenção em atender nas mais variáveis exigências do mercado AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção).

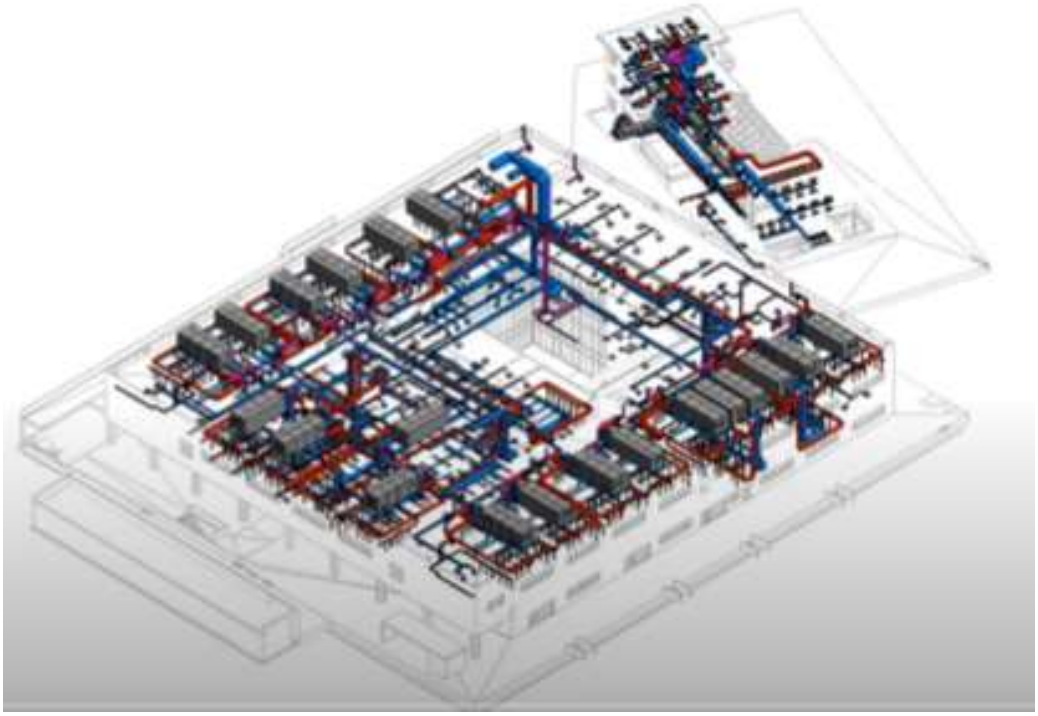
2.6.1 3D – Modelo Colaborativo

Esse modelo dispõe de projeto desenvolvido em ambiente virtual gráfico e permite que todos os integrantes possam realizar mudanças. Tais alterações são paralelamente atualizadas em todas as divisões envolvidas, tais como arquitetos, engenheiros, construtores, fabricantes, proprietários do projeto e demais participantes em geral. Essas visualizações tridimensionais possibilitam aos membros uma colaboração no gerenciamento de forma mais eficaz, tornando o processo estrutural mais íntegro. Além de tudo, como as informações estão centralizadas e parametrizadas, torna-se possível prever a longevidade dos componentes durante todo o período de existência da edificação.

Figura 5 – BIM 3D: Protótipo, modelo virtual.

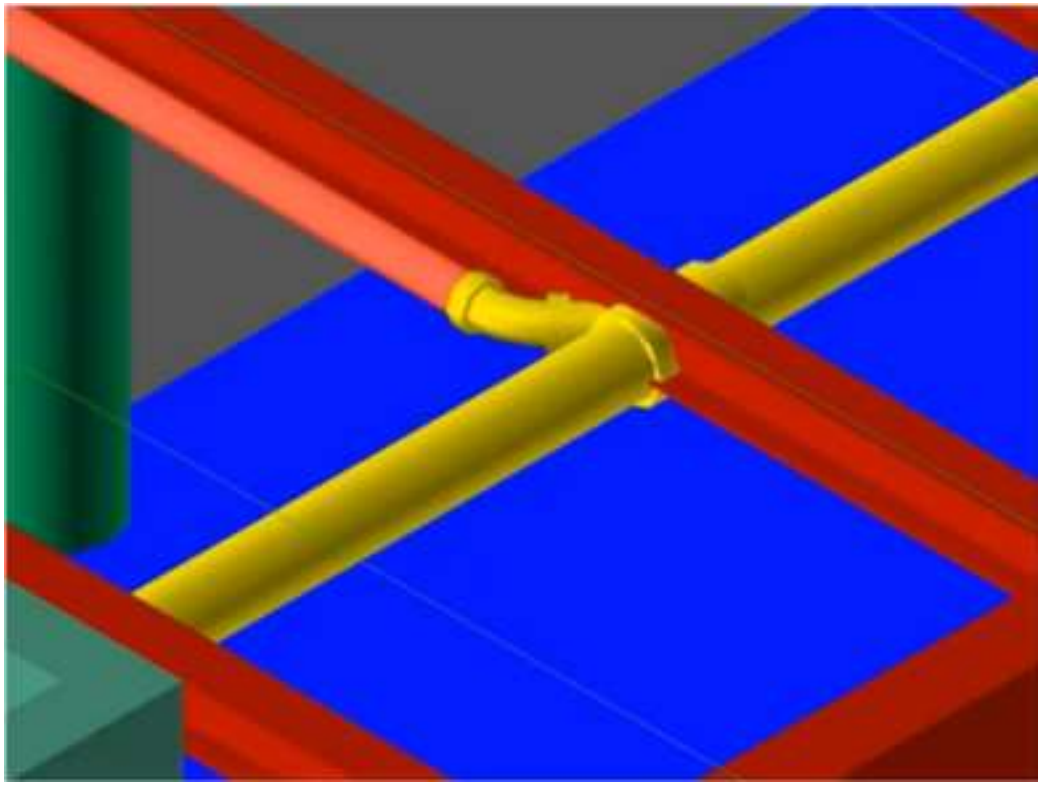
Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TD0NDxvkHgQ. Acessado em: setembro 2020.

Figura 6 - Projeto compatibilizado com todas as áreas.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TD0NDxvkHgQ. Acessado em: setembro 2020.

Figura 7 - Exemplo de interferência, uma tubulação em conflito com a parte estrutural.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TD0NDxvkHgQ. Acessado em: setembro 2020.

Figura 8 - Visualização estética do projeto.

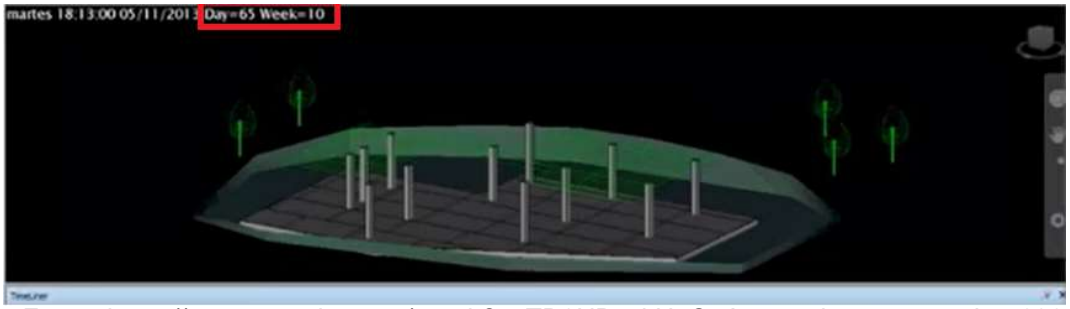
Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TD0NDxvkHgQ. Acessado em: setembro 2020.

2.6.2 4D – Cronologia da obra

A quarta dimensão do BIM possibilita uma gestão mais eficiente sobre o progresso do planejamento durante o período de vida da edificação, como por exemplo:

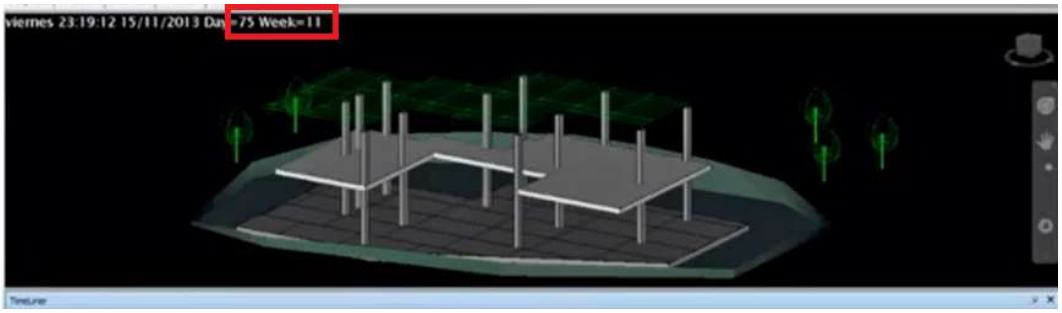
- Maior controle da complexidade das mudanças que ocorrem durante o curso de um projeto de construção.
- Fornece métodos para visualizar informações referentes ao status da construção.
- Subsídios para monitorização e prevenção.
- Melhoria na comunicação, fornecendo informações para equipe de construção sobre os riscos ou possíveis advertências.
- Otimização do gerenciamento de cronologia da obra.

Figura 9 - Planejamento de 65 dias de um projeto.



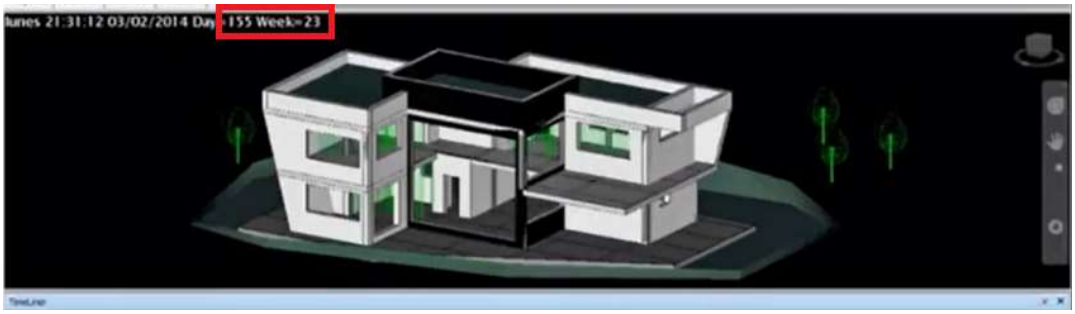
Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TD0NDxvkHgQ. Acessado em: setembro 2020.

Figura 10 - Planejamento de 75 dias de um projeto.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TD0NDxvkHgQ. Acessado em: setembro 2020.

Figura 11 - Planejamento de 155 dias de um projeto.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TD0NDxvkHgQ. Acessado em: setembro 2020.

Figura 12 - Planejamento de 264 dias de um projeto – Finalizado.

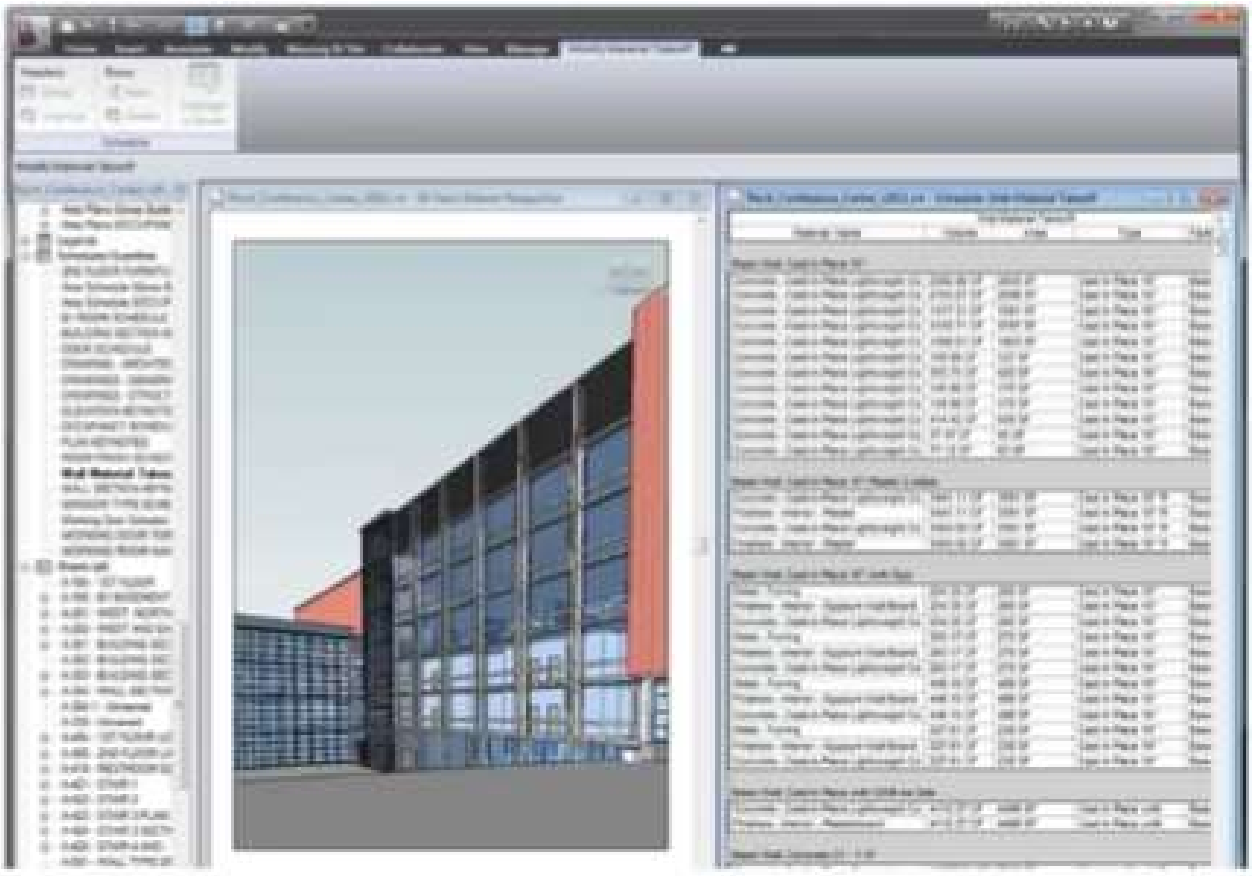
Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TD0NDxvkHgQ. Acessado em: setembro 2020.

2.6.3 5D – Estimativa de custos

A quinta dimensão do BIM, proporciona aos integrantes maior precisão no gerenciamento e análise dos custos, considerando avaliação de cenários e dos impactos das mudanças que ocorrem durante o andamento do projeto.

- Visualização do andamento das atividades relacionando custos com o tempo do projeto.
- Previsibilidade orçamentária.
- Mudanças de escopo do projeto, materiais, equipamentos ou mudanças de mão de obra de forma simplificada e atualização imediata dos custos.

Figura 13 - Tabela de quantitativos.

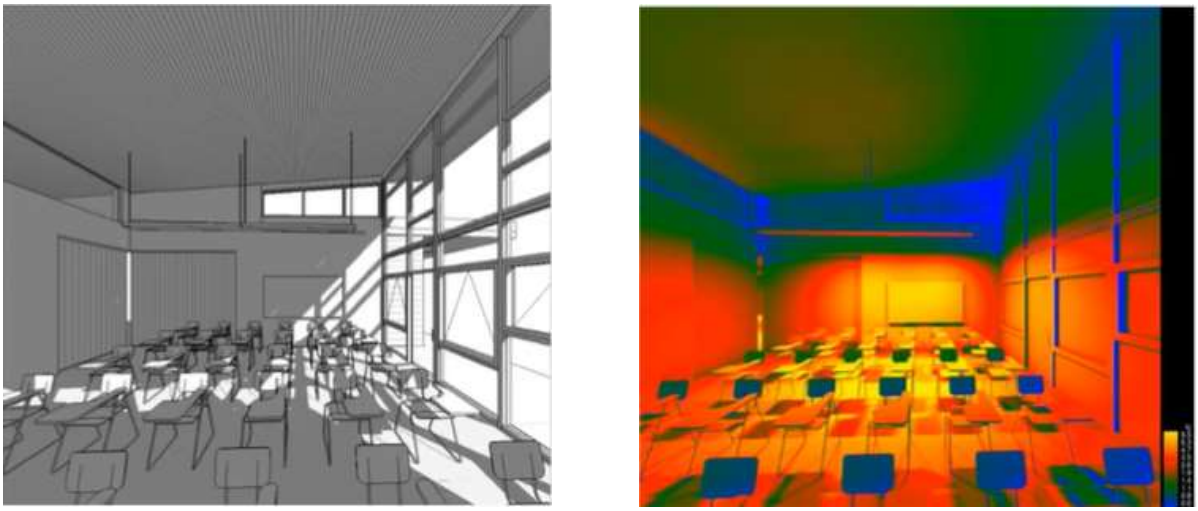


Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TD0NDxvkHgQ. Acessado em: setembro 2020.

2.6.4 6D – Sustentabilidade

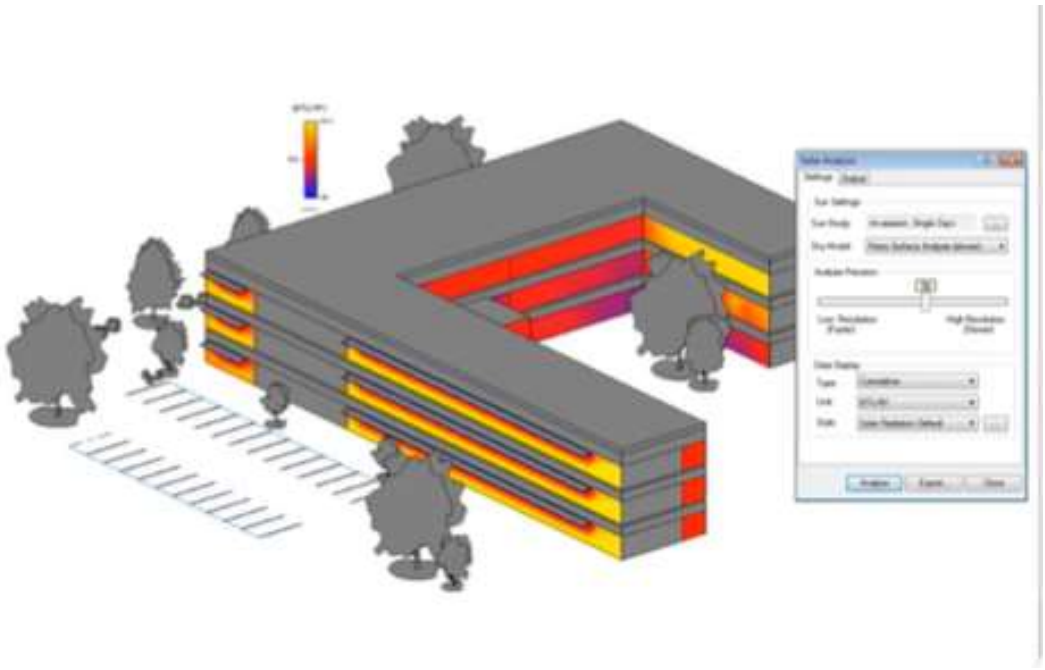
A sexta dimensão do BIM, se encarrega de verificar o consumo de energia. Permitindo a análise e medição durante o projeto e auxilia na escolha de melhores instalações com alta performance. Além disso, configuram dados de localidade, detalhes contrutivos dos materiais, certificações, custos com energia durante o ciclo de vida do edifício e análise de iluminação.

Figura 14 – Análise estratégica de sombra que possibilita verificar antes do início das obras a melhor localidade das janelas.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TD0NDxvkHgQ. Acessado em: setembro 2020.

Figura 15 - Demonstrativo de excedência solar (em vermelho).



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TD0NDxvkHgQ. Acessado em: setembro de 2020.

Figura 16 - Relatório de indicadores.

Fatores de desempenho do edifício

Localização:	User Defined
Estação de meteorologia:	121722
Temperatura externa:	Máx. 33°C/Mínimo. 21°C
Área do piso:	103 m²
Área da parede externa:	123 m²
Potência média de iluminação:	9.69 W/m²
Pessoas:	3 pessoas
Coeficiente de janela externa:	0.10
Custo de eletricidade:	$ 0.12/kWh
Custo de combustível:	$ 1.25/Térmica

Intensidade de utilização de energia

EUI de eletricidade:	282 kWh/m²/ano
EUI de combustível:	43 MJ/m²/ano
EUI total:	1.058 MJ/m²/ano

Utilização/Custo do ciclo de vida da energia

Utilização de ciclo de vida da eletricidade:	658.725 kWh
Utilização do ciclo de vida do combustível:	101.533 MJ
Custo de ciclo de vida da energia:	$ 36.432

*Vida por 30 anos e 6.1% de taxa de desconto para custos

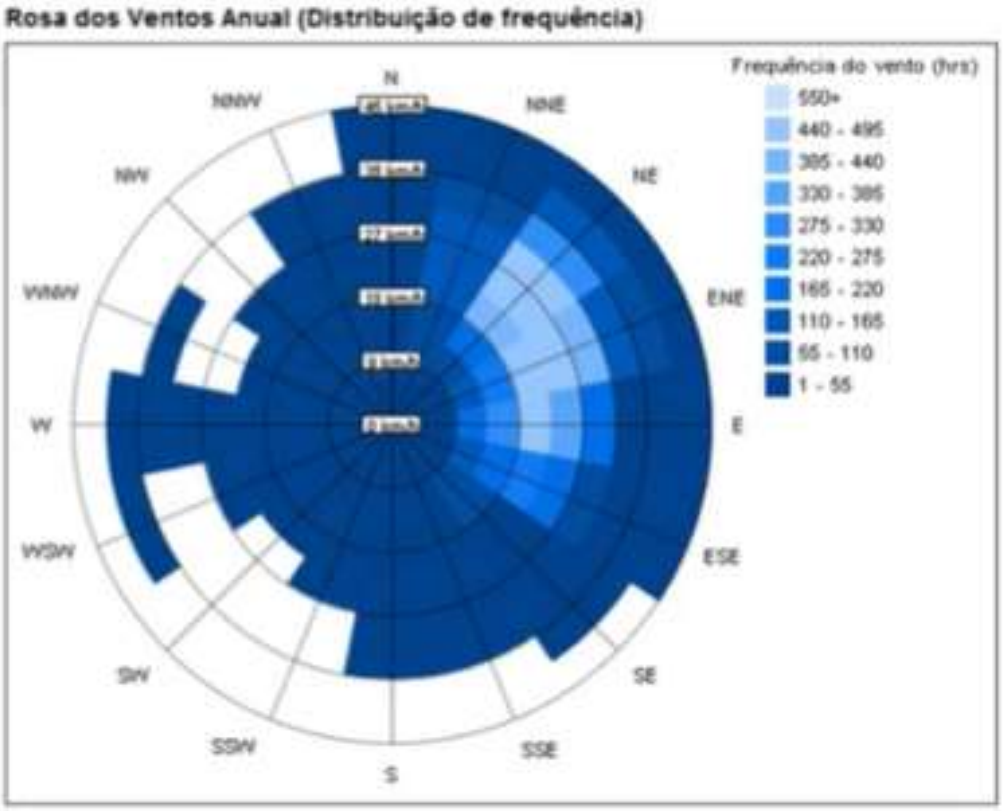
Potencial de energia renovável

Sistema PV Montado no Telhado (Baixa eficácia):	6.022 kWh/ano
Sistema PV Montado no Telhado (Média eficácia):	12.044 kWh/ano
Sistema PV Montado no Telhado (Alta eficácia):	18.066 kWh/ano
Potencial de Turbina de Vento 15' Única:	5.662 kWh/ano

*As eficácias PV são assumidas como 5%, 10% e 15% para sistemas de baixa, média de alta eficácia

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TD0NDxvkHgQ. Acessado em: setembro de 2020.

Figura 17 - Relatório "Rosa dos Ventos Anual".



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=TD0NDxvkHgQ. Acessado em: setembro de 2020.

2.6.5 7D – Manutenção

A sétima dimensão do BIM é utilizada pelos coordenadores da operação durante todo o período de sua existência, uma vez que cumpre e otimiza a gestão racionalizada da fase dos ativos, status do componente, especificações, manutenção, tornando ágil o processo de substituição de peças, bem como, permite o gerenciamento de subcontratante e fornecedores.

2.6.6 8D – Segurança e Saúde Ocupacional

A oitava dimensão do BIM, diz respeito à segurança e prevenção de acidentes ocupacionais. Com o proposito de antever todos os riscos alusivo nas etapas de construção, exploração e manutenção. Segundo Imriyas Kamardeen (2010), consiste em três tarefas: determinar os riscos no modelo, promove sugestões de segurança para perfis de alto risco e propõe controle de riscos e de segurança do trabalho na obra para os perfis de riscos incontroláveis.

2.7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA METODOLOGIA BIM

2.7.1 Vantagens

O método apresenta benefícios significativos em relação à agilidade de prazo para entrega de edifícios com maior qualidade e melhor desempenho. A ferramenta BIM, uma vez operada em sincronia com as partes relacionadas do projeto (proprietário, arquiteto, engenheiro e construtor), reduz erros e omissões de projeto e modificações em obra, acarretando em um processo de entrega mais eficiente e confiável, que reduz o prazo e propicia um empreendimento menos oneroso (EASTMAN ET AL., 2014).

Dentre os progressos que a introdução da tecnologia BIM propicia, temos:

- Sincronização entre sistemas proporcionando interação das informações e alterações simultaneamente.
- Sobreposição de projetos que permitem visualização descomplicada de possíveis erros.
- Acompanhamento e manutenção do projeto.

- Planejamento que permite a gestão de ativos desde a idealização à demolição.
- Desenvoltura superior na geração de quantitativos e medições.
- Diminuição de retrabalho.
- Melhorias na coordenação de equipe.
- Otimização no desenvolvimento de projetos sustentáveis e rentáveis.
- Melhor aproveitamento de consumo de energia.
- Melhoria na produtividade do trabalho.
- Redução de erros documentais.
- Redução no tempo de duração do projeto bem como os custos da construção.
- Resultados potencializados.

2.7.2 Desvantagens

Mesmo que dê para enxergar a metodologia BIM como uma tendência tecnológica inovadora para o setor de construção e relacionados, é importante a reflexão sobre os impeditivos perante a introdução dessa nova realidade.

Os principais pontos a serem analisados na utilização da plataforma BIM, são:

- Incompatibilidade – como a tecnologia BIM é relativamente nova, não são todos os parceiros de um projeto que a utilizam, gerando a incompatibilidade entre os projetos.
- Profissionais qualificados – são poucos os profissionais aptos a utilizarem a plataforma no mercado de trabalho. Havendo a necessidade de investir em consultorias e treinamentos para aderir a tecnologia.
- Investimento – além do investimento em mão de obra especializada é necessário comprar software caracterizado na tecnologia BIM.
- Insegurança – como mencionado anteriormente, trata-se de uma tecnologia nova e, infelizmente, existe certa relutância em engajar-se no que é novo.

2.8 COMPARATIVO CAD E BIM

O emprego dos sistemas CAD para a época foi uma relevante evolução, proporcionando entre outros pontos, menor margem de erros e maior agilidade na produção. Todos os projetos executados em CAD são compostos por informações básicas de geometria como linhas e pontos. A partir daí o projetista desenvolve um desenho virtual com a composição destes elementos genéricos dando significado a cada um deles.

As ferramentas mais utilizadas pelos projetistas consistem em sistemas CAD, decorrente do desenvolvimento de softwares que atuam nesse sistema. Todavia o processo BIM vem ganhando espaço de forma rápida e ampla (CZMOCH E PĘKALA, 2014).

Procurando o aperfeiçoamento e a evolução como em qualquer segmento, no mercado AEC não é diferente. Na tecnologia BIM os projetos já são idealizados como uma construção e em cada elemento dela, reúnem-se informações que são utilizadas para a compatibilização entre os profissionais que irão atuar no mesmo projeto. Todo o planejamento e o gerenciamento, também são facilitados, por conta das informações nos bancos de dados.

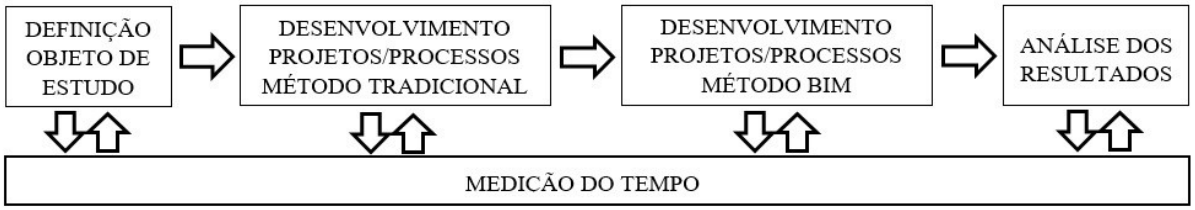
3 MATERIAIS E MÉTODOS

O tópico expõe os procedimentos adotados neste estudo para comparação entre a tecnologia CAD e BIM. O caminho para elaboração do estudo foi o aprofundamento nas pesquisas bibliográficas sobre as ferramentas especificadas, assim compreender de maneira mais ampla a especialidade e características de uma e outra ferramenta para elaboração de edificações. A título de estudo, foi estabelecido que o nível de detalhamento do projeto, seguiria a Lei Nº 13.958/11 - Código de Obras e Edificações da Prefeitura Municipal de São Carlos.

O objetivo é apresentar os atributos de cada sistema comparando o tempo para elaboração do projeto e assertividade no levantamento quantitativo de materiais.

Para comparação foi realizado o projeto arquitetônico, bem como levantamento quantitavo de materiais a serem empregados na construção. A Figura 19 apresenta as etapas básicas do estudo.

Figura 18 - Esquematização da metodologia de pesquisa.



Fonte: Autores (2020)

Como referência e objeto de estudo adotou-se uma edificação com as seguintes características: garagem para dois carros, cozinha, sala de jantar, sala de TV, banheiro, lavanderia, suíte e dormitório.

A edificação conta com 132 metros quadrados de área construída, cobertura com telha metálica tipo sanduiche e piso cerâmico. Na Figura 20 é apresentada a planta esquemática da edificação.

Figura 19 - Planta esquemática.

Fonte: https://www.plantapronta.com.br/plantas-de-casas/. Acessado em: abril de 2020.

Os elementos a serem considerados são:

- Tempo de elaboração de projeto nos softwares.
- Quantitativos e materiais.
- Assertividade do projeto.
- Necessidade de alterações posteriores.
- Qualidade do projeto apresentado.

3.1 HARDWARE

O estudo foi desenvolvido em uma máquina com as seguintes configurações:

- Processador: Itel Core i7 8th Gen 1.8GHz com Turbo Boost up to 4.6 GHz.
- Sistema operacional: Windows 10 Home Single Language.

- Tipo de sistema: 64 bits.
- Memória instalada (RAM): 8 GB.
- Memória de vídeo (placa gráfica) dedicada: 2 GB.

3.2 SOFTWARE

Os projetos foram desenvolvidos em plataformas computacionais comumente empregadas dos dois sistemas: um utilizando totalmente o método tradicional (CAD – AutoCAD 2020) e outro fazendo uso da Modelagem da Informação da Construção (BIM – Revit 2020). Entre os programas de modelagem BIM, o Revit foi escolhido por ser um dos mais disseminados no mercado e, assim como o AutoCAD, também é desenvolvido pela Autodesk.

A quantificação e documentação analítica dos projetos da edificação foram realizadas em BIM a partir de tabelas geradas automaticamente pela ferramenta Revit 2020, enquanto que em CAD com auxílio da planilha eletrônica Microsoft Excel 2016. A planilha eletrônica citada foi usada ainda para a geração dos resultados obtidos e apresentados neste estudo.

3.3 OS OPERADORES

Com a intenção de coletar resultados plausíveis com a realidade, a elaboração do projeto arquitetônico conta com a participação de dois profissionais atuantes no mercado, que são capazes de mostrar resultados consistentes devido a vasta experiência e habilidade que possuem nas ferramentas que objetivam o trabalho.

Uma das principais finalidades desse estudo é o levantamento de tempo referente à produção de projetos entre as duas ferramentas definidas no escopo. O

projeto foi apresentado, as premissas definidas e detalhamento dos materiais e métodos construtivos, estabelecidos. A partir dessa etapa, cada projetista iniciou o projeto computando as horas de trabalho empenhadas.

Operador de CAD:

Rodrigo Milanez, engenheiro civil, com 14 anos desenvolvendo projetos em CAD, acumula mais de 23.000 horas de trabalho com a ferramenta.

Operador de Revit:

Alexandre Caramaschi, engenheiro civil, especialista em implantação BIM, com 11 anos de experiência em softwares BIM. É Professor da UNIFSP Avaré das engenharias e arquitetura, formado pela UNIMAR, pós-graduado pela UNILINS, UNIFSP e UNILEYA. Membro do CAF CREA. Treinou mais de 180 alunos presencialmente e implantou a metodologia BIM em mais de 10 empresas de médio/grande porte, além de ser produtor de conteúdo do implanta BIM.

3.4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO E PROCESSOS

3.4.1 Projeto Arquitetônico

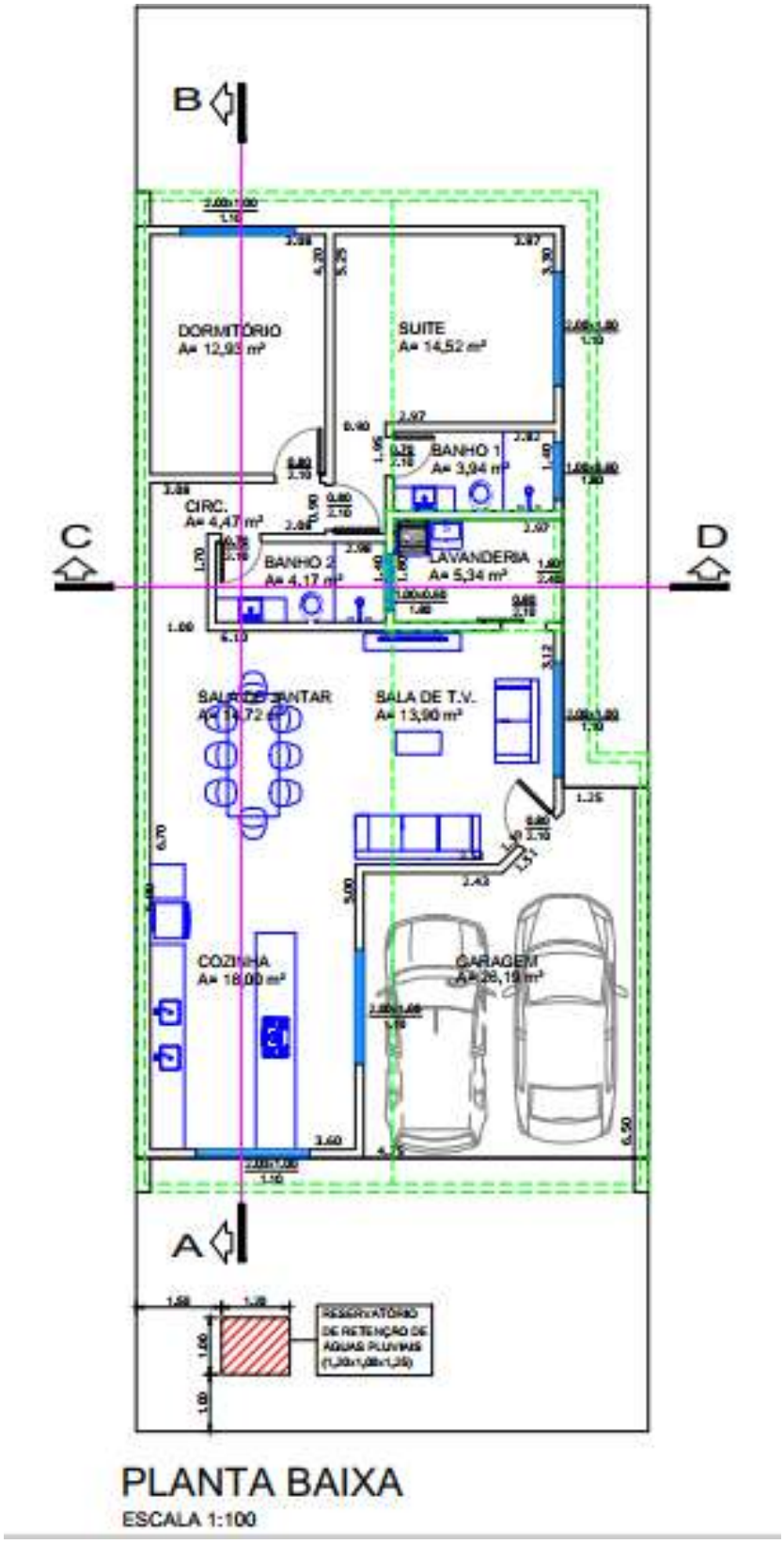
Os projetos apresentam grande relevância para as construções, visto que as definições estabelecidas no momento da elaboração do projeto possuirão grandes influências na execução e na utilização da edificação como um todo.

Partindo da tecnologia CAD, o projeto foi desenvolvido através do AutoCAD utilizando modo 2D e 3D.

Referente ao conceito BIM, a ferramenta Revit foi empregada de maneira análoga ao descrito no parágrafo anterior. Contudo, consistindo em uma elaboração dos processos de forma integrada e automatizada.

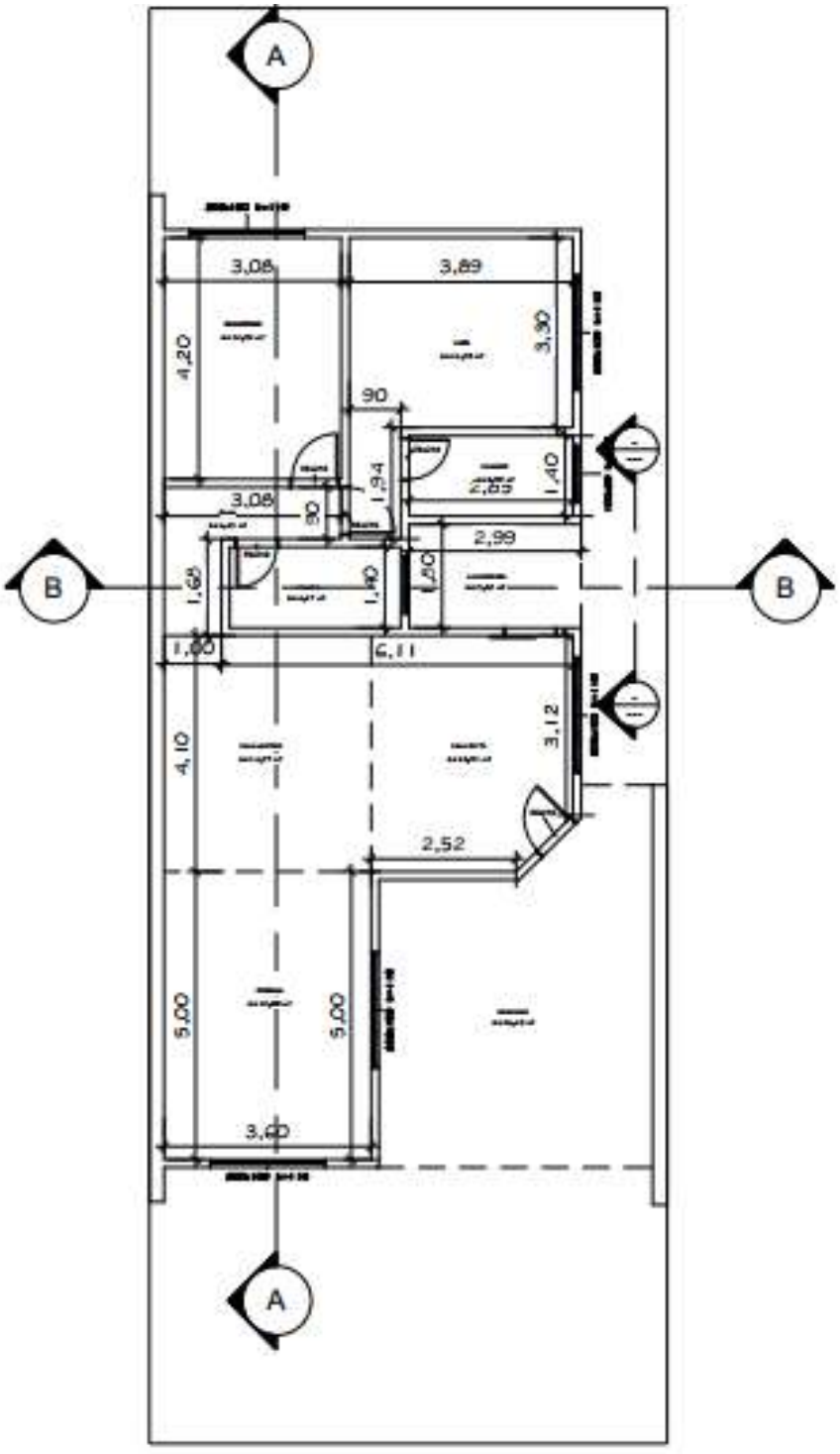
Nas figuras 21 e 22 abaixo, estão apresentados os projetos arquitetônicos nos softwares mencionados parágrafo acima, que proporciona a observância e análise comparativa das características que cada software emprega em relação aos layouts obtidos. As imagens das plantas completas constam em anexo desse trabalho.

Figura 20 - Projeto arquitetônico desenvolvido no AutoCAD.



Fonte: Rodrigo Milanez (2020).

Figura 21 - Projeto arquitetônico desenvolvido no Revit.



Fonte: Alexandre Caramaschi (2020).

3.4.2 Planilha Quantitativa

Uma das premissas desse estudo comparativo está diretamente ligada à obtenção quantitativa do projeto da residência em ambas as metodologias. Portanto, para dar inicio a esta etapa foi necessário um planejamento da obra, levantamento das áreas, volumes e quantidades.

Foram determinados oito itens para análise:

- Alvenaria
- Laje
- Chapisco e reboco
- Contrapiso e piso
- Revestimento cerâmico
- Esquadrias
- Telhado (telhas, calhas e rufos)
- Material para pintura.

Com o auxilio do SINAPI (Sistema Nacional de Preços e Índices) para construção civil, seguindo os critérios de medição do mesmo, foram obtidos os quantitativos para ambas as metodologias que serão utilizadas nesse estudo.

A ferramenta Revit, diferentemente do CAD, fornece planilha quantitativa detalhada com todos os itens que serão utilizados na obra, além de fornecer o detalhamento dos produtos. O levantamento quantitativo através do CAD foi elaborado a partir do projeto pronto, onde cada um dos itens e suas quantidades foram listados em planilha eletrônica de forma manual.

Utilizando o projeto fornecido pelo operador Rodrigo Milanez do CAD, partimos para o levantamento das quantidades utilizando o próprio CAD e suas ferramentas de medidas de área e cotas, as informações extraídas foram planilhadas em Excel.

Figura 22 - Planilha de quantitativos: AutoCAD parte 1.

1.0 ALVENARIA			
COD	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNID
1.1	Tijolo Baiano 8 Furos 09 X 19 X 19cm	9.300	Und
1.2	Cimento CP-II	10	Sacos
1.3	Cal Hidratada	25	Sacos
1.4	Areia média	3	m^3

2.0 LAJE			
COD	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNID
2.1	Laje pré-moldada treliçada com lajota cerâmica h8	149,08	m^2
2.2	Concreto usinado	12	m^3

3.0 CHAPISCO E REBOCO			
COD	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNID
3.1	Cimento CP-II	38	Sacos
3.2	Cal Hidratada	75	Sacos
3.3	Areia fina	14	m^3

4.0 CONTRAPISO E PISO			
COD	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNID
4.1	Contrapiso de concreto usinado	7	m^3
4.2	Argamassa para assentamento (Embalagem de 20 Kg)	32	Sacos
4.3	Piso cerâmico esmaltado	130	m^2
4.4	Rejunte (Embalagem de 5 kg)	16	Sacos

5.0 REVESTIMENTO CERÂMICO			
COD	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNID
5.1	Argamassa para assentamento (Embalagem de 20 Kg)	21	Sacos
5.2	Revestimento cerâmico esmaltado	84	m^2
5.3	Rejunte (Embalagem de 5 kg)	10	Sacos

Fonte: Autores (2020).

Figura 23 - Planilha de quantitativos: AutoCAD parte 2.

6.0 ESQUADRIAS			
COD	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNID
6.1	Kit - Porta interna de madeira + Batente + Guarnição - 80 cm	2	Und
6.2	Kit - Porta interna de madeira + Batente + Guarnição - 70 cm	2	Und
6.3	Kit - Porta de madeira maciça + Batente + Guarnição - 80 cm	1	Und
6.4	Dobradiças	15	Und
6.5	Fechadura interna para banheiro	2	Und
6.6	Fechadura interna	2	Und
6.7	Vitro em alumínio e vidro 1,00 x 0,60	2	Und
6.8	Janela em alumínio e vidro 2,00 x 1,00	3	Und
6.9	Janela em alumínio e vidro com persiana 2,00 x 1,00	2	Und

7.0 TELHADO			
COD	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNID
7.1	Telha metálica sanduiche	142,19	m²
7.2	Calhas	19,20	metros
7.3	Rufos	32,17	metros

8.0 PINTURA			
COD	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNID
8.1	Selador Acrílico (Aplicação de 2 demãos)	525,75	m²
8.2	Massa PVA	264,39	m²
8.3	Tinta Acrílica (Aplicação de 2 demãos)	525,75	m²

Fonte: Autores (2020).

Embora o software Revit seja capacitado em disponibilizar as tabelas prontas de acordo com a parametrização estabelecida pelo operador, às mesmas demandam certo trabalho para exportar para o padrão XML, formato este que viabilizam o funcionamento no Excel.

A importação precisa ser efetuada usando a extensão TXT, em seguida é possível ser acessada em XML, porém requer a conversão de TXT para XML. Após a abertura dos arquivos no Excel a realização de operações como somas para se levantar os totais, ficam prejudicados, visto que no momento de importar, as células ficam preenchidas com a quantidade e unidade o que faz com que o Excel não execute a operação desejada. Exemplo: 2,86m².

Figura 24 – Tabela de quantitativos em TXT extraídas do Revit.

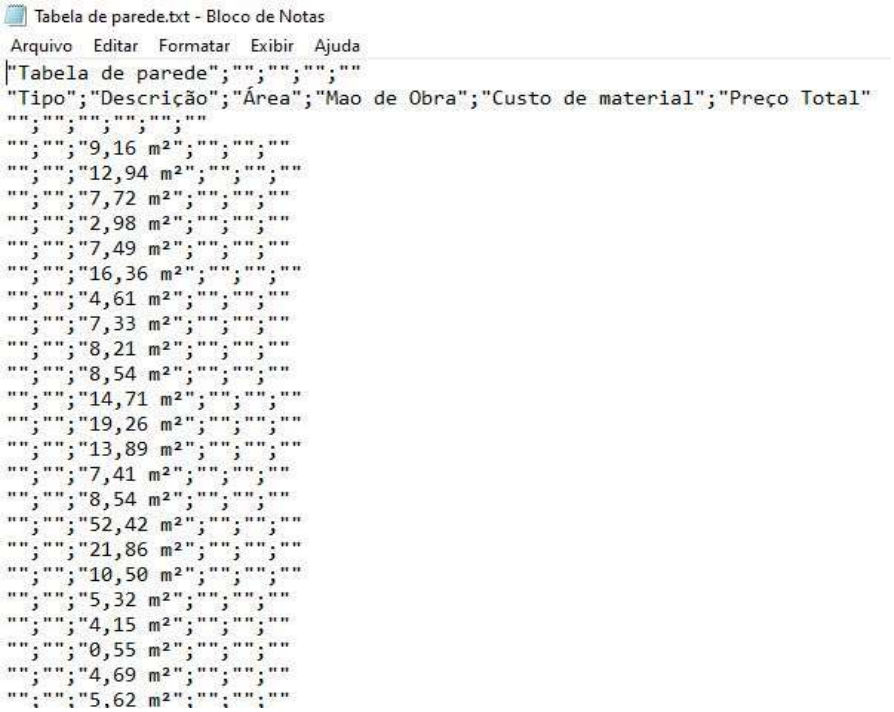


Tabela de parede.txt - Bloco de Notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

```
"Tabela de parede";"";"";"";""
"Tipo";"Descrição";"Área";"Mao de Obra";"Custo de material";"Preço Total"
"";"";"";"";"";""
"";"";"9,16 m²";"";"";""
"";"";"12,94 m²";"";"";""
"";"";"7,72 m²";"";"";""
"";"";"2,98 m²";"";"";""
"";"";"7,49 m²";"";"";""
"";"";"16,36 m²";"";"";""
"";"";"4,61 m²";"";"";""
"";"";"7,33 m²";"";"";""
"";"";"8,21 m²";"";"";""
"";"";"8,54 m²";"";"";""
"";"";"14,71 m²";"";"";""
"";"";"19,26 m²";"";"";""
"";"";"13,89 m²";"";"";""
"";"";"7,41 m²";"";"";""
"";"";"8,54 m²";"";"";""
"";"";"52,42 m²";"";"";""
"";"";"21,86 m²";"";"";""
"";"";"10,50 m²";"";"";""
"";"";"5,32 m²";"";"";""
"";"";"4,15 m²";"";"";""
"";"";"0,55 m²";"";"";""
"";"";"4,69 m²";"";"";""
"";"";"5,62 m²";"";"";""
```

Fonte: Autores (2020).

Figura 25 - Planilha de quantitativos convertidas em XML: Revit.

	A	B	C	D	E	F	G
1	MULTIPLA CATEGORIA DE MATERIAIS						
2	MODEL	NOME	ÁREA	ÁREA	VOLUME	ÍNDICE DE PERDA	
51		MANTA A	22,05 m²	21,00 m²	0,11 m³	5,00%	
52		TINTA LÁT	235,79 m²	224,56 m²	0,56 m³	5,00%	
53		CONCRET	247,02 m²	224,56 m²	8,98 m³	10,00%	
54		REBOCO	247,02 m²	224,56 m²	2,25 m³	10,00%	
55		CHAPISCO	224,56 m²	224,56 m²	0,56 m³	0,00%	
56		EMBOÇO	242,53 m²	224,56 m²	4,49 m³	8,00%	
57		MASSA PV	247,02 m²	224,56 m²	0,56 m³	10,00%	
58		SELADOR	244,78 m²	224,56 m²	0,00 m³	9,00%	
59		PRE MOLD	235,79 m²	224,56 m²	11,23 m³	5,00%	
60		Glass		3,88 m²	0,03 m³		
61		Glass		3,88 m²	0,03 m³		
62		Glass		1,14 m²	0,01 m³		
63		Glass		1,14 m²	0,01 m³		
64		Glass		3,88 m²	0,03 m³		
65		GRANITO	0,17 m²	0,16 m²	0,00 m³	5,00%	
66		madeira	1,56 m²	1,56 m²	0,08 m³	0,00%	
67		ARGAMAS	0,12 m²	0,12 m²	0,00 m³	0,00%	
68		Porta - Pu	0,04 m²	0,04 m²	0,00 m³	0,00%	
69		Acabamer	3,87 m²	3,87 m²	0,00 m³	0,00%	
70		Acabamer	0,38 m²	0,38 m²	0,00 m³	0,00%	
71		Acabamer	0,72 m²	0,72 m²	0,00 m³	0,00%	

Fonte: Autores (2020).

4 RESULTADOS

Neste capítulo, procedendo dos resultados obtidos no decorrer da comparação de produtividade e a precisão no levantamento dos quantitativos de insumos, será exibido de maneira consistente um comparativo de resultado de ambas as metodologias, apresentando o percurso de seu desenvolvimento.

Como definição do estudo, o nível de detalhamento a ser apresentado pelos operadores estava limitado às exigências impostas pela prefeitura, o nível de detalhamento apresentado tanto no CAD como no Revit não foi um ponto que pode considerar algum ganho entre as ferramentas, uma vez que, essas informações não são relevantes do ponto de vista do projeto e os objetivos traçados aqui.

A medição de tempo foi dividida em duas etapas:

1ª Etapa – Considera o tempo gasto pelos operadores no desenvolvimento do projeto. Controlado pela ferramenta de contagem de tempo disponibilizado em ambos os softwares.

2ª Etapa - Refere-se ao levantamento quantitativo de materiais que serão utilizados no projeto.

4.1 ANÁLISE COMPARATIVA DO TEMPO DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Nessa primeira medição, o operador de CAD demandou de 01h35m para desenvolver o projeto até o nível estabelecido. Já o operador de Revit precisou de 01h11m, consumindo 23 minutos a menos que o operador de CAD.

Apesar de 23 minutos aparentar ser uma pequena diferença, estamos falando de 25% a menos de tempo de produção. Se compararmos com projetos de grande porte, onde centenas de horas são necessárias para o desenvolvimento do projeto, os 25% de ganho de produtividade podem representar uma redução expressiva nessa etapa.

Para ficarmos dentro da realidade desse estudo, se dobrássemos o tamanho da residência projetada pelos operadores, os 23 minutos saltariam facilmente para mais de 46 minutos de ganho de tempo.

Se considerarmos um projeto que demande algo em torno de 25h de desenvolvimento em CAD, a ferramenta Revit consumiria pouco mais de 20h.

Segundo os dados da pesquisa comparativa de SILVA; OLIVEIRA, (CESMAC, 2019), na elaboração de um projeto de residência famíliar, o operador do AutoCAD demorou cerca de 01h34m na produção de uma planta baixa, e o operador da ferramenta Revit, 01h08m para realização da mesma planta. O que resulta em uma diferença de 26 minutos. Outro ponto abordado pelos autores foi deparado em seus operadores, que ao contrário do nosso estudo, não eram especialistas na ferramenta. Em uma classificação 1 (um) insatisfatório, à 5 (cinco) excelente de uma pesquisa, os critérios “Facilidade do uso” e “Tempo de aprendizagem básica para utilização”, levaram nota 1 (um) na avaliação feita por eles. O que indica ser uma ferramenta excelente, porém seu aprendizado requer tempo para especialização.

4.2 ANÁLISE COMPARATIVA DO LEVANTAMENTO QUANTITATIVO

Na segunda etapa, que se refere ao levantamento de quantitativos de materiais utilizados no projeto, fica evidenciado que mesmo o Revit disponibilizando uma tabela contendo as informações de quantitativos, o processo de exportação para o padrão XML que possibilita a abertura e funcionamento no Excel, no ponto de vista da

produtividade torna-se insatisfatório, pois o procedimento exige retrabalho de organização dessas informações na planilha. Foram necessários 47 minutos para extrair e configurar as tabelas quantitativas do Revit no Excel.

Dessa forma, ambos os programas demandam um trabalho extra do profissional que realiza o levantamento das quantidades de material que serão utilizados na execução do projeto.

Nessa etapa o CAD exigiu 02h23m que somados ao tempo utilizado pelo operador, totalizaram 03h58m de trabalho do início do projeto até a conclusão da tabela quantitativa.

Já o Revit consumiu 01h58m para realização das mesmas tarefas, totalizando 03h09m desde o início do projeto até a conclusão da tabela quantitativa.

A ferramenta Revit, perceptivelmente oferece um ganho significativo de produtividade em comparação ao AutoCAD.

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES EXTRAÍDAS

Após o levantamento quantitativo, foram planilhadas de forma comparativa as informações extraídas do CAD e do Revit. O objetivo é identificar possíveis variações e distorções. Sendo assim, foram encontradas discrepâncias tanto nas informações obtidas do AutoCAD quanto o software Revit. As variações ocorreram na metragem quadrada apresentada pelo Revit se comparado com o levantamento feito manualmente no CAD.

A variação na quantidade dos materiais que compõem cada um dos itens analisados ocorre por conta da variação dessa metragem, visto que padronizamos a planta e o material a ser utilizado tanto no CAD como no Revit.

ALVENARIA

As planilhas fornecidas pelo Revit identificaram 6% a mais de área de alvenaria. Isso significa 16,81 m² a mais de alvenaria, essa distorção representa, por exemplo, a necessidade de 600 tijolos a mais.

Figura 26 – Levantamento comparativo do item “Alvenaria”.

1.0 ALVENARIA									
COD	DESCRIÇÃO	QUANTITATIVO CAD				QUANTITATIVO REVIT			
		ÁREA	UNID	QUANTIDADE	UNID	ÁREA	UNID	QUANTIDADE	UNID
1.1	Tijolo Baiano 8 Furos 09 X 19 X 19cm	261,06	m²	9.300	Und	277,87	m²	9.900	Und
1.2	Cimento CP-II			10	Sacos			11	Sacos
1.3	Cal Hidratada			25	Sacos			27	Sacos
1.4	Areia média			3	m³			4	m³

Fonte: Autores (2020).

LAJE

Nesse item a distorção foi desprezível, ficando abaixo de 1%. Nesse caso o levantamento através do CAD identificou 149,08 m² de laje, já o Revit 147,36 m².

Figura 27 – Levantamento comparativo do item “Laje”.

2.0 LAJE									
COD	DESCRIÇÃO	QUANTITATIVO CAD				QUANTITATIVO REVIT			
		ÁREA	UNID	QUANTIDADE	UNID	ÁREA	UNID	QUANTIDADE	UNID
2.1	Laje pré-moldada treliçada com lajota cerâmica h8	149,08	m²	149,08	m²	147,36	m²	147,36	m²
2.2	Concreto usinado			12	m³			12	m³

Fonte: Autores (2020).

CHAPISCO E REBOCO

A variação desse item foi de 12%. O levantamento utilizando o CAD identificou 601,85 m² de área a ser chapiscada e rebocada, já o Revit 537,13 m².

Figura 28 – Levantamento comparativo do item “Chapisco e Reboco”.

3.0 CHAPISCO E REBOCO									
COD	DESCRIÇÃO	QUANTITATIVO CAD				QUANTITATIVO REVIT			
		ÁREA	UNID	QUANTIDADE	UNID	ÁREA	UNID	QUANTIDADE	UNID
3.1	Cimento CP-II	601,85	m²	38	Sacos	537,13	m²	37	Sacos
3.2	Cal Hidratada			75	Sacos			73	Sacos
3.3	Areia fina			14	m³			13	m³

Fonte: Autores (2020).

CONTRAPISO E PISO

Assim como no item anterior, a variação das áreas de contrapiso e piso passou dos 10%. O levantamento do CAD identificou uma área de 128,50 m², já o Revit forneceu em suas tabelas uma área 148,84 m², uma variação de mais de 14%.

Figura 29 – Levantamento comparativo do item “Contrapiso e Piso”.

4.0 CONTRAPISO E PISO									
COD	DESCRIÇÃO	QUANTITATIVO CAD				QUANTITATIVO REVIT			
		ÁREA	UNID	QUANTIDADE	UNID	ÁREA	UNID	QUANTIDADE	UNID
4.1	Contrapiso de concreto usinado	128,50	m²	7	m³	148,84	m²	7,5	m³
4.2	Argamassa para assentamento (Embalagem de 20 Kg)			32	Sacos			38	Sacos
4.3	Piso cerâmico esmaltado			130	m²			151	m²
4.4	Rejunte (Embalagem de 5 kg)			16	Sacos			18	Sacos

Fonte: Autores (2020).

REVESTIMENTO CERÂMICO

O Revestimento cerâmico apresentou variação muito expressiva o que exigiu um retrabalho na conferência nos levantamentos feitos pelo CAD e Revit. A variação superou os 20%. A área levantada pelo CAD foi de 76,02 m² e o Revit apresentou 95,52 m².

Figura 30 – Levantamento comparativo do item “Revestimento Cerâmico”.

5.0 REVESTIMENTO CERÂMICO									
COD	DESCRIÇÃO	QUANTITATIVO CAD				QUANTITATIVO REVIT			
		ÁREA	UNID	QUANTIDADE	UNID	ÁREA	UNID	QUANTIDADE	UNID
5.1	Argamassa para assentamento (Embalagem de 20 Kg)	76,02	m²	21	Sacos	95,52	m²	26	Sacos
5.2	Revestimento cerâmico esmaltado			84	m²			105	m²
5.3	Rejunte (Embalagem de 5 kg)			10	Sacos			13	Sacos

Fonte: Autores (2020).

ESQUADRIAS

Esse item não apresentou variação.

Figura 31 – Levantamento comparativo do item “Esquadrias”.

6.0 ESQUADRIAS					
COD	DESCRIÇÃO	QUANTITATIVO CAD		QUANTITATIVO REVIT	
		QUANTIDADE	UNID	QUANTIDADE	UNID
6.1	Kit - Porta interna de madeira + Batente + Guarnição - 80 cm	2	Und	2	Und
6.2	Kit - Porta interna de madeira + Batente + Guarnição - 70 cm	2	Und	2	Und
6.3	Kit - Porta de madeira maciça + Batente + Guarnição - 80 cm	1	Und	1	Und
6.4	Dobradiças	15	Und	15	Und
6.5	Fechadura interna para banheiro	2	Und	2	Und
6.6	Fechadura interna	2	Und	2	Und
6.7	Vitro em alumínio e vidro 1,00 x 0,60	2	Und	2	Und
6.8	Janela em alumínio e vidro 2,00 x 1,00	3	Und	3	Und
6.9	Janela em alumínio e vidro com persiana 2,00 x 1,00	2	Und	2	Und

Fonte: Autores (2020).

TELHADO

A variação nas áreas foi pequena, menos de 2%. O Revit indicou 139,56 m² de área de telhado, já no CAD o levantamento apresentou 142,19 m².

Figura 32 – Levantamento comparativo do item “Telhado”.

7.0 TELHADO					
COD	DESCRIÇÃO	QUANTITATIVO CAD		QUANTITATIVO REVIT	
		QUANTIDADE	UNID	QUANTIDADE	UNID
7.1	Telha metálica sanduiche	142,19	m²	139,56	m²
7.2	Calhas	19,20	metros	18,82	metros
7.3	Rufos	32,17	metros	31,53	metros

Fonte: Autores (2020).

PINTURA

Esse foi o item com maior variação. Devido à enorme distorção entre as informações coletadas, efetuamos uma análise mais aprofundada nas tabelas do Revit e identificamos uma falha no momento em que o operador configurou as tabelas. A informação gerada levou em conta as áreas de parede e desprezou o fato de que a grande maioria delas receberá pintura nas duas faces.

Uma boa forma de identificar essa falha é analisando a área de reboco apresentada pelas planilhas do Revit, 537,13 m². Se considerarmos que todas as áreas rebocadas serão pintadas, fica fácil identificar que ocorreu um erro no momento de configurar o programa para apresentação dos dados.

Apesar do erro ter sido identificado, mantivemos as planilhas sem a correção.

Nesse item a variação ultrapassou 55%. O levantamento do CAD foi de 525,75 m² de área a ser pintado, já o Revit apresentou uma área de 235,79 m².

Figura 33 – Levantamento comparativo do item “Pintura”.

8.0 PINTURA									
		QUANTITATIVO CAD				QUANTITATIVO REVIT			
COD	DESCRIÇÃO	ÁREA	UNID	QUANTIDADE	UNID	ÁREA	UNID	QUANTIDADE	UNID
8.1	Selador Acrílico (Aplicação de 2 demãos)	525,75	m²	7	Lata 18 L	244,78	m²	3	Lata 18 L
8.2	Massa PVA	264,39		5	Lata 18 L	247,02		5	Lata 18 L
8.3	Tinta Acrílica (Aplicação de 2 demãos)	525,75		2	Lata 18 L	235,79		1	Lata 18 L

Fonte: Autores (2020).

4.4 INTERFERÊNCIAS

Apesar do baixo nível de detalhamento, no decorrer do processo de desenvolvimento do projeto, identificamos uma interferência apresentada pelo operador do Revit, onde o modelo de telha pré-definido não respeitava a inclinação mínima exigida pelo fabricante, demandando alteração na altura da cumeeira e consequentemente da platibanda. Essa interferência foi acusada pelo software no momento em que o operador incluiu a cobertura.

Já o operador de CAD não identificou o problema e simplesmente adotou a inclinação que havíamos determinado previamente.

Certamente no momento da execução da obra teríamos problemas, pois a obra demandaria alteração do projeto ou do produto preestabelecida, gerando custos extras e atraso nos trabalhos.

Outro problema identificado pelo operador de Revit foi à imprecisão nas grossuras das paredes que, mesmo tendo suas medidas preestabelecidas nas reuniões prévias, o projeto em CAD sofreu algumas variações, provocando divergências nas medidas totais do projeto.

Apesar das variações serem mínimas, num projeto de grande porte o problema se replicaria de forma exponencial, causando problemas no momento da execução.

Com isso, fica evidente que mesmo em projetos de menor porte e com baixo nível de detalhamento, o Revit se apresenta como um software com maior precisão e que antevê problemas de execução, reduzindo retrabalho, gastos extras e perda de tempo no canteiro de obras.

5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Todos os resultados e informações coletadas foram comparados com o intuito de analisar as diferenças, bem como as semelhanças empregadas nas metodologias CAD e BIM. Tornando possível a realização de uma análise comparativa ao tempo que se leva para finalização do projeto arquitetônico, o levantamento de quantitativos dos materiais e a precisão das informações que cada metodologia apresenta na construção de um projeto residencial de pequeno porte.

Observa-se no estudo, que o Revit pode ser melhor aproveitado em projetos cujo nível de detalhe seja um fator significativo, pois o seu uso em um projeto de residência, da qual a planta sejam simples e capaz de ser aprovada pela prefeitura ou por outros órgãos com exigências similares, torna todo o potêncial do software Revit de pouca utilidade, visto que uma das principais características vantajosas do software é a análise profunda de interferências por se tratar de um programa com linguagem IFC, onde é possível que vários profissionais desenvolvam o projeto, cada um na sua área e ao mesmo tempo, solução esta que o CAD não oferece.

O Revit apresentou um ganho de produtividade significativo no tempo de desenvolvimento do projeto, obteve 25% de vantagem sobre o CAD. Essa margem é bastante relevante se considerarmos esse percentual para projetos de grande porte, todavia se não for configurado corretamente no início do projeto onde o operador insere todos os parâmetros a serem apresentadas, distorções ocorrerão nos resultados. Essas distorções serão capazes de provocar ao profissional que receber as planilhas quantitativas a falsa impressão de que os números estão corretos. Dessa maneira, assim como o CAD, o Revit também requer uma análise minuciosa das informações apresentadas.

No CAD o fator humano fica mais evidente, acarretando dúvidas com relação as informações geradas por esse programa. Mas o Revit, para apresentar os resultados, demanda os imputs do operador, portanto o fator humano também está

presente, mas, por apresentar planilhas prontas e detalhadas, gera a inautêntica impressão de que os números dos relatórios do Revit estão corretos.

Outro ponto a ser destacado é que embora todos os resultados apontem para o ganho de produtividade significativos do software Revit, o CAD ainda é a ferramenta mais utilizada para o desenvolvimento de projetos em geral. Optamos por mencionar alguns motivos que possam resultar nessa predileção do CAD ao BIM:

- Custo. A licença anual do CAD custa R$9.197,00, 18% mais barata que a licença do Revit que hoje custa R$11.159,00 de acordo com o site da Autodesk.

- Tempo que essa ferramenta está disponível no mercado.
- Ferramenta extremamente difundida e utilizada.
- Confiável e de relativa facilidade de utilização.
- Falta de conhecimento do BIM.
- Resistência às mudanças e novas tecnologias.

Analisando o nível de detalhamento apresentado pelas duas ferramentas, nota-se que não ocorreu uma diferença relevante entre as duas ferramentas, mas fica claro que para um projeto de grande porte, com um nível de detalhamento mais refinado e considerando várias disciplinas desempenhando seus trabalhos simultaneamente, o REVIT deve alcançar uma expressiva vantagem. Porém, ambos os programas dependem de seus operadores, com isso estão suscetíveis a apresentar resultados distorcidos, falhas e interferências, pois demandam usuários treinados e capacitados para o desenvolvimento de projetos utilizando as melhores tecnologias disponíveis no mercado. Sendo assim, ambas as ferramentas atendem a necessidade.

REFERÊNCIAS

AUTODESK. In: Autodesk. Conteúdo: **Produtos Autodesk**, 2020. Disponível em: https://www.autodesk.com.br/products. Acesso em: dezembro 2020.

AUTOCAD. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Wikimedia, 2017. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/AutoCAD. Acesso em: março 2020.

BIBLUS. In: BibLus ACCA Software. Conteúdo: **IFC e BIM: IFC, o que é e para que serve? Qual é a ligação com o BIM?**, 2017. Disponível em: http://biblus.accasoftware.com/ptb/ifc-o-que-e-e-para-que-serve-qual-e-a-ligacao-com-o-bim/#:~:text=O%20IFC%20%C3%A9%20um%20formato,e%20vinculo%20com%20o%20BIM. Acesso em: outubro 2020.

BIM, In: WIKIPÉDIA: **BIM**, 2008. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/BIM. Acesso em: setembro 2020.

CARVALHO, D. Sienge Conteúdo: **Plataforma BIM**: **Tudo sobre a grande tendência da Construção**, 2017. Disponível em: https://www.sienge.com.br/blog/plataforma-bim/. Acesso em: setembro 2020.

COELHO, L. In: NSC Total. Conteúdo: **Congresso avalia impacto de tecnologia revolucionária no planejamento de cidades inteligentes**, 2020. Disponível em: https://www.nsctotal.com.br/colunistas/leo-coelho/congresso-avalia-impacto-de-tecnologia-revolucionaria-no-planejamento-de. Acesso em: setembro 2020.

CORAL. In: Coral. Conteúdo: **Como calcular a quantidade certa de tinta**, 2020. Disponível em: https://www.coral.com.br/pt/artigos/como-calcular-quantidade-certa-de-tinta#:~:text=Um%20exemplo%3A%20para%20cobrir%20uma,de%206%20latas%20de%20tinta!. Acesso em: outubro 2020.

COSTA, R. L. C. G., FIGUEIREDO, H. S., RIBEIRO, C.E.S. **Estudo comparativo da tecnologia CAD com a tecnologia BIM**. Disponível em: https://docplayer.com.br/51585048-Estudo-comparativo-da-tecnologia-cad-com-a-tecnologia-bim.html. Acesso em: março 2020.

CROTTY, Ray, Revit, 2012. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. https://pt.wikipedia.org/wiki/Revit. Acesso em: março 2020.

DARÓS, J. In: Utilizando BIM. Conteúdo: **Guia completo: BIM 10D construção industrializada**, 2019. Disponível em: https://utilizandobim.com/blog/bim-10d-construcao-industrializada/. Acesso em: setembro 2020.

DARÓS, J. In: Utilizando BIM. Conteúdo: **Guia completo: BIM 9D lean construction**, 2019. Disponível em: https://utilizandobim.com/blog/bim-9d-lean-construction/. Acesso em: setembro 2020.

ENGEPLUS. In: Redação Engeplus. Conteúdo: **BIM será obrigatório para obras públicas a partir de 2021**, 2018. Disponível em: http://www.engeplus.com.br/noticia/geral/2018/bim-sera-obrigatorio-para-obras-publicas-a-partir-de-2021. Acesso em: setembro 2020.

FELISBINO. In: Ceramica Felisbino. Conteúdo: **Tijolos**, 2020. Disponível em: https://www.ceramicafelisbino.com.br/index.php?id=produtoDetalhe&cod=47. Acesso em: outrubro 2020.

FLEISCHMANN, N., **Afinal, o que é um software BIM?**, Artigo, Disponivel em: https://blog.totalcad.com.br/afinal-o-que-e-um-software-bim/ . Acesso em maio 2020.

GIMENEZ, L., Vantagens do BIM sobre o CAD, Artigo, https://www.eng.com.br/artigo.cfm?id=6357&post=autocad-x-revit-vantagens-do-bim-sobre-o-cad. Acesso em: março 2020.

GRIESANG, A. G., Estudo comparativo para análise de gerenciamento tradicional: indicação de aplicação da tecnologia BIM. Monografia, Universidade do Vale do Taquari. Disponível em: https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1918/1/2017arthur%20griesang.pdf. Acesso em: março 2020.

INBEC. In: Inbec Pós-Graduação. Conteúdo: **Conheça a dimensão 8D BIM, essencial para a prevenção de acidentes na Construção Civil**, 2019. Disponível em: https://www.inbec.com.br/blog/conheca-dimensao-8d-bim-essencial-para-prevencao-acidentes-construcao-civil. Acesso em: setembro 2020.

INSON, N. In: Viva Decora Blog. Conteúdo: **Laje Pré-Moldada: O Que É, Tipos, Preço e Vantagens**, 2020. Disponível em: https://www.vivadecora.com.br/revista/laje-pre-moldada/. Acesso em: outubro 2020.

M²OBRAS. In: Custo da construção, etapas da obra. Conteúdo: **Reboco**, 2020. Disponível em: https://www.custodaconstrucao.com/etapas-obra-e-valor/reboco/#:~:text=O%20reboco%20%C3%A9%20calculado%20por,0%2C015%20%3D%201%20m%C2%B3%20de%20reboco. Acesso em: outubro 2020.

MACIEL, R. In: Canaltech. Conteúdo: **Brasil apresenta atraso na adoção de tecnologias na construção civil, diz estudo**, 2020. Disponível em: https://canaltech.com.br/inovacao/brasil-apresenta-atraso-na-adocao-de-tecnologias-na-construcao-civil-d iz-estudo-164818/. Acesso em: setembro 2020.

MAGALHÃES, A. In: Aeroflap. Conteúdo: **CISCEA desenvolve primeiro projeto integralmente em tecnologia BIM**, 2020. Disponível em:

https://www.aeroflap.com.br/ciscea-desenvolve-primeiro-projeto-integralmente-em-tecnologia-bim/. Acesso em: setembro 2020.

MAPA DA OBRA. In: Mapa da Obra. Conteúdo: **Calcular Material de Construção: Saiba como fazer**, 2014. Disponível em: https://www.mapadaobra.com.br/negocios/saiba-como-calcular-material-de-construcao/. Acesso em: outubro 2020.

MENDONÇA, C. J. R. **História do AutoCAD**. Disponível em: https://www.docsity.com/pt/historia-do-auto-cad-by-rafael-mendonca/4856532/. Acesso em: março 2020.

MULTMIX. In: Mult Mix Concreto. Conteúdo: **Concretagem de Laje Pré-fabricada**, 2020. Disponível em: http://multmixconcreto.com.br/pagina.asp?codigo=15#:~:text=O%20calculo%20do%20volume%20de,0%2C10%20para%20modelo%20H12.&text=Importante%3A,profissionais%20e%20empresas%20da%20%C3%A1rea. Acesso em: outubro 2020.

NUNES, G. H., LEÃO M. Revista de Engenharia Civil No. 55, 47-61, 2018 **Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre CAD tradicional e a modelagem BIM**. Disponível em: http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n55/Pag.47-61.pdf Acesso em: março 2020.

OSSAMU, C. In: Infor Channel. Conteúdo: **Lei determina uso obrigatório do BIM em 2021**, 2020. Disponível em: https://inforchannel.com.br/lei-determina-uso-obrigatorio-do-bim-em-2021/. Acesso em: setembro 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. In: G1. Conteúdo: **Prefeitura de Florianópolis utiliza tecnologia pioneira e antecipa entrega de obra em 12 meses**, 2020. Disponível em: https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/especial-publicitario/prefeitura-municipal-de-florianopolis/florianopolis-uma-cidade-para-

todos/noticia/2020/02/20/prefeitura-de-florianopolis-utiliza-tecnologia-pioneira-e-antecipa-entrega-de-obra-em-12-meses.ghtml. Acesso em: setembro 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. In: Site Oficial da Prefeitura. Conteúdo: **Código de Obras e Edificações**, 2020. Disponível em: http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/utilidade-publica/161183-codigo-de-obras-e-edificacoes.html. Acesso em: dezembro 2020.

QUIRK, VANESSA, **ArchiCAD,** In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Wikimedia, 2019. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/ArchiCAD. Acesso em: março 2020.

REDAÇÃO CIO. In: CIO From IDG. Conteúdo: **Metodologia BIM viabiliza meta de construção de hospital em 33 dias**, 2020. Disponível em: https://cio.com.br/metodologia-bim-viabiliza-meta-de-construcao-de-hospital-em-33-dias/. Acesso em: setembro 2020.

REDAÇÃO INFOR CHANNEL. In: Infor Channel. Conteúdo: **Setor de Construção Civil está pronto para a Transformação Digital**, 2020. Disponível em: https://inforchannel.com.br/setor-de-construcao-civil-esta-pronto-para-a-transformacao-digital/. Acesso em: setembro 2020.

REDAÇÃO DO PARANASHOP. In: Paranashop. Conteúdo: **IPPUC adota BIM para otimizar processos e reduzir custos na construção civil**, 2020. Disponível em: https://paranashop.com.br/2020/06/ippuc-adota-bim-para-otimizar-processos-e-reduzir-custos-na-construcao-civil-2/. Acesso em: setembro 2020.

RENNER. In: Tintas Renner. Conteúdo: **Selador Acrílico**, 2016. Disponível em: http://www.tintasrenner-deco.com.br/produto/selador-acrilico. Acesso em: outubro 2020

REVISTA OBRA DE ENGENHARIA. Conteúdo: **Tecnologia BIM em uso pleno**, 2019. Disponível em: https://revistaoe.com.br/tecnologia-bim/. Acesso em: setembro 2020.

SINAPI. In: WIKIPÉDIA, A Enciclopédia Livre. Conteúdo: **Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil**, 2020. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Nacional_de_Pre%C3%A7os_e_%C3%8Dndices_para_a_Constru%C3%A7%C3%A3o_Civil. Acesso em: outubro 2020.

SISTEMA FIEP. In: G1. Conteúdo: **Como a tecnologia pode aumentar a produtividade na construção civil?**, 2019. Disponível em: https://g1.globo.com/pr/parana/especial-publicitario/fiep/sistema-fiep/noticia/2019/09/10/como-a-tecnologia-pode-aumentar-a-produtividade-na-construcao-civil.ghtml. Acesso em: setembro 2020.

SKETCHUP, In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Wikimedia, 2019. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/**SketchUp**. Acesso em: março 2020.

SILVA, G. R. G.; OLIVEIRA, S. O. CESMAC. Conteúdo: **Estudo Comparativo entre o Software Revit e Metodos Convencionais para Levantamentos de Quantitativos**, 2019. Disponível em: https://ri.cesmac.edu.br/handle/tede/418. Acesso em: outubro 2020.

SO PROJETOS. In: Só Projetos. Conteúdo: **Quanto custa para rebocar uma parede?**, 2020. Disponível em: https://www.soprojetos.com.br/quanto-custa/reboco-parede. Acesso em: outubro 2020.

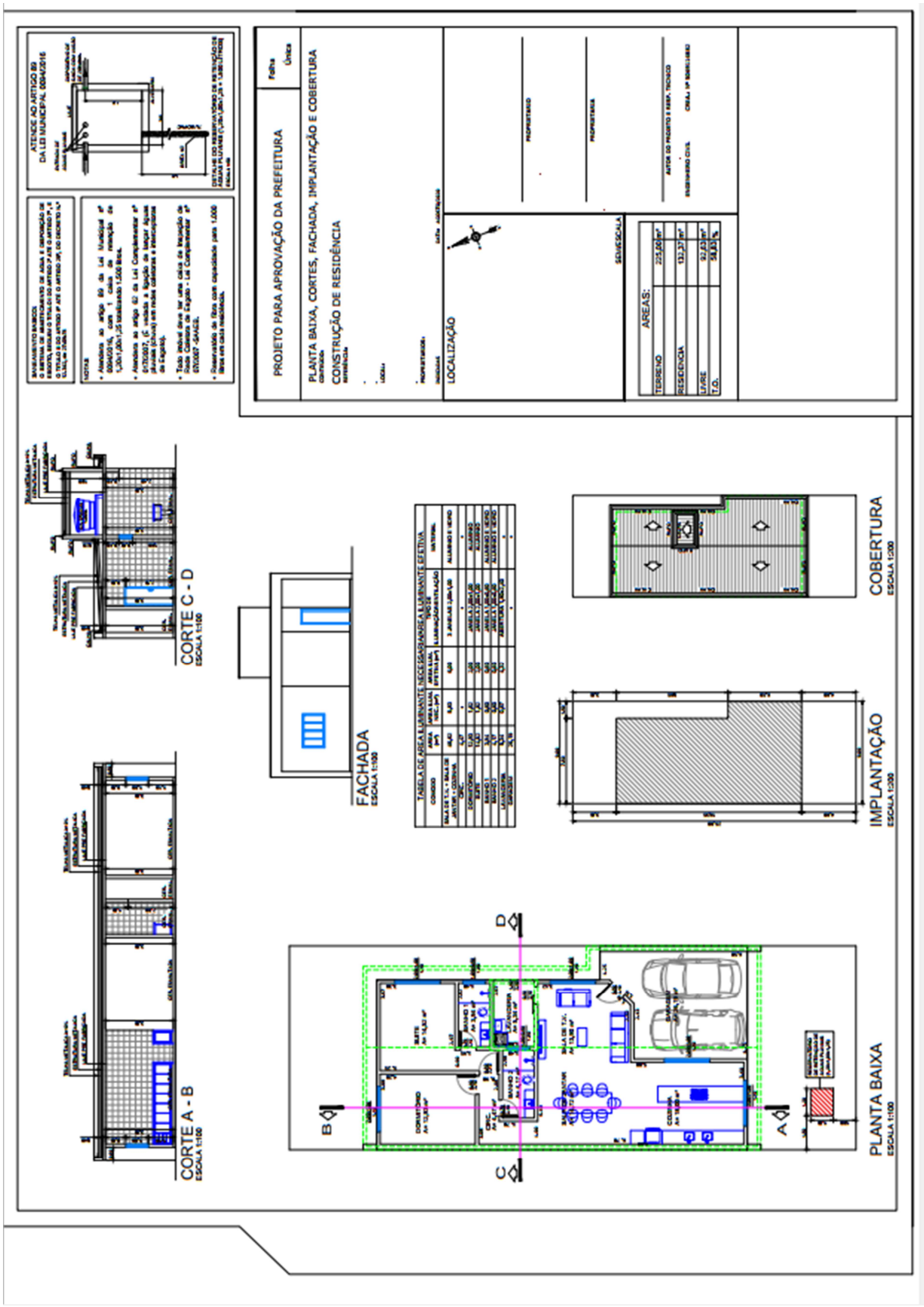
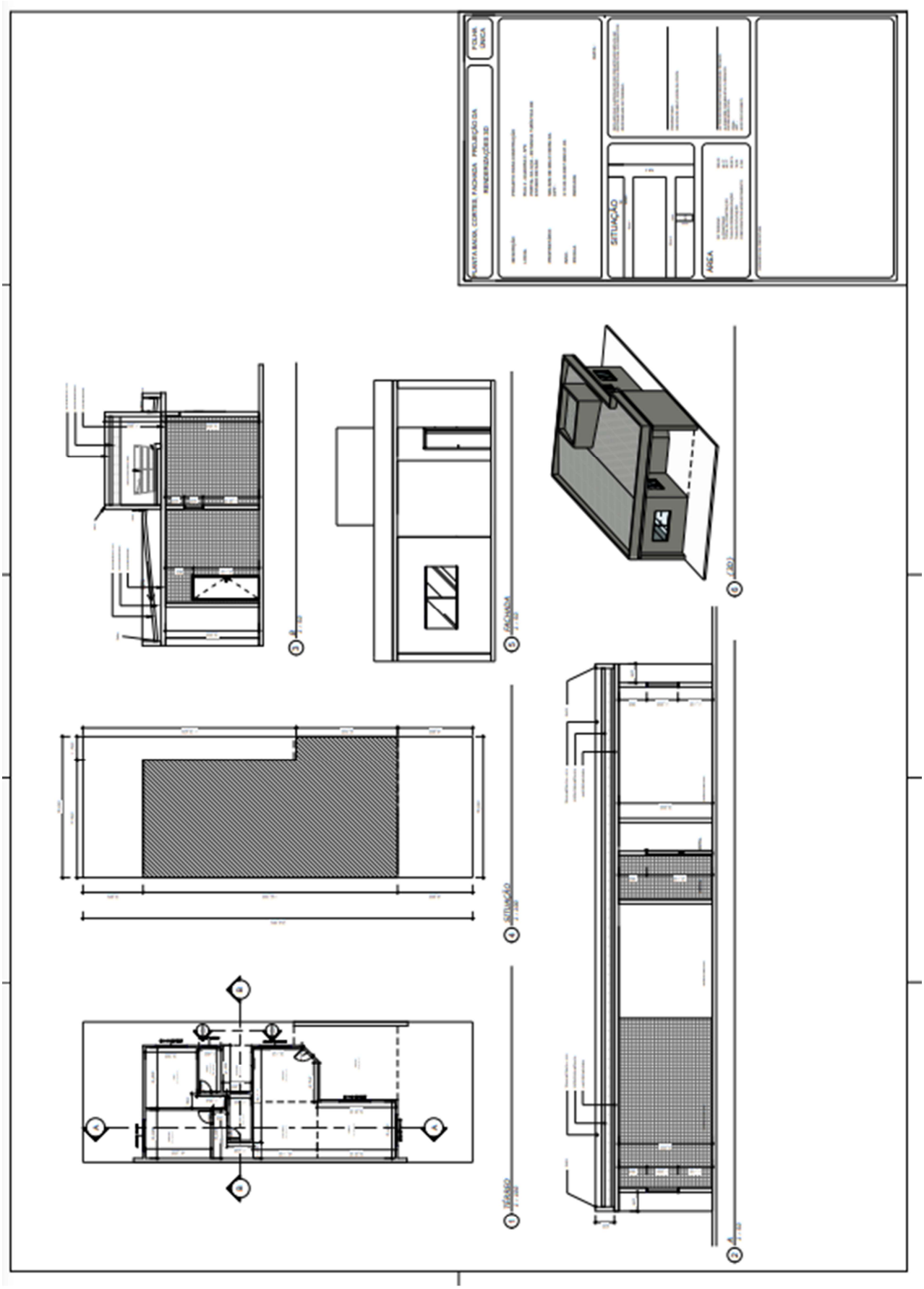
SUVINIL. In: Suvinil. Conteúdo: **Boletim Técnico Suvinil Massa Corrida**, 2020. Disponível em: https://www.suvinil.com.br/upload/afc0b450-71ed-4e26-83bb-44da580b7a1b-suvinil-massa-corridamaio2018pt.pdf. Acesso em: outubro 2020.

SUVINIL. In: Suvinil. Conteúdo: **Boletim Técnico Suvinil Rende & Cobre Multo**, 2018. Disponível em: https://www.suvinil.com.br/upload/114c6f38-d934-45c0-8e3e-23d984512983-rende-cobre-muitomaio2018pt.pdf. Acesso em: outubro 2020.

TEM NOTÍCIA. In: Tem notícia Grupo ODP. Conteúdo: **Como descomplicar o BIM e se preparar para uso obrigatório em obras**, 2020. Disponível em: https://grupoodp.com.br/como-descomplicar-o-bim-e-se-preparar-para-uso-obrigatorio-em-obras/. Acesso em: setembro 2020.

VECTORWORKS, In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Wikimedia, 2019. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/**VectorWorks**. Acesso em: março 2020.

ANEXO 1 - PROJETO PARA APROVAÇÃO DA PREFEITURA – AUTOCAD



ANEXO 2 - ROJETO PARA APROVAÇÃO DA PREFEITURA – REVIT