



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS – CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

SARA JORDANA MACIEL ESPÍRITO SANTO

**DO CAD AO BIM – PROCESSO DE PROJETO DE UMA EDIFICAÇÃO DE
PEQUENO PORTE**

PALMAS - TO

2020

SARA JORDANA MACIEL ESPÍRITO SANTO

**DO CAD AO BIM – PROCESSO DE PROJETO DE UMA EDIFICAÇÃO DE
PEQUENO PORTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel no Curso Superior de Engenharia
Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus
Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso

Coorientadora: Prof. Dra. Elen Oliveira Vianna

**PALMAS - TO
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

S237c Santo, Sara Jordana Maciel Espírito
Do CAD ao BIM – Processo de projeto de uma edificação de
pequeno porte / Sara Jordana Maciel Espírito Santo. – Palmas, TO,
2020.

114 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2020.

Orientador: Dr. Gilson Marafiga Pedroso

Coorientadora: Dra. Elen Oliveira Vianna

1. BIM. 2. REVIT. 3. AUTOCAD. I. Pedroso, Gilson Marafiga. II.
Vianna, Elen Oliveira. III. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**

FOLHA DE APROVAÇÃO

SARA JORDANA MACIEL ESPÍRITO SANTO

DO CAD AO BIM – PROCESSO DE PROJETO DE UMA EDIFICAÇÃO DE PEQUENO PORTE

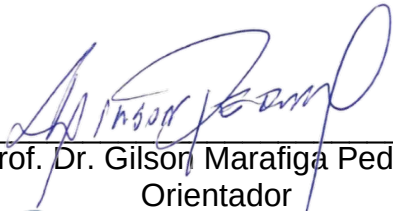
Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel no Curso Superior de Engenharia
Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus
Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso

Coorientadora: Prof. Dra. Elen Oliveira Vianna

Aprovado em: 28/08/2020

BANCA AVALIADORA



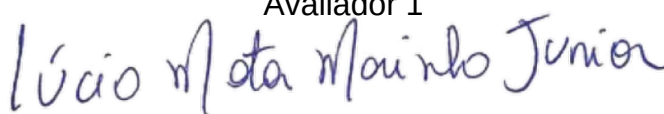
Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso
Orientador



Prof. Dra. Elen Oliveira Vianna
Coorientadora



Prof. Dr. Virley Lemos de Souza
Avaliador 1



Eng. Lúcio Mota Marinho Júnior
Avaliador 2

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder força e perseverança para continuar lutando pelos meus objetivos. Sem ele nada seria possível.

À minha mãe Elesandra, que é meu maior exemplo de mulher, mãe e profissional, por sempre me incentivar e ajudar em todas as áreas da vida e fazer todo o possível para me ver feliz.

Ao meu pai Jales, que sempre estará no meu coração, pelo amor incondicional e por sempre me incentivar a ser uma pessoa melhor.

Ao meu padrasto Vinícius por toda paciência, apoio e compreensão.

Aos meus irmãos Jales Júnior, Manuela e Victor Hugo, por sempre acreditarem em mim e na minha capacidade, e serem minha fonte inesgotável de carinho e amor.

Ao professor Dr. Gilson Marafiga e à professora Dra. Elen Vianna por serem exemplos de profissionais e seres humanos, por serem sempre tão solícitos e prestativos, por todo acolhimento, paciência e zelo ao ensinar. Obrigada por todos os ensinamentos passados, vocês são inspirações para mim.

Ao professor Dr. Virley Lemos e ao Engenheiro Civil Lúcio Mota por aceitarem participar da banca avaliadora deste trabalho e por serem exemplos de profissionais a serem seguidos.

Aos meus amigos que contribuíram direta ou indiretamente para o meu sucesso acadêmico, por tornarem essa caminhada mais leve e minha vida mais feliz.

“A felicidade pode ser encontrada mesmo nas horas mais difíceis, se você se lembrar de acender a luz. ”

Alvo Dumbledore

RESUMO

O emprego da tecnologia aliado ao desenvolvimento de softwares gráficos proporcionou grande avanço e significou uma transformação para a indústria de projetos da construção civil. O setor da construção civil encontra desafios e dificuldades em todo seu processo desde a concepção do projeto até a manutenção da edificação ou estrutura já concluída. Diversas iniciativas, processos, estudos e tecnologias visam corrigir os problemas, em cada área específica. O sistema CAD foi o precursor do uso do computador para representações gráficas de projetos de arquitetura e engenharia. Em um âmbito mais recente, a modelagem BIM (*Building Information Modeling*) é um conceito que vem sendo utilizado em diversas partes do mundo e que está em fase de implementação tanto no setor público quanto no setor privado no Brasil. Este conceito possibilita melhorias gráficas e maior funcionalidade à elaboração de projetos, tornando possível uma representação virtual paramétrica e integrada da edificação. Este trabalho objetiva explicar sobre o conceito BIM e sua atual situação no Brasil e no mundo, quais os principais benefícios em potencial e as vantagens da sua utilização. Foi realizado um estudo comparativo do processo de projeto de uma residência unifamiliar entre dois softwares: Revit e AutoCAD, onde um viabiliza a utilização da metodologia BIM e o outro não, no qual foram obtidos resultados mais satisfatórios no projeto desenvolvido no software Revit. A aplicação prática das ferramentas CAD e BIM no desenvolvimento dos projetos tornou possível comprovar a teoria de que o conceito BIM é superior à tecnologia CAD, visto que possibilitou gerar um projeto mais completo, com mais informações e representações gráficas, como geração automática de tabelas quantitativas de materiais, visualização 3D dos elementos e de toda a edificação e um melhor desenvolvimento no processo de projeto. Em suma, com o emprego do BIM foi possível obter o projeto completo da mesma edificação com um tempo 37% menor do que quando empregada a ferramenta CAD.

Palavras-chave: BIM, REVIT, AUTOCAD.

ABSTRACT

The use of technology coupled with the development of graphics software has provided a breakthrough and has meant a transformation for the construction industry. The civil construction sector faces challenges and difficulties in its entire process, from the design of the project to the maintenance of the building or structure already completed. Several initiatives, processes, studies and technologies aim to correct the problems, in each specific area. The CAD system was the precursor to the use of the computer for graphic representations of architectural and engineering projects. In a more recent context, BIM (Building Information Modeling) is a concept that has been used in several parts of the world and is being implemented in both the public and private sectors in Brazil. This concept allows graphic improvements and greater functionality to the elaboration of projects, making possible a parametric and integrated virtual representation of the building. This work aims to explain about the BIM concept and its current situation in Brazil and in the world, what are the main potential benefits and the advantages of its use. A comparative study of the design process of a single-family residence was carried out between two softwares: Revit and AutoCAD, where one enables the use of the BIM methodology and the other does not, in which more satisfactory results were sought in the project developed in the Revit software. The practical application of CAD and BIM tools in the development of projects made it possible to prove the theory that the BIM concept is superior to CAD technology, as it made it possible to generate a more complete Project, with more information and graphical representations, such as automatic generation of quantitative tables materials, 3D visualization of the elements and the entire building and a better development in the design process. In short, with the use of BIM it was possible to obtain the complete Project of the same building in 37% less time than with the CAD tool.

Key Words: BIM, REVIT, AUTOCAD.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

AIA – *American Institute of Architects*

BDS – *Building Description System*

BIM – *Building Information Modeling*

CAD – *Computer Aided Design*

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CBIM – Câmara Brasileira de BIM

CAU – Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil

CG-BIM – Comitê Gestor da Estratégia BIM BR

IFC – *Industry Foundation Classes*

ISO – *International Organization for Standardization*

LOD – *Level of Development*

MCMV – Programa Minha Casa Minha Vida

MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços

NIBS – *National Institute of Building Sciences*

NBIMS – *National BIM Standard*

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – 25 casos de uso do BIM mapeados pela Pennsylvania State University.....	22
Figura 2 - A evolução dos projetos ou das representações e documentações das 'instruções para construir uma edificação ou instalação.....	24
Figura 3 – Ciclo de vida BIM.....	27
Figura 4 – Fluxo de informações.....	30
Figura 5 – Fluxograma Geral da Pesquisa.....	45
Figura 6 – Planta baixa da residência.....	49
Figura 7 – Planta de primeira fiada executada no REVIT.....	50
Figura 8 – Planta de segunda fiada executada no REVIT.....	51
Figura 9 – Representação em corte de pontos de grauteamento com vergalhões de $\varnothing=10\text{ mm}$	52
Figura 10 – Representação da parede 1 desenvolvida no AutoCAD.....	53
Figura 11 – Representação da parede 1 desenvolvida no REVIT.....	54
Figura 12 – Vista 3D do projeto desenvolvido no software REVIT.....	58
Figura 13 – Vista 3D do detalhe da viga de cintamento do projeto desenvolvido no software REVIT.....	59
Figura 14 – Vista 3D do detalhe das amarrações dos blocos do projeto desenvolvido no software Revit.....	60
Figura 15 – Vista 3D dos detalhes construtivos de pingadeira e ponto de grauteamento do projeto desenvolvido no software Revit.....	60
Figura 16 – Vista 3D da edificação no estilo visual Ray Trace.....	61
Figura 17 – Vista tridimensional da edificação em modo Ray Trace sem o elemento laje.....	62
Figura 18 - Representação em 3D de todos os pontos de grauteamento da edificação.....	63
Figura 19 – Detalhe contendo elementos construtivos da edificação.....	63
Figura 20 – Imagem do vídeo desenvolvido em realidade aumentada.....	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo horário de desenvolvimento dos projetos.....	66
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – AutoCAD vs REVIT.....	25
Tabela 2 – Formatos oficiais do arquivo IFC.....	34
Tabela 3 – Níveis de desenvolvimento do modelo BIM.....	38
Tabela 4 – Evolução do Nível de Desenvolvimento (LOD) do Modelo BIM.....	39
Tabela 5 – Quantitativo de blocos estruturais extraído do REVIT.....	56
Tabela 6 – Quantitativo de graute extraído do REVIT.....	56
Tabela 7 – Quantitativo de piso extraído do REVIT.....	56
Tabela 8 – Quantitativo de vergalhões extraído do REVIT.....	57
Tabela 9 – Tempo de desenvolvimento de cada etapa dos projetos.....	66

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.2. JUSTIFICATIVA	17
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. Objetivo geral	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1. BIM na cadeia produtiva da construção civil	19
2.1.1. Contexto histórico do BIM	19
2.1.2. Guias BIM ABDI-MDIC	20
2.1.3. Guias BIM CBIC	21
2.1.4. Os 25 casos de uso do BIM	21
2.1.5. Do AutoCAD ao Revit: Evolução dos softwares de projeto.....	23
2.1.6. Ciclos de inserção do modelo BIM	26
2.1.7. Potencial benéfico da utilização do BIM na construção civil.....	28
2.2. BIM sob a perspectiva da coordenação e integração de projetos.....	31
2.2.1. Colaboração, integração e coordenação de projetos.....	31
2.2.2. O IFC e a interoperabilidade.....	33
2.2.3. Nível de desenvolvimento do modelo (LOD).....	35
2.3. Obstáculos recorrentes do processo de aplicação do BIM.....	40
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1. Processo de projeto	49
4.2. Extração de quantitativos	55
4.3. Visualização 3D	58
4.4. Tempo de desenvolvimento de projetos.....	65
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
6. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	69
REFERÊNCIAS	70
APÊNDICES.....	76

1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da construção tem um papel muito importante na sociedade e busca cada vez mais o aperfeiçoamento e a melhoria de seus procedimentos. A tecnologia BIM (Modelagem da Informação da Construção, do inglês *Building Information Modeling*) foi desenvolvida com o intuito de otimizar os processos construtivos, desde a concepção dos projetos, passando pelas fases de concepção, projeto, orçamentação, execução, operação até a desconstrução do edifício.

O BIM ganhou destaque no Brasil na década passada, com o crescimento do mercado imobiliário somado ao lançamento do Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV). O Decreto 9.377/2018, de 17 de maio de 2018, instituiu o Comitê Gestor da Estratégia BIM BR (CG-BIM), com finalidade de implementar a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR) e gerenciar suas ações.

Em março de 2018, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), em parceria com o Senai Nacional, promoveu o primeiro Seminário BIM. E em maio de 2019 foi realizada a segunda edição. O objetivo deste evento é juntar esforços ao Comitê Estratégico do Governo Federal para colocar em pauta a Política Nacional de Implantação do BIM. Em outubro de 2019 foi realizado pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (CAU/BR), em parceria com o CAU/DF, o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e a Câmara Brasileira de BIM (CBIM), o Seminário BIM na prática, onde foram propostas discussões sobre a importância da implementação do BIM e os entraves encontrados para o uso pleno do conceito.

Com a tecnologia BIM é possível criar digitalmente um ou mais modelos virtuais precisos de uma construção. Eles oferecem suporte ao projeto ao longo de suas fases, permitindo melhor análise e controle do que os processos manuais. Quando concluímos, estes modelos gerados por computador contêm geometria e dados precisos necessários para apoio às atividades de construção, fabricação e aquisição por meio das quais a construção é realizada (EASTMAN et al., 2011).

Esta tecnologia pode ser vista como um divisor de águas na indústria da construção civil, corresponde a um salto tecnológico se comparado aos processos tradicionais utilizados. É primordial entender que BIM não se trata de um software, e sim um processo para conceber, projetar e gerenciar os dados de uma construção,

com a utilização de softwares. Apesar desta ideia não ser recente, só está sendo disseminada há pouco tempo devido à capacidade de propagação, visto que para a utilização desta ferramenta, se faz necessário o uso de computadores com uma adequada capacidade de processamento e preços acessíveis para o mercado da construção, bem como normatizações sobre o seu uso.

No âmbito da coordenação de projetos, essa tecnologia permite a interoperabilidade, que é a capacidade de um software de se comunicar de forma transparente com outro software, e permite a integração entre os profissionais, possibilita nutrir o modelo virtual simultaneamente, ou não, com dados e informações. Esse modelo visa reduzir os problemas de comunicação da gestão e compatibilização de projetos. Quando um problema é detectado, já é indicado pelo sistema para ser reparado pelo projetista.

De acordo com a buildingSMART (2019), para tornar possível a interoperabilidade entre os diferentes profissionais, é necessária a utilização dos arquivos em formato IFC (*Industry Foundation Classes*), que é um esquema de dados que torna possível conter dados e trocar informações entre diferentes aplicativos para BIM. O IFC está registrado pela International Organization for Standardization (ISO) como ISO PAS 16739:2005 e encontra-se em processo de se tornar uma norma oficial.

Este trabalho de conclusão de curso visa elucidar as vantagens da adoção do conceito BIM, e realizar uma comparação do processo de projeto entre dois softwares da Autodesk, Revit e AutoCAD. O primeiro é recomendado para ser utilizado no processo de projeto do conceito BIM, e o segundo contém apenas representações geométricas e não é viável para a realização desta metodologia.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

O BIM permite aos profissionais de arquitetura, engenharia e construção (AEC) criar um modelo 3D, correspondente à construção virtual de um edifício, para obter informações sobre como um projeto pode ser planejado, projetado e gerenciado, de maneira eficiente e precisa. De acordo com Manzione (2013), a partir do BIM, os profissionais podem acessar um modelo compartilhado para visualizar as possíveis intercorrências e então corrigir os problemas antes mesmo do início da construção.

Este processo de construção compartilhado e integrado exige mudanças no fluxo de trabalho, o que não é uma tarefa fácil, pois a resistência a mudanças é uma dificuldade presente na adoção de novas tecnologias.

Segundo Ruschel (*et al.*, 2013), a cadeia produtiva da construção civil é composta, por vezes, por métodos de construção tradicionais defasados e profissionais pouco motivados a se atualizarem aos novos recursos tecnológicos, isso dificulta a adesão de novas tecnologias no mercado. A utilização de métodos ultrapassados resulta em problemas no ciclo de vida do produto da construção civil, nas fases de concepção, planejamento, execução, manutenção e desconstrução de um edifício, como custos elevados, atraso no cronograma, maior número de erros, retrabalho, perda de informações e baixa qualidade do produto oferecido.

Da perspectiva gerencial, o entendimento e a adoção do conceito BIM promoverão benefícios para toda a cadeia produtiva da construção, desde a análise de viabilidade até a desconstrução do produto, ocasionando maior qualidade do produto oferecido, redução de custos, cronograma dentro do planejado, redução de erros e retrabalho, e do ponto de vista da sustentabilidade, diminuindo o desperdício, ou seja, a quantidade de resíduos gerados a serem lançados no meio ambiente.

Este trabalho busca apresentar os benefícios que a adoção do conceito BIM pode trazer para a cadeia produtiva da construção civil e realizar uma comparação do processo de projeto de uma residência unifamiliar, em dois softwares distintos, no qual um é uma ferramenta BIM e o outro utiliza a tecnologia CAD, contextualizando os obstáculos relacionados às etapas envolvidas.

1.2. JUSTIFICATIVA

As iniciativas nacionais BIM estão sendo desenvolvidas e implementadas pelo Governo, que busca cada vez mais transparência nas contratações para redução do desperdício de dinheiro público, o que pode ser obtido através da adoção da tecnologia BIM, que é capaz de detalhar todas as etapas da obra e os custos envolvidos antes da execução. Do ponto de vista do setor privado, a implantação dessa tecnologia traz um benefício orçamentário para as empresas, visto que permite um correto levantamento dos custos, eleva o nível de planejamento, diminui erros, perda de informações, dados duplicados e reduz retrabalho.

De acordo com Ruschel (*et al.*, 2013), com a difusão das discussões sobre BIM no cenário nacional, surge uma crescente preocupação, por parte de alguns pesquisadores brasileiros, com a inserção do ensino de BIM nos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil. Mesmo ainda estando num estágio incipiente de amadurecimento, o que se pode observar é que algumas universidades já vêm realizando experiências de adoção de BIM em cursos de Arquitetura e Engenharia Civil. O processo de implementação de BIM no ensino ainda abrange o nível de competência introdutório e intermediário, e vem acontecendo de forma gradual. Ainda é necessário adotar nas universidades o ensino de práticas que fomentem o desenvolvimento de projetos mais colaborativos, novos papéis e novas competências – como, por exemplo, a do gestor – nos cursos da AEC no Brasil, de modo a formar um perfil de profissional efetivamente comprometido com uma prática baseada no BIM.

O intuito deste trabalho é disseminar e conscientizar sobre a importância do uso da tecnologia BIM, mostrando o potencial benéfico que a sua aplicação pode trazer para a indústria da construção e apontar os malefícios da utilização do processo artesanal já utilizado, realizando uma comparação do processo de projeto de uma residência unifamiliar, entre dois softwares distintos, no qual um é uma ferramenta utilizada no conceito BIM, e o outro utiliza a tecnologia CAD.

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo geral

Apresentar um estudo comparativo no processo de projeto de uma residência unifamiliar, entre o software Revit, que é uma ferramenta BIM, e o software AutoCAD, que utiliza a tecnologia CAD.

1.3.2. Objetivos específicos

- Promover a análise conceitual da tecnologia BIM em processos de projetos no mercado da AEC;
- Desenvolver o mesmo projeto de alvenaria estrutural de uma residência unifamiliar nos softwares AutoCAD e Revit, para elencar as diferenças no processo de projeto em cada software;
- Analisar as vantagens da utilização do conceito BIM em relação à forma convencional de projetar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. BIM na cadeia produtiva da construção civil

O uso da tecnologia BIM tem-se ampliado pelo setor da construção civil com o recurso de compartilhamento de informação de uma edificação, configurando uma base confiável para apoiar decisões e melhorar os processos no decorrer do ciclo de vida do projeto, baseado em uma representação digital de características físicas e funcionais dessa edificação (NBIS, 2008).

A busca por modernização e o aumento da competitividade acarretam ganhos de produtividade e são fundamentais para a indústria da construção civil no Brasil. A adesão a novas tecnologias, materiais, métodos e sistemas construtivos gera benefícios a todas as partes envolvidas no processo de construção de um empreendimento.

2.1.1. Contexto histórico do BIM

Charles Eastman (1975), professor do Instituto de Tecnologia da Georgia, nos Estados Unidos, criou o *Building Description System*, representado pela sigla BDS, que foi o modelo precursor do BIM. Para Eastman (1975), era preciso levar os desenhos criados durante o projeto para um tipo de simulador virtual, no qual todos os dados da obra pudessem ser inseridos e os resultados esperados, visualizados.

Já em 1992, Van Nederveen e Tolman publicaram um artigo e criaram o termo *Building Information Modeling*, representado pela sigla BIM. Um modelo mais completo de informações a respeito de projetos de construção civil se comparado a ideia inicial de Eastman. O artigo tratava sobre uma modelagem que levasse em conta várias camadas da construção e uma ampla visão sobre todas as variáveis envolvidas na construção de uma obra. O objetivo proposto era integrar todas as informações do projeto em um único modelo, permitindo verificar se funcionariam em conjunto, minimizando impactos negativos decorrentes de modelagens realizadas separadamente.

De acordo com Bessoni (2018), países como Reino Unido, Holanda, Dinamarca, Finlândia, Noruega e Estados Unidos já exigem o uso do BIM em

projetos custeados pelo governo. No Brasil, o conceito vem se desenvolvendo ao longo dos anos, considerando o desenvolvimento econômico do país. O Governo Federal vai exigir o uso do BIM a partir de 2021, como parte da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil (Estratégia BIM-BR). Já existem incentivos por parte de alguns órgãos como, por exemplo, o Exército Brasileiro, o governo de Santa Catarina, o BNDES, a Caixa Econômica Federal e outros.

O cenário brasileiro está propício para o crescimento acelerado do modelo BIM, devido à necessidade de realização de diversas obras de infraestrutura, onde é preciso reduzir custos, otimizar prazos, melhorar a produtividade e qualidade do produto oferecido. A obrigatoriedade da utilização do modelo até 2021 força as empresas a adequarem ao modelo o quanto antes, sendo necessário realizar uma revisão dos seus atuais processos e incentivar a qualificação de seus funcionários nessa área.

2.1.2. Guias BIM ABDI-MDIC

Com o objetivo de disponibilizar informações que orientem a prática de planejar, projetar, contratar, fiscalizar e aceitar obras públicas ou privadas em aplicações BIM, o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) lançaram a Coletânea de Guias BIM ABDI – MDIC.

Ao todo são seis volumes de guias que estabelecem diretrizes para orientar no processo de projeto BIM. A ideia é tornar essa coletânea um ponto de referência para capacitação e qualificação técnica, além de contribuir para a redução de erros e melhoria da assertividade de editais, projetos, orçamentos e planejamento de obras públicas e privadas.

Os guias estão dispostos da seguinte forma:

Guia 1: O processo de projeto BIM;

Guia 2: Classificação da informação no BIM;

Guia 3: BIM na quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção;

Guia 4: Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia;

Guia 5: Avaliação de desempenho energético em projetos BIM;

Guia 6: A implantação de projetos BIM.

2.1.3. Guias BIM CBIC

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) desenvolveu a uma coletânea sobre o BIM, composta por cinco volumes que abordam diferentes temas, como fundamentos, implementação, colaboração e integração, fluxos de trabalho e formas de contratação. Produzido em parceria com o Sesi Nacional, o material tem o objetivo de tornar mais clara a utilização da ferramenta tecnológica e de orientar sua aplicação por construtoras e incorporadoras.

Os cinco volumes que compõe a coletânea são:

Volume 1: Fundamentos BIM;

Volume 2: Implementação BIM;

Volume 3: Colaboração e Integração BIM;

Volume 4: Fluxos de trabalho BIM;

Volume 5: Formas de Contratação BIM;

2.1.4. Os 25 casos de uso do BIM

Nos Estados Unidos, em dezembro de 2009, em um trabalho publicado pela *Pennsylvania State University*, foram identificados 25 diferentes usos para o BIM.

A Figura 1 os representa organizados de acordo com as correspondentes grandes fases do ciclo de desenvolvimento de um projeto.

Figura 1 – 25 casos de uso do BIM mapeados pela Pennsylvania State University



Fonte: CBIC (2016)

De acordo com o trabalho citado, o BIM está presente em toda a cadeia da construção. Ao decidir sobre o uso do BIM é importante que os participantes do empreendimento determinem quais objetivos pretendem alcançar com o uso desta tecnologia. É importante que as equipes envolvidas saibam qual é a utilização do BIM no projeto como um todo.

Assim, o estudo realizado pela universidade, com o conhecimento dos usos dos modelos BIM, mapeou os 25 casos de uso do BIM. Dentre estes casos, é possível destacar os mais comuns vistos no Brasil:

- Visualização do projeto;

- Logística de Canteiro;
- Visualização do planejamento;
- Levantamento de quantitativos;
- Estimativas de custos e orçamentação;
- Maquete eletrônica;
- Análise de Construtibilidade;
- Coordenação espacial;
- Coordenação de contratados;
- Rastreamento de Componentes;
- Gestão de Ativos;

2.1.5. Do AutoCAD ao Revit: Evolução dos softwares de projeto

De acordo com Comparim e Silva (2016), a sigla CAD significa *Computer Aided Design*, em português, Desenho Auxiliado pelo Computador. Sendo o software que utiliza a tecnologia CAD mais utilizado do mercado, o AutoCAD, um software da Autodesk - uma empresa de software de design e de conteúdo digital.

Conforme Rezende (2008), mesmo se tratando de uma grande revolução se comparado aos desenhos realizados à mão, o CAD nada mais é que uma prancheta virtual. Trata-se de um processo muito melhor, mas continua com linhas e pontos representando os objetos de uma edificação. Os desenhos contidos no CAD não contêm inteligência, tratam apenas de representações geométricas.

Seguindo este raciocínio, no caso de uma parede, por exemplo, no CAD ela é apenas um desenho, uma representação geométrica. Para que sejam obtidas as informações de qual é o material dessa parede, é necessário recorrer a outro desenho ou memorial descritivo. Para saber o custo, por exemplo, é preciso abrir uma planilha no Excel; se for preciso um corte no desenho da edificação para uma melhor visualização, é necessário desenhá-lo; se houver alguma alteração em qualquer um dos desenhos, essa alteração precisa ser feita manualmente em cada uma das vistas.

Ferreira (2007) explica que em um software BIM de projeto, há um comando específico para o projetista modelar essa parede, ou seja, o desenho pode

ser construído no computador com todas as informações sobre ela que o projetista quiser inserir. Dessa forma, o objeto parede sabe como se comportar quando for solicitado para uma análise de carga, sabe quais são os seus quantitativos para alimentar um orçamento. Além disso, como as informações estão interligadas, se houver alguma alteração em um desenho, essas alterações irão se repetir em todas as outras vistas e documentos do projeto. A Figura 2 ilustra o progresso na elaboração e representação de projetos ao longo da história, até a atualidade.

Figura 2 - A evolução dos projetos ou das representações e documentações das 'instruções para construir uma edificação ou instalação

Maquetes físicas	Pranchetas	CAD	BIM
			
Sem documentação	Apenas documentos (desenhos)	Apenas documentos (desenhos)	Modelos e documentos

Fonte: (CBIC, 2016)

Na mesma direção, para que tudo isso funcione, é preciso que os profissionais mudem não apenas os softwares que utilizam para projetar, orçar ou planejar, mas também a sua mentalidade e os processos utilizados no dia a dia de trabalho. O BIM também muda a forma como os profissionais interagem entre si por se tratar de uma metodologia mais colaborativa. Então podemos dizer que, mais que uma mudança de tecnologia, como aconteceu com o surgimento do CAD, o BIM é uma mudança de paradigma.

Na construção civil, o conceito CAD está sendo substituído pelos softwares BIM, tais como: Revit, ArchiCAD, Vectorworks, Infracore, Navisworks, Solibri, Tekla BIMsight, dentre outros.

A Tabela 1 expõe uma comparação entre os softwares AutoCAD e Revit em diferentes âmbitos.

Tabela 1 – AutoCAD vs REVIT

	AutoCAD	Revit
Definição	O AutoCAD é um software comercial amplamente utilizado para design assistido por computador 2D e 3D (CAD) e desenho. O aplicativo AutoCAD está disponível desde 1982 como um aplicativo de desktop e desde 2010 como uma aplicação móvel baseada na web e na nuvem comercializada como AutoCAD 360.	O Autodesk Revit é um produto que permite que os usuários criem um edifício, estrutura e seus elementos em 3D, a maneira de anotar o modelo com elementos de redação 2D e acessar informações de construção a partir da informação dos modelos de construção.
Indústria	O AutoCAD é empregado em uma grande variedade de indústrias, além de arquitetos, gerentes de projetos, engenheiros, designers e outros profissionais do ramo.	O software Revit é projetado principalmente para engenheiros estruturais, arquitetos, designers, engenheiros MEP e contratados.
Flexibilidade	O AutoCAD é muito flexível, pois você possui todos os comandos de superfície, malha e sólidos do AutoCAD.	Revit é mais rígido; você deve fazer as coisas de forma correta, pois você está construindo não apenas um modelo 3D, mas também um modelo que permite que você faça a coordenação do trabalho e muito mais.
Usabilidade	Com o AutoCAD você está trabalhando com linhas para criar geometria básica que representa objetos da vida real.	Com o Revit, você está trabalhando com geometria equipada com informações da vida real. Além disso, com o Revit enquanto você está operando em uma visão como um plano de piso, as visualizações alternativas são geradas de forma semelhante, como uma elevação como exemplo.
Visão de Mercado	O AutoCAD é considerado o melhor para o desenho em 2D, ou seja, onde apenas o trabalho de linha precisa é necessário, como desenhos de detalhes de elevação.	O Revit é considerado o melhor para modelagem, gerando horários de custos, colaboração e gerenciamentos de mudanças.

Fonte: adaptado de Oliveira *et al* (2011).

Segundo Souza *et al* (2011), a tecnologia BIM mostrou grandes vantagens na sua utilização através do software Revit, o qual despontou sua eficiência e facilidade na criação de projetos. A geração de vistas e quantitativos automatizados são umas das qualidades imprescindíveis deste programa.

É um software criado dentro do conceito de Modelagem da Informação da Construção. Atualmente desenvolvido pela Autodesk, permite ao usuário criar utilizando modelagem paramétrica de elementos. BIM é um conceito que permite o conjunto de informações geradas na produção de um edifício ou projeto, Revit é um software criado que utiliza este conceito.

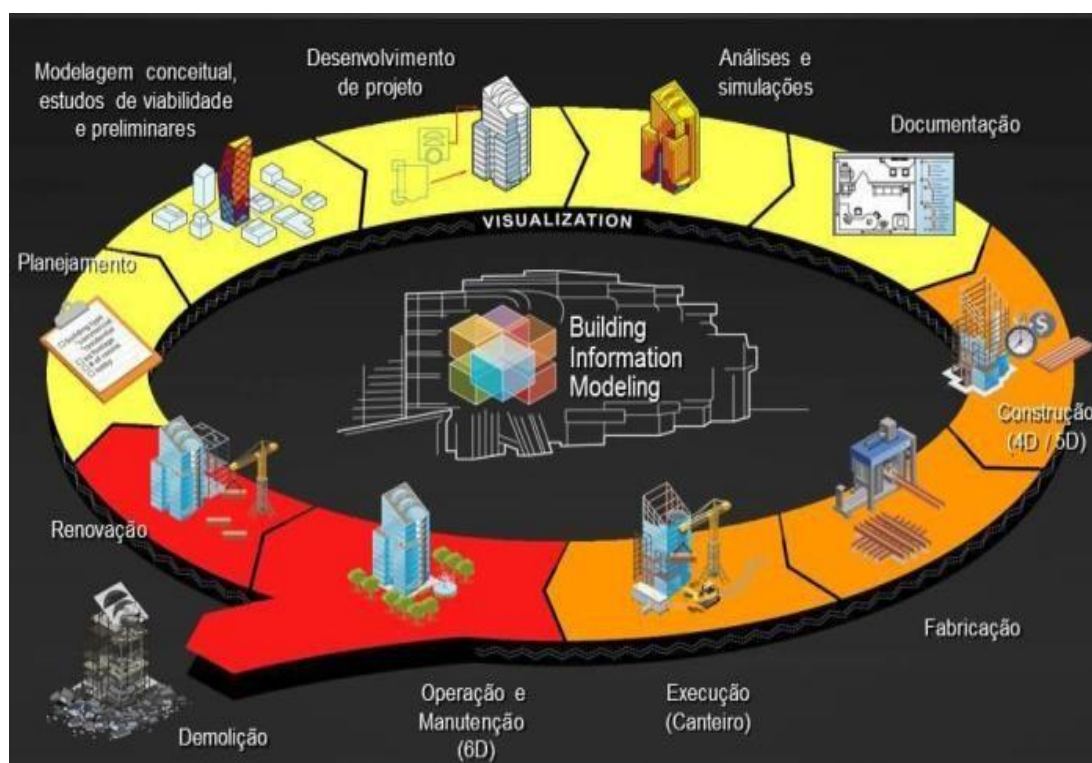
2.1.6. Ciclos de inserção do modelo BIM

Quanto à adoção do sistema BIM, Tobin (2008), classifica-o em:

- BIM 1.0: caracterizam-se por mudança do projeto bidimensional CAD, para 3D parametrizados, onde se restringe apenas aos projetistas sem a interferência de outros profissionais.
- BIM 2.0: compreende mais profissionais envolvidos englobando projetos arquitetônico, estruturais e instalações prediais, além de acrescentar os dados de tempo (4D), financeiro (5D), sustentabilidade (6D) e manutenção da obra (7D).
- BIM 3.0: fase da troca de informações entre os profissionais no desenvolvimento do projeto e permite uma colaboração a partir de um banco de dados, que em perspectiva poderá permitir que este banco de dados possa estar disponível na internet.

De acordo com Love (*et al.*, 2011), o aumento da complexidade dos projetos exige que os modelos BIM sejam cada vez mais criteriosos e desenvolvidos, de modo a proporcionar aos utilizadores uma vista total da incorporação do processo construtivo de modelo BIM. Assim, vão sendo acrescentadas novas dimensões ao modelo por meio de ciclos de inserção de informações, até estar concluído para a realização das simulações.

A Figura 3 apresenta uma representação de todo o ciclo de vida da edificação com as respectivas dimensões as quais estão inseridos, do 3D ao 7D.

Figura 3 – Ciclo de vida BIM

Fonte: adaptado de Manzione (2013)

- **3D – Representação:**

É o primeiro passo e compreende as informações geométricas e não geométricas, consiste na modelagem de todos os desenhos da construção em uma representação de terceira dimensão. Abrange a compatibilização dos projetos multidisciplinares, como hidráulico, sanitário, elétrico, entre outros.

Para a execução deste processo, deve haver uma atuação colaborativa entre os profissionais responsáveis por cada parte da obra. Este primeiro passo já permite a visualização de inconsistências entre cada um dos projetos.

- **4D – Análise do fator tempo:**

Esta etapa consiste na integração dos modelos já produzidos ao cronograma de obra. Possibilita a visualização do avanço da construção em uma linha do tempo do projeto, de modo que facilite a identificação de falhas no planejamento, como a necessidade de começar uma atividade que depende de outra ainda não encerrada, comparação com o que já foi executado e o previsto, de modo a auxiliar na tomada de decisão por parte da equipe.

- 5D – Análise de custos da obra:

Esse ciclo envolve a extração dos quantitativos dos modelos, associando-os à composição de preços unitários. O orçamento poderá ser atualizado automaticamente sempre que novas informações forem adicionadas.

- 6D – Análise de como o edifício irá se comportar em termos de sustentabilidade após a execução:

Nesta fase é possível realizar simulações térmicas para verificar a dinâmica de calor e luz nos ambientes em diversos períodos do dia e do ano, ajudando a diminuir os gastos com energia elétrica. O objetivo é alcançar o melhor desempenho do projeto pronto para alcançar a sustentabilidade.

- 7D – Aplicações dos softwares BIM para o gerenciamento do edifício após ser construído:

O último passo visa realizar a gestão do ciclo de vida do projeto. Pode-se gerar o *as built* do empreendimento com todas as informações de como ele foi construído, como por exemplo, data de instalação de um gerador, os manuais de uma bomba hidráulica, alterações de medidas de ambientes que foram feitas na obra. A intenção é garantir o controle de todos os dados referentes ao modelo.

2.1.7. Potencial benéfico da utilização do BIM na construção civil

A Modelagem da Informação da Construção compreende muitas funções necessárias para representar todo o ciclo de vida de um projeto, fornecendo a base para uma nova forma de projetar, construir, gerenciar e utilizar um empreendimento. Quando adotado corretamente, contribui para um processo de concepção e construção mais integrado, o que gera empreendimentos de maior qualidade a custos e durações menores (EASTMAN *et al.*, 2011).

A modelação por BIM favorece a colaboração entre a equipe responsável de um projeto; a troca de informações conforme o progresso de cada membro e otimiza o tempo gasto em alterações projetuais (SOUZA, 2011).

Desta forma, no contexto fragmentado da indústria de AEC, o BIM mostra-se como uma importante ferramenta, capaz de contribuir na integração dos processos a partir da eliminação de ineficiências e redundâncias, aumentando a

colaboração e comunicação, a fim de garantir melhores resultados de produtividade (CAMPBELL, 2007).

É grande o número de vantagens que o uso da tecnologia BIM promove na construção civil se comparado às modelagens básicas em CAD (*Computer Aided Design*), que corresponde apenas a processos de utilização de informações geométricas, enquanto nos softwares da tecnologia BIM é necessário considerar uma construção virtual, com todas as características inerentes à obra.

Dentre os benefícios pode-se destacar, conforme Checcucci *et al* (2011), na fase de modelagem, a elevação do nível de qualidade dos projetos, já que permite melhor especificação, quantificação e orçamentação. Também proporciona maior qualidade do produto oferecido, uma vez que o sistema possibilita a criação de modelos tridimensionais das obras, visualizando todo o empreendimento pronto e viabiliza alterações visuais no projeto. Na etapa orçamentária, é possível enfatizar uma estimativa mais precisa de custos, visto que a utilização da tecnologia BIM torna possível a visualização de todo o material necessário até a conclusão da obra.

Na mesma direção, promove benefícios ao cronograma físico-financeiro, de modo que favorece o aumento da eficiência, dado que os modelos em BIM permitem a simulação de toda a obra com a inserção de prazos para cada uma das atividades, possibilitando verificar se a construção poderá ser entregue no período desejado ou não. Também é exequível a inserção de dados acerca de intempéries, tempo para a preparação do terreno, necessidades de cada uma das etapas construtivas, o que torna possível acompanhar a eficiência da obra e tomar as devidas providências caso algo esteja diferente do que foi planejado.

Na fase de execução, propicia uma melhor funcionalidade, diminuindo a quantidade de erros e retrabalho. Além disso, é válido ressaltar as vantagens relacionadas à sustentabilidade, na medida em que há uma redução na produção de resíduos, e conseqüentemente, uma diminuição no impacto ao meio ambiente.

A implantação da tecnologia BIM resulta em projetos com maior qualidade e permite cooperação entre os projetistas, construtores e todas as partes envolvidas no ciclo de vida de uma obra. Além de proporcionar o entendimento mais claro e objetivo de todos os profissionais envolvidos no processo.

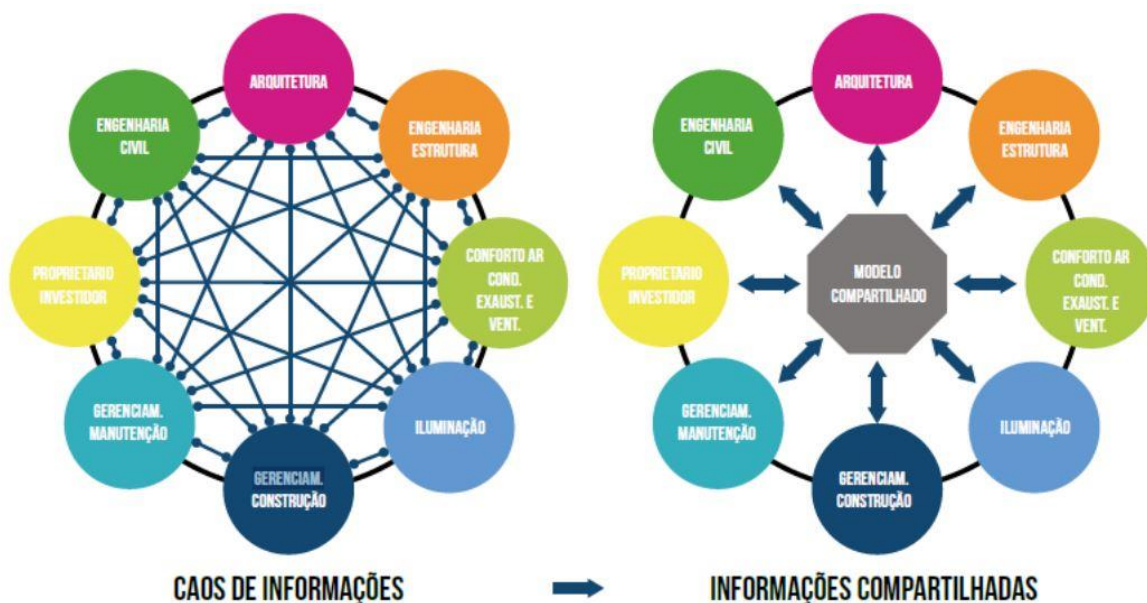
Manzione (2013) explicita que o conceito BIM transforma o modelo projetado em uma representação fiel da construção. A compatibilização dos projetos de todas as disciplinas visualiza as inconformidades antes de iniciar a execução, o que permite a verificação de falhas no projeto, atrasos, erros e desperdícios.

O principal benefício do modelo BIM é consequência da habilidade de partilhar um único modelo digital integrado e consistente, que tem capacidade de suportar todos os aspectos no ciclo de vida do projeto na construção (CRESPO; RUSCHEL, 2007).

Devido a esse compartilhamento de informações em um só modelo digital, as equipes de profissionais envolvidos podem comunicar melhor suas ideias e ações, difundindo o seu conhecimento e permitindo uma melhor compreensão dos profissionais acerca dos objetivos do empreendimento (BLANCO, 2011).

A Figura 4 mostra os fluxos de informações sem e com o uso da tecnologia BIM respectivamente.

Figura 4 – Fluxo de informações



Fonte: (CBIC, 2016)

Um estudo comparativo da tecnologia CAD com a tecnologia BIM realizado por Costa, Figueiredo e Ribeiro (2015), mostrou que evolução da tecnologia no setor de projetos tem sido significativa nos últimos tempos, surgindo, a cada período, mais ferramentas que buscam revolucionar o mercado.

O aparecimento do BIM representa uma melhora em relação à aplicação da ferramenta 3D e um grande desenvolvimento quanto à automatização do processo de desenho.

Outra vantagem é a possibilidade de atribuir ao desenho propriedades gráficas que tornam a sua apresentação, para uma pessoa que não é da área, mais fiel ao que será na realidade. Com a execução de uma planilha de custos e a interoperabilidade existente, a tecnologia BIM passa a ter outra vantagem em relação ao CAD: a economia de custo e tempo da construção. Isso aumenta a produtividade das empresas e permite melhor planejamento da obra, evitando erros diversos, desde a comunicação entre os projetistas até a quantidade de materiais necessários à obra.

2.2. BIM sob a perspectiva da coordenação e integração de projetos

A indústria da construção civil busca cada vez mais otimizar os processos de construção, para tornar as edificações mais eficientes e de menor custo. Para alcançar esses objetivos, cada vez mais são inseridas e utilizadas novas tecnologias no setor, com o objetivo de atender a essa demanda. No âmbito da coordenação de projetos, o trabalho do engenheiro não se limita apenas a modelagem, deve-se calcular, estar de acordo com as normas e ter conhecimento de todos os processos para garantir a eficiência do sistema.

2.2.1. Colaboração, integração e coordenação de projetos

A indústria da construção civil desenvolve edifícios que são estruturas decorrentes de um longo processo de projeto, planejamento e construção. As equipes de projeto multidisciplinares envolvem a participação de vários agentes, em uma associação temporária, com diferentes habilidades, estruturas de trabalho e necessidades de informações diversas.

Em geral, cada subsistema do edifício é projetado por um profissional de uma área de atuação específica. Desse modo, é responsabilidade do coordenador de projetos a compatibilização das diversas disciplinas associadas, uma vez que

surtem inúmeros conflitos devido à falta de cooperação entre os envolvidos no processo. Isso ocorre em função de um fluxo contínuo de troca de informações e interdependência entre os envolvidos (RUSCHEL et al., 2013). Considerando-se que as tecnologias de informação estão sendo cada vez mais utilizadas no setor da construção, os profissionais podem empregá-las com o objetivo de melhorar a qualidade e a produtividade em todos os subsistemas do edifício e em todas as etapas dos empreendimentos.

Melhado (2006) destaca a complexidade crescente das edificações, fator que vem exigindo um número cada vez maior de projetistas e consultores, ficando claro que a evolução do setor de construção de edifícios deve produzir novas situações sócias técnicas que possibilitem o trabalho colaborativo, pois as práticas convencionais de trabalho, pouco colaborativas, não conseguem responder adequadamente às demandas do mercado.

A junção entre as disciplinas e profissionais é um dos principais pontos para alcançar o sucesso de um projeto que se baseia no modelo do BIM, deve-se englobar o modelo como um só e não apenas como desenhos isolados.

Segundo Leicht (2009), existem três elementos que definem colaboração:

1. A colaboração é um processo;
2. A colaboração envolve a interação de duas ou mais pessoas;
3. As pessoas precisam trabalhar juntas em direção a um objetivo.

Trabalhar de forma coletiva pode levar profissionais e empresas a obterem melhores resultados, interna e externamente ao ambiente das empresas. O BIM impõe o desenvolvimento de novas formas de colaborar, produzir e compartilhar o conhecimento. Neste contexto, é fundamental a compreensão de que a tecnologia por si só não tem o poder de resolver todos os problemas da gestão da informação durante o ciclo de vida da edificação.

Assim, faz-se necessário analisar e atualizar os processos envolvidos, revendo cada função no processo de modelagem. A edificação deverá ser concebida através da participação multidisciplinar integrada, onde todos tenham a compreensão global do modelo, viabilizando a transferência contínua de conhecimento entre os diversos participantes.

Todos os projetistas, de acordo com suas disciplinas de projetos, deverão desenvolver o arquivo de projeto em BIM, devendo cada um deles se preocupar em garantir a compatibilidade do seu trabalho com o dos demais membros e suas equipes e entre as equipes responsáveis pelas outras disciplinas, colaborando com a coordenação e compatibilização dos projetos.

O coordenador de projetos é o responsável pela integração e compatibilização de todos os projetos. O coordenador deverá gerenciar todo o contrato e a equipe interdisciplinar que irá desenvolver os projetos. Tem como responsabilidade fornecer à fiscalização e a sua equipe técnica: cronogramas; relatórios técnicos; fluxogramas relativos ao desenvolvimento dos trabalhos; mantendo atualizadas todas essas informações.

É o responsável pela coordenação do modelo, integração das informações e sincronização das atividades, estabelecendo a estratégia do trabalho colaborativo. Deverá entender do fluxo de informações, do gerenciamento do projeto e das diferentes necessidades de cada equipe; conhecendo os aplicativos utilizados, os sistemas relacionados, a infraestrutura em rede, e as novas tecnologias.

2.2.2. O IFC e a interoperabilidade

Para que o setor da construção civil possa usufruir dos benefícios do BIM, as necessidades de troca de informações entre os diferentes agentes devem ser plenamente atendidas. De acordo com Scheer e Ayres Filho (2009), a interoperabilidade pode ser entendida como um mapeamento das estruturas internas de dados nas ferramentas envolvidas em relação a um modelo neutro, independente de fabricantes.

Espera-se que a interoperabilidade aconteça através do estabelecimento de um padrão para o intercâmbio de dados entre diferentes aplicativos de forma otimizada, mantendo a semântica existente nos objetos e a consistência das informações. O modelo neutro atualmente proposto para a modelagem da informação da construção é o IFC.

O *Industry Foundation Classes* (IFC) é um modelo de dados registrado pela *International Organization for Standardization* (ISO) como ISO 16739-1:2018, que define como trocar ou compartilhar informações de um edifício.

Foi criada em 1994 a *Industry Alliance for Interoperability*, que foi renomeada em 1997 para *International Alliance for Interoperability* (IAI), uma organização sem fins lucrativos com o objetivo de promover o IFC como um produto neutro para dar suporte ao ciclo de vida do edifício. Em 2005, a IAI foi renomeada como buildingSMART, especializando-se no uso do BIM e do IFC como propulsores de formas mais inteligentes de trabalho.

Eastman et al. (2011) explicam que o IFC foi desenvolvido para criar um grande conjunto de dados consistentes para representar um modelo de dados de um edifício, com o objetivo de permitir a troca de informações entre diferentes fabricantes de software na AEC.

O IFC é “uma descrição digital padronizada do ambiente construído, que inclui edifícios e infraestrutura civil. É um padrão internacional aberto, destinado a ser neutro ou independente do fornecedor e utilizável em uma ampla gama de dispositivos de hardware, softwares e interfaces.” (BUILDINGSMART, 2019).

A Tabela 2 apresenta os formatos oficiais de um arquivo IFC, com suas respectivas extensões, tamanhos e resumos explicativos sobre cada formato.

Tabela 2 – Formatos oficiais do arquivo IFC

FORMATO	EXTENSÃO	TAMANHO	RESUMO
STEP Physical Format (SPF ou IFC-SPF)	.ifc	100%	O STEP Physical Format (SPF ou IFC-SPF) é o formato mais amplamente utilizado para a IFC na prática, é baseado no padrão ISO para representação em texto não criptografado dos modelos de dados EXPRESS (ISO 10303-21).
Extensible Markup Language (XML) Extensible Markup Language (XML)	.ifcXML	113%	A Linguagem de Marcação Extensível (XML) fornece legibilidade aprimorada e benefícios de uma ampla gama de ferramentas de software. O ifcXML é baseado no padrão ISO para representação de dados STEP no formato XML (ISO 10303-28).
ZIP	.ifcZIP	17%	Os dados IFC podem ser incorporados a um arquivo ZIP. Os dados incorporados podem ser codificados como SPF ou XML, onde o tamanho resultante é normalmente comparável.

Fonte: Adaptado de buildingSMART (2019)

2.2.3. Nível de desenvolvimento do modelo (LOD)

O *Level of Development* (LOD), em português Nível de Desenvolvimento, determina o nível de detalhamento e precisão à realidade esperado de cada objeto da edificação (ex.: pilar, viga, janela), seja em termos visualização, seja em termos de dados contidos neste.

O desenvolvimento do projeto requer níveis de detalhamento apropriados às diversas fases da projeção para cada uso pretendido da informação. Por exemplo, um modelo utilizado para o estudo de massa requer muito menos detalhe do que um modelo necessário para a execução da obra. Assim, foram estabelecidos diferentes tipos de modelos (KYMMELL, 2008).

As informações necessárias sobre componentes variam conforme a fase do projeto, o que leva à necessidade de versões variadas do mesmo objeto. O ideal seria ter vários níveis de desenho do mesmo objeto, um com todas as informações e detalhes e outras versões mais simplificadas. Os produtos de cada fase ou etapa do projeto precisam ser definidos sucintamente para que os membros da equipe entendam o nível de detalhe no qual eles devem trabalhar e quais decisões devem ou não estar finalizadas.

De acordo com MANZIONE (2013), os níveis de desenvolvimento são representados em uma escala que varia em cinco graus, correspondendo a um detalhamento que vai ocorrendo progressivamente ao longo do projeto: 100 (fase conceitual), 200 (geometria aproximada), 300 (geometria precisa), 400 (execução ou fabricação) e 500 (obra concluída). Essa escala foi feita em graduações de 100 unidades, prevendo a possibilidade futura da criação de níveis intermediários.

O *American Institute of Architects* (AIA) produziu diretrizes para os diversos LOD em virtude de alguns usos do BIM. Dessa forma, ao uso do BIM para projeto estão associados outros usos, como planejamento, custos, cumprimento de programa, etc. A precisão geométrica do modelo e as informações não geométricas podem ser associadas aos LOD.

- **Modelo conceitual (LOD 100):** possui alto grau de abstração, utilizado para discutir alternativas de concepção para a edificação entre os membros da equipe de projeto.

- **Modelo de projeto (LOD 200/300):** tem nível médio de detalhes e informações. Possui representações de todos os componentes principais, tais como paredes, portas, janelas, elementos estruturais básicos – colunas, vigas etc. Durante esta fase, os objetivos principais do modelo são: a análise do projeto, a comunicação entre os membros da equipe e as aprovações externas. São produzidos pelo escritório de arquitetura e pode incluir consultores, como os engenheiros estruturais e de instalações. Podem ser feitas análises e simulações, objetivando a obtenção de melhores alternativas para a edificação.

- **Modelo de construção (LOD 400):** tem alto nível de detalhes e informações. Deve conter elementos suficientes dos diversos sistemas – elétrico, hidráulico, incêndio, ar condicionado etc. – para que os conflitos possam ser detectados e resolvidos com precisão. Deve conter os meios e métodos para a construção do edifício, sendo utilizado para estudos de construtibilidade, análise detalhada de custos, planejamento da construção etc.

- **Modelo as-built (LOD 500):** é o modelo tal como está construída a edificação. Deve ser atualizado durante a fase de pré-construção e continuar na fase de construção, de modo que o modelo possa permanecer uma cópia atualizada e precisa da edificação. Só é finalizado após a conclusão da obra, e deve ser utilizado na etapa de uso da edificação para fins de operação e manutenção ao longo da sua vida útil.

A Tabela 3 explana sobre os níveis de desenvolvimento do modelo BIM, elucidando seus respectivos conteúdos e especificações em cada fase de desenvolvimento do modelo.

A Tabela 4 ilustra todos os níveis de desenvolvimento do modelo BIM.

Tabela 3 – Níveis de desenvolvimento do modelo BIM

Níveis de Desenvolvimento - Especificação e Usos do BIM					
Níveis >	100	200	300	400	500
Conteúdo do Modelo	Conceitual	Geometria aproximada	Geometria precisa	Execução - fabricação	As built
Projeto e Coordenação	Estudos de massa, volumes, zonas, modelados em 3 dimensões ou representados por outros dados	Os elementos são modelados de forma genérica e aproximadas de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização, informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo	Os elementos são modelados de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo	Os elementos são modelados com os objetivos de montagem, de forma precisa e exata de suas dimensões, peso, quantidades, orientação e localização contendo o detalhamento completo de fabricação e montagem. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo	Os elementos são modelados conforme construídos com informações precisas e exatas das dimensões, peso, quantidades, orientação e localização. Informações não geométricas podem ser anexadas ao modelo
Planejamento	Duração global da obra, macro planejamento, fases e maiores elementos	Escala de tempo, apresentação ordenada dos elementos principais	Apresentação ordenada pelo tempo das atividades principais e de conjuntos detalhadas	Fabricação e detalhes de montagem, incluindo meios e métodos de construção (gruas, elevadores, escoramentos, etc.	
Estimativa de custos	Custos estimados: exemplo R\$/m² de área de construção, R\$/leitos hospitalares, R\$/quarto de hotel	Custo estimado baseado em dimensões de elementos genéricos como paredes, lajes, etc.	Custos baseados em dimensões precisas e especificações completas e detalhadas	Preços confirmados em propostas de fornecedores	Custos realizados

Fonte: Adaptado de Building Information Modeling Protocol Exhibit (2008)

Tabela 4 – Evolução do Nível de Desenvolvimento (LOD) do Modelo BIM

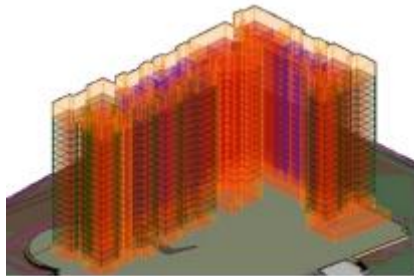
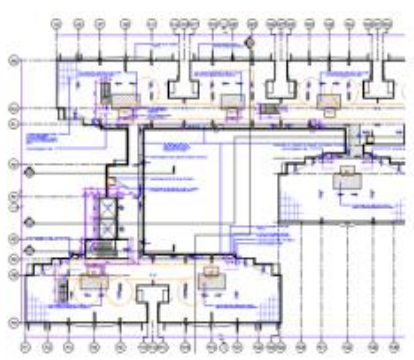
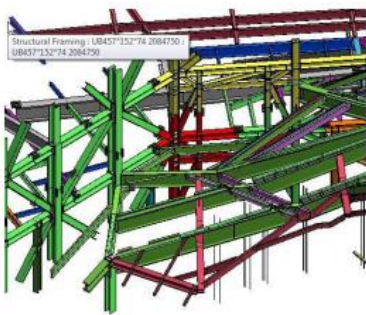
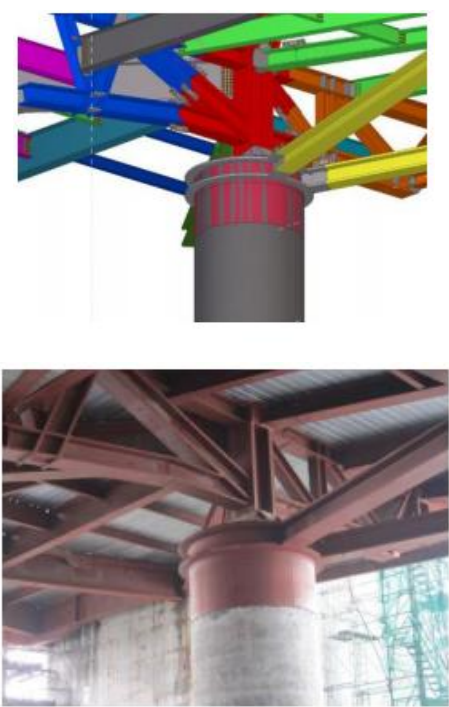
FASE	LOD	CONTEÚDO DO MODELO	ILUSTRAÇÃO
Conceitual	100	Estudos de massa conceituais com dimensões, áreas, volumes, locação e orientação apenas indicativos.	
Geometria aproximada	200	Visão geral do edifício e de seus sistemas com dimensões, forma, locação, orientação e quantidades aproximadas. Podem ser inseridas propriedades não geométricas nessa fase.	
Geometria precisa	300	Versão mais precisa e detalhada dos componentes e sistemas do edifício, com precisão nas dimensões, forma, locação, orientação e quantidades. Podem ser inseridas propriedades não geométricas nessa fase.	 
Execução/fabricação	400	O modelo para fabricação e montagem é apresentado com maior precisão de detalhes que na fase de LOD 300. Porém, se houver necessidade os detalhes podem ser completados em modelos 2D.	

Tabela 4 – Evolução do Nível de Desenvolvimento (LOD) do Modelo BIM (continuação)

FASE	LOD	CONTEÚDO DO MODELO	ILUSTRAÇÃO
As built	500	O modelo é detalhado com o mesmo nível de precisão do estágio anterior, mas é atualizado a partir das modificações ocorridas em obra, de forma a retratar o edifício exatamente como foi construído.	

Fonte: Adaptado de Building and Construction Authority (2012)

2.3. Obstáculos recorrentes do processo de aplicação do BIM

Apesar do crescimento da produção, ainda existe um caminho árduo a seguir na implementação do BIM no Brasil e esse processo exige a colaboração dos setores público e privado, além de agentes e instituições da AEC como as universidades, que possuem papel fundamental na formação dos profissionais que irão atuar no mercado de trabalho. Isso se deve ao fato de que o BIM, por si só, não é capaz de alterar os fluxos de trabalho inerentes a ele, sendo necessária uma mudança cultural na indústria AEC e na academia.

De acordo com Andrade (2018), a indústria da construção no Brasil tem demonstrado grande interesse em inovações tecnológicas, projetuais e gerenciais como o BIM, uma metodologia de gerenciamento da informação da construção que utiliza inovações tecnológicas para otimizar os processos de projeto. Entretanto, os cursos superiores relacionados à construção civil devem implementar conteúdos

relacionados a esse novo recurso, caso contrário, os profissionais não terão a formação necessária para adotar o BIM no mercado de trabalho.

A adoção desta metodologia exige às empresas adaptação e a reformulação da organização, sendo necessários novos procedimentos. Em alguns países, foram desenvolvidas normas que apoiam e orientam a adoção desta metodologia, guiando as empresas em termos de processos internos e externos. Para que esta metodologia seja aplicada em toda a sua potencialidade, os agentes envolvidos no ciclo de vida de um edifício devem ter esta metodologia implementada, de forma a garantir um processo colaborativo que envolva todos.

A adoção do BIM impacta a indústria AEC em diferentes níveis e áreas de conhecimento. A utilização dessa plataforma com o único objetivo de modelar objetos 3D em ambiente digital, não alterando ou alterando minimamente o fluxo de trabalho no desenvolvimento de projetos, não trazem benefícios suficientes que justifiquem seu uso (OLIVEIRA e PEREIRA, 2011).

Ainda é necessária uma evolução no uso dos recursos do BIM para se ter um bom aproveitamento de suas capacidades. Sua implementação pode ser mensurada por estágios de consolidação que apresentam progressivos níveis de colaboração entre equipes, coesão do processo projetivo e otimização da utilização das ferramentas digitais (ANDRADE e RUSCHEL, 2011).

As maiores dificuldades encontradas na adoção da tecnologia BIM referem-se ao custo elevado dos softwares e ao tempo necessário para treinamento de pessoal. Segundo Ito (2007), embora a tecnologia exista para melhorar a eficiência e a eficácia na manipulação dos dados multidisciplinares que envolvem a construção de uma edificação, o setor resiste em adotá-la, pelo longo processo de aprendizagem e pelos custos envolvidos na implementação do sistema.

A reestruturação dos processos de trabalho, a definição de padrões e de normas comuns às diversas disciplinas, a criação de bancos de dados com elementos nacionais e regionais utilizados na construção civil, a complexidade conceitual, a falta de mão de obra qualificada, muitas questões de interoperabilidade ainda sem solução, são alguns obstáculos na implantação da tecnologia BIM. Apesar das suas potencialidades, muitas razões interferem na difusão e adoção do paradigma conforme apontam Checcucci e Amorim (2008, p. 18):

[...] talvez pela falta de divulgação de estudos técnico-científicos que possam apontar caminhos mais seguros quanto à adoção das mesmas,

seja pela carência de produtos direcionados ao mercado brasileiro que incorporem os padrões, terminologias e metodologias de trabalho aqui utilizadas, seja ainda pela desorganização do setor de AEC e dos altos custos envolvidos.

Entre os principais desafios destaca-se a qualificação de pessoal, visto que os profissionais deverão disponibilizar tempo para a aprendizagem da tecnologia e para a reorganização dos processos de trabalho, deixando de lado a resistência e o medo de mudanças. Em pesquisa realizada no Laboratório de Computação Gráfica Aplicada à Arquitetura e ao Desenho, da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, constatou-se a partir das investigações efetuadas sobre o BIM, que a maior barreira para sua adoção é a “resistência e medo de mudanças” e a maior dificuldade para seu uso é “a integração com a equipe de parceiros”. (CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2013).

Percebe-se que existe resistência ao “novo”, mas há também uma conscientização da necessidade de mudança nos processos de trabalho, para que a implantação do BIM ocorra de forma eficaz. Como visto anteriormente, o processo projetual precisa ser modificado. Para tanto, faz-se necessária a integração com a equipe de parceiros e o estabelecimento de nova metodologia de trabalho.

Segundo Ruschel *et al* (2011), os integrantes do processo deverão trabalhar colaborativamente, compartilhando informações e experiências e enriquecendo a solução dada para a edificação. Isso demanda a gestão de informação, de pessoal e de processos. Observou-se que no país, a modelagem da informação da construção já é utilizada nas fases de projeção, planejamento e gerenciamento da construção, mas ainda é pouco empregada em outras etapas do ciclo de vida da edificação, especialmente na de uso (operação e manutenção), inferindo-se a necessidade da melhor consolidação de conceitos e outras informações sobre o tema.

Diante disto, ressalta-se a importância do papel a ser cumprido pelas universidades e entidades de classe, que devem trabalhar questões da formação e da difusão sobre BIM. Cabe às universidades a revisão de currículos, assumindo as responsabilidades pelo ensino e a pesquisa em BIM em todas as suas dimensões. Diante da inexistência de normas, padrões e terminologia comuns entre as diferentes disciplinas envolvidas na projeção, construção, operação e manutenção

da edificação, faz-se necessária a definição de metodologias e padrões para que os diversos profissionais envolvidos neste processo possam realizar a troca de informações.

No ambiente colaborativo de trabalho com o BIM, existem ainda outras questões para serem resolvidas, como a proteção da informação inserida no modelo, devendo ser definidos os níveis de acesso, o controle de versões, a certificação de autoria e a origem da documentação legal gerada a partir do modelo. Para tanto, é necessária a adoção de novas abordagens para os vários procedimentos, como contratação, produção de documentos, responsabilidades legais, formas de entrega, entre outras (SCHEER; AYRES FILHO, 2009).

Para que o BIM seja utilizado em todo o ciclo de vida da edificação, as informações acerca do edifício virtual serão inseridas por meio de diferentes ferramentas. A troca de informações entre esses programas deve ocorrer sem perda de dados, evitando o retrabalho de inserção de elementos perdidos, e garantindo a utilização eficiente da informação.

Com isso, precisa existir interoperabilidade entre estas diferentes ferramentas, questão esta ainda não plenamente resolvida. Mesmo com o uso de um padrão neutro, muitos dados ainda são perdidos, gerando retrabalho e reentrada de dados. O desenvolvimento de bibliotecas de famílias de componentes normatizados a serem utilizadas na criação do modelo, facilitando o processo de projeto, é um assunto ainda em aberto. Parte dessas bibliotecas deveria ser confeccionada pelos fornecedores de componentes da construção, mas ainda não existe uma quantidade suficiente delas, desenvolvidas e disponíveis.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos adotados para a realização deste trabalho têm o intuito de alcançar os objetivos propostos na pesquisa. Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico exploratório, a fim de compreender melhor o conceito de tecnologia BIM, suas interfaces e sua implementação no atual cenário da construção civil.

A partir dessa revisão teórica acerca do tema abordado, foram definidas as diretrizes a serem seguidas para o desenvolvimento de um projeto de pequeno porte de alvenaria estrutural de uma residência unifamiliar.

A modelagem dessa concepção em BIM foi realizada no software de modelagem Autodesk Revit 2019, uma vez que é uma solução que permite o trabalho na área estudada e tem um bom grau de interoperabilidade com outros softwares, o qual permite gerar arquivos em formato IFC.

A fim de tornar possível realizar a comparação e a verificação das vantagens da utilização do modelo em BIM em relação ao modo usual de projetar, o projeto também foi desenvolvido no software AutoCAD 2019.

A modelagem dos projetos de alvenaria estrutural foi desenvolvida nos softwares Revit e AutoCAD, baseados nos conhecimentos adquiridos na disciplina de alvenaria estrutural e no livro “Alvenaria Estrutural: Construindo conhecimento” de Mohamad *et al.* (2017).

O primeiro passo foi a definição da família de blocos estruturais a ser utilizado, sendo ela 19x19x39cm, após isso, a criação da planta baixa da edificação.

Para desenvolvimento do projeto no AutoCAD, por se tratar de um software que dispõe apenas de linhas geométricas, sem carregar informações reais, a partir da criação da planta baixa, foram dispostos os blocos estruturais para execução das plantas de primeira e segunda fiada.

Em seguida, foram desenvolvidas individual e manualmente as elevações das paredes da residência. Seguidamente, foram dispostos os pontos de grauteamento e vergalhões em cada parede. Bem como, a representação de fundação, piso, laje e platibanda da edificação. Em ato contínuo, foi realizado o detalhamento de todas as vistas do projeto, indicando os tipos de blocos, vergalhões e dimensões do modelo.

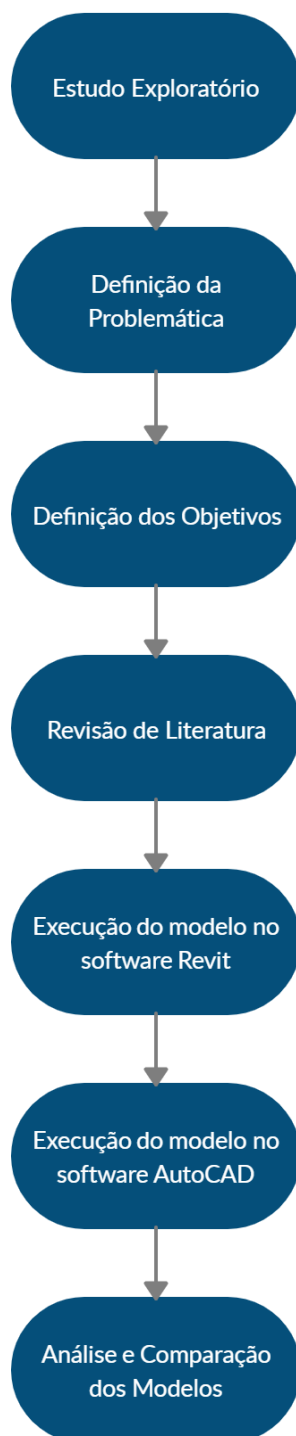
No desenvolvimento do projeto no Revit, por se tratar de um software que carrega informações reais dos materiais que compõe a obra, primeiramente foi preciso desenvolver blocos e canaletas que fossem compatíveis com os materiais e dimensões escolhidos.

Após isso, a partir da planta baixa foram dispostas as plantas de primeira e segunda fiada, seguidamente foram geradas as elevações do projeto e então a elevação das fiadas de blocos dispostos até chegar à altura prevista do pé direito. Logo após, foi previsto onde seria necessário trocar os blocos por canaletas para executar vigas, vergas e contravergas, bem como, a disposição de meio blocos e blocos e meio, para evitar ocorrência de junta prumo, que se trata da coincidência de duas juntas de blocos.

Seguidamente, foram dispostos os pontos de grauteamento e os vergalhões de aço. Após isso, previmos a fundação e o piso da edificação, em seguida a laje e a platibanda. Posteriormente, foi realizada a fase de detalhamento, indicando cada tipo de bloco e vergalhão utilizado, as dimensões e as especificações dos demais elementos.

A partir daí, o software já gerou uma vista tridimensional de toda a edificação, o que tornou possível visualizar com clareza o que foi projetado, bem como extrair muitos detalhamentos que serão de grande valia para um melhor entendimento na fase de execução. Prontamente, foi possível gerar tabelas de quantitativos dos materiais utilizados.

Após a modelagem dos projetos, será realizado um comparativo do processo de projeto desenvolvido em cada software realizou-se a análise das vantagens da utilização do conceito BIM em relação à forma convencional de projetar. Esta pesquisa busca ampliar a discussão sobre a tecnologia BIM na indústria da construção civil, mostrando os benefícios de sua adoção na realização de projetos (Figura 5).

Figura 5 – Fluxograma Geral da Pesquisa

A caracterização da pesquisa deste trabalho quanto aos aspectos metodológicos, de acordo com a pesquisa de GERHARDT e SILVEIRA (2009), quanto à abordagem, é considerada qualitativa, já que promoverá a verificação da colaboração entre as diversas disciplinas de projeto e a análise da importância de

adoção a esse conceito, sem realizar análise numérica. Quanto à natureza, a pesquisa é considerada aplicada, uma vez que será executada a aplicação prática da modelagem de uma residência unifamiliar, com a utilização de um software. Com relação aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, que busca proporcionar maior familiaridade com o tema abordado e uma conscientização da importância da disseminação dessa tecnologia na cadeia da construção. Quanto aos procedimentos, é caracterizada como uma pesquisa bibliográfica, posto que é desenvolvida baseada em referências teóricas já existentes sobre o assunto, propondo ampliar a discussão sobre este tema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tendo em vista o desenvolvimento do setor de projetos, a mudança marcante que existiu até hoje foi a transferência do desenho manual para o desenho computadorizado. Essa evolução marcou a indústria de projetos, por permitir que os desenhos passassem a ser executados num tempo mais reduzido e de forma mais padronizada.

Hoje, o conceito BIM é uma metodologia aplicada ao desenvolvimento do desenho computadorizado, com crescente número de ferramentas que servem para auxiliá-lo. Antes de qualquer aprofundamento, umas das primeiras diferenças que vem à mente, quando as ferramentas CAD e BIM são citadas, é a maior facilidade com que os projetos são modelados em formato 3D usando o segundo modelo.

Isso se deve ao fato de que, no AutoCAD, faz-se apenas uma representação tridimensional da realidade, enquanto o projeto no Revit já é visto como uma construção virtual, reunindo informações associadas a cada elemento dela. No AutoCAD, todas as informações devem ser inseridas e editadas manualmente, enquanto, no Revit, os cortes, as vistas e a perspectiva são geradas automaticamente, bastando determinar na planta, no caso dos cortes, onde eles irão passar.

Esses, por sua vez, poderão ser editados manualmente ou simplesmente pela edição da planta, o que o torna um sistema interligado. Além disso, quando se deseja inserir um novo objeto no Revit, como uma esquadria, por exemplo, especifica-se previamente alguns de seus parâmetros, como cor, material e textura. Isso permite que se criem produtos com dimensões variadas, mas seguindo parâmetros já estabelecidos. Ao se inserir a esquadria, então, o projetista tem a opção de definir apenas sua altura e largura.

Outra diferença marcante entre um projeto feito no AutoCAD e no Revit, é que o último permite ao projetista não só desenvolver o desenho em si, mas também atribuir detalhes estruturais e simular interferências externas e internas. Ao desenhar uma parede, por exemplo, pode-se agregar não apenas os parâmetros geométricos, como espessura, comprimento e altura, mas também detalhes do material que a compõe. Eles possuem propriedades gráficas que serão representadas, automaticamente, nos cortes, fachada e perspectiva.

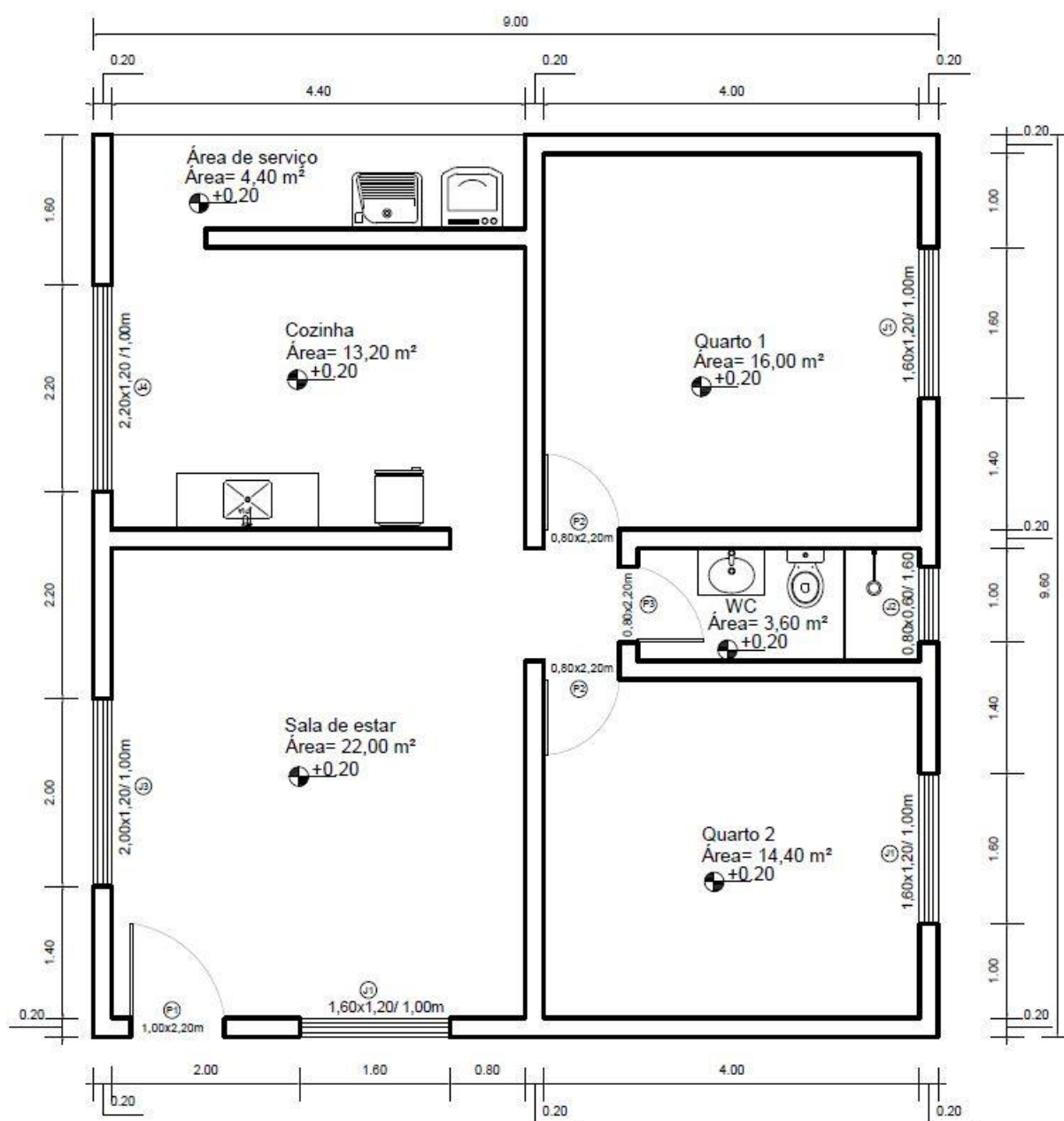
Isso permite que o projeto, na sua fase final, se torne mais real aos olhos de uma pessoa que não domina as técnicas, fazendo assim com que a apresentação para o cliente se torne mais clara e dinâmica. Além disso, o Revit fornece um planejamento mais detalhado da obra e, conseqüentemente, com menores riscos de erro.

Isso acontece porque é possível detalhar o material que será utilizado, assim como o custo e o tempo gasto para que esse seja utilizado. Com isso, tem-se uma planilha com o cronograma da obra, que permite melhor acompanhamento e possíveis mudanças no decorrer da construção. O que antes era pensado só durante a realização da obra, agora pode ser pensado em fase de projeto, otimizando o tempo e permitindo que possíveis erros sejam percebidos antes de cometidos e, portanto, evitados.

4.1. Processo de projeto

A partir da elaboração da planta baixa de uma residência unifamiliar, foi desenvolvido o projeto de alvenaria estrutural da mesma nos softwares AutoCAD (Figura 6) e Revit (Figura 7).

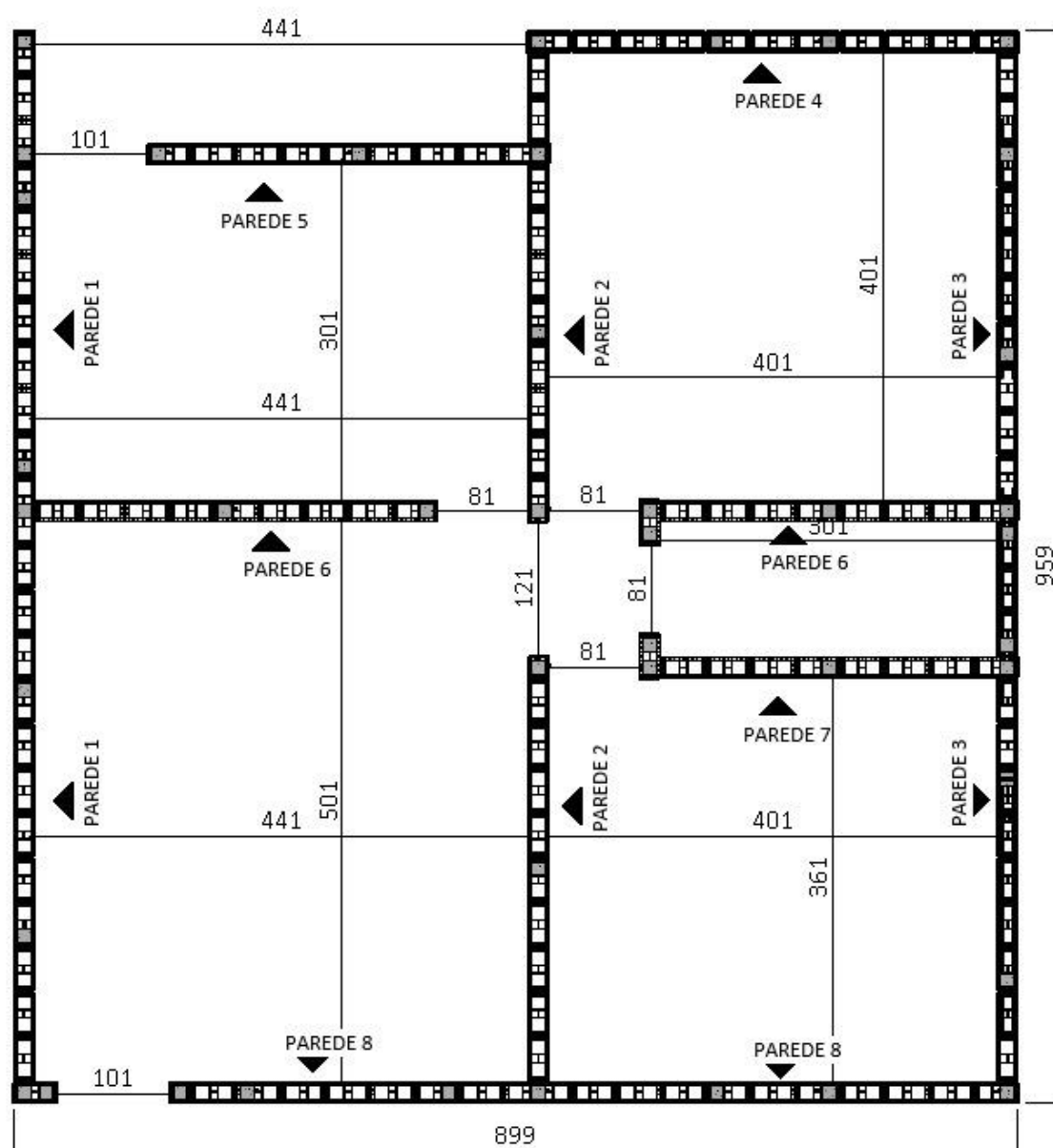
Figura 6 – Planta baixa da residência executada no AutoCAD



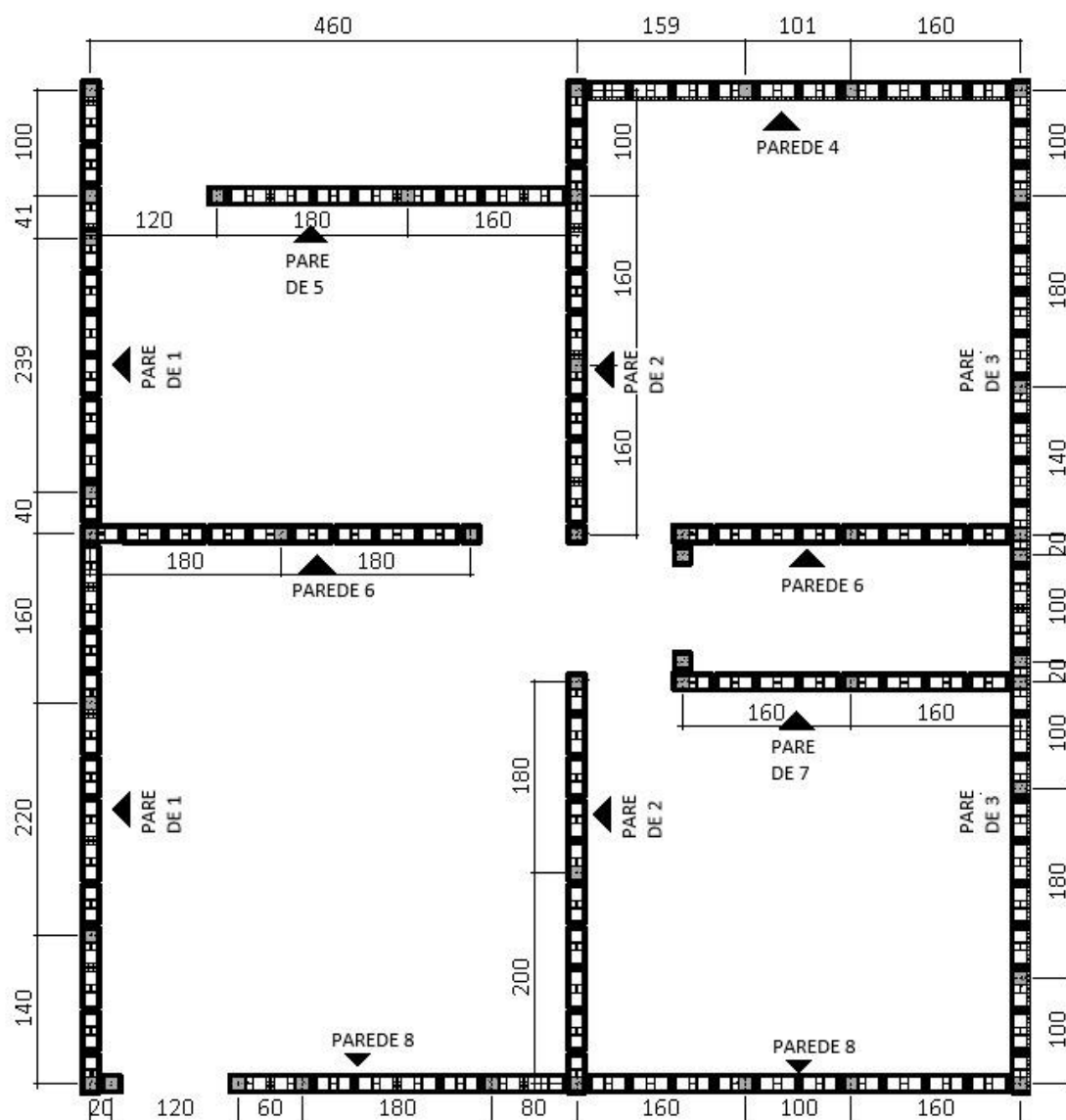
Fonte: Autor (2020).

No Revit, o primeiro passo foi a realização das plantas de primeira fiada (Figura 7) e em seguida de segunda fiada (Figura 8), para que a partir daí fosse possível realizar as elevações de todas as paredes da edificação.

Figura 7 – Planta de primeira fiada executada no REVIT



Fonte: Autor (2020)

Figura 8 – Planta de segunda fiada executada no REVIT

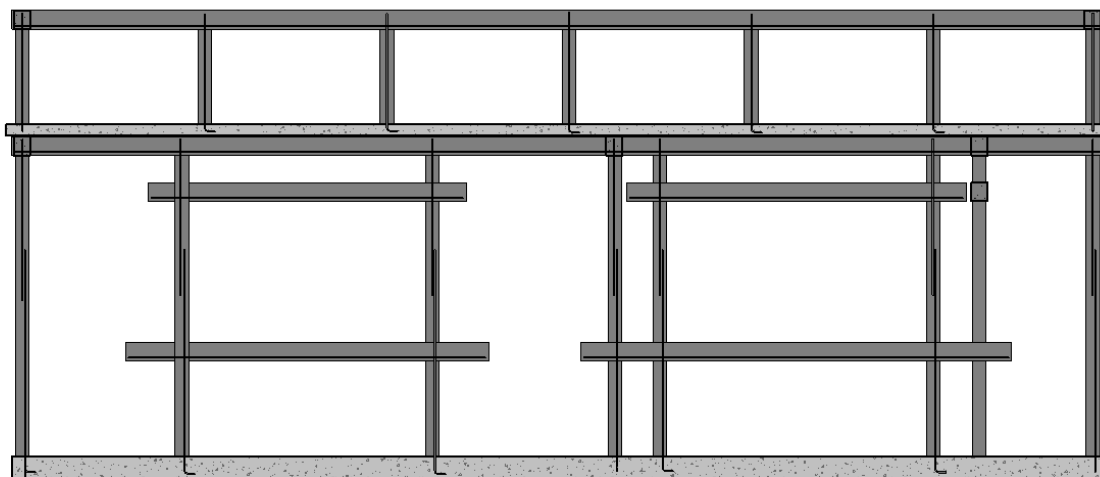
Fonte: Autor (2020)

A partir das plantas de primeira e segunda fiada, são realizadas as elevações das paredes da edificação.

O responsável pelo projeto deve detalhar as alvenarias gerando plantas de primeira e segunda fiadas, bem como uma elevação de cada parede. Nas elevações, devem constar: posição de cada bloco; existência de pontos elétricos e hidráulicos; vergas; contravergas; pontos de graute; armaduras. Esses detalhamentos visam ao incremento da construtibilidade do edifício, evitando os imprevistos no canteiro de obras (MOHAMAD et al, 2017).

A Figura 9 evidencia os pontos de grauteamento da Parede 1, tornando possível observar com clareza quais pontos irão ser grauteados na hora da execução, bem como permite a visualização dos vergalhões de aço presentes em cada ponto.

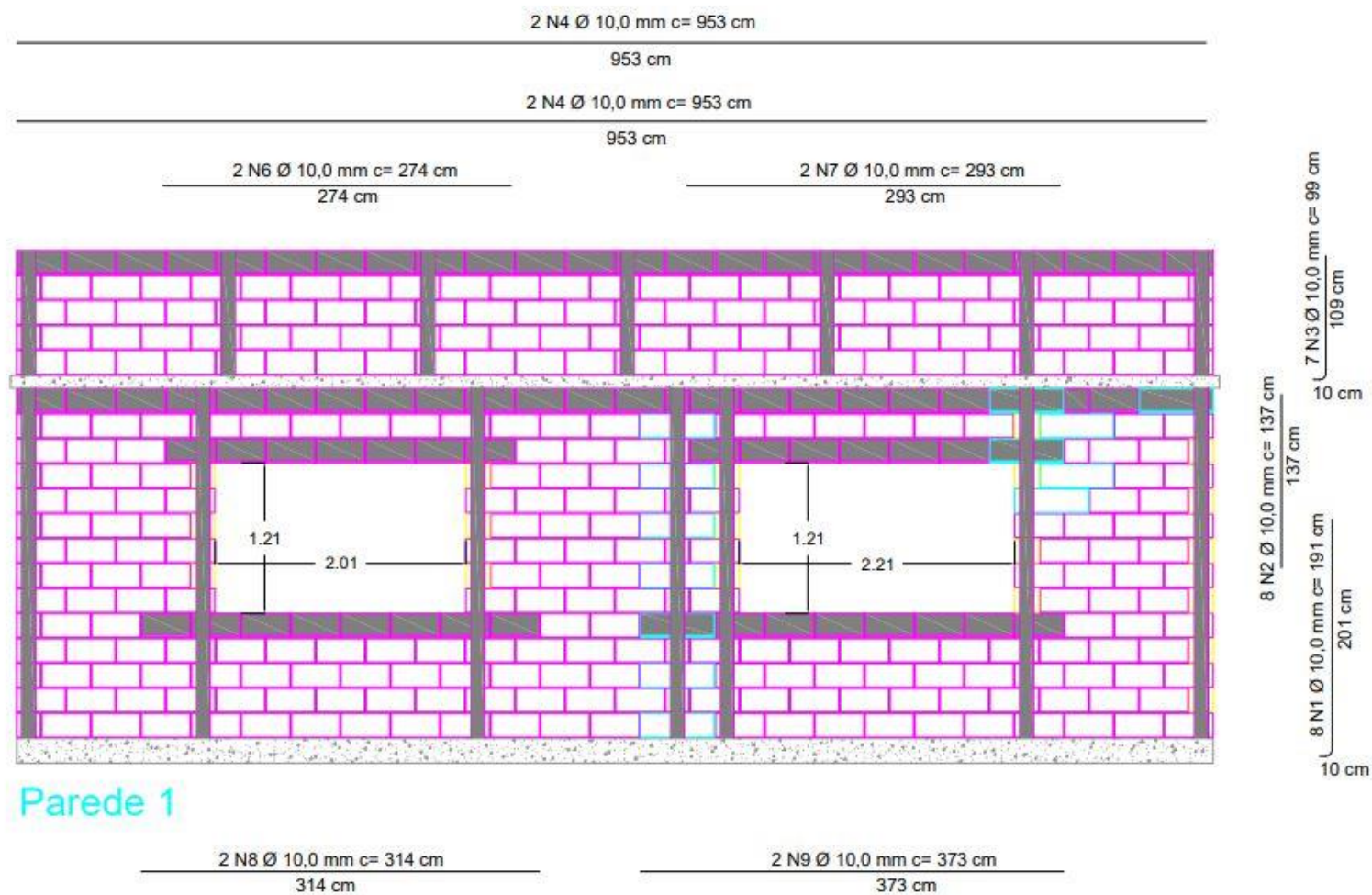
Figura 9 – Representação em corte de pontos de grauteamento com vergalhões de $\varnothing = 10$ mm



Fonte: Autor (2020)

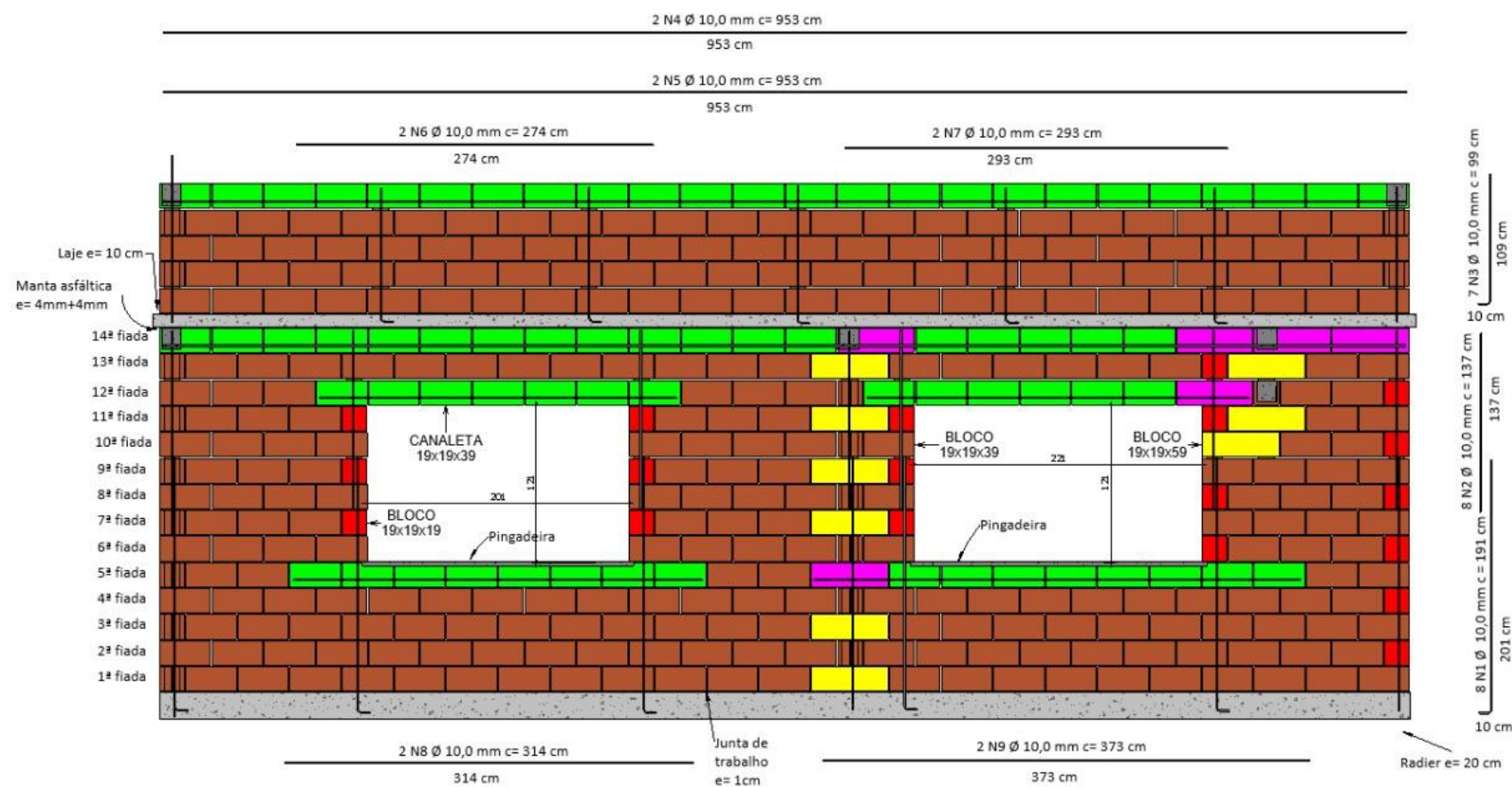
Nas Figuras 10 e 11 temos as vistas da parede 1 do projeto desenvolvido, em CAD e BIM. Nota-se a melhor apresentação representativa quando esta é elaborada em ferramenta BIM. Sobre a Figura 10, os cortes e elevações no software Revit, de modo análogo à representação tridimensional, não demandaram tempo, visto que são obtidos automaticamente no painel de navegação da ferramenta BIM.

Figura 10 – Representação da parede 1 desenvolvida no AutoCAD



Fonte: Autor (2020)

Figura 11 – Representação da parede 1 desenvolvida no REVIT



Fonte: Autor (2020)

Na modelagem CAD, a representação gráfica se dá através de coordenadas geométricas que constituem os elementos. Deste modo, em um panorama geral, as alterações implicaram em modificações manuais em todos os objetos.

Por sua vez, a modelagem BIM é constituída por modelos paramétricos dos elementos construtivos. Tal fator tornou possível realizar alterações dinâmicas e automáticas, que refletiram em todos os desenhos e componentes associados da modelagem.

Outra constatação no que tange o modelo BIM, se refere à inserção de características dos componentes, espessura dos materiais, por exemplo, que puderam ser acessadas e alteradas até o momento final. A observação implica no característico potencial de contribuição na qualidade dos processos e produtos do setor AEC.

4.2.Extração de quantitativos

O software Revit permite a extração automática de todas as quantidades de materiais e componentes dos modelos BIM, essa funcionalidade representa consistência, precisão e agilidade de acesso às informações das quantidades, que poderão ser divididas e organizadas (ou agrupadas), de acordo com as fases definidas no planejamento e na programação de execução dos serviços, otimizando assim mais um dos processos que existe na construção civil.

Além da garantia da precisão, o levantamento automático das quantidades de um projeto pode ser integrado tanto com sistemas de orçamentação, quanto com softwares de planejamento e controle. Algumas soluções possibilitam que os objetos constituintes de um modelo BIM sejam associados (linkados) com as atividades de um cronograma desenvolvido em MS-Project, por exemplo, permitindo que o controle da execução da obra também seja realizado com base nos modelos. Dessa forma, as extrações automáticas de quantidades dos modelos BIM, baseados nas fases planejadas podem agilizar e garantir a precisão das comparações entre serviços previstos e efetivamente realizados.

Enquanto, em um software CAD, para que seja possível extrair as quantidades de materiais utilizados no projeto é necessário realizar um trabalho manual, selecionando e contando cada tipo de material para obter suas respectivas

quantidades. Um processo que demanda mais tempo e que não tem tanta precisão, visto que nesse caso, são passíveis de erros, comprometendo o nível de qualidade por depender somente da atenção do projetista. Já no software Revit, onde os quantitativos são extraídos automaticamente pelo software, os resultados obtidos são precisos.

As tabelas de quantitativos a seguir foram extraídas automaticamente do projeto executado no software REVIT (Tabelas 5, 6, 7 e 8).

Tabela 5 – Quantitativo de blocos estruturais extraído do REVIT

Blocos Estruturais	
Família e tipo	Contador
BLOCOS 19x19x39: BLOCO ESTRUTURAL 19x19x39	1785
BLOCOS 19x19x59: BLOCO ESTRUTURAL 19x19x59	33
BLOCOS 19x19: BLOCO ESTRUTURAL 19x19x19	83
CANALETA 19x19x19: BLOCO CANALETA 19x19x19	1
CANALETA 19x19x39: BLOCO CANALETA 19x19x39	298
CANALETA 19x19x59: BLOCO CANALETA 19x19x59	27
PINGADEIRA: PINGADEIRA	1
Total geral:	2228

Fonte: Autor (2020)

Tabela 6 – Quantitativo de graute extraído do REVIT

Tabela de Graute		
Contador	Tipo	Volume
1	Graute platibanda	0,89 m ³
1	Graute vergas e contravergas	1,00 m ³
1	Graute Viga	1,42 m ³
Total geral:		3,30 m³

Fonte: Autor (2020)

Tabela 7 – Quantitativo de piso extraído do REVIT

Tabela de piso			
Contador	Família e tipo	Área	Volume
1	Piso: Piso Geométrico 10 cm	88,08 m ²	8,81 m ³
Total geral:		88,08 m²	8,81 m³

Fonte: Autor (2020)

Tabela 8 – Quantitativo de vergalhões extraído do REVIT

Tabela de vergalhões			
Contador	Família e tipo	Diâmetro da barra	Comprimento total da barra
5	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	4,84 m
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	1,08 m
3	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	3,30 m
10	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	11,11 m
7	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	7,85 m
3	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	3,39 m
49	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	67,32 m
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	1,38 m
4	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	8,08 m
32	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	64,92 m
9	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	18,35 m
4	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	8,20 m
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	2,06 m
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	2,28 m
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	2,32 m
2	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	5,38 m
2	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	6,96 m
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	3,86 m
3	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	11,65 m
4	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	18,72 m
8	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	43,84 m
2	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	11,16 m
2	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	11,73 m
2	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	12,56 m
2	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	14,95 m
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	7,55 m
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	7,84 m
2	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	15,76 m
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	7,96 m
5	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	42,98 m
2	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	18,79 m
4	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	71,18 m
2	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	35,61 m
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	17,82 m
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	17,83 m
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	18,99 m
1	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	19,03 m
4	Barra do vergalhão: 10 CA-50	10 mm	76,32 m
Total geral: 185	Total geral:		704,95 m

Fonte: Autor (2020)

4.3. Visualização 3D

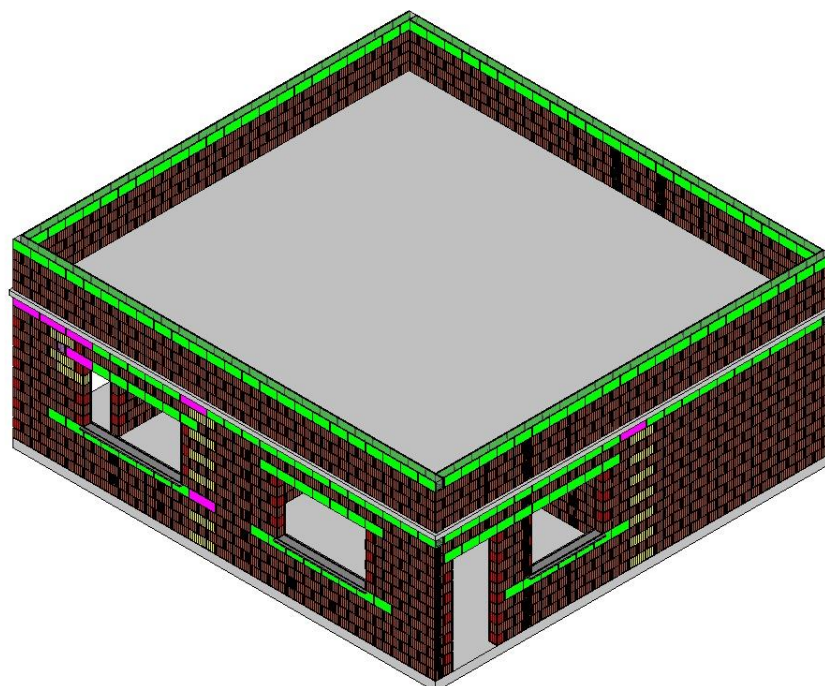
Nos projetos desenvolvidos em CAD, tecnologia baseada apenas em representações geométricas, as representações em plantas, cortes, vistas ou, no melhor dos casos, em desenhos de perspectivas e detalhes, não permitiam a correta visualização e a perfeita compreensão do que estava sendo projetado.

“A modelagem 3D possibilita a visualização exata do que está sendo projetado, por mais complexa que seja a instalação ou edificação, além de oferecer funcionalidades para a detecção automática de interferências geoespaciais entre objetos” (CBIC, 2016, p. 28).

Todas as soluções que utilizam a tecnologia BIM geram possibilidade de visualização em 3D dos projetos. Isto facilita o entendimento e a eficácia no processo de comunicação entre todos os envolvidos na construção de um empreendimento.

Após a construção da planta baixa, a perspectiva 3D da edificação já se encontra integrada e parametrizada. A Figura 12 mostra a imagem tridimensional produzida pelo software REVIT.

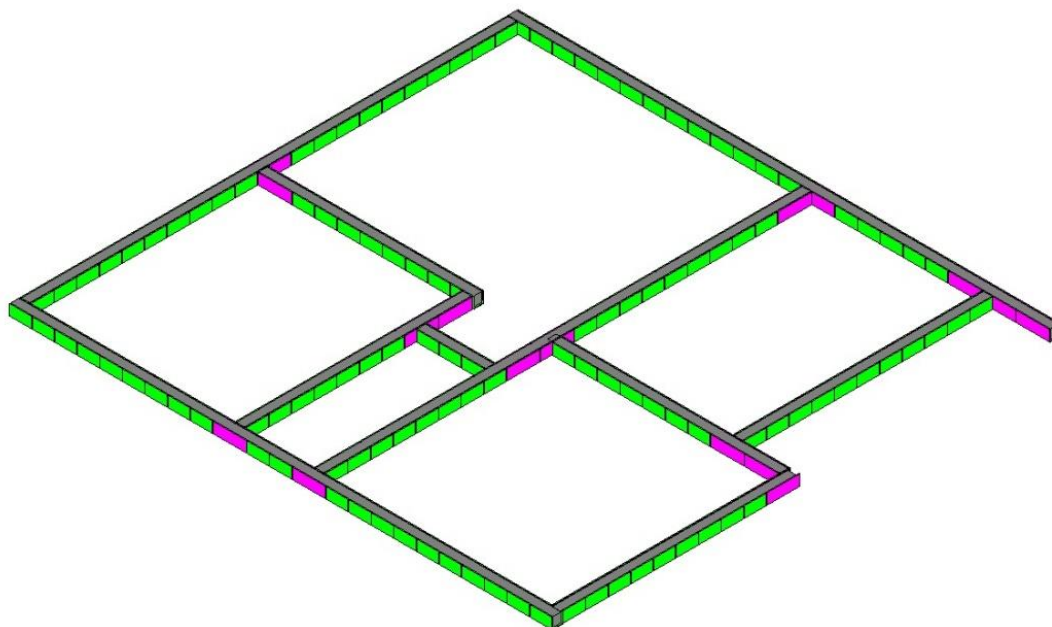
Figura 12 – Vista 3D do projeto desenvolvido no software REVIT



Fonte: Autor 2020

As figuras 13, 14 e 15 são detalhes construtivos obtidos no projeto executado no software REVIT, que permitem uma melhor visualização do que está sendo projetado, bem próxima da realidade de como ficará depois de executado.

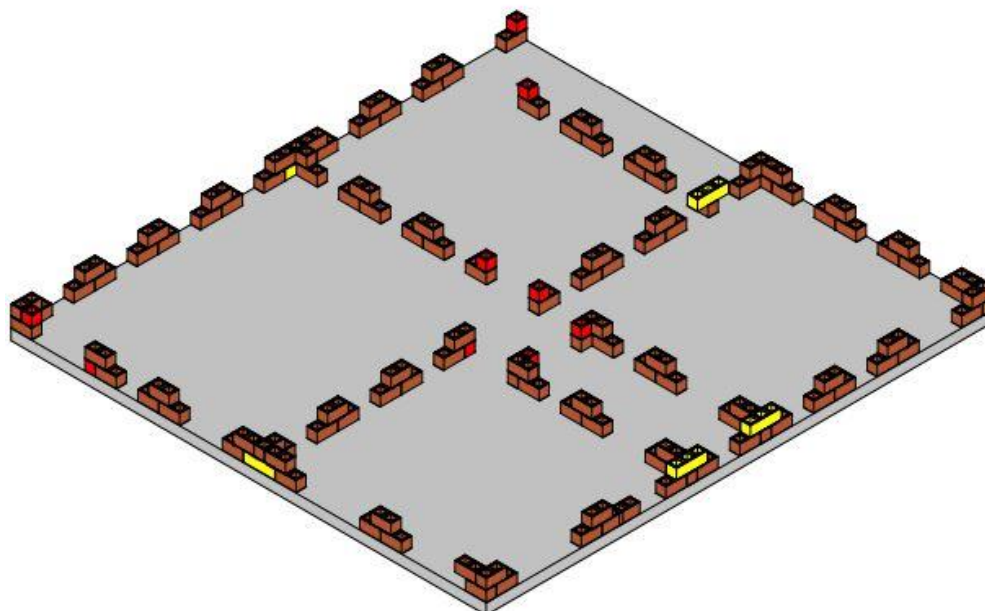
Figura 13 – Vista 3D do detalhe da viga de cintamento do projeto desenvolvido no software REVIT



Fonte: Autor 2020

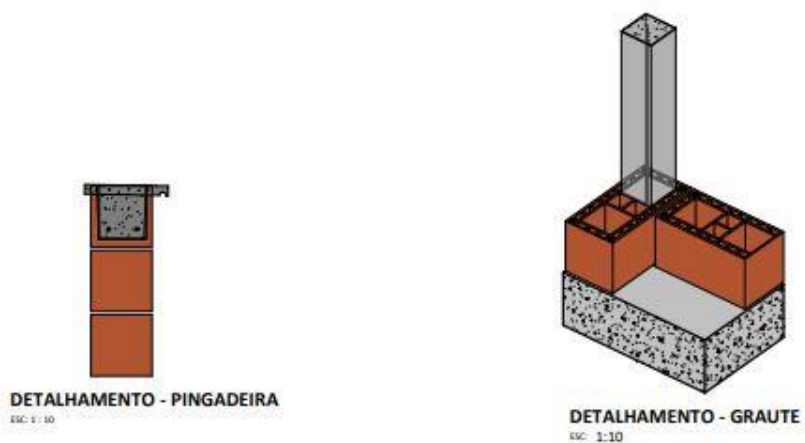
No BIM, a coordenação geométrica de componentes pode ser verificada automaticamente por softwares, eliminando a maioria dos potenciais erros e interferências. Além disso, todos os passos das montagens podem ser “ensaiados” previamente nos computadores, com a utilização de processos de projeto e construção virtual, como é possível observar nas Figuras 14 e 15, os detalhes das amarrações dos blocos de alvenaria estrutural, ponto de grauteamento e pingadeira.

Figura 14 – Vista 3D do detalhe das amarrações dos blocos do projeto desenvolvido no software REVIT



Fonte: Autor (2020)

Figura 15 – Vista 3D dos detalhes construtivos de pingadeira e ponto de grauteamento do projeto desenvolvido no software REVIT



Fonte: Autor (2020)

O uso de modelos 3D permite que a compreensão do projeto seja acessível a todos, não sendo restrita apenas àqueles que conhecem as simbologias e representações de desenho (KYMMEL, 2008). Isso facilita o entendimento do cliente e do usuário final e contribui para formulação de soluções mais alinhadas às suas necessidades.

A Figura 16 apresenta uma visualização em 3D da edificação no estilo visual Ray Trace, que é um modo de renderização foto realista do modelo projetado.

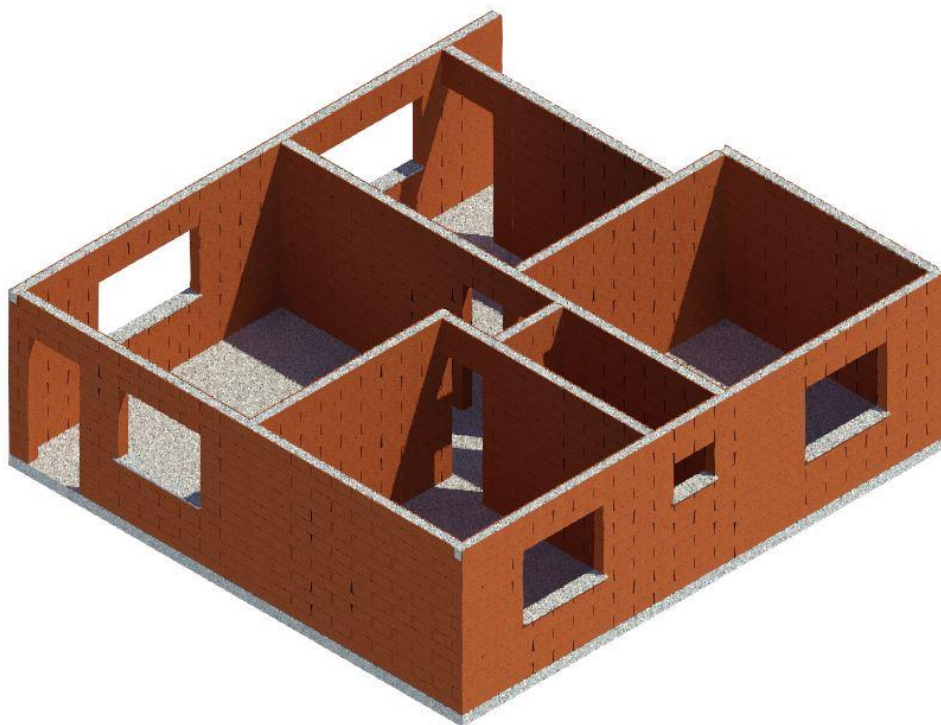
Figura 16 – Vista 3D da edificação no estilo visual Ray Trace



Fonte: Autor (2020)

A Figura 17 também retrata uma vista tridimensional da edificação em modo Ray Trace, contudo, é uma vista da edificação sem o elemento laje, a qual que permite a visualização de todas as paredes e espaços da residência projetada.

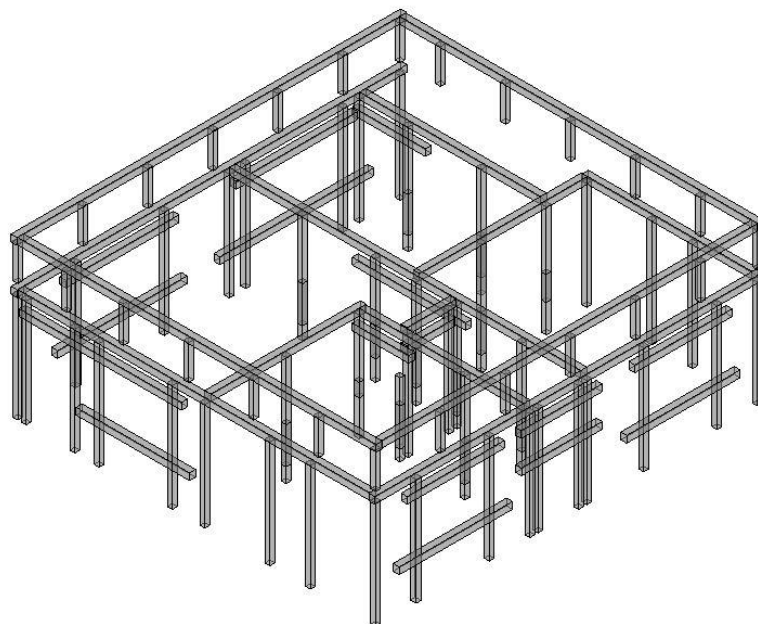
Figura 17 – Vista tridimensional da edificação em modo Ray Trace sem o elemento laje



Fonte: Autor (2020)

A Figura 18 exibe, em uma visualização tridimensional, todos os pontos de grauteamento da edificação, que são elementos construtivos que proporcionam o aumento da capacidade portante – aumentam a resistência à compressão da parede; os quais devem preencher os vazios dos blocos e canaletas, promovendo a solidarização da armadura a estes elementos; e verticalmente devem ser aplicados a cada 1,5 metros, de acordo com Mohamad (*et al.*, 2017).

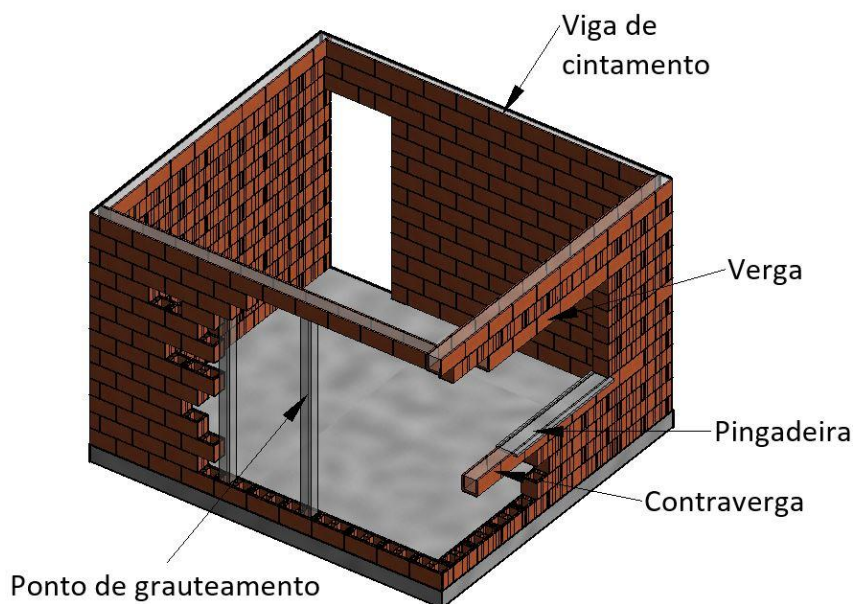
Figura 18 - Representação em 3D de todos os pontos de grauteamento da edificação



Fonte: Autor (2020)

A Figura 19 ilustra um detalhe em 3D da edificação projetada, evidenciando alguns elementos construtivos essenciais em um projeto de alvenaria estrutural.

Figura 19 – Detalhe contendo elementos construtivos da edificação



Fonte: Autor (2020)

A visualização 3D facilitada possibilitada pelos softwares, ao mesmo tempo em que é uma grande vantagem do BIM, apresenta-se como um obstáculo aos projetistas uma vez que a visualização aponta facilmente todas as incompatibilidades e dificuldades, solicitando respostas imediatas (KYMMEL, 2008).

Neste sentido, as ferramentas BIM exigem um certo nível de conhecimento projetual e referente a tecnologia da construção do usuário para formulação do modelo. A correta compreensão das premissas e requisitos de projeto acarreta em menor desgaste e em menor quantidade de problemas durante a fase de execução.

Foi desenvolvido um vídeo em realidade aumentada da edificação a partir do modelo criado no software Revit exportado para o aplicativo Augin.

De acordo com a Revista Casa Cerâmica (2019), o Augin é a principal plataforma de realidade aumentada da América Latina, para a construção civil. O programa foi lançado em 2019 na Construtech, maior evento de tecnologia para a construção do Brasil. O Augin é um aplicativo gratuito para Android e iOS capaz de trazer modelos de projetos 3D para a realidade aumentada de forma rápida e precisa. O aplicativo vem revolucionando a forma de apresentar projetos e de trabalhar no canteiro de obras, com projetos federados, informações BIM, diversos modos de visualização e uma grande facilidade de importar projetos através de plugins.

Além de democratizar o acesso a realidade aumentada, o Augin App traz vários benefícios para o setor da construção civil como evitar perdas, descobrir interferências e erros executivos imediatamente. A interatividade ocorre o tempo todo já que, por exemplo, além de visualizar uma parede no lugar de um vão, também dá para circular pelo ambiente e tudo pode ser mostrado ao cliente final de forma instantânea. Vale frisar que o projeto em 3D facilita o entendimento para todos.

A figura 20 é uma imagem do vídeo gerado em realidade aumentada através da exportação do modelo desenvolvido no software Revit para o aplicativo Augin.

Figura 20 – Imagem do vídeo desenvolvido em realidade aumentada



Fonte: Autor (2020)

O vídeo foi gravado em escala de tamanho real e pode ser acessado através do link: <https://youtu.be/NABuaga_Ekl>.

4.4. Tempo de desenvolvimento de projetos

Ao realizar um comparativo horário do tempo total gasto na execução dos projetos e cada uma de suas fases, é possível observar que a modelagem realizada no software Revit obteve um tempo 37% menor do que a executada no software AutoCAD.

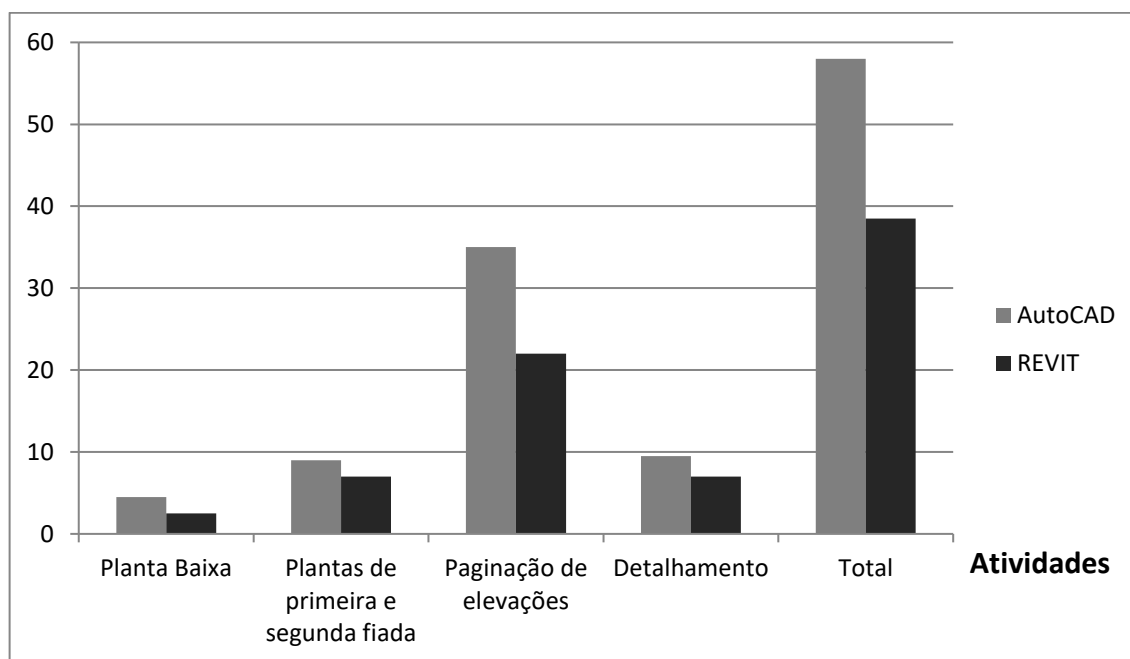
A diferença horária na execução do projetos se dá, em grande parte, pelo fato de que na modelagem CAD, a representação é realizada através de coordenadas geométricas, de modo que, quando foi necessário corrigir ou modificar algum processo, a alteração precisou ser feita manualmente em todas as vistas do projeto.

Por sua vez, a modelagem no software Revit é constituída por modelos paramétricos dos elementos construtivos, o que possibilitou um processo de trabalho mais eficiente e dinâmico, onde quando foi necessário realizar qualquer modificação

em uma vista, todo o desenho era alterado, além de cada componente do desenho carregar informações acerca das características dos materiais.

A Gráfico 1 e a Tabela 9 apresentam a quantidade de horas gasta em cada uma das fases de projeto e o total de horas em cada um dos softwares.

Gráfico 1 – Comparativo horário de desenvolvimento dos projetos



Fonte: Autor (2020)

Tabela 9 – Tempo de desenvolvimento de cada etapa dos projetos

Software	Planta Baixa	Plantas de primeira e segunda fiada	Paginação de elevações	Detalhamento	Total (horas)
AutoCAD	4,5	9,0	30,0	9,5	53,0
REVIT	2,5	7,0	22,0	7,0	38,5

Fonte: Autor (2020)

Ademais, uma das principais diferenças na elaboração dos projetos nos dois softwares diferentes, foi a quantidade de informações e representações gráficas automáticas que a ferramenta BIM possibilitou gerar, como: visualizações 3D, tabelas de quantitativo de material e informações sobre características construtivas sobre todos os elementos componentes do projeto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução da tecnologia no setor de projetos tem sido significativa nos últimos tempos, surgindo cada vez mais ferramentas que buscam revolucionar o mercado. O aparecimento do BIM representa uma melhora em relação à aplicação da ferramenta 3D e um grande desenvolvimento quanto à automatização do processo de desenho. Outra vantagem é a possibilidade de atribuir ao desenho propriedades gráficas que tornam a sua apresentação, para uma pessoa que não é da área, mais parecida com o que será na realidade.

O CAD é um sistema computacional utilizado nas áreas de engenharia e arquitetura que revolucionou o mercado de projetos nos últimos anos, ao transportar para o computador o desenvolvimento de desenhos técnicos. O BIM, por sua vez, abrange uma tecnologia integrada que engloba, além da fase de projetos, também o processo construtivo como um todo.

Tendo em vista essas duas tecnologias que estão ocupando o mercado de projetos nos dias atuais, este trabalho teve como objetivo compará-las. Para obter os resultados, foi desenvolvido um mesmo projeto utilizando o software AutoCAD, que utiliza a tecnologia CAD, e, posteriormente, o Revit, que é uma ferramenta do conceito BIM.

No Brasil, o conceito BIM ainda é pouco usado quando comparado ao CAD, sendo uma das principais dificuldades de sua implantação a resistência das empresas em adotá-lo. Isso acontece, por sua vez, devido à escassez de profissionais qualificados no mercado para manusear os programas. Apesar disso, é fato que o BIM já representa grande marco no processo de projeto, tendendo a ter o seu uso ampliado ao longo do tempo.

Apesar de ainda haver limitações na implementação do BIM, o desenvolvimento de projetos nessa plataforma, além de mais consistente, demanda um tempo final relativamente menor. As tarefas automatizadas colaboram para um processo mais eficaz, em relação ao sistema CAD tradicional.

No desenvolvimento deste trabalho, também foram encontrados alguns impasses na elaboração de projeto em ambiente BIM. Como por exemplo as dificuldades iniciais e o tempo gasto para aprendizagem do software e no desenvolvimento de famílias de blocos. A cada objeto e componentes desenhados, muitas vezes o programa pede a entrada de inúmeros parâmetros, que às vezes não

estão adaptados às necessidades de projeto, assim, é preciso uma adaptação que consumirá tempo, envolvendo o processo de entrada desses parâmetros, bem como entender bem este processo.

Uma vez que as bases de dados estejam criadas (as bibliotecas), a produtividade comprometida inicialmente pode se transformar em um enorme ganho de tempo nos projetos e na obtenção ou geração da documentação do projeto (quantificações, tabelas de especificações e custos).

O projeto desenvolvido em ambiente BIM permite uma visualização 3D de toda a edificação e seus detalhes construtivos. O que torna mais fácil a visualização de erros ainda na fase de modelagem dos projetos, permitindo corrigi-los com antecedência, evitando problemas na fase de execução, gastos não previstos e necessidade de retrabalho, o que demandaria mais tempo.

Na avaliação geral, o presente estudo comprovou a superioridade do conceito BIM em relação ao método CAD tradicional no desenvolvimento do projeto elaborado.

6. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se estudos mais detalhados acerca do conceito BIM, visto que é um tema bem amplo e necessário, buscando um melhor entendimento de todas as fases e processos que ele engloba.

Estudos envolvendo a compatibilização de diferentes tipos de projeto, com a utilização de softwares para a verificação de intercorrências entre eles, uma vez que é essa uma das possibilidades da utilização deste conceito.

Da mesma forma, também é indicado um estudo de abordagem prática sobre todas as dimensões englobadas no conceito BIM – do 3D ao 7D –, por meio de ciclos de inserção de informações, para explicar melhor como integrar todas as fases na prática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIA, AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated Project Delivery: A Guide**. 2007, 62 p.

AIA – THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. National Documents Committee. **Document E202** – Building Information Modeling Protocol Exhibit. Washington, DC, 2008.

ANDRADE, M. L. V. X. D.; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 76-111, novembro 2009. ISSN 19811543.

AUTODESK. **AutoCAD Civil 3D**. Disponível em <<http://www.autodesk.com/>> Acesso em: 29/03/2020

AYRES FILHO, C. G. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. 2009. 152 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2009. Disponível em: Acesso em: 5 nov. 2019.

BCA - Building and Construction Authority. **Singapore BIM Guide**, v 1.0, 2012. 65 p. Disponível em: <http://www.corenet.gov.sg/integrated_submission/bim/BIM_Guide.htm>. Acesso em: 10 nov. 2019.

BESSONI, A.F. 2019. **Como se desenvolveu o BIM pelo mundo?** Disponível em: <https://www.bimexperts.com.br/post/contexto-bim-no-brasil-e-no-mundo>. Acesso em: 3 out. 2019.

BLANCO, Mirian. **Vantagens de negócio: saiba o que as empresas têm a ganhar ao adotar a modelagem da construção para empreendimentos residenciais e comerciais**. PINIWeb: Revista Construção Mercado - negócios de incorporação e

construção. Ed. 115, fevereiro de 2011. Disponível em <<http://construcaomercado.pini.com.br/negociosincorporacao-construcao/115/artigo283862-1.aspx>>. Acesso em 20 fev. 2020.

Building Information Modelling - BIM. **Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços**, [S.l.], 2018b. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividadeindustrial/ce-bim>>. Acesso em: 5 out. 2019.

BIMFORUM. **Level of Development Specification** - Version: 2013.

BUILDINGSMART. Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction. **buildingSMART International**, [S.l.], 2019a. Disponível em: <<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc>>. Acesso em: 6 out. 2019.

CAMPBELL, D. A. **Building information modeling**: the Web3D application for AEC. In Proceedings of the Twelfth international Conference on 3D Web Technology (Perugia, Italy, April 15 - 18, 2007). Web3D '07. ACM, New York, NY, 173-176. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1229390.1229422>>. Acesso em: 22 out. 2019.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Construção civil: análise e perspectivas**. 2010. Disponível em: <<http://cbicdados.com.br/files/textos/061.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2019.

COELHO, Sérgio Barbosa de Salles; MATTAR, Daniela G.; NOVAES, Celso Carlos. **Estudo comparativo dos recursos disponíveis em extranet colaborativa de gestão de projetos, com base em sistemas proprietários ou em software livre**. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2006. Anais ... Florianópolis, 2006.

COMPARIM, L.L., SILVA, J. L. **Estudo de caso: análise comparativa do orçamento e planejamento de uma residência unifamiliar utilizando as ferramentas AutoCAD E Revit**. 89 p. Trabalho de Conclusão de Curso –

Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. **Tecnologias computacionais de auxílio ao projeto de edificações: potencialidades versus dificuldades de implantação.** In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 12, 2008, Havana, Cuba. **Anais...** Havana, 2008. Disponível em: <http://cumincades.scix.net/cgi-bin/works/Show?sigradi2008 _109>. Acesso em: 5 nov. 2019.

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. **Colaboração e interoperabilidade no contexto da modelagem da informação da construção (BIM).** 158 In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 15., 2011, Santa Fé, Argentina. Santa Fé: FADU UNL, 2011.

CRESPO, Cláudia Campos; RUSCHEL, Regina Coeli. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto.** In: Anais do III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre, 2007.

DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018 - Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9377.htm>. Acesso em: 10 out. 2019. Publication Title: Presidência da República.

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R. & LISTON, K. (2008), **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**, First Edition, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R. & LISTON, K. (2011). **BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.** Second Edition . New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

EASTMAN, CHARLES. (1975). **The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design**. AIA Journal. 63.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. 308 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FERREIRA, Sérgio Leal. **Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção (BIM)**: construção das ferramentas ao processo de projeto e produção e vice-versa. In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Curitiba, 2007.

GERHARST, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009.

GOVERNO DE SANTA CATARINA. **Caderno de apresentação de projetos BIM**. Place: Florianópolis, SC: 2014. p. 98.

ITO, A. L. (2007). **Gestão da informação no processo de projeto de arquitetura**: estudo de caso. 2007. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Setor de Tecnologia Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2007.

KYMMELL, W. **Building Information Modeling**: Planning and Managing Construction Projects with 4D and Simulations. New York: McGraw-Hill, 2008. 296 p. il. color.

LEICHT, R. M. **A framework for planning effective collaboration using interactive workspaces**. 2009. 277 p. Tese (Doutorado) - The Pennsylvania State University, 2009.

LELIS, F. R. C. (2009). **Atuação gerencial: uma análise de fatores intervenientes na formação de profissionais de engenharia civil**. Tese de Doutorado em Construção Civil, Publicação E.TD – 004 A/09. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 290p.

LOVE, P. D. *et al.* **Design error reduction: toward the effective utilization of building information modeling**. Research in Engineering Design, 2011. Vol. 22, p. 173-187.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013. Publication Title: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MARIA, Mônica Mendonça. **Tecnologia BIM na arquitetura**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008.

MELHADO, S. B. *et al.* **Manual de escopo de serviços para coordenação de projetos**. São Paulo: AGESC, 2006.

MOHAMAD, Gihad; MACHADO, D. W. N; JANTSCH, A. C. A; **Alvenaria estrutural: construindo conhecimento**. São Paulo: Blucher, 2017. 168 p.

NIBS. **United States National Building Information Modeling Standard**, Version 1, Part 1: Overview, Principles, and Methodologies. [S.l.], 2008. Disponível em: <<http://nbimsdoc.opengeospatial.org>>. Acesso em: 20 out. 2019.

OLIVEIRA, L. C., PEREIRA, A. T. C. Mudanças metodológicas decorrentes da implantação recente de BIM em escritórios de arquitetura. **SIGraDI 2011: Cultura Aumentada**, Santa Fé, 16, 17 e 18 de Novembro. 135—138.

REZENDE, Paulo Emílio de. **Integração projeto-produção no processo de desenvolvimento de projeto**: uma alternativa para melhoria da qualidade no setor da construção de OAE. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

RUSCHEL, R.; ANDRADE, M.; MORAIS, M. O Ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013.

SACKS, R. et al. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers**. 3a. ed. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2018.

SCHEER, S.; AYRES FILHO, C. **Abordando a BIM em níveis de modelagem**. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 9., 2009. São Carlos. São Paulo: USP, 2009.

SILVA, Duilio Helfenstens Penques da. **Teoria da integração entre as tecnologias BIM e blockchain para o controle do registro autoral na área da construção civil**. 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. Palmas, 2019.

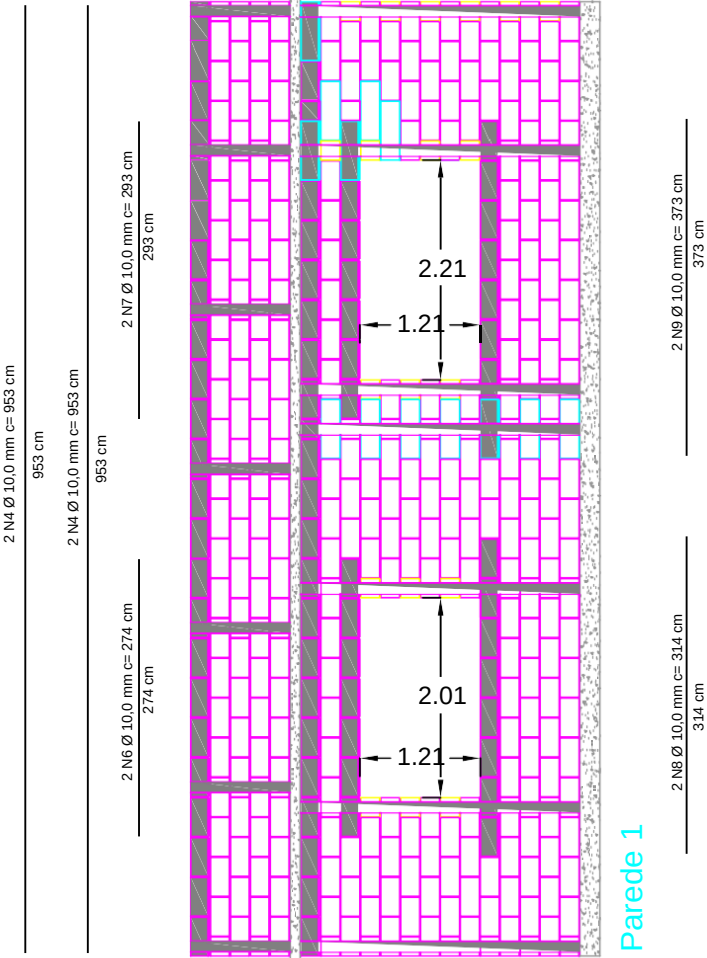
SOUZA, L. L., AMORIM, S. R. L; LYRIO, A. M. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de projetos**. v. 4, n. 2 p. 26-53, 2011.

TOBIN, J. Proto-Building: to BIM is to build. **AECbytes**. 28 mai. 2008. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>>. Acesso em: 30 out. 2019.

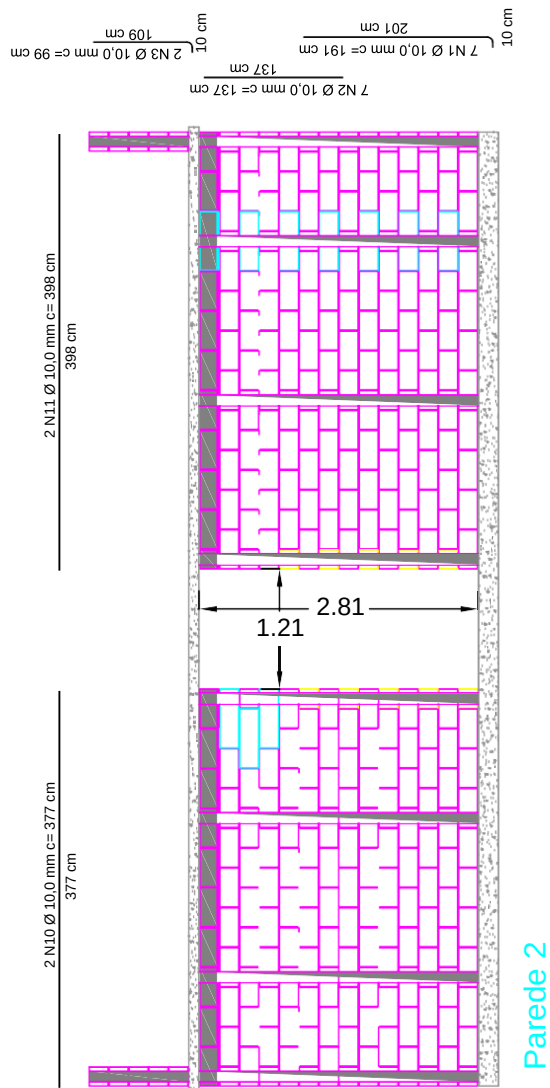
TOLEDO, E. S.; BARISON, M. B. Formação de recursos humanos devidamente familiarizados com os novos paradigmas que o BIM pressupõe é essencial e urgente. **Revista Construção**, v. 115, 2011.

VAN NEDERVEEN, G. A.; TOLMAN, F. P. Modelling multiple views on buildings. *Automation in Construction*, 1992. Disponível em: <[http://www.dx.doi.org/10.1016/0926-5805\(92\)90014-B](http://www.dx.doi.org/10.1016/0926-5805(92)90014-B)>. Acesso em: 20 jul. 2020.

ANEXO A – PROJETO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD: Parede 1



ANEXO B – PROJETO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD: Parede 2

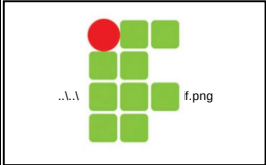


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS - CAMPUS PALMAS

PROJETO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD - PAREDE 2

ESCALA NÃO INDICADA

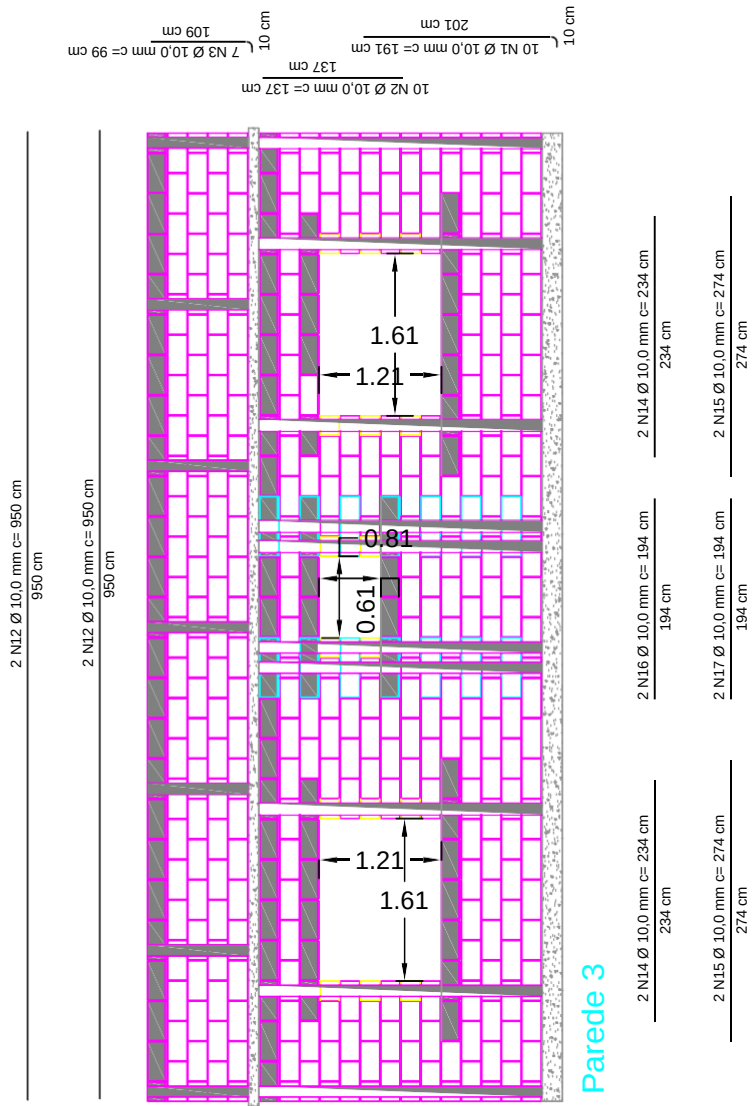
ANEXO C – PROJETO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD: Parede 3



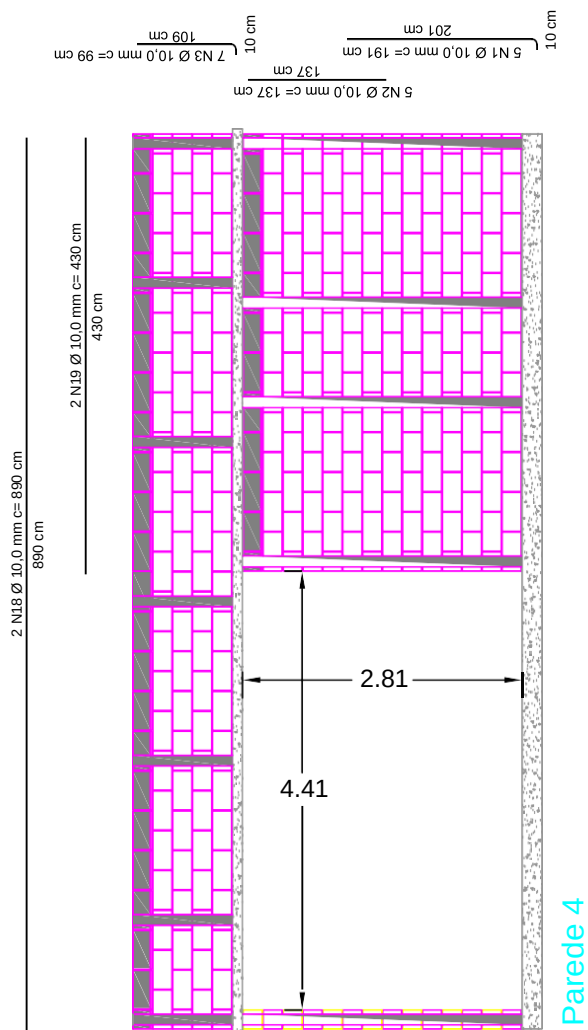
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS - CAMPUS PALMAS

PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL - PAREDE 3

ESCALA NÃO INDICADA



ANEXO D – PROJETO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD: Parede 4

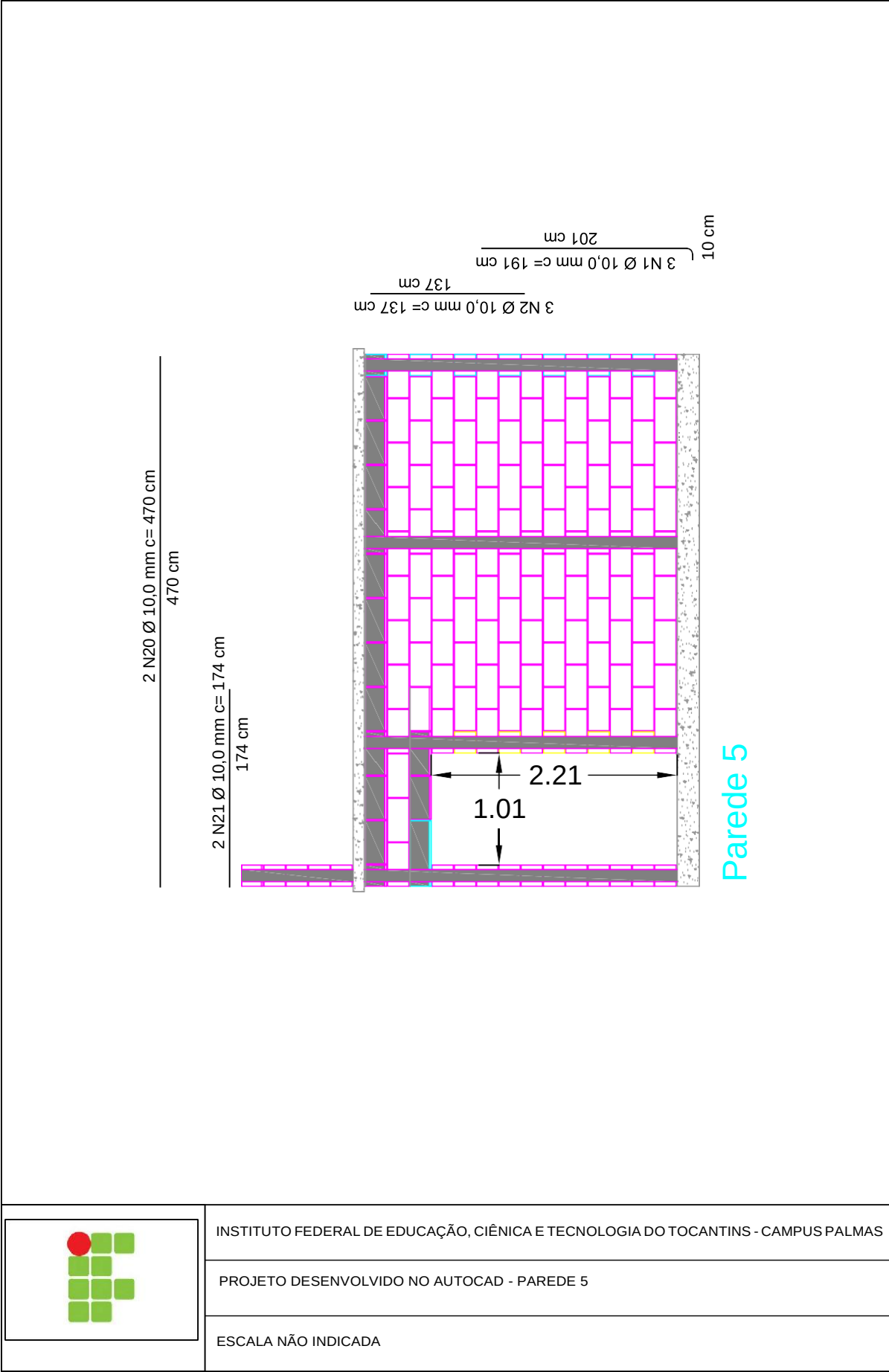


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS - CAMPUS PALMAS

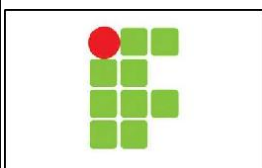
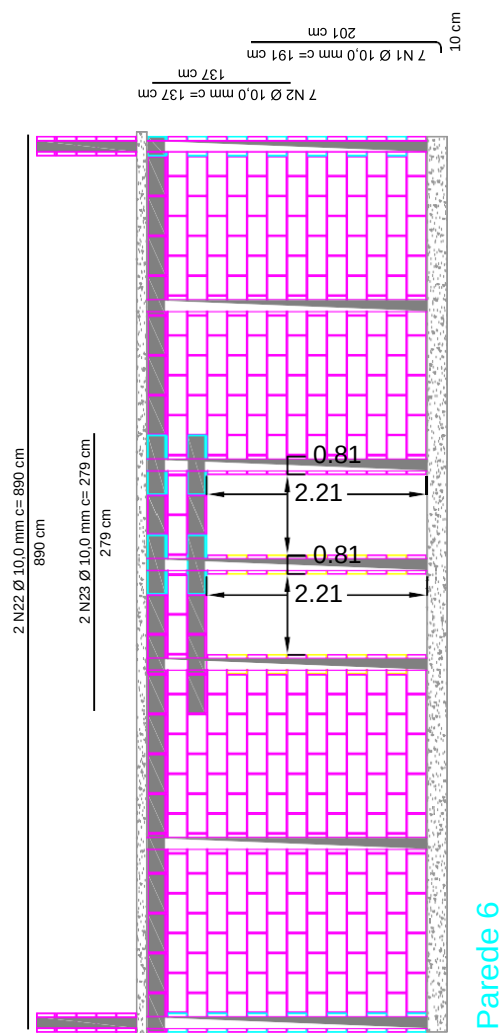
PROJETO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD - PAREDE 4

ESCALA NÃO INDICADA

ANEXO E – PROJETO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD: Parede 5



ANEXO F – PROJETO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD: Parede 6

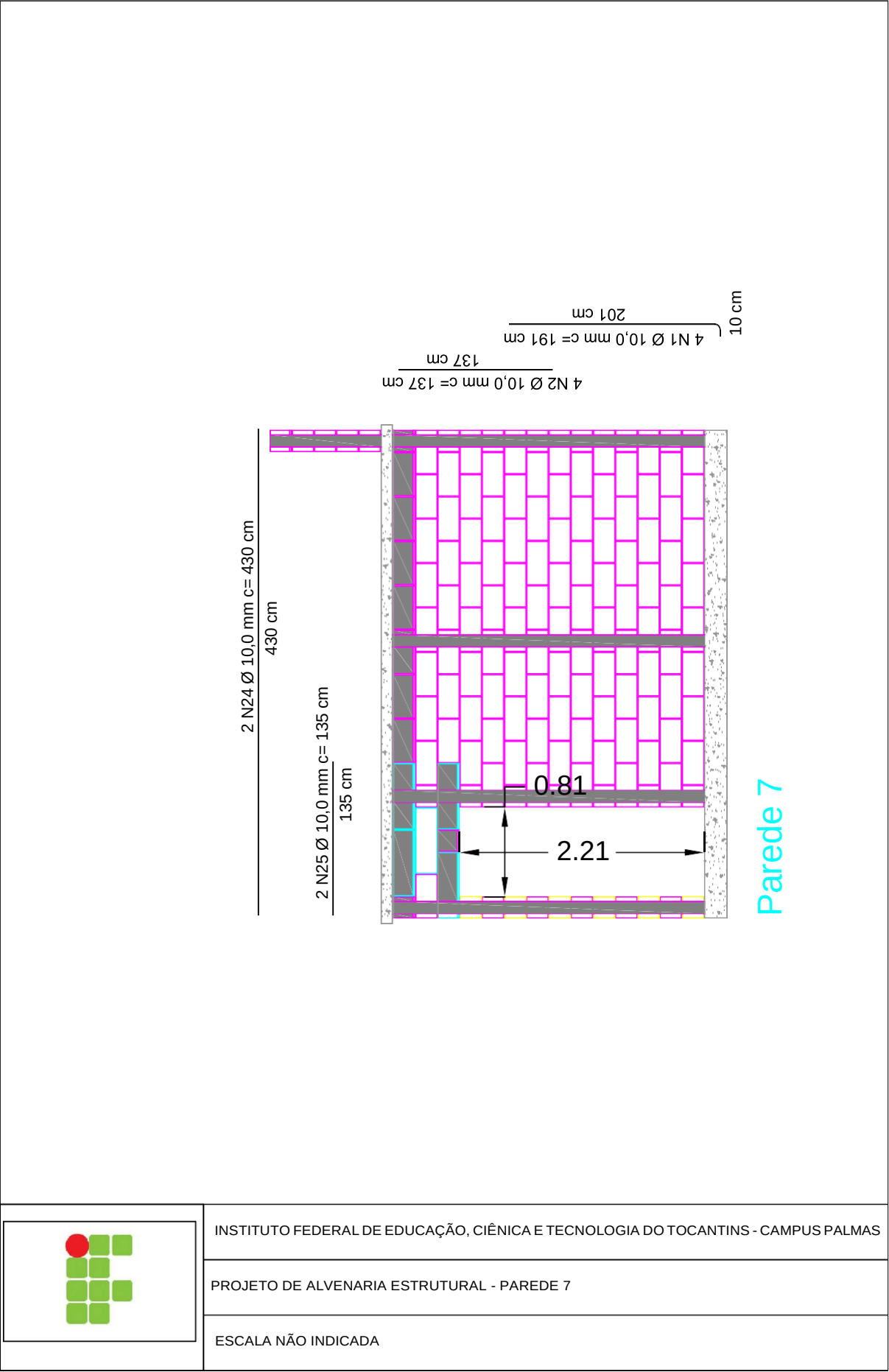


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS - CAMPUS PALMAS

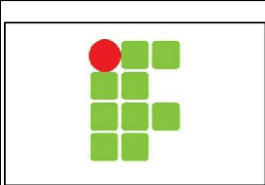
PROJETO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD - PAREDE 6

ESCALA NÃO INDICADA

ANEXO G – PROJETO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD: Parede 7



ANEXO H – PROJETO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD: Parede 8



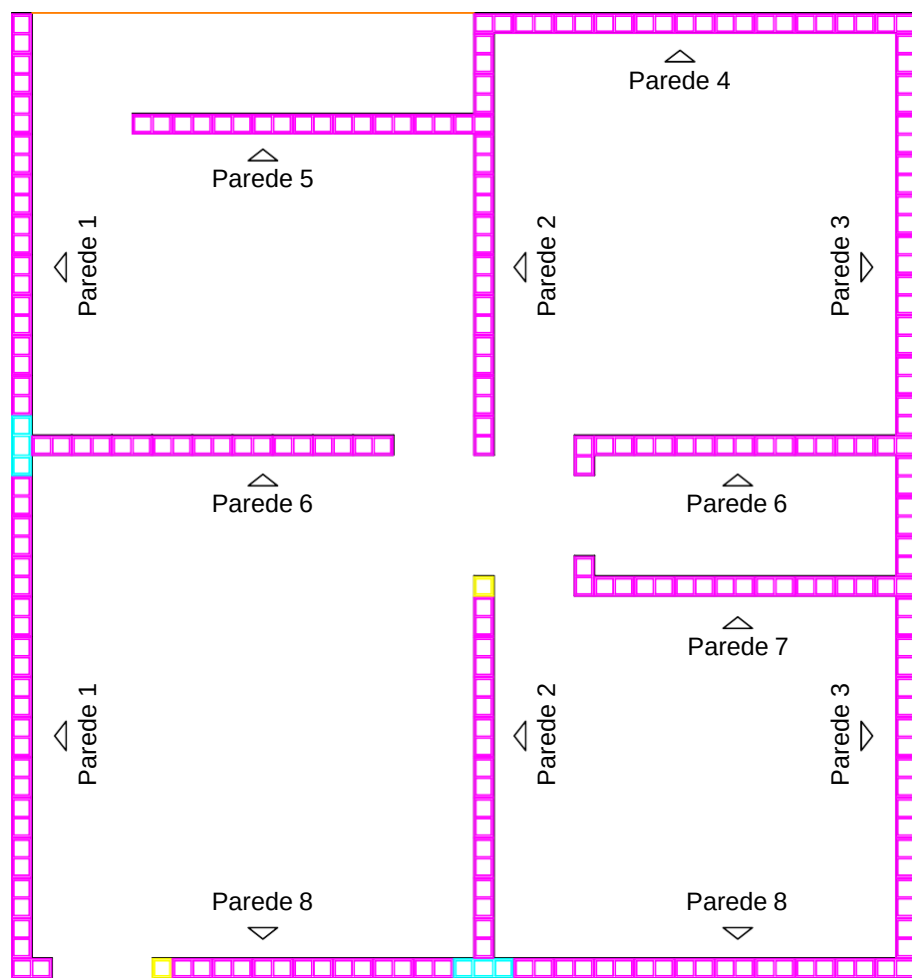
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS - CAMPUS PALMAS

PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL - PAREDE 8

ESCALA NÃO INDICADA



ANEXO I – PROJETO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD: Planta de primeira fiada



1ª fiada

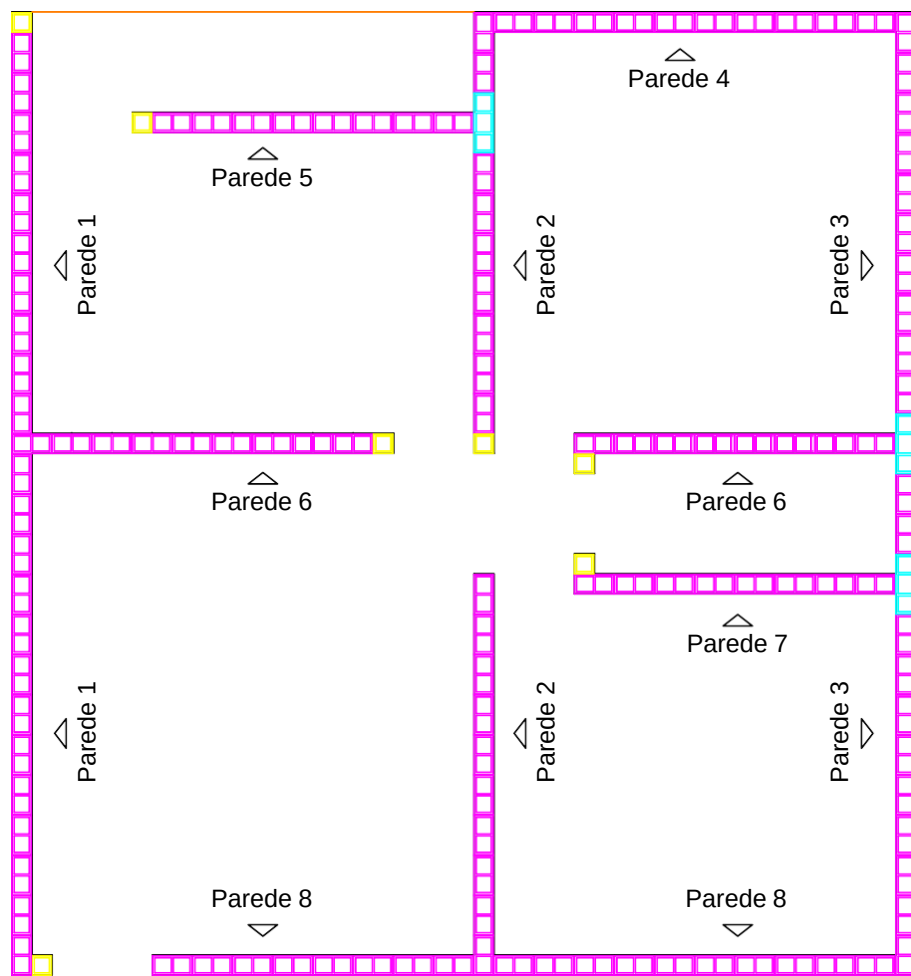


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS - CAMPUS PALMAS

PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL - PLANTA DE PRIMEIRA FIADA

ESCALA NÃO INDICADA

ANEXO J – PROJETO DESENVOLVIDO NO AUTOCAD: Planta de segunda



2ª fiada

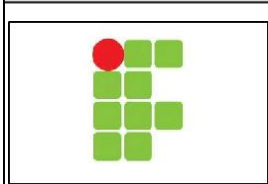


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS - CAMPUS PALMAS

PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL - PLANTA DE SEGUNDA FIADA

ESCALA NÃO INDICADA

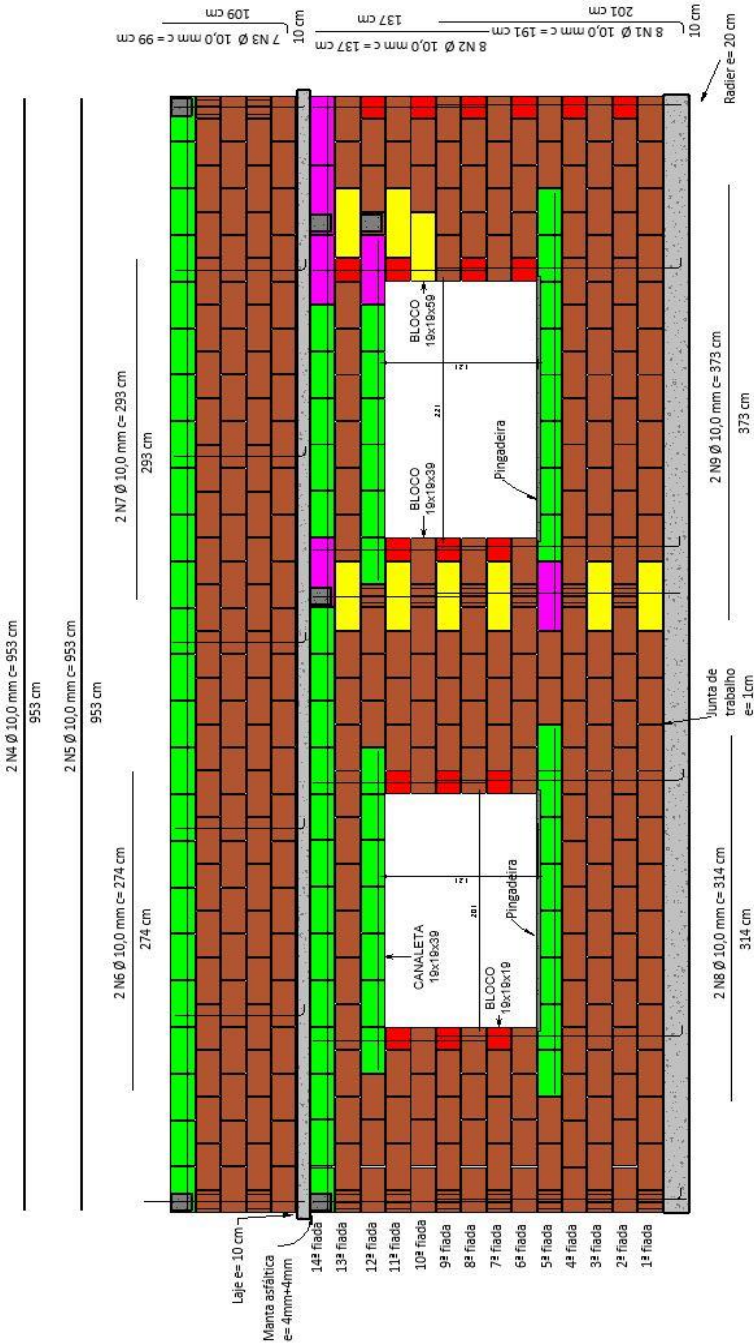
ANEXO K – PROJETO DESENVOLVIDO NO REVIT: Parede 1



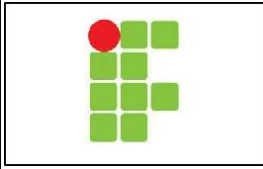
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS - CAMPUS PALMAS

PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL - PAREDE 1

ESCALA NÃO INDICADA



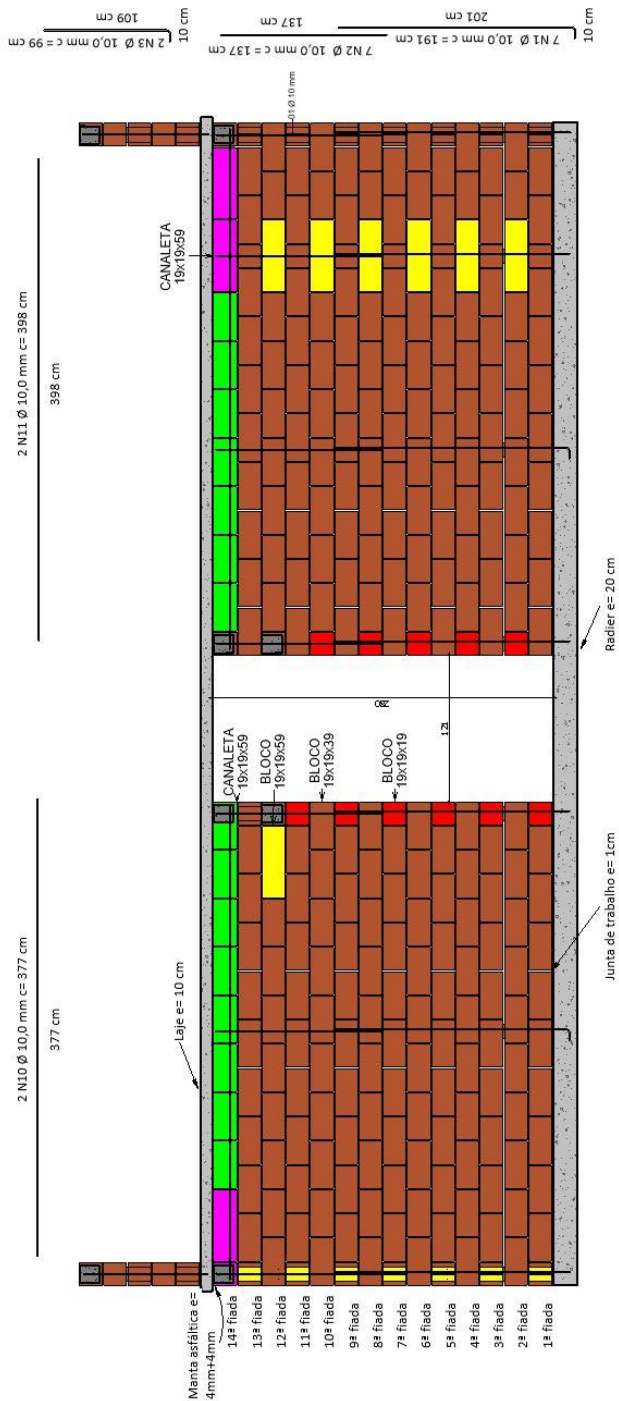
ANEXO L – PROJETO DESENVOLVIDO NO REVIT: Parede 2



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS - CAMPUS PALMAS

PROJETO DESENVOLVIDO NO REVIT - PAREDE 2

ESCALA NÃO INDICADA

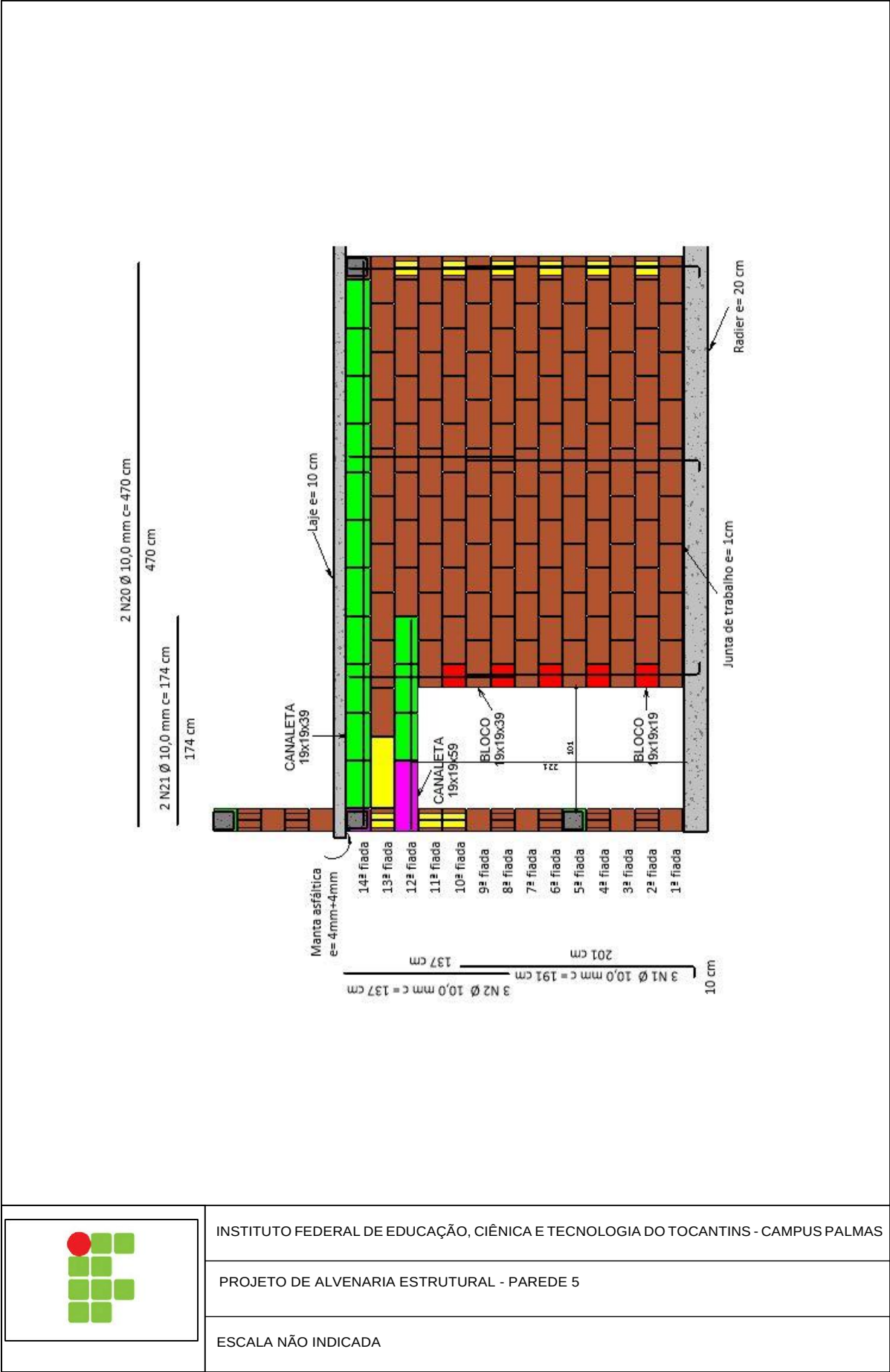


ANEXO M – PROJETO DESENVOLVIDO NO REVIT: Parede 3

]

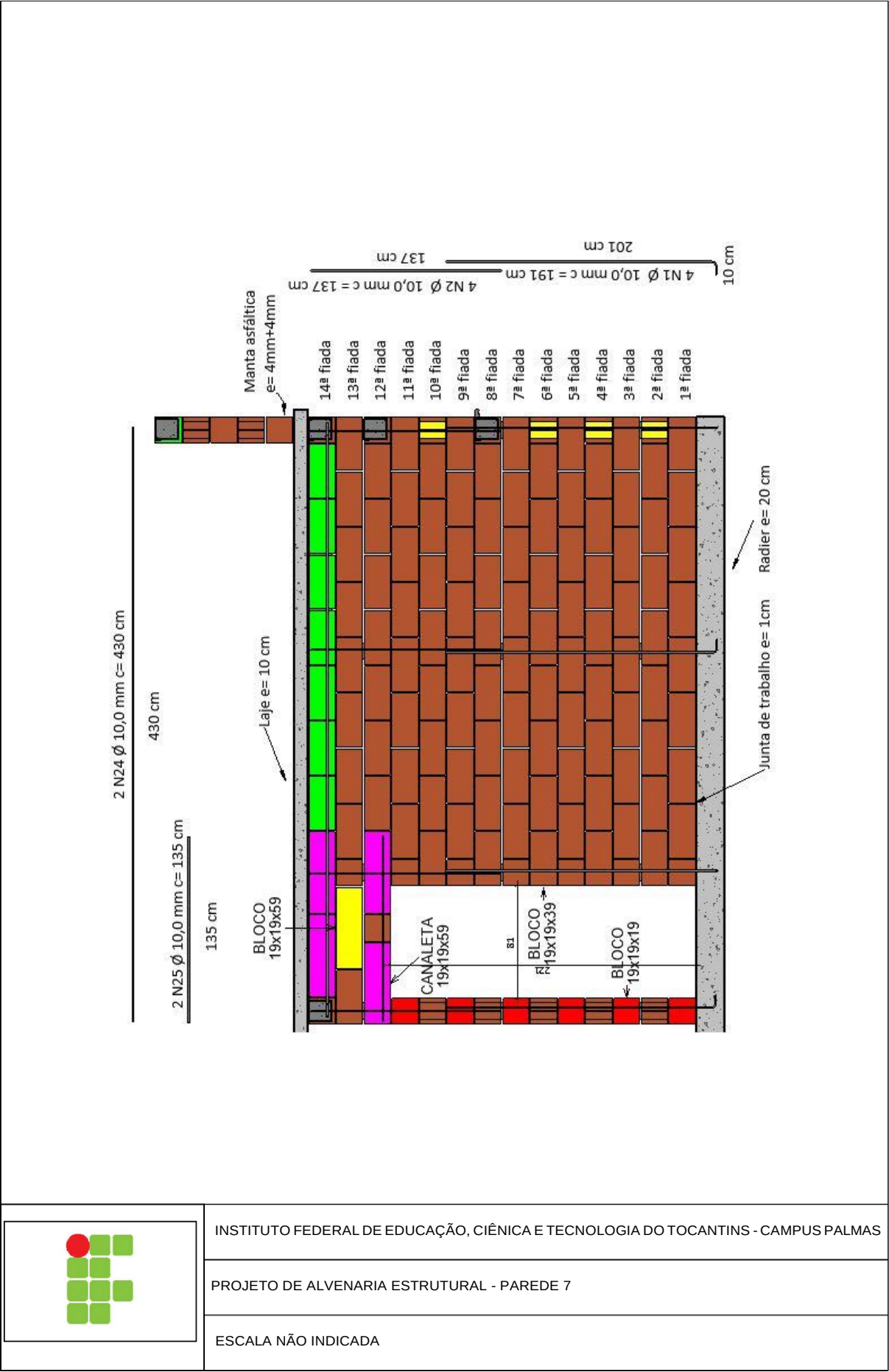
ANEXO N – PROJETO DESENVOLVIDO NO REVIT: Parede 4

ANEXO O – PROJETO DESENVOLVIDO NO REVIT: Parede 5

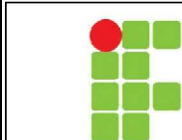


ANEXO P – PROJETO DESENVOLVIDO NO REVIT: Parede 6

ANEXO Q – PROJETO DESENVOLVIDO NO REVIT: Parede 7



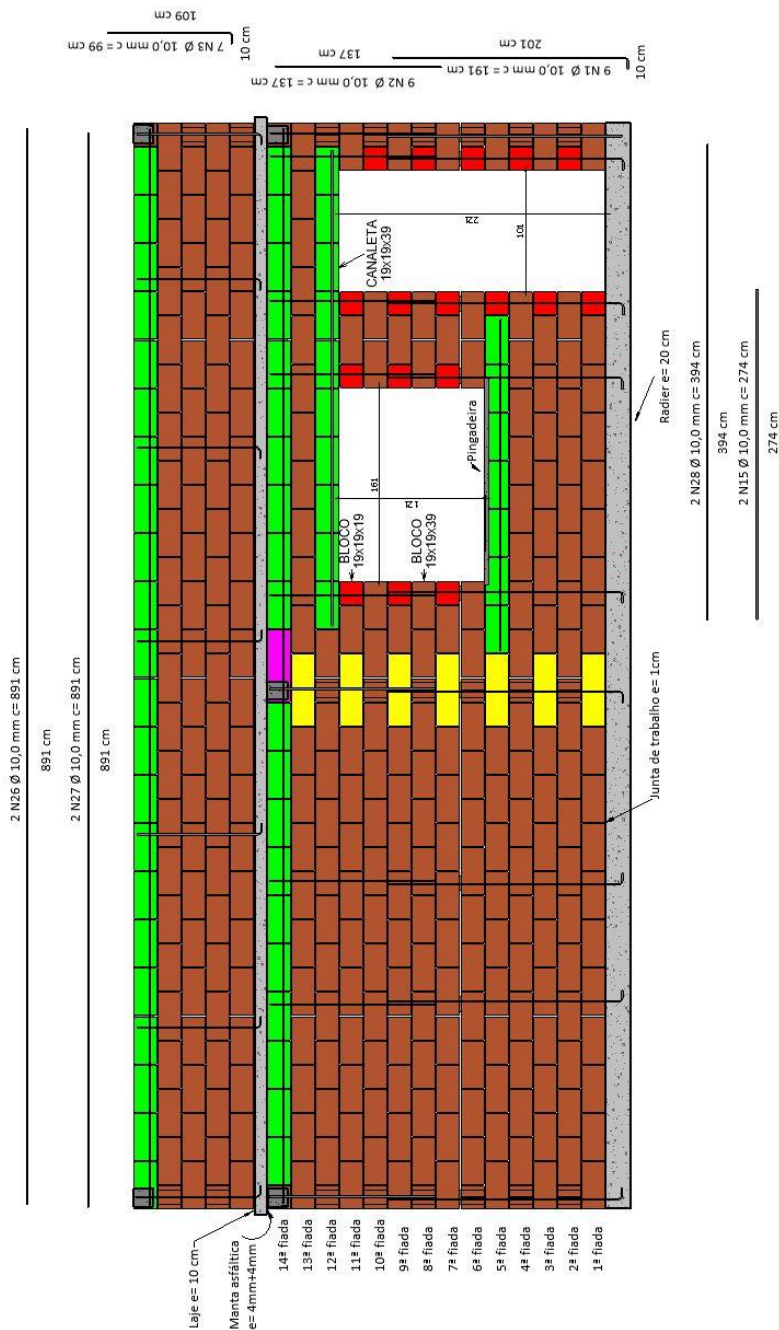
ANEXO R – PROJETO DESENVOLVIDO NO REVIT: Parede 8



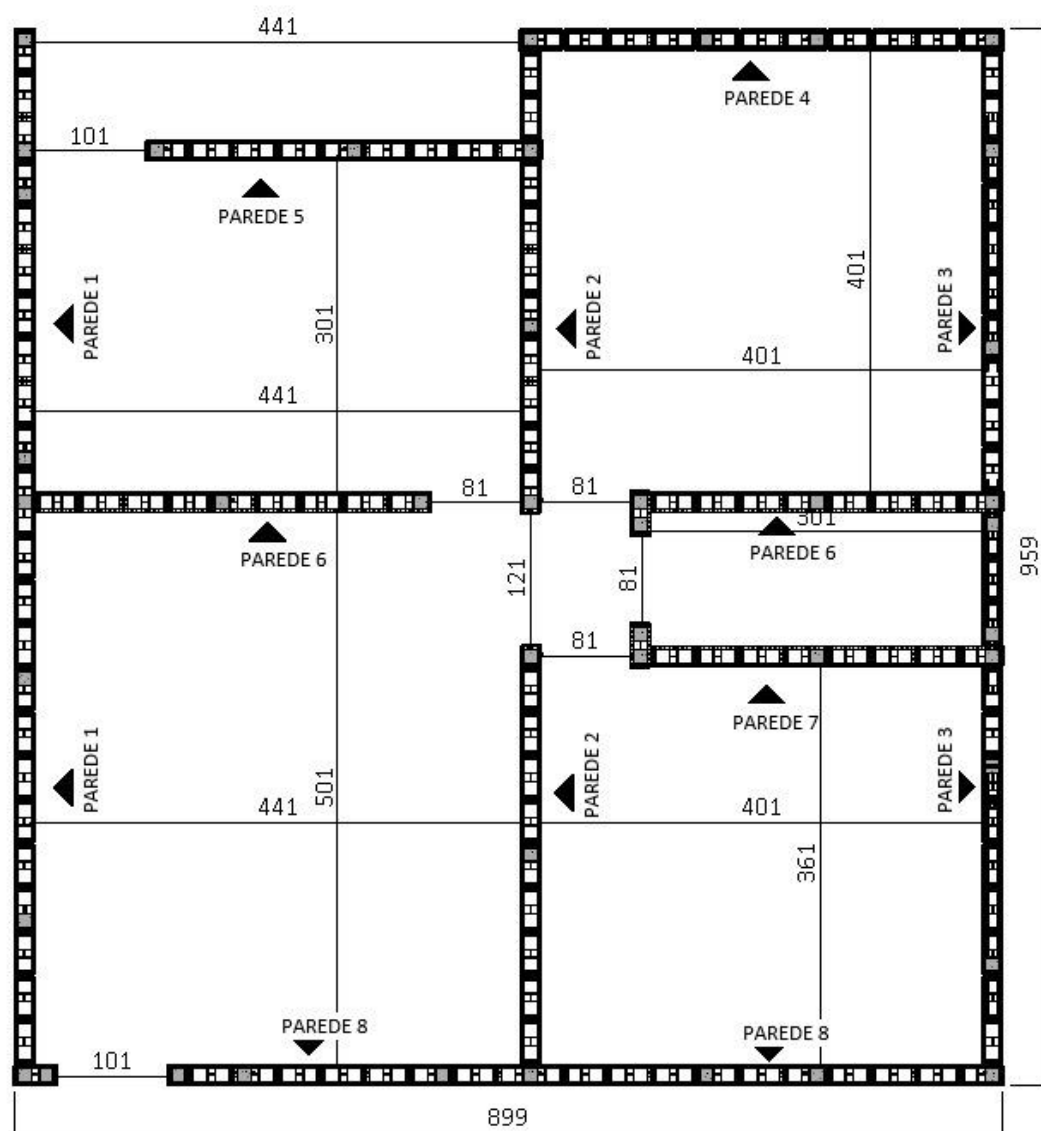
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS - CAMPUS PALMAS

PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL - PAREDE 8

ESCALA NÃO INDICADA



ANEXO S – PROJETO DESENVOLVIDO NO REVIT: Planta de primeira fiada



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS - CAMPUS PALMAS

PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL - PLANTA DE PRIMEIRA FIADA

ESCALA NÃO INDICADA

ANEXO T – PROJETO DESENVOLVIDO NO REVIT: Planta de segunda fiada

