



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

IZAQUE NATANAEL DANTAS

**UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES COMPATIBILIZADO COM A METODOLOGIA
BIM – UM ESTUDO NA LITERATURA**

ANGICOS

2023

IZAQUE NATANAEL DANTAS

**UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES COMPATIBILIZADO COM A METODOLOGIA
BIM – UM ESTUDO NA LITERATURA**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Marcilene Vieira Da Nóbrega,
Profa. Dra.

ANGICOS

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D192u DANTAS, IZAQUE NATANAEL.
UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES COMPATIBILIZADOS COM A
METODOLOGIA BIM ? UM ESTUDO NA LITERATURA /
IZAQUE NATANAEL DANTAS. - 2023.
33 f. : il.

Orientadora: Marcilene Vieira da Nóbrega.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2023.

1. Análise Estrutural. 2. Softwares de Cálculo
Estrutural. 3. Metodologia BIM. 4.
Compatibilização. I. Nóbrega, Marcilene Vieira da ,
orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

IZAQUE NATANAEL DANTAS

**UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES COMPATIBILIZADO COM A METODOLOGIA
BIM – UM ESTUDO NA LITERATURA**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 18 / 05 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Marcilene Vieira da Nóbrega, Profa. Dra. (UFERSA)

Presidente

Igor José Nascimento de Medeiros, Prof. Me. (UFERSA)

Membro Examinador Interno

Marcus Vinícius Sousa Rodrigues, Prof. Dr. (UFMA)

Membro Examinador Externo

Francisco Gomes da Mota (In Memoriam).

Dedico à minha mãe e ao meu pai, cujos foram minha força nesses anos. São os que sempre estão presentes, fiéis e companheiros nessa caminhada intensa e prazerosa que é a vida.

AGRADECIMENTOS

Sou imensamente grato a Deus por Sua constante provisão em minha vida, concedendo-me saúde e força para perseguir meus sonhos e planos. Seu amor e presença transformaram completamente a minha vida, e sou grato por Sua graça inesgotável, mesmo quando não a mereço. Agradeço também pela Sua orientação e direção, sempre presente em momentos difíceis e incertos. Sua paz e sabedoria me sustentam e me guiam em todas as áreas da minha vida. Que eu possa continuar a honrá-Lo e a servi-Lo todos os dias da minha vida, reconhecendo Sua bondade e fidelidade em tudo o que faço. Que meu coração esteja sempre grato e minha fé sempre forte, para que eu possa ser um instrumento de amor e esperança neste mundo.

Sou profundamente grato aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, motivando-me e aconselhando-me em cada uma das minhas escolhas e decisões. Sua presença amorosa e seu compromisso com a minha educação me proporcionaram uma base sólida para crescer e desenvolver-me em todas as áreas da vida. Sinto-me especialmente grato pela paciência e pela dedicação que me demonstraram, não só durante os meus estudos, mas também em todos os momentos da minha vida. Seu amor incondicional e sua orientação sempre estiveram presentes, ajudando-me a enfrentar os desafios e a superar os obstáculos que surgiram em meu caminho. Que eu possa honrar o legado que eles me deixaram, sempre lembrando-me dos valores e ensinamentos que me transmitiram. Que eu possa ser um bom filho e retribuir todo o amor e cuidado que recebi deles, dando continuidade a essa tradição de amor e compromisso com a família.

Não posso deixar de expressar minha profunda gratidão à minha avó Aurenir, que sempre me aconselhou e encorajou a ser uma pessoa melhor. Seus sábios conselhos e sua sabedoria foram uma fonte constante de inspiração para mim, e sou muito grato pela sua presença amorosa em minha vida. Também sou grato ao meu tio Adriano, que me incentivou a estudar e a buscar minha formação. Seu compromisso com a minha educação foi fundamental para o meu sucesso acadêmico, e sua influência positiva em minha vida tem sido inestimável. Não posso esquecer do meu falecido avô, que sempre me ajudou financeiramente, seja na compra de materiais escolares, passagens de ônibus ou até mesmo lanches. Sua generosidade e cuidado para comigo foram um grande exemplo de amor e solidariedade, e sempre lembrarei com carinho das vezes em que ele me ajudou. Que eu também possa honrar o legado desses

grandes exemplos em minha vida, e retribuir a eles toda a gratidão e respeito que merecem. Que eu possa ser uma pessoa melhor a cada dia, inspirado por sua influência positiva em minha vida.

Querida Marcilene, gostaria de expressar minha gratidão por todo o apoio e orientação que você me ofereceu durante este período de trabalho. Sua dedicação e comprometimento em me ajudar a alcançar meus objetivos acadêmicos foram inestimáveis. Suas críticas construtivas e sugestões sempre me ajudaram a melhorar e aprimorar minhas ideias e projetos. Não tenho palavras para agradecer todo o conhecimento que você compartilhou comigo e a paciência que teve ao me guiar durante todo esse processo. Sem a sua orientação, não teria conseguido chegar tão longe. Mais uma vez, muito obrigado pelo seu tempo e esforço em me ajudar a ter sucesso. Tenho a sorte de tê-la como minha orientadora.

Prezados membros da banca examinadora, gostaria de expressar minha sincera gratidão por terem dedicado seu tempo e esforço para avaliar minha monografia. Sei que cada um de vocês tem suas próprias responsabilidades e compromissos, e aprecio muito o fato de terem se disponibilizado para fazer parte desta banca examinadora. Sou muito grato pelos comentários, sugestões e críticas construtivas que vocês fizeram durante a defesa. Seus insights e opiniões foram inestimáveis para mim e me ajudaram a refinar e aprimorar meu trabalho. Agradeço também pela forma respeitosa e profissional com que conduziram a avaliação.

RESUMO

Uma análise estrutural é um processo de estudo de componentes estruturais para prever o comportamento de uma estrutura e prevenir problemas futuros em seu projeto. Envolve o uso de conhecimentos matemáticos e físicos para formalizar a engenharia estrutural como uma ciência. A análise visa determinar as forças externas e internas, como cargas e reações de apoio, deslocamento e possíveis deformações na estrutura que está sendo projetada. A análise trabalha com quatro níveis de abstração, desde a estrutura real até a implementação computacional. Na construção civil, a análise faz parte de um conjunto de projetos, como os projetos elétricos, hidráulicos, arquitetônicos e estruturais, que trazem análises detalhadas para a construção. A demanda por estruturas esbeltas impulsionou a tecnologia na construção civil, mas o cálculo dessas estruturas é cada vez mais complexo. *Softwares* de cálculos estruturais foram desenvolvidos para auxiliar engenheiros e arquitetos na criação de projetos complexos. O uso de programas para auxílio de cálculo estrutural na construção civil levou ao desenvolvimento da metodologia BIM, que permite a modelagem de informações de um empreendimento e a troca de informações entre as partes envolvidas no projeto, resultando em prazos menores, redução de custos e maior qualidade. Com isso vem a compatibilização que é uma importante etapa na metodologia BIM, que tem como objetivo unir e analisar possíveis interferências entre os projetos executivos, evitando erros e atrasos durante a execução da obra. É uma atividade de gerenciamento e integração de projetos afins, buscando a otimização dos recursos e a detecção de falhas entre os subsistemas da edificação. Uma revisão sistemática da literatura foi realizada para analisar a utilização desses *softwares*, com critérios de inclusão que envolvem estudos científicos com resultados empíricos e publicações em português. Foi realizado um levantamento de dissertações e teses que abordam estudos de caso e análises da compatibilização da metodologia BIM com edificações, e os resultados indicam que há uma escassez de informações sobre esse avanço na engenharia. Diante disso, pode-se concluir que o uso de programas de cálculo estrutural compatíveis com a metodologia BIM é uma evolução na construção civil que traz muitos benefícios e desafios. É importante que os profissionais da área estejam capacitados para usar essas ferramentas e que haja colaboração e integração entre as disciplinas envolvidas no projeto.

Palavras-chave: Análise Estrutural. *Softwares* de Cálculo Estrutural. Metodologia BIM. Compatibilização.

BSTRACT

A structural analysis is a process of studying structural components to predict the behavior of a structure and prevent future problems in your design. It involves the use of mathematical and physical knowledge to formalize structural engineering as a science. The analysis aims to determine the external and internal forces, such as loads and support reactions, displacement and possible deformations in the structure being designed. The analysis works with four levels of abstraction, from the real structure to the computational implementation. In civil construction, the analysis is part of a set of projects, such as electrical, hydraulic, architectural and structural projects, which bring detailed analyzes to construction. The demand for slender structures boosted technology in civil construction, but the calculation of these structures is increasingly complex. Structural calculation software was developed to assist engineers and architects in creating complex projects. The use of structural calculation software in civil construction led to the development of the BIM methodology, which allows the modeling of information from an enterprise and the exchange of information between the parties involved in the project, resulting in shorter deadlines, cost reduction and higher quality. With that comes compatibility, which is an important step in the BIM methodology, which aims to unite and analyze possible interferences between the executive projects, avoiding errors and delays during the execution of the work. It is an activity of managing and integrating related projects, seeking to optimize resources and detect faults between building subsystems. A systematic literature review was carried out to analyze the use of these software, with inclusion criteria involving scientific studies with empirical results and publications in Portuguese. A survey of dissertations and theses was carried out that address case studies and analyzes of the compatibility of the BIM methodology with buildings, and the results indicate that there is a shortage of information about this advance in engineering. Given this, it can be concluded that the use of structural calculation software compatible with the BIM methodology is an evolution in civil construction that brings many benefits and challenges. It is important that professionals in the area are trained to use these tools and that there is collaboration and integration between the disciplines involved in the project.

Keywords: Structural analysis. Structural Calculation Software. BIM methodology. Compatibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Analise de Esforços	16
Figura 2	–	Modelo Computacional	17
Figura 3	–	Projeto Elétrico	18
Figura 4	–	Projeto Hidráulico	19
Figura 5	–	Projeto Arquitetônico	20
Figura 6	–	Projeto Estrutural	21
Figura 7	–	Interface do TQS	22
Figura 8	–	Interface do Revit	22
Figura 9	–	Interface do Cypecad	23
Figura 10	–	Interface do Eberick	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bel	Bacharel
Dr	Doutor
Me	Mestre
BIM	Building Information Modeling
NBR	Norma Brasileira
Prof	Professor (a)

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
OBJETIVO GERAL	14
OBJETIVO ESPECIFICO	15
2 - REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	16
2.1- Análise estrutural	16
2.2- Projetos estruturais que compõem uma concepção de edificação	17
2.4- Metodologia BIM	23
2.4.1 – Dimensões do BIM	24
2.4.2 – Compatibilização	25
2.5 – Mudanças na engenharia civil com aplicação da metodologia BIM.....	26
3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	28
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Os projetos que compõem uma edificação são um conjunto de documentos técnicos que detalham todas as etapas do processo de construção de um edifício. Eles incluem plantas, cortes, elevações, especificações e detalhes construtivos que devem ser seguidos durante a construção.

Entre os principais projetos de uma edificação, pode-se destacar o projeto arquitetônico, que define a disposição dos espaços, a estética e a funcionalidade do edifício; o projeto estrutural, que determina a estrutura da edificação e sua resistência; o projeto hidráulico, que define a rede de água e esgoto; o projeto elétrico, que determina a rede elétrica e de iluminação; e o projeto de ar-condicionado e ventilação, que define o sistema de climatização do edifício.

Falando um pouco mais sobre projeto estrutural pode ser definido como uma etapa fundamental na construção de edificações e estruturas em geral, pois é responsável por determinar as dimensões e especificações dos elementos estruturais que suportarão as cargas e esforços da construção. Esse projeto deve ser elaborado por um profissional especializado, como um engenheiro civil, que utilizará técnicas e conhecimentos específicos para garantir que a estrutura seja segura, resistente e durável. Além disso, o projeto estrutural deve levar em consideração as normas e regulamentações técnicas aplicáveis, bem como as características do terreno e do ambiente onde a construção será realizada.

Além desses projetos, outros também podem ser necessários, dependendo das características específicas da edificação, como o projeto de prevenção e combate a incêndio, o projeto acústico, o projeto de paisagismo, entre outros. Todos esses projetos são fundamentais para garantir a segurança, a funcionalidade e o conforto dos usuários do edifício, esses projetos são elaborados em softwares que viabilizam a análise e execução do mesmo.

Software de cálculo é uma ferramenta essencial para diversas áreas, desde a engenharia até a contabilidade. Eles são programas de computador que realizam cálculos e análises complexas com precisão e rapidez, tornando as tarefas mais eficientes e confiáveis.

Os *softwares* de cálculo são desenvolvidos para atender às necessidades específicas de cada área, oferecendo recursos e funções adequados para o setor de atuação. Eles podem ser usados para cálculos simples, como soma e subtração, até cálculos avançados, como simulações e modelagem matemática. Alguns exemplos de softwares de cálculo são o *Microsoft Excel*, *MATLAB*, *Wolfram Mathematica* e *AutoCAD*. Com a evolução da tecnologia e a crescente necessidade de análises mais precisas e rápidas, os *softwares* de cálculo tornaram-se cada vez mais importantes e populares em diversas áreas, principalmente dando acesso a metodologia BIM (*Building Information Modeling*) que hoje abre portas para a elaboração de projetos.

O *Building Information Modeling* (BIM) é uma tecnologia que está transformando a maneira como os projetos de construção são concebidos, construídos e gerenciados. O BIM é um processo colaborativo que permite aos profissionais do setor da construção trabalharem em conjunto, compartilhando informações em tempo real, criando modelos 3D detalhados e simulando a construção virtualmente.

O BIM fornece uma visão holística do projeto, desde o planejamento até a construção e manutenção, ajudando a otimizar o uso de recursos, reduzir erros e custos, além de melhorar a eficiência geral do processo de construção. Com o BIM, as empresas de construção podem visualizar e analisar cada aspecto de um projeto em um ambiente virtual antes mesmo de começar a construir, permitindo a identificação e solução de problemas potenciais antes que eles ocorram. O BIM está revolucionando a indústria da construção, tornando os projetos mais eficientes, sustentáveis e econômicos.

A utilização de softwares de cálculo estrutural compatibilizados com a metodologia BIM é um tema relevante e atual no campo da engenharia civil. Com o avanço da tecnologia, a integração de diferentes ferramentas e processos torna-se cada vez mais importante para o desenvolvimento de projetos mais eficientes e sustentáveis.

Nesse sentido, a metodologia BIM (Building Information Modeling) tem se destacado como uma abordagem que permite a criação de modelos tridimensionais de edificações, agregando informações precisas sobre a geometria, materiais, sistemas e componentes construtivos. Além disso, a metodologia BIM também permite a compatibilização de diferentes projetos, o que reduz o risco de erros e conflitos durante a construção.

No contexto do cálculo estrutural, a utilização de softwares compatíveis com a metodologia BIM pode trazer diversas vantagens, como a possibilidade de realizar análises mais precisas e integradas, considerando aspectos como a geometria da edificação, as cargas atuantes, os materiais utilizados, entre outros fatores. Além disso, a utilização de softwares compatíveis com a metodologia BIM também permite a automatização de processos, o que pode reduzir o tempo e os custos envolvidos no projeto.

OBJETIVO GERAL

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo geral analisar a literatura existente sobre a utilização de *softwares* de cálculo estrutural compatibilizados com a metodologia BIM, destacando suas vantagens, desafios e limitações. A partir dessa análise,

busca-se fornecer subsídios para uma melhor compreensão e utilização dessa abordagem na prática da engenharia civil.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Realizar estudo preliminar na literatura acerca de conceitos básicos que servirão de base para a construção dos resultados e discussão do trabalho; conceitos de análise estrutural, projetos, metodologia BIM e compatibilização.
- Realizar levantamento bibliográfico em artigos científicos, dissertações e teses para entender as dificuldades dos autores no desenvolvimento dos seus trabalhos, no que diz respeito à compatibilização.
- Entender qual o caminho a seguir ao pensar sobre compatibilização e análise das estruturas.

2 - REFERÊNCIAL TEÓRICO

Neste referencial teórico serão apresentados alguns tópicos que refletem a situação do uso da metodologia BIM em projetos estruturais na construção civil, numerando a importância do seu uso e como a engenharia conseguiu evoluir com a aplicação do BIM. Sendo a mesma a base para a metodologia desta pesquisa.

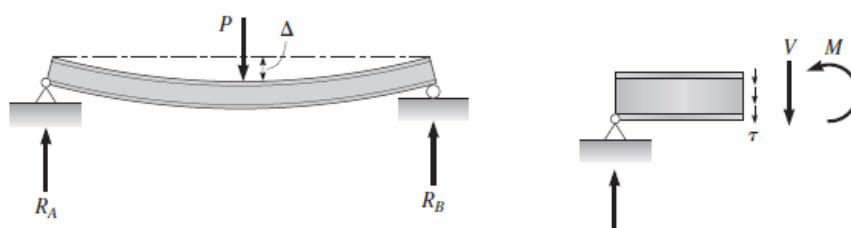
2.1- Análise estrutural

A análise estrutural é o estudo dos componentes estruturais que tem como desígnio prever o comportamento para evitar problemas futuros em seu projeto. Para se obter tais resultados são utilizados todos os conhecimentos de matemática e física para alcançar a formalização da engenharia estrutural como ciência.

“A análise estrutural é a fase do projeto estrutural em que é feita a idealização do comportamento da estrutura. Esse comportamento pode ser expresso por diversos parâmetros, como pelos campos de tensões, deformações e deslocamentos na estrutura”. (MARTHA, 2010).

O real objetivo da análise estrutural é a determinação dos esforços externos como também os internos que são as cargas e as reações de apoio, assim como a determinação do deslocamento e as possíveis deformações na estrutura que está sendo projetada, na figura 1 vemos como é feito a análise dos esforços em uma estrutura e suas reações externas e internas.

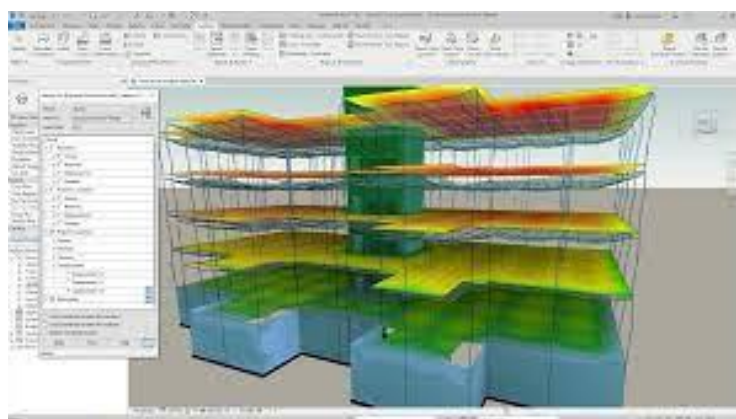
Figura 1 – Análise de Esforços



Fonte: FUNDAMENTO DA ANALISE ESTRURAL, LEET, KENNETH (2009, pag. 12)

A análise estrutural trabalha com 4 tipos de níveis de abstração com base na estrutura que está sendo avaliada, sendo elas a (“Estrutura Real” – Idealização do Comportamento – “Modelo Estrutural” – Discretização em Parâmetros – “Modelo Discreto” – Implementação Computacional – “Modelo Computacional”), podemos ver na figura 2 uma estrutura que traz os 4 níveis de abstração mencionado a cima.

FIGURA 2 – MODELO COMPUTACIONAL



FONTE: AUTODESK (2023)

Sendo assim a análise estrutural é todo o estudo matemático, geométrico e físico de uma estrutura feito antes da execução da obra visando a prevenção de acidentes e desastres que podem ocasionar mortes.

2.2- Projetos estruturais que compõem uma concepção de edificação

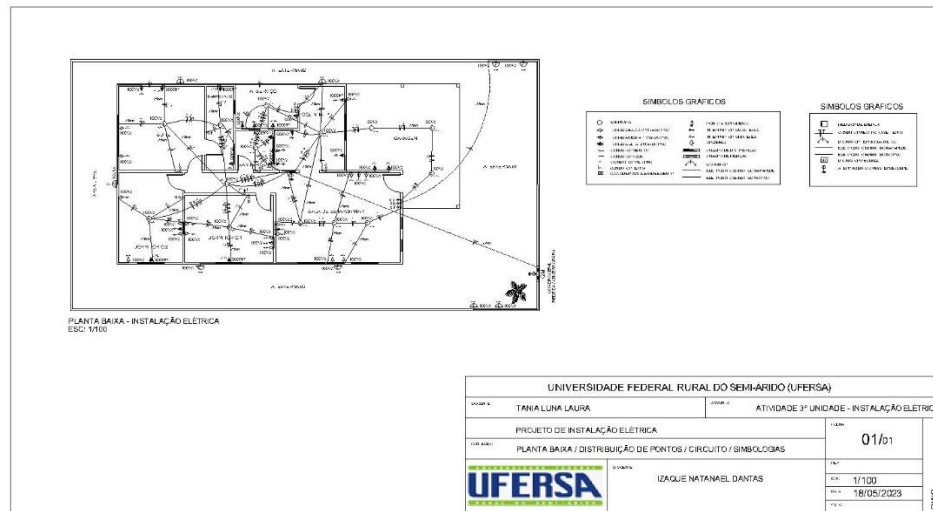
Em uma edificação existe vários projetos que constitui a ideia daquela edificação, que se unem para trazer várias informações para quem está a frente da obra, esses projetos trazem análises minuciosa. A junção de todos esses projetos traz a concretização da construção da edificação planejada. Neste agrupamento de projetos temos o projeto elétrico, projeto hidráulico, projeto arquitetônico e projeto estrutural.

Projeto Elétrico – É o projeto elaborado por engenheiro ou arquiteto, que é baseado em normas técnicas e tem a finalidade de prever a demanda de cargas que a edificação terá, tem em mente o objetivo de diminuir os riscos de acidentes elétricos. Ou seja, o projeto elétrico traz todas as informações necessárias para se realizar o trabalho.

De acordo com (D'Ávila, 2007) Chama-se de instalações elétricas uma estrutura física formada por elementos condutores, de proteção, de seccionamento e de comando. Sendo assim podemos verificar na figura 3 os elementos que contem no projeto elétrico.

Este projeto apresenta uma combinação de elementos elétricos, tais como pontos de iluminação, tomadas, interruptores e caixas de distribuição, juntamente com outros componentes. Esses componentes podem ser visualizados na Figura 3, que representa uma planta de instalação elétrica de uma residência unifamiliar.

FIGURA 3 – PROJETO ELETRICO



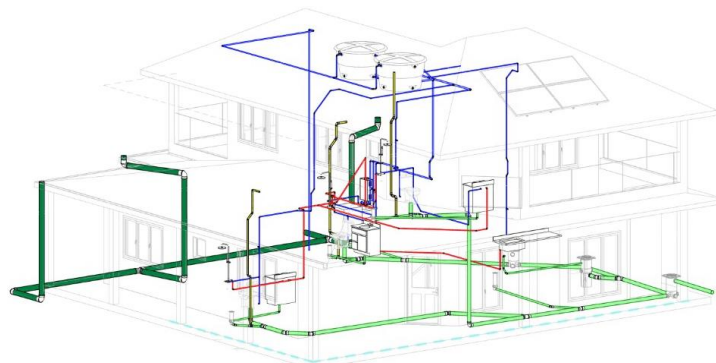
FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

Projeto Hidráulico – Esse projeto também conhecido como Hidrossanitário, tem o objetivo de determinar os pontos de passagem e tubulações de água e tubulações de esgoto, facilitando assim a distribuição dos pontos aonde será utilizado a água na estrutura e as saídas de esgotos. O projeto hidráulico também prevê problemas hidráulicos como vazamentos, erros de montagem, assim evitando contas de água exorbitante, reflexos no tempo e custo da obra.

A essência das instalações, sob uma dimensão sistêmica, deve incorporar o conforto, imposto por um comportamento social dinâmico, e favorecer o estímulo à sustentabilidade do meio, além do valor dado à higiene e saúde do usuário, já inerentes. Estabelecer medidas inteligentes do uso dos recursos envolvidos na edificação equivale a promover a sustentabilidade do habitat (SANTOS, 2002; OLIVEIRA, 1999 apud PALIARI, 2008).

Pode-se ver na figura 4 o projeto hidrossanitário, mostrando informações sobre as tubulações de água e esgoto.

FIGURA 4: PROJETO HIDRAULICO



FONTE: PROJETO HIDROSSANITÁRIO ANITA E EDSON (2019)

Projeto Arquitetônico – É o esboço do projeto, e tem a representação gráfica e escrita de uma edificação. O projeto arquitetônico tem o projeto estrutural como seu complemento, o arquitetônico detalha o formato e aparência da edificação e o estrutural determina o dimensionamento dos elementos estruturais (vigas, pilares e lajes).

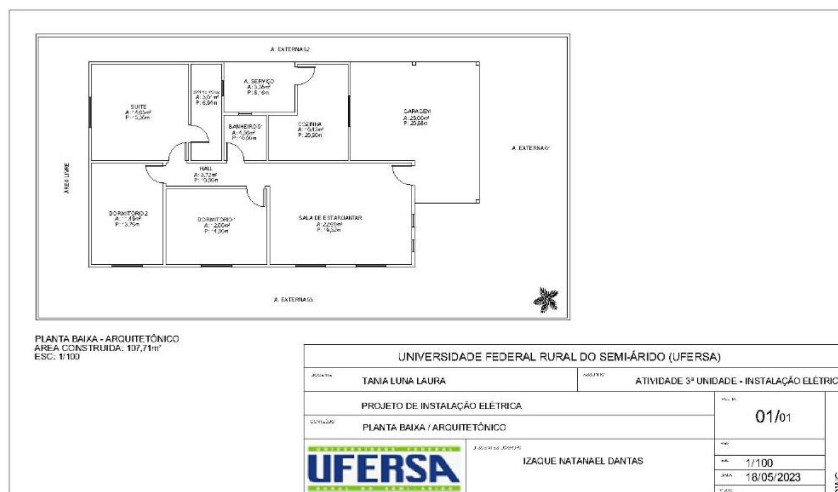
É um trabalho de cunho técnico onde os projetistas procuram atender demandas e restrições existentes passando por diversas fases criativas que serão modeladas e estudadas (Rodrigo, 2005).

O projeto arquitetônico engloba em seu processo um conjunto de informações que busca atender diversas necessidades e nortear a execução de uma edificação. Porém vale ressaltar que cada projeto é único e exige especialidades distintas e, com isso variações na metodologia podem vir a ocorrer (XAVIER, 2019).

Ainda de acordo com (XAVIER, 2005) O processo de concepção do projeto arquitetônico envolve um conjunto de fases e *softwares* que englobam informações essenciais para o desenvolvimento satisfatório do empreendimento.

A figura 5 apresenta uma análise minuciosa do projeto arquitetônico, revelando valiosas informações e detalhamentos sobre cada componente da edificação. Nessa representação visual, é possível compreender de forma mais clara e abrangente como se dá a estrutura, distribuição e características específicas de cada parte do projeto. Os detalhes presentes na figura elucidam elementos como a disposição dos cômodos, a localização de janelas e portas, a organização dos espaços internos e externos, bem como outros aspectos relevantes da construção. Dessa forma, a figura contribui significativamente para uma compreensão mais precisa e abrangente do projeto arquitetônico em questão.

FIGURA 5 – PROJETO ARQUITETONICO

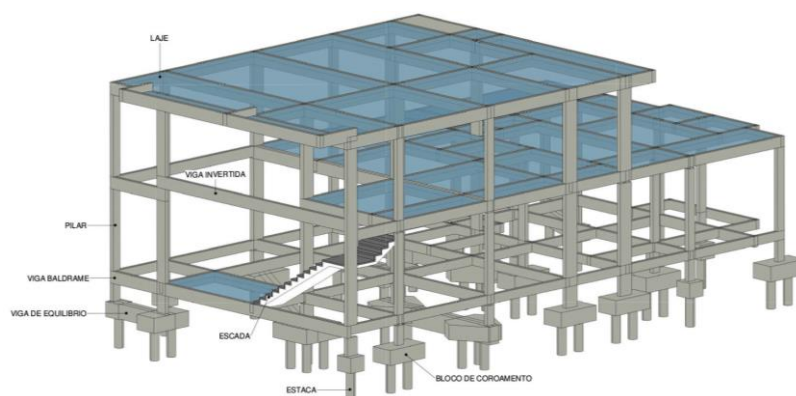


FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

Projeto Estrutural - O projeto estrutural também conhecido como cálculo estrutural é um dos principais passos para a execução de uma obra, sua elaboração é dimensionada e apresentam os elementos estruturais que são as vigas, lajes e pilares. Fazendo parte de um conjunto com os outros projetos que são (Projeto Estrutural, Projeto Hidrossanitário, Projeto Arquitetônico e Projeto Elétrico), e entre eles necessita ter uma comunicação pois pode ocasionar com que os elementos destes projetos sofram alterações durante a fase de compatibilização. O projeto estrutural tem sua utilidade também para reduzir os custos de manutenção e prolongar o tempo de vida da construção. “Os problemas que ocorrem na construção civil são diversos e podem tanto interferir no cumprimento do prazo e orçamento, como gerar paralizações causadas por logística inadequada de mão de obra e material. Essas complicações geram prejuízos que podem definir o destino de uma construtora dentro do mercado, sendo capaz de culminar desde o seu sucesso ao seu fracasso” (OSCAR, 2016). Sabendo disso é necessário ver a utilidade de ferramentas e profissionais que sejam capacitados para atuar na área, propondo uma maior atenção na elaboração dos projetos e gerenciamento. Hoje encontra-se algumas ferramentas que facilita esse desempenho na produção e elaboração do projeto, essas ferramentas conhecidas como *softwares* de cálculo estrutural vêm trazendo uma inovação com a aplicação da metodologia BIM.

A Figura 6 ressalta a importância do projeto estrutural para a análise e execução eficiente de uma edificação. Ela mostra os elementos estruturais essenciais, como vigas, pilares, lajes e fundações, que garantem a estabilidade e segurança da construção. A figura destaca a necessidade de considerar a resistência dos materiais, as cargas atuantes e o dimensionamento adequado dos elementos estruturais. Além disso, revela informações cruciais para a execução, como localização, pontos de apoio e conexões necessárias.

FIGURA 6 – PROJETO ESTRUTURAL



FONTE: MT ENGENHARIA (2023)

2.3- Utilização de *softwares* em engenharia

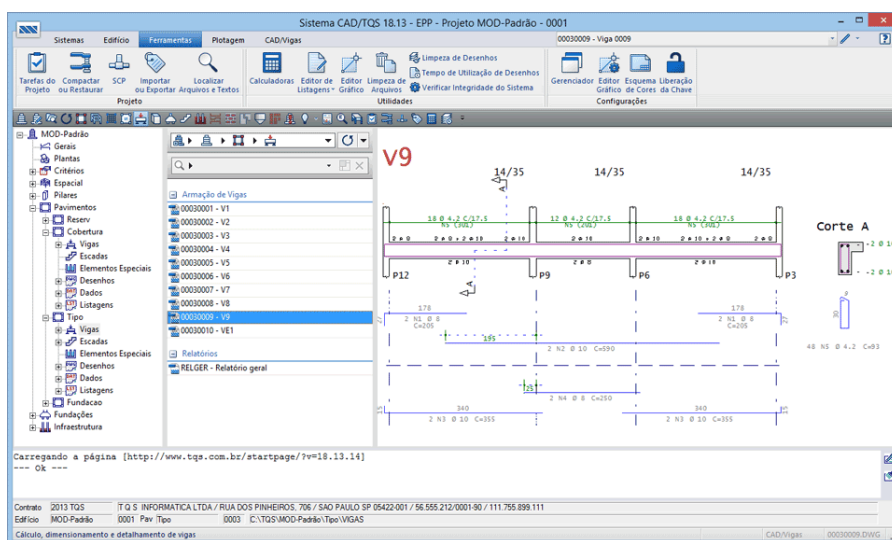
Pela demanda de construções de estruturas cada vez mais esbeltas trouxe, uma grande melhoria tecnológica na construção civil. Na própria medida, porém, foi preciso pagar um elevado preço: o cálculo dessas estruturas é cada vez mais complexas.

Para facilitar a análise e desenvolvimento desses projetos de grandes dificuldades, com o grande avanço da tecnologia e informática, foram criados programas que auxiliam os engenheiros e arquitetos na criação dos projetos, tais programas são conhecidos como *softwares* de cálculos estruturais e hoje encontra-se uma grande variedade desses programas que tem aplicação para várias áreas da engenharia e arquitetura.

Em meio aos programas que existem no mercado, poucos estão adaptados a executar projetos de estruturas de concreto armado para construção de edificações comerciais e residenciais conforme é recomendado na NBR 6118/2003. Podem-se encontrar os principais programas de utilização para cálculo estrutural, os quais incluem:

TQS – Esse é um dos mais utilizados pela engenharia civil, pois ele faz a análise, o detalhamento, o dimensionamento e o desenho das estruturas. Na figura 7, é apresentada a interface do programa TQS.

FIGURA 7 – INTERFACE DO TQS

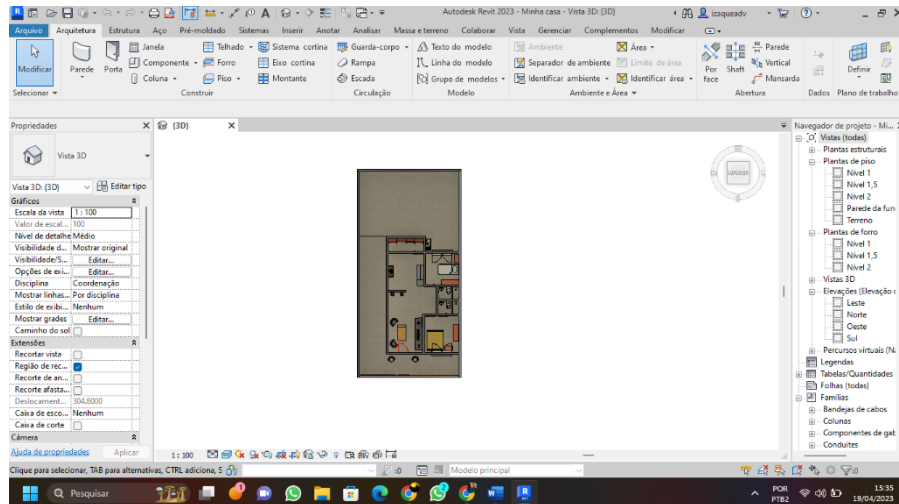


FONTE: TQS (2023)

Revit – É um programa de projeto BIM (Building Information Modeling) que revolucionou a forma de se produzir projetos estruturais, dando a opção de ver o projeto no plano 3D, é usado por engenheiros e arquitetos. Que tem a finalidade de facilitar a criação e a análise de projetos

estruturais. Na figura 8, é possível visualizar a interface do Revit durante a elaboração de um projeto arquitetônico.

FIGURA 8 – INTERFACE DO REVIT

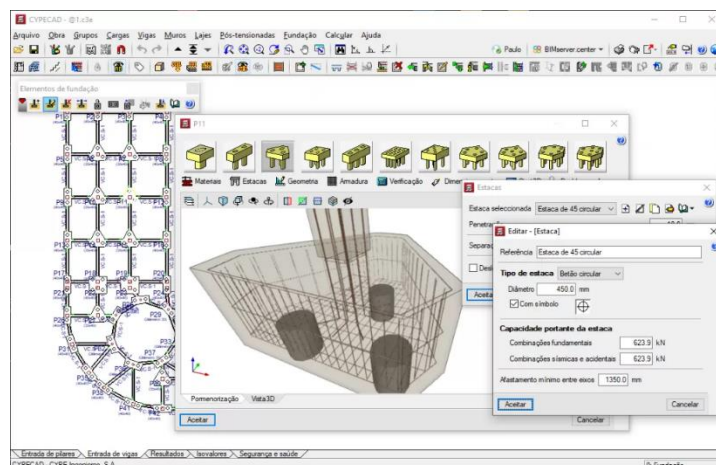


FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

Cypecad – é um software para projeto e cálculo estrutural em concreto armado, pré-moldado, protendido e misto de concreto e aço que engloba as etapas de lançamento do projeto, análise e cálculo da estrutura, dimensionamento e detalhamento final dos elementos.

Os recursos de detalhamento e dimensionamento estão de acordo com as normas brasileiras de concreto armado (NBR 6118:2014), fundações (NBR 6122), carregamentos (NBR 6120), barras (NBR 7480), ventos (NBR 6123), ações e combinações (NBR 8681). A figura 9 apresenta uma visão detalhada da interface do Cypecad, revelando todos os elementos e recursos disponíveis no *software*.

FIGURA 9 – INTERFACE DO CYPECAD

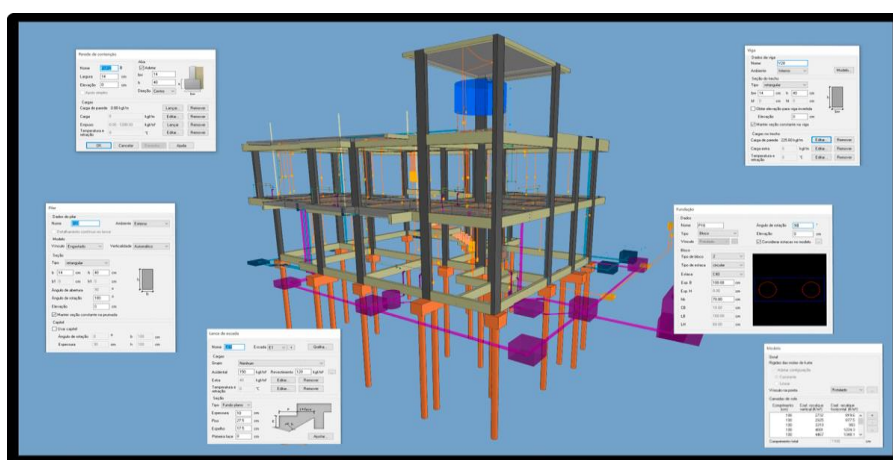


FONTE: CYPE ENGENHEIROS, SA (2023)

Eberick – Da mesma forma como o Revit, o Eberick é um programa de projeto BIM (Building Information Modeling), que trabalha com modelagem em 3D trazendo uma qualidade e eficiência na elaboração do projeto estrutural nas áreas de concreto armado, projeto arquitetônico e análise de estruturas.

Na figura 10, é possível observar em detalhes a interface e as formas como os projetos são apresentados em 3D. A imagem proporciona uma visualização clara dos elementos e recursos utilizados para representar os projetos tridimensionais.

FIGURA 10 – INTERFACE DO EBERICK



FONTE: ALTO QI (2023)

2.4- Metodologia BIM

Com esse desenvolvimento crescente da tecnologia e a implementação dos *softwares* de cálculo estrutural na engenharia, foi desenvolvido a metodologia BIM (Building Information Modelling), que é a junção de vários processos atualizados compactados, que possuem características de inovação no meio da construção e da indústria. Ou seja, ela traz uma modelagem das informações de um empreendimento, envolvendo todo o período da construção, assim criando um modelo digital e associando parcialmente ou totalmente as características da engenharia. referência

Os projetos da construção civil, principalmente os mais complexos, são exigidos por parte da contratante, pelo qual, a equipe de projetistas junto com a equipe executora, sejam capazes de coparticipar de todo o processo do projeto, com prazos menores, redução de custos, e maior qualidade. Estas vantagens são proporcionadas por um correto planejamento, este facilitado com o uso do BIM. (GARCIA e SILVA, 2021).

Para se obter sucesso no projeto é necessário ter representações que possam ser perfeitamente compreendidas por todas as partes envolvidas, então a indústria da construção vem buscando assistência tecnológica com o uso de recursos computacionais que ao passar das décadas ficaram disponíveis. E a metodologia BIM traz essa facilidade de troca de informações, fazendo que o projetista e todos que componham a obra tenha uma segurança a mais na hora de executar o projeto.

Para se atingir um grau de eficiência, padronização e qualidade compatível com outros setores, a construção civil precisa primeiramente mudar a forma como se pensa e elabora suas obras. Nesse sentido, o BIM surge como um dos conceitos mais revolucionários já criados no setor, pois rompe o modelo tradicional e propõe um modelo completamente novo e integrado que trará grandes benefícios. (SENA, 2012).

Em softwares que usa a metodologia BIM, existe uma ferramenta que permite a junção dos projetos após a sua conclusão, que encontra as incompatibilidades entre eles e gera um relatório. O nome dado a esse método de detectar estas incompatibilidades é Clash Detection. Na projeção da modelagem pode ocorrer incompatibilidades que não são percebidas pelo projetista, contudo elas são identificadas pela ferramenta clash, que consente uma verificação completa em analogia as interferências, para que nem um passe por despercebido pelo projetista.

2.4.1 – Dimensões do BIM

O BIM tem seis principais tipos de dimensões, e elas são:

- 2D BIM – Gráfico: É a mais simples, ela é usada por *softwares* básicos que trabalha com dimensões no plano, desse modo, a representação do projeto, vem pelas plantas baixas, fachadas, cortes e elevações.
- 3D BIM – Modelo: Nessa parte o projeto é visível com seus detalhes, sua execução vem junto com o 2D mas a sua apresentação visual trás detalhes como uma maquete virtual. Sabendo disso se houver uma alteração no projeto no plano 2D também sofrera alteração no 3D simultaneamente.

O modelo 3D representa todas as especialidades e aspectos da edificação como geometria, propriedades físicas dos materiais, arquitetura, estrutura, serviços complementares (Coelho, 2017).

- 4D BIM – Planejamento: O planejamento é essencial para a execução do projeto, se caso houver um planejamento mau feito, pode acarretar mais tempo e assim aumentado o custo da obra. Então podemos afirmar que essa dimensão está ligada ao tempo. Deste modo, o que deseja ser feito com a dimensão 4D é uma série lógica de passos a serem desempenhadas.
- 5D BIM – Custo: Essa dimensão trabalha com o orçamento da obra, o planejamento do que será gasto pelo decorrer da obra é bastante necessário. Da mesma forma que as outras dimensões passam por alguma alteração, irá refletir uma mudança no custo total da obra.
- 6D BIM – Sustentabilidade: Hoje a sustentabilidade é um tema bastante abordada, e não diferente, na engenharia se torna algo obrigatório na elaboração e execução do projeto, então essa dimensão vem para tratar desse ponto. Coelho (2017) afirma que O modelo 6D está relacionada com estudos energéticos e de sustentabilidade, englobando estudo do consumo e verificação de energia no processo de projeto e durante a ocupação da edificação.
- 7D BIM – Gestão da manutenção: A dimensão 7D traz um ponto crucial da elaboração do projeto, que é a análise e cuidado do ciclo de vida da edificação. Ou seja, é o plano de elaboração de manutenção da obra. De acordo com Gonçalves Junior (2018), essas manutenções incluem verificação de informações de equipamentos, fabricantes, informações relacionadas a gestão da edificação ao longo do ciclo de vida. Freitas (2014) declara que as principais vantagens da dimensão 7D é o controle dos dados e garantia dos equipamentos, além de facilitar e agilizar a substituição de peças.

2.4.2 – Compatibilização

A compatibilização está presente na metodologia BIM para facilitar a análise de projetos, unificando um ao outro. Assim como diz Maria Gonçalves (2020), a compatibilização significa unir dois ou mais projetos para analisar possíveis interferências entre eles, como por exemplo, tubulação em confronto com viga, eletroduto abaixo da altura do forro, entre outros problemas.

A compatibilização tem como objetivo principal evitar que os projetos executivos contenham interferências entre as diversas disciplinas, além de erros diversos que possam gerar

atrasos e desperdícios durante a execução e que tragam prejuízo ao usuário final (Thiago Sena, 2012).

Ainda segundo Thiago (2012), como se pode ver, o conceito de compatibilização de forma geral está associado à qualidade do projeto, em todas as suas fases. A compatibilização é um dos requisitos para a garantia da qualidade do projeto final, e consequentemente, para a qualidade do empreendimento como um todo.

CALLEGARI e BARTH (2007) também afirmam que a compatibilização se compõe em uma atividade de gerenciar e integrar projetos afins, visando o perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade da obra. Busca-se assim a otimização e a utilização de materiais, tempo e mão de obra, bem como as posteriores manutenções. Compreende, também, a ação de detectar falhas relacionadas às interferências e inconsistências geométricas entre os subsistemas da edificação.

2.5 – Mudanças na engenharia civil com aplicação da metodologia BIM.

É perceptível o avanço tecnológico que vem sendo conquistado no ramo da engenharia civil agora, seja na área de projetos com a inovadora tecnologia BIM, na execução, com programas capazes de simular em tempo real a gestão de uma obra, ou, até mesmo, no lançamento de maquinários eficientes que facilitam o trabalho manual no campo. Entretanto, embora seja indiscutível esse progresso, há que se falar, ainda, em práticas retrógradadas que desmerecem a valorização da aquisição de projetos para a execução de uma obra (Milena Santos, 2020).

O BIM representa uma oportunidade de melhoria para todo o setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Sua utilização resulta em aumento da qualidade em diversos aspectos ligados a todas as fases de um projeto. Seu uso, em especial para a compatibilização de projetos, tem demonstrado ser mais eficiente do que o método tradicional (Marini, Junior e Florian, 2022).

Ainda segundo Marini, Junior e Florian (2022), assim sendo, percebe-se o elevado nível de importância que o sistema BIM representa para a engenharia atualmente, principalmente para o setor da construção civil pública, onde esta plataforma proporcionará grandes avanços na construção.

De acordo com Padilha (2010) relata que, ansiando por qualidade da vida e bem-estar da população, instituições públicas, no que tange construções, reformas, reparos ou qualquer outro serviço de engenharia executado em prédios públicos, precisam de dados e informações

que demonstrem a execução do empreendimento, que podem ser oferecidos por sistemas tecnológicos, como o BIM. Essa disponibilização de informações, interrelacionadas, possibilita a interoperabilidade das ações construtivas referentes à obra pública.

Com essas informações podemos afirmar que o BIM trouxe uma facilidade e qualidade na elaboração, análise e execução da obra.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este estudo tem como objetivo analisar a literatura disponível sobre a utilização desses programas de cálculo estrutural compatíveis com o BIM. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, com busca em bases de dados especializadas, em artigos científicos, livros e páginas oficiais dos softwares.

Os critérios de inclusão adotados foram: (1) artigos publicados em periódicos científicos revisados por pares; (2) estudos que abordam a utilização de *softwares* de cálculo estrutural compatíveis com o BIM; (3) estudos que apresentam resultados empíricos sobre o uso desses programas; (4) estudos publicados em português.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao realizar uma análise em sites acadêmicos, foi encontrado artigos relevantes relacionados ao tema proposto. Por meio de uma leitura aprofundada desses artigos, foi possível obter informações importantes que serviram de base para formular argumentos sólidos e responder aos problemas e discussões levantados pela inovação da metodologia BIM. Essa abordagem embasada em pesquisa acadêmica permite uma maior confiabilidade e embasamento teórico para as conclusões apresentadas.

Sena (2012) realizou trabalho com objetivo de fazer avaliação do processo de identificação de interferências em um modelo BIM. O autor esperava como resultado apresentar os benefícios da metodologia BIM para a compatibilização de projetos. Sabendo que a metodologia empregada na concretização deste trabalho consiste, primeiramente, em uma revisão bibliográfica sobre os conceitos gerais da modelagem de informação da construção e de suas aplicações práticas para a construção civil, e para elaboração do trabalho o autor usou informações de livros, artigos científicos, monografias de graduação e dissertações de mestrado.

De acordo com a pesquisa feita no artigo escrito por SENA, foi analisado em seus resultados que houve alguns problemas de elementos duplicados, essa análise pode ser observado abaixo na parte que foi extraída do artigo.

Além dos problemas já demonstrados e analisados na etapa 5.3, foram percebidos alguns elementos duplicados, especialmente no modelo de instalações. Esse tipo de problema não representa uma interferência de projeto, mas afeta a utilização do modelo para outros fins, como levantamento de quantitativos e análises de custo, por exemplo. As ferramentas utilizadas demonstraram boa eficiência na identificação dos elementos duplicados. (SENA, 2012)

Ainda de Sena (2012), como não há informação sobre compatibilizações anteriores feitas com o modelo, não existem parâmetros para efeito comparativo dos problemas detectados. No entanto, o processo elaborado neste trabalho foi capaz de identificar uma grande diversidade e quantidade de problemas e, além disso, demonstrou possibilidades de melhoria na coordenação das interferências.

Menegaro e Piccinini (2017), elaboraram um trabalho com a finalidade de mostrar a compatibilização do processo de projetos com a metodologia BIM, para isso as autoras fizeram um estudo prático, produzindo os projetos básicos que compõe uma estrutura, ao fim chegando aos seus resultados obtidos no estudo. As autoras utilizaram para a modelagem dos projetos o

software BIM Autodesk Revit na versão de 2017, este é considerado um dos programas mais conhecidos da metodologia BIM, a escolha desse programa se deu pois ele disponibiliza licença gratuita para uso acadêmico.

Com a análise feita no artigo escrito por Menegaro e Piccinini, as mesmas encontraram alguns problemas na execução do trabalho no *software* proposto para a elaboração do projeto, e também resoluções para os problemas encontrados.

No processo da modelagem dos projetos, foi necessário criar dois modelos federados e não somente um, conforme o fluxograma proposto. A necessidade da criação de dois modelos federados foi devido aos arquivos ficarem muito pesados, tornando a continuação do trabalho inviável, foi então necessário a criação de um modelo federado para o bloco e outro para o externo ao bloco.

Na última etapa do fluxograma, que foi a geração do relatório de incompatibilidades, através da ferramenta *clash detection*, utilizando o programa Navisworks, houve dificuldade em separar as incompatibilidades consideráveis das que não interfeririam na execução do projeto, pois a verificação não leva isto em consideração, trazendo inúmeras incompatibilidades não relevantes. (Menegaro e Piccinini, 2017)

Ainda de Menegaro e Piccinini (2017), a autora sugere que sejam realizadas verificações, utilizando o *clash detection*, durante a modelagem do projeto e não somente no término, como no fluxograma proposto inicialmente. Isto se deve ao fato de que muitas incompatibilidades encontradas pelo *clash* são semelhantes e poderiam ser evitadas se antes fossem detectadas, evitando a análise de relatórios emitidos pelo *clash detection*.

Coutinho, Moura e Teixeira (2021), fizeram uma pesquisa na prática de como compatibilizar um projeto arquitetônico a um projeto e hidrossanitário utilizando o BIM. Para avaliar o uso da metodologia BIM, fez-se o estudo de caso utilizando o método qualitativo. Para isso, no *software* Revit, fez-se a integração do projeto arquitetônico executivo aos projetos complementares de água fria e esgoto de uma residência unifamiliar.

Coutinho, Moura e Teixeira (2021), em sua pesquisa conseguiu notar semelhanças no resultado gráfico final, mas percebeu as diferenças na elaboração do projeto feito no Revit 3D em comparação do projeto feito em *softwares* 2D.

Por meio da vista da Figura 8, nota-se que o resultado gráfico final gerado no Revit é semelhante ao obtido por ferramentas 2D. Contudo, observou-se que a maneira de se projetar utilizando ferramentas BIM foi diferente, visto que o cerne esteve nas soluções e integrações dos projetos, não se atendo apenas a representação visual por meio de linhas e sim a objetos “inteligentes”, que possuem propriedades parametrizadas, como também apresentadas por Ruschel (2014). Entretanto, devido a implantação do BIM no Brasil ainda estar na fase inicial, notou-se que é necessária a otimização das famílias de projetos hidrossanitários, de forma a implementar mais objetos, como prolongadores para caixa de gordura, e melhorar a qualidade visual dos mesmos. (Coutinho, Moura e Teixeira, 2021)

Ainda falando sobre Coutinho, Moura e Teixeira (2021), este trabalho se tratou de uma edificação unifamiliar, com um pavimento, onde as incompatibilidades, embora existam, são de menor escala. Em obras de grande porte, os números de inconformidades tendem a serem maiores, gerando mais problemas. Assim, observou-se que, tendo como benefícios a automatização e a interação entre os projetos, o uso mais frequente da metodologia BIM possibilitará a redução da possibilidade de tais conflitos. Desta forma, tende-se a diminuir o retrabalho e os custos.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento de novas ferramentas, a utilização de softwares de cálculo estrutural compatibilizados com a metodologia BIM tornou-se uma realidade cada vez mais presente no setor da construção civil. A integração dessas duas ferramentas permite uma melhor visualização e compreensão dos projetos estruturais, além de possibilitar uma maior precisão nos cálculos e na análise de desempenho das estruturas.

A literatura tem demonstrado que a utilização de *softwares* de cálculo estrutural compatibilizados com a metodologia BIM pode trazer inúmeros benefícios para a construção civil, tais como: redução de erros, redução de retrabalhos, melhoria na tomada de decisões, aumento da eficiência na gestão de projetos e redução de custos. Esses benefícios impactam diretamente no tempo e na qualidade da obra.

No entanto, é importante ressaltar que a utilização dessas ferramentas requer profissionais qualificados e treinados para operá-las, além de uma cultura colaborativa entre os diversos profissionais envolvidos no projeto, a fim de garantir uma integração efetiva e eficiente entre as diversas disciplinas.

Diante disso, pode-se concluir que a utilização de softwares de cálculo estrutural compatibilizados com a metodologia BIM representa uma evolução na forma como se projetam e constroem estruturas, trazendo inúmeros benefícios e desafios para o setor da construção civil. É fundamental que os profissionais da área estejam atualizados e capacitados para utilizar essas ferramentas e que haja uma cultura de colaboração e integração entre as diversas disciplinas envolvidas no projeto.

REFERÊNCIAS

COUTINHO, André Borges et al. **COMPATIBILIZAÇÃO DE UM PROJETO ARQUITETÔNICO E HIDROSSANITÁRIO UTILIZANDO A METODOLOGIA BIM**. 2021. 13 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2021.

GARCIA, Danielle Cristina Soeira; SILVA, Thiago Machado da. **ANÁLISE DE SOFTWARES ESTRUTURAIS E SUAS INTEROPERABILIDADES COM O BIM**. 2021. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

GONÇALVES, Maria Isadora Messias Bezerra. **USO DA TERCEIRA E QUINTA DIMENSÃO DO BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS E GERAÇÃO DE QUANTITATIVOS**. 2020. 65 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, UFERSA, Mossoró, 2020.

MARINI, C. R., MINARI Junior, C. F., & Florian, F. (2022). **A UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NO PLANEJAMENTO E FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS**. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218, 3(11), e3112226. <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i11.2226>

MARTHA, Luiz Fernando. **ANÁLISE DE ESTRUTURAS: conceitos e métodos básicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MENEGARO, Bruna Ferreira; PICCININI, Ângela Costa. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) NO PROCESSO DE PROJETO, COM FOCO EM COMPATIBILIZAÇÃO**. 2017. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unesc - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2017.

SENA, Thiago Silva de. **A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS**. 2012. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012. Cap. 15.

SILVA, Armando José Esteves da. **METODOLOGIA BIM APLICADA À PREPARAÇÃO, CONTROLO E GESTÃO DE OBRA**. 2012. 218 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Politécnico do Porto, Portugal, 2012.

SORIANO, Humberto Lima. **ANÁLISE DE ESTRUTURAS: formulações clássicas**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

XAVIER, Alice Queiroz. **O PROJETO ARQUITETÔNICO E SEUS COMPLEMENTARES: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES**. 2019. 89 f. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.