



CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JOÃO VICTOR OLIVEIRA DE SOUZA

**USO DA METODOLOGIA BIM PARA MODELAGEM DE PROJETO ESTRUTURAL EM
CONCRETO ARMADO: UMA PROPOSTA DE DETALHAMENTO**

FORTALEZA

2020

JOÃO VICTOR OLIVEIRA DE SOUZA

USO DA METODOLOGIA BIM PARA MODELAGEM DE PROJETO ESTRUTURAL EM
CONCRETO ARMADO: UMA PROPOSTA DE DETALHAMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito parcial à obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Me. Ésio Magalhães Feitosa Lima
Co-orientador: Profa. Me. Carla Barroso de Oliveira
Leão

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Faculdade Ari de Sá

Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S719u Souza, João Victor Oliveira de .
USO DA METODOLOGIA BIM PARA MODELAGEM DE PROJETO ESTRUTURAL EM
CONCRETO ARMADO: UMA PROPOSTA DE DETALHAMENTO / João Victor Oliveira de Souza. –
2020.
65 f. : il.
- Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Ari de Sá, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2020.
Orientação: Prof. Me. Ézio Magalhães Feitosa Lima.
Coorientação: Prof. Me. Carla Barroso de Oliveira Leão.
1. BIM. 2. Projeto estrutural. 3. Detalhamento de estruturas de concreto armado. 4. Modelagem. I.
Título.

CDD 620

JOÃO VICTOR OLIVEIRA DE SOUZA

**USO DA METODOLOGIA BIM PARA MODELAGEM DE PROJETO ESTRUTURAL EM
CONCRETO ARMADO: UMA PROPOSTA DE DETALHAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito parcial à obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Me. Écio Magalhães Feitosa Lima
Co-orientador: Profa. Me. Carla Barroso de Oliveira
Leão

Aprovada em: 18 / 12 / 2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Écio Magalhães Feitosa Lima
Faculdade Ari de Sá

Prof. Me. Carlos Valbson Araújo
UNIPLAN

Profa. Me. Francisca Lilian Cruz Brasileiro
Faculdade Ari de Sá

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que me possibilitou chegar até aqui através da sua graça.

Agradeço à minha família, em especial a minha mãe Valdecilia Oliveira por ser à base da minha vida, que sempre investiu em minha educação e estudos. A minha madrinha, Valcidelia Oliveira que fez tudo o que estava ao seu alcance para me ajudar nessa trajetória.

Agradeço a minha namorada Ariele Ribeiro, que esteve do meu lado em todo o meu percurso acadêmico, me incentivando e me dando forças dia após dia.

Aos meus amigos de turma por estarem lado a lado nessa jornada.

Ao meu orientador professor Me. Ésio Magalhães Feitosa Lima e a coorientadora professora Me. Carla Barroso de Oliveira Leão por todo conhecimento transmitido durante essa trajetória e orientação do trabalho de conclusão de curso.

Ao demais corpo docente e colaboradores da FAS, por serem o portal para a realização deste sonho.

RESUMO

A disciplina de estruturas, se comparadas às demais da área de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), apresenta adoção ainda incipiente do paradigma BIM. Este trabalho tem o objetivo de estudar a aceitação da modelagem e detalhamento do projeto de estruturas de concreto armado, por meio de pesquisa descritiva utilizando o software Autodesk Revit 2019. Buscou-se a elucidação de conceitos de modelagem e melhores práticas a respeito de quatro principais etapas de um projeto estrutural em BIM: modelagem paramétrica, modelagem física de armaduras, geração de peças documentais e Encaminhamento das peças documentais. Ao final, propôs-se verificar aceitação da modelagem e detalhamento por parte dos profissionais da construção civil sob o paradigma BIM.

Palavras-chave: BIM. Projeto estrutural. Detalhamento de estruturas de concreto armado. Modelagem.

ABSTRACT

The discipline of structures, if compared to others in the area of AEC (Architecture, Engineering and Construction), presents the still incipient adoption of the BIM paradigm. This work aims to study the acceptance of modeling and detailing the design of reinforced concrete structures, through descriptive research using the Autodesk Revit 2019 software. We sought the elucidation of modeling concepts and best practices regarding four main stages of a structural project in BIM: parametric modeling, physical modeling of reinforcement, generation of documentary parts and routing of documentary parts. In the end, it was proposed to verify the acceptance of modeling and detailing by professionals of civil construction under the BIM paradigm.

Keywords: BIM. Structural design. Reinforced concrete structures detailing. Modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Softwares mais utilizados...	17
Figura 2 - Mudança do paradigma do desenho para a modelagem no decorrer do tempo.....	18
Figura 3 - Ciclo de vida da edificação.....	19
Figura 4 - Implantação do CAD e BIM no Brasil e exterior no decorrer dos anos.....	21
Figura 5 - Mapa com previsão da evolução da implantação do BIM no Brasil	22
Figura 6 - Fôrma das fundações Projeto Tradicional.....	26
Figura 7 - Eixos.....	26
Figura 8 - Locação do objetos parametricos.....	27
Figura 9 - 3D do P1, S1 e VC1.....	28
Figura 10 - 3D da perspectiva da estrutura completa.....	28
Figura 11 - Detalhamento S1e P1 tradicional.....	29
Figura 12 - Detalhamento da Sapata 1 no <i>Software Revit</i>	30
Figura 13 - Corte da Sapata 1... ..	30
Figura 14 - Detalhamento P1 – Fundação.....	31
Figura 15 - Prancha de Locação... ..	33
Figura 16 - Questionario entendimento do detalhamento estrutural... ..	35
Figura 17 - Questionario aumento de produtividade por meio da modelagem... ..	36
Figura 18 - Questionario entendimento do projeto estrutural por parte da perspectiva	36
Figura 19 - Questionario entedimento da montagem das armaduras por meio das perspectivas	37
Figura 20 - Questionario entendimento das etapas de execução da estrutura	37
Figura 21 - Questionario de feedback sobre o projeto.....	38

LISTA DE QUADRO

Quadro 1: Etapas sequenciais da pesquisa.....	25
-----------------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM – Building Information Modeling

Revit - Revit Structure

CAD – Computer-Aided Design

AEC – Industria da Arquitetura, Engenharia e Construção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO PRELIMINAR.	15
3.1 Projeto.....	15
3.1.1 Projeto Estrutural	15
3.2 Building Information Modeling (BIM)	17
3.2.1 Modelagem paramétrica	19
3.2.2 BIM no Brasil	19
3.3 Revit.....	21
3.4 CAD	22
4 METODOLOGIA.....	23
5 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	25
5.1 Modelagens de objetos paramétricos	25
5.2 Modelagens física das armaduras.	28
5.3 Gerações de peças documentais.....	30
5.4 Encaminhamento das peças documentais.	32
6 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.	37

APÊNDICE A.39

APÊNDICE B...... 60

ANEXO A...... 61

1 INTRODUÇÃO

Vive-se no mundo que constantemente está se atualizando e precisamos nos adequar as novas tecnologias para mantermos competitivos no mercado de trabalho. Desde a década de 80, a AEC (Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção) vem sofrendo inúmeras atualizações tanto no departamento de projetos quanto no canteiro de obras. Uma dessas atualizações consiste no uso da plataforma BIM (*Building Information Modeling*), que atualmente atualizou o cenário da construção civil, por ser uma metodologia que aperfeiçoa o tempo gasto na elaboração de projetos, reduz o custo final de uma edificação além de compatibilizar todos os projetos que uma edificação ou obra de arte necessita para a sua execução.

O BIM é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à arquitetura, engenharia e construção (AEC) (EASTMAN, C. et al, 2014).

Segundo Azhar (2011) a tecnologia BIM, é um modelo virtual de um edifício sendo construído digitalmente. Esse modelo é alimentado por informações e sendo usado para planejamento, projeto, construção e operação da instalação. Sua Chegada ajudou bastantes arquitetos, engenheiros e construtores na visualização, que está sendo construído e na identificação de possíveis problemas de projeto, construção ou operação.

Diante desse novo cenário e transformações, busca-se sempre aprimorar as nossas técnicas e assim facilitar a aplicação de determinado serviço ou projeto. Pensando dessa forma, este estudo tem como objetivo responder a seguinte questão: Já que o BIM revolucionou o cenário da construção civil, por que não aplicar essa metodologia no aperfeiçoamento da modelagem e detalhamento estrutural e afim verificar a melhora do entendimento do projeto por parte do profissional da construção?

BIM é um processo progressivo que possibilita à modelagem, o armazenamento, a troca, a consolidação e o fácil acesso aos vários grupos de informações sobre uma edificação ou instalação que se deseja construir, usar e manter. Uma única plataforma de informações que pode atender todo o ciclo de vida de um objeto construído (CBIC, 2016).

A partir desse questionamento surgiu o tema: Uso da metodologia bim para modelagem de projeto estrutural em concreto armado: uma proposta de detalhamento. O presente trabalho adotou a metodologia BIM voltado para a modelagem de estruturas de concreto armado, buscando fornecer melhores condições de interpretação do projeto e de execução da estrutura. O programa escolhido foi o *Autodesk Revit 2019*. Escolheu-se o concreto armado por ser um dos sistemas estruturais mais utilizados no Brasil.

O Revit, *software* desenvolvido pela *Autodesk* dentro do conceito de Modelagem das Informações de Construções (BIM) e possui a modelagem 3D, possibilita a visualização exata do que esta sendo projetado, por mais complexa que seja a instalação ou edificação, além de oferecer funcionalidades para a detecção automática de interferência geoespaciais entre objetos (SOUZA et al, 2016, P.653). [...] O Revit é uma plataforma completamente separada do AutoCAD, com código base e estrutura de arquivo diferente. [...] O Revit é uma família de produtos integrados que atualmente inclui o Revit Architecture, o Revit Structure e o Revit MEP [...] O Revit baseia-se nos cortes 2D como uma forma de detalhar a maior parte dos conjuntos (EASTMAN, C. et al, 2014, P57).

Segundo Hunt (2013) algumas das mais importantes contribuições do BIM para atividades de engenharia estrutural, como projeto conceitual vem por meio do *layout* e o detalhamento da análise estrutural trazendo uma redução de erros de projeto e desenho e redução de custos diretos de projeto e desenho de engenharia como resultado de melhorias produtividade.

Diante da nova realidade da construção civil, com as tecnologias mais aprimoradas no setor de projetos e execução, ainda é existente a problematica de erros nos detalhamentos de projetos, na execução do mesmo por falta do entendimento e leitura do projeto estrutural, causando patologias e um desempenho a baixo por parte do elemento, assim visando reduzir essas problematica chegou-se no presente trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desse trabalho é detalhar um projeto estrutural em concreto armado através do uso da metodologia BIM, por meio do programa *Autodesk Revit 2019* e analisar a aceitação da modelagem por parte do profissional da construção civil.

2.2 Objetivos específicos

- Organizar os objetos estruturais necessários para modelagem do edifício
- Criar a representação física das armaduras
- Gerar desenhos de detalhamento e tabelas para projeto executivo.
- Verificar aceitação da modelagem em BIM, por parte do profissional da construção civil.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo é constituído por uma fundamentação teórica baseada em literatura nacional e internacional da área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Nele, será abordado o tema BIM com ênfase de incremento de contexto para o presente trabalho.

3.1 Projeto

De acordo com a norma brasileira NBR 5674:1999, o projeto é definido como uma descrição gráfica e escrita das propriedades de um serviço ou obra de engenharia ou arquitetura com seus atributos técnicos, econômicos, legais e financeiros.

Os projetos de arquitetura e engenharia são a representação de informações técnicas e operacionais, sobre a realização de um determinado produto. No desenvolvimento do projeto é indispensável à análise das diversas situações relacionadas ao produto, visando garantir a melhor solução para os clientes (BELTRÃO; FERREIRA, 2015).

Estas informações são absorvidas ao longo de todo o desenvolvimento do processo de construção da edificação, sendo que na etapa de acompanhamento da obra o engenheiro é o principal responsável por informar os projetistas sobre as falhas de projetos na obra, servindo como feedback (NASCIMENTO, 2014).

Diante das constatações do setor, nos benefícios do desenvolvimento coordenado da construção, o projeto passou a ser a “espinha dorsal” de qualquer empreendimento, devendo ser explorado ao longo de seu desenvolvimento, com a finalidade de se equalizar as diversas especialidades envolvidas, a fim de se racionalizar a construção (NASCIMENTO, 2014).

3.1.1 Projeto Estrutural

As normas brasileiras que remetem a estruturas, em especial sobre concreto armado, estão representadas principalmente pela NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto armado – Procedimento (ABNT, 2014). Outras normas balizadoras tratam sobre ações, como a NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações (ABNT, 1980), que inclusive se encontra em processo de revisão, e a NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas - Procedimento (ABNT, 2004).

O crescimento em nível da utilização em ambiente de projeto estrutural surge apoiado no aumento de complexidade dos projetos que, juntamente com a evolução dos softwares e as potencialidades do BIM, tornou tal aumento possível (ANTUNES, 2017).

De entre as diversas plataformas e ferramentas de análise estrutural de edifícios, atualmente existentes na indústria AEC, destacam-se alguns exemplos pelo facto da sua utilização estar mais difundida a nível internacional (FERNANDES, 2013)

Figura 1: Softwares mais utilizados

<i>Categoria</i>	<i>Aplicação</i>	<i>Fabricante</i>	<i>Funcionalidade</i>
<i>Plataforma</i>	<i>Revit</i>	<i>Autodesk</i>	
	<i>Tekla</i>	<i>Trimble Navigation Ltd.</i>	
	<i>ArchiCAD</i>	<i>Graphisoft</i>	<u>Modelação</u>
	<i>Bentley</i>	<i>Bentley Systems</i>	
<i>Ferramenta</i>	<i>Robot Structural Analysis</i>	<i>Autodesk</i>	
	<i>FEM Desing</i>	<i>StruSoft</i>	
	<i>CYPECAD</i>	<i>Cype</i>	<u>Análise estrutural</u>
	<i>RSTAB</i>	<i>Dlubal</i>	
	<i>STAAD</i>	<i>Bentley Systems</i>	

Fonte: (Adaptado de Fernandes, 2013).

Cada software é característico e, apesar de algumas funções serem comuns, é importante destacar que cada um conta com as suas especificações (ANTUNES, 2017).

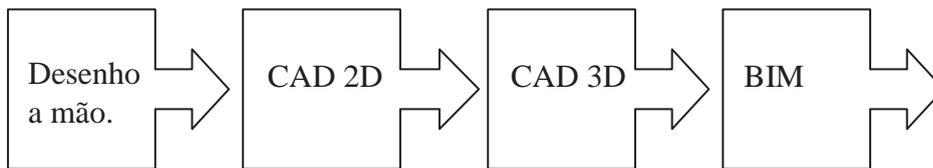
O aumento da produtividade é um dos principais benefícios que o BIM traz ao projeto de estruturas. Os desenhos estruturais são gerados automaticamente, diminuindo significativamente o tempo necessário para essa fase de trabalho. Reduz também a necessidade de fazer controlos extensivos, existindo menos erros relacionados com estas fases (ANTUNES, 2017, P.9).

A possibilidade de criar simulações e diferentes casos estruturais ajuda a analisar a estrutura e à tomada de decisões em relação à mesma. A visualização tridimensional da estrutura pode servir como maneira de apresentar ideias e simplificar o processo de comunicação entre intervenientes (ANTUNES, 2017, P.8).

3.2 Building Information Modeling (BIM)

BIM é um conjunto de políticas, processos e tecnologias gerando uma “metodologia para gerenciar o design de construção essencial e os dados do projeto em formato digital formato ao longo do ciclo de vida do edifício” (SUCCAR, 2009).

Figura 2: Mudança do paradigma do desenho para a modelagem no decorrer do tempo.



Fonte: (Adaptado de EASTMAN, C. et al, 2014)

O BIM também incorpora muitas das funções necessárias para modelar o ciclo de vida de uma edificação, proporcionando a base para novas capacidades da construção e modificações nos papéis e relacionamentos da equipe envolvida no empreendimento. Quando implementado de maneira apropriada, o BIM facilita um processo de projeto e construção mais integrado que resulta em construções de melhor qualidade com custo e prazo de execução reduzida (EASTMAN, C. et al. 2014)

O impacto do BIM não se limita às edificações, mas alcança desde a indústria de produtos e materiais, passa pelos projetos e obras de edifícios, estradas e outros tipos de infraestrutura e se prolonga pela manutenção e desmonte ou reuso destas obras (KASSEM; LEUSIN DE AMORIM, 2015).

O conceito BIM retomou os conceitos originais do CAD para a construção civil, mas apontou uma direção quanto à base de dados a ser usada: um modelo tridimensional do edifício, que pode conter informações que cobrem todo o ciclo de vida de uma construção. (BELK; SILVA, 2011)

Figura 3: Ciclo de vida da edificação.



Fonte: (BELK; SILVA, 2011)

Segundo Hardin (2009) o BIM não significa apenas usar modelos inteligentes tridimensionais, mas também mudar fluxo de trabalho e de entrega de projetos. O conceito dos objetos paramétricos é fundamental para a compreensão do BIM e da sua diferenciação em relação aos tradicionais objetos 3D (Eastman C. et al., 2011).

Nem todas as soluções de modelagem 3D são BIM. Mas se forem BIM, certamente serão 3D. As soluções BIM trabalham como gestores de bancos de dados (CBIC, 2016). Como resultado, é possível tomar decisões de projeto envolvendo custos mais bem informados usando o BIM do que um sistema baseado em papel (EASTMAN, C. et al. 2014).

Podendo admitir que o futuro da AEC seja desafiante, dado as mudanças de necessidades e objetivos, o BIM surge como uma ferramenta poderosa para acompanhar e impulsionar a transformação da indústria (Hunt, 2013).

3.2.1 Modelagem paramétrica

Em contraste com outros tipos de representação de produtos, principalmente em modelagens baseadas apenas em conceitos geométricos, a modelagem paramétrica representa elementos dinamicamente. Parâmetros e regras atribuídos conseguem prover atualizações automáticas de acordo com mudanças promovidas pelo usuário ou capturadas por relações dadas nas definições da modelagem (EASTMAN et al., 2014). Eastman et al. (2014) destacam que a modelagem paramétrica é uma "capacidade crítica para a produtividade".

A proposta de direcionar a modelagem para objetos e não para geometria e propriedades físicas deriva da flexibilidade fornecida à representação de produtos com características variáveis. Assim, as propriedades podem ser controladas por meio de parâmetros hierarquizados que permitam a representação da gama de produtos comuns às definições primitivas (EASTMAN et al., 2014).

As propriedades definidas por parâmetros podem estar associadas às relações (físicas ou não-físicas) entre objetos. Uma instância de um objeto pode variar com essas relações contextuais, inclusive a modelagem pode emitir avisos a partir de incompatibilidades. Tanto as propriedades quanto as relações podem estar atreladas a requisitos técnicos (EASTMAN et al., 2014).

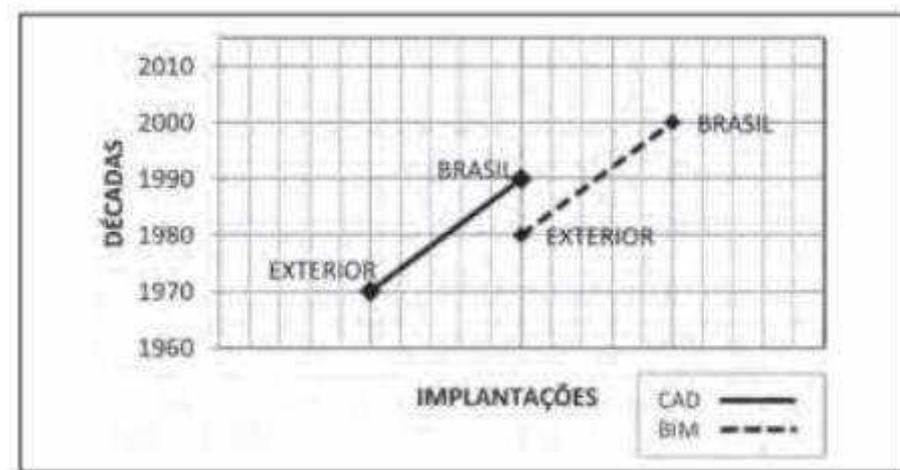
Essa capacidade de atualização diferencia modeladores paramétricos do CAD 3D tradicional (EASTMAN et al., 2014).

3.2.2 BIM no Brasil

Ao chegar no mercado brasileiro, o BIM era usado somente nas etapas iniciais do projeto, nos projetos de arquitetura, substituindo o CAD (FARIA, 2007). Segundo o SINAECO (2018) somente 9,2% das empresas de construção usam softwares BIM no seu dia a dia".

Através da Figura 4 podemos perceber como o CAD e BIM demoraram para ser implantado no Brasil em relações a países no exterior (MENEZES, 2011).

Figura 4: Implantação do CAD e BIM no Brasil e exterior no decorrer dos anos



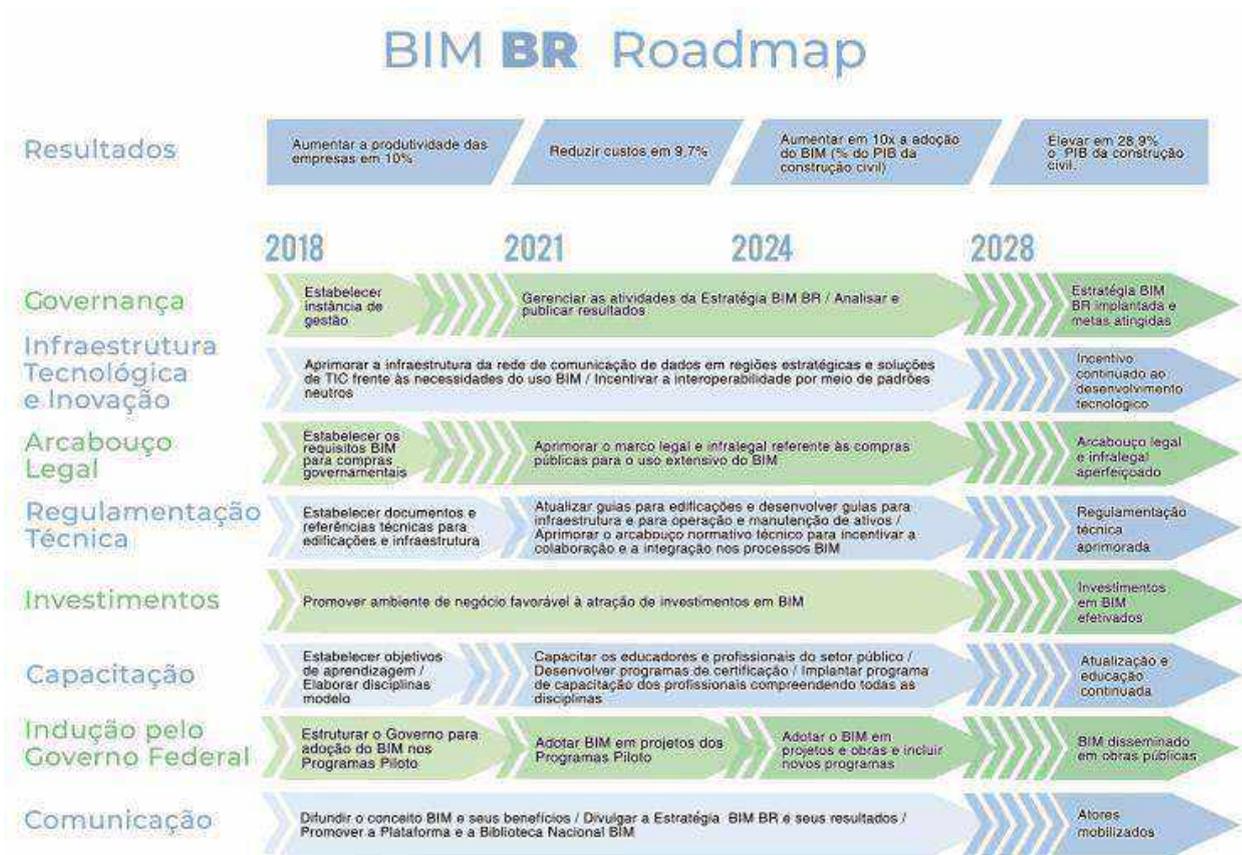
(MENEZES, 2011).

A implantação do BIM em projetos desenvolvidos no Brasil tem sido incipiente e concentrada em algumas empresas mais abnegadas que trabalham desenvolvendo os projetos internamente sem uma participação efetiva de projetistas (BÖES, 2019).

Reforçando essas novas medidas, o Comitê Estratégico de Disseminação do BIM, criado em 2017, definiu prazos e metas para a implantação da plataforma no país. Entre elas, tem-se a missão de aumentar dez vezes o uso de BIM, para que, até 2024, 50% do PIB da construção use a metodologia (SINAECO, 2018). O prazo para adequação, o mesmo foi dividido em três etapas, também exemplificadas na Figura 5.

- A partir de janeiro de 2021: O BIM será exigido para projetos arquitetônicos, estruturais, hidráulicos, AVAC e elétricos, com extração de quantitativos e geração de documentos.
- A partir de janeiro de 2024: Esses projetos deverão também apresentar planejamento de execução da obra e orçamento.
- A partir de janeiro de 2028: Os projetos deverão considerar atividades pós-obra, como gerenciamento e manutenção da construção após conclusão.

Figura 5: Mapa com previsão da evolução da implantação do BIM no Brasil



Fonte: (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA).

3.3 Revit

O Revit é um programa desenvolvido pela Autodesk com ferramentas necessárias à confecção de produtos BIM, com enfoque na indústria AEC. Todas as vistas geradas, tabelas e documentação estão atreladas a um modelo de construção virtual, este passível de ser submetido a processos de coordenação. Também trabalha com modelagem paramétrica e, por conseguinte, habilita-se a coordenação automática das alterações, transmitindo-as a todo o projeto (AUTODESK, 2018a).

No Revit Structure a modelagem é 3D, e a arquitetura usada como referência para o lançamento da estrutura não precisa ser extraída em planos 2D. A qualquer momento é possível manipular elementos através das vistas espaciais (BELK; SILVA, 2011).

3.4 CAD

Para Ayres e Scheer (2007), os arquivos CAD são constituídos por informações geométricas básicas e genéricas, que competem ao projetista interpretar e atribuir significado às linhas e demais elementos.

O sistema CAD foi o iniciador do uso do computador para representações gráficas de projetos de arquitetura, elétrico, hidrossanitário e entre outras disciplinas. Contudo, a modelagem BIM possibilitou melhorias gráficas e acresceu funcionalidade à elaboração de projetos, tornando possível uma representação virtual paramétrica e integrada da edificação, concebendo dados positivos para a extração automática de quantitativos (NUNES; LEÃO, 2018).

Os CADs geométricos também são chamados de “pranchetas eletrônicas”, um termo que parece denotar uma modernização: a substituição dos desenhos à tinta nanquim por arquivos digitais e plotagens (AYRES; SCHEER, 2007).

Apesar da relevante evolução oriunda do emprego do CAD, a forma de projetar e construir não apresentou mudanças significativas. Ao passo que apenas as ferramentas de desenho foram transferidas para o computador, diminuindo erros, tempo e proporcionando maior facilidade de trabalho (NUNES; LEÃO, 2018).

No CAD 3D tradicional, cada aspecto da geometria de um elemento deve ser editado manualmente pelos usuários; em um modelador paramétrico, as geometrias da forma e do conjunto ajustam-se automaticamente as modificações do contexto e aos controles do usuário (Eastman C. et al., 2014).

O CAD trabalha apenas com vetores, sendo linhas que não carregam consigo nenhuma informação do que está sendo projetado (BARBOSA, 2016).

De tudo que foi exposto neste capítulo, pode-se afirmar que diante o novo cenário da AEC torna-se importante saber sobre a tecnologia BIM. O desenvolvimento de projetos de estruturas em BIM pode ser considerado como uma estratégia que busca uma melhoria do mesmo. Esta abordagem será considerada na análise realizada no estudo de caso.

4 METODOLOGIA

Este trabalho utilizará a estratégia de pesquisa do tipo descritiva e uma forma de análise quantitativa dos resultados.

Descreve as características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Sua principal característica está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, como questionário e observação sistemática (FREGONEZE et al. 2014).

As pesquisas quantitativas são aquelas em que os dados e as evidências coletados podem ser quantificados, mensurados. Os dados são filtrados, organizados, tabulados, enfim, preparados para serem submetidos a técnicas e/ou testes estatísticos (MARTINS; THEÓPHILO, 2007, p. 135).

Utilizou-se o software Autodesk Revit, versão 2019, como ferramenta BIM para a modelagem. Escolheu-se o Revit por ser um software consolidado no mercado e tem a capacidade de suportar as disciplinas essenciais no projeto: arquitetônico, estrutural, instalações hidrossanitárias e elétricas. E o mesmo é mais um software de modelagem e não de dimensionamento.

O estudo consistiu na transposição, para o ambiente BIM compatível do Revit, de um projeto estrutural residencial (fundação, térreo e cobertura). Essa residência já é composta por projeto arquitetônico básico (plantas baixa, cortes e fachadas) e projeto estrutural em concreto armado (plantas de locação de pilares, plantas de fôrmas, detalhamento de armaduras de lajes, vigas, pilares e fundações), executado sob o arquétipo tradicional de projeto baseado em CAD, e composto por pranchas de desenho e detalhamento que foram utilizadas como referência para a modelagem do modelo de informações. Como o projeto já estava completo, a etapa de análise e dimensionamento estrutural não foi incluída neste estudo, tendo sido estudadas apenas as etapas de modelagem de objetos paramétricos, modelagem de elementos estruturais de forma manual, e geração de peças documentais.

O protocolo de coleta de dados do estudo consistiu no registro, por escrito, de observações durante a conclusão de quatro etapas sequenciais identificadas, ao longo do desenvolvimento dos estudos de caso: (i) modelagem de objetos paramétricos; (ii) modelagem física de armaduras; (iii) geração de peças documentais; (iv) encaminhamento das peças documentais. Estas etapas são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Etapas sequenciais da pesquisa.

Etapa	Objetivo	Procedimento
Modelagem de objetos paramétricos	Organizar os objetos estruturais necessários para modelagem do edifício	Configuração de objetos já existentes e modelagem de objetos inexistentes
Modelagem física de armaduras	Criar a representação física das armaduras	Modelagem de armaduras longitudinais e transversais em elementos estruturais armados
Geração de peças documentais	Gerar desenhos e detalhamentos das peças estruturais, buscando a melhoria do seu entendimento.	Geração automática, a partir do modelo BIM, de peças documentais, explorando potencialidades advindas do modelo BIM para representação da informação de projeto.
Encaminhamento das peças documentais	Verificar aceitação da modelagem em BIM, por parte do profissional da construção civil.	Após as peças documentais por parte digital ao profissional da construção civil.

Fonte: Autor.

4.1 Modelagens de objetos paramétricos

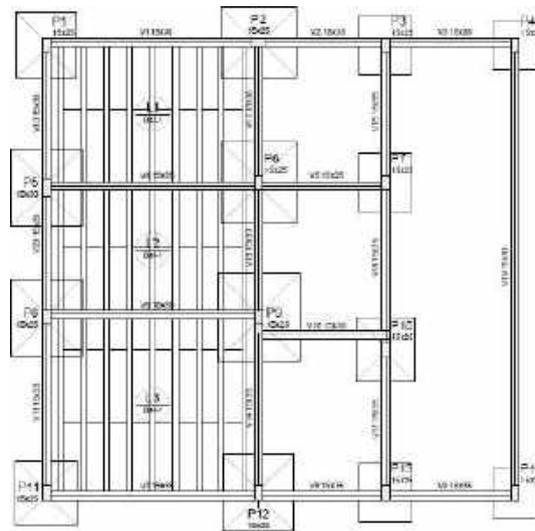
A primeira etapa de um projeto em BIM, de qualquer disciplina, é preparar os objetos paramétricos a serem utilizados na construção do modelo do edifício. Nessa etapa o profissional projetista deve utilizar sua experiência prévia para prever que tipos de elementos serão utilizados no projeto, e antever a necessidade de modelagem de objetos especiais, que fujam dos convencionais ou das parametrizações dos objetos já presentes em sua biblioteca pessoal.

O trabalho tem como escopo uma residência unifamiliar com projeto de estrutura em concreto armado e o arquitetônico (anexo A). Foram cedidos os arquivos DWG e DXF contendo desenhos com detalhamentos e documentação (pranchas).

A modelagem teve início com adequações ao template de análise estrutural nativo do Revit, a partir da criação de um novo arquivo de projeto.

A modelagem de elementos estruturais consiste na criação dos elementos estruturais dentro do modelo, definindo-se sua geometria e parâmetros informacionais, sendo equivalente ao tradicional processo de lançamento estrutural. A modelagem dos elementos estruturais foi executada na sequência fundações e pilares, vigas, similarmente ao feito no paradigma tradicional de projeto. A figura 6 ilustra a planta de fôrma da fundação do projeto em CAD, onde se retirou as informações para iniciar a modelagem no *Revit*.

Figura 6: Fôrma das fundações Projeto Tradicional

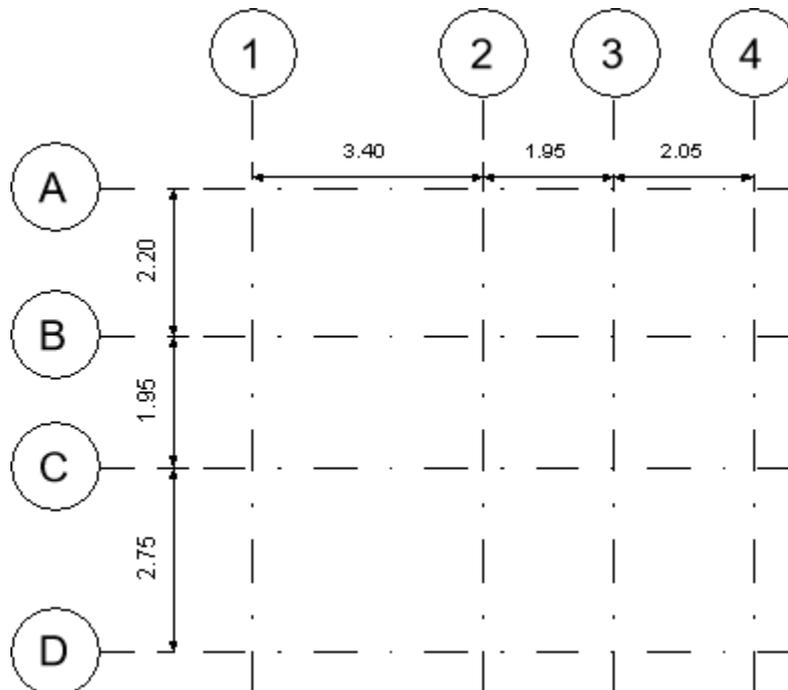


Forma do pavimento FUNDAÇÕES

Fonte: Autor.

Seguindo as informações do projeto tradicional, iniciou-se a modelagem no *Software Revit*. A figura 7, 8 e 9 demonstram como ficaram as primeiras etapas da modelagem.

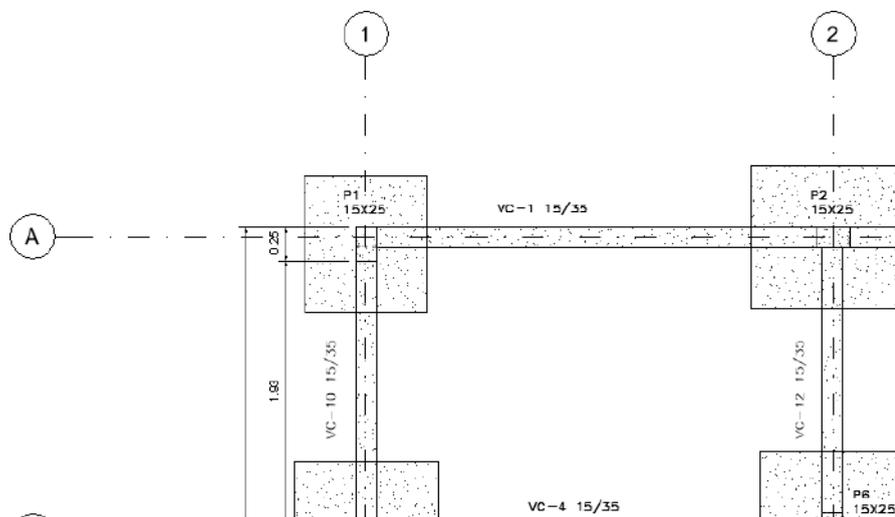
Figura 7: Eixos.



Fonte: Autor.

Os eixos foram uma das primeiras etapas na modelagem dos objetos paramétrico, de suma importância, sabendo-se que o mesmo serviria para locar os objetos dentro do *software* e no processo de execução, pois diante dessa fase é onde se inicia a construção da edificação. A figura 8 demonstra como o processo dos eixos auxiliou-se a locação dos objetos dentro do projeto.

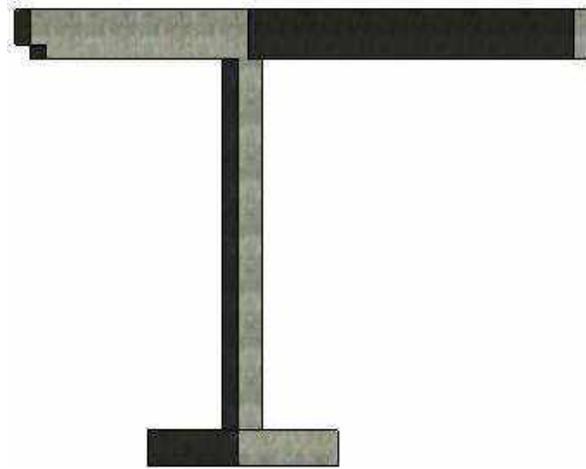
Figura 8: Locação do objetos paramétricos.



Fonte: Autor.

Como o *Software Revit* é uma tecnologia BIM, ao mesmo tempo em que são modelados os objetos em 2D o 3D automaticamente é gerado também, ganhando uma produtividade por parte do projetista nessa etapa e ao mesmo tempo visualizando como os objetos estão interagindo um com o outro, podendo localizar alguma interferência ou erro de modelagem que passaria despercebido se existisse só o 2D, como demonstra a figura 9.

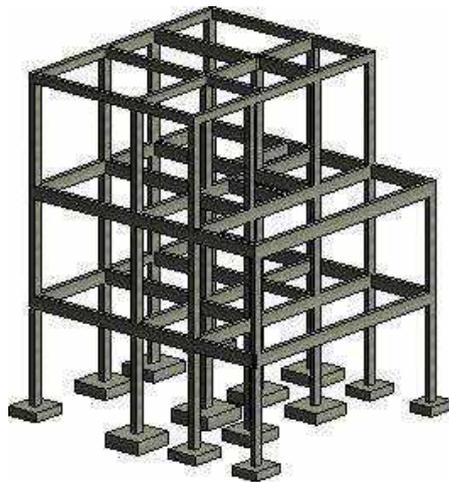
Figura 9: 3D do P1, S1 e VC1.



Fonte: Autor.

Diante dessa trabalhabilidade que o Software proporciona, pode-se encher a perspectiva de como irá ficar a estrutura completa, com todos os objetos modelado, como ilustra a figura 10.

Figura 10: 3D da perspectiva da estrutura completa.

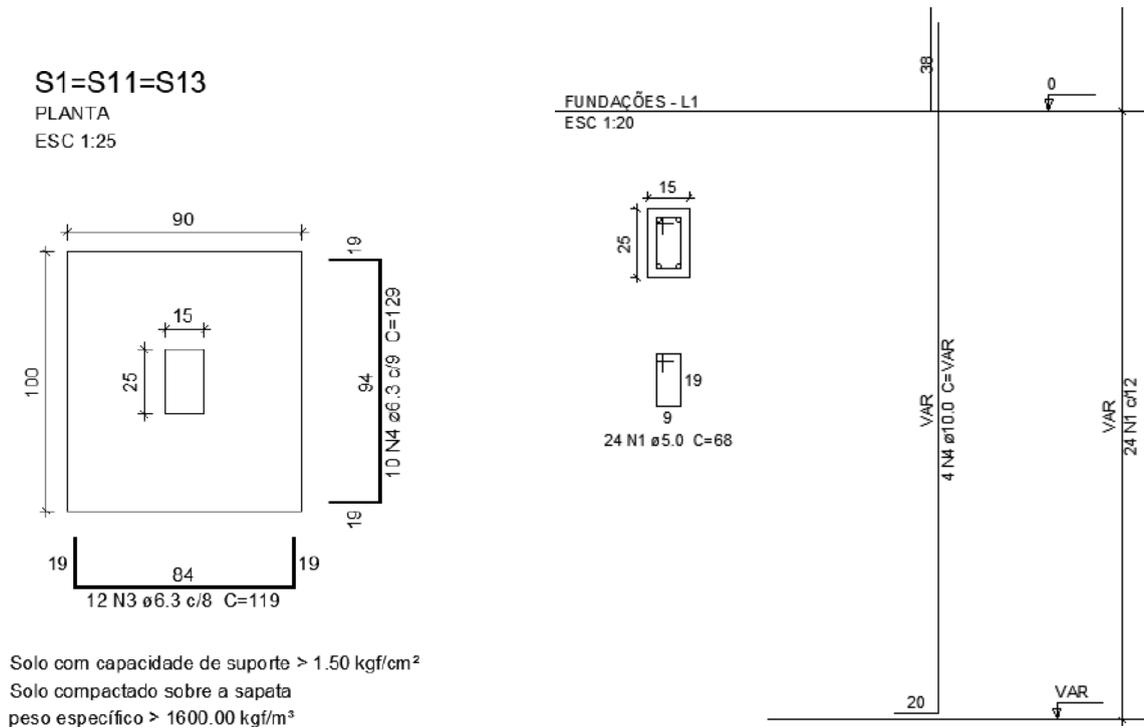


Fonte: Autor.

4.2 Modelagem física de armaduras

Como o dimensionamento e análise estrutural não adentra no presente estudo, a etapa de modelagem das armaduras foram seguidas de acordo do projeto em CAD. Na figura 11, demonstra o detalhamento da Sapata 1 e Pilar 1 na parte da fundação tradicional.

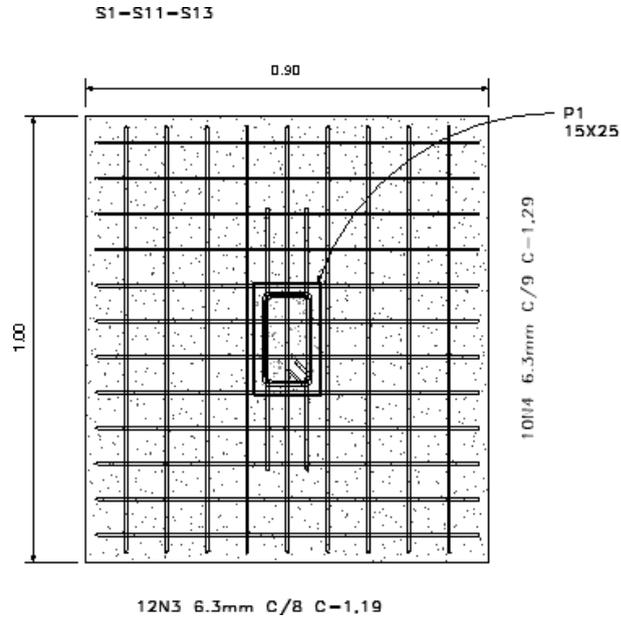
Figura 11: Detalhamento S1e P1 tradicional



Fonte: Autor.

Seguindo o escopo tradicional, foram modeladas todas as armaduras nos objetos parametricos. Diante essa modelagem, o detalhamento foi elaborado buscando enriquecer o maximo o detalhamento para uma melhor leitura por parte do profissional da construção civil. A figura 12, demonstra de como ficou o detalhamento da sapata 1 e a figura 13 ilustra o corte da S1.

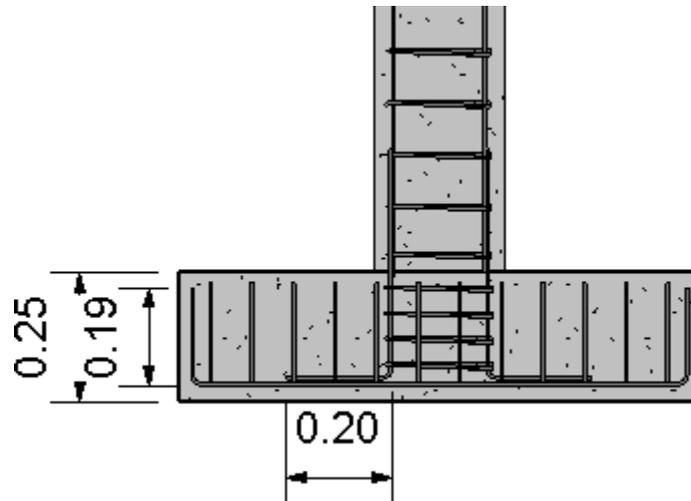
Figura 12: Detalhamento da Sapata 1 no *Software Revit*.



Fonte: Autor.

Diante dessa metodologia de trabalho, o projeto foi todo modelado e gerado cortes e perspectivas 3D, buscando a melhoria da visualização.

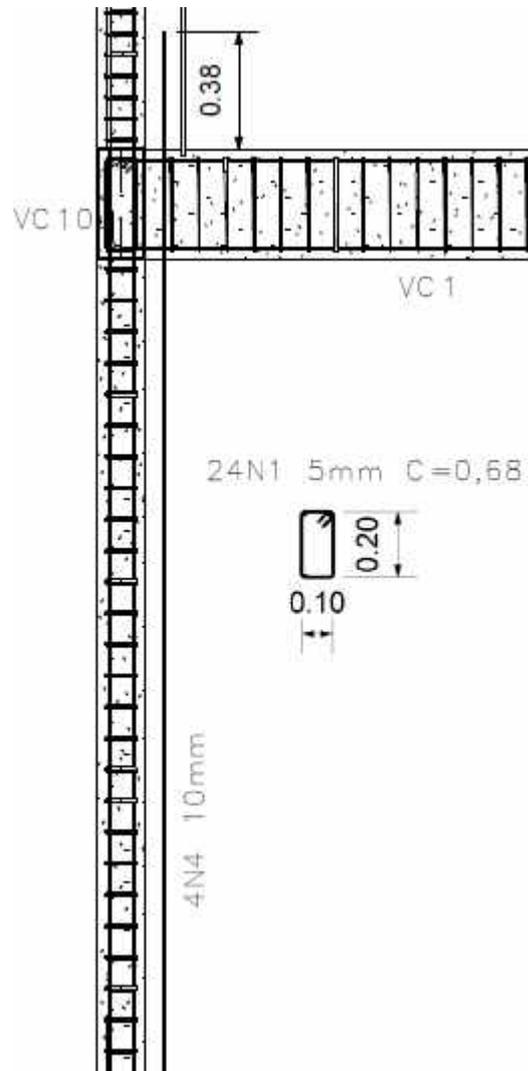
Figura 13: Corte da Sapata 1.



Fonte: Autor.

Como se observa a modelagem e o detalhamento tem uma junção importante para o entendimento de como a peça estrutural ficará. A Figura 14 mostra o detalhamento e a modelagem do P1 na parte da fundação e como o mesmo estar ligado a duas cintas.

Figura 14: Detalhamento P1 – Fundação.



Fonte: Autor

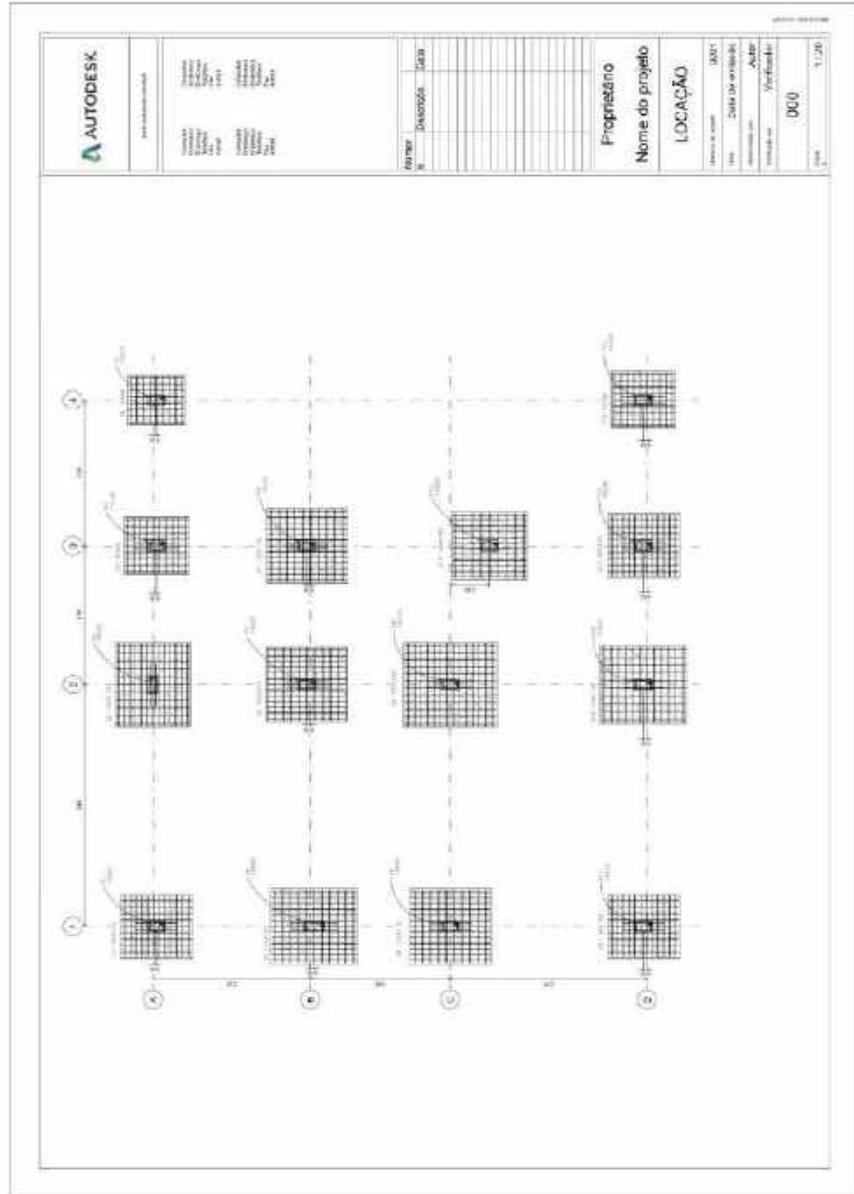
Observou-se que o processo de modelagem das armaduras conta com recursos paramétricos que facilitam a atividade. É possível criar grupos de barras e posicioná-las segundo regras paramétricas relacionais, que se baseiam no elemento estrutural que irá hospedar tais barras. Ferramentas de edições locais permitiram modelar sutilezas nas barras, que ajudam na precisão da documentação a ser enviada para execução.

4.3 Geração de peças documentais

De posse da modelagem no Revit, é necessário gerar as peças documentais apropriadas para a execução da estrutura. Embora BIM sugira novas formas de representação das informações de projeto, para que fluxos de trabalho baseados no paradigma sejam viáveis na prática, ainda é importante que a comunicação possa se dar na forma tradicional de desenhos, tabelas e textos capazes de serem impressos em papel.

Nesse sentido, foi possível gerar detalhamentos tradicionais, como plantas de fôrmas e detalhamento de armaduras de vigas, pilares e as perspectivas. Como ilustra a Figura 15, todas as pranchas se encontram no apêndice A.

Figura 15: Prancha de Locação.



Fonte: Autor

Todas as pranchas foram elaboradas, buscando incrementar mais o detalhamento e entendimento do mesmo. A partir da prancha 011, iniciam-se as perspectivas do projeto, contendo um passo a passo explicativo de cada etapa de execução da estrutura.

4.4 Encaminhamento das peças documentais

Por fim e com todas as pranchas elaboradas, o encaminhamento dos documentos se deu com o auxílio da ferramenta Google Forms, onde foi elaborado um questionário online, que se encontra no apêndice B desse trabalho. A pesquisa foi voluntária e os participantes ficaram livres para responder as perguntas que achassem necessário.

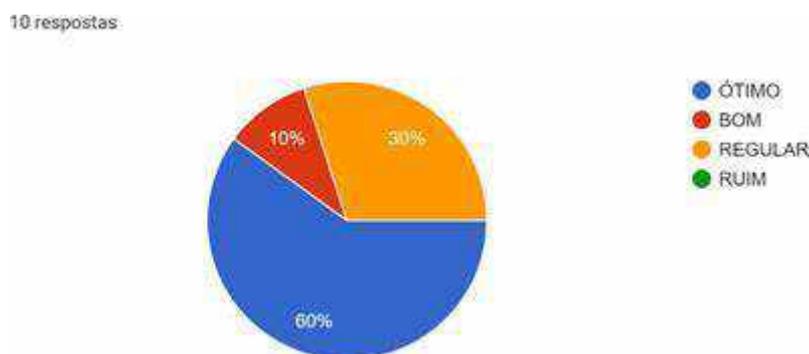
O público alvo escolhido foi formado por profissionais com experiência na engenharia de estruturas ou similar.

5 RESULTADOS

Ao final da pesquisa elaborou-se um questionario onde 10 engenheiros do ramo da construção civil participaram, sendo que o questionario era formado por seis perguntas de múltipla escolha e logo após a coleta desses dados foram gerados graficos como ilustra as figuras 16 ao 21.

A primeira questão visou identificar o entedimento dos entrevistados referente à forma como o detalhamento foi apresentado aos mesmos. 1-No geral, a forma como o detalhamento foi apresentado, melhorou o entendimento do projeto estrutural?

Figura 16: Questionario entendimento do detalhamento estrutural.

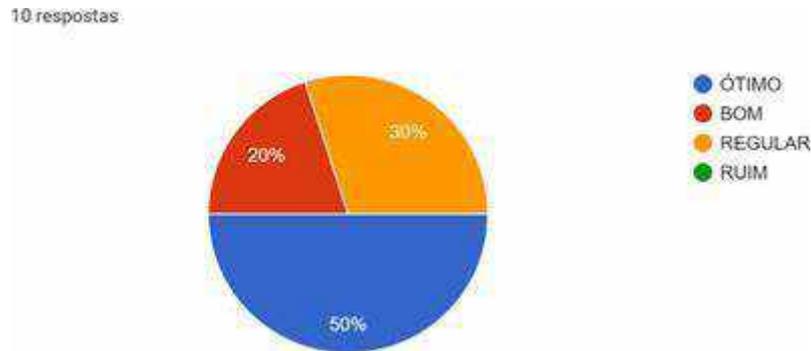


Fonte: Autor.

Através da analise das respostas conclui-se que a forma que o detalhamento foi apresentado trouxe consigo um aperfeiçoamento significativo, ja que 60% dos entrevistados escolheram a alternativa “otimo”.

A segunda questão tratou sobre o modo que a modelagem foi apresentada, poderia trazer um aumento da produtividade na fase de execução das etapas da obra. 2-No geral, da forma como o detalhamento esta sendo apresentado, este pode acelerar o processo de execução da estrutura?

Figura 17: Questionario aumento de produtividade por meio da modelagem.

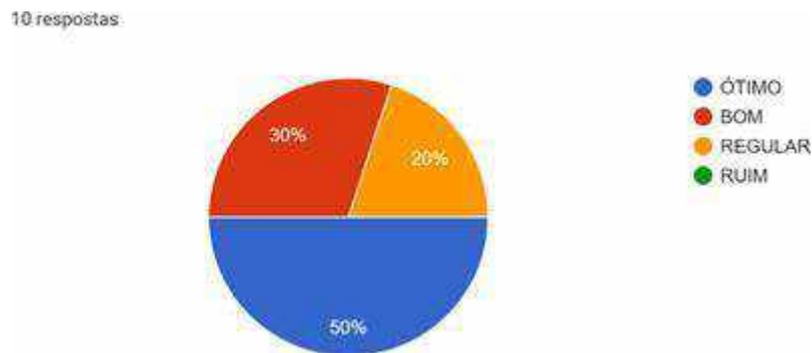


Fonte: Autor.

Observou-se que nessa questão ficou bastante equilibrada entre os entrevistados, mas a alternativa “ótimo” se destacou diante os outros, subentende-se que a modelagem poderia a vim ter um aumento de produtividade na fase execução da estrutura.

A terceira pergunta visou identificar o entedimento do projeto por parte das perspectivas em meio ao detalhamento das peças estruturais. 3-No geral, a utilização de perspectivas no detalhamento, melhorou o entendimento do projeto estrutural?

Figura 18: Questionario entendimento do projeto estrutural por parte da perspectiva.

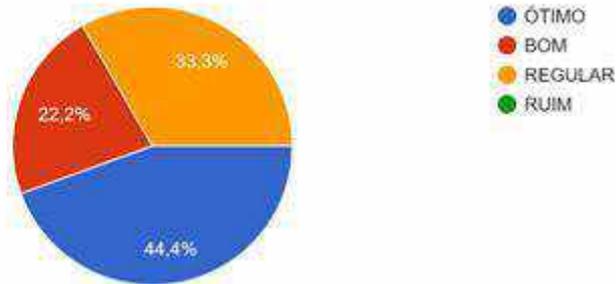


Fonte: Autor.

Observou-se que nessa questão os entrevistados presumem que as perspectivas auxiliaram o entendimento do projeto. Já que 50% assinalaram “ótimo” e 30% “bom”.

A quarta questão teve uma empresa a menos e a mesma buscou identificar o entendimento das armaduras das peças por meio das perspectivas. 4-No geral, as perspectivas apresentadas, melhoraram o entendimento de como as armaduras das peças (vigas, pilares e fundações) são montadas?

Figura 19: Questionario entedimento da montagem das armaduras por meio das perspectivas.
9 respostas

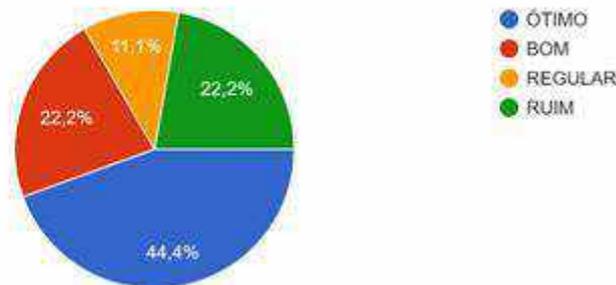


Fonte: Autor.

Diante análise da questão, a mesma teve a redução do número de entrevistados na zona “ótimo”, diferenciando-se das perguntas anteriores que tinha como resultado igual ou maior que 50% na alternativa em “ótimo”. Mesmo dessa forma alternativa “ótimo” prevaleceu entre as demais.

A quinta pergunta buscou identificar se com o detalhamento apresentado o entendimento aumentava do passo a passo de execução da estrutura. 5-No geral, o detalhamento apresentado, melhorou o entendimento de como devem ser realizadas as etapas de execução da estrutura?

Figura 20: Questionario entendimento das etapas de execução da estrutura.
9 respostas



Fonte: Autor.

Observa-se que essa questão é parecida que nem a quarta, pois teve um participante a menos, mas diferente de todas as anteriores, a alternativa “ruim” foi marcada, equivalente a dois entrevistados marcaram essa opção. Diante essa análise o “ótimo” também predominou. Podemos levar em consideração que muitos profissionais já tem uma forma de execução própria, e por isso não concorda com uma nova forma de executar, mas é uma questão a ser levada em conta e estudada pelo fato de ter tido 22,2% “ruim”.

A sexta e ultima questão buscou-se identificar qual detalhe poderia ser melhorado no presente trabalho. 6-Qual desses detalhes poderiam ser melhorados?

Figura 21: Questionario de feedback sobre o projeto.

10 respostas



Fonte: Autor.

Diante análise da questão, observa-se que a modelagem e detalhamento obtiveram-se aprimoramento, pelo fato de 50% dos entrevistados marcarem a opção de “nenhum”. Ficando as perspectivas a segunda mais votada, como forma de melhoria junto com vigas, pilares e fundação.

6 CONCLUSÃO

Diante aos resultados da pesquisa, observa-se que a modelagem e o detalhamento, do presente trabalho obtiveram-se êxito, com pontos a ser melhorado como os questionarios demonstraram.

Tendo-se em vista que no futuro o presente trabalho pode-se voltar a ser reativo para a identificação dos pontos negativos, perante aos entrevistados do estudo e um aperfeiçoamento das tecnicas de modelagem para deixar os detalhamentos e as perspectivas melhores de entedimento.

Conclui-se que apesar do *Software Revit*, tenha uma metodologia só de modelagem, o mesmo trás consigo um ganho de produtividade por parte do projetista, auxiliando o mesmo na etapa de detalhamento e modelagem dos obejtos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980. 5 p.

_____. **NBR 5674** -- Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro Setembro de 1999

_____. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas – procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 18 p.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.

AUTODESK. **Autodesk Knowledge Network**: Sobre o revit. 2018. Disponível em: < <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-GetStarted/files/GUID-D8835F8E-1330-4DBC-8A55-AF5941056C58-htm.html>>. Acesso em: 26 dez. 2020.

ANTUNES, R. *Ferramentas De Cálculo Estrutural E Sua Compatibilização Com Metodologias Bim*. 2017. 111f. Dissertação de Mestrado – Universidade do Porto, Porto, 2017.

AYRES Filho, Cervantes, SCHEER, Sergio. Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico. In: Anais do VII Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Curitiba, 2007.

AZHAR, S. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 2011.

BARBOSA, E. V. (2016). *A Metodologia Bim na Cmpatibilização de Projetos*. June, 1–44.

BELTRÃO, E.A; FERREIRA, E. A. M. Modelagem e Compatibilização de projetos de Instalação Elétricas com o uso do BIM. São Paulo, 2015.

BELK, A.; SILVA, P. A. **Produção de projeto estrutural no ambiente BIM uma visão TQS**. São Paulo, 2011.

BÖES, J. (2019). *PROPOSTA DE PLANO DE IMPLANTAÇÃO DO BIM NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. 1*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

CARMONA, J. e IRWIN, K. (2007). "**BIM: quem, o que, como e por quê.**" Gerenciamento Operacional de Edifícios. < <Http://www.facilitiesnet.com/software/article/BIM-Who-What-How-and-Why--7546>>. Acesso em 19 de abril de 2020.

CATELANI, W. S. (2016). *10 Motivos para evoluir com o BIM*. CBIC- Câmara Brasileira Da Indústria Da Construção, 1, 28.

EASTMAN, C. et al. (2014). Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., & LISTON, K. (2011). BIM Handbook. New Jersey:

JohnWiley & Sons, Inc.

FARIA, R. Construção integrada. *Revista Técnica*, p. 7, 2007.

FERNANDES, JOSÉ. *A metodologia Building Information Modeling aplicado ao projeto de estruturas*. 2013. 157f. Dissertação de Mestrado – Universidade de Minho, 2013.

FREGONEZE, G. B., BOTELHO, J. M., TRIGUEIRO, R. DE M., & RICIARI, M. (2014). A metodologia científica. 1(5), 184.

HARDIN, B. (2009). *BIM e gerenciamento de construção*, Wiley, Indianapolis, IN.

HUNT, C.A. *The Benefits of Using Building Information Modeling in Structural Engineering*. 2013 Utah State University. p. 43.

KASSEM, M., & LEUSIN DE AMORIM, S. R. (2015). *BIM Building Information Modeling No Brasil e na União Europeia*.

KYMMEL, W. *Building Information Modeling. Planning and managing construction project with 4D and simulations*. McGraw-Hill 2008.

LINO, J. C., AZENHA, M., & LOURENÇO, P. (Outubro de 2012). Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas. Guimarães, Braga, Portugal.

MARTINS, G. D. A.; THEOPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. São Paulo: Atlas, 2007.

MENEZES, G. L. B. B. D. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Maio 2011.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, C. E. E. S. BIM BR Construção inteligente. **Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços**. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/Livreto_Estrat%C3%A9gia_BIM_BR_vers%C3%A3o_site_MDIC.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2020.

NASCIMENTO, J. M. DO. (2014). A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil. *Revista Especialize On-Line IPOG*, 01(07), 11.

NUNES, G. H., & LEÃO, M. (2018). Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM. *Revista de Engenharia Civil*, 55, 47–61.

SANTOS, L. A. *Building Information Modeling no Ensino de Arquitetura e Urbanismo: Percepção e Disseminação do Bim nas Instituições de Ensino Superior do Estado de São Paulo*. Dissertação de Pós-Graduação – Universidades São Judas Tadeu, São Paulo, 2017.

SCHMITZ, C., & ALEGRE, P. (2014). Representação Do Escopo Da Construção Em Um Modelo Bim Visando O Planejamento E Controle Da Produção Através De Ferramentas 4D.

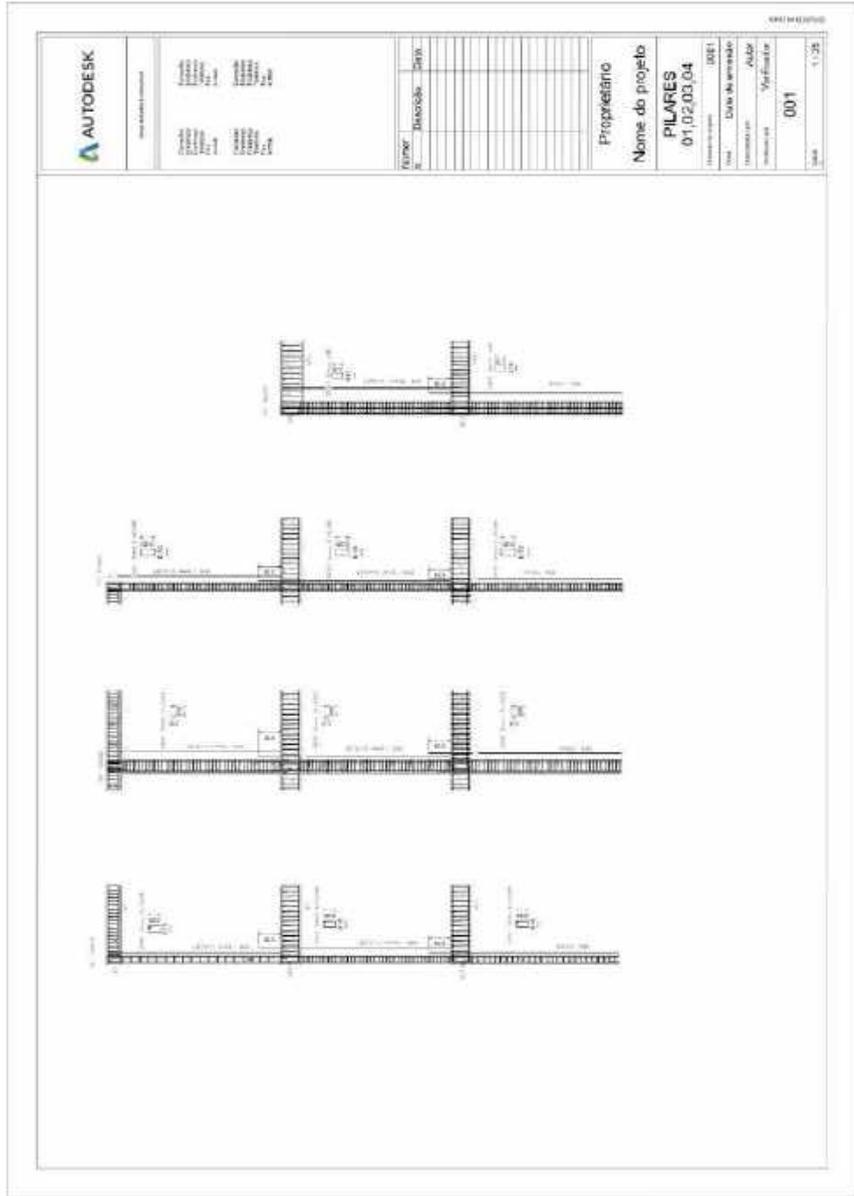
SINAECO. Governo estabelece metas e prazos para implementação do BIM. **Sinaenco**, 2018. Disponível em: <<http://sinaenco.com.br/noticias/governo-estabelece-metas-e-prazos-para->

implementacao-do-bim/>. Acesso em: 20 nov. 2020.

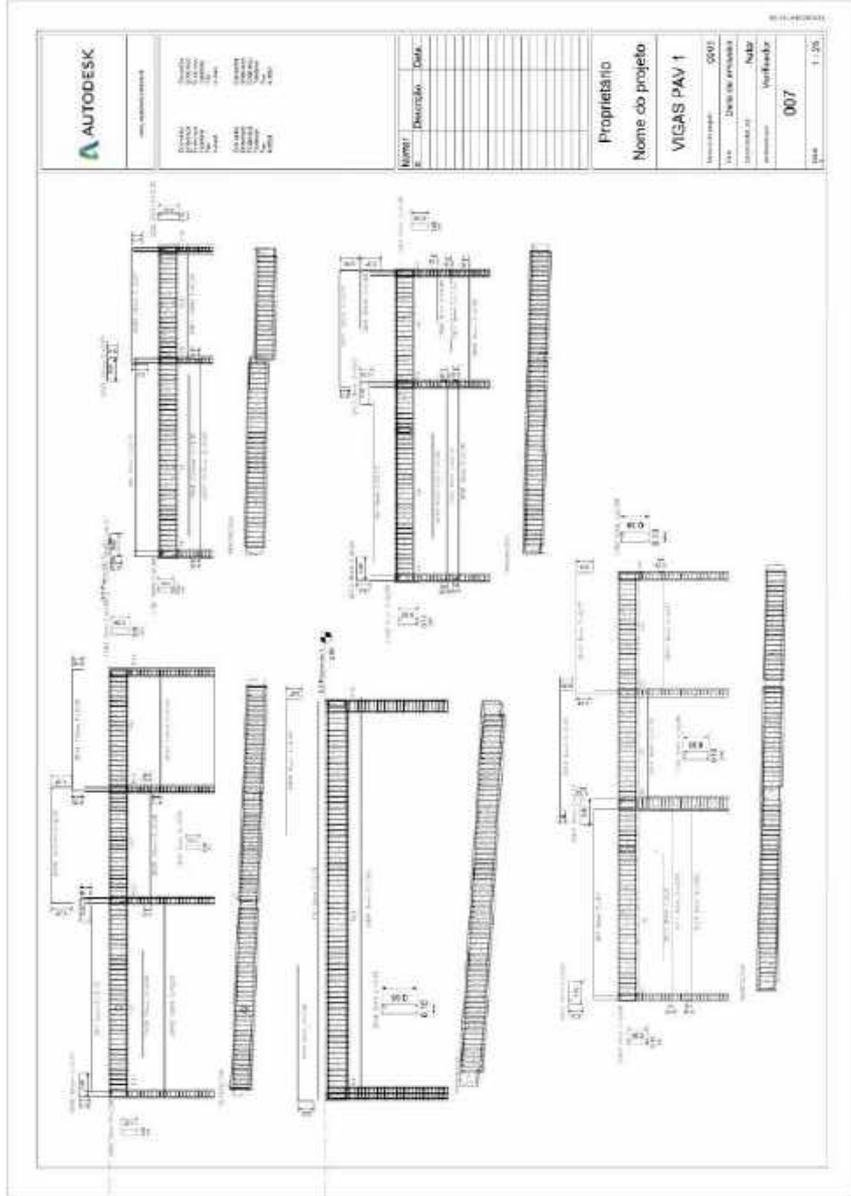
SOUZA, R. F.; MARTINS, L. S; MONNERAT, P. L. *O Uso Do Software Revit Na Construção Civil*. Anais VIII SIMPAC, Viçosa-MG, v.8, n.1, p.650-656, Jan.-Dez. 2016.

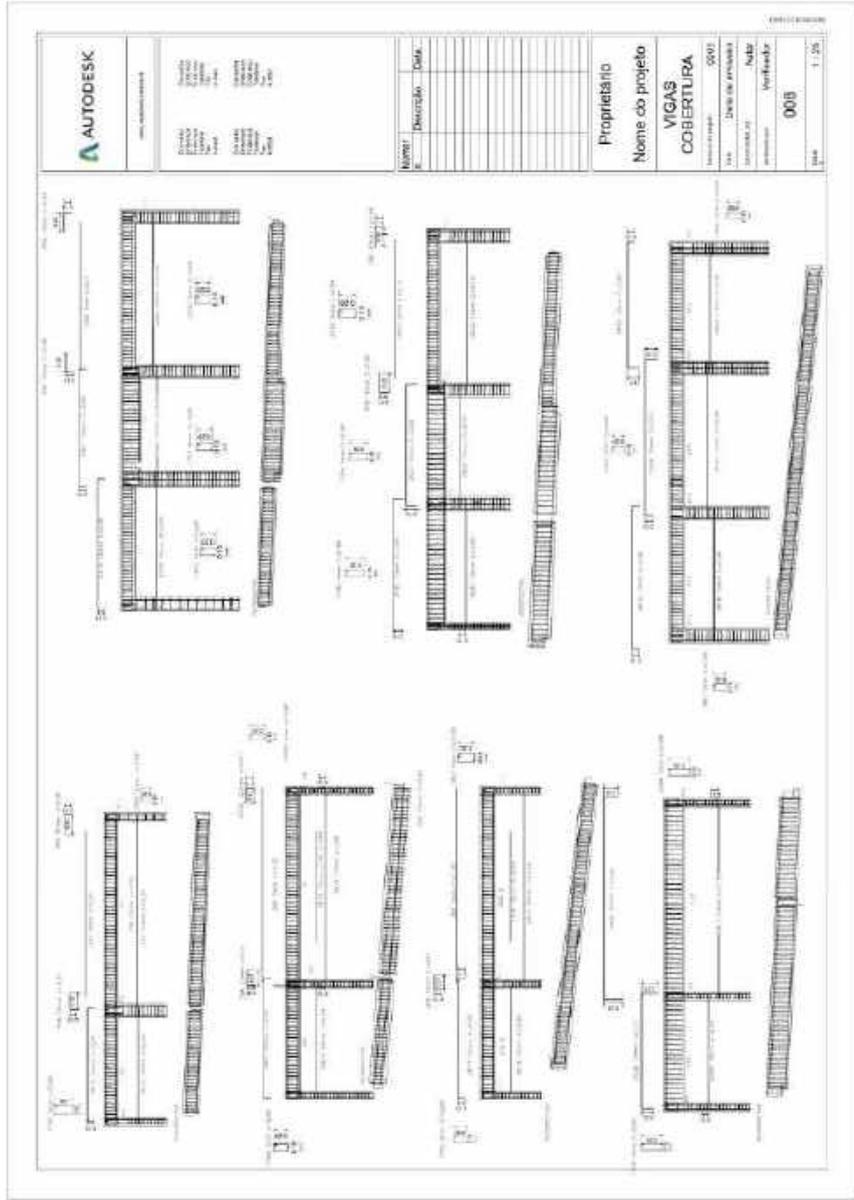
SUCCAR, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375.

YIN, R. K. (1994). *Pesquisa Estudo de Caso - Desenho e Métodos* (2 ed.). Porto Alegre: Bookman.



8 - MESA VTB

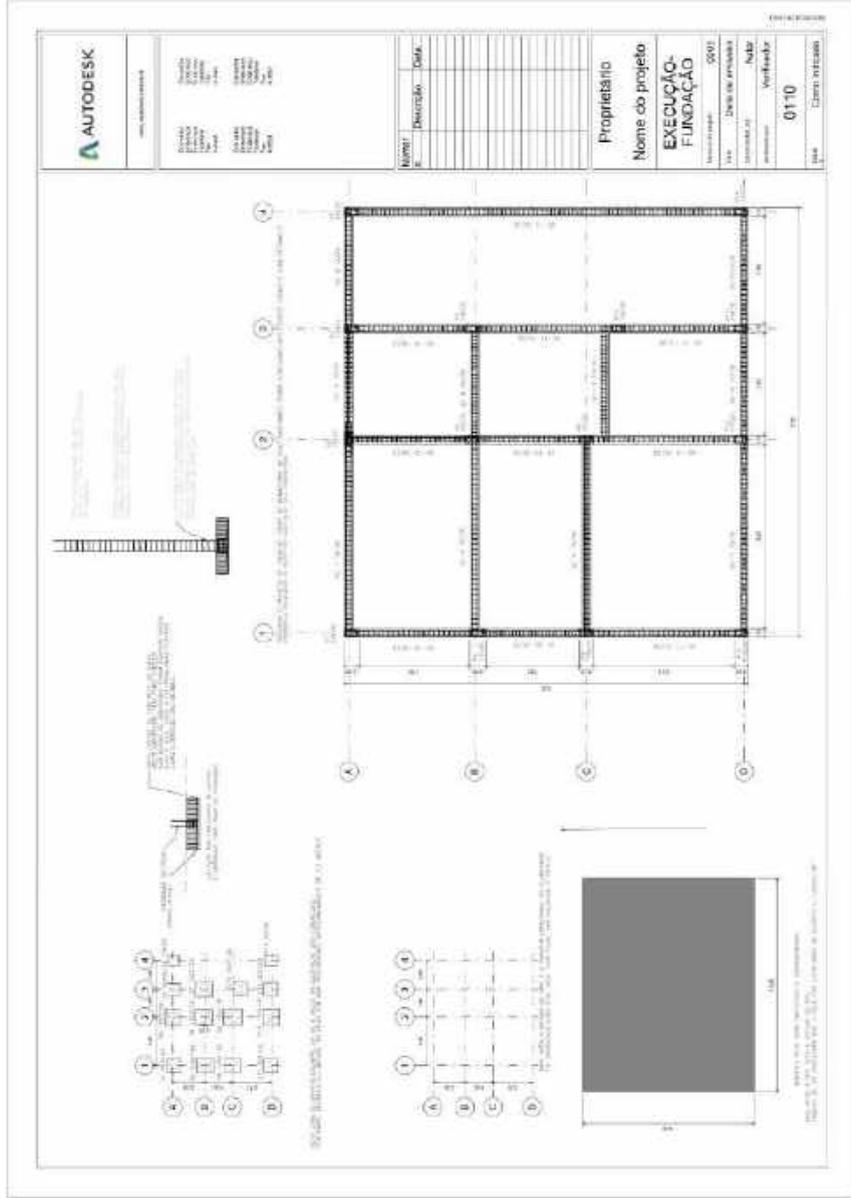




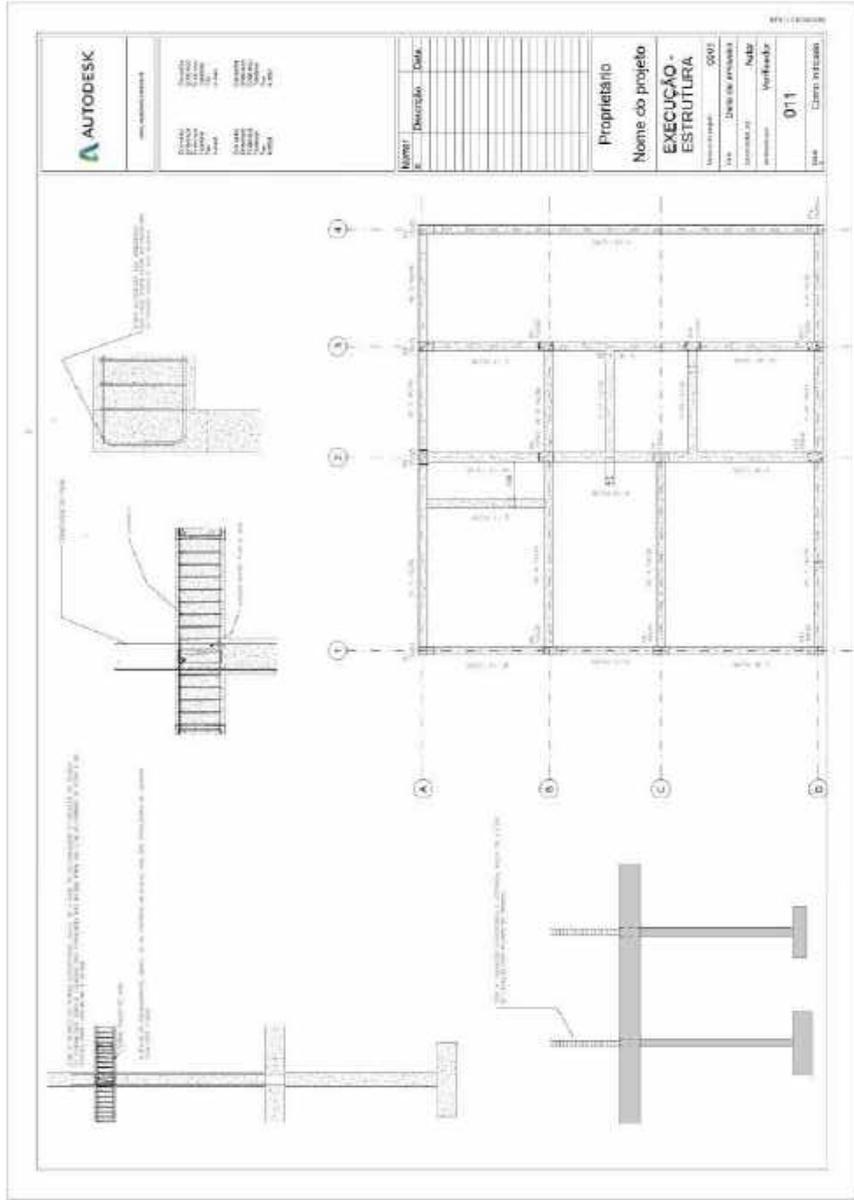
K0100A

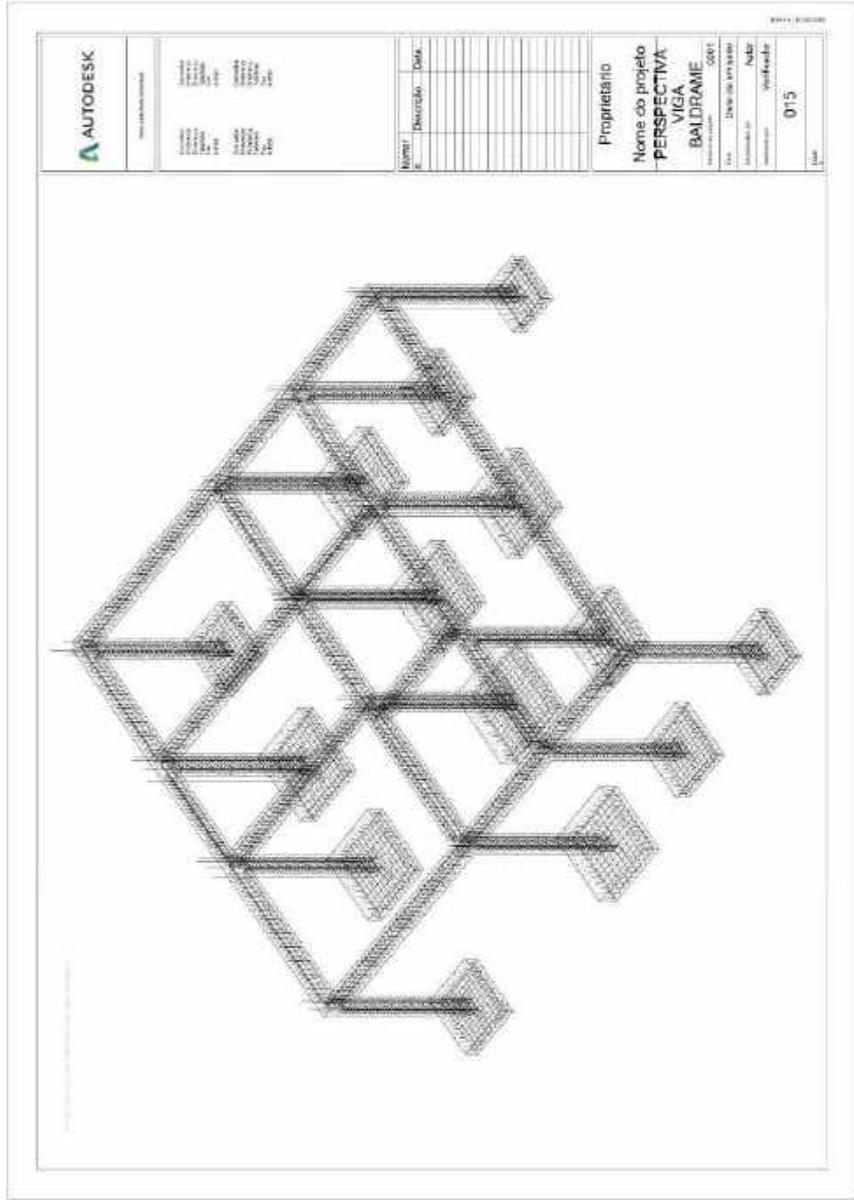
VIGAS BE-17
(1) COBERTURA

3) 0.0 Fundação Copiar 2



0.0 Fundação Copiar 1
1/1/00





APENDICE B – FORMULARIO DE PESQUISAS**QUESTIONÁRIO**

NOME:

EMPRESA:

1- No geral, a forma como o detalhamento foi apresentado, melhorou o entendimento do projeto estrutural?

ÓTIMO BOM REGULAR RUIM

2 No geral, da forma como o detalhamento está sendo apresentado, este pode acelerar o processo de execução da estrutura?

ÓTIMO BOM REGULAR RUIM

3 No geral, a utilização de perspectivas no detalhamento, melhorou o entendimento do projeto estrutural?

ÓTIMO BOM REGULAR RUIM

4 No geral, as perspectivas apresentadas, melhoraram o entendimento de como as armaduras das peças (vigas, pilares e fundações) são montadas?

ÓTIMO BOM REGULAR RUIM

5 No geral, o detalhamento apresentado, melhorou o entendimento de como devem ser realizadas as etapas de execução da estrutura?

ÓTIMO BOM REGULAR RUIM

6 Qual desses detalhes poderiam ser melhorados?

VIGAS PILARES FUNDAÇÕES FORMA PERSPECTIVAS

ANEXO A – ARQUITETURA

