



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

TECNOLOGIA BIM APLICADA NO DETALHAMENTO DE FORMAS DE UM PRO-
JETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO

Anislaine de Jesus Santos

VARGINHA

2024



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS VARGINHA - MG

TECNOLOGIA BIM APLICADA NO DETALHAMENTO DE FORMAS DE UM PRO-
JETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO

Anislaine de Jesus Santos

Orientador: Professor Titular, Dr. Luiz Pinheiro da Guia
Coorientador: Professor, Dr. Armando Belato Pereira

Varginha, 23 de Janeiro de 2025

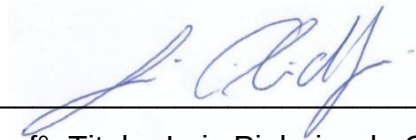
ANISLAINE DE JESUS SANTOS

TECNOLOGIA BIM APLICADA NO DETALHAMENTO DE FORMAS DE UM PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO

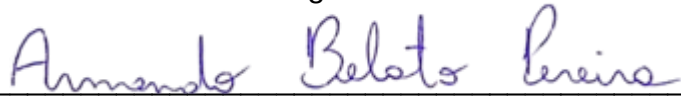
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Data de aprovação: 23 de Janeiro de 2025

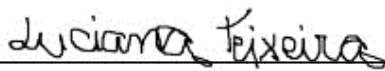
Banca examinadora:



Profº. Titular Luiz Pinheiro da Guia, Dr.
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Unidade Varginha



Profº. Armando Belato Pereira, Dr.
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Unidade Varginha



Profª. Luciana Teixeira Batista, Dra.
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Unidade Varginha



Profº. Mateus de Carvalho Martins, Dr.
Universidade Federal de São João del Rey

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor e Doutor Luiz Pinheiro da Guia, expresso minha profunda gratidão pela constante disponibilidade, pelo interesse e motivação no tema, pelos vídeos tutoriais disponibilizados e pelo apoio inabalável durante todo este período.

Ao meu coorientador, Professor e Doutor Armando Belato Pereira, agradeço pela valiosa contribuição, pela complementação e fechamento do tema, e pela constante disponibilidade e apoio.

Ao meu marido, Daniel, por todo o apoio incondicional e compreensão nos momentos mais difíceis deste percurso. Pelo amor e amizade, pelas palavras de motivação e pela paciência sempre demonstrada.

À minha família e amigos, agradeço por todo o apoio, respeito e palavras de motivação durante esta jornada. Um agradecimento especial ao meu cunhado Talles e outro para minha amiga Baby pelas dicas e suportes oferecidos.

Sem vocês, este trabalho não seria possível. Que Deus multiplique bênçãos a todos vocês!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Lajes maciças representada numa planta de forma.....	18
Figura 2 – Representação de viga e pilares numa Elevação.	19
Figura 3– Bloco sobre: a) estacas e b) tubulão.	19
Figura 4– Planta de forma e Corte A com identificação dos elementos.	22
Figura 5– Recorte da Planta Forma de Transição com detalhes.	23
Figura 6– Ciclo de vida de uma edificação.....	25
Figura 7– Níveis de Desenvolvimento BIM.	28
Figura 8– Processo do Projeto Estrutural na metodologia BIM.....	30
Figura 9– Esquema de classe no software Revit.	31
Figura 10– Opções disponíveis da aba ‘Inserir’ no Revit.	38
Figura 11– Níveis criados no modelo.	39
Figura 12– Associação da vista planta de piso com o nível criado, no Revit.	40
Figura 13– Propriedades da vista Planta Estrutural no Revit.	41
Figura 14– Pilar (azul) posicionado a partir do dwg em Vista de planta estrutural no Revit.	41
Figura 15– Pilar (azul) posicionado a partir do dwg em Vista 3D no Revit.....	42
Figura 16– Limite de uma laje desenhada por linhas (rosa) no Revit.....	43
Figura 17– Bloco B1 da planta de Fundações, em CAD, com suas dimensões com variação.....	44
Figura 18	44
Figura 19– Vista 3D dos pilares(azul), vigas (laranja), lajes (cinza) e blocos(rosa) no Revit.	45
Figura 20– Encontros das vigas com outros elementos não perpendiculares.	46
Figura 21– Dados da viga V101 selecionada na vista 3D no Revit.	47
Figura 22– Lajes da Planta da forma de Transição no Revit.....	48
Figura 23– Representação da abertura com linhas simbólicas no Revit.	49
Figura 24– Identificação das Lajes, aberturas e diferença de nível realizado no Revit.	49
Figura 25– Identificação das vigas em planta 2D como elemento único geradas pelo Revit.	50
Figura 26– Tipos de identificadores das vigas para cada tramo no Revit.	50
Figura 27– Detalhe dos Tipos de identificadores das vigas criado para cada tramo no	

Revit.	51
Figura 28– Identificadores de Pilar com nome do Pilar e sua seção realizado no Revit.	51
Figura 29– Parte da Planta de Forma Pilotis detalhada no Revit. Detalhe de Lajes, Pilares, Vigas e Blocos com suas respectivas cotas.	52
Figura 30– Detalhamento dos blocos da Planta Pilotis realizado no Revit.....	52
Figura 31– Detalhamento dos blocos da Planta Pilotis realizado no Revit.....	53
Figura 32– Delimitação da linha de Corte em planta para gerar a Vista de Corte A-A automaticamente	53
Figura 33– Detalhe da faixa de vista do Corte A-A da Planta de forma Pilotis.....	54
Figura 34– Vista Corte A-A gerada automaticamente dos elementos em seção.	54
Figura 35– Detalhe de Vista Corte A-A com hachuras.....	54
Figura 36– Sobreposição plantas Pilotis: projeto base revisado e o modelo no revit antes da revisão.	56
Figura 37– Caixa de diálogo do momento do ajuste, em planta, do Pilar P34.	57
Figura 38– Viga V12a selecionada e suas propriedades de níveis.	57
Figura 39 - Vistas em 3D do local no pavimento Pilotis antes (a) e depois(b) da revisão no revit.	58
Figura 40– Cotas perdidas na vista de Planta de forma do Pilotis após revisão.	59
Figura 41– Cotas perdidas na vista de Corte C-C do Pilotis após revisão.	59
Figura 42–Parte do Corte C-C do pavimento Pilotis revisada no revit.	60

RESUMO

O ciclo de vida de uma edificação envolve várias etapas multidisciplinares que podem apresentar incompatibilidades desde o projeto até a execução. Na fase de projeto, ainda existem problemas nos detalhamentos devido à falta de integração ao modelo virtual. A metodologia BIM (Building Information Modeling) surgiu como solução para esses problemas. Na disciplina de estruturas, especialmente no projeto estrutural de concreto armado, a modelagem BIM pode aprimorar o desenvolvimento dos projetos. A representação dos elementos estruturais no contexto BIM contribui para a precisão e coerência das informações, permitindo a geração automática de desenhos a partir do modelo tridimensional. Para atender ao princípio BIM, essa documentação em 2D deve ser gerada de forma integrada a partir do modelo. No detalhamento estrutural de concreto armado, os desenhos para execução de formas devem conter todas as informações necessárias para a correta execução dos elementos construtivos. O software *Revit*, utilizado neste trabalho, permite modelar um projeto de concreto armado conforme o princípio BIM. O detalhamento de formas foi realizado utilizando a metodologia BIM e o software *Revit*. O modelo foi desenvolvido a partir de um projeto de edifício elaborado em CAD, composto pelos projetos arquitetônico e estrutural básicos, e passou por uma revisão em um dos pavimentos ainda na fase de projeto. Concluiu-se que o software, mesmo necessitando de alguns ajustes, atende às condições para o detalhamento de formas dos elementos estruturais de concreto armado, alcançando resultados próximos aos obtidos pelo paradigma tradicional. Além disso, o software facilita as revisões de projeto e evita que os detalhamentos das alterações precisem ser realizados do zero.

Palavras-Chave: BIM no Detalhamento de forma; Projeto Estrutural Concreto Armado e Revisão; *Revit* com metodologia BIM.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	5
RESUMO.....	7
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos específicos	13
1.2 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 HISTÓRICO DAS FERRAMENTAS DE DESENHO E REPRESENTAÇÃO...15	
2.2 PROJETO.....	16
2.2.1 Projeto estrutural.....	17
2.2.2 Projeto estrutural de Concreto Armado.....	17
2.2.3 Desenho de formas do projeto estrutural de concreto armado ...	20
2.2.4 Armazenagem de informações e suas representações no projeto	23
2.3 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	24
2.3.1 Dimensões <i>BIM</i>	26
2.3.2 Nível de Desenvolvimento (LOD – <i>Level of Development</i>)	27

2.4 BIM NO PROJETO ESTRUTURAL.....	28
2.4.1 Etapas <i>BIM</i> para o detalhamento de formas no Projeto de Concreto Armado	29
2.4.2 Geração de desenhos de formas no LOD 300	33
3 METODOLOGIA	35
3.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA	35
3.2 PROJETO BASE.....	35
3.3 ETAPAS PROCESSUAIS DA PESQUISA.....	36
4 DESENVOLVIMENTO	38
4.1 MODELAGEM DE OBJETOS PARAMÉTRICOS	38
4.2 MODELAGEM DIGITAL DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS	39
4.2.1 Modelo 3D no <i>revit</i>	45
4.2.2 Identificação dos elementos estruturais	47
4.3 DETALHAMENTO DE FORMAS	47
4.3.1 Detalhamento de forma das lajes e aberturas.....	47
4.3.2 Detalhamento de forma das vigas.....	49
4.3.3 Detalhamento de forma dos pilares e blocos	51
4.3.4 Detalhamento de forma em corte	53
4.3.4 Detalhamento de forma em geral	55
4.4 REVISÃO NA MODELAGEM DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS	55
4.5 REVISÃO NO DETALHAMENTO DE FORMAS	58
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS....	65
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
6.2 SUGESTÕES PARATRABALHOS FUTUROS.....	66
REFERÊNCIAS.....	67
ANEXO A – PLANTA DE FORMA FUNDAÇÃO PROJETO BASE	71
ANEXO B – PLANTA DE FORMA PILOTIS PROJETO BASE.....	72
ANEXO C – PLANTA DE FORMA TRANSIÇÃO PROJETO BASE	73
APÊNDICE A– PLANTA DE FORMA FUNDAÇÕES MODELADA E DETALHADA NO <i>REVIT</i>	74
APÊNDICE B – PLANTA DE FORMA PILOTIS MODELADA E DETALHADA NO <i>REVIT</i>	75
APÊNDICE C– PLANTA DE FORMA TRANSIÇÃO MODELADA E DETALHADA NO <i>REVIT</i>.....	76

1 INTRODUÇÃO

No ramo da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), até a década de 1990 as fases de um ciclo de vida de uma edificação eram realizadas de forma separada, com pouca troca de informação entre as diferentes áreas envolvidas no processo construtivo. Isso resultava em erros por falta de compatibilização, mesmo com o uso de *softwares* e planilhas programadas. Ou seja, as etapas multidisciplinares de uma obra acabavam por encontrar empecilhos durante o ciclo de projeto e execução. Para solucionar esses problemas, a metodologia *Building Information Modeling* (Modelo de Informação da Construção - *BIM*) começou a ser adotada (Catarina, 2015; Ferreira et al., 2012).

A ferramenta *BIM* surgiu como uma forma para agilizar e facilitar a cooperação entre múltiplas áreas de atuação, sendo já aplicada em países como Estados Unidos, Holanda e Noruega, nos quais a metodologia passou a ser de uso obrigatório em obras públicas (Kassem e Amorim, 2015).

No Brasil, a adoção do *BIM* começou de forma lenta em função da resistência à mudança, barreiras culturais e incerteza sobre o retorno do investimento (Tavares, 2007). No entanto, em 2024, foi regulamentado o Decreto Nº 11.888, o qual estabelece a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling*- Estratégia *BIM* BR e institui o Comitê Gestor da Estratégia do *Building Information Modelling* - *BIM* BR, que evidentemente motiva a sua implementação para o processo de ciclo de vida das construções, em todos os seus setores (Brasil, 2024).

Para um projeto estrutural, sendo uma área específica da engenharia civil, a aplicação do *BIM* pode reduzir incompatibilidades com as demais disciplinas (Ferreira et al., 2012). Sendo assim, cada vez mais o desenvolvimento dos projetos pode ser aprimorado com a modelagem em *BIM*, em especial no caso do projeto estrutural de concreto armado, um dos mais usuais na disciplina de estruturas no âmbito nacional. Além disso, é importante que o projeto estrutural seja harmonizado com outras disciplinas de projeto, incluindo o aspecto arquitetônico e as instalações.

Para projeto e detalhamento de elementos em concreto armado existem diferentes softwares disponíveis. Dentre esses, o software *Revit*¹, é amplamente utilizado com versão disponível para estudantes (Autodesk, 2024). Entretanto, não são todas

¹ *Revit* é marca registrada da empresa Autodesk.

etapas do projeto estrutural realizadas diretamente no *Revit*, pois, segundo Ribeiro (2017), o *Revit* não se destina a ser um software especialista para análises específicas de disciplinas de projeto. Ele possui alguns comandos e plug-ins para análises de incompatibilidade, estrutural e eficiência energética, mas essas ferramentas são limitadas e inadequadas para análises complexas. É mais apropriado que tais análises sejam realizadas em softwares especializados que utilizam o modelo do *Revit*, efetuam as análises, incorporam as modificações necessárias e retornam o modelo atualizado ao *Revit*.

Com a modelagem realizada no *Revit*, é necessário criar os documentos essenciais para a execução da estrutura, ou seja, o detalhamento. Embora o BIM proponha novas formas de representar as informações do projeto, para que os fluxos de trabalho baseados nesse paradigma sejam viáveis, na prática, ainda é crucial que a comunicação ocorra de forma tradicional, utilizando desenhos, tabelas e textos que possam ser impressos em papel (Souza, 2020). Essa documentação em 2D, para atender ao princípio BIM, deve ser gerada de forma integrada a partir do modelo. Isso evita problemas apontados por Dias e Arantes (2015), como o uso de softwares de desenho CAD 2D ainda serem empregados para o detalhamento, mesmo que o *Revit* seja utilizado para modelagem tridimensional de estruturas em projetos de plantas industriais. No entanto, essa prática não é integrada ao modelo e prejudica atender ao BIM.

No detalhamento estrutural de concreto armado, dentre as representações que são realizados estão os desenhos para execução de formas. Segundo a ABNT NBR 7191:1982, execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado, tais desenhos contemplam plantas, cortes e elevações das peças da estrutura relevantes para o perfeito conhecimento de sua forma e de suas dimensões.

Nos estudos realizados pelos os autores Silva (2013), Ribeiro (2017), Brugnera (2018) e Souza (2020), foi utilizado o *Revit* como o *software* para modelar a estrutura em concreto armado por meio do *BIM* e realizado o detalhamento de formas a partir do modelo, demonstrando assim a aplicabilidade desse programa para tal finalidade.

Com a nova realidade da construção civil e as tecnologias avançadas no setor de projetos e execução, persistem problemas nos detalhamentos dos projetos devido à falta de integração ao modelo virtual. Isso resulta em retrabalhos na fase de projeto e suas revisões, impactando diretamente sua execução. Para enfrentar esses desa-

fios, foi elaborado no presente trabalho o detalhamento das formas do projeto estrutural de concreto armado dos três primeiros pavimentos de uma edificação de seis andares, incluindo a fundação, os pilotis e a transição, utilizando a metodologia BIM e o software Revit. O estudo sobre projetos estruturais de concreto armado utilizando a metodologia BIM oferece várias possibilidades de pesquisa. Uma verificação crucial é o detalhamento final das formas do projeto estrutural, que será entregue para execução da obra e que já passou por revisões na fase de projeto.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

A pesquisa tem por objetivo detalhar as plantas de formas de um projeto estrutural de um edifício em concreto armado através do uso da metodologia BIM, por meio do software *Revit* 2024 e realizar modificações de revisão no modelo ainda na fase de projeto.

1.1.2 Objetivos específicos

Definido o objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso, foram delimitados os objetivos específicos, quais sejam:

- Conhecer os conceitos e aplicações da modelagem baseada na tecnologia *BIM* para projetos estruturais de concreto armado;
- Modelar os elementos estruturais;
- Gerar os desenhos de formas para execução a partir do modelo;
- Realizar alterações de revisão no modelo;
- Verificar os desenhos de formas após realizar as alterações no modelo.

1.2 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Neste trabalho, foi realizada uma pesquisa por meio de revisão bibliográfica. Adicionalmente, foi feito um trabalho prático utilizando a modelagem em BIM para um projeto estrutural de concreto armado que já havia sido executado no paradigma tradicional, por meio do CAD. A partir dessa modelagem, foram gerados os desenhos de

formas. Assim, ao focar nos objetivos propostos, optou-se por evitar a abordagem de temas interligados, tais como:

- Planejamento e análise de custos de obras;
- Demais projetos que fazem parte do ciclo de vida de uma edificação;
- Outras etapas do projeto estrutural de concreto armado: análise e dimensionamento Estrutural (Concepção Estrutural); detalhamento dos vergalhões (armaduras), tabelas de quantitativos dos elementos, entre outros específicos;
- Projetos complementares de escoramento;
- Pesquisa experimental;
- Pesquisa de campo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo é constituído por uma revisão bibliográfica fundamentada na literatura específica da área de AEC sobre a modelagem BIM e projeto estrutural de concreto armado para contextualização do presente trabalho.

2.1 HISTÓRICO DAS FERRAMENTAS DE DESENHO E REPRESENTAÇÃO

Na antiguidade os métodos construtivos se baseavam na representação física das edificações que era realizada por meio de maquetes em escala, sem documentação detalhada da construção. Os responsáveis por esse tipo de trabalho não possuíam espaço físico próprio de trabalho, sendo que seu local de atuação se confundia com a própria obra. Somente após a Idade Média é que houveram avanços significativos na matemática, geometria e técnicas de perspectiva.

As evidências históricas indicam que as ferramentas e métodos utilizados na AEC passaram por transformações significativas. A evolução das ferramentas de desenho e representação incluiu a transição da construção não documentada para o desenho à mão, utilizando inicialmente papel opaco e posteriormente papel translúcido, visando facilitar a compatibilidade entre infraestrutura, estrutura e superestrutura. No entanto, os métodos manuais eram tediosos, demorados, propensos a erros e com pouco detalhamento (Catelani, 2016).

O advento dos métodos computacionais representou uma revolução no trabalho dos profissionais da área. Na década de 1980, surgiram os *softwares CAD 2D* (*CAD 2D, Computer-Aided Design and Drafting*), ou projeto e desenho assistidos por computador em duas dimensões, que substituíram o lápis e o papel, proporcionando uma metodologia de trabalho mais eficiente no tratamento dos projetos. No sistema *CAD 2D*, as linhas, textos e pontos são inseridos em um espaço virtual, inicialmente bidimensional, mas evoluindo para a inclusão de elementos em três dimensões. No entanto, nesse tipo de *software*, o projeto ainda era visto apenas como um documento (Catelani, 2016). O processo de projeto, baseado em representações gráficas bidimensionais, exige um esforço mental significativo para recompor o espaço tridimensional a partir de desenhos 2D. As informações provenientes de diferentes especialidades devem ser compatibilizadas e precisam ser recriadas várias vezes ao longo do

processo (Ferreira e Santos, 2007).

O sistema CAD foi pioneiro no uso do computador para representações gráficas de projetos de arquitetura, elétrica, hidrossanitária e outras disciplinas. Porém, a modelagem BIM trouxe avanços gráficos e adicionou funcionalidades à elaboração de projetos, permitindo uma representação virtual paramétrica e integrada da edificação (NUNES; LEÃO, 2018).

Foi a partir do ano 2000 que o *BIM* começou a ser considerado a tecnologia mais avançada, não apenas para a concepção de projetos, mas também para o planejamento e gestão do ciclo de vida de uma edificação. Esse sistema, que utiliza a modelagem paramétrica, é considerado uma evolução dos *softwares* CAD 2D, pois integra informações de forma inteligente em uma base de dados (Rezende, 2008).

Os projetos de edifícios atuais estão muito mais complexos exigindo cada vez mais, novas tecnologias que atendam às demandas de gerenciamento da alta quantidade de informações projetuais (Florio, 2007).

2.2 PROJETO

De acordo com a ABNT 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. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1999).

Para Catelani (2016), o projeto deve permitir a interpretação adequada dos dados e informações necessárias, com o devido nível de detalhamento, abrangência e organização, para atingir os objetivos do projeto.

De acordo com a ABNT NBR 13531:2017, que estabelece condições para a elaboração de projetos de edificações, o processo de projeto passa por várias etapas, como coleta de dados, programa de necessidades, estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto ou pré-execução, projeto legal, projeto básico e projeto executivo (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2017). Para Silva (2019), o projeto arquitetônico é a base para todos os outros projetos, como o estrutural e os de instalações hidrossanitárias e elétricas, que são desenvolvidos a partir dele.

Jacoski (2003), por sua vez, traz que não há uma hierarquia definida entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações, mas eles são interdependentes. Ou

seja, qualquer alteração em um dos projetos vai afetar os demais. Essa interdependência gera a necessidade de troca de informações entre os projetos das diferentes disciplinas envolvidas, em especial quando se trata de alterações que impactem em mudanças no projeto estrutural.

2.2.1 Projeto estrutural

O papel da estrutura em uma edificação para Pinheiro (2007), é servir como a parte resistente que suporta as ações impostas e as transmite ao solo. Kimura (2007) acrescenta que um projeto estrutural deve assegurar três aspectos essenciais: segurança (por meio da capacidade de resistência), funcionalidade (por meio do desempenho durante o uso) e durabilidade. Para Martha (2010), o projeto estrutural tem como objetivo conceber uma estrutura que atenda a todas as necessidades para as quais será construída, levando em consideração a segurança, a usabilidade, a viabilidade econômica, a estética, questões ambientais, condições de construção e restrições legais.

2.2.2 Projeto estrutural de Concreto Armado

A estrutura em concreto armado é uma das principais dentre os vários tipos de estruturas existentes. Diversas normas brasileiras regulamentam as estruturas de concreto armado e, especialmente a ABNT NBR 6118:2023 - Projetos de Estrutura de Concreto Armado, exige que o projeto estrutural inclua os desenhos, as especificações e os critérios de projeto, além de projetos complementares de escoramento e formas (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2023).

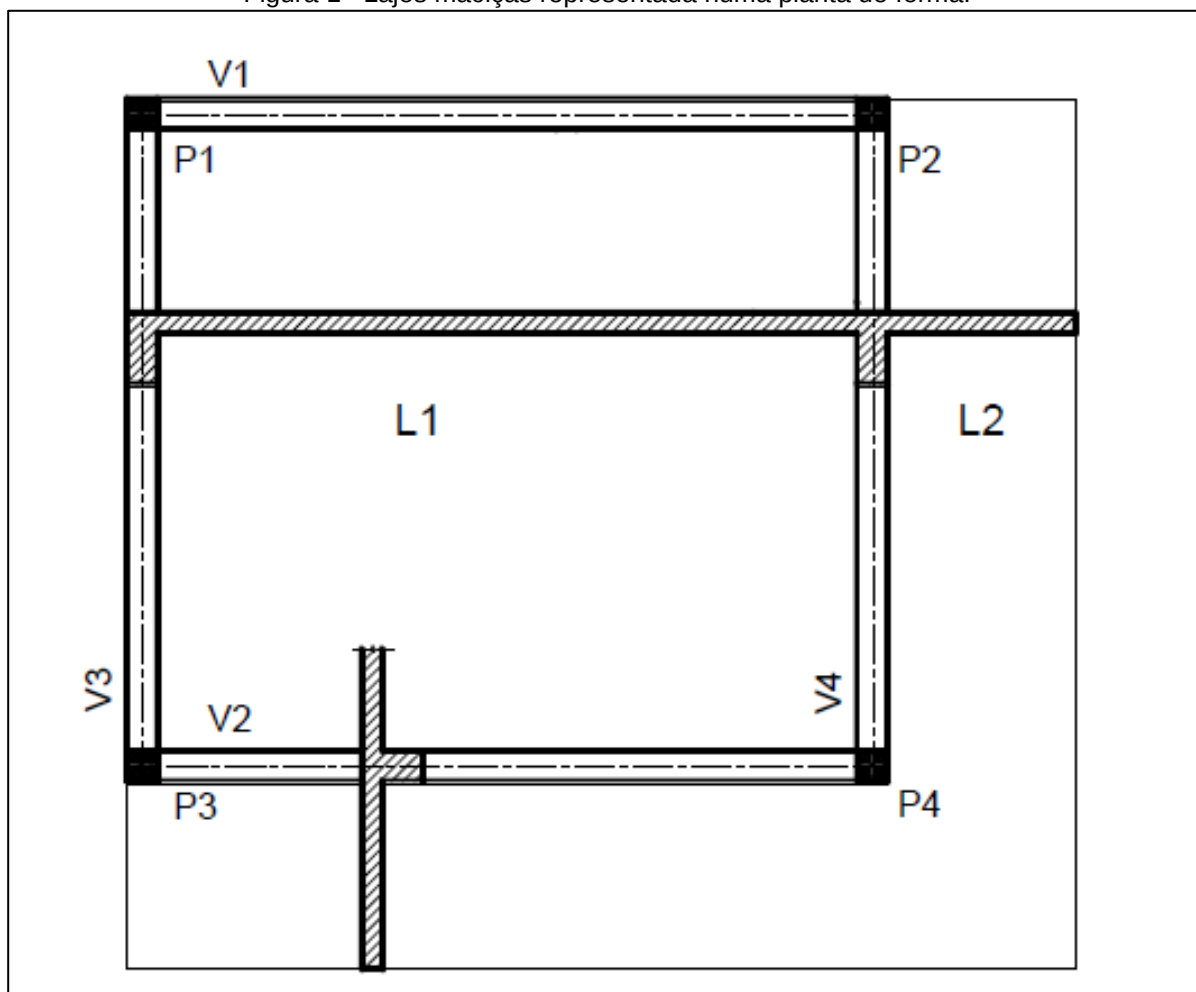
O desenvolvimento de projetos estruturais de concreto armado inicia-se com a concepção e definição dos requisitos do empreendimento, seguido pelo recebimento dos documentos de referência que servirão de base para elaboração da tipologia estrutural escolhida. A etapa seguinte envolve o cálculo, análise e dimensionamento dos elementos estruturais, seguido do detalhamento dos desenhos e especificações (Martha, 2010).

2.2.2.1 Elementos estruturais de concreto Armado

Alguns dos principais elementos estruturais de concreto armado consistem nas lajes, vigas, pilares e blocos de fundação.

A laje é um elemento plano, bidimensional, cuja função principal é servir de piso e/ou cobertura nas construções. A Figura 1, apresenta uma planta de forma simples com duas lajes L1 e L2 (Bastos, 2019).

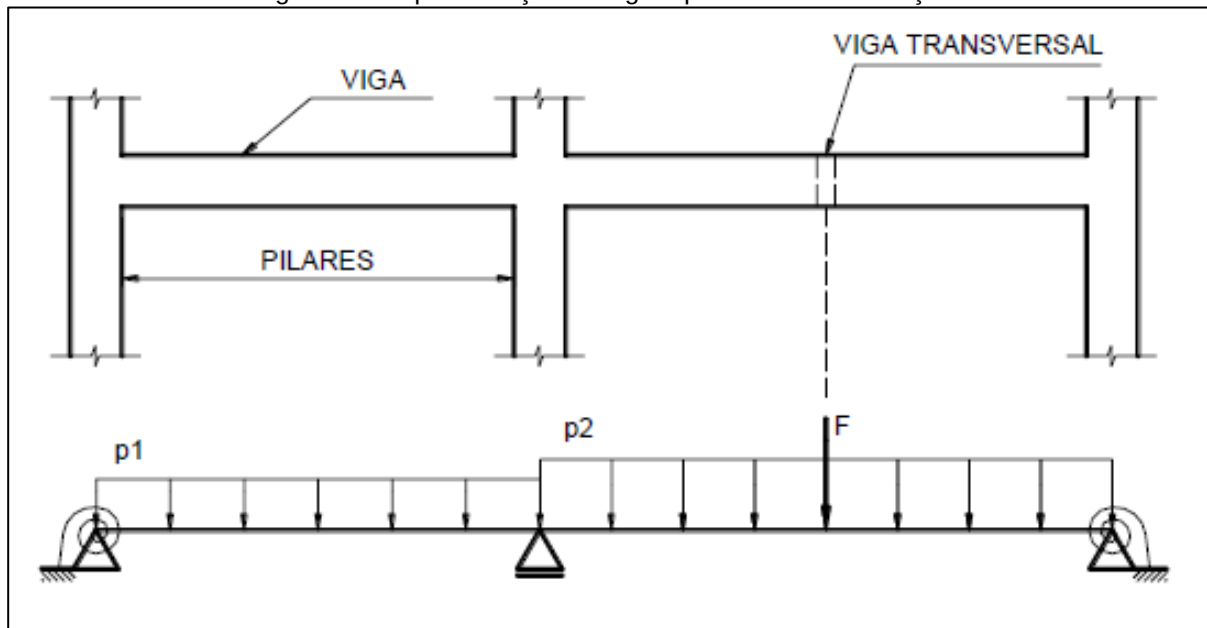
Figura 1– Lajes maciças representada numa planta de forma.



Fonte: (Bastos, 2019).

As vigas, segundo Bastos (2019), são elementos lineares de eixo reto onde a flexão é preponderante, dispostas na horizontal. E, os pilares, são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes. Na Figura 2 estão representados esses dois elementos numa Elevação.

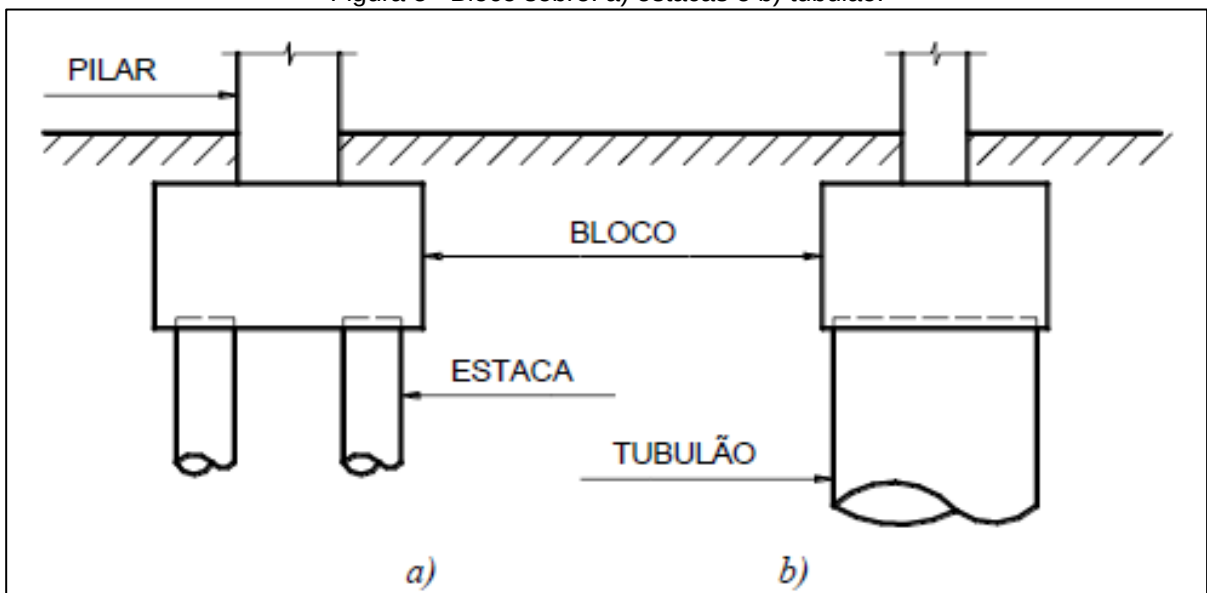
Figura 2 – Representação de viga e pilares numa Elevação.



Fonte: (Bastos, 2019).

Os blocos de coroamento de fundação são utilizados para receber as ações dos pilares e transmiti-las ao solo, diretamente ou através de estacas ou tubulões (Figura 3).

Figura 3– Bloco sobre: a) estacas e b) tubulão.



Fonte: (Bastos, 2019).

2.2.2.2 Tipos de desenhos técnicos para projeto de concreto armado

Os desenhos técnicos para obras em concreto simples ou armado, de acordo

com a ABNT NBR 7191:1982, podem ser dos seguintes tipos: desenhos de conjunto, desenhos para execução de formas, desenhos para execução de armaduras, desenhos para execução de escoramentos e desenhos de detalhe. Além da correta representação gráfica dos elementos estruturais, deve ser feita a designação de cada peça estrutural mediante a utilização de símbolos seguidos do respectivo número de ordem, bem como todas as demais informações para concepção do projeto (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1982). No presente trabalho, serão desenvolvidos especificamente os desenhos para execução de formas.

2.2.3 Desenho de formas do projeto estrutural de concreto armado

No Brasil, os desenhos necessários para execução de formas nas obras em concreto simples ou armado, devem estar de acordo com a ABNT NBR 7191:1982. Para esses tipos de detalhamento esta norma apresenta a designação das peças (lajes, vigas, pilares, etc.), bem como a ordem de numeração e símbolos, além de solicitar a representação das aberturas e suas dimensões (Associação Brasileira de Norma Técnica, 1982).

Os desenhos dos elementos estruturais têm a finalidade de detalhar a forma e as dimensões das peças envolvidas no projeto. Conforme a ABNT NBR 7191:1982, item 3.1.2, os desenhos destinados à execução das formas estruturais devem abranger plantas, cortes e elevações de todas as peças da estrutura. Ela recomenda que esses desenhos sejam elaborados em escala 1:50, salvo nos casos em que isso possa comprometer a clareza do desenho, ocasião em que a escala 1:100 pode ser empregada sem prejuízo para a compreensão do projeto. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1982).

De acordo com a ABNT NBR 7191:1982, a indicação dos elementos (lajes, vigas, pilares, blocos, etc.) nos desenhos para obras em concreto simples ou armado deve garantir uma numeração, de preferência, começando do canto esquerdo superior do desenho prosseguindo para a direita, sempre em linhas sucessivas, até atingir o canto inferior esquerdo. A designação das peças deverá ser feita utilizando símbolos seguidos do respectivo número de ordem, a saber (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1982):

- a) Lajes: L;
- b) Vigas: V;
- c) Pilares: P;

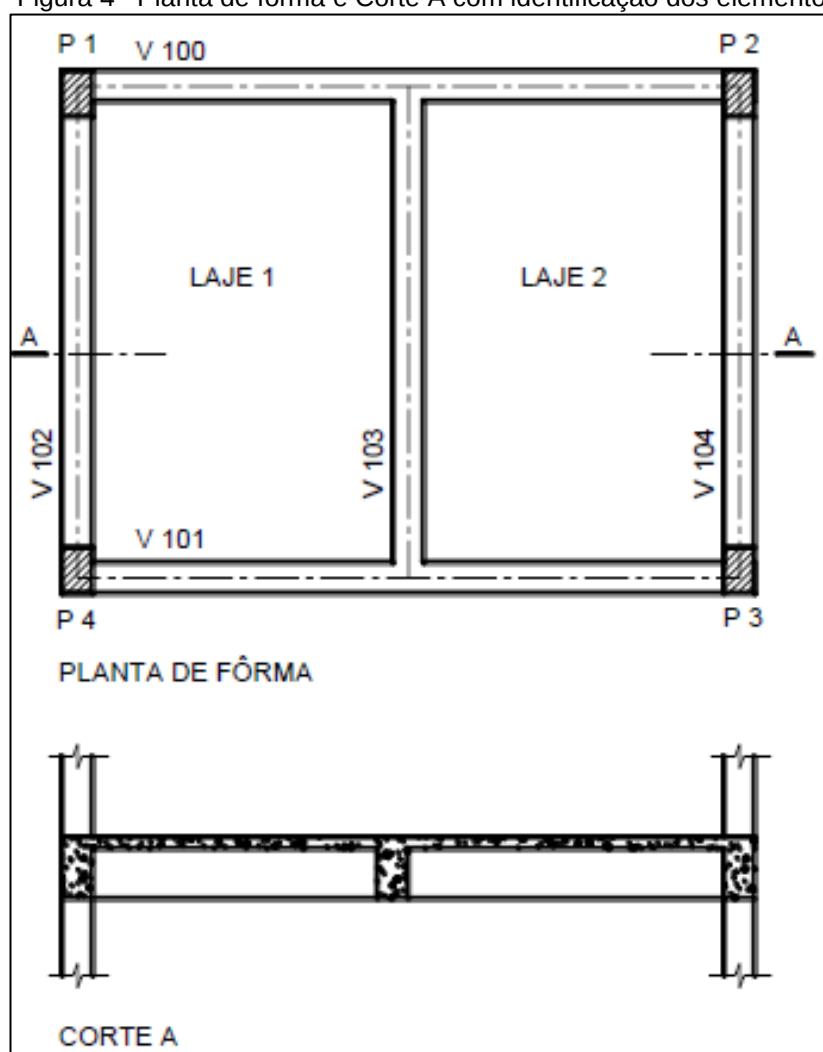
d) Blocos: B;

Para esses elementos estruturais a ABNT NBR 7191:1982 apresenta as condições de representação da seguinte maneira (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1982):

- LAJES: Segundo a norma, a numeração das lajes é feita começando do canto esquerdo superior do desenho seguindo para direita. Deve-se indicar a espessura de cada laje e, caso na sua face superior houver rebaixos ou superelevações em relação à face superior da laje de referência, pode ser adotada uma convenção que permita visualizar com facilidade as diferenças de níveis por meio de hachuras e também indicar por meio de sinal + ou - precedendo o valor da diferença.
- VIGAS: Para a numeração das vigas dispostas na horizontal começa-se no canto superior esquerdo e prossegue-se por alinhamentos sucessivos até atingir o canto inferior direito; para vigas dispostas na vertical, continua a numeração partindo do canto inferior esquerdo, para cima, por fileiras sucessivas, até atingir o canto superior direito. Nas vigas contínuas acrescentar uma letra para cada tramo existente.
- PILARES e BLOCOS: Assim como as lajes a numeração começa no canto superior esquerdo seguindo para a direita. As suas dimensões devem ser inseridas ao lado do pilar, indicando pelo menos uma delas.
- ABERTURAS: As diversas aberturas existentes no projeto deverão ser definidas nas plantas conforme convier, indicando orientação e dimensões.
- FORMA EM CORTE: No plano vertical colocado imediatamente antes da parte representada, os elementos visíveis que estiverem em seção devem ser hachurados.

A Figura 4 apresenta uma planta de forma simples, com apenas a identificação da numeração dos elementos: lajes (L1 e L2), vigas (V1, V2, V3 e V4) e pilares (P1, P2, P3 e P4), a vista em corte da mesma planta com hachura nos elementos em seção chamada Corte A.

Figura 4– Planta de forma e Corte A com identificação dos elementos.



Fonte: (Bastos, 2019).

Na Figura 5 é apresentado um recorte da planta de forma de transição com detalhes do pavimento do projeto estrutural utilizado no presente trabalho, para exemplificar as representações de laje, viga, pilar e abertura descritas anteriormente.

2.2.4 Armazenagem de informações e suas representações no projeto

23

(Eastman, et al., 2015).

Para Ribeiro (2017) as informações contidas em desenhos e textos, mesmo em formato digital, são principalmente voltadas para a interpretação humana. Por isso, é comum que existam ambiguidades em suas representações, resultando em dados representados duas vezes na base de informações. De acordo com Van Nederveen et al (2009), essa duplicação pode causar inconsistências quando ocorrem mudanças no projeto, já que alterações específicas não são necessariamente aplicadas em todo o projeto. Em geral, softwares de desenho e texto, como o CAD por exemplo, tratam dados duplicados como elementos distintos e não relacionados, sendo que a percepção de que são representações do mesmo elemento só ocorre após a interpretação humana.

Esse cenário resulta em dificuldades no acesso à informação, impactando negativamente várias fases do projeto e o empreendimento final. Durante as fases de planejamento e orçamento, por exemplo, onde o resultado final depende da qualidade da extração de quantitativos e da definição de custos de materiais e serviços, é comum a superestimação de quantidades, o que leva a desperdícios e resultados irreais. Nas etapas de revisão do projeto, torna-se necessário ignorar pequenas incompatibilidades para cumprir os cronogramas, o que compromete a qualidade final do projeto e pode causar problemas executivos ou funcionais (Papadopoulos, 2014).

Para que fossem evitados problemas de fragmentação no armazenamento da informação e suas representações no projeto foram buscadas soluções, como a metodologia BIM.

2.3 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Os estudos de desenvolvimento da metodologia *BIM* foram iniciados no Reino Unido nos anos 1970 e posteriormente nos Estados Unidos, onde era chamada de "*Building Product Models*", e na Finlândia, com o nome de "*Product Information Models*". Charles M. Eastman em 1975 desenvolveu o protótipo "*Building Description System*" e introduziu conceitos ainda utilizados atualmente, tais como a necessidade de fazer mudanças de arranjo apenas uma vez para todos os desenhos futuros e, a ligação direta entre análises quantitativas e descrições dos elementos (Eastman et al., 2015).

Em função de sua complexidade e diversidade de aplicações, múltiplas são as

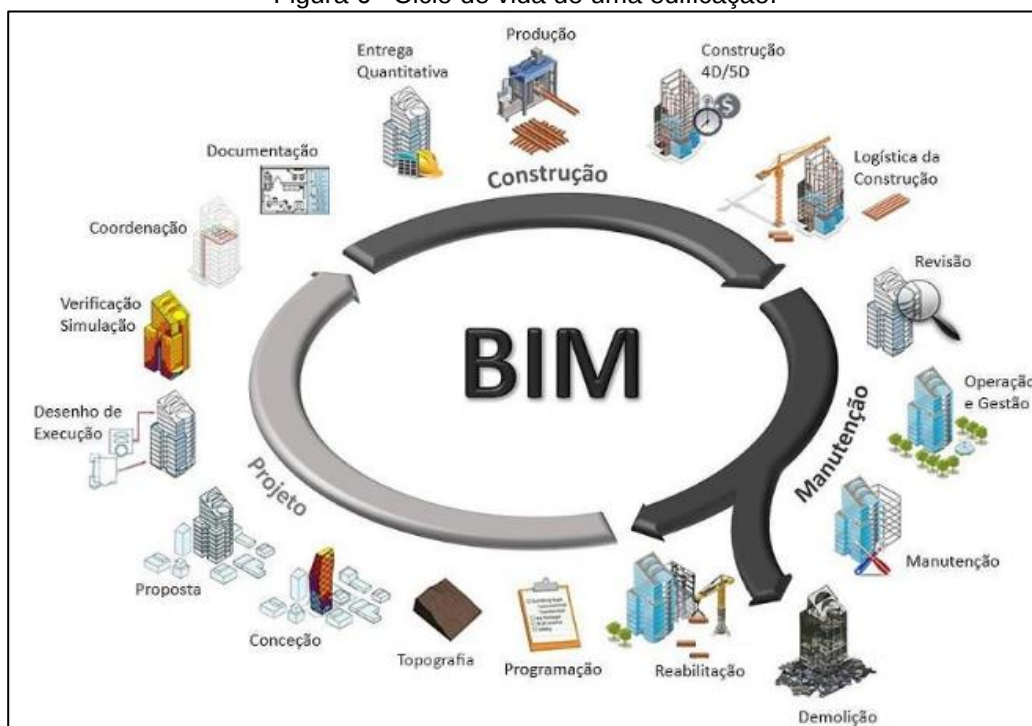
definições para a metodologia *BIM*. De acordo com alguns autores tem-se:

- A Secretaria de Planejamento do Estado de Santa Catarina descreve o *BIM* como um processo que permite a gestão da informação ao longo do ciclo de vida da edificação, envolvendo a troca de dados e informações relevantes (Santa Catarina, 2015).
- A *National Institute of Building Science* - NIBS (2007) define o *BIM* como:

"Uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação e um recurso de compartilhamento de conhecimento que viabiliza a obtenção de informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para que decisões sejam tomadas durante seu ciclo de vida, definido desde a sua concepção até a demolição." (*National Institute Of Building Science*, 2007).

- Para Robinson (2007), *BIM* é uma ferramenta colaborativa que é usada pelos profissionais da indústria da construção que se baseia em uma quantidade de soluções de *software*. O *BIM* incorpora todos os componentes ou objetos de uma edificação, incluindo sua geometria, propriedades, quantidades, informações dos serviços e equipamentos necessários, sendo utilizado em todo o ciclo de vida da edificação, inclusive a demolição. A Figura 6 representa os conceitos apresentados, se relacionando o *BIM* ao ciclo de vida.

Figura 6– Ciclo de vida de uma edificação.



Fonte: Caeiro, 2021

- Eastman et al. (2015) define *BIM* como uma tecnologia de modelagem e de junção

de processos para elaborar, transferir informação, analisar modelos da construção, integrar componentes construtivos e representar digitalmente (objetos) informando o que são (se é uma parede, laje ou viga, por exemplo) com seus atributos. A inclusão desses componentes vai depender da análise e do processo de trabalho que for requerido.

- De acordo com Freire (2015), *BIM* é um processo. Para ele, os modelos não paramétricos ou softwares que trabalham com o formato *CAD* 3D não são considerados ferramentas *BIM*. No entanto, a modelagem 3D é a base do *BIM*, capaz de gerar um fluxo de trabalho simultâneo e baseado em um único modelo que contém todas as informações do projeto. E para eficácia do processo, é necessário que todos os profissionais envolvidos tenham acesso a esse mesmo modelo, permitindo a visualização, verificação e inserção de informações.

Com a utilização da metodologia *BIM* é possível ter benefícios diversos, tais como: a visualização antecipada e mais precisa de um projeto; correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas; geração automática de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto, como por exemplo, sessões para vista em 2D; colaboração integrada entre múltiplas disciplinas; e, verificação antecipada das intenções de projeto (Eastman et al., 2015).

A crescente complexidade dos projetos e as demandas por custos e prazos adequados destacam a importância da gestão da informação. Nesse contexto, a tecnologia *BIM* oferece aos engenheiros projetistas um processo de organização e compartilhamento de informações em uma base de dados global com informações estruturadas em um formato normalizado. No modelo *BIM*, os objetos possuem propriedades que vão desde sua localização até seus atributos físicos, permitindo visualização 3D e automação na geração de desenhos e quantidades (Ferreira et al., 2012).

2.3.1 Dimensões *BIM*

O *BIM* pode ser caracterizado pelas dimensões e níveis de desenvolvimento. A conexão de informações que fazem parte do projeto é chamada de dimensões do modelo *BIM* (Kymmell, 2008). Quanto mais dimensões ele possuir, maior será a quantidade de informações que podem ser modeladas a partir dele, o que torna as tomadas de decisão mais completas e assertivas (Campestrini et al., 2015).

O *BIM* em 3D é uma representação digital que contém informações de geometria em 3 dimensões e detalhes sobre cada elemento do projeto. Essa representação

permite extrair informações para a compatibilização espacial do desenho e a quantificação de materiais, soluções para revestimentos em locais específicos, especificações de materiais, detalhamento dos elementos estruturais, entre outros aspectos. (Campestrini *et al.*, 2015)

O *BIM* 4D adiciona ao modelo 3D a programação, incorporando informações sobre o cronograma da obra (como prazos e ordem de execução), quantidade de profissionais necessários, produtividade dos integrantes, a velocidade de produção e a movimentação volumétrica das etapas construtivas (Campestrini *et al.*, 2015).

O *BIM* 5D é a dimensão que agrega informações sobre os custos de todas as atividades da obra, como custo de serviços, materiais, mão de obra, equipamentos, entre outros, incluindo despesas diretas e indiretas (Campestrini *et al.*, 2015).

O *BIM* 6D engloba informações relacionadas ao uso da edificação, como validade dos materiais utilizados, ciclo de manutenção e consumo de água e energia elétrica (Campestrini *et al.*, 2015).

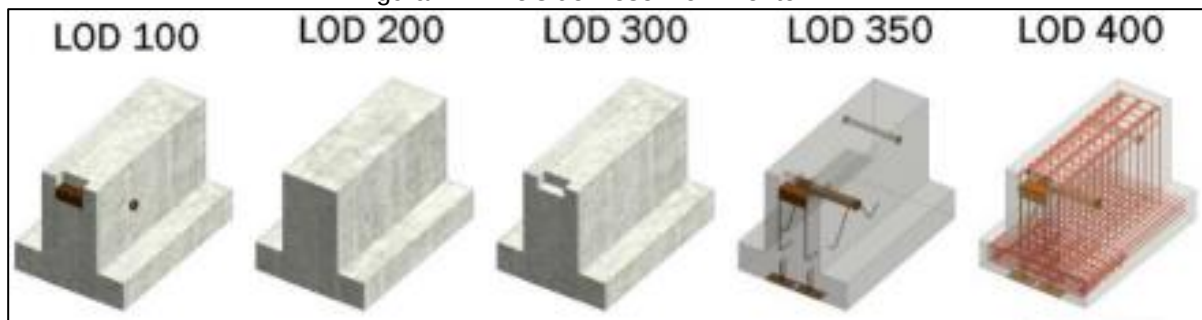
O *BIM* 7D consiste em informações para analisar o impacto ambiental e a eficiência energética das edificações, fornecendo dados sobre ventilação, iluminação natural, acústica e outros aspectos relevantes para alcançar certificações de eficiência energética (Ribeiro, 2015).

2.3.2 Nível de Desenvolvimento (LOD – *Level of Development*)

O *BIM* também pode ser caracterizado de acordo com seus níveis de desenvolvimento, conforme definido pelo *American Institute of Architects* (AIA, 2018) que classifica o nível de detalhamento e as informações contidas no modelo. O LOD 100 engloba informações básicas de espaço e volumetria. O LOD 200 inclui informações para análise do sistema estrutural e estimativas de custo. O LOD 300 abrange informações necessárias para a preparação de documentos de execução, criação de modelos analíticos, desenhos para fornecedores, mapas quantitativos e estimativas. O LOD 350 permite a inclusão de detalhes adicionais, como todas as estruturas primárias e secundárias de apoio, informações de fabricação, montagem ou construção, tamanho, forma, localização e processo de construção. Por fim, o LOD 400 requer que todos os elementos e sistemas sejam modelados fielmente ao que foi construído, com informações detalhadas para gerenciamento e manutenção (Silva, 2019).

A Figura 7 apresenta um esquema de níveis de desenvolvimento *BIM*.

Figura 7– Níveis de Desenvolvimento BIM.



Fonte: Abualdenien, Borrmann, 2022 (Adaptado)

2.4 BIM NO PROJETO ESTRUTURAL

Há muitos anos, os engenheiros projetistas têm utilizado modelos computacionais para a análise e dimensionamento de estruturas. Atualmente, esses modelos são desenvolvidos para analisar, dimensionar e detalhar estruturas, com base em uma concepção geral previamente definida. Na elaboração de projetos, é comum utilizar múltiplos modelos, tanto globais quanto locais, para a análise de estruturas. Esses modelos são parte integrante do processo de análise e dimensionamento, e frequentemente, ferramentas diferentes são usadas para cada modelo. Devido à baixa interoperabilidade dos programas atuais, a gestão do fluxo de informação é feita de maneira informal e não automatizada. A apresentação de projetos ainda é majoritariamente realizada através de desenhos CAD 2D, criados do zero e sem conexão com os modelos 3D de análise. Isso aumenta a necessidade de sincronização entre diferentes plataformas, um processo que depende fortemente da intervenção humana (Mora, R. [et al.], 2008).

Por outro lado, no contexto BIM, a representação de elementos estruturais melhora a precisão e coerência das informações no projeto estrutural, evitando simplificações e omissões comuns em documentos 2D. O BIM facilita a compreensão do projeto e a comunicação entre os envolvidos, permitindo a geração de documentos e quantitativos de materiais a partir de uma base de dados coordenada (Ferreira *et al.*, 2012). A integração de dados entre ferramentas BIM e de análise estrutural aumenta a eficiência e atualização dos projetos, garantindo a consistência dos dados. Para otimizar essas funcionalidades é essencial estabelecer regras de modelagem consistentes e uniformes, promovendo a interoperabilidade e o uso de normas abertas. A

conformidade com critérios de modelagem comuns entre especialidades assegura a utilidade da exportação do modelo estrutural para outras disciplinas (Ferreira *et al.*, 2012).

Sendo assim, no âmbito da elaboração de projetos de estruturas, existem três campos principais para a implementação do processo *BIM*: coordenação interdisciplinar, análise e dimensionamento e, documentação. A coordenação interdisciplinar demonstra eficiência em relação às práticas tradicionais, especialmente quando há a utilização de normas de compartilhamento de arquivos, como o IFC, que possibilita a troca de informações compatíveis com diversos programas. A análise e o dimensionamento com base em modelos *BIM* são áreas em desenvolvimento. A tecnologia *BIM* apresenta benefícios significativos na documentação, permitindo a geração automática de desenhos a partir do modelo tridimensional (Ferreira *et al.*, 2012). Os desenhos das formas de concreto armado exemplificam a documentação em projetos estruturais desse material. Quando baseados no princípio BIM, os outros dois campos já foram completados previamente. Caso contrário, não seria possível gerar o detalhamento das formas de forma integrada e fiel ao modelo, sem antes compatibilizar os dados entre as diferentes disciplinas e realizar a análise e dimensionamento da estrutura.

2.4.1 Etapas *BIM* para o detalhamento de formas no Projeto de Concreto Armado

Para a geração dos desenhos de formas no projeto de concreto armado realizado em BIM são necessárias as seguintes etapas: A- Modelagem de objetos paramétricos; B- Modelagem física(geométrica) de elementos estruturais; e C- Geração do detalhamento de formas. Vale ressaltar que estas etapas não abrange o projeto estrutural de concreto armado por completo. No entanto, são etapas suficientes para a geração de desenhos de formas através do modelo em BIM. As mesmas foram derivadas do estudo de Ribeiro (2019). Ele apresentou um processo de projeto com quatro etapas sequenciais: 1- modelagem de objetos paramétricos; 2- modelagem física(geométrica) e analítica de elementos estruturais - etapa de análise e dimensionamento estrutural; 3- modelagem física de armaduras; 4- geração de peças documentais. Essas etapas estão descritas na Figura 8, com a definição de seus objetivos e procedimentos respectivos.

Figura 8– Processo do Projeto Estrutural na metodologia BIM.

Etapas	Objetivos	Procedimentos
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 e analítica de elementos estruturais, e análise e dimensionamento estrutural	Criar a representação física (geométrica) e analítica da estrutura, e analisar e dimensionar a estrutura	Modelagem física dos elementos estruturais e suas conexões. Modelagem analítica visando a análise e dimensionamento estrutural. Obtenção das dimensões e armaduras dos elementos.
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 de detalhamento e tabelas para projeto executivo.	Geração automática, a partir do modelo BIM, de peças documentais, explorando potencialidades advindas do modelo BIM para representação da informação de projeto

Fonte: (Ribeiro, 2019).

As três etapas de modelagem diretas para o detalhamento de formas estão presentes nas etapas completas de Ribeiro (2019) de modo que, 'A' se encontra na etapa '1', 'B' na etapa '2' e 'C' na etapa '4'. Nas etapas indiretas, a fase de análise e dimensionamento (parte da etapa 2) é realizada anteriormente e por um software específico e a modelagem física(geométrica) de armaduras (etapa 3) é modelada para extração do detalhamento das armaduras que pode ser realizada tanto no software específico quanto no software de ambiente BIM, dependendo da sua complexidade e necessidade.

2.4.1.1 Modelagem de objetos paramétricos

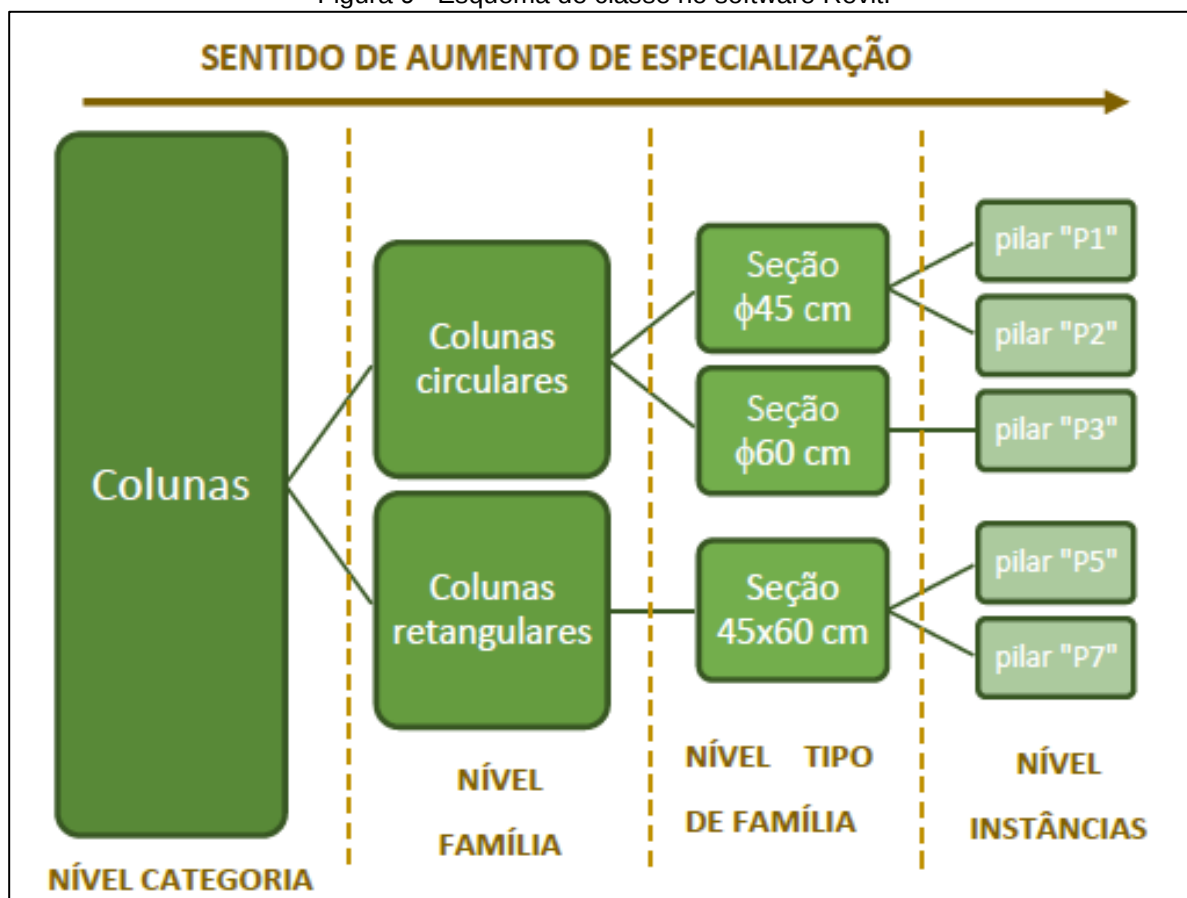
Objetos *BIM* paramétricos consistem na geometria integrada de maneira não redundante e sem inconsistências, ou seja, não podendo haver dimensões falsas. Os objetos possuem regras paramétricas que quando inseridas em um modelo de construção ou quando é modificada por objetos associados, alteram automaticamente as suas geometrias. (Eastman et al., 2015)

Os softwares *BIM*, como o *Autodesk Revit*, frequentemente empregam a modelagem paramétrica construtiva, incorporando dados e parametrizações a objetos

tridimensionais e possibilitam a criação de bibliotecas de objetos virtuais representando materiais e produtos disponíveis no mercado (Souza, Amorim e Lyrio, 2009). A importância dessas bibliotecas é evidenciada pela crescente demanda por dados *BIM* compatíveis dos fabricantes (Kassem e Amorim, 2015). Ribeiro (2017) destaca que a forma como esses elementos são parametrizados reflete em como serão representados no modelo, nos quantitativos e documentações gerais, por isso, pode ser relevante entender como funciona esta estrutura paramétrica desses objetos.

No *Revit*, a estruturação de objetos paramétricos ocorre por meio de classes que estabelecem níveis hierárquicos de especialização, seguindo o paradigma de orientação a objetos (Figura 9). Cada classe na hierarquia herda características das anteriores, possibilitando a organização prática da modelagem paramétrica. As classes e subclasses, chamadas de Famílias e Tipos de Famílias no contexto do software, são implementadas e identificadas, respectivamente (Ribeiro, 2017).

Figura 9– Esquema de classe no software Revit.



Fonte: (Ribeiro, 2017).

As subclasses, como "Colunas circulares" e "Colunas retangulares", herdam

definições gerais da superclasse "Colunas" e adicionam características específicas, como a forma geométrica da seção transversal. Essa estruturação em Famílias e Tipos de Famílias facilita a instanciação de elementos construtivos diversas vezes, personalizando cada instância. A Categoria, que representa a superclasse interna, não é editável pelo usuário. (Ribeiro, 2019).

Ribeiro (2019) identifica os parâmetros no *Revit* em três tipos: Parâmetros de Projeto, Parâmetros de Família e Parâmetros Compartilhados. Os Parâmetros de Projeto gerenciam informações internas ao modelo, são específicos, úteis para filtros e tabelas, mas não se vinculam diretamente às famílias. Os Parâmetros de Família incluem Categoria, Tipo e Instância: mudanças em Parâmetros de Categoria afetam toda a Família, em Tipos propagam-se internamente, e em Instâncias aplicam-se somente à instância modificada. Os Parâmetros Compartilhados, provenientes de um arquivo externo, promovem padronização e são acessíveis em anotações e tabelas.

2.4.1.2 Modelagem digital das características físicas dos elementos estruturais

A modelagem de elementos estruturais no contexto *BIM* consiste em criar a geometria e os parâmetros informacionais dos elementos no modelo. É seguido uma sequência ideal que reflete o processo tradicional de lançamento estrutural (pilares e fundações, vigas e lajes), bem como a necessidade de representar fielmente tanto a forma quanto o comportamento real dos elementos no edifício. (Ribeiro, 2017).

2.4.1.3 Geração do detalhamento de formas

Maciel (2018) destacou que, após a modelagem dos elementos estruturais, armaduras e outros componentes, ocorre a geração de desenhos e quantitativos de materiais como subprodutos do modelo. Esses elementos são derivados de uma base de dados coordenada. Qualquer modificação no modelo se reflete nos documentos associados, garantindo assim a consistência e a atualização das informações contidas no projeto estrutural.

Vale ressaltar que nos projetos atuais, ainda é importante a geração de representações em 2D de elementos construtivos, uma vez que desenhos ainda são a base de comunicação de informações construtivas em projetos de engenharia (Ribeiro, 2017). No *Revit*, isso é possível através da criação de *Detail View*, ou seja, vistas de detalhamento, geradas automaticamente a partir do modelo 3D. As pranchas para impressão são compostas a partir do posicionamento de várias *Detail View* dentro da

prancha, de maneira similar ao processo de montagem de *layouts* a partir de *viewports* típico de softwares de desenho CAD (Autodesk, 2024).

No *Revit* é possível apresentar a vista de detalhamento de uma viga, gerada automaticamente a partir do modelo e por vezes pode requerer ajustes por parte do usuário para se aproximar do detalhamento convencional brasileiro. Também pode ser necessário esconder elementos não relevantes no detalhamento (como a laje estrutural), ajustar a representação gráfica (aplicando hachura nos elementos vistos em seção, como as vigas de apoio nas extremidades), inserir cotas e textos de anotação para identificação dos elementos. Para isso é necessária a criação de Famílias de textos de anotação (*tags*) que representem as informações da forma feita no Brasil (Autodesk, 2024).

O *Revit* não possui, originalmente, uma ferramenta que gera de forma automática as vistas de detalhamento para todos os elementos estruturais de um modelo. É necessário criar e configurar vistas de detalhamento para cada elemento, o que pode ser bastante trabalhoso ao se considerar um modelo grande. O processo pode ser facilitado pela criação de *template*² com toda a configuração gráfica da vista já pré-definida, que somente são aplicados à vista gerada. Já os textos de identificação podem ser aplicados, automaticamente, a todos os elementos de uma vista através de um comando nativo do software, requerendo apenas o posicionamento manual (Autodesk, 2024).

O processo de composição da prancha não é inteiramente automático, exigindo uma quantidade significativa de trabalho para sua elaboração. Para atingir o grau de detalhamento apresentado na prancha é necessário, por exemplo, gerar e configurar manualmente cada vista de detalhamento a partir do modelo, selecionar quais elementos serão exibidos, aplicar filtros e ajustar aspectos gráficos. Posteriormente é necessário inserir e posicionar cada vista dentro do objeto *Sheets* (Ribeiro, 2017).

2.4.2 Geração de desenhos de formas no LOD 300

Conforme mencionado, o LOD 300 abrange informações necessárias para a preparação de documentos de execução, tais como os desenhos de formas. O modelo deve refletir as alterações resultantes da análise e dimensionamento estrutural. Nesta

² *Template* é um arquivo que contém configurações, padrões de visualização, famílias e outras preferências que podem ser específicas para cada usuário.

etapa, a geometria de todos os elementos deve ser corretamente definida, e os elementos precisam conter informações que identifiquem o tipo de estrutura, o material utilizado e suas propriedades. Cada elemento deve ter um número de referência único. Durante a modelagem, é importante considerar possíveis sobreposições de elementos, pois isso pode levar à duplicação de quantidades (Silva, 2013).

No nível de desenvolvimento 300 todas as aberturas devem ser modeladas. Aquelas que se estendem por mais de um andar devem ser modeladas com a ferramenta específica do programa (por exemplo, “shaft opening” no *Revit*). As demais aberturas devem ser modeladas individualmente, modificando a geometria das lajes, por exemplo. As variações de espessura nas lajes também devem ser consideradas e representadas com precisão como uma laje com espessura diferente. (Silva, 2013).

3 METODOLOGIA

No presente capítulo foram descritos: a tipologia da pesquisa, os dados empregados para o desenvolvimento do trabalho, o software utilizado, bem como a apresentação do Projeto Base e as etapas sequenciais da pesquisa.

3.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA

A presente pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão bibliográfica que envolve a análise de livros, artigos científicos, teses, sites de instituições, regulamentos, revistas especializadas e trabalhos de conclusão de curso relacionados ao tema em estudo. Além disso, foram consideradas normas técnicas pertinentes para compor e desenvolver a compreensão do assunto. Como material de apoio foram utilizados os vídeos tutoriais do orientador do presente trabalho para aprender a modelar no software *Revit*, aplicar e explorar ainda mais o programa.

Na transposição do projeto estrutural foi utilizada a ferramenta *Autodesk Revit*, versão 2024 com base na modelagem *BIM*. A escolha do *Revit* se deu pelo fato de ser um software consolidado no mercado, com versão gratuita disponível para estudantes e, por ter a capacidade de suportar as disciplinas essenciais no projeto arquitetônico, estrutural, instalações hidrossanitárias e elétricas.

3.2 PROJETO BASE

Para o desenvolvimento do estudo foi realizada a transposição, para o ambiente BIM compatível do *Revit*, do projeto estrutural de um edifício residencial cujos três primeiros pavimentos são de estrutura de concreto armado. Esse edifício já era composto por projeto arquitetônico (plantas baixa, cortes e fachadas), projeto de fundação (projeto dos tubulões) e projeto estrutural em concreto armado (plantas de locação de pilares, plantas de fôrmas, detalhamento de armaduras de lajes, vigas, pilares e blocos de coroamento). Tal projeto foi elaborado seguindo o paradigma tradicional de projeto baseado em *CAD* e estava documentado em pranchas de desenhos detalhados, servindo como referência para a posterior modelagem do modelo de informações. As plantas utilizadas para a modelagem e detalhamento foram as plantas

de formas de fundação (blocos de coroamento, vigas e pilares), dos pilotis (pilares, vigas, lajes e alguns blocos de coroamento) e de transição (pilares, vigas e lajes) apresentadas nos ANEXOS A, B e C respectivamente, extraídas em *pdf*.

As plantas de formas desse projeto base apresentam alguns encontros de elementos estruturais que não são lineares nem perpendiculares entre si, quando vistos de cima. Essas características diferem das observadas nos estudos de caso dos autores, analisados nesta pesquisa, que modelaram edificações com elementos de encontro lineares, perpendiculares e até simétricos. Portanto, para diversificar as análises, esse projeto base foi selecionado para ser transposto para o ambiente BIM compatível com o *Revit*.

Outro motivo para a escolha deste projeto base foi por causa dele ter passado por uma pequena revisão estrutural, ainda na fase de projeto, no paradigma tradicional. No presente trabalho, foi possível realizar a mesma revisão usando a metodologia BIM.

3.3 ETAPAS PROCESSUAIS DA PESQUISA

O protocolo de coleta de dados do estudo envolveu o registro escrito de observações durante a realização de cinco etapas sequenciais, identificadas ao longo do desenvolvimento do estudo de caso: (i) modelagem de objetos paramétricos; (ii) modelagem física (geométrica) de elementos estruturais; (iii) geração de documentações de formas; (iv) revisão da modelagem dos elementos estruturais; e, (v) revisão de documentação de formas. Estas etapas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Etapas sequenciais da pesquisa.

Etapas	Objetivos	Procedimentos
Modelagem de objetos paramétricos	Organizar os objetos estruturais necessários para modelagem do edifício	Configuração de objetos já existentes e modelagem de objetos inexistentes por meio de famílias
Modelagem digital da representação física dos elementos estruturais	Criar a representação geométrica e inserir informações da estrutura	Modelagem dos elementos estruturais (lajes, vigas, pilares e blocos) e suas conexões
Geração de documentação de formas	Gerar desenhos de detalhamento de forma para execução	Geração automática, a partir do modelo BIM, de peças documentais, explorando potencialidades advindas do modelo BIM para representação da informação de projeto
Revisão da modelagem dos elementos estruturais	Ajustar algumas representações digitais da estrutura, quanto suas posições, formatos e alinhamento de nível	Modificação do modelo que já havia gerado as documentações de formas
Revisão de documentação de formas.	Verificar as representações dos desenhos após a revisão do modelo e identificar quais ajustes ainda são necessários	Verificação e ajustes da representação da informação para os desenhos de formas que foram modificadas devido a revisão do modelo

Fonte: (Autora, 2024).

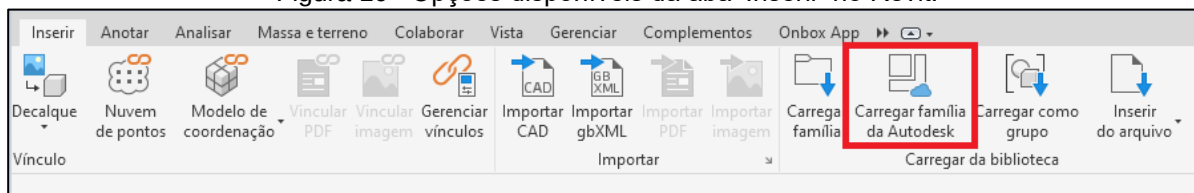
4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo, é detalhado o desenvolvimento das etapas sequenciais da pesquisa no projeto realizado no software *Revit*, seguindo o princípio BIM. Este projeto também foi conduzido de modo que os desenhos de formas atendessem à ABNT NBR 7191:1982.

4.1 MODELAGEM DE OBJETOS PARAMÉTRICOS

Para a modelagem dos objetos paramétricos, o estudo partiu de um *template* do *Revit*, pré-definido, já com algumas famílias prontas dos elementos estruturais que foram utilizados. Outros que não haviam no *template*, foram carregados da *Autodesk*, dentro do próprio programa, na aba inserir, ‘carregar família da *Autodesk*’ (Figura 10).

Figura 10– Opções disponíveis da aba ‘Inserir’ no Revit.

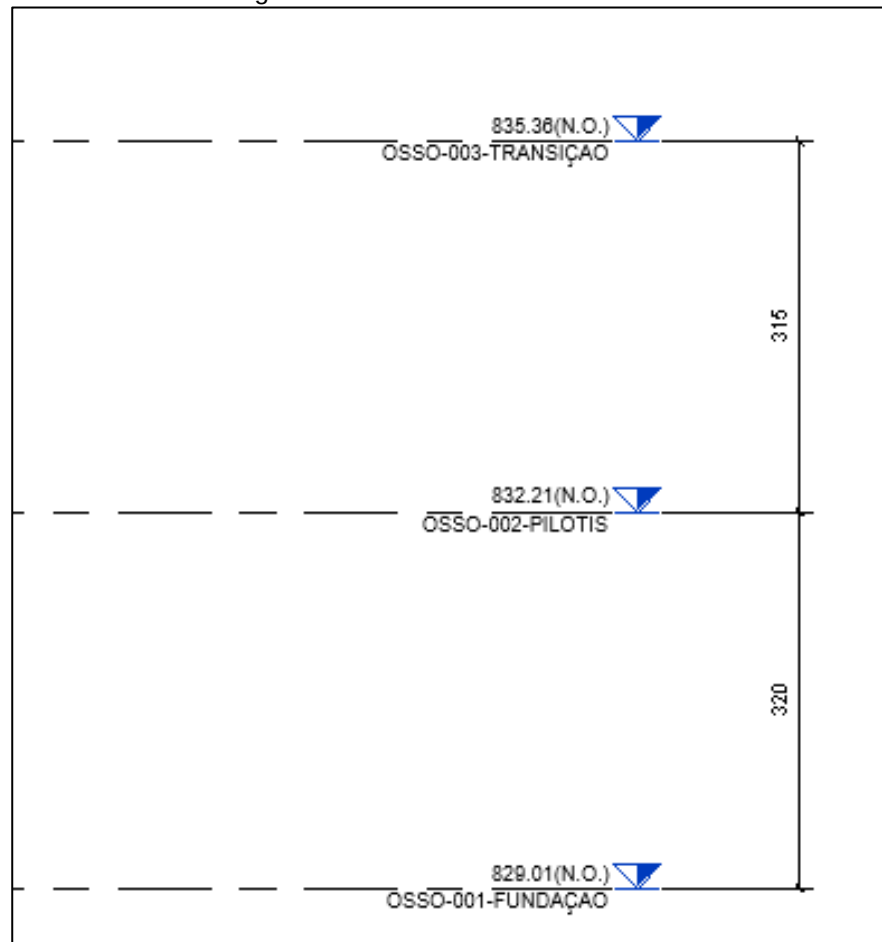


Fonte: Autora (2024).

Como a intenção foi extrair do modelo desenhos precisos das formas do concreto que será utilizado na obra, esse projeto foi modelado no LOD 300 e com dimensão 3D.

Antes de iniciar a modelagem dos elementos estruturais, foram definidos os níveis da Fundação, Pilotis e Transição e seus respectivos pés-direitos, conforme representado na Figura 11.

Figura 11– Níveis criados no modelo.



Fonte: (Autora, 2024).

4.2 MODELAGEM DIGITAL DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Uma vez definidos a dimensão 3D e o LOD 300 para o estudo, após inserir cada elemento estrutural, foi necessário colocar informações em alguns parâmetros dos elementos, como título e marca (*mark*), as quais são utilizadas para o detalhamento das formas.

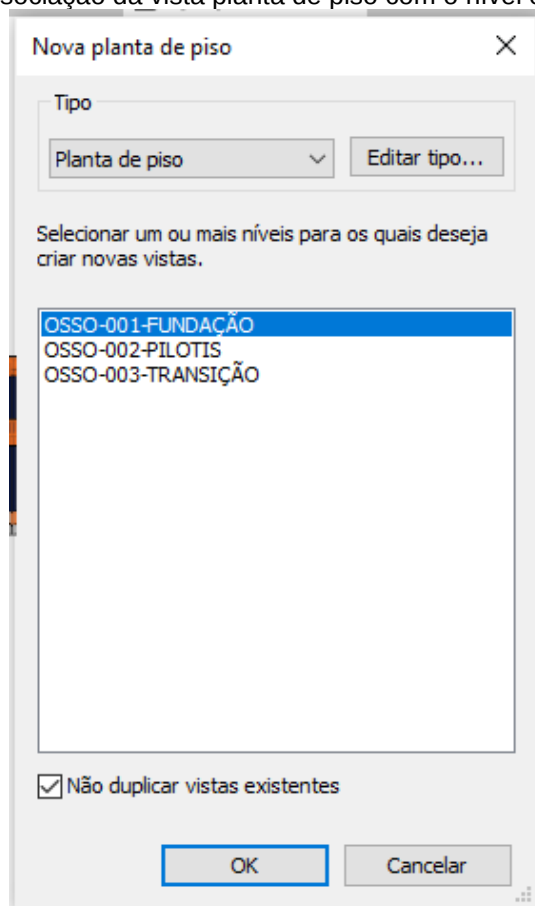
A modelagem dos elementos começou pelos pilares, seguindo dos blocos de coroamento, das vigas e, por último, das lajes maciças, partindo dos pavimentos inferiores até o terceiro (do pavimento de fundação para o de transição) com base nas plantas estruturais originais.

Os elementos estruturais pilares, blocos de coroamento e vigas foram modelados, utilizando famílias já configuradas na seção retangular, porém precisou-se criar outros tamanhos para que atendesse a variedade de tipos que foram estabelecidas

na concepção estrutural do projeto base, ou seja, por se tratarem de famílias carregáveis, sendo possível duplicar os novos tamanhos desenvolvidos. Já para as lajes, por se tratarem de famílias de sistema, a edição foi permitida apenas dentro de uma classe inferior, por meio de croquis no formato necessário.

Com a família de elementos criados foi possível modelar a estrutura conforme a concepção original, e para isso utilizou-se, na aba estrutura, algumas opções de vistas. Além da vista 3D, também existem as vistas de planta 2D (vista estrutural, de piso e de forro refletido). Essas vistas ao serem criadas tem a necessidade de ser associadas à um nível criado anteriormente. A Figura 12 apresenta a caixa de diálogo do *Revit* de quando foi criado uma vista de piso e, nela pediu-se que fosse associado à um nível.

Figura 12– Associação da vista planta de piso com o nível criado, no Revit.

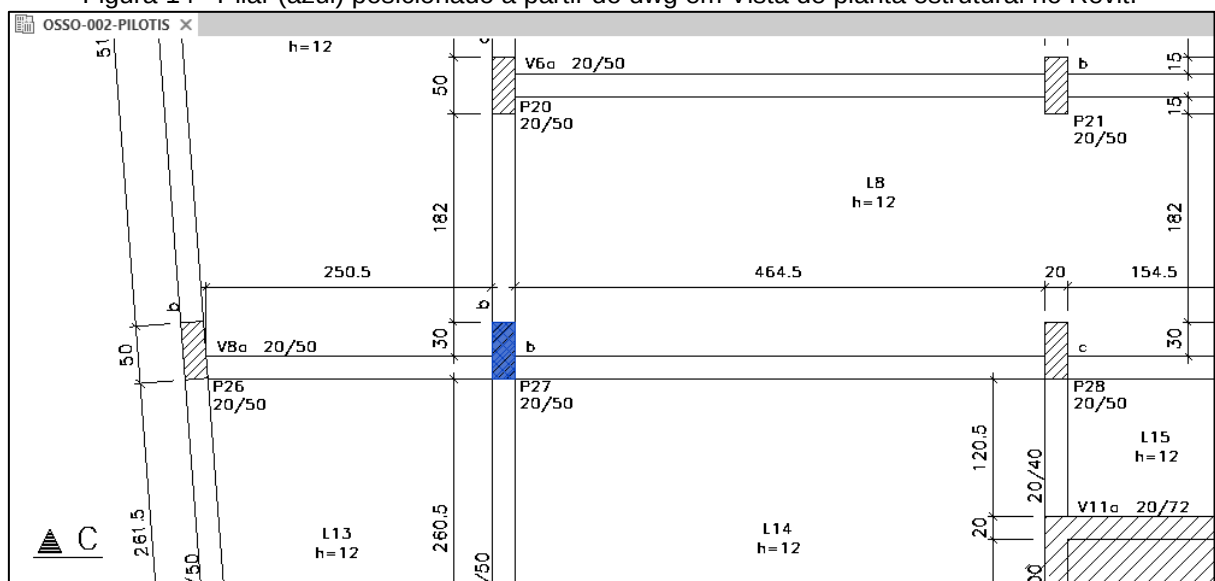


Fonte: (Autora, 2024).

Após a vista de planta ser criada, é possível ver em suas propriedades a informação de qual nível ela foi associada. A Figura 13 mostra a vista do tipo Planta Estrutural, obtida no *Revit*, com o nome: '1.2 001Forma de Fundação' e, nas suas propriedades contém o nível em que ela foi associada: OSSO-001-FUNDAÇÃO.

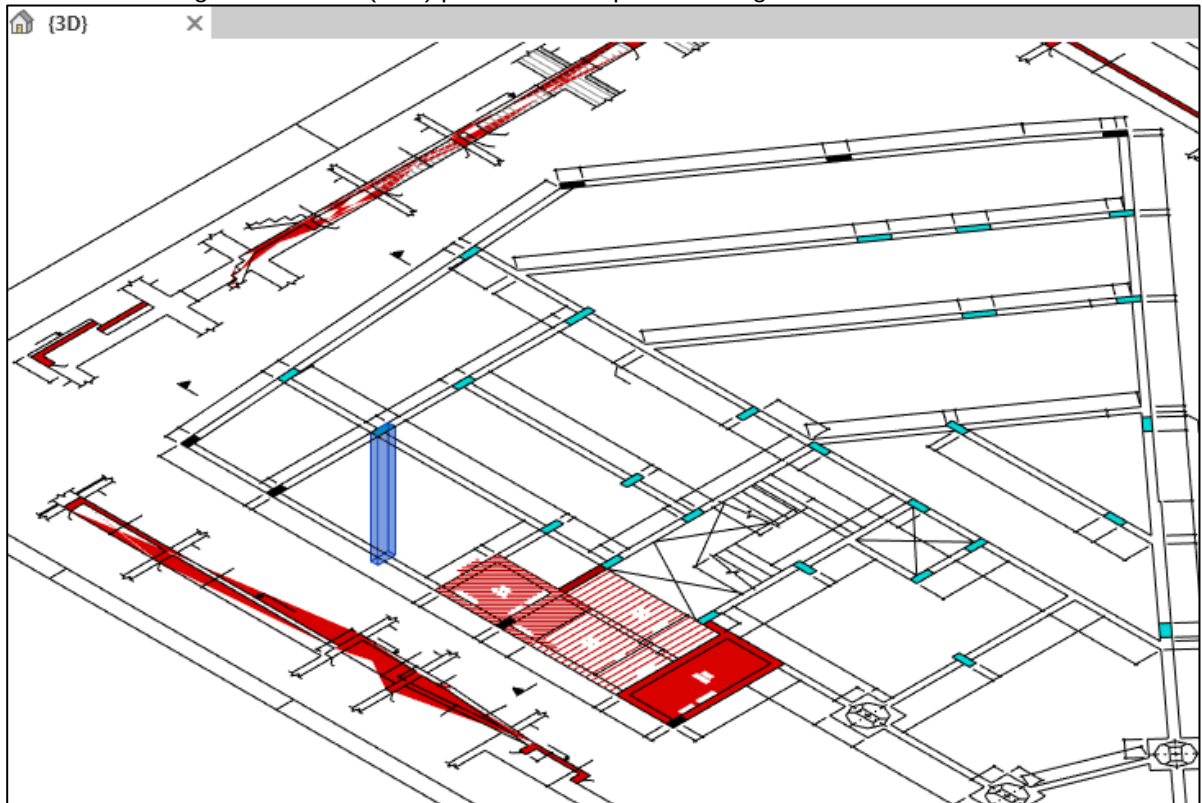
Os níveis criados foram associados às vistas em 2D, as quais foram utilizadas para a documentação do projeto em estudo. Em cada uma das vistas associadas foi inserido o arquivo em formato *dwg* do projeto original, utilizando o ícone “importação CAD”.

Figura 14– Pilar (azul) posicionado a partir do dwg em Vista de planta estrutural no Revit.



41

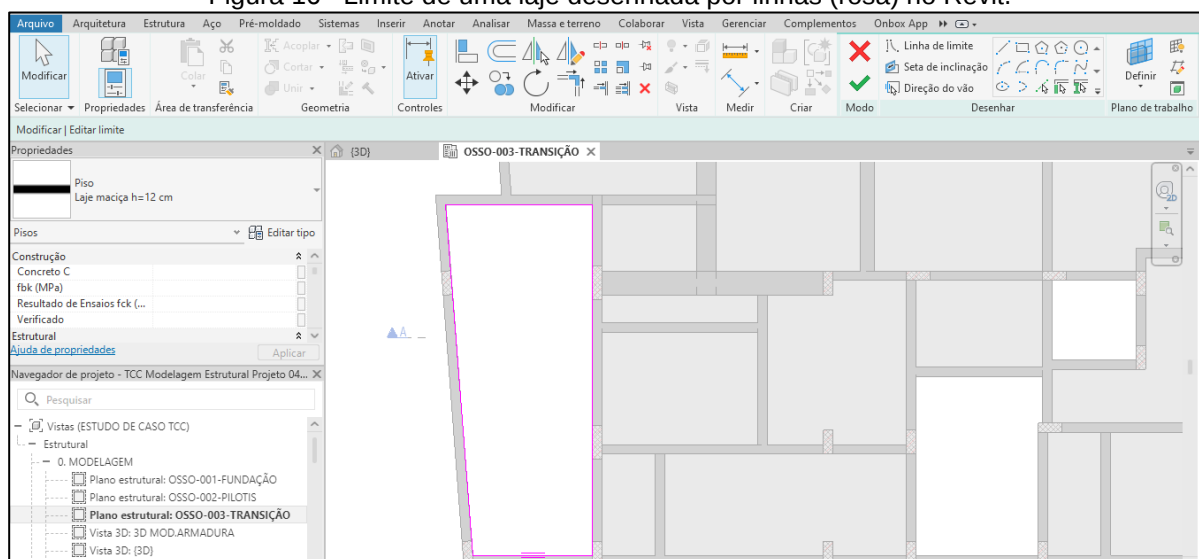
Figura 15– Pilar (azul) posicionado a partir do dwg em Vista 3D no Revit.



Fonte: (Autora, 2024).

O mesmo procedimento dos pilares foi seguido para o lançamento da fundação, das vigas baldrame e das vigas para os demais pavimentos. Para as lajes, por se tratarem de famílias de sistemas, foram criadas limitações aproveitando os vãos entre as vigas, sendo definida uma altura 12cm. Nesse caso, ao selecionar uma família de lajes maciças, abre-se a aba “criar limite do piso”, que permite criar as delimitações por meio de linhas, com conseqüente lançamento da laje no projeto. Ou seja, ao desenhar os limites das lajes e clicar no ícone de “check”, a laje é lançada no modelo e fica posicionada, conforme as delimitações criadas. Um exemplo dessa modelagem está apresentado na Figura 16.

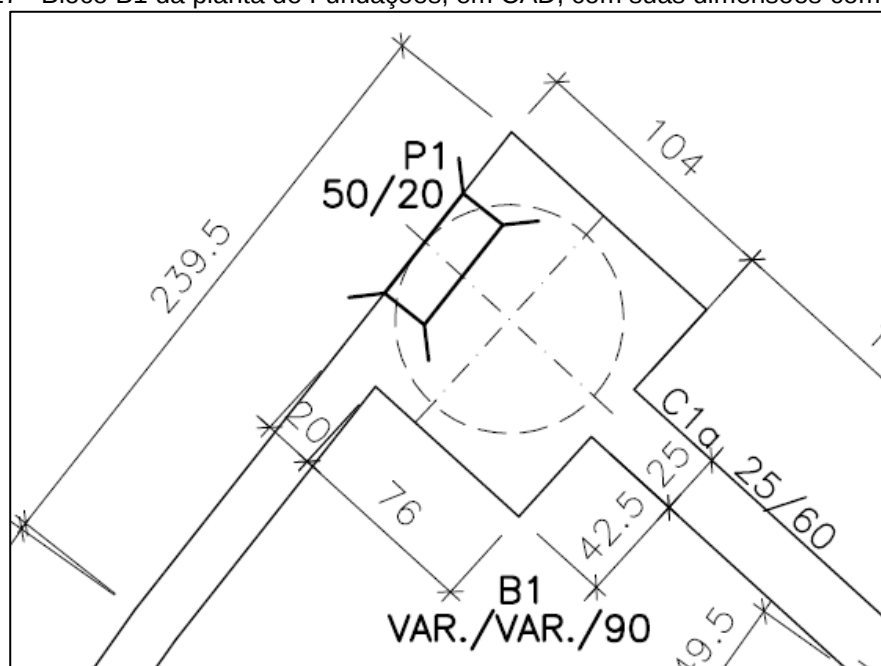
Figura 16– Limite de uma laje desenhada por linhas (rosa) no Revit.



Fonte: (Autora, 2024).

As famílias de elementos estruturais atenderam aos formatos dos elementos do projeto de origem, exceto por alguns blocos de coroamento. No projeto original, esses blocos seguem as faces de encontro com as vigas e, como algumas delas não possuem encontros perpendiculares, as dimensões dos blocos variam em relação ao eixo. Assim, alguns blocos não ficaram fiéis ao projeto base, pois a família de blocos utilizada no template não possui capacidade de variar dimensões em seus eixos. Esse tipo de problema deve ser previsto para ser criado um outro tipo de família capaz de atender casos que fogem do padrão. A forma como é criada uma família pode restringir ou não suas características. A Figura 17 apresenta o bloco B1 do Pavimento de Fundação do projeto em CAD, que possui suas dimensões com variação “VAR./VAR./90” e a Figura 18 apresenta o mesmo bloco, no *revit*, porém utilizando a família existente com dimensões fixas “110/110/90”.

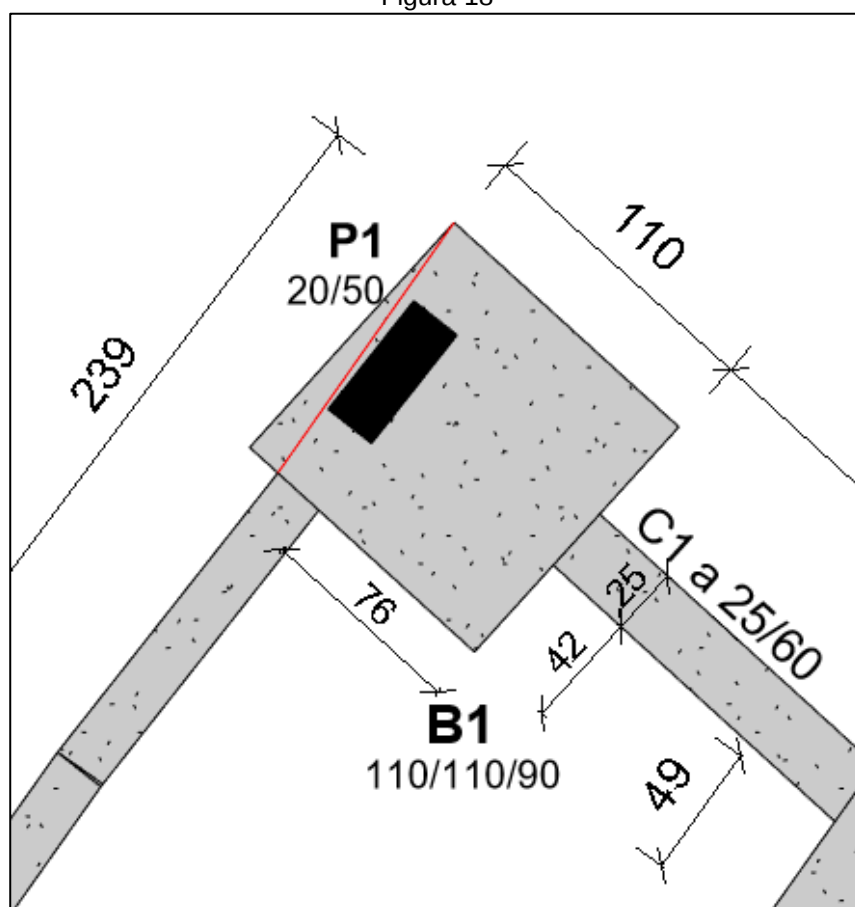
Figura 17– Bloco B1 da planta de Fundações, em CAD, com suas dimensões com variação.



Fonte: (Autora, 2024).

Figura 18– Bloco B1 da planta de Fundações, no revit, com suas dimensões fixas.

Figura 18

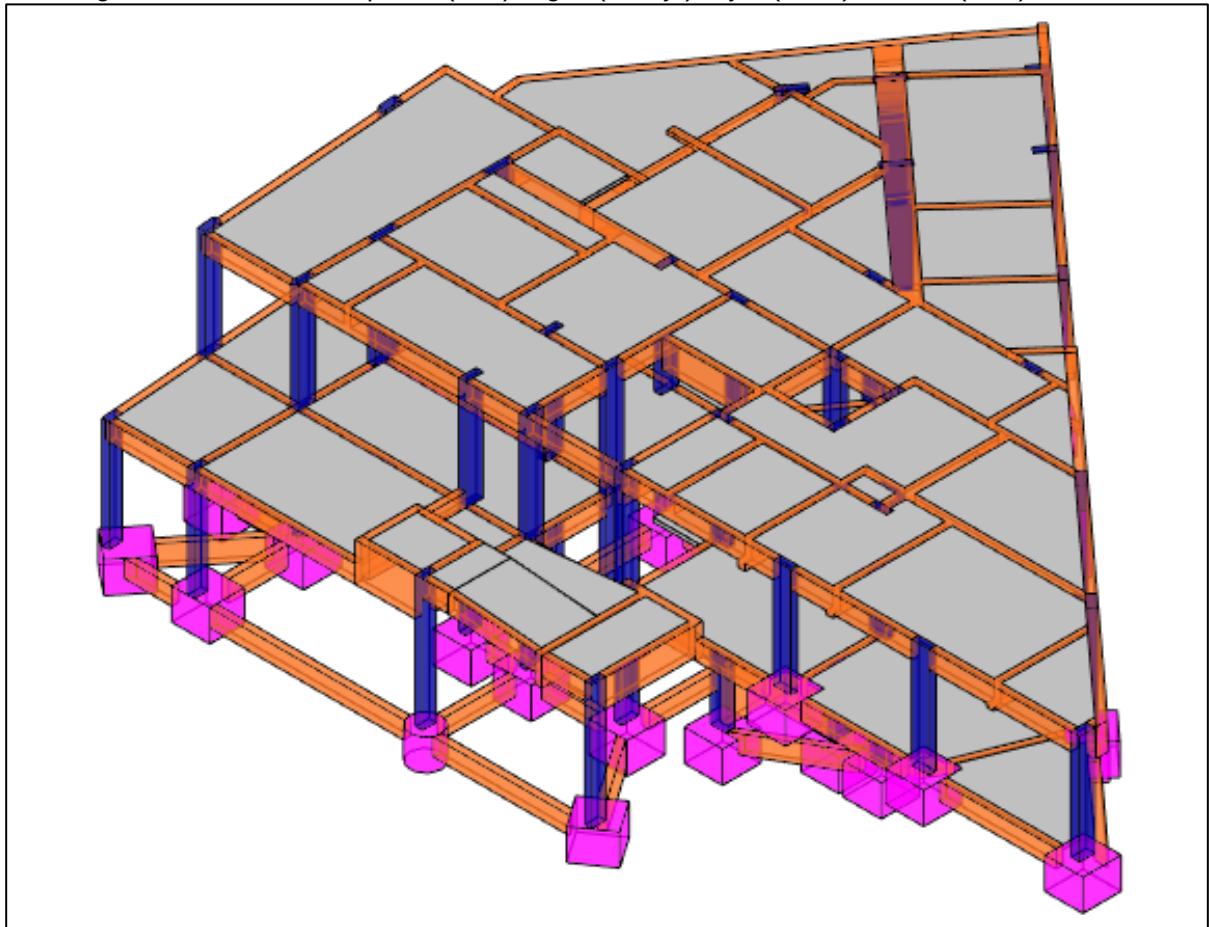


Fonte: (Autora, 2024).

4.2.1 Modelo 3D no *revit*

A Figura 19 mostra o projeto na vista 3D com todos os elementos (pilares, vigas, lajes e blocos) modelados conforme projeto original. O *Revit* permite a diferenciação por meio de cores para cada categoria, o que ajuda na visualização de cada elemento estrutural. No projeto modelado na vista 3D foram utilizadas as seguintes cores para diferenciação: pilares em azul, vigas em laranja, lajes em cinza e blocos em rosa.

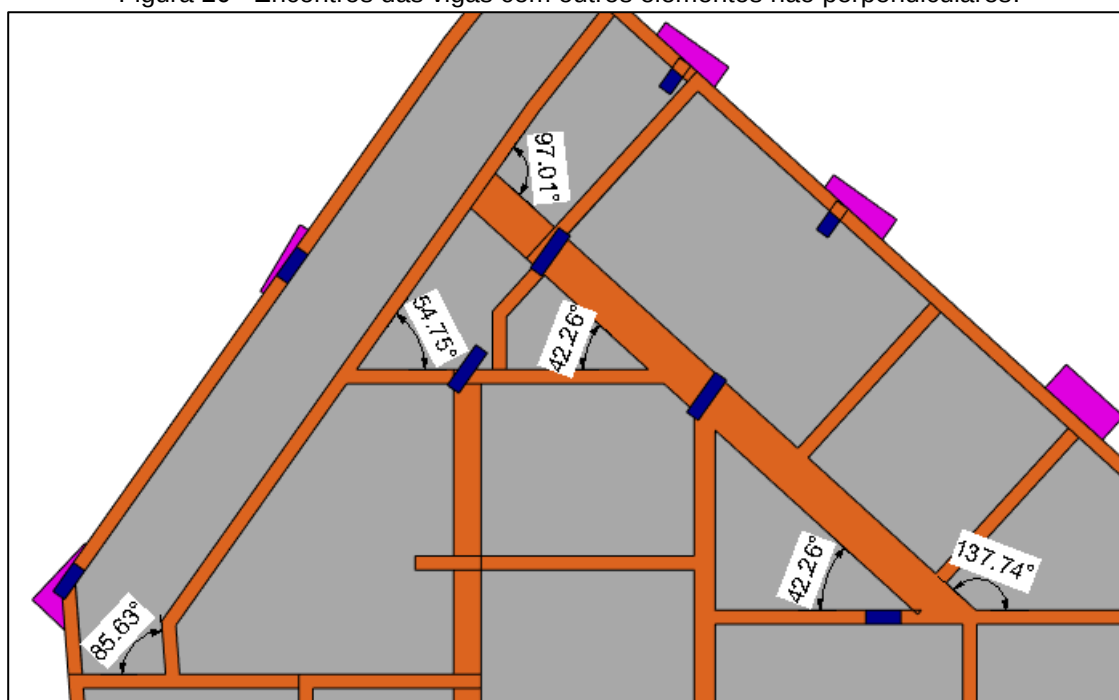
Figura 19– Vista 3D dos pilares(azul), vigas (laranja), lajes (cinza) e blocos(rosa) no Revit.



Fonte: (Autora, 2024).

No projeto modelado haviam vários encontros de vigas com outras vigas e pilares com junções não perpendiculares, ou seja, encontros com ângulos diferentes de 90 graus, como pode ser visto em vista superior na Figura 20. A suas modelagens foram facilitadas, no *revit*, pela utilização da planta em *dwg* (do arquivo original) já com os elementos alinhados.

Figura 20– Encontros das vigas com outros elementos não perpendiculares.

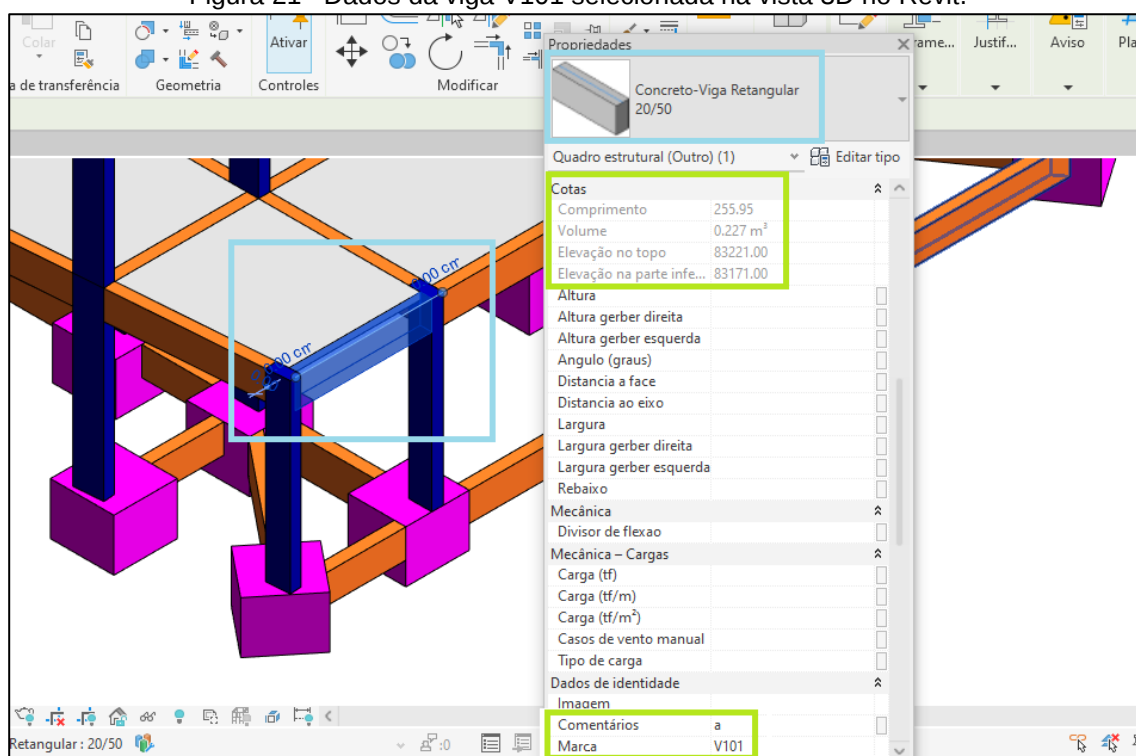


Fonte: (Autora, 2024).

O projeto modelado tem seus elementos estruturais parametrizados, ou seja, cada elemento possui informações em suas propriedades, de acordo com as suas categorias. Nestas categorias estão incluídas: tipo de material, a instância *mark*, título e também alguns parâmetros automáticos, tais como volume, área, perímetro, comprimento e nível do topo/base de cada peça. Também é possível inserir mais informações que podem ser úteis para as próximas etapas do projeto de concreto armado realizado em *BIM*, no entanto para o detalhamento das formas, esses dados podem ser suficientes.

A Figura 21 apresenta as propriedades da viga V101 do projeto após ter sido selecionada na vista 3D. Com essas informações na propriedade é possível verificar que ela possui seção de 20/50, por exemplo.

Figura 21– Dados da viga V101 selecionada na vista 3D no Revit.



Fonte: (Autora, 2024).

4.2.2 Identificação dos elementos estruturais

Com os elementos modelados parametricamente, foram inseridos os nomes e numerações de cada elemento, realizado o detalhamento das formas, posicionadas as *tags* (indicadores) e símbolos de anotações conforme o projeto original. As famílias dos indicadores dos elementos, em sua maioria, foram editadas para atender a ABNT NBR 7191:1982.

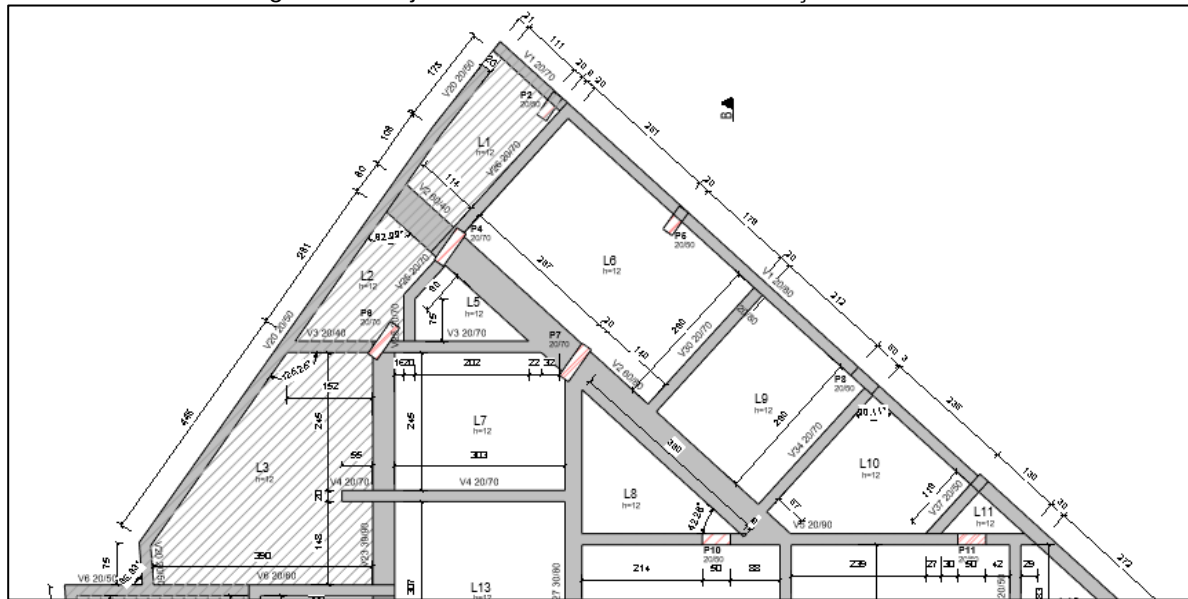
4.3 DETALHAMENTO DE FORMAS

Utilizando o *Revit* com o princípio BIM, foram realizados os detalhamentos dos elementos de maneira a atender a Norma ABNT NBR 7191:1982.

4.3.1 Detalhamento de forma das lajes e aberturas

Na Figura 22, é possível visualizar as lajes numeradas com suas respectivas espessuras, as quais foram realizadas de forma paramétrica, ou seja, as *tags* identificam textos que são informações extraídas de cada elemento.

Figura 22– Lajes da Planta da forma de Transição no Revit.



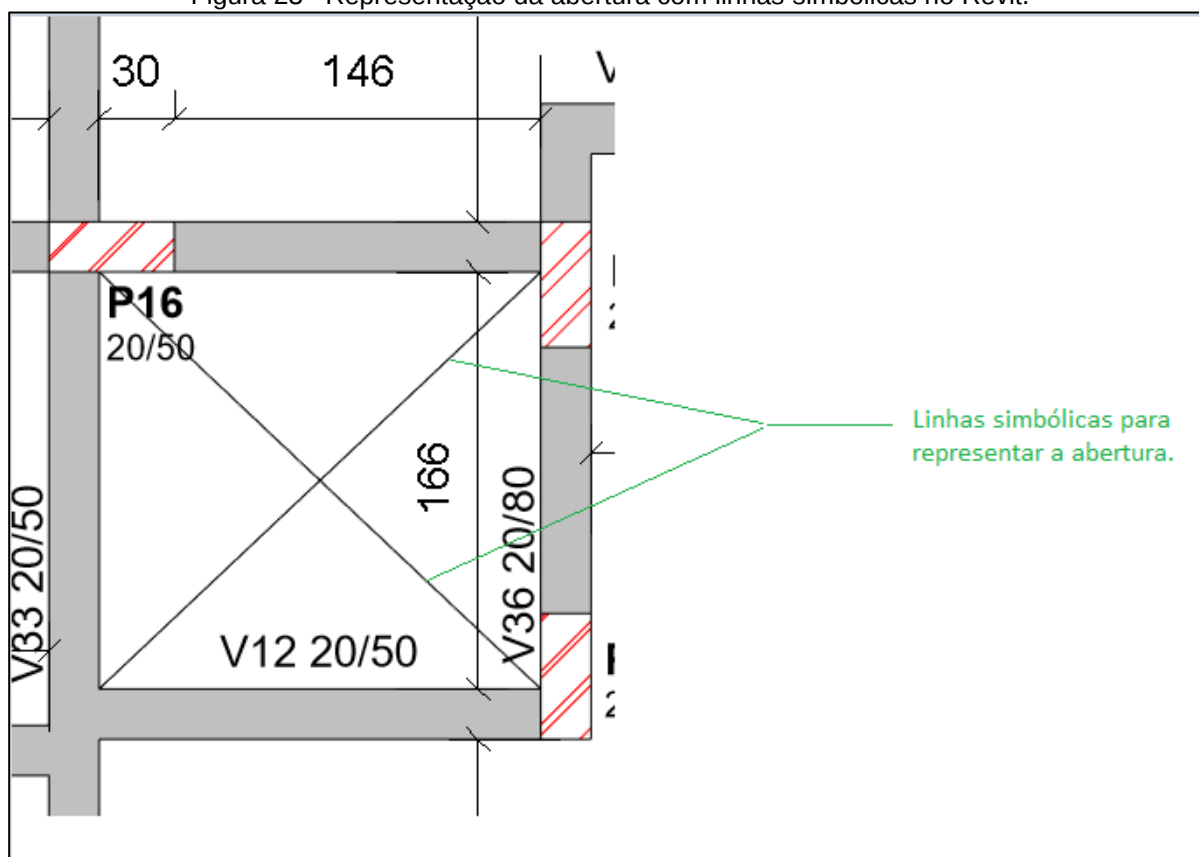
Fonte: (Autora, 2024).

O projeto em estudo possui algumas lajes com diferença de nível em relação ao nível das lajes de referência. Então, para atender a Norma ABNT NBR 7181:1982 foi necessário criar detalhes de região com hachura nas lajes, como pode ser visto no exemplo da Figura 22 nas lajes L1, L2 e L3. Essa, hachura foi criada manualmente, pois não foi encontrada alguma solução que demonstrasse essa diferença de nível de forma automática. Nesse caso é preciso realizar a análise das diferenças de nível das lajes de forma atenciosa.

Para representar as aberturas foi utilizada a família de sistema de *shafts* e, para ser indicada na planta de forma, foram inseridas linhas simbólicas na edição do *shaft*, formando um x, ligando as bordas da abertura. Essas linhas cruzadas são uma maneira usual de representar vãos. Não foi encontrada indicação do tipo de representação na ABNT NBR 7181:1982, ficando a critério do projetista desde que sejam indicadas as dimensões do furo. A Figura 23 apresenta uma abertura representada por linhas simbólicas cruzadas em x com cotas para identificar as dimensões. As linhas simbólicas foram elaboradas diretamente no modo edição dos *shafts*, o que garante que essa representação esteja vinculada e não seja apenas um símbolo solto.

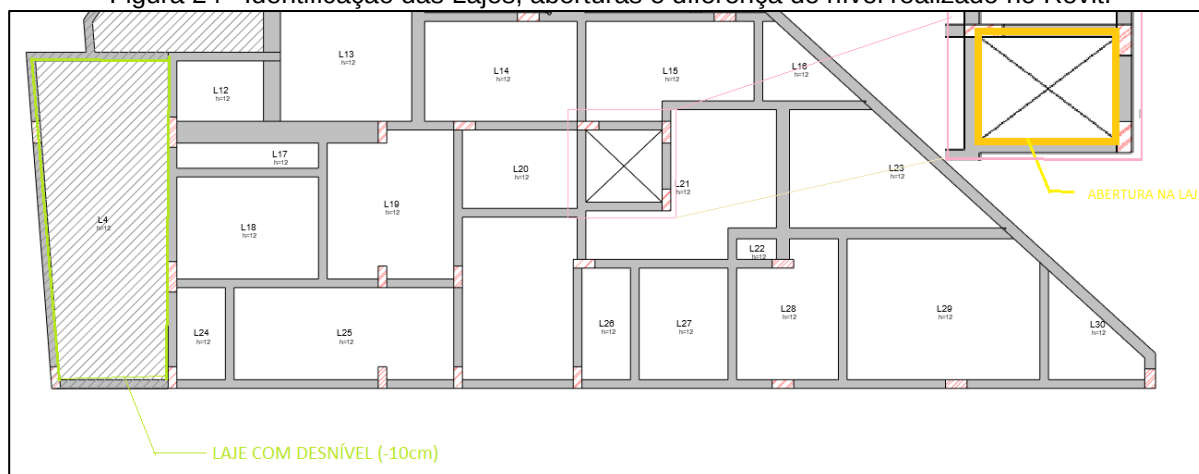
A Figura 24 traz outra imagem com uma abertura e uma diferença de nível das lajes.

Figura 23– Representação da abertura com linhas simbólicas no Revit.



Fonte: (Autora, 2024).

Figura 24– Identificação das Lajes, aberturas e diferença de nível realizado no Revit.



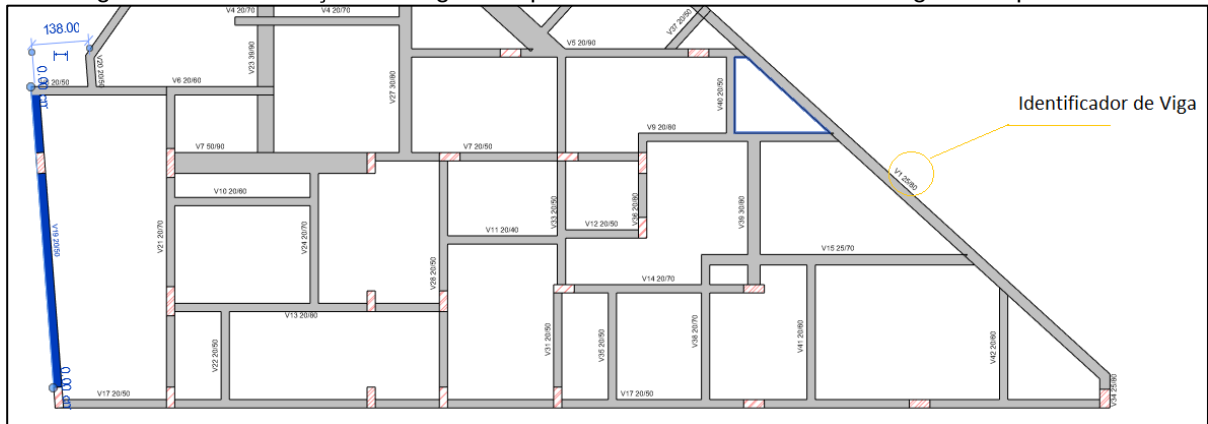
Fonte: (Autora, 2024).

4.3.2 Detalhamento de forma das vigas

Os identificadores de cada elemento de viga foram posicionados um a um, manualmente. Para as vigas contínuas foi necessário separar por seções, continuando com a mesmo nome no parâmetro *Mark* mudando apenas a identificação de letra para cada tramo com o parâmetro *Comments* (comentário). A Figura 25 mostra as

vigas todas identificadas e as vigas contínuas ainda unidas como um elemento único.

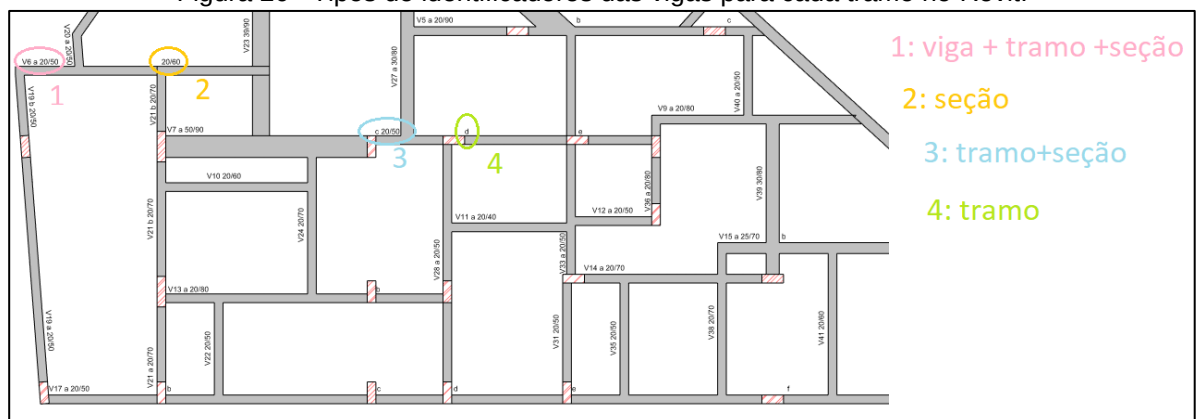
Figura 25– Identificação das vigas em planta 2D como elemento único geradas pelo Revit.



Fonte: (Autora, 2024).

Após desmembrar as vigas contínuas em seções, foram criadas mais famílias de identificadores de vigas, cada uma para extrair alguns parâmetros necessários para informações distintas. Foram utilizados quatro tipos de identificadores para representar o detalhamento e estar coerente com a Norma ABNT NBR 7181:1982. As Figuras 26 e 27 apresentam as vigas com seus respectivos identificadores e indicam quais tipos foram criados e os tipos de informações que foram extraídas dos elementos modelados.

Figura 26– Tipos de identificadores das vigas para cada tramo no Revit.



Fonte: (Autora, 2024).

Figura 27– Detalhe dos Tipos de identificadores das vigas criado para cada tramo no Revit.

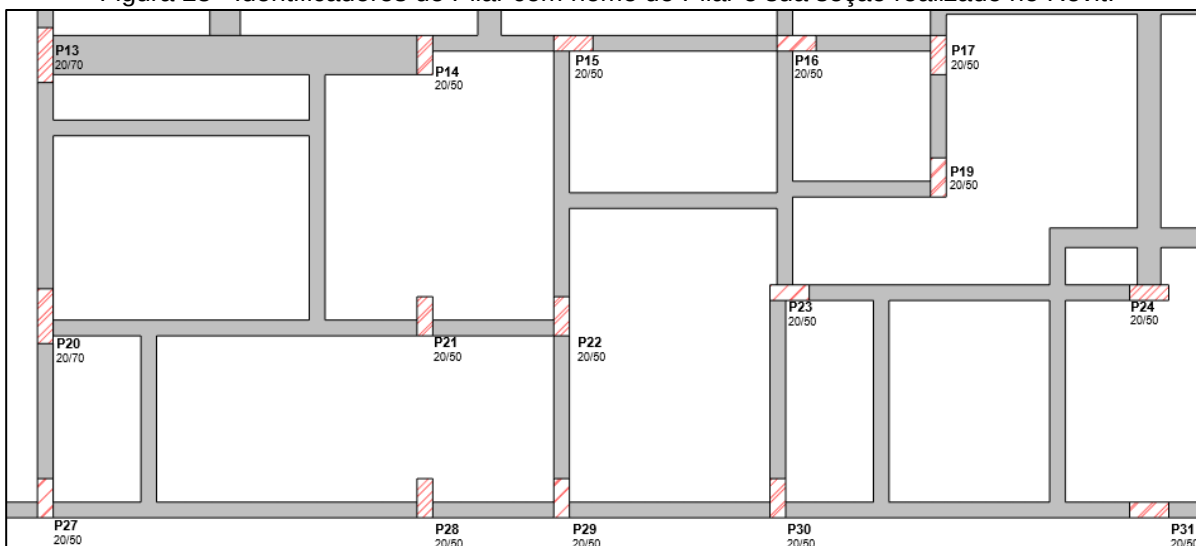


Fonte: (Autora, 2024).

4.3.3 Detalhamento de forma dos pilares e blocos

Para identificar os pilares, foram selecionados e inseridos todos os identificadores automaticamente. Foi necessário reposicionar estes identificadores na planta para que não ocorresse sobreposição com as outras informações (vigas, lajes, cotas, etc.). Com o identificador de pilar utilizado, foi possível extrair, do elemento pilar o seu nome e a seção, que são informações suficientes para atender a ABNT NBR 7191:1982. Na Figura 28 estão representados alguns exemplos de identificadores de pilares.

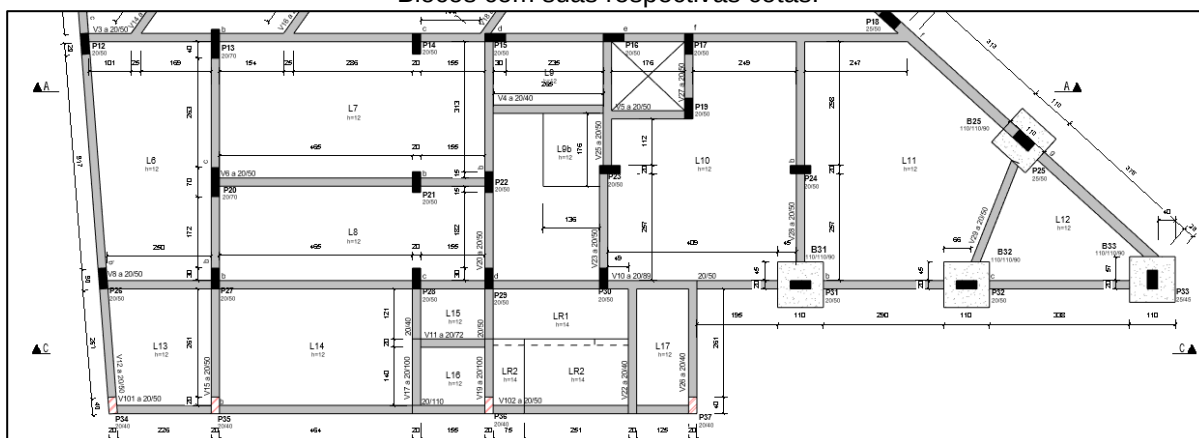
Figura 28– Identificadores de Pilar com nome do Pilar e sua seção realizado no Revit.



Fonte: (Autora, 2024).

A Figura 29 apresenta parte da planta com todos os detalhamentos de forma das lajes, vigas, pilares e blocos, juntamente com as cotas e o símbolo da linha de Corte A-A e o Corte C-C.

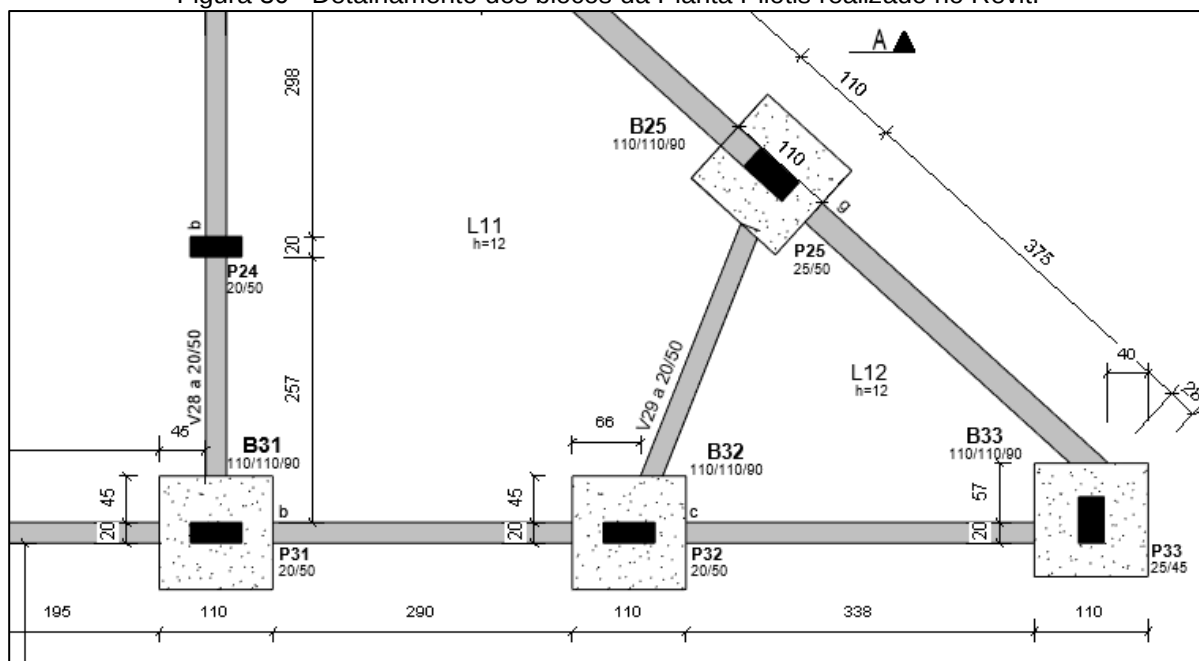
Figura 29– Parte da Planta de Forma Pilotis detalhada no Revit. Detalhe de Lajes, Pilares, Vigas e Blocos com suas respectivas cotas.



Fonte: (Autora, 2024).

Os blocos de coroamento são os elementos que foram representados pela letra B. A Norma ABNT NBR 7191:1982 não condiciona de forma direta o seu detalhamento, assim, no projeto foram seguidas as mesmas condições utilizadas para os pilares, acrescentando apenas a dimensão de sua altura na identificação, conforme pode ser visto na Figura 30.

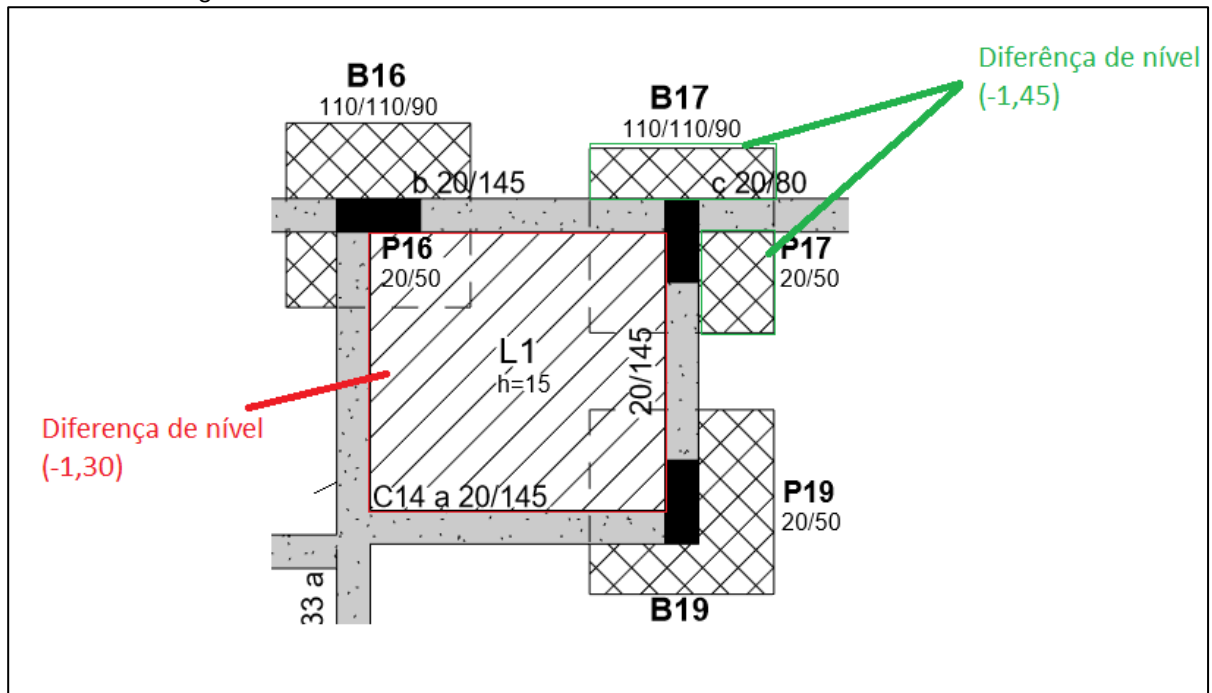
Figura 30– Detalhamento dos blocos da Planta Pilotis realizado no Revit.



Fonte: (Autora, 2024).

Na planta de fundações ocorreu diferença de nível em alguns blocos. Sendo necessário criar um plano de região para representar de forma hachurada essa diferença, como pode ser visto na Figura 31.

Figura 31– Detalhamento dos blocos da Planta Pilotis realizado no Revit.

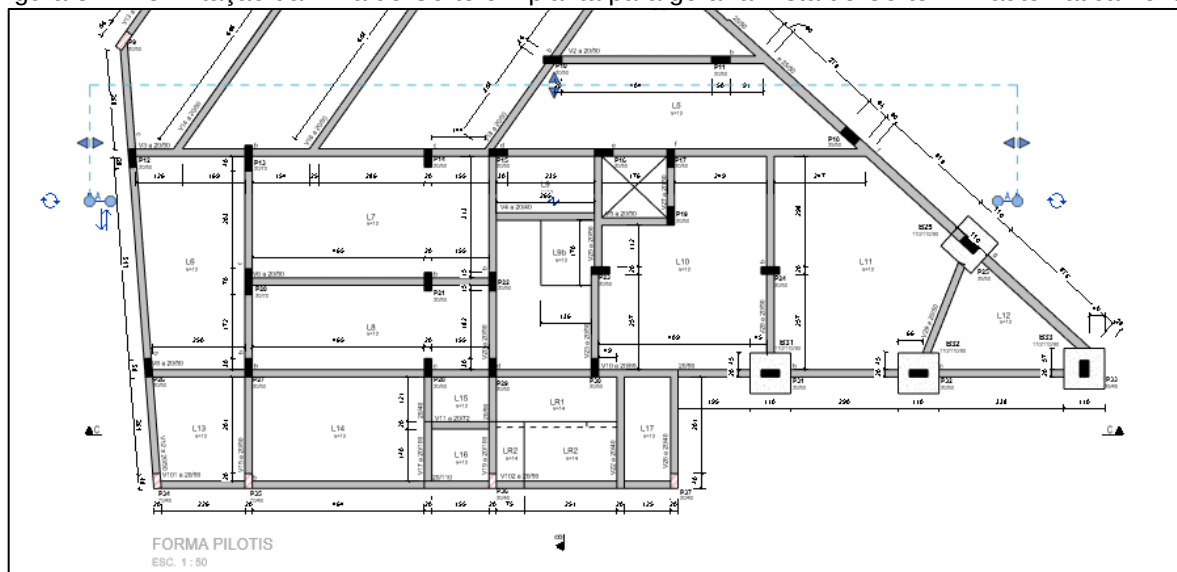


Fonte: (Autora, 2024).

4.3.4 Detalhamento de forma em corte

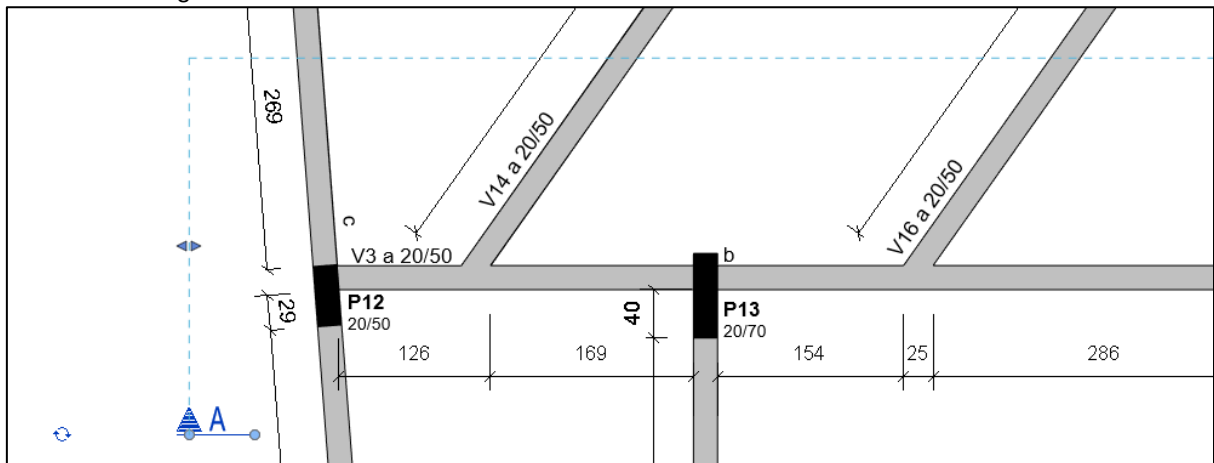
Para gerar uma vista de corte no *Revit*, posiciona-se a linha de corte na planta baixa e ajusta-se a faixa de vista para limitar o local até onde for necessário para visualização dos elementos (Figura 32 e 33).

Figura 32– Delimitação da linha de Corte em planta para gerar a Vista de Corte A-A automaticamente



Fonte: (Autora, 2024).

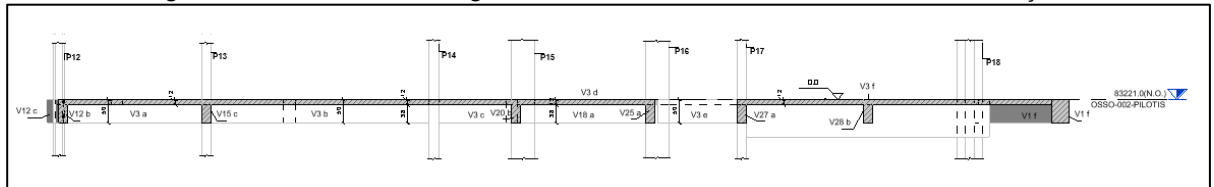
Figura 33– Detalhe da faixa de vista do Corte A-A da Planta de forma Pilotis.



Fonte: (Autora, 2024).

Ao realizar o posicionamento da linha de Corte, a vista é atualizada automaticamente. Com a faixa de vista definida para o Corte A-A pode ser delimitada a visibilidade dos elementos (Figura 34).

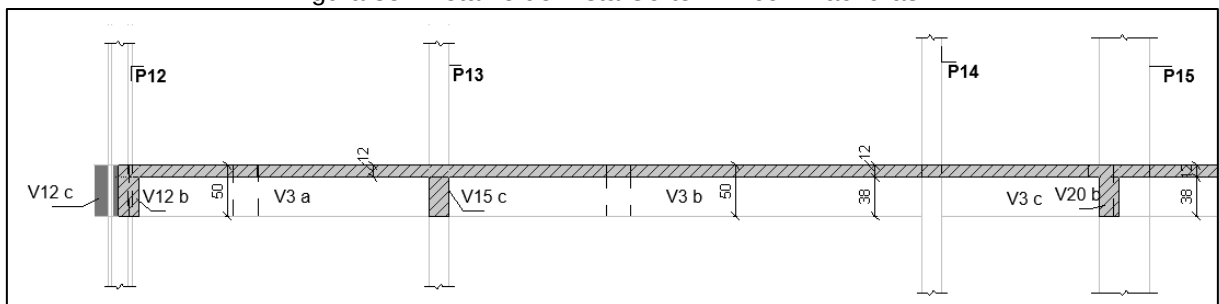
Figura 34– Vista Corte A-A gerada automaticamente dos elementos em seção.



Fonte: (Autora, 2024).

É condição da norma ABNT NBR 7191:1982 que, a representação em corte dos elementos que estão em seção sejam representados com hachura. No *Revit*, para a vista de corte configurou-se o modo de visibilidade dos elementos (vigas, pilares, fundação e lajes) para que aqueles que fossem cortados pela linha ficassem representados pela hachura de linhas na diagonal, conforme visto na Figura 35.

Figura 35– Detalhe de Vista Corte A-A com hachuras.



Fonte: (Autora, 2024).

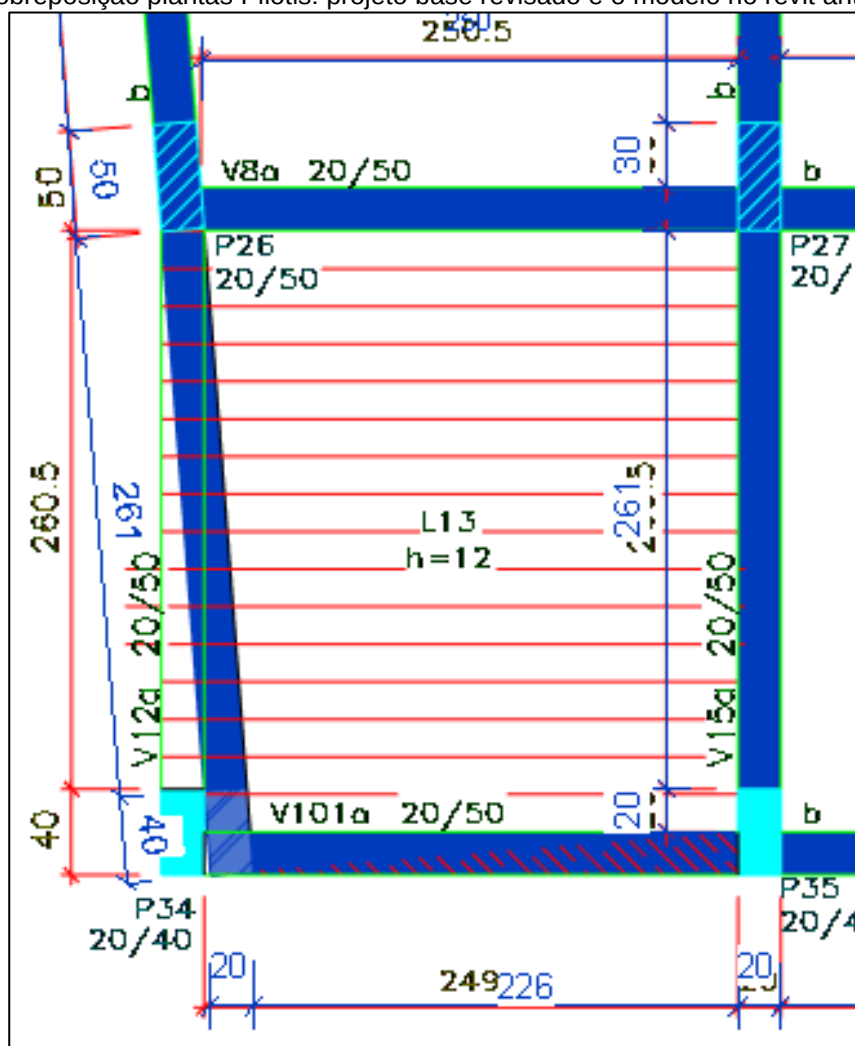
4.3.4 Detalhamento de forma em geral

As plantas modeladas e detalhadas, em BIM, foram as plantas de formas de fundação (blocos de coroamento, vigas e pilares), dos pilotis (pilares, vigas, lajes e alguns blocos de coroamento) e de transição (pilares, vigas e lajes) apresentadas nos apêndices A, B, e C, respectivamente, extraídas em *pdf* no formato A3.

4.4 REVISÃO NA MODELAGEM DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Nesse trabalho, a revisão na modelagem com o princípio BIM ocorreu no pavimento Pilotis tomando como base a que ocorreu no projeto original, feito em CAD. A revisão incluiu a alteração do nível da viga V101a, que foi rebaixada em 15 cm em relação à sua continuidade e as demais vigas e, o deslocamento horizontal do pilar, juntamente com a sua rotação, de modo a alinhá-lo verticalmente com a viga V12 e horizontalmente com a viga V101. Como consequência, a laje L13 e a viga V12 precisaram ser inclinadas para manter a mesma espessura e conectar-se nas extremidades com as vigas V8a e V101a. A Figura 36 mostra a sobreposição, em planta, da parte a ser revisada no *revit*, juntamente com o *dwg* da planta revisada no CAD (Pilotis R1), onde as áreas em azul representam a situação antes da revisão e as demais cores indicam a nova posição dos elementos.

Figura 36– Sobreposição plantas Pilotis: projeto base revisado e o modelo no revit antes da revisão.

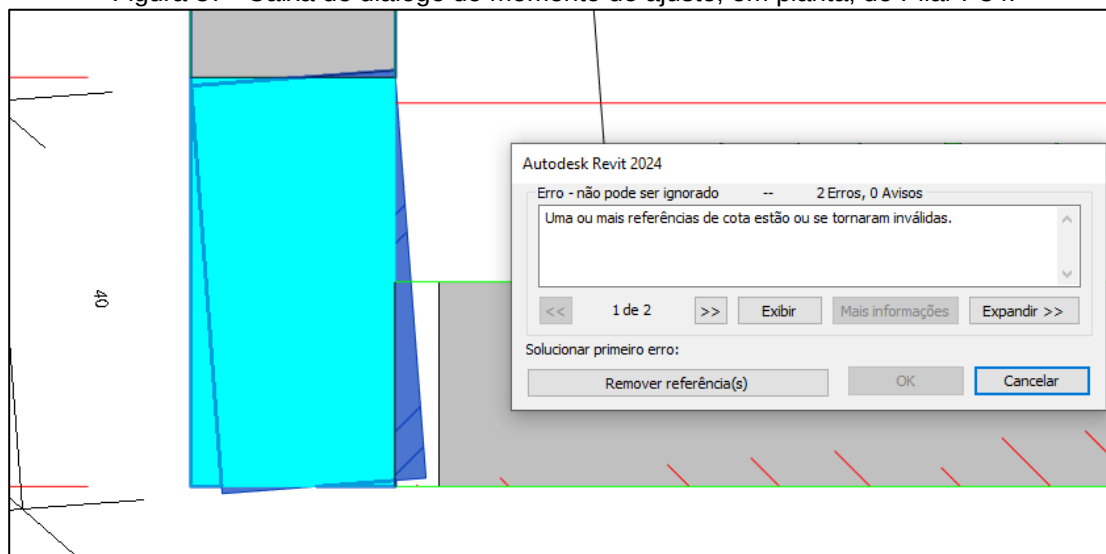


Fonte: (Autora, 2024).

Com o *dwg* da planta revisada do pavimento Pilotis posicionado na vista de planta de piso do Revit do mesmo pavimento, foi possível identificar os elementos que precisavam ser reposicionados. Após identificá-los, prosseguiu-se com o alinhamento de cada elemento na sua nova posição. Esses elementos foram: V12a, V101a, P34 e L13.

Durante esses ajustes na modelagem, ao invés de serem excluídos e recriados, os elementos foram reposicionados para aproveitar as informações contidas neles e manter as referências de identificação vinculadas. No entanto, para o pilar P34, ainda que utilizando o mesmo elemento, foi necessário autorizar a remoção de algumas referências de cotas para concluir a ação de reposicionamento. A Figura 37 apresenta a caixa de diálogo que apareceu durante o ajuste do pilar, onde foi necessário selecionar a opção de excluir essas referências de cotas para prosseguir com o ajuste.

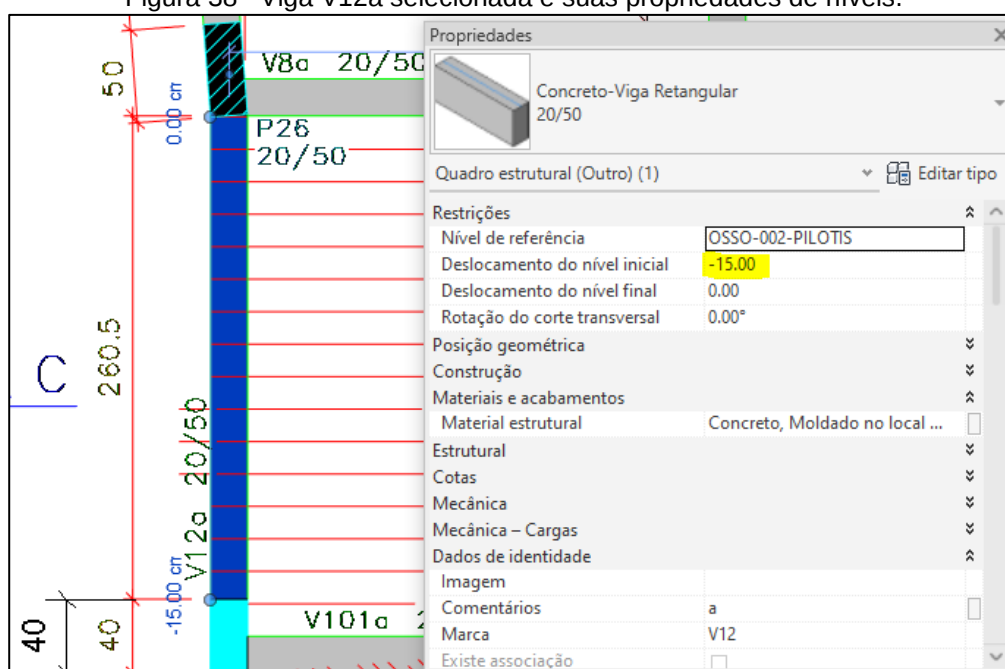
Figura 37– Caixa de diálogo do momento do ajuste, em planta, do Pilar P34.



Fonte: (Autora, 2024).

Após os ajustes no modelo para a posição em planta, também foram realizadas modificações nos valores dos níveis nas configurações de propriedades de cada um desses elementos. Por exemplo, a viga V12a, após ser ajustada na posição em planta, teve o valor de -15 cm inserido em seu parâmetro de "deslocamento no nível inicial". A Figura 38 mostra a viga V12a selecionada, com suas propriedades de níveis exibidas ao lado, destacando em amarelo o valor de deslocamento do nível inicial.

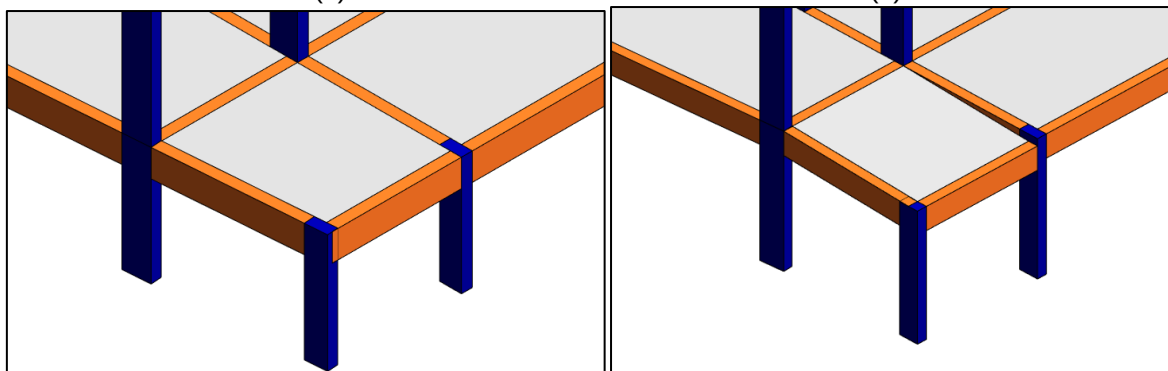
Figura 38– Viga V12a selecionada e suas propriedades de níveis.



Fonte: (Autora, 2024).

Para verificar os ajustes realizados na planta e nas configurações das propriedades dos elementos, foi conferido o pavimento pilotis reajustado na vista 3D. A Figura 39 apresenta as vistas em 3D antes (a) e depois (b) da revisão.

Figura 39 - Vistas em 3D do local no pavimento Pilotis antes (a) e depois (b) da revisão no revit.



Fonte: (Autora, 2024).

4.5 REVISÃO NO DETALHAMENTO DE FORMAS

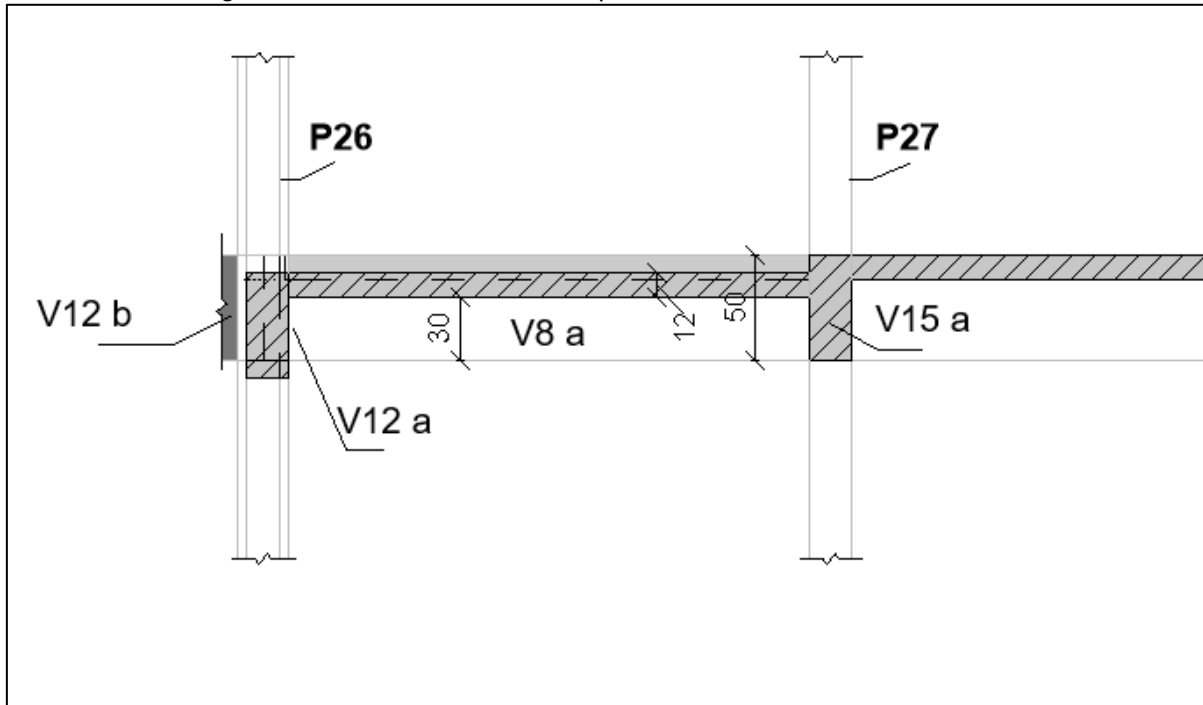
Os ajustes na modelagem do pavimento Pilotis, utilizando o *Revit* com o princípio BIM, foram realizados após a conclusão dos detalhamentos de formas, que incluem as plantas de formas e cortes. Consequentemente, foi necessário revisar essas documentações. No entanto, como se tratam de modificações em um modelo BIM, as revisões nas vistas de planta 2D ocorrem automaticamente. Dessa forma, foi observado que, após as alterações no modelo, as identificações dos elementos foram atualizadas instantaneamente para refletir suas novas posições, mantendo as informações coerentes com os elementos atualizados. No entanto, algumas cotas foram perdidas tanto na vista de planta de forma do Pilotis (Figura 40) quanto na Vista de Corte C-C (Figura 41).

59

As cotas perdidas nas vistas 2D foram refeitas, concluindo a revisão sem necessidade de ajustes adicionais.

A Figura 42 mostra o Corte C-C do pavimento Pilotis detalhado no *revit*, revisado automaticamente, onde pode ser vista a projeção da Viga V12a e da laje L13, bem como as cotas faltantes inseridas novamente

Figura 42–Parte do Corte C-C do pavimento Pilotis revisada no *revit*.



Fonte: (Autora, 2024).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Compreender os conceitos e aplicações da modelagem baseada na tecnologia BIM para projetos estruturais de concreto armado trouxe clareza a um tema ainda pouco explorado nacionalmente e possibilitou o desenvolvimento da pesquisa aplicada neste trabalho. O histórico das ferramentas de desenho e representação demonstrou que o BIM é uma evolução significativa dessas ferramentas.

Os projetos estruturais de concreto armado, tradicionalmente bem definidos, ganharam novas possibilidades com a adoção do BIM, melhorando a integração e a precisão dos modelos. Para entender o detalhamento de formas nesses projetos, foi necessário explorar o conceito de projeto, identificando tipos e componentes estruturais, especialmente no caso do concreto armado. Além disso, a análise dos conceitos do BIM mostrou suas múltiplas aplicações para diversos setores da construção, além dos projetos.

Esses conhecimentos permitiram identificar algumas diferenças que podem ocorrer no desenvolvimento do projeto estrutural de concreto armado quando submetidos ao princípio BIM, especialmente nos desenhos de formas. São elas:

- A ordem das etapas no desenvolvimento deste tipo de projeto permanece a mesma; no entanto, a execução de cada uma dessas etapas mudou. No paradigma tradicional, mesmo que um modelo 3D fosse criado, não havia a preocupação em inserir informações nos elementos (lajes, vigas, pilares, etc.) que sustentassem as etapas subsequentes, como o detalhamento de formas, por exemplo. Esse detalhamento nem sempre era extraído do modelo 3D, mas sim criado separadamente com representações de linhas e textos desvinculados. Com o advento do BIM, essa preocupação está presente, e, nas suas etapas de modelagem 3D, busca-se gerar informações parametrizadas e vinculadas;
- Além das representações ficarem vinculadas ao modelo virtual, este também precisa estar compatibilizado. No BIM, essa é uma análise primordial realizada na coordenação interdisciplinar. No paradigma tradicional, como pode haver várias representações e mais de um modelo do mesmo projeto, esse processo pode se tornar muito mais difícil.

No desenvolvimento das 5 etapas processuais da pesquisa, apoiadas pela revisão bibliográfica desse trabalho, foi possível observar os resultados obtidos.

A modelagem dos elementos estruturais foi realizada através da modelagem dos objetos paramétricos e da modelagem digital da representação física dos elementos. Na modelagem dos objetos paramétricos, é essencial preparar tanto as famílias dos elementos a serem utilizados quanto o *template* com configurações predefinidas, visando atender às representações pertinentes para os elementos da estrutura de concreto armado em todos os tipos de visibilidade. O software *Revit*, utilizado neste trabalho com o princípio BIM, possui a capacidade de realizar projetos de várias disciplinas. A configuração do *template* ajuda a ajustar as representações do modelo nas vistas, direcionando-as para a disciplina desejada, como a espessura de linhas e as cores de cada elemento conforme necessário. Além disso, essas configurações de *template* devem ser ajustadas de acordo com a dimensão do BIM e o LOD, pois quanto maior o grau de dimensão e o nível de desenvolvimento, mais dados e detalhes de representação devem ser previstos nessas configurações.

A modelagem dos elementos estruturais, em sua maioria, foi feita utilizando as vistas em planta. Como o *Revit* é uma tecnologia que atende ao BIM, a modelagem dos elementos em 2D gera automaticamente a versão em 3D. Isso aumenta a praticidade do projetista e permite visualizar como os objetos interagem entre si, ajudando a identificar possíveis interferências ou erros de modelagem que poderiam passar despercebidos no formato 2D. Esse processo é interativo, permitindo a modelagem dos elementos e sua verificação tanto em 2D quanto em 3D. O mesmo se aplica à geração do detalhamento de forma, ainda que o foco seja nas vistas em 2D.

Ainda na etapa de modelagem, os elementos com encontros não perpendiculares puderam ser modelados, resultando em representações idênticas ao projeto base. Isso demonstra que, mesmo se tratando de vigas, pilares e outros elementos com encontros não perpendiculares, ainda assim é possível modelá-los no *Revit*. Vale ressaltar que o posicionamento dos elementos foi feito utilizando as representações em *dwg* do projeto base, sendo importante verificar como proceder sem esse auxílio, pois nem sempre haverá disponibilidade desse arquivo.

No detalhamento de formas, foi possível seguir as diretrizes da ABNT NBR 7181:1982, extraindo informações de cada elemento de maneira precisa e sem a necessidade de textos avulsos. Desse modo, também se atendeu ao quesito BIM. Durante a identificação de cada elemento, surgiu a necessidade de criar algumas famílias

de anotação para cumprir as representações exigidas pela norma. Após essa etapa, foi possível perceber a aplicabilidade do software que também depende das famílias que estão sendo utilizadas.

Embora as plantas de formas e de cortes sejam geradas automaticamente, ainda é necessário um detalhamento manual pelo modelador. Ele deve posicionar as identificações e cotar cada elemento e abertura, especialmente em projetos estruturais de concreto armado. Mesmo com essa etapa manual, o princípio BIM é garantido, pois o modelador busca referências nos elementos da vista, fiéis ao modelo, garantindo clareza em todas as informações necessárias para a execução, como dimensões, nome de cada elemento e sua posição, tanto em planta quanto em nível (representado por hachuras).

Ao detalhar formas provenientes de um processo BIM, evita-se ambiguidade nas informações e reduz a chance de erros. Qualquer reajuste que ocorra é automaticamente vinculado e ajustado nas plantas. No princípio BIM, os ajustes ocorrem ainda na fase de projeto e com mais frequência devido à maior interação com as demais disciplinas. Ter um modelo onde a documentação de formas está integrada facilita o processo de revisão. Isso foi observado durante as etapas de Revisão da modelagem de elementos estruturais e revisão do detalhamento de formas deste trabalho.

Na revisão da modelagem de elementos estruturais, em vez de serem excluídos e recriados, eles foram reposicionados para aproveitar as informações existentes e manter as referências de identificação vinculadas. Consequentemente, os ajustes na etapa de revisão do detalhamento de formas foram mínimos. Nos casos em que a revisão envolve acréscimos de elementos, pode-se inferir que o detalhamento dessa nova inserção deverá ser feito quase do zero nas vistas, já que esses novos elementos não possuíam referências de identificação vinculadas anteriormente.

Na revisão do detalhamento de formas, o único ajuste necessário foi refazer algumas cotas, enquanto os demais ajustes foram realizados automaticamente. Essa perda de cotas ocorreu porque o pilar P34 precisou ser rotacionado. Como essas cotas se referenciavam nas faces do objeto, foram excluídas devido à perda da referência ao rotacionar. Mesmo assim, na revisão do pavimento Pilotis, o foco foi apenas no ajuste da modelagem, sendo mínimo no detalhamento. Todas as plantas do pavimento Pilotis (planta pilotis e corte C-C), na modelagem BIM, ajustaram-se automaticamente ao modelo. A maior vantagem observada foi no Corte C-C, pois a projeção de uma viga e laje inclinada vista de frente exigiria mais esforço do desenhista ao

realizar a revisão dessa parte. No BIM, além de contar com o auxílio da vista em 3D, essa vista de corte é atualizada automaticamente.

Contudo, o desenvolvimento das plantas de formas de um projeto de concreto armado realizado segundo o princípio BIM, utilizando um software que atende a essa metodologia, não se limita apenas às etapas realizadas no presente trabalho. O BIM abrange todo o ciclo de uma edificação, e os desenhos de formas são apenas uma das etapas de um projeto na disciplina de estruturas que adotem o uso do concreto armado. É essencial entender o processo como um todo e saber modelar em um ambiente BIM, considerando tanto as etapas futuras quanto as anteriores.

Neste trabalho, o foco foi modelar o projeto em BIM de forma que permita a extração de desenhos de formas fiéis ao modelo. No entanto, segundo o princípio BIM, esse mesmo modelo deve também permitir a extração de outras informações, como quantitativos e especificações de materiais, entre outros dados pertinentes às etapas futuras, além de proporcionar uma integração interdisciplinar com os demais projetos. O LOD e as dimensões do BIM caracterizam essas etapas.

Portanto, este modelo não deve atender apenas ao detalhamento de formas, mas também a várias outras etapas subsequentes. Algo observado no desenvolvimento do modelo deste trabalho é que, ao focar apenas na representação dos desenhos 2D extraídos do modelo, algumas informações podem ficar ocultas. Por exemplo, se houver um elemento duplicado no desenho, ele aparecerá nas vistas como um único elemento, se estiverem posicionados no mesmo lugar, o que pode comprometer a precisão dos quantitativos, embora não afeta a representação em 2D. Ou seja, mesmo que o modelador tenha a tarefa de entregar o detalhamento de formas em 2D para a execução, é importante realizar uma modelagem fiel, sem informações ocultas que possam comprometer etapas subsequentes do ciclo de vida de uma edificação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto estrutural é apenas uma etapa no ciclo de vida de uma edificação, necessitando de integração com etapas anteriores, posteriores e simultâneas, além de outras disciplinas de projeto. A metodologia BIM permite essa conexão entre as diferentes fases e projetos, garantindo que qualquer alteração no modelo inicial seja automaticamente atualizada.

Para projetos de estruturas de concreto armado utilizando o BIM, é essencial que as plantas 2D sejam extraídas do modelo 3D para representar fielmente as informações. Embora os softwares BIM possuam dados paramétricos, estes devem atender às necessidades de representação 2D conforme a norma ABNT NBR 7191:1982. A tecnologia BIM é historicamente mais recente que a norma ABNT NBR 7191:1982, o que gera desafios para atender aos requisitos normativos.

O *Revit*, utilizado neste estudo, atende ao princípio BIM e às condições da norma mencionada para desenhos de formas, mas ajustes nos *templates* e criação de famílias de elementos são necessários, exigindo do engenheiro civil conhecimento em edição e criação de famílias. Para as revisões desse modelo, compreender o processo de parametrização é fundamental para aproveitar ao máximo o que já está inserido e parametrizado na modelagem, evitando que os detalhamentos das alterações precisem ser feitos do zero.

A revisão do modelo e detalhamento de formas realizada neste estudo evidenciou a praticidade do BIM nas revisões de dos desenhos de formas de projetos estruturais de concreto armado, facilitando o trabalho do modelador. Essa praticidade permite ao engenheiro civil concentrar-se em etapas de maior impacto, como a busca por soluções mais viáveis para o empreendimento, com os ajustes automáticos nas plantas e análise de múltiplas opções sem receio de retrabalho.

6.2 SUGESTÕES PARATRABALHOS FUTUROS

Com base estudo realizado é possível propor alguns assuntos pertinentes para trabalhos futuros relacionados ao tema, a saber:

- Geração de *templates* para detalhamento de formas de concreto Armado, utilizando o *Revit*;
- Estudo e criação de novas famílias dos elementos estruturais de concreto armado para casos de formatos mais complexos;
- Geração de *plugins* para o *software Revit* para que seja otimizado os processos que seriam manuais;
- Desenvolvimento das outras etapas *BIM* do projeto estrutural de Concreto Armado: a modelagem e o detalhamento de armaduras;
- Quantitativos dos elementos estruturais de concreto armado extraídos do modelo BIM;
- Estudos da aplicação do BIM em projetos complementares de escoramentos.

REFERÊNCIAS

ABUALDENIEN, J. BORRMANN, A. **Levels of detail, development, definition, and information need: a critical literature review.** Journal of Information Technology in Construction (ITcon), Special issue: 'The Eastman Symposium', v. 27, p. 363-392. DOI: 10.36680/j.itcon.2022.01. Disponível em: <https://www.itcon.org/paper/2022/18>. Acesso em: 25 jun. 2024.

ARCHITECTS, American Institute Of. **Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary:** For Building Information Models and Data. Whashington, Dc: AIA, 2018. 253 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5674:** Manutenção de edificações: Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118:** Estruturas de Concreto Armado: Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7191:** Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13531:** Elaboração de projetos de edificações: Atividades técnicas. Rio de Janeiro, ABNT, 2017.

AUTODESK. **Autodesk:** Sobre o Revit. 2024. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2024/PTB/?guid=GUID-13E5A71A-551A-4CF7-845A-2BDD5611A8E8>. Acesso em: 26 jun. 2024.

BASTOS, P. S. **Estruturas de Concreto I:** Fundamentos do Concreto Armado. Apostila com notas de aula (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2117 - Abril/2019

BRASIL. **Decreto Nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024.** Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling - BIM BR. Brasília, DF: Presidência da República, Secretaria Geral, 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/d11888.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2011.888%2C%20DE%2022,que%20lhe%20confere%20o%20art. Acesso em: 24 maio 2024.

BRUGNERA, K. S. **Aplicação da Metodologia BIM no Projeto de Estruturas.** Orientador: Carlos Filipe Guedes Rodrigues. 2018. 239 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2018.

CAEIRO, A. M. V. **Implementação da Metodologia BIM no Desenvolvimento de Projetos de Estruturas.** 2021. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2021.

CAMPESTRINI, T. F. *et al.* **Entendendo BIM: Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. Curitiba, 2015. 120 p.

CATELANI, M. E. S. Do croqui ao BIM: uma breve análise histórica dos métodos de representação em arquitetura e engenharia. **Revista ENIAC Pesquisa**, 2016. p. 115-129.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução de Cervantes Gonçalves Ayres Filho. [et al.]. Revisão técnica de Eduardo Toledo Santos. Porto Alegre, RS: Bookman, 2015. 480 p.

FABRÍCIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. 350 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FERREIRA, B. *et al.* Integração da Tecnologia BIM no Projeto de Estruturas de Betão. *In*: Encontro Nacional BETÃO ESTRUTURAL BE2012. Betão: FEUP, 2012. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/126639/2/389127.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2024.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. Limitações da representação 2D na compatibilização espacial em projetos de edifícios e a aposta no CAD 3D como solução. *In*: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., Porto Alegre, 11 e 12 de julho de 2007. **Anais [...]**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 10 p., 1 CD-ROM.

FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no Processo de Projeto em Arquitetura. *In*: ENCONTRO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: UFPR, 2007. 1 CD-ROM.

FREIRE, G. H. A. **Industry Foundation Classes (IFC) para Modelagem de Estruturas**. 2015. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

GONÇALVES, I. F. do V. **Aplicação do BIM ao Projeto de Estruturas**: abordagem de programação ao processo de pormenorização de vigas de betão armado. 2014. Orientador Professor Doutor Patrício Rocha. Dissertação (Mestrado em Construções Cíveis – Ramo de Estruturas) – Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana do Castelo, 2014.

JACOSKI, C. A. **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações: uma implementação com IFC XML**. 2003. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

JUST, A. B.; ASSIS, C. S. de. **Detalhamento de Estruturas de Concreto Armado Utilizando a Metodologia BIM**. Escola de Engenharia Mauá, Mauá, 2021.

KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. D. **Builiding Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasília, 2015. p. 162.

KIMURA, A. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado**: cálculos de edifícios com o uso de sistemas computacionais. 1. ed. São Paulo: Editora PINI LTDA, 2007.

KYMMELL, W. **Building Information Modeling**: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations. New York: McGraw Hill, 2008. 270 p. ISBN 0071595457.

MACIEL, A. R.; CORRÊA, F. R.; BARROS, M. M. S. B. D. **Em direção à interface digital no projeto-produção industrial de armaduras integrado ao processo BIM**. Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, v. 9, n. 3, p. 178-190, 2018. ISSN 1980-6809.

MARTHA, L. F. **Análise de estruturas**: conceitos e métodos básicos. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2010. 524 p. ISBN 8535210822.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. 294 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCE. **National BIM Standard**. 2007. Disponível em: <https://goo.gl/ccwjwU>. Acesso em: 26 jun. 2024.

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

PAPADOPOULOS, N. A. **Avaliação da metodologia BIM através da modelagem paramétrica 3D de um projeto convencional**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 124. 2014.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. **Fundamentos do concreto e projetos de edifícios**. São Carlos, 2007.

RIBEIRO, G. D. N. **Aplicação de ferramentas BIM em um projeto de cobertura do estádio Professor Dário Rodrigues Leite**. 2015. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

RIBEIRO, R. R. **Potencial do revit para projeto de estruturas de concreto armado em Bim**. Orientador Kléos M. Lenz César Jr. Trabalho de Conclusão de (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade

Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

RIBEIRO, R. R.; CÉSAR JR, K. M. L. BIM no projeto estrutural de concreto armado: estudos de caso em Revit e Robot. **Revista Técnico Científica do CREA-PR**. 22. ed., p. 19. Paraná, 2019. ISSN 2358-5420.

REZENDE, E. L. **Uma proposta para utilização do BIM na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2008.

ROBINSON, C. **Structural BIM: discussion, case studies and latest developments**. The structural design of tall and special buildings. v. 16, n. 4, p. 519-533, 2007. ISSN 1541-7808.

SANTA CATARINA. **Caderno de apresentação de projetos BIM**. 2015.

SANTOS, J. L. A.; SANTOS, T. S. Integração da metodologia BIM em estudo de compatibilização de projetos complementares com estruturais. **Revista Multidisciplinar do Sertão**, n.3, v.03, p. 285-292, Pernambuco, 2021. e-ISSN 2675-0945.

SILVA, S. M. J. **Princípios para o Desenvolvimento de Projetos com Recurso a Ferramentas BIM**: Avaliação de melhores práticas e proposta de regras de modelação para projetos de estruturas. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal. p. 125. 2013.

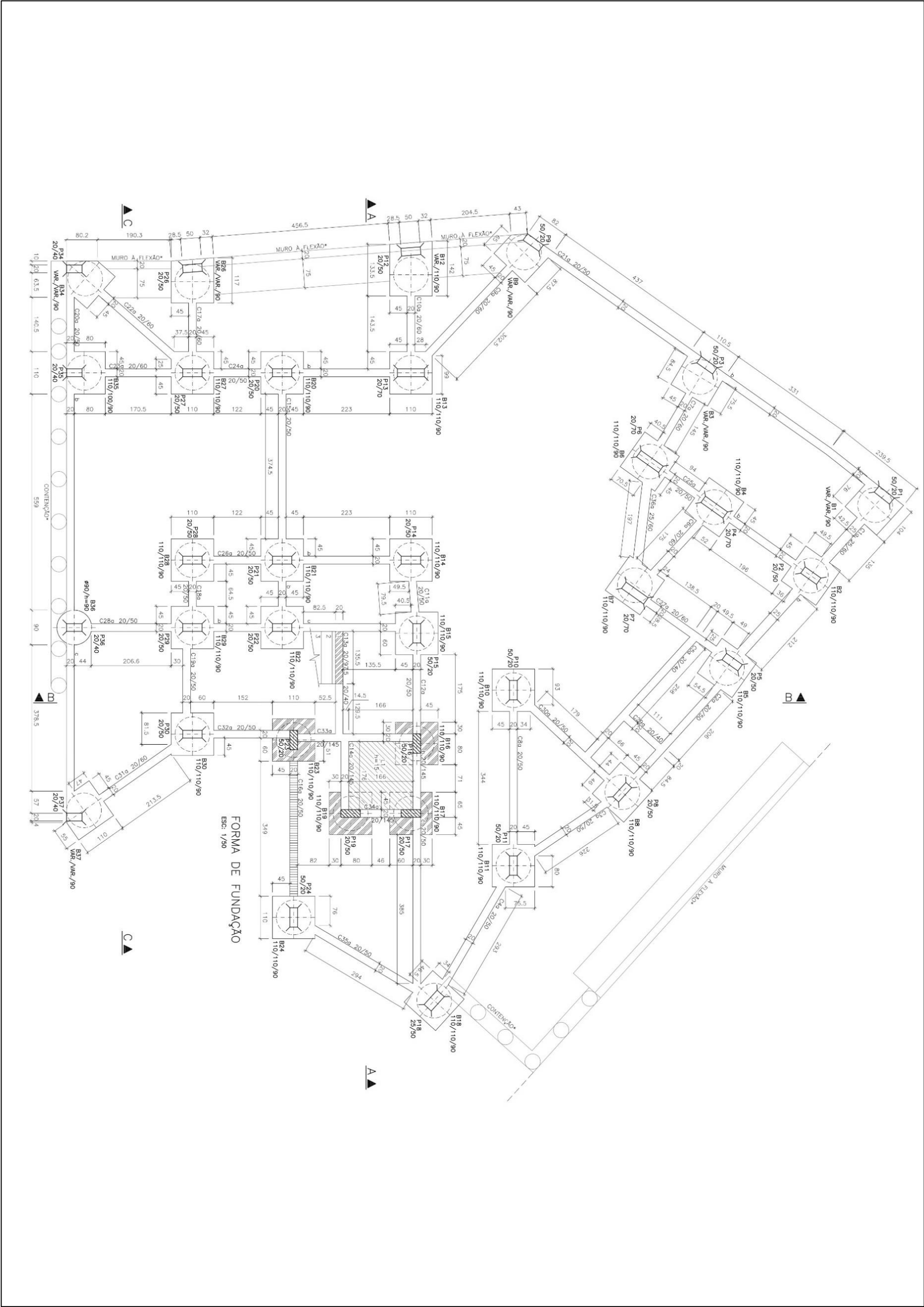
SILVA, K. R. **Interoperabilidade entre Software de Projeto Estrutural com a Plataforma BIM**. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília. p. 87. 2019.

SOUZA, L. L. A. D.; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. D. M. **Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura**: oportunidades no mercado imobiliário. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. v. 4, n. 2, p. 26-53. São Paulo, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4237/gtp.v4i2.100>.

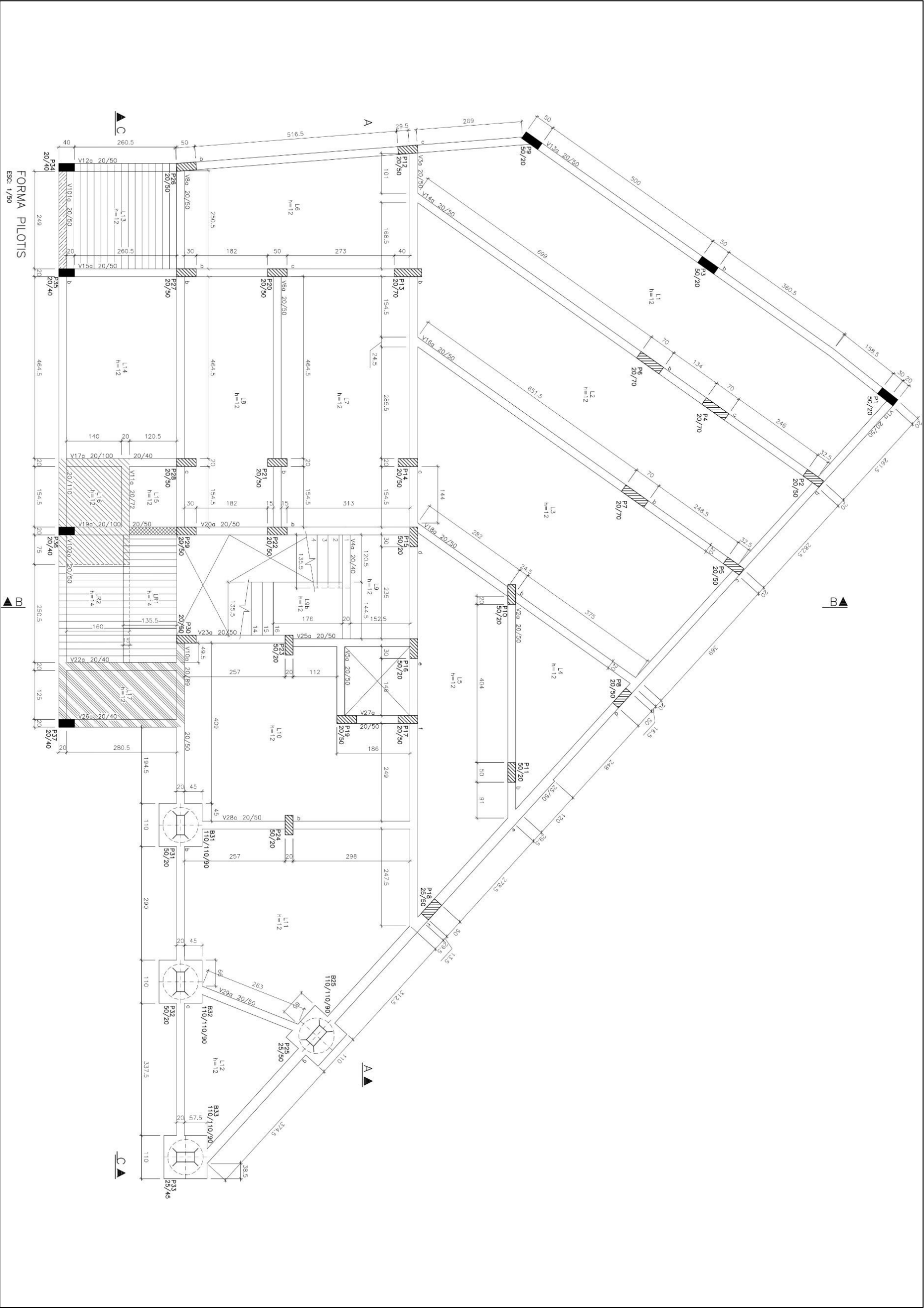
TAVARES, W. Jr *et al.* **Um modelo de compatibilização de projetos de edificações baseado na engenharia simultânea e FMEA**. 09 f. 2007. Pesquisa e Inovação em Gestão do Processo de Projeto de Edifícios. São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/26135805/um-modelo-de-compatibilizaao-de-projetos-de-edificaaues-baseado->. Acesso em: 09 jun. 2024.

VAN NEDERVEEN, S.; BEHESHTI, R.; GIELINGH, W. Modelling Concepts for BIM. In: UNDERWOOD, J.; ISIKDAG, U. **Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics**: Concepts and Technologies. 1^a. ed. Hershey: IGI Global, 2009. Cap. 1, p. 1-18.

ANEXO A – PLANTA DE FORMA FUNDAÇÃO PROJETO BASE



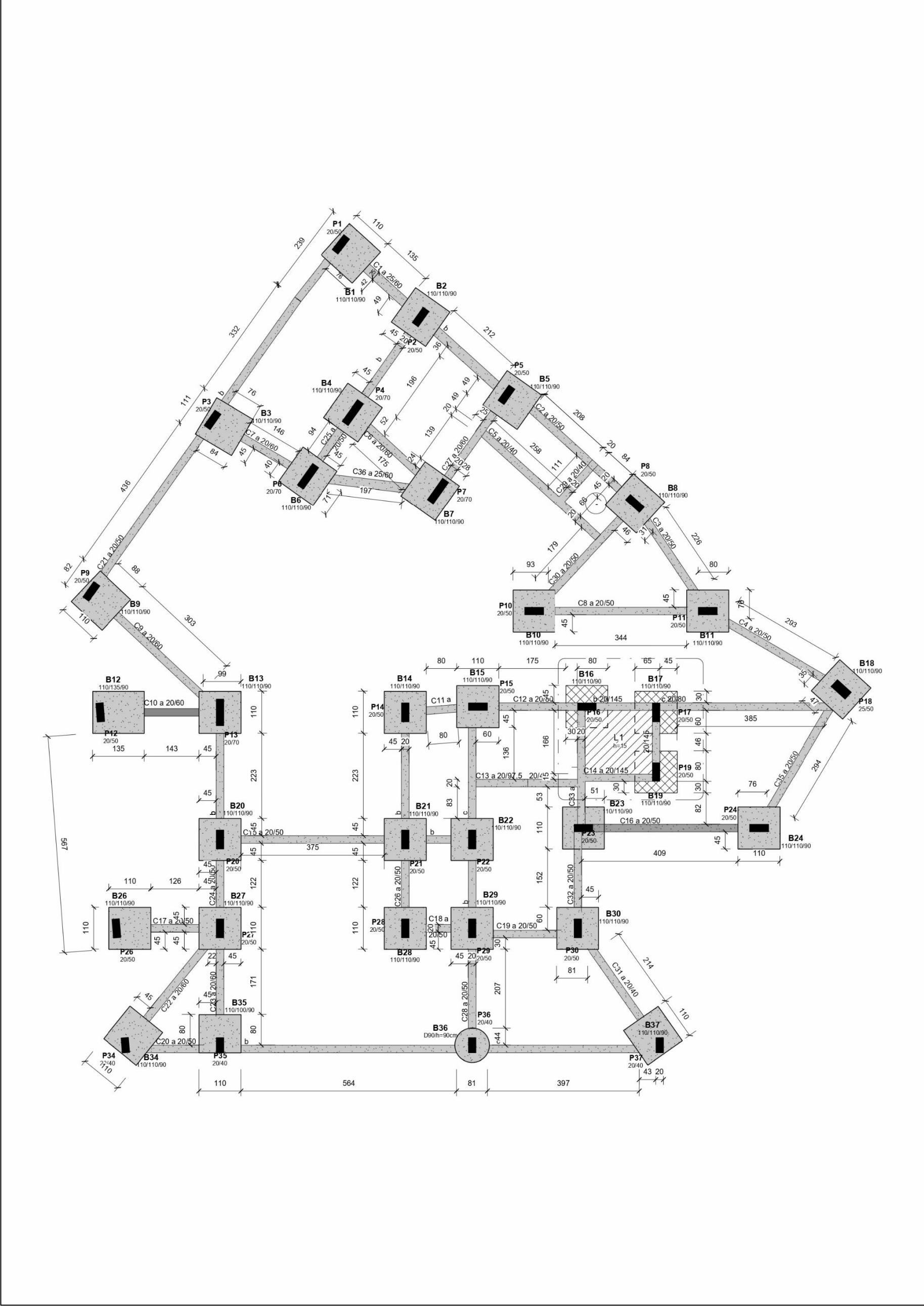
ANEXO B – PLANTA DE FORMA PILOTIS PROJETO BASE



FORMA TRANSIÇÃO
ESC: 1/50



APÊNDICE A- PLANTA DE FORMA FUNDAÇÕES MODELADA E DETALHADA NO REVIT .



APÊNDICE B – PLANTA DE FORMA PILOTIS MODELADA E DETALHADA NO REVIT .

