

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

ISABEL GUESSER

**ESTUDO DE CASO: MODELAGEM EM BIM DE UMA EDIFICAÇÃO
APLICANDO O SISTEMA *WOOD FRAME***

FLORIANÓPOLIS, 2019

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

ISABEL GUESSER

**ESTUDO DE CASO: MODELAGEM EM BIM DE UMA EDIFICAÇÃO
APLICANDO O SISTEMA *WOOD FRAME***

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Santa Catarina como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheira
Civil

Orientadora:
Profa. Dra. Luciana da Rosa Espíndola

FLORIANÓPOLIS, 2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Guessser, Isabel

Estudo de caso: Modelagem em BIM de uma edificação aplicando o sistema wood frame / Isabel Guessser ; orientação de Luciana Da Rosa Espíndola. - Florianópolis, SC, 2019.

136 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.

Inclui Referências.

1. Wood Frame. 2. Estrutura em madeira. 3. Modelagem das Informações da Construção (BIM). I. Da Rosa Espíndola, Luciana. II. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de Construção Civil. III. Título.

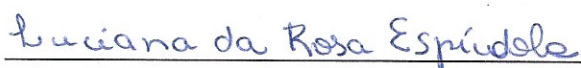
ESTUDO DE CASO: MODELAGEM EM BIM DE UMA EDIFICAÇÃO APLICANDO O SISTEMA *WOOD FRAME*

ISABEL GUESSER

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheira Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 09 de dezembro de 2019.

Banca Examinadora:



Prof.^a Luciana da Rosa Espíndola, Doutora



Prof. Samuel João da Silveira, Doutor



Prof. Miguel Correia de Moraes, Mestre

RESUMO

A busca por inovações na construção civil brasileira procura aumentos na produtividade e redução de custos, com produtos de qualidade. Dentre estas inovações destaca-se o sistema construtivo *wood frame* que é predominantemente industrializado, formado por estruturas compostas por peças leves de madeira, contraventadas com chapas de madeira. Por ser considerado inovador no contexto brasileiro, tem-se a preocupação com a qualidade desta tecnologia. Para obtenção da qualidade na construção civil, é necessária a definição, especificação e detalhamento em projeto de todos os elementos constituintes para contribuir com todas as etapas da execução. Com isso, a utilização da tecnologia de Modelagem das Informações da Construção, ou *Building Information Modeling* (BIM), para construções em madeira pode auxiliar na elaboração do projeto e de construção, apoiando a criação, teste e avaliação de um número maior de alternativas antes do início da construção real. Sendo assim, este trabalho tem por objetivo demonstrar como modelar uma edificação em *wood frame* utilizando ferramentas BIM. A pesquisa foi realizada através de um estudo de caso de uma edificação institucional do estado de Santa Catarina originalmente projetada e concebida com o sistema convencional de estrutura de concreto armado e vedação em alvenaria. Para a realização da modelagem deste estudo de caso, foram utilizados o *software* Revit e o *plug-in* MWF Pro Wood. Nestes, as especificações dos componentes das paredes e do entrepiso foram definidas conforme diretrizes técnicas para *wood frame* disponíveis no Brasil. E, com estes componentes, foi realizada a modelagem do estudo de caso adaptando seu projeto para o *wood frame*. Como resultado, apresenta-se de forma detalhada as etapas realizadas, de modo a contribuir com o tema apresentando um método de modelagem para as ferramentas BIM utilizadas.

Palavras-chave: Wood frame. Estrutura em madeira. Modelagem das Informações da Construção (BIM).

ABSTRACT

The search for innovation in the Brazilian civil construction aims to increase the productivity and to reduce costs, with quality products. Among these innovations this work highlights the wood light frame system, which is predominantly industrialized with light wood components braced with structural boards. As it is considered innovative in Brazil, there is a concern with the quality of the applied technology. To achieve quality on the construction is necessary to define, specify and detail all elements on the design in order to contribute to all execution stages. In that way, the use of Building Information Modeling (BIM) technology for timber constructions can assist on the design development and the execution, supporting creation, testing and evaluation of a larger number of alternatives before the beginning of the real construction. Therefore, the objective of this work is to demonstrate how to model a building in wood frame by using BIM tools. The research was conducted through a case study of an institutional building in the state of Santa Catarina, originally designed and conceived with the conventional concrete and masonry system. Revit software and the MWF Pro Wood plug-in were used on this case study modeling. Walls and floor components were specified according to technical guidelines for wood frame available in Brazil. And, on the modeling process, these components were applied on the case study adapted to the wood frame system. On the final result, the steps of this modeling process are detailed in order to contribute to the theme by presenting a modeling method for these BIM tools used.

Key words: Wood frame. Wooden structures. Building Information Modeling (BIM).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Subsistemas de uma edificação em <i>wood frame</i>	21
Figura 2 - Tipos de fundações para <i>wood frame</i>	22
Figura 3 - Composição de painel de parede.....	22
Figura 4 - Painel parede com porta e janela.....	23
Figura 5 - Solução para canto de parede	24
Figura 6 - Travessa superior dupla.....	24
Figura 7 - União das emendas com chapa metálica.....	24
Figura 8 - Estrutura de parede com chapa estrutural e bloqueadores	24
Figura 9 - Passagem das tubulações no painel parede	25
Figura 10 - Tipos de vigas para a plataforma de piso.....	26
Figura 11 - Estrutura do piso	27
Figura 12 - Principais elementos da cobertura	28
Figura 13 – Conjunto habitacional em <i>wood frame</i>	29
Figura 14 - Primeiro prédio em <i>wood frame</i> do Brasil.....	29
Figura 15 - Representação de piso em <i>wood frame</i> do LOD 200 ao LOD 400.....	38
Figura 16 - Representação de parede em <i>wood frame</i> do LOD 200 ao LOD 400	39
Figura 17 - Fluxograma do método da pesquisa	43
Figura 18 - Planta do estudo de caso.....	46
Figura 19 - Corte A-A do estudo de caso	46
Figura 20 - Fachada frontal do estudo de caso	47
Figura 21 - Fluxograma das etapas de modelagem do estudo de caso	52
Figura 22 - Níveis do projeto – fachada frontal.....	53
Figura 23 - Criação do radier	54
Figura 24 - Estrutura do radier	54
Figura 25 – Estrutura piso calçadas	55
Figura 26 – Estrutura revestimento cerâmico bege	55
Figura 27 – Estrutura revestimento cerâmico cinza.....	55
Figura 28 - Criação dos tipos de paredes.....	55
Figura 29 - Parede tipo 1	56
Figura 30 - Parede tipo 2	57
Figura 31 - Parede tipo 3	58
Figura 32 - Parede tipo 4	59

Figura 33 - Parede tipo 5	60
Figura 34 - Parede tipo 6	61
Figura 35 - Parede tipo 7	62
Figura 36 - Paredes tipo 8.....	63
Figura 37 - Estrutura do entepiso.....	64
Figura 38 - Manta de impermeabilização	64
Figura 39 - Criação do tipo de telhado	64
Figura 40 - Estrutura do telhado.....	65
Figura 41 - Limpeza do projeto	65
Figura 42 - Importar CAD.....	66
Figura 43 - Janela Importar formatos de CAD	66
Figura 44 - Criação terreno	67
Figura 45 - Material do terreno.....	67
Figura 46 - Inserção da fundação.....	68
Figura 47 - Modulação do projeto original x alterações	69
Figura 48 - Inserir dados	70
Figura 49 - Janela Select Data Directory.....	71
Figura 50 - Janela Carregar Família.....	71
Figura 51 - Janela pasta Metric.....	72
Figura 52 - Janela especificar dimensões da família.....	72
Figura 53 – Abas criação de painéis	73
Figura 54 - Criação de painel.....	73
Figura 55 - Template padrão para painel com porta e janela	74
Figura 56 - Criação de template de painel.....	75
Figura 57 – Aba General Info	75
Figura 58 - Aba Structural	76
Figura 59 - Aba Miscellaneous - Horizontals	77
Figura 60 - Aba Horizontals.....	78
Figura 61- Aba Miscellaneous - Opening Framing	78
Figura 62 - Configurar aberturas	79
Figura 63 - Criação de pasta para o template	80
Figura 64 - Criação de novo template	81
Figura 65 - Templates de painéis criados.....	81

Figura 66 - Template Map	82
Figura 67 - Criação de regra de mapeamento	82
Figura 68 - Mapeamento de paredes e painéis	83
Figura 69 - Wall MultiLayer	83
Figura 70 - Janela Project Settings	84
Figura 71 – Criação de template das chapas de revestimento	85
Figura 72 - Configurar chapas.....	85
Figura 73 - Configurar layout das chapas.....	86
Figura 74 – Templates das chapas de revestimento criados.....	87
Figura 75 - Mapeamento dos templates	88
Figura 76 - Comando Quick Create – Wall Model	88
Figura 77 - Comando Quick Create – Wall MultiLayer.....	89
Figura 78 - Vista em 3D dos painéis sem chapas de revestimento	90
Figura 79 - Vista em 3D dos painéis com as chapas de revestimento.....	90
Figura 80 - Encontros de paredes	91
Figura 81 – Inconsistências nos painéis de encontros entre paredes.....	91
Figura 82 - Comando Place Join	92
Figura 83 - Junção para cantos de paredes	93
Figura 84 - Junção para intersecção entre duas paredes.....	93
Figura 85 - Junção de intersecção entre três paredes.....	94
Figura 86 – Inconsistências entre encontros de paredes corrigidas	94
Figura 87 - Comando Set Main Wall	95
Figura 88 - Comando Regenerate – Wall Model	95
Figura 89 - Comando Regenerate – Wall Multilayer	96
Figura 90 - Opções Regenerate	96
Figura 91 - Exemplo comando Regenerate.....	97
Figura 92 - Aba Edits	97
Figura 93 - Comando Renumber Panels	98
Figura 94 - Janela Renumber Panels.....	98
Figura 95 - Painéis numerados	99
Figura 96 - Planta baixa térreo	100
Figura 97 – Módulos do entrepiso	101
Figura 98 – Criar painel de entrepiso	102

Figura 99 - Janela Select a Template.....	102
Figura 100 - Alterar propriedades do entrepiso	103
Figura 101 - Aba General.....	103
Figura 102 - Bordas perpendiculares aos barrotes.....	104
Figura 103 - Propriedades das bordas perpendiculares aos barrotes	104
Figura 104 - Bordas paralelas aos barrotes	105
Figura 105 - Propriedades das bordas paralelas aos barrotes	105
Figura 106 - Bordas laterais	106
Figura 107 - Propriedades bordas laterais	106
Figura 108 - Barrotes	107
Figura 109 - Propriedades dos barrotes.....	107
Figura 110 - Revestimento	108
Figura 111 - Propriedades de revestimento	109
Figura 112 - Extensão dos barrotes	109
Figura 113 - Propriedades de extensão dos barrotes.....	110
Figura 114 - Criação de template de entrepiso.....	111
Figura 115 - Alterar orientação das peças.....	111
Figura 116 – Estrutura dos painéis de entrepiso e paredes.....	112
Figura 117 - Chapas de revestimento painéis de entrepiso e paredes	112
Figura 118 - Vista em 3D da edificação do estudo de caso.....	113
Figura 119 - Estrutura dos painéis de parede	113
Figura 120 - Revestimento dos painéis de parede	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de medidas e objetivos para melhorar a durabilidade das construções em madeira	31
Quadro 2 - Especificações para quadro estrutural de paredes	32
Quadro 3 - Especificações para face externa das paredes	33
Quadro 4 - Especificações para face interna das paredes	33
Quadro 5 - Especificações para quadro estrutural de entrepisos	34
Quadro 6 - Especificações para revestimento/acabamento de entrepisos	35
Quadro 7 - Levantamento de ferramentas BIM	40
Quadro 8 - Quadro de áreas da edificação	45
Quadro 9 - Especificações levantadas para plataforma de piso	47
Quadro 10 - Especificações levantadas para paredes	47
Quadro 11 - Componentes do subsistema parede	50
Quadro 12 - Componentes do subsistema entrepiso.....	50
Quadro 13 - Tipos de paredes do projeto.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIA – *American Institute of Architects*

APA – *The Engineered Wood Association*

BIM – *Building Information Modeling*

DATec – Documento de Avaliação Técnica

LOD – *Level of Developement*

MCMV – Minha Casa Minha Vida

MWF – *Metal Wood Framer*

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

OSB – *Oriented Strand Board*

PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

rvt – Extensão do arquivo gerado pelo *software* Autodesk Revit

SINAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa	16
1.2	Definição do problema.....	18
1.3	Objetivos.....	19
1.3.1	Objetivo geral	19
1.3.2	Objetivos específicos.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1	Sistema construtivo <i>wood frame</i>	20
2.1.1	Fundação	21
2.1.2	Paredes	22
2.1.3	Plataforma de piso.....	25
2.1.4	Cobertura	27
2.1.5	<i>Wood frame</i> no Brasil	28
2.2	Projeto de edificações estruturadas em madeira	30
2.2.1	Medidas gerais de projeto para durabilidade das construções em madeira31	
2.2.2	Especificações para edificações em <i>wood frame</i> no Brasil	32
2.3	Modelagem da Informação da Construção (BIM).....	35
2.3.1	Níveis de desenvolvimento	37
2.4	Ferramentas BIM para sistemas estruturados em madeira	40
2.4.1	Autodesk Revit	40
2.4.1.1	<i>MWF Pro Wood</i>	41
2.4.2	ArchiCAD.....	42
2.4.2.1	<i>ArchiFrame</i>	42
2.4.3	SEMA	42
3	MÉTODO DA PESQUISA	42
3.1	Estudo de caso.....	44
3.2	Seleção de ferramentas BIM para o sistema <i>wood frame</i>	47
3.3	Especificação dos componentes de parede e entepiso	47
3.4	Modelagem de um estudo de caso aplicando ferramentas BIM	48
4	RESULTADOS.....	49
4.1	Seleção das ferramentas BIM para modelagem.....	49
4.2	Especificações dos componentes de parede e entepiso	49
4.3	Modelagem do estudo de caso	52
4.3.1	Abertura de <i>template</i> do Revit	53
4.3.2	Preparação dos componentes dos subsistemas no Revit.....	53

4.3.2.1	<i>Piso/fundação</i>	54
4.3.2.2	<i>Paredes</i>	55
4.3.2.3	<i>Entrepiso/Cobertura</i>	63
4.3.3	Preparação do projeto original	65
4.3.3.1	<i>Limpeza do projeto</i>	65
4.3.3.2	<i>Inserção da planta no Autodesk Revit</i>	66
4.3.3.3	<i>Criação do terreno</i>	67
4.3.4	Inserção dos componentes de fundação e parede	67
4.3.4.1	<i>Fundação</i>	68
4.3.4.2	<i>Paredes</i>	68
4.3.4.3	<i>Colocação das esquadrias</i>	69
4.3.5	Criação dos painéis padrões de parede com o MWF Pro Wood	70
4.3.5.1	<i>Carregamento de dados/configurações</i>	70
4.3.5.2	<i>Carregar famílias</i>	71
4.3.5.3	<i>Criação de painéis de parede a partir de um template padrão</i>	73
4.3.5.4	<i>Criação de novos modelos de painéis</i>	74
4.3.5.5	<i>Mapeamento de paredes e painéis</i>	82
4.3.5.6	<i>Criação de template das chapas de revestimento</i>	83
4.3.5.7	<i>Criação automática dos painéis</i>	88
4.3.5.8	<i>Correção de encontros entre painéis</i>	90
4.3.5.9	<i>Comando Regenerate</i>	95
4.3.5.10	<i>Renumerar painéis</i>	98
4.3.6	Inserção dos elementos do piso do térreo	100
4.3.7	Inserção do entrepiso	101
4.3.8	Criação dos painéis padrões de entrepiso com o MWF Pro Wood	101
4.3.9	Inserção dos elementos da cobertura	113
4.3.10	Inserção dos painéis da cobertura	113
5	CONCLUSÃO	115
6	REFERÊNCIAS	117
	APÊNDICE A – PLANTAS BAIXAS E PLANTA DE COBERTURA	122
	APÊNDICE B – CORTES 1 E 2 E VISTAS 3D	123
	APÊNDICE C – PAINÉIS PAREDE DO PAVIMENTO TÉRREO	124
	APÊNDICE D – PAINÉIS PAREDE DA COBERTURA	132
	APÊNDICE E – PAINÉIS DE ENTREPISO	135

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil brasileiro é marcado pela utilização de processos convencionais com técnicas ainda consideradas artesanais e com a ausência de processos racionalizados e industrializados. Contudo, vem-se exigindo o aprimoramento destas técnicas para garantir a qualidade dos produtos e o desempenho da edificação. Assim, empresas, na busca por competitividade, procuram processos com materiais, componentes e métodos inovadores, que sejam mais produtivos e acarretem ganhos em qualidade, desempenho da mão de obra, confiabilidade nos prazos e redução de custos (PEIXOTO; GOMES, 2006). Dessa forma, a busca por inovações nas construções se torna uma alternativa promissora.

Conforme o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H, 2019), o “produto inovador é um sistema ou subsistema construtivo que não seja objeto de norma brasileira prescritiva e não tenha tradição de uso no território nacional”.

Para aferir suas qualidades, desde meados de 2010, produtos construtivos inovadores estão sendo analisados e registrados pelo PBQP-H. Dentre estes, citam-se: paredes estruturais de concreto moldadas no local, paredes integradas por painéis pré-moldados de concreto, sistemas estruturados em perfis leves de aço – *steel frame*, paredes estruturais constituídas de painéis de PVC preenchidos com concreto, sistemas leves tipo *wood frame*, entre outros (PBQP-H, 2019).

Dentre essas inovações, este trabalho destaca o sistema construtivo *wood frame*, amplamente utilizado em países da América do Norte, Ásia e Europa. Esse sistema é predominantemente industrializado, formado por estruturas compostas por peças leves de madeira, contraventadas com chapas de madeira. Esta estrutura recebe materiais de fechamento, de proteção e de acabamento para assegurar o conforto térmico e acústico, bem como para proteger a edificação contra intempéries e fogo. O sistema é flexível e pode ser adaptado para diferentes estilos arquitetônicos (MOLINA; CALIL, 2010).

Com técnicas racionalizadas, padronizadas e industrializadas, as primeiras construções em *wood frame* no Brasil foram realizadas entre as décadas de 1980 e 1990 (MOLINA; CALIL, 2010). Mais recentemente, desde 2010, o sistema está sendo ainda mais propagado, em especial, em edificações residenciais inseridas no programa nacional Minha Casa Minha Vida (MCMV) (ESPÍNDOLA, 2017).

A aplicação deste sistema no contexto brasileiro tenta minimizar o preconceito popular equivocado referente a aplicação da madeira como elemento estrutural da edificação (MOLINA; CALIL, 2010). Mesmo tendo vantagens enquanto material altamente resistente e sustentável, a madeira, tradicionalmente, está associada com construções de baixa qualidade. Em geral, a falta de desempenho destas edificações está vinculada a falta de técnica adequada para aplicação deste material. Esse desconhecimento da tecnologia da madeira transparece, por exemplo, em projetos com detalhamentos e especificações insuficientes e inadequados para a execução da edificação (BITTENCOURT, 1995).

Para obtenção da qualidade na construção, é essencial conceber um bom processo de projeto, onde suas diversas fases são realizadas adequadamente e com uma integração entre os diferentes agentes envolvidos. Nestas etapas de projeto ocorrem estudos, propostas e decisões sobre as técnicas de construção, com o objetivo de antever aquilo que será edificado. O projeto é um manual para as atividades realizadas no canteiro, contendo informações precisas, pois as decisões tomadas durante a fase de projeto não serão igualmente pensadas em ambiente de obra. A execução previamente planejada minimizará erros e retrabalhos no canteiro que podem diminuir a qualidade da edificação. Assim, a partir de um projeto bem elaborado tem-se um produto devidamente executado conforme as necessidades das técnicas construtivas selecionadas (MELHADO, 1994; FABRÍCIO, 2002).

A tecnologia de Modelagem das Informações da Construção, ou *Building Information Modeling* (BIM), auxilia neste processo de projetos integrados. Com esta tecnologia é possível elaborar, em formato digital e de maneira precisa, um modelo virtual de uma construção com detalhes de materiais e componentes, importantes para o planejamento e execução da construção. Quanto maior o grau de detalhamento das informações, mais otimizado será o processo de execução, resultando em construções com qualidade (EASTMAN *et al.*, 2014).

Assim, para contribuir com a qualidade das construções em madeira, o tema selecionado para este trabalho é a aplicação de ferramentas BIM em projetos de edificações do tipo *wood frame*.

1.1 Justificativa

A seleção de um sistema estruturado em madeira para este trabalho foi motivada pelas qualidades deste material principal. A madeira é considerada sustentável, pois é proveniente de fonte renovável, em especial quando são espécies de florestas plantadas e manejadas. Quando utilizada com técnicas de construção racionalizadas, possui baixo consumo energético em seu ciclo de produção, uso e descarte. Também, captura gás carbônico durante o crescimento da árvore e o mantém na construção durante toda sua vida útil, contribuindo contra a poluição do ambiente. Ainda mais, a madeira destaca-se por suas propriedades físicas e mecânicas únicas. Então, quando bem utilizada, resulta em edificações duráveis, seguras, confortáveis e com grande variabilidade de soluções arquitetônicas (DIAS, 2005).

Além de incorporar este material principal, o sistema *wood frame* foi escolhido para este trabalho em virtude de características como a utilização de técnicas e materiais industrializados que proporcionam racionalização, redução de resíduos e agilidade da produção em fábrica e/ou no canteiro de obras. Por essas vantagens, este sistema é cada vez mais utilizado no Brasil (SOTSEK; SANTOS, 2018), o que torna esse tema atual e urgente.

O sistema *wood frame* tem suas vantagens já conhecidas por sua aplicação tradicional nos países da América do Norte e da Europa. Para garantir essa boa reputação internacional também no Brasil, estudos estão sendo realizados desde a década de 1980 sobre como adequá-lo ao contexto local. Por exemplo, entre os anos de 1979 e 2010, algumas pesquisas analisaram as possibilidades de aplicação do *wood frame* na produção de habitações populares e realizaram ensaios sobre seu desempenho estrutural. Com base nestes estudos iniciais, projetaram e construíram protótipos para ampliar o conhecimento técnico e prático sobre o assunto (ESPÍNDOLA, 2017).

Desde 2010, com uma intensificação na produção de edificações em *wood frame* no país, outras pesquisas foram desenvolvidas. Estas pesquisas, em geral, buscam analisar essa produção recente, aprofundando os dados com estudos de caso específicos sobre a racionalização da construção (IWAKIRI, 2013; NOGUEIRA, 2016), desempenhos térmico e acústico (MURARI, 2018; LEITNER, 2019), avaliação ambiental (MONICH, 2012) e custo de produção (SOUZA, 2013).

Ao levantar as pesquisas já realizadas, constatou-se que não há no Brasil estudos específicos sobre o processo de projeto de edificações em madeira, incluindo o sistema *wood frame*. Mas, cabe ressaltar autores referência como Bittencourt (1995), Mello (2007) e Berriel (2009) que apresentam preceitos gerais importantes para a elaboração de projetos visando a qualidade das construções em madeira. Nestes trabalhos, os autores identificam problemas recorrentes na elaboração desses projetos que comprometem o desempenho da edificação; tais como o desconhecimento da tecnologia e, conseqüentemente, a falta de detalhamento dos componentes constituintes.

Neste aspecto, para colaborar com o detalhamento da tecnologia em projetos, existem pesquisas específicas sobre as principais possibilidades de composição dos sistemas tipo *wood frame*. Com base em regulamentações e publicações internacionais, autores apontam materiais, elementos de ligação e formas de união dos componentes e/ou dos elementos pré-fabricados (PALERMO, 1979; KRAMBECK, 2006; ESPÍNDOLA, 2010; VELLOSO, 2010).

No entanto, ainda há uma defasagem de análises sobre métodos e ferramentas que facilitam a aplicação de tais detalhes em projetos de edificações em *wood frame*. Nesse sentido, as ferramentas BIM podem contribuir permitindo que o projeto contenha as informações necessárias para a execução. A utilização do BIM para construções em madeira pode aprimorar os processos de projeto e de construção, permitindo a criação, teste e avaliação de um número maior de alternativas antes mesmo do início da obra (NAWARI, 2012).

Na literatura nacional existem algumas pesquisas que exemplificam a aplicação do BIM para construções em madeira. Por exemplo, Castelhana (2013) faz uma breve introdução dos conceitos de BIM para estruturas em madeira e compara suas vantagens através de uma modelagem de um sistema pilar-viga, já Silva *et al.* (2018) demonstra a modelagem BIM de um pergolado em madeira laminada colada, e Abe (2018) modela uma estrutura de cobertura com peças múltiplas de madeira. Ainda, o trabalho de Fairbaks, Messias e Moreira (2018) que propõe uma integração entre ferramentas BIM para inserir a análise estrutural do sistema *wood frame* no desenvolvimento do projeto estrutural.

Em uma análise mais ampla, na literatura internacional, Nawari (2012) afirma que ferramentas BIM e extensões utilizadas para estruturas em aço e em

concreto não são tão adequadas para estruturas em madeira e, assim, apresenta alguns critérios necessários para estes projetos. Já o trabalho de Lobos *et al.* (2017) atualiza o levantamento sobre os *softwares* BIM e *plug-ins* disponíveis no mercado para a confecção de projetos estruturados em madeira, concluindo que estas possibilidades ainda são escassas e as potencialidades do BIM para madeira ainda não são muito exploradas.

Tendo em vista estas lacunas levantadas, este trabalho visa contribuir com o tema, por apresentar possibilidades de projetar edificações em *wood frame* utilizando ferramentas BIM, visando a qualidade do produto final.

1.2 Definição do problema

Conforme o contexto citado anteriormente, o problema colocado neste trabalho é a qualidade de projetos de edificações do tipo *wood frame*, a qual pode ser aprimorada com a utilização de ferramentas BIM na inserção de parâmetros específicos deste sistema construtivo em madeira.

No Brasil, constatou-se que a falta de desempenho e qualidade de muitas construções em madeira não raro é causada por ausência ou inadequação de projetos, que desconsideram as particularidades deste material e suas tecnologias construtivas (BITTENCOURT, 1995).

O projeto para construções em madeira necessita de uma prática diferenciada em relação aos sistemas construtivos tradicionais. A dissociação da estrutura, do fechamento e do acabamento é um princípio fundamental para projetos com madeira. Diferentemente da construção tradicional, onde a estrutura e as paredes são representadas como um único componente, no projeto com madeira é necessário a definição, especificação e detalhamento de todas as partes (BITTENCOURT, 1995).

A exatidão e o rigor na execução são outros princípios norteadores dos projetos em madeira. Desta forma, a inclusão de detalhes construtivos é fundamental durante a concepção destes projetos para garantir a compatibilidade entre os diferentes elementos e componentes construtivos de toda a edificação (BITTENCOURT, 1995).

Da mesma forma, o projeto de uma edificação em *wood frame* precisa incluir seus elementos constituintes para contribuir com todas as etapas da execução e a qualidade da obra. Entretanto, uma pesquisa recente apontou que muitos

profissionais de engenharia e de arquitetura não especificam o sistema construtivo *wood frame* em projeto, pois afirmam não conhecer plenamente as suas características (OLIVEIRA, 2014).

Atualmente, o *wood frame* não tem uma norma técnica vigente no Brasil (BRASIL, 2016). Portanto, há uma preocupação com a padronização e qualidade dessas construções, assim como ocorre com muitos sistemas inovadores.

Para contribuir com a qualidade no projeto deste sistema, existem no mercado ferramentas BIM próprias para *wood frame* que facilitam a inclusão de componentes constituintes seguindo diretrizes técnicas pré-estabelecidas.

Como citado anteriormente, observou-se que, em geral, ainda não existem estudos mais aprofundados sobre processos de modelagem de construções de *wood frame* com ferramentas BIM. Considerando esta lacuna, este trabalho busca responder a seguinte questão: como modelar uma edificação em *wood frame* utilizando ferramentas BIM?

1.3 Objetivos

Nos tópicos seguintes, serão apresentados os objetivos geral e específicos do presente trabalho.

1.3.1 Objetivo geral

Demonstrar como modelar uma edificação em *wood frame* utilizando ferramentas BIM específicas para estruturas em madeira.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Selecionar as ferramentas BIM para realizar a modelagem em *wood frame*;
- b) Definir as especificações dos componentes constituintes das paredes e do entrepiso;
- c) Apresentar as etapas da modelagem de um estudo de caso adaptado para o sistema *wood frame*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste tópico serão apresentados os conceitos relevantes para o entendimento do trabalho em questão, são eles: (1) Sistema construtivo *wood frame*; (2) Projeto de edificações estruturadas em madeira; (3) Modelagem da Informação da Construção (BIM); e (4) Ferramentas BIM para sistemas estruturados em madeira.

2.1 Sistema construtivo *wood frame*

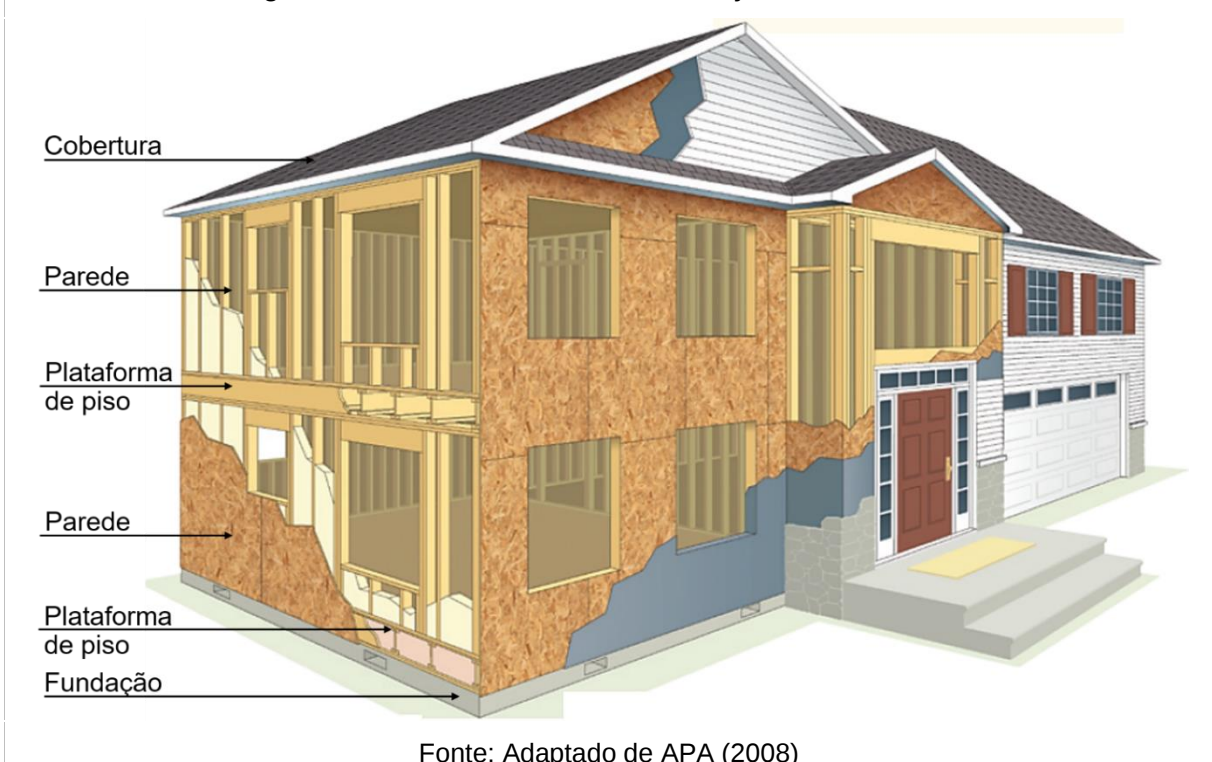
O *wood frame* é um sistema construtivo com estrutura leve em madeira que se originou na América do Norte, no século XIX, devido a necessidade de técnicas mais rápidas de construção para a colonização de algumas regiões dos Estados Unidos. Naquele período, a introdução de produtos industriais padronizados, como madeira serrada e pregos, favoreceu sua implantação (SÁNCHEZ, 1995).

Com o decorrer do tempo, este sistema passou por transformações técnicas, se adequando à introdução de materiais cada vez mais industrializados e métodos de montagem mais mecanizados. Sua disseminação e aceitação popular são fundamentadas por suas vantagens, como as destacadas por Sánchez (1995):

- Elevado grau de flexibilidade na espacialidade do projeto;
- Facilidade na pré-fabricação, com materiais industrializados e padronizados;
- Simplicidade nas uniões entre as peças, com uso de pregos e grampos;
- Rapidez na execução, conforme os diferentes graus de pré-fabricação;
- Redução nos custos da fabricação dos elementos pré-fabricados e da montagem da edificação;
- Construção realizada a seco, aplicando madeira de florestas plantadas e manejadas, resultando em um processo mais sustentável.

Os principais subsistemas que constituem o sistema construtivo *wood frame* são: fundação, plataforma de piso, paredes e cobertura, conforme apresentado na Figura 1. Cabe ressaltar que a fundação geralmente é executada conforme os sistemas construtivos convencionais de concreto armado, não sendo, portanto, exclusiva do sistema *wood frame*.

Figura 1 – Subsistemas de uma edificação em *wood frame*



O *wood frame* é um sistema modular, onde os elementos estão conjugados entre si ao receber os esforços. Sua estrutura apresenta redundância e hiperstaticidade, ou seja, é composta por elementos repetidos com a mesma funcionalidade; assim, caso um dos elementos falhe, ocorre uma redistribuição de esforços (SACCO; STAMATO, 2008). Por isso, é importante seguir uma modulação entre os componentes estruturais dos subsistemas de piso, parede e cobertura; assim, os esforços são transmitidos desde a cobertura até a fundação (DIAS, 2005). Alguns detalhes básicos destas composições serão apresentados a seguir.

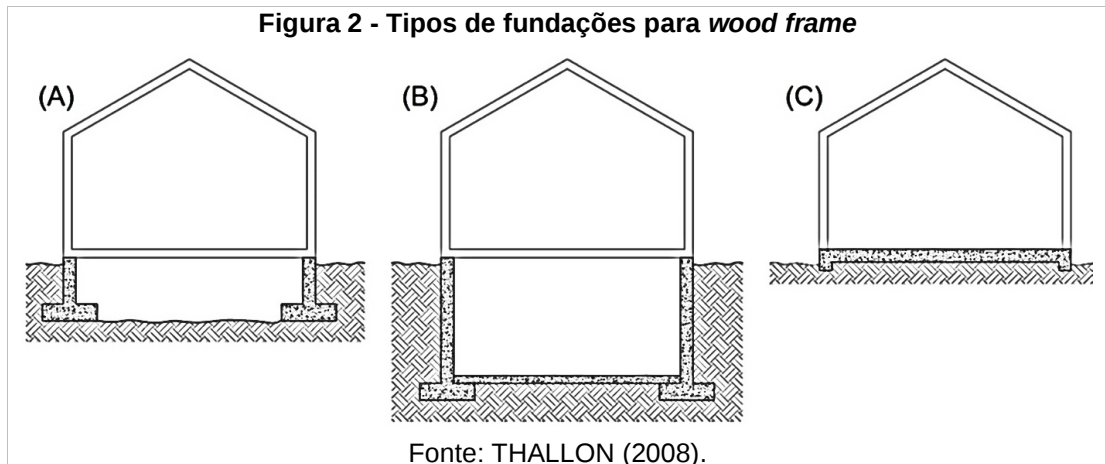
2.1.1 Fundação

Por se tratar de um sistema leve em madeira, as fundações estão submetidas a cargas relativamente reduzidas, resultando na adoção de fundações simples e econômicas (DIAS, 2005; MOLINA; CALIL, 2010).

O tipo de fundação é definido de acordo com as cargas de projeto e o tipo de solo existente (MOLINA; CALIL, 2010). Segundo Dias (2005), são adotadas comumente as seguintes soluções:

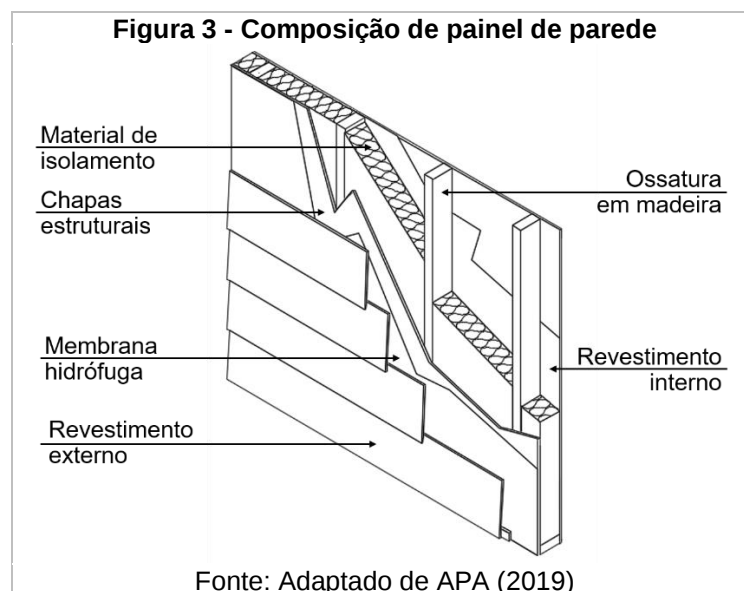
- Sapatas corridas com vigas baldrame (Figura 2a);

- Sapatas de pescoço alongado e cintas de amarração (Figura 2b);
- Laje do tipo radier (Figura 2c);
- Estacas de concreto ou postes de madeira tratada.

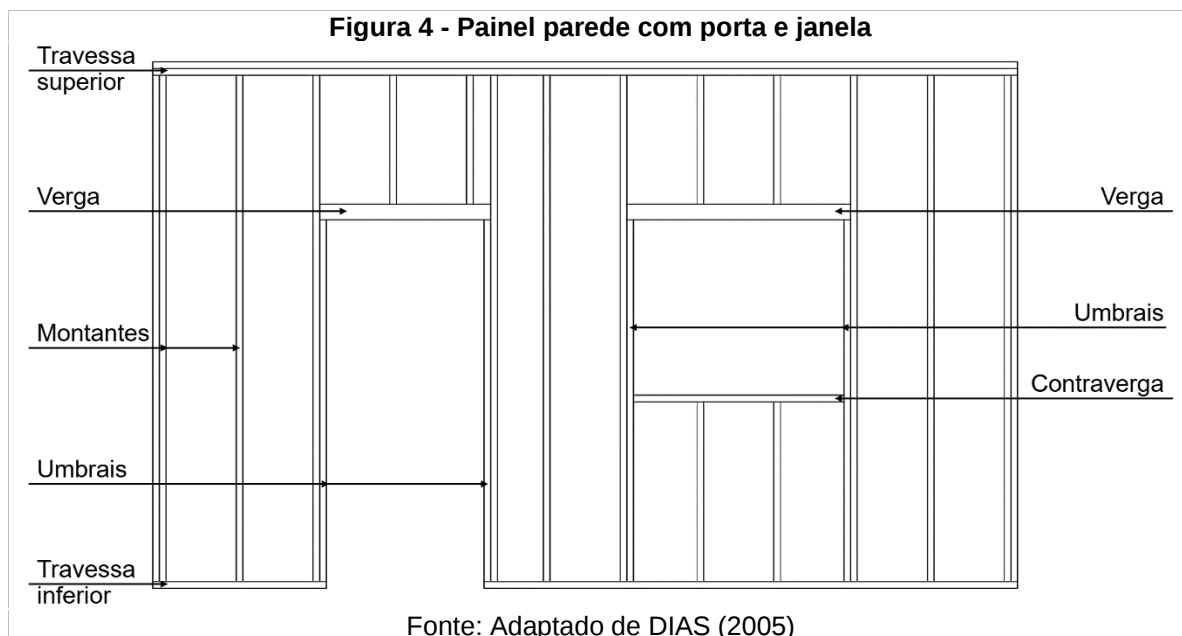


2.1.2 Paredes

Os painéis das paredes são constituídos de uma ossatura em madeira maciça, com chapas estruturais como contraventamento e revestimentos interno e externo. Também podem ser instalados materiais para isolamento térmico e acústico nos vãos entre as peças de madeira da ossatura, conforme mostrado na Figura 3 (APA, 2016; DIAS, 2005).



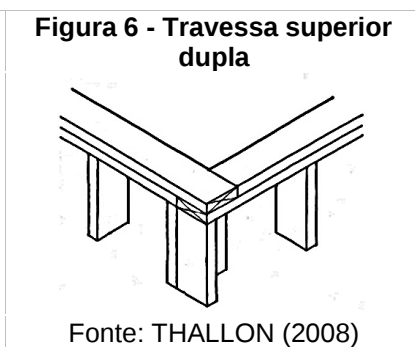
Conforme ilustrado na Figura 4, os principais componentes da ossatura são denominados: montantes, travessas, vergas, contravergas e umbrais nas aberturas de portas e janelas. As peças são unidas por meio de pregos galvanizados (APA, 2016; DIAS, 2005).



Nos países Norte Americanos, as peças que compõem a ossatura da parede possuem dimensões padronizadas de 2" x 4" ou 2" x 6", que convertidas para centímetros seriam, aproximadamente, 5 cm x 10 cm e 5 cm x 15 cm (THALLON, 2008; APA, 2016). No Brasil, as seções comerciais das peças são de 4 cm x 9 cm e 4 cm x 14 cm, considerando a madeira aplainada (VELLOSO, 2010). O espaçamento dos montantes varia de 40 cm a 60 cm, medidos entre eixos, conforme a carga suportada (THALLON, 2008; APA, 2016).

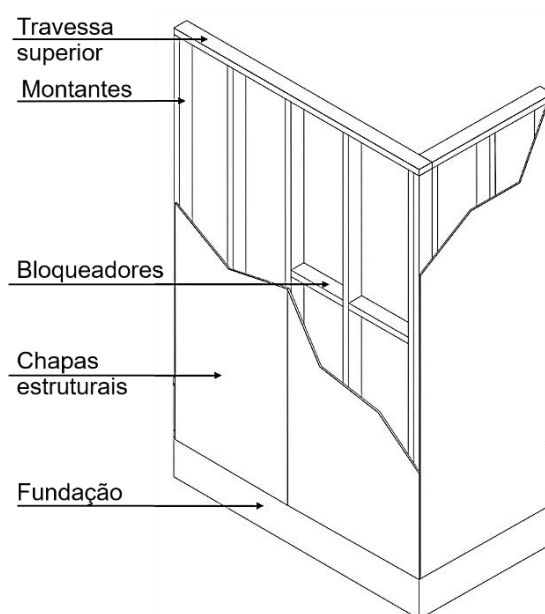
Nos encontros entre paredes, os montantes devem ser reforçados, devendo ser utilizados, por exemplo, montantes duplos, conforme detalhado na Figura 5 (THALLON, 2008).

As travessas superiores dos painéis devem, preferencialmente, ser duplas, devendo a última ser contínua para que haja transpasse nos encontros e nos cantos das paredes, conforme visto na Figura 6. Caso não sejam utilizadas travessas duplas, os encontros devem ser unidos por meio de chapa metálica, conforme ilustrado na Figura 7 (DIAS, 2005).



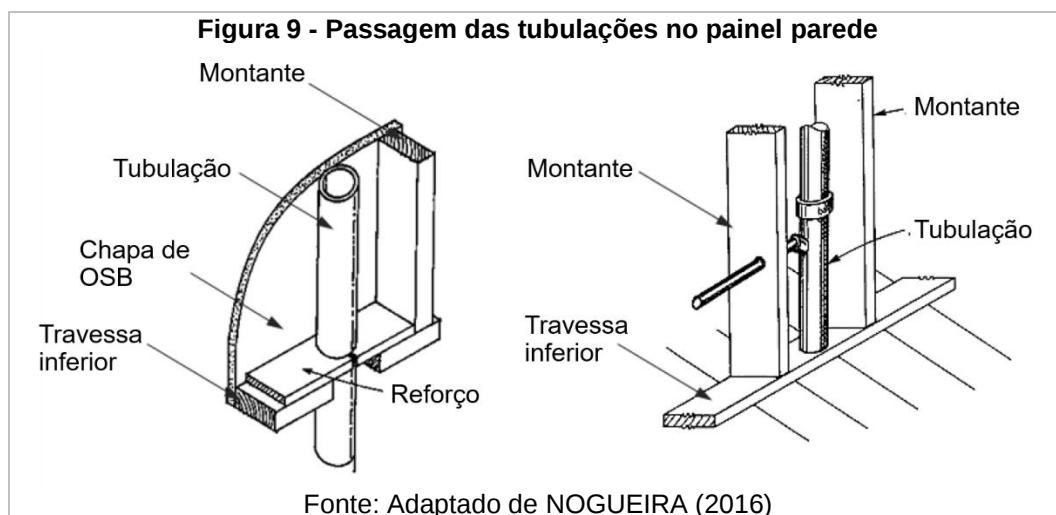
Para dar estabilidade ao conjunto, chapas estruturais de madeira, como *Oriented Strand Board* (OSB) ou compensado, devem ser fixadas nas duas faces da ossatura de madeira, sendo pregadas de um modo a evitar a ocorrência da flambagem. Esse contraventamento da ossatura também pode ser feito com tábuas de madeira dispostas na diagonal (DIAS, 2005; CMHC, 2013). As chapas geralmente medem 120 cm × 240 cm ou 120 cm × 300 cm, podendo ser fixadas na horizontal ou na vertical, sendo mais utilizadas na posição vertical, por dar mais resistência ao conjunto (APA, 2016; LP, 2012). Quando o comprimento da chapa for menor que a altura da parede ou quando as mesmas são aplicadas no sentido horizontal, deve-se utilizar bloqueadores ou enrijecedores, que são travessas extras na ossatura, que permitem a pregação da chapa em toda a sua borda, conforme visto na Figura 8 (APA, 2016; LP 2012; VELLOSO, 2010).

Figura 8 - Estrutura de parede com chapa estrutural e bloqueadores



Fonte: Adaptado de APA (2019)

As instalações elétricas e hidráulicas podem ser feitas com tecnologias iguais às de uma edificação convencional de alvenaria, mas a possibilidade de embutir as instalações nos vãos internos dos montantes permite maior praticidade e rapidez à construção (MOLINA; CALIL, 2010). A Figura 9 apresenta a passagem das instalações entre os montantes do painel parede do sistema *wood frame*.



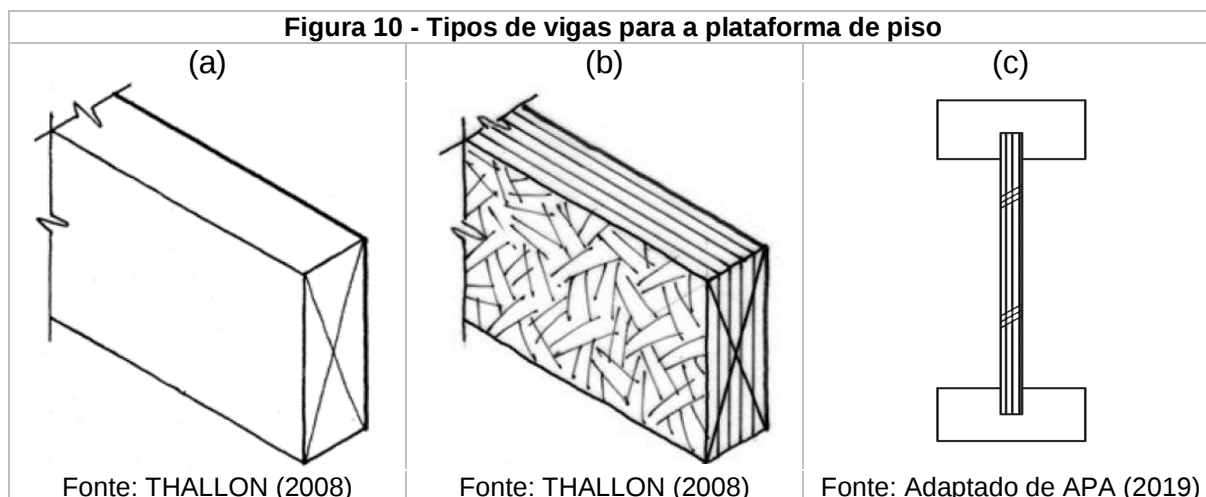
Os revestimentos externos das paredes podem ser em *sidings* de aço, madeira e PVC. Ainda, para dar um acabamento similar ao da alvenaria, podem ser utilizadas placas cimentícias, tijolos aparentes e argamassa armada (MOLINA; CALIL, 2010). Nas camadas externas, entre a chapa de OSB e o acabamento final, são inseridas a membrana hidrófuga, com a finalidade de evitar a entrada de água e permitir a saída da umidade ou vapor internos (ESPÍNDOLA, 2017).

Nos revestimentos internos das paredes, são utilizadas placas em gesso acartonado, que permitem melhor resistência ao fogo, pois possuem barreira antichama (VELLOSO, 2010). Ainda, as áreas úmidas internas podem receber placas de gesso acartonado resistentes à umidade revestidas com azulejo ou placas cimentícias com selador acrílico antifungo e pintura de resina acrílica pura (MOLINA; CALIL, 2010).

2.1.3 Plataforma de piso

A plataforma de piso pode ser apoiada e fixada sobre a fundação de sapatas isoladas ou corridas ou, no caso de entrepisos, sobre os painéis de parede. Este subsistema é constituído por um quadro estrutural formado por vigas dispostas

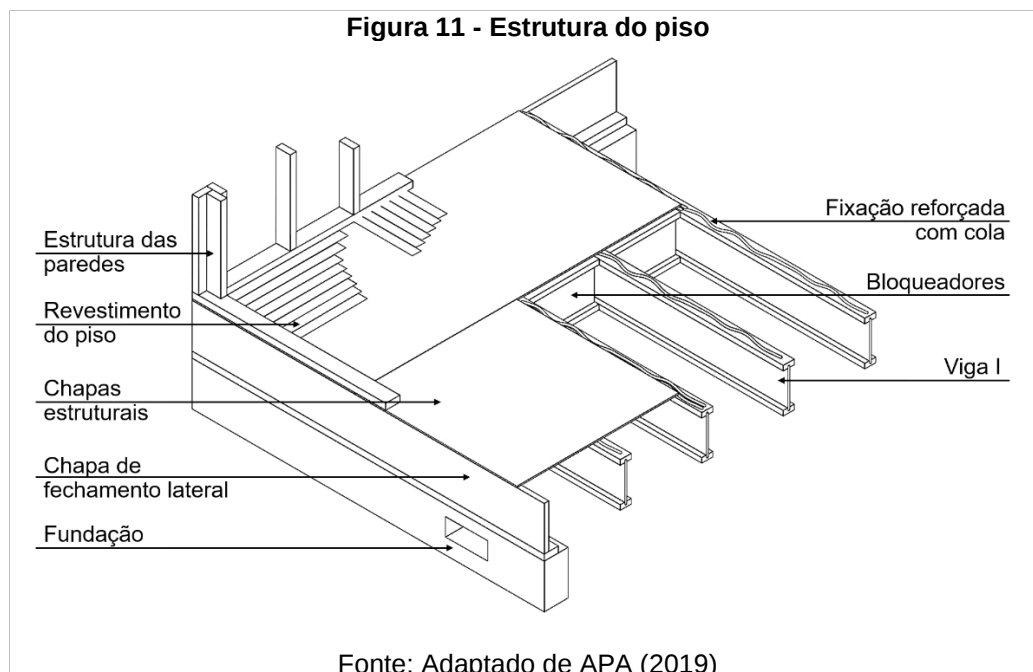
paralelamente e, sobre as mesmas, são instaladas chapas estruturais de fechamento de OSB. As vigas podem ser retangulares de madeira maciça (Figura 10a), retangulares de madeira laminada colada (Figura 10b) ou em formato “I” com alma em OSB ou compensado (Figura 10c) (THALLON, 2008; SANTOS, 2005).



Segundo Sánchez (1995), o espaçamento utilizado normalmente entre as vigotas varia entre 30 cm, 40 cm e 60 cm de acordo com o carregamento, geralmente utilizando-se a mesma modulação dos montantes das paredes.

Nas bordas das vigotas são utilizadas chapas de fechamento lateral, que juntamente com as chapas horizontais de fechamento e os elementos bloqueadores entre as vigotas, promovem o travamento da estrutura do piso (SANTOS, 2005). As chapas estruturais devem estar posicionadas perpendicularmente às vigotas para que haja correto travamento do sistema de piso. Elas são fixadas geralmente por pregos, mas o acréscimo de cola pode reforçar a rigidez estrutural, conforme representado na Figura 11 (APA, 2016; THALLON, 2008).

Para o acabamento dos pisos em áreas secas são utilizados, por exemplo, revestimentos cerâmicos, carpetes e laminados de madeira sobre mantas para assegurar a isolamento acústica. Nas áreas úmidas, sobre a chapa estrutural de madeira, aplica-se uma pintura impermeabilizante do tipo membrana acrílica impermeável para, posteriormente, executar um contrapiso de argamassa e o assentamento do piso cerâmico (MOLINA; CALIL, 2010).

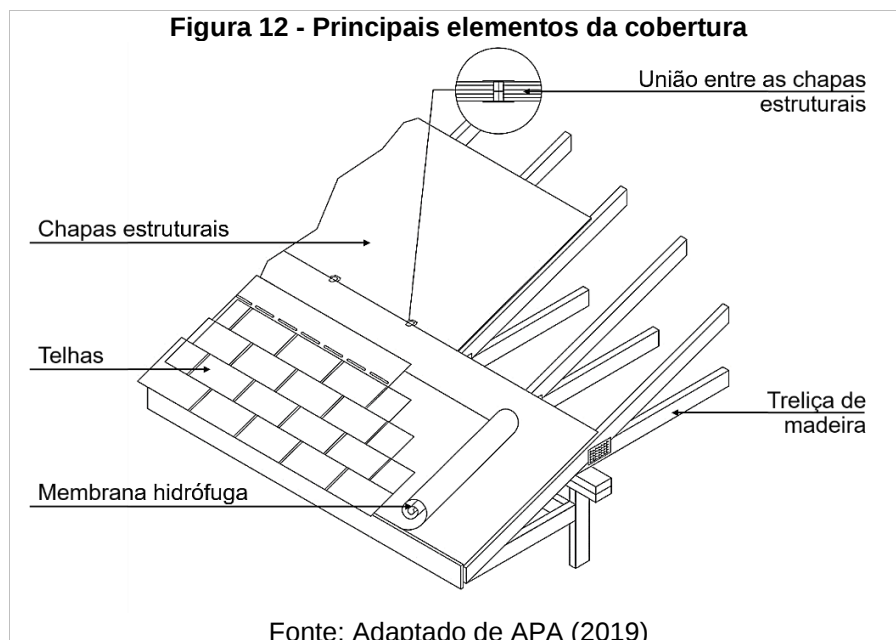


2.1.4 Cobertura

Neste sistema construtivo, na execução dos telhados, a maior parte das edificações utiliza treliças pré-fabricadas com peças de madeira de pequena seção, fixadas entre si por meio de conectores metálicos estampados. Caso o projeto de cobertura tenha diversas águas e inclinações, também pode se optar pela utilização de caibros. O espaçamento entre as peças estruturais da cobertura varia de acordo com a telha a ser empregada e dos espaçamentos entre montantes das paredes. Elas são fixadas nas paredes por meio de pregos cravados em ângulo (MOLINA; CALIL, 2010; VELLOSO, 2010).

Após a execução do madeiramento, deve ser feita a fixação das chapas estruturais de fechamento no plano superior da cobertura para auxiliar no contraventamento da estrutura. Sobre as chapas, são instalados os materiais de isolamento térmico e impermeabilização. E, no final, são fixadas as ripas e telhas (APA, 2016).

Podem ser utilizadas telhas de diversos tipos, como: asfálticas planas – *shingle*, cerâmicas, metálicas, de fibrocimento; mas, sempre deve-se ter a precaução de inserir uma manta de subcobertura antes do ripamento para que a estanqueidade seja assegurada, conforme ilustrado na Figura 12 (MOLINA; CALIL, 2010).



2.1.5 *Wood frame* no Brasil

No Brasil, há registros das primeiras construções de até dois pavimentos em *wood frame* já no fim da década de 1970, realizadas por empresas da região Sul. Inicialmente, as primeiras construções eram destinadas a vilas e alojamentos para obras de infraestrutura. Na década de 1990, houve a produção de habitações para uma classe com renda mais alta e, em meados de 2000, houve a iniciativa da construção de unidades habitacionais (ESPÍNDOLA, 2017).

Em meados de 2009, uma comitiva composta por empresários e engenheiros visitou algumas fábricas na Alemanha para verificar o processo de produção do *wood frame*. Com isso, criou-se uma comissão denominada de Casa Inteligente, com o objetivo de viabilizar a implantação desse sistema construtivo no Brasil. Esse grupo estabeleceu metas para: publicar uma normalização técnica, buscar o parecer favorável para financiamentos, capacitar a mão de obra e dar visibilidade ao *wood frame* no país. Desta forma, a construção de empreendimentos com este sistema começou a se intensificar. Já foram construídas instituições de ensino, como creches e ambientes para pesquisa, e edificações para serviços como áreas para atendimento de motoristas em rodovias. Atualmente, a maior parte das edificações construídas são residenciais (ESPÍNDOLA, 2017).

Dentro dessas edificações, destaca-se a construção do primeiro conjunto habitacional financiado pelo governo através do programa Minha Casa Minha Vida

(MCMV). O mesmo foi finalizado em 2013 e possui 280 unidades de 45m², conforme apresentado na Figura 13 (FERREIRA, 2013). Além disso, destaca-se também o primeiro edifício construído em *wood frame* no país, em 2016 no município de Araucária, no Paraná, mostrado na Figura 14. O edifício possui três pavimentos e sua construção foi realizada em 64 horas, com jornadas de oito horas de trabalho diárias (TECVERDE, 2016).

Figura 13 – Conjunto habitacional em *wood frame*



Fonte: FERREIRA (2013)

Figura 14 - Primeiro prédio em *wood frame* do Brasil



Fonte: TECVERDE (2016)

Os preços para edificações com esse sistema construtivo variam conforme o padrão de acabamento, arquitetura e tecnologias adicionais de conforto térmico e sustentabilidade. Por isso, o comparativo de preços entre esse sistema e sistemas convencionais deve ser feito levando em conta o preço global da obra, onde questões como economia de tempo, mão de obra e desperdícios já foram considerados (SILVA, 2010).

A consolidação do *wood frame* no Brasil ainda depende principalmente do ambiente regulador, que auxilia na remoção dos obstáculos regulamentares, como a falta de formação dos profissionais, a falta de normas específicas do sistema e o apoio do governo e da cadeia de suprimentos dos setores da construção civil e madeireiro (SOTSEK; SANTOS, 2018).

A norma técnica para o sistema construtivo *wood frame* está em elaboração (ABIMCI, 2019). Entretanto, desde meados de 2010, para garantir sua eficiência e respeito das normas nacionais de desempenho de edificações, o *wood frame* passou por um processo de avaliação técnica pelo Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT), no âmbito do PBQP-H, resultando na publicação da Diretriz SINAT nº 005 (BRASIL, 2017).

A Diretriz SINAT nº 005 traz especificações gerais sobre elementos constituintes de parede, piso e cobertura para edificações unifamiliares e multifamiliares de até quatro pavimentos. A diretriz não é reguladora, porém, coloca referências normativas para realização de ensaios que embasam a comprovação da eficiência deste sistema (BRASIL, 2017). Com base nessas diretrizes, a empresa Tecverde propôs um tipo de sistema *wood frame* e realizou os ensaios devidos. Após análise desses resultados, foi publicado seu Documento de Avaliação Técnica – DATec nº 020 (BRASIL, 2018).

O sistema é vantajoso e de execução relativamente simples, porém existe a necessidade de incorporar as informações no projeto de modo a obter uma construção de qualidade.

2.2 Projeto de edificações estruturadas em madeira

Tradicionalmente, quando são utilizados sistemas de estrutura de concreto armado e vedações em alvenaria, o projeto arquitetônico, em suas diversas fases, tem uma representação gráfica abstrata. Desde os primeiros estudos até a elaboração do projeto executivo, poucas linhas representam os componentes constituintes da edificação como se fossem um objeto único. Aparentemente há um consenso de que não se faz necessário identificar as partes dos subsistemas que integram a edificação.

No entanto, para as construções que utilizam madeira, em especial na sua estrutura, o projeto requer uma prática diferente desta tradicional. Pois, por suas características, a madeira, quando mal aplicada, tem aumentada sua suscetibilidade a degradações, diminuindo seu desempenho e sua vida útil. Portanto, cada componente da edificação, incluindo os em madeira, devem ser definidos, especificados e detalhados conforme suas especificidades (BITTENCOURT, 1995). O projeto, desde as primeiras concepções, deve pensar na adoção de soluções para cada parte da edificação e como essas se articulam, considerando a “materialidade técnica da construção” (BERRIEL, 2009). Isso significa ter um conhecimento técnico sobre o sistema construtivo adotado, desde os materiais, suas interfaces e ligações até os métodos de execução na fábrica e no canteiro de obras.

Assim, no projeto de edificações em madeira, o detalhe é um ponto de partida e não uma consequência. Estes detalhes devem ser incorporados nas definições do projeto. O detalhe atua como uma ferramenta de trabalho, um meio de

transferir as informações da concepção para a execução. Os detalhes e as especificações do projeto darão uma base para uma execução rigorosa e precisa. Caso contrário, os erros ou omissões no projeto afetarão a execução e, conseqüentemente, a qualidade e os custos da construção (BITTENCOURT, 1995; MELLO, 2005). Com informações técnicas precisas, integradas e detalhadas sobre a edificação, evita-se que ocorram alterações e improvisos durante a execução (MELHADO, 1994, 1998).

Nesse caso, esse processo de projeto não pode ser sequencial e fragmentado como atualmente ocorre na prática tradicional. Para um projeto de qualidade com soluções consistentes, é preciso que o processo seja realizado de forma integrada entre os diversos agentes envolvidos (FABRICIO, 2002). O processo pode ser constituído por diversos profissionais de diferentes áreas e que visualizam o produto por diferentes perspectivas, mas que se complementam. Suas atividades e suas decisões devem ser executadas em conjunto e de forma integrada, reforçando a necessidade de um processo estruturado, com atividades planejadas e gerenciadas (ROZENFELD *et al.*, 2006).

2.2.1 Medidas gerais de projeto para durabilidade das construções em madeira

Para que o desempenho da edificação seja eficiente, em especial referente à questão da durabilidade da madeira, as soluções das interfaces entre componentes e a maneira de se aplicar os materiais devem avaliar os possíveis pontos críticos de deterioração deste material (BARATA, 2008). Considerando as propriedades da madeira, o Quadro 1 apresenta algumas medidas gerais que contribuem no desenvolvimento das soluções destes projetos.

Quadro 1 - Tipos de medidas e objetivos para melhorar a durabilidade das construções em madeira

Tipo de medida	Objetivos
Projeto apropriado – processo de concepção e execução da obra	Evitar intervenções na obra, comprometendo o desempenho do conjunto. Especificamente busca-se com um detalhamento cuidadoso a redução da exposição direta ao intemperismo – irradiação solar, chuva, umedecimento permanente através de fontes secundárias de umidade, rachaduras, deformações, deterioração por fungos e insetos.
Material	Diminuir o grau de responsabilidade da madeira e dos seus derivados pela perda de durabilidade da construção, o que implica no uso de madeira e derivados com características e propriedades adequadas ao uso previsto, adequadamente classificado segundo seus “defeitos” naturais.

Fonte: BENEVENTE (1995) apud BARATA (2008)

Quadro 1 (continuação) - Tipos de medidas e objetivos para melhorar a durabilidade das construções em madeira

Tratamentos preservativos	Proteção contra a descoloração e a deterioração por fungos e insetos.
Acabamentos	Proteção contra absorção de umidade, desfiguração, estabilização e prevenção de rachaduras e proteção limitada contra fungos e insetos.
Manutenção adequada	Evitar danos na reposição de peças ou recuperação difícil ou onerosa.

Fonte: BENEVENTE (1995) apud BARATA (2008)

2.2.2 Especificações para edificações em *wood frame* no Brasil

Do Quadro 2 ao Quadro 6 apresentam-se as especificações para os subsistemas de parede e entrepiso do sistema *wood frame*, de acordo com a Diretriz SINAT nº 005 (BRASIL, 2017) e o DATec nº 020C (BRASIL, 2018). O Quadro 2, Quadro 3 e Quadro 4 apresentam os critérios para os componentes do quadro estrutural das paredes, da face externa das paredes e da face interna das paredes, respectivamente. O Quadro 5 e Quadro 6 apresentam as especificações para os componentes do quadro estrutural e revestimento/acabamento do entrepiso, respectivamente.

Quadro 2 - Especificações para quadro estrutural de paredes

Componentes do quadro estrutural		Diretriz SINAT nº 005 -Revisão 02 (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)	DATec nº 20C (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)
Peças de madeira	Espécie / resistência	Coníferas: Classe mínima C20, 12% de umidade	Pinus taeda
	Seção transversal nominal mínima	38mm x 89 mm (tolerância de - 1,5mm)	38mm x 140mm - Paredes externas 38mm x 89mm - Paredes internas
	Espaçamento máximo entre montantes	Não consta	60cm, conforme cálculo estrutural
	Dispositivo de fixação metálicos	Informações com descrição, tipo e uso devem constar no projeto e no DATec específico. Tempo mínimo para aparecimento de corrosão: 240 horas	Pregos do tipo anelado (em rolo) ou do tipo espiralados (em ardox) com diâmetro mínimo de 3,1mm e comprimento de 75mm, espaçados a cada 20cm

Fonte: BRASIL (2017); BRASIL (2018)

Quadro 3 - Especificações para face externa das paredes

Componentes da face externa das paredes		Diretriz SINAT nº 005 -Revisão 02 (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)	DATEc nº 20C (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)
Chapa estrutural de fechamento	Tipo	OSB estrutural tipo 3 (uso externo)	OSB estrutural tipo 3 (uso externo)
	Espessura	Conforme EN300	9,5 mm
	Dimensões	Não consta	Não consta
	Dispositivos de fixação	Informações com descrição e tipo devem constar no projeto e no DATEc específico. Tempo mínimo para aparecimento de corrosão: 480 horas (ambiente urbano); 720 horas (ambiente marinho)	Grampos galvanizados com comprimento mínimo de 50mm espaçados a cada 150mm ou pregos anelados com diâmetro mínimo de 2,5mm, comprimento mínimo de 50mm e espaçados a cada 200mm
Revestimento	Tipo	Placa cimentícia - Classe A (uso externo)	Placa cimentícia - Classe A3
	Espessura	Mín. Categoria 2, conforme NBR 15498 (2016)	8mm
	Dimensões	Não consta	Não consta
	Juntas	Tipo aparente ou dissimulada	Espaçamento de 3mm a 5mm e do tipo aparente ou dissimuladas
	Dispositivos de fixação	Conforme NBR 15498 (2016)	Parafusos do tipo rosca soberba, cabeça cônica estriada, com espaçamentos determinados pelo fornecedor da placa cimentícia
Barreiras impermeáveis à água e permeáveis ao vapor	Tipo	Consultar ISO 9073	Permeabilidade ao vapor de água médio de $1,30 \times 10^{-2} \text{ ng/Pa.s.m}$ e gramatura de 101,0g/m ²
	Dispositivos de fixação	Consultar normas pertinentes	Fixada nas chapas de OSB por meio de grampos galvanizados
Acabamento	Pintura	Não consta	Placas de cimentícias revestidas com argamassa cimentícia "base coat" com 5mm e textura acrílica com 3mm de espessura.

Fonte: BRASIL (2017); BRASIL (2018)

Quadro 4 - Especificações para face interna das paredes

Componentes da face interna das paredes		Diretriz SINAT nº 005 -Revisão 02 (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)	DATEc nº 20C (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)
Chapa estrutural de fechamento	Tipo	OSB estrutural tipo 2 (ambientes secos); OSB estrutural tipo 3 (ambientes molháveis e molhados)	OSB tipo 2 (uso interno em ambientes secos); tipo 3 (uso externo e interno) em áreas molháveis e molhadas), segundo o EM 300
	Espessura	Conforme EN 300	9,5 mm
	Dimensões	Não consta	Não consta
	Dispositivos de fixação	Informações com descrição, tipo e uso devem constar no projeto e no DATEC específico. Tempo mínimo para aparecimento de corrosão: 96 horas (ambientes secos); 240 horas (ambientes molháveis ou molhados)	Grampos galvanizados com comprimento mínimo de 50mm espaçados a cada 150mm ou pregos anelados com diâmetro mínimo de 2,5mm, comprimento mínimo de 50mm e espaçados a cada 200mm

Fonte: BRASIL (2017); BRASIL (2018)

Quadro 4 (continuação) Especificações para face interna das paredes

Revestimento	Tipo	Gesso acartonado: Standard - ST (ambientes secos); Resistente à umidade - RU + tratamento impermeabilizante (ambientes molháveis e molhados)	Gesso acartonado: Duas chapas Standard (ST) em ambientes secos; chapas Resistentes à Umidade (RU) em áreas molhável e molhada
	Espessura	Conforme NBR 14715 (2010)	12,5 mm
	Dimensões	Conforme NBR 14715 (2010)	Dissimuladas e recobertas com massa e fita celulósica para <i>drywall</i>
	Juntas	Não consta	Não consta
	Dispositivos de fixação	Conforme NBR 14715 (2010)	Parafusos de rosca soberba (ponta agulha)
Membrana impermeável à água e ao vapor		Membranas de impermeabilização na interface entre piso e parede de áreas molháveis e molhadas, até a altura de 200mm, antes da aplicação da camada de acabamento. Membranas em paredes que contenham pontos hidráulicos. As dimensões do elemento de impermeabilização devem ultrapassar o equipamento em no mínimo 200mm (acima, a partir do piso, e laterais a partir do final do equipamento)	Em áreas molhadas, a face das chapas de gesso do box deve ser revestida por membrana impermeável. As demais recebem membrana impermeável aplicada desde o piso até a altura de 200mm acima do ponto de hidráulica mais alto. Nas paredes sem pontos de hidráulica, a membrana impermeável de base acrílica é aplicada em três demãos cruzadas até altura de 200mm do piso acabado
Acabamento	Pintura	Não consta	Pintura acrílica sobre as chapas de gesso em ambientes secos
	Revestimento cerâmico	Não consta	Revestimento com placas cerâmicas do piso ao teto no box e até 150cm de altura nas demais paredes, com argamassa colante do tipo ACII em áreas molhável e molhada
	Rodapé	Material resistente à água; altura mín. 7 cm	Material cerâmico com no mínimo 70mm de altura, assentado com argamassa colante do tipo ACII

Fonte: BRASIL (2017); BRASIL (2018)

Quadro 5 - Especificações para quadro estrutural de entrepisos

Componentes do quadro estrutural		Diretriz SINAT nº 005 - Revisão 02 (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)	DATec nº 20C (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)
Peças de madeira	Espécie / resistência	Coníferas: Classe mínima C20, 12% de umidade	Pinus taeda
	Seção transversal nominal mínima	38mm x 89 mm (tolerância de - 1,5mm)	45mm x 190mm
	Espaçamento máximo entre barrotes	Não consta	Não consta
	Dispositivo de fixação metálicos	Informações com descrição, tipo e uso devem constar no projeto e no DATec específico. Tempo mínimo para aparecimento de corrosão: 240 horas	Pregos anelados (em rolo) ou espiralados (em ardox), diâmetro mínimo de 3,1mm e comprimento de 75mm, espaçados a cada 20cm. Parafuso metálico de cabeça escareada 8mmx260mm para fixação do entrepiso nas travessas superiores

Fonte: BRASIL (2017); BRASIL (2018)

Quadro 6 - Especificações para revestimento/acabamento de entrepisos

Componentes de Revestimento/Acabamento		Diretriz SINAT nº 005 -Revisão 02 (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)	DATEC nº 20C (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)
Chapa estrutural de fechamento	Tipo	OSB estrutural tipo 2 (ambientes secos); OSB estrutural tipo 3 (ambientes molháveis e molhados)	A face superior recebe chapa de OSB nas áreas secas e molháveis e, chapa de compensado do tipo naval multilaminada em madeira Pinus nas áreas molhadas
	Espessura	Conforme EN 300	18,3mm
	Dimensões	Não consta	Não consta
	Dispositivos de fixação	Informações com descrição, tipo e uso devem constar no projeto e no DATEC específico. Tempo mínimo para aparecimento de corrosão: 96 horas (ambientes secos); 240 horas (ambientes molháveis ou molhados)	Grampos galvanizados com comprimento mínimo de 50mm espaçados a cada 150mm ou pregos anelados com diâmetro mínimo de 2,5mm, comprimento mínimo de 50mm e espaçados a cada 200mm
Impermeabilização		Emprego de mantas ou membranas de impermeabilização em toda a superfície do contrapiso de áreas molhadas (banheiro com chuveiro, incluindo piso do box, área de serviço e áreas descobertas)	Utilização de filme de polietileno (lona plástica) sobre chapas de OSB e chapas de compensado. Emprego de membrana de impermeabilização em toda a superfície do contrapiso de áreas molhadas
Acabamento		Camada de argamassa para nivelar a superfície de um piso, sobre a qual se aplica o acabamento/revestimento. Aplicação de revestimento cerâmico, melamínico, cimentado, etc	Contrapiso de base cimentícia com espessura de 40mm e acabamento em revestimento de placas cerâmicas assentadas com argamassa industrializada do tipo ACII
Forro		Formado por chapas de gesso para drywall, e ou chapas cimentícias em áreas molhadas, ou outra chapa desde que conhecidas suas características e que contribuam no atendimento aos requisitos de desempenho	Camada dupla de chapas de gesso para drywall de 12,5mm de espessura

Fonte: BRASIL (2017); BRASIL (2018)

Atualmente existem ferramentas que facilitam a inclusão destas informações na elaboração de projetos, conforme será descrito nos tópicos seguintes.

2.3 Modelagem da Informação da Construção (BIM)

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) é definida por Eastman *et al.* (2014) como uma “tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”. Tais modelos de construção são definidos por:

- Componentes de construção, constituídos por objetos inteligentes associados a atributos computáveis e regras paramétricas;

- Componentes que possuem dados para descrever o seu comportamento, proporcionando análises como quantificação, especificação e análise energética;
- Dados consistentes e não redundantes de maneira que as alterações realizadas em um determinado objeto sejam aplicadas em todas as visualizações dos componentes do projeto;
- Dados coordenados de maneira que todas as vistas de um modelo sejam retratadas de modo coordenado.

A utilização do BIM oferece inúmeros benefícios nas diferentes fases da construção: concepção, projeto, construção e pós-construção (EASTMAN *et al.*, 2014).

No desenvolvimento do projeto, o *software* BIM gera, após a inserção de informações, o modelo tridimensional que pode ser visualizado em qualquer etapa do processo. Os objetos podem ser controlados por regras paramétricas como dimensões, forma e materiais, as quais, quando alteradas, são atualizadas em todo o modelo. Isso contribui para a redução de tempo de trabalho (EASTMAN *et al.* 2014).

Pode-se trabalhar em várias disciplinas de projeto ao mesmo tempo, como: arquitetura, estrutural, elétrico, hidrossanitário, etc. Com esta integração, as interferências e os problemas podem ser verificados durante a concepção do projeto, facilitando o processo de tomada de decisão para que o projeto seja melhorado continuamente. Esta integração de disciplinas também favorece a diminuição de erros e omissões de projeto (EASTMAN *et al.* 2014).

Conforme a inclusão de informações dos componentes constituintes, é possível quantificar áreas e extrair quantitativos de materiais, proporcionando estimativas de custos em qualquer etapa do projeto. Assim, é possível que todos os envolvidos estejam cientes das implicações dos custos durante o processo, permitindo melhores tomadas de decisão (EASTMAN *et al.* 2014).

Ainda, pode-se vincular o modelo da construção com ferramentas complementares como, por exemplo, ferramentas de análise energética para verificar o uso de energia durante as etapas preliminares do projeto (EASTMAN *et al.* 2014).

Existe também o conceito de níveis de desenvolvimento, importante para o desenvolvimento de um projeto e o entendimento de BIM, conforme descrito no tópico seguinte.

2.3.1 Níveis de desenvolvimento

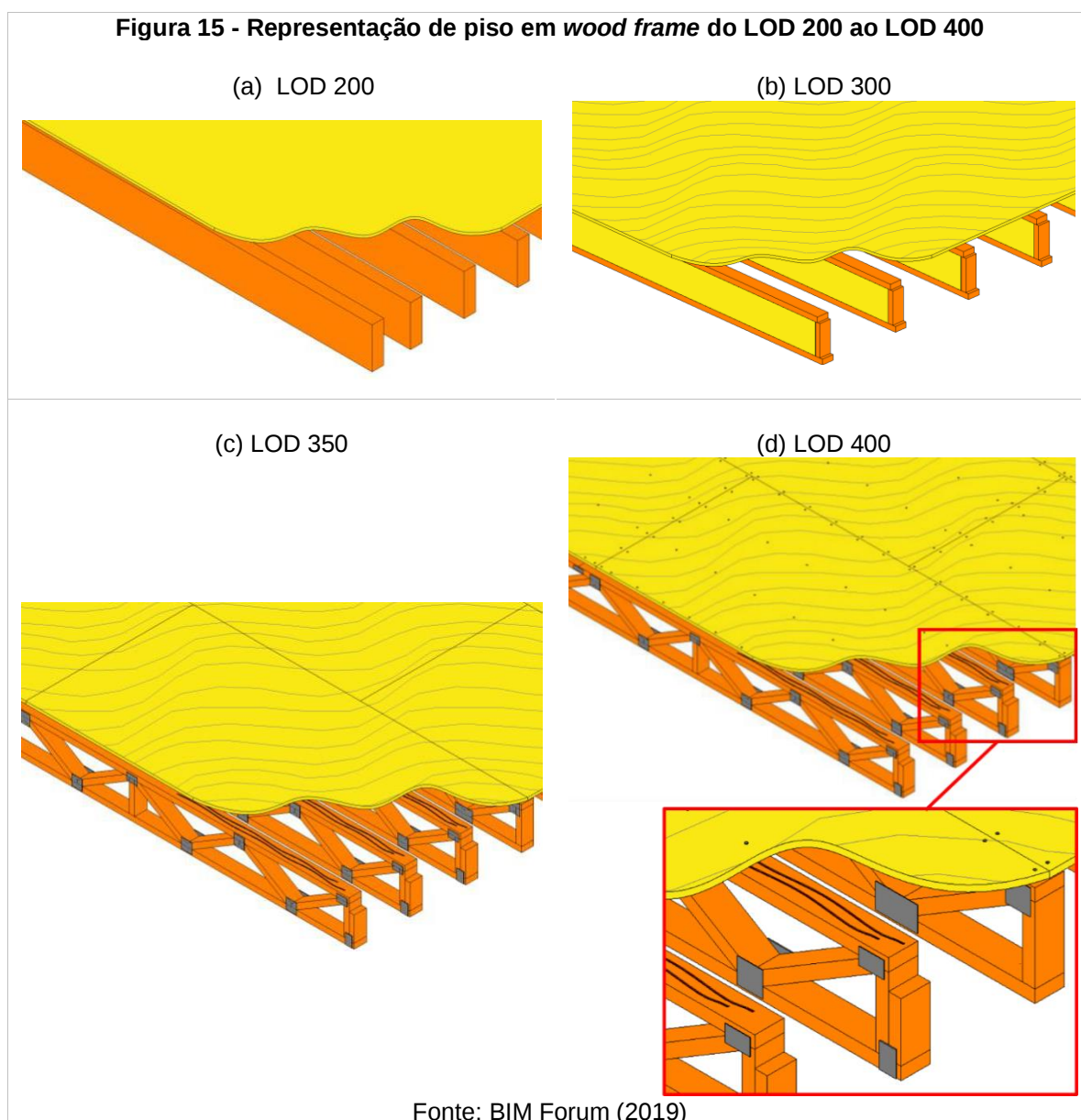
O nível de desenvolvimento, do inglês, *Level of Development* (LOD) é um conceito cujo objetivo é verificar a quantidade, confiabilidade e clareza de informações em um determinado modelo BIM, sendo estas informações utilizadas para o planejamento, orçamento, execução e manutenção da construção (ANDRÉ, 2019).

O *American Institute of Architects* (AIA) (2018) determina seis níveis de LOD:

- **LOD 100:** São informações aproximadas. A representação gráfica dos elementos do modelo pode ser por meio de símbolo ou um genérico. Neste caso, revela-se a existência do elemento, mas não forma, tamanho ou localização precisos, ou seja, os elementos deste nível não são representações geométricas;
- **LOD 200:** As informações ainda devem ser consideradas aproximadas. Mas, os elementos, ainda que genéricos, contêm tamanho, forma, localização e orientação mais precisos;
- **LOD 300:** Os elementos do modelo são representados graficamente de maneira mais precisa em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. As informações podem ser usadas para gerar desenhos de projetos;
- **LOD 350:** Este nível de desenvolvimento é similar ao LOD 300. Além disso, seus elementos possuem informações de interface com outros sistemas de construção;
- **LOD 400:** Os elementos do modelo são representados graficamente de forma precisa em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e ainda possuem informações de detalhamento, fabricação, montagem e instalação. O modelo possui detalhamento e precisão suficientes para a execução do componente;
- **LOD 500:** Neste nível de detalhamento os elementos do modelo são representados conforme construídos. As informações contidas neste modelo são apropriadas para manutenção e operação da construção.

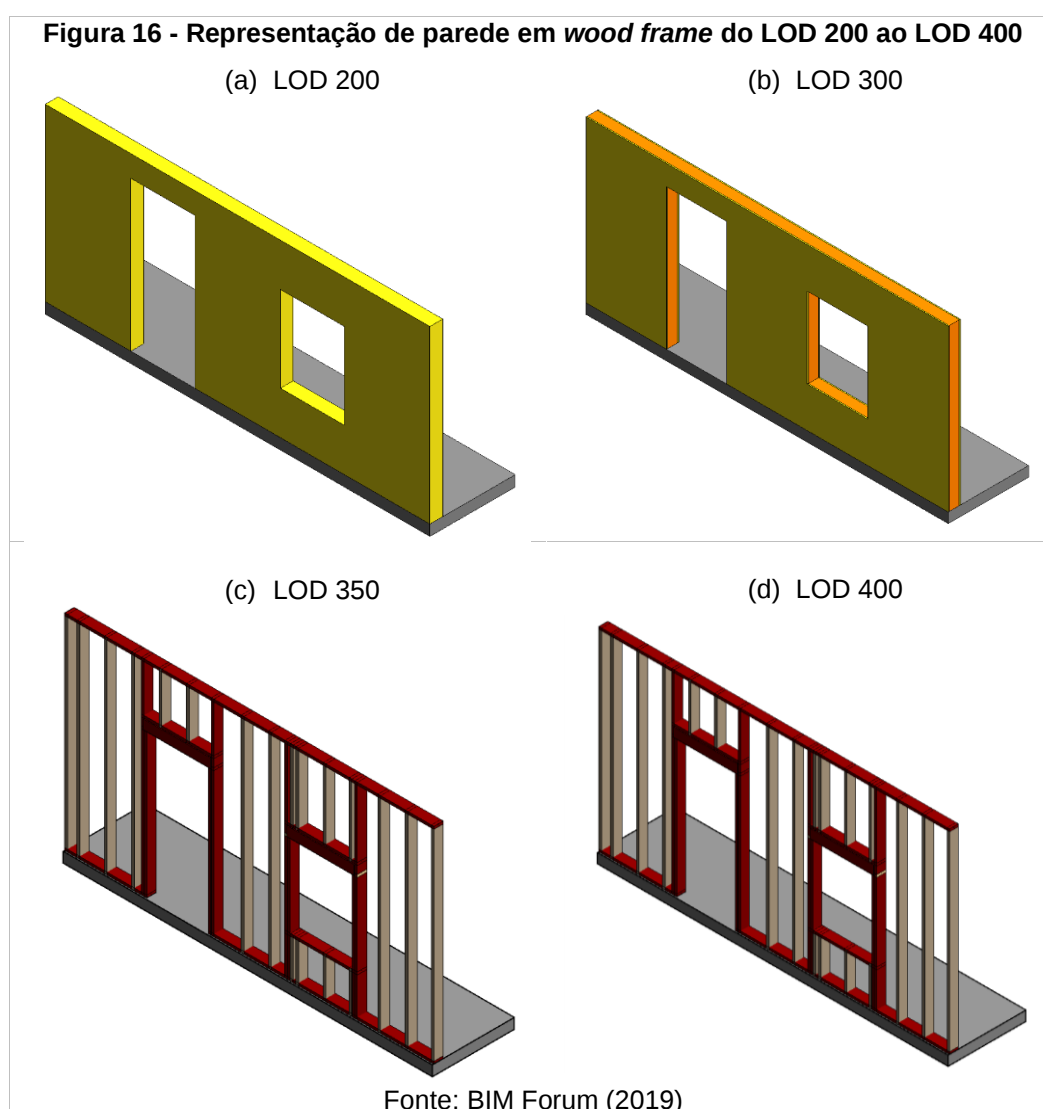
Por exemplo, a Figura 15 mostra a representação gráfica de um piso em *wood frame* do LOD 200 ao LOD 400. Na Figura 15(a) tem-se a representação do

LOD 200, onde observa-se a orientação dos barrotes e a chapa estrutural, ambos com dimensões aproximadas. Na Figura 15(b) tem-se a representação do LOD 300, contendo dimensões mais precisas. Na Figura 15(c) tem-se a representação do LOD 350, onde tem-se maior detalhe dos barrotes treliçados e dimensões da chapa estrutural definidas com precisão. Por último, na Figura 15(d) tem-se a representação do LOD 400, onde observa-se que estão incluídos os elementos de fixação como os pregos e cola (BIM FORUM, 2019).



A Figura 16, por sua vez, mostra a representação gráfica dos painéis de parede em *wood frame* do LOD 200 ao LOD 400. Na Figura 16(a), representada pelo LOD 200, tem-se os objetos genéricos da parede separados por tipo de material e a

espessura da mesma representada por um único conjunto. Na Figura 16(b), representada pelo LOD 300, a parede encontra-se modelada com suas dimensões reais e as camadas separadas por materiais. A Figura 16(c) e A Figura 16(d), representadas pelo LOD 350 e 400 respectivamente, não possuem grandes diferenças visualmente. Porém, no LOD 350 a estrutura está desenvolvida com elementos suficientes para suportar a coordenação detalhada da interface com outros sistemas, como hidráulico, elétrico, etc. E, no LOD 400 a estrutura está desenvolvida com elementos suficientes para a fabricação do sistema (BIM FORUM, 2019).



Com isso, percebe-se que o projeto em *wood frame* pode conter diferentes graus de detalhamento e a utilização de *softwares* específicos podem auxiliar na compreensão dos diferentes níveis de desenvolvimento.

2.4 Ferramentas BIM para sistemas estruturados em madeira

Para modelagem de construções em madeira é necessário que todas as informações sobre os parâmetros e regras de montagem sejam gerenciadas corretamente para que se tenha um projeto eficiente. Assim, ferramentas BIM são apropriadas para o projeto de madeira, pois permitem incorporar e gerenciar todas as informações importantes de um projeto em um modelo tridimensional, devido ao grau de “inteligência” dos seus objetos paramétricos (LOBOS *et al.*, 2017).

Existem no mercado alguns *softwares* BIM específicos para modelagem de projetos como o Autodesk Revit e o Archicad. Estes possuem extensões que permitem ampliar as suas funcionalidades para modelagem de estruturas em madeira como o MWF Pro Wood e o ArchiFrame, respectivamente. Além disso, há também um *software* específico para modelagem de estruturas em madeira, como o SEMA. O Quadro 7 apresenta um resumo das características dos *softwares* mencionados, que serão explanados nos tópicos seguintes.

Quadro 7 - Levantamento de ferramentas BIM

Software	Fabricante	Características
Autodesk Revit	Autodesk	Plataforma de projeto e documentação
Graphisoft ArchiCAD	Graphisoft	Plataforma de projeto e documentação – com foco em arquitetura e interiores
MWF Pro Wood	Strucsoft Solutions	Extensão do Revit, para modelagem de estruturas em madeira
ArchiFrame	ArchiSolutions	Extensão do ArchiCAD, para modelagem de estruturas em madeira
SEMA Software	SEMA	Software específico para modelagem de estruturas em madeira

Fonte: Autora

2.4.1 Autodesk Revit

O *software* Autodesk Revit é uma plataforma de projeto e documentação, desenvolvido pela empresa Autodesk, que permite a Modelagem de Informação da Construção através de projetos, visualizações tridimensionais, desenhos e tabelas. Este *software* possui modelos inteligentes que permitem a execução de projetos para construção de edifícios e de infraestrutura, com alto nível de detalhamento. Além disso, apresenta informações sobre as quantidades e fases do projeto quando forem solicitadas (AUTODESK, 2019a).

Uma característica importante do Autodesk Revit é a parametrização, que permite que o *software* seja capaz de coordenar todas as alterações e manter a consistência em todos os momentos, ou seja, qualquer modificação que seja realizada em algum elemento, também ocorre em todas as vistas do modelo, folhas de desenho, tabelas, cortes e plantas (AUTODESK, 2019b).

Este *software* possui três tipos de elementos em projetos: elementos do modelo, elementos de dados e elementos específicos da vista. Estes elementos também podem ser chamados de famílias e possuem a definição geométrica e os parâmetros utilizados pelo mesmo (AUTODESK, 2019c).

Os elementos do modelo reproduzem a geometria real tridimensional de uma construção e são apresentados nas vistas relevantes do mesmo, como por exemplo paredes, janelas, portas, telhados, etc. Os elementos de dados auxiliam na definição do contexto do projeto, como níveis, eixos e planos. Por fim, os elementos específicos da vista são os elementos que são mostrados somente em vistas nas quais estão inseridos e auxiliam na descrição ou documentação do modelo, como por exemplo, as cotas (AUTODESK, 2019c).

2.4.1.1 MWF Pro Wood

O MWF Pro Wood - *Metal Wood Framer Pro Wood* - é um *software* de extensão do Autodesk Revit, desenvolvido pela empresa Strucsoft Solutions, para modelagem de estruturas em madeira. Permite a criação de quadros personalizados em madeira – os chamados *frames* - definindo todas as suas características para a criação de paredes, pisos e telhados. É possível também a criação de múltiplas camadas especificando os materiais de fechamento, fixação e revestimento (STRUCSOFT SOLUTIONS, 2019).

Este *software* possibilita que sejam extraídas listas de materiais e informações sobre montagem e, também, que listas de corte sejam enviadas automaticamente para a interface de máquinas de fabricação. É possível realizar alto nível de detalhamento, desde residências unifamiliares até estruturas de grande escala. Além disso, permite que sejam detectadas interferências entre a estrutura e instalações (STRUCSOFT SOLUTIONS, 2019).

2.4.2 ArchiCAD

O ArchiCAD é um *software* BIM, desenvolvido pela empresa Graphisoft, utilizado para modelagem de arquitetura e design. Tem como foco a elaboração de projetos de arquitetura e, similar ao Autodesk Revit, também permite a modelagem paramétrica e visualizações tridimensionais.

2.4.2.1 ArchiFrame

O ArchiFrame é um *software* de extensão do Archicad, desenvolvido pela empresa ArchiSolutions, para modelagem de estruturas em madeira. Este *software* oferece ferramentas para projetar paredes, estruturas de quadros, pilares e vigas e estruturas de telhado, além da geração de listas de corte para fabricação (ARCHISOLUTIONS, 2019).

2.4.3 SEMA

O SEMA é um *software* desenvolvido pela empresa SEMA para modelagem de estruturas em madeira, projeto de escadas e chapas metálicas. Permite detalhar informações fornecidas pelo *software* ou criadas pelo projetista. É possível criar pisos, paredes e treliças de madeira. Ele permite a visualização tridimensional do projeto, extração de listas de materiais para fabricação e também análise estrutural do sistema (SEMA, 2019).

3 MÉTODO DA PESQUISA

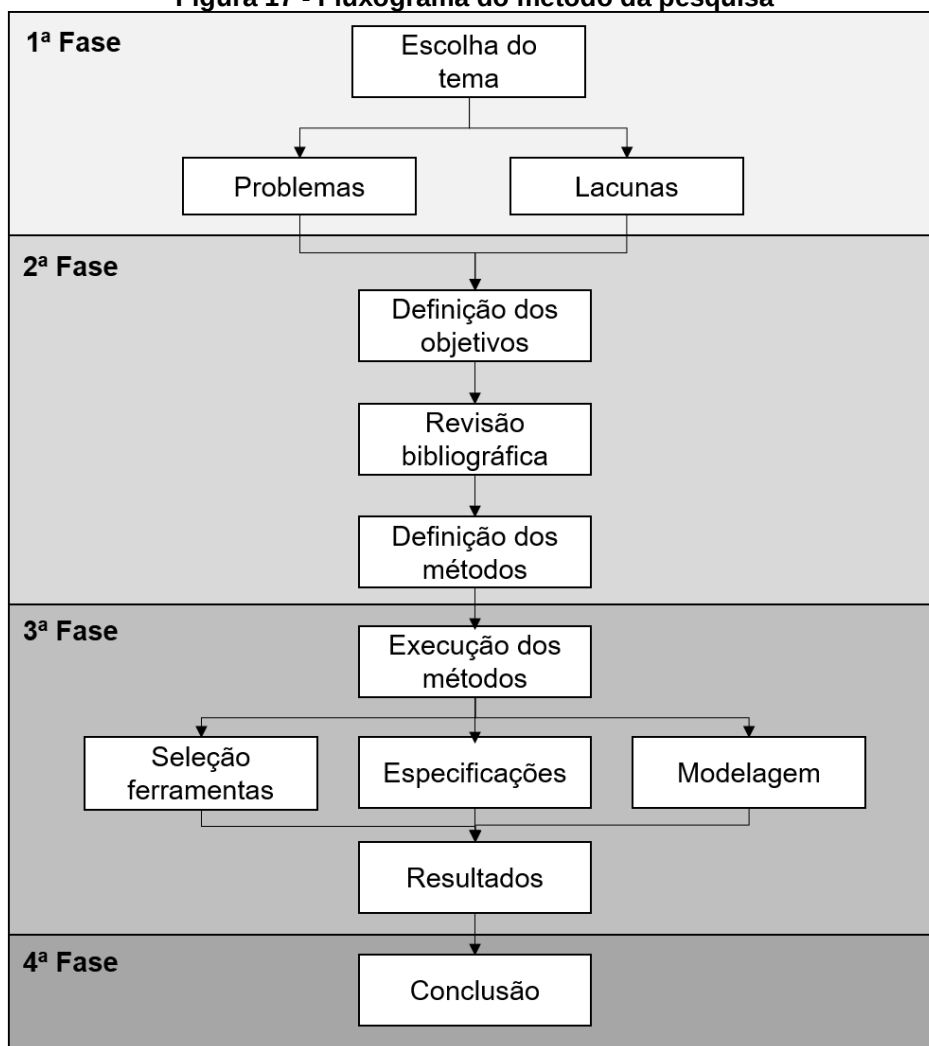
Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, já que, de acordo com Silva e Menezes (2005), ela não requer o uso de métodos estatísticos e o pesquisador é o principal responsável pela coleta e interpretação dos dados. Do ponto de vista de seus objetivos, caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, visto que, segundo Gil (1991) a pesquisa exploratória procura desenvolver a familiaridade com o tema estudado por meio de levantamentos bibliográficos, de forma a propor soluções para uma situação existente.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, este trabalho pode ser considerado como um estudo de caso, que, segundo Silva e Menezes (2005), tem

como objetivo fornecer conhecimentos práticos e voltados para a solução de problemas específicos. Segundo Gil (1991), um estudo de caso caracteriza-se por envolver um estudo profundo e árduo de alguns objetos de modo que seja possível o detalhamento amplo do seu conhecimento. Esta pesquisa foi dividida em quatro fases, conforme a Figura 17.

Na primeira fase ocorreu a escolha do tema, onde foram levantados os problemas e as lacunas que seriam respondidos. Na segunda fase ocorreu a definição dos objetivos, revisão bibliográfica, onde foram levantados os principais autores sobre o tema, e ocorreu a definição dos métodos. Na terceira fase, por sua vez, realizou-se a execução dos métodos a partir da seleção das ferramentas, especificações dos subsistemas e modelagem do estudo de caso. Ao final da terceira fase foram apresentados os resultados. Por fim, na quarta fase tem-se a conclusão da pesquisa.

Figura 17 - Fluxograma do método da pesquisa



Fonte: Autora

Para iniciar este trabalho, foram definidas duas variáveis gerais: sistema construtivo *wood frame* e ferramentas BIM para estruturas em madeira. Com base nestas variáveis foi determinado o tema da pesquisa: aplicação de ferramentas BIM em projetos de edificações do tipo *wood frame*.

Na sequência, para levantar estudos similares e as lacunas sobre este tema, foi feita uma pesquisa bibliográfica utilizando as palavras-chave: sistema construtivo *wood frame*, projeto de edificações em madeira e *softwares* BIM para estruturas em madeira. Com isso, foi identificado o problema principal que relaciona a qualidade dos projetos de edificações em madeira com a necessidade de inserção de especificações e detalhes sobre o sistema construtivo aplicado. Assim, foi colocada a seguinte questão de pesquisa: como modelar uma edificação em *wood frame* utilizando ferramentas BIM?

Assim, foram definidos os objetivos para responder esta questão e os métodos para executar estes objetivos. A seguir, serão descritas as principais etapas do desenvolvimento deste trabalho e seus métodos.

3.1 Estudo de caso

A seleção do estudo de caso foi motivada pela participação da autora como voluntária em um programa de pesquisa viabilizado em edital aprovado pelo Instituto Federal de Santa Catarina, campus Florianópolis. Nos anos de 2019 e 2020, três projetos de pesquisa trabalham de forma integrada sobre o tema BIM e sustentabilidade das construções, tendo como estudo de caso um projeto padrão de uma edificação pública de assistência social chamada CREAS - Centro de Referência Especializado de Assistência Social - que vem sendo implantada em diversos municípios de Santa Catarina.

Esse projeto foi concebido com base no programa de necessidades fornecido pela Secretaria de Estado da Assistência Social, Trabalho e Habitação (SST) e foi elaborado pelo Departamento de Infraestrutura do Estado de Santa Catarina (DEINFRA/SC).

A edificação possui uma área de 169,06 m² dividida conforme os ambientes descritos no Quadro 8. Por se tratar de um projeto padrão a ser construído em diversos municípios catarinenses, sem terrenos pré-definidos, foi adotado um lote padrão plano de 15,00 x 30,00 m para a implantação da edificação.

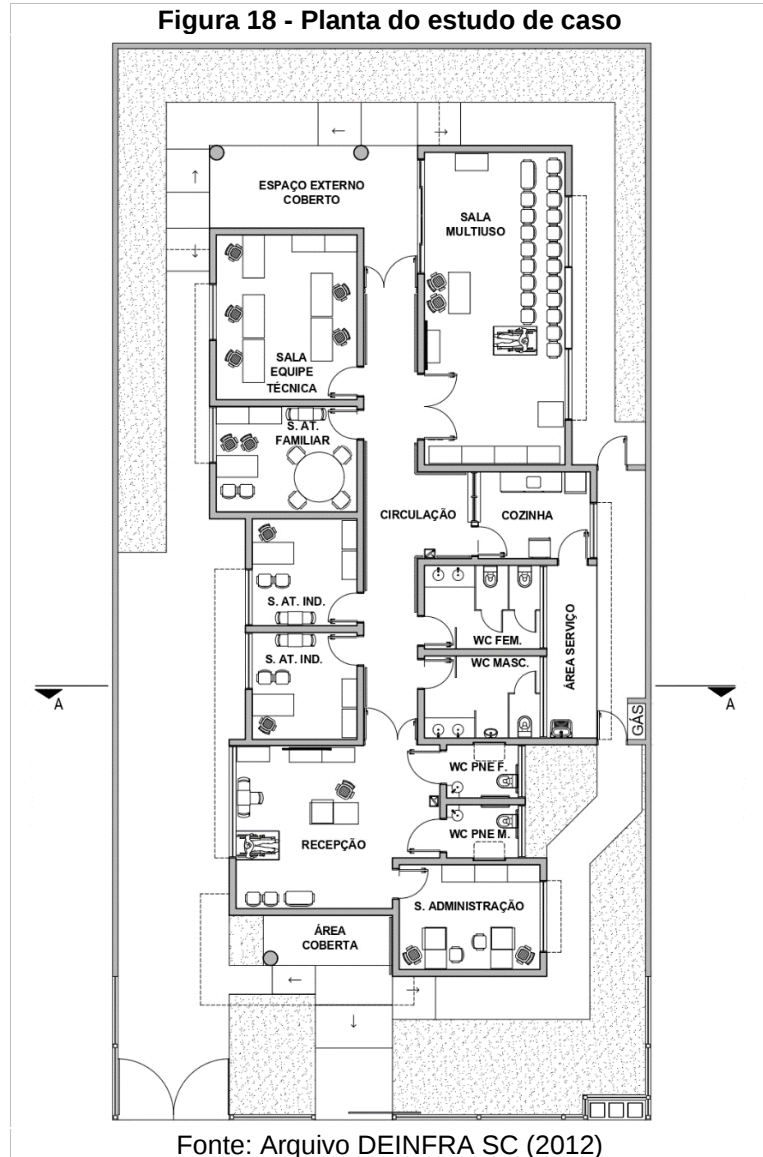
Quadro 8 - Quadro de áreas da edificação

01	Área Coberta	5,04 m ²
02	Recepção	25,60 m ²
03	Administração	12,00 m ²
04	WC PNE masculino	2,55 m ²
05	WC PNE feminino	2,55 m ²
06	Sanitário masculino	7,76 m ²
07	Sanitário feminino	7,76 m ²
08	Área de Serviço	6,79 m ²
09	Cozinha	8,00 m ²
10	Sala Multiuso	35,00 m ²
11	Circulação	22,43 m ²
12	Sala de Atendimento Individual	9,00 m ²
13	Sala de Atendimento Individual	9,00 m ²
14	Sala de Atendimento Familiar	12,00 m ²
15	Sala da Equipe Técnica	18,60 m ²
16	Espaço Externo Coberto	15,82 m ²
17	Abrigo de gás	0,50 m ²
ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA		169,06 m²

Fonte: Arquivo DEINFRA SC (2012)

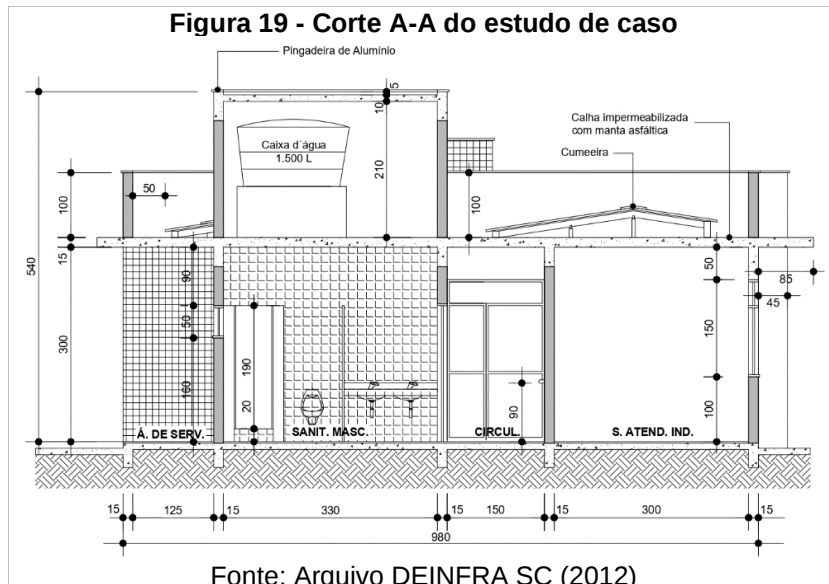
O projeto arquitetônico foi concebido no sistema construtivo tradicional – estrutura de concreto armado e alvenaria de tijolos – e desenhado no *software* Autodesk Autocad. Detalhes deste projeto, como planta, corte e fachada podem ser vistos na Figura 18, Figura 19 e Figura 20, respectivamente.

Figura 18 - Planta do estudo de caso

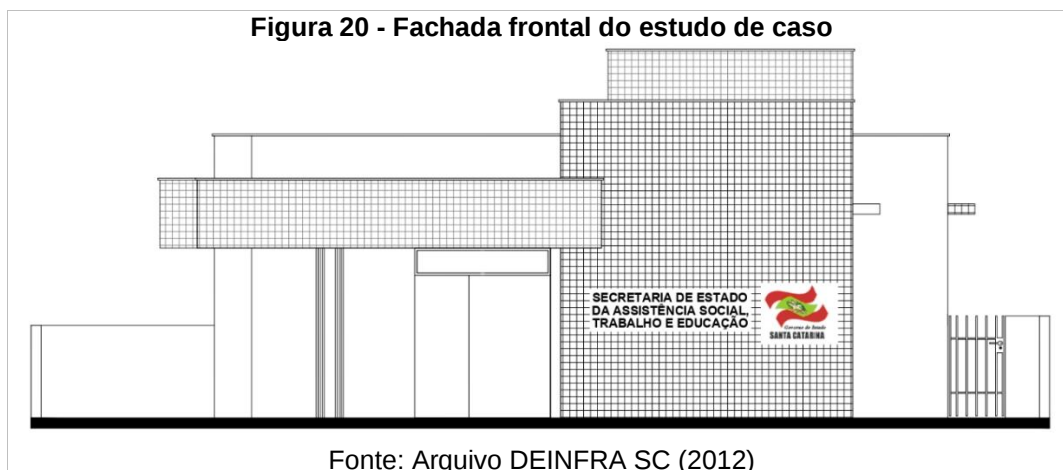


Fonte: Arquivo DEINFRA SC (2012)

Figura 19 - Corte A-A do estudo de caso



Fonte: Arquivo DEINFRA SC (2012)



3.2 Seleção de ferramentas BIM para o sistema *wood frame*

Para a seleção das ferramentas BIM foi realizado um levantamento dos *softwares* para modelagem de estruturas em madeira, e para a seleção foi levado em conta familiaridade da autora, disponibilidade do *software* e maior utilização no mercado.

3.3 Especificação dos componentes de parede e entepiso

Para as especificações dos subsistemas foram consultados documentos técnicos nacionais como a Diretriz SINAT nº 005 e o Documento de Avaliação Técnica – DATec nº 020C e realizado levantamento de materiais, dimensões, interfaces entre subsistemas e ambientes, conforme descrito no Quadro 9 e Quadro 10.

Quadro 9 - Especificações levantadas para plataforma de piso

Subsistema	Especificações
Plataforma de piso	Dimensões e espaçamentos das peças estruturais em madeira
	Materiais componentes de fechamento/contraventamento
	Materiais componentes de revestimento/acabamento
	Materiais de impermeabilização

Fonte: Autora

Quadro 10 - Especificações levantadas para paredes

Subsistema	Especificações
Parede	Dimensões e espaçamentos das peças estruturais em madeira
	Materiais componentes de fechamento/contraventamento interno e externo
	Materiais componentes de revestimento/acabamento interno e externo
	Materiais de impermeabilização

Fonte: Autora

3.4 Modelagem de um estudo de caso aplicando ferramentas BIM

A modelagem do estudo de caso foi dividida em dez etapas sendo estas: (1) abertura de *template*, (2) preparação dos componentes dos subsistemas, (3) preparação do projeto, (4) inserção dos componentes, (5) criação dos painéis de paredes, (6) inserção dos acabamentos do piso do térreo, (7) inserção do entrepiso, (8) criação dos painéis de entrepiso, (9) inserção dos elementos da cobertura e (10) criação dos painéis da cobertura. Estas etapas serão descritas detalhadamente no tópico 4. Com isso, o método para modelagem foi estabelecido conforme o avanço do projeto realizado pela autora.

Por fim, com base nesse desenvolvimento, na quarta fase desta pesquisa, realizou-se a conclusão sobre esse processo de modelagem elencando as contribuições para o tema e apresentando os principais pontos positivos e negativos.

4 RESULTADOS

Neste tópico serão apresentados os resultados desta pesquisa, divididos entre: (1) seleção das ferramentas BIM para modelagem, onde será apresentada a escolha das ferramentas; (2) especificações dos componentes de parede e entrepiso, onde estão descritas as especificações utilizadas para a modelagem; e (3) modelagem do estudo de caso, onde são apresentadas as etapas de desenvolvimento da modelagem.

4.1 Seleção das ferramentas BIM para modelagem

Para a modelagem parametrizada do estudo de caso foi selecionado o *software* Autodesk Revit 2019, doravante denominado apenas por Revit. Esta seleção foi motivada por ser o *software* mais difundido no mercado de Santa Catarina de acordo com a pesquisa realizada por Steiner e Machado (2018), e também devido à maior familiaridade da autora sobre o mesmo. Além disso, também foi escolhido o MWF Pro Wood, um complemento para o Revit, que contém os elementos necessários para modelagem do sistema *wood frame*. Ambos os *softwares* possuem licenças educacionais.

A licença estudantil do Revit foi obtida mediante inscrição no site da Autodesk e realizado *download* da versão educacional. A licença do MWF Pro Wood foi obtida a partir de troca de e-mails com a empresa Strucsoft Solutions, no qual foi encaminhado um número de serial a ser inserido no *software* após a realização de sua instalação. O mesmo foi baixado no site da Strucsoft Solutions, mediante criação de conta.

Para modelagem do estudo de caso foi selecionado o LOD 350, devido ao grau de detalhamento fornecido por este nível, onde tem-se maior detalhe dos componentes da estrutura e camadas contendo as chapas estruturais e revestimentos.

4.2 Especificações dos componentes de parede e entrepiso

Nesta etapa, foram listadas as especificações para os componentes de parede e entrepiso a serem utilizadas no projeto, conforme critérios descritos no tópico

2.2.2. O Quadro 11 apresenta as especificações para os componentes do subsistema parede e o Quadro 12 apresenta as especificações para o entrepiso.

Quadro 11 - Componentes do subsistema parede

Componentes		Parede externa	Parede interna		
		Face externa	Face interna seca	Face interna molhável	Face interna molhada
Peças de madeira	Dimensões	38 mm x 140 mm	38 mm x 89 mm	38 mm x 89 mm	38 mm x 89 mm
	Espaçamento entre eixos	600 mm	600 mm	600 mm	600 mm
Chapa estrutural de fechamento	Tipo	OSB	OSB	OSB	OSB
	Dimensões	120 x 240 mm	120 x 240 mm	120 x 240 mm	120 x 240 mm
	Espessura	9,5 mm	9,5 mm	9,5 mm	9,5 mm
Proteção	Tipo	Barreira impermeável à água e permeável ao vapor d'água	-	Membrana de impermeabilização	Barreira impermeável à água e ao vapor d'água
Revestimento	Tipo	Placa cimentícia	2x Chapa de gesso	2x Chapa de gesso RU	2x Chapa de gesso RU
	Espessura	8 mm	12,5 mm		
	Dimensões	120 x 240 mm	120 x 240 mm	120 x 240 mm	120 x 240 mm
Acabamento	Tipo	Pintura	Pintura	Azulejo cerâmico	Azulejo cerâmico

Fonte: Autora

Quadro 12 - Componentes do subsistema entrepiso

Peças de madeira	Dimensões	45 mm x 190 mm
	Espaçamento entre eixos	600 mm
Chapa estrutural de fechamento	Tipo	OSB
	Dimensões	120 mm x 240 mm
	Espessura	18,3 mm
Proteção	Tipo	Manta de impermeabilização

Fonte: Autora

Não foram especificados revestimento e acabamento para o entrepiso, pois o mesmo está localizado entre o térreo e a cobertura. Para os acabamentos do piso do térreo, considerou-se revestimento cerâmico em todos os ambientes, conforme projeto original.

Para os subsistemas de fundação e cobertura, considerou-se o sistema convencional, sendo um radier em concreto para a fundação e estrutura em madeira e telhado para a cobertura.

Após a listagem das especificações, foram verificados quais eram os tipos de paredes existentes no projeto, ou seja, paredes de áreas secas, molhadas e

molháveis. De acordo com Brasil (2017), entende-se por áreas molháveis: lavabo ou banheiro sem chuveiro, cozinha e sacada coberta; e áreas molhadas: banheiro com chuveiro, incluindo piso do box, área de serviço e áreas descobertas. O Quadro 13 apresenta o levantamento das paredes existentes no projeto, onde, na primeira coluna estão indicadas as faces das paredes e a segunda coluna indica o ambiente.

Quadro 13 - Tipos de paredes do projeto

Tipo	Faces da parede	Ambiente
Tipo 1	Face externa + Face interna seca	Recepção
		Salas de atendimento individual
		Sala de atendimento familiar
		Sala equipe técnica
		Sala multiuso
		Sala administrativo
Tipo 2	Face externa + Face interna molhada	Área de serviço
Tipo 3	Face externa + Face interna molhável	WC PNE Feminino e Masculino
		WC Feminino
		WC Masculino
		Cozinha
		WC Masculino + área de serviço
		WC Feminino + área de serviço
Tipo 4	Face interna seca + Face interna seca	Recepção + sala administrativo
		Recepção + sala atendimento individual
		Sala atendimento individual + sala atendimento individual
		Sala atendimento individual + sala atendimento familiar
		Sala atendimento familiar + sala equipe técnica
		Circulação + sala multiuso
		Circulação + sala equipe técnica
		Circulação + sala atendimento familiar
Tipo 5	Face interna seca + Face interna molhável	Circulação + salas atendimento individual
		Recepção + WC PNE Feminino
		Recepção + WC PNE Masculino
		Sala administrativo + WC PNE Masculino
		Circulação + WC Masculino
		Circulação + WC Feminino
		Circulação + cozinha
		Sala multiuso + cozinha
Tipo 6	Face interna molhável + Face interna molhável	WC PNE Masculino + WC PNE Feminino
		WC PNE Feminino + WC Masculino
		WC Masculino + WC Feminino
		WC Feminino + Cozinha
Tipo 7	Face externa + Face interna molhável	Caixa d'água
Tipo 8	Faces externas	Platibandas

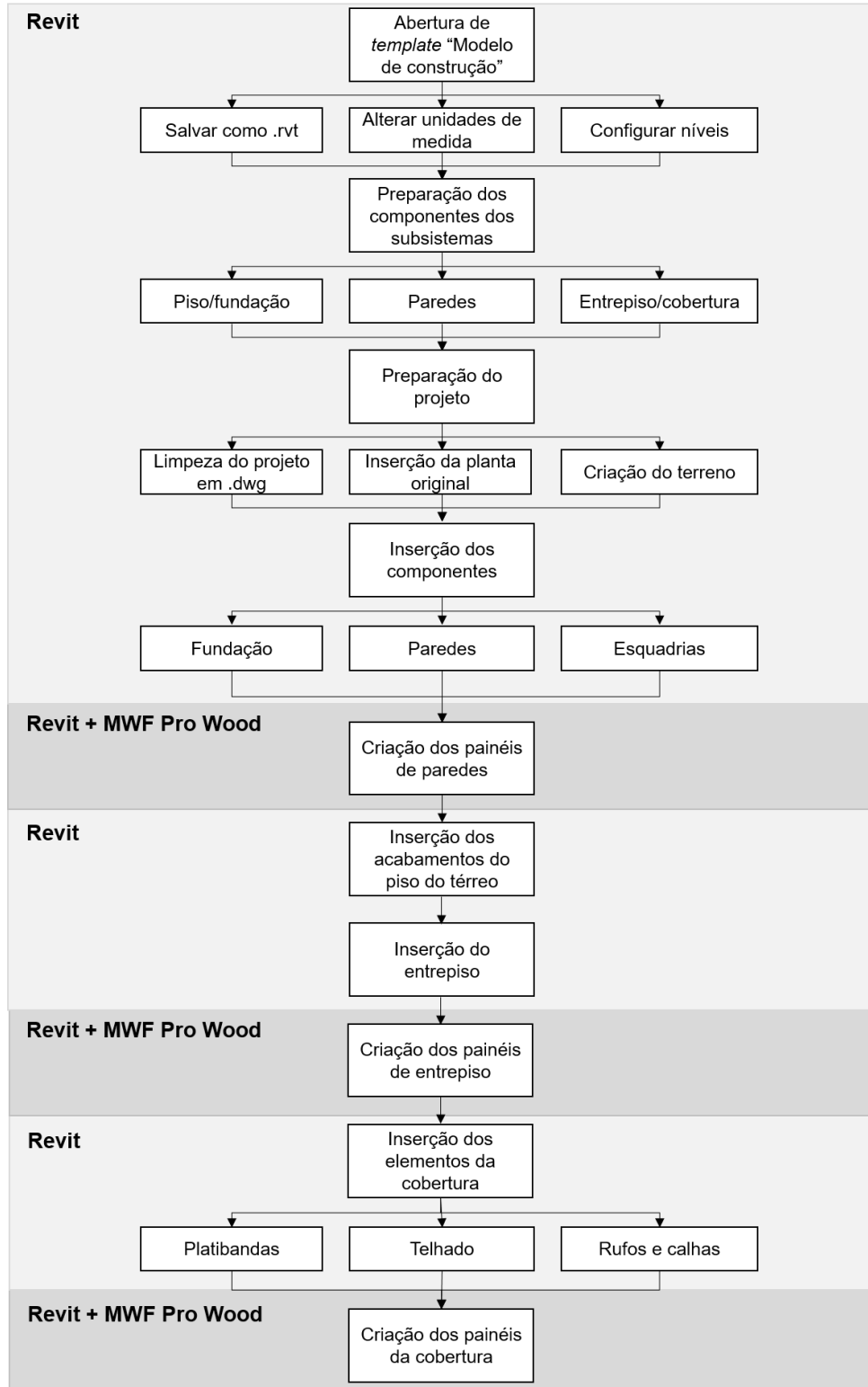
Fonte: Autora

Após a realização deste levantamento pôde-se iniciar a modelagem do estudo de caso, conforme descrito nos tópicos seguintes.

4.3 Modelagem do estudo de caso

A modelagem da edificação do estudo de caso foi dividida em dez etapas, conforme apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Fluxograma das etapas de modelagem do estudo de caso

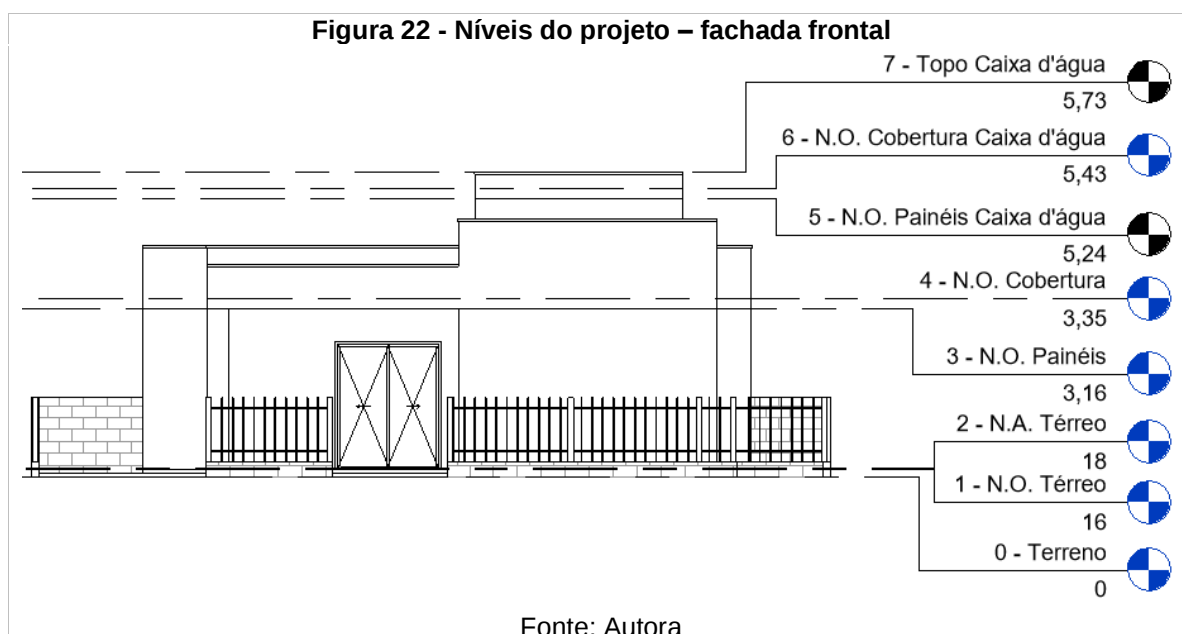


Fonte: Autora

4.3.1 Abertura de *template* do Revit

Primeiramente procedeu-se com a abertura do *template* modelo de construção do *software* Revit, posteriormente salvo na extensão .rvt. Em seguida, alterou-se as unidades de medida do projeto para metros e centímetros, pois a unidade ao abrir-se um *template* do Revit está em milímetros.

Selecionando-se uma das elevações do projeto, realizou-se a configuração dos níveis, indicados na Figura 22, de acordo com o projeto arquitetônico.



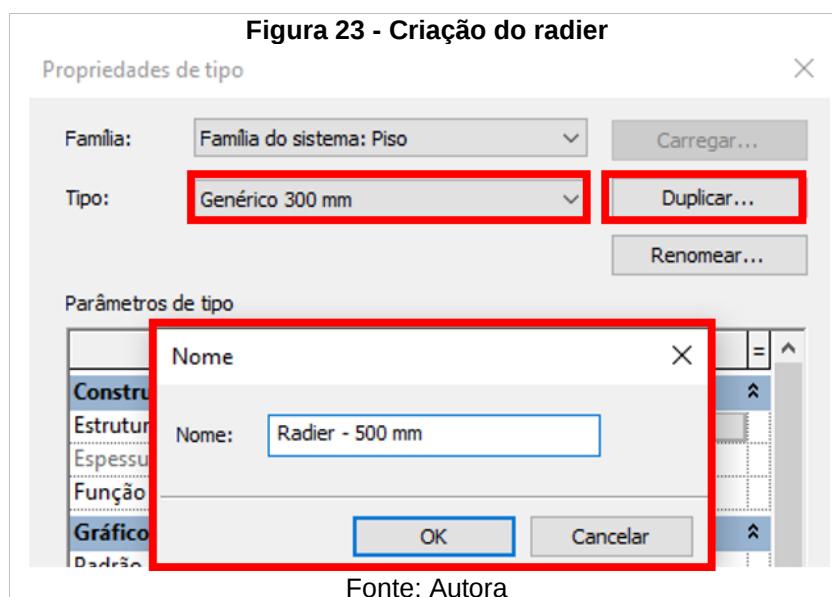
Os níveis “N.O.” e “N.A.” são Nível Osso e Nível Acabado, respectivamente. O nível osso refere-se ao nível da estrutura e o nível acabado refere-se ao nível dos revestimentos. Abaixo da nomenclatura dos níveis estão as cotas em que eles se encontram, em metros e centímetros.

4.3.2 Preparação dos componentes dos subsistemas no Revit

Antes de proceder com a modelagem dos subsistemas, foram preparados os tipos de piso/fundação, paredes e entrepiso/cobertura, conforme descritos nos tópicos seguintes.

4.3.2.1 Piso/fundação

A fundação foi criada duplicando-se o tipo “Genérico 300 mm” e renomeando o mesmo para “Radier – 500 mm”, conforme mostrado na Figura 23.



Em seguida, alterou-se a estrutura do mesmo adicionando-se os materiais “Concreto, Moldado in loco”, “brita”, “bica corrida compactada” e alterando-se as espessuras, conforme indicado na Figura 24.

Figura 24 - Estrutura do radier

Camadas			
	Função	Material	Espessura
1	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
2	Estrutura [1]	Concreto, Moldado in loco	0,2000
3	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000
4	Substrato [2]	Brita	0,0300
5	Substrato [2]	Bica corrida compactada	0,2700

Fonte: Autora

Do mesmo modo como foi criado a fundação, foram criados também o piso para as calçadas, o revestimento cerâmico bege e o revestimento cerâmico cinza. O revestimento cerâmico bege foi destinado para as áreas dos sanitários, cozinha e área de serviço e o revestimento cerâmico cinza para as demais áreas. As camadas e materiais dos mesmos podem ser vistas na Figura 25, Figura 26 e Figura 27.

Figura 25 – Estrutura piso calçadas

Camadas			
	Função	Material	Espessura
1	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
2	Estrutura [1]	Piso cimentício	0,0500
3	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000
4	Substrato [2]	Brita	0,0300

Fonte: Autora

Figura 26 – Estrutura revestimento cerâmico bege

Camadas			
	Função	Material	Espessura
1	Acabamento 1 [4]	Piso cerâmico 60 x 60cm - Bege	0,0100
2	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
3	Estrutura [1]	Argamassa de assentamento	0,0050
4	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000

Fonte: Autora

Figura 27 – Estrutura revestimento cerâmico cinza

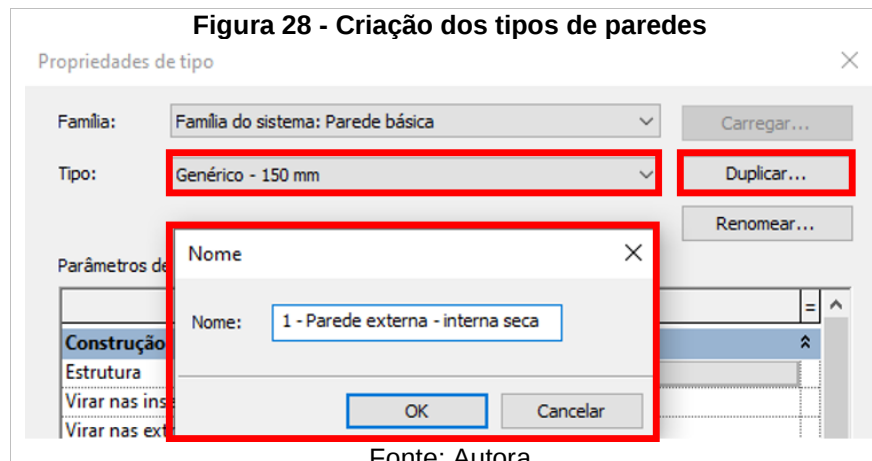
Camadas			
	Função	Material	Espessura
1	Acabamento 1 [4]	Piso cerâmico 60 x 60cm - Cinza	0,0100
2	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
3	Estrutura [1]	Argamassa de assentamento	0,0050
4	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000

Fonte: Autora

4.3.2.2 Paredes

As paredes foram criadas duplicando-se o tipo “Genérico – 150 mm”, conforme indicado na Figura 28, e alterando-se as propriedades de cada uma, conforme a listagem dos tipos de paredes realizado no tópico 4.2.

Figura 28 - Criação dos tipos de paredes



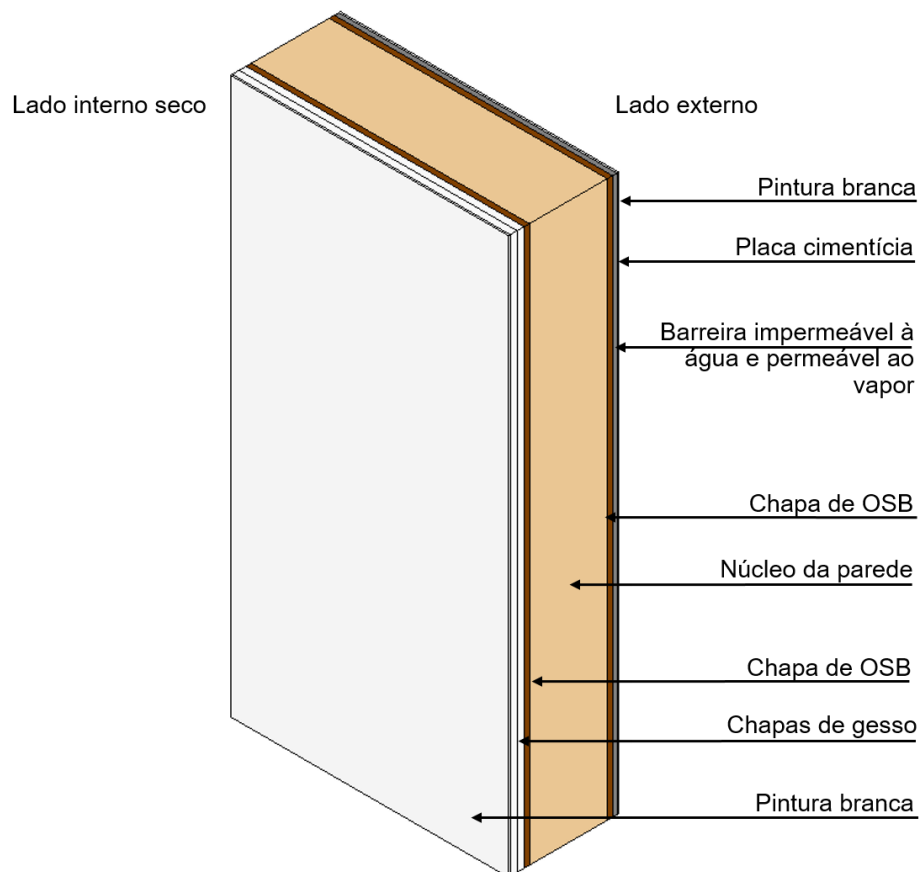
Fonte: Autora

A Figura 29, Figura 30, Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34, Figura 35 e Figura 36 mostram a composição das camadas das paredes, bem como um desenho esquemático das mesmas.

Houve a necessidade de criar os materiais das camadas a partir da duplicação de materiais semelhantes, pois os mesmos não constavam na biblioteca de materiais do Revit.

Figura 29 - Parede tipo 1

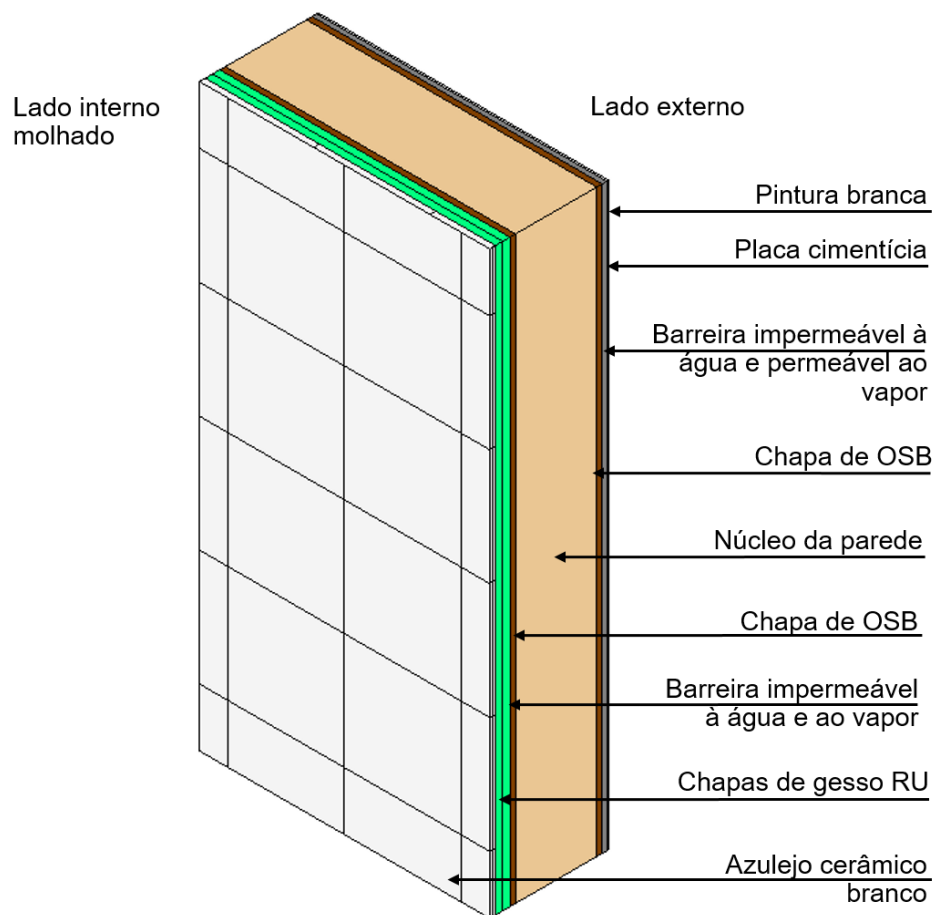
Camadas			
			LADO EXTERNO
	Função	Material	Espessura
1	Acabamento 2 [5]	Pintura Branca	0,0030
2	Acabamento 1 [4]	Placa cimentícia	0,0080
3	Camada da membrana	Barreira impermeável à água e permeável ao vapor d'água	0,0000
4	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
5	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
6	Estrutura [1]	Wood - Dimensional Lumber	0,1400
7	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000
8	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
9	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede	0,0125
10	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede	0,0125
11	Acabamento 2 [5]	Pintura Branca	0,0030
			LADO INTERNO



Fonte: Autora

Figura 30 - Parede tipo 2

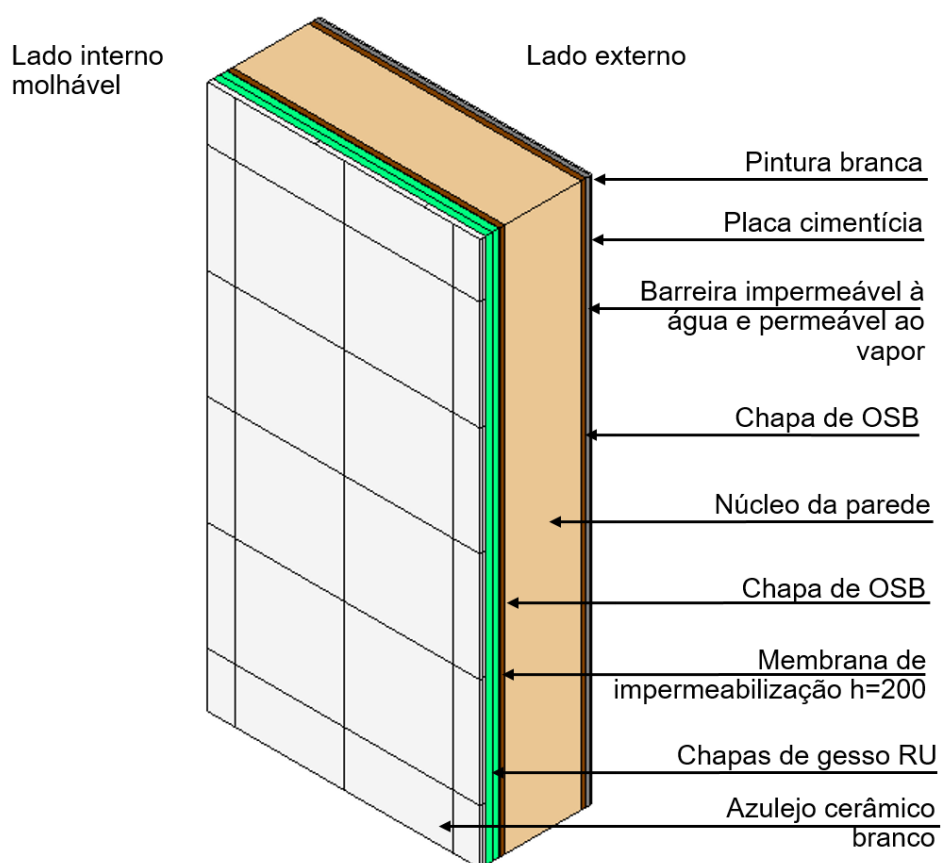
Camadas			
LADO EXTERNO			
	Função	Material	Espessura
1	Acabamento 2 [5]	Pintura Branca	0,0030
2	Acabamento 1 [4]	Placa cimentícia	0,0080
3	Camada da membrana	Barreira impermeável à água e permeável ao vapor d'água	0,0000
4	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
5	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
6	Estrutura [1]	Wood - Dimensional Lumber	0,1400
7	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000
8	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
9	Camada da membrana	Barreira impermeável à água ao vapor d'água	0,0000
10	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede RU	0,0125
11	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede RU	0,0125
12	Acabamento 2 [5]	Azulejo cerâmico branco	0,0100
LADO INTERNO			



Fonte: Autora

Figura 31 - Parede tipo 3

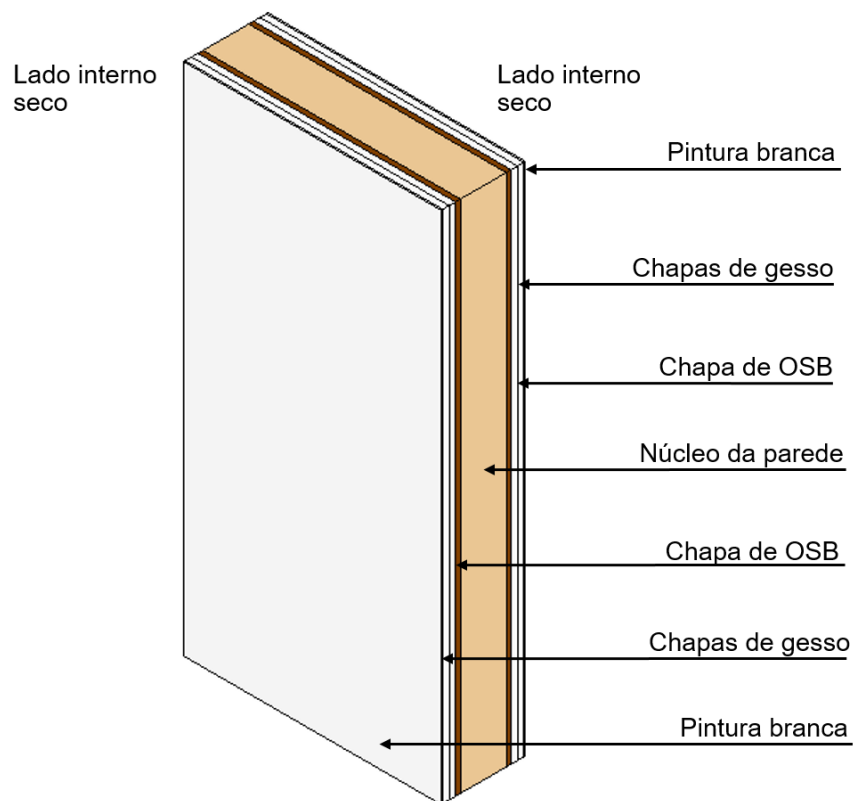
Camadas			
			LADO EXTERNO
	Função	Material	Espessura
1	Acabamento 2 [5]	Pintura Branca	0,0030
2	Acabamento 1 [4]	Placa cimentícia	0,0080
3	Camada da membrana	Barreira impermeável à água e permeável ao vapor d'água	0,0000
4	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
5	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
6	Estrutura [1]	Wood - Dimensional Lumber	0,1400
7	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000
8	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
9	Substrato [2]	Membrana de impermeabilização h=200mm	0,0010
10	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede RU	0,0125
11	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede RU	0,0125
12	Acabamento 2 [5]	Azulejo cerâmico branco	0,0100
LADO INTERNO			



Fonte: Autora

Figura 32 - Parede tipo 4

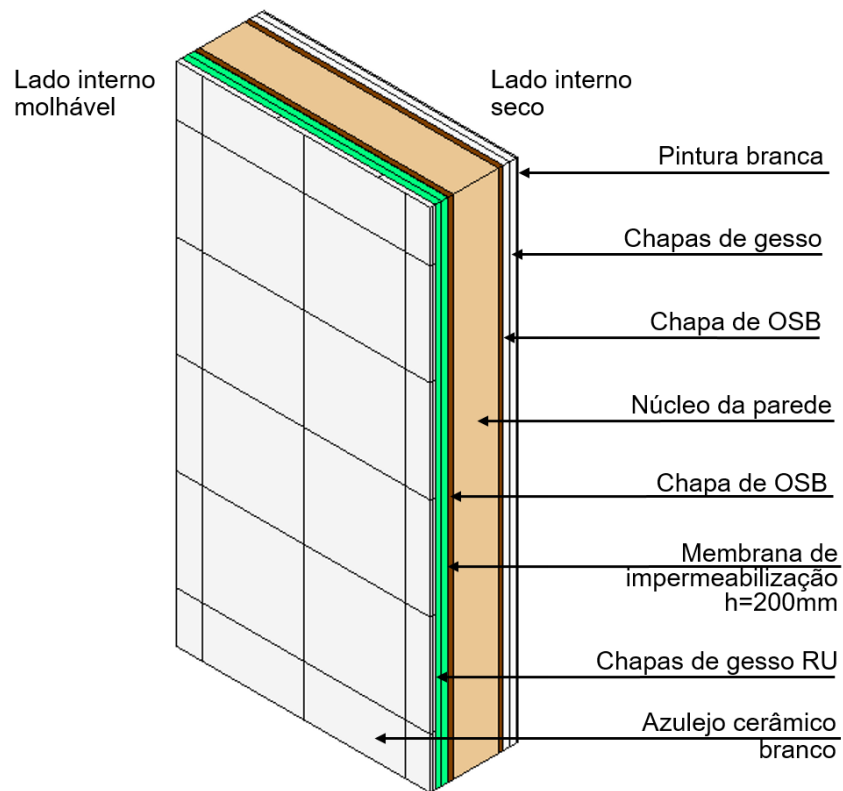
Camadas			
LADO EXTERNO			
	Função	Material	Espessura
1	Acabamento 2 [5]	Pintura Branca	0,0030
2	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede	0,0125
3	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede	0,0125
4	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
5	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
6	Estrutura [1]	Wood - Dimensional Lumber	0,0890
7	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000
8	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
9	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede	0,0125
10	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede	0,0125
11	Acabamento 2 [5]	Pintura Branca	0,0030
LADO INTERNO			



Fonte: Autora

Figura 33 - Parede tipo 5

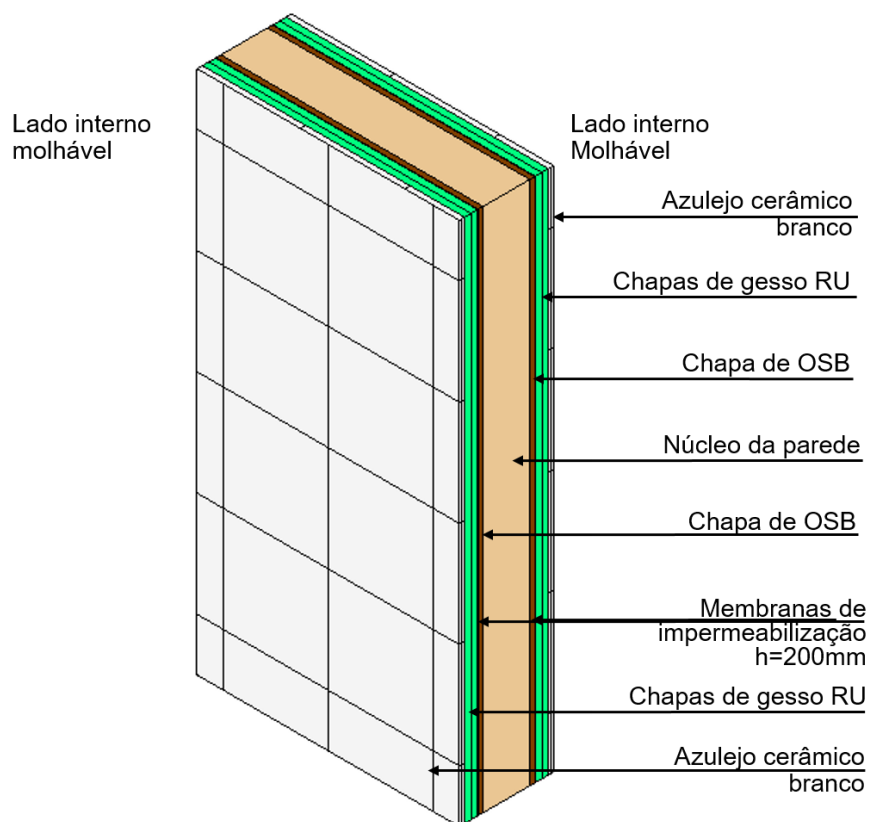
Camadas			
			LADO EXTERNO
	Função	Material	Espessura
1	Acabamento 2 [5]	Pintura Branca	0,0030
2	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede	0,0125
3	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede	0,0125
4	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
5	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
6	Estrutura [1]	Wood - Dimensional Lumber	0,0890
7	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000
8	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
9	Substrato [2]	Membrana de impermeabilização h=200mm	0,0010
10	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede RU	0,0125
11	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede RU	0,0125
12	Acabamento 2 [5]	Azulejo cerâmico branco	0,0100
LADO INTERNO			



Fonte: Autora

Figura 34 - Parede tipo 6

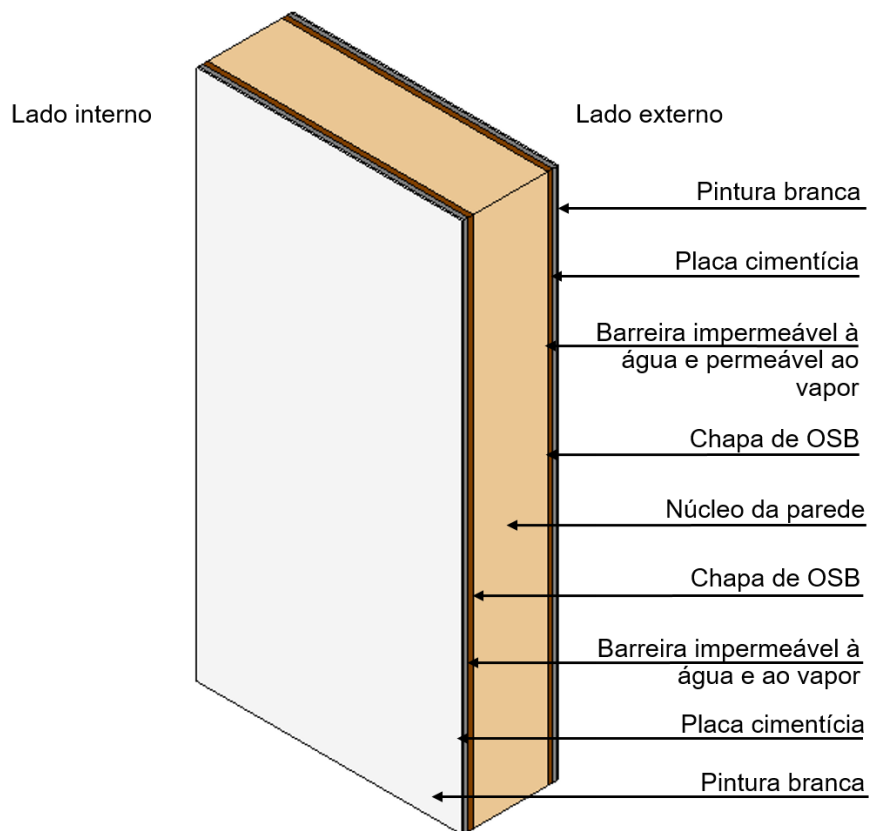
Camadas			
			LADO EXTERNO
	Função	Material	Espessura
1	Acabamento 2 [5]	Azulejo cerâmico branco	0,0100
2	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede RU	0,0125
3	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede RU	0,0125
4	Substrato [2]	Membrana de impermeabilização h=200mm	0,0010
5	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
6	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
7	Estrutura [1]	Wood - Dimensional Lumber	0,0890
8	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000
9	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
10	Substrato [2]	Membrana de impermeabilização h=200mm	0,0010
11	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede RU	0,0125
12	Acabamento 1 [4]	Chapa de gesso de parede RU	0,0125
13	Acabamento 2 [5]	Azulejo cerâmico branco	0,0100
LADO INTERNO			



Fonte: Autora

Figura 35 - Parede tipo 7

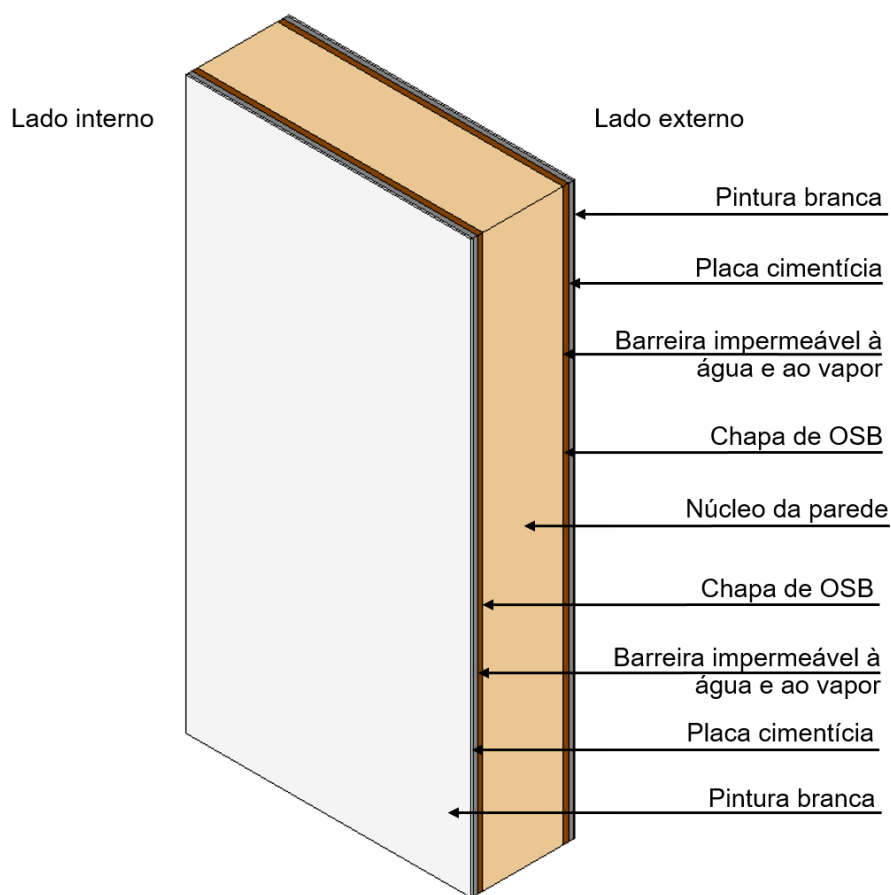
Camadas			
LADO EXTERNO			
	Função	Material	Espessura
1	Acabamento 2 [5]	Pintura Branca	0,0030
2	Acabamento 1 [4]	Placa cimentícia	0,0080
3	Camada da membrana	Barreira impermeável à água e permeável ao vapor d'água	0,0000
4	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
5	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
6	Estrutura [1]	Wood - Dimensional Lumber	0,1400
7	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000
8	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
9	Camada da membrana	Barreira impermeável à água ao vapor d'água	0,0000
10	Acabamento 1 [4]	Placa cimentícia	0,0080
11	Acabamento 2 [5]	Pintura Branca	0,0030
LADO INTERNO			



Fonte: Autora

Figura 36 - Paredes tipo 8

Camadas			
	Função	Material	LADO EXTERNO Espessura
1	Acabamento 2 [5]	Pintura Branca	0,0030
2	Acabamento 1 [4]	Placa cimentícia	0,0080
3	Camada da membrana	Barreira impermeável à água ao vapor d'água	0,0000
4	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
5	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
6	Estrutura [1]	Wood - Dimensional Lumber	0,1400
7	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000
8	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
9	Camada da membrana	Barreira impermeável à água ao vapor d'água	0,0000
10	Acabamento 1 [4]	Placa cimentícia	0,0080
11	Acabamento 2 [5]	Pintura Branca	0,0030
LADO INTERNO			



Fonte: Autora

4.3.2.3 Entrepiso/Cobertura

Igualmente à criação dos pisos anteriores, criou-se o tipo “entrepiso” com a espessura de 0,19cm, mostrado na Figura 37, igual à altura dos barrotes. Este piso

foi criado apenas para servir de base para a criação dos painéis de entepiso que será mostrado mais adiante. Além disso, foi criada também a manta de impermeabilização, mostrada na Figura 38, que será aplicada sobre o entepiso e sob a cobertura.

Figura 37 - Estrutura do entepiso

Camadas			
	Função	Material	Espessura
1	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
2	Estrutura [1]	Wood - Dimensional Lumber	0,1900
3	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000

Fonte: Autora

Figura 38 - Manta de impermeabilização

Camadas			
	Função	Material	Espessura
1	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
2	Estrutura [1]	Impermeabilização	0,0030
3	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000

Fonte: Autora

O tipo de telhado foi criado duplicando-se o tipo “Genérico – 125 mm”, conforme mostrado na Figura 39. Em seguida, as duas camadas foram modificadas adicionando-se “Madeira de conífera” em sua estrutura e “Telhado, Shingle” como acabamento, conforme visto na Figura 40.

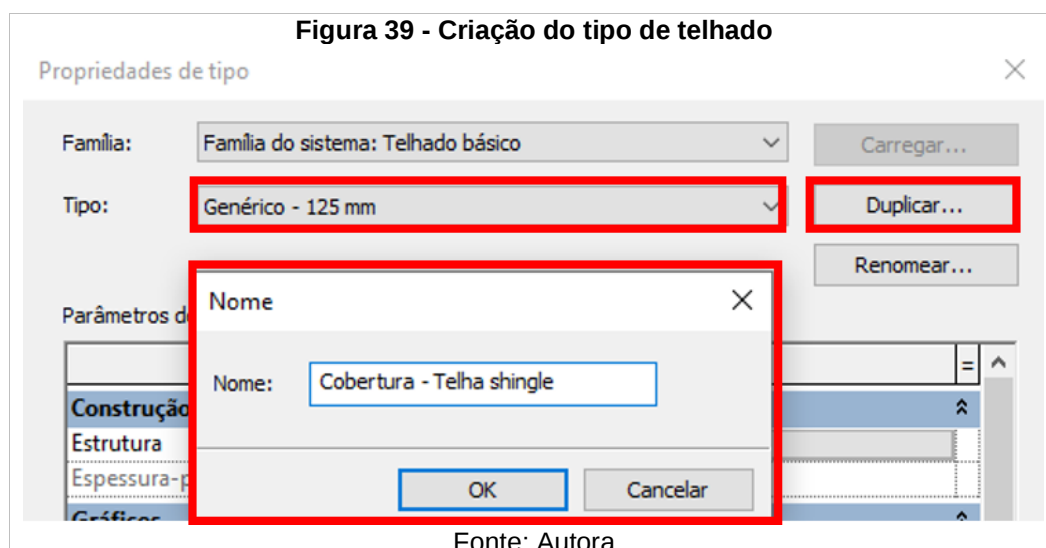


Figura 40 - Estrutura do telhado

Camadas			
	Função	Material	Espessura
1	Acabamento 1 [4]	Telhado, Shingle	0,0030
2	Camada da membrana	Barreira impermeável à água e permeável ao vapor d'água	0,0000
3	Substrato [2]	Chapa de OSB	0,0095
4	Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0,0000
5	Estrutura [1]	Madeira de Conífera, Madeira	0,0500
6	Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0,0000

Fonte: Autora

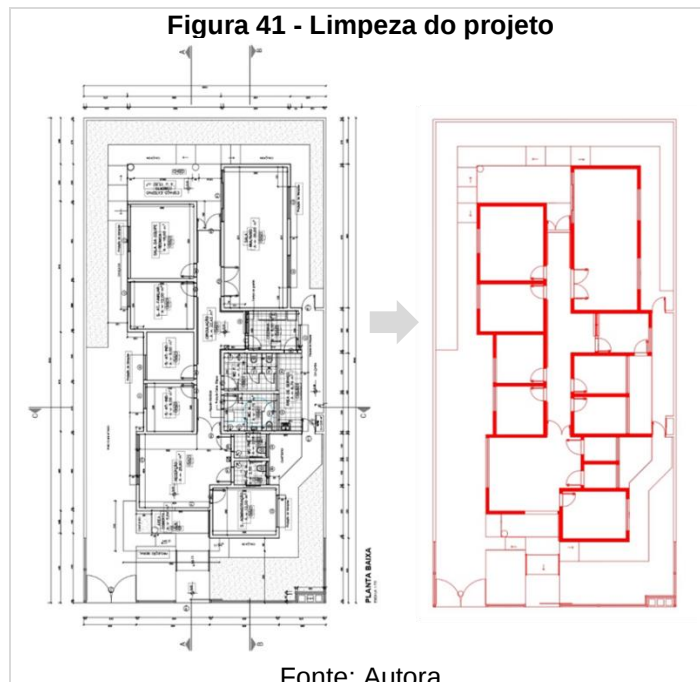
4.3.3 Preparação do projeto original

Neste tópico serão apresentados os passos realizados para a preparação do projeto original.

4.3.3.1 Limpeza do projeto

Antes da inserção da planta no arquivo em Revit, foi realizada a limpeza do projeto com base no arquivo em AutoCad. Foram retiradas todas as informações dispensáveis como cotas, hachuras, mobiliário, etc. Foi mantido apenas o *layout* das paredes, esquadrias, calçadas e outras informações necessárias para a modelagem do projeto da planta no Revit, conforme mostrado na Figura 41.

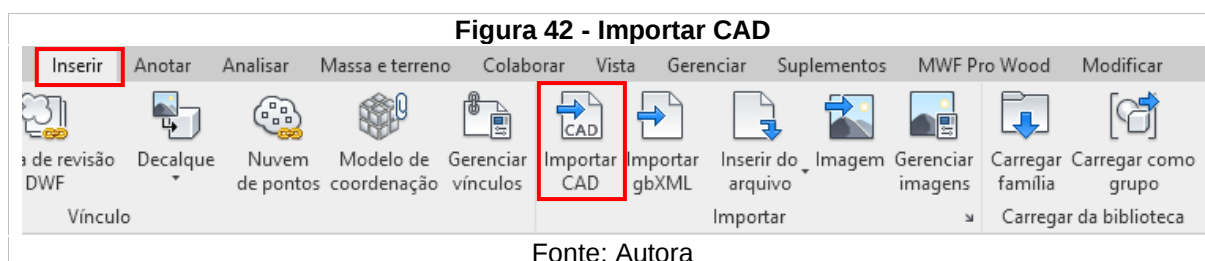
Figura 41 - Limpeza do projeto



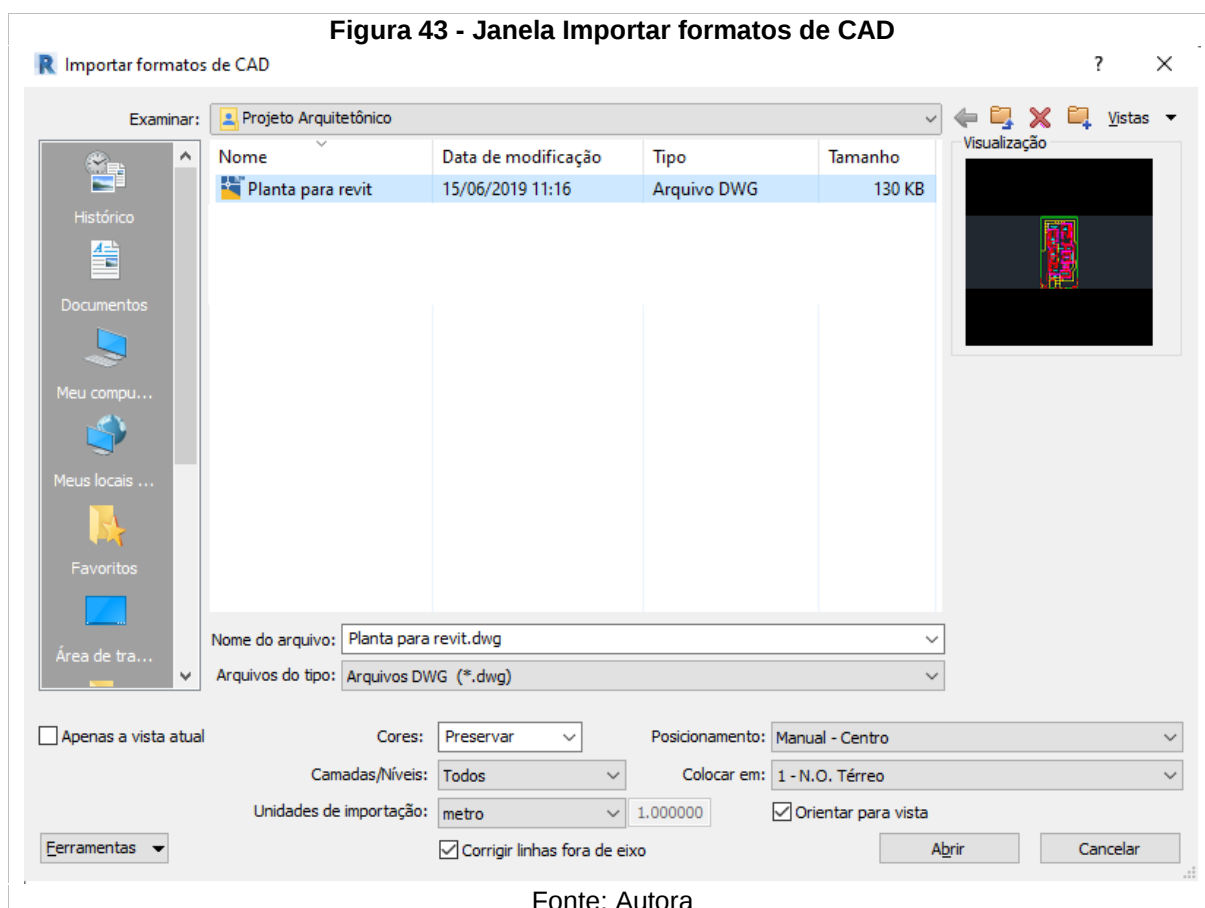
Fonte: Autora

4.3.3.2 Inserção da planta no Autodesk Revit

Depois de realizadas as configurações iniciais no *template*, clicando-se na aba “Inserir” do Revit e após no comando “Importar CAD”, indicado na Figura 42, abre-se a janela conforme indicado na Figura 43, para inserção do arquivo .dwg no Revit.

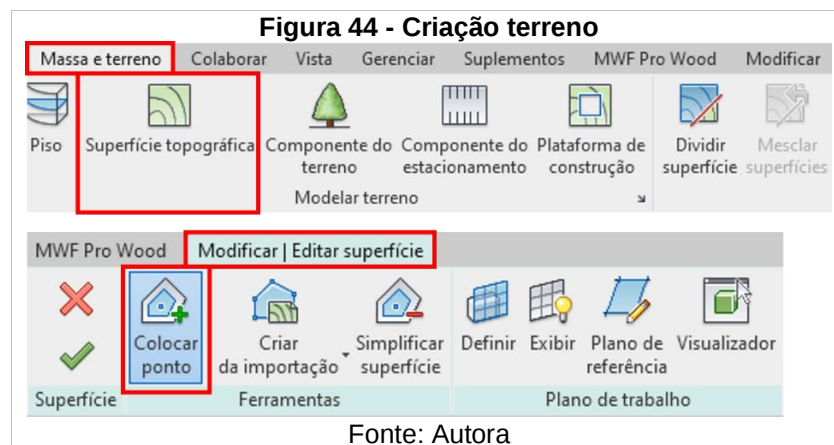


As configurações para importação da planta dwg estão de acordo com a Figura 43. Em seguida, clicou-se em “Abrir” e inseriu-se a planta no Revit.

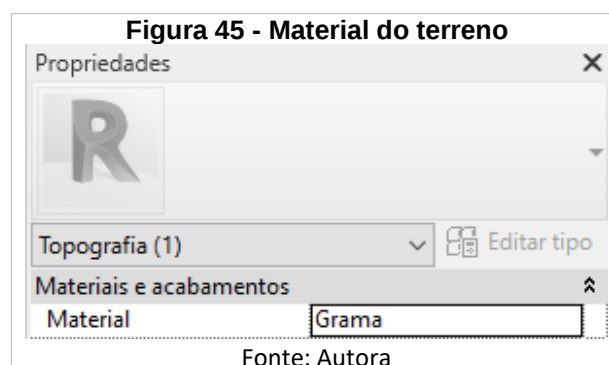


4.3.3.3 Criação do terreno

Antes de iniciar a inserção dos componentes no projeto, foi realizada a criação do terreno. Para isto, clicou-se na aba “Massa e terreno” e selecionou-se o item “superfície topográfica”. Em seguida, o item “colocar ponto” foi selecionado e foram inseridos pontos nos quatro cantos dos muros do projeto original e clicou-se no item “check”, conforme indicado na Figura 44.



Após a criação do terreno, o mesmo foi selecionado e alterou-se o seu material para “Grama” para fins estéticos, conforme mostrado na Figura 45.

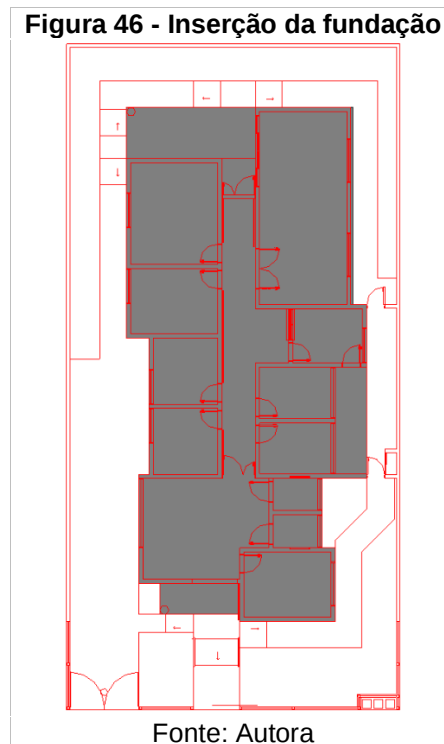


4.3.4 Inserção dos componentes de fundação e parede

Nesta etapa serão apresentados os passos para inserção dos componentes de fundação e parede no projeto original.

4.3.4.1 Fundação

Com base no nível “N.O. Térreo” foi criada a fundação em radier em todo o perímetro da edificação, conforme mostra a Figura 46.

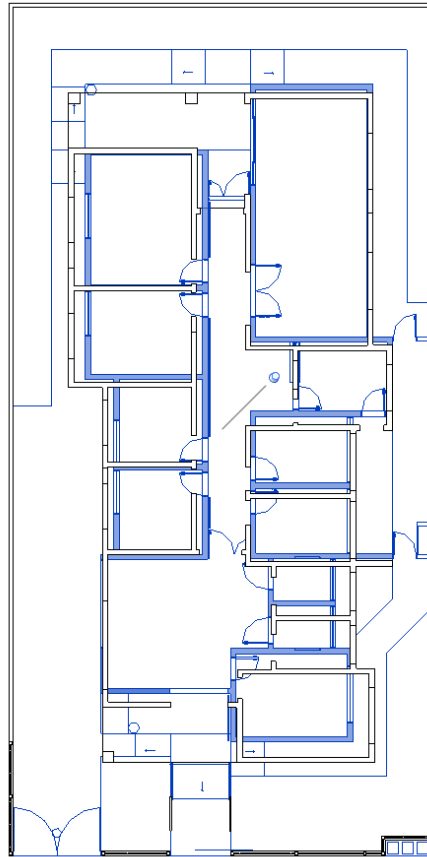


4.3.4.2 Paredes

Após a inserção da fundação, acima do nível “N.O. Térreo”, foram inseridas as paredes de acordo com a modulação do projeto original. Em seguida, foi realizada uma adequação na modulação das paredes, de modo a evitar recortes entre as mesmas, desalinhamentos e também para comportar painéis de no máximo 4,20 metros de largura, por ser múltiplo da largura das chapas de OSB e também em virtude do transporte dos painéis. Ocorreram algumas exceções para não descaracterizar o projeto original. Além disso, os limites da fundação foram alterados para acompanhar os alinhamentos das paredes externas.

A Figura 47 apresenta a comparação da modulação do projeto original, hachurado em azul, com a nova modulação das paredes. Ainda, os pilares circulares do projeto original foram substituídos por pilares retangulares.

Figura 47 - Modulação do projeto original x alterações



Fonte: Autora

A partir desta alteração, houve um acréscimo de 43,94 metros quadrados de área, sendo a nova área construída de 213,00 metros quadrados.

4.3.4.3 Colocação das esquadrias

Após finalizada a adequação na modulação das paredes, foram inseridas as esquadrias com dimensões de acordo com o projeto original. Para isto, foram utilizadas famílias do Revit próximas das propostas no projeto original.

Para a locação das esquadrias tentou-se manter as posições propostas no projeto original. Houve apenas relocações de janelas que se encontravam em cantos e encontros entre paredes, em que estas foram afastadas e locadas na parte central da parede.

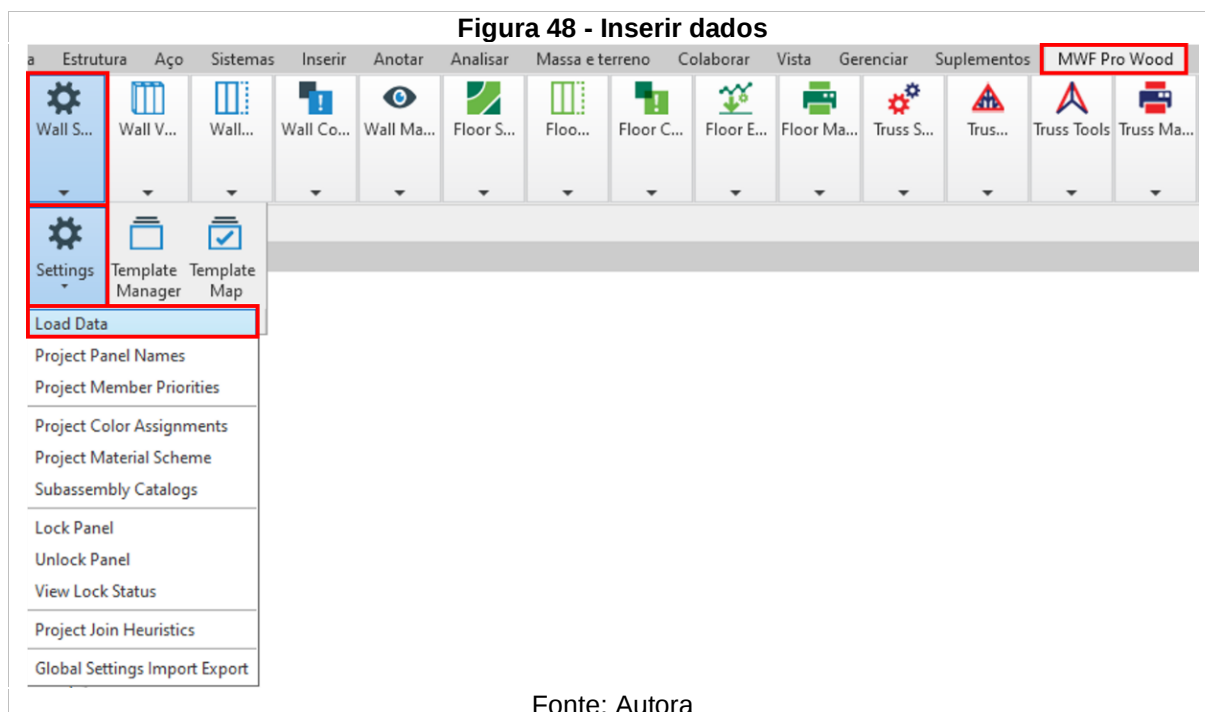
4.3.5 Criação dos painéis padrões de parede com o MWF Pro Wood

Após a modelagem dos elementos básicos no Revit, pode-se partir para a modelagem dos elementos do sistema *wood frame* a partir do *plug-in* MWF Pro Wood. Ao ser instalado, o *plug-in* aparece como uma aba no Revit com as funcionalidades de modelagem de estruturas em madeira, em que algumas destas serão descritas nos tópicos seguintes.

4.3.5.1 Carregamento de dados/configurações

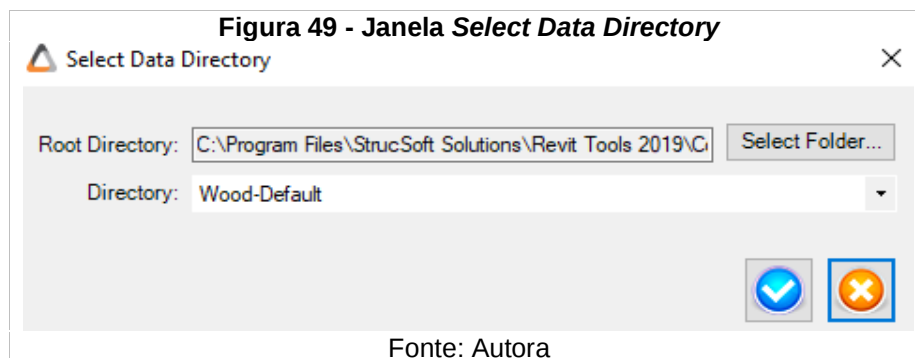
Muitas ferramentas do MWF necessitam que o projeto seja inicializado com dados padrões. Com isso, deve-se primeiramente realizar o carregamento dos dados necessários para configurar os padrões preliminares que só precisa ser feito uma vez por projeto.

Na guia MWF Pro Wood do Revit, clicou-se na aba *Wall Set Up*, em seguida clicou-se na aba *Settings* e por fim em *Load Data*, conforme indica a Figura 48.



Fonte: Autora

Foi aberta a janela *Select Data Directory*, onde selecionou-se no campo *Directory* o item *Wood-Default* e após clicou-se no símbolo de *check* em azul, conforme indica a Figura 49.

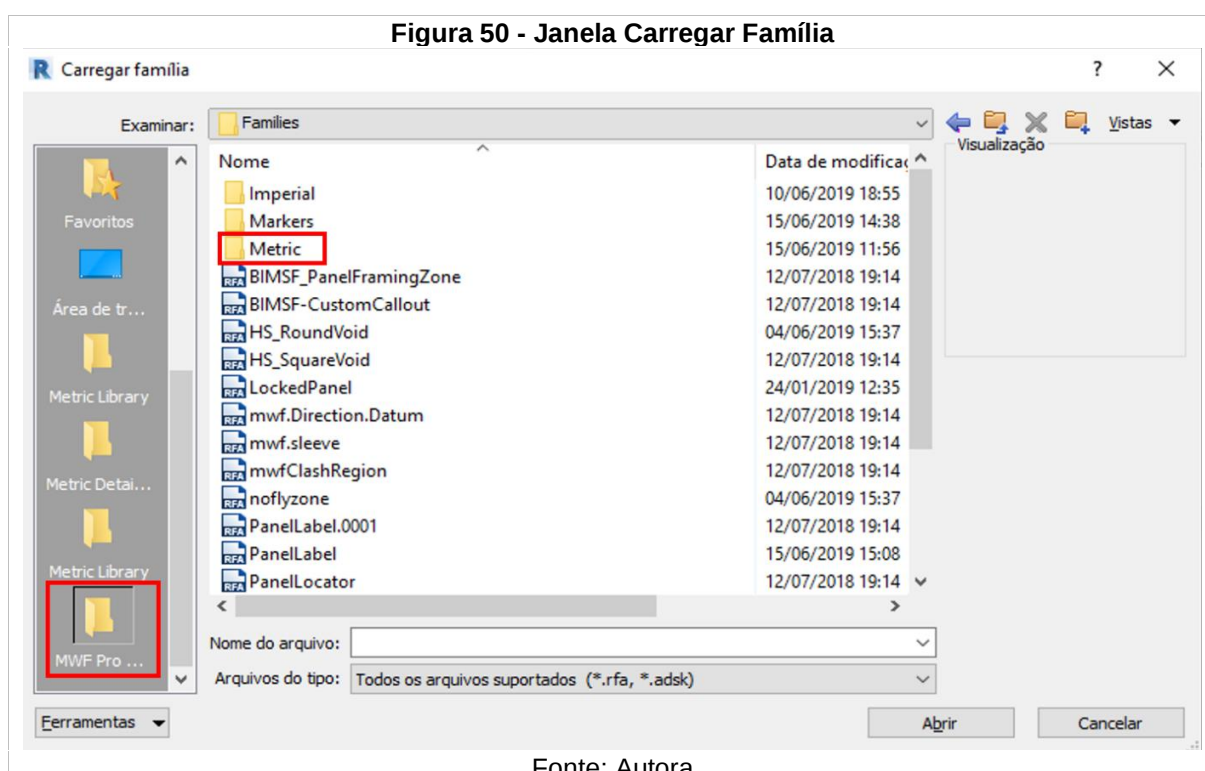


4.3.5.2 Carregar famílias

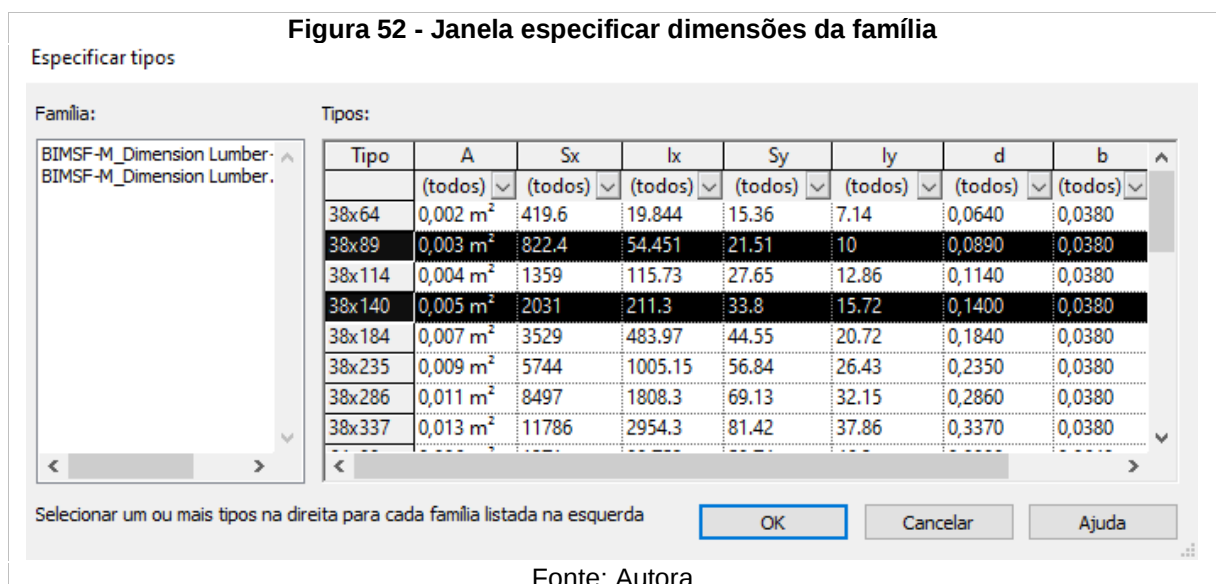
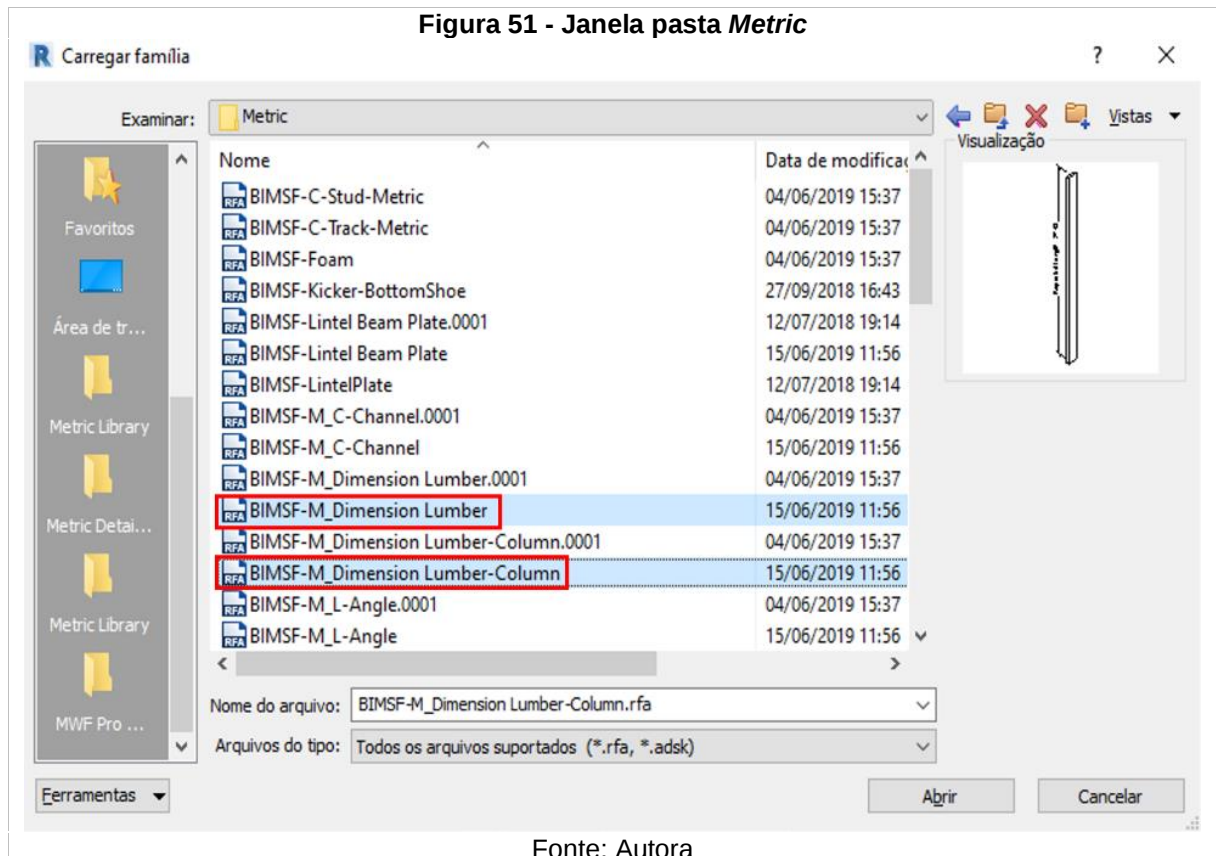
O MWF possui uma biblioteca de famílias, na qual utiliza como referência um catálogo da BIMSF-SSMA - *Steel Stud Manufacturers Association* - onde contêm variedades de famílias de peças metálicas ou em madeira, com dimensões padrões.

Antes de iniciar a modelagem é importante que seja feito o carregamento de famílias do MWF para criação dos próprios *templates*.

Na aba Inserir do Revit, clicou-se em Carregar Família. Após aberta a janela Carregar Família, clicou-se na pasta de instalação do MWF e selecionou-se a pasta *Metric*, indicada na Figura 50, pois no projeto do estudo de caso as medidas estão em metro.



Ao abrir a pasta *Metric* selecionou-se as famílias dos perfis horizontais e verticais, sendo “BIMSF-M_Dimension Lumber” e “BIMSF-M_Dimension Lumber-Column”, conforme indica a Figura 51, em seguida clicou-se em abrir e na nova janela selecionou-se os tamanhos 38x89mm e 38x140mm, conforme mostra a Figura 52.

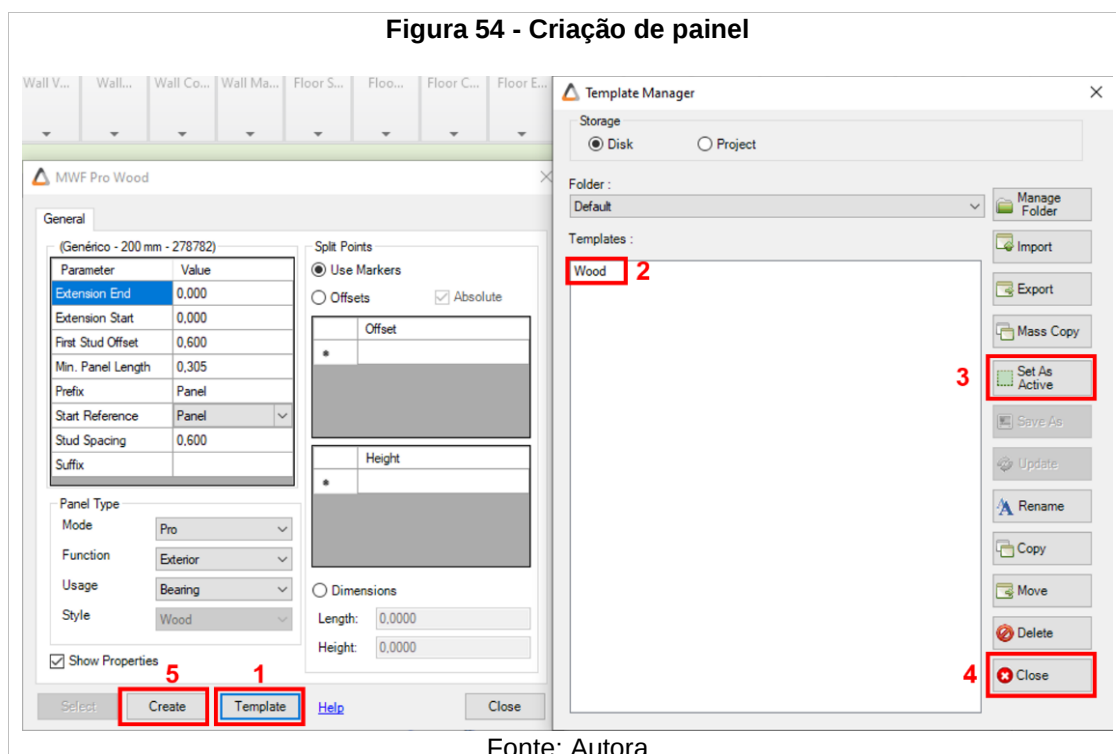


4.3.5.3 Criação de painéis de parede a partir de um template padrão

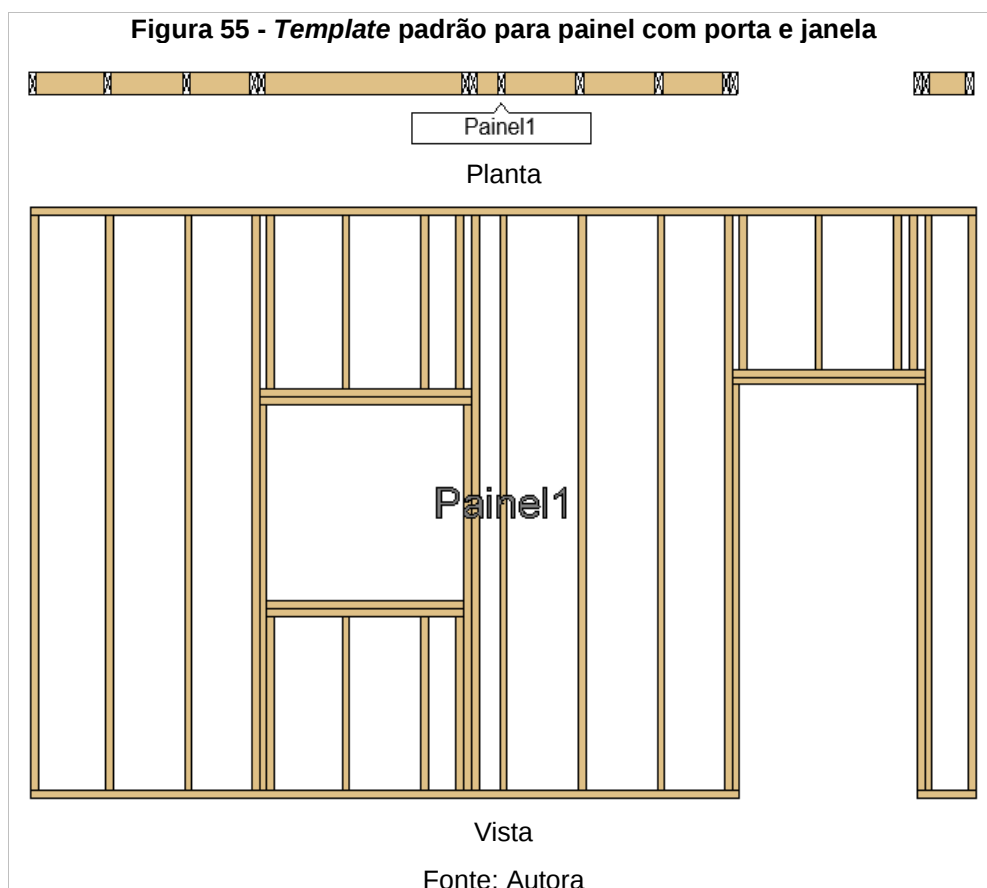
No navegador de desenhos do projeto com vista em planta selecionou-se uma parede existente no desenho do Revit e, na aba MWF Pro Wood clicou-se na aba *Wall Model* e após selecionou-se o comando *create*, conforme mostrado na Figura 53.



Uma nova janela contendo alguns parâmetros padrões do projeto foi aberta. Clicou-se em *Template* – passo 1, Figura 54 – e abriu-se a janela *Template Manager*, que gerencia os *templates*. Selecionou-se o *template* padrão – passo 2, Figura 54 – e clicou-se em *Set as Active* – passo 3, Figura 54. Fechou-se a janela – passo 4, Figura 54 – e clicou-se em *Create* – passo 5, Figura 54 – para criação do painel.



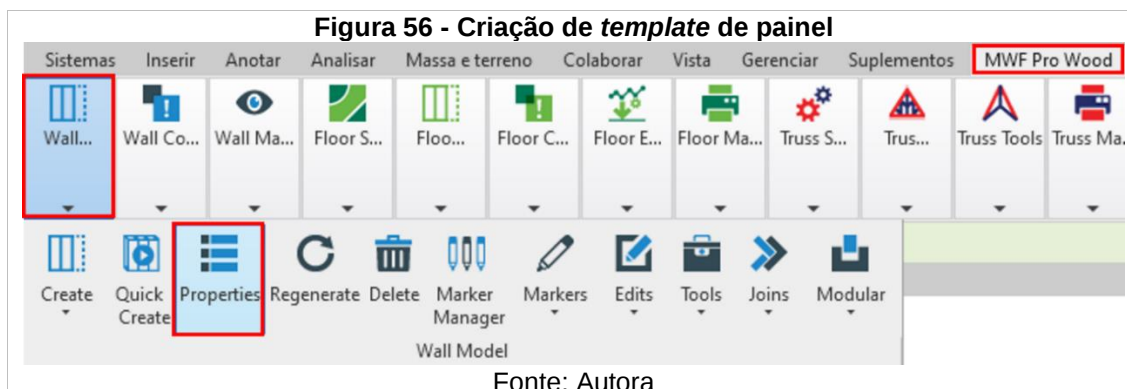
Com isso, o painel 1 do *template* padrão foi criado. A Figura 55, mostra um exemplo de um painel com portas e janelas, gerado automaticamente pelo *software*.



4.3.5.4 Criação de novos modelos de painéis

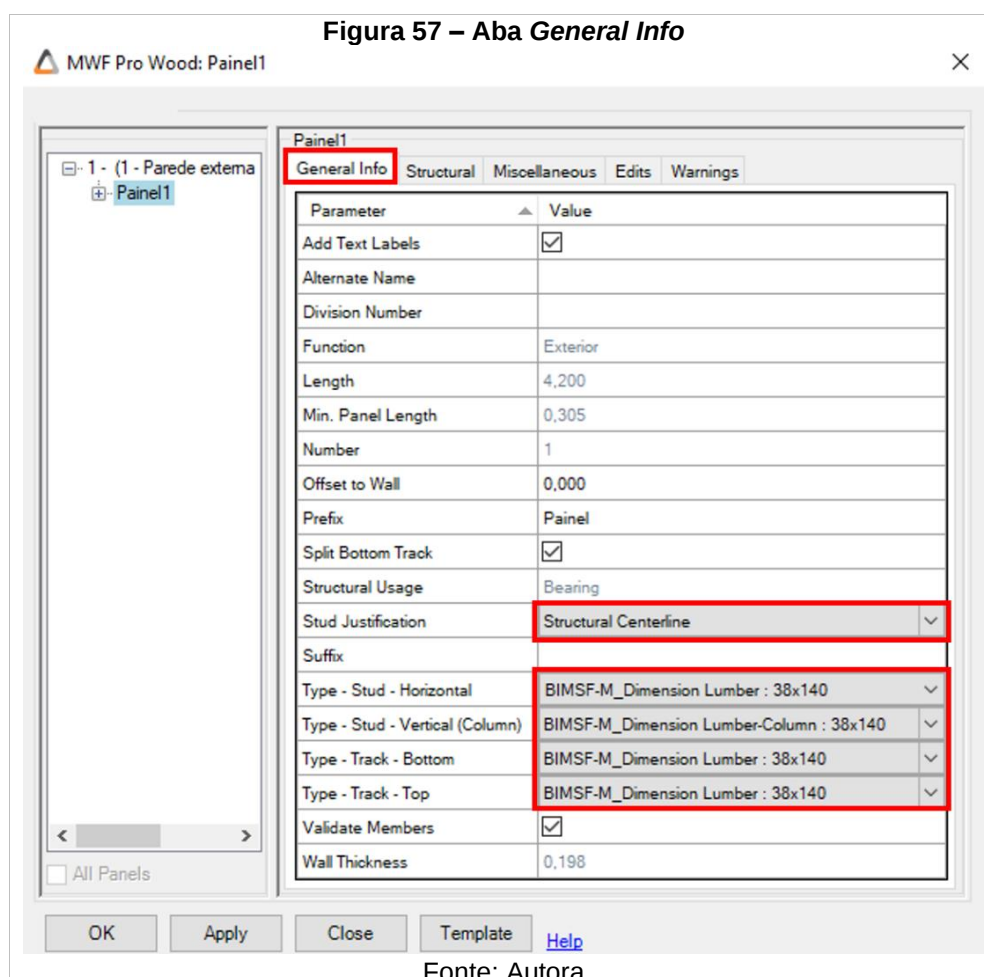
Um *template* é um conjunto de propriedades que compõem os parâmetros de um painel e, no MWF Pro Wood, o mesmo só pode ser criado modificando as propriedades de um painel existente. Para o projeto em questão, foi criado um *template* de painel para parede externa e outro *template* para parede interna. Os painéis de parede externa são constituídos por peças de 38 x 140 mm e os painéis de parede interna por peças de 38 x 89 mm, conforme definido no tópico 4.2.

Para criação de um novo *template*, primeiro selecionou-se o painel padrão criado no tópico 4.3.5.3 e, na aba MWF Pro Wood, clicou-se na aba *Wall Model* e após selecionou-se o comando *Properties*, conforme mostrado na Figura 56.

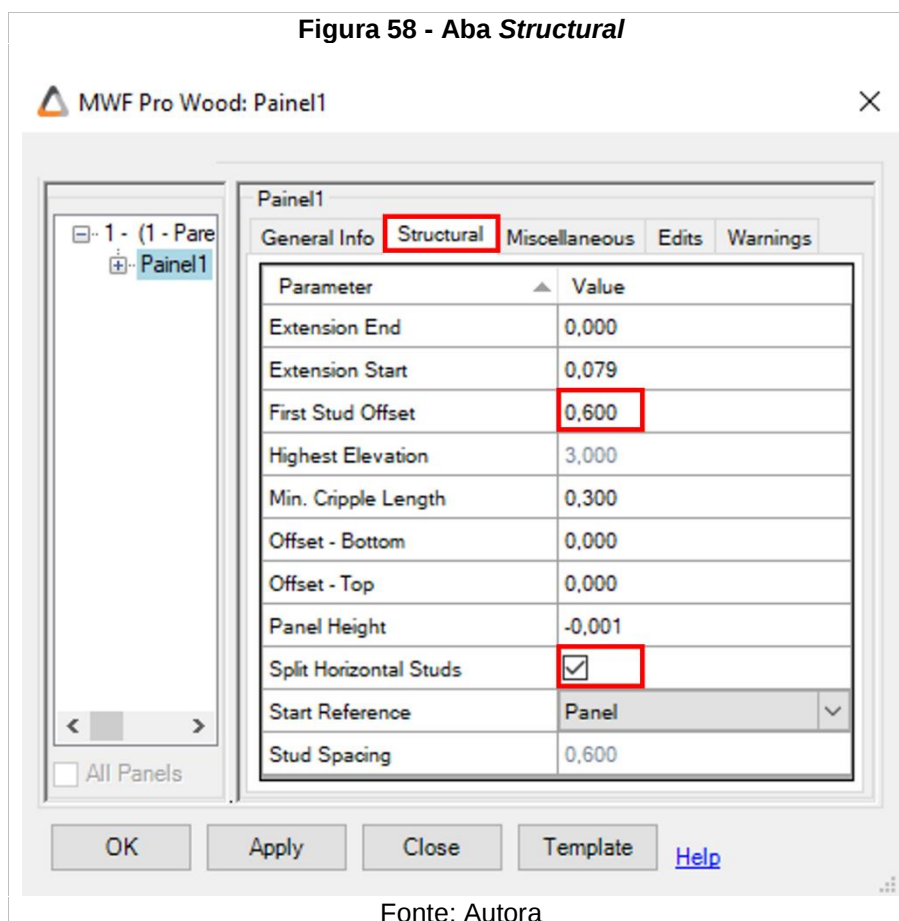


Foi aberta uma janela contendo todas as propriedades do painel, nas quais, as principais estão divididas entre as abas: *General Info*, *Structural* e *Miscellaneous*.

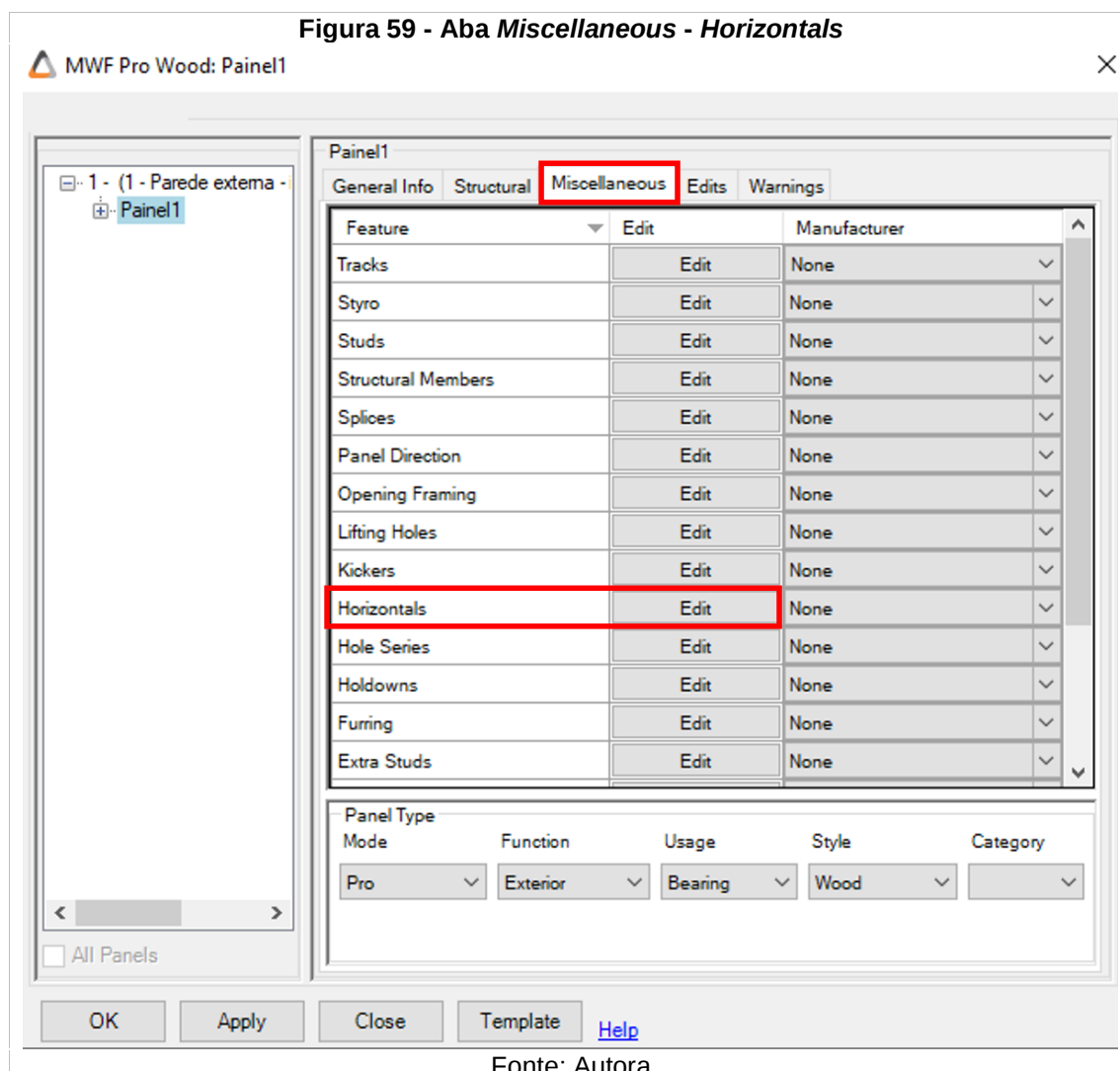
Para os painéis *template* do projeto, no item *Stud Justification* foi selecionado *Structural Centerline*, para que o centro do painel fique alinhado com o centro do núcleo da parede. Além disso, foram selecionadas as dimensões das peças de 38 x 140 mm no modelo de painel exterior, conforme exemplo mostrado na Figura 57.



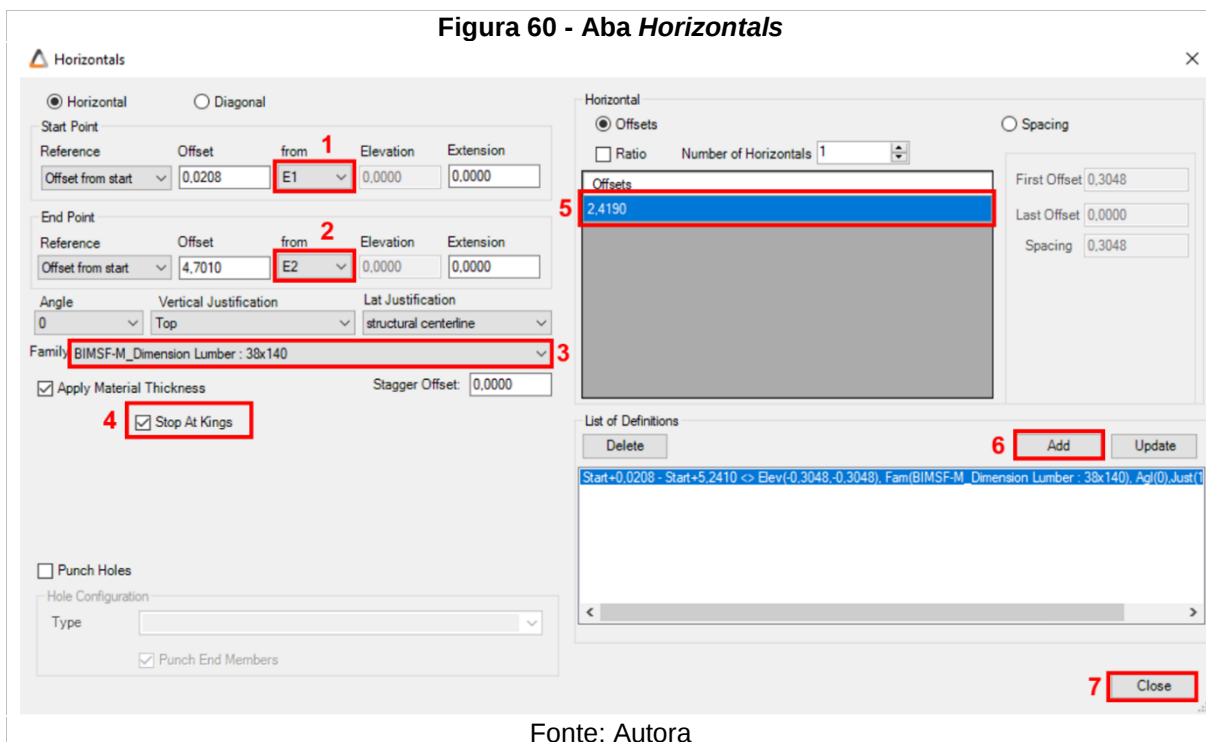
Na aba *Structural* foi especificado o espaçamento entre os montantes do painel igual a 0,60 m, conforme definido no tópico 4.2. Além disso, a opção *Split Horizontal Studs* foi marcada, para que as peças horizontais adicionais inseridas sejam divididas corretamente entre os montantes, conforme mostrado na Figura 58.



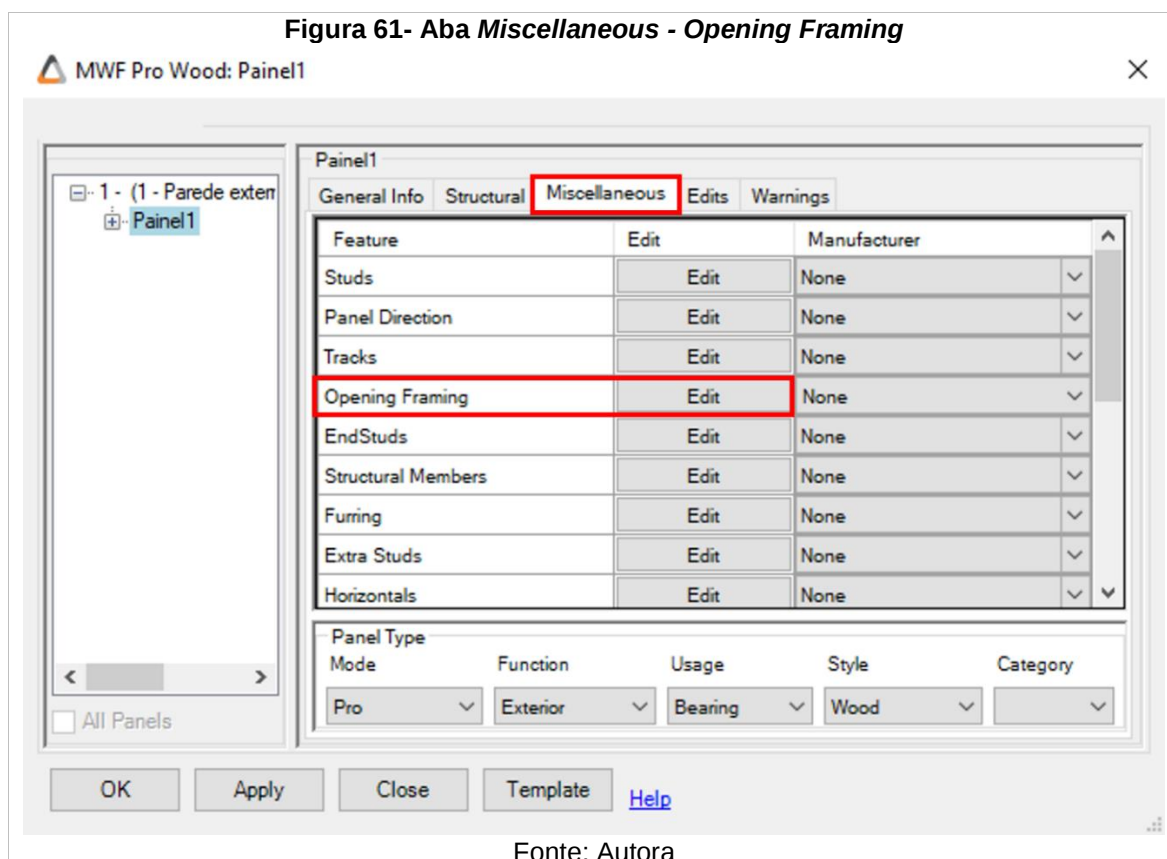
Na aba *Miscellaneous*, indicada na Figura 59, no item *Horizontals* clicou-se em *Edit* e abriu-se uma nova janela para adicionar peças horizontais extras ao painel.



Para os painéis do projeto, foram adicionadas peças horizontais a uma altura de 2,419m, que coincide com a altura das chapas de OSB para fixação das mesmas. Selecionou-se o início (E1), fim (E2) e a dimensão das peças horizontais extras. Além disso, foi marcada a opção *Stop At Kings* para que as peças não sejam colocadas sobre aberturas de portas e janelas. Após isso clicou-se em *add*, conforme indicado na Figura 60, por fim clicou-se em *close* e volta para a janela das propriedades do painel. Qualquer alteração realizada nesta janela, deve-se clicar em *Update* – item ao lado de *Add* – para atualizar essas configurações antes de prosseguir para o projeto.



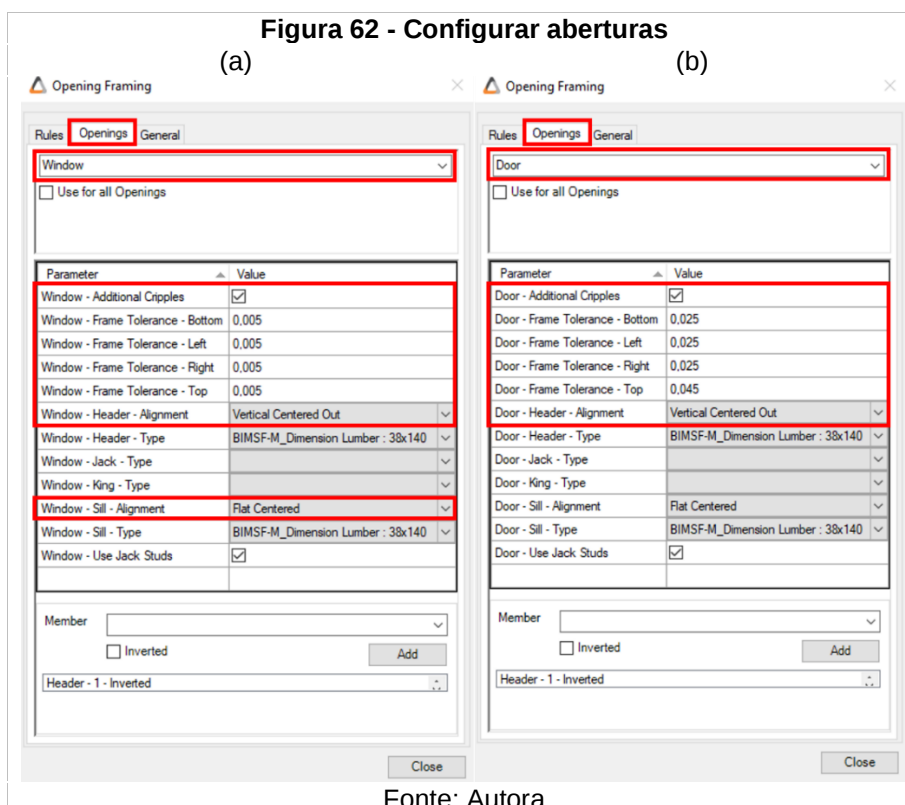
Na aba *Miscellaneous*, no item *Opening Framing* clicou-se em *Edit*, indicado na Figura 61, e abriu-se uma nova janela contendo configurações das aberturas do painel, conforme indicado na Figura 62.



Clicando-se na aba *Openings*, é possível alterar as configurações de portas, janelas e aberturas. Para as janelas, indicado na Figura 62a, nos itens de *Frame Tolerance Bottom, Left, Right e Top* adicionou-se a medida de 5mm em todo o perímetro para que haja uma folga na abertura do painel para colocação da janela. No item *Window – Header – Alignment*, selecionou-se a opção *Vertical Centered Out* para que a verga das janelas seja composta por duas peças na vertical. Já na opção *Window – Sill – Alignment*, manteve-se o padrão de *Flat Centered*, onde a contra verga da janela será composta por duas peças na horizontal.

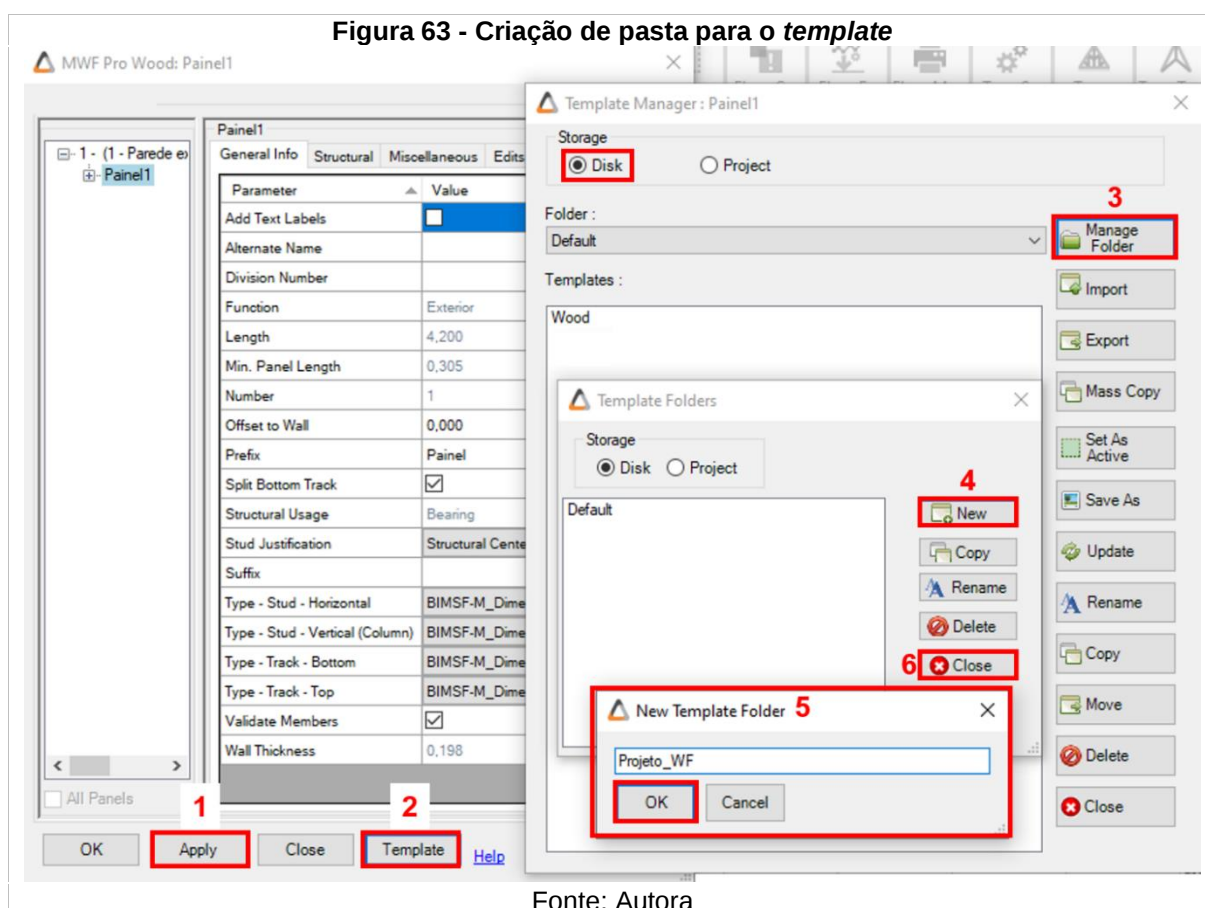
Para as portas, indicado na Figura 62b, nos itens de *Frame Tolerance Bottom, Left e Right* adicionou-se a medida de 25mm que corresponde à espessura das forras da porta, ou seja, para que as peças do painel não coincidam com as mesmas. No item *Frame Tolerance Top*, além da espessura da forra, considerou-se a medida de 45mm que corresponde à espessura do revestimento de 20mm do piso mais a espessura da forra da porta, pois o painel se encontra no nível osso e a porta encontra-se no nível acabado, a 2cm do nível osso. No item de *Door – Header – Alignment*, também selecionou-se a opção *Vertical Centered Out*, para que a verga das portas também seja composta por duas peças na vertical.

Após realizadas as configurações nas aberturas, clicou-se em *Close*.

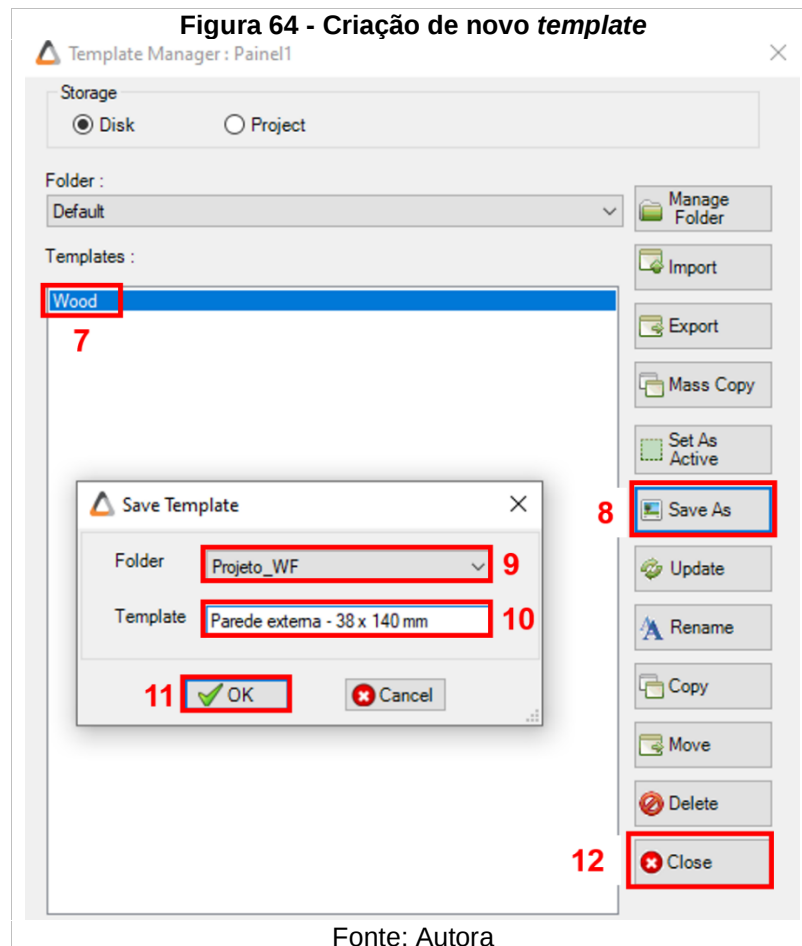


Após realizadas as alterações necessárias nas propriedades do painel clicou-se em *apply* para aplicar as alterações feitas – passo 1, Figura 63 – em seguida clicou-se em *Template* – passo 2, Figura 63 – e a janela *Template Manager* foi aberta.

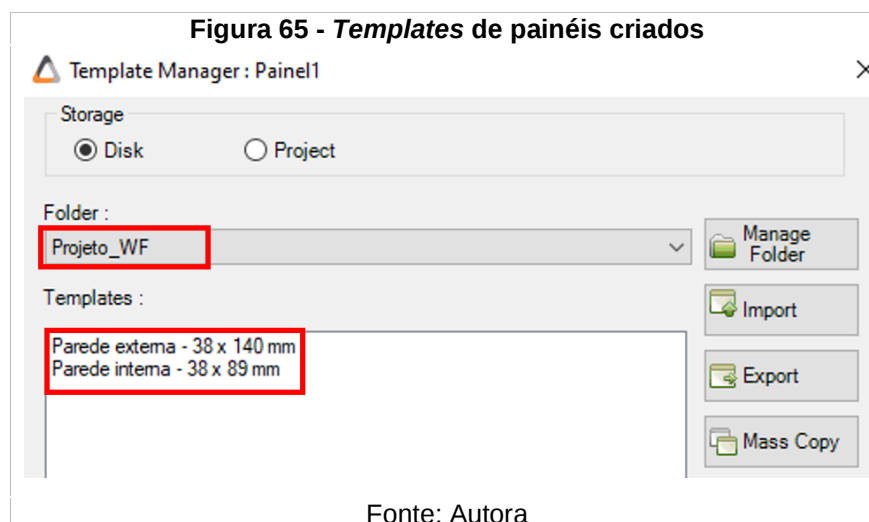
Primeiramente criou-se uma pasta onde foi salvo o novo *template*. Para isto, foi mantido selecionado o item *Disk* para que a pasta fosse salva na pasta de instalação do MWF, o que permite que o *template* seja utilizado em qualquer projeto do computador. Em seguida clicou-se em *Manage Folder* – passo 3, Figura 63 – e a janela de *Template Folders* foi aberta. Nesta nova janela, clicou-se em *New* – passo 4, Figura 63 – e foi dado um nome para a nova pasta e clicou-se em *Ok* – passo 5, Figura 63 – e por fim clicou-se em *Close* – passo 6 Figura 63.



Após a criação da pasta para o *template*, ainda selecionado *Default* no item *Folder*, selecionou-se o *template* padrão *wood* utilizado – passo 7, Figura 64 – e clicou-se em *Save As* – passo 8, Figura 64 – e foi aberta uma nova janela onde selecionou-se a pasta criada – passo 9, Figura 64 – e foi nomeado o novo *template* – passo 10, Figura 64. Após, clicou-se em *OK* e o novo *template* foi criado.



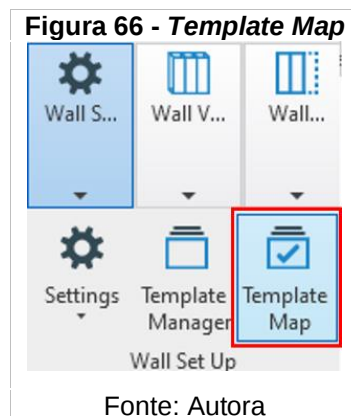
Os mesmos passos foram seguidos para criação dos dois modelos de painéis do projeto: “Parede externa – 38 x 140mm” e “Parede interna – 38 x 89mm”, conforme indicado na Figura 65, os quais se diferenciam pelas dimensões dos perfis.



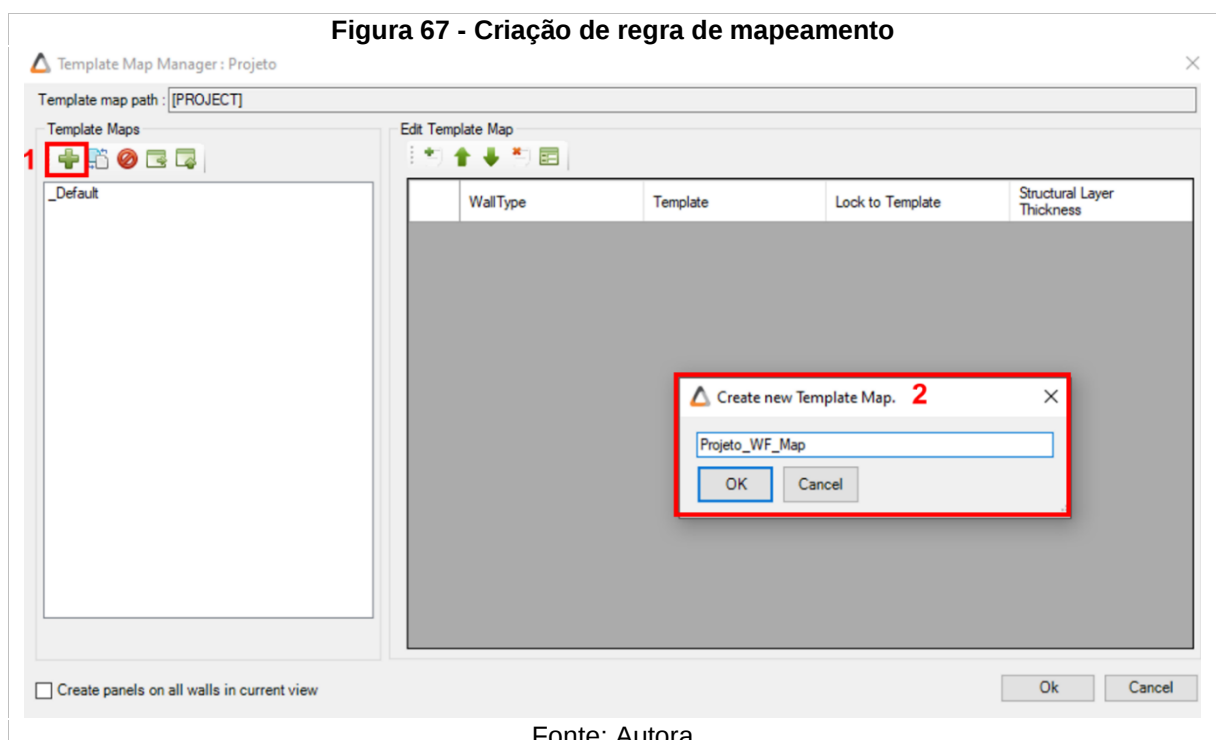
4.3.5.5 Mapeamento de paredes e painéis

Para automatizar o processo de criação dos painéis, é importante que se faça o mapeamento destes. O mapeamento serve para vincular tipos de parede do Revit a *templates* de painéis criados em um projeto.

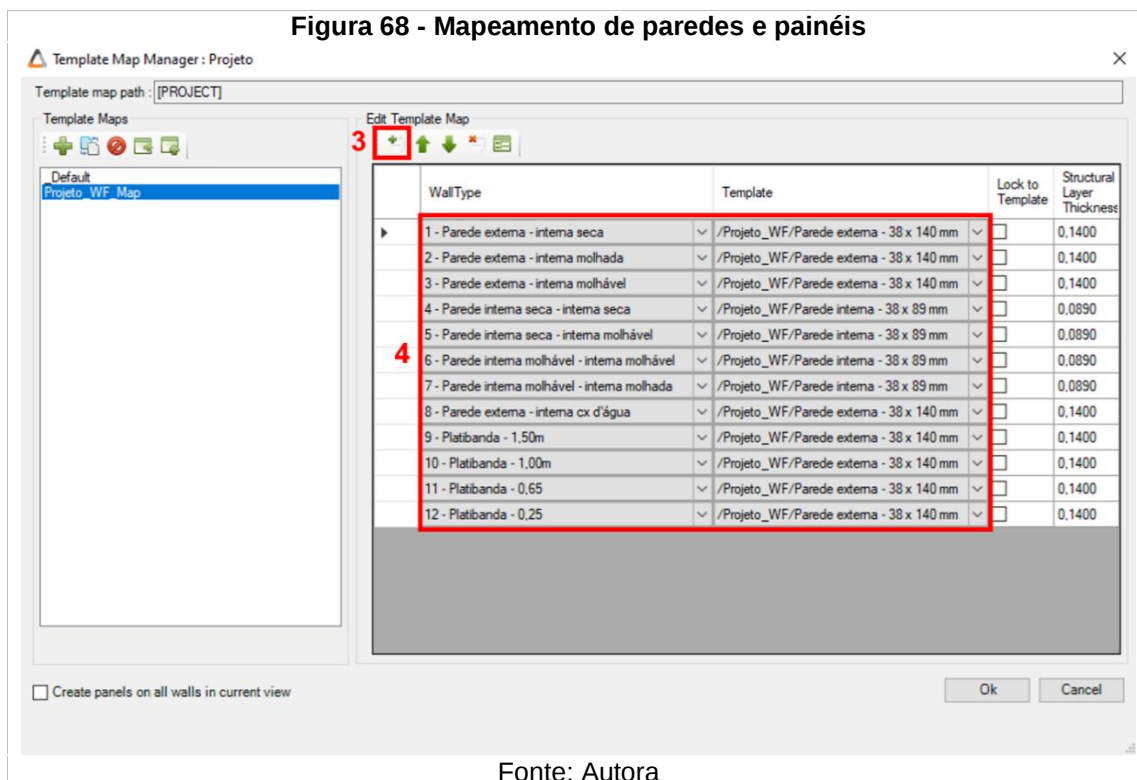
Para realizar o mapeamento, sob a aba MWF Pro clicou-se em *Template Map* para abrir o mapa de modelos comando, conforme Figura 66.



Clicou-se no ícone *add new* – símbolo de + no canto superior esquerdo - para adicionar uma nova regra de mapeamento e dar um nome a ela, conforme indicado na Figura 67.

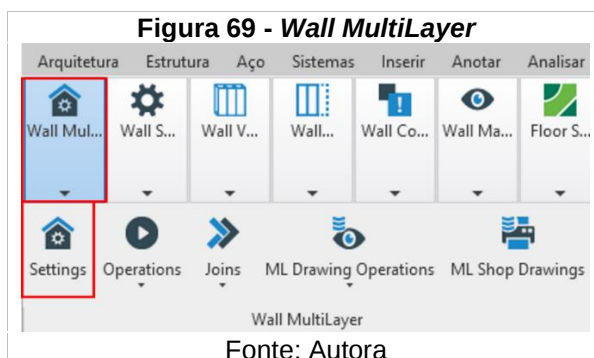


No lado esquerdo da janela *Edit Template Map*, clicou-se no botão "+" – passo 3, Figura 68 – para criar uma nova linha na lista de mapeamento. Selecionou-se o tipo de parede desejado e combinou-se com o *template* desejado – passo 4, Figura 68. O procedimento foi repetido para todos os tipos de parede que desejou-se mapear. Por fim, clicou-se em Ok no *Edit Template Map* para fechá-lo e o mapeamento das paredes com os painéis foi criado.

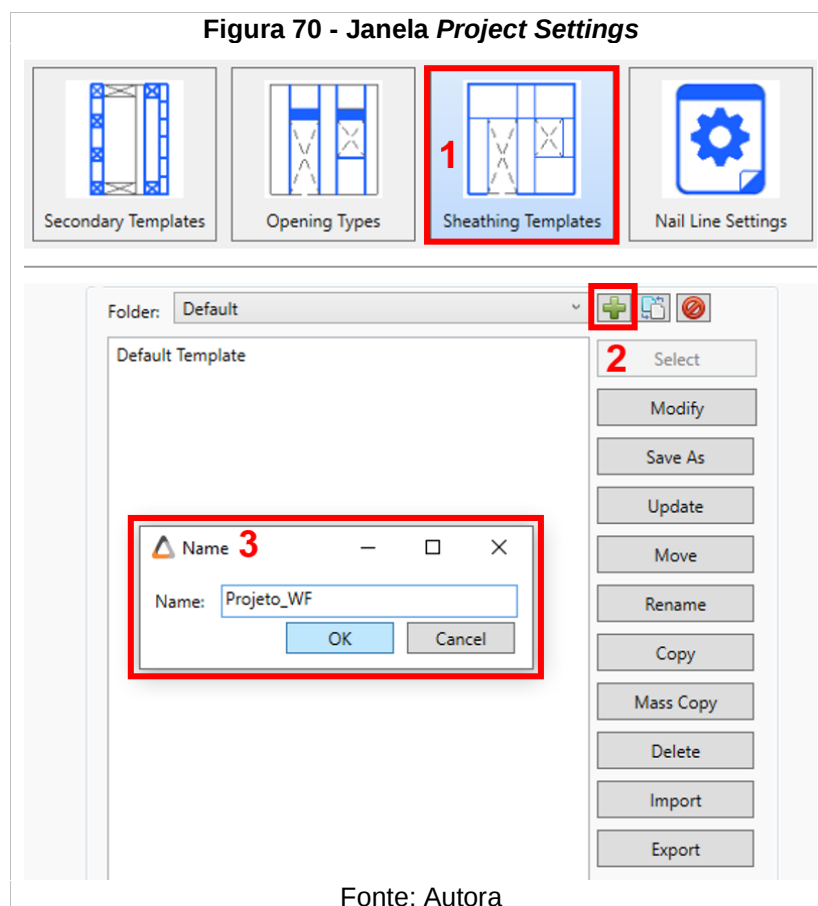


4.3.5.6 Criação de template das chapas de revestimento

Para criação dos *templates* das chapas de revestimento dos painéis, na aba *MWF Pro Wood*, clicou-se na aba *Wall MultiLayer* e em seguida em *Settings*, conforme indicado na Figura 69, e a janela *Project Settings* foi aberta.

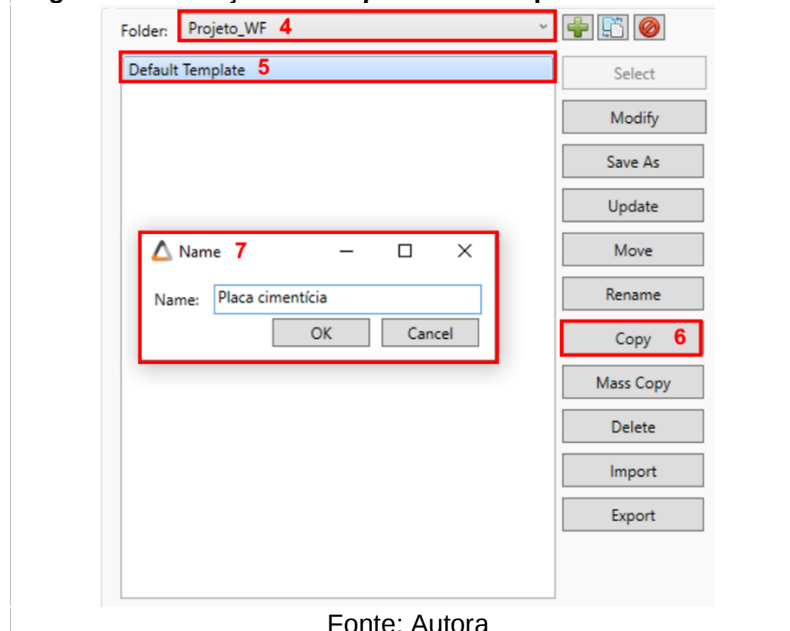


Nesta janela, clicou-se em *Sheathing Templates* – Passo 1, Figura 70. Antes de prosseguir com a criação dos *templates*, foi criada uma pasta em que os mesmos foram salvos. Para isto, clicou-se no item *add folder* – Passo 2, Figura 70 – e uma nova janela foi aberta para nomear a pasta - Passo 3, Figura 70.



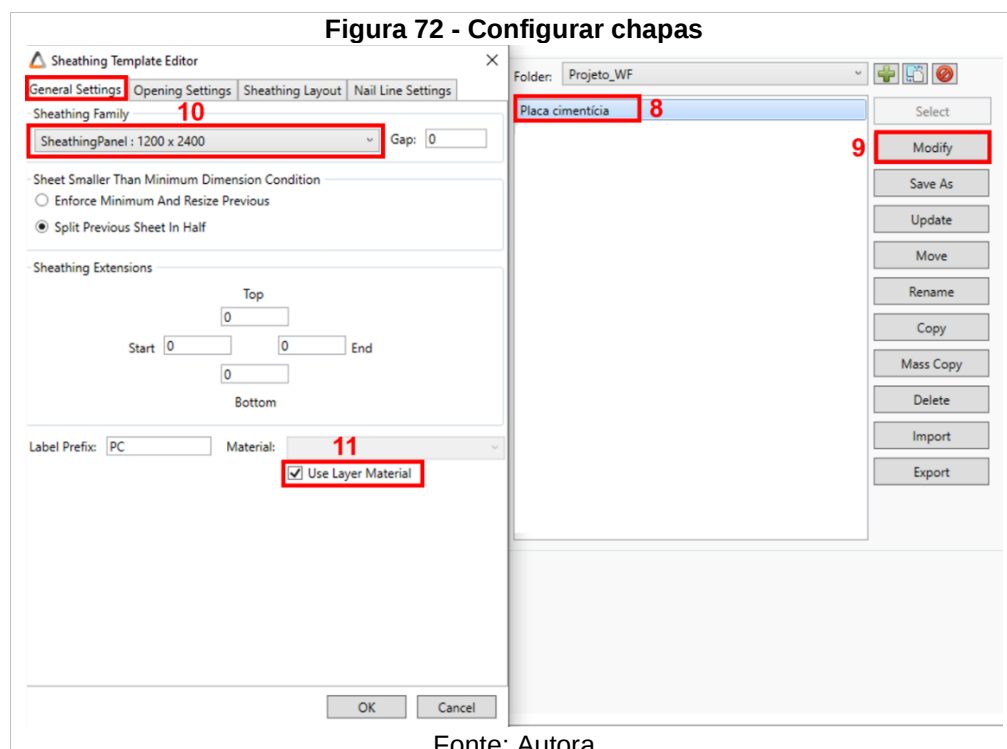
Após a criação da pasta, com a mesma selecionada – Passo 4, Figura 71 – selecionou-se o item *Default Template* – Passo 5, Figura 71 – e clicou-se em *Copy* – Passo 6, Figura 71 e uma nova janela foi aberta para nomear o *template* a ser criado – Passo 7, Figura 71. No projeto do estudo de caso, começou-se pelo *template* da placa cimentícia.

Figura 71 – Criação de *template* das chapas de revestimento



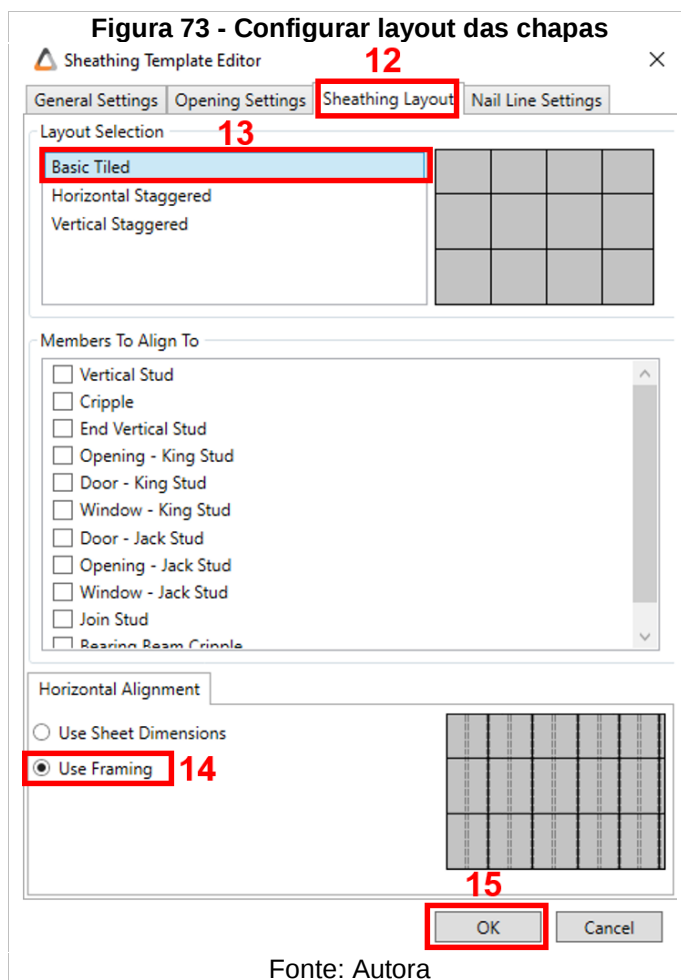
Fonte: Autora

Após a criação do *template* da placa cimentícia, foi mantido o mesmo selecionado – passo 8, Figura 72 – e clicou-se em *Modify* – passo 9, Figura 72. Foi aberta a janela *Sheathing Template Editor* e na aba *General Settings* selecionou-se o tipo de chapa de 1200 x 2400 mm – passo 10, figura Figura 72 – e marcou-se o item *Use Layer Material* – passo 11, figura Figura 72 – para que seja utilizado o mesmo material das camadas que foi aplicado anteriormente nas paredes.



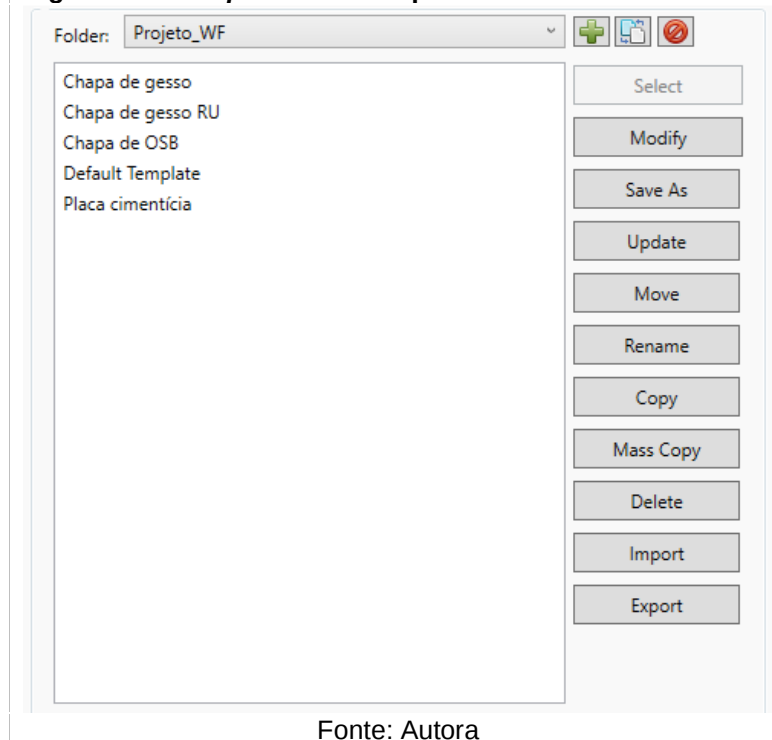
Fonte: Autora

Em seguida, clicou-se na aba *Sheathing Layout* – passo 12, Figura 73 – selecionou-se o item *Basic Tiled* de modo que as chapas estejam alinhadas – passo 13, Figura 73. Selecionou-se o item *Use Framing* para que o alinhamento horizontal das chapas esteja conforme a estrutura – passo 14, Figura 73. Por fim clicou-se em OK – passo 15, Figura 73.

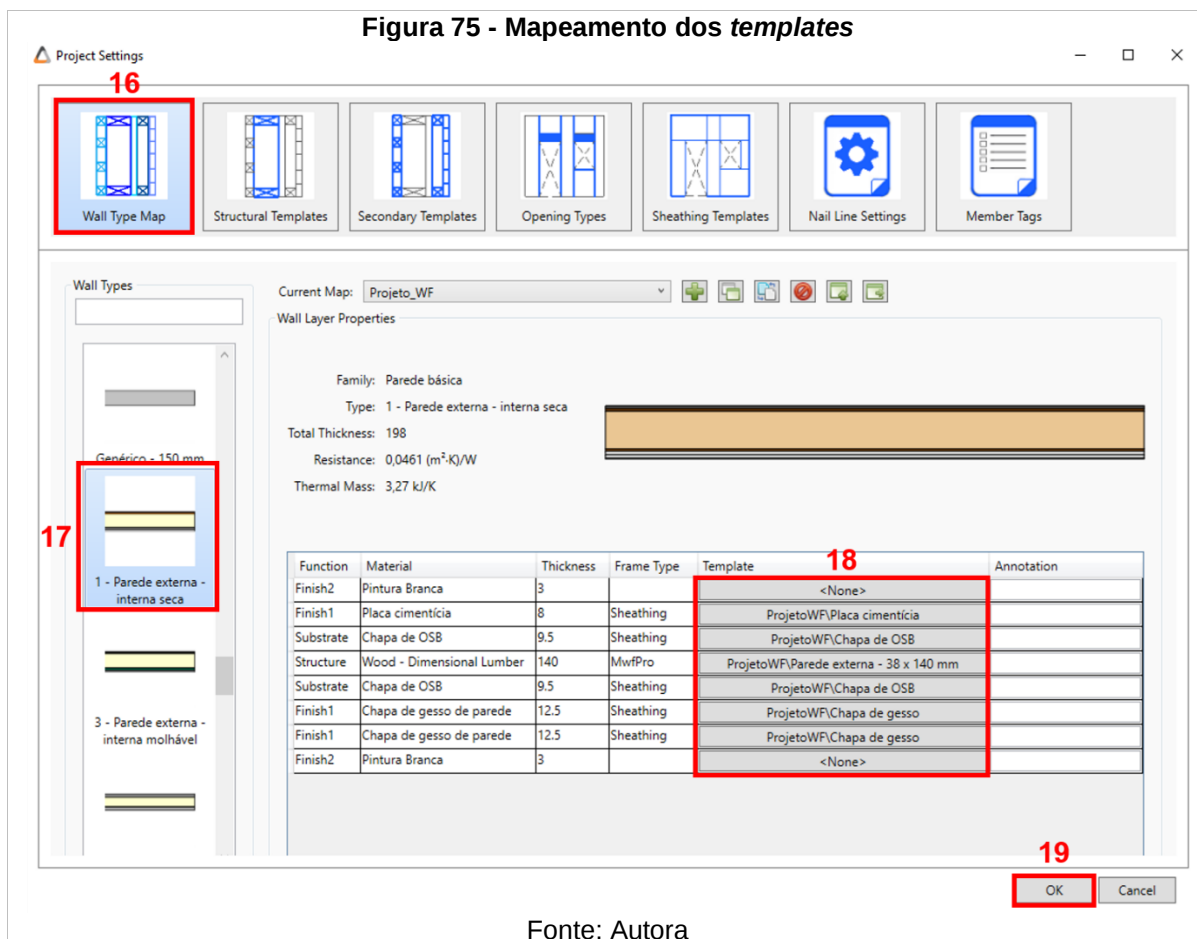


Após a criação do primeiro *template*, os próximos foram criados copiando-se o inicial para que sejam mantidas as mesmas configurações. Foram criados os *templates* das chapas de gesso, gesso resistente à umidade e a chapa de OSB, conforme mostrado na Figura 74.

Figura 74 – Templates das chapas de revestimento criados



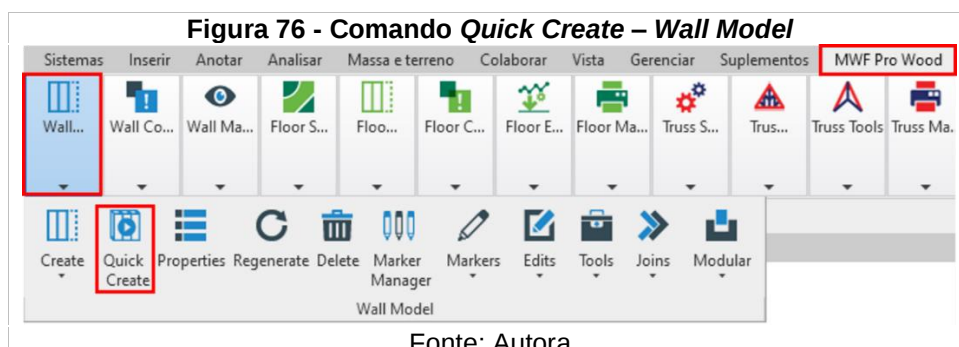
Após finalizada a criação dos *templates* das chapas, foi realizado o mapeamento destes nas paredes. Primeiramente clicou-se em *Wall Type Map* – passo 16, Figura 75 – em seguida selecionou-se primeira parede a ser mapeada – passo 17, Figura 75 – e aplicou-se o *template* da chapa em cada camada da parede – passo 18, Figura 75. Por fim clicou-se em OK e o *template* e mapeamento das chapas foi criado – passo 19, Figura 75.



4.3.5.7 Criação automática dos painéis

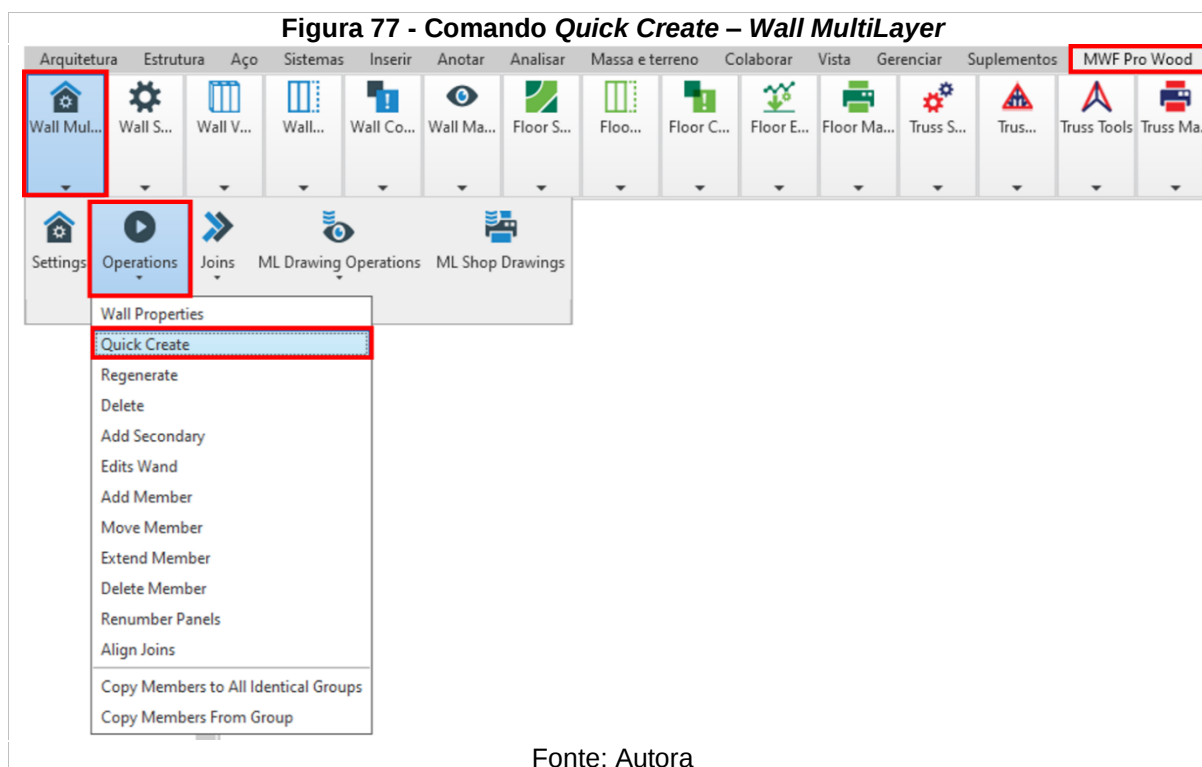
Após a criação dos *templates* dos painéis e realização do mapeamento destes nas paredes, foi realizada a criação automática de todos os painéis ao mesmo tempo utilizando-se o comando *Quick Create*.

Existem duas formas de utilizar este comando. A primeira é selecionando-se todas as paredes e em seguida, na aba *Wall Model*, clica-se em *Quick Create*, conforme indicado na Figura 76.



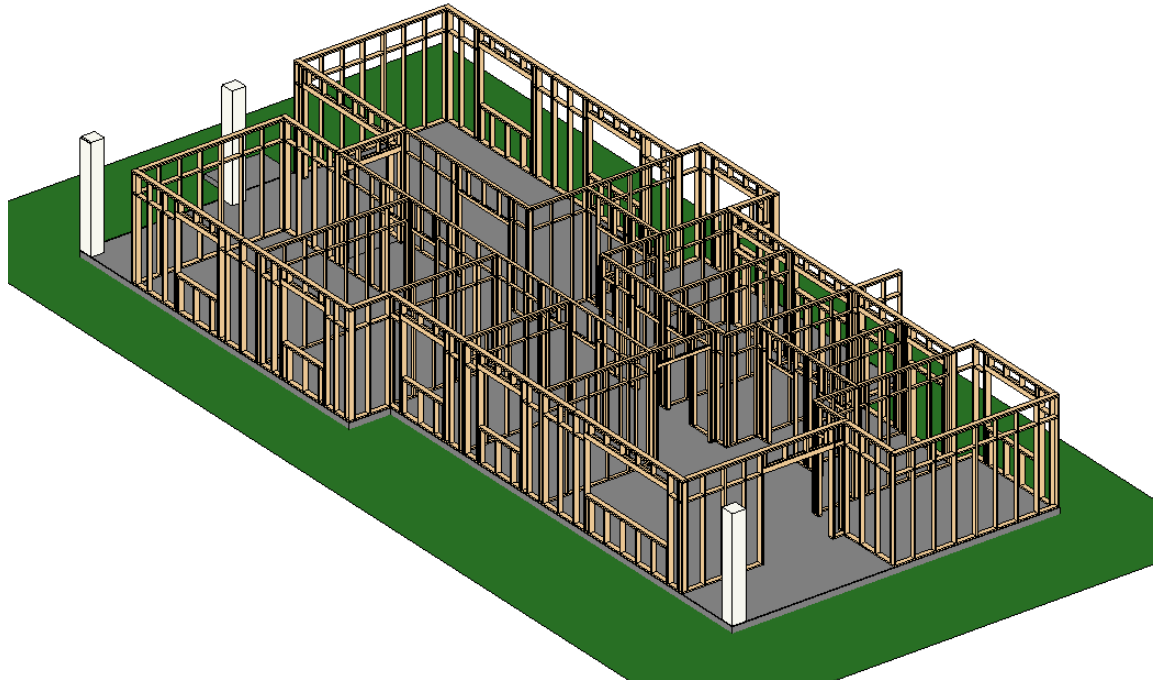
Com este comando, todos os painéis do *wood frame* serão inseridos nas paredes utilizando os *templates* apropriados. Painéis criados anteriormente não serão tocados por este comando e manterão seus modelos atuais.

A segunda forma de criação automática dos painéis é selecionando-se todas as paredes e em seguida, na aba *Wall Multilayer*, clica-se em *Quick Create*, conforme indicado na Figura 77.



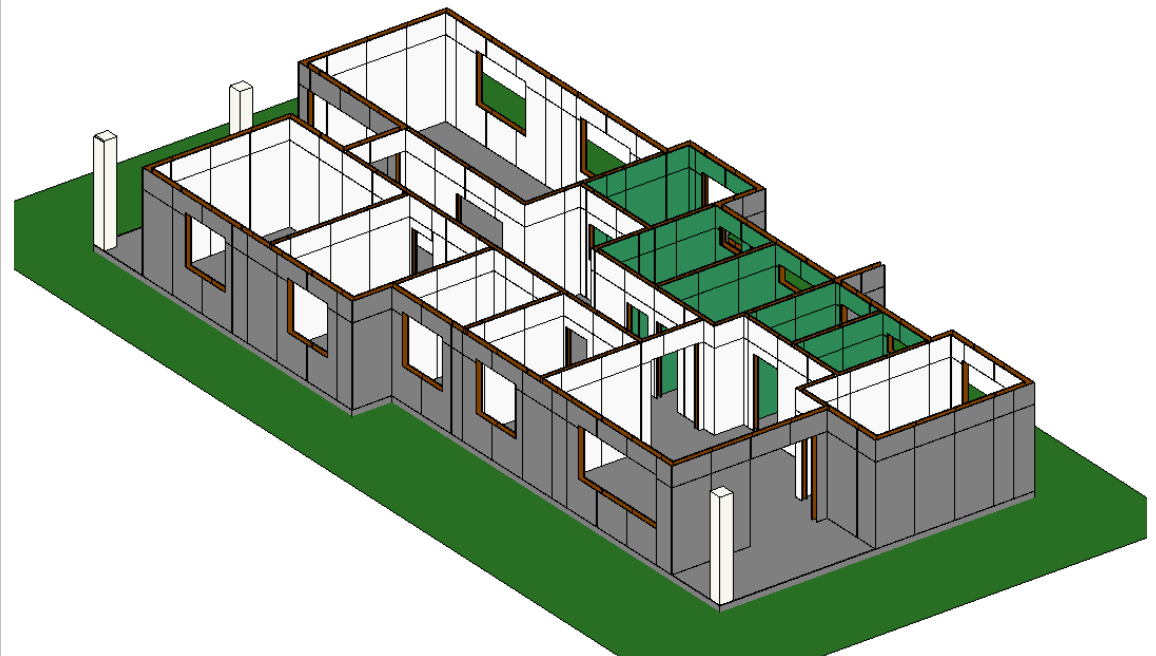
A diferença entre os dois comandos é a de que o comando *Quick Create* do *Wall Model* cria apenas os painéis, enquanto que utilizando o mesmo através do *Wall Multilayer*, cria-se os painéis juntamente com as chapas de revestimento. Para o projeto do estudo de caso foi utilizada a segunda forma. A Figura 78 apresenta uma vista em 3D da estrutura dos painéis criados para o pavimento térreo e a Figura 79 apresenta a vista dos painéis com as chapas de revestimento.

Figura 78 - Vista em 3D dos painéis sem chapas de revestimento



Fonte: Autora

Figura 79 - Vista em 3D dos painéis com as chapas de revestimento

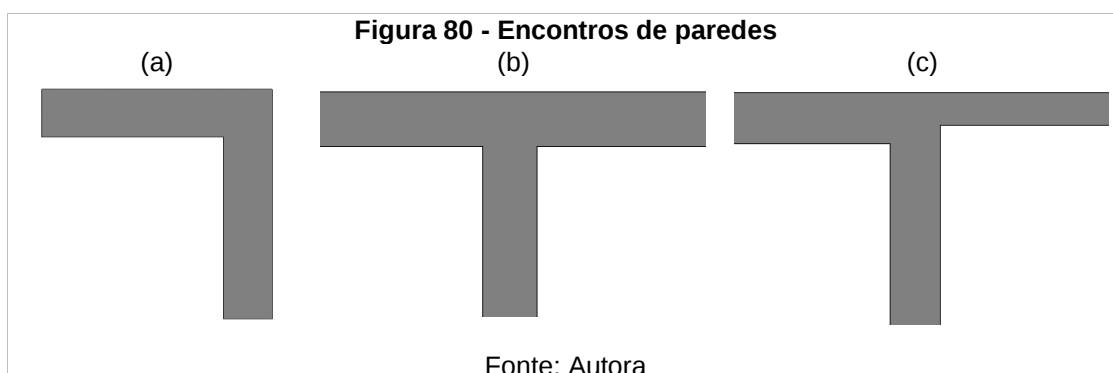


Fonte: Autora

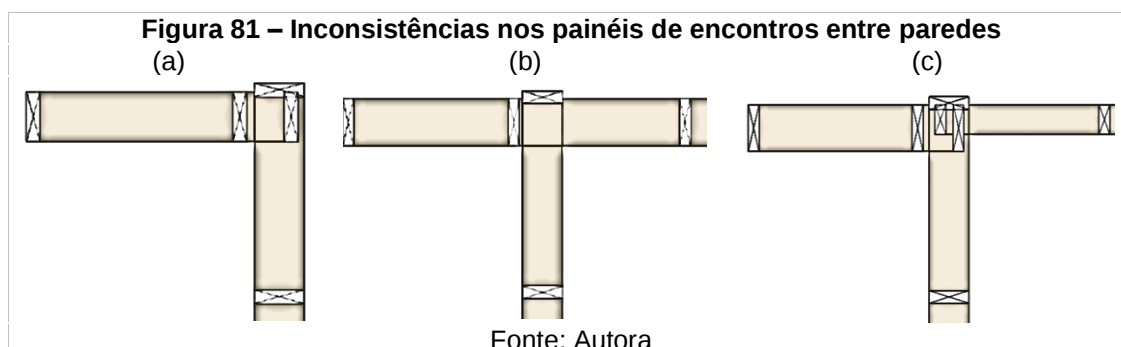
4.3.5.8 Correção de encontros entre painéis

No projeto do estudo de caso podem ser encontrados três tipos de encontros entre paredes, conforme abaixo:

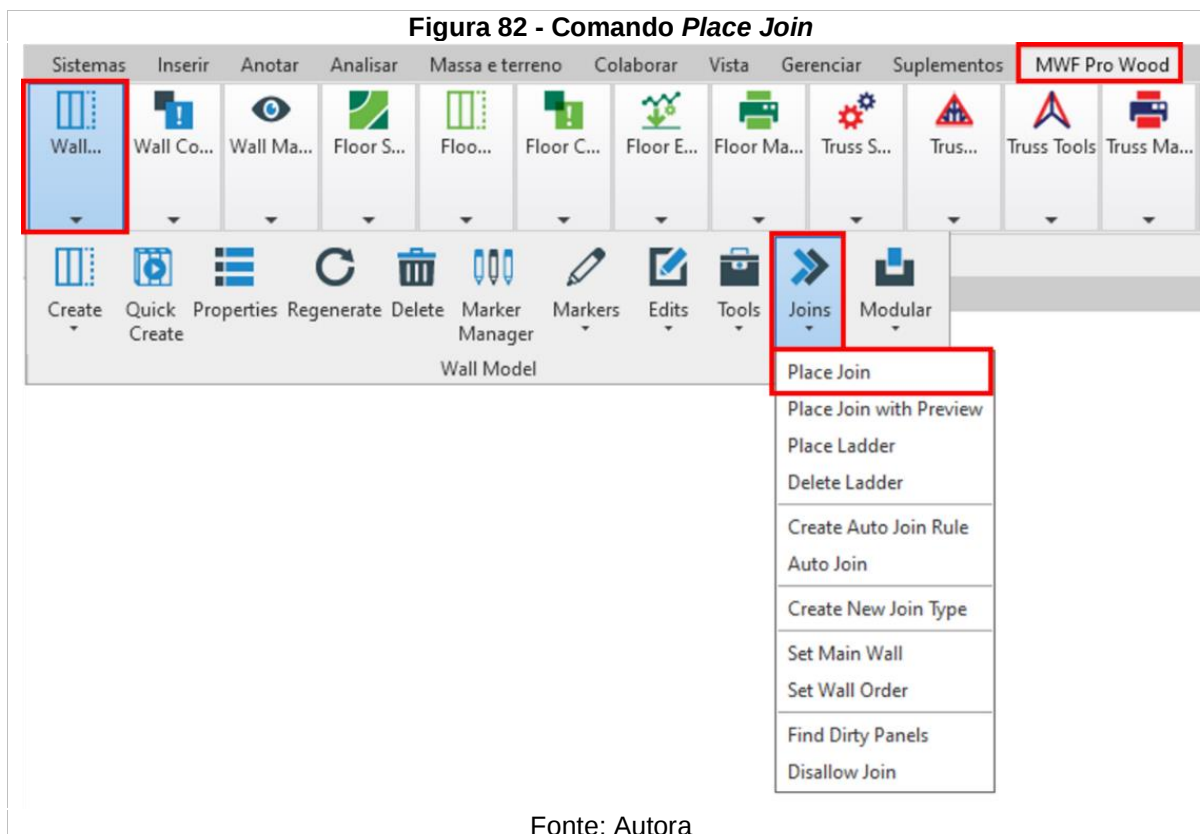
- Canto entre duas paredes, representada no MWF como “*Corner – 2W – Any – Perpendicular*” (Figura 80a)
- Intersecção entre duas paredes, representada no MWF como “*Intersect – 2W – Any – Perpendicular*” (Figura 80b)
- Intersecção entre três paredes, sendo duas perpendiculares de mesma espessura e uma ortogonal de espessura diferente, representada no MWF como “*Intersect – 3W – Any – Orthogonal Main*” (Figura 80c)



Após a criação dos painéis, verificou-se que ocorreram inconsistências nos encontros entre as paredes, conforme verificado na Figura 81.



Para corrigir estas inconsistências, primeiro selecionou-se as paredes onde foram inseridos os painéis cujos encontros devem ser corrigidos e em seguida, na aba MWF Pro Wood, clicou-se em *Wall Model*, e *Joins* e por último em *Place Join*, conforme indicado na Figura 82.



Uma nova janela foi aberta mostrando os tipos de junções que podem ser inseridas no projeto, de acordo com os tipos de encontros entre as paredes que foram selecionadas. Selecionou-se o tipo de junção desejada e clicou-se em OK. As figuras Figura 83, Figura 84 e Figura 85 mostram os tipos de junções de canto, intersecção entre duas paredes e intersecção entre três paredes escolhidos para o projeto, respectivamente.

Figura 83 - Junção para cantos de paredes

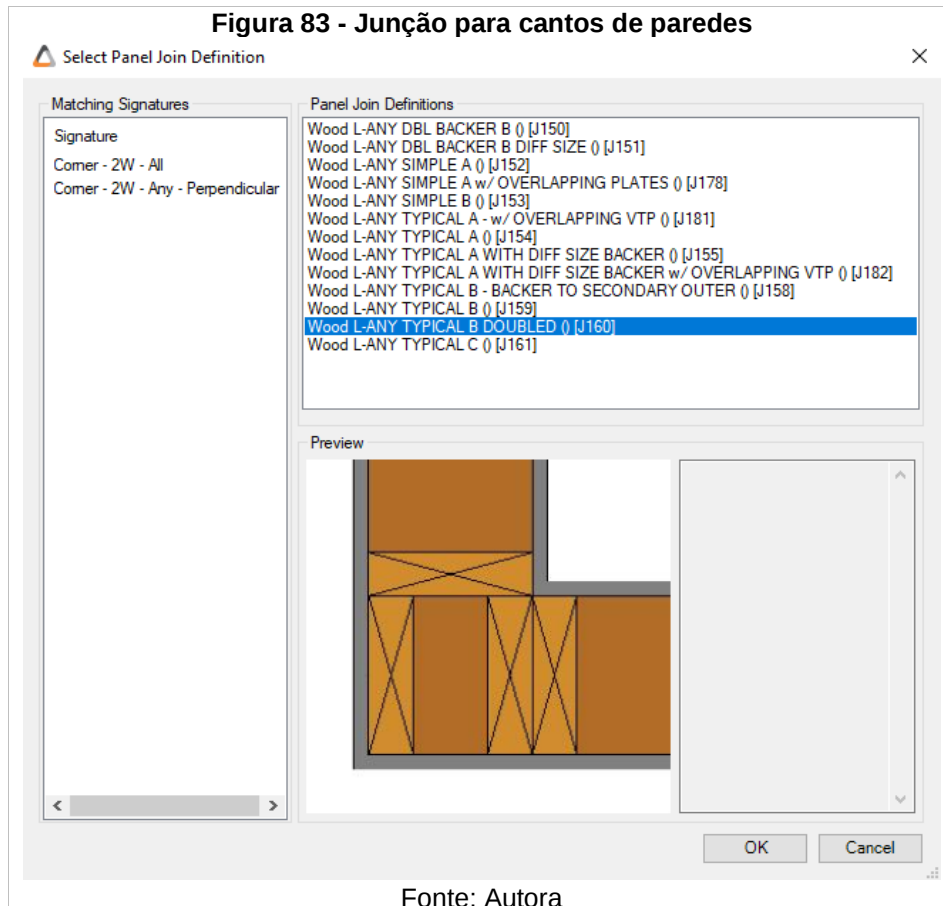
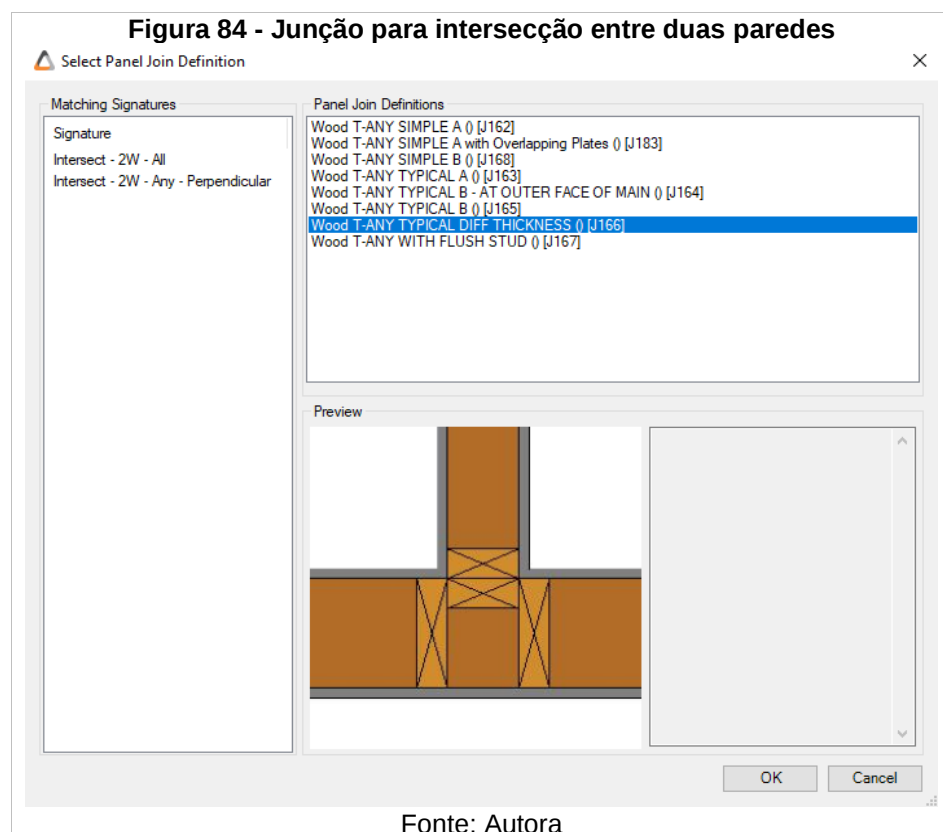
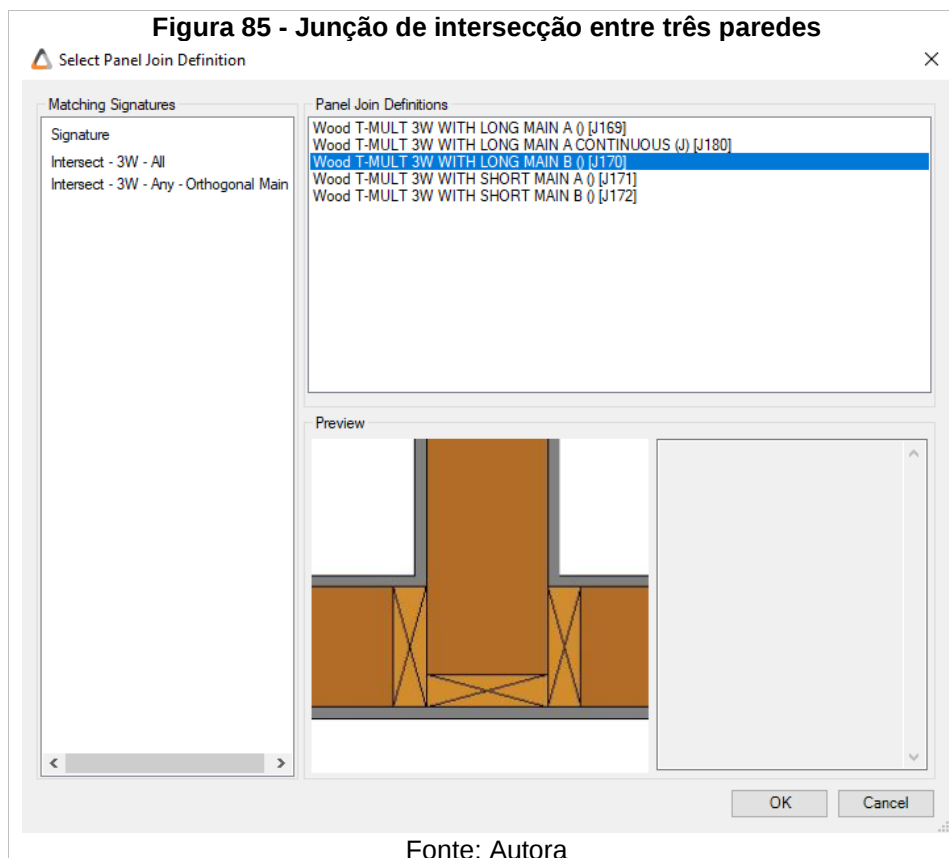
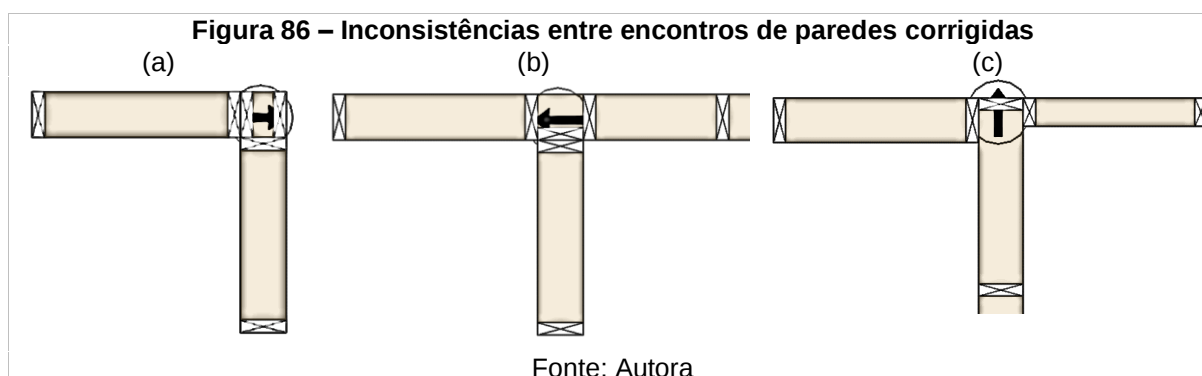


Figura 84 - Junção para intersecção entre duas paredes

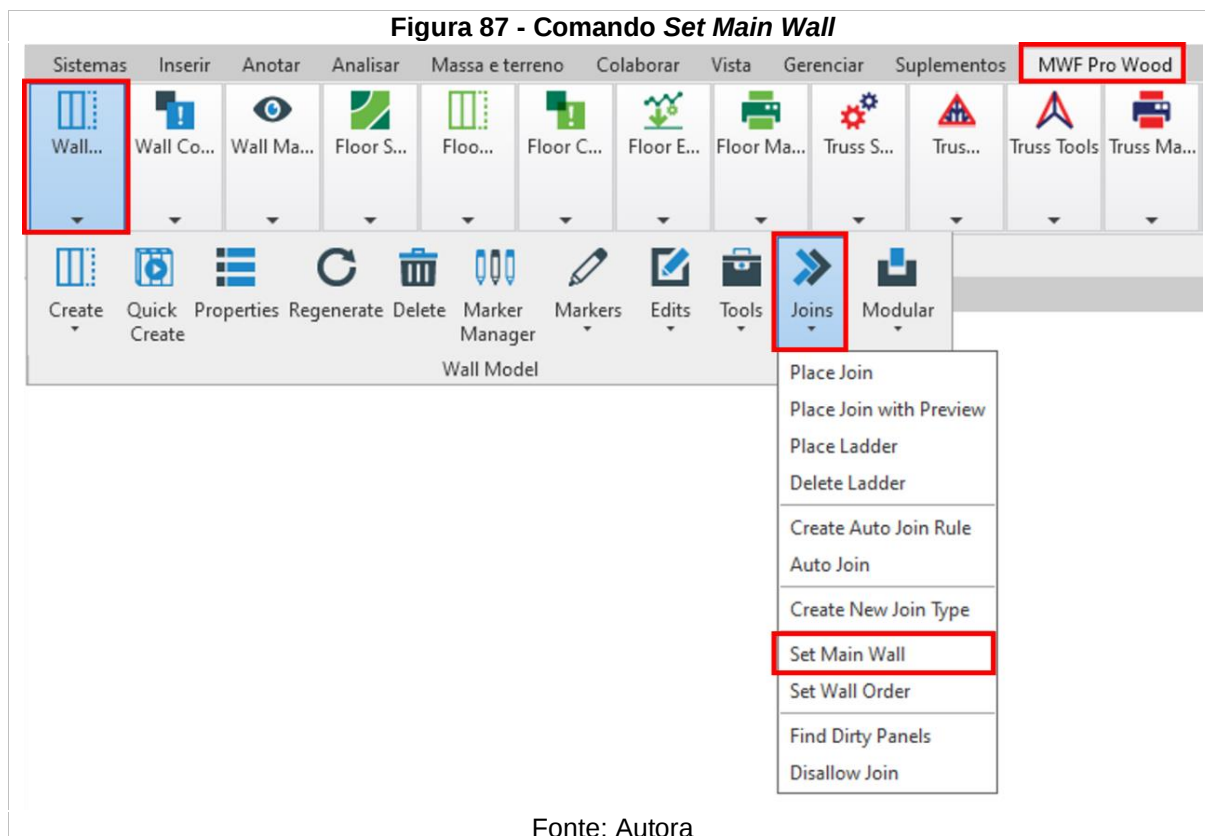




Com isso os encontros entre os painéis foram corrigidos, conforme mostra a Figura 86.



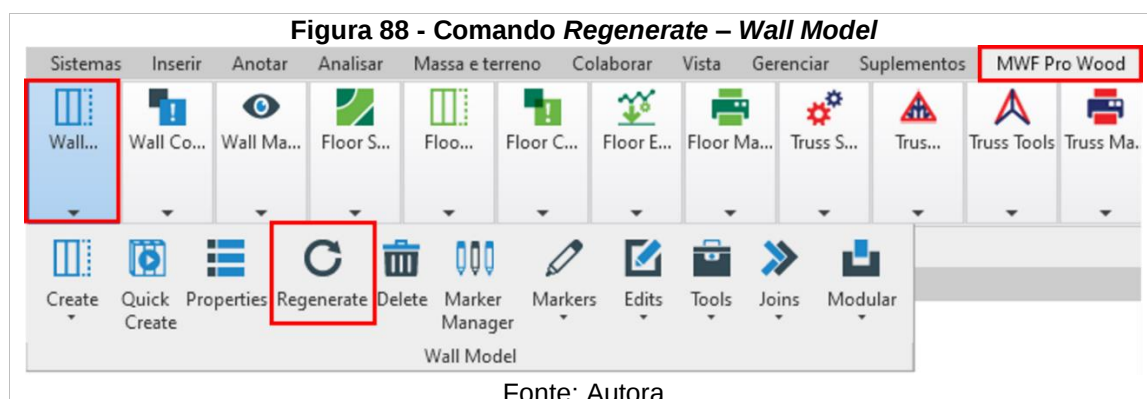
O círculo com uma seta em seu centro indica qual é a parede principal, sendo geralmente a mais longa. A mesma pode ser alterada selecionando-se a seta e em seguida, na aba MWF Pro Wood, clica-se em *Wall Model*, e em *Joins* e por último em *Set Main Wall*, conforme mostrado na Figura 87. Em seguida, seleciona-se a nova parede principal e os painéis serão regenerados de acordo com a nova disposição.

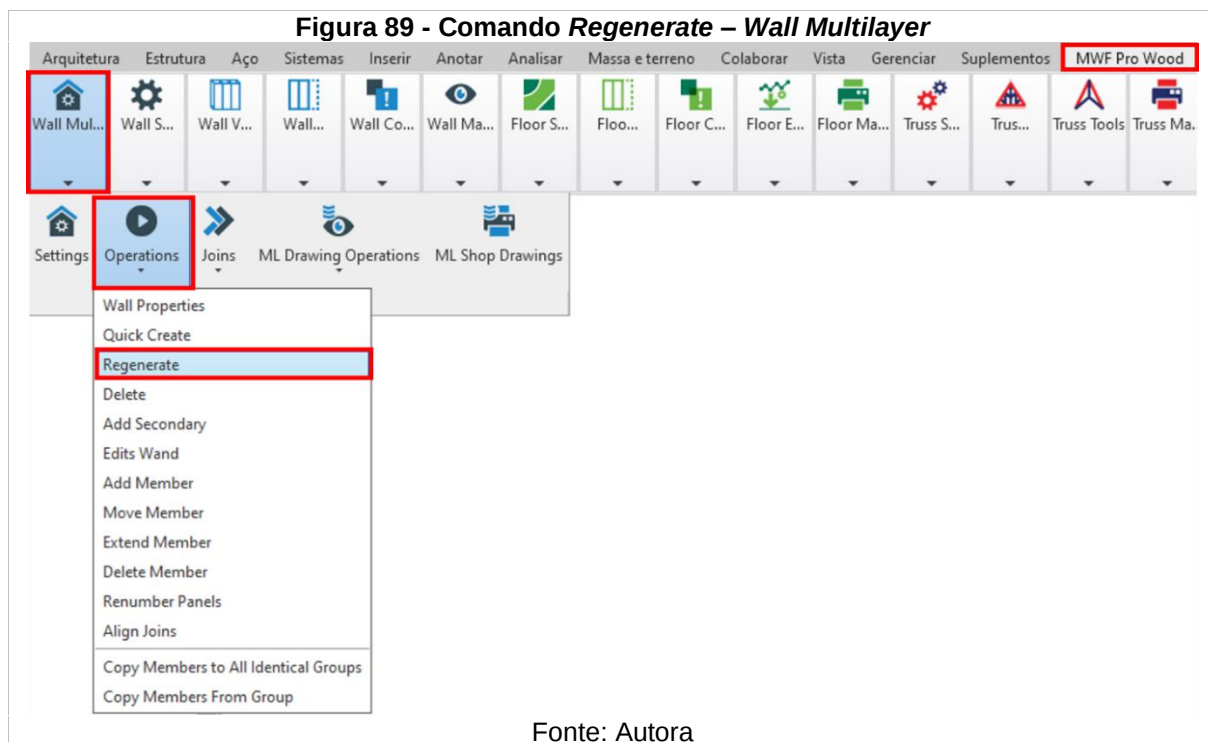


Esta etapa de inserção dos tipos de junções das paredes, pode ocorrer antes da inserção dos painéis.

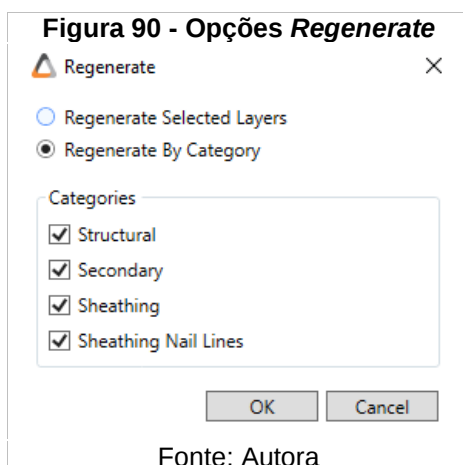
4.3.5.9 Comando Regenerate

O comando *Regenerate* é utilizado para atualizar o painel quando for realizada alguma alteração na parede em que ele se encontra. O mesmo pode ser encontrado na aba MWF Pro Wood – *Wall Model* ou *Wall Multilayer*, conforme mostrado na Figura 88 e Figura 89.



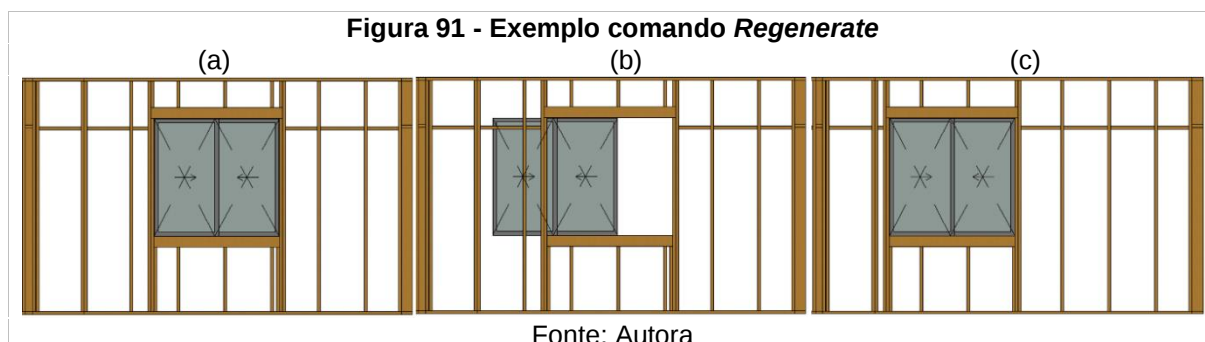


Os dois comandos podem ser utilizados para regenerar painéis, a diferença entre eles é a de que, utilizando-se o *Regenerate* da aba *Wall Multilayer* abre-se uma janela, indicada na Figura 90, com a qual pode-se escolher o que se deseja regenerar. Tem-se a opção de regenerar todos os itens do painel – mantendo-se todas as opções selecionadas – ou apenas itens específicos, como a estrutura ou o revestimento.

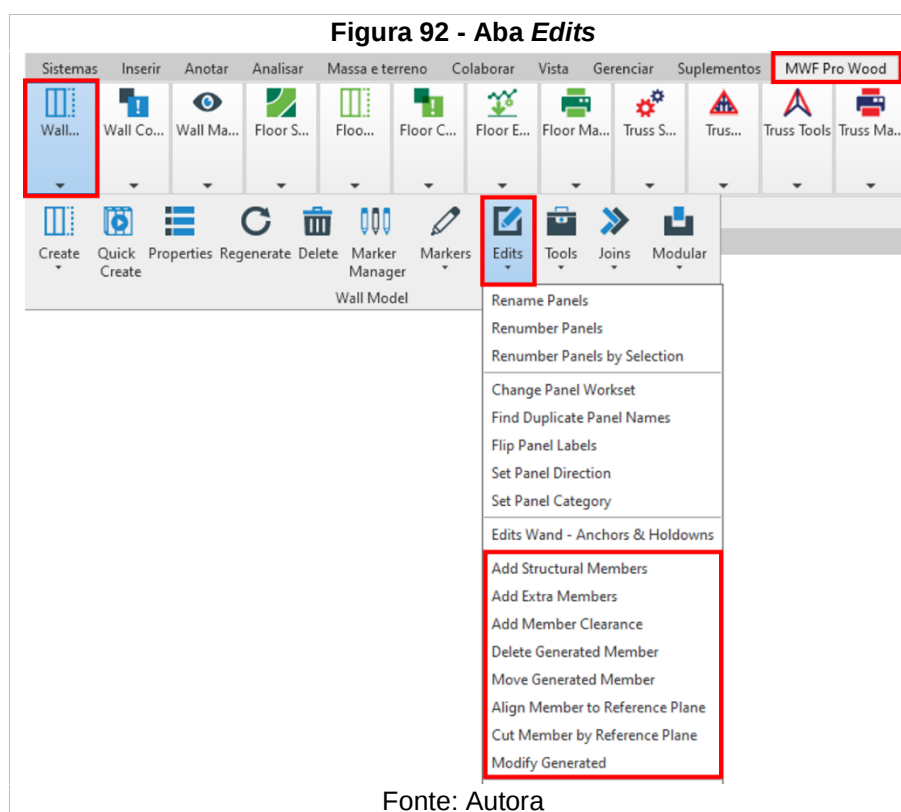


Por exemplo, a Figura 91a mostra um painel onde a janela está localizada no centro do mesmo. Na Figura 91b, a janela foi deslocada para a esquerda e o painel não acompanhou a alteração. Selecionando-se o painel e clicando-se no comando

Regenerate, o painel é atualizado de acordo com a nova localização da janela, conforme mostrado na Figura 91c.



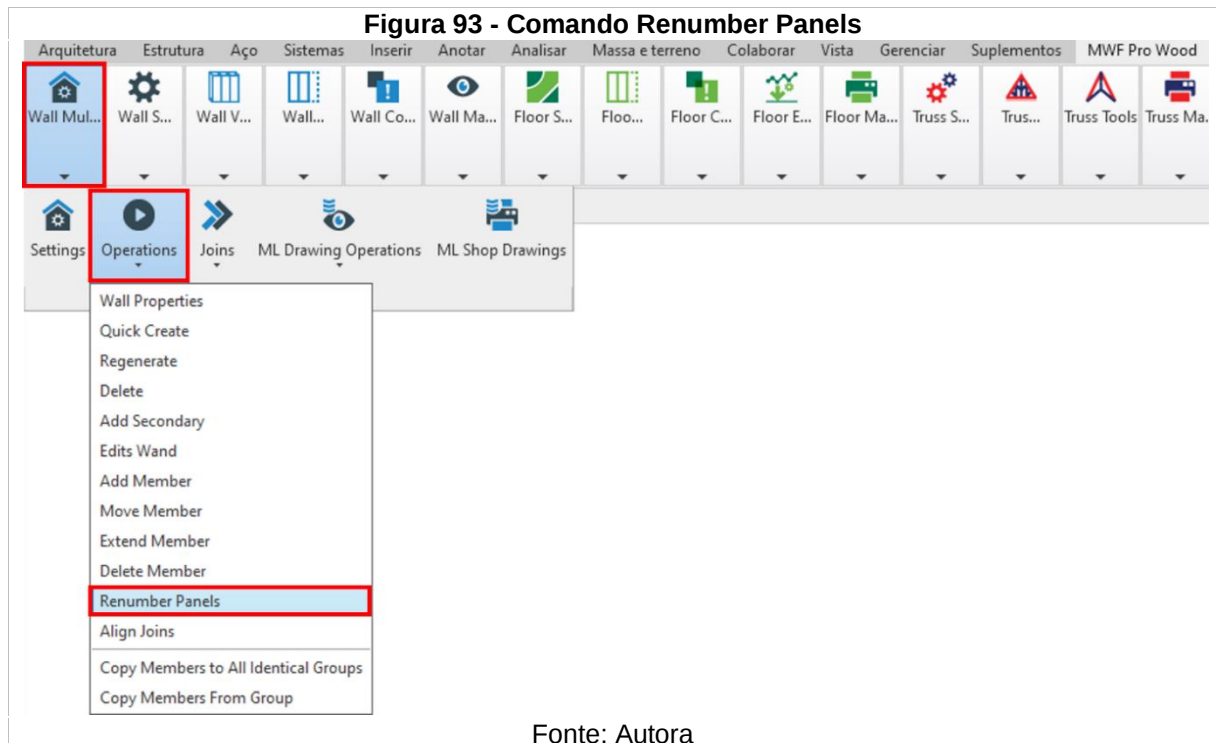
Este comando também removerá membros estruturais que não foram adicionados ao painel adequadamente. Ou seja, qualquer comando usado no Revit para mover, duplicar ou alterar membros existentes será ignorado pelo comando *regenerate* que irá mover o membro de volta para sua posição original ou apagá-lo. Portanto, qualquer alteração que seja feita no painel, deve-se utilizar a aba *Edits*, conforme mostrado na Figura 92.



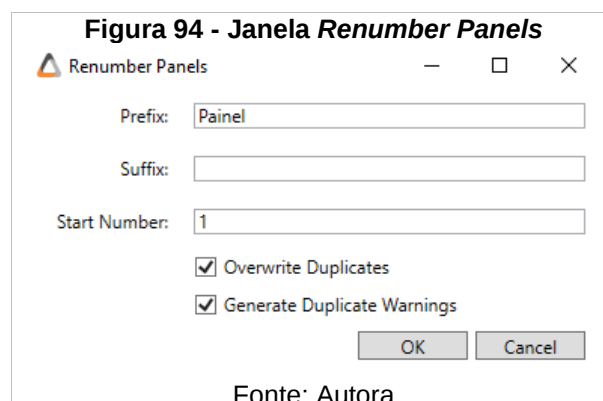
Além disso, selecionando-se vários painéis, os mesmos podem ser regenerados de uma vez só.

4.3.5.10 Renumerar painéis

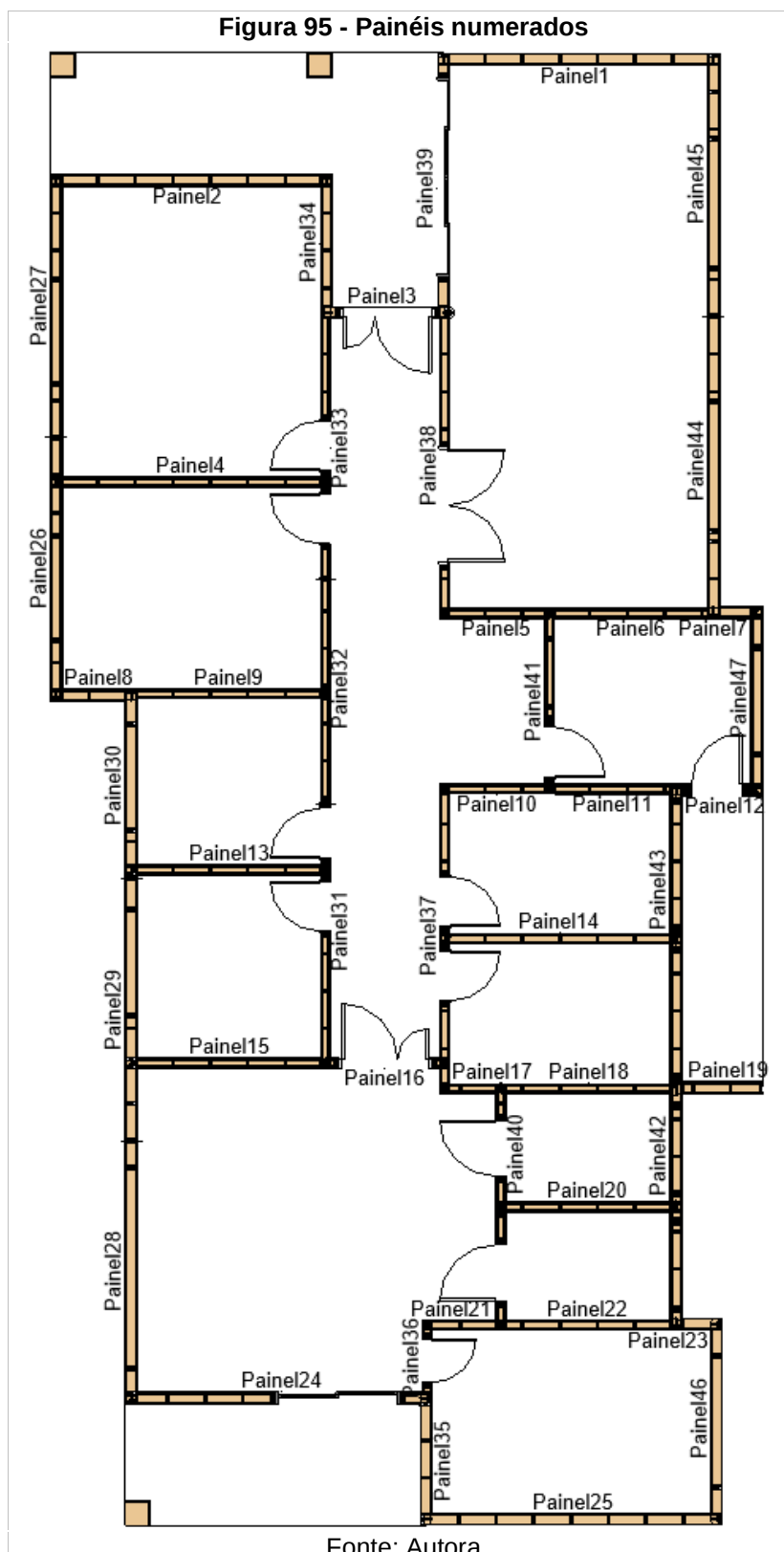
Cada painel que é criado vem com a nomenclatura *Panel* do inglês e uma numeração. Para alterar o nome e a numeração dos painéis do projeto, foi utilizado o comando *Renumber Panels*, localizado na aba *Wall Multilayer – Operations*, mostrado na Figura 93.



Ao clicar no comando, abriu-se uma nova janela na qual é solicitado o prefixo, sufixo e por qual número deve ser iniciada a numeração, conforme mostrado na Figura 94. Após inserir as informações, clicou-se em OK e selecionou-se cada painel a ser renumerado.

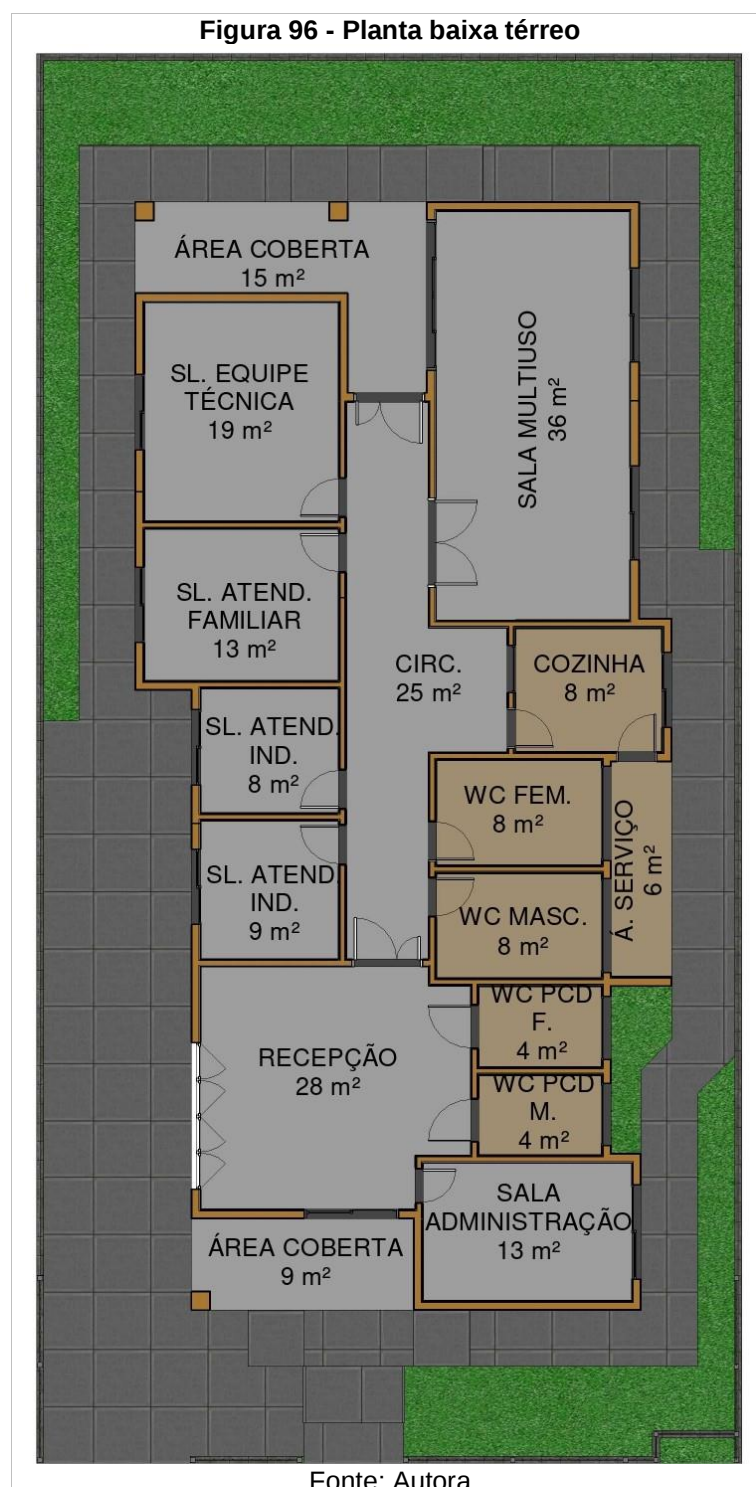


O critério para numeração dos painéis foi de cima para baixo e da esquerda para a direita e o prefixo utilizado foi “Painel”, como pode ser observado na Figura 95. As elevações dos painéis criados podem ser vistas no Apêndice C.



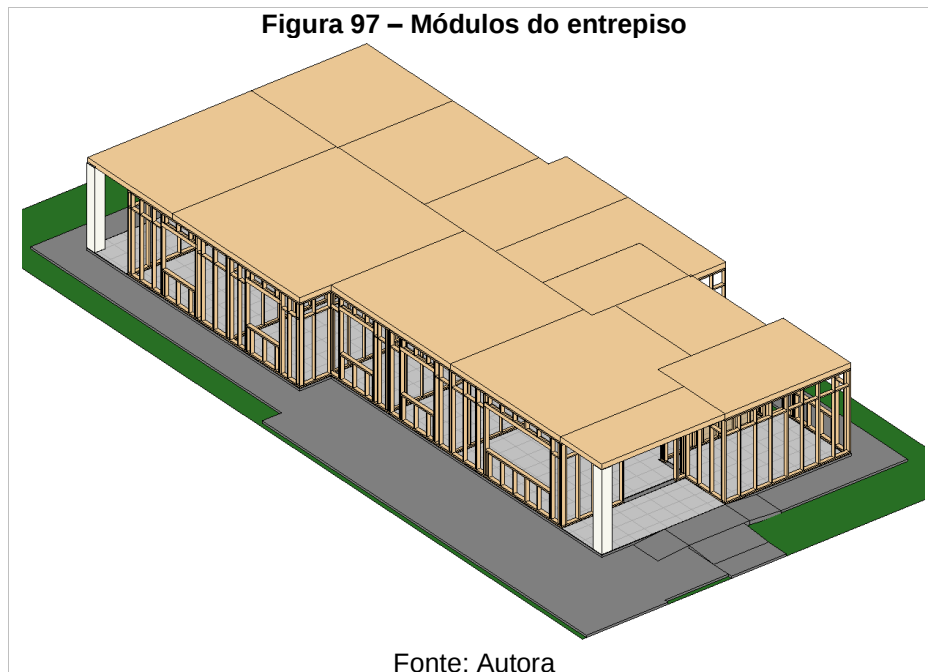
4.3.6 Inserção dos elementos do piso do térreo

Nesta etapa, após a definição dos painéis foram incluídos no pavimento térreo os revestimentos de piso, calçadas e a nomenclatura dos ambientes e respectivas áreas, conforme mostra a Figura 96.



4.3.7 Inserção do entrepiso

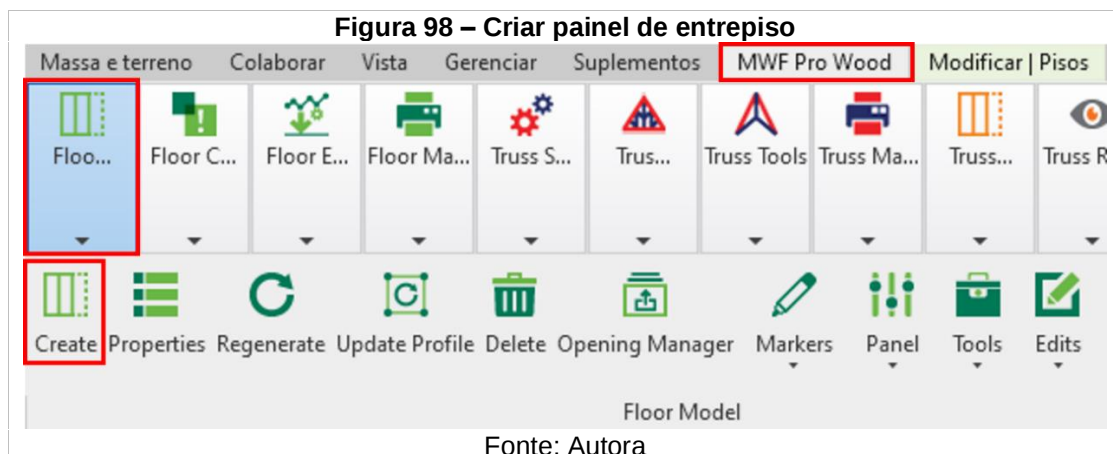
Nesta etapa foram inseridos os módulos do entrepiso acima do nível “N.O. Painéis”. A modulação foi feita de modo que as extremidades dos entrepisos ficassem apoiadas nos painéis das paredes do térreo. A Figura 97 apresenta o resultado dessa modulação.



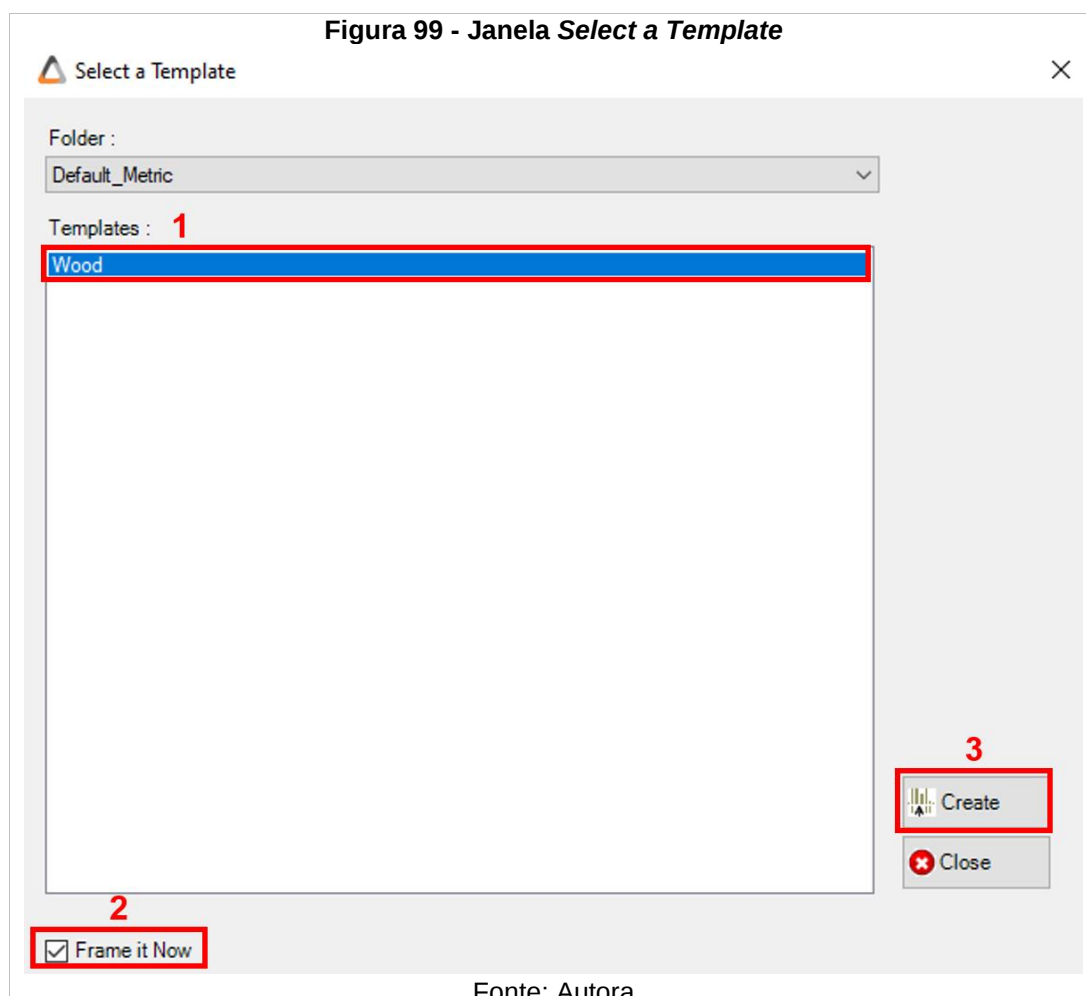
Nos tópicos seguintes estão apresentados os passos para criação dos painéis de entrepiso.

4.3.8 Criação dos painéis padrões de entrepiso com o MWF Pro Wood

Para criação dos painéis de entrepiso, selecionou-se um dos módulos do entrepiso criados no tópico 4.3.7 e na aba do MWF Pro Wood, clicou-se no item *Floor Model* e após em *Create*, conforme indicado na Figura 98.



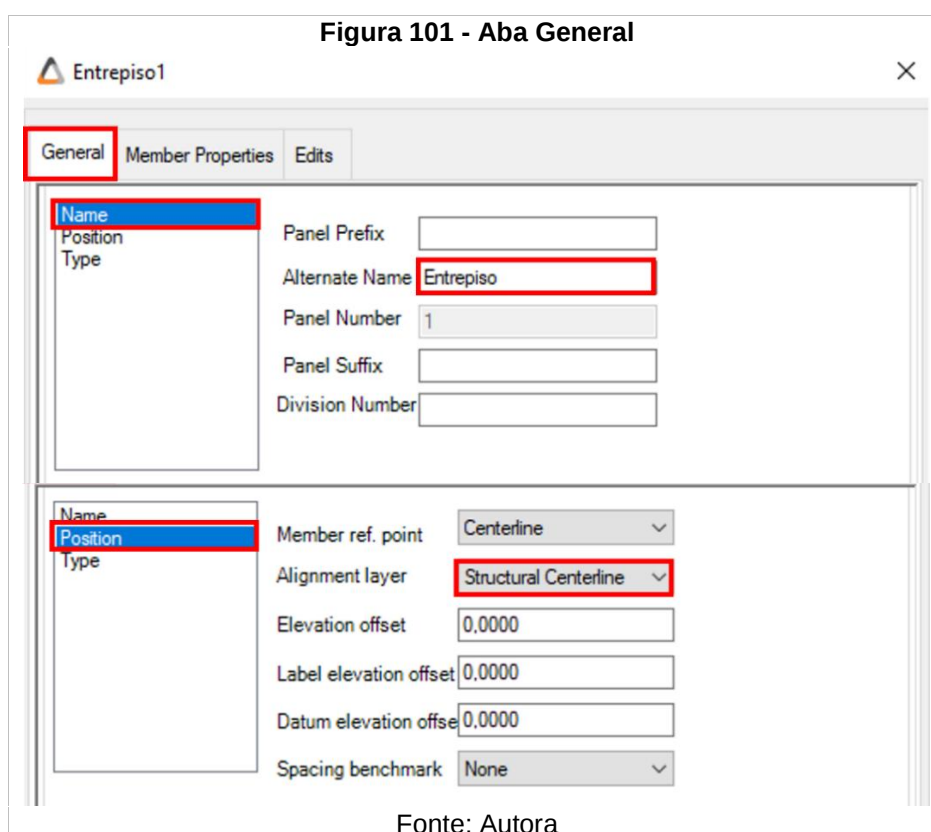
Foi aberta uma janela para selecionar o *template* a ser utilizado. Como não havia sido criado nenhum *template*, selecionou-se o padrão *Wood* – passo 1, Figura 99. Em seguida, clicou-se em *Frame it Now* – passo 2, Figura 99 – para que as peças de madeira já aparecessem no projeto. Por fim clicou-se em *Create* – Passo 3, Figura 99.



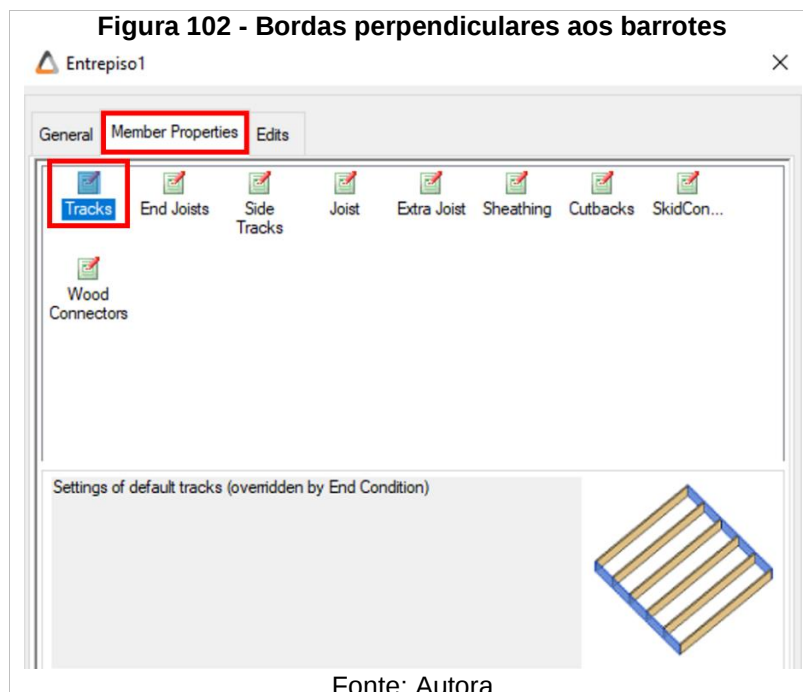
Para criação de um novo *template* foi selecionado o painel padrão de entrepiso criado e na aba do *MWF Pro Wood - Floor Model* clicou-se em *Properties*, conforme indicado na Figura 100.



A janela das propriedades foi aberta e a mesma contém três abas: *General*, *Member Properties* e *Edits*. Na aba *General*, foi alterado o nome do painel, onde foi chamado de “Entrepiso” e em *Position* selecionou-se o item *Structural Centerline* para que o centro do painel esteja localizado no núcleo da estrutura do entrepiso, conforme indicados na Figura 101.

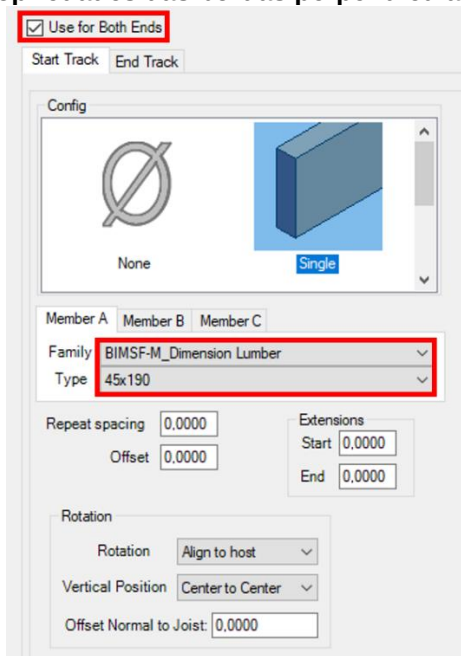


Na aba *Member properties*, primeiramente seleccionou-se o item *Tracks*, para configurar as peças de borda perpendiculares aos barrotes, conforme indicado na Figura 102. Em seguida, abriu-se uma nova janela, indicada na Figura 103, onde seleccionou-se o item *Use for Both Ends*, para que a configuração seja utilizada nas duas bordas perpendiculares aos barrotes. Além disso, especificou-se a família das peças e a dimensão das mesmas, de 45mm x 190mm.



Fonte: Autora

Figura 103 - Propriedades das bordas perpendiculares aos barrotes



Fonte: Autora

O segundo item configurado foi o *End Joists*, que são as peças das bordas paralelas aos barrote, conforme indicado na Figura 104. Neste item, abriu-se uma janela análoga à do item *Tracks* e as configurações utilizadas foram as mesmas, conforme indicado na Figura 105.

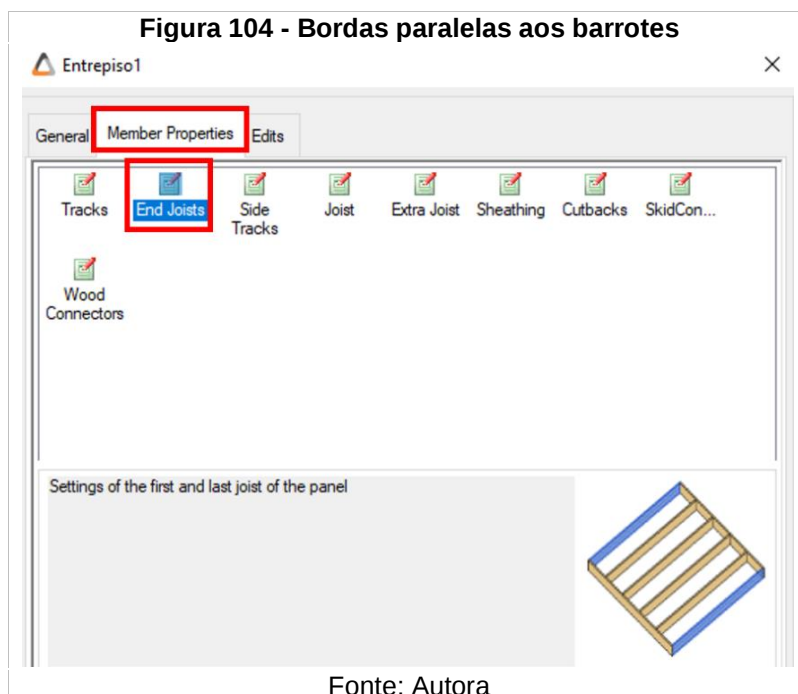
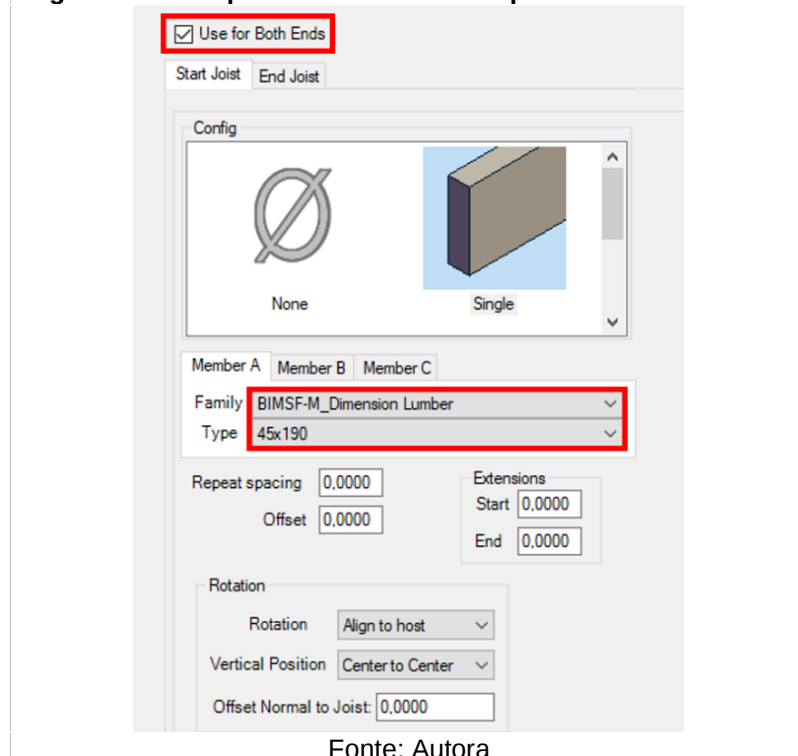
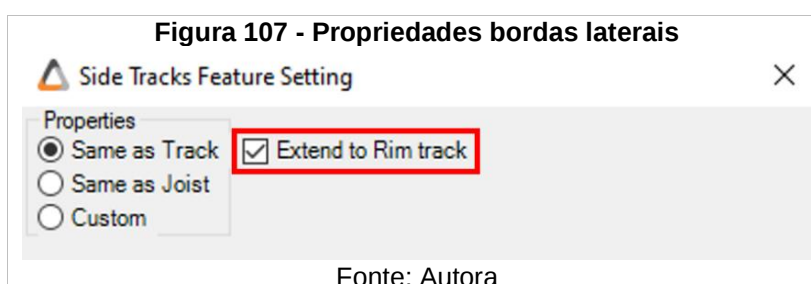
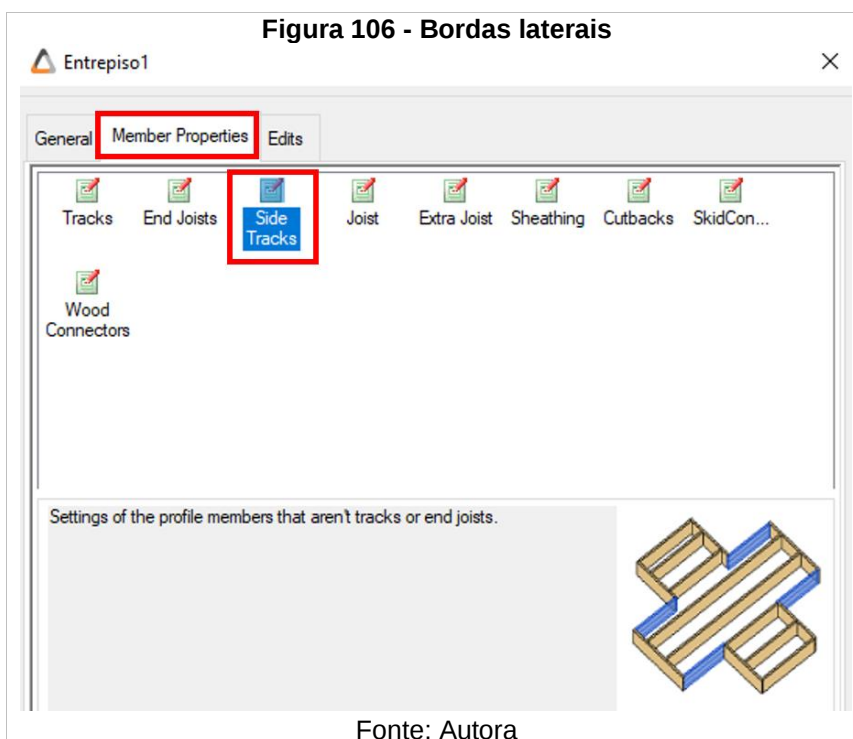


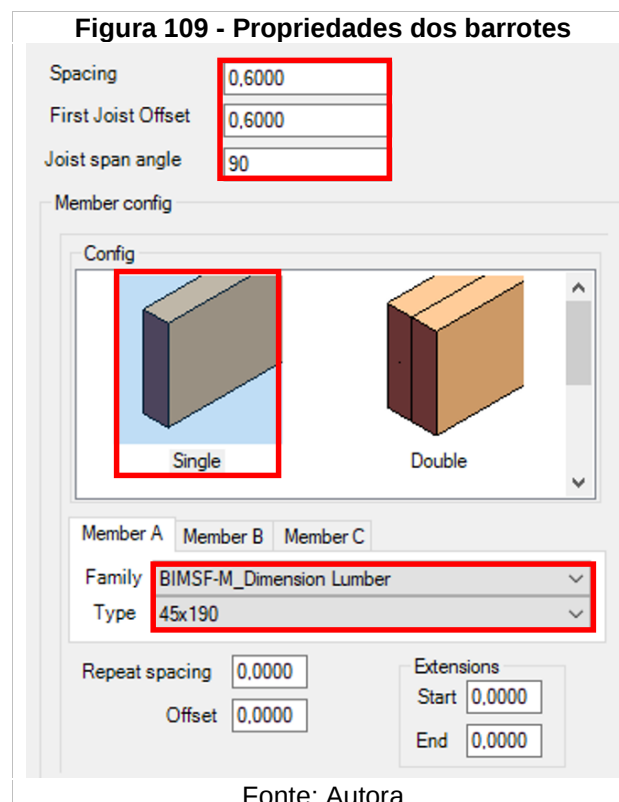
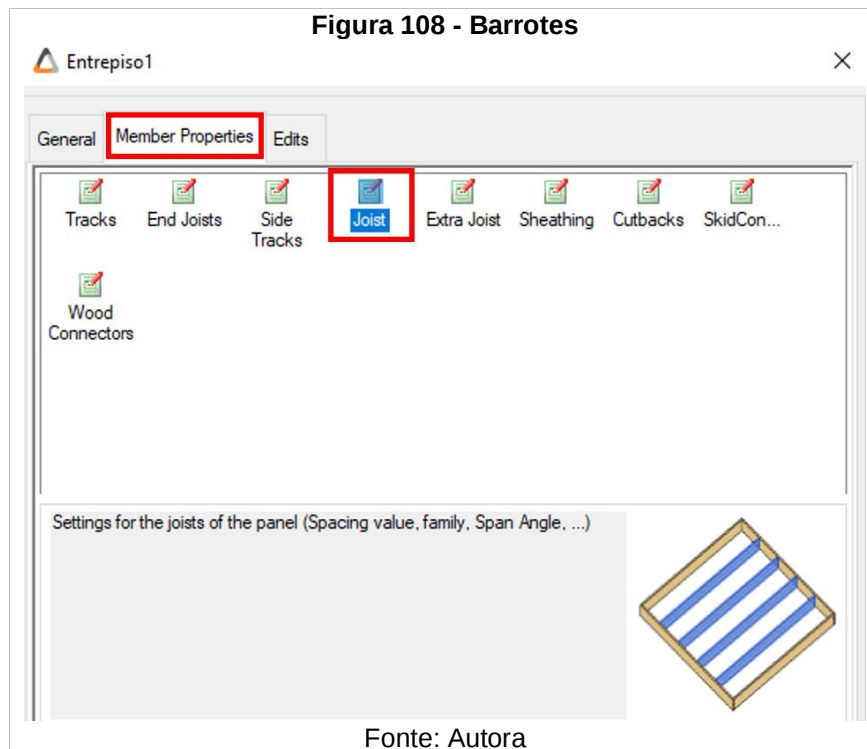
Figura 105 - Propriedades das bordas paralelas aos barrote



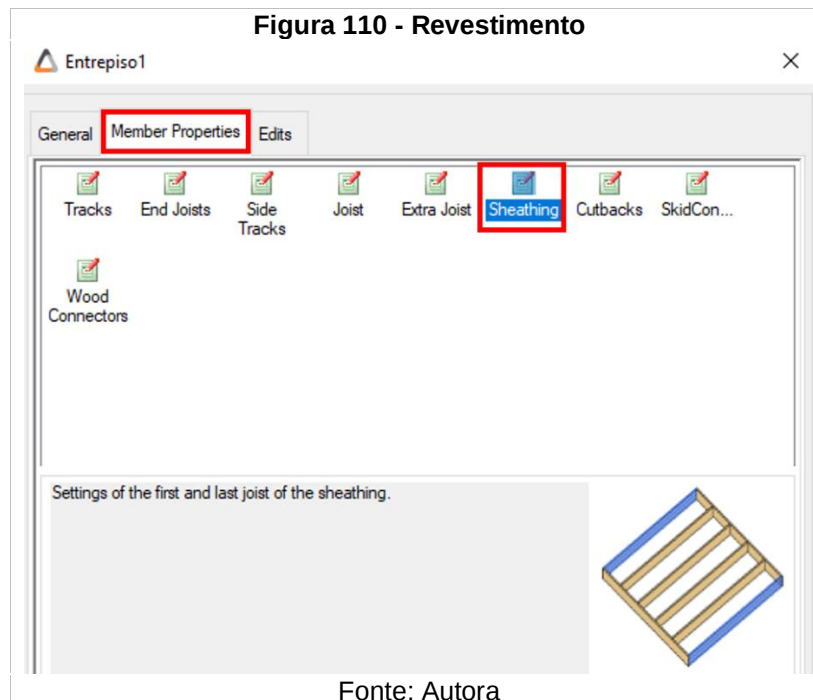
O terceiro item configurado foi o *Side Tracks*, que são as peças laterais de painéis não retangulares, conforme indicado na Figura 106. Neste item, abriu-se uma janela onde selecionou-se a opção *Extend to Rim track*, conforme indicado na Figura 107, para que estas peças sejam estendidas até a próxima peça perpendicular à ela.



O quarto item configurado foram os barrotes do painel, indicado na Figura 108. Neste item configurou-se os espaçamentos entre as peças, de 0,60m, selecionou-se a família e o tipo, conforme indicado na Figura 109.



O quinto item configurado foi o *Sheathing*, revestimento do piso, indicado na Figura 110.

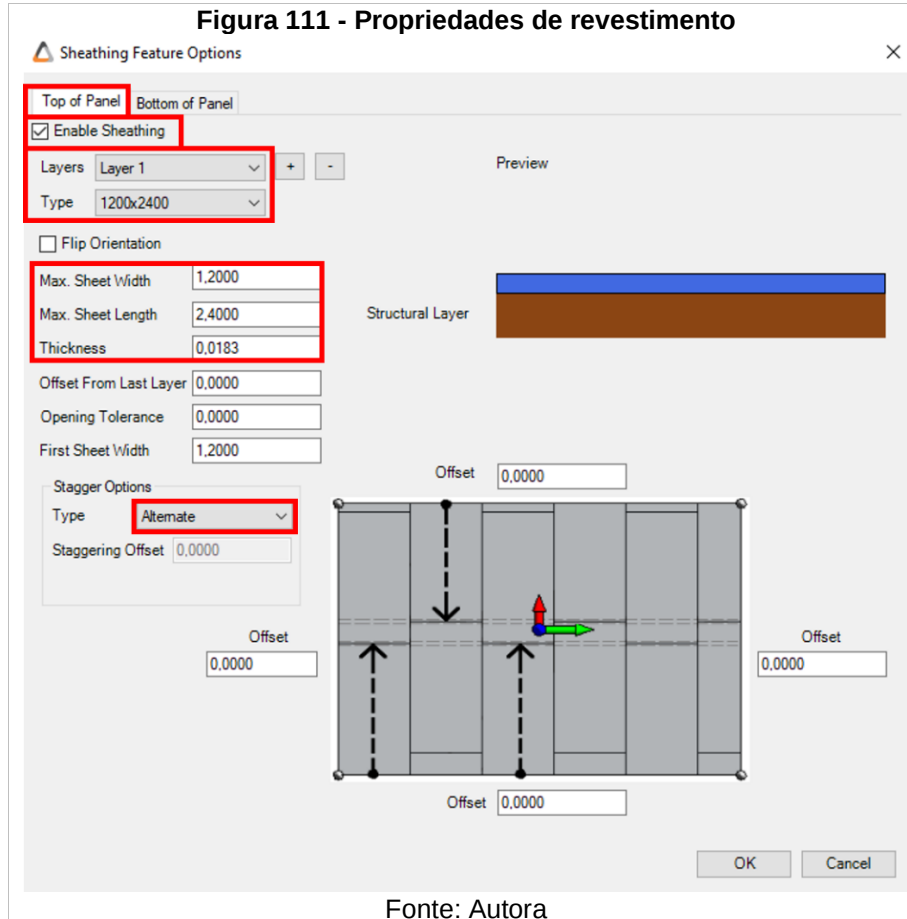


Fonte: Autora

Clicando-se neste item, abriu-se uma janela com as configurações do revestimento do painel de piso. Na primeira aba *Top of Panel*, selecionou-se a opção *Enable Sheathing*, para habilitar o revestimento em cima do painel. Selecionou-se a quantidade de camadas, o tipo da chapa, com dimensões de 1200x2400 mm, e a espessura de 18,3 mm. Por fim selecionou-se em *Type* o item *alternate*, para que as chapas estejam locadas de forma alternada, conforme indicado na Figura 111.

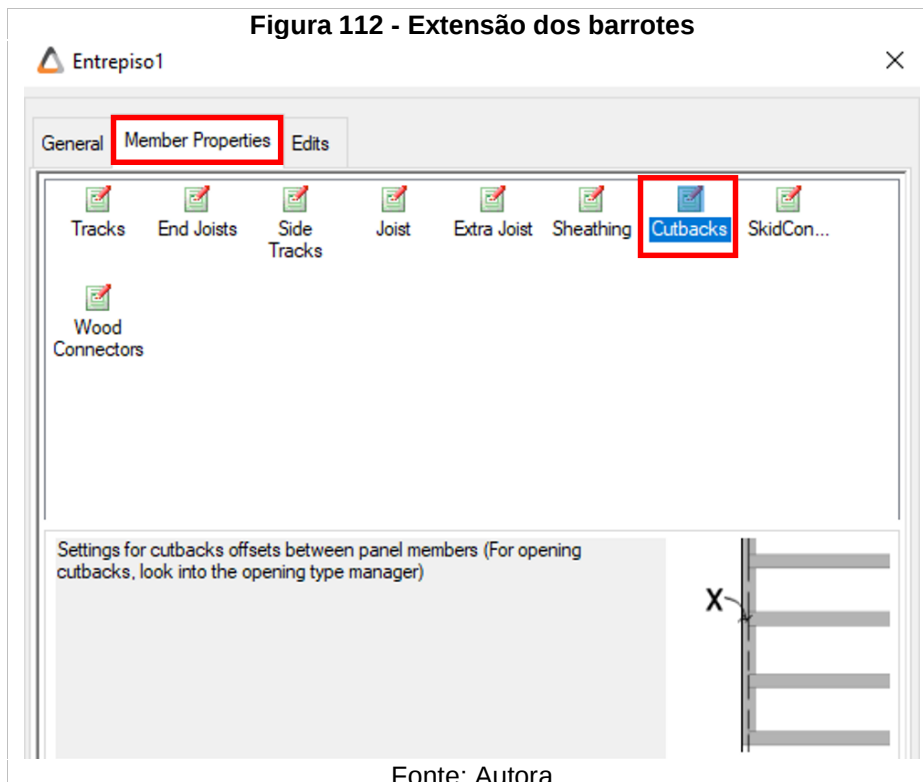
Por fim, configurou-se o item *cutbacks*, indicado na Figura 112. Neste item selecionou-se de que modo os barrotes vão encontrar as peças perpendiculares a eles. Nos itens *Plane*, indicados na Figura 113, selecionou-se o número 3, de modo que os barrotes não se sobreponham as peças perpendiculares.

Figura 111 - Propriedades de revestimento

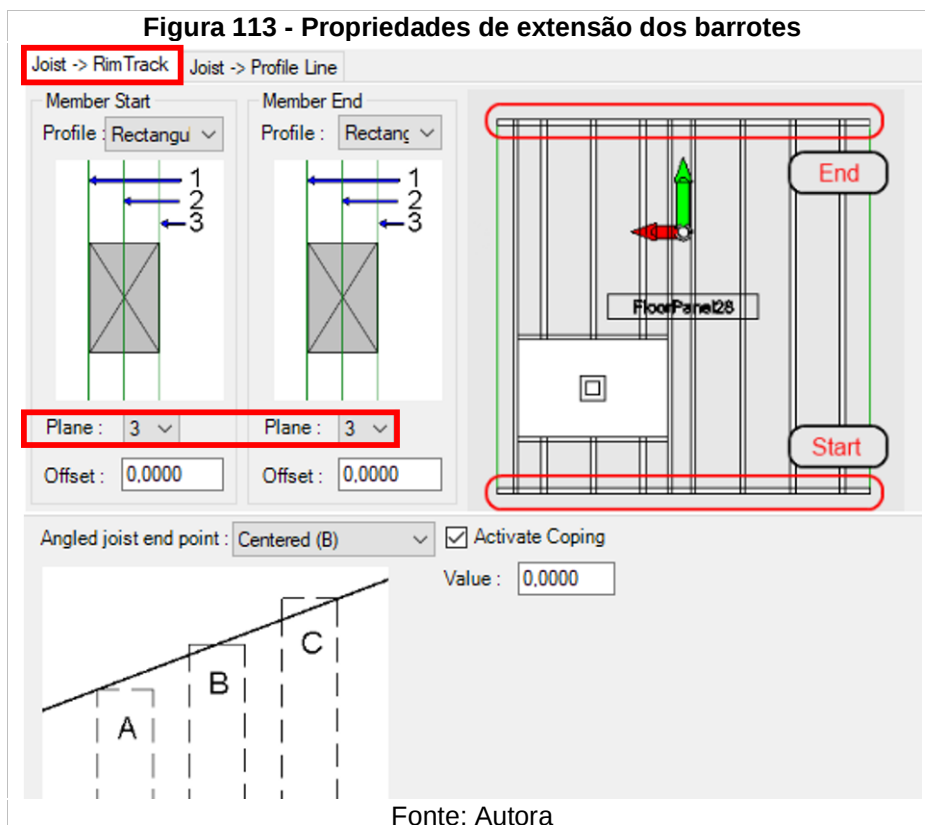


Fonte: Autora

Figura 112 - Extensão dos barrotes



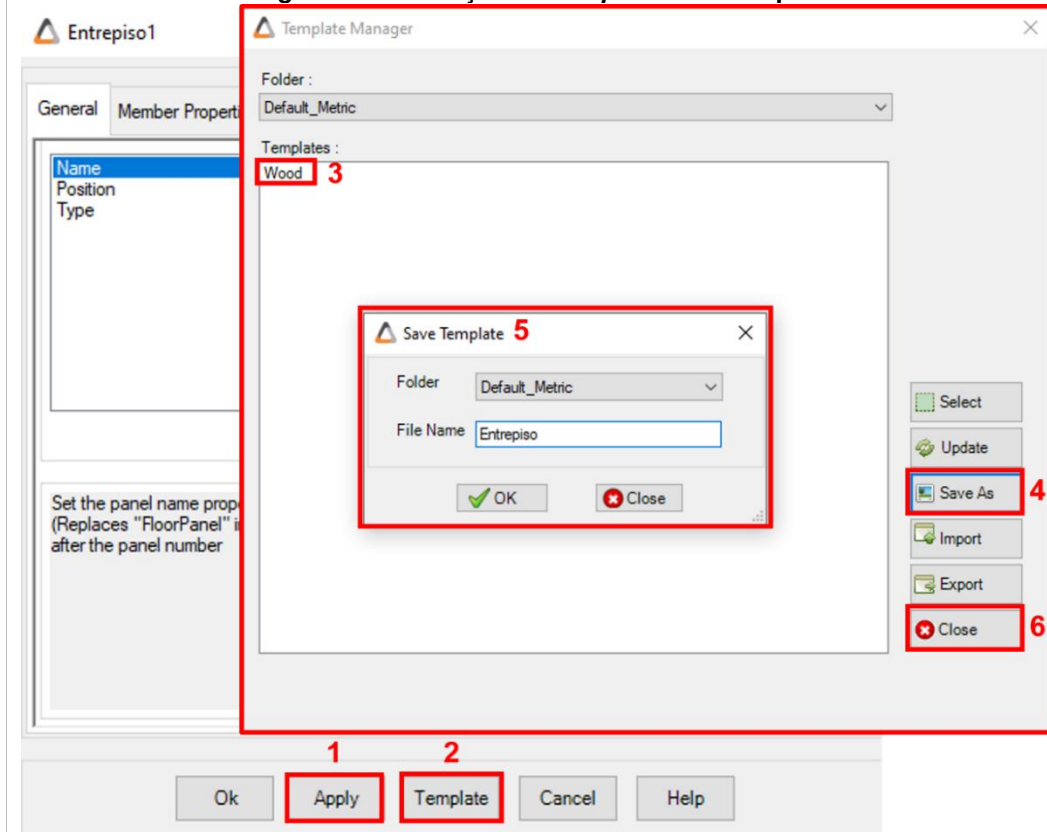
Fonte: Autora



Após alteradas as configurações dos painéis de entrepiso, clicou-se em *apply* – passo 1, Figura 114 – e clicou-se em *template* - passo 2, Figura 114 – para criar um novo *template*. Foi aberta a janela *Template Manager* e nesta janela, primeiramente selecionou-se o *template* padrão *wood* – passo 3, Figura 114 – e clicou-se em *Save As* – passo 4, Figura 114. Uma nova janela se abriu para nomear e salvar o novo *template* – passo 5, Figura 114. Por fim, clicou-se em *close* – passo 6, Figura 114 - e o novo *template* para os painéis de entrepiso foi criado.

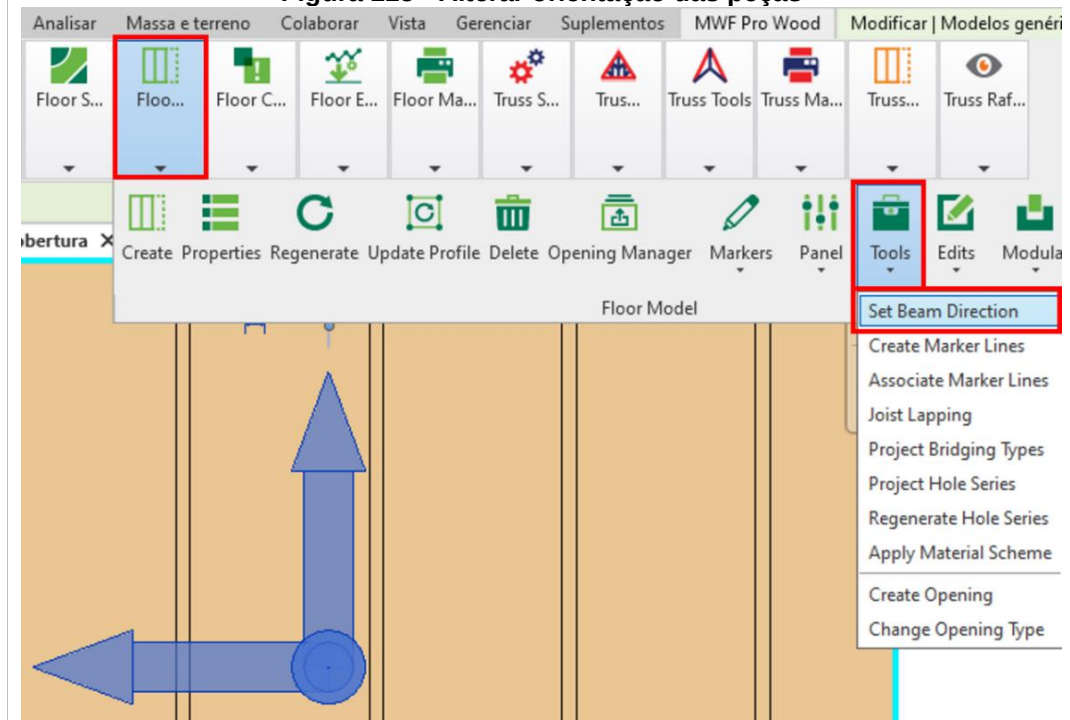
Para alterar a orientação dos barrotes de um painel, selecionou-se o mesmo e na aba do *MWF Pro Wood – Floor Model*, clicou-se em *Tools* e em seguida em *Set Beam Direction*, conforme mostrado na Figura 115. Por fim, selecionou-se a orientação desejada para o painel. Similar aos painéis de parede, nos painéis de entrepiso deve-se utilizar o comando *regenerate* após qualquer alteração realizada no mesmo.

Figura 114 - Criação de *template* de entrepiso



Fonte: Autora

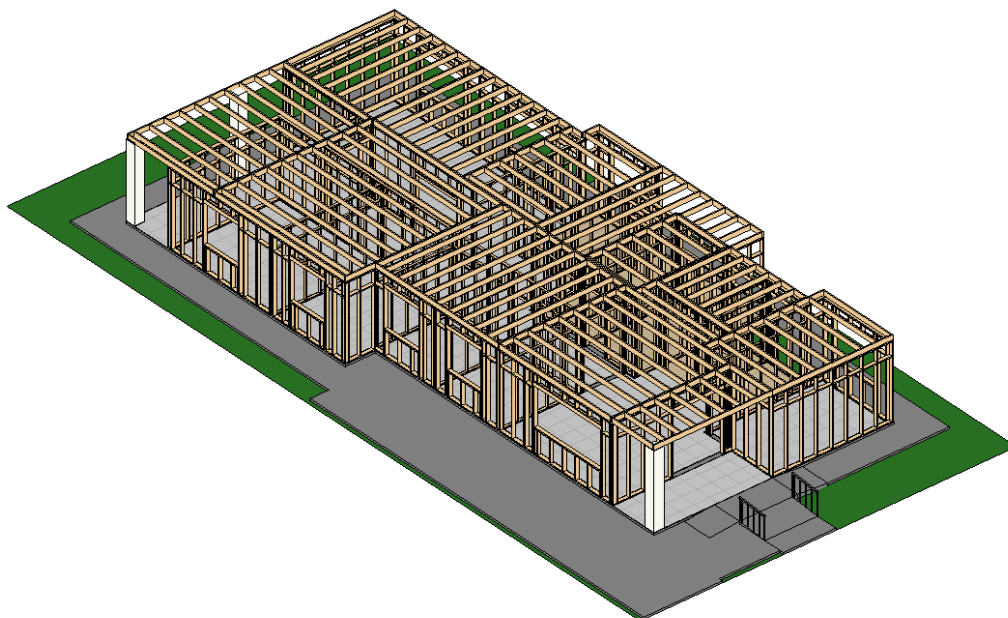
Figura 115 - Alterar orientação das peças



Fonte: Autora

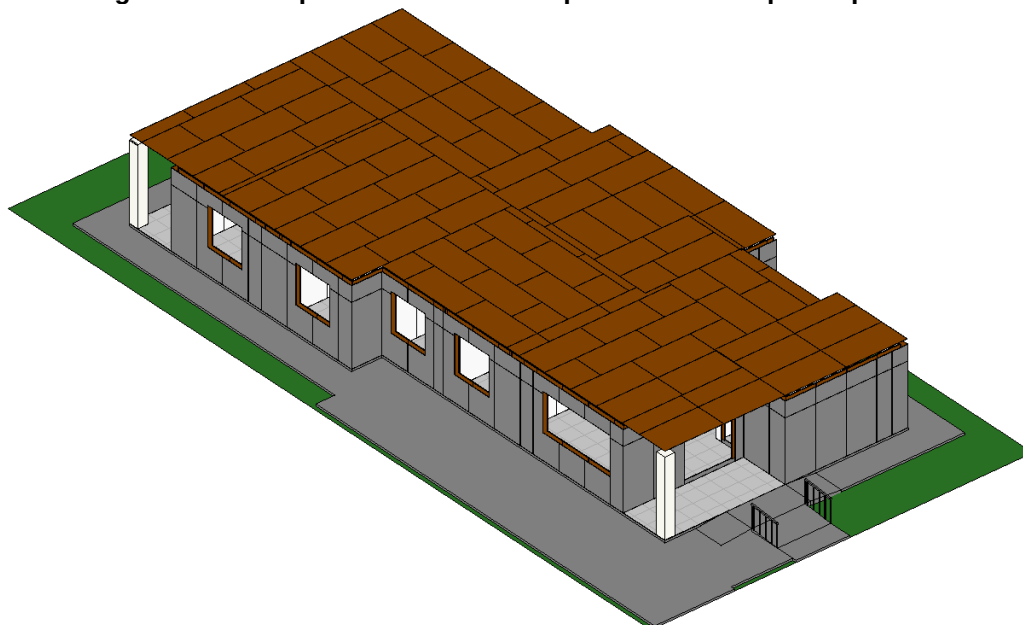
As figuras Figura 116 e Figura 117 apresentam vistas em 3D da ossatura dos painéis de entrepiso sobre as paredes e uma vista em 3D dos painéis com as chapas de revestimento, respectivamente.

Figura 116 – Estrutura dos painéis de entrepiso e paredes



Fonte: Autora

Figura 117 - Chapas de revestimento painéis de entrepiso e paredes



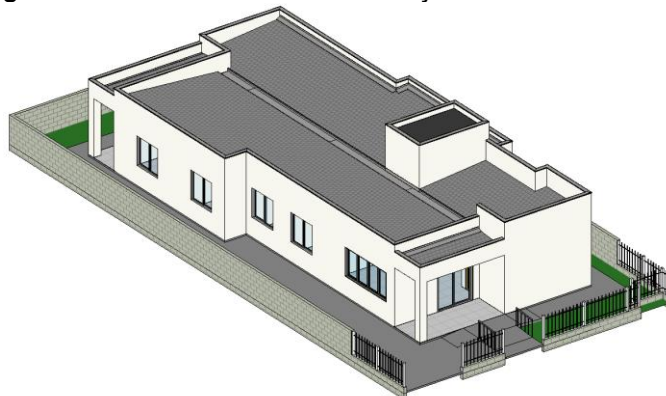
Fonte: Autora

Os detalhes dos painéis de entrepiso podem ser vistos no Apêndice E.

4.3.9 Inserção dos elementos da cobertura

Nesta etapa realizou-se a inserção das paredes das platibandas e reservatório de água. Em seguida, foi inserida a manta de impermeabilização sobre toda a área do entrepiso. E por fim, foi inserido o telhado, rufos e as calhas, conforme mostrado na Figura 118.

Figura 118 - Vista em 3D da edificação do estudo de caso

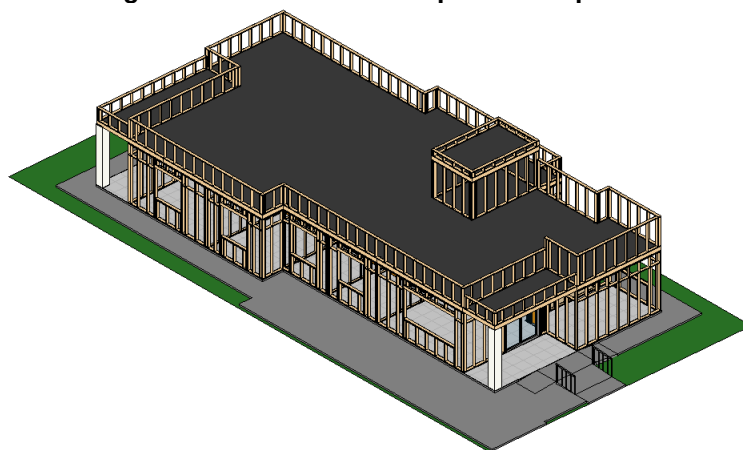


Fonte: Autora

4.3.10 Inserção dos painéis da cobertura

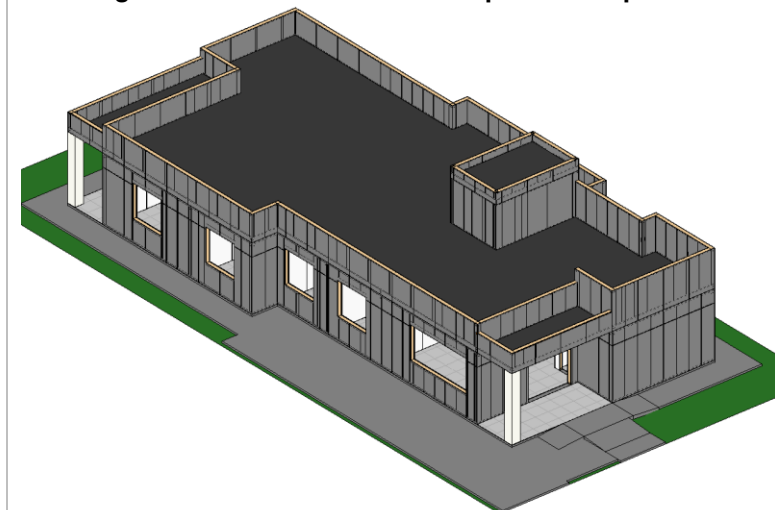
Nesta etapa foram inseridos os painéis padrão de parede das platibandas e reservatório de água, os quais foram criados anteriormente, conforme descrito no tópico 4.3.5. A Figura 119 mostra toda a estrutura de painéis criados no térreo e cobertura e a Figura 120 mostra as chapas de revestimento dos painéis. As elevações dos painéis de parede da cobertura podem ser vistas no Apêndice D.

Figura 119 - Estrutura dos painéis de parede



Fonte: Autora

Figura 120 - Revestimento dos painéis de parede



Fonte: Autora

Por fim, no Apêndice A e Apêndice B encontram-se as plantas baixas, cortes e vistas em 3D da edificação do estudo de caso.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo geral demonstrar como modelar uma edificação em *wood frame* utilizando ferramentas BIM através de um estudo de caso, visando agregar mais informações e detalhes da construção. O objetivo geral foi alcançado através de três objetivos específicos. O primeiro objetivo específico foi atingido através da seleção das ferramentas BIM para realizar a modelagem em *wood frame*, sendo estas o Revit e o *plug-in* MWF Pro Wood.

O segundo objetivo específico se concretizou através da definição das especificações dos componentes constituintes das paredes e do entepiso com base em diretrizes técnicas nacionais, como a Diretriz SINAT nº 005 e o Documento de Avaliação Técnica – DATec nº 020C emitido pela empresa Tecverde. Desta forma, foi possível identificar os materiais, suas dimensões e características para posterior modelagem do estudo de caso.

Por fim, o terceiro objetivo específico foi alcançado pela apresentação das etapas de modelagem de um estudo de caso de uma edificação concebida em alvenaria e estrutura de concreto armado, adaptado para o sistema *wood frame*. Estas etapas foram definidas de acordo com o desenvolvimento do projeto, realizado pela autora. Assim, foi estabelecido um método de modelagem para os *softwares* BIM selecionados, contribuindo para futuros trabalhos neste tema.

As etapas iniciais, desde a abertura do *template* até a inserção dos componentes no projeto, ocorreram sem maiores dificuldades por parte da autora, visto que dependia somente de configurações do Revit. Houve maior dificuldade inicialmente nas etapas que necessitavam do *plug-in*, pois demandou certo tempo para adquirir conhecimentos sobre as suas funcionalidades.

O *plug-in* se mostrou bastante eficiente e ágil para criação dos painéis de parede e entepiso, visto que foi necessário apenas realizar as configurações iniciais para criação automática dos mesmos. Houve dificuldade na etapa de criação das chapas de revestimento, pois não havia possibilidade de inserir as mesmas depois dos painéis de madeira estarem criados. Foi necessário então, refazer todos os painéis, já com as chapas incluídas no padrão, acarretando em alguns retrabalhos.

Com relação às etapas de modelagem, para esta pesquisa utilizou-se um projeto pré-concebido, em que a etapa de preparação do projeto consistiu em limpeza do mesmo em dwg e posterior inserção no Revit. Caso não haja um projeto pré-

concebido esta etapa pode ser suprimida, não necessitando utilizar o *software* AutoCAD e prosseguindo para a inserção dos componentes no Revit, já se pensando na modulação desejada para os componentes de fundação, paredes, esquadrias, etc.

A partir desta pesquisa, sugere-se que trabalhos futuros explorem outras funcionalidades do *software* de modelagem em *wood frame* para criação de treliças e coberturas. Sugere-se também a realização da compatibilização da edificação em *wood frame* com outras disciplinas de projeto, como hidrossanitário, climatização, etc. Além disso, a partir do *software*, realizar a comparação da modelagem com o *plug-in* e sem o *plug-in*. Também, gerar lista de materiais, quantitativos e orçamento.

6 REFERÊNCIAS

ABE, Viviane Rabachin *et al.* Modelagem paramétrica BIM3D aplicada no ensino de arquitetura em projeto de estrutura de cobertura HOWE com peças múltiplas de madeira. **XVI EBRAMEM + III CLEM**, São Carlos, mar. 2018.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Comissão de Estudos da ABNT avalia texto da norma para o wood frame**. Disponível em: <http://www.abimci.com.br/comissao-de-estudos-da-abnt-avalia-texto-da-norma-para-o-wood-frame/>. Acesso em: 18 abr. 2019.

ANDRÉ, Luis. **O que é level of development**. 2019. Disponível em: <https://qualificad.com.br/o-que-e-level-of-development/>. Acesso em: 27 abr. 2019.

APA – THE ENGINEERED WOOD ASSOCIATION. **Build energy efficient walls**. Washington: EUA. 2008.

APA – THE ENGINEERED WOOD ASSOCIATION. **Engineered Wood Construction Guide**. Washington: EUA. 2016.

APA - THE ENGINEERED WOOD ASSOCIATION. **Free CAD Details for wood-frame construction**. APA CAD. 2019.

ARCHISOLUTIONS. **ArchiFrame**. 2019. Disponível em: <https://www.archiframe.fi/de/archiframe>. Acesso em: 25 maio 2019.

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

AUTODESK. **Sobre o comportamento de elementos no Revit**. 2019c. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/PTB/Revit-GetStarted/files/GUID-5BFA499A-5ACA-4069-852C-9B60C9DE6708-htm.html>. Acesso em: 24 maio 2019.

AUTODESK. **Sobre o Revit**. 2019a. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/PTB/Revit-GetStarted/files/GUID-D8835F8E-1330-4DBC-8A55-AF5941056C58-htm.html>. Acesso em: 24 maio 2019.

AUTODESK. **Sobre os relacionamentos da modelagem paramétrica**. 2019b. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/PTB/Revit-GetStarted/files/GUID-71F2C8EE-2A90-4076-A6C7-702082566DDF-htm.html>. Acesso em: 24 maio 2019.

BARATA, Tomás Queiroz Ferreira. **Propostas de painéis leves de madeira para vedação externa adequados ao zoneamento bioclimático brasileiro**. 2008. 264p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

BERRIEL, Andrea. **Arquitetura em madeira**: Reflexões e diretrizes de projeto para concepção de sistemas e elementos construtivos. 2009. 363 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BIM FORUM. **Level of development (LOD) specification part I & commentary**: For Building Information Models and Data April 2019.

BITTENCOURT, Rosa Maria. **Concepção arquitetônica da habitação em madeira**. 1995. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

BRASIL, Ministério das Cidades. 2016. **Institui o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de produtos inovadores - SINAT**. Brasília: PBQP-H.

BRASIL, Ministério das Cidades. 2017. **Diretriz SINAT nº 005 – Revisão 02**: Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves tipo “*Light Wood Framing*”). Brasília: PBQP-H.

BRASIL, Ministério das Cidades. 2018. **DATec nº 020-C**: “Sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada - Tecverde (tipo *light wood framing*)”. Brasília: SNH, PBQP-H, SINAT.

CASTELHANO, Pedro Jablinski. **Aplicação do conceito BIM em projetos de arquitetura em madeira**. 2013. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Pós Graduação em Gerenciamento de Obras, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

CMHC – Canada Mortgage and Housing Coporation. **Wood-Frame House Construction**. Canada: CMHC, 2013.

DIAS, Gustavo Lacerda. **Estudo experimental de paredes estruturais de sistema leve em madeira (sistema plataforma) submetidas a força horizontal no seu plano**. 2005. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

EASTMAN, Chuck *et al.* **Manual de BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 503 p.

ESPÍNDOLA, Luciana da Rosa. **Habitação de interesse social em madeira conforme os princípios de coordenação modular e conectividade**. 2010. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

ESPÍNDOLA, Luciana da Rosa. **O wood frame na produção de habitação social no Brasil**. 2017. 331 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

FABRICIO, Márcio Minto. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. 350 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FERREIRA, Romário. MCMV de madeira: Conheça a tecnologia e os custos de construção do primeiro empreendimento em *wood frame* do programa Minha Casa, Minha Vida. **Construção Mercado**: Negócios de incorporação e construção, ed.146, São Paulo: Pini, set. 2013. Disponível em: <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/146/artigo299692-1.aspx>. Acesso em: 1 jun. 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

IWAKIRI, Viviane Teixeira. **Projeto racionalizado de painéis verticais para edificações em madeira no sistema plataforma semi-industrializado**. 2013. 203 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

KRAMBECK, Thaís Inês. **Revisão de sistema construtivo em madeira de floresta plantada para habitação popular**. 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-graduação – UFSC. Florianópolis, 2006.

LEITNER, Drielle Sanchez. **Avaliação de desempenho em edificações de interesse social em Light Wood Frame**: Estudo de caso na região metropolitana de Curitiba com avaliação pré-ocupação do desempenho térmico, acústico, lumínico e qualidade do ar. 2019. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

LOBOS, Danny *et al.* BIM y Madera. Nuevos desafíos para el Diseño y Construcción. **XXI SIGraDi**, Chile, nov. 2017.

MELHADO, Silvio Burrattino. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. 311 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Departamento de Engenharia e Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, Silvio Burrattino. Metodologia de projeto voltada à qualidade na construção de edifícios. IN: VII ENCONTRO NACIONAL DA TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Florianópolis, 1998.

MELLO, Roberto Lecomte de. **Projetar em madeira: uma nova abordagem**. 2007. 195 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MOLINA, Julio Cesar; CALIL JUNIOR, Carlito. Sistema construtivo em *wood frame* para casas de madeira. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 31, n. 2, p.143-156, jul./dez. 2010.

MONICH, Carla Rabelo. **Avaliação ambiental de uma habitação de interesse social pré-fabricada em madeira no sistema wood frame no estado do Paraná**. 2012. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MURARI, Alexandre Rodriguez. **Avaliação do desempenho termoacústico de painéis de vedação vertical em wood frame**: Estudo de caso: Habitação unifamiliar em São Carlos - SP. 2018. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

NAWARI, Nawari O.. BIM Standardization and Wood Structures. **Computing In Civil Engineering**, Gainesville, p.293-300, jun. 2012.

NOGUEIRA, Carina Ferreira Barros. **Diretrizes de projeto para a redução de perdas na produção em massa de painéis de vedação pré-fabricados em sistemas de construção a seco**. 2016. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Edificações, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

OLIVEIRA, Luciana Albino de. **Avaliação da aceitabilidade do sistema construtivo "wood frame"**. 2014. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Especialização em Construções Sustentáveis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

PALERMO, Carolina. **Utilização da Madeira na Construção da Habitação**. 1979. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

PBQP-H - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat. **Projetos: Sistema Nacional de Avaliações Técnicas - SINAT**. PBQP-H / Ministério das Cidades. Disponível em: http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php. Acesso em: 10 abr. 2019.

PEIXOTO, Berto Luiz Freitas; GOMES, Maria de Lourdes Barreto. Ganhos em produtividade decorrentes de inovação tecnológica na construção civil: o uso dos distanciadores plásticos no sub-setor de edificações. **XXVI ENEGEP**, Fortaleza, out. 2006.

SOUZA, Rodrigo Vargas. **Aspectos ambientais e de custo de produção do sistema plataforma em madeira para habitação de interesse social: estudo de caso em Florianópolis**. 2013. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

ROZENFELD, Henrique *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos**: Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SACCO, Marcelo de Freitas; STAMATO, Guilherme Corrêa. **Light wood frame - construções com estrutura leve de madeira**. Revista Técnica. Ed. 140. São Paulo: Editora Pini, nov. 2008. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/140/artigo287602-1.aspx>. Acesso em: 11 abr. 2019.

SÁNCHEZ, J. E. P. **Casas de Madera**. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho. AITIM. 1995.

SANTOS, Altevir Castro dos. **Pisos em sistema leve de madeira sob a ação de carregamento monotônico em seu plano**. 2005. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SEMA Software. **Timber Construction**. 2019. Disponível em: <https://www.sema-soft.de/en/software/timber-construction/>. Acesso em: 26 maio 2019.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 2005. 139 f. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SILVA, Fernando Benigno da. Sistemas construtivos: *Wood frame* - construções com perfis e chapas de madeir. **Téchne**, Curitiba, ed. 161, ago. 2010. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/161/sistemas-construtivos-286726-1.aspx>>. Acesso em: 8 jun. 2019.

SILVA, Larissa Pereira Panisset da *et al.* Projeto modular de pergolado MLC para estudo em modelagem paramétrica BIM3D aplicado no ensino de arquitetura em madeira. **XVI EBRAMEM + III CLEM**, São Carlos, mar. 2018.

SOTSEK, Nicolle Christine; SANTOS, Adriane de Paula Lacerda. Panorama do sistema construtivo light *wood frame* no Brasil. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.309-326, set. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000300283>.

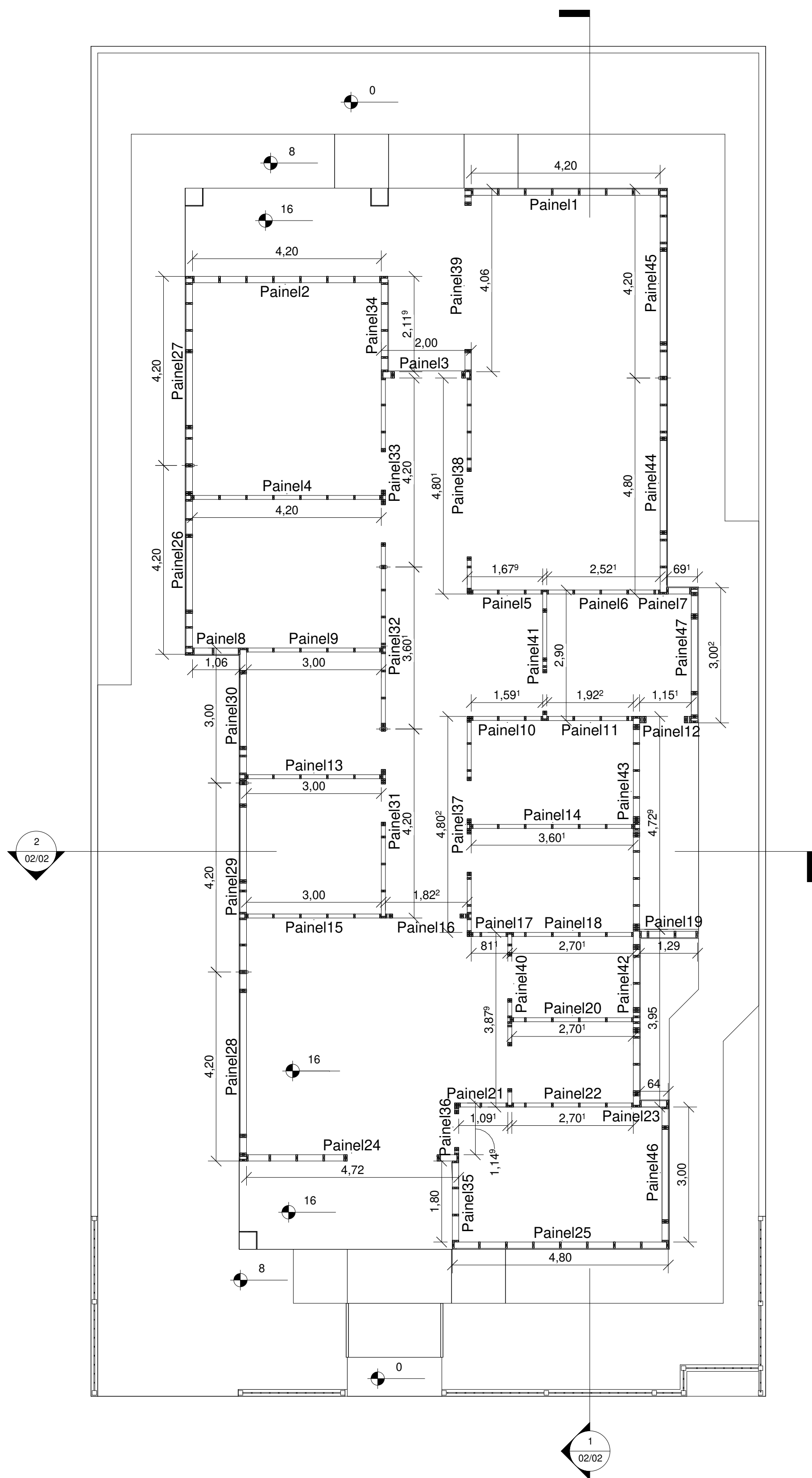
STEINER, Luisa Ramos; MACHADO, Rosani Ramos. Análise da implementação da plataforma BIM no setor da aec do estado de santa catarina. **2º Congresso Português de Building Information Modelling**, Lisboa, p.19-28, maio 2018.

STRUCSOFT SOLUTIONS. **MWF Pro Wood**. 2019. Disponível em: <https://strucsoftsolutions.com/mwf-pro-wood/>. Acesso em: 25 maio 2019.

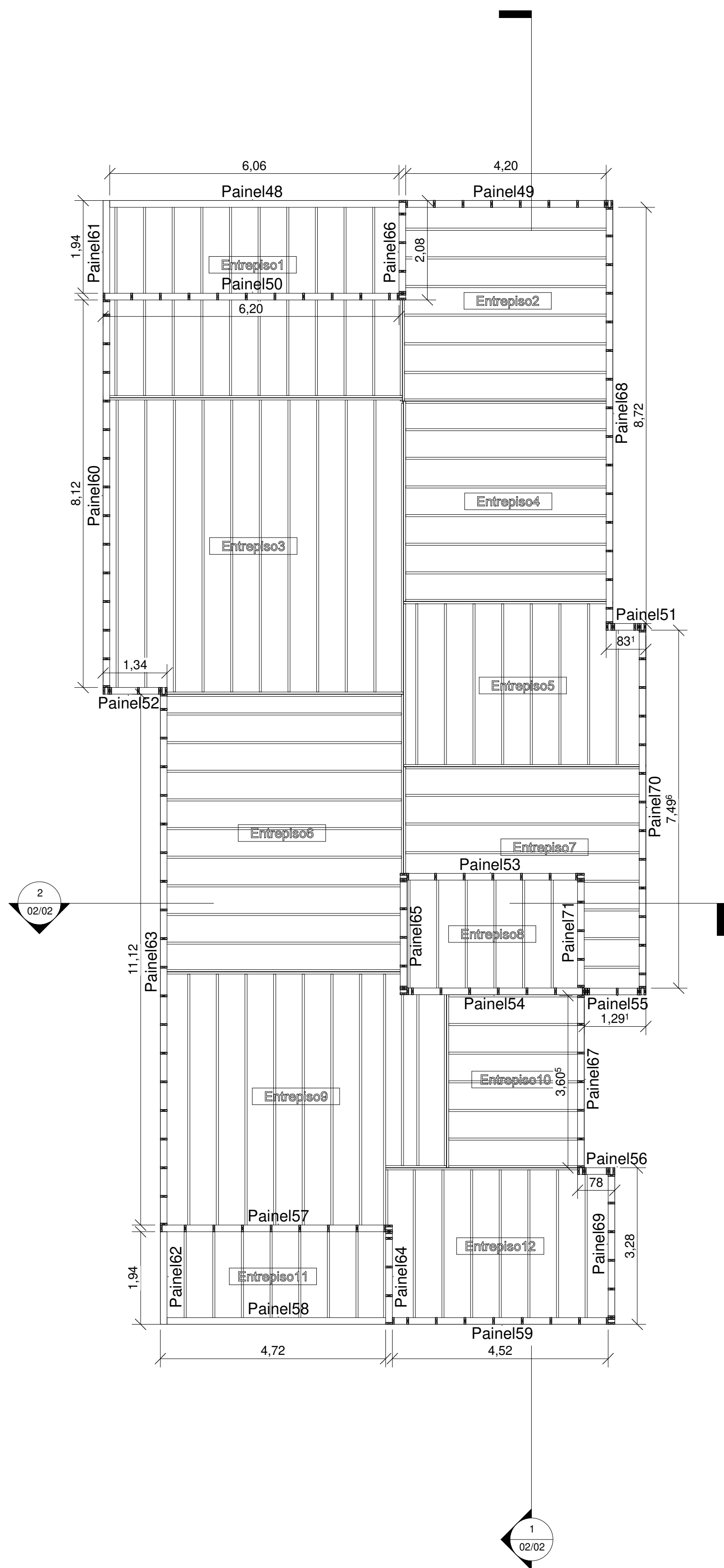
TECVERDE (Paraná). **Tecverde apresenta 1º prédio construído em tecnologia sustentável industrializada do Brasil**. 2016. Disponível em: <http://www.tecverde.com.br/2016/08/26/tecverde-apresenta-1o-predio-construido-em-tecnologia-sustentavel-industrializada-do-brasil/>. Acesso em: 1 jun. 2019.

THALLON, Rob. **Graphic guide to Frame Construction**. 3. ed. Newtown: The Taunton Press, 2008.

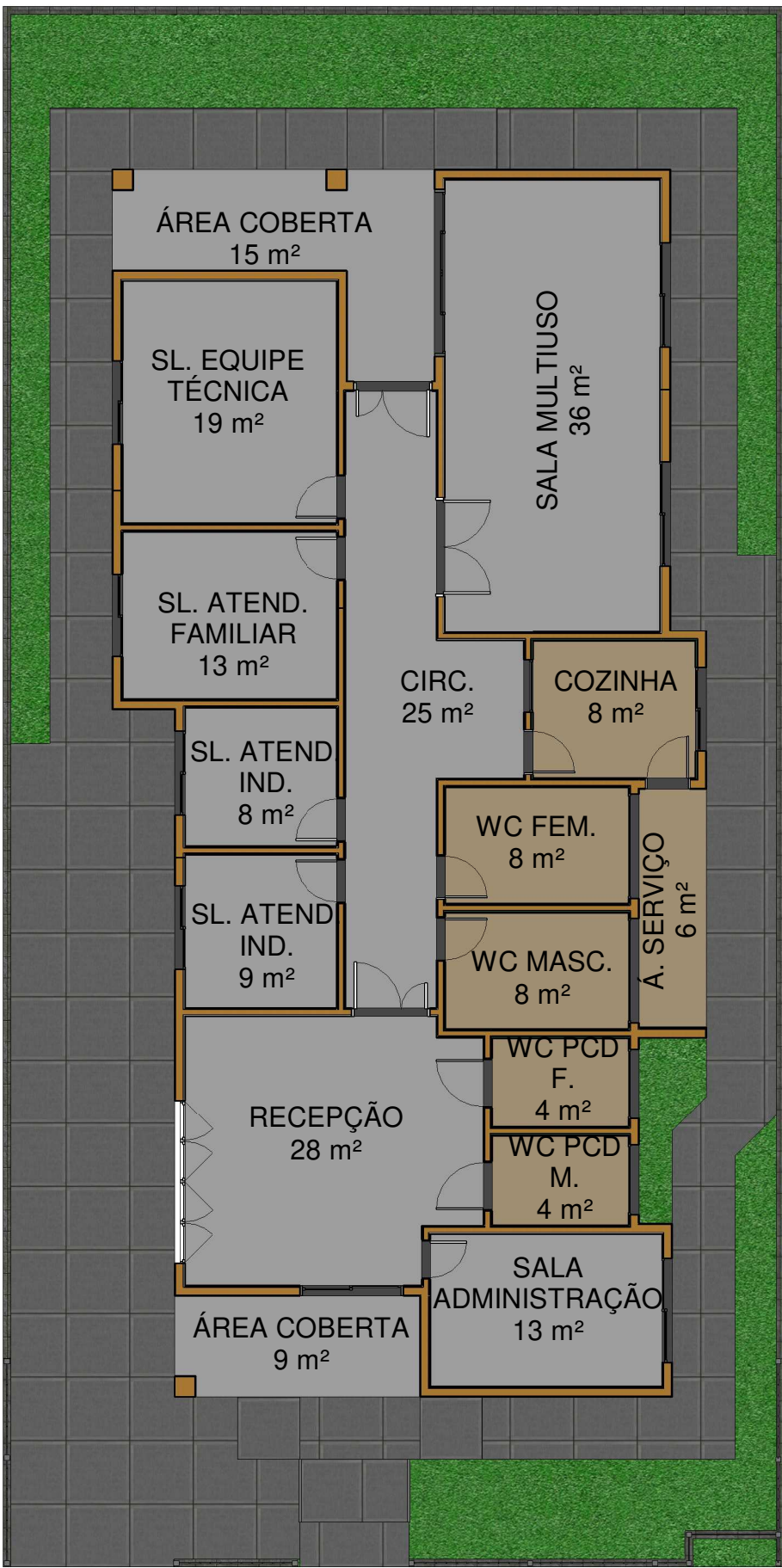
VELLOSO, Joana Geraldi. **Diretrizes para construções em madeira no sistema plataforma**. 2010. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.



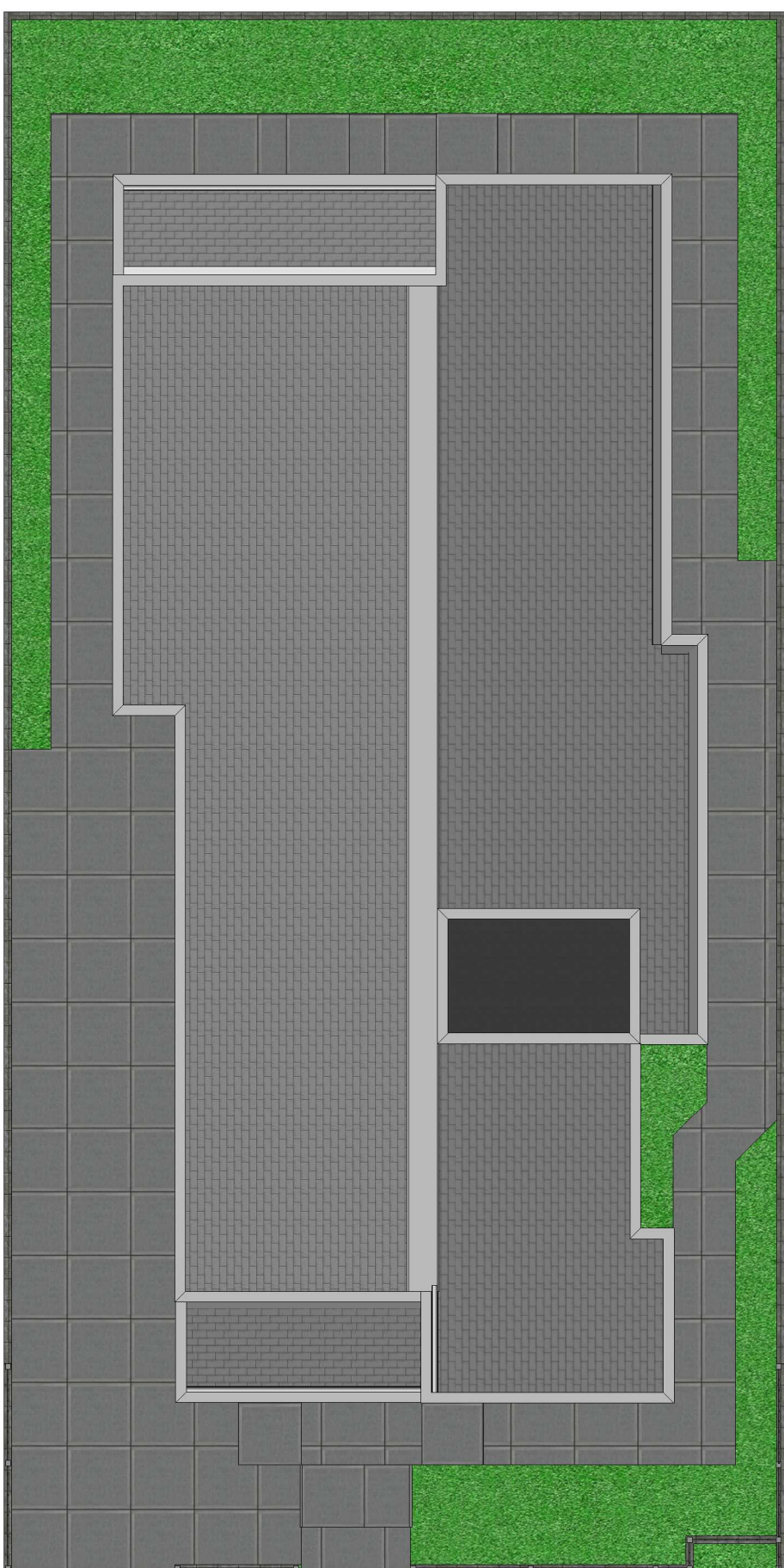
PLANTA BAIXA ESTRUTURA TÉRREO
ESC: 1:75



PLANTA BAIXA ESTRUTURA ENTREPISO
ESC: 1:75



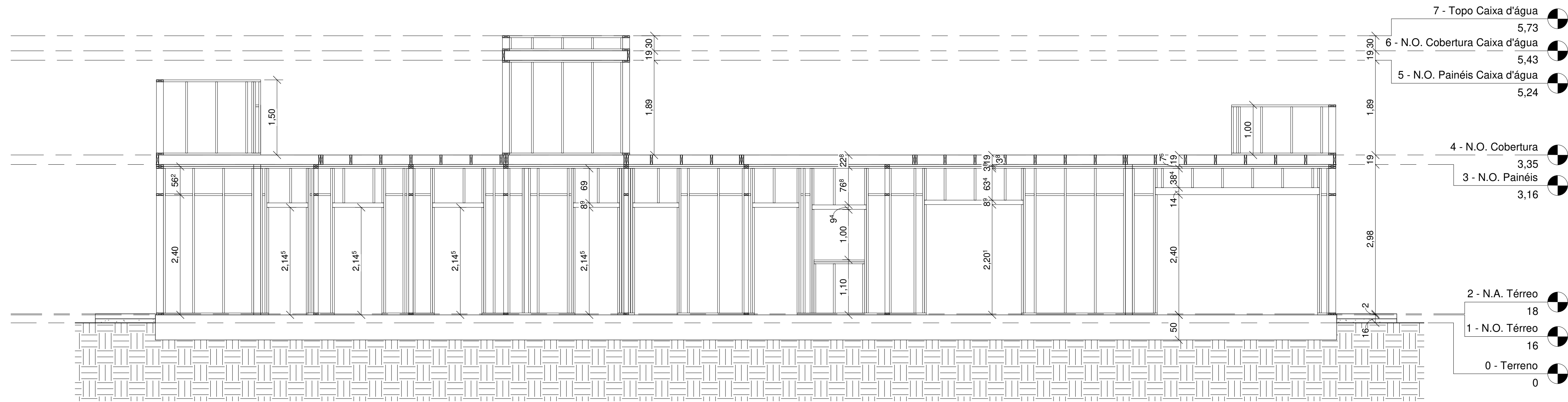
PLANTA BAIXA ARQUITETURA TÉRREO
ESC: 1:125



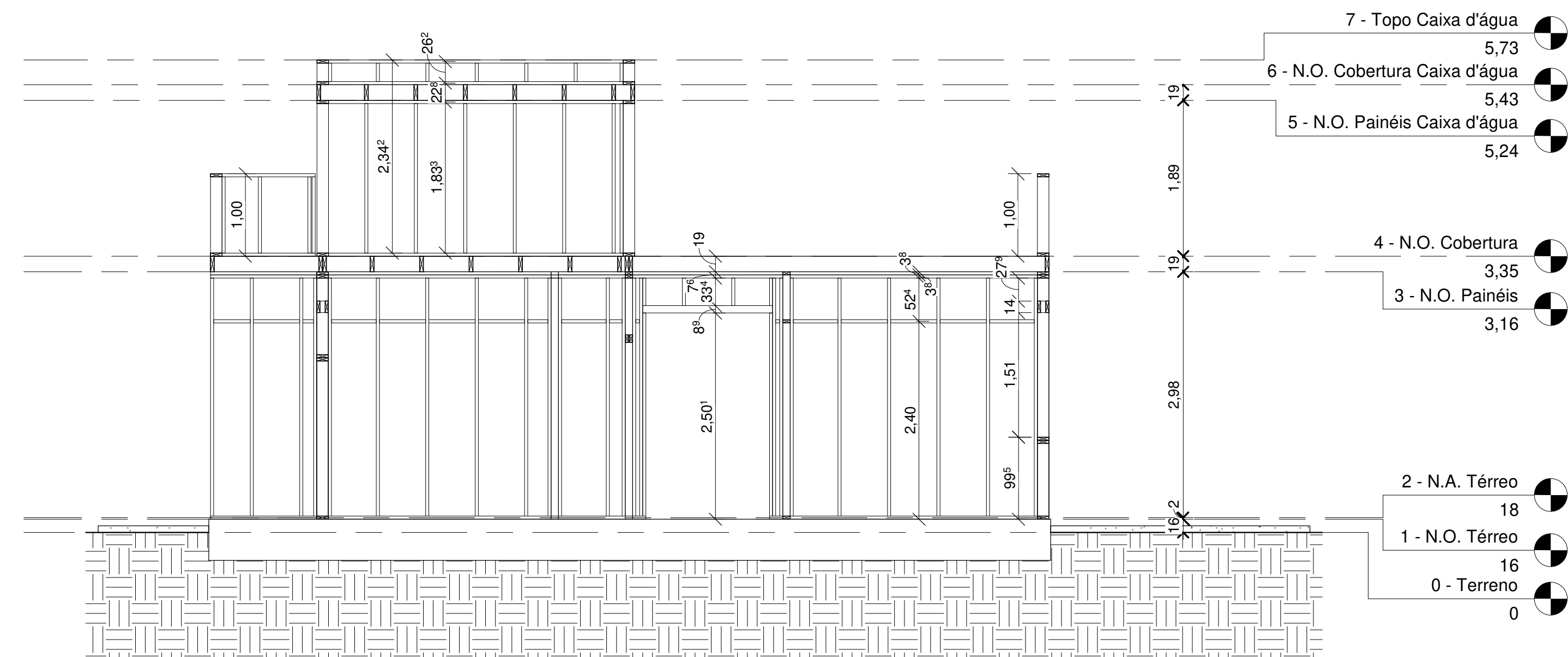
PLANTA DE COBERTURA
ESC: 1:125

APÊNDICE A

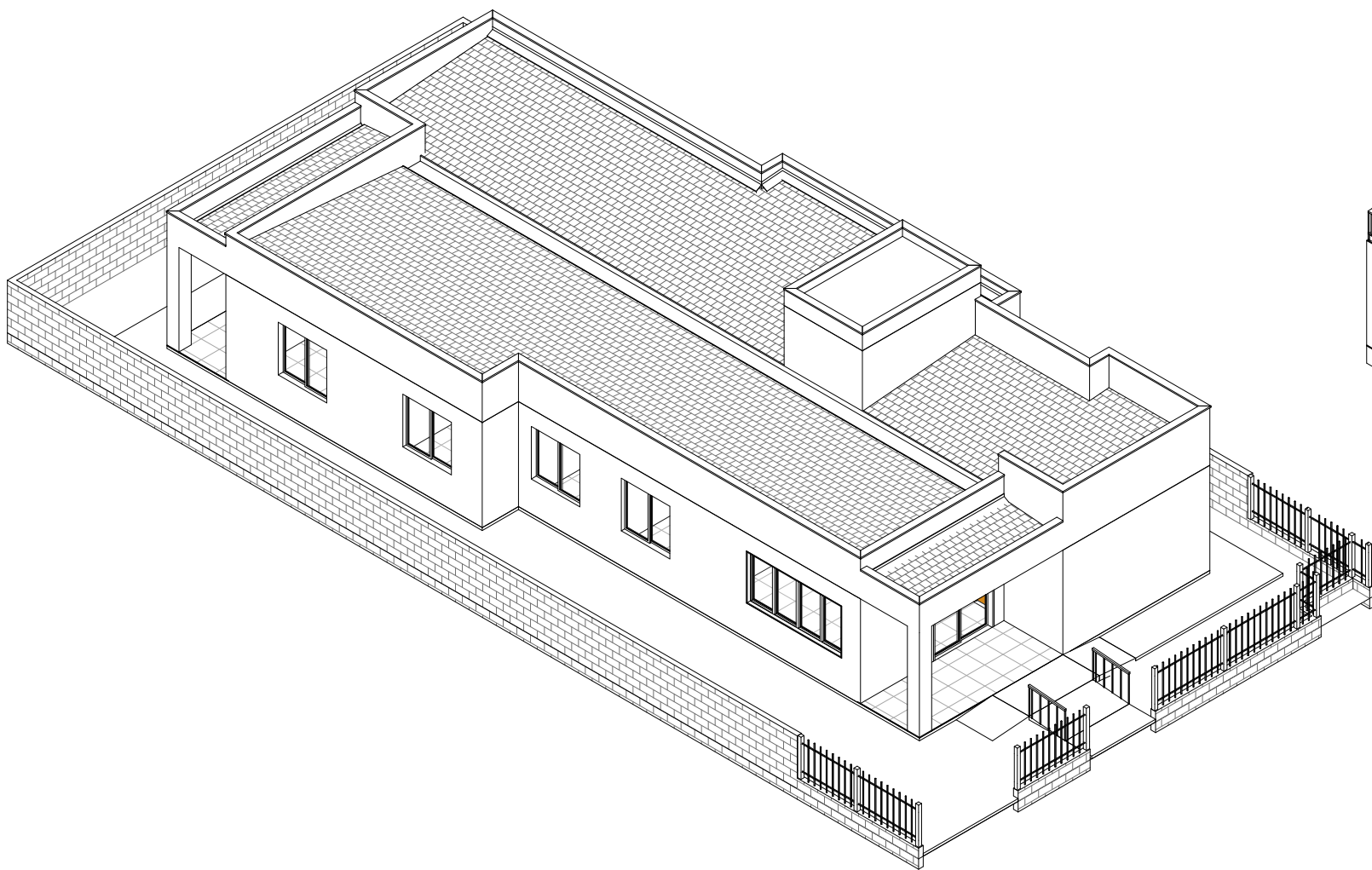
NOME DO PROJETO: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - Modelagem em BIM de uma edificação aplicando o sistema Wood Frame		 INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA Campus Florianópolis
CONTEÚDO DA PRANCHA: PLANTAS BAIXAS E PLANTA DE COBERTURA		
ALUNA: ISABEL GUESSER	PRANCHA: 01/02	
	DATA: DEZ/2019	



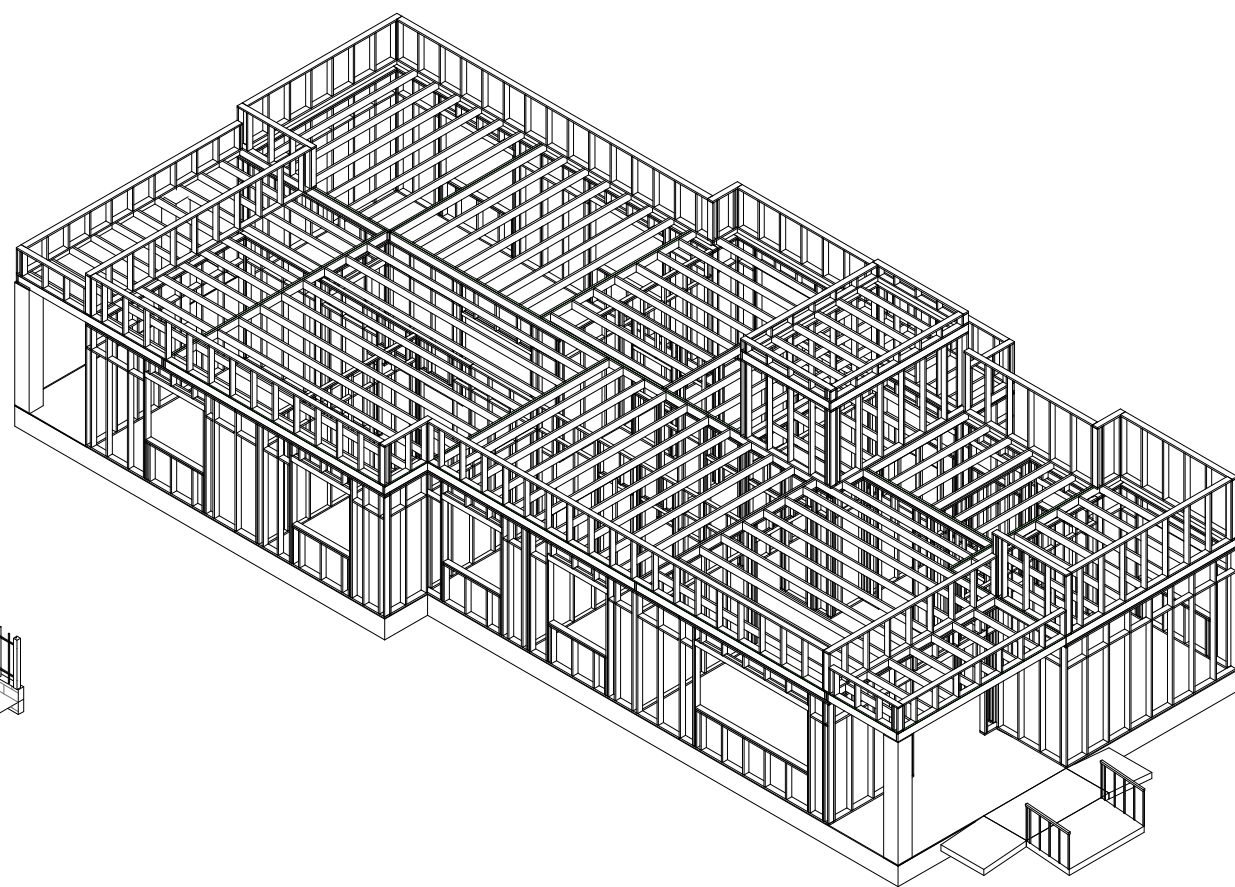
CORTE 1
ESC: 1:50



CORTE 2
ESC: 1:50



VISTA EM 3D ARQUITETURA
ESC: 1:150

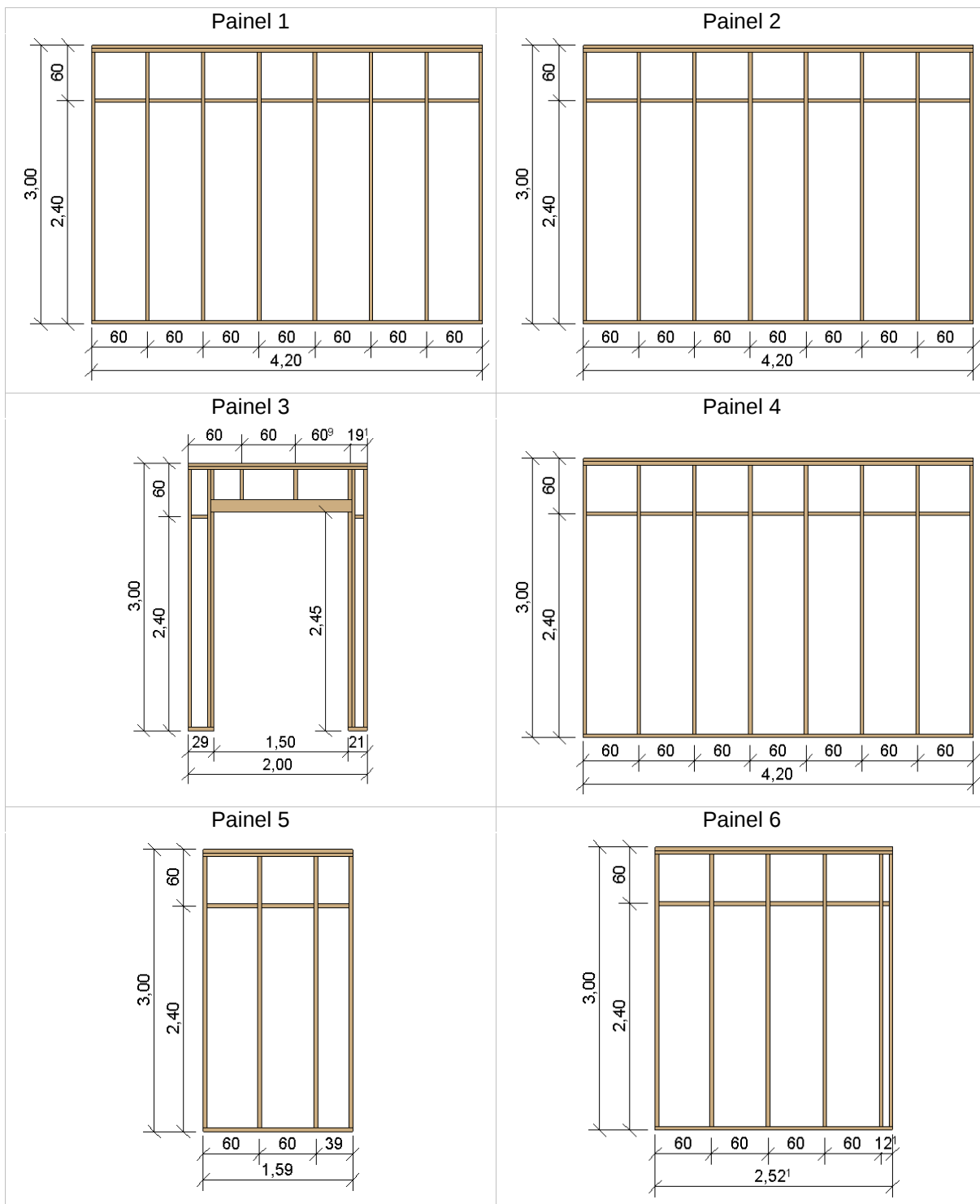


VISTA EM 3D ESTRUTURA
ESC: 1:150

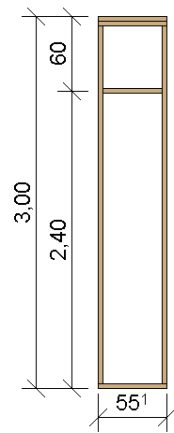
APÊNDICE B

NOME DO PROJETO: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - Modelagem em BIM de uma edificação aplicando o sistema Wood Frame		 INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA Campus Florianópolis
CONTEÚDO DA PRANCHA: CORTES 1 E 2 E VISTAS 3D	PRANCHA: 02/02	
ALUNA: ISABEL GUESSER	DATA: DEZ/2019	

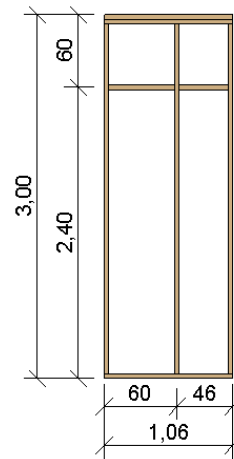
APÊNDICE C – PAINÉIS PAREDE DO PAVIMENTO TÉRREO



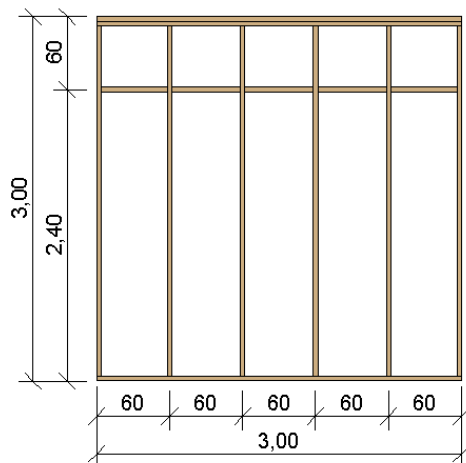
Painel 7



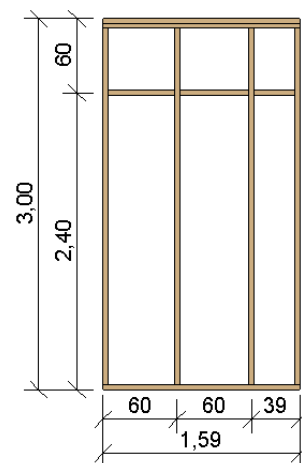
Painel 8



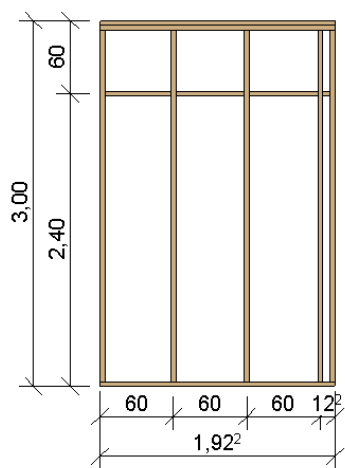
Painel 9



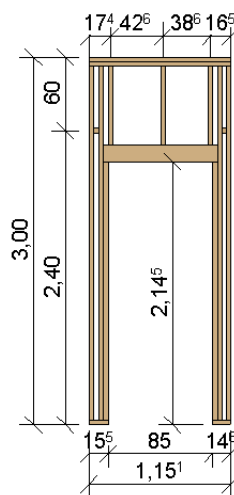
Painel 10



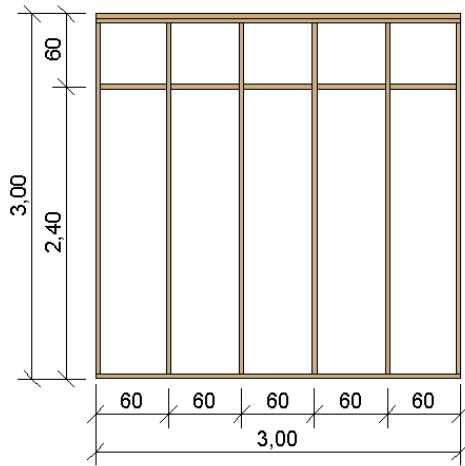
Painel 11



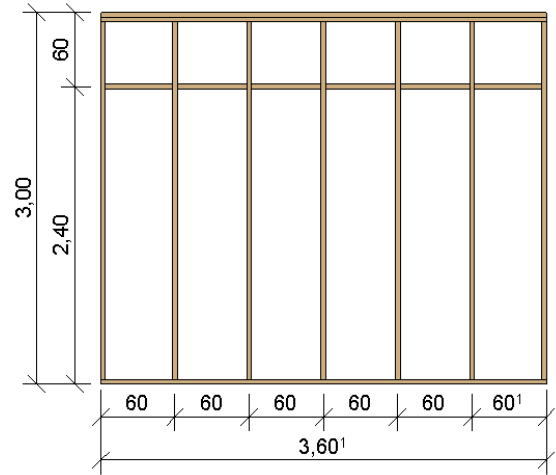
Painel 12



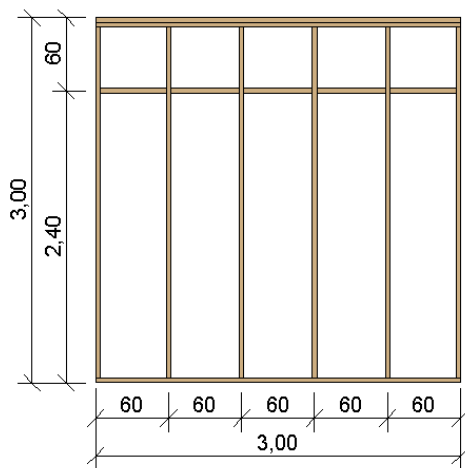
Painel 13



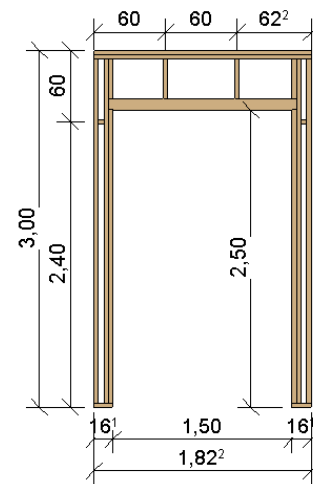
Painel 14



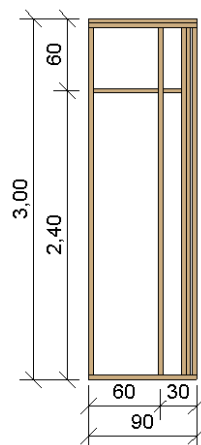
Painel 15



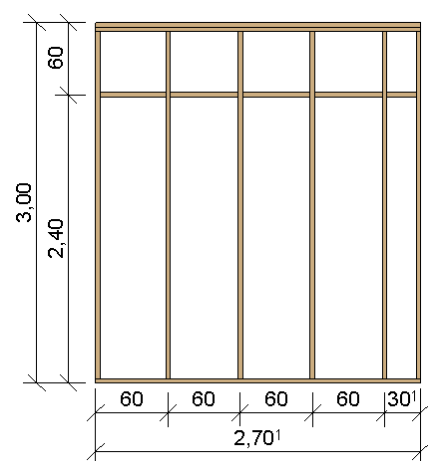
Painel 16



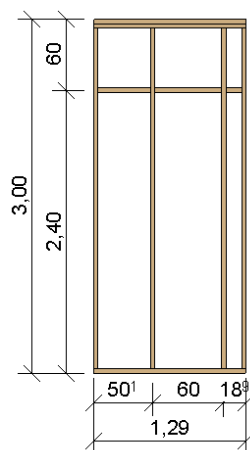
Painel 17



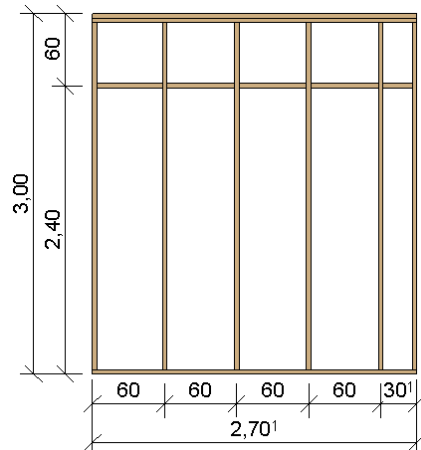
Painel 18



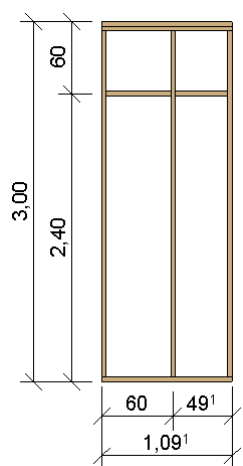
Painel 19



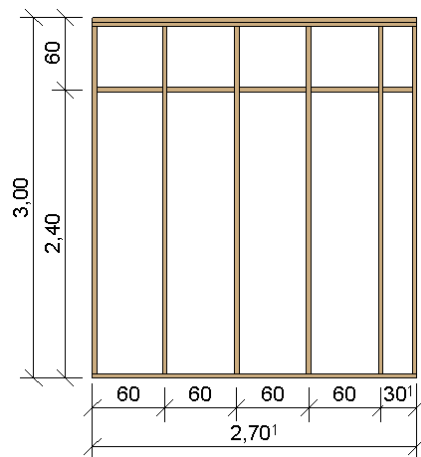
Painel 20



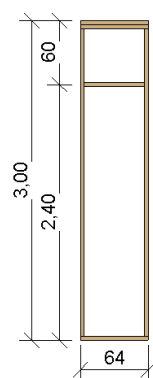
Painel 21



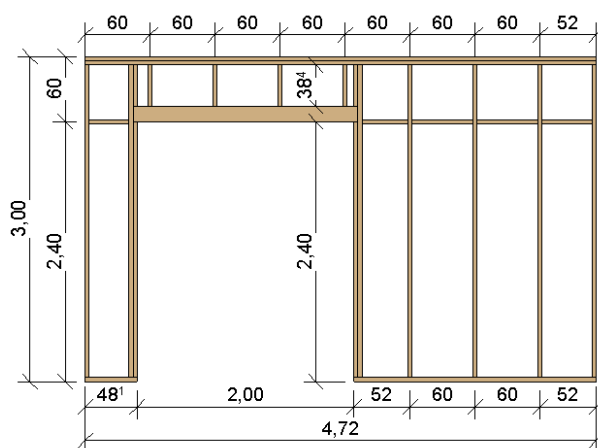
Painel 22



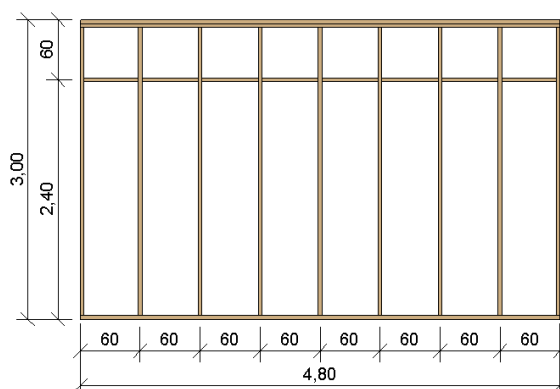
Painel 23



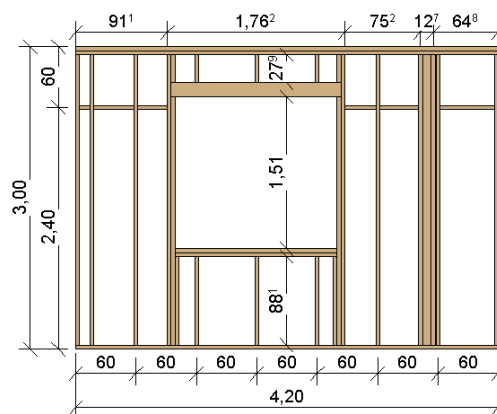
Painel 24



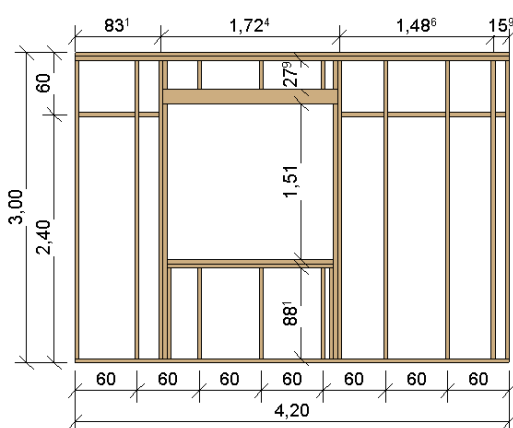
Painel 25



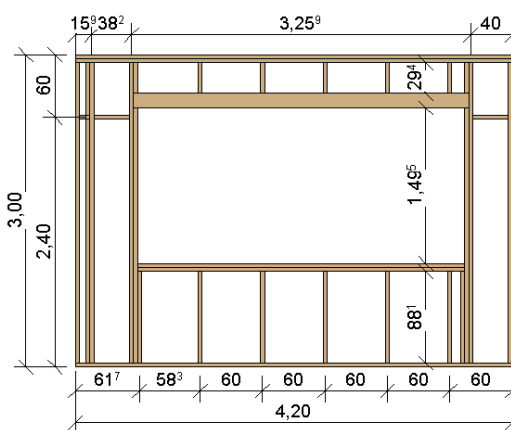
Painel 26



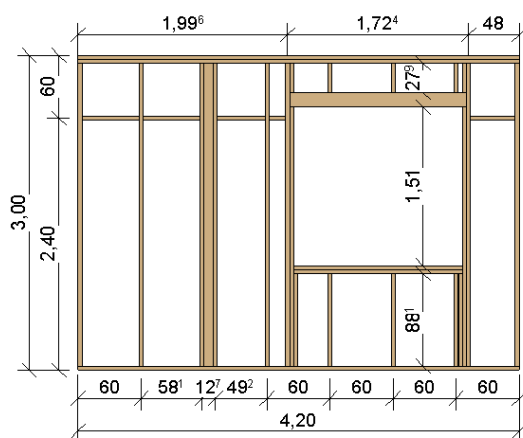
Painel 27



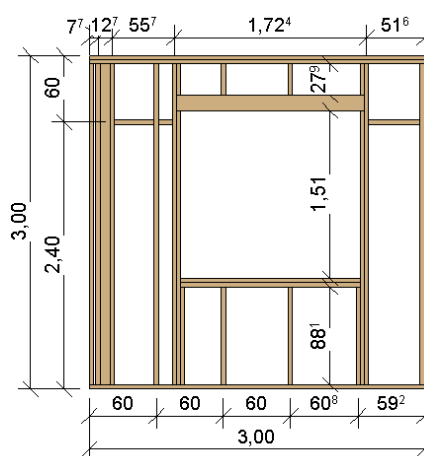
Painel 28



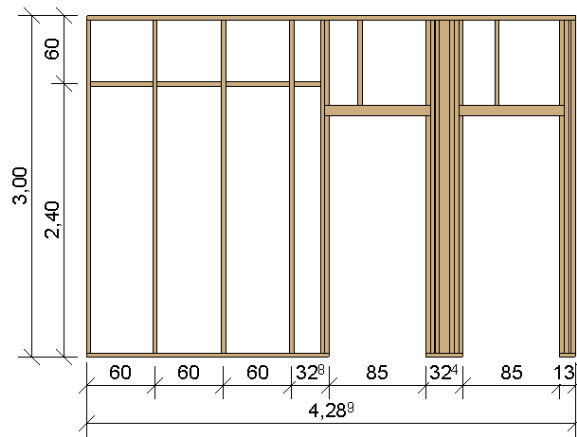
Painel 29



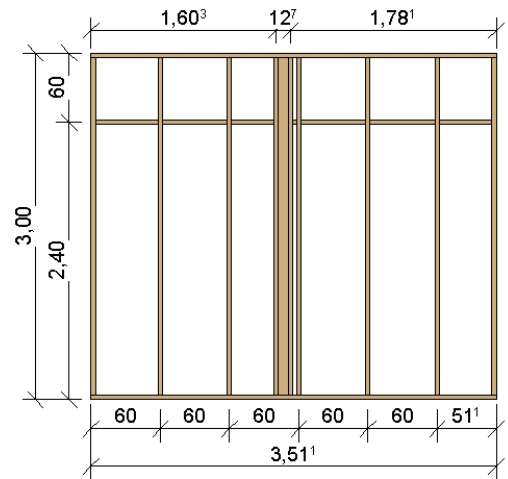
Painel 30



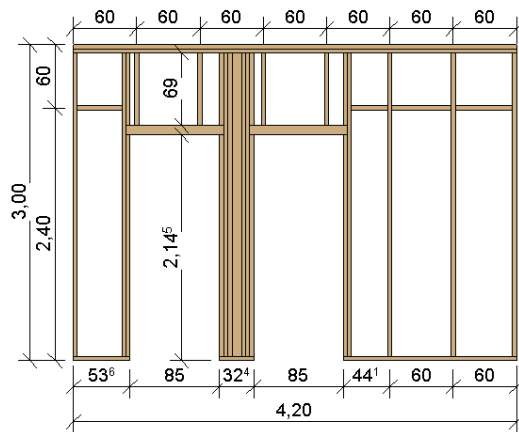
Painel 31



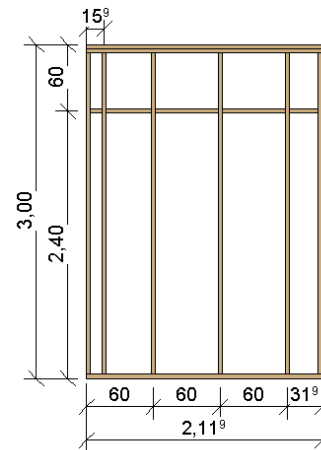
Painel 32



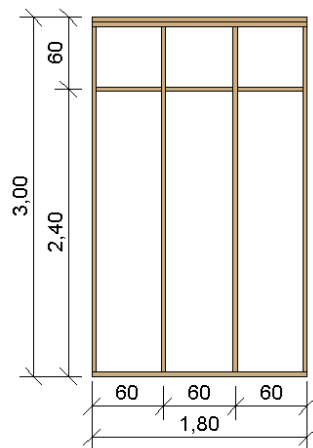
Painel 33



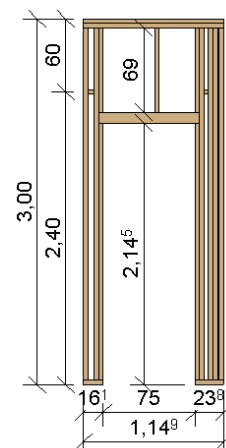
Painel 34

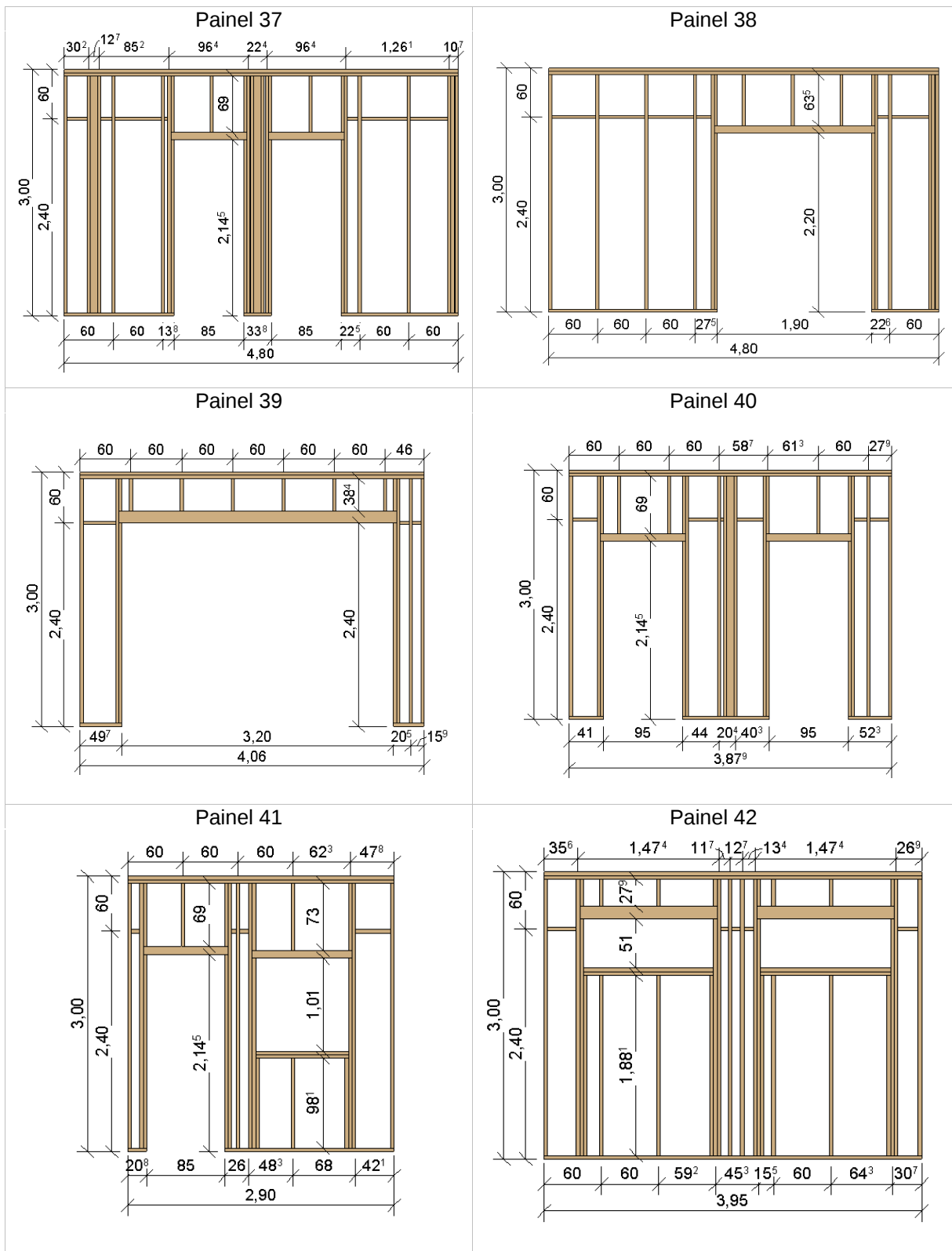


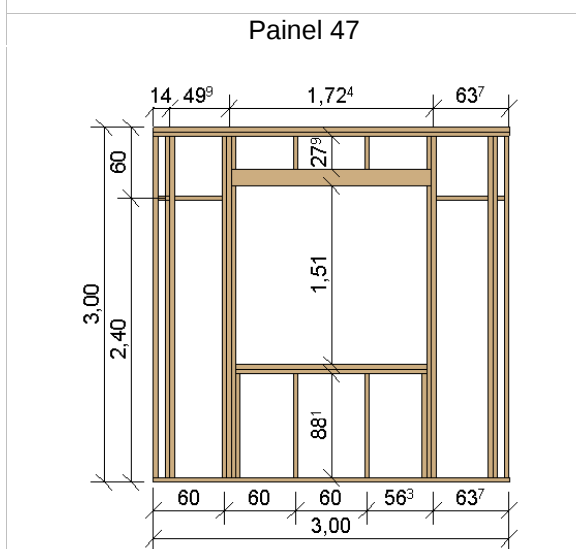
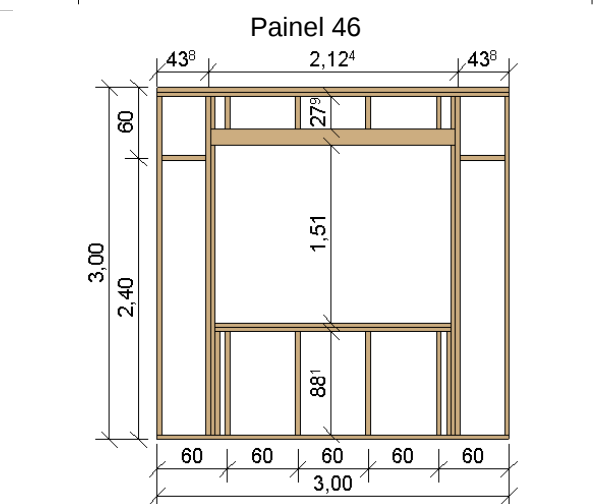
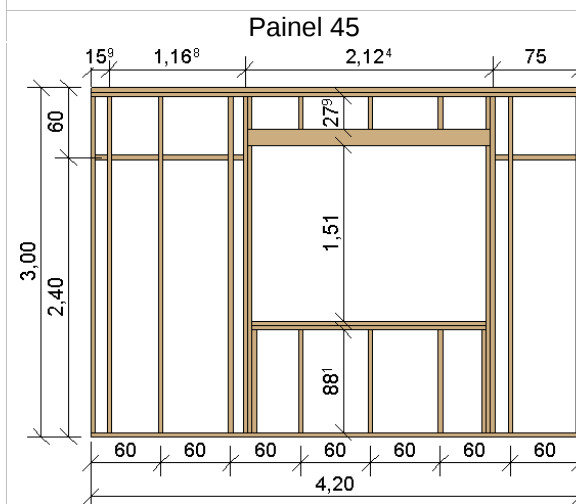
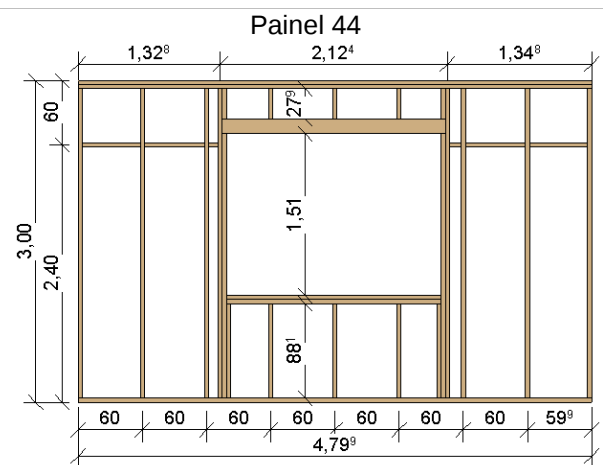
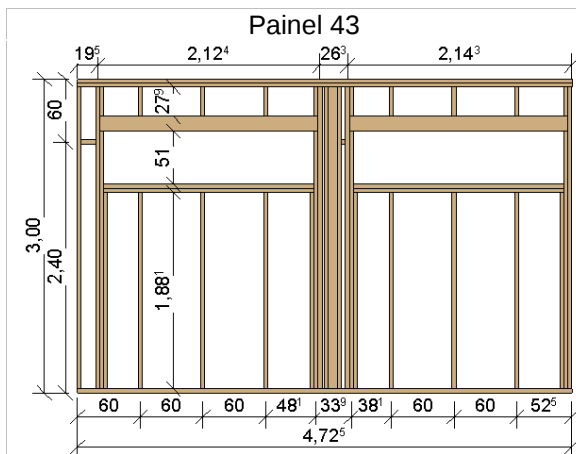
Painel 35



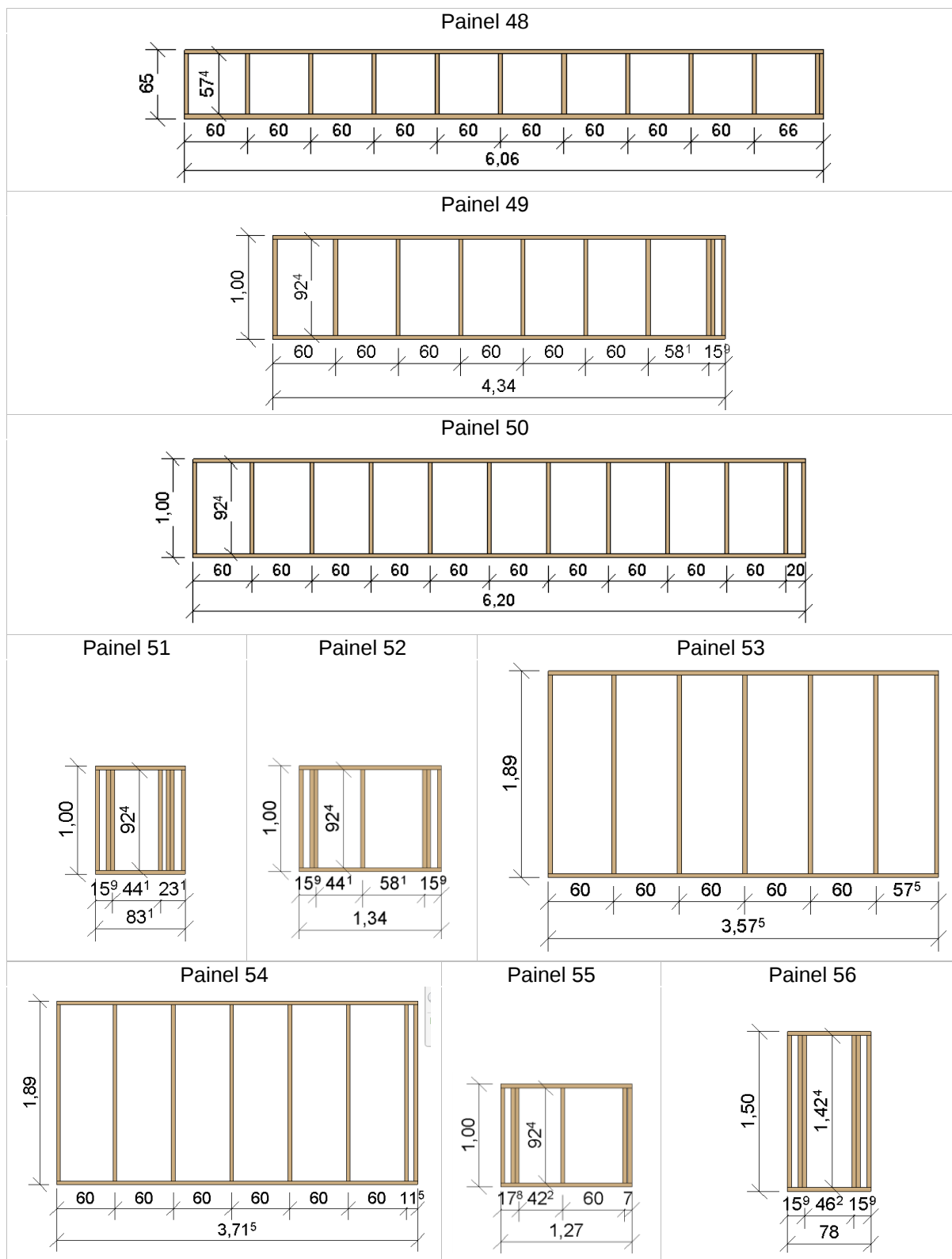
Painel 36



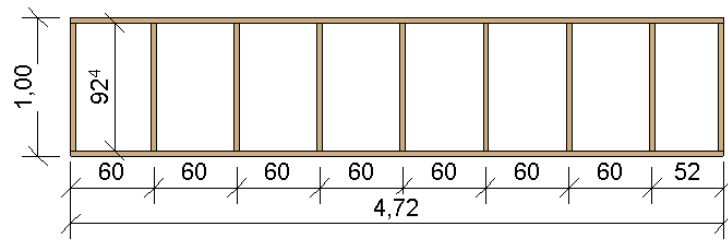




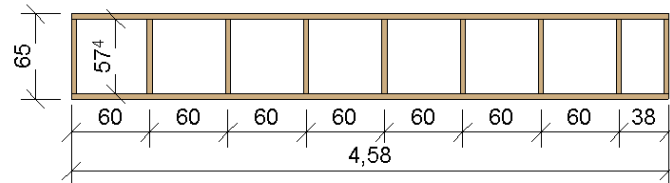
APÊNDICE D – PAINÉIS PAREDE DA COBERTURA



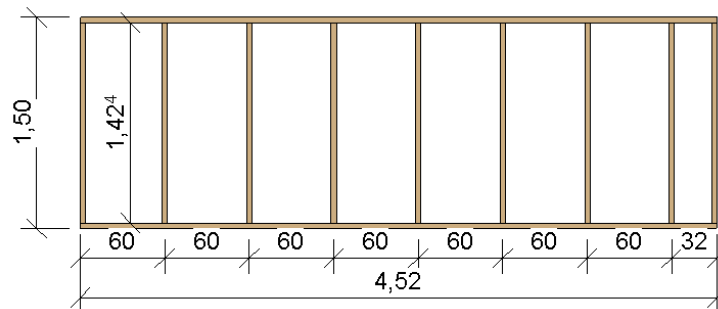
Painel 57



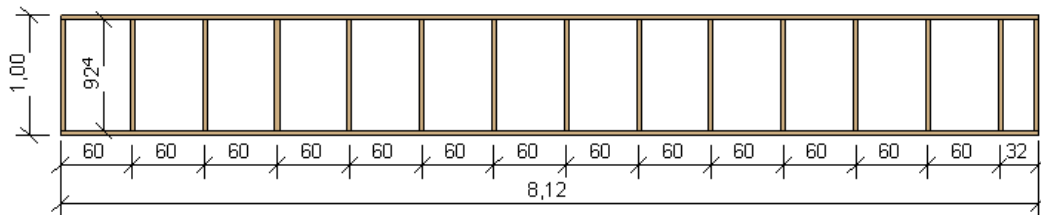
Painel 58



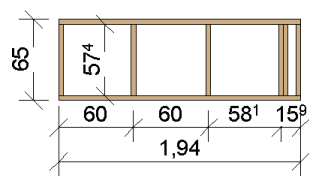
Painel 59



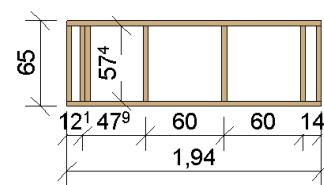
Painel 60



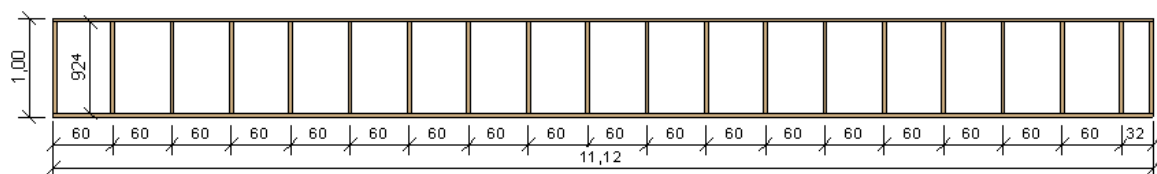
Painel 61



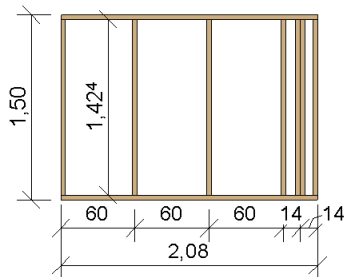
Painel 62



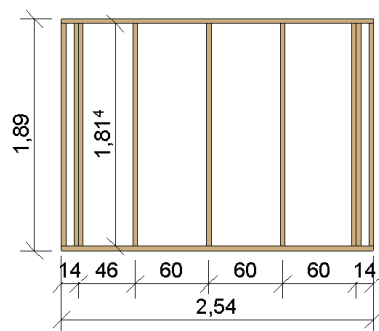
Painel 63



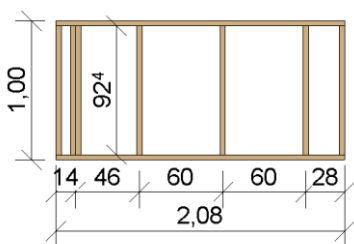
Painel 64



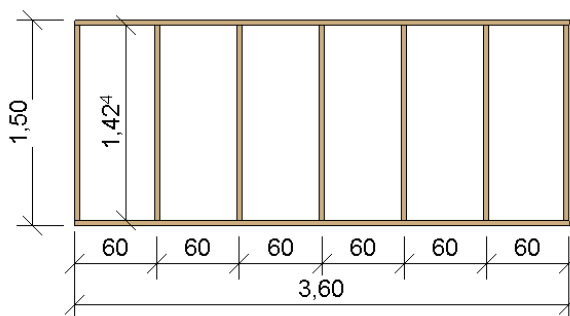
Painel 65



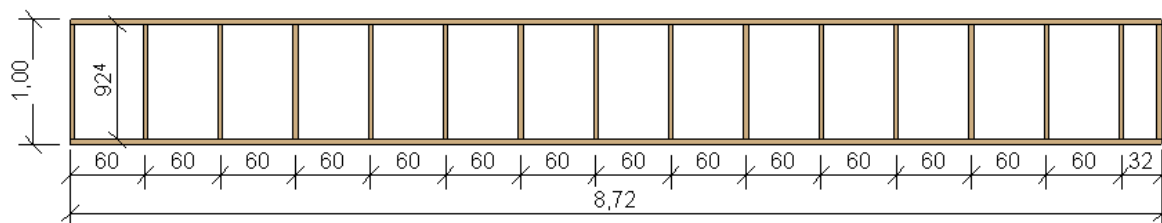
Painel 66



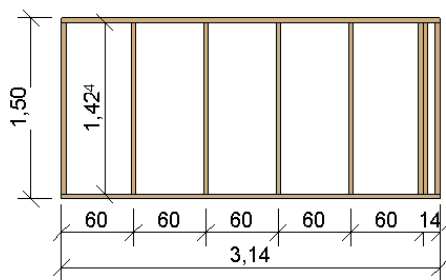
Painel 67



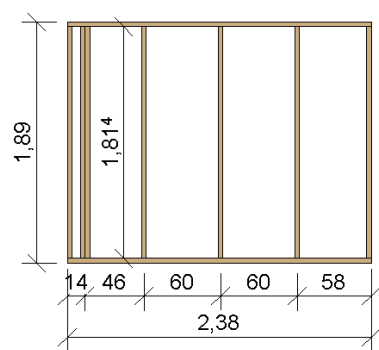
Painel 68



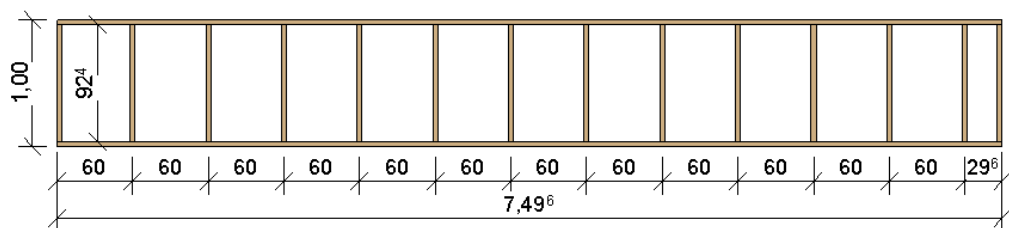
Painel 69



Painel 71



Painel 70



APÊNDICE E – PAINÉIS DE ENTREPISO

